

Csévevágó szerszámtest elem technológiai tervezése



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyag- és Gyártástudományi Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Oszaczkai Patrik
Szakdolgozat száma: SZD22052513051764
Törzskönyvi száma: T009183/F112904/B

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: gépészmérnöki
Specializáció: gépészmérnöki - CAD-CAM-CNC

A dolgozat címe: Csévévágó szerszámtest elem technológiai tervezése
A dolgozat címe angolul: Technological design of pipe cutting tool body element

A feladat részletezése:

1. Végezzen alkatrészelemzést, illetve anyag- és forgácsolhatósági vizsgálatot a gyártandó alkatrészről!
2. Alaposan ismertesse a keményfém szerszámmal történő edzett anyagok forgácsolhatóságát, körülményeit és paramétereit!
3. Fejtse ki a gyártási feladatainak lépéseit! (Előgyártmány, szerszámgép, befogó készülék, szerszámok választása)!
4. Ismertesse a gyártás műveleteinek sorrendjét és technológiai paramétereit a CAM programban készített szerszámpályákkal együtt!
5. Végezzen gazdasági számítást a szerszámgépek meghatározása végett!
6. Ismertesse a gyártás utómunkálatait (mérés, ellenőrzés) és a hőkezelés folyamatát!
7. Ismertesse a gyártás közben felmerült problémáit és hogy milyen megoldást alkalmazott a problémák elhárításában!

Intézményi konzulens neve: Mészáros Béla

Külső konzulens neve: Czene Dániel
Munkahelye: C és Társa Kft.

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 05. 15.
Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 27.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom.

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
BGK

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2022. 11. 14.

Oszacsi Péter
hallgató aláírása

4. TARTALOMJEGYZÉK

1. CÍMLAP	1
2. FELADATLAP.....	2
3. HALLGATÓI NYILATKOZAT	3
4. TARTALOMJEGYZÉK.....	4
5. BEVEZETÉS	5
6. SZAKIRODALOMKUTATÁS.....	7
6.1 Alkatrészelemzés.....	7
6.2 Anyag- és forgácsolhatósági vizsgálat	8
6.3 Hőkezelési lehetőségek	17
7. A CÉG ISMERTETÉSE	18
8. GYÁRTÁSTERVEZŐI MUNKÁM LÉPÉSEI.....	20
8.1 Műszaki rajz és előgyártmány bemutatás	20
8.2 Szerszám gép kiválasztása	22
8.3 Befogás, befogó készülék kiválasztása	24
8.4 Szerszámterv	27
8.5 Műveleti sorrendterv	35
8.6 Műveletek részletezése.....	36
8.7 Műveleti utasítás	50
8.8 Gazdasági- és költség számítás	51
8.9 Utómunkálatok, mérés, ellenőrzés	54
8.10 Gyártás közben felmerült problémák	55
9. HŐKEZELÉS, VÁKUUMEDZÉS	56
10. ÖSSZEFOGLALÁS	58
11. SUMMARY	59
12. IRODALOMJEGYZÉK, MELLÉKLETEK	60

5. BEVEZETÉS

Szakdolgozati témámnak a csévevágó szerszámtest elem technológiai tervezését választottam. A témaválasztásban segítséget a C és Társa Kft.-től kaptam, ugyanis szakdolgozati munkámat a nyáron náluk készítettem el. A cég külső megrendelésekre gyárt alkatrészeket többféle forgácsolási módszerrel, de a dolgozatom során később részletesen ismertetem profiljukat.

A cégnél kaptam egy megrendelést egy műszaki rajzzal, amelynek feladóját és az alkatrész pontos behatárolását, funkcióját a cég kérésére nem nevezem meg a szakdolgozatomban.

Adott volt tehát egy műszaki rajz és egy gyártandó darabszám, amely esetemben egy 50-es sorozat volt. Ennek a csévevágó szerszámtest elemnek a gyártási folyamatát kellett megterveznem egy 50 darabból álló sorozatra.

Dolgozatomban először a szakirodalomkutatás részben az alkatrészről és az anyag forgácsolhatósági vizsgálatáról olvashatunk. Ide tartozik az anyagvizsgálat, ugyanis a megrendelő egy olyan nem hétköznapi és gyakori anyagból kérte az alkatrészt, amelyet érdemes alaposabban megismerni. Ennél a résznél bemutatom az edzett anyagok forgácsolhatóságát, paramétereit és a szükséges környezeti feltételeket keményfém szerszámmal, ugyanis a gyártás során egy olyan problémába ütköztem, hogy a kívánt méretű csigafűrőből és marószárból csak keményfém állt rendelkezésre a cég szerszámtárában.

A következő részben a cég gépparkjáról olvashatunk, illetve arról a gépről részletesebben, amelyiken a megmunkálás történt a gyártás során.

Ezt követi az alkatrész műszaki rajza, amin láthatóak a pontos méretek, tűrések és a felületi érdesség értéke. Ez a rajz a dolgozat végén lesz található a mellékletek között.

Ezt követően már a konkrét gyártási folyamat részéről lehet olvasni, hogy hogyan is zajlott, és milyen részekből épült fel. Itt az első lépés az előgyártmány választása és bemutatása, melynek során az anyagát és méreteit ismertetem az olvasó számára. Ezután a gyártáshoz szükséges eszközök kiválasztása következik, kezdve a szerszámgépek, a befogó készülék, a szerszámok kiválasztásával és azok főbb tulajdonságaival és paramétereivel.

Készítettem egy műveleti sorrendtervet is, ahol láthatóak a megmunkálások sorrendjei, majd a részletes műveletek. Ezek magukban foglalják a forgácsolási paramétereket, illetve a CAM rendszerben elkészített szerszámpályákat is. Készült egy műveleti utasítás is, melyben külön színnel lettek jelölve a különböző megmunkálások.

A következő részben olvashatunk a gyártás gazdasági oldaláról, vagyis a gazdasági számítást tekinthetjük át a megmunkálásra, illetve egy költségszámítást a teljes gyártási folyamatra. Ezen felül a munka közben fellépő problémákba is betekinhetünk.

A gyártási folyamat végén a mérő- és ellenőrző eszközökről olvashatunk, amelyeket használtam a munkám során, illetve az utolsó fázisban történő hőkezelésről is, amelynek lehetőségeit a szakirodalomkutatás részben olvashatjuk.

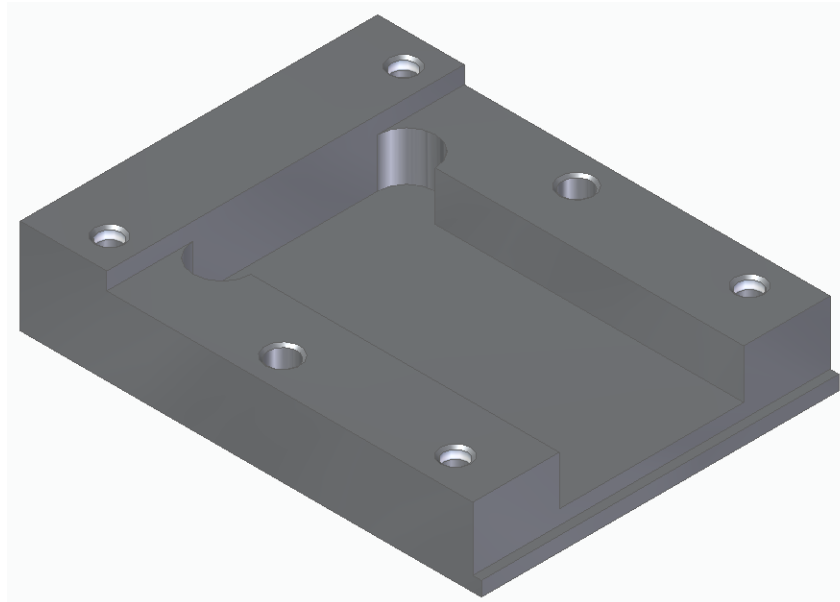
Dolgozatom egy rövid magyar és egy angol nyelvű összefoglalóval zárom.

6. SZAKIRODALOMKUTATÁS

6.1 Alkatrészelemzés

A megrendelő által küldött műszaki rajzon az alkatrész hivatalos megnevezése a csévevágó szerszámtest elem volt. De mivel az alkatrész funkciója nem ismert, és titkos is lenne, illetve a szakdolgozatomban nem az alkatrész funkciója a hangsúlyos, hanem annak gyártása, így azt a részt -a cég kérésére- nem rakom bele a munkámba.

Az 1. ábrán az alkatrész 3D-s modellje látható, amit a Solid Edge 2021-es tervezőprogramban készítettem el, a megmunkálás tervezéshez, a CAM programhoz.



1. ábra. Alkatrész 3D modell. [saját]

Ahogy az elsőre is látszik, ez a megmunkálás nagy forgáscsmennyiség képzéssel fog történni, ugyanis az előgyártmány 60%-a forgáccsá alakul a megmunkálás során. 6db átmenő furat található a testen, ebből a két középső furat H7-es tűréssel rendelkezik, a másik 4 pedig M5-ös menetes furat. Vélhetően a menetes furatok az alaplaphoz való rögzítésre, az illesztett furatok pedig a megvezetés és a pontos helyzet biztosítására szolgálhatnak. A két lépcső a munkadarab elején és végén ütköztetés céljából szerepelhetnek. A belső zsebbe történik a cséve betolása és vágása, éppen ezért a zseb szélessége tűréssel van ellátva. Az utolsó alakelem az alkatrészen a zseb végén található rádiuszos kimunkálás, amely vélhetően a keletkezett forgács, törmelék, aprólék elhelyezésére szolgál, hogy ezek a zseb szélességét ne befolyásolják.

6.2 Anyag- és forgácsolhatósági vizsgálat

A megrendelő az alkatrészt egy nem a leggyakrabban alkalmazott anyagból kérte, így alaposabban bemutatom. A műszaki rajzon szereplő anyagjelölés a K600 volt, amelynek számjegyes azonosítója 1.2767, kémiai jelölése X45NiCrMo4. Először elemzem a számjegyes azonosítóját, ahol az első karakter az 1-es, amely az acélok csoportját jelenti. A második és harmadik karakter a 27-es, ez a két karakter az acélcsoportot jelentik, amely esetünkben a szerszámacélok csoportját képezik. A negyedik és az ötödik karakter a 67, amely az acél csoporton belüli sorszámát jelöli. [1,2]

A Garant anyagcsoportok közül a 8.2-es anyagcsoportba sorolható. Szakítószilárdsága: $R_m \geq 1100 \text{ MPa}$. A fajlagos forgácsolóerő fő értéke: $k_{c1.1} = 1820 \text{ MPa}$. Tangens emelkedése: 0,26m. A megrendelő által kért keménység 52+2HRC. [3]

Kémiai jelölését elemezve segítséget kapunk a vegyi összetétel meghatározásához.

1. táblázat. Kémiai összetétel. [3]

C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]
0,45	0,1-0,4	0,15-0,45	0,03	0,03	1,2-1,5	0,15-0,35	4

Az 1. táblázat az anyag kémiai összetételét ábrázolja, ahol a számértékek %-ban vannak megadva minden egyes kémiai elemhez. A kémiai jelölésből felismerhettük a karbontartalmat, ugyanis a jelölésben a karbontartalom 100-szorosa van feltüntetve, így a 0,45% szén tartalmazó acél jelölésében 45-ös számot írunk. Ezen kívül a fő ötvözőit, a két szennyező mennyiségét (P és S), illetve, hogy a nikkeltartalma 4%.

Rendkívül szívós anyag, illetve rideg és gyors kopást idézhet elő a szerszámnál, ezért lágyított állapotban forgácsolják.

A jelölések elemzésével és a mechanikai és forgácsolási tulajdonságok ismeretében megállapíthatjuk, hogy ez az anyag hidegalakító szerszámacél, dombornyomó- és hajlító szerszámokhoz, hajlítópések nyomóléceihez és a legvastagabb anyagokhoz való ollókésekhez használható. [3]

Emellett alkalmas nagy szívóssági igénybevételű tömörsajtoló szerszámokhoz, evőeszközök kivágószerszámaihoz is, illetve húzópofák, nagy esztergapontozók és hasonló, nagy szívóssági követelményű szerszámok készíthetők belőle. [4]

Mivel a munkám során 2 művelethez csak keményfém szerszám állt a rendelkezésemre a cég szerszámtárában, így szeretném bemutatni a keményfém szerszámmal történő edzett anyagok forgácsolhatóságát, illetve, hogy milyen technológiai paramétereket, megmunkálási környezetet érdemes választani. A fejezet továbbá tartalmaz egy elemzést is, a forgácsoló szerszám kopásáról és a hatásáról a kimeneti paraméterekre. Egy rövid összefoglalást adok az elmúlt évek ipari és tudományos kutatási kísérleteiből.

Edzett acélok osztályozása:

A megmunkálás területén az ISO 513:2012 szabvány szerint hat kategóriába sorolhatóak a megmunkálható anyagok. Ezen anyagok közül a H csoportba tartoznak azok az acélok, amelyek 45HRC feletti keménységgel szállíthatóak közvetlenül a gyártóktól, viszont a kemény acélok nincsenek egyértelműen besorolva. Ezek az acélok a tervezett felhasználási területtől függően az amerikai szabványok (AISI) szerint osztályozhatók:

-Ütésálló szerszámacélok:

Szénttartalmuk 0,5-0,6% között van, ötvözőelemeik túlnyomórészt króm, volfrám és molibdén alapúak. Ide tartoznak a szilícium és magnézium alapú ötvözőelemeket tartalmazó acélok is. A temperálási műveleteket olajfürdőben vagy vízfürdőben végzik.

-Szerszámacélok hidegalakítási megmunkáláshoz:

200°C-ot meg nem haladó ipari alkalmazásokban használják. A temperálási műveleteknél alkalmazott hűtési környezettől függően ezek a következők: olajfürdős hűtés (<1°C) és szabadtéri hűtés (≈1°C).

-Szerszámacélok melegalakítási megmunkáláshoz:

Ezeket az acélokat melegalakítási alkalmazásokhoz használják, ahol a hőmérséklet eléri a 200-800°C-ot. Három fő kategóriába sorolhatók: krómalapú (<3,25%Cr); volfrám alapú (>9 tömeg%); molibdén alapú (>8%Mo). Ebbe a kategóriába tartoznak az ISO 513:2012 szabvány szerinti H csoportba tartozó acélok.

-Gyors szerszámacélok:

Ezen acélok széntartalma 0,6% körüli, króm- és kobalttartalmuk 4% és 5-12%. Az összetételükben uralkodó ötvözőelemtől függően két nagy kategóriába sorolhatók: molibdén alapú és volfrám alapú.

Ezen csoportok közül a gyártási feladatomban a hidegalakító szerszámacéllal kellett dolgoznom. A H csoportba tartozó acélok közül az ISO 513:2012-es szabvány szerinti

Die és Mold 2020-ban készített táblázatában szerepel, hogy az X45NiCrMo4-es anyag a H3-as, azon belül a 3.2-es anyagcsoportba tartozik. [5]

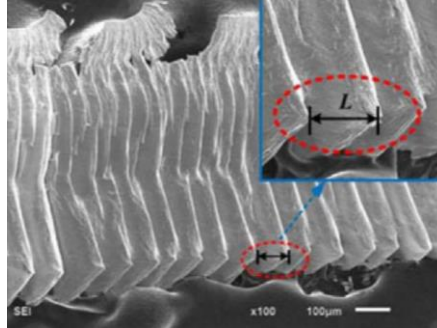
Marási folyamatok és technológiai rendszerek:

A síkmarási eljárások a leggyakrabban alkalmazottak, kinematikailag rendkívül rugalmasak és könnyen alkalmazhatóak a megmunkálandó alkatrész szélességének felétől eltolva, ha az kisebb, mint a maró átmérője. „A numerikus vezérlésű marórendszereknél célszerű a megmunkálást a marószerszám előtolása irányában végezni.” Forgácsolás közben a nagy anyagkeménység, a helytelenül megválasztott forgácsolási paraméterek vagy a szerszámgeometria magas forgácsolóerőkhöz vezet. A marási megmunkálás egyik fő jellemzője, hogy a folyamat során a forgácsolóerők pozíciót változtatnak. Ezért fontos figyelembe venni két koordinátarendszert a leírásához: egy rögzített- és egy változó koordinátarendszert. A megmunkálási folyamat lehető legjobb stabilitása érdekében fontos, hogy a maró átmérőjének csak az 50-80%-a legyen használatban, de ennél kisebb értékek is használhatóak. [5]

A keményfém maráshoz használt gépeknek, szerszámoknak sajátos jellemzőkkel kell rendelkezniük. Így a gépeknek fokozott merevségűnek kell lenniük, különösen nagy fogásmélységgel végzett marási műveleteknél, durva megmunkálás esetén. Ezért nagy stabilitású gépeket használnak, rezgésálló öntöttvas kerettel. Ennél az anyagnál a marási eljárással történő megmunkálásnak a fő hátránya, hogy a szerszámok meglehetősen gyorsan elhasználódnak, ami rossz felületi minőséget és kedvezőtlenebb megmunkálhatóságot eredményez. Geometriai szempontból a megmunkáláshoz használt marószerszámoknak maximális fogszámmal kell rendelkezniük a forgácsképződés megkönnyítése és a megmunkálási hőmérséklet csökkentése érdekében. Korábban (Shnfiret al., 2019) kísérleteket végeztek különböző élvonalbeli geometriájú kerámia lapkákkal 48HRC keménységű C45-ös munkadarabok homlokmarásához. A kísérlet kimutatta, hogy a rádiusz jelenléte a forgácsolóéleken kedvezőbb hatással van a megmunkálhatóságra, mint a más típusú meghatározott geometriák. [5]

Forgácsolási paraméterek, a folyamat paraméterei, jellemzői és a keletkező forgács:
A keményacél megmunkálásánál a forgácsok adiabatikus nyírósáv (ASB) szerkezetűek

és folytonosak, ezért a technológiai paraméterek optimalizálása esetén a forgácsban oxidáció történik a fázisátalakulás helyett. A 2.ábrán a keletkezett forgács látható. [5]



2. ábra. A keletkezett forgács. [5]

A kísérlet során az alábbi paraméterek voltak beállítva: forgácsolási sebesség $v_c=200\text{m/perc}$, előtolási sebesség $v_f=600\text{mm/perc}$, fogás szélessége $a_e=31,5\text{mm}$ és a fogásmélység $a_p=0,3\text{ mm}$, egy $d=63\text{mm}$ átmérőjű maró 6 db kivehető CBN lapkával. A nyírási sávok osztásköze megközelítőleg $100\mu\text{m}$ nagyságú. A megmunkálás síkmarás volt. A forgácsolási paramétereket a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat. Forgácsolási paraméterek. [5]

Machining characteristics				Technological parameters						Process parameters	
Source	Workpiece material	Tool type	Machining process	v_c [m/min]	n [rpm]	v_f [mm/min]	f_z [mm/tooth]	a_p [mm]	a_e [mm]	Maximum force [N]	Maximum temperature [°C]
(Shnfir et al., 2019)	C45U / 1045 (48 HRC)	Ceramic Al ₂ O ₃ + SiCW (Ø40; z=4)	Face milling	400	3200	2176	0.17	2	25.4	720	-
				500	4000	1440	0.05			220	
(Shnfir et al., 2019)	C45U / 1045 (53 HRC)	Ceramic Al ₂ O ₃ + SiCW (Ø40; z=4)	Face milling	400	3200	2176	0.17	2	25.4	740	-
				500	4000	1440	0.05			235	
(X. B. Cui et al., 2015)	X40CrMoV5-1/ H13 (48 HRC)	Cemented carbide Ti (C, N)- Al ₂ O ₃ (Ø125; z=8)	Face milling	200	510	164	0.04	0.2	75	85	-
				1000	2550	816				155	
				1400	3600	1152				115	
				1800	4600	1472				120	
				2000	5100	1632				125	
				2400	6120	1960				135	
(X. Cui et al., 2015)	X40CrMoV5-1/ H13 (47 HRC)	CBN (Ø125; z=8)	Face milling	1200	3060	1960	0.08	0.2	15	820	
									45	63	930
									75		1010
(Cui and Zhao, 2015)	X40CrMoV5-1/ H13 (47 HRC)	Cemented carbide Ti (C, N)- Al ₂ O ₃ (Ø125; z=8)	Face milling	400	1020	490	0.06	0.4	10	180	-
				1200	3060	1470				155	
				2400	6115	2940				140	
				400	1020	490				155	
				1200	3060	1470			25	125	
				2400	6115	2940				120	
(Riza and Adesta, 2016)	X40CrMoV5-1/ H13 (48 HRC)	CBN (Ø20; z=4)	Pocket milling	150	2400	2400	0.15	0.1	20	225	700
				150	2400	2400	0.15	0.2	20	75	590
				200	3200	1280	0.1	0.15	20	215	720
				250	4000	480	0.05	0.1	20	160	120
				250	4000	480	0.05	0.2	20	85	140
				250	4000	2400	0.15	0.1	20	70	100
(Ravi and Gurusamy, 2020)	40CrMnMo7/ P20 (48 HRC)	Uncoated carbide (Ø16; z=2)	Contour milling	75	1500	60	0.02	0.5	10	260	240
				100	2000	90				235	360
				125	2500	100				220	370
(Li, Zhang, Wang, et al., 2019)	X40CrMoV5-1/ H13 (50 HRC)	Cemented carbide Ti (N, C)- Al ₂ O ₃ (Ø20; z=3)	Contour milling	250	4000	2400	0.2	2	2	1624.5	839.7 (sim.)
				300	5000	3000				1239.5	984.5 (sim.)
				350	5600	3360				1157.8	1080 (sim.)
				300	5000	2250				1140.3	873.2 (sim.)
				300	5000	3750				1372.5	1152 (sim.)
(Zhang et al., 2019)	X40CrMoV5-1/ H13 (50 HRC)	Cemented carbide Ti (C, N)- Al ₂ O ₃ (Ø20; z=2)	Contour milling	200	3200	1280	0.2	2	2	-	395
				300	4800	1920				480	
				400	6400	2560				520	

Magyar nyelvű fordítás a táblázathoz a 3. táblázatban olvasható.

