

12.42 Ötvözetlen szerszámacélok

Az ötvözetlen szerszámacélok fajtáit, tulajdonságait és előállításuk feltételeit az MSZ 4354 írja elő. A szerszámacélok jele S-betűvel kezdődik, és az egyes minőségek számjele utal az ötvözetlen szénacél karbontartalmára (C = 0,6 ... 1,5%):

S 71	S 81	S 91	S 101	S 111	S 131
S 72	S 82	S 92	S 102	S 112	S 132

A jelölésben az utolsó számjegy a minőségre (a szennyeződés fokára és az átedződő szelvényátmérőre) az első két (számjegy a névleges széntartalomra utal és annak 10-szeresét adja meg.

A szerszámacélok közül az ötvözetlen szerszámacélok edzhetők a legkeményebbre (66-67 HRC). Keménységük azonban a hőmérséklet emelkedésével rohamosan csökken. 500 - 550 °K felett a szerszám éle forgácsolásra már alkalmatlan.

A szerszámacéloknál szigorúan be kell tartani a hőkezelési előírásokat, mert csak ezáltal biztosítható a megadott jellemzők elérése. Az ötvözetlen szerszámacélok edzése az austenitmezőben, a GOS vonal fölé való hevítéssel vízben való hűtéssel történik. Az edzési hőfok 1050 ... 1100 °K.

A nagy kritikus lehűtési sebesség miatt az átedzhetőség rossz. A nagy keresztmetszetű, teljesen átedződő szerszámok ötvözetlen szénacélból emiatt nem gyárthatók. A kis edzési hőfok miatt nem áll fenn az elszéntelenedés veszélye, annál jobban fennáll a nagy kritikus lehűtési sebesség miatt a deformáció és a repedés veszélye.

A szerszámacél a legolcsóbb szerszámanyag, mivel teljesen hazai nyersanyagból előállítható, így beszerzése is egyszerű. Megmunkálása nagy állapotban megfelelő, míg hőkezelés utáni köszörüléskor hajlamos a felületi repedésekre, és könnyen következik be helyi kilágyulás.

Összefoglalólag megállapítható, hogy az ötvözetlen szerszámacél (szénacél) a legolcsóbb, de egyben a legkisebb teljesítményű szerszámanyag. Csak olyan forgácsoláshoz használható, ahol a fejlődött hő kicsi (v, A), de ez esetben is az előtolást csökkenteni kell a fogásmélység javára. Használják egyedi vagy kisorsozat gyártáshoz, alakos szerszámok készítésére és nagy keménységük miatt kéregöntésű darabok megmunkálására, de minden esetben kis σ_{H} mellett.

12.43 Ötvözött szerszámacélok

Az ötvözött szerszámacélok szénen kívül egy vagy több más ötvözőt is tartalmaznak. Az ötvözött szerszámacélok közül forgácsoló szerszámok készítésére a mangán, wolfrám és a króm ötvözésű acélokat használják. Az MSZ 4352. az ötvözött szerszámacélokat két csoportba sorolja:

- wolframötvözésű szerszámacélok,
- króm- és egyéb ötvözésű szerszámacélok.

12.431 Wolfram ötvözésű szerszámacélok

A wolfram ötvözésű acélokból 8-féle minőséget szabványosítottak. (MSZ 4352.) A W1 - W9-ig ötvözőbeli eltérések vannak, így pl.: a W1 jelűben maximálisan 10% wolfram és 0,35% C, míg a W9 jelűben legalább 1,2% W és legfeljebb 1,0% C van. A W1, W2 és W3 jelűeket főleg melegmunkáló míg a W8, W9 jelűeket forgácsoló szerszámok készítésére használják.

Szobahőmérsékleten kb. 64 HRC keménység érhető el. A forgácsoláshoz szükséges keménységüket kb. 600-650 °K-ig megtartják. Szilárdsági értékeik jók. Edzésük 1070 - 1140 °K-ról vízben vagy olajban történik. Átédzhetőségük jobb, mint az ötvözetlen szerszámacélé, de nem éri el a mangánötvözésű acélokét. Elszéntelenedésre, deformációra, repedésre hajlamosabbak. Az edzési hőmérséklet betartására kényesek.

Áruk magasabb, mint az előbbi szerszámacél fajtának. Hideg állapotban nehezebben munkálhatók meg, edzés utáni kiszőrülése azonban könnyebb a magasabb lágulási hőmérséklet miatt.

Wolfram ötvözésű acélból általában közepes teljesítményű forgácsoló szerszámokat készítenek, amelyeket edzés után minden felületen kiszőrülni lehet. Használják pl. csigafurók, menetfurók, dörzsárak, esztergakések készítésére.

12.432 Króm és egyéb ötvözésű szerszámacélok

Az MSZ 4352. a króm- és egyéb ötvözésű szerszámacéloknak több fajtáját különbözteti meg. Melegalakító szerszámokhoz az NK, K12, K13, K14 jelűeket használjuk fel. Hideglakító és egyben forgácsoló megmunkálásokhoz a K3, K4, K6, K11, K1 és M1 jelű ötvözött szerszámacélokat ajánlja.

A krómötvözésű acélok kb. 64 HRC keménységre edzhetők és 650 - 700 °K-ig megőrzik forgácsoló tulajdonságaikat. Szilárdsági tulajdonságuk jó. Edzésük a Cr-tartalomtól függően 1020 - 1270 °K-ról, víz-

ben vagy olajban lehűtve végezhető. Jól átédződik, nem hajlamos az elszéntelenedésre, deformáci óra és repedésre.

Felhasználását viszonylag magas ára és importált ötvöző anyaga gátolja.

Lágy állapotban nehezen munkálható meg, míg edzés utáni köszörülésük könnyen végrehajtható. A hőmérséklet betartására nem túlzottan kényesek.

A krómötvözésű szerszámacélok egyike a legjobb minőségű ötvözött szerszámacéloknak, amely a nagy kopásállóságának és viszonylag nagy hőmérsékleten is jónak mondható forgácsolási tulajdonságainak köszönhető. Közepes teljesítményű forgácsoló szerszámok készítésére alkalmas. Használják alakos szerszámok (pl. üregelő tűskék), jó minőségű dörzsárak és menetfurók készítésére.

A viszonylag gyengén ötvözött szerszámacélok közé tartozik a K6-os minőség (Cr = 0,5 ... 2%; C = 1,3 ... 1,5%). Az ötvözetlen acélokhöz képest nagyobb széntartalma adja ennek a szerszámacélnak a rendkívül nagy keménységét. Ennek következtében hajlítószilárdságuk kicsi. A belőlük készült szerszámok éltartóssága igen jó, de a dinamikus igénybevételt nem viselik el. Fűrészlapok és igen kemény anyagok forgácsolószerszámainak készítésére alkalmas.

Az 1,3 ... 2,0% Cr tartalmu K3 és K4-es acélminőségek jól átédződő szerszámacélok Edzésükkor kisebb feszültség és vetemedés keletkezik, ezért alkalmasak mérőeszközök gyártására is. Leggyakrabban többféle forgácsolószerszámok: csigafurók, üregelőtűskék, reszelők készítésére használatosak.

A nagykeménységű, kopásálló, közepesen melegszilárd szerszám-acélok csoportjába sorolhatók a kb. 12% Cr tartalmu K1 és K11 jelű acélok. Először ezeket az acélokat használták nagyobb teljesítményű forgácsolószerszámok előállítására, mert keménységüket (55... 57 HRC) 670... 720 °K megeresztési hőmérsékletig is megtartják.

A mangánötvözésű szerszámacélok közül az M1 jelű acélban 0,7 ... 0,9% C és 1,7 ... 2,1% Mn található.

Szilárdsági szempontból igen jó. Mangán szerszámacéloknál helyes edzéssel 60-62 HRC keménység is elérhető, amely kb. 500 ... 570 °K-ig nem csökken lényegesen.

Az edzési hőmérséklete viszonylag alacsony, 1000 - 1100 °K, lehűtés olajban. A kis kritikus lehűlési sebesség miatt jól átédződik, nem deformálódik, és az edzési repedési veszélye kicsi. A kis edzési hőfok miatt elszéntelenedésre nem hajlamos. Általában alaktartó szerszámok készítésére használják.

A mangán szerszámacél olcsó és viszonylag könnyen beszerezhető. Hidegállapotban megmunkálásuk kb. azonos a szénacélokéval, edzés után, köszörüléskor hajlamos repedésre. Hátrányuk, hogy forgácsolóképességüket csak aránylag kis hőmérsékletig tartják, ezért csak kis teljesít-

ményű forgácsoló szerszámok készítésére alkalmasak. Viszont bonyolult, alaktartó idomszerek készítésére kiválóan alkalmasak.

12.44 Gyorsacélok

A legnagyobb teljesítményű, nagy keménységű, kopásálló és melegsizlárd szerszámacélok a gyorsacélok. Az MSZ 4351. nyolc különböző összetételű gyorsacélfajtát szabványosít hasznáinkban.

A klasszikus minőségű gyorsacél 18% W-ot, 4% Cr-ot, 1% V-ot tartalmaz. Ettől az összetételtől Co és Mo ötvözésével a különböző minőségek eltérnek. Mivel valamennyi gyorsacél Cr tartalma nagyjából azonos, az utóbbi időben a W-Mo-V-Co %-os tartalmának sorrendjében jelölt számsorral szokás megkülönböztetni az egyes gyorsacél típusokat:

R1	18-1-2-10
R2	18-1-2-5
R3	18-0-1
R6	6-5-2
R8	6-5-2-5
R9	7-4-3-5
R10	2-9-1
R11	2-10-1-8

A gyorsacéloknál helyes edzéssel kb. 64 HRC keménység érhető el. Forgácsoló képességüket kb. 820 ... 870 °K-ig megtartják. Szilárd-sági tulajdonságaik nagyon jók.

A gyorsacélok hőkezelése gondos, pontos munkát igényel. Edzési hőfoka a minőségtől függően 1510 ... 1580 °K-ról történik. A nagy edzési hőfok miatt fennáll az elszéntelenedés és a szemcsedurvulás veszélye. Edzés után a megeresztést 820 ... 860 °K-ról kell végrehajtani. A megeresztést célszerű 2...3-szor elvégezni, hogy az átalakulás minél tökéletesebb legyen. Megeresztéskor a hőtartási idő a mérettől függően 0,5 ... 1 óra. A gyorsacélok a kis kritikus lehülési sebesség miatt jól edződnek. A repedési és a deformációs veszély kisebb, mint a szénacéloknál.

A gyorsacélok drágák, nehezen beszerezhetők, a sok import ötvöző felhasználása miatt.

Lágy állapotban nehezen megmunkálható, míg edzés utáni köszörülése a magas lágulási hőmérséklet miatt általában jó, a magas V tartalmu acélokat kivéve.

A normál melegsizlárdságu gyorsacélok közé tartoznak a közepes szénttartalmu W-, Mo-, W-Mo-nel ötvözött gyorsacélok, amelyek vanádium-tartalma 1 ... 2%-nál nem több. A nagyobb wolframtartalmu

gyorsacélok karbidjai nehezebben oldódnak, egyre nagyobb ausztenitési hőmérsékletet igényelnek, viszont egyre több ötvöző kerül át szilárd oldatba. Ezért melegszilárdságuk, keménységük és forgácsolási teljesítményük is egyre nagyobb (R2; R3).

A molibdén gyorsacélok lényegesen olcsóbbak, mint a nagy wolframtartalmuak. Atomsúlyát figyelembe véve 1% Mo közel 2% W-ot helyettesíthet. A Mo-tartalom a W-os gyorsacélokban kisebb méretű és egyenletesebb eloszlású karbidokat eredményez, ezáltal 10 ... 20%-kal nő a gyorsacél hajlítoszilárdsága és szívóssága. A nagyobb ötvöző-egyenérték miatt a melegszilárdság is növekszik. A molibdénnel ötvözött gyorsacélok hővezetőképessége is jobb, mint a wolfram gyorsacéloké (R6; R10).

A gyorsacélok melegszilárdsága a vanádium- és a kobalttartalom növelésével fokozható. A kobalt késlelteti a karbidok kiválását és ezzel növeli az acél megeresztésállóságát, melegszilárdságát. A Co-tal ötvözött gyorsacélok keménysége legnagyobb a kiválasztott keményedés állapotában. A Co hatására nő a gyorsacél hővezetőképessége, ami hozzájárul a kedvező forgácsolóképeség kialakulásához. Viszont a Co-tal ötvözött gyorsacélok hajlítoszilárdsága és szívóssága lényegesen kisebb, mint a többi gyorsacélé. Nagy hőfejlődést előidéz, igen nagy forgácsolósebességgel és nagy előtolással ausztenites és más rossz hővezető anyagok forgácsolására kiválóan alkalmasak (R1, R8, ill. R2, R9, R11).

A növelt vanádium- és széntartalmú gyorsacél (R9) hajlítoszilárdsága és szívóssága kisebb, mint az eddig tárgyalt gyorsacéloké, viszont nyomoszilárdsága lényegesen nagyobb, jobb a kopásállóságuk és a melegszilárdságuk, de romlik a köszörülhetőségük.

A legnagyobb keménységű, ún. szuper gyorsacélok jellegzetes képviselője a növelt széntartalmú, molibdén, kis vanádiumtartalmú R11-es (2-10-1-8) gyorsacél. Ezek hőkezelésével 66 ... 68 HRC keménység érhető el. A nagy keménység ellenére köszörülhetőségük kedvezőbb, mint a vanádiummal erősen ötvözött gyorsacéloké. Edzett, kérges felületek forgácsolását is el lehet velük végezni.

A hagyományos gyorsacélok teljesítménynövelése ötvözés-technikai eszközökkel csak bizonyos határig lehetséges. Az elektroszalagos, illetve az ivkemencés átoltvasztási eljárásokkal a homogénebb szövetszerkezet kialakítására törekednek a már bevált ötvözetek esetén.

Új fejlesztésként a CVD-eljárással titánkarbid, ill. titánnitriddel való gyorsacél bevonatolás említhető. A bevonatos gyorsacélok ott alkalmazhatók előnyösen, ahol a kráteres kopás a domináns. A szerszám ismételt felhasználása elvileg a hátoldal utánkészítésével lehetséges. Várható a jövőben a bevonatos gyorsacél váltólapkák megjelenése is, amelyek a kopásállóság mellett nagyobb szívósságot igénylő helyeken alkalmazhatók előnyösen.

