



MISKOLCI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI
KAR



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

CBN forgácsoló szerszámok összehasonlító vizsgálata

Soltész Gábor

II. éves Msc gépészmérnök hallgató

Konzulens:

Prof. Dr. Kundrák János

Tanszékvezető, egyetemi tanár

Gépgyártástechnológiai Tanszék

Miskolc, 2013

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	3
2	CBN szerszámok általános ismertetése, alkalmazása, osztályozása.....	4
3	Szerszám kopása	7
3.1	Szerszámkopás fajtái	7
3.2	Szerszámkopás formái.....	10
3.3	A kopásgörbe	11
4	CBN szerszámok összehasonlító vizsgálata	12
4.1	Kísérleti feltételek.....	13
4.2	Kísérleti eredmények.....	15
5	Összefoglalás	26
	Irodalom	27

1 Bevezetés

A TDK munkámat a CBN szerszámanyagok általános ismertetésével, alkalmazásának és főbb tulajdonságainak a bemutatásával, CBN tartalom szerinti osztályozásával kezdem.

A CBN szerszámok nagy hőállóságuknak, keménységüknek és az acéllal szembeni alacsony affinitásának köszönhetően alkalmasak edzett felületek (42-65 HRC) befejező megmunkálására. Mivel ezek a szerszámanyagok drágák, a gyártás gazdaságossága miatt, kiemelt jelentőségű a forgácsoló képességük minél jobb kihasználása. A forgácsoló képességet számos tényező befolyásolja, így a szerszám kopása is.

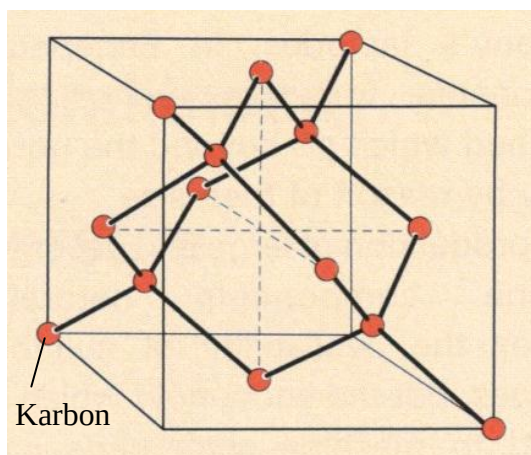
A következő fejezetben a szerszám kopás mechanizmusával foglalkozok, amely folyamán ismertetem a szerszámkopás fajtáit, a kopásnyomok jellemzőit, valamint a kopás időbeli változását.

A TDK munkám vizsgálati részében, a CBN szerszámok kopását hasonlítom össze különböző fogaskerék furatainak megmunkálása esetén. A furatok geometriai méretei eltérőek, illetve különbözőek az alkalmazott forgácsolási paraméterek is, ezért az összehasonlítást, többek között, a forgácsolt úthossz felhasználásával végzem el. Összehasonlítás célja, hogy adott gyártmányú és meghatározott élgeometriával rendelkező szerszámmal végzett megmunkálás esetén változó alkatrész és forgácsolási paraméter mellett, meghatározzuk az éltartam összefüggést, mely segítségével számítható a szerszám éltartama, adott feltételek mellett.

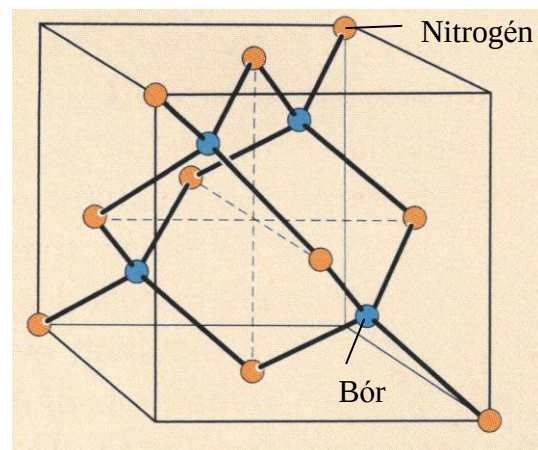
2 CBN szerszámok általános ismertetése, alkalmazása, osztályozása

A bórnitrid természetben előforduló, hexagonális rácsszerkezetű, elég lágy anyag, amely fehér színű. Ebben a formában szerszámanyagként forgácsoló megmunkálásra használhatatlan, ellenben a mesterséges úton előállított köbös rácsszerkezetű típusával, amely előnyös tulajdonságainak köszönhetően, edzett alkatrészek megmunkálására használatos. A gyémántot követően ez a második legkeményebb anyag.

1957-ben állították elő nagyhőmérsékletű (1800...2200 °C), nagynyomású (50...90 kbar) módszer segítségével, mely folyamán a hexagonális térrács köbössé alakul át és így a két komponens, a bór és a nitrogén, hasonló helyzetet vesz fel, mint a gyémántrácsban lévő szénatomok [1], [2]. Tehát a köbös bórnitrid és a gyémánt térrácsa rendkívül hasonló, csupán az őket alkotó elemekben térnek el. Összehasonlításképpen az 1. ábra és a 2. ábra mutatja a gyémánt és a köbös bórnitrid térrácsát [3].



1. ábra – Gyémánt térrácsa [3]



2. ábra – Köbös bórnitrid térrácsa [3]

A köbös bórnitrid tulajdonságai [4]:

- Keménysége és hővezető képessége lényegesen jobb, mint az elektrokorundé és a szilícium-karbidé, viszont kisebb, mint a gyémánté.
- Hőállósága jelentősen jobb, mint a gyémánté.
- Míg a gyémánt karbid képzésre hajlamos a vassal és ötvözetével, addig a köbös bórnitrid kémiaiilag semleges.

Az 1. táblázatban a szuperkemény anyagok, köztük a köbös bórnitrid, és az abrazív megmunkálásoknál alkalmazott két szerszámanyag keménységét és hőállóságát mutatom be.

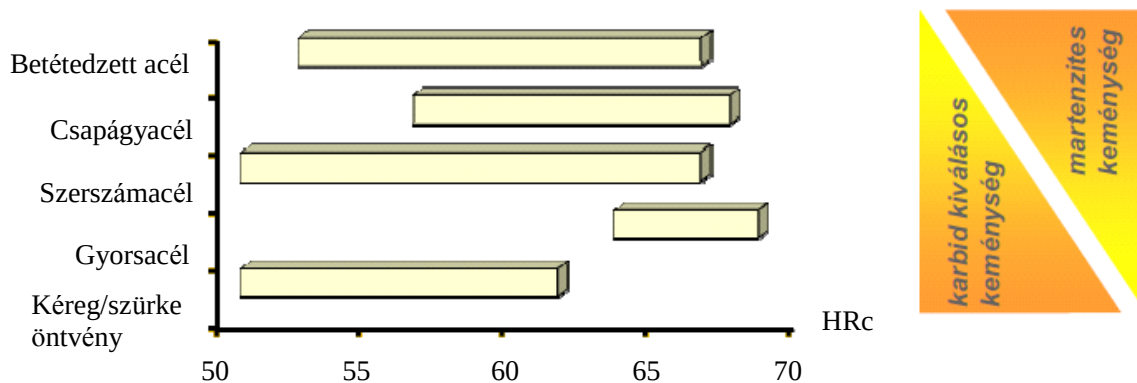
1. táblázat

Anyagi jellemzők[4]

Anyag	Mikrokeménység HV	Hőállóság °C
Szintetikus gyémánt	1000	1000-1100
CBN	800-950	1400-1500
Szilícium-karbid	330-360	1600-1700
Elektrokorund	200-230	2000-2100

A köbös bórnitrid szerszámanyagként való felhasználásával lehetőség nyílt a keménysztergálási művelet jelentőségének növelésére a gépipari alkatrész megmunkálás területén. Ezen szerszámanyag számos előnyös mechanikai, fizikai, kémiai és gazdaságossági tulajdonságokkal rendelkezik, amelyeket leginkább a keményfelületek megmunkálásánál lehet kamatoztatni [5].

Keménysztergálás során jellemzően 42–65 HRc keménységű munkadarabokat munkálnak meg, amelyek keménysége többek között a keménysztergálási művelet előtt végrehajtott hőkezeléstől (edzés, betétedzés) és ötvözőktől függ. A hőkezelés folyamán martenzites átalakulás, valamint karbid kiválás történik, melyek a munkadarab nagy keménységét adja. A 3. ábra mutatja, a szerszámanyagok keménységét, amelyek ajánlhatók kemény-megmunkálási műveletek végrehajtásához [5].



3. ábra – Keménymegmunkálásra javasolható szerszámanyag keménységei [6]

A CBN szerszámokat a CBN tartalom alapján két csoportba lehet osztályozni [7]:

1. CBN-L (CBN - Low)
2. CBN-H (CBN - High)

A CBN-L, azaz alacsony CBN tartalmú szerszám, amelynek értéke 50-70%, míg a CBN-H, magas CBN tartalmú szerszám, amelyben ez a szám 90%. Ezek az értékek nincsenek szabványosítva, így konkrét értékük gyártó cégektől függően változik.

A CBN-L-nek hosszabb az élettartama és jobb felületi minőség állítható ezzel elő (általában 0,25 μm vagy jobb Ra-ban), mint a CBN-H-val, annak ellenére, hogy a CBN-H-nak nagyobb a keménysége, illetve a szakítószilárdsága, mint az alacsony CBN tartalmú társának.

