



KECSKEMÉTI FŐISKOLA

GAMF KAR

JÁRMŰTECHNOLÓGIA TANSZÉK

6000 KECSKEMÉT, IZSÁKI ÚT 10.



Haszongépjárműben rendszeresített munkaszelep "Vezérpályájának" technológiai tervezése

TDK dolgozat

Készítette: Medve Viktor III. éves hallgató

Konzulens: Dr. Boza Pál főiskolai tanár

Tartalom

Bevezetés.....	4
1. A gyártandó vezérpálya konstrukciós és technológiai bírálata	5
1.1 A szelep működésének leírása	5
1.2 Az alkatrész eddigi gyártástechnológiájának ismertetése	6
1.2.1 Régi program bemutatása.....	8
1.3 A szerszám éltartamát befolyásoló tényezők.....	9
1.3.1 Az éltartam és a forgácsolási sebesség közötti összefüggés	10
1.3.2 Szerszáméltartam ideje.....	10
1.3.3 Forgácsfajták	11
2. Az új gyártástechnológia tervezése	13
Előgyártmány meghatározása	15
2.1 NCT ellenorsós eszterga bemutatása.....	15
2.2 A kiválasztott szerszámgép paraméterei:	15
2.3 Szerszámterv	16
2.4 Dörzsárazás	18
2.5 Vezérpálya marása	19
A vezérpálya megmunkálását az NCT 850D 5AX öttengelyes marógépen végeztem. ...	19
3. Forgácsolási kísérletek tervezése, optimális paraméterek meghatározása	22
3.1 Forgácsolási kísérlet tervezése	22
3.2 Technológiai paraméterek meghatározása	22
3.2 A gyártás során használt hosszlyukmaró élgeometriája:.....	23
3.3 A szerszám kopásának mérése	24
A mérés menete a következő:.....	26
4 Mérési adatok kiértékelése	29
4.3 A régi és az új technológiával gyártott munkadarabok jellemzése	34
4.4 „Sorjásodás”	36

5. Az alkatrész megmunkálásához szükséges CNC programok elkészítése	39
5.1 Előgyártmány program.....	39
5.2 Dörzsárazó ciklus	43
5.3 Szerszámpálya marása.....	43
5.4 Szerszámkorrekciós programozás	45
5.5 Paraméteres programozás.....	48
5.6 Paraméteres program korrekciós lehetőséggel	49
Összegzés	54
Felhasznált irodalom	55
Ábrajegyzék	56

Bevezetés

A fém alkatrészek nagy többsége valamilyen forgácsolási technológiával készül. A leggyakoribb módszerek még ma is a fúrás, marás, esztergálás, köszörülés köreiből nyilvánul meg.

A dolgozatomban egy termék gyártási költségeit optimalizáltam, forgácsolási kísérleteket végeztem azért, hogy meghatározzam az optimális gyártási paramétereket. Olyan paraméteres programot készítettem, amelyben a szerszámsugár-korrekciót „szabadon” tudjuk használni olyankor is, amikor a vezérlés, vagy az NC gép másképpen értelmezi.

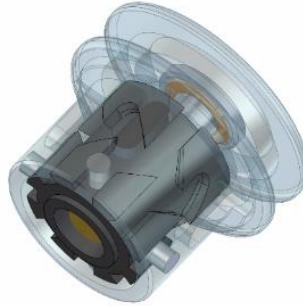
A számítástechnika fejlődése új lehetőségeket kínál a gyártási feladatok kidolgozásában. A számjegyvezérlés lehetővé tette azt, hogy a munkadarab geometriai méreteit számszerűsítve a modern vezérlők relatív elmozdulást tudjanak számolni a szerszám és a munkadarab mozgása közben.

A CNC- szerszámgépek alkalmazásának előnyei:

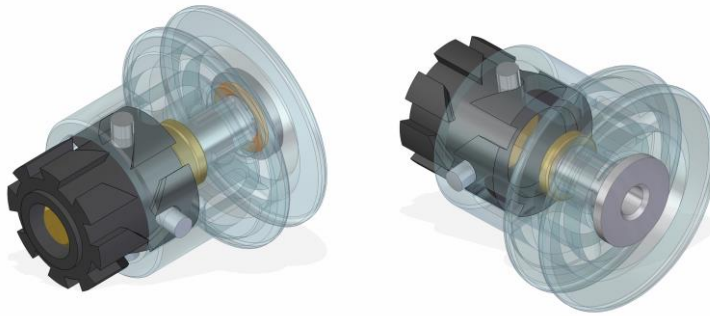
- csökken a megmunkálási idő
- egyszerű szerszámok és készülékek alkalmazása elegendő, mert akár bonyolult szerszámmozgások is alkalmazhatóak
- a programok könnyedén tárolhatóak, amely mellékidő csökkenését eredményezi
- technológiai fegyelmet erősíti
- a minőségellenőrzésre fordítandó költségek csökkennek
- gyors szerszámcsere

Dolgozatomban az NCT-201T eszterga, valamint az NCT-201M maró vezérlésekre készítettem el a programokat. [1]

másik oldalon nyomás keletkezik, a vezető csapok mentén elfordul a vezérlő munkadarab, és felveszi a nyitott helyzetét, mivel a vezérpálya geometriájának olyan a kiképzése, hogy megakad a munkadarabon kiképzett sziget határfelületénél, lásd 3. ábra.



2. ábra. Vezérlő alkatrész zárt állapotában



3. ábra. Vezérlő alkatrész nyitott állapotában

Az alkatész összeállításáról egy robbantott ábrát is készítettem, amely a 4. ábrán látható.



4. ábra. A szelep robbantott ábrájának bemutatása

1.2 Az alkatrész eddigi gyártástechnológiájának ismertetése

Az alkatrész első műhelyrajzán inches méretek voltak feltüntetve. A csatlakozó méreteket vizsgálva, és a munkadarab szerepét értelmezve, a méretek át lettek konvertálva metrikus

rendszerbe, valamint meg lettek határozva a működés szempontjából fontos tűrések is. A megrendelő az alkatrészt kezdetben bronz anyagból szeretne volna gyártani. A Főiskola erre egy kitűnő technológiát dolgozott ki. A gondolatmenet az volt, hogy az ellenorsós esztergagépen történik a gyártás, lásd 5. ábra, amelynél egy hajtott szerszámot alkalmazva elkészíthető a vezérpálya a palástfelületen. A CNC program elkészítését MasterCAM szoftver segítségével végezték el.



5. ábra. Azt eddigi gyártás az NCT JCL-60YTSM típusú ellenorsós esztergagépen történt

A megmunkálás ideje közel 24 percig tartott, és a szerszám 18 percig volt anyagban, amely a szerszám éltartamára kedvezőtlenül hatott. Mivel a program posztolva lett, a szigeteket teljesen körbejárta a szerszám, ami felesleges volt, mert a homlokfelületet nem kellett megmunkálni. Az alapvető kellemetlenségektől eltekintve szerszámsugár-korrekciónélkül $\varnothing 2,6$ [mm] átmérőjű szerszámmal a munkadarab gyártható volt. A probléma akkor jelentkezett, amikor a megrendelő igénye megváltozott. Szerette volna a szelepet nagyobb nyomású rendszereknél is alkalmazni, és ennek következtében a vezérpálya alkatrész anyagának szilárdságát meg kellett változtatni, mivel a bronz nem volt megfelelő. A keményfém bevonatú hosszlyukmaró szerszámmal több anyagon végeztek forgácsolási kísérleteket. Igyekeztek olyan anyagot választani, ahol a fajlagos forgácsolási erő alacsony volt. Az anyagok közül kettőt emelnék ki, az egyik a C45-ös anyag, amelynél a fajlagos forgácsolási erő nagysága nem volt kedvező. Egy szerszámmal gyakorlatilag hét munkadarabot lehetett legyártani. A szerszám hátfelületén olyan mértékű kopás jelentkezett, amelynél a munkadarabon keletkezett sorja eltávolítása nehézkes, gazdaságtalan volt. A szerszám ezt a darabszámot átlépve eltört. Jobbnak bizonyult a 9SMn8 automata acél, mivel a fajlagos forgácsoló erő nagysága jelentősen kisebb volt a C45-höz képest. Összegezve, hajtott keményfém szerszámmal C45 acélból hét munkadarabot sikerült legyártani, automata acélnál ugyan azzal a szerszámmal (és hasonló technológiával) a húsz darabot is el lehetett készíteni.

1.2.1 Régi program bemutatása

A program posztprocesszor segítségével MasterCAM-ben íródott, bronzra. Mivel a bronz sokkal jobban forgácsolható, mint az általam említett anyagok, ezért az „override” kapcsoló értéke a CNC gépen nem haladhatta meg a 20%-os beállítást. Számomra az áttekinthetőség is akadályt jelentett, mivel egy ilyen posztnál bármilyen kicsi módosítás elvégzéséhez nagyon nehéz megtalálni a kívánt mondatot vagy koordinátát, mert több ezer sorból állt, mint ahogy a programrészlet is alátámasztja, lásd 1. táblázat.

1. táblázat. Posztprocesszált program

%O4200 (KENYSZERPALYA AP.)
(SZERSZAMTABLAZAT)
(2.6 FLAT ENDMILL)
(G10 G90 L10 T0400 R0.0 HOSSZKOR)
(G10 G90 L11 T0400 R0.0 HOSSZKOP)
(G10 G90 L12 T0400 R0.0 SUGARKOR)
(G10 G90 L13 T0400 R0.0 SUGARKOP)
(OPERATION NAME HORNYOK ELOL)
(N5 T0404) (2.5 FLAT ENDMILL)
G54 G18 M20
M33
M32
M21
N25 G0 X24.478 Z3.146 Y0
N30 G97 S4000 M3
N35 X18.478 C111.054
N40 G94 G1 X11.903 F200.
N45 Z2.521 C111.139 F13.6
N50 X11.902 Z2.242 C110.93 F74.9
....
N4985 Z-15.115 C767.88 F372.
N4990 X11.903 Z-15.239 C768.035 F124.1
N4995 G0 X24.478
Z30

G95
(M20)
S500 M4 F0.1
(M0)
G0 X80 Z100
M99
%

Az előtolás értékei a „C”-tengelyes programozás miatt, szinte teljesen követhetetlen volt.

Tulajdonképpen az előzőekben felsorolt 3D-s megmunkálás technológiai gyengeségei adták számomra az ötletet, hogy valamilyen gazdaságosabb módszerrel, olcsóbban, gyorsabban tudjuk legyártani a munkadarabot.

1.3 A szerszám éltartamát befolyásoló tényezők

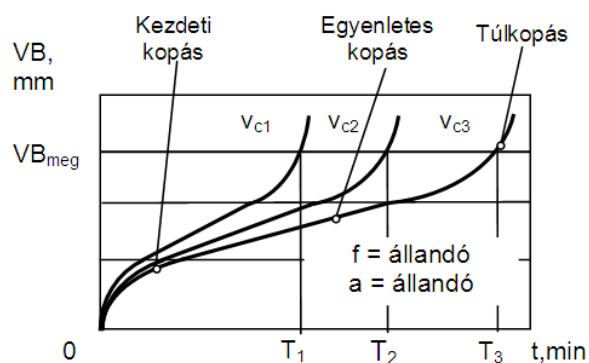
A szerszámok megmunkálás közben folyamatosan kopnak. A kopás az a jelenség, amely befolyásolja a megmunkálás körülményeit, és paramétereit. A mértéke függ a megmunkálandó anyagtól, a megmunkáló szerszámtól, a forgácsolási körülményektől. Amikor a szerszám éle nagymértékben elkopott, gazdaságossági szempontból célszerű a megmunkálást felfüggeszteni, és újraélezni a szerszámot. Ha sokáig kopott szerszámmal dolgozunk, eltörhet, és a törött szerszám már nem élezhető újra. A szerszám eléletlenedésére több tényező is utal, ilyenek a következők:

- a munkadarab felületi minősége nagymértékben romlik,
- a forgácsoláshoz szükséges teljesítmény megnő,
- az előtolás és a fogásvétel irányú erő nagysága megnő,
- a szerszám élének hőmérséklete emelkedik.

Minden forgácsolási technológiára, és forgácsolási feltételekre jellemző kopás típusok tartoznak. A hátkopás mértéke, az, amely szinte minden forgácsoló szerszám esetében kiértékelhető eredményhez vezet. Főleg rideg anyagoknál keletkezik, mert a forgács sokkal könnyebben tud elcsúszni a homloklapon, mint szívós anyagok esetében. A kráterkopás főként gyorsacél szerszámmal történő megmunkáláskor keletkezik szívós anyagokban, ilyenkor a leváló forgács szalag, esetenként spirál alakú.

A forgácsoló szerszámok élettartamának meghatározására általában a hátkopást valamint a homlokkopás mérését javasolják. Homlokkopás kiértékelésekor a kráter szélességét, bizonyos esetekben akár mélységét is mérhetik, hátkopáskor pedig maga a nagysága lesz a jellemző szám [2].

Mértéke gyakran elegendő eredményt ad a gazdaságosan megengedhető kopás mértékének meghatározása, mert mérése sokkal egyszerűbb és pontosabb. A kopásgörbét az adott anyagra és szerszámmra fel kell venni, amelynek három szakasza van, ezeket láthatjuk a 6. ábrán:



6. ábra. Kopásgörbék szakaszai (Forgácsolás és szerszámai Dr. Kodácsy János, Dr. Pintér József (2011))

1.3.1 Az éltartam és a forgácsolási sebesség közötti összefüggés

Az éltartam és a forgácsolási sebesség közötti összefüggést minden esetben kísérleti módszerekkel lehet meghatározni, amely a következő módon történik. Meghatározzák a forgácsolás körülményeit, és azt vizsgálják, hogy egy állandó forgácsolási sebesség esetén, a többi paramétert, fogásmélységet, előtolást nem változtatva, mérik a megmunkáláshoz tartozó maximálisan megengedett hátkopás értéket az idő függvényében. A mérési diagram az idő és a sebesség ismeretének függvényében logaritmus koordináta rendszerben ábrázolható, és az adott pontokat összekötve hiperbola adódik. Hasonlóan határozzák meg az optimális forgácsszélességet, valamint a közepes forgácskeresztmetszetet is, de mivel azt a célt tűztem ki, hogy egy fogásmélységgel munkálom meg a vezérpálya hornyokat, ezért ennek a jelenségnek a hatását nem vizsgáltam a megmunkálás során. [2]

1.3.2 Szerszámtartam ideje

A gazdaságos éltartamidő nagymértékben függ attól, hogy gyorsacél, vagy keményfém szerszámmal dolgozunk, természetesen a gyorsacél szerszám éltartama kisebb a tömör keményfém szerszámokénál. A szerszám élgeometria kiképzését, az élszögeket a gyártók hosszú kísérletezések során határozzák meg, hogy növeljék az éltartamot. A

hűtőfolyadékoknak is kiemelkedő szerepük van, csökkentik a keletkező hőmennyiséget, valamint kenő szerepük is van, ezáltal ha megfelelően vannak megválasztva, akár 50%-al növelhetik az éltartamot. [2]

1.3.3 Forgácsfajták

Az előző gyártás szerszám éltartama jelentős mértékben lecsökkent. Ennek a jelenségnek a hátterét szeretném ismertetni.

A keletkező forgács is függ a technológiai paramétereiktől, munkadarab és szerszám anyagától (stb.). Ezek alapján két nagy csoportba tudjuk csoportosítani:

- töredezett forgács,
- folytonos forgács.

Töredezett forgácsnál a leváló elemek nem alkotnak egybefüggő forgácsot. Általában rideg anyagok esetében keletkezik, de szívós anyagok kis sebességű megmunkálásakor is létrejöhet. A forgácsok a szemcsehatárokon válnak le, ezért nagyságuk nagyban befolyásolja a munkadarab felületi minőségét. Tárolás, szállítás szempontjából nagyon kedvező.

Folytonos forgács általában képlékeny jól alakítható anyagok megmunkálása esetén keletkezik, ilyenkor a leváló forgácsok összefüggő szalagot, spirált alkotnak. Három csoportot különböztetünk meg ezen a típuson belül:

- lemezes forgács,
- folyó forgács,
- élsisakos forgács.

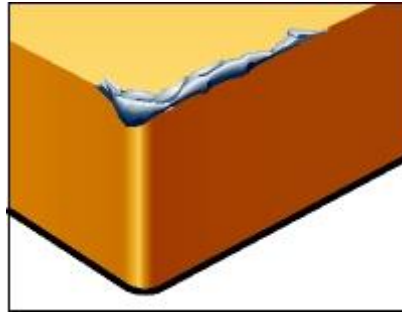
Lemezes folytonos forgácsnál a keletkező hő és nyomás hatására az elemek összehegednek.