3. táblázat. Fordítás. [saját]

source	forrás
workpiece material	a munkadarab alapanyaga
tool type	szerszámtípus
machining process	megmunkálási folyamat
machining characteristics	megmunkálási jellemzők
ceramic	kerámia
cemented carbide	cementált keményfém
uncoated carbide	bevonat nélküli keményfém
face milling	síkmarás
pocket milling	zsebmarás
contour milling	kontúrmarás
technological parameters	technológiai paraméterek
process parameters	folyamat paraméterek
maximum force	maximális erő
maximum temperature	maximális hőmérséklet

Jelölésmagyarázat a táblázathoz a 4. táblázatban olvasható.

4. táblázat. Jelölésmagyarázat. [saját]

v_c	forgácsolási sebesség
n	fordulatszám
v_f	előtoló sebesség
f_z	fogankénti előtolás
a_e	fogásszélesség
a_p	fogásmélység

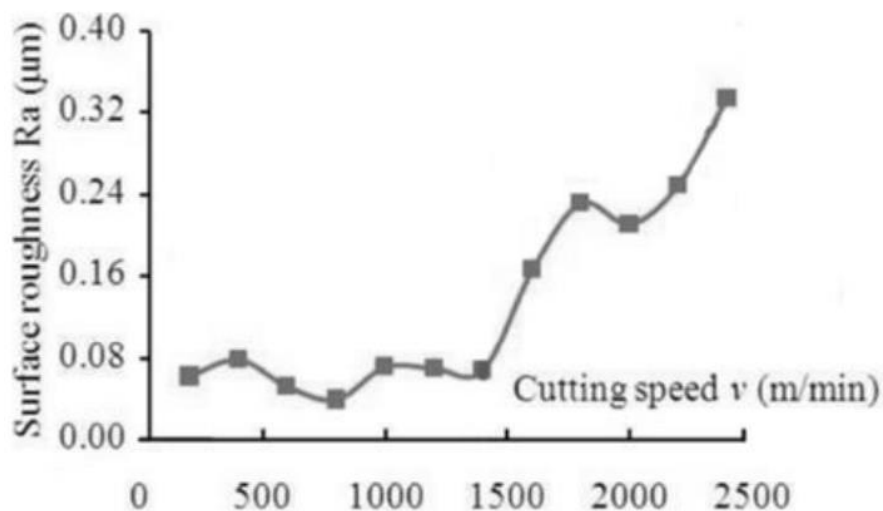
Szerszámkopás és szerszámélettartam:

„A szerszámkopást a forgácsolószerszám éleinek megmunkálás közbeni deformációja vagy sérülése okozza a szerszám és a munkadarab közötti kölcsönhatások következtében.” A szerszám élettartama közvetlenül befolyásolja a költségeket és a

gyártási folyamat hatékonyságát. A (Shnfir et al., 2019) által bemutatott tanulmány kimutatta, hogy 53HRC keménységű C45U munkadarab megmunkálásánál alacsonyabb, akár 1000mm/perc előtolási sebességgel történő forgácsoláskor finom szerszámkopás érhető el. Az 1000mm/perc-nél nagyobb előtolási sebességeknél a forgácsolási sebességhez viszonyítva jelentősebb kopás jelentkezik, elérve a kráter típusút is. A szerszám tartósságát az eltávolított anyag térfogata határozza meg, amíg a roncsoló kopás bekövetkezik. Egy 47HRC keménységű X40CrMoV5-1 (H13) nyersdarab síkmarásakor azt mutatta a vizsgálat, hogy a szerszám akkor lesz tartós, ha a forgácsolási sebesség alacsony, körülbelül 400m/perc, nagy fogásszélesség mellett. Viszonylag nagy, 2400m/perc körüli forgácsolási sebesség esetén a szerszám tartóssága csak kisebb fogásszélességeknél nő. Ezenkívül azt is kimutatta, hogy a vágóéleken tapadási kopás jelentkezik a forgácsolási sebesség növekedésével. [5]

Geometriai és makroszerkezeti jellemzők:

Ezeket a jellemzőket elsősorban a keletkezett felületek érdessége jellemzi. A (Cui et al., 2015) által egy 47HRC keménységű X40CrMoV5-1 (H13) munkadarab megmunkálásakor végzett vizsgálatban kimutatták, hogy a forgácsolási sebesség növekedésével az átlagos érdességértékek $0,1\mu\text{m}$ -t meg nem haladó értékekről $0,4\mu\text{m}$ -re nőnek. A vizsgálatot azonos $0,04\text{mm/fog}$ előtolási sebességgel végezték. A kapott eredmény a 3. ábrán látható. [5]



3. ábra. V_c - R_a grafikon. [5]

Fordítás: *surface roughness*-felületi érdesség, *cutting speed*-forgácsolási sebesség.

A vizsgálat tehát kimutatta, hogy nagyobb forgácsolási sebességeknél a kapott érdesség, így a szerszámélek által a mart felületen hagyott nyomok mélysége és csúcsai, valamint egyéb hibák kevésbé hangsúlyosak a kisebb forgácsolási sebességű marási műveletekhez képest.

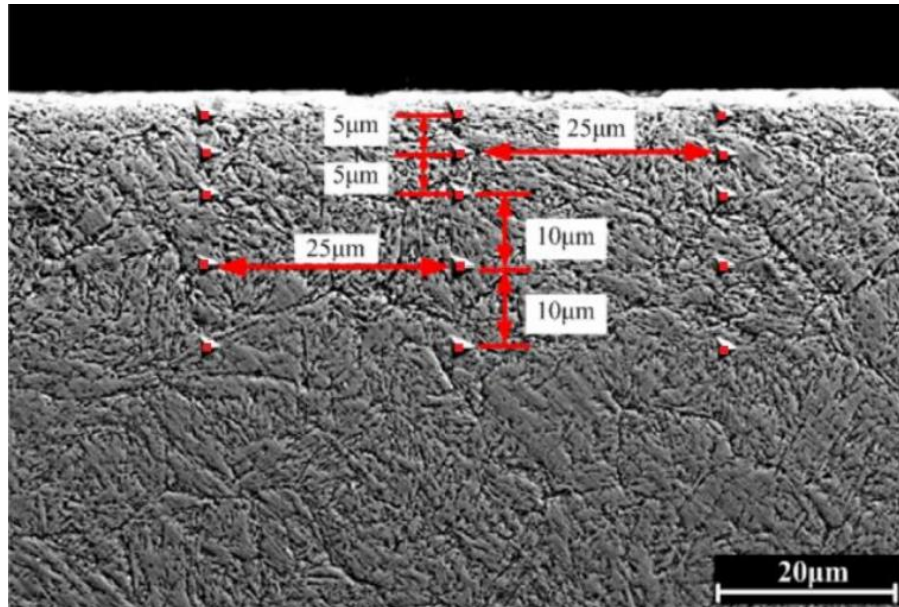
Felületi rétegek mikroszerkezeti jellemzői:

„A 45HRC-t meghaladó keménységű edzett acélok megmunkálása után gyakran jelennek meg kemény fehér rétegek a megmunkált felületek közelében.” Ennek több oka lehet: a fűtött felületek kölcsönhatása atmoszféra elemekkel, és a kivehető betétekből bevonatok, így oxidok, nitridek vagy egyéb vegyületek képződnek, valamint a fázistranszformációk kialakulása, amelyek a felületi rétegek keménységének növekedésének is a fő okai. A kutatásban (Hassanpour et al., 2016) 36CrNiMo4 (AISI 4340) típusú és 45HRC keménységű nyersdarab 150m/perc forgácsolási sebesség melletti megmunkálásakor körülbelül 14,5µm ausztenit fázisú kemény fehér rétegvastagságot kaptak. A fogankénti előtolás 0,04mm/fog volt. Oxidációs reakciók voltak megfigyelhetőek a megmunkált felületen, amikor a vas kölcsönhatásba lépett az oxigénnel (Li et al., 2018) és az oxidáció mértékétől függően különböző színek jelentek meg a megmunkált felületen. „Ezek a FeO, Fe₃O₄ és Fe₂O₃ oxidos vegyületeinek felelnek meg, a világoskék, fekete és piros színek asszociációjával.” Megállapítást nyert, hogy a forgácsolószerszám megmunkálási hőmérséklete és megmunkálási expozíciós ideje jelentősen befolyásolja az oxidációs hatások jelenlétét. [5]

Felületi rétegek fizikai-mechanikai jellemzői:

A megmunkált felületi rétegek és a felületek minőségének elemzésére gyakran használt paraméter a maradó feszültség. Ezek a feszültségek a marási folyamatok során előfordulnak a megmunkált felülettel kapcsolódó rétegekben és a következő jelenségeket okozzák: mechanikai hatás zóna (MAZ), hőhatás zóna (HAZ), fázisátalakulások a megmunkált anyag mikroszerkezetében. A kutatásban (Li et al., 2018) a felületi réteg mikrokeménységének alakulását elemezték egy 50HRC keménységű X40CrMoV5-1 (H13) nyersdarab síkmarásával. A mikrokeménységet nanoazonosítással határozták meg egy elektroerózióval vágott minta különböző pontjain, három oszlopon, 25µm-es térközzel, a 4. ábra szerint. Megállapították a mikrokeménység alakulását a megmunkált

felülettől 35 μm mélységig, és arra a következtetésre jutottak, hogy a szerszám és a munkadarab határfelületén kialakuló képlékeny deformáció miatt a mikrokeményység a megmunkált felület felé növekszik. Ez látható a 4. ábrán. [5]



4. ábra. Mikrokeménység az anyag szerkezetében. [5]

Összegzés:

A vizsgálatokból és a kutatásokból az szűrhető le, hogy a nagy keménységű anyagok marására használt szerszámgépeknek nagyon merev kialakításúaknak kell lenniük, különösen a durva megmunkálásnál, a technológiai rendszerben fellépő nagy erők miatt. A szerszámgépek gyakran nagy, nehéz öntöttvas tömbökből készülnek, amelyek elnyelik a megmunkálási folyamatok során fellépő rezgéseket. A szerszámgép főorsójának nagyon jól központosítottnak kell lennie a nagy forgácsolási sebességű megmunkálás miatt, és a szerszámtájolás-rögzítő rendszereknek nagy pontossággal kell rendelkezniük ahhoz, hogy a szerszámtengely és a főorsó tengelye egytengelyű legyen. A forgácsolóerők csökkenthetők a forgácsolósebesség vagy az előtolási sebesség csökkentésével. A forgácsolási folyamat hőmérséklete fontos paraméter a marási folyamat optimalizálásához, mivel befolyásolja a forgácsolószerszám tartósságát és a felületek integritását. „A vastag nyírószalagokban a forgácsképződés különösen a keményfém alkatrészek megmunkálásakor jellemző. Ez a forgácsképző mechanizmus a hőre lágyuló instabilitásnak köszönhető. A ciklikus repedések adiabatikus nyírósávok kialakításával

elősegítik ezeket a törési mechanizmusokat.” A marási folyamat során keletkező nyírószalagok osztásköze nyírósávban történő forgácsképződés esetén a forgácsolási sebesség és az előtolási sebesség növekedésével fokozatosan csökken. A forgács szerkezetében a megmunkálás eredményeként jelenlévő ausztenit fázisok a forgácsolási sebesség és az előtolási sebesség növekedésével nőnek. Ez pedig az ausztenit fázisok jelentős csökkenéséhez vezet a megmunkált felületeken, csökkentve ezzel a forgácsolószerszám éleinek kopásával általában kialakuló kemény fehér rétegeket. A képződött forgácsok színváltozásai az oxidációból adódnak, ahol a kék, a fekete és a piros színek sorrendben megfelelnek a FeO , Fe_3O_4 és Fe_2O_3 -nak. A keményfémek marásánál a megfelelő felületminőség elérése érdekében javasolt a megmunkálást nagy forgácsolási sebességgel, de viszonylag alacsony előtolási sebességgel végezni. Ennek nyilvánvaló előnye lesz a megmunkált felületen előforduló képlékeny alakváltozások kiegyenlítődése. A megmunkált felületeken alacsony felületi érdesség érhető el, ha a forgácsolószerszámok vágóélein lévő sugarak alacsony értékűek. Megállapítást nyert továbbá az a tény is, hogy a keményfém megmunkálásánál használt szerszámoknak a forgácsolóélek területén minél kisebb sugarakkal kell rendelkezniük, hogy kemény fehér rétegek ne képződjenek a megmunkált felületen. Ez a feltétel azért előnyös, mert elkerülhető a magas technológiai hőmérséklet, amely ausztenit fázisok kialakulásához vezethet. A felületi rétegek mikrokeménysége magasabb a megmunkált felület irányába.

„Ezt a nyírási jelenségek által okozott anyagleválasztásból adódó termikus és mechanikai hatások okozzák, ami a forgácsolási folyamatok fő mechanizmusa.” Azt a következtetést szűrhetjük le, hogy ezen anyagok megmunkálási folyamatainak fő előnyei a következők:

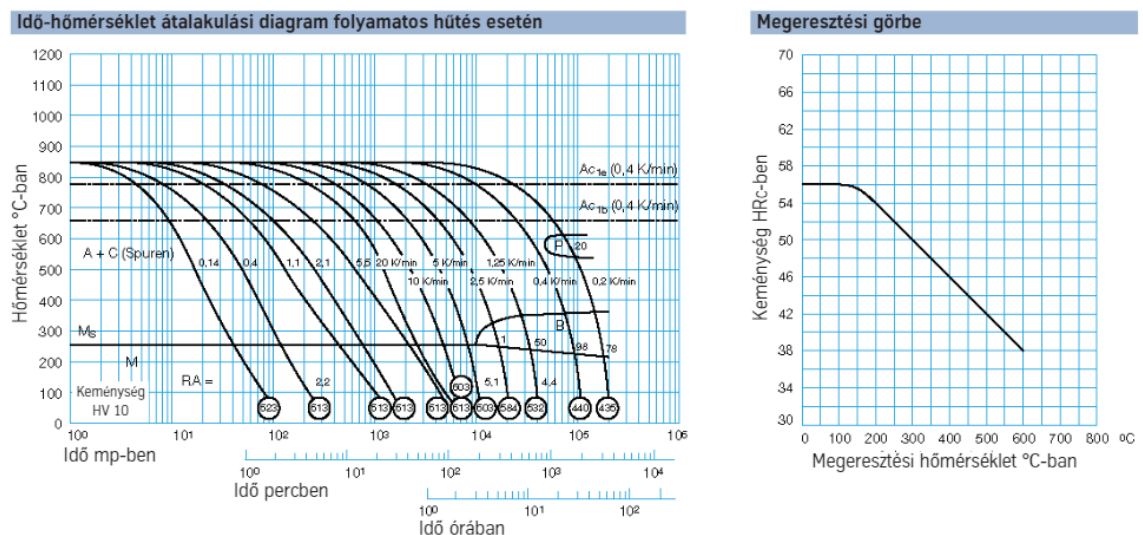
- a gyártási idő csökkenthető az alkatrészek beszerzéséhez szükséges műveletek számának csökkentésével;
- egyes műveletek elhagyása lehetséges, mint például: köszörüléssel végzett finiselés; fűrési műveletek; elektroeróziós megmunkálások;
- a megmunkálás a munkadarab egyetlen tájolású rögzítésével történik, ami előnyt jelent a megmunkálási pontosság szempontjából;
- könnyebben előállítható munkadarabokat használnak, például négyszögletes vagy hengeres alakúakat;
- jobb minőségű és méretpontosabb, $1,6\mu\text{m}$ -nél kisebb érdességű és a felületi rétegek jó mechanikai tulajdonságaival rendelkező felületek érhetőek el. [5]

6.3 Hőkezelési lehetőségek

Mivel a rendelt anyag hidegalakító szerszámacél, így a hőkezelése nagy gondosságot igényel. Lágyított állapotban forgácsolják, ugyanis a durva karbidos szövetszerkezet, illetve a karbidsorosság idő előtti tönkremenetelt okozhat. A magas szén- és ötvöző tartalmú acélok ausztenitesítését több lépésben célszerű elvégezni a rossz hővezető képességük miatt. Az edzés utáni megeresztés pedig alacsony hőfokon történik. [6]

Az X45NiCrMo4-es anyag hőkezelésére több lehetőség is van. Lehet lágyítani (részlegesen, vagy teljesen), normalizálni, normalizálni+edzeni, edzeni és vákuumedzeni. Az anyag lágyítását 800-840°C-ig érdemes végezni kemencében való hűtással. Edzeni 840-870°C-ig érdemes levegőn való hűtással (olajban is lehetséges). A maximális edzési keménység 56HRC. A megeresztési hőmérséklet 100-600°C-ig terjedhet a kívánt keménységet figyelembe véve (56HRC-38HRC). [7,8]

Az 5. ábrán az anyaghoz tartozó T-t és megeresztési diagramok láthatóak.



5. ábra. T-t és megeresztési diagram. [8]

Munkám során én az alkatrész vákuumedzése mellett döntöttem, amelynek kifejtéséről és részleteiről a gyártástervezői munkám lépései/hőkezelés fejezetben olvashatunk.

7. A CÉG ISMERTETÉSE

Ahogy már korábban is említésre került, szakdolgozati munkámat a nyáron a C és Társa Kft.-nél készítettem el. Ebben a fejezetben ezt a céget ismertetem röviden, illetve az itt dolgozó gépparkot is bemutatom. A 6. ábrán a cég telephelye látható.



6. ábra. C és Társa Kft. [9]

A cég ügyvezetője Czene Dániel, aki a kapcsolattartóm volt a munka alatt. A C és Társa Vegyesipari Szolgáltató Kft. 1990-ben alakult, 100%-ban magyar tulajdonú vállalkozás. A cég székhelye és telephelye: 2600 Vác, Deákvári fasor 14/c. A cég megalakulásában nagy szerepe volt az alapító fémforgácsolásban szerzett szakmai tapasztalatnak, és a minőségi munkák határidőre történő legyártásban való jártasságnak, szem előtt tartva a megrendelő igényei szerinti rugalmas kivitelezést. Több, mint 30 éves működése alatt régiójában jó piaci pozíciót ért el, területi lefedettségét növelve fokozatosan bővíti szolgáltatásait. Folyamatosan bővülő és korszerű gépparkjuk magas technológiát és minőséget eredményez. Jelenleg 600m²-en, 12 fő magasan kvalifikált munkatárssal dolgoznak azon, hogy megrendelőiket minél magasabb színvonalon tudják kiszolgálni. Munkatársaiknak rendszeres szakmai továbbképzést biztosítanak, hogy kielégítsék az újonnan megjelenő igényeket.

Fő tevékenységeik közé tartozik a fémmegmunkálás (fémforgácsolás, gépalkatrészgyártás), egyedi célgépek tervezése, gyártása, összeszerelése (pneumatikus, elektromos és hidraulikus rendszerek), ipari robotok és gépek gyártása PLC vezérléssel,

garanciával és CE minősítéssel, gépek és gépi berendezések javítása, egyetemes és CNC megmunkálás (CNC esztergálás, CNC marás), fogaskerékgyártás, vésés, szerszámgyártás, precíziós alkatrész megmunkálás, szerkezeti lakatosmunkák és műszerész munkák, lemezmegmunkálás, darabolás, hajlítás, lézervágás (20 mm-ig).