A CBN-L kötőanyaga kerámia, amíg a CBN-H-nak elsősorban fém (Co, Al). Ez az egyik magyarázata az előbb említett megfigyelésnek, hiszen a forgácsolás során nagy hőmérséklet keletkezik, amelyet a fém kötőanyag kevésbé képes elviselni, mint a CBN-L esetében a kerámia kötőanyag. Ezáltal a fém elengedi a CBN szemcséket, amely hatására a szerszám térfogati vesztesége megnő [7].

A két csoport mechanikai és termikus tulajdonságainak összehasonlítása a 2. táblázatban van összefoglalva.

2. táblázat Két CBN szerszám csoport mechanikai és termikus tulajdonságai [8]

	CBN- H	CBN- L
ρ (kg/m ³)	3,12	4,28
Y (GPa)	3,80	3,55
H _K (GPa)	31,6	27,5
K _{IC} (MPa(m) ^{0,5})	6,30	3,70
E (GPa)	680	587
G (GPa)	279	284
ν	0,22	0,15
c (10 ⁻⁶ /K)	4,90	4,70
k (W/m K)	100	44

A 2. táblázatban alkalmazott jelölések:

- ρ – sűrűség
- Y – nyomószilárdság
- H_K – Knoop keménység
- K_{IC} – szakítószilárdság
- E – Young modulus
- G – merevségi modulus
- ν – Poisson hányados
- c – hőtágulási együttható
- k – hővezető képesség

Keményesztergálás főbb előnyei, hátrányai a következőkben foglalható össze [5]:

Előnyök	Hátrányok
• nagy anyagleválasztási teljesítmény • nagy rugalmasság • hűtő- kenő folyadék nem szükséges • bonyolultabb felületek elkészítése • csökkenthető a műveletek száma, ezáltal csökken a megmunkálási idő	• minimális fogásmélység szükséges • folyamat biztonsága kisebb • nagy passzíverő lép fel • hőfejlődés nagy

3 Szerszám kopása

Forgácsoláskor, a munkadarab és a szerszám érintkezése következtében a szerszám kopik. Ez a folyamat számos tényezőtől függ, például a forgácsolásban eltöltött időtől, a megmunkálás során keletkező hőmérséklettől vagy akár a szerszám anyag szerkezetétől. A kopás egy adott határértékig megengedett, ezt követően a forgácsolóélt meg kell újítani. Ez történhet szerszám újraélezéssel, vagy lapkás szerszámok esetében élváltással (lapka fordítással), illetve lapka cserével [10].

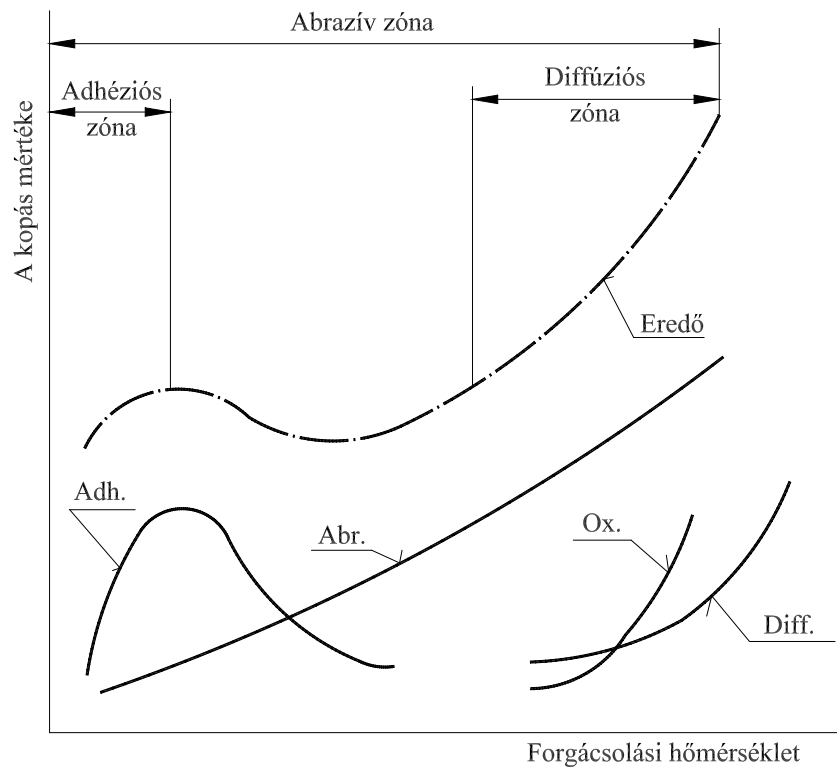
3.1 Szerszámkopás fajtái

A szerszám kopás mechanizmusában a következő kopásfajták játszanak fontos szerepet [10]:

- abrazív kopás,
- adhéziós kopás,
- diffúziós kopás,
- oxidációs kopás.

Ezek a kopásfajták a forgácsolási hőmérséklet hatására különbözőképpen változhatnak, amelyet a 4. ábra mutat be.

A 4. ábra csupán általánosan mutatja be a különböző kopásfajtákat a forgácsolási hőmérséklet függvényében. A CBN lapkák esetében az oxidációs kopás csekély mértékű, a szerszám anyag egyik előnyös tulajdonságának köszönhetően, mégpedig annak hogy a szerszám anyag kémiaiilag stabil [9].



4. ábra – Szerszámkopási folyamatok mértékének változása a hőmérséklet hatására [10]

Mint ismeretes, a CBN szerszámok egy részét, előnyös tulajdonságai miatt, a keménysztergálási műveletek során alkalmazzák. Forgácsoláskor a szerszám kopási veszteségét az abrazív, az adhéziós és a diffúziós kopási veszteségek összegzésével kaphatjuk meg. Így tehát, az előbb említett kopási mechanizmusokat általánosságban és ezen műveletben való felhasználás következtében elemzem [10].

Abrazív kopás

Megmunkálás során a szerszám és a munkadarab kontakt, súrlódó felületei között kemény zárványok és részecskék állandó negatív hatással vannak a szerszám felületére, amelyek karcoló, koptató mechanizmust végeznek. Az mondható, hogy ezen fajta koptató hatás erőssége, annál nagyobb, minél több az adott munkadarabból származó kemény részecske száma. Eszerint két kopási folyamatot különböztethetünk meg a munkadarab szövetszerkezete alapján, mégpedig ha a szövetszerkezet perlitese vagy ha szferoiditese. Az előbb említett esetben a ferritben található cementit lemezek képtelenek kiszakadni a ferrit fázisból, így ezért ezt a folyamatot két- test között végbemenő kopásnak nevezik. Ellenben mikor a ferritből a cementit lemezek, a megváltozott alakjuknak köszönhetően, gömb formájában már képesek kiválni a ferritből, három- test között lezajló kopási folyamatnak tekinthető, amely a

szferoidites szövetszerkezetű darab megmunkálása esetén következik be. Ez az utóbb jellemzett folyamat leginkább a CBN- H esetében érvényes, a nagy CBN tartalom miatt.

Az abrazív kopás a szerszám homlok- illetve hátfelületén is megfigyelhető, de a hátkopás kialakulásában játszik központi szerepet [10], [11].

Adhéziós kopás

Forgácsoló megmunkálás során a szerszám és a munkadarab érintkező, különböző érdességű felületei, a nagy hőmérséklet és nyomás hatására képlékenyen deformálódnak, miközben a felületek mikroszkopikus mértékekben összehegednek. Ezt nevezik adhézióknak. Ezek a mikrohegedések megmunkálás következtében szétszakadnak, a szerszám és a munkadarab relatív elmozdulása folyamán, amelyek többször is megismétlődnek, ezáltal kismértékű anyagkiszakadás okozhatnak a szerszám felületén. Ezt adhéziós kopásnak nevezik [10], [11].

Mivel az adhéziós kopás egy termikusan aktivált folyamat, és a CBN szerszámok hőállósága pedig kedvező, így nagyobb forgácsolási hőmérséklet esetében meghatározó a mértéke [12].