Folyó forgács hatása a felületi minőségre kedvező, simítási stratégiáknál törekednek rá. Forgácsolás szempontjából kicsi a leválasztáshoz szükséges erő.

Élsisakos forgács képlékeny anyagok 30-40 [m/perc] forgácsolási sebesség környékén történő megmunkálás során jelentkezik. A munkadarab anyaga tapad a szerszám élére, amely a megfelelő nagyságot elérve leválik, majd újra növekedni kezd, lásd 7. ábra. Ezt a jelenséget tapasztaltunk, a régi technológiánknál.

Az eset háttere azzal magyarázható, hogy a maximálisan elérhető hajtott szerszám fordulatszáma 4000 [1/perc], így a vágósebesség a szerszám átmérőjéből kifolyólag 32

[m/perc] körül alakul. Ez a szerszámgyártó által ajánlott 80 [m/perc]-es értéktől távol áll, tehát a technológia acél megmunkálására nem alkalmazható.



7. ábra. Élratét alakulása a szerszám főélén (SANDVIK Coromant Forgácsolási műszaki kézikönyv 2010)

Az élszak szerszám élénél, illetve a szerszám homloklapfelületénél képződik. A forgácsolás során rétegek egymáshoz tapadnak mindaddig, amíg el nem érnek egy olyan kritikus vastagságot, amelynél letörnek, és kipattogzódásokat okoz a szerszám élén. Ezzel párhuzamosan rontja a munkadarab felületi minőségét. A folyamatosan képződő rétegek rezgéseket okoznak, amelyek rontják a megmunkálás körülményeit. A jelenséget megfelelő anyagválasztással tudjuk kiküszöbölni, mivel a csekély szívósságú anyagok, rideg tört forgácsot adó acélok esetében a jelenség szinte nem, vagy nagyon kis mértékben jelentkezik. A másik módszer a forgácsolás paraméterek növelése (esetünkben), mégpedig főként a forgácsolási sebesség valamint az előtolás nagysága szüntetheti meg a problémát. A hűtő-kenő folyadék, olajpermetek is pozitív hatással vannak az élszak képződés elkerülésére.

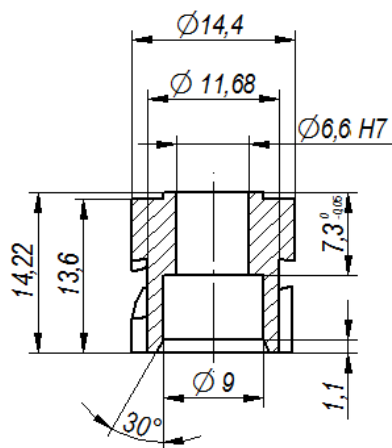
Általában a kedvezőtlenül alakuló folytonos forgácsot az alapanyag ötvöztetésével pl. ólom, kén, automata acélok erre a célra lettek előállítva, valamint a szerszámgeometrián kiképzett forgács törők alkalmazásával szokták kiküszöbölni. [2]

2. Az új gyártástechnológia tervezése

A tervezés során a generatív elv szabályait igyekeztem alkalmazni, amely szerint meg kell határozni a gyártandó alkatrész megmunkálási igényeit, utána pedig meg kell határozni, a gyártórendszerünk technológiai képességeit, és a kettőt összhangba kell hozni. A Járműtechnológia laborjának gépparkját megvizsgálva, a vezérpálya gyártása az NCT 850-D 5 tengelyes megmunkáló központra esett.

Az előgyártmányt ezen a gépen gazdaságosan nem lehet gyártani, ezért úgy döntöttem tipizálom a gyártási műveleteket, csoportokat. Elkezdtém megvizsgálni azt, hogy melyek azok a csatlakozó méretek, amelyek működés szempontjából fontosak lehetnek, és komolyabb ellenőrzést, újabb műveletelemet követelnek meg a gyártás során.

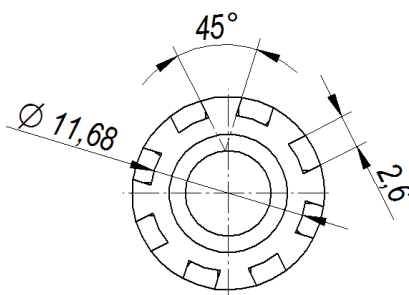
A 8. ábrán látható $\varnothing 6,6H7$ -es középső furat mélysége, valamint átmérője fontos. Nagyon lényeges, hogy pontos legyen, mivel nyitott és zárt helyzetben ez felel a szelepülék helyzetéért. A szelep teljes magasságára a működés szempontjából- kiemelkedő szerepe nincs, ezért szabad tűréssel gyártható. Az alaplyuk rendszerben megadott IT7-es pontosságú méretet dörzsárazással fogjuk elkészíteni. A munkadarab palástjára az előző technológia sorja képződési tapasztalatai alapján kettő tizedes ráhagyást biztosítunk.



8. ábra. Előgyártmány metszete

Vezérpálya és a szigetek szempontjából 9. ábra, a horonyszélesség a mérvadó, mert nem szabad a vezető csapoknak szorulni, laza illesztésük van a könnyed járás biztosítása érdekében. Mivel az alkatrész befejező művelete nitridálás, ami azt vonja magával, hogy felületenként 0,02 [mm] vastag réteg növeli a méreteket. Tehát a horony szélességét

növeltem, mivel a szabadtűrés megengedett eltérése is szimmetrikus, ezért a hornyot 2,62 [mm]-re készítettem el.



9. ábra. Horonyszélesség bemutatása, szögértékek helyzetének értelmezése

Azokat a méreteket, amelyek nem voltak tűrve, az MSZ ISO 2768 finom közepes pontossági értékei szerint írtam elő, és gyártottam le. Ezeket az értékeket a 2. táblázatból mérettartományra vonatkoztatva olvashatjuk le.

2. táblázat MSZ ISO 2768 méretek jelöletlen tűrései (Forrás: Andó mérnöki iroda honlapja)

Méretek jelöletlen tűrései MSZ ISO 2768 szerint (megadás pl. ISO 2768-m)								
Pontossági osztály		Névleges méretcsoportok és azok tűrései						
jele	megnevezés	0,5-3-ig	<3-6-ig	<6-30-ig	<30-120-ig	<120-400-ig	<400-1000-ig	<2000-4000-ig
f	finom	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	-
m	közepes	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±2
c	durva	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±4
v	nagyon durva	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±8

A horony mélységének méretét 11,64 [mm] -re állítottam be. A méreteket a szerszám kopásának megfelelően a gépen korrekciózni tudom, ha szükséges. A rajzon feltüntetett általános felületi érdesség $R_a=3,2$ [μm] a megmunkáló központra és az ellenorsós eszterga értékeit vizsgálva tartható. A géppark lehetőségeire való tekintettel, valamint a technológiával kapcsolatosan ismertett helyesbítő körülmények, és paraméterek megválasztásával elkészítettem a technológiai folyamatok sorrendiségét.



10. ábra. Gyártás sorrendisége

Előgyártmány meghatározása

Az ábrás művelettervtől külön említeném meg a darabolást, mivel ez csak egy előkészítő művelet. Hidegen húzott rúdanyagból dolgozunk, ezért a 3 méter hosszú anyagot fel kell darabolnunk három kisebb egységre, hogy az esztergagép tokmányába be tudjuk fűzni, és a szabad végére egy műanyag orsót kell húzni, az ütés megakadályozása érdekében. A műveletet tanszéken található KDF 250 típusú keretes fűrészgép segítségével végeztem el.

2.1 NCT ellenorsós eszterga bemutatása

Az előgyártmány elkészítésére az NCT JCL-60YTSM Linear típusú ellenorsós eszterga bizonyult a legalkalmasabbnak. A szerszámgép számomra egyik legkedvesebb része a hidraulikus tokány volt, amelynek biztonságos használatáról a gépkezelőnek a szerszámgép kezelői útmutatójában meg kell győződnie. A tokmánypofákat be kellett állítanom a számomra megfelelő mérettartományra, ezután a tokmány pedálok segítségével gyorsan működtethető, nagyon időtakarékos a hagyományos tokmányhoz viszonyítva, főleg amikor rúdanyagból sorozatban gyártunk. [3]

2.2 A kiválasztott szerszámgép paraméterei:

- a főorsó (15 KW) és az ellenorsó (5, 5 KW) nagy teljesítményű AC szervo motorjai,
- mindkettő magas forgatónyomatékot képes leadni, állandó fordulatszám szabályozás mellett elérhető a folyamatos optimális forgácsolási kapacitás,
- a magas fordulatszámú orsó max. 3500 percenkénti fordulatszámot képes létrehozni,
- a géptest és a szánvezetékek nagy merevségű konstrukciója, az X-tengelyen (16M/min), a Z-tengelyen (20M/min) és a W-tengelyen (16M/min) nagy sebességű előtolás biztosítja a gép kiváló megmunkálási kapacitását,
- a revolverfej egyaránt képes elérni a főorsóba és az ellenorsóba befogott munkadarabot,
- az íves tengelykapcsoló a nagy merevségű forgó szerszámfejet alkalmassá teszi nagy igénybevétel mellett is nagy pontosság elérésére,
- szerszámcsere időtartama 0,3 sec (szomszédos szerszámig), illetve 6 sec (szemben lévő szerszámig) között változhat,
- a közvetlen hajtású X, Z és W-tengelyek gondoskodnak a hatékonyságról és pontosságról,

- a 30% módosított öntöttvas ágy és az ergonómiailag kivitelezett védőburkolatok biztosítják a fémreszelék- illetve forgácsmentességet
- elkülönített hűtőtartály a kényelmes hűtőanyagcseréhez. [3]

2.3 Szerszámterv

Az esztergálást műveletelemekre bontva határoztam meg, a számomra szükséges szerszámokat. Igyekeztem figyelembe venni a SANDVIC Coromant katalógus ajánlásait, valamint felhasználni a már meglévő, régebben vásárolt szerszámokat. A kontúr nagyolására és simítására egy lapkát választottam.



11. ábra. Pozitív váltólapka simításhoz és nagyoláshoz

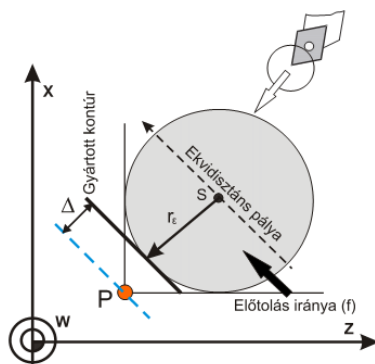
TP2500 04/1 F2 lapka pozitív váltólapka, mely csavaros befogórendszerrel van rögzítve, ezáltal jó stabilitású, nagy igénybevételű esztergálási műveletekhez is használható. A rögzítési módszernek köszönhető az is, hogy nagy pontossággal cserélhet, és nem elhanyagolható a szabad forgácsáramlás sem. A TP2500-as jelölés egy különleges forgácstörő bevonatra utal. A gyártó ezeket a lapkákat kis üzemekben történő változékony anyagminőségek univerzális, termelékeny megmunkálására fejlesztette ki.



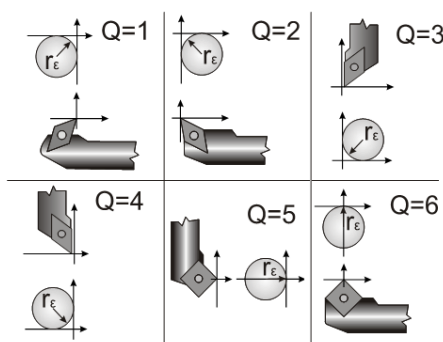
12. ábra. Lapka pontos típusa, színkód feltüntetése

A lapka dobozán található színjelölésből kiderül, hogy acél és rozsdamentes acél megmunkálásához kitűnően alkalmazható, a fekete telített kör pedig arra utal, hogy nehéz feltételek, megszakított forgácsolás, alacsony sebesség, durva öntési kéreg vagy kovácsolási kéreg a munkadarabon, gyenge munkadarab megfogás sem képez akadályt a lapkának, lásd 12. ábra. A csúcssugár kulcsfontosságú szerepet játszik esztergáláskor, ez a jelenlegi esetben 0,4 mm.[4]

A lekerekítési sugár befolyásolja a lapkaszilárdságot, csökkenti a vibrációt, valamint CNC esztergagépeknél a pontos méret gyártásához a vezérlésnek a szerszámsugár középpontját a programozott kontúrtól, egy bizonyos szerszámsugárnyi távolságra kell vezetni. Ez a bizonyos pálya, az egyen távolságú, ekvidisztáns pálya. A vezérlésnek tudnia kell azt, hogy a programozott kontúrtól a korrekciót balra G41, vagy jobbra G42 értelmezze, lásd 13. ábra. Ezen kívül a vezérlésnek a lapka lekerekítési sugarára, valamint a szerszámállás kódjára „Q”-ra is szüksége van, amely a 14. ábrán látható. [1]



13. ábra. Egyen távolságú pálya értelmezése (forrás: Dr. Boza Pál CNC-technológia és –programozás)



14. ábra. Szerszámállás kódja (forrás: Dr. Boza Pál CNC-technológia és –programozás)



15. ábra. SDJCL 2020K11 szerszám szár

A munkadarab átmenő furatának elkészítéséhez egy $\varnothing 6,5$ [mm] átmérőjű gyorsacél csigafúróra volt szükség. A rögzítéshez szorító patronra volt szükségünk, amely segítségével a szerszámtartóba helyeztem a szerszámot.

A belső furatok elkészítéséhez furatkés használata elkerülhetetlen. Rögzítése a késtartóba egy csavar segítségével történik. A furatkés szára igen rövid, lásd 16. ábra, így kisebb a szár kihajlása, valamint a rezgések keletkezésének valószínűségére is kedvező a hatása.



16. ábra. Furatkés: L105.1833.3. HV6 TH35

2.4 Dörzsárazás

A dörzsárazást a furatbővítő technológiák csoportjába soroljuk, amelyeket edzetlen furatok befejező műveleteként használnak.

Akkor alkalmazzák őket, amikor nagyon pontos méretre van szükség, illetve sima felületi minőséget szeretnének elérni IT7~8, általános felületi érdesség $R_a \sim 1.25$ [μm]. A dörzsárazók nagyon kicsi, néhány tizednyi vastagságú anyagot választanak csak le. [7]



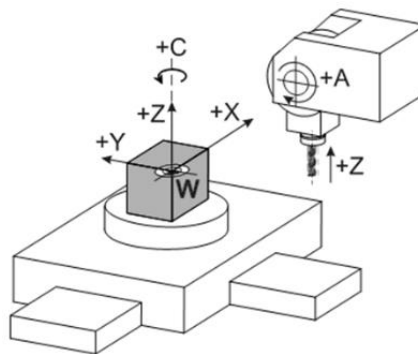
17. ábra. Ø6,6H7 Gépi dörzsár YG K21B100660 H7 HSS-E

A furatom elkészítéséhez egy Ø6,6H7 dörzsárat használtam, amelynek tulajdonságai a szerszámgyártó által:

- DIN1420 H7 tűrés
- balos spirál, jobb oldali vágásirány
- 45° Letörés

2.5 Vezérpálya marása

A CNC gépeknek köszönhetően ma már bonyolult szabad térbeli felületek állíthatóak elő, a szerszámgép fejlettségétől függően. A vezérelhető tengelyek száma szerint megkülönböztetünk 2D 3D 4D stb. vezérlést (D= direction azaz irány). [8]



18. ábra. Megmunkáló központ tengelyeinek értelmezése (forrás: Dr. Boza Pál CNC-technológia és –programozás)

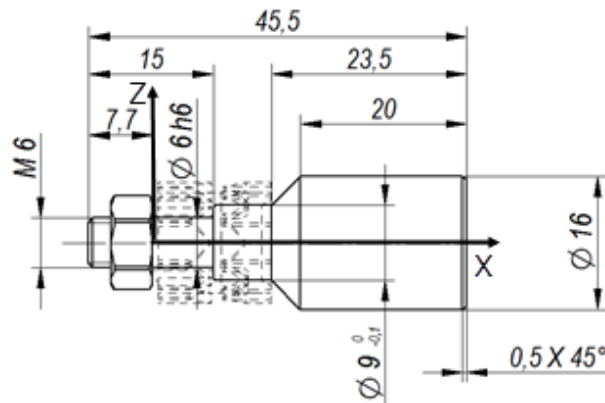
A vezérpálya megmunkálását az NCT 850D 5AX öttengelyes marógépen végeztem.