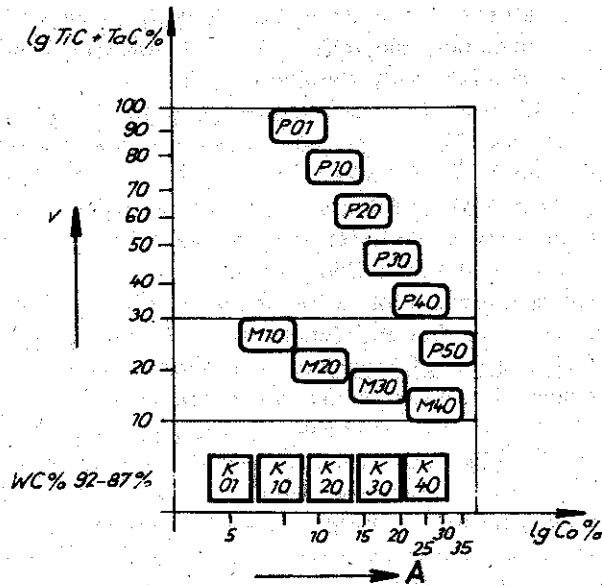
A porkohászati uton előállított gyorsacélok széles körű felhasználásával ma még szemben áll magas előállítási költségük. Ezek a gyorsacélok a magasabb ötvöző tartalom ellenére jobban köszörülhetők, mint az öntött bugából előállítottak. Előnyük még az azonos karbideloszlás és a kis szemcseméret. Menetvágásnál, dörzsölésnél, íregelésnél, marásnál gazdaságosan alkalmazhatók.

Az öntött-gyorsacélok összetételükre nézve megegyeznek a szabványos gyorsacélokkal, de a szerszámok előállítása miatt a forgácsolási tulajdonságuk eltérő. Tekintettel arra, hogy az öntött-gyorsacéloknál átkovácsolást nem végeznek, így azonos körülmények között élettartamuk kisebb, mint a szabványos gyorsacéloké.

12.45 Keményfémek

A zsugorított keményfém (MSZ 1990) olyan szerszámanyag, amely magas olvadáspontu és nagy keménységű fémkarbidok porából (wolframkarbid, titánkarbid, niob-tantalkarbid) állítanak elő. A fémkarbidokat kobalt kötőanyaggal porkohászati uton egyesítik. Az állóvözet keménységét a fémkarbidok biztosítják. Az alacsony olvadáspontu kobalt egyrészt a zsugorítást segíti elő, másrészt szívósságot biztosít az ötvözetnek.

A forgácsolásra porkohászati uton előállított keményfémeknek három csoportját különböztetjük meg (12.4. ábra) az ISO jelölései szerint:



12.4. ábra

A forgácsoló keményfémek választéka

- a P sorozatu keményfémek (az MSZ 1990 szerint: DA jelűek) folyó forgácsot adó acélanyagokhoz;
- az M sorozatu keményfémek (magyar szabvány szerint DU jelűek) a rövid és folyó forgácsot adó ötvözetlen acélok és ötvözött acél, ill. acélöntvényekhez;
- a K sorozatu keményfémek (MSZ megfelelője a DR jelölés) rideg, tört forgácsot adó anyagokhoz, öntvényekhez.

A keményfémgyártó vállalatoknak a forgácsoló keményfémek, előállításánál két alapvető összefüggést kell figyelembe venniük:

- a karbidok mennyiségének növelésével növekszik a keményfém kopásállósága, de csökken a hajlítószilárdsága, vagyis a szívóssága. Ez az összefüggés természetesen fordítva is igaz, azaz a Co segéd fém mennyiségének növelésével nő a keményfém szívóssága, de csökken a kopásállósága;
- azonos összetételű keményfémek tulajdonságaira igen nagy hatással van a mikroszerkezet, elsősorban a karbid-fázis szemcsemérete. A karbid szemcsék méretének csökkentésével növekszik a keményfém keménységgel kifejezett kopásállósága, de csökken a hajlítószilárdsággal megadható szívóssága, és fordítva: a növekvő átlagos szemcseméret a kopás- és nyomásállóság csökkenését, de az ütésállóság fokozódását vonja maga után.

A követelmények egymással ellentétesek, ebből következik, hogy nagy szívósságu és ugyanakkor rendkívüli kopásállóságu keményfém nem gyártható. Az összetétel tetszőleges megválasztásával tehát számtalan keményfém-változat hozható létre. Az ISO ajánlása alapján 15 különféle forgácsolóképeségű keményfém-minőség áll egységesen a felhasználók rendelkezésére:

P01	(DA01)	M 10	(DU10)	K01	(DR01)
P10	(DA10)	M 20	(DU20)	K10	(DR10)
P20	(DA20)	M 30	(DU30)	K20	(DR20)
P30	(DA30)	M 40	(DU30)	K30	(DR30)
P40	(DA40)			K40	(DR40)
P50	(DA50)				

A jelöléseknek megfelelően a növekvő számcsoportok növekvő szívóssági tulajdonságot jelentenek, ezzel szemben a csökkenő kopásállóságra is utalnak. A jelölésből következik, hogy a növekvő számjegyek a Co-tartalom növekedését is jelzik, és az is megállapítható, hogy minél kisebb ez a számjel, annál nagyobb az ötvözet karbidtartalma. A rideg anyagok megmunkálására készített keményfémek (DR sorozat) csak a Co

kötőfémeket és WC-ot tartalmaznak. A hosszú forgácsot adó anyagok megmunkálására alkalmas keményfémek viszont a forgács felhegedésének meggátlása érdekében az alapösszetevőkön kívül (Co +WC) még TiC-ot, TaC-ot, NbC-ot, esetleg e fémek kettős karbidjait is tartalmazzák. Ezért alkalmas a 12.4. ábrán megadott diagram az igénybevételnek megfelelő keményfémminőség szemléletesen gyors kiválasztására is.

A növekvő forgácsolósebesség növekvő kopásállóságot igényel a szerszámtól, tehát a nagyobb karbid-tartalmú keményfémek felé mutat a kiválasztás szempontját jelző nyíl. A forgácsolási mód sajátosságát jól jellemzi a forgácskeresztmetszet mérete, melynek növekedésével a növekvő Co-tartalom felé kell keresni a megfelelő szívósságú keményfém minőséget. Ennek megfelelően az egyes keményfémminőségek forgácsolóképesége az alábbi feladatok elvégzésére a legalkalmasabb:

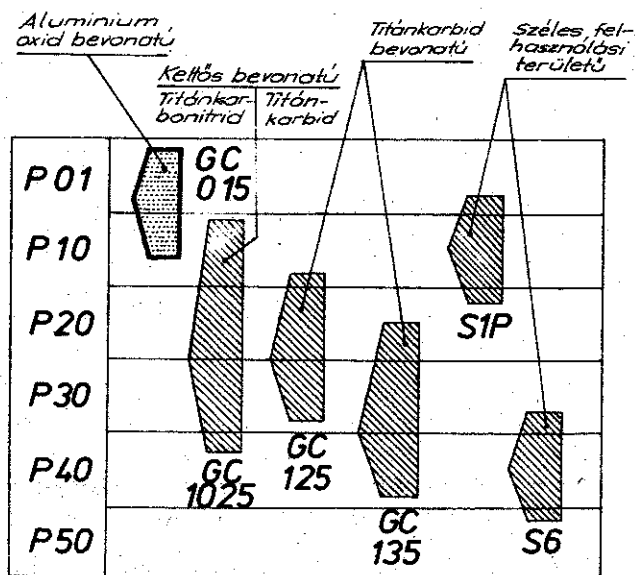
- DA 01 - Nagy forgácsolósebességhez kis forgácskeresztmetszet esetén használható finomesztergáláshoz, finomfuráshoz acél és acélöntvény megmunkálásakor.
- DA 10 - Alkalmas finomesztergálásra. Kevésbé kedvező forgácsolási körülmények esetén acél simítóesztergálására, menetvágására és finomfurására.
- DA 20 - Közepes forgácsolási sebességhez közepes forgácskeresztmetszettel és előtollással, kevésbé váltakozó forgácskeresztmetszetű forgácsleválasztásra alkalmas. Acél nagyolására, korrózió- és hőálló acél simítására, acél és acélöntvény marására alkalmas.
- DA 30 - Kis- és közepes forgácsolósebességhez nagy előtollással, megszakított és erősen változó keresztmetszetű forgácsleválasztáshoz is alkalmas. Legfeljebb 1200 N/mm² szilárdságú, továbbá korrózió- és hőálló acél, acélöntvény esztergálására és marására használható.
- DA 40 - Használják max 1400 N/mm² szilárdságú korrózió- és hőálló acél, acélöntvény esztergálására, és acélok marására kedvezőtlen forgácsolási körülmények között. Ezenkívül korrózió- és hőálló acélok és acélöntvények gyalulására.
- DA 50 - Igen nehéz nagyoló forgácsoláshoz a gyorsacélokhöz hasonló feltételek között használatos. Automata- és revolveresztergákon használják, valamint közepes szilárdságú de homokzárnyos és üreges öntvények esztergálására, gyalulására, vésésére.
- DU 10 - Szürkeöntvény és ötvözött szürkeöntvény, gömbgrafitos öntöttvas és temperöntvény, nagy szilíciumtartalmu alu-

miniumötvözetek, edzett acélok esztergálására, valamint ausztenites mangán, hő- és korrózióálló acélok simítására használják.

- DU 20 - Kevésbé kedvező körülmények között szürkeöntvény, ötvözött öntvény, gömbszemes öntöttvas, kopásálló acélok, ausztenites hő- és korrózió-álló acélok esztergálására, valamint marására alkalmas.
- DU 30 - Automata- és revolveresztergákon használatos öntöttvasra, nagy forgácskeresztmetszetű marásra és gyalulásra is.
- DU 40 - Eszterga automatákon közepes és kis forgácsolósebesség esetén acélokhöz, színes- és könnyűfémekhez használható. Nagy homlokszög esetén nagyobb sebesség mellett is lehet vele próbálkozni. Alakos beszurókések anyaga.
- DR 01 - Nagykeménységű öntöttvas és edzett acél finomesztergálására. Nagy szilíciumtartalmu alumíniumötvözetek esztergálására, marására és erősen koptató anyagok furására alkalmas.
- DR 10 - Öntöttvas színes- és könnyűfémek esztergálására, gyalulására, furatmegmunkálására ajánlható.
- DR 20 - 220 HB keménységű öntöttvas, 500 N/mm^2 szilárdság alatti acél forgácsolására, valamint színes- és könnyűfémekhez alkalmas. Lágyabb anyagok furatai süllyesztethetők, dörzsölhetők, üregelhetők vele.
- DR 30 - Kemény szürkeöntvény és 500 N/mm^2 -nél kisebb szilárdságú acél kis sebességgel, de nagy előtolással forgácsolható vele. Acél és acélöntvény furására, illetve erősen tapadó és kenődő anyagokhoz is alkalmas.
- DR 40 - Rendkívül szívós keményfém. Ötvözetlen és ötvözött acélok és fémek esztergálására is, és műanyagok és fa forgácsolására használják.

A keményfémeknél a továbbfejlesztés a szövetszerkezet céltudatos befolyásolásával történik, amely jobb szívóssági tulajdonságokat eredményezett a kopásállóság károsodása nélkül. Ma már gyakorlatilag minden gyártó cég kínál bevonat nélküli "széles felhasználási tartomány" minőséget. A széles felhasználási tartomány keményfémek alkalmazása a választék szűkítését jelenti, amely gazdasági jelentőséggel bír (12.5. ábra).

Megjelentek a WC-mentes keményfémek. Ezek pl.: 80% TiC-ot, 10% MoC-ot és 10% Ni kötőfémeket tartalmaznak. Az ilyen összetételű



Sandvik Coromant

12.5. ábra

A keményfémek választékszüktetésének irányzata széles felhasználási tartományu, illetve bevonatolt keményfémekkel

keményfémeket nagysebességű és finom megmunkálásokhoz használják. A WC-mentes keményfémek egy másik csoportját alkotják az un. edzhető keményfémek, amelyeket elsősorban forgácsolás nélküli alakító megmunkálásokra használnak fel.

A bevonatos váltóélű lapkákat ma már majdnem minden keményfém gyártó cég gyártja. A bevonatos lapkák elődjének az ugynevezett réteges keményfémek, vagy szendvics-lapkák tekinthetők. Ezeknek a keményfémeknek a külső rétegét tiszta TiC képezte, amelyet sajtoláskor töltöttek be a szerszámhüvelybe, s így végezték el a zsugorítást.

Ezt váltotta fel a vanádiummal, titánnal stb. képzett karbidok, nitrdek és karbonitridek általában gőzfázisból való leválasztása a kopásnak kitett keményfém felületeken. Ez az un. CVD eljárás (Chemical Vapour Deposition), amikor a felviendő fém folyékony kloridján keresztüllyezetve a védő-reagáló gázt, azt a keményfém felületén magas hőmérsékleten leválasztják, amely azután ott karbiddá, nitriddé, vagy a kettő keverékévé alakul.

A kereskedelemben forgalomba hozott bevonatos keményfémek vagy szürke színűek (titánkarbid, ill. - karbonitrid bevonatúak), vagy arany-sárgák (TiN-del bevonat). Mindegyik jellemzője, hogy egy széles felhasználási tartományu alap-keményfém szívós magjára felvitt kopásálló bevonattal érhető el a szerszám nagyobb éltartama, vagy ugyanolyan forgácsolási feltételek mellett a nagyobb termelékenység.

Ujdonságként az aluminiumoxid bevonatolást is érdemes megemlíteni. Ezeknél a forgácsoló lapkáknál a többrétegű bevonat úgy épül fel, hogy az alapkeményfém felületén egy titánkarbid réteg helyezkedik el, amelyre egy újabb külső aluminiumoxid réteg van rárakódva. Ezáltal elérhető az oxidkerámiák nagy kopásállóságának és a keményfémek ezekhez képest mutatkozó nagyobb szívósságának az optimális kombinációja. Ezen lapkák felhasználási területe a P01-gyel jelzett forgácsolóképeségi tartomány.

A keményfém ma a legnagyobb mértékben használt szerszámanyag, mind nagyolásra, mind simításra. Tekintettel az árára, valamint a kis hajlítózilárdságára, felhasználása lapka alakjában történik. A lapkákat a szerszámtestre forrasztással, ragasztással vagy mechanikusan erősítik. A hazánkban szabványosított keményfémlapkák alakját, méreteit és jelölésüket az MSZ 1251 tartalmazza, a váltólapkákat pedig az MSZ 1986. írja elő.