Diffúziós kopás

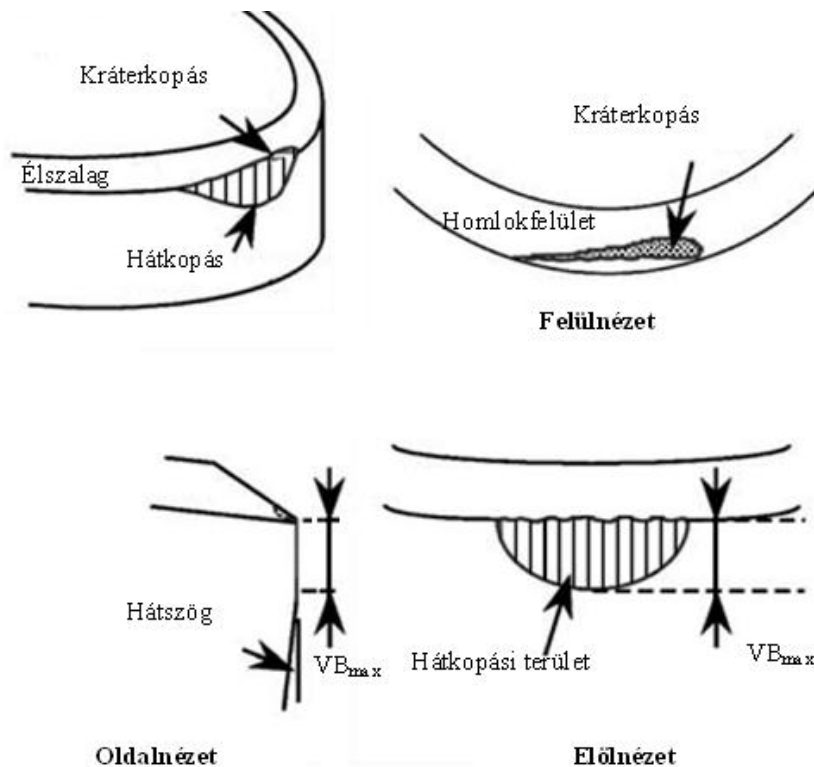
Forgácsolás következtében a szerszám és a munkadarab állandó érintkezésben vannak, s különböző nagyságú erők és sebességek hatására a szerszám adott nagyságú anyagréteget választ le a munkadarab felületéről. Ezen folyamat során nagy hőmérséklet keletkezik, valamint a szerszám felülete állandóan új fémtiszta munkadarab felülettel és a forgáccsal érintkezik, mely eredményeképp a diffúzió intenzitása megnő. A diffúziós folyamat kölcsönösen megy végbe, azaz a szerszám egyes összetevői, atomjai a munkadarabba, míg a munkadarab atomjai pedig a szerszámba diffundálódnak. Ezt követően a szerszám felületén olyan réteg képződik, amely összetétele különböző lesz, mint az adott szerszám anyaga, és így számos előnyös tulajdonsága negatív mértékben változik (pl. mechanikai tulajdonságok). Forgácsoláskor ez a réteg könnyen leválik a szerszám felületéről a munkadarabbal való érintkezése, és forgács eltávolítása során. Ezt hívják diffúziós kopásnak.

Bár csekély mértékű, de ettől függetlenül jelen van keménysztergálás során is.

A CBN szerszámok esetében a kötőanyag instabilitása okozza ezt a fajta kopást, mivel maga a CBN részecskék a szerszám anyagában stabilak. Ez leginkább a magas CBN- tartalmú szerszámok körében veszélyes, mivel ezekben a kötőanyag aránya kisebb, ennél fogva a CBN részecskék kipattogzása, kiszakadása jelentősebb [10], [11].

3.2 Szerszámkopás formái

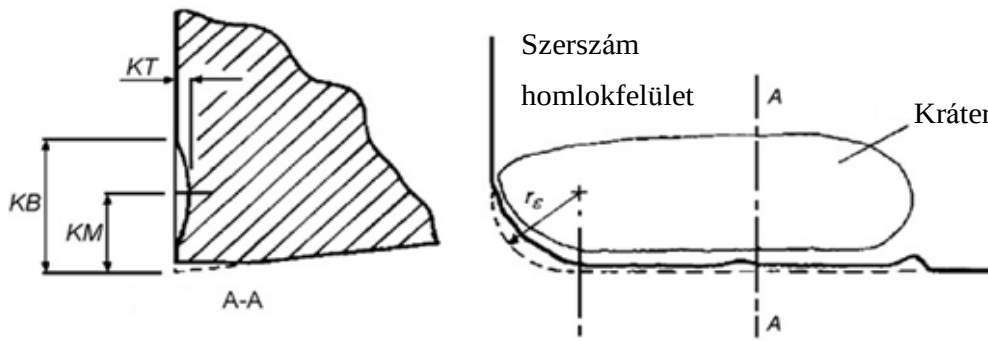
Keményesztergálás során a CBN szerszámokon megfigyelhető különböző kopási nyomok, hatások, amelyek lehetnek: kráterkopás, hátkopás, szélkopás, él bemetsződés, hősokk repedés, szerszámcsőcs kopás, kipattogzás, végső esetben szerszámtörés is előfordulhat. A jellegzetes kopásnyomokat az 5. ábra mutatja be.



5. ábra– CBN szerszámok jellegzetes kopásnyomai [9]

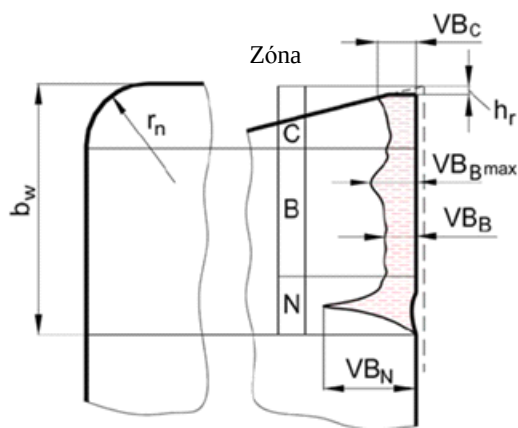
A CBN szerszámokon észlelhető kopásnyomok közül leginkább a kráterkopásnak és a hátkopásnak van nagyobb jelentősége. Ritka esetben kipattogzás is megfigyelhető, de ez csak agresszívebb forgácsolási feltételek esetében történik, azonban kevésbé jellemző [14].

A kráterkopás a szerszám homloklapján alakul ki, a forgácsoláskor a munkadarabról leválasztott forgács és a homloklap folyamatos találkozása, érintkezése miatt. A kráterkopások a technológiai paraméterek függvényében eltérő alakúak lehetnek. A keskeny, hosszú kráter, amely az él közelében alakul ki, az él letöredezésében játszik fontos szerepet, mely negatív hatással van az éltartamra. A viszonylag mély kráter, ami az éltől távolabb jön létre nagyobb kiterjedésben, úgymond „forgácsstörőként” funkcionálhat. A kráteres kopás mérőszámait a 6. ábra mutatja az élnormál síkban, ahol a KT – krátermélység, KM – kráter közép távolság, KB – kráter szélesség [10].



6. ábra - Kráterkopás felépítése [13]

A hátkopás szabványos mérőszámait az 7. ábra mutatja. Az ábrán be van jelölve a csúcskopás, a hátkopás és a szélkopás zónája is [10].



Jelölések:

- VB_C – csúcskopás,
- VB_B – hátkopás szélessége,
- VB_{Bmax} – maximális hátkopás szélessége,
- VB_N – szélkopás.

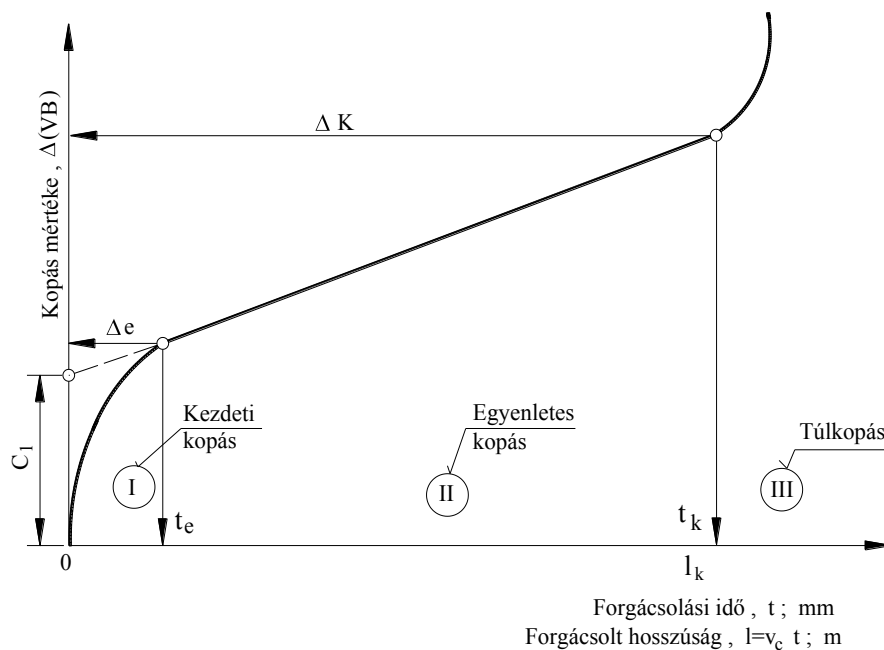
7. ábra - Hátkopás felépítése [13]

3.3 A kopásgörbe

A hátkopás időbeli változását mutatja a 8. ábra. Eszerint van egy kezdeti, gyors szakasz ($0 - t_e$), ezt követően egyenletes kopás szakasza ($t_e - t_k$), majd végül a túlkopás szakasza található ($t > t_k$).

A kezdeti gyors kopás magyarázata az, hogy a szerszám azon részéről, amely fogásban van az ezt megelőző megmunkálásból visszamaradt, roncsolódott részek gyorsan lekopnak, így tehát a szerszám úm. „bekopik”.

A gyors kopást követően, az egyenletes kopás szakaszában, mint az elnevezés utal rá, egyenlő idő alatt csaknem egyenlő anyagmennyiség kopik le a szerszám felületéről. Ebben a részben a szerszám sűrűlási és hőmérsékleti viszonyai csupán csekélymértékben változnak, viszont a szerszám forgácsolóképesége csökken a kopás intenzitásának növekedése hatására, így a szerszám sűrűlő felülete megnövekszik és egyenlőtlené válik.