A gép műszaki adatai:

- nagy sebességű aszinkron szervo motorok
- a munkasztal a szánon lévő gördülővezetéken mozog, egy AC szervo motor hajtja a kuplung és a golyósorsó segítségével
- főorsó fordulatszám 12 000 [1/perc]
- tartós teljesítmény 15,9 [KW]
- tartós nyomaték 79,91 [Nm]

- gyorsmenet 36 [m/perc]
- automata szerszámcsere 16 esernyő
- asztalra épített GOLDEN-SUN kéttengelyes CNC körasztal
- ismétlési pontosság: ± 0.003 [mm] [9]

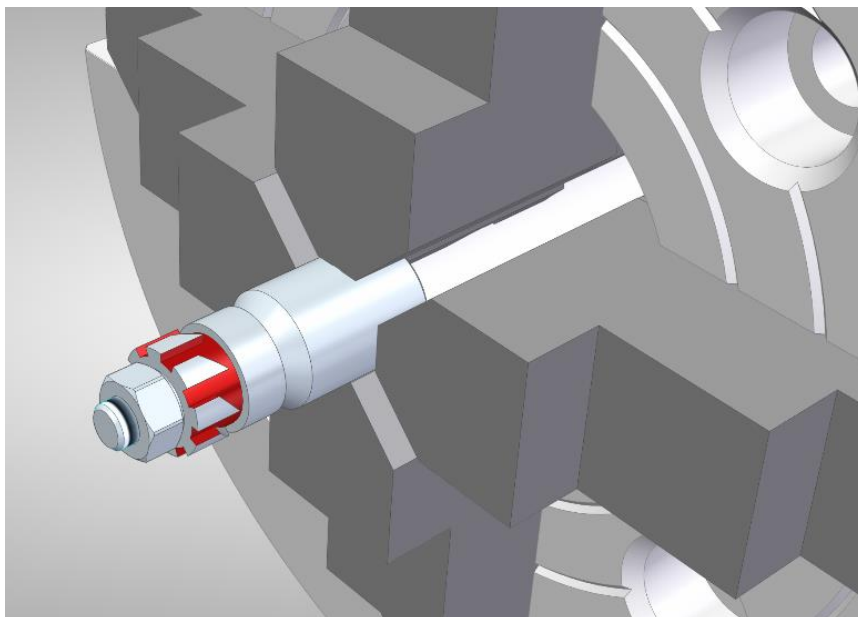
Ahhoz, hogy az előgyártmány nullpontja mindig azonos helyen legyen, ne kelljen minden egyes alkatrész megmunkálása végén bemérni a munkadarab nullpontját, egy készüléket kellett a gyártáshoz készíteni, lásd 19. ábra. A munkadarab koordináta rendszernek köszönhetően munkadarab elhelyezéstől függetlenül tudunk programozni, a szerszámgépen felvett munkadarab koordinátarendszer segítségével. A vezérlés a gépi nullponthoz képest nullponteltolást hajt végre a munkadarab koordinátarendszer felvételekor.



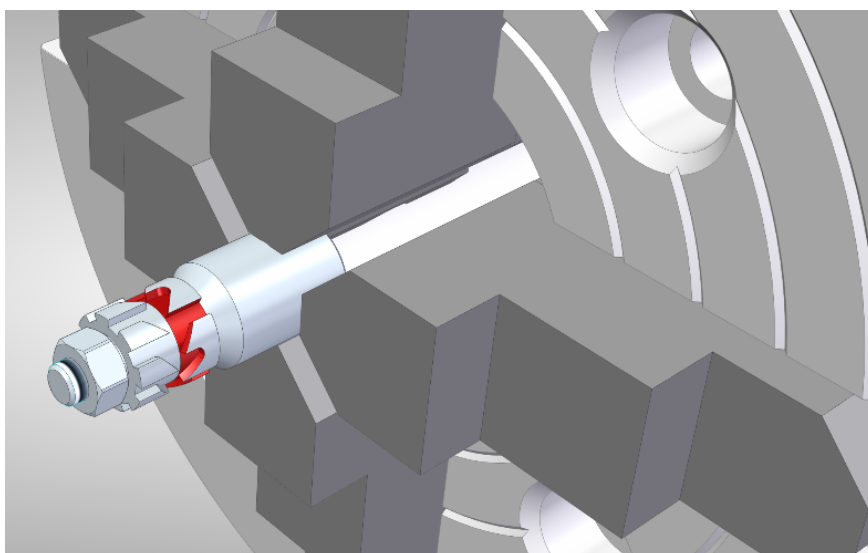
19. ábra. Munkadarab felfogó túske

H7/h6 illesztést használtam a túske tervezése során.

A szigetek gyártásának tervezését úgy találtam leggazdaságosabbnak, ha a jobb (20. ábra) és bal (21. ábra) oldali szigetrendszert külön-külön munkálom meg.



20. ábra. Bal oldali nyolc szigetrendszer megmunkálása



21. ábra. Jobb oldali négy szigetrendszer megmunkálása

3. Forgácsolási kísérletek tervezése, optimális paraméterek meghatározása

3.1 Forgácsolási kísérlet tervezése

A forgácsolási kísérletek elvégzésénél a célom az volt, hogy a kopásgörbe alapján értékeljem ki az eredményeket. A megmunkálás korábbi korlátait ismerve úgy gondoltam, hogy az automata acél kopásgörbéjének felvételéhez szerszámonként negyven darab előgyártmány elegendő. A C45-ös acélból húsz darabot készítettem elő. A szerszámgyártó által ajánlott optimális forgácsolási paramétereket választottam ki a kísérletekhez.

3.2 Technológiai paraméterek meghatározása

A szerszám sajátosságai a gyártó kísérletei alapján:

- az új bevonatnak és az új szerszámgeometriának köszönhetően kiemelkedően jó forgácsolási teljesítmény érhető el, és a kopási ellenállása kiemelkedően jó
- kitűnő strapabíróság még keményfém anyagok esetében is, egészen 55 HRc-ig, amelyet az öntőszerszámoknál használnak
- az „éles él” geometriának és fogaknak köszönhetően a vágási és megmunkálási igénybevétel megnövekedett. [10]

CARBIDE, 2 FLUTE																
SEME35 SERIES																
MATERIAL	NON-ALLOYED STEELS ALLOY STEELS CAST IRON				ALLOY STEELS HEAT RESISTANT STEELS				STAINLESS STEELS				HARDENED STEELS			
HARDNESS	~ HRc 35				HRc 35 ~ HRc 45								HRc 45 ~ HRc 55			
STRENGTH	~ 1100N/mm ²				1110 ~ 1500N/mm ²								1500 ~ 2000N/mm ²			
DIAMETER	RPM	FEED	Vc	Fz	RPM	FEED	Vc	Fz	RPM	FEED	Vc	Fz	RPM	FEED	Vc	Fz
0.1	42000	75	13	0.001	25200	45	8	0.001	21000	38	7	0.001	16800	15	5	0.000
0.2	42000	80	26	0.001	25200	48	16	0.001	21000	37	13	0.001	16800	16	11	0.000
0.3	39000	85	37	0.001	23400	51	22	0.001	19500	43	18	0.001	15600	17	15	0.001
0.4	39000	90	49	0.001	23400	54	29	0.001	19500	45	25	0.001	15600	18	20	0.001
0.5	36000	105	57	0.001	21600	63	34	0.001	18000	52	28	0.001	14400	21	23	0.001
0.6	32000	120	60	0.002	19200	72	36	0.002	16000	60	30	0.002	12800	24	24	0.001
0.7	28000	135	62	0.002	16800	81	37	0.002	14000	67	31	0.002	11200	27	25	0.001
0.8	25000	150	63	0.003	15000	90	38	0.003	12500	75	31	0.003	10000	30	25	0.002
0.9	23500	155	66	0.003	14100	93	40	0.003	11750	77	33	0.003	9400	31	27	0.002
1.0	21500	160	68	0.004	12900	96	41	0.004	10750	80	34	0.004	8600	32	27	0.002
1.2	18000	165	68	0.005	10800	99	41	0.005	9000	82.5	34	0.005	7200	33	27	0.002
1.5	15000	170	71	0.006	9000	102	42	0.006	7500	85	35	0.006	6000	34	28	0.003
2.0	11560	190	73	0.008	7560	120	48	0.008	6300	90	40	0.007	5040	35	32	0.003
2.5	10240	200	80	0.010	6560	130	52	0.010	5460	105	43	0.010	4200	37	33	0.004
3.0	8920	210	84	0.012	5560	140	52	0.013	4620	120	44	0.013	3360	40	32	0.006
3.5	8240	255	91	0.015	5090	160	56	0.016	4250	135	47	0.016	3150	40	35	0.006

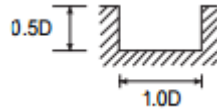
3. táblázat Szerszámgyártó ajánlott értékei

(forrás: http://www.toolontool.hu/DNNGranTool/PDF/YG-1_4GEN_SEME35.pdf)

A táblázatból jól látható, hogy melyek azok az összetevők, amelyek a megmunkálásra hatnak. Az oszlopok közül az anyagjellemzők alapján tudunk pontosítani. Az anyagaim keménysége

35 HRc alatt van, valamint a szakítószilárdságuk sem éri el az 1100 [N/mm²]-ert ezért a megmunkálási paraméterek azonosak lehetnek.

A fogásmélység értékének ajánlása a következő képlet alapján számítható:



$$a = 0,5 * 2,5 = 1,25 \text{ mm}$$

Ahhoz, hogy a munkadarabon a szigeteket ne kelljen többször körbejárni, 1,45 [mm] -es fogásmélységre volna szükség, a ráhagyások figyelembe vételével. Mivel a termelékenység az egyik fő szempontom, ezért úgy döntöttem, hogy a javasolt paramétert 0,2 [mm] -rel átlépve egy lépésből munkálom meg a darabot. Az optimális technológiai paraméterek tehát a következők:

Az általam meghatározott „bázis” technológiai paraméterek a következők:

$$v_c = 80 \text{ [m/perc]}$$

$$n = 10240 \text{ [1/perc]}$$

$$v_f = 200 \text{ [mm/perc]}$$

Az elő-kísérletek eredményeit és a szerszámgép korlátait figyelembe véve a fenti bázis értékeket 30%-kal csökkentettük, illetve 13%-kal növeltük. A vizsgálataimat ebben a tartományban végeztem el.

3.2 A gyártás során használt hosszlyukmaró élgeometriája:

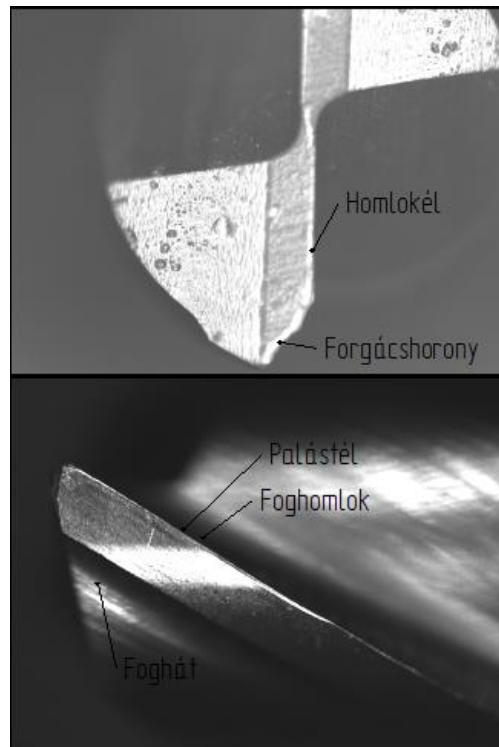
A szerszám fő részei a 22. ábrán láthatóak:



22. ábra. Hosszlyukmaró fő részei

Jellemző geometriai mérete az átmérője, amely a palást éleket burkoló henger átmérője, a másik fontos mérete a hossza, illetve vastagsága, amely a két oldallap közötti távolság. Az átmérőhöz való viszony határozza meg, hogy hosszról vagy vastagságról van szó. [11]

Dolgozó rész élei a 23. ábra szerint a következők:



23. ábra. Szerszám élgeometriája

Palástél: A palástfelületen elhelyezkedő forgácsoló él.

Homlokél: A maró oldallapjával vagy homloksíkjával párhuzamosan elhelyezkedő él.

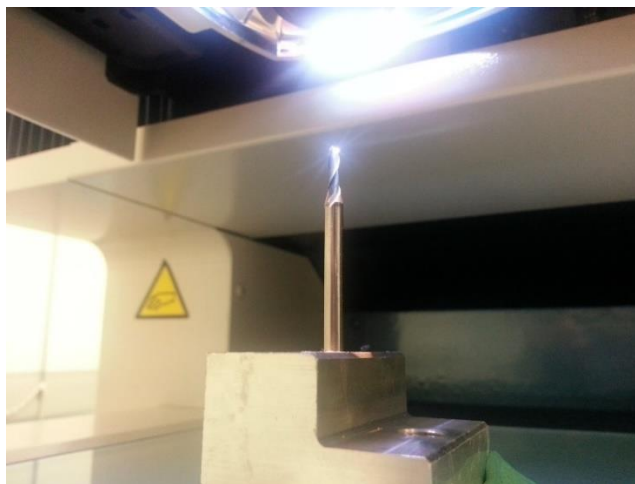
3.3 A szerszám kopásának mérése



24. ábra. Mitutoyo Quick Vision ELF PRO műhelymikroszkóp

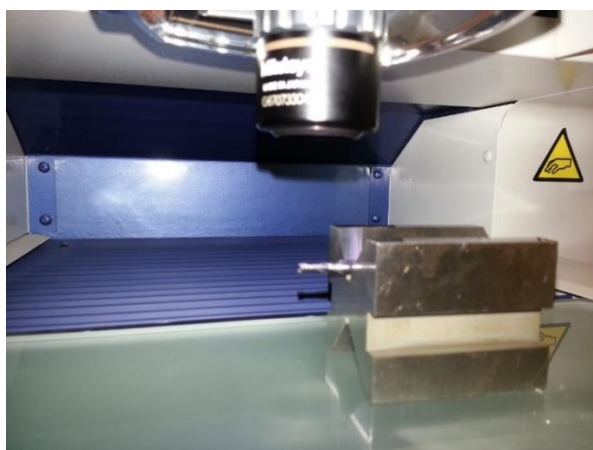
A szerszámkopás értékeinek méréséhez a Mitutoyo Quick Vision ELF PRO típusú, műhelymikroszkóp nyújtott segítséget, lásd 24. ábra, amelynek szoftvere a mérőgéphez csatlakoztatott számítógépre van telepítve.

A szerszámok biztonságos rögzítéséhez a homlokél hátfelületén keletkező kopásának mérése során egy egyedi készüléket alkalmaztam, amely a 25. ábrán tekinthető meg.



25. ábra. Szerszámbefogó készülék

A szerszám palástélének hátfelületén lévő kopás mérése során nem tudtam megfelelő rögzítési módot alkalmazni, ezért prizmába fektettem a szerszámot, és igyekeztem úgy beforgatni, hogy a szerszám palástéle a lehető legjobban látható legyen, lásd 26. ábra.

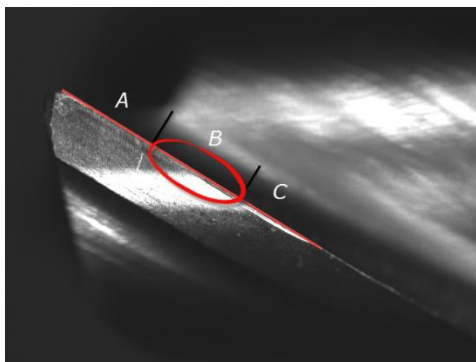


26. ábra. Prizmás befogási lehetőség

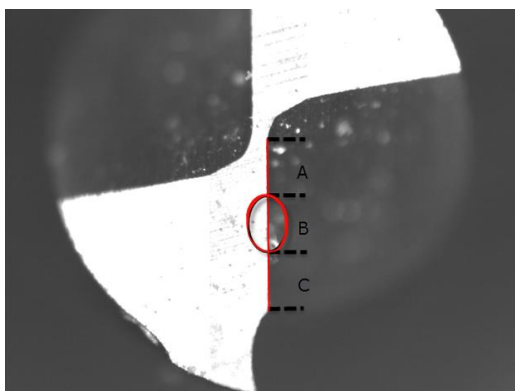
Mikroszkópban használt objektív típusa: Mitutoyo G67073304 volt.

A mérés menete a következő:

A szerszámot a befogó készülékbe helyezzük, és ráfókuszálunk, beállítjuk a megfelelő megvilágítási viszonyokat. Mivel a homlokél hátfelülete, lásd 27. ábra, egy nagyon kicsi szögértékkel meg van köszörülve, ezért sajnos a képet nem lehet teljesen élesre beállítani. A kopást kettő helyen mértem a szerszámokon, mert a hosszlyukmarók rendszerint kétélűek, a homlokél kialakításuknak köszönhetően furás szerű igénybevételekre is alkalmazhatóak.