12.46. Kerámia forgácsolóanyagok

A kerámia szerszámanyagok kifejlesztése a második világháború után indult meg. Alapanyaguk tiszta aluminiumoxid (Al_2O_3), amit por alakjában állítanak elő. A kerámiaport sajtolják, lapkaformára alakítják, és zsugorítják. Zsugorítás után igen nagy a keménységük, és így csak közsűrűléssel alakíthatók.

Igen nagy a keménységük: szobahőmérsékleten kb. 90 HRA, és a forgácsolóél forgácsoló képességét kb. 1300 OK-ig megtartja.

Hajlítózilárdságuk igen kicsi (300 ... 400 N/mm²). A kis hajlítózilárdság különleges kialakítást kíván a kerámialapoktól. Lehetőleg úgy kell kialakítani a forgácsoló szerszámot, hogy a lapkán nyomóigénybevétel keletkezzék.

A kerámialapka természetes keménységű, tehát hőkezelést nem igényel. Hirtelen hőmérsékletváltozástól, ridegsége miatt óvni kell.

Előállítási költsége kicsi, nyersanyaga gyakorlatilag csaknem korlátlan mennyiségben rendelkezésre áll. Elterjedését elsősorban az élezési nehézségek gátolják. Közsűrűlése gyémánttal, bórkarbiddal esetleg szilíciumkarbiddal végezhető.

A kerámialapka olcsó, simítás és félnagyolás területén sikerrel használható. A kis hajlítózilárdság miatt mindig negatív homlokszöggel kell kialakítani, de még így is az éltérhelése csak bizonyos határok között engedhető meg, viszont nagy sebességgel üzemeltethető. Egyenlőtlen kerges felületű munkadarabok megmunkálására, valamint ütészzerű igénybevételre a kerámialapka nem használható. Nyomóigénybevételnek jól ellenáll.

A kerámikus anyagok továbbfejlesztése során finomabb és egyenletesebb szemcsészetű alapanyagból kiindulva az ütközési érzékenység csökkentését is elérték. Ez már lehetővé teszi, hogy akár öntvények nagyoló megmunkálását is elvégezzék kerámiával.

12.47 Szuperkemény forgácsolóanyagok

A szuperkemény anyagok fejlesztése lehetővé tette a köszörtűszer-számokon kívül a szabályos forgácsolóéltű szerszámok ipari méretű elterjedését is gyémántból és polikristályos szintetikus élananyagokból.

A gyémánt az egyetlen természetes előfordulású szerszámanyag, melyet egyéltű forgácsoló szerszámok készítéséhez is felhasználnak. Forgácsoló szerszámokhoz természetesen az ipari gyémántot használják, melynek szennyezettsége értékét nagymértékben rontja.

A gyémánt a legkeményebb szerszámanyag. Mivel egyetlen kristály, így igen simára és élesre csiszolható, ezáltal a homloklapon keletkező surlódás kisebb, mint egyéb szerszámanyagoknál. Keménységét a forgácsolásnál elérhető hőfokhatárokon belül lényegesen nem változtatja.

Hajlítoszilárdsága kicsi σ_{B_h} 300 ... 400 N/mm², nyomoszilárdsága viszonylag nagy σ_v 2000 N/mm².

A gyémánt a legdrágább és csak import útján beszerezhető szerszámanyag. Megmunkálása csak különleges csiszolási módszerekkel lehetséges (saját porával).

A gyémántot csak különleges simító megmunkáláshoz használják, amikor a felületi érdesség és a méretpontosság biztosítása fontos. Különösen alkalmas lágy, kenődésre hajlamos anyagok megmunkálásához, mivel fémrészek nem tapadnak hozzá, és így élrátét mentesen forgácsol.

Használják alumínium, vörösréz stb. anyagok megmunkálásához. A szerszám homlokszögét általában 0°-ra vagy negatívra képezik, míg csucsszöge $\epsilon = 130^\circ$ körüli érték. Kis előtolással (0,01 - 0,05), kis fogásmélységgel (0,05 - 0,20 mm) és nagy forgácsolási sebességgel dolgozik.

Az egyéltű szerszámokhoz a gyémánt forgácsolóéltű igen kis élhelyezési szögekkel képezik ki, vagy fazettásra, illetve körívesre csiszolják. A gyémántszemcse befogása vagy mechanikus rögzítéssel, vagy befoglalással (forraszanyaggal) történik.

A többkristályos mesterséges gyémánt (karbonádó) kopásálló, igen kemény, jó hővezető képességű, de viszonylag kis hőszilárdságú szerszámanyag. Szabályos forgácsolóéltű szerszámként alkalmazva - a természetes gyémánt helyett - lehetővé válik titán-, alumínium-, és rézötvözetek, kerámia, valamint keményfém és más, nehezen forgácsolható anyagok nagytermelékenységű forgácsolása.

A szénhez való affinitása miatt acélananyagok, grafit stb. megmunkálására nem használható.

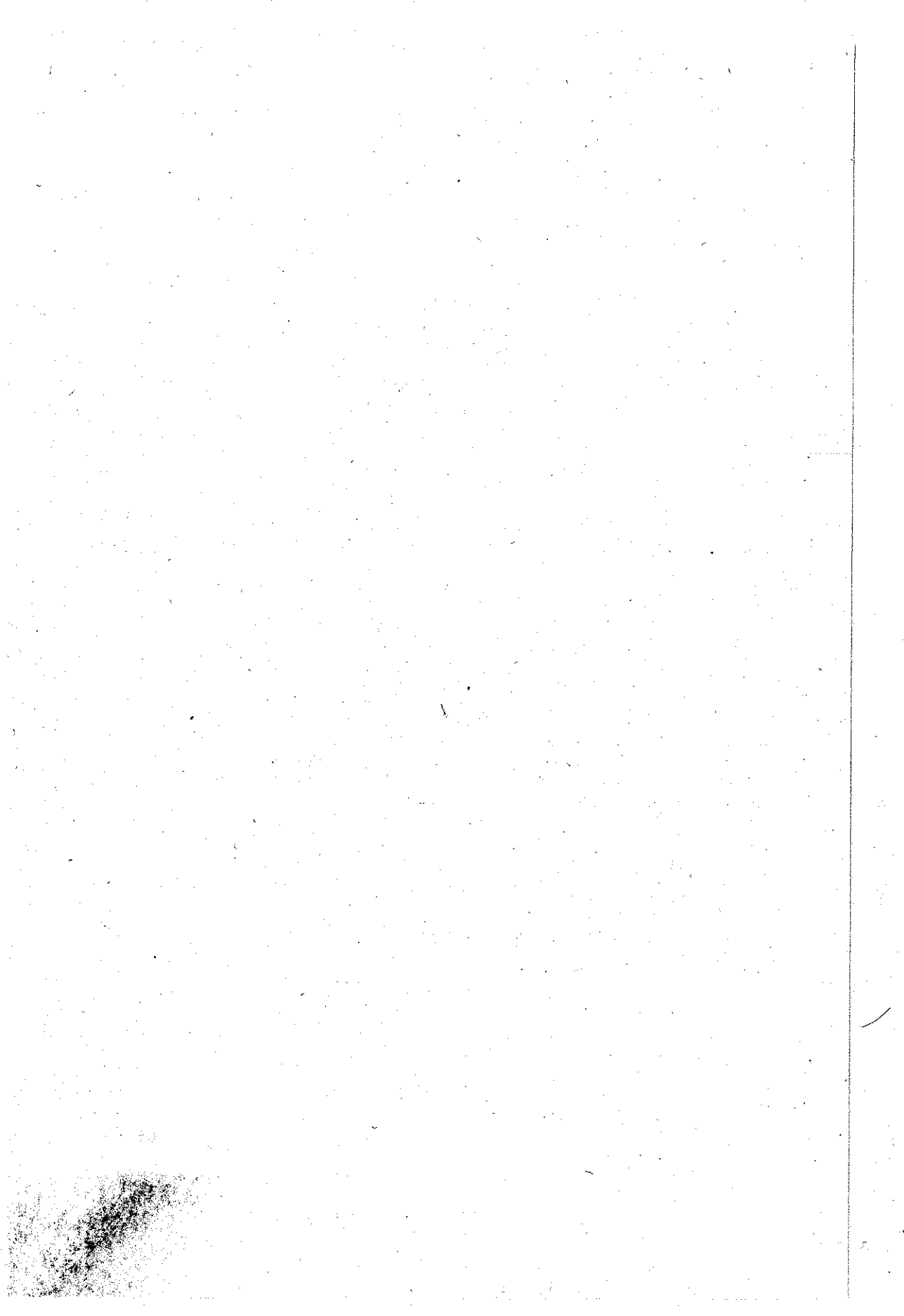
A többkristályos köbös bórnitrid (Elbor - R, Kompozit) keménysége alig marad el a polikristályos mesterséges gyémántétól. Hővezető képessége jó, hőszilárdsága nagy, nincs kémiai affinitása az acélokhoz. Szabályos geometriájú szerszámként való felhasználása lehetővé teszi edzett acélok, öntöttvasak, acélöntvények, magas olvadáspontú fémötvözetek forgácsolását. Megmunkálhatók kopásálló páncélok, hegesztéssel feltöltött, fémszórással felvitt felületek.

Uj fejlesztési eredményt jelent a keményfém alaplapkára felvitt köbös bórnitrid réteges váltólapka, amely egyesíti magában az egyes összetevők jó mechanikai és technológiai tulajdonságait (lásd a bevonatolást!).

Irodalomjegyzék a 12. fejezethez

1. Dr. ARTINGER István: Szerszámacélok és hőkezelésük. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1978.
2. Dr. BAKONDI Károly: Forgácsolás elmélete és forgácsoló technológia I. KTMF. Főiskolai jegyzet: 49.660/I. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1977.
3. Dr. BALI János: Forgácsolás (előadási segédlet) BME. Gépgyártástechnológia Tanszék. Kézirat, 1978.
4. BARDOCZ István: Szerszámacélok megválasztása és hőkezelése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961.
5. BOBROV, V.F.: Osznovü teorii rezanyija metallov. "Masinosztroenyije", Moszkva, 1975.
6. FILOLENKO, Sz.N.: Rezanyije metallov. Izdatyelsztvo "Technika", Kiev, 1975.
7. Dr. GRIBOVSZKI László: Gépipari megmunkálások. Tankönyvkiadó, Bp. 1977.
8. HACK, E. - JASZOVSZKY, S. - SMÓLING, K.: Szerszámkészítés. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1976.
9. Dr. KAZINCZY László: A szerkezeti acélok megmunkálhatósága. Gépgyártástechnológia XIII. évf. 3. sz. 1973. márc. s.: 101-108.
10. Dr. KARDOS Árpád: Forgácsolhatósági vizsgálatok. KGM-kiadvány, kézirat, Bp. 1959.
11. KÖNIG, W.: Der Einfluss nichtmetallischer Einschlüsse auf die Zerspanbarkeit von unlegierten Baustählen. Industrie-Anzeiger, 87. Jg. Nr. 26-30. 1965.
12. PÁLMAI Zoltán: A forgácsolószerszámok új, fizikailag értelmezett kopásfüggvénye. II. Szerszámanyagok és Szerszámok Konferencia előadás, Bp. 1971.

13. SZABÓ Ödön: Az acél szövetszerkezetének befolyása a forgácsolhatóságra és a megmunkált felület minőségére. Mérnöktovábbképző Intézet kiadványa, Bp. 1954.
14. Dr. SZAKÁCS György - DÉVÉNYI Miklós: Keményfémek és szuperkemény anyagok alkalmazása. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
15. TULLY, H. - SCHÜTZE, R.: Stand und Tendenzen der Spanenden Formgebung durch Drehen. Industrie-Anzeiger, 1973. 5. 18. s.: 872-875.
16. VIEREGGE, G.: Zerspannung der Eisenwerkstoffe (2. Auflage). Verlag Stahleisen MBH. Düsseldorf, 1970.
17. YELLOWLEY, I. - BARROW, G.: Ermittlung und Anwendung von Bearbeitbarkeitsangaben. Fertigung. 1/1971. s.: 21-29.



13. A forgácsoló megmunkálási eljárások és szerszámaik

Az előző fejezetekben tárgyalt általános forgácsoláselméleti törvényszerűségeket a továbbiakban a konkrét forgácsoló eljárásokra értelmezzük, meghatározzuk az egyes eljárások gazdaságos forgácsolási adatait, a szerszámok igénybevételi viszonyait és bemutatjuk az egyes forgácsolási módok jellegzetes szerszámalkotási változatait.

13.1 Esztergálás

13.1.1 A forgácsolási adatok meghatározása esztergálásnál

Az esztergálás olyan forgácsolási mód, melynél a főmozgás forgó, a mellékmozgások egyenesvonaluak, jellegzetes szerszáma egyéltű. A főmozgást általában a tárgy, a mellékmozgásokat általában a szerszám végzi.

Esztergáláskor az elméletileg leválasztandó forgácskeresztmetszet:

$$A = h \cdot b = s \cdot \sin \kappa \cdot a \cdot (\sin \kappa)^{-1} = s \cdot a \quad [\text{mm}^2]$$

Mivel a forgácsoláselméletben megismert valamennyi összefüggésben a forgácsolási jellemzők meghatározásakor a közepes forgácsvastagság és az elméleti forgácsszélesség szerepel, ezt az esztergáláskor szokásos gyakorlati forgácsdimenziók megadásával kell helyettesíteni. Az esztergálásra készített műveleti utasításokban az előtolást (s) és a forgásmélységet (a) kell megadni, mint beállítandó adatokat.

13.1.1.1 A forgácsolóerő meghatározása

A forgácsolóerőnek a forgácsoláselméletben megismert hatványfüggvényes közelítő képletébe így:

$$F_v = C'_F \cdot s^{x_F} \cdot (\sin \kappa)^{x_F} \cdot a^{y_F} \cdot (\sin \kappa)^{y_F} \cdot K_F$$

kerül. Az egyszerűsítéskor azt is figyelembe vehetjük, hogy a forgács-
szélesség kitevője $y_F = 1$, és ezzel az esztergáláskor ébredő forgá-
csolóerő meghatározására a következő összefüggést kapjuk:

$$F_v = C'_F \cdot \frac{\sin \kappa}{\sin \kappa} \cdot s^{x_F} \cdot a \cdot K_F$$

A szerszám főélelhelyezési szögét adott esetben ($\kappa = 45^\circ$) állandónak véve, az erőállandó:

$$C_F = C'_F \cdot \frac{(\sin \kappa)^{x_F}}{\sin \kappa}$$

alakban összevonható. A C_F tehát számértékre nézve, egyenlő azzal a főforgácsoló erővel, amely akkor ébred, ha $\kappa = 45^\circ$, $s = 1$ mm, $a = 1$ mm és a módosító tényezők szorzata $K_F = 1$. Ha a szerszám főélelhelyezési szöge 45° -tól eltér, vagy a vizsgálatban rögzített szabványos körülményektől eltérünk, a C_F esztergálási erőállandó értékét módosítani kell.