8. ábra – Hátkopás időbeli változása [10]

A súrlódás bizonyos kopási határérték elérését követően hirtelen megnő, a forgácsolási körülményektől függően, ezáltal a szerszám hőmérséklete megnövekszik, amely a szerszám szilárdságának csökkenéséhez vezet az él környezetében. Ezáltal forgácsolás közben a szerszám anyagvesztése megnő, hiszen a munkadarab, valamint a keletkező forgács ezeket a kisebb szilárdságú részecskéket eltávolítja a szerszám felületéről. Ez a szerszámél lemorzsolódásához, leégéséhez vezet. Így a túlkopás szakaszt mindenesetben kerülni kell, mivel ekkor már a szerszámról utánélezés során annyi anyagot választunk le, amely mindenféleképpen gazdaságtalanná tenné a szerszám ilyen mértékű elhasználását.

Tehát a szerszám újraélezését az egyenletes kopás vége fele, de mindenféleképpen a túlkopási szakasz előtt kell végrehajtani. Az újraélezés előtt keletkező kopás nagyságát, megengedett kopásnak nevezi a szakirodalom [15], [10].

4 CBN szerszámok összehasonlító vizsgálata

Az összehasonlítás során számítással meghatározom a szerszám által megtett úthosszakat, az így kapott értékekkel, illetve a VB adatainak birtokában diagramok készíthetők hátkopás- idő függvényében, amelyből meghatározható a megengedett hátkopás értéke. Ezt követően éltartam görbe szerkeszthető, amely logaritmikus léptékű ábrázolását felhasználva meghatározható az éltartam összefüggés adott intervallumon belül.

4.1 Kísérleti feltételek

Szerszámgép

A 3 vizsgált fogaskerék keményszertergálási műveletének végrehajtásához EMAG típusú szerszámgépeket használnak, pontosabban a 1361-303-053 és a 1361-304-162 rajzszámú fogaskerek megmunkálása EMAG 400 gépen (9. ábra), míg a 1323-203-012 rajzszámú fogaskerék ezen műveletének elvégzése EMAG 250 megmunkáló gépen (10. ábra) történik.



9. ábra – EMAG VSC 400 [16]



10. ábra – EMAG VSC 250 [17]

Technikai adatok[16], [17]

Tokmány átmérő (mm): 315/400

Szegnyereg átmérő (mm): 420

Munkadarab maximális átmérő (mm): 340

X- tengely elmozdulása (mm): 850

Y- tengely elmozdulása (mm): 315

Z- tengely elmozdulása (mm): 315

Tokmány átmérő (mm): 250/315

Szegnyereg átmérő (mm): 350

Munkadarab maximális átmérő (mm): 250

X- tengely elmozdulása (mm): 745

Z- tengely elmozdulása (mm): 300

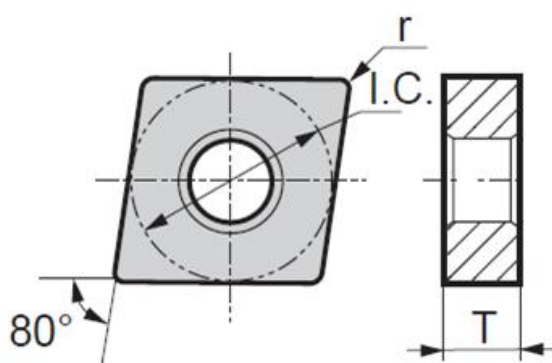
Előnyök[16], [17]

- Minden gép egy gyártó cella, amely automatikus munkadarab felrakó berendezéssel van ellátva
- Rövid műveletek közti idő, és megmunkálási idő
- Multifunkcionális megmunkológép: esztergálás, fűrés, marás, köszörülés és egyéb folyamatok
- Munkadarab mozog, míg a szerszám rendszer helyben marad

- Ideális forgács áramlási viszonyok miatt a szerszám a munkadarab alatt helyezkedik el
- Megmunkálás tengelye a Z- tengely (opcionális), amely biztosítja az elem kiváló minőségét, valamint a szerszám magas éltartamát lágy és kemény megmunkálások esetén
- Biztonságos, kopásálló, karbantartást nem igénylő munkatér burkolat
- A gép egyes részegységeinek hűtése folyadék hűtéssel történik

Szerszám

Mind három fogaskerék furatának megmunkálása SUMITOMO CNGA 120412 BNC300 típusú váltólapkával történt (11. ábra).



Adatai:

- I.C.= 12,5 mm
- $r = 1,2$ mm
- $T = 4,1875$ mm

11. ábra – Sumitomo CNGA 120412 BNC300 lapka rajza
[18]

Munkadarab

A három fogaskerék furatának geometriai, érdességi, pontossági paramétereit, valamint a továbbiakban arra hivatkozott fogaskerék jelöléseket tartalmazza a 3. táblázat.

3. táblázat

Fogaskerek adatai

Fogaskerék jelölése	Fogaskerék rajzszáma	Furat átmérő (mm)	Furat méretének tűrése	Furat hossz (mm)	Furat érdességi jellemzője
A.	1361-303-053	57	G6	33,75	Rz3; Rmax4
B.	1323-203-012	48	G6	27,85	Rz3; Rmax4
C.	1361-304-162	65	G6	31,9	Rz3; Rmax4

Forgácsolási adatok

A fogaskerek megmunkálása során alkalmazott technológiai adatokat a 4. táblázatban mutatom be.

4. táblázat

Fogaskerek technológiai adatai

Fogaskerék jelölése	T_1 (min)	v (m/min)	f (mm/f.)
A.	0,18	140	0,24
B.	0,1	180	0,24
C.	0,16	170	0,24

Jelölések:

- T_1 – egy munkadarabra vonatkoztatott éltartam
- v – forgácsoló sebesség
- f – előtolás

4.2 Kísérleti eredmények

Forgácsolt úthossz számítása

A CBN szerszámok kopását 3 különböző fogaskerék furatainak megmunkálását követően vizsgálom. Mivel ezeknek az alkatrészeknek a geometriai méretei, valamint a megmunkálás során alkalmazott forgácsolási paraméterek eltérőek, így a forgácsolt úthossz számítása nélkülözhetetlen az összehasonlítás végrehajtásához. Ezt a számítást mutatja a 3 fogaskerékre az 5. táblázat.

Az ehhez szükséges képlet a következő

$$L = d \cdot \pi \cdot \frac{l}{f}$$

amelyben

- L – forgácsolt úthossz (mm)
- d – fogaskerék furatátmérő (mm)
- l – fogaskerék furathossz (mm)
- f – előtolás (mm)

5. táblázat

Fogaskerek furataihoz számolt forgácsolt úthossz

Fogaskerék jelölése	Számítás
A.	$L_1 = d \cdot \pi \cdot \frac{l}{f}$ $L_1 = 57 \cdot \pi \cdot \frac{33,75}{0,24} \approx 25,2 \text{ m}$
B.	$L_1 = d \cdot \pi \cdot \frac{l}{f}$ $L_1 = 48 \cdot \pi \cdot \frac{27,85}{0,24} \approx 18 \text{ m}$
C.	$L_1 = d \cdot \pi \cdot \frac{l}{f}$ $L_1 = 65 \cdot \pi \cdot \frac{31,9}{0,24} \approx 27,2 \text{ m}$

A6. táblázatban foglalom össze a 3 fogaskerék megmunkálásának kísérleti adatait.

6. táblázat

Fogaskerek kísérleti adatai

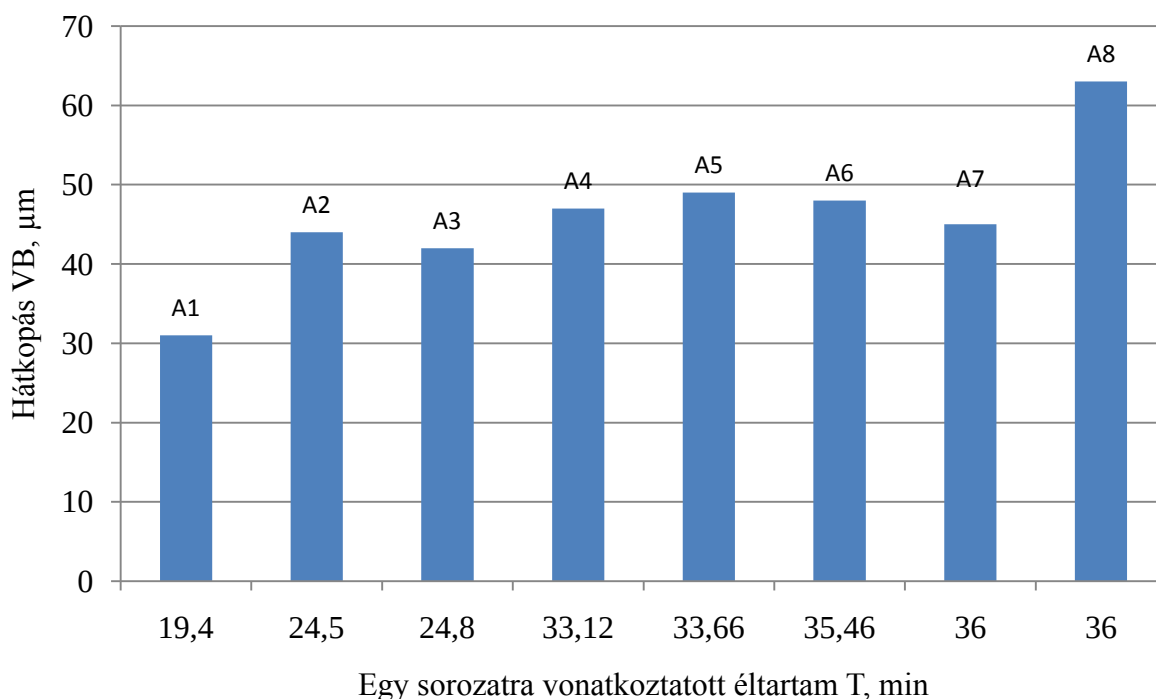
Fogaskerék jelölése	Gyártási sorozat számának jelölése	N (db)	T (min)	L (m)	VB (μm)	L ₁ (m)
A.	A1.	108	19,4	2716	31	25,2
	A2.	136	24,5	3430	44	
	A3.	138	24,8	3472	42	
	A4.	184	33,12	4637	47	
	A5.	187	33,66	4712	49	
	A6.	197	35,46	4964	48	
	A7.	200	36	5040	45	
	A8.	200	36	5040	63	
B.	B1.	164	16,4	2952	59	18
	B2.	220	22	3960	85	
C.	C1.	142	22,72	3862	66	27,2
	C2.	212	33,9	5766	117	