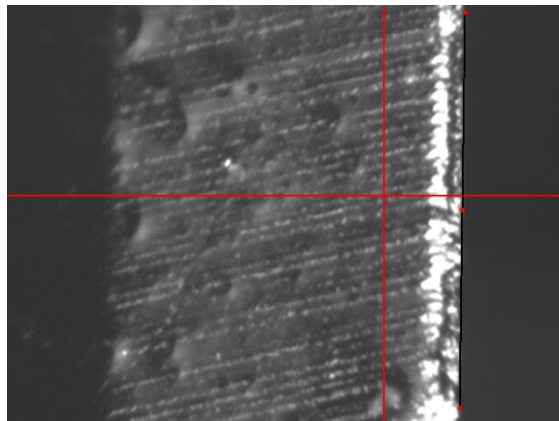
27. ábra. Homlokél hátfelületének zónákra osztása



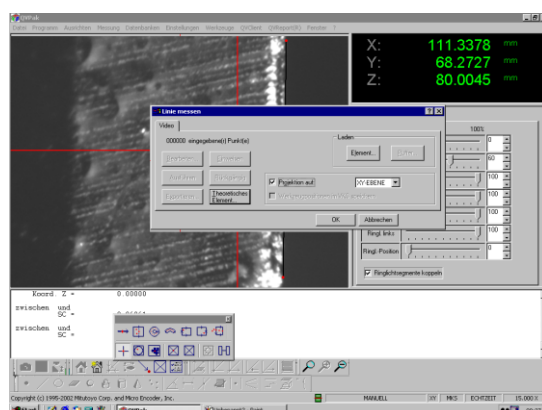
28. ábra. Palástél zónái

Ki kell választani egy olyan felületet, amely a megmunkálás során minden szerszámon könnyen felvehető, és viszonylag keveset változik, tehát közel állandó marad a megmunkálás során. Ez a pont az ábrán szemléltetve, a célkereszt segítségével minden szerszámnál felvehető volt. Az első mérés után a szerszámszárát jelöléssel kellett ellátni, mert fontos, hogy mindig egy oldalon mérjünk, mert a szerszám élei nem egyforma mértékben kopnak. A célkereszttel az összes szerszámnál erre a referencia pontra álltam, és az „Y” koordináta segítségével könnyen biztosítható volt, hogy a „B” zóna közel ugyanazon pontján mérjem a kopást. Az első mérés során fel kell írni azt az elmozdulás értéket, amely a referencia pont és a mérési pont között található, ez 0,64 [mm] volt, ez volt az a kulcsfontosságú érték, amelyre minden művelet során ügyelni kellett. A palástélnél a fogásmélységet osztottam fel három

részre 28. ábra, a mérés hasonló módon zajlott, mint a homlokél esetében. Amikor a célkereszt a „B” zónában van, fel kell vennünk egy egyenest. Az egyenest kiválasztásánál ügyelni kell, hogy manuális üzemmódban legyen, és három ponttal definiáljuk, lásd 29. ábra.

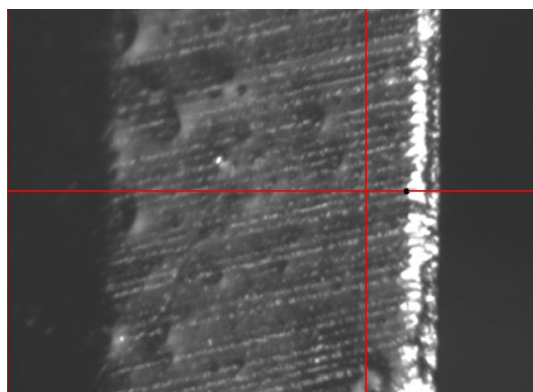


29. ábra. Határoló egyenes pontjainak felvétele



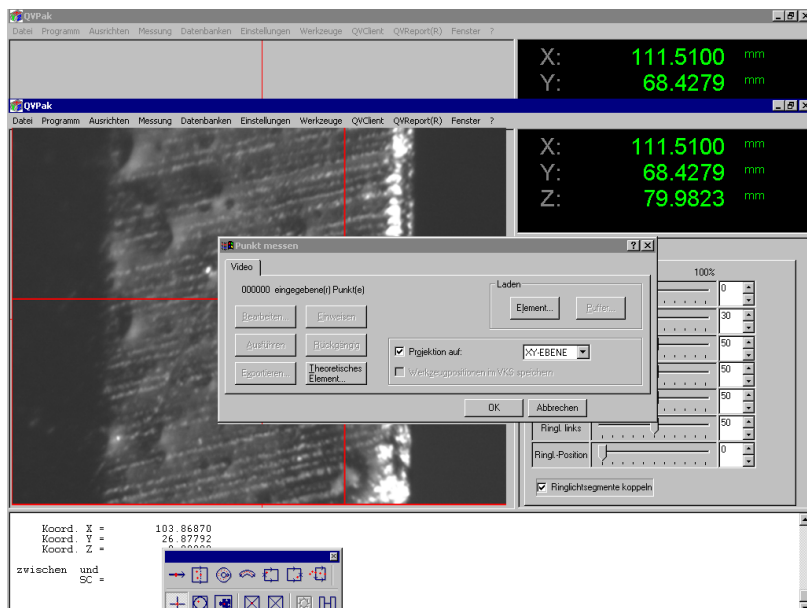
30. ábra. Egyenes XY síkra vetítése

A következő lépés az, hogy egy pontot vegyünk fel. A pont a szálkereszt vízszintes vonalára kell, hogy essen, és a legnagyobb kopás helyére kell tenni, lásd 31. ábra.



31. ábra. Szálkeresztben történő legnagyobb kopást jelző pont felvétele

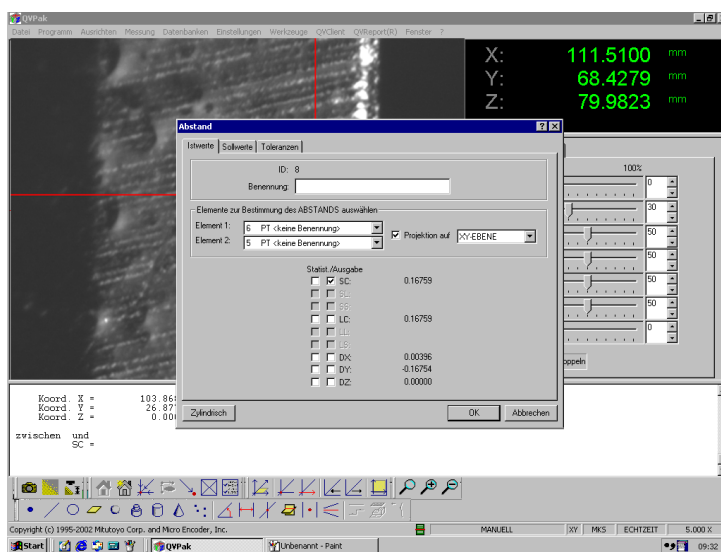
A pont mérésekor is az XY síkra való vetítést aktívra kell tenni, valamint itt is a manuális elhelyezési módot kell választanunk, lásd 32. ábra.



32. ábra. Pont projekció az XY síkra

Amikor a pontot elhelyeztük, a távolságmérés funkcióval le tudjuk mérni a pont és az egyenes közötti távolságot, ezt mutatja az 33. ábra.

Itt is figyelniünk kell az XY síkra való vetítés aktiválására. Miután megtörtént a mérés, az adatokat kimenthetjük „.txt” formátumban, valamint a mérés képeit „.Tiff”, vagyis mérethelyes formátumban, amely lehetővé teszi, hogy később a programba beimportáljuk a képet, és utólagos méréseket végezzünk el.



33. ábra. Távolságmérés az egyenes és pont között

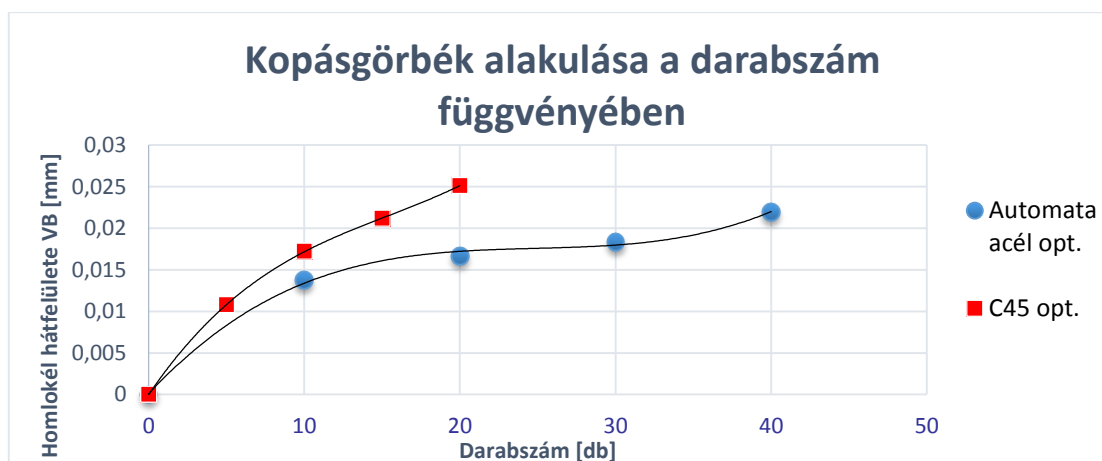
4 Mérési adatok kiértékelése

4.1 A homlokél hátfelületének vizsgálata

A mérési eredmények azt mutatják, hogy a C45 anyagnál a szerszám kopása minden esetben nagyobb kopásértéket eredményezett az automata acélhoz képest. A 34. ábrát tanulmányozva a bázis technológiai paraméterek alkalmazása során látható, hogy automata acélnál kétszerannyi munkadarabot tudunk legyártani, mint C45-ös anyagból hasonló kopásérték esetében. A bázis technológiához képest 30%-kal csökkentett, illetve 13 %-kal növelt paraméterek esetében hasonló megállapítást tehetünk. Az eltérések a mérési hiba határon belül esnek. A görbék pontos értékeit a 4-5. táblázatban láthatjuk.

4. táblázat Homlokél kopásának értékei

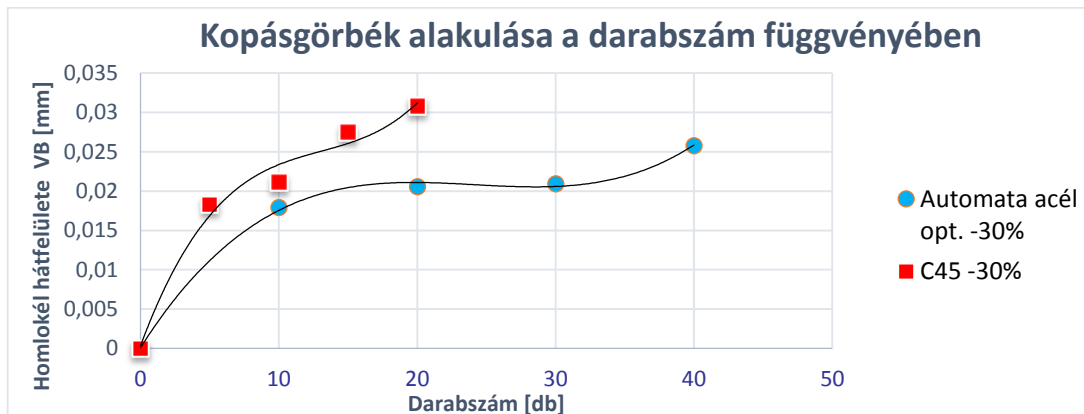
C45 opt			C45 -30%		C45 +13%	
[db]	vc [m/perc]	VB [mm]	vc [m/perc]	VB [mm]	vc [m/perc]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0
5	80	0,0108	56	0,0183	90	0,0192
10	80	0,0172	56	0,0212	90	0,0231
15	80	0,0212	56	0,0275	90	0,0245
20	80	0,0251	56	0,0308	90	0,0257
Automata acél opt			Automata acél -30%		Automata acél +13%	
[db]	vc [m/perc]	VB [mm]	vc [m/perc]	VB [mm]	vc [m/perc]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0
10	80	0,0138	56	0,0179	90	0,0201
20	80	0,0166	56	0,0206	90	0,0248
30	80	0,0184	56	0,0209	90	0,0271
40	80	0,0219	56	0,0258	90	0,0294



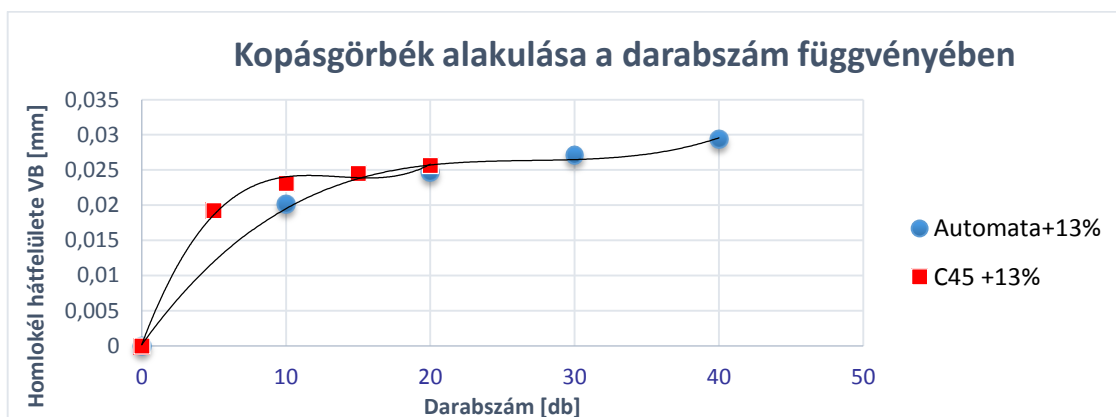
34. ábra. A kopás mértékének az alakulása a darabszám függvényében (a bázis technológiai paraméterek)

Az 35. és az 36. ábrákon egymás mellé helyeztük az egyes kopási eredményeket. A bázis technológiához képest 30%-kal csökkentett, illetve 13 %-kal növelt paraméterek esetében

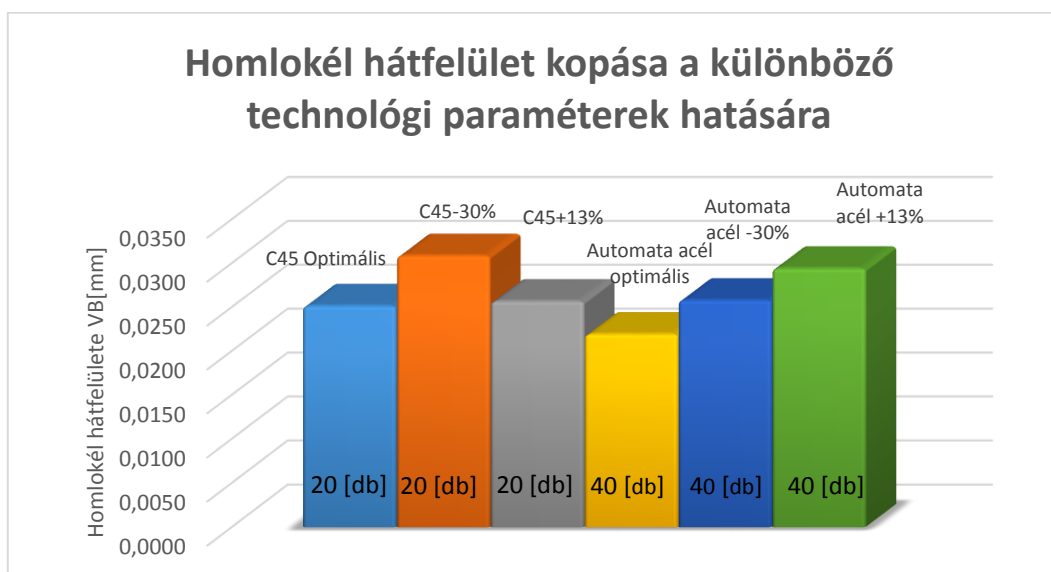
jelentős kopási különbségek nem figyelhetők meg. Az eltérések a mérési hiba határon belül esnek. Az eredmények pontosítását újabb vizsgálatokkal lehetne alátámasztani.