A cég az alábbi szolgáltatásokat biztosítja: a tervezéstől, az anyagbeszerzéstől kezdve a megmunkálásig és a csomagolásig a megrendelők részére - igény szerint - a készáru szállítását is vállalják. [9]

Alább olvasható a cég gépparkja.

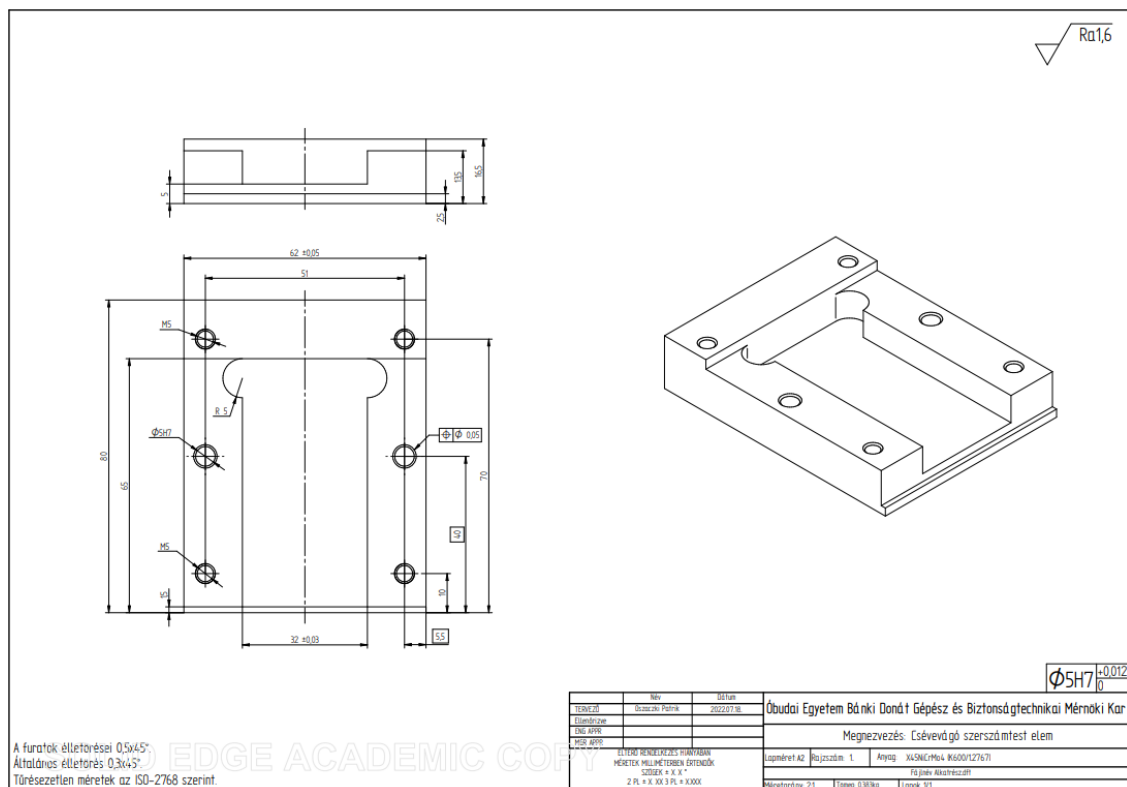
CNC marók:	Haas VF-5/40 NCT EML 800B-200-as széria NCT Euromill 850L-104-es széria NCT Kondia B640
CNC esztergák:	DMG CTX 310 V3 Eco-Siemens 840-es vezérlő EPA 400-Hunor 721-es vezérlő Optimum L33 CNC-Siemens 802-es Baseline vezérlő
Hagyományos marók:	TOS FA3AU TOS FA2 TOS FA4 TOS FWD32
Hagyományos esztergák:	E3N-01 2db-750-es és 1250-es csúcshossz E400 M1500 16K20 CCCP MVE 280M
Köszörűk:	Jotes SPC 20 síkköszörű TOS BPH 300 síkköszörű KU 250-03/750 Fumat palástköszörű
Szalagfűrészek:	Bomar 320.250 G HAP 280 automata
Egyéb gépek:	WMW Modul fog lefejtő maró Mattei ERC 507 H röpsúlyos központi kompresszor Raboma 5 tonnás oszlopos fűró Jenny 1,8 tonnás prégép

8. GYÁRTÁSTERVEZŐI MUNKÁM LÉPÉSEI

8.1 Műszaki rajz és előgyártmány bemutatás

Az alkatrész műszaki rajzát a cég kapta a megrendelőtől, azonban mivel nem kaptam engedélyt arra, hogy a kapott formában beletegyem a dolgozatomba, újra kellett készítenem. A rajzot a Solid Edge 2021-es tervezőprogramban készítettem el. A pdf-be átkonvertált és kinyomtatott rajz a dolgozat végén található. Ez az 1-es számú melléklet. Ahogy az a rajzon is látszik, az alkatrész szélessége és a belső zseb szélessége is tűrve van. Előbbi $\pm 0,05\text{mm}$, utóbbi $\pm 0,03\text{mm}$ értékű tűréssel van ellátva. A rajzon megtalálható a felületi érdesség értéke is, ez esetben $R_a=1,6\mu\text{m}$. A szöveges leírás tartalmazza a furatok élettöréseit, az általános élettörést és az általános tűrésezés szabványát is. Egy táblázat mutatja az Ø5H7-es furat tűrésértékeit. A szövegmező tartalmazza az alkatrész nevét, az egyetem nevét, az alkatrész tömegét, anyagát, a rajz méretarányát, valamint a készítő és a készítés dátumát is.

A rajz előnézete a 7.ábrán, a mellékletben A2-es méretben található.



7. ábra. Műszaki rajz. [saját]

A következő lépés a munkám során az előgyártmány meghatározása volt. Mivel a műszaki rajzon szerepel, hogy az általános felületi érdesség $R_a=1,6\mu\text{m}$, így az alkatrész összes oldalát meg kell munkálni.

Ez azt vonja maga után, hogy nem készíthető el az alkatrész 1 felfogásból, 2-re lesz szükség. Ezt úgy oldottam meg, hogy a magassági irányban nagyobb ráhagyással rendeltem az előgyártmányt, hogy legyen elegendő megfogási magassága az anyagnak, amely a biztonsági szempontot is figyelembe veszi, igaz, így minimálisan többet kellett forgácsolni, síkmarni.

Az alkatrész előgyártmányát a Böhler Kft.-től rendeltem. 52 darabot kértem az esetleges selejt ráhagyás végett. A rendelt előgyártmány méretei 82x64x25mm. Alakját tekintve egy hasáb, amelynek hossza 82mm, vagyis 1-1mm ráhagyás van rajta. Szélessége 64mm, ugyancsak 1-1mm-es ráhagyással. Magassága a 2 felfogás miatt nagyobb, 25mm, vagyis 8,5mm ráhagyás van rajta.

Mivel ezt az anyagot lágyított állapotban forgácsolják, így az előgyártmányt is így rendeltem és a forgácsolás után lett hőkezelve.

Az előgyártmány egy X45NiCrMo4 anyagú előrendelt 82x64x25mm-es hasáb.

8.2 Szerszámgép kiválasztása

Mivel az alkatrészen az összes megmunkálás marási, illetve fúrási művelet, így egy CNC marógépen legyártható az alkatrész. A cég rendelkezésére álló gépei közül a legújabb Haas VF-5N/40-es gépet választottam, mivel ez a gép állt rendelkezésre, ugyanis többi marógépen már dolgoztak. Ez a gép az Amerikai Egyesült Államokban gyártott függőleges 3 tengelyes marógép, amelynek nagy teljesítményű direkt hajtású orsója, illetve hosszított asztala van Y irányban. A szerszámbefogója 40-es kúpos, így a HSK40-es szerszámok mind befoghatóak. Egyszerre 20db szerszámot képes tárolni a szerszámtárban. A kezdő ára a Haas hivatalos honlapján 2022.07.14-i napon 81.995Euro, amely a 2022.07.14-i Wise által számolt árfolyammal, ahol 1Euro=409,64Ft körülbelül 33.600.000.Ft. [10] A 8-9. ábra a gépet, az 5. táblázat pedig a gép műszaki jellemzőit tartalmazza.



8. ábra. Haas VF-5N/40. [10]



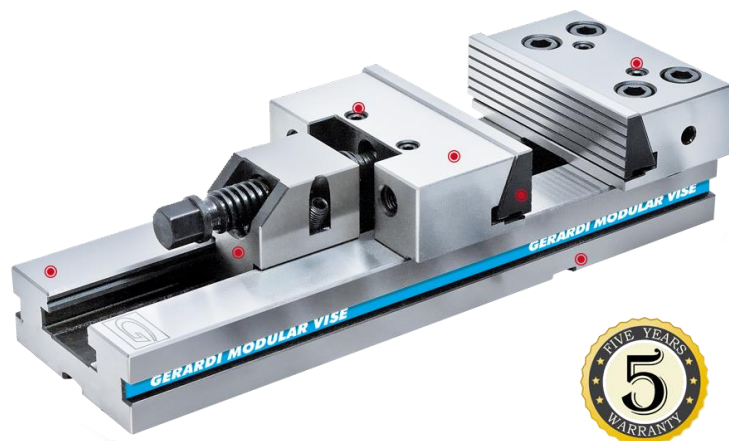
9. ábra. A gép munkatere. [saját]

5. táblázat. Haas VF-5N/40 műszaki jellemzők. [10]

X tengely mozgástartomány	1270mm
Y tengely mozgástartomány	660mm
Z tengely mozgástartomány	635mm
Orsóortól az asztalig mozgástartomány	107-742mm
Maximális teljesítmény	22,4kW
Maximális sebesség	8100rpm
Maximális nyomaték	122Nm
Kúp	CT vagy BT 40
Hűtés	Folyadék hűtés
Asztalhossz	1372mm
Asztalszélesség	610mm
A T-horony szélessége	15,9-16mm
T-horony tengelytáv	80mm
Alapértelmezett T-hornyok száma	7db
Max. súly az asztalon (egyenletesen)	1814kg
Maximális előtolás forgácsoláskor	12700mm/min
Gyorsjárat előtolás X irányban	18000mm/min
Gyorsjárat előtolás Y irányban	18000mm/min
Gyorsjárat előtolás Z irányban	18000mm/min
Maximális tolóerő X irányban	11343N
Maximális tolóerő Y irányban	18238N
Maximális tolóerő Z irányban	18238N
Szerszámtartó típus	Karusszel
Szerszámtartó kapacitás	20db
Maximális szerszámtérő (tele)	89mm
Maximális szerszámtömeg	5,4kg
Átlagos szerszámcsere idő	4,2s
Forgácsoláskor átlagos szerszámcsere idő	4,5s
Tömeg	5761kg

8.3 Befogás, befogó készülék kiválasztása

A szerszámgép kiválasztása után a következő feladatom a befogó készülék kiválasztása volt, majd a befogás megtervezése. Befogó készüléknek az alapból a Haas marógépbe szerelt befogó állt a rendelkezésemre. A készülék a Gerardi Standard Type 1 ART. satu volt, amely a 10-11. ábrán látható.



10. ábra. Gerardi Standard Type 1 ART. [11]

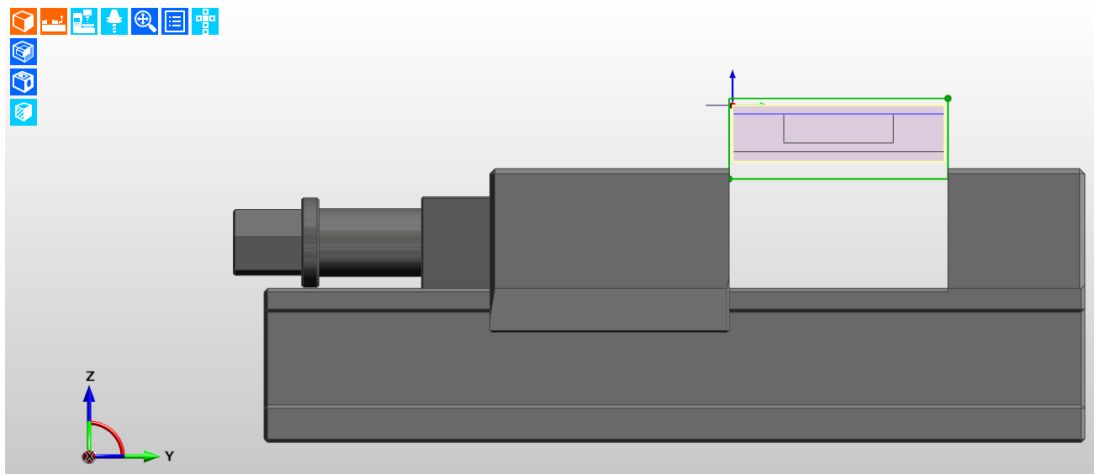


11. ábra. Befogó készülék a gépben. [saját]

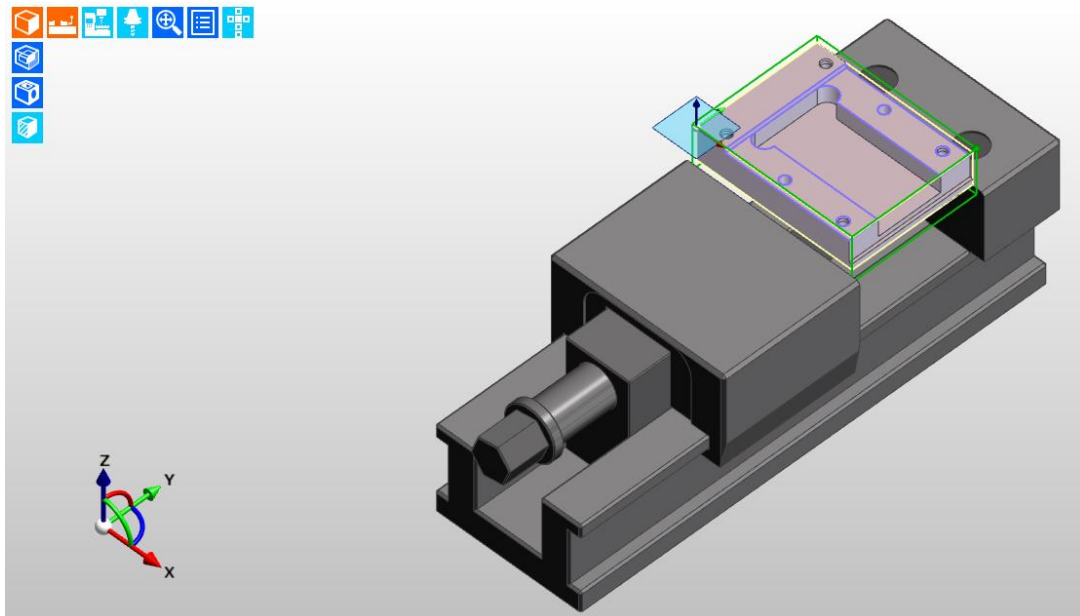
A Gerardi satu és minden tartozéka moduláris felépítésű, és az összes alkatrész tökéletes illeszkedéssel cserélhető. A satu nagy pontosságú, különösen a következők miatt: magas alap; hosszirányú kulcsanyákkal való igazítás a rögzített pofához képest; a rögzített pofa merőlegessége a satu alapjához képest; valamint az alap felső és alsó felületének párhuzamossága. Ezek a funkciók lehetővé teszik, hogy a satu használatával néhány másodperc alatt megoldjuk a legváltozatosabb és legbonyolultabb rögzítési problémákat.

Ahogy a képen is látható a satu egyik pofája fix, a másik mozgó pofa. A pofák keménysége $60 \pm 2\text{HRC}$. Edzett acél anyagúak, vagyis kopásállóak és merevek. Minden csúszó- és csatlakozófelület köszörült. A géptengelyhez való tökéletes igazítást hossz- és keresztornyok (16H7) vagy pozícionáló furatok ($\varnothing 16\text{F7}$) biztosítják. [11]

A munkadarabot mind a két felfogásban sík, függőleges pofák közé fogtam be. A 12-15. ábra az EdgeCAM programból kivágott befogást szemlélteti.



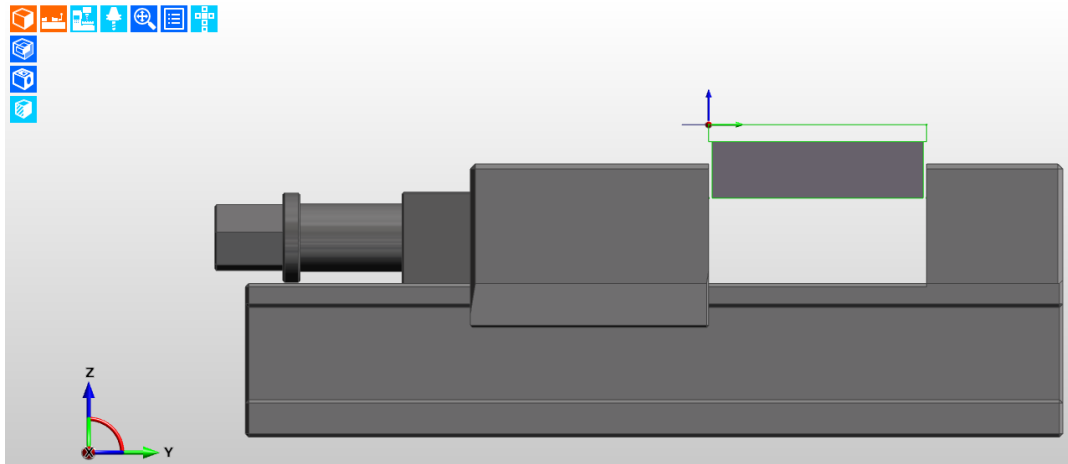
12. ábra. EdgeCAM 1. megfogás I. [saját]



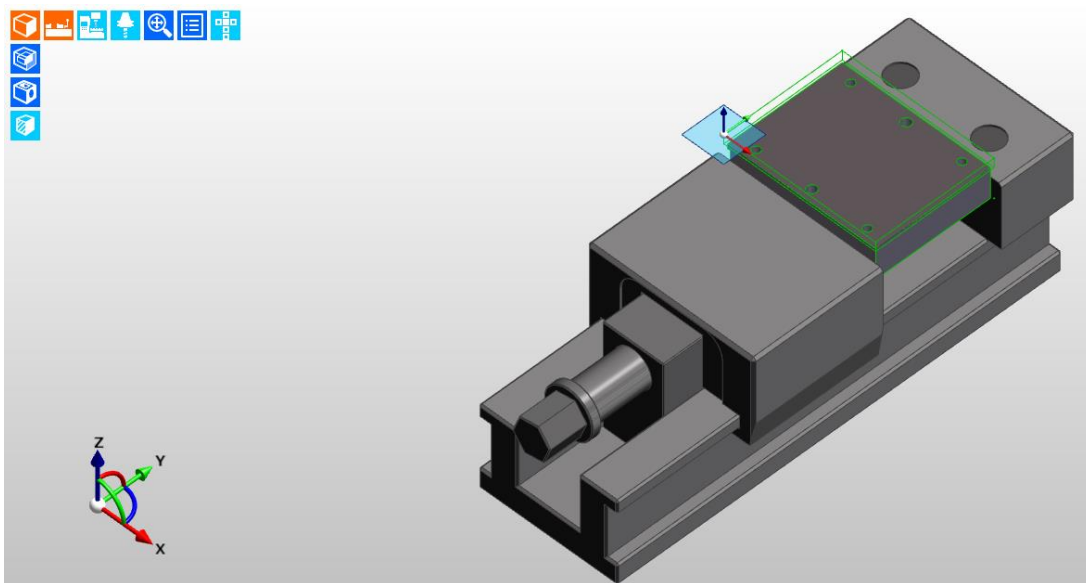
13. ábra. EdgeCAM 1. megfogás II. [saját]

A satu a munkadarabot 3mm magasan fogja, meghúzási ereje 5000N.

A második megfogásnál függőleges irányban megfordítottam a darabot az alsó ráhagyás eltávolítása végett. Az alkatrész így már a kész magasságára van forgácsolva.



14. ábra. EdgeCAM 2. megfogás I. [saját]



15. ábra. EdgeCAM 2. megfogás II. [saját]

Természetesen a képen látszó hégaz a satupofák és a munkadarab széle között nincs ott a valóságban, hiszen akkor nem tudnánk megszorítani a darabot. Mivel körbe is van már kontúrozva a darab a 2. megfogásra, így az előgyártmány már szélesebb a kész munkadarabnál, és csupán a program nem tudja vizuálisan összébb húzni a pofákat, mint az előgyártmány szélessége.