Jelölések:

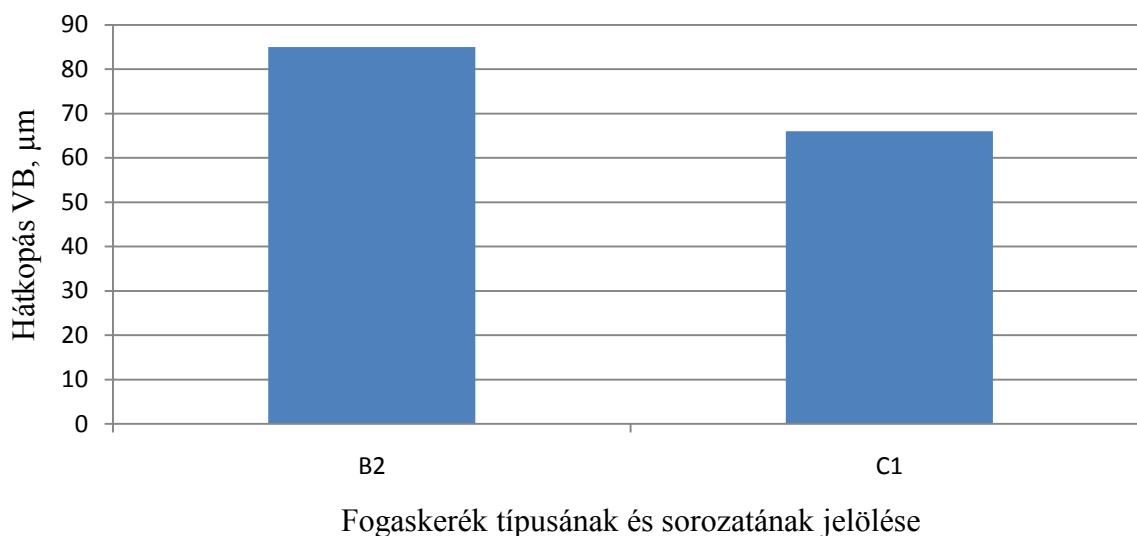
- N – egy sorozatban elkészült munkadarabok száma
- T – egy sorozatra vonatkoztatott éltartam
- L – egy sorozatra vonatkoztatott forgácsolt úthossz
- VB – hátkopás
- L_1 – egy munkadarabra vonatkoztatott forgácsolt úthossz

Az adatok alapján megszerkeszthető az A. jelű fogaskerék gyártási sorozataihoz tartozó hátkopás értékek diagramja az A. jelű fogaskerék gyártási sorozatainál adódó éltartamok függvényében (12. ábra).

A 13. ábrában hasonlítom össze a B. és C. jelű fogaskerek egy- egy gyártási sorozatának, B2 és C1 sorozatok, hátkopási értékeit, mivel mindkettő esetében a szerszám éltartam 22 perc.

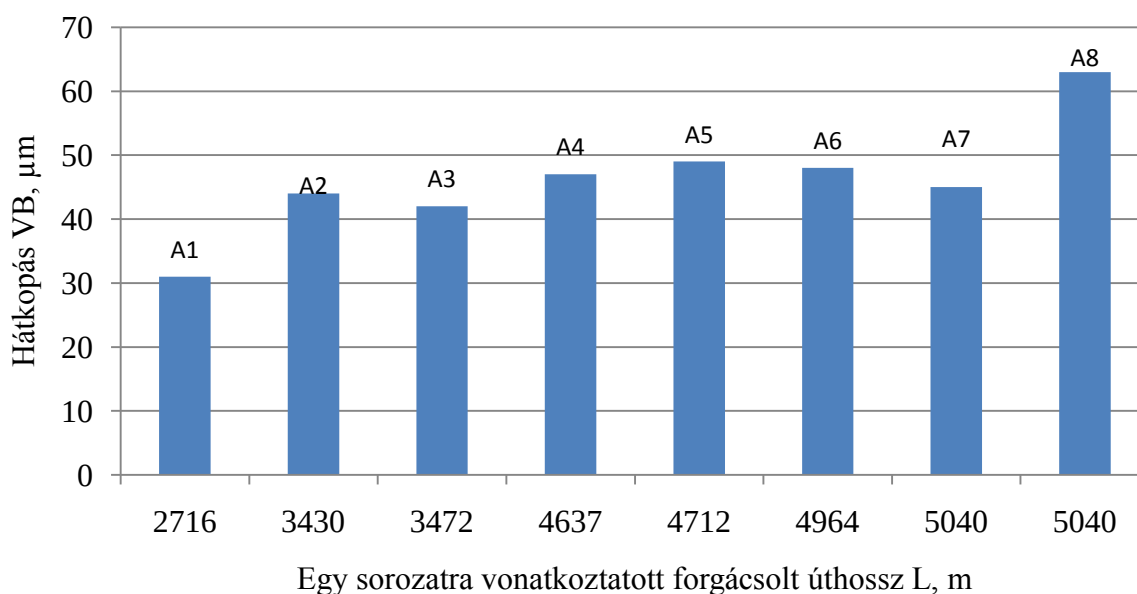


12. ábra - Az A. jelű fogaskerék gyártási sorozatainál felvett éltartamokhoz tartozó VB értékei

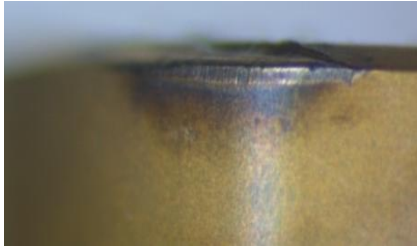


13. ábra – A B2 és a C1 jelű gyártási sorozatok VB értékei a $T=22$ min- nél

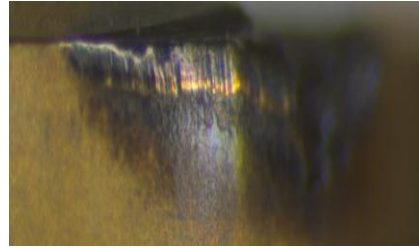
Megrajzolható az A. jelű fogaskerék gyártási sorozatainak hátkopás értékei a hozzájuk tartozó gyártási sorozatokhoz számolt forgácsolt úthosszak függvényében (14. ábra). Közvetlenül a diagram alatt az A1 (15. ábra) és az A8 (16. ábra) sorozatban dolgozott lapkák hátfelületének képeit lehet összehasonlítani, mivel az A1-hez a legkisebb, míg az A8-hoz a legnagyobb hátkopási érték tartozik. Az A2 (17. ábra) és az A7 (18. ábra) sorozatnál használt lapkák képeit is össze lehet vetni egymással, mivel a hátkopásuk különbsége csupán $1 \mu\text{m}$, viszont az A2-nél a lapka 3430 m-t, míg az A7-nél 5040 m-t forgácsolt.