C_F értékét általában kétféle módon közlik. Táblázatokban megadják a használatos anyagokra a C_F értékét, vagy egy etalon anyagra határozzák meg a C_F nagyságát, és megadják minden más anyaghoz a módosító tényező (K_{Fm}) számszerű értékét. A forgácsolási erőállandó C_F értékére acél esztergálásakor a 13.1. táblázat tartalmaz tájékoztató adatokat.

13.1. táblázat

A C_F erőállandó értéke esztergálásra

R_m N/mm ² ..	500...600	600...700	700...800	800...900
C_F	1640	1780	2000	2200

A másik módszer szerint az etalonanyagra meghatározzák a C_F állandó értékét és megadják K_{Fm} helyesbítő tényezőket. Erre vonatkozó adatokat mind acélra, mind öntöttvasra a 13.2. táblázat tartalmaz.

13.2. táblázat

A K_{Fm} erőmódosító tényezők értékei acélra és öntöttvasra

Acél: $C_F = 2000$

R_m N/mm ²	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000	1000-1100	1100-1200
K_{Fm}	0,69	0,76	0,82	0,89	1,00	1,10	1,18	1,28	1,36
Öntöttvas: $C_F = 1140$									
HB	100-120	120-140	140-160	160-180	180-200	200-220	220-240	240-260	260-280
K_{Fm}	0,74	0,81	0,88	0,94	1,00	1,06	1,12	1,17	1,22

Kísérletek során a C_F állandó és a hatványkitevő értékeit

$R_m = 750$ N/mm² szakítószilárdságu ötvöztelen acélra vagy HB = 190 keménységű öntöttvasra határozzák meg. Ezekre vonatkozó C_F értékek alapértékek, melyeket a megmunkálendő anyag szerint módosítani kell. A módosító tényező értékei számítással is meghatározhatók: acél anyagra:

$$K_{Fm} = \left(\frac{R_m}{750} \right)^{n_F}$$

öntöttvasra:

$$K_{Fm} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{n_F}$$

A számlálóba (az R_m , illetve HB) a megmunkálendő anyag szakítószilárdságát, illetve Brinell-keménységét kell behelyettesíteni, addig a nevezőben az etalon-anyag szakítószilárdsága, illetve Brinellkemény-

sége szerepel. A hatványkitevő értéke $n_F = 0,35$, ha az $R_m \leq 550 \text{ N/mm}^2$ és $n_F = 0,75$, ha $R_m \geq 550 \text{ N/mm}^2$. Rideg anyagoknál $n_F = 0,55$.

Az előtolás hatványkitevője általában $x_F = 0,75$, míg az (a) kitevője általában $y_F = 1$.

A képletben a K_F módosító tényező mindazoknak a módosító tényezőknek szorzatát jelenti, melyeket a számítások során figyelembe kell venni. Ebben a módosító tényezőben szerepel a homlokszög ($K_{F\alpha}$) helyesbítő tényező nagysága is. A $K_{F\alpha}$ módosító tényező értékeire vonatkozó adatokat a 13.3. táblázat tartalmazza.

13.3. táblázat

A $K_{F\alpha}$ módosító tényező értékei

Acél $R_m \text{ N/mm}^2$	Homlokszög					Öntöttvas, HB
	8°	12°	20°	25°	30°	
< 500	-	-	1,06	1,00	0,94	-
500- 800	-	-	1,00	0,94	-	< 150
800-1000	1,06	1,00	0,91	-	-	150 - 200
1000-1200	1,00	0,94	-	-	-	200 - 260

A csucssugarának a forgácsoló erőre gyakorolt hatását akkor kell helyesbítősorzóval (K_{Fr}) figyelembe venni, ha eltérünk a szabványos csucssugar értéktől. Kísérletek során használt szerszám csucssugara mind acél, mind öntöttvas megmunkálásakor általában $r_\xi = 2 \text{ mm}$. A helyesbítési tényező értékei a 13.4. táblázatban találhatók.

13.4. táblázat

A K_{Fr} csucssugar miatti helyesbítő tényező értékei

Anyag	$r_\xi \text{ [mm]}$					
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
Acél	0,87	0,93	0,97	1,0	1,04	1,10
Öntöttvas	0,65	0,81	0,92	1,0	1,13	1,32

A képlet csak 45°-os elhelyezési szögű szerszám használatakor ad kielégítő eredményt, míg ettől eltérő elhelyezési szögnél a C_F értékét $K_{F\kappa}$ helyesbítőszorzóval kell módosítani.

A $K_{F\kappa}$ helyesbítő tényező az alábbi összefüggéssel is meghatározható:

$$K_{F\kappa} = \left(\frac{\sin 45^\circ}{\sin \kappa} \right)^{1-x_F}$$

A $K_{F\kappa}$ helyesbítő tényező értékeire a 13.5. táblázatban tájékoztató értékek találhatók.

13.5. táblázat

A $K_{F\kappa}$ módosító tényező értékei

κ_r	30°	45°	60°	75°	90°
$K_{F\kappa}$	1,08	1,00	0,96	0,94	0,92

A forgácsoláshoz szükséges erő a szerszám kopásától is függ. A táblázati adatok a biztonság okáért kopott szerszámra vonatkoznak, míg újonnan élezett szerszámoknál a felsorolt képletekkel és módosító tényezőkkel meghatározott forgácsolóerő a valóságban kisebb.

A főforgácsolóerő számítóképletében a K_F a módosító tényezők szorzatát jelenti, azaz:

$$K_F = K_{Fm} \cdot K_{F\phi} \cdot K_{Fr} \cdot K_{F\kappa} \cdot K_{F\Delta} \cdot K_{Fh}$$

A képletben szereplő K_{Fh} módosító tényező az előbbi felsorolásunkban nem szerepel. Ebben a K_{Fh} módosító tényezőben a felsorolaton kívül és azoktól eltérő tényezőt kell figyelembe venni, amely a forgácsolóerőt befolyásolhatja. (Hűtés, megmunkálandó anyag felülete stb.)

A mellékerők a főforgácsolóerőhöz hasonló módon határozhatók meg.

$$F_p = C_{Fp} \cdot a^{y_F} \cdot s^{x_F} \cdot K_{Fp}$$

$$F_f = C_{Ff} \cdot a_{Ff}^y \cdot s_{Ff}^x \cdot K_{Ff}$$

Az állandó és hatványkitevők értékei kézikönyvekben megtalálhatók, erre vonatkozóan a 13.6. táblázatban irányértékeket közlünk.

13.6. táblázat

A mellékerők kiszámításához szükséges tényezők

	F_p			F_f		
	C_{Fp}	y_{Fp}	x_{Fp}	C_{Ff}	y_{Ff}	x_{Ff}
Acél $R_m = 750 \text{ [Nmm}^2\text{]}$	1248	0,9	0,75	668	1,20	0,65
Öntöttvas HB = 190	1192	0,9	0,75	514	1,20	0,65

13.112 A gazdaságos forgácsolási sebesség
kiszámítása esztergáláskor

A gazdaságos forgácsolási sebességet a

$$v_o = \frac{C'_{vo} \cdot K_v}{\frac{x_v}{h_v} \cdot \frac{y_v}{v_v}} \quad [\text{m/min}]$$

összefüggéssel lehet meghatározni. Esztergáláskor a (h) helyébe az $(s \cdot \sin \kappa)$, a (b) helyébe az $(a \cdot (\sin \kappa)^{-1})$ összefüggést behelyettesítve:

$$v_o = C'_{vo} \cdot \frac{K_v}{\frac{x_v}{s_v} \cdot (\sin \kappa)^{\frac{x_v}{v}} \cdot \frac{y_v}{a_v}} \quad [\text{m/min}]$$

alku kifejezést kapjuk. A képletben szereplő állandó és hatványkitevők értékeinek meghatározása általában $\kappa = 45^\circ$ -os szerszámmal történik, így a számítás egyszerűsíthető:

$$C'_{vo} \cdot \frac{\sin \frac{y_v}{x_v} (45^\circ)}{\sin^v (45^\circ)} = C_{vo} = C'_{vo} \cdot \sin (45^\circ)^{(y_v - x_v)}$$

Ennek figyelembevételével a "gazdaságos" forgácsolási sebesség meghatározására szolgáló összefüggés a következő alakban írható:

$$v_o = \frac{C_{vo} \cdot K}{s_v \cdot a_v} \quad [\text{m/min}]$$

A képletben szereplő C_{vo} állandó értéke 1 mm-es előtolással, 1 mm-es fogásmélységgel egy adott anyag és szerszám esetében $\gamma_c = 45^\circ$ -os főél elhelyezési szögű, szabványos kialakítású szerszámmal végzett megmunkálás esetén - egyenlő a "gazdaságos" éltartamidőhöz (60 vagy 150 min) tartozó forgácsolási sebesség nagyságával.

A C_{vo} állandó értékét, a C_F erőállandóhoz hasonlóan, táblázatosan megadják minden anyagra, vagy egy etalonanyagra adják meg, és közlik az anyagtól függő módosító tényezőket. A C_{vo} értékeire, valamint a hatványkitevő értékeire a 13.7. táblázatban találunk irányértékeket.

13.8. táblázat

A K_{vm} helyesbítő tényező értékei

Acél:

R_m N/mm ²	300- 400	400- 500	500- 600	600- 700	700- 800	800- 900
K_{vm}	1,80	2,20	1,69	1,29	1,00	0,81
Öntöttvas:						
HB	140- 160	160- 180	180- 200	200- 220	220- 240	240- 260
K_{vm}	1,51	1,21	1,00	0,85	0,72	0,63

Irányértékek esztergáláskor a gazdaságos forgácsolási sebesség számításához

Mégmunkálendő anyag	Szerszám- anyag	Mégmunkálás	Hűtéssel			Hűtés nélkül		
			C_{vo}	y_v	x_v	C_{vo}	y_v	x_v
Acél $R_m = 750 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	R2 gyorsacél	Hossz- esztergálás	31,6	0,25	0,66	24,3	0,25	0,66
		nagyolás simítás						
	Beszúrás, leszúrás	6,8	-	0,66				
	Menetesztorgálás	22,5	0,45	0,30				
Ötütvas $WB = 190$	R2 gyorsacél	Hossz- esztergálás				147,0	0,18	0,20
		nagyolás simítás				122,0	0,18	0,35
	Beszúrás, leszúrás				23,6	0,15	0,40	
	Hossz- esztergálás				24,7	0,15	0,30	
	DR jejú keményfém	Hossz- esztergálás				56,4	0,13	0,20
		Beszúrás, leszúrás				49,8	0,20	0,40

A táblázatban szereplő anyagtól eltérően a C_{vo} értékét módosítani kell. A K_{vm} helyesbítő tényező ötvözetlen acél és öntöttvas megmunkálásakor gyorsacél szerszámra a 13.8. táblázat tartalmaz irányértékeket.

A módosító tényezőik számszerű értéke ha a megmunkálandó anyag $R_m > 450 \text{ N/mm}^2$ szakítószilárdságu acél, gyorsacél szerszámmal történő megmunkálásakor a

$$K_{vm} = \left(\frac{750}{R_m} \right)^{1,75}$$

keményfémlapkás szerszám esetén pedig

$$K_{vm} = \left(\frac{750}{R_m} \right)^{1,5}$$

míg öntöttvas esztergálásakor:

$$K_{vm} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{1,7}$$

A munkadarab szakítószilárdságán és Brinell-keménységén kívül a szerszám éltartamát az előzetes megmunkálás is befolyásolja. Kérges, illetve revés felületű munkadarabok esztergálásakor a táblázati értékek érvényesek, de ha a munkadarab felületét már előmunkálták, akkor $K_{vn} = 1,2-1,1$ -es szorzóval kell beszorozni. Vagy például hidegen hengerelt acélnál a módosító tényező $K_{vn} = 1,1$ értékével módosítani kell a C_{vo} értékét.

A szerszám éltartamát befolyásolja a készár keresztmetszete is. Növekvő szárkeresztmetszettel javul a hőelvezetés, ezáltal nő az éltartam is. A szerszám méretétől, az előállítási költségek és a megmunkálási feltételek szerint változhat a szerszám gazdaságos éltartama (pl. automatákon $T = 480 \text{ min}$). A változott éltartamidő a

$$K_T = \left(\frac{T}{T_0} \right)^m$$

helyesbítő tényezővel veendő figyelembe. A szerszám hatását elsősorban a C_{vo} állandóban veszendő figyelembe.

A főél elhelyezési szögének hatását is figyelembe kell venni az éltartam kiszámítása során, ha eltérünk a kísérletnél használt $\kappa = 45^\circ$ -os elhelyezési szögű késtől. A $K_{v\kappa}$ módosító tényező értékeit a 13.9. táblázat tartalmazza.

13.9. táblázat

A $K_{v\kappa}$ módosító tényező értékei

Mégmunkálandó anyag	Szerszámanyag	Főél elhelyezési szöge κ°				
		30	45	60	75	90
Acél	gyorsacél	1,26	1,00	0,84	0,78	0,66
	keményfém	1,13	1,00	0,92	0,86	0,81
Ötöttvas	gyorsacél, keményfém	1,20	1,00	0,88	0,83	0,73

13.10. táblázat

A K_{vr} helyesbitő tényező értékei

r_ε [mm]	1	2	3
K_{vr}	0,94	1	1,03

A szerszám csucssugarának változása befolyásolja a forgácsszélességet, és ezáltal az éltartamot. A csucssugar befolyását az éltartamra a K_{vr} módosító tényezővel vesszük figyelembe (13.10. táblázat).

A homloklap kiképzése a szerszám éltartamát befolyásolja mivel a hőelvezetés is változik. Az ismertetett számítási mód sík homloklapu szerszámra érvényes. Kettős homloklap (negatív élszalag) kiképzésekor az éltartam a sík homloklapu szerszámhoz képest növekszik, amelyet $K_{vk} = 1,15$ módosító tényezővel vesszük figyelembe.