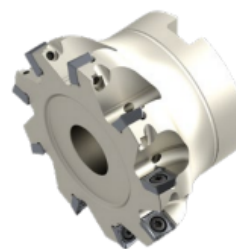
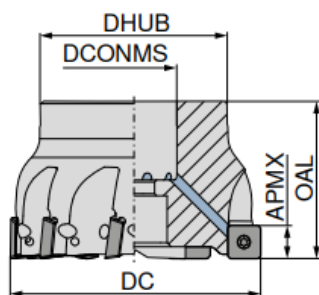
8.4 Szerszámterv

A következő feladatom a szerszámterv összeállítása volt a megmunkáláshoz, amely szerszámokkal a gépet fel is kellett szerszámoznom. A szerszámokat a rendelkezésre állóak közül választottam, vagyis nem vásároltam újat külön erre a gyártási feladatra.

A szerszámtár 1-es pozíciójába egy síkmarót választottam és helyeztem be. Ezzel a szerszámmal történnek a síkmarások, illetve a kontúrnagyolás. A síkmarót 4 részből szereltem össze: marófej, lapkák, befogó és a behúzó gomba.

A szerszám a Ceratizit GmbH által forgalmazott síkmaró, amelynek adatait a hivatalos katalógusából mutatom be. Az ábrákon a szerszámok és geometriai jellemzőik láthatóak.

Marófej: A490.52.R.07-09 MaxiMill szármaró, Ceratizit GmbH által forgalmazott.

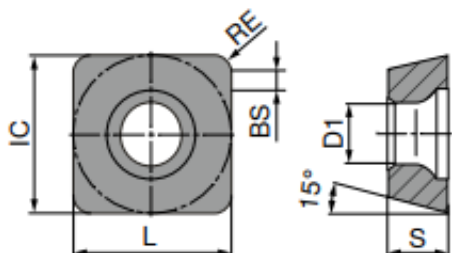


16. ábra. Marófej. [12.1]

Főél elhelyezési szög: $\kappa=90^\circ$	DC=52mm	Fogszám: $z=7$
Meghúzási nyomaték: $M=3,2\text{Nm}$	APMX=8mm	DHUB=43mm
DCONMS=22mm (H6)	OAL=40mm	

A marófej ára a katalógus alapján 446,3 Euro, ami a 2022.07.18-i napon a Wise adatai alapján 180.000Ft, ahol 1 Euro=402,015Ft.

Lapka: 51 011 108 (SDHT/SDNT), 4 élű, Ceratizit GmbH által forgalmazott.



17. ábra. Marólapka. [12.2]

IC=9,52mm

D1=4,4mm

RE=0,8mm

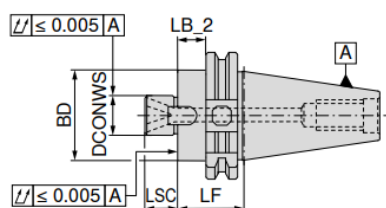
L=9,52mm

BS=2,5mm

S=3,97mm

A váltólapka ára a katalógus alapján 10db 12,19 Euro, ami a 2022.07.18-i napon a Wise adatai alapján 4.900Ft, ahol 1 Euro=402,015Ft.

Befogó: 82 428 422 keresztornyos feltűzhető marótüske, Ceratizit GmbH által forgalmazott.



18. ábra. Síkmaró befogó. [13.1]

Befogó: SK40

DCONWS=22mm

LB_2=81mm

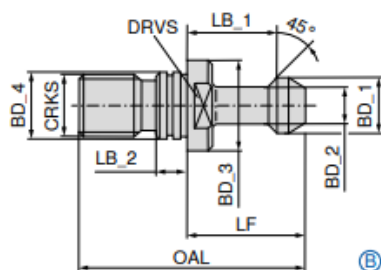
LF=100mm

BD=48mm

LSC=19mm

A befogó ára a katalógus alapján 62,16 Euro, ami a 2022.07.18-i napon a Wise adatai alapján 25.000Ft, ahol 1 Euro=402,015Ft.

Behúzó gomba: 83 538 040 (ISO7388-1) B-alak, Ceratizit GmbH által forgalmazott.



19. ábra. Behúzó gomba. [13.2]

Befogó: SK40

BD_1=15mm

BD_2=10mm

BD_3=23mm

BD_4=17mm

CRKS=M16

OAL=57mm

LF=32mm

LB_1=25mm

LB_2=5mm

DRVS=19mm

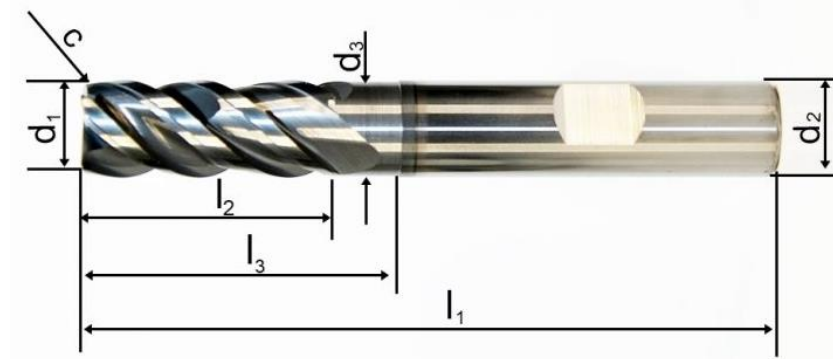
Meghúzási nyomaték: 90Nm

A behúzó gomba ára a katalógus alapján 9,86 Euro, ami a 2022.07.18-i napon a Wise adatai alapján 4.000Ft, ahol 1 Euro=402,015Ft.

A szerszámtár 2-es pozíciójába egy szármarót választottam és helyeztem be. Ezzel a szerszámmal történik a kontúrsimítás, a kis lépcső simítása, a belső zseb nagyolása és a belső zseb simítása. A szármarót 2 részből szereltem össze, a befogóba helyeztem a marószárat.

A marószár a Gootools Kft. terméke, a befogó pedig a Ceratizit GmbH által forgalmazott.

Marószár: D8×22×27×D8×64-4F HPC 4 élű tömör keményfém szármaró, Weldon szárral, egyenlőtlen élosztással, változó spirálszöggel, változó horonymélységgel.



20. ábra. 8-as szármaró. [14]

$d_1=8\text{mm}$

$l_2=22\text{mm}$

$d_3=7,8\text{mm}$

$l_3=27\text{mm}$

$d_2=8\text{mm}$

$l_1=65\text{mm}$

$C=0,2\times 45^\circ$

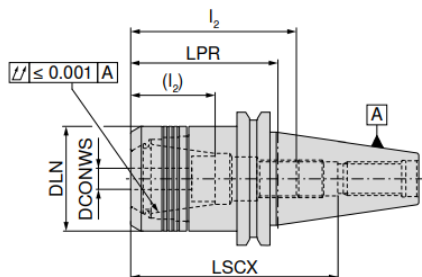
Élszám: 4

Szártípus: WELDON – HB

Megmunkálható anyagok: Szénacélok, rozsdamentes acélok, hőálló ötvözetek.

A marószár ára a honlap alapján 10.500Ft.

Befogó: 84 424 102 ER precíziós szorítópatronos befogó – Centro-P, Ceratizit GmbH által forgalmazott.



21. ábra. 8-as szármaró befogó. [13.3]

Befogó: SK40

DCONWS=1-10mm LSCX=110mm

DLN=30mm

$l_2=28-45\text{mm}$

LPR=70mm

$(l_2)=16-31\text{mm}$

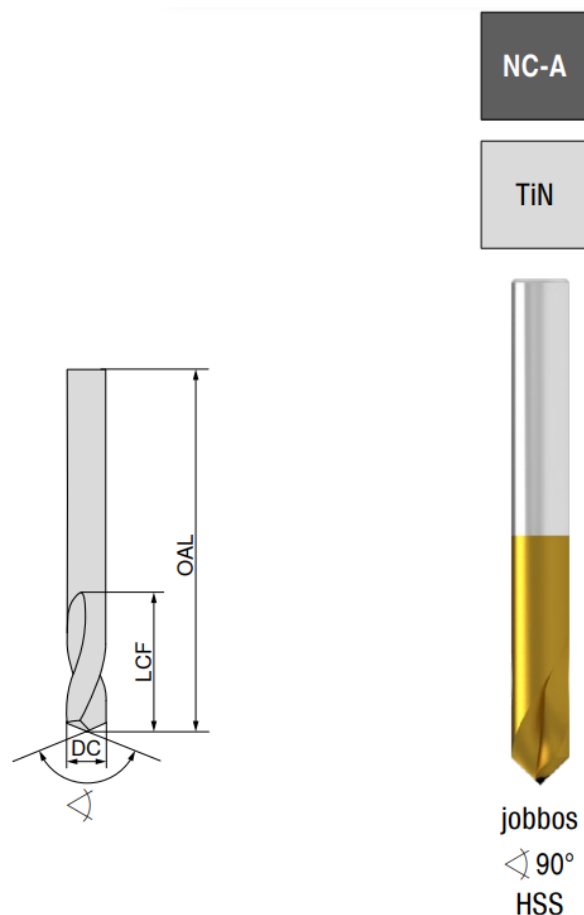
Szorítópatronok: 425E (ER16)

A befogó ára a katalógus alapján 93,22 Euro, ami a 2022.07.18-i napon a Wise adatai alapján 37.500Ft, ahol 1 Euro=402,015Ft.

A szerszámtár 3-as pozíciójába egy NC központfűrőt választottam és helyeztem be. Ezzel a szerszámmal történik a 4db menetes furat és a 2db H7-es furat központfurata, illetve a süllyesztések elkészítése. A központfűrőt 2 részből szereltem össze, a befogóba helyeztem a fűrészárat.

A fűrészár és a befogó is Ceratizit GmbH által forgalmazott szerszám.

Fűrészár: 10 522 100 (NC központfűrő) 90°-os, Ceratizit GmbH által forgalmazott.



22. ábra. NC központfűrő. [15.1]

DC=10mm (h6)

OAL=89mm

LCF=25mm

A fűrészár ára a katalógus alapján 21,35 Euro, ami a 2022.07.18-i napon a Wise adatai alapján 9.000Ft, ahol 1 Euro=402,015Ft.

Befogó: 84 424 102 ER precíziós szorítópatronos befogó – Centro-P, Ceratizit GmbH által forgalmazott, vagyis ugyanaz a befogótípus van használva, mint a 8-as szármaróhoz.

A szerszámtár 4-es pozíciójába egy keményfém fúrót választottam és helyeztem be. Ezzel a szerszámmal történik a 4db menetes furat előfúrása. A fúrót 2 részből szereltem össze, a befogóba helyeztem a fúrószárat. Azért van tömör keményfém fúró választva, mert 4,2-es átmérőből semmilyen, 4,3-as átmérőből pedig csak az alábbi állt a cég rendelkezésére.

A fúrószár a Gootools Kft. terméke, a befogó pedig a Ceratizit GmbH által forgalmazott.

Fúrószár: Ø4,3×21,5×60-2F (TiSiN bevonat) tömör keményfém fúró belső hűtés nélkül 5D spirálhosszal, szárazon.



23. ábra. 4,3-as fúrószár. [16]

Forgácsolási átmérő: $DC=4,3\text{mm}$

Forgácsolási hossz: $l_2=21,5\text{mm}$

Teljes hossz: $l_1=60\text{mm}$

Élek száma: 2

A fúrószár ára a honlap alapján 4.240Ft.

Befogó: 84 424 102 ER precíziós szorítópatronos befogó – Centro-P, Ceratizit GmbH által forgalmazott, vagyis ugyanaz a befogótípus van használva, mint a 8-as szármáróhoz és a központfúróhoz.

A szerszámtár 5-ös pozíciójába egy menetfúrót választottam és helyeztem be. Ezzel a szerszámmal történik a 4db menetes furat menetfúrása. A fúrót 3 részből szereltem össze, a befogóba helyeztem a fúrószárat egy betéttel együtt.

A fúrószár a RECA Kft. terméke, a befogó és a betét pedig a Ceratizit GmbH által forgalmazott szerszám.

Fúrósár: RECA ultra gépi menetfúró DIN 371-B HSSE-TiCN zöld M 5



24. ábra. Menetfúró. [17]

Hossz: L=70mm

Szárátmérő: D=6mm Forgácsolási átmérő: DC=M5

Magfurat átmérő: D1=4,2mm

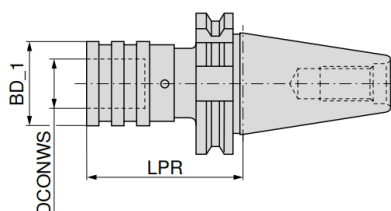
Menetemelkedés: P=0,8mm

Négyszög-laptávolság: L1=4,9 mm Forgácsoló hossz: L2=20mm

A fúrósár árát a honlapról nem tudjuk megállapítani, de a cég visszakereste számomra.

Az ára 35 Euro, ami a 2022.07.18-i napon a Wise adatai alapján 14.000Ft, ahol 1 Euro=402,015Ft.

Befogó: 83 428 412 gyorsan cserélhető menetfúró tokmány hosszkiegénylítéssel, Ceratizit GmbH által forgalmazott.



25. ábra. Menetfúró befogó. [13.4]

Befogó: SK40

LPR=60mm

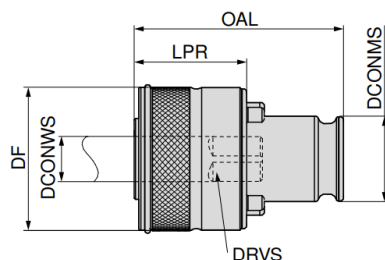
DCONWS=19mm

Forgácsolási tartomány: M3-M12 BD_1=38mm

Hosszkiegénylítés: ± 9 mm

A befogó ára a katalógus alapján 211,7 Euro, ami a 2022.07.18-i napon a Wise adatai alapján 85.000Ft, ahol 1 Euro=402,015Ft.

Betét: 83 616 106, Ceratizit GmbH által forgalmazott.



26. ábra. Menetfúró betét. [13.5]

DCONWS=6mm

DRVS=4,9mm

DIN371: M4,6-M6

DF=33mm

DCONMS=19mm

OAL=46,5mm

LPR=25mm

A betét ára a katalógus alapján 91,14 Euro, ami a 2022.07.18-i napon a Wise adatai alapján 37.000Ft, ahol 1 Euro=402,015Ft.

A szerszámtár 6-os pozíciójába egy gyorsacél fúrót választottam és helyeztem be. Ezzel a szerszámmal történik a 2db H7-es furat előfúrása. A fúrót 2 részből szereltem össze, a fúrótokmányba helyeztem a fúrószárat.

A fúrószár a RECA Kft. terméke, a fúrótokmány pedig a Ceratizit GmbH által forgalmazott szerszám.

Fúrószár: RECA-csigafúró HSS CO 338-N 4,8MM



27. ábra. 4,8-as fúrószár. [18]

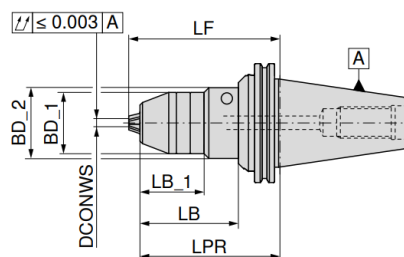
Teljes hossz: L=86mm

Forgácsolási átmérő: DC=4,8mm

Fogácsolóhossz: L1=52 mm

A fúrószár árát a honlapról nem tudjuk megállapítani, de a cég visszakereste számomra. Az ára 6,5 Euro, ami a 2022.07.18-i napon a Wise adatai alapján 2.600Ft, ahol 1 Euro=402,015Ft.

Fúrótokmány: 84 418 413 rövid fúrótokmány, Ceratizit GmbH által forgalmazott.



28. ábra. Fúrótokmány. [13.6]

Meghúzási nyomaték: 12Nm

Befogó: SK40

DCONWS=0,5mm-13mm

LPR=80mm

BD_2= nincsen

LB_1= nincsen

LB=60,8mm

LF=89mm

BD_1=48,5mm

A fúrótokmány ára a katalógus alapján 213,9 Euro, ami a 2022.07.18-i napon a Wise adatai alapján 86.000Ft, ahol 1 Euro=402,015Ft.

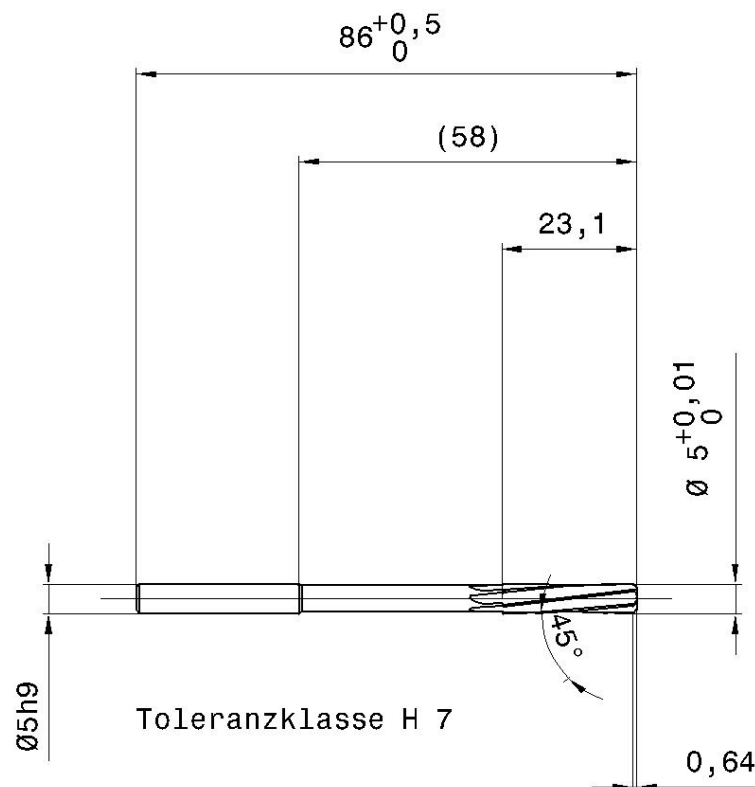
A szerszámtár 7-es pozíciójába egy dörzsárát választottam és helyeztem be. Ezzel a szerszámmal történik a 2db H7-es furat dörzsárazása. A szerszámot 2 részből szereltem össze, a befogóba helyeztem a dörzsárát.

A dörzsár a Tritán-Gühring Kft. terméke, a befogó pedig a Ceratizit GmbH által forgalmazott szerszám.

Dörzsár: Ø5,000 mm / H7 / DIN 212-2 / HSS-E / blank



29. ábra. Dörzsár. [19]



30. ábra. Dörzsár méretek. [19]

Tolreanzklasse-Tűrésosztály Fogsám: $z=6$

A dörzsár árát a honlapról nem tudjuk megállapítani, de a cég visszakereste számomra. Az ára 15 Euro, ami a 2022.07.18-i napon a Wise adatai alapján 6.000Ft, ahol 1 Euro=402,015Ft.

Befogó: 84 424 102 ER precíziós szorítópatronos befogó – Centro-P, Ceratizit GmbH által forgalmazott, vagyis ugyanaz a befogótípus van használva, mint a 8-as szármáróhoz, a központfúróhoz és a 4,3-as keményfém fúróhoz.

8.5 Műveleti sorrendterv

A 6. táblázatban láthatjuk a gyártás műveleti sorrendtervét, amely tartalmazza a művelet sorszámát, a művelet nevét, a művelethez használt szerszámokat és a művelet idejét.

6. táblázat. Műveleti sorrendterv. [saját]

Sorszám	Művelet	Szerszám	Idő
1. felfogás			
1.	Síkmarás	A490.52.R.07-09/51 011 108/82 428 422/ 83 538 040	3min 52s
2.	Kontúrnagyolás	A490.52.R.07-09/51 011 108/82 428 422/ 83 538 040	3min
3.	2. Síkmarás	A490.52.R.07-09/51 011 108/82 428 422/ 83 538 040	1min 6s
4.	Kontúrsimítás	D8×22×27×D8×64-4F/84 424 102	9s
5.	Kis lépcső simítása	D8×22×27×D8×64-4F/84 424 102	1min 2s
6.	Belső zseb nagyolása	D8×22×27×D8×64-4F/84 424 102	14min 11s
7.	Belső zseb simítása	D8×22×27×D8×64-4F/84 424 102	6s
8.	Központfúrás	10 522 100/84 424 102	50s
9.	Előfúrás (4db)	Ø4,3×21,5×60-2F/84 424 102	1min 35s
10.	Menetfúrás	DIN 371-B HSSE/83 616 106/83 428 412	24s
11.	Előfúrás (2db)	HSS CO 338-N 4,8mm/84 418 413	1min 20s
12.	Dörzsárazás	Ø5/H7/DIN212-2/HSS-E/84 424 102	51s
2. felfogás			
1.	Síkmarás	A490.52.R.07-09/51 011 108/82 428 422/ 83 538 040	3min 52s
2.	Süllyesztés	10 522 100/84 424 102	25s

8.6 Műveletek részletezése

Ebben a fejezetben külön-külön mutatom be a műveleteket, kiszámítom a hozzájuk tartozó forgácsolási paramétereket, és bemutatom a generált szerszám pályákat. Fontos kiemelnem, hogy a hűtés mindegyik műveletnél ecoolaj emulzió elárasztással történik, így már nem térek ki erre a részletre minden egyes műveletnél. A részletezés előtt azonban szeretném a 7. táblázatban összefoglalni a számításban használt forgácsolási paramétereket, azok jeleit és mértékegységeit. Az ábrákon az EdgeCAM programban elkészített szerszám pályák láthatóak.