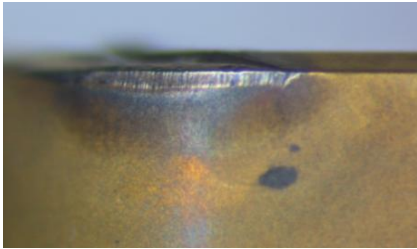
14. ábra – Az A. jelű fogaskerék gyártási sorozatainál számított forgácsolt úthosszakhoz tartozó VB értékei



15. ábra – A1 sorozatnál dolgozott lapka hátfelülete



16. ábra – A8 sorozatnál dolgozott lapka hátfelülete

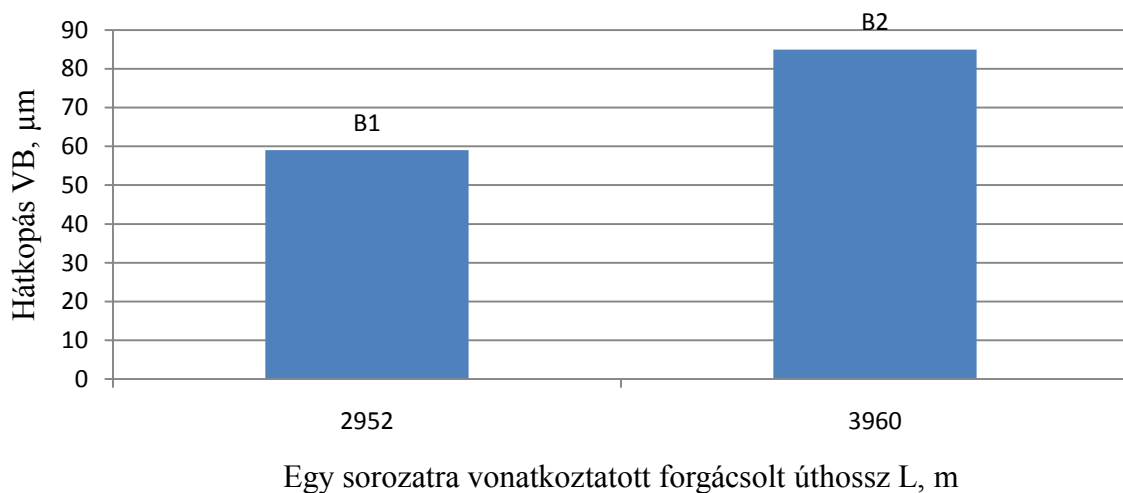


17. ábra – A2 sorozatnál dolgozott lapka hátfelülete

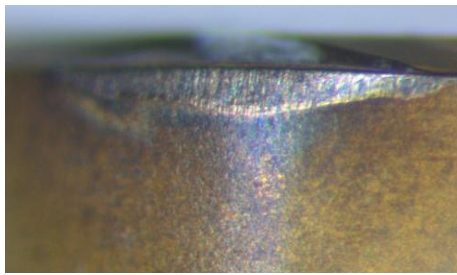


18. ábra – A7 sorozatnál dolgozott lapka hátfelülete

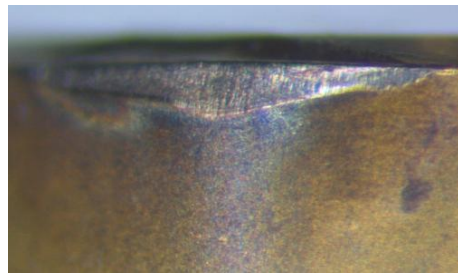
Az előbbi diagramhoz hasonlóan elkészíthetők a B. (19. ábra) és a C. (22. ábra) jelű fogaskerek gyártási sorozataihoz tartozó hátkopás értékeinek diagramjai, az ezen gyártási sorozatokhoz számolt forgácsolt úthosszak függvényében. A diagramokat követően összehasonlításuként betettem az éppen összehasonlított fogaskerekeken belüli gyártási sorozatokban dolgozott lapkák hátfelületének képeit. A B. jelű fogaskerék sorozatainál használt lapkák képei, a B1 sorozaté a 20., B2 sorozaté a 21. ábrán láthatóak, míg a C. jelű fogaskerék esetében a C1 sorozatban dolgozott lapka hátfelületét a 23., a C2 sorozat számszámlapjának a hátfelületét a 24. ábrán mutatom be.



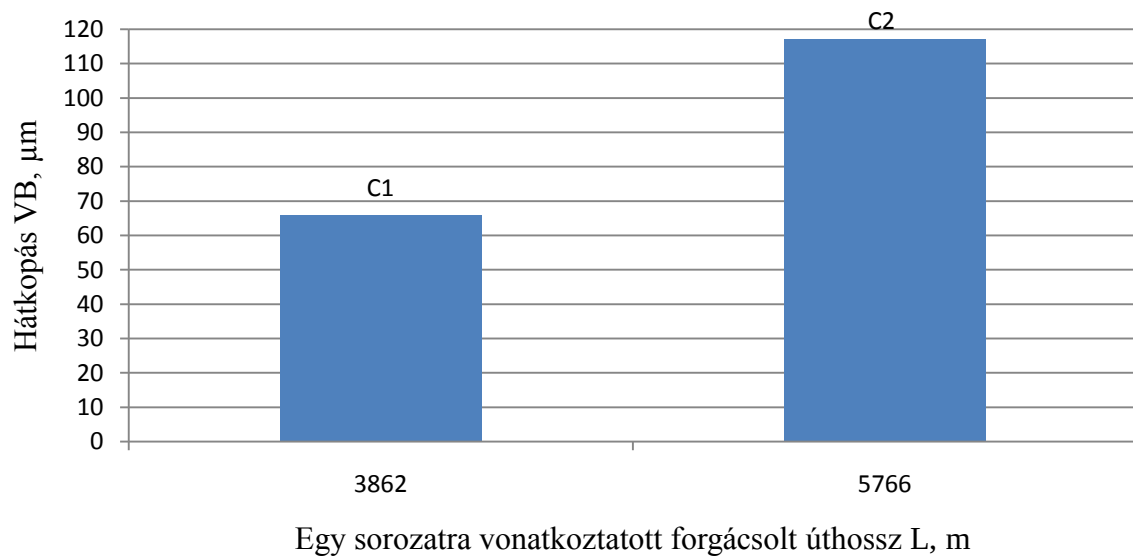
19. ábra – A B jelű fogaskerék gyártási sorozatainál számított forgácsolt úthosszakhoz tartozó VB adatai



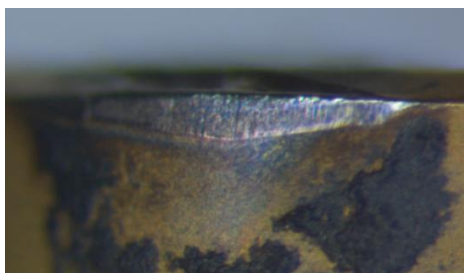
20. ábra – B1 sorozatnál dolgozott lapka hátfelülete



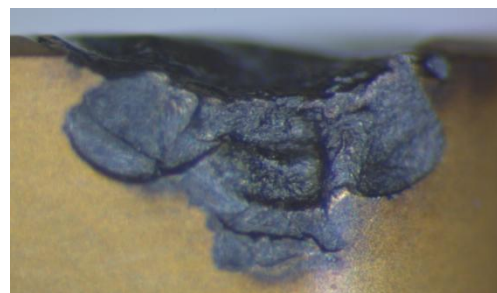
21. ábra - B2 sorozatnál dolgozott lapka hátfelülete



22. ábra – A C jelű fogaskerék gyártási sorozatainál számított forgácsolt úthosszakhoz tartozó VB értékei



23. ábra – C1 sorozatnál dolgozott lapka hátfelülete



24. ábra - C2 sorozatnál dolgozott lapka hátfelülete

A diagramot és az adatokat figyelembe véve a megengedett hátkopás értékét $62 \mu\text{m}$ -re veszem fel.

$$VB_{meg} = 62 \pm 4 \mu\text{m}$$

Ezután megszerkeszthető, $T - v_c$, azaz az éltartam és a forgácsoló sebesség kapcsolatát mutató diagram (25. ábra), valamint az $L - v_c$, vagyis a forgácsolt úthossz és forgácsoló sebesség viszonyát reprezentáló diagram (26. ábra), a megengedett hátkopási érték figyelembe vételével.

$T - v_c$ diagramhoz szükséges adatok:

$$v = 140 \text{ m/min}$$

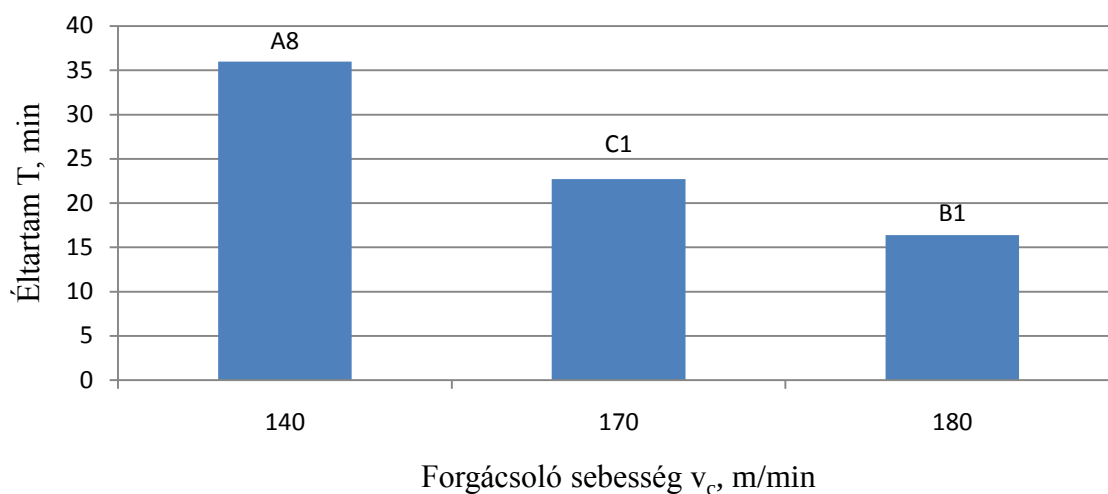
$$T = 36 \text{ min}$$

$$v = 170 \text{ m/min}$$

$$T = 22,72 \text{ min}$$

$$v = 180 \text{ m/min}$$

$$T = 16,4 \text{ min}$$



25. ábra –Éltartam – forgácsoló sebesség diagram

$L - v_c$ diagramhoz szükséges adatok:

$$v = 140 \text{ m/min}$$

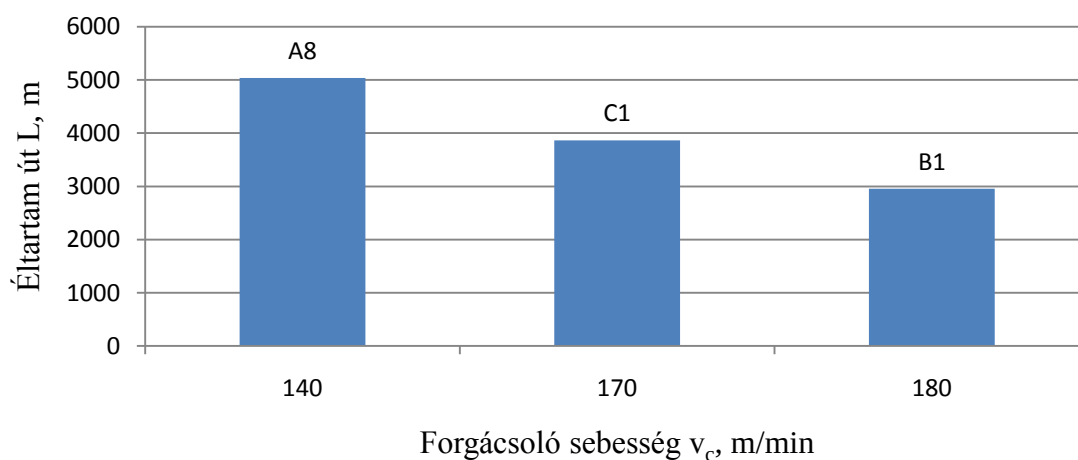
$$L = 5040 \text{ m}$$

$$v = 170 \text{ m/min}$$

$$L = 3862 \text{ m}$$

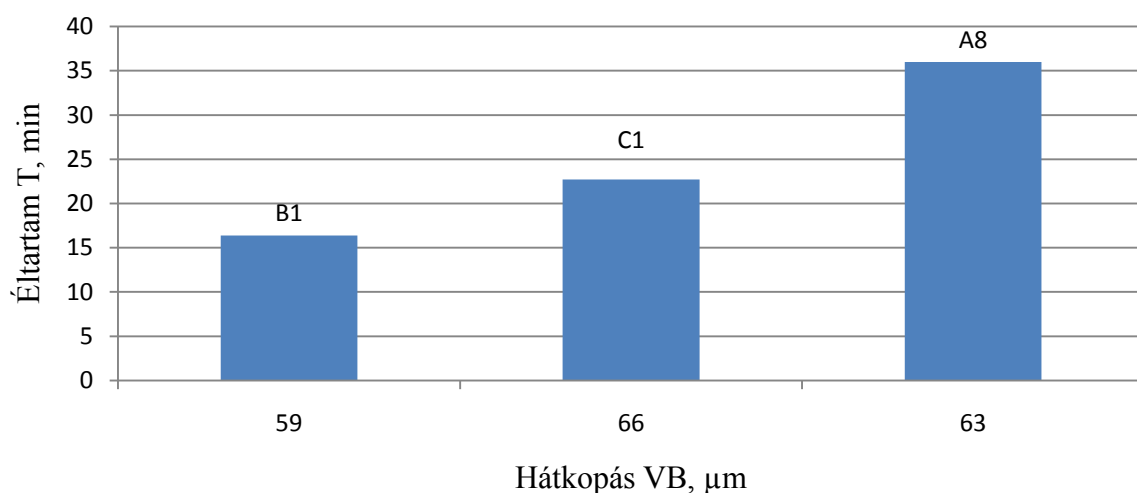
$$v = 180 \text{ m/min}$$

$$L = 2952 \text{ m}$$



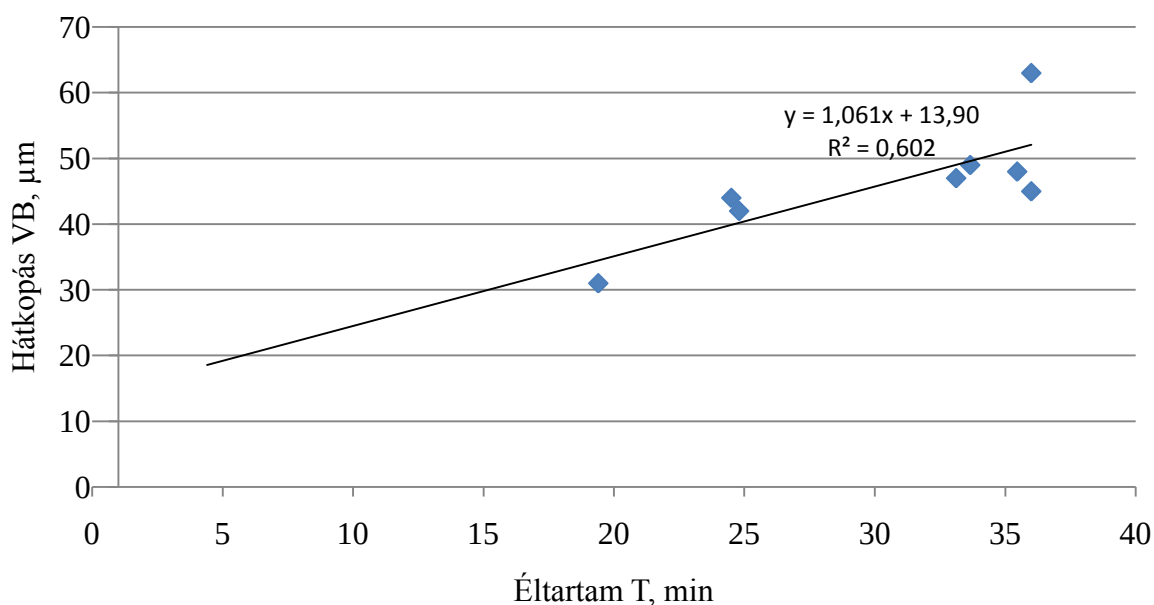
26. ábra – Éltartam út – forgácsoló sebesség diagram

A 27. ábrán látható az azon különböző fogaskerekhez tartozó gyártási sorozat éltartam értékei, amelyeknél a mért hátkopás adata, bele esik a már korábban felvett megengedett hátkopás értékének intervallumába ($62 \pm 4 \mu\text{m}$).



27. ábra– A megengedett hátkopás tartományába eső különböző fogaskerek gyártási sorozatainak éltartama

Az eddigi oszlop diagramokon bemutatott összehasonlításokat követően, megrajzolható az A. jelű fogaskerék gyártási sorozatainak hátkopás értékei az éltartamuk függvényében, pont diagramon ábrázolva (28. ábra). Ehhez felvehető egy trend vonal, amelynek az egyenlete és a szórásának adata a vonal felett olvasható.

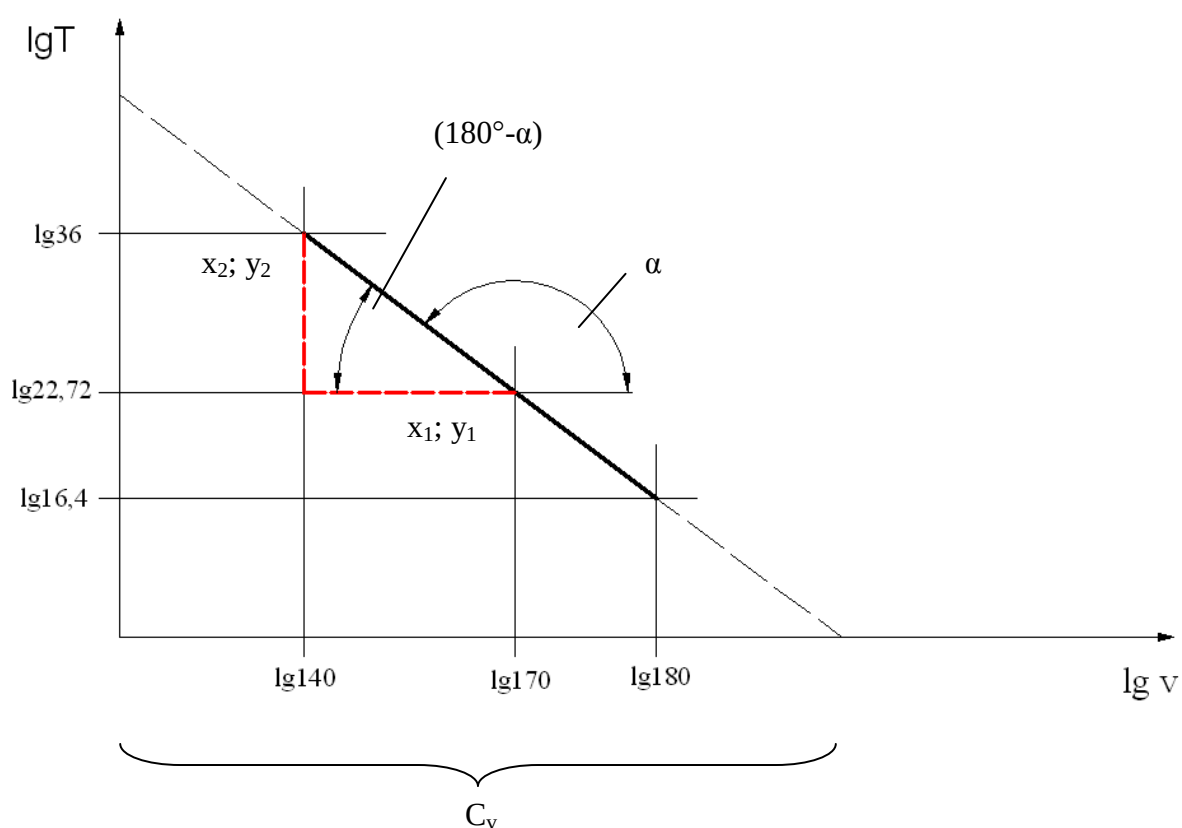


28. ábra – Az A. jelű fogaskerék gyártási sorozataihoz tartozó hátkopás értékei a T, éltartamuk függvényében

A B. és a C. jelű fogaskerek esetében ezen fajta diagram elkészítése nem lehetséges, mivel a TDK munkám beadásáig csupán 2-2 gyártási sorozathoz tartozó adathalmaz állt rendelkezésemre, amely nagyon kevés a kiértékeléshez.