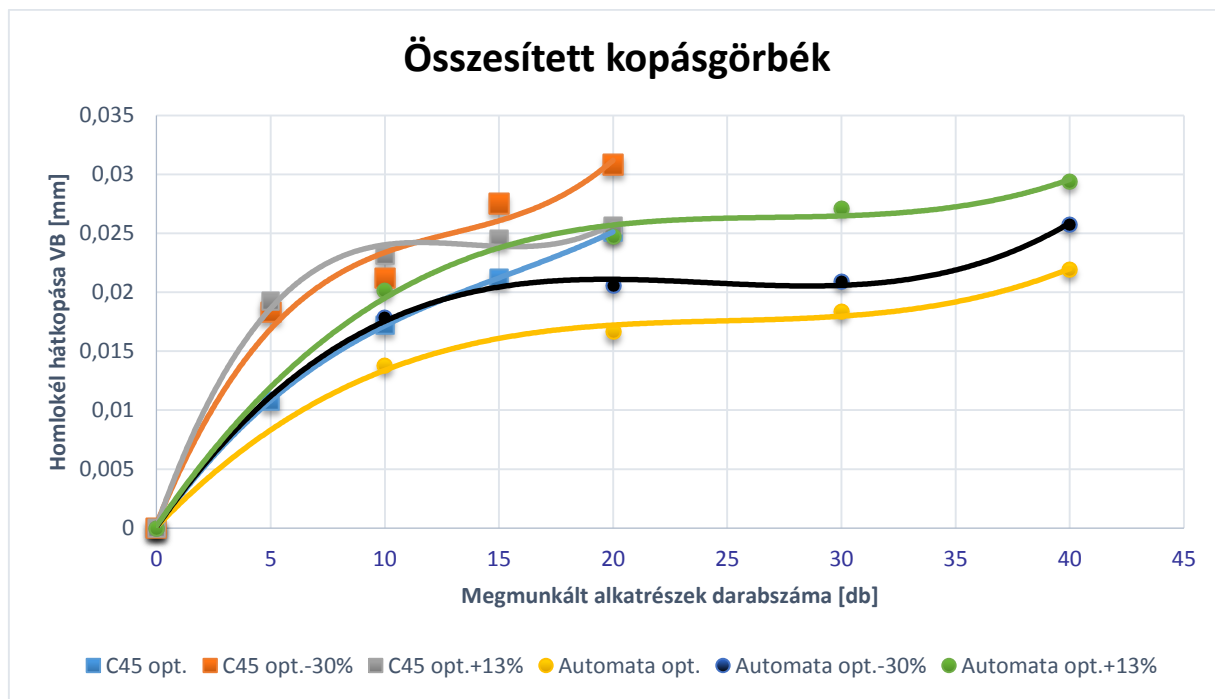
35. ábra. A kopás mértékének az alakulása a darabszám függvényében (30%-kal csökkentve a bázis technológiai paramétereket)



36. ábra. A kopás mértékének az alakulása a darabszám függvényében (13%-kal növelve a bázis technológiai paramétereket)



37. ábra. Homlokél kopása a különböző technológiai paraméterek hatására utolsó mérés után



38. ábra. Homlokél hátkopásának görbéi

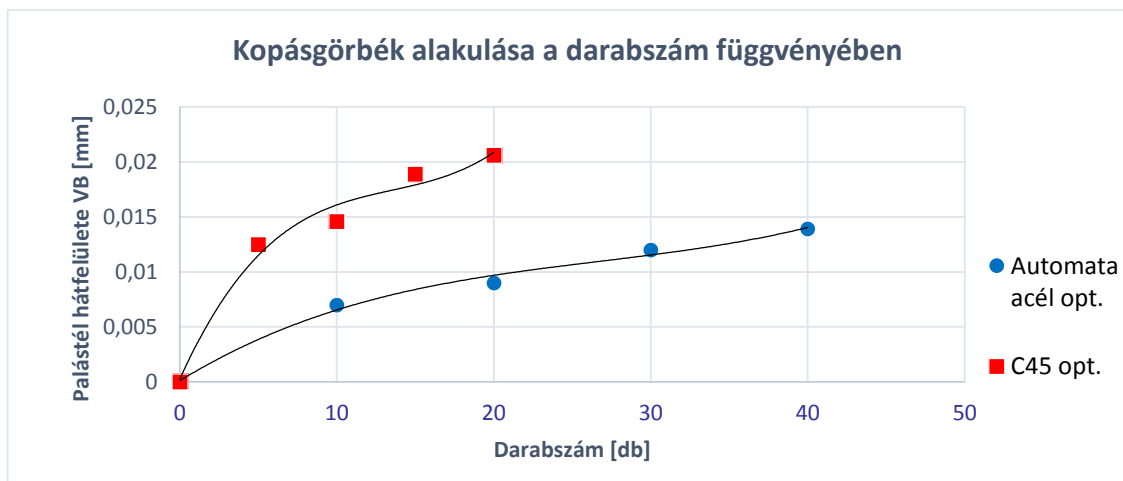
4.2 A palástél hátfelületének vizsgálata

A következő 39.-41. ábrákon a palástél-hátfelületének kopását tanulmányozhatjuk. A görbék pontos értékeit az 5. táblázatban láthatjuk.

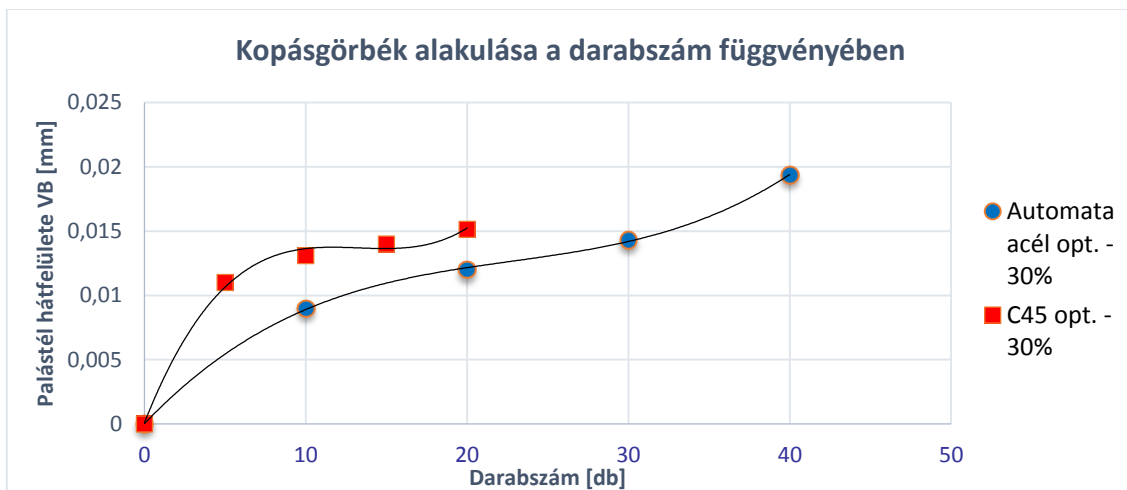
Ebben az esetben a bázis technológiai paraméterek alkalmazása során látható, hogy automata acélnál közel négyszer annyi munkadarabot is le tudunk legyártani, mint C45-ös anyagból hasonló kopásértéknél. A bázis technológiához képest 30%-kal csökkentett, illetve 13 %-kal növelt paraméterek esetében jelentős különbség nem tapasztalható. Az eltérések a mérési hiba határon belül esnek.

5. táblázat Palástél-hátfelületének kopása

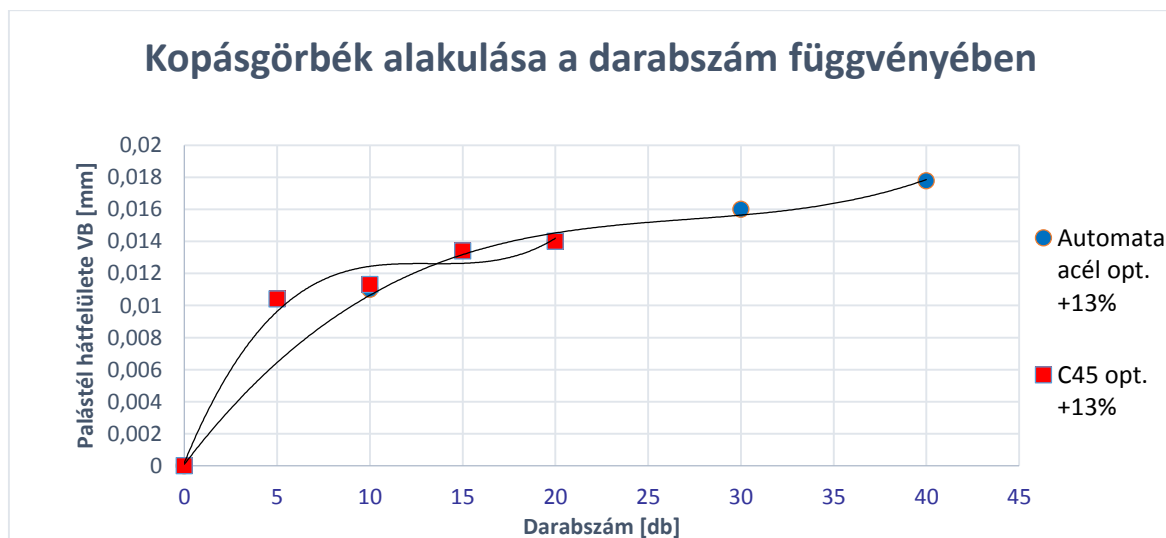
C45 opt				C45 -30%		C45 +13%	
[db]	[db]	vc [m/perc]	VB [mm]	vc [m/perc]	VB [mm]	vc [m/perc]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0
5	5	80	0,0125	56	0,0110	90	0,0104
10	10	80	0,0146	56	0,0131	90	0,0113
15	15	80	0,0189	56	0,0140	90	0,0134
20	20	80	0,0206	56	0,0151	90	0,0140
Automata acél opt				Automata acél -30%		Automata acél +13%	
[db]	[db]	vc [m/perc]	VB [mm]	vc [m/perc]	VB [mm]	vc [m/perc]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	80	0,0070	56	0,0090	90	0,0110
20	20	80	0,0090	56	0,0120	90	0,0140
30	30	80	0,0120	56	0,0143	90	0,0160
40	40	80	0,0139	56	0,0194	90	0,0178



39. ábra. A kopás mértékének az alakulása a darabszám függvényében (a bázis technológiai paraméterek)



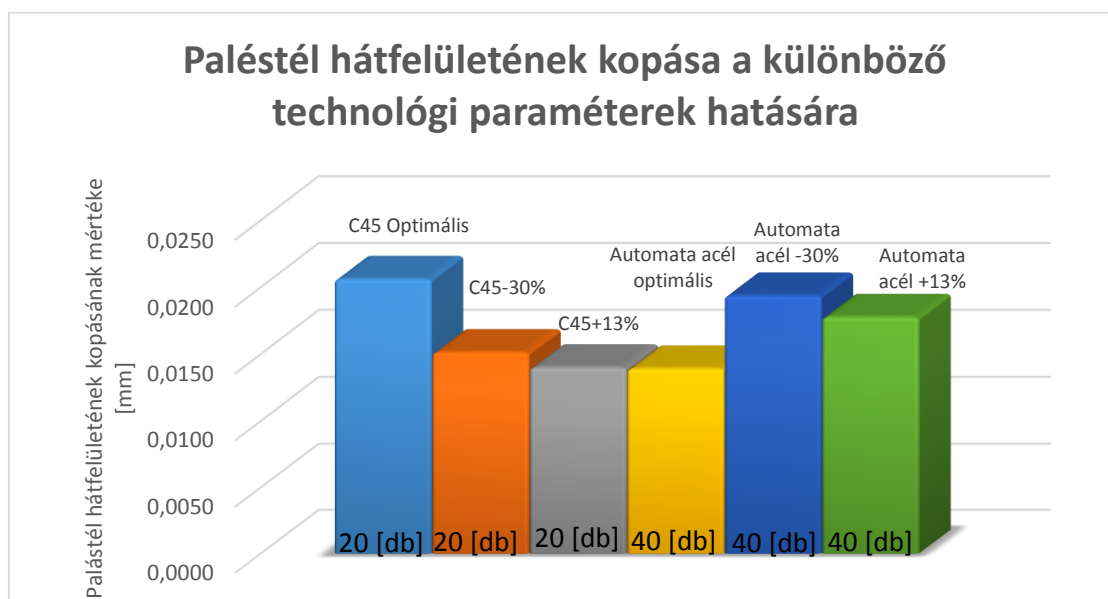
40. ábra. A kopás mértékének az alakulása a darabszám függvényében (30%-kal csökkentve a bázis technológiai paramétereket)



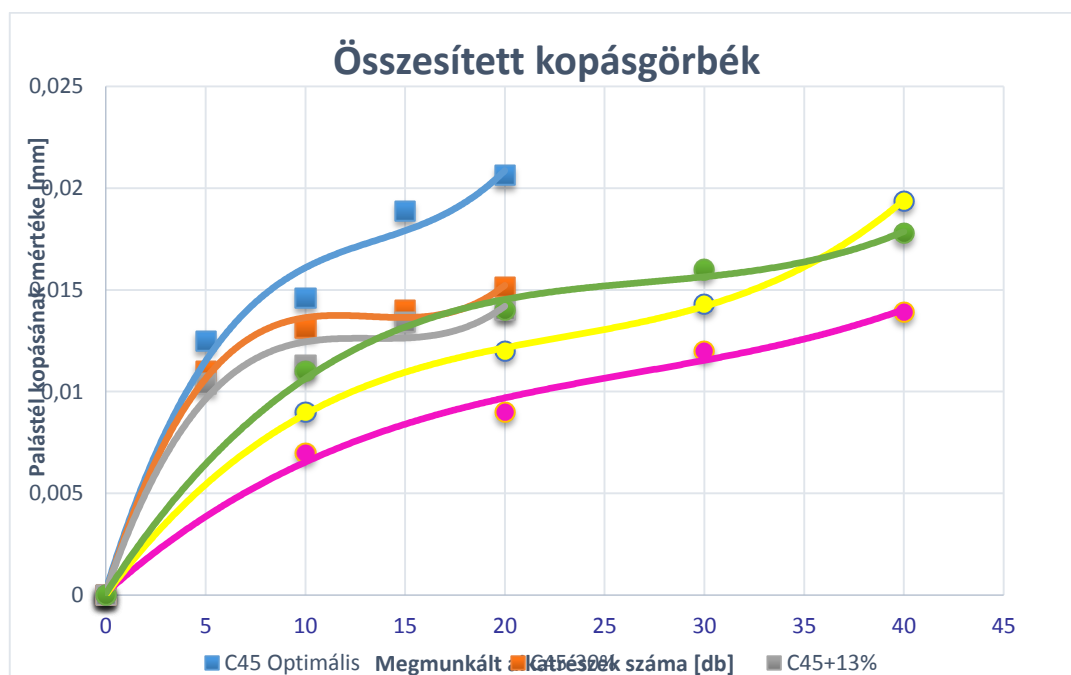
41. ábra. A kopás mértékének az alakulása a darabszám függvényében (13%-kal növelve a bázis technológiai paramétereket)

Az 42. és az 43. ábrákon egymás mellé helyeztük az egyes kopási eredményeket.

A bázis technológiai paraméterek alkalmazása során jelentős különbséget tapasztaltunk, az automata acélnál közel négyszer annyi munkadarab is legyártható hasonló kopásnál. A bázis technológiához képest 30%-kal csökkentett, illetve 13 %-kal növelt paraméterek esetében jelentős kopási különbségek nem figyelhetők meg. Az eltérések a mérési hiba határon belül esnek. Az eredmények pontosítását újabb vizsgálatokkal lehetne alátámasztani.



42. ábra. Palástél hátfelületének kopása a különböző technológiai paraméterek hatására utolsó mérés után



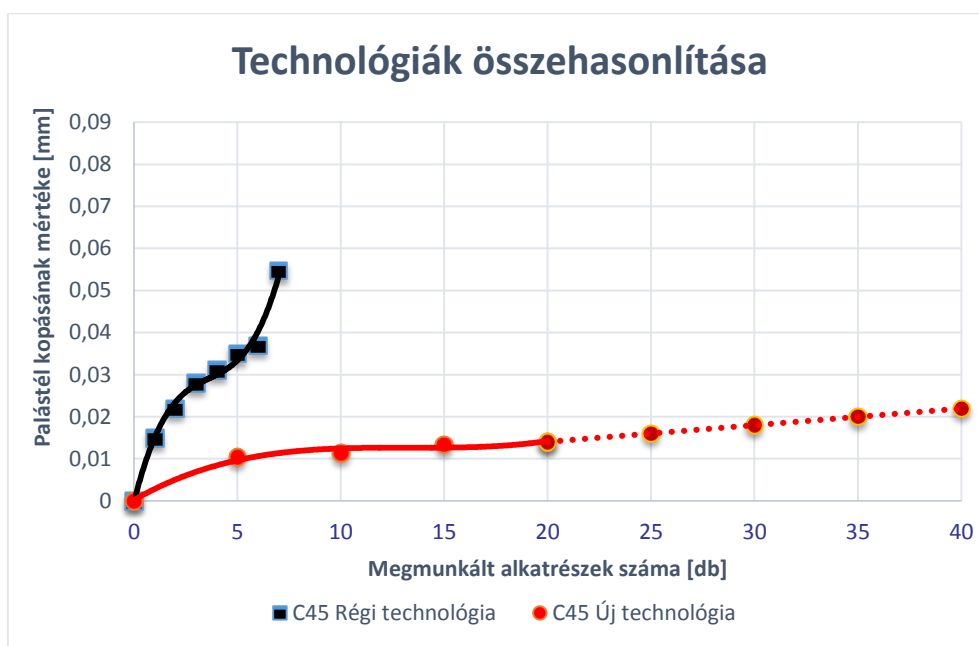
43. ábra. Palástél hátfelületének kopásgörbéi

4.3 A régi és az új technológiával gyártott munkadarabok jellemzése

A régi technológia segítségével elvégeztem egy összehasonlító kísérletet, amely talán jobban ábrázolja a technológiák közötti különbséget.