7. táblázat. Forgácsolási paraméterek. [saját]

Forgácsolási paraméter	Jelölés	Mértékegység
Radiális fogásmélység	a_e	mm
Axiális fogásmélység	a_p	mm
Forgácsolási átmérő	D_c	mm
Fogankénti előtolás	f_z	mm
Fordulatonkénti előtolás	f_n	mm/ford
Fordulatszám	n	1/min
Forgácsolási sebesség	v_c	m/min
Fajlagos forgácsolóerő	$k_{c1.1}$	N/mm ²
Nyomaték	M_c	Nm
Teljesítmény	P	kW
Fémeltávolítási sebesség	Q	cm ³ /min
Gépi főidő	t_g	sec
Fogások száma	i	-
Szerszám átmérő	d	mm
Fogak/élek száma	z	-
Előtoló sebesség	v_f	mm/min
Munkaút	L	mm

1.1 Síkmarás

Ennél a műveletnél történik az előgyártmány felső lapjának a síkolása.

Oldallépés: 10%

$$a_{p_3} = 0,5mm$$

$$v_c = 100 \frac{m}{min} [12.3] \quad f_z = 0,2mm [12.3] \quad a_e = 5,2mm$$

$$a_p = 1,5mm \quad i = 3$$

$$z = 7 \quad k_{c1.1} = 1820MPa \quad d = 52mm$$

$$L = 1106,4mm$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{100 \frac{m}{min} \cdot 1000}{52mm \cdot \pi} = 612,1344 \sim 612 \frac{1}{min}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,2mm \cdot 7 \cdot 612 \frac{1}{min} = 856,8 \sim 857 \frac{mm}{min}$$

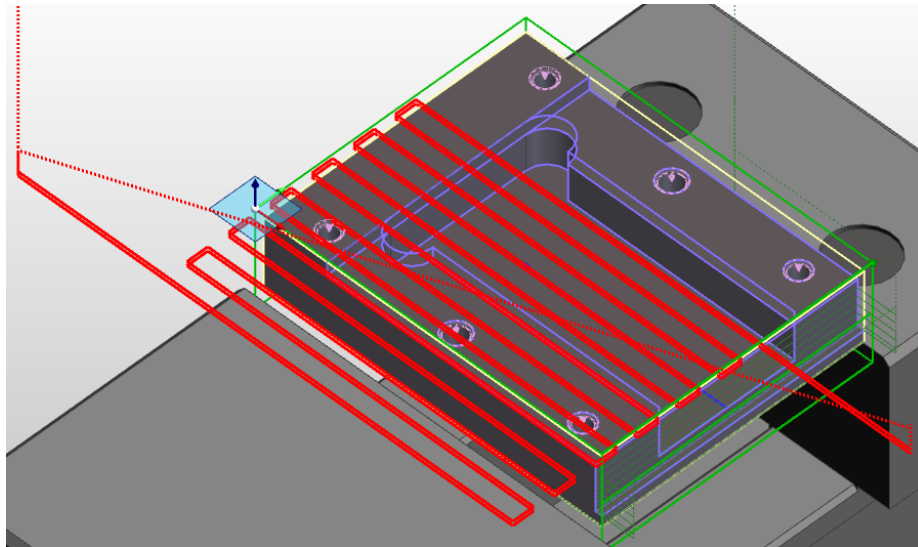
$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{1,5mm \cdot 5,2mm \cdot 857 \frac{mm}{min}}{1000} = 6,6846 \sim 6,68 \frac{cm^3}{min}$$

$$F_c = k_{c1.1} \cdot a_p \cdot f_z = 1820MPa \cdot 1,5mm \cdot 0,2mm = 546N$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{546N \cdot 100 \frac{m}{min}}{60} = 910W = 0,91kW$$

$$M_c = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{0,91kW \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 612 \frac{1}{min}} = 14,1991 \sim 14,2Nm$$

$$t_g = i \cdot \frac{L}{v_f} = 3 \cdot \frac{1106,4mm}{857 \frac{mm}{min}} = 3,873min \sim 3min 52s$$



31. ábra. Síkmarás szerszámpálya. [saját]

1.2 Kontúrnagyolás

Ennél a műveletnél történik a munkadarab külső széleinek, kontúrjának a megmunkálása.

Oldallépés: 10%

Ráhagyás: 0,1mm

$$a_{p_9} = 0,5mm$$

$$v_c = 100 \frac{m}{min} [12.3] \quad f_z = 0,2mm [12.3] \quad a_e = 0,9mm$$

$$a_p = 2mm \quad i = 9$$

$$z = 7 \quad k_{c1.1} = 1820MPa \quad d = 52mm$$

$$L = 286mm$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{100 \frac{m}{min} \cdot 1000}{52mm \cdot \pi} = 612,1344 \sim \mathbf{612} \frac{1}{min}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,2mm \cdot 7 \cdot 612 \frac{1}{min} = 856,8 \sim \mathbf{857} \frac{mm}{min}$$

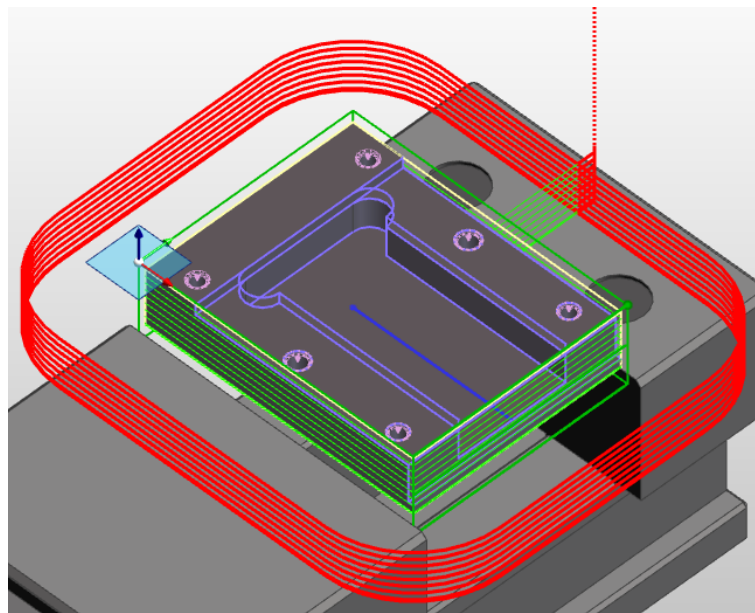
$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{2mm \cdot 0,9mm \cdot 857 \frac{mm}{min}}{1000} = 1,5426 \sim \mathbf{1,54} \frac{cm^3}{min}$$

$$F_c = k_{c1.1} \cdot a_p \cdot f_z = 1820MPa \cdot 2mm \cdot 0,2mm = \mathbf{728N}$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{728N \cdot 100 \frac{m}{min}}{60} = 1213,3333W \sim 1213,3W = \mathbf{1,21kW}$$

$$M_c = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{1,21kW \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 612 \frac{1}{min}} = 18,8801 \sim \mathbf{18,9Nm}$$

$$t_g = i \cdot \frac{L}{v_f} = 9 \cdot \frac{286mm}{857 \frac{mm}{min}} = 3,0035min \sim \mathbf{3min}$$



32. ábra. Kontúrnagyolás szerszámpálya. [saját]

1.3 2. Síkmarás

Ennél a műveletnél történik a zsebet tartalmazó felület síkmarása.

Oldallépés: 10%

$$v_c = 100 \frac{m}{min} \quad [12.3] \quad f_z = 0,2mm \quad [12.3] \quad a_e = 5,2mm \quad a_p = 1,5mm \quad i = 2$$

$$z = 7 \quad k_{c1.1} = 1820MPa \quad d = 52mm \quad L = 469,2mm$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{100 \frac{m}{min} \cdot 1000}{52mm \cdot \pi} = 612,1344 \sim \mathbf{612} \frac{1}{min}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,2mm \cdot 7 \cdot 612 \frac{1}{min} = 856,8 \sim \mathbf{857} \frac{mm}{min}$$

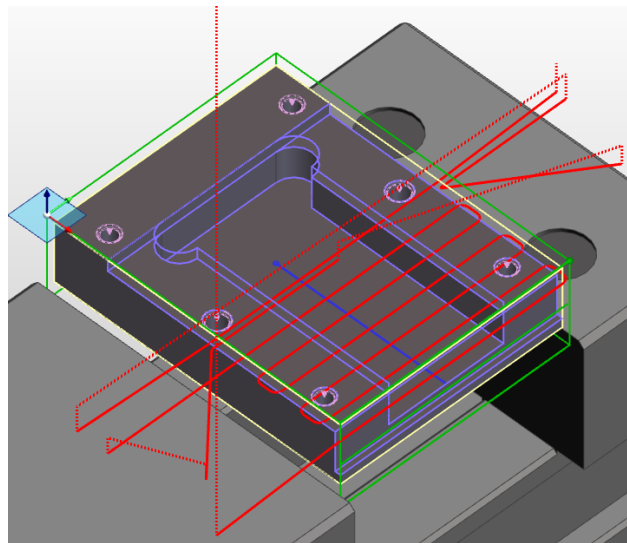
$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{1,5mm \cdot 5,2mm \cdot 857 \frac{mm}{min}}{1000} = 6,6846 \sim \mathbf{6,68 \frac{cm^3}{min}}$$

$$F_c = k_{c1.1} \cdot a_p \cdot f_z = 1820MPa \cdot 1,5mm \cdot 0,2mm = \mathbf{546N}$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{546N \cdot 100 \frac{m}{min}}{60} = 910W = \mathbf{0,91kW}$$

$$M_c = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{0,91kW \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 612 \frac{1}{min}} = 14,1991 \sim \mathbf{14,2Nm}$$

$$t_g = i \cdot \frac{L}{v_f} = 2 \cdot \frac{469,2mm}{857 \frac{mm}{min}} = 1,095min \sim \mathbf{1min\ 6s}$$



33. ábra. 2. Síkmarás szerszámpálya. [saját]

1.4 Kontúrsimítás

Ennél a műveletnél történik a munkadarab külső széleinek, kontúrjának a megmunkálása.

Oldallépés: 5%

$$v_c = 150 \frac{m}{min} [20] \quad f_z = 0,08mm [20] \quad a_e = 0,1mm \quad a_p = 16,5mm \quad i = 1$$

$$z = 4 \quad k_{c1.1} = 1820MPa \quad d = 8mm \quad L = 286mm$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{150 \frac{m}{min} \cdot 1000}{8mm \cdot \pi} = 5968,3104 \sim \mathbf{5968 \frac{1}{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,08mm \cdot 4 \cdot 5968 \frac{1}{min} = 1909,76 \sim \mathbf{1910 \frac{mm}{min}}$$

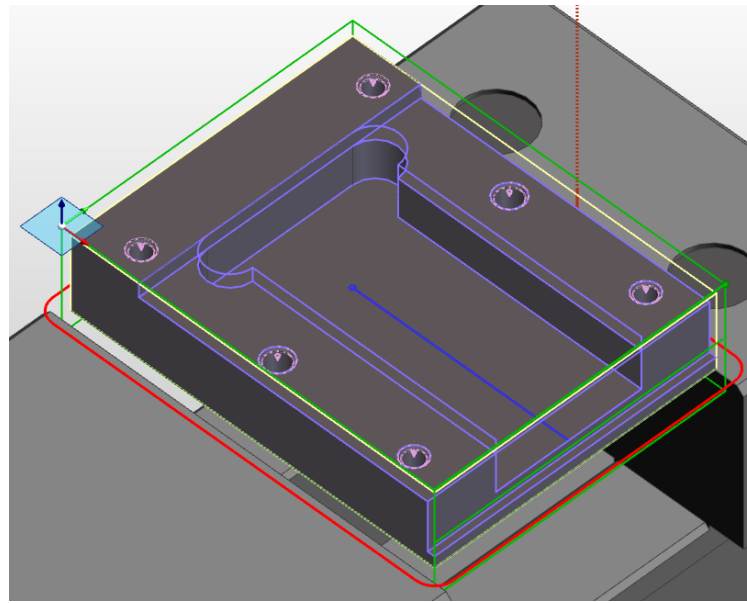
$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{16,5mm \cdot 0,1mm \cdot 1910 \frac{mm}{min}}{1000} = 3,1515 \sim \mathbf{3,15 \frac{cm^3}{min}}$$

$$F_c = k_{c1.1} \cdot a_p \cdot f_z = 1820MPa \cdot 16,5mm \cdot 0,08mm = 2402,4 \sim \mathbf{2402N}$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{2402N \cdot 150 \frac{m}{min}}{60} = 6005W = \mathbf{6kW}$$

$$M_c = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{6kW \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 5968 \frac{1}{\min}} = 9,6005 \sim \mathbf{9,6Nm}$$

$$t_g = i \cdot \frac{L}{v_f} = 1 \cdot \frac{286mm}{1910 \frac{mm}{\min}} = 0,1497min \sim \mathbf{9s}$$



34. ábra. Kontúrsimítás szerszám-pálya. [saját]

1.5 Kis lépcső simítása

Ennél a műveletnél történik a munkadarab elején található apró lépcső megmunkálása.

Oldallépés: 5%

$$a_{p_5} = 1mm$$

$$\begin{array}{llll} v_c = 150 \frac{m}{\min} [20] & f_z = 0,08mm [20] & a_e = 0,4mm & a_p = 2,5mm \quad i = 5 \\ z = 4 & k_{c1.1} = 1820MPa & d = 8mm & L = 396mm \end{array}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{150 \frac{m}{\min} \cdot 1000}{8mm \cdot \pi} = 5968,3104 \sim \mathbf{5968 \frac{1}{\min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,08mm \cdot 4 \cdot 5968 \frac{1}{\min} = 1909,76 \sim \mathbf{1910 \frac{mm}{\min}}$$

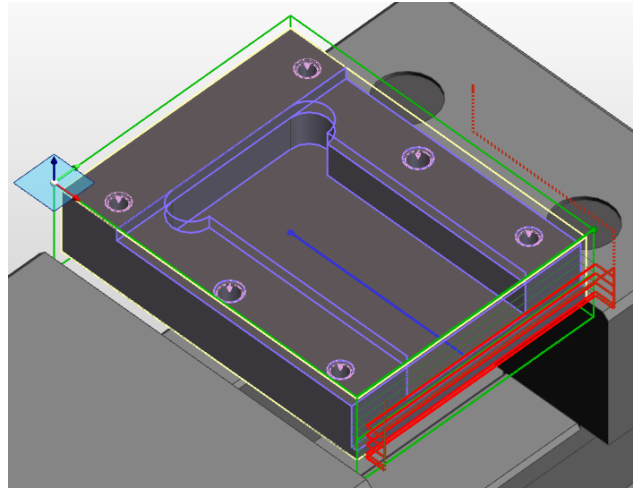
$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{2,5mm \cdot 0,4mm \cdot 1910 \frac{mm}{\min}}{1000} = \mathbf{1,91 \frac{cm^3}{\min}}$$

$$F_c = k_{c1.1} \cdot a_p \cdot f_z = 1820MPa \cdot 2,5mm \cdot 0,08mm = \mathbf{364N}$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{364N \cdot 150 \frac{m}{\min}}{60} = 910W = \mathbf{0,91kW}$$

$$M_c = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{0,91kW \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 5968 \frac{1}{\min}} = 1,4561 \sim \mathbf{1,5Nm}$$

$$t_g = i \cdot \frac{L}{v_f} = 5 \cdot \frac{396mm}{1910 \frac{mm}{\min}} = 1,0366min \sim \mathbf{1min \ 2s}$$



35. ábra. Kis lépcső simítás szerszám pálya. [saját]

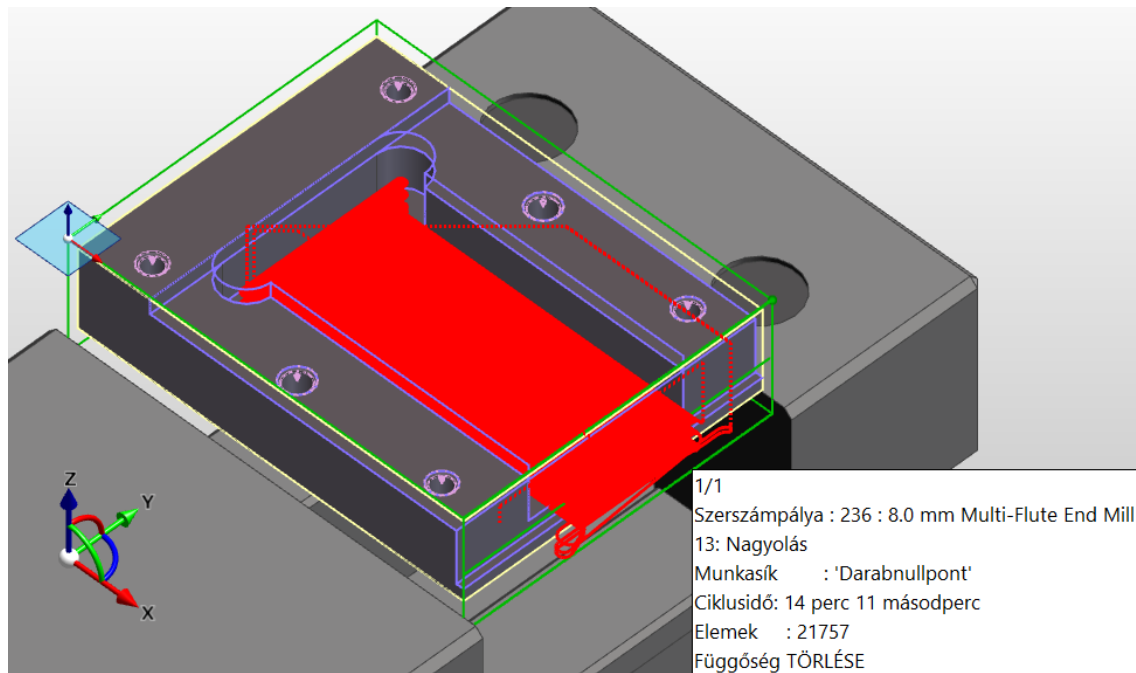
1.6 Belső zseb nagyolása

Ennél a műveletnél történik a belső zseb megmunkálása. Gazdasági okokból nem éri meg egy új nagyobb szerszámot venni, hogy csökkentsük a megmunkálás idejét, illetve a belső R5-ös rádiusz miatt maximum 10-es átmérőjű marót választhatnánk, ha egy szerszámmal szeretnénk végezni a megmunkálást.

$$\begin{aligned}
 &\text{Oldallépés: } 5\% \quad \text{Ráhagyás: } 0,1\text{mm oldalirányban} \quad a_{p_4} = 1\text{mm} \\
 &v_c = 150 \frac{\text{m}}{\text{min}} [20] \quad f_z = 0,08\text{mm} [20] \quad a_e = 0,4\text{mm} \quad a_p = 2,5\text{mm} \quad i = 4 \\
 &z = 4 \quad k_{c1.1} = 1820\text{MPa} \quad d = 8\text{mm} \\
 &n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{150 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 1000}{8\text{mm} \cdot \pi} = 5968,3104 \sim \mathbf{5968} \frac{1}{\text{min}} \\
 &v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,08\text{mm} \cdot 4 \cdot 5968 \frac{1}{\text{min}} = 1909,76 \sim \mathbf{1910} \frac{\text{mm}}{\text{min}} \\
 &Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{2,5\text{mm} \cdot 0,4\text{mm} \cdot 1910 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{1000} = \mathbf{1,91} \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \\
 &F_c = k_{c1.1} \cdot a_p \cdot f_z = 1820\text{MPa} \cdot 2,5\text{mm} \cdot 0,08\text{mm} = \mathbf{364N} \\
 &P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{364\text{N} \cdot 150 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{60} = 910\text{W} = \mathbf{0,91kW} \\
 &M_c = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{0,91\text{kW} \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 5968 \frac{1}{\text{min}}} = 1,4561 \sim \mathbf{1,5Nm}
 \end{aligned}$$

Mivel a gépi főidő számításához szükséges úthosszt ennél a szerszám pályánál nem tudjuk meghatározni, vagy csak nagyon bonyolult és hosszas matematikai módszerekkel, így az EdgeCAM szoftver által számított időt veszem figyelembe.