Számos megfigyelés bizonyította, hogy a forgácsolás során alkalmazott technológiai adatok közül leginkább a v_c forgácsolósebesség befolyásolja a szerszám éltartamát.

A $T - v_c$ diagramból is látható (25. ábra), hogy az éltartam exponenciálisan csökken a növekvő sebesség függvényében, viszont logaritmikus léptékben ábrázolva az éltartamgörbe ($\lg T - \lg v$ diagramon) egyenes, [10].



29.ábra- Éltartamgörbe logaritmikus mezőben

Ezt az éltartam egyenest „Taylor- egyenes”- nek nevezik, amelynek az egyenlete a következő, [10]:

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

Ebből az egyenletből kiindulva megvizsgálható, ha az éltartam értékének 1 percet adok meg, akkor a forgácsolósebesség értéke megegyezik az éltartam állandó értékével.

$$\lg v_c + \left(-\frac{1}{k} \lg T\right) = \lg C_v$$

ha $T=1$, akkor $\lg T=0$

$$\text{így } v_c = C_v$$

Így tehát a koordináta- rendszer origóját $T=1$ perc éltartamnál vettem fel.

Ezt követően az éltartam kitevő és éltartam állandó értékét keresem, melyek meghatározását grafikus úton végzem el a 29. ábrán piros szaggatott vonallal övezett háromszög felhasználásával.

Első lépésként a kitevő értékét számolom a következő számítás alapján:

$$\operatorname{tg}(180 - \alpha) = -\operatorname{tg} \alpha = -k$$

$$\operatorname{tg} \alpha = k$$

, azaz

$$\operatorname{tg}(180^\circ - \alpha) = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$\operatorname{tg}(180^\circ - \alpha) = \frac{\lg 36 - \lg 22,72}{\lg 170 - \lg 140}$$

$$k = 2,37$$

Az éltartam kitevő értéke tehát $k = 2,37$.

A következő lépésben pedig az éltartam állandó értékét határozom meg, szintén a 29. ábra segítségével. A számítás során azt az értéket keresem, hogy az éltartam egyenes hol metszi az x tengelyt, mivel annak az értéke adja a keresett C_v adatát. Ehhez az egyenes egyenletének irányítványozós alakját használom, amely a következő:

$$y - y_1 = m \cdot (x - x_1)$$

Az m iránytangens értéke a k éltartam kitevő értékével egyezik meg.

$$\left(m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = -\operatorname{tg} \alpha = -k \right)$$

Majd rendezem az egyenletet, ahol y értékének 0-t, azaz $\lg y=1$ - t veszek fel

$$\begin{aligned}\lg y - \lg y_1 &= -tg\alpha \cdot (\lg x - \lg x_1) \\ \lg y &= \lg 22,72 - 2,37 \cdot (\lg x - \lg 170) \\ \lg y &= \lg 22,72 - 2,37 \cdot \lg x + 2,37 \cdot \lg 170) \\ \lg x &= \frac{2,37 \cdot \lg 170 + \lg 22,72}{2,37} \\ \lg x &= 2,802 \\ x &= 633,86\end{aligned}$$

Tehát az éltartam egyenlet a következő alakban írható fel:

$$v_c \cdot T^{-\frac{1}{2,37}} = 633,86$$

Ezzel a kifejezéssel számolható a vizsgált lapkával azonos szerszámlapkák éltartama, ha teljesülnek az alábbi feltételek:

$$\begin{aligned}VB_{meg} &= 62 \pm 4 \mu m \\ v_c &= 140 - 180 \text{ m/min}\end{aligned}$$

5 Összefoglalás

A TDK munkám kezdetén az egyik szuperkemény szerszámanyagok közé sorolt mesterségesen előállított anyagot, a kőbős bórnitridet mutatom be, amelyet előnyös tulajdonságainak köszönhetően a gépipari alkatrész megmunkálás területén, hatalmas teret hódító keményesztergálás műveletében használják fel. Majd CBN tartalom szerint osztályoztam ezt a szerszámanyagot, amely osztályzásra a TDK munkám irodalmi áttekintésében többször hivatkozok.

A következő fejezetben a szerszámkopás mechanizmusának bemutatásával foglalkoztam, ahol a főbb kopásfajtákat, abrazív, adhéziós, diffúziós kopásokat általános értelemben, valamint a CBN szerszámra vonatkozólag ismertettem. Ezt követően a kopásformákkal foglalkoztam, amely mérőszámait, és jellemzőit bemutattam. A fejezet végén a kopás általános alakjának felvázolásával röviden jellemeztem a kopás időbeli változását.

A CBN szerszámok összehasonlító vizsgálata című fejezetet, a TDK munkám során vizsgált különböző fogaskerék furatok megmunkálásának kísérleti feltételeivel kezdtem. Ezen belül ismertettem a vizsgált alkatrészek keményesztergálási műveletét végző szerszámgép típusait, jellemzőit, a megmunkálás során használt CBN szerszám típusát, a vizsgált alkatrészek számát, geometriai, technológiai adatait. Ezt követően megállapítottam az egyes fogaskerék furatok megmunkálásánál a forgácsolt úthosszt. Ezen értékek, valamint a VB hátkopás adatainak birtokában különböző diagramokat szerkesztettem, amelyek az összehasonlítás részét képezi. Ezután meghatároztam egy megengedett hátkopási értéket, amelyre éltartam görbét szerkesztettem, majd a logaritmikus léptékű ábrázolása alapján meghatároztam az éltartam összefüggést. Végül egy olyan éltartam összefüggést kaptam, amellyel adott intervallumú forgácsolási adatok között számolással meghatározhatjuk a szerszámok éltartamát a megadott feltételek teljesülését követően.

Irodalom

- [1] Uhlmann, E.-Erderer, G: Hochgeschwindigkeitsdrehen von Inconel 718. IDR.34 (2000) Nr.4. pp.342-347
- [2] Fleming, M.A. – Bossam, P.K.: PCBN Leistungsziele für das 21. Jahrhundert IDR.34 (2000) Nr.4. pp.274-282
- [3] Bailey, M.W. – Juchem, H.D.: The advantages of CBN grinding: low cutting forces, and improved workpiece integrity IDR. 3 (1998). pp.83-89
- [4] <http://www.szerszamok.hu/lex/cbn.htm>
- [5] Dr. Kundrák János – Keményedzett anyagok megmunkálása, Nemzeti Tankönyvkiadó
- [6] SandvikCoromant Akadémia 2010 – Keménymegmunkálás
- [7] Y. Kevin Chou, Chris J. Evans, Moshe M. Barash: Experimental investigation on CBN turning of hardened AISI 52100 steel, Manufacturing Engineering Laboratory, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA, School of Industrial Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN, USA
- [8] Y. Kevin Chou, Chris J. Evans: Cubic boron nitride tool wear in interrupted hard cutting, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA, Table 1, 244. oldal
- [9] Yong Huang, Y. Kevin Chou, Steven J. Liang: CBN tool wear in hard turning: a survey on research progresses, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2007, Volume 35, Issue 5-6, pp.443-453
- [10] Dr. Dudás Illés – Gépgyártás-Technológia II., Műszaki Kiadó, Budapest, 2011
- [11] Y. Huang, S.Y.Liang: Modelling of CBN Tool Flank Wear Progression in Finish Hard Turning. Transactions of the ASME Vol. 126, February 2004 pp.98-106
- [12] Mathew P.: Use of Predicted Cutting Temperatures in Determining Tool Performance. International Journal of Machine Tools & Manufacture 29 (4) 481- 497 1989
- [13] W. Grzesik: Influence of tool wear on surface roughness in hard turning using differently shaped ceramic tools, Wear, 2008, Volume 265, Issues 3-4, pp.327-335
- [14] Predictive Modelling of Tool Wear in Hard Turning – The G.W.W. School of Mechanical Engineering Georgia Institute of Technology, Atlanta Georgia
- [15] <http://www.uni-miskolc.hu/~wwwfemsz/forg2.htm>
- [16] <http://www.emag.com/machines/turning-machines/production-vsc/lathe-vsc-400.html>
- [17] <http://www.emag.com/machines/turning-machines/production-vsc/cnc-lathe-vsc-250.html>
- [18] Sumitomo 2013-2014 General Catalog, High Performance Cutting Tools