A gazdaságos sebesség meghatározására alkalmas számító képlet:

$$v_o = \frac{C_{vo}}{s_v \cdot a_v} \cdot K_T \cdot K_{vm} \cdot K_{vk} \cdot K_{vr}$$

A főforgácsolórő és a gazdaságos forgácsolási sebesség ismeretében a forgácsoláshoz szükséges teljesítmény az ismert

$$P_v = \frac{F \cdot v \cdot v_0}{60000} \quad [\text{kW}]$$

összefüggéssel számítható ki.

A megmunkált felület érdessége pedig simító megmunkáláskor közelítően az:

$$R_a \approx 0,6 \cdot R_e = \frac{s^2}{8r} \cdot 0,6$$

nagyoló megmunkáláskor pedig az:

$$R_e = s \cdot \frac{\text{tg } \kappa \cdot \text{tg } \tau}{\text{tg } \kappa + \text{tg } \tau}$$

összefüggéssel határozható meg.

13.12 Az esztergálás változatai

Esztergáláson a legtöbb esetben külső hosszesztergálást értenek, jóllehet esztergálással más típusú felületek is megmunkálhatók. Ilyen megmunkálás például a sikesztergálás vagy keresztesztergálás, furatesztergálás, beszúrás, menetesztergálás stb. A felsorolt megmunkálásokat az esztergálás változatainak nevezik.

Az esztergálás változataira a hosszesztergálásnál megállapított törvényszerűségek értelemszerűen alkalmazhatók. A forgácsolóerőre levezetett számítási módszer az esztergálás összes változatára érvényes, és kellő pontosságú eredményt ad.

A szerszáméltartam kiszámításakor figyelembe kell venni azonban azokat a feltételeket, amelyek eltérnek a külső hosszesztergálástól. A számítások során természetesen mindig a levezetett éltartam képletből indulunk ki, amelynek alapján a kapott értéket az adott feltételeknek megfelelően módosítjuk.

Keresztesztergáláskor a forgácsolási sebesség változik a

$$v_1 = \frac{D_1 \cdot \pi \cdot n}{1000}$$

értéktől a

$$v_2 = \frac{D_2 \cdot \pi \cdot n}{1000}$$

értékig, ahol D_1 a belső, D_2 a külső átmérő.

Belátható, hogy helytelen lenne mind a v_1 minimális, mind a v_2 maximális forgácsolási sebesség beállítása. A beállítandó forgácsolási sebességet keresztesztergálásra megkapjuk, ha a külső hosszesztergálási képletből meghatározzuk a gazdaságos forgácsolási sebességet, és azt megszorozzuk a keresztesztergálás módosítótenyezőjével. A módosítótenyező értéke függ az előtolás irányától (középponttól vagy középpont felé), a furat és a külső átmérő arányától, valamint a szerszám anyagától és típusától.

Növelhető a kerületi sebesség akkor, ha $\frac{v_2 - v_1}{v_2}$ viszonyszám nagy; például acélt gyorsacél szerszámmal esztergálva 0,8...1,0 viszonyszám mellett a módosítótenyező 1,2...1,7 a szerszám típusától függően. A tárcsa esztergálásakor beállítandó maximális sebesség, ha középponttól a kerület felé esztergálunk

$$v_{KE} = (1,2 \dots 1,6)v_0$$

Kerülettől a középpont felé esztergálva lényegesen kedvezőtlenebb a helyzet, így a beállítandó maximális kerületi sebesség

$$v_{KE} = (1 \dots 1,1)v_0$$

ahol v_0 a külső hosszesztergálásra meghatározott forgácsolási sebesség.

Furatesztergáláskor a szerszám sokkal kedvezőtlenebb körülmények között végzi a forgácsolást mint külső hosszesztergáláskor. A szerszám jobban felmelegszik, a szárkeresztmetszet kevesebb hőt tud elvezetni, azonkívül a hűtőfolyadék hozzávezetése is nehézségekbe ütközik. Ez az oka, hogy furatesztergáláskor a külső hosszesztergálás képletével meghatározott gazdaságos forgácsolási sebességet csökkenteni kell. A módosítótenyező függ a megmunkálandó furat átmérőjétől és a furat mélységétől.

Furatesztergáláskor a beállítandó forgácsolási sebesség

$$v_{FE} = (0,8 \dots 0,9)v_0$$

A 0,8-as módosítótenyezőt kisátmérőjű (\emptyset 75 alatt) furatoknál használják.

Furatkéseket a fellépő forgácsolóerő alapján kihajlásra ellenőrizni kell, mert normál körülmények között az F_p mellékerő a furatkést hajlításra veszi igénybe.

$D = \varnothing 250$ mm-nél nagyobb átmérőjű furatok esetén viszont már nem kell különbséget tenni a furat- és a hosszesztergálás forgácsolási viszonyai között.

Beszuráskor és leszuráskor a szerszám csucspontjai fokozottabb forgácsolási igénybevételnek vannak kitéve. A szerszám két sarokpontjának hőelvezetése gyenge, és még a szerszám hőelvezetését is kedvezőtlenül befolyásolja a szár felé elvékonyodó dolgozóréssz. Beszuráskor a forgácsolási sebesség a külső hosszesztergálás eredményéből:

$$V_{BE} = (0,25 \dots 0,35)v_0$$

összefüggéssel határozható meg. (Nagy előtolásoknál a kisebb értékkel kell számolni.)

Menetesztergáláskor is a szerszám kedvezőtlen körülmények között dolgozik, mivel a csucsszög metrikus menet megmunkálásakor $\epsilon = 60^\circ$. Igen gyakran még az $\epsilon = 60^\circ$ -os csucsszög éltartam adta lehetőségét sem lehet kihasználni, a szerszám kiemelése miatt. A szerszám szabad kifutása esetén a menetvágás forgácsolási sebessége:

$$v_{ME} = (0,5 \dots 0,6)v_0$$

A forgácsolási sebesség (v_{ME}) meghatározásakor figyelembe kell venni, hogy a menetet több (p) fogással munkáljuk ki, így az $s = H$, míg $a = \frac{H}{p}$ értékű, ahol H a menetemelkedés nagysága.

Gyakoribb eset, hogy a szerszám kifutására csak beszurásnyi hely van. A beszurás szélessége rendszerint $(1,5 \dots 2) \cdot H$, amely ut meg-tétele alatt a szerszámot ki kell emelni. A késkiemelés rendelkezésére álló idő:

$$t = \frac{2H}{v_f}; \text{ ahol } v_f = nH; \text{ így } t = \frac{2H}{nH} = \frac{2}{n} \text{ [min]}$$

A késkiemeléshez rendelkezésre álló idő nem a forgácsolási sebességtől függ, hanem a fordulatszámtól. Kifutásos menetvágáskor mindig a fordulatszám a döntő. A késkiemelés ideje általában $0,5 \dots 1$ sec. A beállítható fordulat kifutásos menetvágáskor:

$$n = \frac{2}{t} \text{ [ford/min]}$$

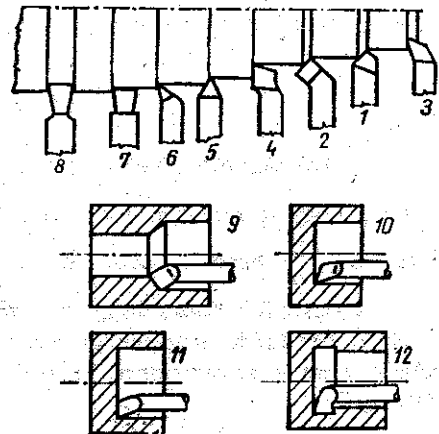
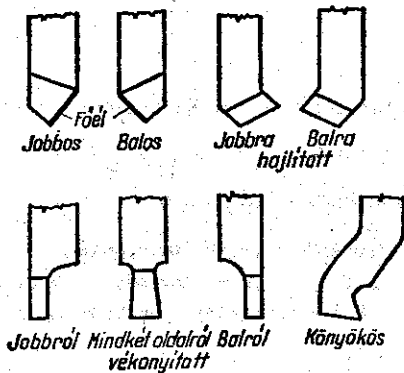
13.13 Az esztergakések

Az esztergálás jellegzetes szerszáma egyélű. Az MSZ 1244 az egyélű gépi fémforgácsoló szerszámok meghatározásával foglalkozik. Ebbe a csoportba sorolja még az összes forgácsolókéseket és forgácsoló betétkéseket, ezenkívül

- a revolver- és automatakéseket,
- gyalukéseket és
- a vésőkéseket is.

13.131 Az esztergakések típusai

A forgácsolókések fő részei: a szerszám szára és a szerszám dolgozó része. Az esztergakést készítik jobbos, illetve balos kivitelben. Készítenek egyenes és hajlított esztergakéseket, valamint vékonyított késeket (13.1. ábra).



13.1. ábra
A forgácsolókések kiviteli formái

13.2. ábra
Szabványos esztergakések fajtái

A szabványos esztergakések fajtái a 13.2. ábrán láthatók. Az ábrán vázolt kések szabványos megnevezései gyorsacél és forrasztott keményfémlapkás kivitel esetén a következők:

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| -1. Egyenes forgácsolókés | MSZ 1287; MSZ 1901. |
| -2. Hajlított forgácsolókés | MSZ 1288; MSZ 1902. |
| -3. Homlokélű forgácsolókés | MSZ 1289; MSZ 1903. |
| -4. Oldalélű forgácsolókés | MSZ 1290; MSZ 1904. |
| -5. Hegyes forgácsolókés | MSZ 1291; MSZ 1905. |

-6. Hajlított sugaras forgácsolóké	MSZ 1292;	-
-7. Széles forgácsolóké	-	MSZ 1909.
-8. Szuró forgácsolóké	MSZ 1294;	MSZ 1910.
-9. Furatkés átmenő furathoz	MSZ 1296;	MSZ 1912.
-10. Furatkés zsákfurathoz	MSZ 1297;	MSZ 1913.
-11. Fenék-simitó furatkés	-	-
-12. Beszuró furatkés	MSZ 1299.	-

13.132 Esztergakések dolgozórésszének kialakítása

Minden szerszámnál törekedni kell a jó forgácsolási viszonyokat biztosító anyag felhasználására. Az esztergakések forgácsoló része ma főleg gyorsacélból és keményfémből készül. Kisebb igénybevételek esetén készítenek esztergakéseket ötvözetlen vagy ötvözött szerszámacélból is. A fémes szerszám anyagok mellett felhasználják esztergakések gyártásához a kerámialapkát, a gyémántot és a kőbős bornitridet is polikristályos és bevonatolt kivitelben.

A szerszámfej kialakítása az élszögek megválasztásával kezdődik. A legfontosabb élszögek (γ , α , λ) szabványosítva vannak, míg a munkadarab alakját befolyásoló elhelyezési szögek (κ , ζ) a megmunkálás feltételeinek megfelelően alakítandók ki.

A szabványosított homlokszög (γ_0), hátszög (α_0) a megmunkálendő anyagtól függően 5 csoportra van osztva, így a szabvány az élszögcsoportokra ajánlással szolgál.

A gyorsacél szerszámot függetlenül attól, hogy lapkás vagy tömör, egyszeres hátlappal köszörülük, mivel mindkét fém köszörülése alumíniumoxid-koronggal történik. Keményfémlapkás szerszámok élezésekor a keményfém szilíciumkarbiddal, míg a szerszám szárát alumíniumoxid-koronggal köszörülük. Ennek megfelelően kettős hátlapot kell kiképezni. Keményfémlapka finomélezése gyémántszemcsés köszörűkoronggal igen jól végezhető. Gyémántszemcsés köszörűkoronggal csak az él környékét élezzük. Gyémántszemcsés élezéskor három hátszöget köszörülnek a szerszámra.

A homloklap kialakításakor a forgácsolandó anyag tulajdonságait kell figyelembe venni. Szívós anyagok (acélok) megmunkálásakor gyakran köszörülnek a szerszám homloklapjába forgácsstörő hornyot, míg rideg anyagok megmunkálásakor forgácsstörésről nem kell gondoskodni, így a homloklap sík felületű.

Keményfémlapkás szerszámok kialakítását úgy kell elvégezni, hogy a lapka inkább nyomó- mint hajlító igénybevételt szenvedjen. Ennek megfelelően kemény, rideg anyagok megmunkálásakor gyakran negatív élszalagot köszörülnek a szerszám homloklapfelületére.

A homloklap köszörtülése végezhető a főélel párhuzamosan és a főéltre merőlegesen.

Lapkás kivitelű esztergakések gyártásakor figyelembe kell venni az élezésből adódó fogyásvonalat. Célszerű a lapkát eleve a fogvonalnak megfelelő dőlésű fészkekben elhelyezni.

Az esztergakések nyitott forgácsolással dolgozó szerszámok, így a megmunkálás ideje alatt forgácsolásról nem kell külön gondoskodni.

A hűtőfolyadék hozzátáplálása sem kíván különös kialakítást, mivel a szabad hozzáférés feltételei megvannak. A hűtőfolyadék minőségét a megmunkálendő anyag és a forgácsolás feltételei szabják meg. Acélok gyorsacélszerszámmal végzett forgácsolásakor az optimális hűtőfolyadék mennyisége 12-15 liter/min. Keményfém-lapkás szerszámoknál hűtőfolyadékot általában csak bő hozzátáplálással alkalmaznak.

13.133 Esztergakések csatlakozórészének kialakítása

Esztergakések csatlakozórésze a készár. Leggyakrabban a négy-szög keresztmetszetű készárat használják. A megmunkálás jellegétől és feltételeitől függően a kör-, a négyzet-, a téglalap-, és magasított téglalap alakú szárkeresztmetszetek megfelelő választékot biztosítanak. A készárak szabványosítottak (MSZ 1244).

13.134 Az esztergakések szilárdsági ellenőrzése

Az esztergakéseket szilárdságra méretezik, és merevségre ellenőrzik. Méretezése a megfelelő szárkeresztmetszet meghatározására irányul. A kész befalazott konzolos tartónak tekintik, amelyre az eredő forgácsolóerő hat.

Az összetett igénybevételre való méretezést gyakorlati számításoknál elhagyják, és megelégszenek a főforgácsolóerő alapján a hajlításra való méretezéssel.

A készár kinyúlása a befogás helyétől általában $L = (1,5-2)h$. A készárat olyan befalazott tartónak tekintik, melynek végén az F_{sz} koncentrált erő hat. A szilárdsági méretezés ilyen egyszerűsítéssel és elhanyagolással elvégezhető:

$$M = F_{sz} L = K \cdot \sigma_h$$

A megengedett hajlítófeszültség nagyságát általában $\sigma_h = 200$ N/mm²-re választják. A szilárdságra méretezett készárat lehajlításra ellenőrzik a

$$z = \frac{F \cdot L^3}{3IE}$$

összefüggéssel. A megengedett lehajlás nagyoláskor: 0,1 ... 0,2 [mm], míg simításkor 0,01 ... 0,02 mm. Ennél nagyobb lehajlás esetén rezgések keletkezhetnek.