A szoftverből: $t_g = 14 \text{ min } 11\text{s}$



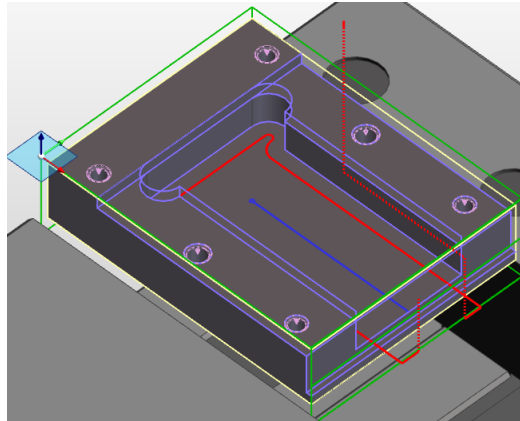
36. ábra. Belső zseb nagyolás szerszám+gépifűző. [saját]

1.7 Belső zseb simítása

Ennél a műveletnél történik a belső zseb simítása.

Oldallépés: 5%

$$\begin{aligned}
 v_c &= 150 \frac{m}{min} [20] & f_z &= 0,08mm [20] & a_e &= 0,1mm & a_p &= 8,5mm & i &= 1 \\
 z &= 4 & k_{c1.1} &= 1820MPa & d &= 8mm & L &= 183,42mm \\
 n &= \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{150 \frac{m}{min} \cdot 1000}{8mm \cdot \pi} = 5968,3104 \sim \mathbf{5968 \frac{1}{min}} \\
 v_f &= f_z \cdot z \cdot n = 0,08mm \cdot 4 \cdot 5968 \frac{1}{min} = 1909,76 \sim \mathbf{1910 \frac{mm}{min}} \\
 Q &= \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{8,5mm \cdot 0,1mm \cdot 1910 \frac{mm}{min}}{1000} = 1,6235 \sim \mathbf{1,62 \frac{cm^3}{min}} \\
 F_c &= k_{c1.1} \cdot a_p \cdot f_z = 1820MPa \cdot 8,5mm \cdot 0,08mm = 1237,6 \sim \mathbf{1238N} \\
 P_c &= \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{1238 \cdot 150 \frac{m}{min}}{60} = 3095W = \mathbf{3,1kW} \\
 M_c &= \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{3,1kW \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 5968 \frac{1}{min}} = 4,9603 \sim \mathbf{5Nm} \\
 t_g &= i \cdot \frac{L}{v_f} = 1 \cdot \frac{183,42mm}{1910 \frac{mm}{min}} = 0,096min \sim \mathbf{6s}
 \end{aligned}$$

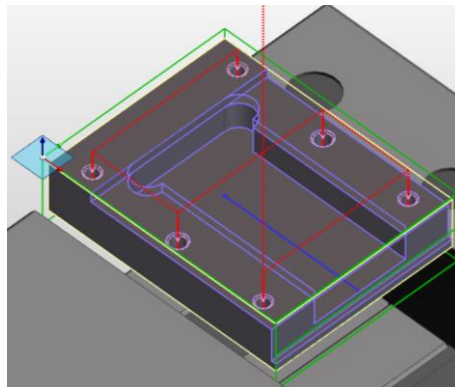


37. ábra. Belső zseb simítás szerszámpálya. [saját]

1.8 Központfúrás

Ennél a műveletnél történik a 6db furat központfúrása.

$$\begin{aligned}
 v_c &= 45 \frac{m}{min} [15.1] & f_n &= 0,025mm [15.2] & a_e &= 3mm & a_p &= 3mm \\
 k_{c1.1} &= 1820MPa & d &= 10mm & L &= 30mm & i &= 1 \\
 n &= \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{45 \frac{m}{min} \cdot 1000}{10mm \cdot \pi} = 1432,3945 \sim \mathbf{1432} \frac{1}{min} \\
 v_f &= f_n \cdot n = 0,025mm \cdot 1432 \frac{1}{min} = 35,8 \sim \mathbf{36} \frac{mm}{min} \\
 Q &= \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{3mm \cdot 3mm \cdot 36 \frac{mm}{min}}{1000} = 0,324 \sim \mathbf{0,32} \frac{cm^3}{min} \\
 F_c &= k_{c1.1} \cdot a_e \cdot f_n = 1820MPa \cdot 3mm \cdot 0,025mm = 136,5 \sim \mathbf{137N} \\
 P_c &= \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{137N \cdot 45 \frac{m}{min}}{60} = 102,75W = \mathbf{0,1kW} \\
 M_c &= \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{0,1kW \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 1432 \frac{1}{min}} = 0,6669 \sim \mathbf{0,7Nm} \\
 t_g &= i \cdot \frac{L}{v_f} = 1 \cdot \frac{30mm}{36 \frac{mm}{min}} = 0,8333min \sim \mathbf{50s}
 \end{aligned}$$



38. ábra. Központfúrás szerszámpálya. [saját]

1.9 Előfúrás (4db)

Ennél a műveletnél történik a 4db menetes furat előfúrása.

$$v_c = 50 \frac{m}{min} [15.3] \quad f_n = 0,07mm [15.3] \quad a_e = 2,15mm \quad a_p = 3mm \quad i = 6$$

$$k_{c1.1} = 1820MPa \quad d = 4,3mm \quad L = 68mm$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{50 \frac{m}{min} \cdot 1000}{4,3mm \cdot \pi} = 3701,2777 \sim 3701 \frac{1}{min}$$

$$v_f = f_n \cdot n = 0,07mm \cdot 3701 \frac{1}{min} = 259,07 \sim 259 \frac{mm}{min}$$

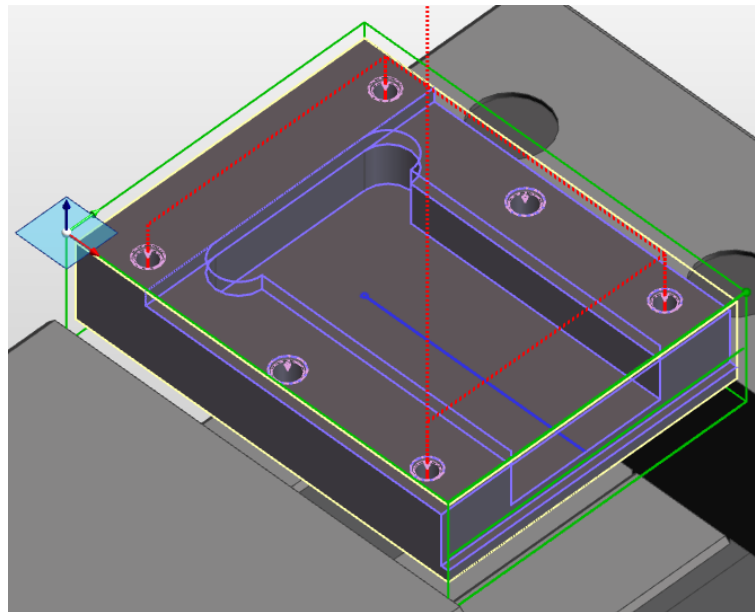
$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{3mm \cdot 2,15mm \cdot 259 \frac{mm}{min}}{1000} = 1,6706 \sim 1,67 \frac{cm^3}{min}$$

$$F_c = k_{c1.1} \cdot a_e \cdot f_n = 1820MPa \cdot 2,15mm \cdot 0,07mm = 273,91 \sim 274N$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{274N \cdot 50 \frac{m}{min}}{60} = 228,3333W = 0,23kW$$

$$M_c = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{0,23kW \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 3701 \frac{1}{min}} = 0,5934 \sim 0,6Nm$$

$$t_g = i \cdot \frac{L}{v_f} = 6 \cdot \frac{68mm}{259 \frac{mm}{min}} = 1,575min \sim 1min 35s$$



39. ábra. Előfúrás (4db) szerszámpálya. [saját]

1.10 Menetfúrás

Ennél a műveletnél történik a 4db menetes furat megmunkálása.

$$v_c = 6 \frac{m}{min} [21] \quad f_n = 0,8mm [21] \quad a_e = 0,35mm \quad a_p = 16,5mm$$

$$k_{c1.1} = 1820MPa \quad d = 5mm \quad L = 120mm \quad i = 1$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{6 \frac{m}{min} \cdot 1000}{5mm \cdot \pi} = 381,9719 \sim \mathbf{382 \frac{1}{min}}$$

$$v_f = f_n \cdot n = 0,8mm \cdot 382 \frac{1}{min} = 305,6 \sim \mathbf{306 \frac{mm}{min}}$$

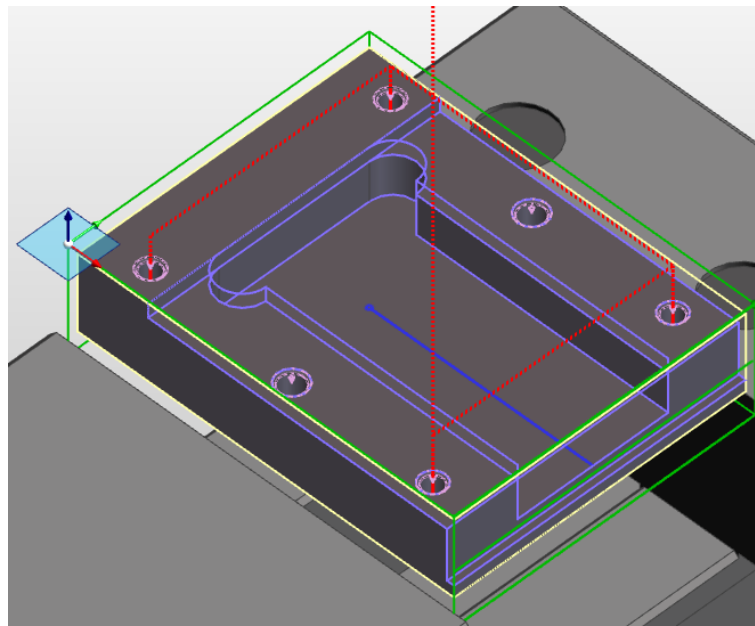
$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{16,5mm \cdot 0,35mm \cdot 306 \frac{mm}{min}}{1000} = 1,7672 \sim \mathbf{1,77 \frac{cm^3}{min}}$$

$$F_c = k_{c1.1} \cdot a_e \cdot f_n = 1820MPa \cdot 0,35mm \cdot 0,8mm = 509,6 \sim \mathbf{510N}$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{510N \cdot 6 \frac{m}{min}}{60} = 51W = \mathbf{0,05kW}$$

$$M_c = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{0,05kW \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 382 \frac{1}{min}} = 1,2499 \sim \mathbf{1,2Nm}$$

$$t_g = i \cdot \frac{L}{v_f} = 1 \cdot \frac{120mm}{306 \frac{mm}{min}} = 0,3922min \sim \mathbf{24s}$$



40. ábra. Menetfűrés szerszámpálya. [saját]

1.11 Előfűrés (2db)

Ennél a műveletnél történik a 2db H7-es furat előfűrése.

$$v_c = 17 \frac{m}{min} [15.4] \quad f_n = 0,08mm [15.4] \quad a_e = 2,4mm \quad a_p = 4mm \quad i = 4$$

$$k_{c1.1} = 1820MPa \quad d = 4,8mm \quad L = 30mm \quad a_{p4} = 3mm$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{17 \frac{m}{min} \cdot 1000}{4,8mm \cdot \pi} = 1127,3475 \sim \mathbf{1127 \frac{1}{min}}$$

$$v_f = f_n \cdot n = 0,08mm \cdot 1127 \frac{1}{min} = 90,16 \sim \mathbf{90 \frac{mm}{min}}$$

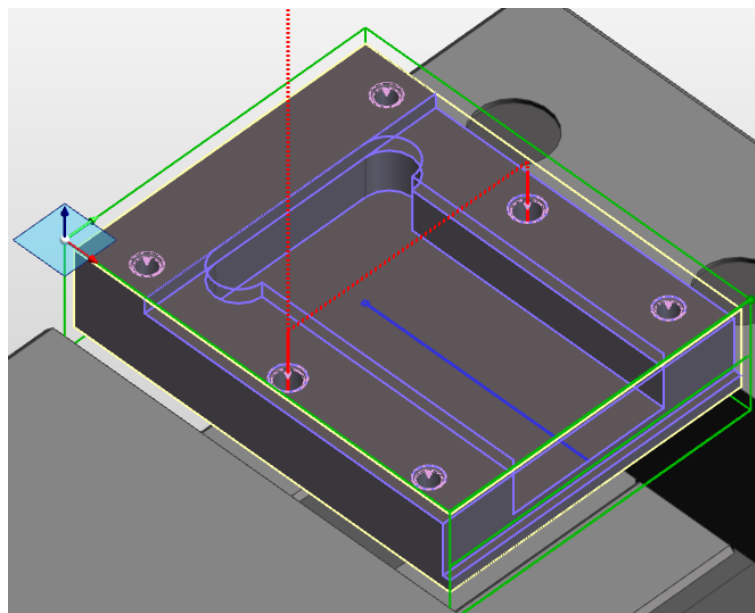
$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{4\text{mm} \cdot 2,4\text{mm} \cdot 90 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{1000} = 0,864 \sim \mathbf{0,86 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}}$$

$$F_c = k_{c1.1} \cdot a_e \cdot f_n = 1820\text{MPa} \cdot 2,4\text{mm} \cdot 0,08\text{mm} = 349,44 \sim \mathbf{349\text{N}}$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{349\text{N} \cdot 17 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{60} = 98,8833\text{W} = \mathbf{0,1\text{kW}}$$

$$M_c = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{0,1\text{kW} \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 1127 \frac{1}{\text{min}}} = 0,8473 \sim \mathbf{0,8\text{Nm}}$$

$$t_g = i \cdot \frac{L}{v_f} = 4 \cdot \frac{30\text{mm}}{90 \frac{\text{mm}}{\text{min}}} = 1,3333\text{min} \sim \mathbf{1\text{min } 20\text{s}}$$



41. ábra. Előfűrés (2db) szerszámpálya. [saját]

1.12 Dörzsárazás

Ennél a műveletnél történik a 2db H7-es furat dörzsárazása.

$$v_c = 10 \frac{\text{m}}{\text{min}} [15.5] \quad f_n = 0,05\text{mm} [15.5] \quad a_e = 0,1\text{mm} \quad a_p = 13,5\text{mm}$$

$$k_{c1.1} = 1820\text{MPa} \quad d = 5\text{mm} \quad L = 27\text{mm} \quad i = 1$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 1000}{5\text{mm} \cdot \pi} = 636,6198 \sim \mathbf{637 \frac{1}{\text{min}}}$$

$$v_f = f_n \cdot n = 0,05\text{mm} \cdot 637 \frac{1}{\text{min}} = 31,85 \sim \mathbf{32 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}$$

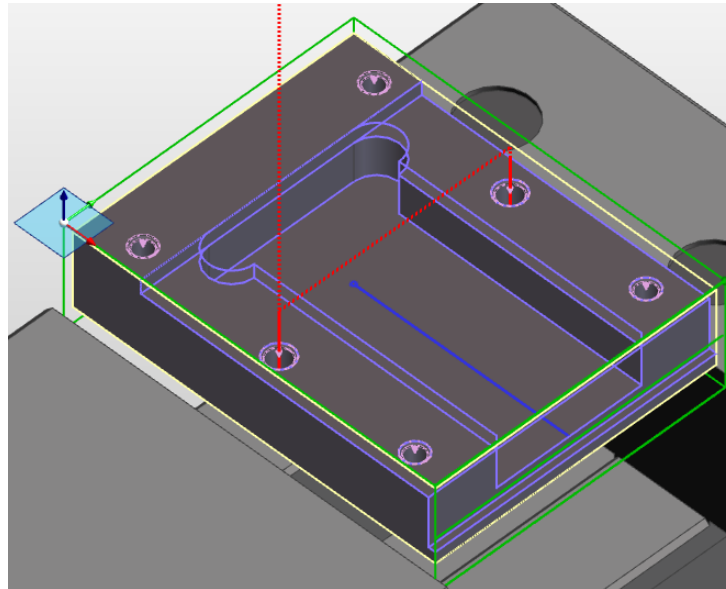
$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{13,5\text{mm} \cdot 0,1\text{mm} \cdot 32 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{1000} = 0,0432 \sim \mathbf{0,04 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}}$$

$$F_c = k_{c1.1} \cdot a_e \cdot f_n = 1820\text{MPa} \cdot 0,1\text{mm} \cdot 0,05\text{mm} = 9,1 \sim \mathbf{9\text{N}}$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{9\text{N} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{60} = 1,5\text{W} = \mathbf{0,002\text{kW}}$$

$$M_c = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{0,002kW \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 637 \frac{1}{min}} = 0,0299 \sim \mathbf{0,03Nm}$$

$$t_g = i \cdot \frac{L}{v_f} = 1 \cdot \frac{27mm}{32 \frac{mm}{min}} = 0,8438min \sim \mathbf{51s}$$



42. ábra. Dörzsárazás szerszámpálya. [saját]

2.1 Síkmarás

Ennél a műveletnél történik a munkadarab aljának a megmunkálása.

Oldallépés: 10%

$$a_{p3} = 1mm$$

$$v_c = 100 \frac{m}{min} [12.3] \quad f_z = 0,2mm [12.3] \quad a_e = 5,2mm$$

$$a_p = 2mm \quad i = 3$$

$$z = 7 \quad k_{c1.1} = 1820MPa \quad d = 52mm$$

$$L = 1106,4mm$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{100 \frac{m}{min} \cdot 1000}{52mm \cdot \pi} = 612,1344 \sim \mathbf{612 \frac{1}{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,2mm \cdot 7 \cdot 612 \frac{1}{min} = 856,8 \sim \mathbf{857 \frac{mm}{min}}$$

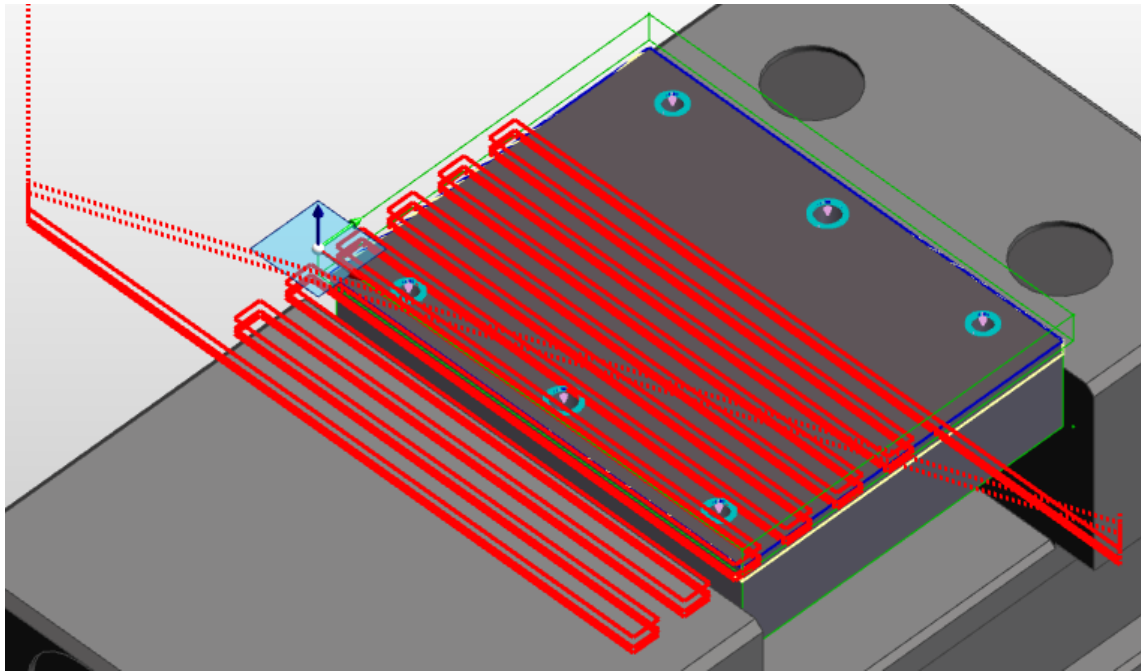
$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{2mm \cdot 5,2mm \cdot 857 \frac{mm}{min}}{1000} = 8,9128 \sim \mathbf{8,91 \frac{cm^3}{min}}$$

$$F_c = k_{c1.1} \cdot a_p \cdot f_z = 1820MPa \cdot 2mm \cdot 0,2mm = \mathbf{728N}$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{728N \cdot 100 \frac{m}{min}}{60} = 1213,3333W = \mathbf{1,21kW}$$

$$M_c = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{1,21kW \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 612 \frac{1}{min}} = 18,8801 \sim \mathbf{18,9Nm}$$

$$t_g = i \cdot \frac{L}{v_f} = 3 \cdot \frac{1106,4mm}{857 \frac{mm}{min}} = 3,873min \sim \mathbf{3min 52s}$$