6. táblázat Régi technológia értékei C45 acél megmunkálása során

Munkadarabok száma [db]	Régi technológia palástél kopásának mértéke [mm]
0	0
5	0,015
10	0,0273
15	0,045
20	0,05472

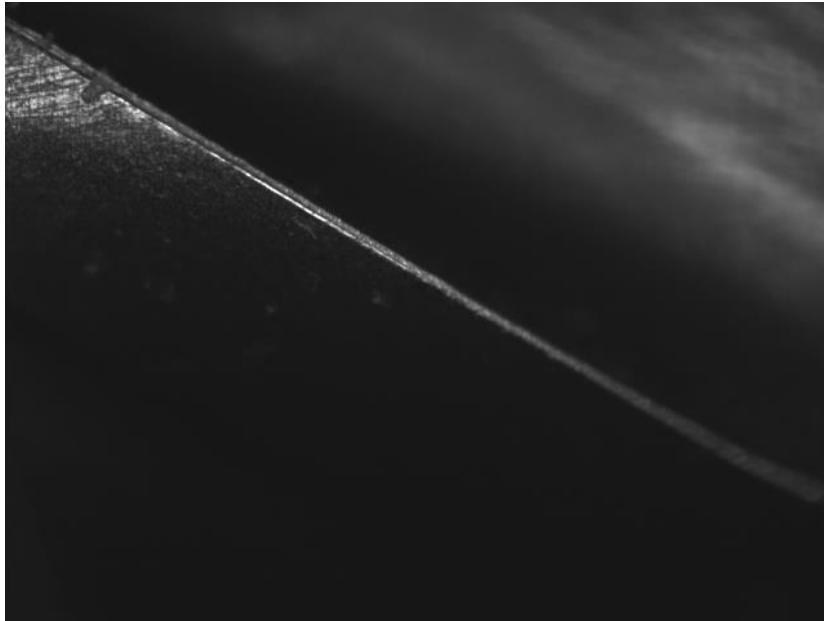


44. ábra. Régi és az új palástél kopásértékek összehasonlítása

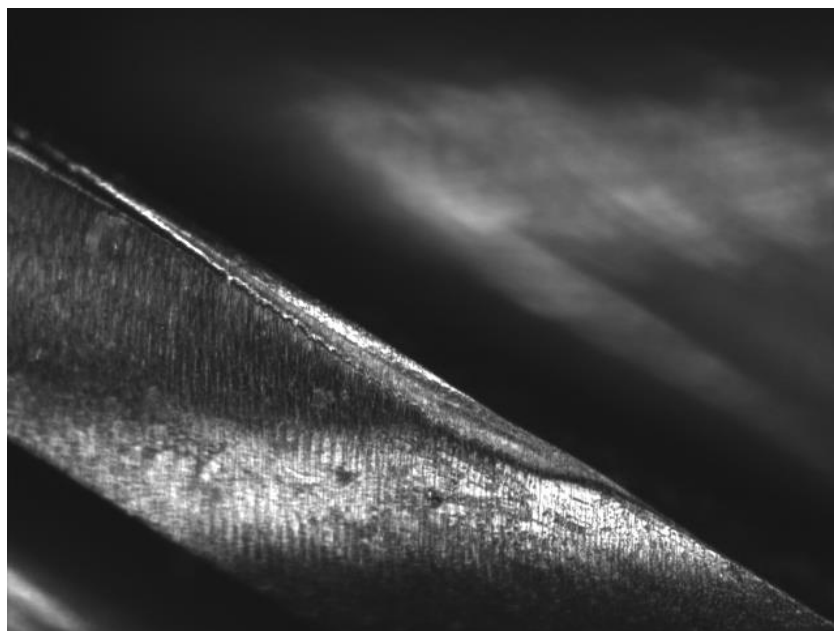
Az ellenorsós esztergagépen 7-8 munkadarabot tudtunk legyártani C45-ös anyagból. Ebben az esetben a szerszám fogásban 18 percet töltött darabonként, hét darabnál ez 126 percet jelent. Az új technológia segítségével 3,2 percig van fogásban a szerszám, amely 20 munkadarab esetén 64 percet tölt. Az optimális feltételeknek köszönhetően valószínűsíthető, hogy még 40 munkadarab után is az egyenletes kopás szakaszában lesz a kopás mértéke. Automata acélnál

ez az érték 80 munkadarabra adódik. A kísérleteket itt anyagi szempontokra hivatkozva abba kellett hagynom, mert egyszerűen annyira kedvező az általam megvalósított „új” technológia.

A szerszámok palástélének hátlapkopása az 45-46. ábrán látható. Az új technológiával 20 db vezérpálya legyártása után a szerszám élén egy kezdeti bekopási periódust figyelhetünk meg. A következő ábrán, már 7 db legyártása után a kopás mértéke olyan jelentős volt, hogy a munkadarabon nem kívánatos sorja képződés indult el.



45. ábra. Palástél kopása C45 acélon végzett húsz darab alkatrész megmunkálása után megnövelt paraméterekkel



46. ábra. Palástél kopása C45 acélon végzett hét alkatrész megmunkálása után régi technológiával

4.4 „Sorjásodás”

A kopásgörbék alapján, csak annyit tudunk megállapítani, hogy a technológiánk teljesíti az elvárásokat. A másik jelenség, amelyet megmunkálás során tapasztaltam, és döntő szerepet játszik, a sorja képződés.

A szerszámél kopásának megfelelően a palástfelületen sorja képződik, amelynek gazdaságossági határa van (az eltávolítása termékről kötelező). Ha a sorjaképződés mértéke fokozott, a munkadarab palástján a köszörülési ráhagyás mértékét növelni kell, valamint a horony oldalfelülete sem lesz tökéletes. Elkezdtem vizsgálni, hogy hogyan alakult a sorjaképződés a régi technológiánál, és hogyan az újnál.

Az első kész munkadarab után, amelyet ellenorsós esztergán gyártottam, az 47. ábrán látható eredmény fogadott.



47. ábra. Első munkadarab ellenorsós esztergán

Folytattam az alkatrészek gyártását, és a sorjaképződés egyre jobban fokozódott, lásd 48. ábra.



48. ábra. Jobbról balra haladva a sorjaképződés fokozódik

A 7-8 munkadarab után, sajnos a szerszámunk megadta magát, eltörött, 49. ábrán a törésig elkészített pálya látható.



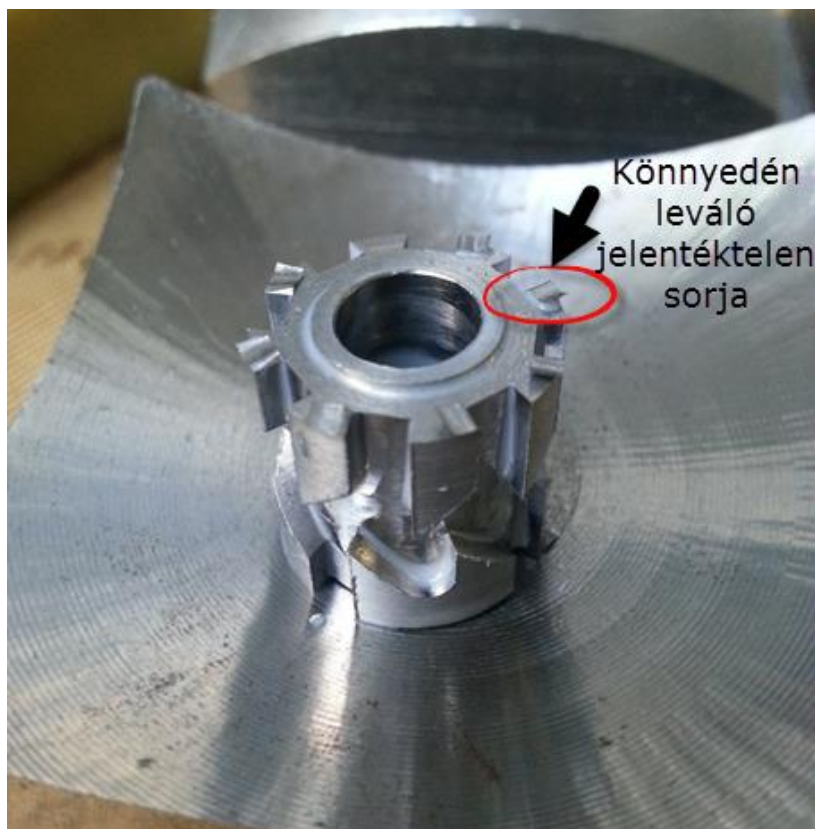
49. ábra. Szerszám eltörött

A marógépen történő megmunkálás során figyeltem, hogy mikor, milyen paramétereknél és milyen anyagnál jelentkezik a sorjásodás, valamint milyen mértékben. A megmunkálás során sorja képződést a gyártott darabszámig nem jelentős.

A munkadarab homlokfelületén az anyás felszorítás miatt képződött sorja jelentkezett, mert ezen az oldalon a szerszám nem tudta „kiseperni” a leváló „lapocskákat”, de ez nagyon könnyen eltávolítható, és semmilyen utólagos megmunkálást nem igényelt, és a felületet sem rontotta.

Azt tapasztaltam, hogy sorjásodás csak automata acél esetében jelentkezett, ott is elenyésző mértékben. Ideális paraméteres megmunkálás során 27 darabnál jelentkezett a sorja, csökkentett paramétereknél 24, megnövelt paramétereknél viszont egyáltalán nem jelentkezett.

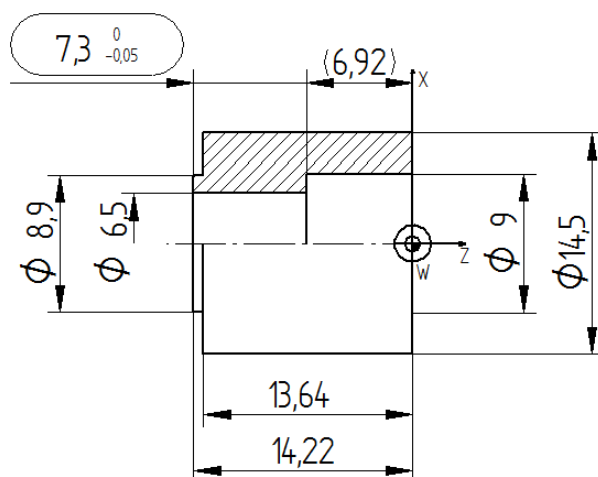
A marógépen gyártott alkatrészek sorjásodása az 50. ábra szerint alakult, amely alapján megállapítható, hogy a köszörülési ráhagyás is csökkenthető.



50. ábra. Legsorjásabb munkadarab bemutatása az új technológia során

5. Az alkatrész megmunkálásához szükséges CNC programok elkészítése

5.1 Előgyártmány program



51. ábra. Előgyártmány műhelyrajza

Az előző programhoz képest igyekeztem egy felesleges szerszámmozgásoktól mentes, letisztult programot létrehozni, amelyet 7. táblázat tartalmaz.

7. táblázat Előgyártmány CNC programja

%O0524	Az előgyártmány program címe
G18 G90 G40	„G18” XZ által határolt sík bekapcsolása, abszolút méretmegadás, szerszámkorrekció kikapcsolva
G54 G21	Munkadarab koordináta rendszer kiválasztása, Metrikus méretmegadás bekapcsolása
M1	
T0505	Leszúrókés beváltása, az első kettő karakter a szerszám helyét, az utolsó két karakter a szerszámkorrekciós tárat tartalmazza.
G0 X-10 Y25 Z3	Koordináta adatok, a leszúró késnek

	ütköztetjük a rúdanyagot, majd a hidraulikus tokmány segítségével megszorítjuk.
M0	Programozott „stop” Ha a munkás befejezte az ütköztetést, a szerszámgép ajtaját becsukva ciklus start segítségével indíthatja a megmunkálást.
G0 X100 Z50 Y0	Szerszámcserre pozícióba küldés
M1	Feltételes stop
T0101	Az egyes szerszámhelyen lévő átmérőző kés beváltása.
G92 S1500	Állandó vágósebességet definiálunk, valamint meghatározzuk a fordulatszámot.
G96 S150 M4 M8	Konstans vágósebesség beállítása, amely 150 m/perc, a főorsó forgásirányának definiálása, hűtőfolyadék bekapcsolása
G0 X17 Y0 Z0 F0.1	Pozicionálás oldalazásra
G1 X-1	Oldalazás
G0 X17 Z1	Gyorsjáratban a kontúrnagyoló ciklus kezdőpontjára állunk.
/G71 U1 R0.5	Kontúrnagyoló ciklus U címen a fogásmélység nagysága van definiálva amely sugárban értendő, R címen a szerszám visszahúzásának mértéke
/G71 U0.5 W0.2 P10 Q20 F0.1	U címen a simítási ráhagyás mértéke van definiálva, W címen a Z irányú ráhagyás mértéke van megadva, A P a simítási programszakasz kezdő, míg a Q a befejező mondatszámát jelöli
N10 G0 G42 X14.5 Z1 F0.05	Gyorsjáratú pozicionálás
G1 Z-17.25	Lineáris interpoláció Z irányban
G1 X17	Lineáris interpoláció X irányban

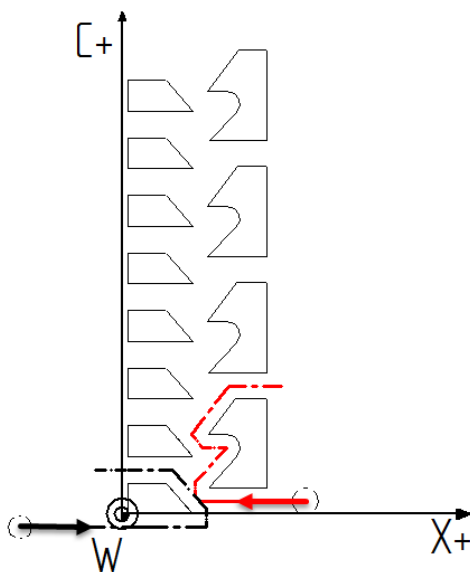
N20 G0 G40 X100	Pozicionálás a szerszámváltás helyére „G40” kóddal kikapcsoljuk a kontúrkövetést
G0 Z40	Pozicionálás a szerszámváltás helyére
M1	Feltételes stop
T0202 (CSIGAFURO JOBB)	Csigafúró beváltása
M5	Főorsó stop
G0 S1500 M3 X0	Főorsó forgásirányának megváltoztatása
Z1	Pozicionálás fúráshoz
G83 G17 G99 X0 Z-17 R1 F0.03 E1 Q10	Mélyfúró ciklus leírása, fontos, hogy a „G17” síkban fúrunk, G99 gyorsmeneti visszahúzást jelent a referencia pontig, E paraméterrel segítségével megközelíti az előzőleg fúrt furat talppontját, Q érték pedig az egy időben fúrt furathosszát definiálja
G0 G18 Z40	Fúrás után esztergáláshoz visszakapcsoljuk a G18-as síkot
T0303 (Furatkés)	Furatkés beváltása
M5	Főorsó stop
M4 S1500 F0.05	Forgásirány, előtolás definiálása
G0 X6 Y0 Z2	Pozicionálás a nagyoló ciklushoz.
/G71 U0.3 R0.1	Kontúrnagyoló ciklus U címen a fogásmélység nagysága van definiálva amely sugárban értendő, R címen a szerszám visszahúzásának mértéke
/G71 U-0.2 W0.1 P30 Q40 F0.05	U címen a simítási ráhagyás mértéke van definiálva, azért negatív szám, mert furatban esztergálunk, W címen a Z irányú ráhagyás mértéke van megadva, A P a simítási programszakasz kezdő, míg a Q a befejező mondat számát jelöli
N30 G0 G41 X10.2 Z0.7	Bal oldali kontúrkövetés bekapcsolása,

	simítási programszakasz kezdete
G1 X9.2 Z-0.8	Lineáris interpoláció X irányban
G1 Z-6.92	Lineáris interpoláció Z irányban
G1 X6.6, C0.2	Lineáris interpoláció letöréssel
G1 Z-15	Lineáris interpoláció a jelölt célkoordinátára
G1 X6	Lineáris interpoláció a jelölt célkoordinátára
N40 G0 G40 Z5	Simítóciklus utolsó mondata, szerszámsugár korrekció kikapcsolása
X100 Z30	Pozicionálás a szerszámváltás helyére
M1	Feltételes stop
T0505 (Leszúró kés jobb sarok bemérve)	A leszúró kés beváltása
M4 S1500	Forgásirány, fordulatszám megadása
G0 X17 Y0	Gyorsjáratban pozicionálás
G0 Z-13.64	A Z irányú koordinátára lépés
G1 X8.9 F0.1	Lineáris interpoláció X irányban, itt készül el a pici hengeres rész az előgyártmányon
G0 X17	Gyorsjáratban kiemel
G0 Z-14.22 Y0.2	Teljes hosszra pozicionál
G1 X-1F0.05	Munkadarab leszúrása
G0 X-10 Y25 Z3	Gyorsjáratban kiemel, pozicionál az ütköztetés helyére
M30	Program vége
%	