Keményfémlapkás késeknél a szár szilárdsági méretezésén kívül a lapkát éltérhelésre is ellenőrizni kell az alábbi összefüggés szerint:

$$(5e)^2 \geq \frac{F \cdot v}{b}$$

ahol (e) a keményfémlapka vastagsága [mm], (b) a forgácsszélesség (fogásban levő élvonalhossz) [mm].

13.14 Alakos kések

Alakos késeknek nevezzük azokat az egyélű forgácsoló szerszámokat, melyeknél a főél alakja egy meghatározott metszetben a tárgy kivánt profiljának ellentéte (negatívja). Alakos kések fő felhasználási területe a tömeggyártás, ahol a munkadarab pontos és azonos alaku profilját kell biztosítani. Használják egyedi vagy kissorozat gyártásban is, ahol a tárgy alakjának elkészítése egyéb megmunkálással nehezen valósítható meg.

Alakos késekkel egyenes alkotóju munkadarabokat vagy forgásidomokat munkálnak meg. Használják esztergáláshoz, gyaluláshoz és véséshez. Leggyakrabban esztergáló megmunkáláshoz használják.

Az alakos kés legegyszerűbb kivitele a klasszikus értelemben vett esztergakés, melynek élalakját a kivánt formára köszörülték (pl. menetkések). Alakos késeknél követelmény, hogy újraélezéskor az él alakja, valamint az élszögek ne változzanak. A szokásos esztergakés-típusoknál ez nehezen érhető el. Sorozatgyártásban a

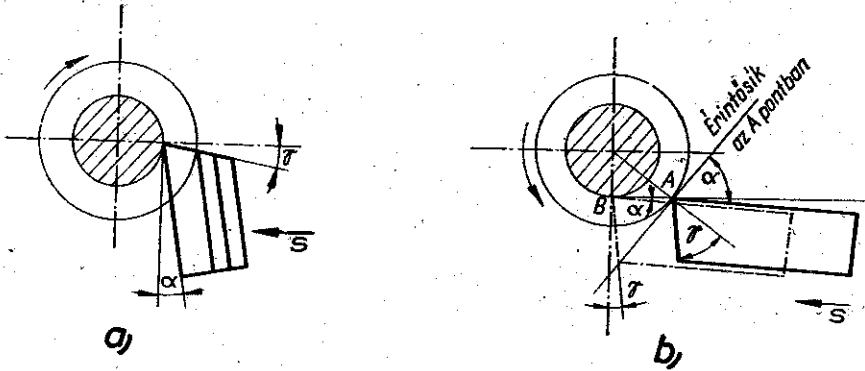
- hasábos és a
- körkéseket

használnak.

Hasábos kések egyenes alkotóju szerszámok. Élezésük a kopás jellegétől függetlenül mindig homloklapon történik. A hasábos kések hátszögét úgy biztosítják, hogy a munkadarabhoz képest megdőntik, míg a homlokszögét beköszörülnek. A hasábos kések a munkadarabhoz viszonyított előtolási irány szerint lehetnek

- radiálisak és
- tangenciálisak.

Radiális hasábos késeknél az előtolás iránya tárgy sugárirányában van (13.3/a ábra).

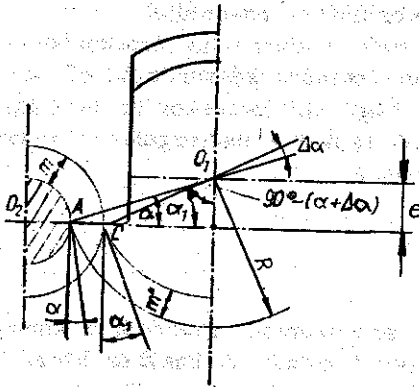


13.3. ábra

A hasábos alakkécek kinematikai elrendezési változatai

Tangenciális késeknél az előtolás érintőleges a tárgyhoz képest (13.3/b ábra). Míg a radiális hasábos késeknél a szerszámélszögek megmunkálás közben nem változnak, addig a tangenciális hasábos kés élszögei a munkadarab átmérőjének függvényében változnak. Forgácsolás folyamán a kés hátszöge csökken, homlokszöge nő.

Sok esetben mind az előállítás, mind a felhasználás egyszerűbb tárcsa alakú késekkel. Ezeket a késeket körkéseknek nevezik.



13.4. ábra
A körkés beállítása
késfelemeléssel

13.141 Körkések méreteinek meghatározása

Ahhoz, hogy a körkés megfelelő hátszögét biztosítsuk, késfelemelést kell alkalmazni. A körkés és a munkadarab tengelye közötti magasságkülönbség (e) megszabja a hátszög nagyságát.

A 13.4. ábrán megszerkeszthető a szerszám területén A pontban a hátszög a tárgy és a szerszámhoz rajzolt érintők által.

Gyakorlatilag a megmunkálás feltételeinek megfelelően felveszik a szerszám hátszögét ($\alpha = 6^\circ$ és 12° közötti értékre), amelyből a késfelemelés mértéke:

$$e = R \sin \alpha$$

A képletből, valamint az ábrából látható, hogy a hátszög változik a sugár függvényében. Egy adott szerszámnál kisebb sugárhoz nagyobb hátszög tartozik. Ez a hátszögváltozás nem lehet nagy értékű és bizonyos határok közé szorítjuk.

Az A pontban α , míg a C pontban α_1 hátszög adódik. Az A és C pontban a hátszögek közötti különbség a $\Delta \alpha$, a megengedett hátszögváltozás általában $6^\circ \dots 3^\circ$ közötti érték.

A körkés sugarát az AO_1C háromszögből sinus-tétellel számíthatjuk ki.

$$\frac{R}{m} = \frac{\sin [180^\circ - (\alpha + \Delta \alpha)]}{\sin \Delta \alpha}$$

ebből a körkés sugara:

$$R = m \frac{\sin(\alpha + \Delta \alpha)}{\sin \Delta \alpha}$$

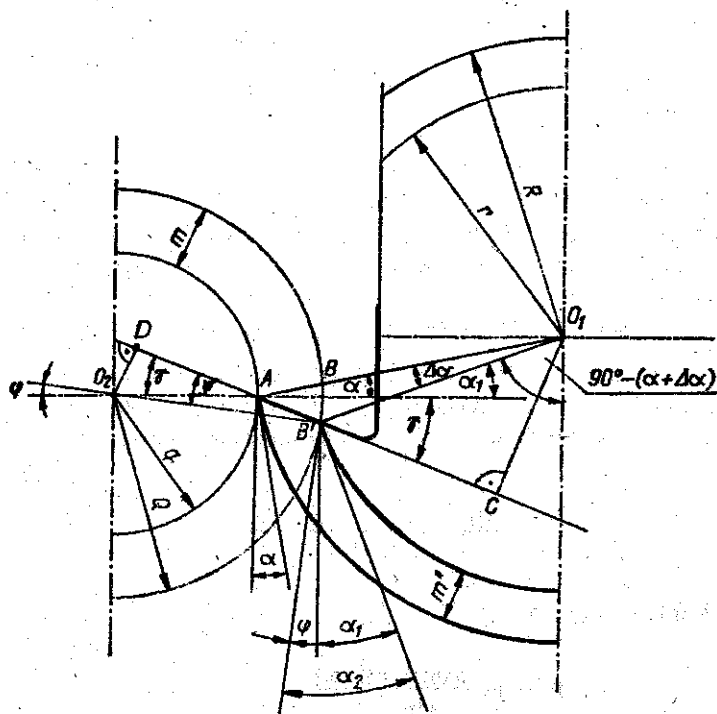
A körkés homlokszögét is a megmunkálandó anyag mechanikai tulajdonságától függően kell meghatározni. Az előbbi számítás csak arra az esetre érvényes, ha a szerszám homlokszöge $\gamma' = 0^\circ$. A körkésre munkálandó profil sugárirányu metszetben nem azonos a munkadarabba munkálandó profil sugárirányu metszetével. A profiltorzulás oka részben a késfelemelés (hátszög, α), részben pedig a pozitív homlokszög kiképzése.

A 13.5. ábra $AB'O_1$ háromszög alapján

$$\frac{R}{m'} = \frac{\sin 180^\circ - (\alpha + \gamma' + \Delta \alpha)}{\sin \Delta \alpha}$$

Ebből a körkés sugara, ha figyelembe vesszük, hogy $\alpha_2 = \alpha_1 + \varphi$, valamint azt, hogy az előző számításaink során $\alpha_1 = \alpha + \Delta \alpha$, így írható, hogy $\Delta' \alpha = \alpha_2 - \alpha$ és ennek figyelembevételével a

$$R = m' \cdot \frac{\sin (\alpha + \gamma' + \Delta' \alpha - \varphi)}{\sin (\Delta' \alpha - \varphi)}$$



13.5. ábra

A körkés profilméreteinek meghatározása

A képletben szereplő φ és m' értékét nem ismerjük. Az AO_2B' háromszögből

$$\frac{Q}{m} = \frac{\sin(180^\circ - \gamma)}{\sin \varphi},$$

és ebből

$$\sin \varphi = \frac{m}{Q} \sin \gamma.$$

Az m' értékét még nem ismerjük. Az ábra alapján $m' = \overline{AB'}$; míg

$$\overline{AB'} \approx \frac{m}{\cos \gamma}.$$

Az m a munkadarabba munkálódó profilmélység, mely a gyártmányrajzból ismert. Ezzel a szerszám sugara

$$R = \frac{m}{\cos \gamma} \frac{\sin(\alpha + \gamma + \Delta' \alpha - \varphi)}{\sin(\Delta' \alpha - \varphi)}.$$

A körkés gyártásához szükséges a szerszámra munkálandó m'' profilmélység. A szerszám r sugara meghatározható: az $O_1B'C$ háromszögből

$$\overline{CO_1} = R \sin(\alpha + \gamma').$$

Mivel

$$\overline{B'C} = \overline{AC} - \overline{AB'}$$

és

$$\overline{AC} = R \cos(\alpha + \gamma').$$

Ismeretlen még az AB' , amelyet a következőképpen fejezhetünk ki:

$$\overline{AB'} = \overline{DB'} - \overline{DA}.$$

Az O_2DB' háromszögből

$$\overline{DB'} = Q \cos \psi, \quad \text{míg az } O_2DA \text{ háromszögből } \overline{DA} = q \cos \gamma'$$

Visszahelyettesítve az

$$\overline{AB'} = Q \cos \psi - q \cos \gamma'.$$

$$\overline{B'C} = R \cos(\alpha + \gamma') - (Q \cos \psi - q \cos \gamma').$$

A ψ értéke kifejezhető az O_2AB' háromszögből sinus-tétellel

$$\frac{q}{Q} = \frac{\sin \psi}{\sin(180^\circ - \gamma')}$$

ebből:

$$\sin \psi = \frac{q}{Q} \sin \gamma'.$$

A levezetés során kapott összefüggéseket visszahelyettesítve a körkés sugarát leíró egyenletbe, a körkés kis sugarára kapjuk az alábbi képletet:

$$r = \sqrt{R^2 \sin^2(\alpha + \gamma') + [R \cos(\alpha + \gamma') - Q \cos \psi + q \cos \gamma']^2}$$

Ezzel a körkés méreteinek a számításához minden összefüggés rendelkezésünkre áll.

A körkés profilja kiszámítható és szerkeszthető. A szerkesztés egyszerű, de nem ad minden esetben kielégítő pontosságot. Profiltorzulás csak sugárirányban van, míg tengelyirányu torzulás nincs. A profil-szerkesztést 20-50-szeres nagyításban szokás elvégezni, mert a rajzról mért méretek gyártási méretként szerepelnek az un. projektorraizon ill. az ellenidomszer készítésekor.

Mind a számítást, mind a szerkesztést nem elegendő csupán a körkés R és r sugarára elvégezni, hanem a közbeeső pontok meghatározása is szükséges. Annál több pontra kell a sugarakat meghatározni, minél bonyolultabb a profil.

A körkés átmérőjének megválasztásakor gondolni kell - a hátszög-változás ($\Delta\alpha$) meghatározásán kívül - arra, hogy nagy átmérőknél a szerszám megfogása nehézséget jelent, mivel a főforgácsolóerőből nagy nyomaték ébred. A körkés méretének megválasztásához vannak ajánlott értékek, amely szerint a $D = 32-80$ mm közötti értékű, míg a vastagsági (tengelyirányu) mérete $(0,15-0,7) D$.

A körkés befogására különleges késtartót használnak, mely lehetővé teszi az élezéskor bekövetkező méretváltozás finom utánállítását. A körkés élezését mindig a homloklapon kell végrehajtani, az eredeti homlokszögnek megfelelő értékre. Az eredeti homlokszögtől való eltérés profiltorzulást eredményez. A körkések anyaga ötvözött szerszám-acél vagy gyorsacél.

13.142 Hasábos alakkések profiljának meghatározása

Hasábos kések tervezésének lényeges része a szerszámra munkálandó profil meghatározása. A hasábos késekre munkálandó profil és a munkadarab profilja nem azonos még $\gamma' = 0^\circ$ esetén sem, mivel a kívánt hátszöget a hasábos kés megdöntésével (13.6. ábra) érik el. Ha a hasábos kés homlokszöge 0° , akkor a szerszámra munkálandó profil-mélység

$$m'' = m \cos \alpha$$

képlettel határozható meg.

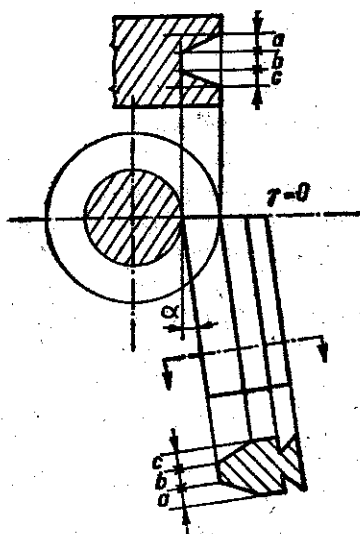
A forgácsolási tulajdonságok javítására a homlokszöget célszerű 0° -nál nagyobbra kiképezni. A pozitív homlokszögű hasábos kés profil-torzulásának kiszámítását a 13.7. ábra alapján lehet elvégezni.