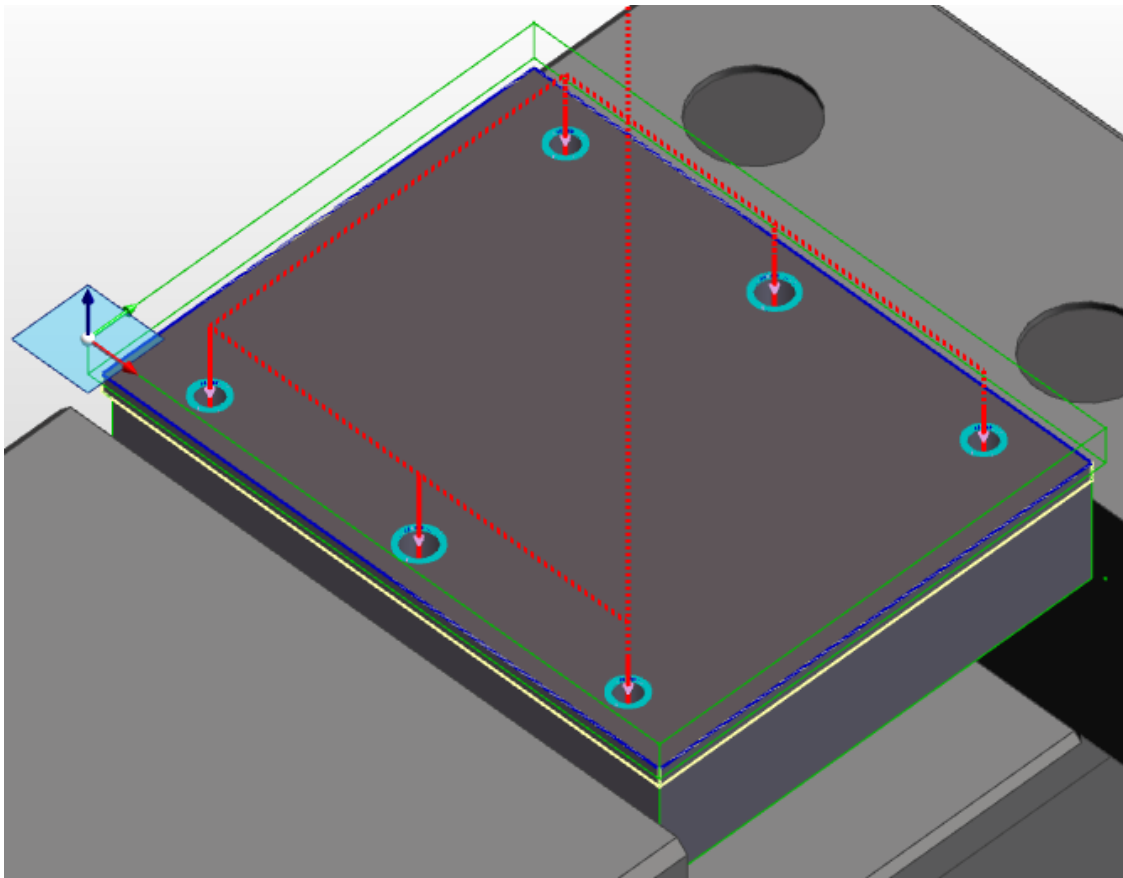


43. ábra. 2.Felfogású síkmarás. [saját]

2.2 Süllyesztés

Ennél a műveletnél történik a 6db furat süllyesztése.

$$\begin{aligned}
 v_c &= 45 \frac{m}{min} [15.2] & f_n &= 0,025mm [15.2] & a_e &= 0,5mm & a_p &= 0,5mm \\
 k_{c1.1} &= 1820MPa & d &= 10mm & L &= 15mm & i &= 1 \\
 n &= \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{45 \frac{m}{min} \cdot 1000}{10mm \cdot \pi} = 1432,3945 \sim \mathbf{1432} \frac{1}{min} \\
 v_f &= f_n \cdot n = 0,025mm \cdot 1432 \frac{1}{min} = 35,8 \sim \mathbf{36} \frac{mm}{min} \\
 Q &= \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} = \frac{0,5mm \cdot 0,5mm \cdot 36 \frac{mm}{min}}{1000} = 0,009 \sim \mathbf{0,01} \frac{cm^3}{min} \\
 F_c &= k_{c1.1} \cdot a_p \cdot f_n = 1820MPa \cdot 0,5mm \cdot 0,025mm = 22,75 \sim \mathbf{23N} \\
 P_c &= \frac{F_c \cdot v_c}{60} = \frac{23N \cdot 45 \frac{m}{min}}{60} = 17,25W = \mathbf{0,02kW} \\
 M_c &= \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} = \frac{0,02kW \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot 1432 \frac{1}{min}} = 0,1333 \sim \mathbf{0,1Nm} \\
 t_g &= i \cdot \frac{L}{v_f} = 1 \cdot \frac{15mm}{36 \frac{mm}{min}} = 0,4167min \sim \mathbf{25s}
 \end{aligned}$$

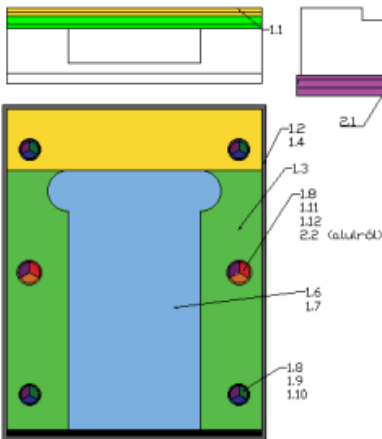


44. ábra. Süllyesztés szerszámhálya. [saját]

A számításokból tehát az összes gépi főidő 32perc és 43másodperc. Ehhez hozzá kell adnunk a mellékmozgások és szerszámcserek idejét, ami nagyjából 3perc, illetve az átfogás idejét is, amit emberi tényező befolyásol. Ez az idő 1-2perc, amellyel, ha számolunk, akkor egy darab teljes, kész állapotig való gyártása 38perc. Ezt, ha beszorozzuk a kívánt 50-es darabszámmal, illetve hozzáadjuk a szüneteket és az új munkadarab berakását, akkor a teljes sorozat legyártásához szükséges idő (8 munkaórás nappal számolva) 5 nap.

8.7 Műveleti utasítás

A műveleti utasítás tartalmazza a gyártáshoz szükséges információkat, köztük a műveleteket és azok sorrendjét, a hozzájuk használt szerszámokat és a legfőbb technológiai paramétereket. Emellett tartalmazza az alkatrész anyagát, kivitelét, a megmunkálások típusát, illetve a használt géptípust is. A dokumentum a dolgozat végén a mellékletek között található, az előnézete pedig a 45. ábrán látható.

ÖE BGK Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet		MŰVELETI UTASÍTÁS		Műv. ut. szám: 01	Lapszám: 1/1		
Gyártási jel: -	Rajkszám: -	Munkadarab megnevezése: Csévészágó	Munkadarab jele: -				
Anyag: X45NiCrMo4 (K600)	Nyersméret: 82×64×25	Anyagállapot: lágított	Művelet megnevezése: Marás+fúrás	Művelet jele: 01	Műveletterv sz.: 01		
 1.1 Síkmarás 1.2 Kontúrnagyolás 1.3 2. Síkmarás 1.4 Kontúrsimítás 1.5 Kis lépcső simítása 1.6 Belső zseb nagyolása 1.7 Belső zseb simítása 1.8 Központfúrás 1.9 Előfúrás (4db) 1.10 Menetfúrás 1.11 Előfúrás (2db) 1.12 Dörzsárazás 2.1 Síkmarás 2.2 Süllyesztés							
Általános Előtolás: 0.3×45°							
Sorszám	Művelelem	Szerszám	v m/perc	n 1/perc	f mm	a mm	i -
1.1	Síkmarás	A490.52.R.07-09/51 011 108	100	612	1,4	1,5	3
1.2	Kontúrnagyolás	A490.52.R.07-09/51 011 108	100	612	1,4	2	9
1.3	2. Síkmarás	A490.52.R.07-09/51 011 108	100	612	1,4	1,5	2
1.4	Kontúrsimítás	D8×22×27×D8×64-4F	150	5968	0,32	16,5	1
1.5	Kis lépcső simítása	D8×22×27×D8×64-4F	150	5968	0,32	2,5	5
1.6	Belső zseb nagyolása	D8×22×27×D8×64-4F	150	5986	0,32	2,5	4
1.7	Belső zseb simítása	D8×22×27×D8×64-4F	150	5986	0,32	8,5	1
1.8	Központfúrás	10 522 100	45	1432	0,025	3	1
1.9	Előfúrás (4db)	Ø4,3×21,5×60-2F	50	3701	0,07	2,15	6
1.10	Menetfúrás	DIN 371-B HSSE	6	382	0,8	0,35	1
1.11	Előfúrás (2db)	HSS CO 338-N 4,8mm	17	1127	0,08	2,4	4
1.12	Dörzsárazás	Ø5/H7/DIN212-2/HSS-E	10	637	0,05	0,1	1
2.1	Síkmarás	A490.52.R.07-09/51 011 108	100	612	1,4	2	3
2.2	Süllyesztés	10 522 100	45	1432	0,025	0,5	1
Név: Oszaczki Patrik		Előkészületi idő	Darabidő	Érvényes darabszám			
Dátum: 2022.09.08.		20 perc	38 perc	50db			
		Géptípus: Haas VF-5/40					

45. ábra. Műveleti utasítás. [saját]

8.8 Gazdasági- és költségszámítás

Ebben a fejezetben a gyártás gazdasági oldalát vizsgálom, és azt számítom ki, hogy az adott szerszámból hány darab szükséges az 50-es sorozat legyártásához. Fontos leszögezni, hogy a szerszámtervben bemutatott szerszámokat nem kellett külön megvásárolni a gyártáshoz, hanem rendelkezésre álltak a cég szerszámtárában. Így azt számítom ki, hogy ezen felül mennyi plusz szerszámot kellett még vásárolni, és mennyi volt a teljes költség. A katalógusi irányértékhez tartozó éltartamot 15 percnak tekintettem. A 8. táblázatban az alkalmazott jellemzőket ismertetem.

8. táblázat. Használt paraméterek. [saját]

Megnevezés	Jelölés	Mértékegység
Éltartam kitevő	m	-
Éltartam	T	min

1. Szerszám: A490.52.R.07-09/51 011 108/82 428 422/83 538 040

Végzett műveletek: Síkmarás, Kontúrnagyolás, 2.Síkmarás, 2. felfogású síkmarás.

$$\sum t_g = 50 \cdot 11,83 \text{ min} = \mathbf{591,5 \text{ min}}$$

$$v_{c1} = 121 \frac{\text{m}}{\text{min}} [12.4] \quad v_{c2} = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}} \quad T_1 = 15 \text{ min} \quad m = 0,125 [22]$$

$$T_2 = 4 \cdot \sqrt[m]{\frac{v_{c1} \cdot (T_1)^m}{v_{c2}}} = 4 \cdot \sqrt[0,125]{\frac{121 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot (15 \text{ min})^{0,125}}{100 \frac{\text{m}}{\text{min}}}} = \mathbf{275,7 \text{ min}}$$

Szükséges mennyiség: $\frac{\sum t_g}{T_2} = \frac{591,5 \text{ min}}{275,7 \text{ min}} = \mathbf{3db}$, vagyis plusz kettő 10db-os csomag váltólapját kell vásárolni. Ennek ára $2 \cdot 4.900 \text{ Ft} = 9.800 \text{ Ft}$.

2. Szerszám: D8×22×27×D8×64-4F/84 424 102

Végzett műveletek: Kontúrsimítás, Kis lépcső simítása, Belső zseb nagyolása, Belső zseb simítása.

$$\sum t_g = 50 \cdot 15,47 \text{ min} = \mathbf{773,5 \text{ min}}$$

$$v_{c1} = 220 \frac{\text{m}}{\text{min}} [20] \quad v_{c2} = 150 \frac{\text{m}}{\text{min}} \quad T_1 = 15 \text{ min} \quad m = 0,2 [22]$$

$$T_2 = \sqrt[m]{\frac{v_{c1} \cdot (T_1)^m}{v_{c2}}} = {}^{0,2}\sqrt{\frac{220 \frac{m}{min} \cdot (15min)^{0,2}}{150 \frac{m}{min}}} = \mathbf{101,8min}$$

Szükséges mennyiség: $\frac{\Sigma t_g}{T_2} = \frac{773,5min}{101,8min} = \mathbf{8db}$, vagyis plusz 7db marószárat kell vásárolni. Ennek ára $7 \cdot 10.500Ft = 73.500Ft$.

3. Szerszám: 10 522 100/84 424 102

Végzett műveletek: Központfúrás, süllyesztés

$$\Sigma t_g = 50 \cdot 1,25min = \mathbf{62,5min}$$

$$v_{c1} = 55 \frac{m}{min} [15.1] \quad v_{c2} = 45 \frac{m}{min} \quad T_1 = 15min \quad m = 0,125 [22]$$

$$T_2 = \sqrt[m]{\frac{v_{c1} \cdot (T_1)^m}{v_{c2}}} = {}^{0,125}\sqrt{\frac{55 \frac{m}{min} \cdot (15min)^{0,125}}{45 \frac{m}{min}}} = \mathbf{74,7min}$$

Szükséges mennyiség: $\frac{\Sigma t_g}{T_2} = \frac{62,5min}{74,7min} = \mathbf{1db}$, vagyis nem kell új szerszámot vásárolni.

4. Szerszám: Ø4,3×21,5×60-2F/84 424 102

Végzett művelet: Előfúrás (4db)

$$\Sigma t_g = 50 \cdot 1,575min = \mathbf{78,8min}$$

$$v_{c1} = 70 \frac{m}{min} [15.3] \quad v_{c2} = 50 \frac{m}{min} \quad T_1 = 15min \quad m = 0,2 [22]$$

$$T_2 = \sqrt[m]{\frac{v_{c1} \cdot (T_1)^m}{v_{c2}}} = {}^{0,2}\sqrt{\frac{70 \frac{m}{min} \cdot (15min)^{0,2}}{50 \frac{m}{min}}} = \mathbf{80,7min}$$

Szükséges mennyiség: $\frac{\Sigma t_g}{T_2} = \frac{78,8min}{80,7min} = \mathbf{1db}$, vagyis nem kell új szerszámot vásárolni.

5. Szerszám: DIN 371-B HSSE/83 616 106/83 428 412

Végzett művelet: Menetfúrás

$$\Sigma t_g = 50 \cdot 0,2min = \mathbf{10min}$$

$$v_{c1} = 15 \frac{m}{min} [21] \quad v_{c2} = 6 \frac{m}{min} \quad T_1 = 15min \quad m = 0,125 [22]$$

$$T_2 = \sqrt[m]{\frac{v_{c1} \cdot (T_1)^m}{v_{c2}}} = {}^{0,125}\sqrt{\frac{15 \frac{m}{min} \cdot (15min)^{0,125}}{6 \frac{m}{min}}} = \mathbf{22888,2min}$$

Szükséges mennyiség: $\frac{\Sigma t_g}{T_2} = \frac{10min}{22888,2min} = \mathbf{1db}$, vagyis nem kell új szerszámot vásárolni.

6. Szerszám: HSS CO 338-N 4,8mm/84 418 413

Végzett művelet: Előfúrás (2db)

$$\Sigma t_g = 50 \cdot 1,3333min = \mathbf{66,7min}$$

$$v_{c1} = 21 \frac{m}{min} [15.4] \quad v_{c2} = 17 \frac{m}{min} \quad T_1 = 15min \quad m = 0,125 [22]$$

$$T_2 = \sqrt[m]{\frac{v_{c1} \cdot (T_1)^m}{v_{c2}}} = {}^{0,125}\sqrt{\frac{21 \frac{m}{min} \cdot (15min)^{0,125}}{17 \frac{m}{min}}} = \mathbf{81,3min}$$

Szükséges mennyiség: $\frac{\Sigma t_g}{T_2} = \frac{66,7min}{81,3min} = \mathbf{1db}$, vagyis nem kell új szerszámot vásárolni.

7. Szerszám: Ø5/H7/DIN212-2/HSS-E/84 424 102

Végzett művelet: Dörzsárazás

$$\Sigma t_g = 50 \cdot 0,85min = \mathbf{42,5min}$$

$$v_{c1} = 12 \frac{m}{min} [15.5] \quad v_{c2} = 10 \frac{m}{min} \quad T_1 = 15min \quad m = 0,125 [22]$$

$$T_2 = \sqrt[m]{\frac{v_{c1} \cdot (T_1)^m}{v_{c2}}} = {}^{0,125}\sqrt{\frac{12 \frac{m}{min} \cdot (15min)^{0,125}}{10 \frac{m}{min}}} = \mathbf{64,5min}$$

Szükséges mennyiség: $\frac{\Sigma t_g}{T_2} = \frac{42,5min}{64,5min} = \mathbf{1db}$, vagyis nem kell új szerszámot vásárolni.

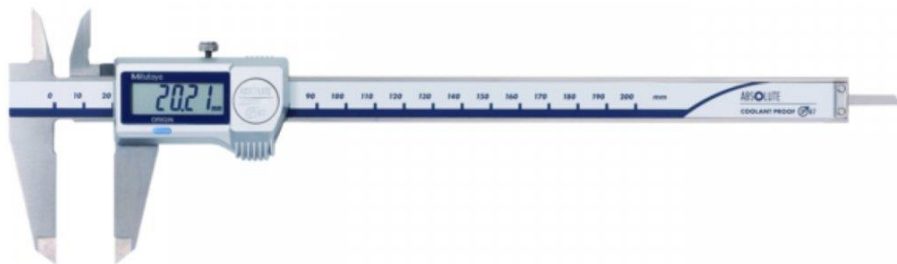
Összességében tehát 2 csomag váltólapkát és 7db marószárat kell pluszban vásárolni. Ezeknek az ára összesen 83.300Ft, vagyis ennyi a gyártáshoz tartozó összes szerszámköltség.

8.9 Utómunkálatok, mérés, ellenőrzés

A megmunkálás után az alkatrészt még pár utómunkálatnak kellett kitenni, illetve ellenőrizni kellett a mérethelyességét.

Az utómunkálat része volt a tisztítás, vagyis a hűtő-kenő folyadék és a felszínen maradt apró forgácsok ronggyal való eltávolítása. Ezután sűrített levegővel fejeztem be a tisztítást, amely a még ottmaradt hűtő-kenő folyadékot és a forgácsot is eltávolította.

Ezek után már rendelkezett az alkatész tiszta felületekkel, így következett a mérés, ellenőrzés. A főbb méreteket ellenőriztem, majd az első 5 darab elkészülte után el lettek küldve a megrendelő cég számára, akik az ellenőrzés után jóváhagyták, így folytatódhatott a gyártás. A tűrésezetlen méretekkel, illetve a két százados tűréssel ellátott részeket egy digitális abs vízálló Mitutoyo tolómérővel ellenőriztem. Ennek a tolómérőnek a mérési tartománya 0-150mm, vagyis az összes méret ellenőrizhető vele. Felbontása 0,01mm. Mélységmérővel ellátott.



46. ábra. Digitális tolómérő. [23]

Következett az általános élettörések elkészítése. Ezt kézi sorjázóval készítettem, mert addig is elkezdődhetett az új alkatrész megmunkálása a gépben, így termelékenyebb volt az eljárás. A kézi sorjázó és a hozzávaló penge a Noga Kft. terméke.



47. ábra. Kézi sorjázó markolat. [24]



48. ábra. Kézi sorjázó penge. [25]

A penge anyaga HSS, azaz gyorsacél. Keménysége 62-64HRC.

8.10 Gyártás közben felmerült problémák

Ebben az alfejezetben azokat a problémákat, eseményeket szeretném ismertetni, amelyek hátráltatták a munkámat a gyártás során.