5.2 Dörzsárazó ciklus

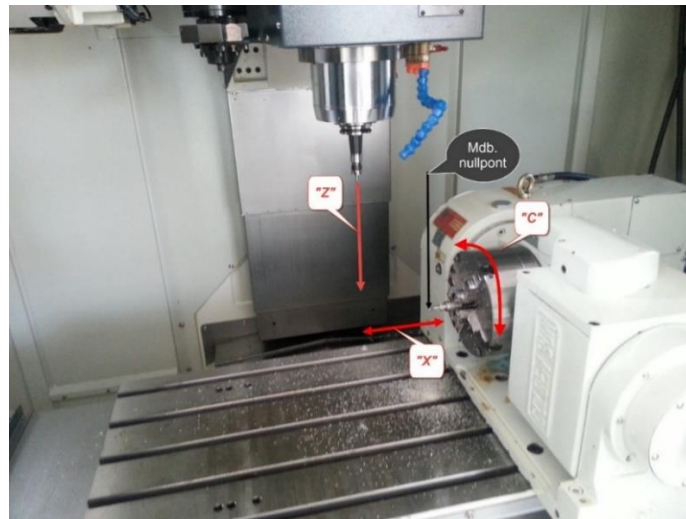
%O0007	Program címe
T0808	A nyolcas tárhelyen lévő dörzsár meghívása, korrekciós tár megadása.
M3 S150	Óramutató járásával ellentétes forgásirány, fordulatszám definiálása
G17 G85 X0 Y0 Z-25 R2 F2	Ahogy a fúrásnál leírtam, itt is a „G17” XY tengely által bezárt síkban kell dolgozni. G85 dörzsölési ciklus típuskódja,
G0 Z35	Gyorsjáratban Z irányba pozicionálás, hogy könnyebben be tudjuk fogni a munkadarabot
M99	Alprogram vége
%	

5.3 Szerszámpálya marása



52. ábra. Munkadarab palástjának kiterítése

A megmunkáló központ tengelyeit a 53. ábra szerint értelmeztük, a munkadarabot egy tuskére fogtuk fel:



53. ábra. Megmunkáló központ tengelyeinek értelmezése

Az első próbálkozásom a hengerinterpolációs G7.1 megoldás felé irányult. A módszert akkor alkalmazzák, ha vezérpályát kell egy henger palástfelületébe marni. A hengerinterpoláció azért tetszett, mivel a szerszámsugár-korrekciót ugyan úgy kezeli a vezérlő, mint egy egyszerű megmunkálásnál. A méretmegadás lényege, hogy a forgó tengely elmozdulását fokokban kell megadni, a vezérlő pedig átszámolja az értéket lineáris elmozdulássá, mindezt a henger sugarának átmérőjének függvényében végzi, és ez teszi lehetővé, hogy lineáris és körinterpolációt tudjunk programozni egy másik lineáris tengely mentén. A ciklust és a programozás szabályait az NCT honlapján olvastam el, és igyekeztem betartani azokat. A szerszámsugár- korrekcióra is vonatkoztak megszorítások, mint például az, hogy az interpoláció bekapcsolása után és kikapcsolása előtt G40-et kell programozni.

A program elkészült, a tesztek lefutottak a gépen, de a munkadarabok gyártása során egy olyan paraméterezési problémába ütköztünk, amelyet nem tudtunk orvosolni. A mintadarab gyártásakor arra lettünk figyelmesek, hogy a munkadarabon a szigetek el vannak tolódva, és a nagyobb baj az volt, hogy a szerszámsugár korrekciót a vezérlés a „Z” tengely irányába is felvette. A hiba oka valószínűleg a PLC paraméterezésében rejlik, amit az NCT szervizes kollégák is megerősítettek. Javítása a közeljövőben megtörténik.

A felfedezett technikai probléma miatt nem álltunk meg, hanem a következő megoldást találtuk ki. Egy olyan programot készítettem, amelynél szerszámsugár-korrekció nélkül jártam körbe a szigeteket. Mivel a korrekciózásra szükség van, hogy minél tovább tudjunk az adott szerszámmal gyártani, egy olyan paraméteres program elkészítése volt a cél, ahol a

szögértékeket a szerszámkopás értékével el tudjuk tolni, anélkül, hogy horonyszélességen kívül bármi változna. A kopás értékét a főprogramban kell beírni, és a vezérlés az alprogramokban ciklusok figyelembevételével korrekciózza a szögértékeket.

A kiterített kontúron elkészítettem a szerszám pálya rajzát, úgy, hogy a szerszám középpont van vezérelve. Az 52. ábrán fekete vonalak a bal oldali szigetek körbejárását mutatják, a pirossal rajzoltak pedig a jobb oldali szigetét. A pályán jól látszódik, hogy töréseket kellett alkalmazni, mert a szerszám a szigetek között átmérőjéből kifolyólag belemarna a szemközi felületekbe, ha nem így vezérelnénk.

5.4 Szerszámkorrekciós programozás

%O0004	Főprogram neve
<i>T01</i>	<i>Egyes tárhelyen lévő szerszám beváltása</i>
<i>M6</i>	<i>Szerszámcsere</i>
<i>#500=0</i>	<i>Bal oldali szögértéket számol</i>
<i>#501=0</i>	<i>Jobb oldali szögértéket számol</i>
<i>G55 G18 G90</i>	<i>Munkadarab koordináta rendszer meghatározása, síkválasztás abszolút méretmegadás</i>
<i>G0 X-10 Y0 C0 B90</i>	<i>A billenő körasztal elforgatása.</i>
<i>G43 H2 D2 Z20</i>	<i>Hosszkorrekció definiálása</i>
<i>S3500 M3</i>	<i>Fordulatszám és forgásirány meghatározása</i>
<i>G1 Z10 F600</i>	<i>Lineáris interpoláció</i>
<i>G0 C0</i>	<i>„C” tengely elforgatása</i>
<i>WHILE [#500LE360] DO1</i>	<i>Ciklus amely a szögértéket számolja</i>
<i>M98 P0002</i>	<i>Ha a feltétel teljesül, meghívja a %O0002-es alprogramot</i>
<i>#500=#500+45</i>	<i>Bal oldalon 45 fokként vannak a szigetek, ezért ennyivel kell mindig a paraméterhez hozzáadni</i>

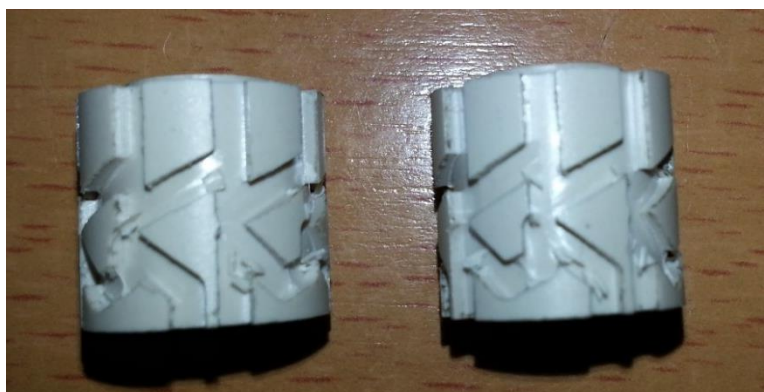
<i>C#500</i>	<i>A változó értéke növekedett, ezért a megmunkálás már az új értéktől kezdve indul.</i>
<i>END1</i>	<i>Ciklus vége.</i>
<i>WHILE [#501LE360] DO2</i>	<i>Ciklus, amely a szögértéket számolja</i>
<i>M98 P0003</i>	<i>Ha a feltétel teljesül, meghívja a %O0003-as alprogramot</i>
<i>#500=#500+90</i>	<i>Jobb oldalon 90 fokként vannak a szigetek, ezért ennyivel kell mindig a paraméterhez hozzáadni</i>
<i>C#500</i>	<i>A változó értéke növekedett, ezért a megmunkálás már az új értéktől kezdve indul.</i>
<i>END2</i>	<i>Ciklus vége.</i>
<i>M30</i>	<i>Program vége</i>
<i>%</i>	

%O0002 (bal oldali sziget)	
<i>G7.1 C7.2</i>	<i>Hengerinterpoláció meghívása, a henger palástjának sugarának megadása.</i>
<i>G1 X-5 Z8.5 F600</i>	<i>Kontúr megközelítése</i>
<i>G1 Z5.98</i>	<i>Fogásvétel</i>
<i>G1 CI-1</i>	<i>„C” tengely elforgatása</i>
<i>G1 G42 G90 X-2 CI1 F100</i>	<i>.A „CI-1” és „CI1” értéket azért vettük fel, hogy a vezérlő fel tudja venni a korrekciót.</i>
<i>G1 X7</i>	<i>Lineáris interpoláció</i>
<i>G1 X4.32 CI45</i>	<i>Lineáris interpoláció</i>
<i>G1 X-3</i>	<i>Lineáris interpoláció</i>
<i>G0 Z10 G40</i>	<i>Szerszámsugár-korrekción</i>

	<i>kikapcsolása</i>
<i>G7.1 C0</i>	<i>Hengerinterpoláció kikapcsolása</i>
<i>M99</i>	<i>Alprogram vége</i>
<i>%</i>	
<i>%O0003 (jobb oldali sziget)</i>	
<i>G7.1 C7.2</i>	<i>Hengerinterpoláció meghívása, a henger palástjának sugarának megadása.</i>
<i>G0 G90 X18</i>	<i>Jobb oldali sziget kezdőpontjára állunk.</i>
<i>G0 C1-1</i>	<i>„C” tengely elforgatása</i>
<i>G1 Z5.98 F600</i>	<i>Fogásvétel „Z” irányban (levegőben)</i>
<i>G1 G41 X15 C11 F100</i>	<i>.A „C1-1” és „C11” értéket azért vettük fel, hogy a vezérlő fel tudja venni a korrekciót.</i>
<i>G1 X8.45</i>	<i>Lineáris interpoláció az adott célértékekre</i>
<i>G1 X11.207 C11 F100</i>	<i>Lineáris interpoláció az adott tengelyek mentén</i>
<i>G1 X8.45</i>	<i>Lineáris interpoláció „X” irányban</i>
<i>G1 X11.207 C124.41</i>	<i>Lineáris interpoláció az adott tengelyek mentén</i>
<i>G3 X10.246 C117.268 R1.3</i>	<i>Körinterpoláció megadása</i>
<i>G1 X8.45</i>	<i>Lineáris interpoláció</i>
<i>G1 X11.12 C127.852</i>	<i>Lineáris interpoláció az adott tengelyek mentén</i>
<i>G1 X18</i>	<i>Lineáris interpoláció</i>
<i>G0 Z10 G40</i>	<i>„Z” irányban szerszámot kiemel</i>
<i>G7.1 C0</i>	<i>Hengerinterpoláció kikapcsolása</i>
<i>M99</i>	<i>Alprogram vége</i>
<i>%</i>	



54. ábra. Hibás szerszámsugár-korrektció "Z" irányban



55. ábra. Szigetek hibás körbejárása, szerszám átmérő helytelen értelmezése

5.5 Paraméteres programozás

Paraméteres programozás alkalmazása akkor célszerű, ha többféle hasonló alkatrészt, vagy ismétlődő geometriai egységeket szeretnénk gyártani. Paraméteres programozásnál a vezérléshez szükséges adatokat, előtolás, fogásmélység, fordulatszám, koordináta értékeket nem konkrét számokkal adjuk meg, hanem paramétereket, vagyis regiszter értékeket vezetünk be. Ezt a lehetőséget gyakran alkalmazzák még furattáblák készítésekor, vagy olyan helyeken ahol a programban az elágazások ciklusszervezéssel vannak megoldva, a regiszter valamilyen folyamatosan változó értéket figyel, eldöntheti, hogy módosítja a változó értékét, vagy befejezi a megmunkálást. A változókat lokális valamint globális változókra csoportosíthatjuk. A programozás során argumentum átvitelre, globális változókat használtam fel. Ezek a változók a programban szabad felhasználásúak, #100-#199-ig törlődnek kikapcsolás után, #500-#599-ig a változók értéke kikapcsolás után is megőrződik.

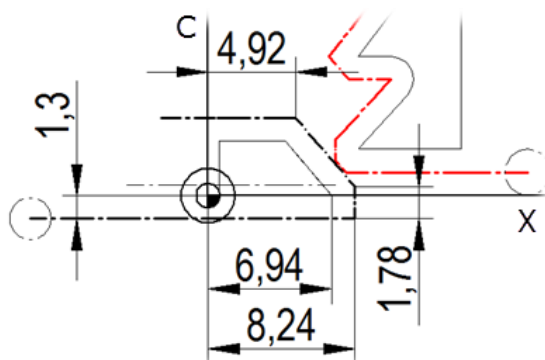
A paraméterek feltöltését a program elején kell bevezetni. Fontos szabály, hogy a paramétert bevezető mondatban más érték ne szerepeljen. Egy bizonyos paramétert, ha szükségünk van rá, használhatunk akár koordinátaként, vagy eltolás értékeként is. Amikor a változót negatív előjellel írjuk be, fontos tudni azt, hogy a vezérlés ellenkező előjellel hívja le. Attól függően, hogy a vezérlés milyen fejlett, különböző műveleteket tudunk végezni a konstansok között, paraméterek között, az NCT vezérlés erre számos lehetőséget adott. [1]

A műveletek közül az összeadást használtam, amelynél a változó értéke felveszi a beírt kettő változó összegét. Multiplikatív műveletek közül a szorzást használtam fel, amely hasonló módon működik, csak a változók szorzatát számolja ki. A ciklusokban feltételes kifejezéseket használhatunk, ilyenek a teljesség igénye nélkül a kisebb vagy egyenlő #iLE#j, egyenlő #iEQ#j. Ezeket a kifejezéseket, általában valamilyen ciklusszervezésben használjuk, ilyenek az IF, WHILE amelyek segítségével feltételeket vizsgálhatunk. Természetesen vannak feltétel nélküli elágazások is, ilyen a GOTO n, amely hatására a program átugrik az „n” értéken definiált sorba. Feltételes elágazásról beszélünk, ha az IF [feltételes kifejezés] GOTO n, szerepel a mondatban, tehát csak akkor ugrik az „n” számú mondatra, ha a feltétel teljesül.

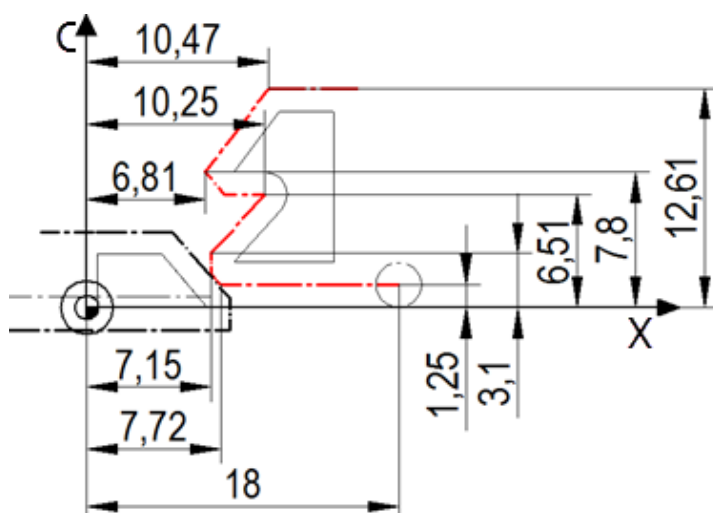
Amikor WHILE [feltételes kifejezés] DO n END n ciklusszervezést használjuk, akkor a vezérlő vizsgálja a feltétel teljesülését, ha teljesül, akkor a DO és az END közötti mondatok teljesítésre kerülnek, ha nem, akkor az END utáni mondatra ugrik a vezérlés.