Meghatározandó az m'' , amely

$$m'' = \overline{CD},$$

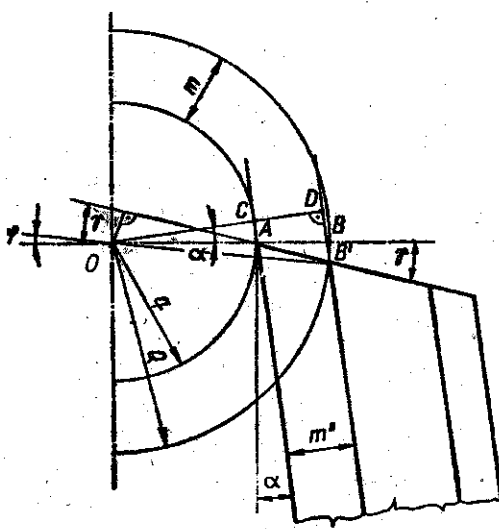
míg a

$$\overline{CD} = \overline{OD} - \overline{OC}.$$



13.6. ábra

Hasábos alakkés hátszögének kialakítása



13.7. ábra

Positív homlokszögű hasábos alakkés profiltorzulásának meghatározása

Az ODB' háromszögből $\overline{OD} = Q \cos(\alpha + \varphi)$, míg az OCA háromszögből $OC = q \cos \alpha$.

A képletben ismeretlen φ szöget az OAB' háromszögből

$$\varphi = 180 - [(180 - \gamma) + \psi] = \gamma - \psi$$

és a ψ értékét

$$\frac{q}{Q} = \frac{\sin \psi}{\sin(180 - \gamma)}$$

$$\sin \psi = \frac{q}{Q} \sin \gamma$$

ugyancsak az OAB' -ből határozhatjuk meg.

A kapott értékeket visszahelyettesítve, a bemunkálendő profilmélységre kapjuk, hogy

$$m'' = Q \cos(\alpha + \varphi) - q \cos \alpha$$

A hasábos késeket is különleges késtartóba fogják be. A késtartónak a merev befogáson kívül biztosítani kell az élezésből adódó méretváltozás utánállítását.

A hasábos késeket ötvözt szerszámmacélból, gyorsacélból, vagy keményfémlapkás kivételben gyártják.

13.2 Gyalulás és vésés

Gyalulásnál mind a fő-, mind a mellékmozgások egyenesvonalúak és szakaszosak, az általánosan használt szerszám egyéltű.

A gyaluláskor a forgácsolási adatokat ugyanugy határozzuk meg, mint esztergáláskor. A leválasztott forgácskeresztmetszet alakja azonos az esztergálásnál ismert forgácséval. A forgácsolási sebesség kiszámításakor figyelembe kell venni, hogy gyaluláskor a főmozgás sebessége nem állandó. A sebességváltozás függ a szerszámgép főhajtóművének típusától.

A gyalulásnak három változata van:

- hosszgyalulás,
- harántgyalulás és
- vésés.

Hosszgyaluláskor a tárgy végzi a forgácsoló főmozgást. Forgácsolás szempontjából a gyalulás végtelen sugaru esztergálásnak tekinthető.

Harántgyalulásnál főmozgást a szerszám végzi. Harántgyaluláskor a főmozgás munkalökétének sebessége rendszerint lényegesen kisebb, mint az üresjárat sebessége. Ebből következik, hogy a munkalökét sebessége kisebb mértékben ingadozik, mint az üresjárat sebessége.

Számítások során az egyszerűség kedvéért átlagos, azaz közepes forgácsolási sebességgel számolunk. A közepes forgácsolási sebesség:

$$v_{\text{köz}} = \frac{2Ln}{1000} \text{ [m/min]}$$

ahol - n a percenkénti kettőslöketek száma,
- L a szerszám uthossza (lökethossz) [mm].

A beállítandó közepes forgácsolási sebességet a gazdaságos forgácsolási sebesség képletével határozzuk meg.

$$v = \frac{C_{vo}}{s \cdot \frac{x_v}{a} \cdot \frac{y_v}{a}} \cdot K_v$$

A gyalulás törvényszerűségéből következik, hogy a szerszám ütészzerű igénybevétel szenved, azonkívül a gépen is nagy az alternáló tömeg. Ezek figyelembevételével a számítással meghatározott forgácsolási sebességet csökkenteni szokás. A gyakorlatban $v = 60$ m/min sebességet általában sohasem lépik túl.

A forgácsolóerő is az esztergálásnál már megismert képlettel számolható ki:

$$F_v = C_F \cdot s^x_F \cdot a^y_F \cdot K_F$$

A felületi érdesség, az előállított egyszer barázdált felület figyelembevételével az esztergálásra levezetett összefüggésekkel:

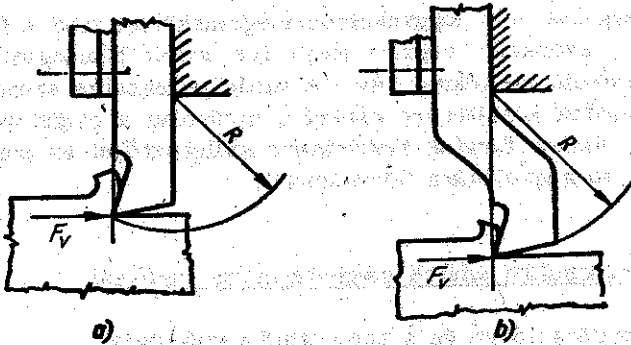
$$R_a = 0,6 \cdot \frac{s^2}{8r_\xi}$$

ill.

$$R_a = 0,6 \cdot s \cdot \frac{\text{tg } \kappa \cdot \text{tg } \zeta}{\text{tg } \kappa \cdot \text{tg } \tau}$$

határozható meg.

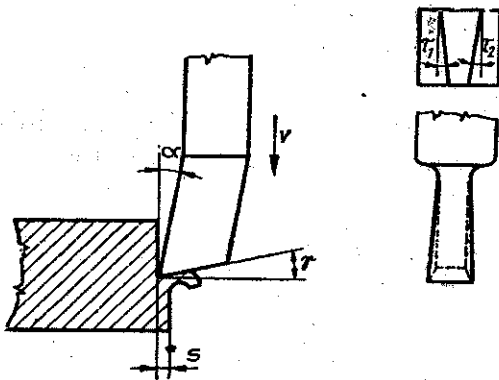
A gyalukések elvi felépítése megegyezik az esztergakésekével, és méretezése ugyanugy végzendő. Használják egyenes és könyökös gyalukéseket (13.8. ábra). A könyökös gyalukések berezgzésre kevésbé hajlamosak, mint az egyenes kések. A forgácsolóerő hatására ugyanis a kés lehajlik, és ezáltal a fogásmélység és ezzel együtt a forgácsolóerő megnő. Ezt a hátrányt kizömbölik ki könyökös késsel.



13.8. ábra
Gyalukések elvi felépítése

Gyalugépeken simításkor gyakran használnak széles simítókéseket a termelékenység fokozására. Alakos felületek megmunkálásához hasábskést használnak.

Vésés. Mozgások szempontjából azonos a harántgyalulással. A forgácsolási adatok meghatározása ugyanugy történik, mint gyaluláskor, illetve esztergáláskor. A vésőkés munkakörülményei és a szerszám gép felépítése miatt a forgácsolási sebességet a gyaluláshoz viszonyítva csökkentik.



13.9. ábra

A vésőkés elrendezése megmunkáláskor
acél vagy gyorsacél tömör, temperhegesztett, illetve lapkás kivitelben.

Vésőkésekkel főként belső felületeket munkálnak meg. Méretezéskor figyelembe kell venni, hogy a főforgácsolóerő a szerszámot kihajlásra veszi igénybe. A szerszám alakját és méretét rendszerint a megmunkálandó felület határozza meg. A 13.9. ábrán a vésőkés elrendezésére vonatkozó ábra látható.

A szabványos vésőkések típusait az MSZ 1939. tartalmazza. A vésőkések anyaga szénacél, ötvözött szerszám-

13.3 Fúrás, sülyesztés, dörzsölés

Esztérgálás után leggyakoribb megmunkálási mód a furás. Jellemzője, hogy a szerszám végzi a forgó forgácsoló főmozgást és az egyenesvonalu előtoló mellémozgást. A furás jellegzetes szerszáma kétélű.

Má furatok készítésére csaknem kizárólag a csigafurót használják. Felfurásra, alakos furatok készítésére sülyesztőket és pontos, illesztett furatok forgácsolására dörzssárakat.

13.31 A forgácsolási adatok meghatározása furásnál

13.311 A forgácsolóerő és a teljesítményszükséglet meghatározása furáskor

A csigafuró lényegesen kedvezőtlenebb körülmények között dolgozik, mint az esztérgakés. A hőelvezetés is rosszabb a szerszám viszonylag kis keresztmetszete miatt, azonkívül a távozó forgács is melegíti. Ezért a közepes forgácsvastagság furásnál általában kisebb, mint esztérgálásnál. Ez viszont magával hozza a fajlagos forgácsolási erő növekedését. A forgácsolóerő meghatározásánál az esztérgálásnál megismert képletből indulunk ki.

Az egy élre jutó forgácsolóerő:

$$F_{v1} = k \cdot A_1$$

A leválasztott forgács keresztmetszetének nagysága a csigafuró dolgozórézének kialakításától (ϕD ; φ) illetve az előtolás nagyságától függ (13.10. ábra).

$$A_1 = h \cdot b = \frac{s}{z} \cdot \sin \varphi \cdot \frac{D}{2 \cdot \sin \varphi} =$$

$$= \frac{D \cdot s}{2z} \quad [\text{mm}^2]$$

Ezzel az egy élre jutó forgácsolóerő:

$$F_{v1} = k \cdot \frac{D \cdot s}{2z} \quad [\text{N}]$$

ahol D - a csigafuró átmérője,
 z - a furó forgácsoló élleinek száma,
 φ - a furó csucsszögének a fele.

A furóra ható teljes forgácsolóerő:

$$F_v = z \cdot F_{v1} = \frac{k \cdot D \cdot s}{2} \quad [\text{N}]$$

A furás nyomatékszükséglete pedig:

$$M = F_{v1} \cdot \frac{D}{2000} \quad [\text{Nm}]$$

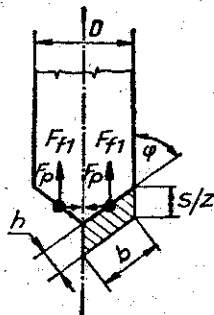
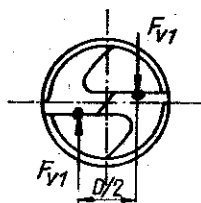
behelyettesítve a forgácsolóerő ismert összefüggését:

$$M = \frac{k \cdot s \cdot D^2}{8000} \quad [\text{Nm}]$$

A furáshoz szükséges teljesítményt a középátmérőn számítható közepes forgácsolási sebességgel határozzuk meg:

$$P_v = \frac{F_v \cdot V_{\text{köz}}}{60000} \quad [\text{kW}]$$

$$P_v = \frac{k \cdot s \cdot D}{2} \cdot \frac{D n \pi}{2 \cdot 1000 \cdot 60000} = \frac{k \cdot s \cdot D^2 \cdot \pi \cdot n}{2,4 \cdot 10^8} \quad [\text{kW}]$$



13.10. ábra
 A furó forgácsleválasztási munkája

Az előtolásirányú erő furáskor lényegesen nagyobb, mint az eddig megismert forgácsolási eljárásoknál:

$$F_f = 0,9 \cdot F_v \quad [N]$$

A felírt empirikus összefüggés arra utal, hogy telibefuráskor a keresztlél rendkívül rossz forgácsolási viszonyok mellett dolgozik, hiszen a homlokszög ezen a szakaszon nagymértékben negatív. Az előtolásirányú erőnek a nyomaték nagyságára viszont nincs lényeges befolyásoló szerepe, így az előtolás teljesítményigényét a számítások során elhanyagolhatjuk.

A nyomaték csavarásra, az előtolás irányú erő pedig kihajlásra veszi igénybe a szerszámot. Tervezésnél tehát törekszünk a szerszám-nak nagy keresztmetszetet biztosítani. Ezt a forgács elvezetésére ki-munkált horony gátolja.

Nagyobb átmérőjű furatok készítésekor az előtolásirányú erő csökkentése érdekében kisebb átmérőjű furóval előfurnak. A felfuráshoz szükséges nyomaték a telibefurás-nyomatékigényéhez képest a következő összefüggéssel határozható meg:

$$M_{\text{FELF.}} = M_{\text{TELI}} \cdot \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right] \quad [Nm]$$

ahol - d - az előfurnt furat átmérője.

D - a felfurnt furat átmérője.

A felfurás az a munkafolyamat, amellyel a meglévő furat átmérő-jét újabb furással megnövelik. Elvileg tehát a süllyesztés és a dörzs-árazás is felfurnásnak fogható fel.

13.312 A gazdaságos forgácsolási sebesség meghatározása furáskor

Az eléletlenedést furáskor is a szerszám hátkopásának mértéke szabja meg. Ujraélezésük is mindig ezen a felületen történik. Az éltartam meghatározására itt is az esztergálásnál megismert összefüggés-hez hasonló alakú kifejezés szolgál, de szembeütő jelenség, hogy a fo-gásban lévő élvonalhossz növekedésével furáskor az éltartam már nem csökken, hanem növekszik:

$$v = \frac{C_{V \text{ FUR}} \cdot D^{y_{V \text{ FUR}}}}{T_{\text{FUR}}^m \cdot s_{V \text{ FUR}}^x \cdot HB_{V \text{ FUR}}^n}$$

13.11. táblázat

A furás sebességállandójának (C_{vFUR}) és (n_v) kitevőjének értékei

Anyag		C_{vFUR}	n_{vFUR}
Automata acél		540	0,9
Acél	HB = 155 ... 265	360	0,9
Ötvözött szerk. acél	HB = 155 ... 340	306	0,9
Nehezen megmunkálható szerszámacél	HB = 155 ... 340	270	0,9
Rozsdamentes, hőálló acélok	HB = 210 ... 240	1,5	0,9
Szilumin, alumínium		14,3	0,9
Öntöttvas		4000	1,3

13.12. táblázat

Hatványkitevők értékei furáskor a gazdaságos forgácsolási sebesség számításához

A megmunkálás fajtája			Lágyacélok, színesfémek, hűtéssel			Öntöttvas és bronz hűtés nélkül		
			m_{FUR}	x_{vFUR}	y_{vFUR}	m_{FUR}	x_{vFUR}	y_{vFUR}
Furás	Szerszám-acél furók	$\phi D = 2 \dots 8$	0,2	0,8	0,65	0,125	0,75	0,6
		$\phi D = 10 \dots 60$	0,2	0,5	0,4	0,125	0,4	0,25
	Keményfém furók		-	-	-	0,4	0,5	0,3
Felfurás			0,3	0,5	0,3	0,125	0,4	0,2

A számításokhoz szükséges állandók és kitevők értékei a 13.11. táblázatban és a 13.12. táblázatban találhatóak.