Az első ilyen tényező még a gyártás megkezdése előtt történt, a tervezés fázisában. Az Ø8-as marószár darabigénye 10 darab lett a számításom során, de ezt a mennyiséget a cég vezetője gazdasági okokból nem engedélyezte, így csökkentenem kellett a megmunkálás szerszámigényét. Megoldásul alacsonyabb forgácsolási sebességet állítottam be, amely ugyan megnövelte a darabidőt, de 10-ről 7-re sikerült csökkentenem a pluszban vásárlandó marószárak mennyiségét. Ez volt az optimális megoldás a darabidő-szerszámmennyiség viszonylatában.

Akadott egy szerszámproblémám is. Alapból a kontúrsimítás, kis lépcső simítás, belső zseb nagyolás és belső zseb simítás műveletekhez egy másik gyártó által forgalmazott marószárat választottam. Ez szintén tömör keménymetall szerszám volt, azonban rendkívül gyorsan elkopott. Csupán 2-3 munkadarab után elkopott, rosszabb minőségű felületet készítve ezzel. Mivel ezzel a szerszámmal gazdasági és minőségi szempontból is előnytelen lett volna a gyártás folytatása, így új szerszámot választottam a helyére a cég szerszámtárából. Ez a marószár a szerszámtervben megtalálható a szerszámtár 2-es pozíciójában, amely már hozta a számított éltartamot és megfelelő minőségű felületet készített.

Ezekon kívül a sorozatgyártás ideje is megnőtt. Ennek oka a manapság a legtöbb cégre jellemző munkaerőhiány, illetve a pandémiás helyzet. A cég egy műszakban dolgozik, 8:00-16:00-ig, vagyis egy nap alatt egy gépen maximum 11 alkatrész lett volna legyártható. A Haas gépen kívül másikon nem zajlott ennek az alkatrésznek a gyártása, ugyanis a többi marógép másik megrendeléseket készített. Egy gépen zajlott tehát a gyártás, de mivel napokig 1 operátor volt 3 gépre az emberhiány és a szabadságok miatt, így ezeken a napokon csak 5 darab készült el. Illetve az első 5 darab elküldése után is várnom kellett a megrendelő visszajelzésére és csak a jóváhagyás után folytatódott a gyártás. Ezen körülmények hatására a számított 1 hetes gyártási időből bő 1,5 hét lett, de így is sikerült időben teljesítenem a megrendelést!

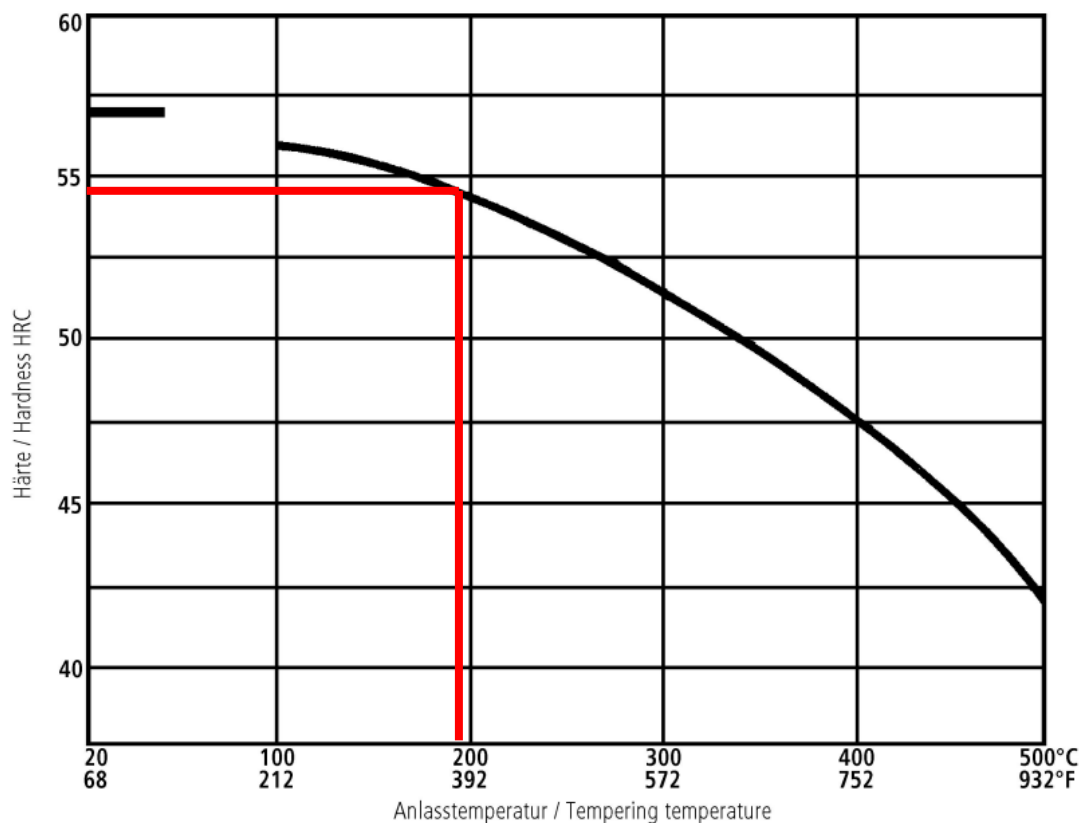
9. HŐKEZELÉS, VÁKUUMEDZÉS

A hőkezelést a Böhler Kft. végezte. Az alkalmazott hőkezelés a vákuumedzés volt.

A vákuumedzéshez használt védőgáz nitrogéngáz. Ez azért szükséges, hogy a felületek ne oxidálódjanak. Ennek a hőkezelésnek az előnyei: revementes felület hőkezelés után; magasabb készütségi fokon, kisebb ráhagyással végezhető a hőkezelés; a gázhűtésből adódóan kisebb maradó feszültségek; mindig reprodukálható hőkezelési technológia; pontosan szabályozható hőkezelési folyamat. [26]

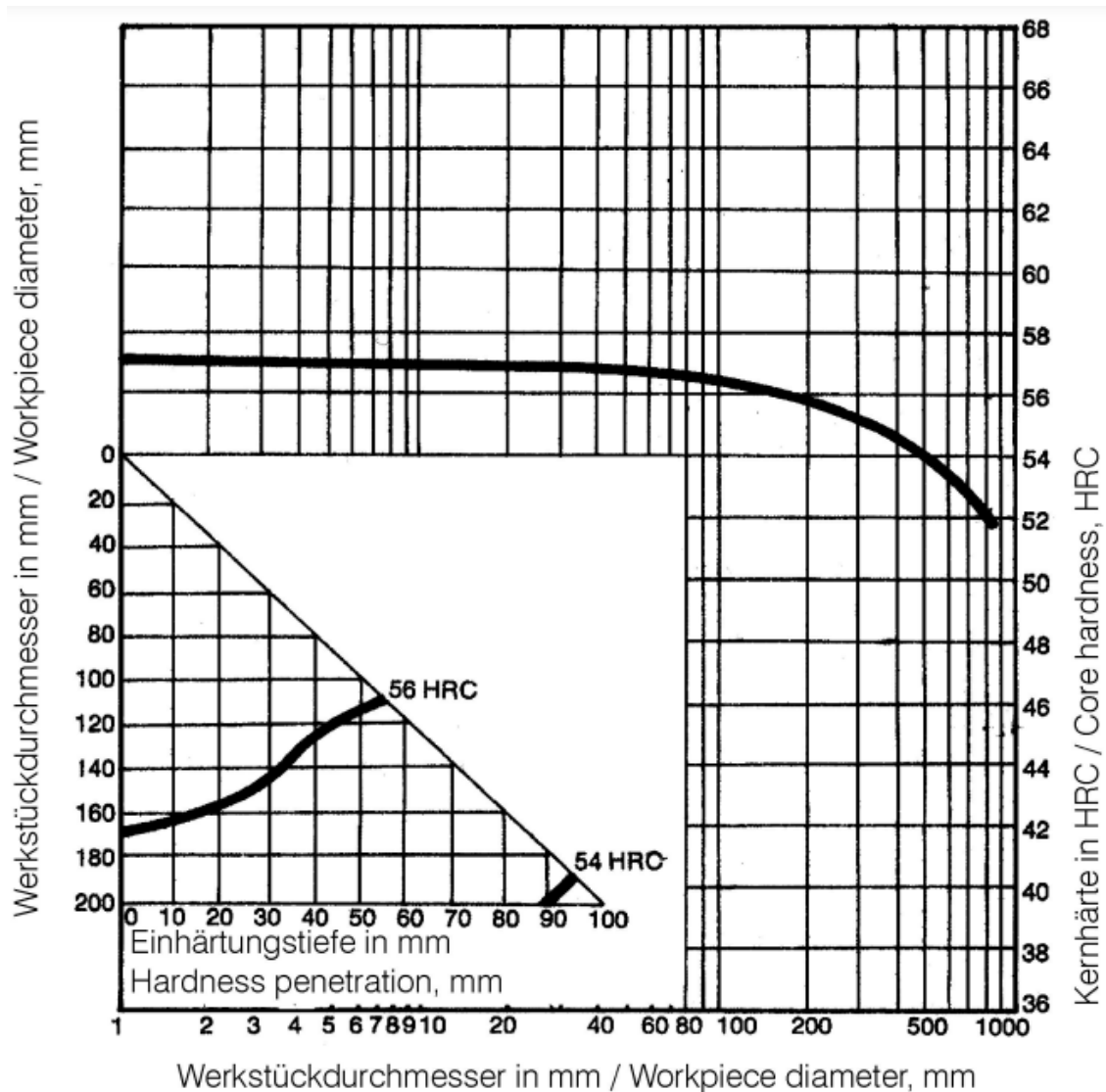
Az edzési hőmérséklet 840-870°C között van. A hőntartási idő a hőmérséklet kiegyenlítődése után 15-30 perc. A hűtés olajban, sófürdőben, vagy levegőn történik. A megeresztési hőmérséklet a 49. ábrán lévő diagramból kiolvasható. A megrendelő 52+2HRC keménységet kért, vagyis az ahhoz tartozó hőmérséklet 195°C.

Fordítás: *Hardness-Keménység, Tempering temperature-Megeresztési hőmérséklet.*



49. ábra. Megeresztési diagram. [27]

A hűtési idő 1 óra, a lehűtés levegőn történik. Az 50. ábrán azt szeretném bemutatni, hogy hogyan befolyásolja ennél az anyagnál a munkadarab mérete (átmérője, vastagsága) a mag keménységét és a keménység eloszlását.



50. ábra. Munkadarab vastagság-Magkeménység diagram. [27]

Fordítás:

Workpiece diameter-Munkadarab átmérő

Hardness penetration-Keménység eloszlás

Core hardness-Magkeménység

10. ÖSSZEFOGLALÁS

Szakedolgozati feladatomban a C és Társa Kft.-nél végeztem el. A feladatom egy csévevágó szerszámtest elem gyártástervezése volt egy 50-es sorozatra. Munkám során az olvasó ezt a gyártási folyamatot követhette végig a műszaki rajz elkészítésétől a hőkezelésig.

Dolgozatom elején egy alkatrészelemzést készítettem. Mint kiderült a látszólag egyszerűbb alkatrészt is 2 felfogással és 14 művelettel kellett legyártanom. Az irodalomkutatás részen megvizsgáltam az edzett acélok osztályozhatóságát, a keményfémekkel történő megmunkálás környezetét és paramétereit, illetve a szerszámgép kialakításának követelményeit. Itt azt a megállapítást szűrtem le, hogy a nagy keménységű anyagok marására használt szerszámgépeknek nagyon merev kialakításúaknak kell lenniük. A forgácsolóerők csökkenthetők a forgácsolósebesség vagy az előtolási sebesség csökkentésével és azt is, hogy a folyamat hőmérséklete fontos paraméter, mivel befolyásolja a forgácsolószerszám tartósságát. Jobb minőségű felületi érdesség érhető el, ha a szerszám csúcssugara alacsony értékű. Végül a kutatásomból az is kiderült, hogy a szerszámoknak a forgácsolóélek területén minél kisebb sugarakkal kell rendelkezniük, hogy kemény fehér rétegek ne képződjenek, ezáltal elkerülhető a magas technológiai hőmérséklet.

Egyesével bemutatásra kerültek a gyártáshoz szükséges gépek és eszközök. Ideértve a Haas marógépet, a Gerardi satut és a 7 darab forgácsoló szerszámot. Itt a felmerült probléma miatt új tapasztalatot szereztem azáltal, hogy két gyártó ugyanazon típusú szerszáma között is milyen nagy minőségi különbség lehet. Megtanultam továbbá azt is, hogy a gazdasági számításnál mennyivel fontosabb paraméter a gépi főidő (ezáltal a forgácsolási sebesség), mint a szerszám ára, ugyanis hosszas iterálás után sikerült meghatároznom a 8-as szármáró paramétereit, hogy a lehető legjobb megoldást tudjam nyújtani a megmunkálási idő és a plusz szerszámköltség kapcsán.

Az utolsó részben a vákuumedzést ismertettem a paramétereivel és a tulajdonságaival.

Szeretnék köszönetet mondani a C és Társa Kft.-nek, hogy lehetőséget és segítséget nyújtottak a szakdolgozati témám kidolgozásában, illetve Mészáros Béla mestertanárnak, hogy végig segített, javította és ellenőrizte a munkámat!

11. SUMMARY

I completed my thesis at C és Társa Kft. My task was the production design of a coil cutting tool body element for a series of 50. During my work, the reader could follow this production process from the preparation of the technical drawing to the heat treatment.

At the beginning of my thesis I made a component analysis. As it turned out, I had to produce the seemingly simple part in 2 steps and 14 operations. As part of the literature search, I examined the classifiability of hardened steels, the environment and parameters for machining with carbide, and the requirements for the machine tool design. Here, I concluded that machine tools used for milling high hardness materials should be of very rigid design. The cutting forces can be reduced by reducing the cutting speed or feed rate and also that the process temperature is an important parameter as it affects the durability of the cutting tool. Better surface roughness can be achieved if the tool tip radius is low. Finally, my research has also shown that tools should have as small radius as possible in the cutting edge area to avoid hard white coatings, thus avoiding high process temperatures.

One by one, the machines and tools needed for production were presented. Including a Haas milling machine, a Gerardi vice and 7 cutting tools. Here, the problem encountered led to a new experience of how big the difference in quality can be between two tools of the same type from the same manufacturer. I also learnt how much more important the machining time (and thus the cutting speed) is than the tool cost in the economic calculation, because after a long iteration I was able to determine the parameters of the 8-stroke milling cutter to provide the best possible solution in terms of machining time and additional tool cost.

In the last section, I described the parameters and properties of the vacuum treatment.

I would like to thank C és Társa Kft. for providing me with the opportunity and help in developing my thesis topic, as well as master teacher Béla Mészáros for helping me, correcting and checking my work.

12. IRODALOMJEGYZÉK, MELLÉKLETEK

1. Dr. Kovács Tünde 0907Acelok osztályozása és jelolesrendszere_jegyzettel.pdf 9.dia
Letöltve: 2022.06.12.
2. Dr. Kovács Tünde 0907acélok_jelölése_jegyzettel.pdf 6-7.dia
Letöltve 2022.06.12.
3. materials kc11 m0004.pdf 1.2 táblázat
Letöltve 2022.06.12.
4. <https://www.boehler.hu/hu/products/k600/>
Utoljára megtekintve: 2022.07.26.
5. https://www.researchgate.net/profile/Claudiu-Malea/publication/357272285_EXPERIMENTAL_MILLING_STUDIES_ON_HARDENED_STEELS__A_REVIEW/links/61c5d97de669ee0f5c60384e/EXPERIMENTAL-MILLING-STUDIES-ON-HARDENED-STEELS-A-REVIEW.pdf
Google Scholar 2021-es idegen nyelvű cikk
Letöltve: 2022.07.01.
6. http://www.sze.hu/~hargitai/2014%20Mernoki%20Anyagok_Jarmuszerkezeti%20Anyagok/10%20ea%202014%2003%2017.pdf 22.dia
Letöltve: 2022.07.03.
7. <https://www.fushunspecialsteel.com/1-2767-x45nicrmo4-cold-work-tool-steel/>
Utoljára megtekintve: 2022.07.26.
8. <https://docplayer.hu/16127790-Hidegalakito-szerszamacelok.html>
Utoljára megtekintve: 2022.07.26.
9. <https://www.cestarsa.hu/cegismerteto>
Utoljára megtekintve: 2022.07.26.
10. <https://www.haascnc.com/hu/machines/vertical-mills/vf-series/models/medium/vf-5-40.html>
Utoljára megtekintve: 2022.07.26.
11. <http://www.gerardispa.com/products/workholding/precision-modular-vises/standard>
Utoljára megtekintve: 2022.07.26.
12. https://cdn.plansee-group.com/is/content/planseemedia/gd_kp_kt-hk-01-21-00021-kp-wsp-frs_shu_asc_pim

Ceratizit váltólapkás marószerszámok katalógus.	12.1	78.oldal
	12.2	80.oldal
	12.3	160.oldal
	12.4	144.oldal

Letöltve: 2022.07.16.

13.https://cdn.plansee-group.com/is/content/planseemedia/gd_kt_katalog-sk21_shu_asc_pim

Ceratizit befogástechnika katalógus	13.1	61. oldal
	13.2	71. oldal
	13.3	26. oldal
	13.4	54. oldal
	13.5	292. oldal
	13.6	51. oldal

Letöltve: 2022.07.16.

14.<https://gootools.hu/termek/hpc-tomor-kemenyfem-marok-nyakalassal/d82227d865-hpc-tomor-kemenyfem-szarmaro-4-elu-nyakalassal-weldon-szaral-egyenlotlen-elosztassal-valtozo-spiralszoggel-valtozo-horonymelyseggel/>

Utoljára megtekintve: 2022.07.26.

15.https://cdn.plansee-group.com/is/content/planseemedia/gd_kp_kt-hk-06-21-60021-kp-01-bohren_shu_asc_pim

Ceratizt furatmegmunkálás katalógus	15.1	10.oldal
	15.2	43.oldal
	15.3	35.oldal
	15.4	12. és 14.oldal
	15.5	80.oldal

Letöltve: 2022.07.16.

16.<https://gootools.hu/termek/tomor-kemenyfem-furok-belso-hutes-nelkul-5d-hossz/d4360-tomor-kemenyfem-furok-belso-hutes-nelkul-5d-hossz/>

Utoljára megtekintve: 2022.07.26.

17.<https://shop.reca.co.hu/reca-ultra-gepi-menetfuro-din-371-b-hsse-ticn-zoeld-m-5-1.html>

Utoljára megtekintve: 2022.07.26.

18. <https://shop.reca.co.hu/reca-csigafuro-hss-co-338-n-4-8mm.html>

Utoljára megtekintve: 2022.07.26.

19. <https://webshop.guehring.de/000009004680050000?page=2>

Utoljára megtekintve: 2022.07.26.

20. https://cdn.plansee-group.com/is/content/planseemedia/gd_kp_kt-hk-06-21-60021-kp-04-fraesen_shu_asc_pim

Ceratizit marás katalógus 23-24.oldal

Letöltve: 2022.07.16.

21. https://cdn.plansee-group.com/is/content/planseemedia/gd_kp_kt-hk-01-21-00021-kp-hss-gws_shu_asc_pim

Ceratizit menetfúrók és menetformázók katalógus 35.oldal

Letöltve 2022.07.16.

22. <https://www.uni-miskolc.hu/~wwwfemsz/forg2.htm>

Utoljára megtekintve: 2022.09.08.

23. <https://www.mbcaltibr.hu/digitalis-tolomerok/digitalis-abs-vizallo-tolomero-0-150-0-01-mm-mitutoyo-500-706-20-akcio/>

Utoljára megtekintve: 2022.08.01.

24. https://www.noga.com/Products/hd32/Heavy%20Duty%203.2mm%20Swivel%20blade/NG1000/NG-1_Handle_-_NG1000

Utoljára megtekintve: 2022.08.01.

25. https://www.noga.com/Products/hd32/Heavy%20Duty%203.2mm%20Swivel%20blade/BK3010/S150_Blade_-_BK3010

Utoljára megtekintve: 2022.08.01.

26. <http://www.vakuum.hu/vakuum-hokezeles.php?lang=hu>

Utoljára megtekintve: 2022.08.01.

27. https://www.boehler.hu/app/uploads/sites/92/2022/06/productdb/api/k600_hu.pdf

Letöltve: 2022.08.01.

Mellékletek: 1. Alkatrész műszaki rajz 2. Műveleti utasítás 3. CAM program G-kód

A 3. számú melléklet a fájl mérete miatt e-melléklet.

Elérési link:

https://drive.google.com/file/d/1TIGIJzJNGGnMSx4zoo_e_Z6JKu0UZz87/view?usp=sharing