Röviden ismertetve ezek voltak azok a ciklusok, feltételek dióhéjban, amelyeket a paraméteres program elkészítésénél használtam.

5.6 Paraméteres program korrekciós lehetőséggel

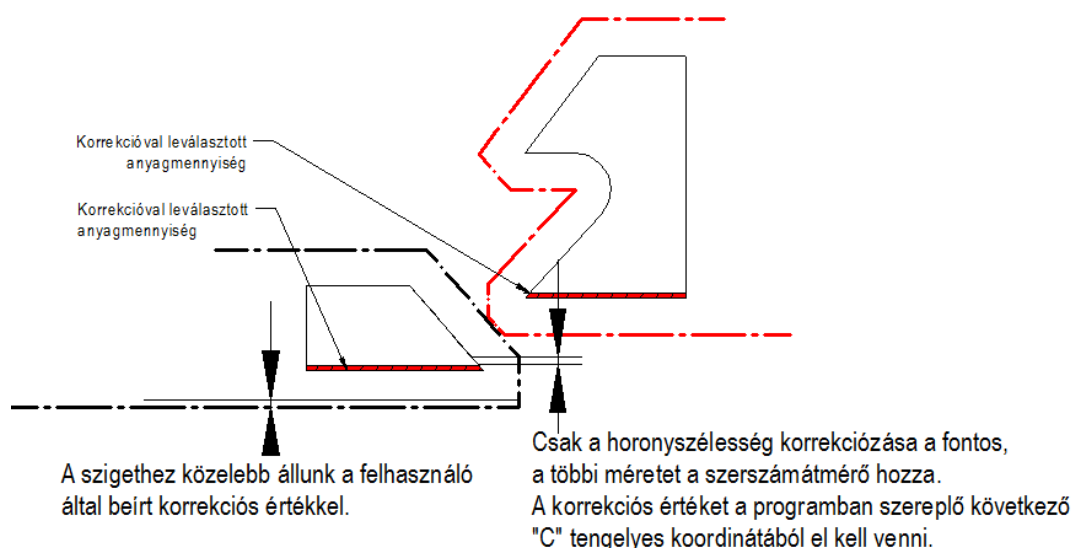


56. ábra. Bal oldali sziget programozása



57. ábra. Jobb oldali sziget programozása

A korrekciózás lényegét a 58. ábrán tüntettem fel, így készült el a jobb és a bal oldali szigetkorrekció is. A program ismertetését a 8. táblázatban olvashatjuk.



58. ábra. Korrekció értelmezése

8. táblázat Paraméteres program korrekciós lehetőséggel

%O0930	Program száma
T02 (2,5 mm HOSSZLYUKMARÓ)	T2-es szerszám beváltása
M6	Szerszámcsere kódja
G55 G18 G90	Munkadarab koordináta-rendszer definiálása, megmunkálás síkjának kiválasztása
(-----FELHASZNÁLÓ	ÁLTAL

VÁLTOZTATHATÓ ÉRTÉK-----)	
#503=-0.12	Korrektíós érték megadása, amennyivel a horonyszélességet növelni szeretnénk.
#508= 10240 (FORDULATSZÁM DEFINIÁLÁSA)	A fordulatszámokat a kísérlet miatt gyakran változtattam, ezért létrehoztam egy változót.
(-----PROGRAM ÁLTAL SZÁMOLT ÉRTÉKEK-----)	
#500=0 (Bal oldali szigeteket számolja)	Bal oldali szigetek számát számolja.
#501=0 (Jobb oldali szigeteket számolja)	Jobb oldali szigetek számát számolja.
#502=#503*7,957 (A felhasználó által definiált korrektíós értéket számolja át fokba)	A felhasználó által definiált korrektíós érték átszámítása szögértékre.
#504=14.23	Bal oldali sziget szögének kezdőértéke.
#505=5.17205	Jobb oldali sziget szögének kezdőértéke.
(-----PROGRAM KEZDETE-----)	
G0 X-10 Y0 C0 B90	Körasztal elforgatása.
G43 H2 D2 Z20	Szerszámhoz tartozó hosszkorrekció lehívása.
S#508 M3 M8	Fordulatszám, forgásirány meghatározása, hűtés bekapcsolása
G0 X-10.345	Gyorsjáratban megközelítjük a munkadarabot.
WHILE [#500LE7] DO1	Ciklusszervezés, amely a feltétel teljesülését vizsgálja.
(-----ALPROGRAM BEÁGYAZÁS-----)	
G0 CI-#502	„C” tengelyen a kontúr kezdő értékére állás, korrektíó figyelembe vétele.
G1 X-5 Z8.5 F200	Pozicionálás „Z” irányban, előtolás értéke F200 mm/perc

G1 Z5.98	Fogásvétel levegőben
G1 X8.3	Kontúr megközelítése.
#506=#504+#502	Változó értékének módosítása.
G1 CI#506 F600	A módosított változó értékének kiolvasása, lineáris interpoláció az adott koordinátára. Az előtolás értékére ferde pályán megnövelt értéket kell beírni.
G1 X4.91 CI30.793	Lineáris interpoláció.
G1 X-3 F200	Lineáris interpoláció.
G0 Z10	Gyorsjáratban szerszámot kiemel.
#500=#500+1	A sziget gyártása befejeződött, a változó nagyságát növeljük.
END1	Ciklusszervezés vége.
(-----ALPROGRAM VÉGE-----)	
G0 C10.345	Jobb oldali sziget „C” tengely értékére történő pozicionálás.
(-----ALPROGRAM BEÁGYAZÁS-----)	
WHILE [#501LE3] DO1	Ciklusszervezés kezdete, feltétel vizsgálata.
G0 CI-#502	„C” tengely korrekciózása
G0 G90 X18	Jobb oldali kezdőpontra lépés gyorsjáratban.
G1 Z5.98 F400	Fogásvétel levegőben.
G1 X14.22 F200	Kontúrleírás
G1 X7.82	Kontúrleírás
#507=#505+#502	Változó értékének növelése.
G1 CI#507 X7.25 F600	Korrekciós értékkel való visszahúzás.
G1 CI9.15	Kontúrleírás
G1 CI27.053 X10.35	Lineáris interpoláció a tengelyek mentén
G1 X8.02 F200	Lineáris interpoláció a tengelyek

	mentén
G1 CI10.264 X6.91 F600	Lineáris interpoláció a tengelyek mentén.
G1 CI 38.27 X10.57	Lineáris interpoláció a tengelyek mentén.
G1 X17 F200	Kontúrleírás vége.
G0 Z10	Gyorsjáratban kiemel.
(-----ALPROGRAM VÉGE-----)	
#501=#501+1	Változó értékének növelése, mivel egy sziget elkészült.
END1	Ciklusszervezés vége.
G0 Z200	Gyorsjáratú pozicionálás „Z” irányban.
G0 X-100	Gyorsjáratú pozicionálás „X” irányban.
G0 Y200	Gyorsjáratú pozicionálás „Y” irányban, mert így könnyebb a munkadarabot cserélni.
M30	Program vége
%	

Összegzés

A Járműtechnológia Tanszéken több száz darab vezérpályát gyártottak egy ellenorsós esztergán bronzból. A megrendelő kérésére alapanyagot meg kellett változtatni és láthatóvá vált, hogy az alkatrész gyártását a régi feltételekkel nem lehetséges gazdaságosan megoldani.

A felajánlott problémát két irányból közelítettem meg. A gyártáshoz szükséges CNC programot CAM felhasználása helyett paraméteres programom segítségével írtam meg és optimalizáltam. A profil bonyolultsága miatt ez nem volt egyszerű feladat.

Az új CNC programhoz egy jól illeszkedő technológiát állítottam össze. Új gépet (gépeket) választottam és kopásgörbék felvételével sikerült bemutatnom az általam kiválasztott technológiai paraméterek gazdaságosságát. A kísérleti eredményeim alapján megállapítható, hogy az új technológia gazdaságosan alkalmazható a vezérpálya gyártására.

A mérési eredmények azt mutatják, hogy a homlokél hátfelületén C45 anyagnál a szerszám kopása minden esetben nagyobb kopásértéket eredményezett az automata acélhoz képest. Ez azt eredményezte, hogy az automata acélnál közel kétszer annyi munkadarabot tudunk legyártani, mint C45-ös anyagból, hasonló kopásértéknél.

Ezzel szemben a palástél-hátfelületének kopását tanulmányozva azt látjuk, hogy a bázis technológiai paraméterek alkalmazásával az automata acélnál közel négyszer annyi munkadarabot is le tudunk legyártani, mint C45-ös anyagból hasonló kopásértéknél.

Fontos megjegyezni, hogy a „bázis” technológiával a szerszám éltartama többszörösével megnövekedett. Ezzel párhuzamosan a gyártás fajlagos költsége jelentős mértékben lecsökkent.

A következtetés, amelyet levonhatunk, hogy beállított technológiával az automata acél gazdaságosan forgácsolható. A technológiai paraméterek közül végül a megnövelt értékeket választanám, igaz itt egy kicsit magasabb a kopás mértéke, mint a szerszámgyártó ideális ajánlása esetében, de a munkadarab palástján, nem keletkezik sorja.

A paraméteres programom segítségével áttételesen a szerszámsugár korrekciót is kézben tudtam tartani, amit nagyon értékes eredménynek tartok.

Terveim között szerepel egy olyan kísérleti sorozat folytatása, ahol egy szélesebb mintavétel felhasználásával az optimális forgácsolási értékeket tovább tudnám vizsgálni. Ezekre a vizsgálatokra akkor kerülhet sor, ha az alkatrész gyártását nagy darabszámban újból megrendelnék.

Felhasznált irodalom

[1] Dr. BOZA Pál: CNC technológia és programozás

-Kecskemét 2008; KF-GAMF-H-379

[2] CSEH Béla: ANYAG- ÉS GYÁRTÁSI ISMERET II.

FORGÁCSOLÁSELMÉLET

ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM 2000;

[3] NCT Ipari elektronikai Kft. JCL-52-60TSM CNC esztergagép – gépkönyv

http://www.nct.hu/letoltes2_.php?menu=szerszamgepek (Utolsó letöltés: 2014.06.20)

[4] Forgácsolási Műszaki Kézikönyv; C-2900:7, HUN/01 © AB Sandvik Coromant 2010.

[5] ph HORN ph Hartmetall-Einstechwerkzeuge (Carbide Grooving Tools) 2014/2015

<https://www.phorn.de/blaetterkatalog/fraesen/> (Utolsó letöltés: 2014.06.20)

[6] NCT Ipari elektronikai Kft. EUROturn-12C CNC esztergagép - gépkönyv

http://www.nct.hu/letoltes2_.php?menu=szerszamgepek (Utolsó letöltés: 2014.06.23)

[7] DUDÁS Illés - Gépgyártás Technológia I.

Miskolci Egyetem- Miskolc 2000 Műszaki Könyvkiadó. 2007., p.: 314. ISBN 963-661-478-4

[8] KODÁCSY János Gépgyártás Kecskemét 2010 KF-GAMFK-H-395

[9] NCT Ipari Elektronikai Kft. EmL-510, EmL-610, EmL-850 és EmL-1020 FÜGGŐLEGES CNC MEGMUNKÁLÓKÖZPONTOK Kiadva: 1148 Budapest, Fogarasi út 7. Kiadás dátuma: 2014. 05. 08.

[10] YG-1 4GEN GranTool katalógus: SEME35 YG-1 CO. LTD

http://www.toolontool.hu/DNNGranTool/PDF/YG-1_4GEN_SEME35.pdf (Utolsó letöltés: 2014.06.25.)

[11] SZILÁGYI László Gépipari Szerszámok készítése Budapest, 1969

[12] Dr. BALOG András – Dr. SCHÄFFER József – Dr. TISZA Miklós

MECHANIKAI TECHNOLOGIÁK Miskolci Egyetem 2007

Ábrajegyzék

1. ábra. Összeállítás metszete.....	5
2. ábra. Vezérlő alkatrész zárt állapotában.....	6
3. ábra. Vezérlő alkatrész nyitott állapotában	6
4. ábra. A szelep robbantott ábrájának bemutatása	6
5. ábra. Azt eddigi gyártás az NCT JCL-60YTSM típusú ellenorsós esztergagépén történt....	7
6. ábra. Kopásgörbék szakaszai (Forgácsolás és szerszámai Dr. Kodácsy János, Dr. Pintér József (2011)).....	10
7. ábra. Élrátét alakulása a szerszám főélén (SANDVIK Coromant Forgácsolási műszaki kézikönyv 2010).....	12
8. ábra. Előgyártmány metszete	13
9. ábra. Horonyszélesség bemutatása, szögértékek helyzetének értelmezése.....	14
10. ábra. Gyártás sorrendisége	14
11. ábra. Pozitív váltólapka simításhoz és nagyoláshoz.....	16
12. ábra. Lapka pontos típusa, színkód feltüntetése.....	16
13. ábra. Egyen távolságú pálya értelmezése (forrás: Dr. Boza Pál CNC-technológia és –programozás).....	17
14. ábra. Szerszámállás kódja (forrás: Dr. Boza Pál CNC-technológia és –programozás).....	17
15. ábra. SDJCL 2020K11 szerszám szár	18
16. ábra. Furatkés: L105.1833.3. HV6 TH35.....	18
17. ábra. Ø6,6H7 Gépi dörzsár YG K21B100660 H7 HSS-E.....	19
18. ábra. Megmunkáló központ tengelyeinek értelmezése (forrás: Dr. Boza Pál CNC-technológia és –programozás).....	19
19. ábra. Munkadarab felfogó túske.....	20
20. ábra. Bal oldali nyolc szigetrendszer megmunkálása.....	21
21. ábra. Jobb oldali négy szigetrendszer megmunkálása.....	21
22. ábra. Hosszlyukmaró fő részei	23
23. ábra. Szerszám élgeometriája	24
24. ábra. Mitutoyo Quick Vision ELF PRO műhelymikroszkóp.....	24
25. ábra. Szerszám befogó készülék.....	25
26. ábra. Prizmás befogási lehetőség.....	25
27. ábra. Homlokél hátfelületének zónákra osztása	26

28. ábra. Palástél zónái.....	26
29. ábra. Határoló egyenes pontjainak felvétele	27
30. ábra. Egyenes XY síkra vetítése.....	27
31. ábra. Szálkeresztben történő legnagyobb kopást jelző pont felvétele.....	27
32. ábra. Pont projekció az XY síkra	28
33. ábra. Távolságmérés az egyenes és pont között	28
34. ábra. A kopás mértékének az alakulása a darabszám függvényében (a bázis technológiai paraméterek).....	29
35. ábra. A kopás mértékének az alakulása a darabszám függvényében (30%-kal csökkentve a bázis technológiai paramétereket)	30
36. ábra. A kopás mértékének az alakulása a darabszám függvényében (13%-kal növelve a bázis technológiai paramétereket)	30
37. ábra. Homlokél kopása a különböző technológiai paraméterek hatására utolsó mérés után	30
38. ábra. Homlokél hátkopásának görbéi	31
39. ábra. A kopás mértékének az alakulása a darabszám függvényében (a bázis technológiai paraméterek).....	32
40. ábra. A kopás mértékének az alakulása a darabszám függvényében (30%-kal csökkentve a bázis technológiai paramétereket)	32
41. ábra. A kopás mértékének az alakulása a darabszám függvényében (13%-kal növelve a bázis technológiai paramétereket)	32
42. ábra. Palástél hátfelületének kopása a különböző technológiai paraméterek hatására utolsó mérés után	33
43. ábra. Palástél hátfelületének kopásgörbéi	33
44. ábra. Régi és az új palástél kopásértékek összehasonlítása.....	34
45. ábra. Palástél kopása C45 acélon végzett húsz darab alkatrész megmunkálása után megnövelt paraméterekkel	35
46. ábra. Palástél kopása C45 acélon végzett hét alkatrész megmunkálása után régi technológiával	35
47. ábra. Első munkadarab ellenorsós esztergán.....	36
48. ábra. Jobbról balra haladva a sorjaképződés fokozódik	36
49. ábra. Szerszám eltörött	37
50. ábra. Legsorjásabb munkadarab bemutatása az új technológia során	38
51. ábra. Előgyártmány műhelyrajza.....	39

52. ábra. Munkadarab palástjának kiterítése	43
53. ábra. Megmunkáló központ tengelyeinek értelmezése.....	44
54. ábra. Hibás szerszámsugár-korrekció "Z" irányban	48
55. ábra. Szigetek hibás körbejárása, szerszám átmérő helytelen értelmezése	48
56. ábra. Bal oldali sziget programozása.....	49
57. ábra. Jobb oldali sziget programozása.....	50
58. ábra. Korrekció értelmezése	50