A csigafurók gazdaságos éltartamideje általában rövidebb, mint az esztergáké. Ennek okai elsősorban a szerszám anyagában és az élezés-

ből adódó költségekben keresendők. Minél nagyobb a furó átmérője, annál nagyobb éltartam engedhető meg a szerszámra:

$$T = \left(\frac{C_{vFUR}}{v \cdot s^x \cdot vFUR \cdot HB^n \cdot vFUR} \right)^{\frac{1}{m_{FUR}}} \cdot D^{\frac{y}{m_{FUR}}}$$

A szokásos éltartamidőkre acél és öntöttvas megmunkálásakor a szerszám átmérőjének függvényében a 13.13. táblázat tartalmaz irányértékeket.

13.13. táblázat

Csigafurók ajánlott éltartamideje

A megmunkálendő anyag	A csigafuró átmérője D [mm]													
	2-5	6-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-69	70-79	
A csigafuró közepes éltartama, T [min]														
Acél	6	10	12	18	25	30	35	45	55	65	85	100	140	
Öntöttvas	12	18	24	30	36	42	55	60	70	96	120	150	240	

A furáskor beállítható előtolások nagysága is elsősorban a munkadarab anyagának és a furó átmérőjének a függvénye. Minél nagyobb a furó átmérője, annál nagyobb előtolással lehet vele dolgozni:

$$s = \left(\frac{C_{vFUR}}{T^m \cdot vFUR \cdot v \cdot HB^u \cdot vFUR} \right)^{\frac{1}{x_{vFUR}}} \cdot D^{\frac{y_{vFUR}}{x_{vFUR}}}$$

A furók mellékél elhelyezési szöge nagyon kicsiny, ezért elvileg a furóval megmunkált felület érdességének is kicsinek kell lennie. A szerszám élezésekor azonban a szöghibák következtében előfordulhat, hogy a két főél nem azonos hosszúságu, ebből pedig a furt furat átmérőhibája és karcos, durva felülete is következik. Persellyel nem vezetett furókkal készített furatok pontossága IT 11 ... IT 15 közé esik. A furt felület átlagos érdessége Ra = 20 ... 80 μm.

13.32 Furatmegmunkálás szerszámai

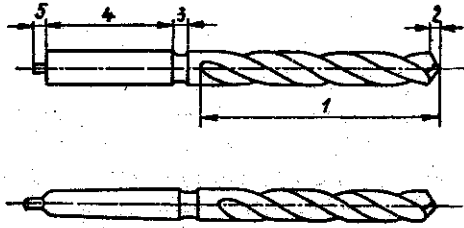
13.321 Csigafuró

A furatok megmunkálása többféle szerszámgépen (pl.: eszterga, furógép, furó-marómű stb.) és többféle szerszámmal lehetséges. A készítendő furatokat legtöbbször a furatmélység (1) és az átmérő (d) viszonya szerint csoportosíthatjuk:

- rövid furatok, amelyeknél $1/d \leq 0,5$;
- normál furatok, amelyeknél $1/d \leq 3$;
- hosszú furatok, ahol $1/d \leq 10$;
- mély furatok, amelyeknél $1/d \geq 10$.

A csigafurót általában közepes mélységű furatok készítésére használják. A kétélű csigafuró általános felépítése a 13.11. ábrán látható.

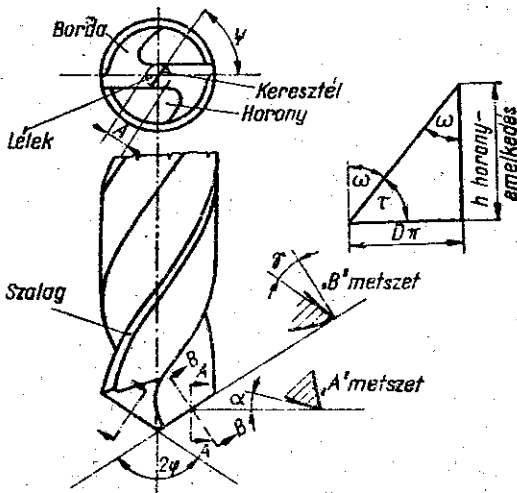
A csigafuró olyan forgácsoló szerszám, amellyel tömör anyagba furatot készítünk, vagy már meglévő furatot nagyobb átmérőre felfurunk. Szabványos méretsorának határértékei $D = 0,3 \dots 100$. A csigafuró részei:



13.11. ábra
Kétélű csigafuró felépítése

1. Dolgozórész a csigafuró horonnyal ellátott része, amely a forgács eltávolítását biztosítja.
2. Forgácsolórész, mely a szerszám forgácsolóéleit tartalmazza.
3. Nyak, mely a dolgozórészt köti össze a befogórésszel. Rend szerint ezen a részen tüntetik fel a szerszám adatait. A nyakrész levékonyítása néha el is marad.
4. Szár vagy befogórész, amely lehetővé teszi a szerszámgépbe való befogást. A befogási módtól függően készülhet a furó hengeres és kúpos szárvégződéssel.
5. Menesztő, melyet néhány esetben a nyomatékadás biztosítása érdekében hengeresszáru furón képeznek ki.

A csigafurónak két főéle van, (13.12. ábra) és helyesen élzett furónál mindkét él azonos körülmények között dolgozik. A furó helytelen köszörülése akkor áll elő, ha a φ értéke a két élnél nem azonos. Ilyen esetben az egyik él hosszabb, és a két él terhelése nem azonos. Ennek



13.12. ábra

A csigafuró dolgozó részének kialakítása

A kisebb értékek a keményebb, a nagyobbak a lágyabb anyagokhoz tartoznak. A csúcshözet kereskedelmi furóknál általában 118°-ra közörrülük.

A csigafurón hornyokat képeznek ki, hogy ezen keresztül a forgács a furatból eltávozzék. A horony csavarvonalyszerűen helyezkedik el a szerszámon. A csigaurónál a forgáctér félig nyitott, mert a forgács csak meghatározott irányban a hornyokon keresztül távozhat. A csavarvonal hajlásszögének nagysága (w) befolyásolja a forgácselvezetést, a szerszám szilárdságát és a homlokszöget. Kemény anyagok megmunkálásakor általában kisebb ($w \approx 30^\circ$), lágy anyagok megmunkálásánál ($w \approx 45^\circ$) nagyobb horonyemelkedési szöget szokás választani.

A csigafuró hornyai általában jobb menetemelkedésűek. Egyes esetekben azonban balmenetű horonnyal is készítenek csigafurókat (automatákon történő furás).

A szerszám homlokszögét (γ_o) mindig az élre merőleges metszetben határozzuk meg. A homlokszöget az alapsík és a vizsgált ponthoz rajzolt érintő zárja be. A homlokszög értéke az ω függvénye, mert a homloklapot a horony képezi. Mivel a γ értéke függ az ω -tól, ezért az átmérő függvényében változik. Legnagyobb a homlokszög a kertületen, az átmérő csökkenésével a homlokszög is csökken. A keresztélen a negatív értékű. A homlokszög értékét mindig a megmunkálandó anyagtól tesszük függővé.

A hátszöget (α_p) tengely metszetben határozzuk meg, mert így jobban megközelítjük a működő hátszöget. Az α -át a szerszámél-sík és a vizsgált ponthoz rajzolt érintő zárja be. A hátszög is változik az átmérő függvényében, melynek oka, hogy az előtolás menetemelkedési

következtében lényegesen nagyobb méretű furatot kapunk, mint a szerszám átmérője.

A helytelen élezés a szerszám éltartamát is károsan befolyásolja, mert a forgácsolás zömét a mélyebben fekvő él végzi, és ezáltal éle idő előtt tönkremegy. Helyesen élezett csigafuróknál, megmunkálás közben mindkét hornyon keresztül azonos méretű és alaku forgács távozik.

A szerszám egyik legfontosabb szöge a csúcshözet. A csúcshözet nagysága mindig a munkadarab anyagától függ. Értéke általában $2\varphi = 90^\circ \dots 130^\circ$ között van.

szöge is változik. Ennek megfelelően az élezést, amely mindig háflapon történik, kupfelület mentén hajtják végre. A csigafuró hátszöge a kerület felé csökken.

A szerszám nem teljes keresztmetszetében készül hengeres kivitelben, hanem a surlódás csökkentése érdekében "szalagot" munkálunk ki. A szalag szélessége 0,5 ... 2,5 mm, magassága 0,15 ... 0,8 mm a szerszám méretétől függően.

A beszorulás elkerülése érdekében a csigafuró átmérője a befogó rész felé enyhén kuposítva csökken.

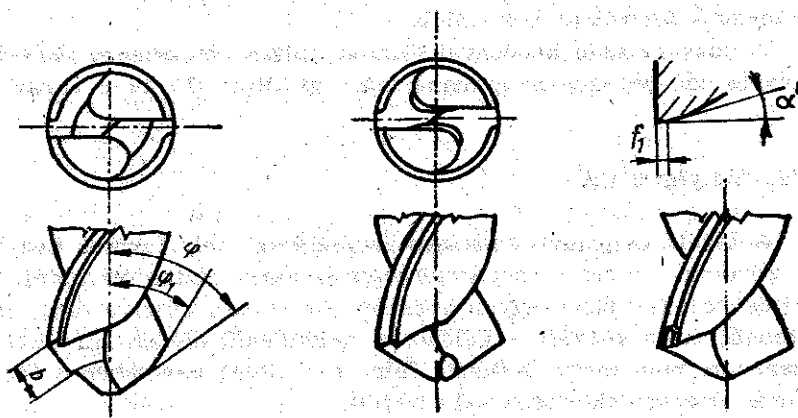
A szerszám befogó része általában hengeres vagy kúpos. Mindkét esetben a nyomatékot surlódással visszük át. A hengeres száru furót tokmányba fogjuk be, ahol az átvihető nyomatékot a szorítóerővel biztosítjuk.

Kúpos befogás mindig önzáró kuppal történik. Az önzáró kupok használata nagyon előnyös, mert jó központosítást és gyors befogást tesznek lehetővé, azonkívül a nyomaték átviteléről sem kell külön gondoskodnunk.

A csigafuró forgácsolási viszonyait különböző élezési módszerekkel kedvezően lehet befolyásolni. A gyakorlatban használt élezési módszerek a kettős élezés, a keresztélcsoökkentés és a szalagkeskenyítés.

A kettős élezést (13.13/a ábra) nagyobb méretű csigafuróknál ($D > 12$ mm) éltartamnövelés érdekében végeznek. A 2φ általában 118° , míg a $2\varphi_1 = 70 \dots 75^\circ$, a $b \approx 0,2 D$. Használják acél és öntöttvas megmunkálására.

Keresztél csökkentése (13.13/b ábra) esetén kisebb előtolásirányú erő ébred. Szalagkeskenyítés (13.13/c ábra) a forgácsolási nyomaték szempontjából kedvező. A forgácsolólél közelében a szalagon $\alpha' = 6 \dots 8^\circ$ -os hátszöget képeznek ki 1,5 ... 4 mm hosszon.



13.13. ábra
A csigafuró különleges átélézései

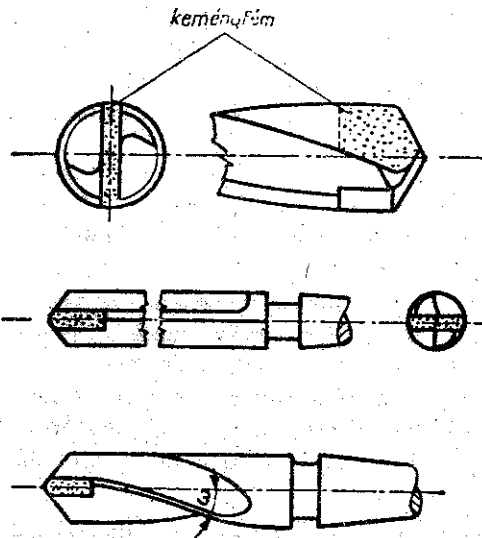
A csigafurók anyaga szénacél, ötvözött acél és gyorsacél. Kis átmérőjű csigafurókat gyorsacélból gyártani nem szoktak, mivel a megfelelő forgácsolási sebesség nehezen biztosítható.

A forgácsolási teljesítmény növelése érdekében gyártanak keményfémleplapós furókat is. Ezek a szerszámok nagy forgácsolási sebességgel és kis előtolással dolgoznak.

A keményfémleplapós furókat kemény és erősen kopó anyagok megmunkálásához használják, lágy anyagok megmunkálásához nem használhatók, mivel a megfelelő homlokszögöt nem lehet kialakítani, azonkívül a nagy forgácsolási sebesség beállítása lenne szükséges.

A keményfémleplapós furók egyszerű esetben készíthetők úgy, hogy az ötvözött acélból vagy gyorsacélból készült csigafuróba forrasztják a keményfémleplapját (13.14/a ábra). Hátránya a megoldásnak, hogy a csigafuró merevsége sok esetben nem kielégítő.

Kis mélységű furatok ($l \leq 3d$) megmunkálásához merev, egyszerűen előállítható, egyeneshornyú keményfémleplapós



13.14. ábra

Keményfémleplapós csigafurók

furókat gyártanak (13.14/b ábra). Ezt a szerszámot főként kemény, rideg anyagok furásához használják.

A csavarvonalú horonnyal ellátott csigafurót kemény összefüggő forgácsot adó anyagok megmunkálására gyártják (13.14/c ábra).

13.322 Mélyfuratfurók

A kétélű csigafuró szokásos formájában mély furatok készítésére nem alkalmas, mert a forgácseltávolítás nincs biztosítva. Mély furatok készítésére használnak ugyan hosszabbított száru csigafurókat, de ezeknél fennáll az a veszély - különösen helytelenül élezett furóknál -, hogy a szerszám nem tartja irányát, félre fur. Ilyen esetekben a forgácseltávolítás szerszámkiemeléssel történik.

Mélyfuratok készítésére speciális szerszámokat, mélyfuratfurókat használnak. A mélyfuratfuróknak két fő típusát különböztetik meg: