

SZAKDOLGOZAT

Ágoston Bence

Gépészmérnök

Kaposvár

2025



**Magyar Agrár- és
Élettudományi Egyetem
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR**



**Anyagtudományi és Gépipari
Folyamatok Tanszék**

**Arburg Allrounder 270C Golden edition típusú Fröccsöntő
szerszám mozgóoldali betétjének gyártástechnológiai
tervezése**

Készítette:

Ágoston Bence

Belső konzulens: Dr. Kári-Horváth Attila

egyetemi docens

Külső konzulens: Sztupinszky Zsolt

csoportvezető, gépészmérnök

Kaposvár

2025

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Gépgyártó specializáció

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Ágoston Bence (JSP2HS)

részére

A szakdolgozat címe:

**Arburg Allrounder 270C Golden edition típusú Fröccsöntő szerszám mozgóoldali
betétjének gyártástechnológiai tervezése**

Feladatkiírás:

Bevezetés, cégbemutató, szakirodalom, probléma bemutatása, gyártástechnológiai tervezés,
gazdasági számítás, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

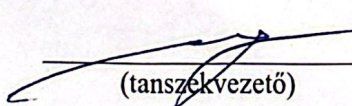
Külső konzulens: *Sztupinszky Zsolt*, csoportvezető, Kaposvár - Videoton Elektro-PLAST Kft.

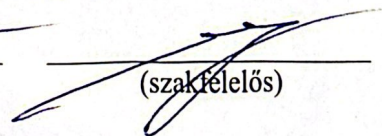
Belső konzulens: *Dr. Kári-Horváth Attila*, egyetemi docens, Gödöllő - Magyar Agrár- és
Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2025. november 04

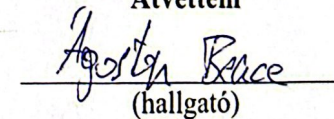
Gödöllő, 2025. szeptember 08

Jóváhagyom


(tanszékvezető)

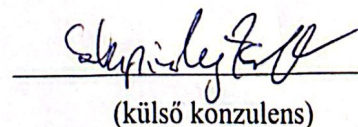

(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre
egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2025.


(külső konzulens)

Tételjegyzék

| | |
|---|----|
| Tételjegyzék | 3 |
| 1. Bevezetés..... | 4 |
| 2. Cégbemutató | 6 |
| 3. Szakirodalom..... | 7 |
| 3.1 Előgyártmányok | 7 |
| 3.2 Forgácsolás..... | 10 |
| 3.3 Hűtő-kenő folyadékok..... | 14 |
| 3.4 CAM (Számítógéppel Segített Gyártás)..... | 16 |
| 4. Probléma bemutatás | 19 |
| 4.1. Arburg Allrounder 270C Golden edition fröccsöntő szerszám bemutatása | 19 |
| 4.2. A szerszám és a betét bemutatása..... | 20 |
| 4.3. A felmerülő probléma bemutatása..... | 21 |
| 4.4. Az általam felhasznált programok..... | 22 |
| 5. A betét tervezési folyamata, dokumentációi..... | 23 |
| 5.1. Gyártási koncepció és szerszám gép bemutatás | 23 |
| 5.2 Gyártási folyamat | 24 |
| 5.3 Szerszám gép bemutatása, adatai | 26 |
| 6. Fröccsszerszám betét gyártástechnológiai terve..... | 27 |
| 6.1. Mozdó oldali betétrész megmunkálása | 28 |
| 7. Gazdasági számítás..... | 54 |
| Összefoglalás..... | 59 |
| Summary | 60 |
| Nyilatkozat | 61 |
| Felhasznált irodalom jegyzék..... | 63 |

1. Bevezetés

A fröccsöntés egy elterjedt műanyag-feldolgozási technológia, amelyet széles körben alkalmaznak különböző iparágakban, beleértve az autóipart, az elektronikai eszközök gyártását és a fogyasztói termékek előállítását. Ennek a technológiának az alapja egy olvadt műanyag alapanyag befecskendezése egy előre megtervezett formaüregbe, amely a lehűlést követően megszilárdul, és felveszi a forma alakját. A fröccsöntés lehetőséget biztosít a komplex geometriájú alkatrészek nagy pontosságú és gyors előállítására, ami gazdaságossá teszi a tömeggyártás számára. A fröccsszerszámok fontos részei pedig a betétek, amelyekre a szakdolgozatomban bővebben ki fogok térni.

A szakmai gyakorlatomat a kaposvári VIDEOTON Elektro-PLAST Kft-nél töltöttem. Ahol lehetőségem volt betekintést nyerni egy ipari vállalat mindennapjaiba, ahol megismerkedtem a fröccsöntési folyamatokkal és a gyártás hátterével. Különböző részlegek munkájában tudtam részt venni, ezáltal tapasztalatokat szerezni a termelési folyamatokról gyártás előkészítésről és különböző gyártástechnológiákról. Megismerkedtem a dolgozókkal, a technológiai háttérrel, valamint a különböző minőségellenőrzési és karbantartási folyamatokkal is.

A szakdolgozatom célja egy a gyártásban használatban levő fröccsszerszám egyik betétjének gyártástechnológiai elemzése, különös tekintettel a hagyományos megmunkálási eljárások alkalmazására. A hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintése során megvizsgálom az előgyártmány-tervezést, a forgácsolási technológiákat, a készülékezést és a hűtő-kenő folyadékok szerepét a gyártási folyamatban. Ezenkívül kitérek a számítógépes szimulációk, például a véges elem analízis szerepére a gyártás és a gyártott termék optimalizálásához, amely hozzájárul a költséghatékony és effektív gyártási megoldások kialakításához.

A dolgozatomban bemutatom az adott fröccsszerszám betéttel kapcsolatos problémát, amely esetemben a kívánt méretpontosság és felületi minőség elérésének nehézségeiből adódik. Ennek érdekében elemzem a megmunkálási paramétereket és a technológiai lehetőségeket. A gyártás során további kihívást jelenthet az optimális szerszámanyag kiválasztása, amely megfelelő kopásállóságot és hőtűrést biztosít, valamint a gyártási folyamat során fellépő geometriai torzulások minimalizálása. Emellett figyelembe kell venni a megmunkálási folyamat költséghatékonyágát is, mivel a pontosság növelése és az utólagos korrekciók jelentős többletköltségeket eredményezhetnek.

Ezt követően gazdasági számítást végzek, amely segítségével meghatározom a gyártás költséghatékonyságát és optimalizálási lehetőségeit. A számítás során figyelembe veszem az alapanyagköltségeket, a gyártási időt és a szükséges utómunkálatokat is. Végül elkészítem a gyártáshoz szükséges dokumentációt, amely magában foglalja a technológiai terveket, a műveleti sorrendet és a minőségbiztosítási követelményeket is. A dolgozat célja, hogy részletesen bemutassa a fröccsszerszám betétek gyártásának kihívásait és az ezekre adott megoldási lehetőségeket.

2. Cégbemutató

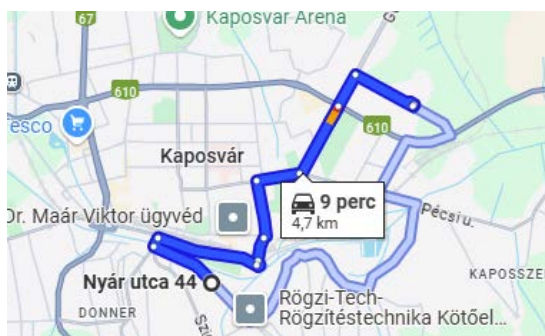
A VIDEOTON Elektro-PLAST Kft. (2.1 ábra) a VIDEOTON Holding ZRt. tagvállalataként 1970 óta meghatározó szereplője Kaposvár ipari életének. Székhelye a városban található (2.2 ábra), és több mint 1200 főt foglalkoztat, míg a Marcali telephelyen további 200 munkavállalót alkalmaz.

2.1. ábra VIDEOTON Elektro-PLAST Kft telephelye



Tevékenységei közé tartozik a termék- és alkatrésztervezés, prototípuskészítés, gyártástervezés és -fejlesztés, műanyag fröccsöntés, tamponozás, műanyaghegesztés, késztermékek összeszerelése és tesztelése, valamint elektronikai részegységek gyártása és akkumulátorcsomagok összeszerelése. Komplettszermegoldásokat kínálva a termékgyártás minden szakaszában.

2.2. ábra VIDEOTON telephely megközelíthetősége



Az elmúlt évtizedek során számos technológiai újítást és fejlesztést valósított meg, amelyek révén sikeresen helytáll a globális piacokon. Partnerei között olyan nemzetközileg ismert vállalatok szerepelnek, mint a Metabo, a Philips és az AKG, valamint az utóbbi időben több start-up céggel is együttműködik. Összességében a VIDEOTON Elektro-PLAST Kft. integrált gyártási szolgáltatásokat nyújt, hosszú távú stratégiai partnerkapcsolatokra építve, versenyképes költségszinten és személyre szabott megoldásokkal szolgálva ki partnereit. [10.]

3. Szakirodalom

3.1 Előgyártmányok

3.1.1 Az előgyártmány fogalma

Az előgyártmány egy félkész termék, amelyet további megmunkálásra vagy gyártási folyamatokra készítenek (3.1 ábra) azon célból, hogy végtermékké alakuljon. Az ipari termelés számos területén alkalmazzák, beleértve a fémipart, a gépipart, az építőipart és a műanyagfeldolgozást. Az előgyártmányokat jellemzően olyan alapanyagokból készítik, mint a fémek, polimerek, fa vagy kompozit anyagok, és a későbbi feldolgozási lépések megkönnyítésére már bizonyos formázási, öntési vagy hengerlési eljárásokon átesnek.

A gyártási folyamatok során az előgyártmányok lehetnek például öntvények, hengerelt vagy húzott fémlamezek és rudak, préselt műanyag elemek, valamint előregyártott betonpanelek. Ezek az anyagok alapvető kiindulópontként szolgálnak a végtermék előállításához, amely során további megmunkálások, például forgácsolás, hegesztés, hőkezelés vagy felületkezelés történhet. [25., 8., 28.]

3.1. ábra Kerek acél rúd előgyártmányok



Az előgyártmányok alkalmazása jelentős előnyöket kínál a gyártási folyamatokban. Egyrészt csökkenthetik a gyártási időt és a költségeket, mivel az alapanyagok már részben feldolgozott állapotban kerülnek a termelési láncba. Másrészt biztosíthatják az egyenletes minőséget és a precíz méretpontosságot, ami elengedhetetlen a sorozatgyártás és a nagy volumenű ipari termelés szempontjából. [8.]

A megfelelő előgyártmány kiválasztása szorosan összefügg az adott gyártási technológiával és a végtermék követelményeivel. Például a repülőgépiparban alkalmazott

előgyártmányok rendkívül szigorú anyagtulajdonságokkal kell rendelkezzenek, míg az építőiparban használt előregyártott elemek esetében a méretpontosság és a szerkezeti stabilitás a legfontosabb szempontok.[28., 8.]

Összegésképpen az előgyártmányok kulcsszerepet játszanak a modern ipari gyártási folyamatokban, lehetővé téve a hatékonyabb és gazdaságosabb termelést, miközben biztosítják a kívánt minőséget és megbízhatóságot.

3.1.2 Az előgyártmány tervezési szempontjai

Az előgyártmány tervezése során számos tényezőt figyelembe kell venni annak érdekében, hogy a későbbi gyártási folyamatok hatékonyak és gazdaságosak legyenek. A legfontosabb tervezési szempontok közé tartozik az anyagválasztás, a geometriai kialakítás, a méretpontosság, a gyártástechnológiai megvalósíthatóság és a környezeti szempontok figyelembevétele. [7., 12.]

Az anyagválasztás kritikus tényező, hiszen meghatározza az előgyártmány mechanikai, fizikai és kémiai tulajdonságait. Az optimális anyag kiválasztása befolyásolja a gyártási költségeket, a végtermék tartósságát és a megmunkálási lehetőségeket. Például egy nagy szilárdságú fémötvözet használata előnyös lehet szerkezeti elemek esetében, míg egy könnyű, de szívós műanyag alkatrész jobban megfelelhet egyes fogyasztási cikkeknek.

A geometriai kialakításnak igazodnia kell a végtermék funkcionális és esztétikai követelményeihez. Fontos a megmunkálhatóság és az anyaghatékonyság optimalizálása, hogy a gyártás során minimális legyen a hulladék. Emellett figyelembe kell venni az összeállíthatóságot és a szerelhetőséget is, hogy a későbbi gyártási fázisokban ne merüljenek fel felesleges komplikációk. [22.]

A méretpontosság és a tűrések szigorú meghatározása elengedhetetlen a megfelelő illeszkedés és működés biztosítása érdekében. A túl szigorú tűrések növelhetik a gyártási költségeket, míg a túl nagy tűrések problémákat okozhatnak az összeszerelés során. Ezért fontos a megfelelő egyensúly megtalálása.

A gyártástechnológiai megvalósíthatóság szempontjából az előgyártmány tervezésének olyannak kell lennie, hogy a kiválasztott gyártási eljárásokkal könnyen előállítható legyen. Például egy öntvény esetében a zsugorodási arányokat és az öntési hibák minimalizálását

figyelembe kell venni, míg egy hengerelt lemez esetében a lemeztvastagság és a mechanikai tulajdonságok egyensúlyát kell biztosítani. [7., 9.]

Végül a környezeti szempontok is egyre nagyobb szerepet kapnak az előgyártmányok tervezésében. Az újrahasznosíthatóság, az anyaghulladék csökkentése és az energiahatékony gyártási módszerek alkalmazása mind hozzájárulnak a fenntartható ipari termeléshez.

Összegzésképpen, az előgyártmány tervezése során a funkcionalitás, a gazdaságosság és a fenntarthatóság egyensúlyát kell szem előtt tartani annak érdekében, hogy a végtermék minőségi és költséghatékony módon legyen előállítható.

3.1.3 Az előgyártmány hatása a gyártásra

Az előgyártmányok jelentős hatással vannak a gyártási folyamatokra, mivel közvetlenül befolyásolják a termelés hatékonyságát, költségstruktúráját és a végtermék minőségét. Az előgyártmány megfelelő kiválasztása és feldolgozása hozzájárulhat a termelési idő csökkentéséhez, az anyagfelhasználás optimalizálásához és a gyártási hibák minimalizálásához

A gyártási idő csökkentése érdekében az előgyártmányokat gyakran előkészítik úgy, hogy azok további megmunkálást igényeljenek minimális beavatkozással. Például egy pontos méretre vágott fémlemez kevesebb anyagvesztéssel és rövidebb megmunkálási idővel járhat, mint egy nyers tömbből készült alkatrész. Ezáltal csökken a selejt aránya és növekszik a termelési hatékonyság. [12., 29.]

Az anyagfelhasználás optimalizálása szintén fontos szempont. Az előgyártmányok megfelelő kialakítása segíthet csökkenteni a hulladék mennyiségét és növelni az alapanyag-kihasználtságot. Ez különösen kritikus lehet az olyan iparágakban, ahol a nyersanyagok költsége magas, például a repülőgépiparban vagy az autóiparban.

A gyártási hibák minimalizálása érdekében az előgyártmányokat előzetesen úgy alakítják ki, hogy azok illeszkedjenek a végtermék követelményeihez. A precíz méretpontosság és az egyenletes anyagminőség csökkentéséhez vezet. [29.]

kenti a további feldolgozások szükségességét és növeli a végtermék megbízhatóságát.

Összegzésképpen elmondható, hogy az előgyártmányok helyes megválasztása és előkészítése alapvető szerepet játszik a gyártás hatékonyságában, a költségek optimalizálásában

és a minőség biztosításában. A jól megtervezett előgyártmányok nemcsak a termelési folyamatok gyorsaságát és gazdaságosságát növelik, hanem hozzájárulnak a fenntartható gyártáshoz is.

3.1.4 Az előgyártmány kialakítása a fröccsszerszám betéthez, anyagai, megmunkálási lehetőségei

Az előgyártmányok kialakítása a fröccsszerszám betéthez kulcsfontosságú a műanyag fröccsöntési folyamat hatékonyságának és minőségének biztosítása érdekében. Az előgyártmány anyagának és geometriai kialakításának pontos meghatározása szükséges ahhoz, hogy az illeszkedjen a fröccsszerszám követelményeihez, és lehetővé tegye a kívánt végtermék előállítását.

A fröccsszerszám betétek gyártásához jellemzően magas kopásállóságú és hőálló anyagokat használnak, mint például edzett szerszámacélok (pl. 1.2343 vagy 1.2379), gyorsacélok és különleges bevonatokkal ellátott ötvözetek. Az anyagválasztás során figyelembe kell venni az üzemi hőmérsékletet, a fröccsöntendő műanyag anyagának kémiai tulajdonságait, valamint a szerszám élettartamát. [16., 18.]

A megmunkálási lehetőségek közé tartozik a precíziós forgácsolás (esztergálás, marás, köszörülés), a CNC megmunkálás, az EDM (elektro-szikra megmunkálás) és a polírozás, amely biztosítja a szükséges felületi minőséget és méretpontosságot. A megfelelő megmunkálási technológia kiválasztása alapvetően befolyásolja a szerszám élettartamát és a végtermék minőségét. [11., 16., 21.]

Továbbá az előgyártmányok megfelelő hőkezelése és felületkezelése (például nitridálás vagy PVD bevonatok) hozzájárulhat a kopásállóság és a korrózióállóság növeléséhez. Az optimalizált előgyártmányok alkalmazásával csökkenthető a fröccsöntési ciklusidő, minimalizálható a selejt aránya, és javítható a termelékenység, amely végső soron a gyártási költségek csökkentéséhez vezet. [25., 21.]

3.2 Forgácsolás

3.2.1 Forgácsolás fogalma

A forgácsolás egy olyan anyagmegmunkálási folyamat, amely során a munkadarab egy részének eltávolításával érik el a kívánt alakot, méretet és felületi minőséget. A folyamat során

egy forgácsoló szerszám vágóélei behatolnak a munkadarabba, és annak egy részét forgácsként leválasztják. A megmunkálás eredményeként a munkadarab pontos geometriai és felületi tulajdonságokat nyer. [2., 11., 17.]

A forgácsolás során a szerszám mozgása lehet forgó, egyenes vonalú vagy ezek kombinációja. Az alapvető mozgásformák a következők:

- **Főmozgás:** Ez az a mozgás, amely biztosítja a forgácsoláshoz szükséges sebességet. Lehet forgó (pl. esztergálás esetén) vagy egyenes vonalú (pl. gyalulásnál).
- **Előtolási mozgás:** Az előtolás határozza meg, hogy a szerszám milyen mértékben halad előre a munkadarabban, ezáltal befolyásolva a forgácsolt felület minőségét és a forgácsolási teljesítőképességet.
- **Forgácsolási mozgás:** A szerszám és a munkadarab együttes mozgásából adódik, amely meghatározza a levágott forgács alakját.

A forgácsolás folyamatát befolyásoló tényezők közé tartoznak:

- **A munkadarab anyaga:** A megmunkált anyag keménysége, szilárdsága, kopásállósága befolyásolja a választott szerszám anyagát és a forgácsolási paramétereket.
- **A szerszám geometriája:** A szerszám élei, élszöge és alakja meghatározza a forgácsolás hatékonyságát.
- **Forgácsolási paraméterek:** Ide tartozik a vágási sebesség, az előtolás és a forgácsolási mélység, amelyek befolyásolják a felületi minőséget és a termelékenységet. [8., 16.]

A forgácsolás különböző technológiákat foglal magába, mint például az esztergálás, marás, gyalulás, fúrás és köszörülés. [2., 11.]

Az előnyei közé sorolható a nagy pontosság, a kiváló felületi minőség, valamint a komplex geometriák kialakíthatósága. Hátrányai közé tartozik a nagy energiafelhasználás, a szerszámok kopása és az anyagvesztés, amely a forgács formájában jelentkezik.

A modern ipari folyamatokban a forgácsolás egyre inkább CNC-gépekkel történik, amelyek magas fokú automatizálást, precizitást és hatékonyságot biztosítanak. Ezek a gépek lehetővé teszik az emberi hibák minimalizálását, a termelés gyorsaságának növelését, valamint a szabványosított alkatrészek sorozatgyártását is. [23.]

3.2.2 A forgácsolás főbb típusai

Az alábbi fejezetben leírom a forgácsolás főbb típusainak részletesebb bemutatását. A forgácsolás számos technológiára osztható, amelyek közé tartozik az esztergálás, marás, gyalulás és vésés, továbbá a köszörülés.

Az esztergálás (**3.2 ábra**) során a munkadarab forgó mozgást végez, miközben az egyélű szerszám egyenes vonalban mozog, és eltávolítja az anyagot. Ezt a technológiát elsősorban hengeres vagy kúpos alkatrészek gyártására alkalmazzák, mint például tengelyek, csapágyházak vagy csavarorsók. Az esztergálás egyik előnye a nagy méretpontosság és az egyenletes felületminőség elérése. [11., 2.]

3.2 ábra Sk360 esztergagép és tartozékai



A marás (**3.3 ábra**) során a szerszám végzi a forgó mozgást, míg a munkadarab haladó mozgást végez a szerszámhoz képest. A marás lehet síkmarás (nagyobb felületek megmunkálására), palástmarás (hengerek és görbületek kialakítására) vagy profilmarás (összetett formák előállítására). A marás előnye, hogy nagyobb szabadságot biztosít az alkatrészek geometriájának kialakításában. [3., 21.]

3.3. ábra STRIGON MS400-2 marógép



A gyalulásnál a szerszám egyenes vonalú mozgást végez, miközben a munkadarab nyugalomban marad, míg a vésés során a szerszám függőleges irányban mozog. Mindkét technológia elsősorban síkfelületek előállítására alkalmas, különösen nagy méretű alkatrészek esetén.

A fúrás esetében a forgó mozgást végző fúrószerszám hengeres lyukat hoz létre a munkadarabban. A fúrás egyik változata a dörzsárazás, amely a furatok pontos méretre történő végső megmunkálását végzi. Speciális fúrási eljárások közé tartozik a mélyfúrás, amely nagy hosszúságú és kis átmérőjű furatok készítésére szolgál. [17., 2.]

A köszörülés egy precíziós megmunkálási eljárás, amely során koptató szemcséket tartalmazó korong segítségével távolítanak el vékony rétegeket a munkadarabról. A köszörülés alkalmazható síkfelületek, hengeres felületek és élek pontos kialakítására. A köszörülés egyik legnagyobb előnye a kiváló felületi minőség és a nagy méretpontosság.

Ezek a forgácsolási technológiák széles körben alkalmazhatók az ipari gyártásban, és lehetőséget biztosítanak a különféle alkatrészek pontos és hatékony előállítására. Az egyes eljárások kombinációja lehetővé teszi az összetett geometriák és szigorú minőségi követelmények teljesítését, ezáltal hozzájárulva a modern gyártástechnológia fejlődéséhez. [11., 2.]

3.2.3 A forgácsolás hatása a gyártásra

A különböző forgácsolási eljárások jelentős hatást gyakorolnak az egyes gyártási folyamatok hatékonyságára, a megmunkált munkadarab költségeire és az adott termék minőségére. Fontos a feladathoz szükséges forgácsolási technológia pontos kiválasztása, mert ez teszi lehetővé az alkatrészek precíz előállítását, ezzel is csökkentve az utólagos megmunkálás szükségességét. [7., 23.]

A korszerű szerszámgépek és a mára már automatizált forgácsolási folyamatok növelik a termelékenységet, ezzel lehetővé téve a nagyobb volumenű és sorozatgyártás hatékony kivitelezését. Az automatizált eszközök esetén is nagy odafigyeléssel kell lenni a megmunkálási paraméterek megfelelő beállítására, kifejezetten ott, ahol sokat számít a nagy méretpontosság és a kiváló felületi minőség. [21.]

Gazdaságossági szempontból a megfelelő eszköz és megmunkálási stratégia megválasztása révén csökkenthető az anyagveszteség, energiafelhasználás és a gyártási idő, ebből kifolyólag csökkentve az előállítási költségeket. Napjainkban a fenntarthatóság egyre nagyobb szerepet kap, éppen ezért folyamatosan növekszik a hangsúly a forgácsok újrahasznosításán és a környezetbarát hűtő-kenőanyagok alkalmazásán. [6., 26.]

3.3 Hűtő-kenő folyadékok

3.3.1 Hűtő-kenő folyadékok fogalma

A hűtő-kenő folyadékok (röviden: hkf) olyan speciális anyagok, amelyeket a különböző fémmegmunkálási és fröccsöntési folyamatok során alkalmaznak, annak érdekében, hogy csökkentsék a súrlódásból származó hőmennyiséget, minimalizálják a szerszámok kopását és optimalizálják a gyártási folyamatok hatékonyságát. Továbbá jelentős szerepük van a gyártási minőség javításában, az energiafelhasználás csökkentésében, valamint a szerszámok élettartamának meghosszabbításában. [6., 26.]

3.3.2 Hűtő-kenő folyadékok típusai

A megfelelő hűtő-kenő folyadék kiválasztása a gyártási eljárás specifikus követelményekhez igazodik, figyelembe véve olyan tényezőket, mint a megmunkált anyag típusa, a munkakörnyezet, a kenési hűtési követelmények, szabványok, valamint a környezeti és egészségügyi előírások. [26.]

A hűtő-kenő folyadékokat többféle módon csoportosíthatjuk, de az egyik leggyakoribb besorolás összetétel és működés alapján történik.

Ez alapján megkülönböztetünk négy típusú folyadékot. Az olaj alapú folyadékok elsősorban ásványi, növényi vagy szintetikus olajokból állnak, amelyet különféle adalékanyagokkal dúsítanak a jobb kenési teljesítmény érdekében. Ezeket gyakran olyan helyeken használják, ahol gondoskodnunk kell a nagyfokú súrlódás csökkentéséről.

Beszélhetünk még emulziós hűtő-kenő folyadékokról (**3.4 ábra**). Ezek olyan olaj-víz keverékek, amelyek biztosítják mind a hűtési, mind a kenési tulajdonságokat. A víz felel a hőelvezetésért, míg az olaj meggátolja a kopást és a korróziót. Az emulzió stabilitásának fenntartása érdekében különféle emulgeálószerkeket és adalékokat alkalmaznak.

3.4. ábra Emulzió használata fém megmunkálás során



Léteznek további szintetikus folyadékok is, ahol megkülönböztetünk vízoldható szintetikus folyadékokat és fél-szintetikus folyadékokat. Az előbbi teljesen olajmentes megoldásokat foglalja magában, amelyeket speciálisan úgy fejlesztettek ki, hogy kiváló hűtési teljesítményt nyújtsanak, miközben minimalizálják a környezetre és az egészségre gyakorolt káros hatásokat. Az utóbbi eset pedig az olajalapú és szintetikus hűtő-kenő folyadékok kombinációi. Ezek különösen népszerűek a mai modern ipari környezetben. [19., 23., 17.]

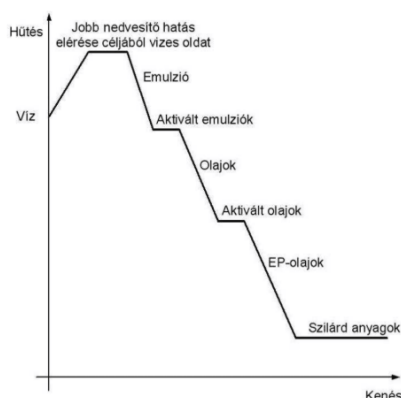
Az előbb bemutatott folyadékok a különböző megmunkálási eljárásoknál eltérő szerepet játszanak. Ez fenn áll például a forgácsolás esetében, préselésknél, húzásoknál továbbá a köszörülésnél is.

3.3.3 A hűtő-kenő folyadékok használata fröccsöntő szerszámoknál és betéteknél

A fröccsöntési folyamat során a hűtő-kenő folyadékok kulcsfontosságú szerepet játszanak a szerszám és a betétek hőmérsékletének szabályozásában. Az optimális hőmérséklet biztosítása elengedhetetlen a ciklusidő csökkentéséhez, a termékminőség javításához és a vetemedés elkerüléséhez. Fröccsöntő szerszámoknál 3 típust szokás alkalmazni. Ezek pedig, a vízalapú hűtőfolyadékok, hővezető olajok és speciális adalékanyagokkal dúsított folyadékok. [18., 6.]

A nem megfelelő hűtési technika alkalmazása vetemedést, repedéseket és egyéb hibákat okozhat (**3.5 ábra**) amelyeket rontják a termék végső minőségét és növelik a selejtarányt. Így a kenés alkalmazása közvetett módon hozzájárul az egyes folyamatok gazdasági mutatóihoz is. [17.]

3.5 ábra Hűtő-kenő folyadék kiválasztása különböző összetételek szerint adott anyaghoz



3.4 CAM (Számítógéppel Segített Gyártás)

3.4.1 A CAM rendszer fogalma és működési elve

A CAM (Computer-Aided Manufacturing – számítógéppel segített gyártás) olyan technológiai rendszer, amely a gyártási folyamatokat automatizálja és optimalizálja a számítógépes technológia alkalmazásával. Segítségével a tervező által létrehozott 3D-s CAD modell alapján generálhatók a megmunkáláshoz szükséges szerszámok, melyekből automatikusan elkészülnek a CNC gépek számára értelmezhető vezérlőprogramok (G-kód).

A CAM szoftver működése során először a 3D geometria kerül betöltésre, majd a technológus kiválasztja a megmunkálási stratégiát, szerszámokat és a gyártási paramétereket (sebesség, előtolás, fogásmélység stb.). Ezt követően a szoftver kiszámítja az optimális szerszámot, figyelembe véve az anyagminőséget, megmunkálási pontosságot, ütközésvizsgálatot és szerszámélettartamot is. Az eredmény szimulálható, amely vizuálisan ellenőrizhető az anyagválasztás, ütközés és időigény szempontjából. A végleges szerszámot a posztprocesszor segítségével generálható a CNC gépek által értelmezhető NC program. [20.]

3.4.2 CAM rendszerek alkalmazási területei

A CAM rendszereket széles körben alkalmazzák a fémmegmunkálásban, szerszámgyártásban, autóiparban, repülőgépiparban és orvostechikában. A leggyakoribb alkalmazások közé tartoznak:

- Precíziós CNC marás, esztergálás, huzalszakra és tömbszakra forgácsolás,
- Fröccsöntő szerszámok betétjeinek megmunkálása,
- Komplex 3D formák gyártása, például üregek és zsebek nagy pontosságú kialakítása,

- Gépalkatrészek többoldali megmunkálása 3-, 4- vagy 5-tengelyes gépeken,
- Nagy sebességű megmunkálás (HSC),
- Additív gyártással kombinált CAM stratégiák.

A CAM jelentősen csökkenti a beállítási időt, biztosítja az ismételhetőséget és javítja a szerszámgépek kihasználtságát. Használatával növelhető a termelékenység, a pontosság és a gyártási rugalmasság. [20.]

3.4.3 CAM szoftverek

A CAM programok között számos ipari megoldás áll rendelkezésre, melyek különböző szintű gyártási komplexitást képesek kiszolgálni:

- **Siemens NX CAM:** fejlett 3-5 tengelyes szerszám-pálya-generálás, ipari szabvány a szerszámgyártásban.
- **Fusion 360 CAM:** integrált CAD/CAM/CAE platform, egyszerűbb megmunkálásokhoz is használható, oktatási célokra is elérhető.
- **Mastercam:** nagy elterjedtségű, sokféle géptípushoz optimalizálható posztprocesszorral.
- **SolidCAM:** SolidWorks-hoz integrált megoldás, iMachining technológiával.
- **HyperMill:** kimagasló 5 tengelyes megmunkálási stratégiák és optimalizált nagyoló algoritmusok.

Ezek a szoftverek nagy mértékben hozzájárulnak a modern gyártás hatékonyságához, minimalizálják a hibákat, és lehetővé teszik a digitális gyártási lánc teljes integrációját. A CAM rendszerek alkalmazásával csökken a selejtarány, csökken a gépállási idő, és pontosan tervezhetővé válik a gyártás ideje és költsége. A szerszámgép valós idejű szimulációja csökkenti a szerszámtörés és ütközés kockázatát, ezáltal javítva a gyártási biztonságot és a termékminőséget. [20.]

Az alábbi szoftverek elengedhetetlen szerepet játszanak a modern gyártási folyamatokban, mivel elősegítik a termékek fejlesztését és optimalizálását.

Részletesebben kifejtve pedig, csökkenti az anyagi kiadásokat, kevesebb fizikai prototípusra van szükség, ezáltal csökken a szükséges anyagfelhasználás és a tesztelési költség. Rövidebb idő alatt fejleszthetők új termékek. [8., 16.]

A szerkezetek pontos és megbízható elemzését tudják rövid idő alatt elvégezni, ezzel csökkentve a tervezési hibák kockázatát. Azonnali visszacsatolást biztosít a mérnököknek. Könnyebben eleget tudnak tenni a mai modern szabványoknak, biztonsági előírásoknak. A VEM alkalmazásával nő a fenntarthatóság és az innováció lehetősége, mivel könnyebb, de mégis erősebb anyagok alakíthatóak ki, amelyek csökkentik az energiafogyasztást és a környezeti hatásokat. [4., 1.]

4. Probléma bemutatás

4.1. Arburg Allrounder 270C Golden edition fröccsöntő szerszám bemutatása

Az Arburg Allrounder 270C Golden fröccsöntő gép (4.1. ábra) egy innovatív és megbízható ipari megoldást kínál, amelyet a modern gyártási környezet követelményeinek megfelelően fejlesztettek ki. A gép nem túl nagy, kompakt kialakítású és mindezek ellenére jelentős teljesítményt biztosít, hiszen 50 0kN-es záróereje lehetővé teszi a különböző méretű és összetettségű műanyag alkatrészek előállítását. Csigamérete 25-35 mm között változhat, maximális fröccsöntési térfogata pedig elérheti a 77 cm³-t. A fröccsöntési nyomás akár 2000 bar is lehet, ami lehetővé teszi a precíz és egyenletes anyagbefecskendezést. A gép hidraulikus hajtású záróegységgel és temperált fröccsegységgel van ellátva, biztosítva a gyors ciklusidőt és a homogén alapanyag-felmelegítést.

4.1. ábra Arburg Allrounder 270C Golden edition fröccsöntő gép szerszámvetéjének elhelyezkedése



Az Arburg által több évtizedes tapasztalatra épített technológia és a saját fejlesztésű Selogica vezérlőrendszer révén a 270C Golden könnyen kezelhető, érintőképernyős felületének köszönhetően pedig egyszerűen programozható. Sokoldalúsága lehetővé teszi, hogy különféle iparágakban, például az elektronikai eszközök, autóiipari kiegészítők vagy más speciális alkatrészek gyártása során megállja a helyét.

A modern hidraulikus rendszer és a könnyű karbantarthatóság is kiemelkedő az alábbi gépben. A gyors szerszámcsere lehetősége hozzájárul a termelési idő csökkentéséhez, ezáltal javítva a gyártási folyamatok ütemezhetőségét és gazdaságosságát. Összegzésként, ideális választás azoknak a gyártóknak, akik a minőséget, rugalmasságot és energiahatékonyságot helyezik előtérbe.

4.2. A szerszám és a betét bemutatása

A fröccsöntő gépben megtalálható szerszám egy precízen megmunkált, anyagában 1.2344 (X40CrMoV5-1) hőálló szerszámacél, amely kiválóan ellenáll a nagy hőmérsékleti és mechanikai terheléseknek. Az ilyen típusú acél megfelelően magas keménységet és kopásállóságot biztosít, miközben jól ellenáll a hőfáradásnak és ez elengedhetetlen a fröccsöntési folyamatok során. Az anyagválasztás azért előnyös, mert lehetővé teszi a hosszútávú, stabil gyártást, még a nagy igénybevételű műanyagok, például üvegszál erősítésű polimerek esetén is.

A szerszám (4.2. ábra) egy kétlapos kialakítású forma, amelynek a fix oldala a gép álló felfogópofájára van felszerelve, míg a mozgó oldal a mozgó felfogólaphoz csatlakozik. A szerszám tartalmaz egy P&C által gyártott cserélhető betétet, amely lehetővé teszi különböző geometriájú alkatrészek gyártását ugyanazon alapformán belül. A betét pontos illeszkedését csavarok és rögzítőelemek biztosítják, és kulcsszerepet játszik a végtermék pontos alakjának és méreteinek meghatározásában.

4.2. ábra Fröccsszerszám és betét felépítése



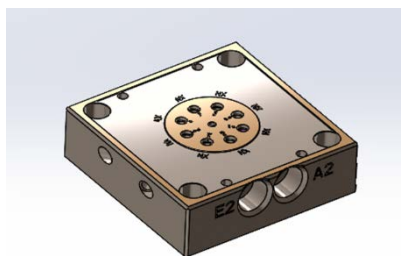
A fröccsöntési folyamat során az olvadt műanyag a beömlőcsatornán keresztül jut a formaüregbe amelyet a betét alakja határoz meg. A megfelelő hőmérséklet-szabályozás elengedhetetlen a minőségi gyártás érdekében, ezért a szerszám vízkeringetési hűtőrendszerrel van ellátva. A hűtővíz a forma kritikus pontjaira vezetve biztosítja az egyenletes hőmérséklet eloszlást, csökkentve a zsugorodást, vetemedést, valamint optimalizálva a ciklusidőt. A vízűtés csatlakozói és tömlői a forma oldalán találhatóak, a benne áramló folyadék segíti fenntartani az optimális üzemi hőmérsékletet.

A szerszám által gyártott végtermék egy a Braun cég által megrendelt borotvatisztító készülékbe épül be. Maga a műanyag alkatrész a Ring Moulded névre hallgat.

4.3. A felmerülő probléma bemutatása

A fröccsöntési technológiákban kiemelt szerepet kapnak a fröccsszerszámok és azok betétjei, amelyek közvetlenül befolyásolják a gyártott alkatrészek minőségét és méretpontosságát. Ezért a szerszám és a betétek kialakításának megmunkálási eljárásnak megfelelő megválasztása kulcsfontosságú a gyártás hatékonyságának szempontjából.

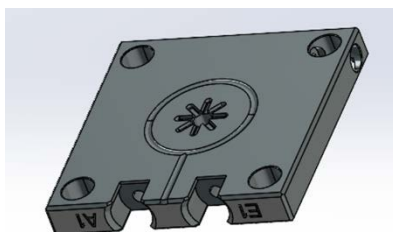
4.3. ábra A betét mozgóoldali részének 3D-s modellje



A jelenlegi gyártási folyamat során azonban több probléma is azonosítható, amelyek hátrányosan befolyásolják a termelékenységet és a végtermék minőségét. Az egyik legjelentősebb hiba a betétek méretpontosságának (4.3. ábra) eltérése, amely a hagyományos forgácsolási eljárások, például az esztergálás, marás és a köszörülés során fellépő túrési problémákra vezethető vissza. Ezek a pontatlanságok az alkatrészek illeszkedését és funkcionalitását is negatívan befolyásolják, ezzel növelve a selejtarányt. (4.4. ábra)

További észlelt problémát jelent a nem megfelelő hűtőcsatorna-kialakítás, amely az egyenetlen hőelvezetés miatt a termék vetemedéséhez és belső feszültségek kialakulásához vezethet. Az áramlási keresztmetszet szűkössége miatt a szerszám nem tud lehűlni megfelelően, ezért a műanyag beömlésekor levegőzárványok és anyaghibák is felmerülhetnek, amik rontják az alkatrész mechanikai tulajdonságait.

4.4. ábra A betét álló részének 3D-s modellje



Ezen problémák kiküszöbölésé érdekében egy új, korszerűbb gyártási eljárást indokolt bevezetni. A hagyományos megmunkálási módszerek helyett, CNC-technológia alkalmazása lehetővé teszi a precízebb egyenetlesebb betétkialakítást, biztosítva a mérethűséget és a felületi

minőséget. A nagy pontosságú megmunkálás révén csökkenthetők a tűrésproblémák és optimalizálható a hűtőcsatornák méretezése, valamint javítható az anyagáramlás. Az új gyártástechnológia bevezetésével nő a gyártás hatékonysága és a végtermék minősége. Csökken a selejtarány és meghosszabbodik a szerszám élettartama, ezzel is segítve a megfelelést az ipar 4.0 elvárásainak.

4.4. Az általam felhasznált programok

A szakdolgozatomban szereplő betét minőségibb kialakításának létrehozásához és egy új, hatékonyabb gépgyártástechnológia bevezetéséhez az alábbi programok lesznek a segítségemre.

Fő programok, amelyekre szükségem lesz:

- **Siemens NX CAM, SolidEdge**
- **Solidworks, Inventor – A 3D modell és a szakrajzok megtekintéséhez és elkészítéséhez felhasznált program.**
- **Egy CNC –amely a betét új típusú megmunkálásban lesz segítségem. Erre egy gyártástechnológiai tervet fogok készíteni.**

5. A betét tervezési folyamata, dokumentációi

5.1. Gyártási koncepció és szerszám gép bemutatás

5.1.1. Alapkonceptió

A betét egy tömbből lesz kimunkálva CNC eljárással. Az alkatrész választott anyag az 1.2344 (X40CrMoV5-1) jelölésű melegalakító, hőálló szerszámacél, amely a kiváló mechanikai és hőállósági tulajdonságai miatt választottam. A gyártási folyamat célja lesz, hogy a betétet a kívánt méretpontossággal, megfelelő felületi minőséggel és mechanikai jellemzőkkel tudjuk előállítani. Ez biztosítja a hosszú távú, jelentősen kevesebb selejtes végterméket gyártó, megbízható működést.

5.1.2. Anyagválasztás és tulajdonságok

A(z) 1.2344 (X40CrMoV5-1) választott munkaanyag (ISO P3) egy közepesen ötvözött, melegen munkáló szerszámacél, amely kiválóan alkalmazható fröccsszerszám betétek gyártásához. Lágyított állapotban jól forgácsolható, hőkezelés után pedig nagy szilárdságot és kopásállóságot biztosít. (1. táblázat) A szerszámgyártásban gyakran használják, mivel jól hőkezelhető, mérettartó és nagy szívósságú. (2. táblázat)

1. táblázat Az anyag mechanikai tulajdonságai (edzés előtt): (Minden adat szobahőmérsékleten értendő: 20°C)

| Tulajdonság | Érték |
|-----------------------------|------------------------|
| Szakítószilárdság (R_m) | 750-900 MPa |
| Folyáshatár ($R_{p0.2}$) | 600-700 MPa |
| Nyúlás | 10-15 % |
| Keménység (HB) -lágyított | 220-255 HB |
| Hővezetési együttható | 21 W/mK |
| Sűrűség (20°C) | 7.78 g/cm ³ |
| Ütőmunka (Charpy-V) | 12-15 J |
| Melegalakítási hőmérséklet | 1100-900 °C |

2. táblázat Kémiai összetétel: (%-ban értendő)

| C | Si _{max} | Mn _{max} | S _{max} | Cr | Mo | Ni | P _{max} | V |
|-----------|-------------------|-------------------|------------------|-----------|-----------|----|------------------|-----------|
| 0,38-0,42 | 0,80-1,20 | 0,25-0,50 | 0,030 | 4,80-5,50 | 1,20-1,50 | - | 0,030 | 0,85-1,15 |

5.2 Gyártási folyamat

A gyártási folyamat több egymást követő, precízen megtervezett technológiai lépésből áll, amelyek biztosítják a szerszámbetét méretpontosságát, megfelelő alakját, és a hosszú távú, stabil működését fröccsöntő szerszámként. Az alábbi lépések a jelen technológiai dokumentáció szerint kerültek végrehajtásra.

Alapanyag előkészítés

A gyártás első lépése az 1.2344 anyagminőségű szerszámacél beszerzése, amely jellemzően tömb formájában érkezik. Az alapanyagot szalagfűrészkes darabolással közelítő méretre vágjuk. Ez biztosítja a hatékony gépi megmunkálást és minimalizálja az anyagvesztést. A fűrészelés után az anyagot jelölik, előkészítik a gépi nagyoláshoz.

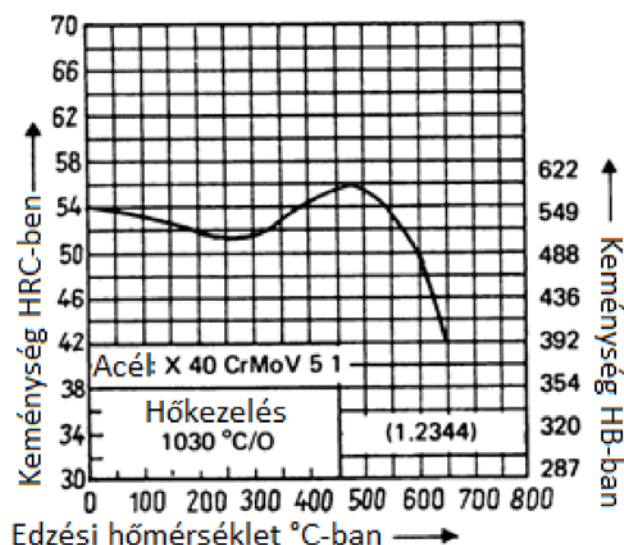
Nagyoló megmunkálás

A CNC megmunkálás első lépéseként kontúrok és síkok nagyolása történik $\varnothing 80$ mm homlokmaróval, majd $\varnothing 20$ mm végmaróval a zsebek és formák durva kialakításához. A cél a felesleges anyag eltávolítása és a forma közel végleges kialakítása. Ezt követi a furatok előfúrása $\varnothing 6$ – 10 mm közti szerszámokkal.

Hőkezelés

A megfelelő szilárdság és kopásállóság biztosítása érdekében a kész alkatrészt hőkezelési eljárásoknak vetik alá. Megedzik, amely során 1020 – 1030 °C-on hevítik, majd levegőn vagy olajban lehűtik, ezzel növelve keménységet és kopásállóságot. (5.1. ábra) Ezt követően megeresztik, tehát csökkentik a belső feszültségeket és mérséklék a törékenységet. Ennek érdekében 530 – 600 °C-on tartják meghatározott ideig, így az alkatrész rugalmasabb és szívósabb lesz.

5.1. ábra 1.2344 X40CrMoV51 alapanyag hőkezelési diagramja



A cél a végső 50–54 HRC keménység elérése, amely biztosítja a megfelelő szilárdságot és kopásállóságot. A revésedés elkerülése érdekében hóálló fóliába csomagolják a munkadarabot. Az edzés során a megszakított felületek miatt alakí deformáció keletkezik, ezért hőkezelés előtt kerül sor minden jelentős geometriai forma kialakítására. (0.3 – 0.5 mm ráhagyással).

Köszörülés

A sík- és végfelületek köszörülése BLOHM PLANOMAT HP CNC síkköszörűgépen történik. A cél a bázis felület képzés, pontos méret, síklapúság, párhuzamosság és kiváló felületi érdesség ($R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$) biztosítása CBN köszörűkoronggal. A finom fogásvétel (0,01 mm/pass) és a hűtés különösen fontos a mérettartás és az anyag integritása szempontjából.

Simító megmunkálás

A hőkezelt darabot CNC marással végső méretre munkáljuk. A kontúrok, zsebek és síkok pontosítása történik kis előtolással. Ebben a lépésben az előzetesen nagyolt részeket végleges méretre munkáljuk, tömb és huzalszakra segítségével. A keletkezett éles sarkokat 45°-os V-maróval törjük le (0,5 mm). Ez csökkenti a feszültségkoncentrációt és növeli a szerszám élettartamát.

Méretellenőrzés (MEO)

A kész darabot digitális tolómérővel, magasságmérővel, felületi érdességmérővel és 3D koordináta mérőgéppel ellenőrizzük. A kritikus jellemzők – síkpárhuzamosság, furatpozíció, felületi minőség, tűrések – vizsgálata biztosítja a termék megfelelő minőségét.

Tisztítás és konzerválás

A végellenőrzés után a betétet zsírtalanítják, sűrített levegővel tisztítják, majd korrózióvédelemmel látják el. A kész darab ezután szállításra, illetve beépítésre kész.

5.3 Szerszámgép bemutatása, adatai

A gép adatai a melléklet 1. pontjában található.

5.2. ábra Gép típusa: DMG MORI CMX 1100 V (3 tengelyes CNC megmunkálóközpont)



A DMG MORI CMX 1100 V egy precíziós 3 tengelyes CNC megmunkálóközpont, amelyet főként fémmegmunkáláshoz terveztek. Nagy méretű munkadarabokhoz is alkalmas, mivel X irányban 1100 mm-es, Y irányban 560 mm-es, Z irányban pedig 510 mm-es (5.2. ábra) mozgástartománnyal rendelkezik. A gép stabil szerkezetű, kiváló ismétlési pontosságot és nagy megmunkálási sebességet biztosít. Korszerű vezérlőrendszere (pl. Siemens vagy Heidenhain) lehetővé teszi az összetett alkatrészek hatékony és automatizált gyártását.

6. Fröccsszerszám betét gyártástechnológiai terve

Előgyártmány meghatározása [forrás: WALTER]

Anyag: 1.2344 ESU szerszámacél, edzés előtti állapota: lágy

(edzés, megeresztés után, 53 ± 1 HRC keménység)

Anyagminőség: ISO P3 – közepesen ötvözött, lágy szerszámacél

Előgyártmány típusa: Előzetesen mart vagy hengerelt tömb. (6.1. ábra)

6.1. ábra 1.2344 (X40CrMoV5-1) előgyártmány



Alapanyag mérete: 160 mm x 500 mm

Választás indoklása: 1.2344 acél edzés előtti állapotban közepes szilárdságú, de jól forgácsolható. A P2 kategóriához képest magasabb ötvözőelem-tartalommal rendelkezik, ezért nem tekinthető egyszerű ötvözetlen acélnek. A P3 kategóriába sorolása indokolt, mivel a mechanikai és kémiai tulajdonságai alapján ezt a csoportot képviseli.

A CoroMill 345 típusú homlokmaró nagyoláshoz lett kiválasztva, mivel rendkívül hatékonyan alkalmazható közepesen ötvözött acélokon (ISO P3), például a lágyított 1.2344 esetén. A GC4330 minőségű lapka nagy szívósságot és kiváló forgácsolási teljesítményt biztosít. Az átmérő és a fogszám a stabil megmunkáláshoz ideális, és teljes mértékben kompatibilis a választott CNC gép (DMG MORI CMX 1100 V) paramétereivel. (5. táblázat)

Forgácsolási paraméterek:

5. táblázat Alapadatok [Forrás: Sandvik Coromant] – saját táblázat

| | |
|-------------------------------|-------------|
| Szerszám átmérő (D) | 80 mm |
| Vágósebesség (v_a) | 180 m/min |
| Fogankénti előtolás (f_z) | 0,12 mm/fog |
| Lapkák száma (Z) | 6 db |
| Fogásmélység (a_p) | 2 mm |
| Fogásszélesség (a_e) | 50 mm |

Számítások:

Főorsó fordulatszám (n):

$$n = (1000 \cdot v_a) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 180) / (\pi \cdot 80) \approx 716 \text{ fordulat/perc}$$

Előtolás (f):

$$f = f_z \cdot Z \cdot n = 0,12 \cdot 6 \cdot 716 \approx 515 \text{ mm/perc}$$

Forgácstérfogat (V_t):

$$V_t = a_e \cdot a_p \cdot f = 50 \cdot 2 \cdot 515 = 51\,500 \text{ mm}^3/\text{min} = 5,15 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{min}$$

Fajlagos forgácsolási ellenállás (k_c): 1487,5 N/mm² (1.2344 lágy állapotban)

Motor teljesítménye (P_v):

$$P_v = k_c \cdot V_t = 1487,5 \cdot 5,15 \cdot 10^{-5} = 0,765 \text{ kW}$$

Forgácsleválasztás teljesítménye (P_c) $\eta = 0,8$ hatásfokkal:

$$P_c = P_v / \eta = 0,765 / 0,8 \approx 0,96 \text{ kW}$$

Ez a teljesítmény **megfelel** a DMG MORI CMX 1100 V megmunkálóközpont 13 kW-os orsóteljesítményéhez.

2. művelet Nagyolás – furatok, zsebek, hűtőcsatornák előfúrása (edzés előtt)

Ebben a lépésben a mozgóoldali betétrész felülnézeti (6.1. ábra), az új méretekkel már módosított műhelyrajzából kerülnek meghatározásra a gyártás további műveleti lépései. Mivel ez még nagyolási lépés, így ráhagyásokkal kell dolgozni. Minden egyes furat külön megmunkálási lépést jelent, 1 mm ráhagyással (kivéve a Ø26 mm körzsebek, amelyek már végleges méretre készülnek). A technológiai terv minden lépéséhez meghatároztam a szerszám típusát, gyártóját és alapvető paramétereit. (6. táblázat)

6. táblázat Választott szerszám [forrás: WALTER, SANDVIK, HOFFMANN-(ISCAR), DORMER PRAMET, EMUGE, FANUC] – saját táblázat

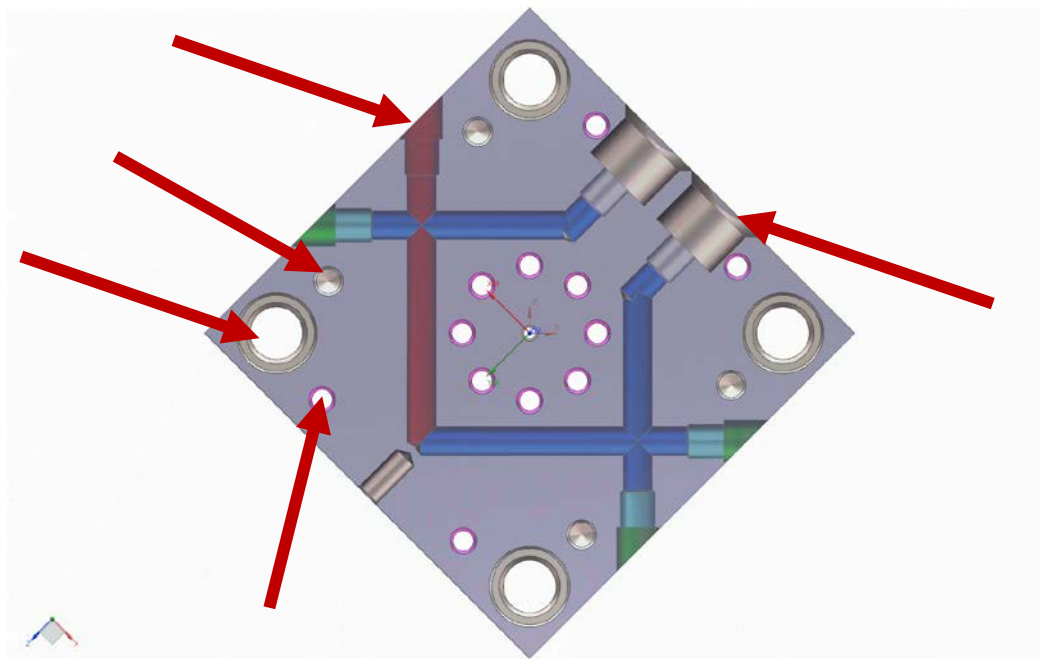
| Művelet | Szerszám típusa | Gyártó/Típus | Ø [mm] | Z (él) | v _c [m/min] | n [1/min] | ap [mm] | f _z [mm/fog] | F [mm/min] |
|--------------------|--|---|-----------|-----------|---------------------------|--------------|------------|----------------------------|---------------|
| Központfúró | NC központozó 90° | Garant/ 121020 5 | 5 | 2 | 40 | 2546 | 1 | 0,025 | 127 |
| Ø7 furat előfúrás | Spirálfúró (HSS-Co) | Garant / 114550 7 | 7 | 2 | 25 | 1592 | 2 | 0,04 | 127 |
| M10 menetmag furat | Spirálfúró (HSS-Co) | Garant 114550 8,5 | 8.5 | 2 | 16 | 599 | 1.5 | 0.045 | 54 |
| Ø10furat előfúrás | Keményfém fúró (belső hűtés) | Sandvik CoroDrill 860.1-0900-031A1-PM P1BM | 9 | 2 | 50 | 1770 | 2 | 0,075 | 265 |
| Ø26 zseb nagyolása | Tömör keményfém szármaró | HAM 40-1491-1200-26 | 12 | 4 | 130 | 3450 | 3 | 0.09 | 1250 |

| | | | | | | | | | |
|--------------------------|--|--|---------|---|-----|------|-------|-------|------|
| Ø26 zseb simítása | Tömör keményfém töruszmáró | HAM 40-5280- 12/0.5 | 12 | 6 | 200 | 5300 | 0,095 | 0,1 | 3020 |
| Hűtőcsatorna előfúrás | Keményfém fúró | Titex Xtreme A6589DPP-10 | 10 | 2 | 50 | 1592 | 2 | 0,075 | 239 |
| Menetfúrás G1/4" | Menetfúró (HSS- E, TiN) | Emuge Softsynchro C0401400.4036 | Ø13.157 | - | 10 | 242 | 19/1" | - | 324 |
| Menetfúrás M10 | Menetfúró (HSS- E, TiN) | Emuge Enorm 1-Z- IKZ- PM-GLT-1 | M10 | - | 10 | 318 | 1.5 | - | 477 |
| Élletörések | Keményfém fúró (belső hűtés) | GÜHRING 5578-12.00-WN R 90 | 12 | 4 | 50 | 1326 | 24 | 0,1 | 265 |
| Telibefúró | Keményfém fúró (belső hűtés) | Walter D4120- 03-18.00F25- P42 | 18 | 3 | 55 | 974 | 54 | 0,12 | 350 |

Műveletekre való lebontás:

A furatok pozíciójának pontos meghatározása érdekében központfúrást végzünk. A kiválasztott szerszám egy Garant 122300 típusú HSS-Co anyagú NC központfúró, 120° csúcshöggel és TiN bevonattal. A rövid, tömör kivitel biztosítja a merevséget, és pontosan központosító pontot hoz létre. Ez kiemelten fontos különösen a 45°-os ferde síkok esetén, ahol a későbbi fúró elvándorolna. A művelet kis mélységben (~1 mm) történik, a pontos indítás érdekében. (6.3. ábra)

6.3. ábra Az adott műveletben előfúrandó, nagyolandó zsebek, furatok pozíciói kiemelten



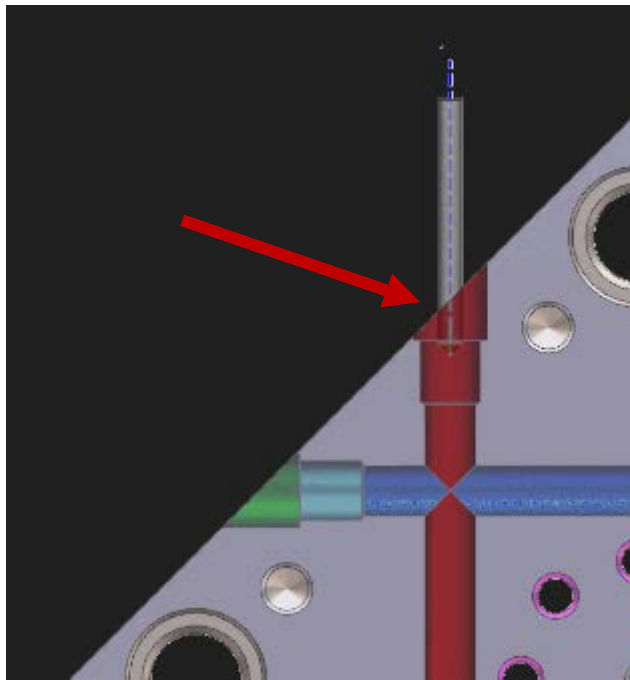
Számítások:

1. Központfúrás

- Szerszám: NC fúró (HSS-Co, TiN), Ø5 mm
- $v_c = 40$ m/min
- Számítások:
 - o $n = (1000 \cdot 40) / (\pi \cdot 5) = 2546$ 1/min
 - o $f_z = 0.025$ mm/fog, $Z = 2 \rightarrow f = 0.025 \cdot 2 \cdot 2546 \approx 127$ mm/min
 - o $A = \pi \cdot (5^2)/4 \cdot 1$ mm ≈ 19.6 mm² ($a_p = 1$ mm)
 - o $V_t = A \cdot f = 19.6 \cdot 127 \approx 2490$ mm³/min = 2.49 cm³/min
 - o $P_v = (1800 \cdot 2.49) / 60000 \approx 0.075$ kW

A művelet kis teljesítményigényű, viszont kritikus pontossági szempontból. A fúrócsúcs által kialakított bemélyedés irányt ad a következő lépésben használt spirálfúróknak, biztosítva a furatok pontos pozícióját és egyenletességét. (6.4. ábra)

6.4. ábra A központi fúrás elvégzése vizuálisan szemléltetve



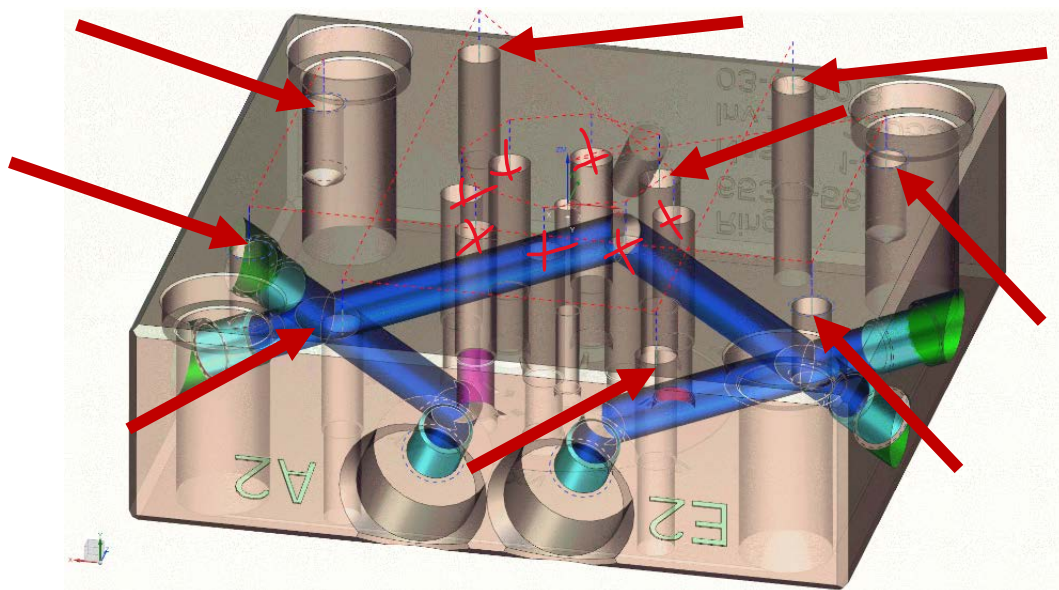
2. Ø7 furat előfúrás (ejektor csapok helyei)

A rajzon jelölt kisebb furatokon előfúrását végezzük el ebben a lépésben. Ezeket Ø5 mm átmérővel fúrjuk ki teljes betétvastagságon át, így kb. 1 mm ráhagyás marad a későbbi huzalszakra forgácsoláshoz (Ø6 mm a végleges méret). A központos indításhoz az előzőleg NC központfúrást alkalmazunk. (6.5. ábra)

- Szerszám: HSS-Co spirálfúró, Ø7 mm
 - $v_c = 25 \text{ m/min}$
 - $n = (1000 \cdot 25) / (\pi \times 5) \approx 1592 \text{ 1/min}$
 - $f_z = 0.04, Z = 2 \rightarrow f = 0.04 \cdot 2 \cdot 1592 \approx 127 \text{ mm/min}$
 - $A = \pi \cdot (5^2)/4 \cdot 2 \text{ mm} \approx 39.3 \text{ mm}^2$
 - $V_t = 39.3 \cdot 127 \approx 4990 \text{ mm}^3/\text{min} = 4.99 \text{ cm}^3/\text{min}$
 - $P_v = (1800 \cdot 4.99) / 60000 \approx 0.15 \text{ kW}$

A kis átmérő miatt HSS-Co furó is megfelelő. A kobalt növeli az éltartósságot, a fekete oxid bevonat jobb kenést biztosít. Az előfúrás Ø5 mm-re történik, amely lehetővé teszi a huzalszika befűzését. A végleges Ø6 mm-es furatokat huzalszika forgácsolással (WEDM – Wire EDM) alakítjuk ki ±0,01 mm pontossággal, mivel ezek az ejektorcsaphelyek illesztési és geometriai pontossági szempontból kritikusak.

6.5. ábra A furó pályamozgása amely előfogja készíteni az ejektorcsapok furathelyei



3. M10 menetmagfúrás

- **Szerszám:** Spirálfúró (HSS-Co), Ø8.5 mm
 $v_c = 25 \text{ m/min}$

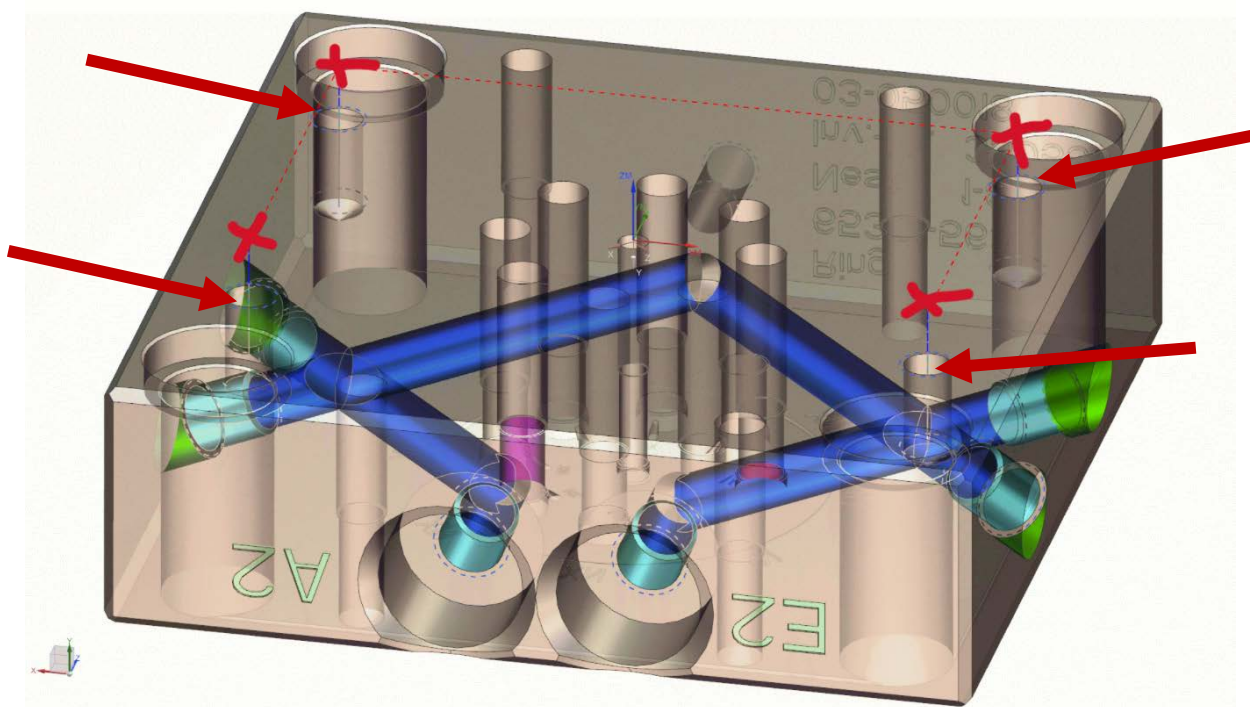
Számítások:

- $n = (1000 \cdot 25) / (\pi \cdot 8.5) \approx 936 \text{ 1/min}$
- $f_z = 0.045 \text{ mm/fog}, Z = 2 \rightarrow f = 0.045 \cdot 2 \cdot 936 \approx 84 \text{ mm/min}$
- $A = \pi \cdot (8.5^2) / 4 \cdot 1 \text{ mm} \approx 56.75 \text{ mm}^2 \text{ (} a_p = 1 \text{ mm)}$
- $V_t = A \cdot f = 56.75 \cdot 84 \approx 4767 \text{ mm}^3/\text{min} = 4.77 \text{ cm}^3/\text{min}$
- $P_v = (1800 \cdot 4.77) / 60000 \approx 0.143 \text{ kW}$

Az M10-es menetfúráshoz szükséges előfúrást egy 8,5 mm-es spirálfúróval végezzük, HSS-Co szerszámmal. A kiválasztott vágósebesség alapján a fordulatszám 936 1/min, az előtolás 84 mm/min. A térfogati forgácsolási teljesítmény 4,77 cm³/min, amelyhez mintegy 0,14 kW

teljesítmény szükséges. A fúrás a gép és szerszám szempontjából mérsékelt terheltségű megmunkálásnak számít. (6.6. ábra)

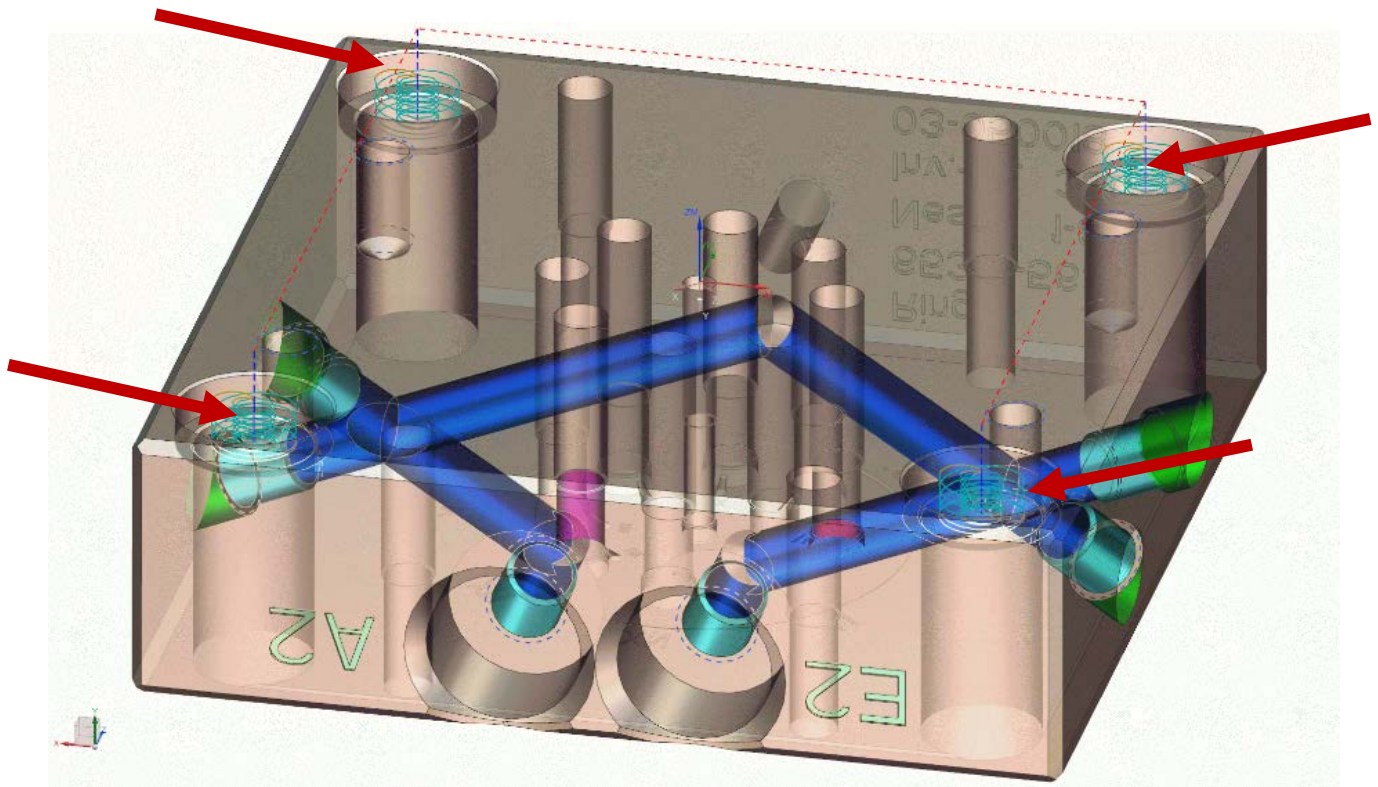
6.6. ábra M10-es menetmagfuratok szerszám pályája mozgása



4. Ø26 mm körzsebes megmunkálása (perselyezett furat, végleges méretre)

Ebben a lépésben készülnek el a Ø26 mm körzsebek. A furatok perselyezett kialakításúak, ezért különös figyelmet kell fordítani a pontosságra. Az előfúrást egy Pramet 8240 típusú U-furóval végezzük, amely két cserélhető lapkával (központ és perem) dolgozik. Nagymennyiségű anyag gyors eltávolítását ez biztosítja. (6.7. ábra)

6.7. ábra Körzsebek kimunkálása

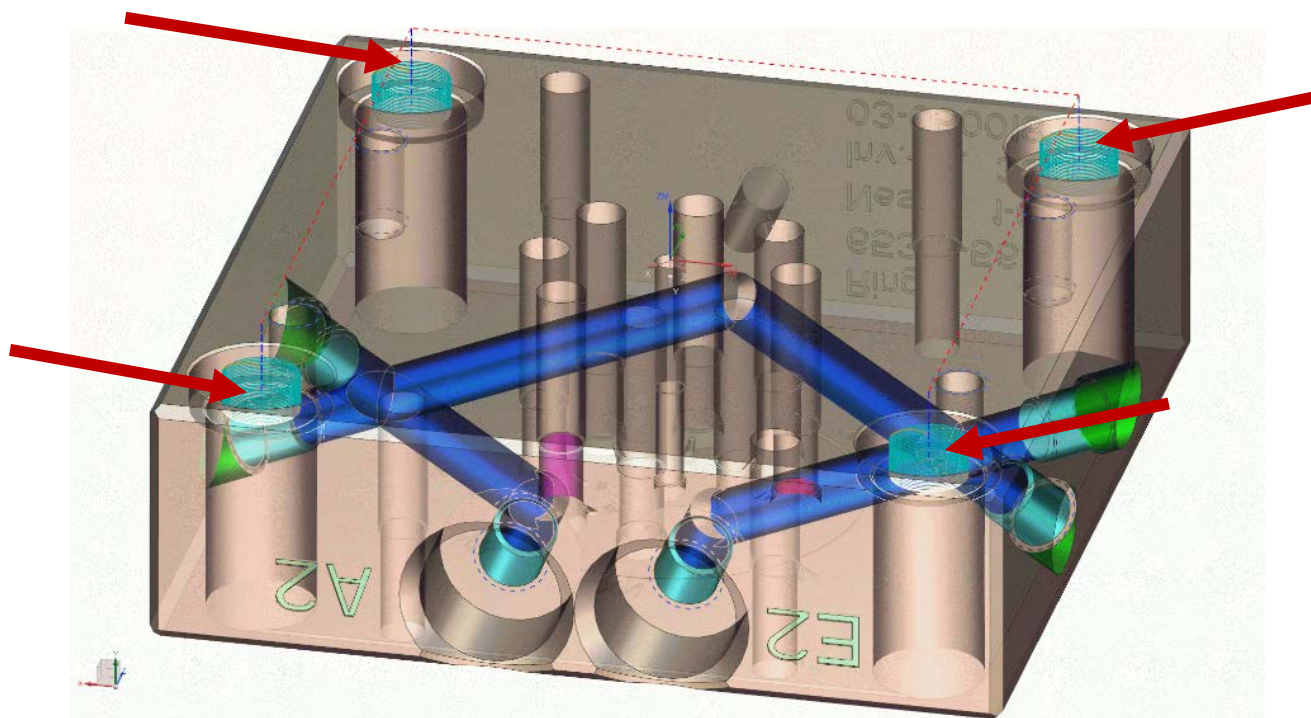


- Szerszám: Indexelhető U-fúró (Pramet), Ø26 mm
- $v_c = 80$ m/min
 - $n = (1000 \cdot 80) / (\pi \cdot 26) \approx 979$ 1/min
 - $f_z = 0.125 \rightarrow f = 0.125 \cdot 2 \cdot 979 \approx 245$ mm/min
 - $A = \pi \times (26^2) / 4 \cdot 3 \text{ mm} \approx 1592 \text{ mm}^2$
 - $V_t = 1592 \times 245 \approx 390040 \text{ mm}^3/\text{min} = 390 \text{ cm}^3/\text{min}$
 - $P_v = (1800 \times 390) / 60000 \approx 11.7 \text{ kW}$

Ø26 zseb simítása

A furat alja enyhén kúpos, ezért egy simító marási lépést végzünk a szármaróval Ø12 mm-es átmérőben, 4 éllel. A marás körinterpolációval történik a pontos Ø26 mm-es méret eléréséhez. (6.8. ábra)

6.8. ábra 26-os furatok simító megmunkálása



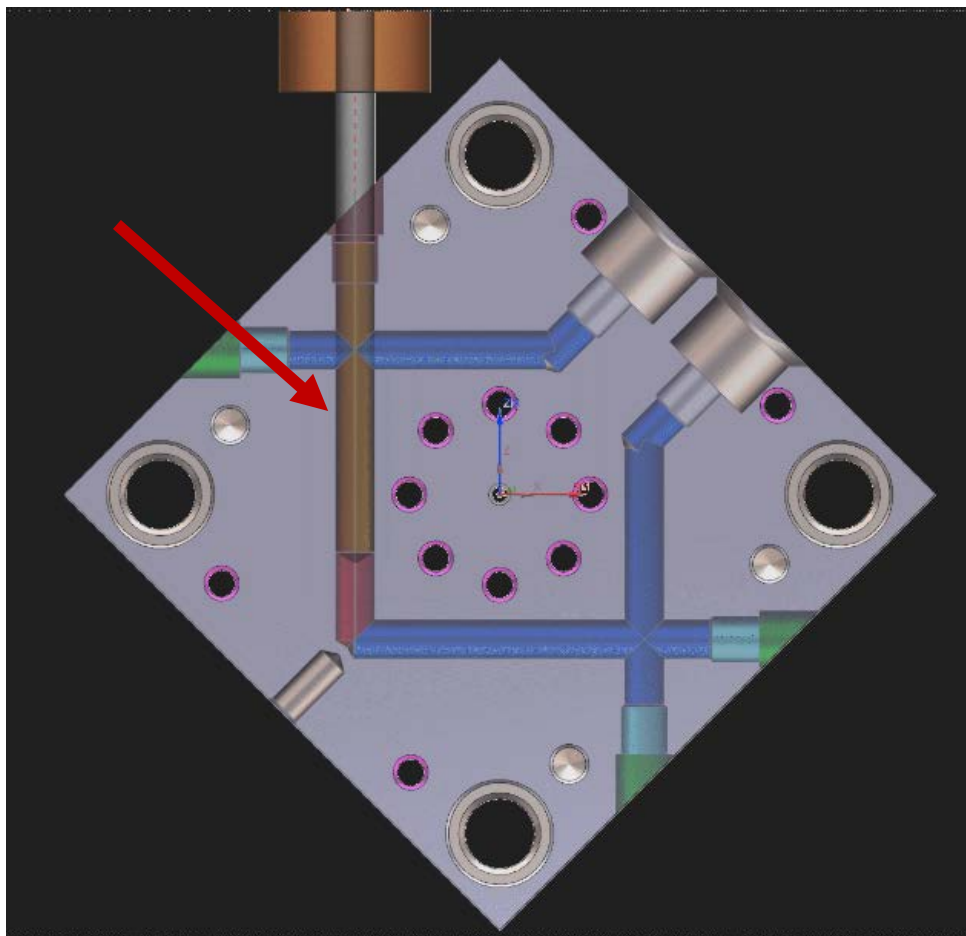
- Szerszám: ISCAR Multi-Master körmaró, Ø12 mm
- $v_c = 50$ m/min
 - $n = (1000 \cdot 50) / (\pi \cdot 12) \approx 1326$ 1/min
 - $f_z = 0.1 \rightarrow f = 0.1 \cdot 2 \cdot 1326 \approx 265$ mm/min
 - $A \approx 28$ mm² (vékony ap: 0.25 mm)
 - $V_t \approx 28 \cdot 265 \approx 7420$ mm³/min = 7.42 cm³/min
 - $P_v = (1800 \cdot 7.42) / 60000 \approx 0.22$ kW

Ezek a lépések biztosítják a pontos méretet és sík fenékfelületet. A kombinált megmunkálással (U furó + körmaró) gyorsan és gazdaságosan érjük el a kívánt zsebformát. A szerszámok ISO P acélhoz optimalizáltak, nagy kopásállósággal rendelkeznek. A furatok ezen lépés után véglegesek, nem igényelnek további huzalszakra megmunkálást.

5. 10 Ø mm-es hűtőcsatornák előfúrása (45°-os döntéssel)

A hűtőfuratok 45°-os szögben futnak, Ø10 mm átmérővel, ferde síkfelületről indulva. A szerszám 15xD hosszúságú, belső hűtéssel kivitelezett, TiAlN bevonatos. A hosszabb furathossz (pl. 113 mm) miatt mélyfúrási ciklust alkalmazunk, kb 10 mm-enkénti kihúzással. (6.8. ábra)

6.8. ábra Hűtőcsatornák előfúrása felülnézetből



- Szerszám: Titex Xtreme keményfém fúró, Ø10 mm
- $v_c = 50 \text{ m/min}$
 - $n = (1000 \cdot 50) / (\pi \cdot 10) \approx 1592 \text{ 1/min}$
 - $f_z = 0.075 \rightarrow f = 0.075 \cdot 2 \times 1592 \approx 239 \text{ mm/min}$
 - $A = \pi \cdot (10^2) / 4 \cdot 2 \text{ mm} \approx 157 \text{ mm}^2$
 - $V_t = 157 \cdot 239 \approx 37523 \text{ mm}^3/\text{min} = 37.5 \text{ cm}^3/\text{min}$

$$- P_v = (1800 \cdot 37.5) / 60000 \approx 1.13 \text{ kW}$$

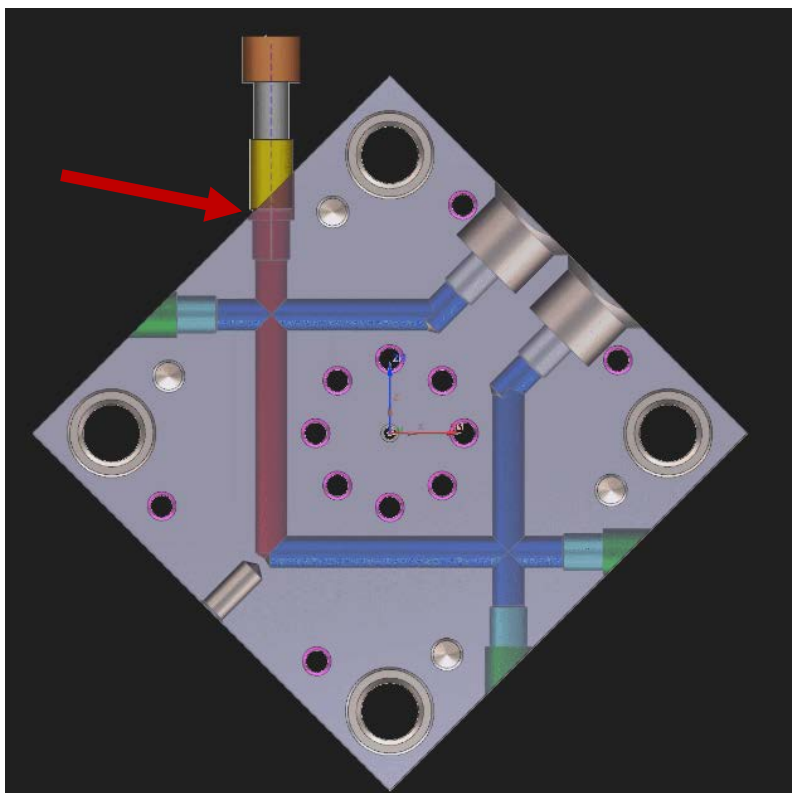
A mélyfúró horony, belső hűtése és merev kialakítása lehetővé teszi a hosszú, egyenes furat kivitelezését, minimális elhajlással. A furat nem igényel simítás – a hűtési funkció miatt a $\pm 0,1$ mm mérettűrés elegendő. A furatot a végén sorjátlanítjuk a későbbi menetesítés előkészítéséhez.

A hűtőcsatornák „megtágítása” az áramlási keresztmetszet bővítését szolgálja. CNC megmunkáló egységen korszerű, méretpontos és precíz lesz a kialakítás így nem fog felmerülni, olyan jellegű hiba, mint az előzően legyártott betét esetén. Az előző esetben legyártott betétnél, az volt a probléma, hogy az áramlási keresztmetszet nem volt pontosan kimunkálva így a korábbi $\varnothing 8$ mm átmérőjű furat, bizonyos pontjain ettől is szűkebb volt.

7. Menetfúrás elkészítése a hűtőfuratokban (G 1/4")

A 45° -os hűtőcsatornák mindkét végére G1/4" BSPP párhuzamos csőmenetet készítünk, hogy lehetővé váljon a szabványos csatlakozók rögzítése. A csőmenethez $\varnothing 11,8$ mm magfurat szükséges, amit egy rövid, célzott fúrással bővítünk a már meglévő $\varnothing 10$ mm átmérőjű furatból. Ezután következik a menetfúrás. (6.9. és 6.10. ábra)

6.9. ábra G1/4 menet elkészítése



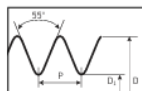
- Szerszám: Emuge HSS-E TiN bevonatos menetfúró
- $n = 200$ 1/min, menetemelkedés $P = 1.337$ mm
- $f = n \cdot P = 200 \times 1.337 = 267$ mm/min
- Teljesítményigény: ~0.2 kW (gyártó szerint)

A menetes csatlakozás biztosítja a szivárgásmentes, szabványos kötéseket kialakítását a hűtőcső-csatlakozókhoz. A rövid bővítő fúrás csak a menethez szükséges szakaszt érinti, így a csatorna többi része $\varnothing 10$ mm marad – ez növeli az áramlási hatékonyságot (az eredeti $\varnothing 8$ mm-hez képest).

6.10. ábra A választott menet típus

Menetmag-furat átmérők
Menetfúrás / menetmarás (folytatás)

Csőmenet



G Csőmenet
DIN EN ISO 228 szerint

| D Ø P Gg/1" | D ₁ | | Ø mm DIN 336 / ISO 2306 |
|-----------------|----------------|---------------|----------------------------|
| | min. mm | max. mm | |
| G 1/16-28 | 6,561 | 6,843 | 6,80 |
| G 1/8-28 | 8,566 | 8,848 | 8,80 |
| G 1/4-19 | 11,445 | 11,890 | 11,80 |
| G 3/8-19 | 14,950 | 15,395 | 15,25 |
| G 1/2-14 | 18,632 | 19,173 | 19,00 |
| G 5/8-14 | 20,588 | 21,129 | 21,00 |
| G 3/4-14 | 24,118 | 24,659 | 24,50 |
| G 7/8-14 | 27,878 | 28,419 | 28,25 |
| G 1-11 | 30,292 | 30,932 | 30,75 |
| G 1 1/8-11 | 34,940 | 35,580 | 35,50 |
| G 1 1/4-11 | 38,953 | 39,593 | 39,50 |
| G 1 3/8-11 | 41,366 | 42,006 | 41,90 |
| G 1 1/2-11 | 44,846 | 45,486 | 45,25 |
| G 1 3/4-11 | 50,789 | 51,429 | 51,00 |
| G 2-11 | 56,657 | 57,297 | 57,00 |
| G 2 1/4-11 | 62,753 | 63,393 | 63,00 |
| G 2 1/2-11 | 72,227 | 72,867 | 72,60 |
| G 3-11 | 84,927 | 85,567 | 85,00 |

A hűtő furatok átmérőbővítésének okai:

Hűtőcsatornák méretnövelésének hőtani és áramlástanai indoklása:

A fröccsszerszám optimális hűtése kulcsfontosságú a ciklusidő csökkentése, az alakhűség és a méretpontosság biztosítása szempontjából. A korábbi kialakításban Ø8 mm-es hűtőcsatornák voltak, melyek 3/8"-os menetbe csatlakoztak. Az új verzióban Ø10 mm-es furatok és G 1/4" BSPP csatlakozómenetek szerepelnek. Ez a módosítás több szempontból is előnyös. (7. táblázat)

7. táblázat Számításhoz tartozó adatok:

| Jellemző | Ø8 mm furat | Ø10 mm furat |
|--|-------------|--------------|
| Reynolds-szám | 7984 | 9980 |
| Nusselt-szám | 66,19 | 79,13 |
| Hőátadási tényező (h) [W/m ² K] | 4964,3 | 4747,6 |
| Hőcsere felület (A) [m ²] | 0,00284 | 0,00355 |
| Hőelvonó képesség (Q) [relatív] | 14,10 | 16,85 |

A Reynold szám a turbulens tartományban van, tehát stabil az áramlás. A Nusselt-szám esetében mivel magasabb az érték ebből kifolyólag jobb a hőátadás foka is. Az áramlási sebesség enyhén csökkent, viszont a nagyobb felület jobb összesített hőelvonást hoz létre.

1. Áramlástanai indoklás (folyadékáramlás és nyomásvesztés):

A hűtőközeg jellemzően víz vagy vizes emulzió (jelen esetben víz), amely a csatornában ~1,5–2 m/s sebességgel áramlik. A csatorna keresztmetszetének növelése jelentősen csökkenti a nyomásvesztést és növeli az áramlási térfogatot. (7. táblázat, melléklet)

Hidraulikai keresztmetszet:

- Ø8 mm → $A_8 = \pi \cdot (8^2)/4 \approx 50,3 \text{ mm}^2$
- Ø10 mm → $A^{10} = \pi \cdot \frac{10^2}{4} \approx 78,5 \text{ mm}^2$

Ez +56 % növekedést jelent a keresztmetszetben!

Térfogatáram növekedés (azonos áramlási sebesség mellett):

$$Q = A \cdot v$$

Ha $v = 1,5$ m/s, akkor:

- Ø8 mm: $Q_8 \approx 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
- Ø10 mm: $Q_{10} \approx 1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

Relatív

növekedés:

$Q_{10} / Q_8 \approx 1,57 \rightarrow$ az új csatornában ~57 %-kal nagyobb vízmennyiség tud áthaladni.

Nyomásveszteség (Darcy-Weisbach egyenlet alapján):

$$\Delta p = f \cdot L/d \cdot \rho v^2/2$$

A kisebb átmérő növeli a súrlódási nyomásveszteséget (L/d arány nő), ezért a Ø10 mm csatorna kisebb ellenállású, alacsonyabb üzemi nyomáson működik.

2. Hőelvonási kapacitás (hőtani szempont):

A hűtőközeg által elvitt hő:

$$Q_{hő} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

ahol:

- Q : hőelvonás (W),
- c_p : fajhő (víznél $\approx 4180 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$),
- ΔT : hőmérsékletkülönbség a be- és kilépés között,
- \dot{m} : tömegáram $= \rho \cdot Q$
(ρ víznél $\approx 1000 \text{ kg/m}^3$)

Számítás:

- Ø8 mm $\rightarrow \dot{m}_8 = 0,075 \text{ kg/s}$

- $\varnothing 10 \text{ mm} \rightarrow \dot{m}_{10} = 0,118 \text{ kg/s}$
(az előző áramlásatok alapján)

Ha $\Delta T = 5 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow$

- $Q_8 \approx 0,075 \cdot 4180 \cdot 5 \approx \mathbf{1567 \text{ W}}$
- $Q_{10} \approx 0,118 \cdot 4180 \cdot 5 \approx \mathbf{2460 \text{ W}}$
- \rightarrow **Az új $\varnothing 10 \text{ mm}$ csatorna $\sim 900 \text{ W}$ -tal több hőt tud elvonni** ugyanazon ΔT mellett, ami jelentős hűtési többletet eredményez, gyorsabb formahűlést és kevesebb alakhibát.

3. Hővezetés az acélban (anyag: 1.2344, $\lambda \approx 25 \text{ W/m}\cdot\text{K}$)

A furat–formaüreg távolsága csökkenti a hővezetési ellenállást.

A hőáram:

$$q = \lambda \cdot A/d \cdot \Delta T$$

A hővezető felület is nőtt:

- $\varnothing 8 \text{ mm} \rightarrow U_8 = \pi \cdot d \cdot L \approx 201 \text{ mm}^2$
- $\varnothing 10 \text{ mm} \rightarrow U_{10} = \pi \cdot d \cdot L \approx 251 \text{ mm}^2$
(25 %-kal nagyobb hőcserefelület)

Ez nemcsak nagyobb hőelvonást biztosít, hanem csökkenti a szerszám túlmelegedését lokálisan.

8. táblázat Hűtőcsatornák hatékonysági paramétereinek változása:

| Szempont | $\varnothing 8 \text{ mm}$ furat | $\varnothing 10 \text{ mm}$ furat | Növekedés |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|-----------|
| Keresztmetszet | 50,3 mm ² | 78,5 mm ² | +56 % |
| Térfogatáram | 0,075 l/s | 0,118 l/s | +57 % |
| Hőelvonás ($\Delta T = 5 \text{ }^\circ\text{C}$) | 1567 W | 2460 W | +57 % |
| Belső felület (hőátadás) | 201 mm ² | 251 mm ² | +25 % |
| Nyomásveszteség | magasabb | alacsonyabb | - |

Indoklás: A Ø10 mm-es hűtőfuratok nagyobb térfogatáramot, alacsonyabb nyomásvesztéséget és jelentősen nagyobb hőelvonást biztosítanak, mint a korábbi Ø8 mm-esek. A G1/4" csatlakozók megfelelőbbek a nagyobb térfogatáram kiszolgálására, és szabványosabbak ipari hűtőcsövekhez. Ez technológiailag megalapozott és hőtani szempontból indokolt fejlesztés, amely csökkenti a ciklusidőt, növeli az élettartamot és a méretpontosságot. (8. táblázat)

3. művelet – Hőkezelés – Edzés és megeresztés

A kontúr és zsebmarást követően a szerszámbetét anyaga hőkezelésen megy keresztül, hogy elérje a kívánt mechanikai tulajdonságokat. A(z) 1.2344 jelű szerszámacél edzése 1020-1050 °C-on történik, majd megeresztésre kerül 520-580 °C hőmérsékleten legalább két ciklusban. (6.11. ábra) Az edzés célja a szilárdság és a kopásállóság növelése, míg a megeresztés a ridegség csökkentését szolgálja. Az eljárás végén az anyag keménysége eléri az 50-54 HRC-t, ami ideális a szerszámbetétek nagy igénybevételű használatához.

6.11. ábra Hevítéssel járó színeződés az adott hőfokon

| Hőmérséklet | Izzítási színek | Megnevezés | Hőmérséklet | Megeresztési színek | Megnevezés |
|--------------|-----------------|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------|
| 1250-1350 °C | | Fehér | 210 °C | | Sárgásfehér |
| 1150-1250 °C | | Világossárga | 220 °C | | Világossárga |
| 1100-1200 °C | | Sötétsárga | 230 °C | | Sárga |
| 950-1100 °C | | Sárgászörös | 240 °C | | Sötétsárga |
| 900-950 °C | | Világosvörös | 250 °C | | Sárgásbarna |
| 850-900 °C | | Világos cseresznyevörös | 260 °C | | Barnászörös |
| 800-850 °C | | Cseresznyevörös | 270 °C | | Bíborvörös |
| 770-800 °C | | Sötét cseresznyevörös | 280 °C | | Lila |
| 650-750 °C | | Sötétvörös | 290 °C | | Sötétkék |
| 580-600 °C | | Barnászörös | 300 °C | | Búzavirágkék |
| 520-580 °C | | Feketésbarna | 310 °C | | Világoskék |
| | | | 320 °C | | Szürkéskék |
| | | | 330 °C | | Szürke, szürkészöld |

4. művelet – Köszörülés – Végső méretre hozás, sík és felületminőség kialakítása

A finommegmunkálást követően a köszörülés a végső geometriai pontosság és felületi érdesség elérését szolgálja. Ez különösen fontos az illeszkedő felületeknél, vezető hornyoknál, vagy más funkcionális síkok esetén. A művelet edzett anyagon történik, így kizárólag

síkköszörűgéppel, gyémánt vagy CBN (cubic boron nitride) koronggal végezhető. (9. táblázat, melléklet)

Választott technológia:

Művelet: Síkfelületi köszörülés (edzett acélon)

Géptípus: Síkköszörűgép – BLOHM Planomat HP 412 CNC síkköszörűgép (Siemens SINUMERIK 840D vezérlés).

Korongtípus: CBN köszörűkorong, D91 jelű szemcseméret, gyanta- vagy kerámiakötésű

10. táblázat – Köszörülési jellemzők [forrás: BLOHM] – saját táblázat

| Paraméter | Érték |
|-----------------------|--|
| Korongátmérő | Ø300 mm |
| Korong vastagság | 25 mm |
| Munkadarab keménysége | 50-54 HRC (edzett 1.2344) |
| Fogásmélység (ap) | 0,005 – 0,02 mm/pass |
| Előtolás | 100 – 300 mm/min (síkhossztól függően) |

Célértékek:

- **Felületi érdesség:** $Ra \leq 0,8 \mu\text{m}$ (igény esetén $0,4 \mu\text{m}$ is)
- **Túrás:** IT6–IT7 (illesztő felületekhez)

Indoklás a választott szerszámhoz: A köszörülés biztosítja a végső geometriai pontosságot, amelyet marással már nem lehet megfelelő minőségben elérni az edzett acélon. A CBN korong választása a nagy keménységű anyag miatt indokolt, mivel ezek kevésbé kopnak, pontosan tartják az alakot és alacsonyabb hőbevitel mellett is kiváló megmunkálást nyújtanak. A kis fogásmélység és a több finom átmenetel szükséges a túlmelegedés és a felületi revésedés elkerülésére. A síkköszörülés elengedhetetlen formazáró vagy szorosan illeszkedő betétek gyártásánál. A köszörülés során általában egy-egy síkot köszörülnek, majd az ahhoz képest derékszögben álló síkok következnek. A sorrendet a mérettartás és a síkpárhuzamosság biztosítása határozza meg. A műveletet követően a szerszámot kész méretre kerül, beépíthető a szerszámba. (10. táblázat)

Számítások:**1. Forgácstérfogat (V_t):**

$V_t = \text{szélesség} \cdot \text{fogásmélység} \cdot \text{előtolás}$

$$V_t = 50 \text{ mm} \cdot 0,01 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm/min} = 100 \text{ mm}^3/\text{min} = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{min}$$

2. Forgácsolási teljesítmény (P_v):

$$P_v = k_c \cdot V_t \text{ (} k_c \sim 25000 \text{ N/mm}^2 \text{ (a köszörülésre jellemzően))}$$

$$P_v = 90000 \cdot 1,0 \cdot 10^{-7} = 9 \text{ kW}$$

3. Forgácsleválasztás teljesítménye (P_c):

$$P_c = P_v / \eta = 9 / 0,8 = 11,25 \text{ kW}$$

A teljesítményigény rendkívül alacsony, a BLOHM Planomat HP 412 CNC 15 kW-os orsómotorja ezt könnyedén biztosítani tudja. A kis fogásmélység és a CBN korong garantálja a pontos mérettartást és a kiváló felületminőséget.

5. művelet – Simítómegmunkálás – Furatok simítása huzalszikra-forgácsolással (WEDM) és tömbszikra (EDM) beömlő kialakítás

A huzalszikkázás biztosítja az illesztett furatok kiváló méret- és alakpontosságát (IT6–IT7 tűrésmezőben), valamint az éles peremeket, amelyek különösen fontosak a formaüreg környezetében. A technológia lehetővé teszi továbbá az egyedi kúposág kialakítását, amennyiben szükséges (pl. vezetőcsapok zárásánál). A huzalszikkát az AgieCharmilles CUT 300 gépen végezzük, 0,25 mm átmérőjű, bevonatos (Zn) huzallal.

A huzalszikkra-forgácsolásra kerülő furatok: (mindegyik a rajz dokumentumokon látható kiosztások szerint) (6.12. ábra)

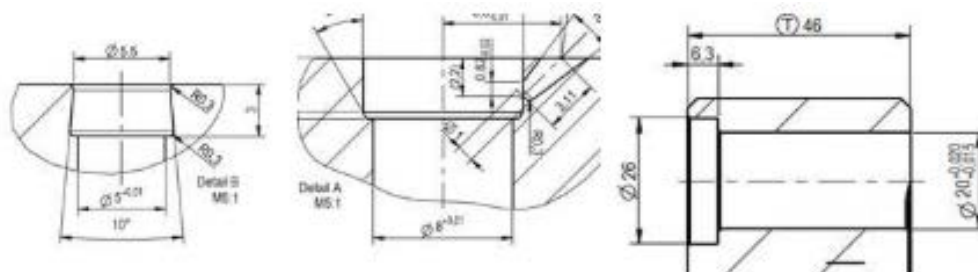
- Vezetőelem furatok ($\text{Ø}20^{+0.02}_{+0.015} \text{ mm}$) – 4 db
- Csőkidobó furatok ($\text{Ø}8^{+0.01} \text{ mm}$) – illesztett – 8 db
- Angus kidobó furat ($\text{Ø}5^{+0.01} \text{ mm}$ középen) – illesztett – 1 db
- Helyretoló furatok ($\text{Ø}8^{+0.01} \text{ mm}$) – illesztett – 4 db

11. táblázat WEDM huzalszakra-forgácsolási technológiai és számított adatok

| Furat típus | Átmérő | Kerület | Vágási felület | Sebesség | Becsült idő |
|--------------|--------------------------------------|---------|-----------------------------|-------------------------|-------------|
| Csőkidobó | $\varnothing 8^{+0.01}$ mm | 28,3 mm | ~ 2264 mm ² | 3 mm ² /perc | 12 perc |
| Angus kidobó | $\varnothing 5^{+0.01}$ mm | 15,7 mm | ~ 1256 mm ² | 3 mm ² /perc | 7 perc |
| Vezetőelem | $\varnothing 20^{+0.02}_{+0.015}$ mm | 62,8 mm | ~ 5024 mm ² | 3 mm ² /perc | 28 perc |
| Helyretoló | $\varnothing 8^{+0.01}$ mm | 28,3 mm | ~ 2264 mm ² | 3 mm ² /perc | 12 perc |

A tényleges gépidő a huzalváltások, szikraindítások és gépbeállítások miatt némileg magasabb (~10–20%-kal).

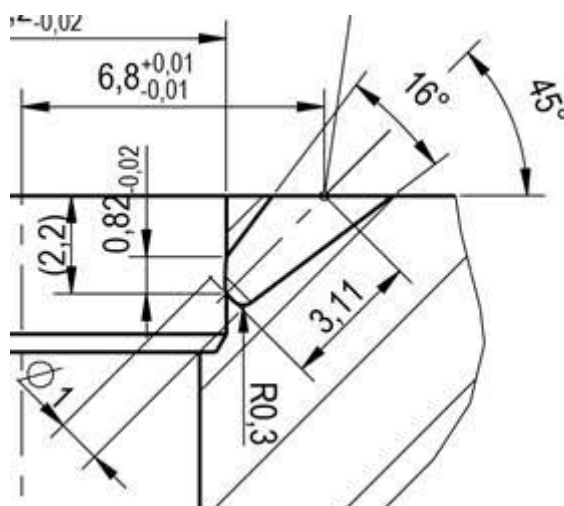
6.12. ábra A huzalszakra-forgácsolásra kerülő furatok



EDM tömbszakra technológia (formaüreg beömlő):

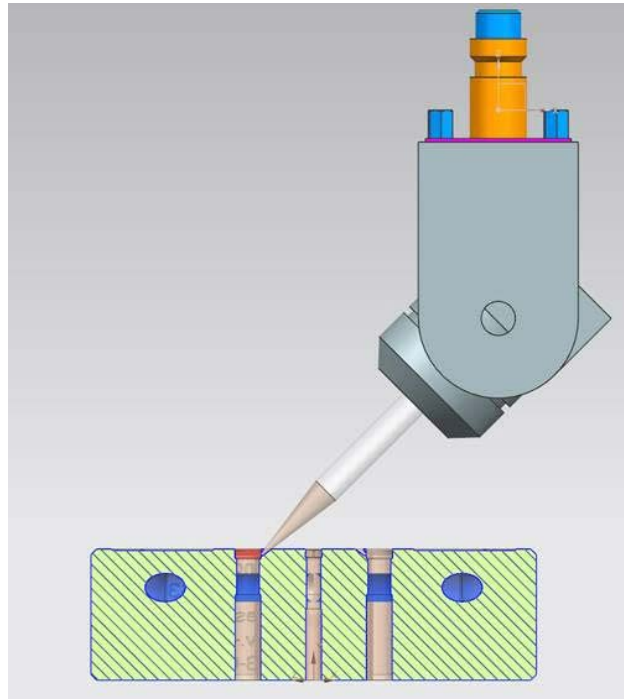
A formaüreg közelében kialakított beömlőgát furatok különleges alakú, kis méretű, kúpos zárású nyílások, melyek az olvadt műanyag beáramlását szabályozzák. A furatok éles peremének és kúposágának precíz kialakítása miatt ezek hagyományos forgácsolással nem készíthetők megfelelő minőségben, ezért tömbszakra-forgácsolást (EDM – Die Sinking EDM) alkalmazunk. (6.12. és 6.13. ábra)

6.13. ábra A furat amelyre a geometriai becslés készül



A művelethez **AgieCharmilles FORM 20 tömbszikra-forgácsoló gépet használunk**, formára mart **grafit elektróda** segítségével. A **kúposság 16°**, a furat geometriája éles peremű, kis átmérőjű kúpos nyílás. A kívánt **felületminőség Ra ~0,8 μm** A tömbszikra lehetővé teszi a tökéletes kontúrkövetést, mikronos tűréssel, mechanikai terhelés nélkül. A furat térfogatát és a leválasztási sebességet figyelembe véve a **ciklusidő kb. 25–30 perc.** (6.14. ábra)

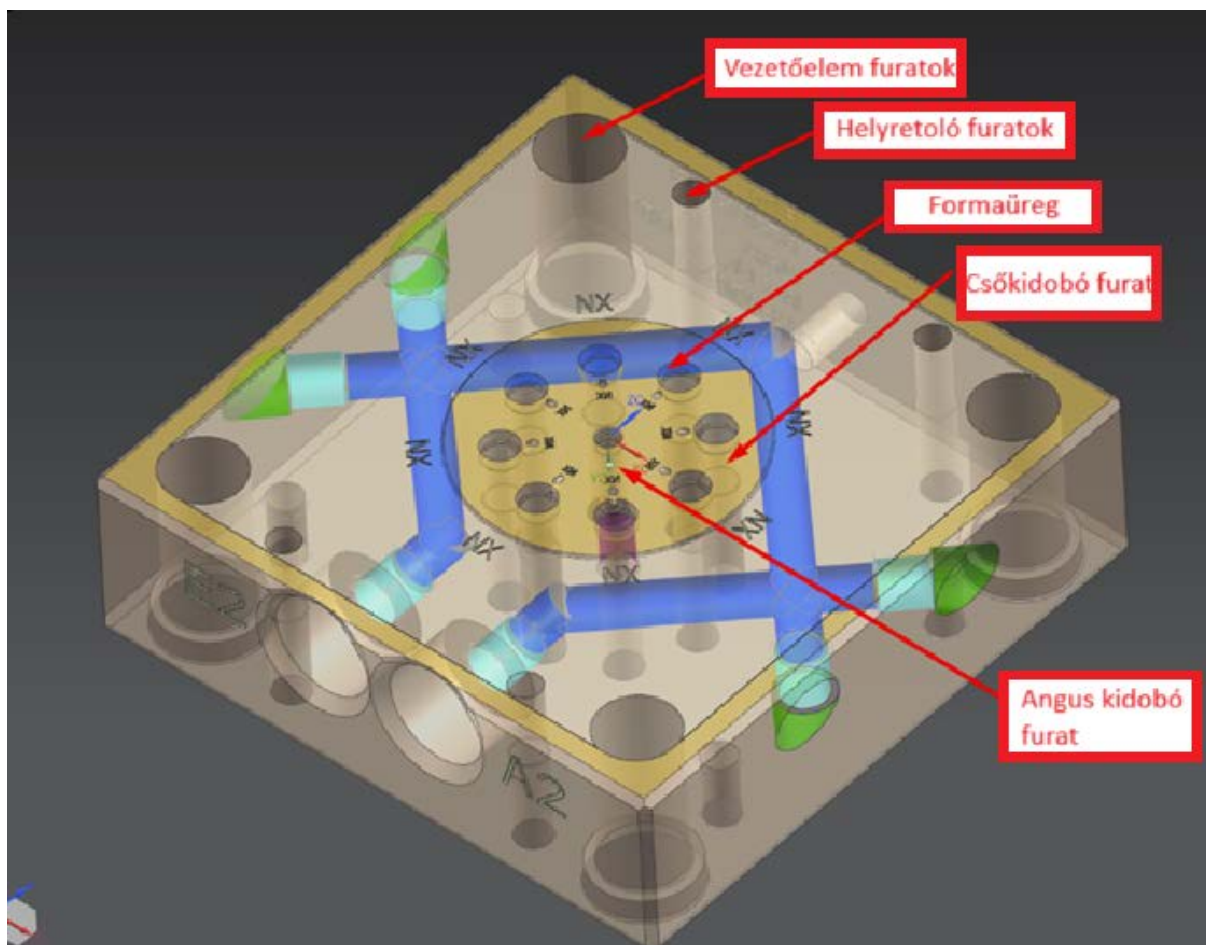
6.14. ábra A beömlő furat huzaloása NX-ben megjelenítve



Egy furatra számított geometriai becslés:

$$\text{Térfogat: } V = (\pi/3) h \cdot (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2) \approx 63 \text{ mm}^3$$

6.15. ábra Az alábbi folyamatban véglegesre kimunkált furatok



6. Művelet: Alászedett felület síkmarása (formaüreg körüli technológiai sík kialakítása)

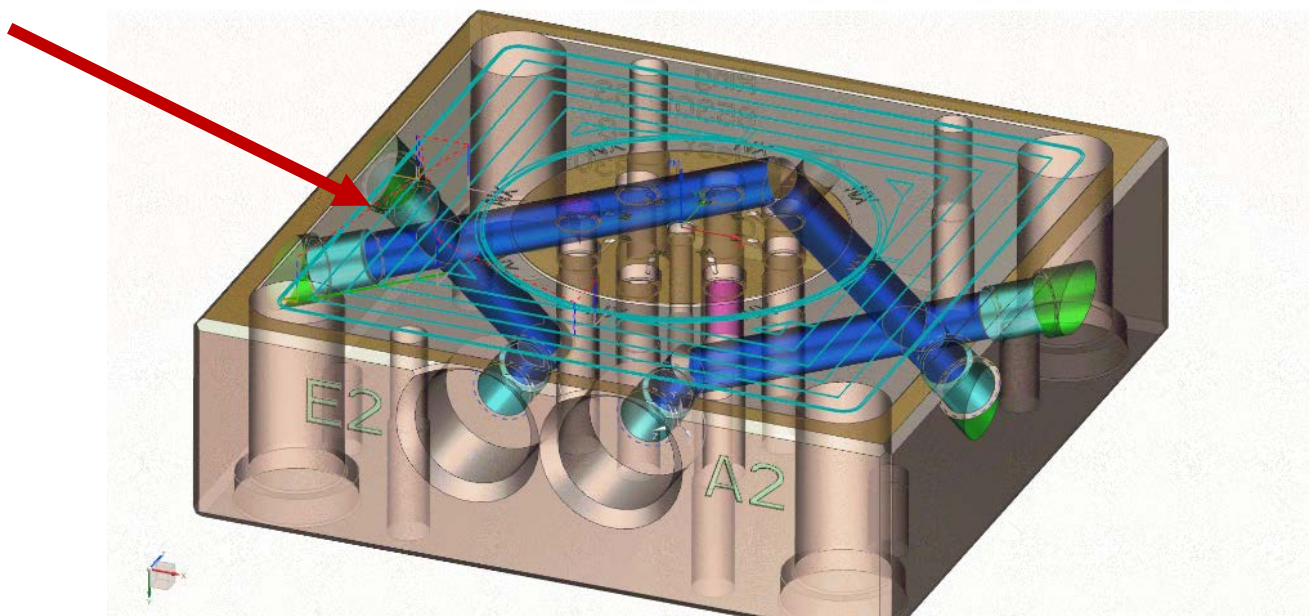
Az alászedett felület a formaüreg körüli területen, a négy sarokban kialakított $\sim R20$ rádiuszhoz csatlakozó, kb. 0,5 mm-rel alacsonyabb szintű síkot értem. Ez a sík funkcionálisan a rendszerfurat környezetéhez kapcsolódik, valamint szerepet játszhat a beömlési terület technológiai elválasztásában. (6.15. ábra)

A megmunkálást CNC síkmarással végezzük egy $\varnothing 10\text{--}12$ mm átmérőjű tömör keményfém simítómarással. A vágóélek száma 4, a szerszám TiAlN bevonatú, ISO P anyagcsoporthoz. A síkolást kis fogásmélységgel ($a_p = 0,5$ mm) és kis fogankénti asztalelőtolással ($f_z = 0,04$ mm/fog) hajtjuk végre, hogy a felület érdessége és párhuzamossága megfelelő legyen. (6.12. ábra)

Számítások

- $vc \approx 80$ m/perc (keményfém, előedzett acél)
- $n = (1000 \cdot vc) / (\pi \cdot D) \approx 2123$ 1/min
- $fz = 0,04$ mm/fog $\rightarrow f = z \cdot fz \times n = 4 \times 0,04 \cdot 2123 \approx 340$ mm/perc
- A marás során keletkező forgácskeresztmetszet: $ap \cdot ae \approx 0,5 \cdot 10 = 5$ mm²
- Forgács térfogat: $V_t \approx 5 \cdot 340 = 1700$ mm³/perc
- Motor teljesítménye: $P_v \approx 1800 \times 1700 / 60\,000 \approx 51$ W

6.16. ábra Alászedett felület síkmarása



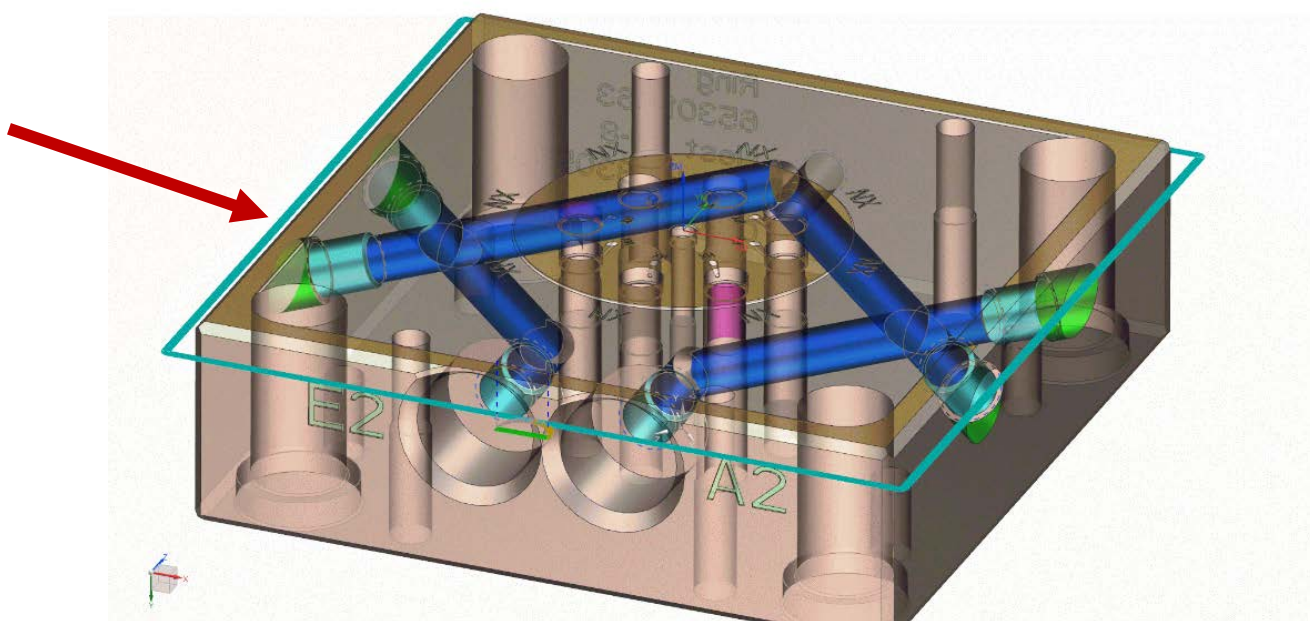
A síkmarás során hűtő-kenő emulziót alkalmazunk, hogy a felület ne égjen be és a simaság megfelelő legyen ($Ra \leq 1,6 \mu\text{m}$). A CNC vezérlés biztosítja a megfelelő mélységkontrollt, így a teljes 0,5 mm mélység egyenletesen alakul ki.

A marás után az alszedett terület élei kézi sorjázással tisztíthatók, hogy a szerszám befogás vagy illesztés során ne okozzanak problémát. Ez a lépés biztosítja a formaüreg pontos kontúráját és a körülötte lévő síkfelület síkbeli pontosságát, amely a fröccsöntés technológiai paramétereinek stabilitása szempontjából kiemelten fontos (6.16. ábra)

7. művelet – Életörécek – Feszültséggyűjtő helyek megszüntetése

A hőkezelés utáni éles sarkok veszélyt jelenthetnek a szerszám tartósságára nézve, mivel az éles belső sarkok feszültséggyűjtő pontként viselkednek. Ennek csökkentésére 45°-os életöréceket alkalmazunk, tipikusan $2 \cdot 45^\circ$ letöréssel. Ez nemcsak a szerkezeti integritást javítja, de megkönnyíti a szerelhetőséget és a kezelhetőséget is. (12. táblázat, melléklet, 13. táblázat) (6.17. ábra, 6.18. ábra)

6.17. ábra Életörécek a szerszám oldalsó éllein



13. táblázat – Technológiai paraméterek (saját táblázat)

| | |
|---------------------------------------|---|
| Vágósebesség (vc) | 120 m/min |
| Fordulatszám (n) | $n = (1000 \cdot 120) / (\pi \cdot 6) \approx 6366$ ford/perc |
| Fogankénti előtolás (fz) | 0,03 mm/fog |
| Előtolás (f) | $f = 0,03 \cdot 2 \cdot 6366 \approx 382$ mm/perc |
| Fogásmélység (ap) | 0,5 mm |
| Fajlagos forgácsolási ellenállás (kc) | 2200 N/mm ² |
| Hatásfok (η) | 0,8 |

Számítások:**1. Forgácstérfogat (Vt):**

$$V_t = a_e \cdot a_p \cdot f = 0,5 \text{ mm} \cdot 0,5 \text{ mm} \cdot 382 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = 95,5 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}} = 9,55 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{min}$$

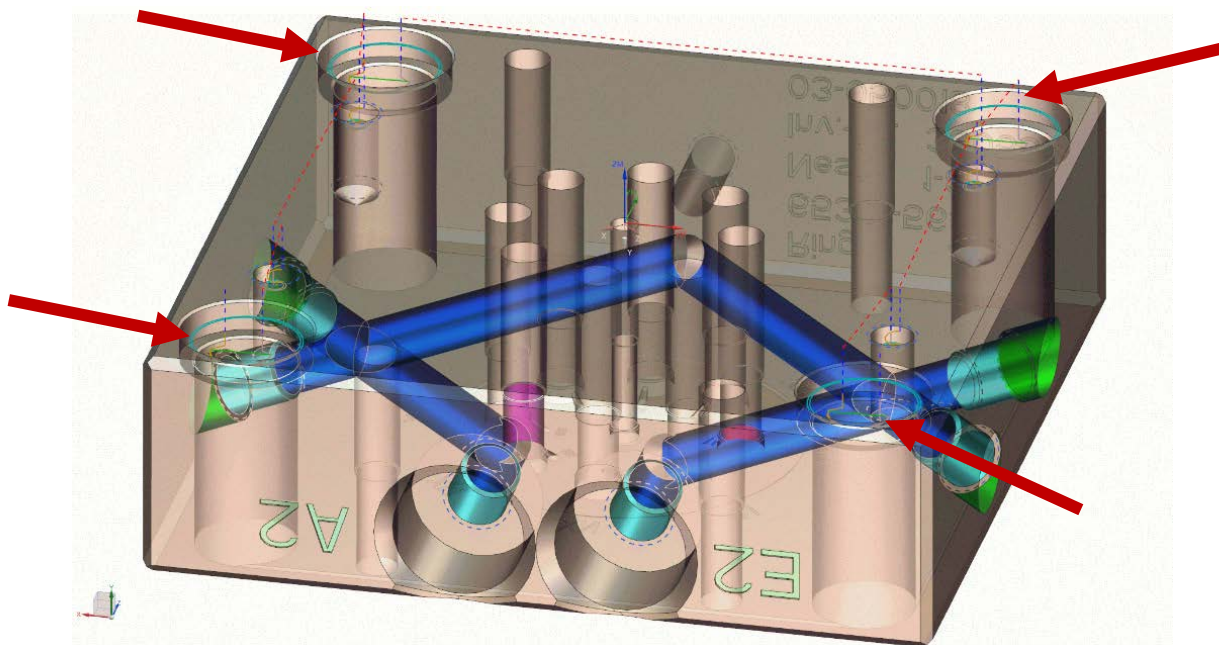
2. Motor teljesítménye (Pv):

$$P_v = k_c \cdot V_t = 2200 \cdot 9,55 \cdot 10^{-5} = 0,21 \text{ kW}$$

3. Forgácsleválasztás teljesítménye (Pc):

$$P_c = P_v / \eta = 0,21 / 0,8 \approx 0,26 \text{ kW}$$

6.18. ábra Életörések a körzsebeknél

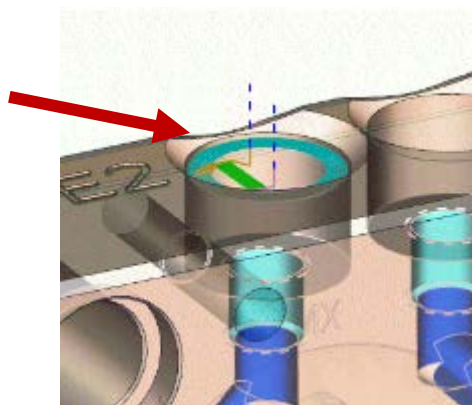


A számítások alapján az életöréshez szükséges teljesítmény alacsony, a CNC gép számára nem jelent különösebb terhelést. A kis fogásmélység és a megfelelő szerszámanyag biztosítja a pontos és sorjamentes letörést. (6.18. és 6.19. ábra)

8. művelet – Méretellenőrzés – MEO (Minőség-ellenőrzés)

A szerszámбетét gyártásának utolsó fázisát a méretellenőrzés, azaz MEO (minőségellenőrzés) képezi. Ennek célja a geometriai méretek, tűrések, síkpárhuzamosság, furatpozíciók és a felületi minőség ellenőrzése. (14. táblázat) A művelet kritikus fontosságú, mivel a szerszámбетének pontosan illeszkednie kell a fröccsöntő szerszám rendszerébe, és megfelelő élettartamot kell biztosítania.

6.19. ábra Életörés a hűtőfurat csatlakozó pontjainál



14. táblázat – Ellenőrzött jellemzők – saját táblázat

| Ellenőrizendő jellemző | Mértékegység | Tűrés/Célérték | Mérőeszköz |
|-------------------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------|
| Teljes hossz és szélesség | mm | $\pm 0,02$ mm | Hagyományos tolómérő |
| Magasság | mm | $\pm 0,01$ mm | Magasságmérő |
| Illesztőfelületek síklapúsága | μm | $R_a \leq 0,8$ μm | Felületi érdességmérő etalon |
| Furatpozíciók | mm | $\pm 0,02$ mm | 3D koordináta mérőgép (CMM) |
| Hűtőcsatornák átmérője | mm | $\text{Ø}10 \pm 0,05$ mm | Kúp dugós idomszer / furatmérő |
| Életörések | mm | $0,5 \times 45^\circ$ | Szemrevételezés, sablon |

7. Gazdasági számítás

Kiindulási adatok:

- Anyag: 1.2344 (X40CrMoV5-1), HRC ~48; sűrűség: 7,78 g/cm³.
- Alapanyag nyersméret: 160 × 500 mm (a vastagságot alább paraméterként kezelem, alap-eset: 40 mm).
- Műveleti idők a betét megmunkálásához:
 - 2,44 perc · 4,27 perc · 25,19 perc · 42,17 perc (Műveleti út. sz.: 4) · 42,62 perc
- (Műveleti út sz.: 5) **(Összes gépben töltött idő: 2,44+4,27+25,19+42,17+42,62 = 116,69 perc ≈ 1,95 óra.**
- Termelés: 10 000 jó darab/hó, 2 műszakban (1 műszak = 7 óra 30 perc → ~300 gépóra/hó a fröccsöntőgépen).
- Régi betét „egész” költsége: **200 000 Ft** (egyetlen ismert/kiadott értéként használom az összehasonlításhoz).
- Selejtarány (régire → új): **5,0% → 0,5%** (alternatív zéró-selejtes esetre is számolok).

Egységköltségek:

- Villamos energia: 80 Ft/kWh. (Rezsiorádjba belekalkulálva)
- CNC megmunkáló központ (DMG MORI CMX osztály): gép-óradíj **(Az óradíj tartalmazza a kezelő bérét, a gép amortizációját, karbantartását és az energiafelhasználást is.)** 23 000 Ft/h; átlagos felvett vill. teljesítmény 6 kW.
- Síkköszörű: 23 000 Ft/h
- Huzalszikra: 23 000 Ft/h
- Programozás (CAM) és dokumentálás: 9 000 Ft/h.
- Minőség-ellenőrzés (mérőszoba): 8 000 Ft/h.
- Hőkezelés (külső szolgáltatás): 45 000 Ft / tétel.
- Szerszám-kopás/segédanyag: tételes helyett átalány a végén.

- Betét vastagság (alapeset a tömegszámításhoz): $t = 40 \text{ mm} \rightarrow$ tömeg $\approx 16 \text{ cm} \cdot 50 \text{ cm} \cdot 4 \text{ cm} = 3200 \text{ cm}^3 \cdot 7,78 \text{ g/cm}^3 \approx 24,9 \text{ kg} \rightarrow$ anyagköltség $\sim 4200 \text{ Ft/kg} \rightarrow \sim 104600 \text{ Ft}$ (árérzékenységet alább jelzem).
- Fröccsöntött darab anyagtömege és ára (havi selejtköltséghez): $0,06 \text{ kg/darab} \times 1200 \text{ Ft/kg} = 72 \text{ Ft/darab}$.
- Fröccsöntő gép óraköltség számításához: $12000 \text{ Ft/h gép} + 4200 \text{ Ft/h kezelő} + 1200 \text{ Ft/h energia}$ ($15 \text{ kW} \cdot 80 \text{ Ft/kWh}$) $\rightarrow \sim 17400 \text{ Ft/h teljes}$.

Új betét részletes gyártási költsége:

1) CNC megmunkálás (1,95 h)

Rezsióradíj: $23000 \text{ Ft/h} \cdot 1,95 \text{ h} = 44850 \text{ Ft}$

Részösszeg: 44 850 Ft

2) Síkköszörülés (becslés: 0,8 h)

Rezsióradíj: $23000 \text{ Ft/h} \cdot 0,8 = 18400 \text{ Ft}$

Részösszeg: 18 400 Ft

3) Huzalszikra (becslés: 1,5 h)

Rezsióradíj: $23000 \text{ Ft/h} \cdot 1,5 = 34500 \text{ Ft}$

Részösszeg: 34 500 Ft

4) Előkészítés / beállítás (befogás, nullázás, szerszám-beállítás): $1,5 \text{ h} \cdot 23000 = 34500 \text{ Ft}$

5) CAM programozás + doksi: $1,0 \text{ h} \cdot 9000 = 9000 \text{ Ft}$

6) Minőség-ellenőrzés: $0,5 \text{ h} \cdot 8000 = 4000 \text{ Ft}$

7) Hőkezelés: **45 000 Ft**

8) Anyag (1.2344, $t=40 \text{ mm}$ alapeset): **104 600 Ft** (sűrűség: $7,78 \text{ g/cm}^3$, lásd a műveleti lapot).

9) Szerszám-kopás és segédanyag átalány: **10 000 Ft**

Új betét összesen (alapeset):

$104600 + 45000 + 44580 + 18400 + 34500 + 34500 + 9000 + 4000 + 10000 = 304850 \text{ Ft}$

Megjegyzés: ha a betéthez új befogó/készülék is készül (terv $6 \text{ óra} \times 9000 = 54000 \text{ Ft}$, gyártás 30000 Ft), a teljes új költség **388 850 Ft** lesz. A számítást mindkét esetre megadom a megtérülésnél. (15. táblázat)

Régi betét költsége (egyetlen ismert érték)

- **Régi összköltség: 200 000 Ft** (megadott/ismert egyösszegű adatként kezelve az összehasonlításhoz).

15. táblázat A gyártás költségei tételesen

| | <i>Új betétrész befogó egység nélkül</i> | Új betétrész befogó egységgel |
|--|--|-------------------------------|
| CNC | 44 850 Ft | ua. |
| Síkköszörű | 18 400 Ft | ua. |
| Huzalszikra | 34 500 Ft | ua. |
| Előkészítés/beállítás | 34 500 Ft | ua. |
| CAM program + doksi | 9 000 Ft | ua. |
| Minőség ellenőrzés | 4 000 Ft | ua. |
| Hőkezelés | 45 000 Ft | ua. |
| Anyag ár | 104 600 Ft | ua. |
| Szerszám-kopás és segéd anyag általány | 10 000 Ft | ua. |
| Befogó készülék | | 84 000 Ft |
| Összesítve | 304 850 Ft | 388 850 Ft |

Havi termelési hatás (10 000 jó darab / hó)

Kiindulás: $2 \cdot 7,5 \text{ h/nap} \times \sim 20 \text{ munkanap} = \sim 300 \text{ h/hó}$ kapacitás; ez 10 000 darab/hó mellett **~33,3 db/h** átbecsátást jelent.

16. táblázat Összehasonlítás a selejttel járó havi kiadásokról

| Mutató | Régi (5,0% selejt) | Új (0,5% selejt) | Új (0,0% selejt) |
|--|---------------------------|------------------|------------------|
| Bruttó szükséges darabszám 10000 jó darabhoz | 10526 db | 10050 db | 10000 db |
| Selejt (db/hó) | 526 | 50 | 0 |
| Selejt miatti plusz gépidő | $526/33,3=15,8 \text{ h}$ | 1,51 h | 0 h |
| Selejtanyag költség (72 Ft/db) | 37900 Ft | 3620 Ft | 0 Ft |
| Plusz gép- és bérköltség (17 400 Ft/h) | 274700 Ft | 26230 Ft | 0 Ft |
| Selejt teljes havi költsége | 312600 Ft | 29850 Ft | 0 Ft |

Havi megtakarítás a régihez képest: (16. táblázat)

- új (0,5% selejt): ~**282 800 Ft/hó**
- új (0,0% selejt): ~**312 600 Ft/hó**

Megtérülés (ROI) és egységköltség

a) Nincs külön új készülék (új betét ~249 300 Ft)

- **Többlet beruházás a régihez képest:** $304\ 850 - 200\ 000 = 104\ 850\text{Ft}$
- **Havi megtakarítás:** 282 800...312 600 Ft/hó
- **Egyszerű megtérülési idő:** $104\ 850 / 282\ 800 \approx 0,37\ \text{hó} \approx (12\ \text{nap})$
 $104\ 850 / 312\ 600 \approx 0,33\ \text{hó} (\sim 10\ \text{nap})$
- **Amortizáció 12 havi (120 000 db) élettartamra:** $304\ 850 / 120\ 000 \approx \sim 2,5\ \text{Ft/darab}$

b) Új befogó/készülék is készül (új teljes 388 850 Ft)

- **Többlet beruházás:** $388\ 850 - 200\ 000 = \sim 188\ 850\ \text{Ft}$
- **Egyszerű megtérülési idő:** $188\ 850 / 282\ 800 \approx 0,66\ \text{hó} (\sim 20\ \text{nap})$
 $133\ 000 / 312\ 600 \approx 0,43\ \text{hó} (13\ \text{nap})$
- **Amortizáció 12 havi (120 000 db):** $388\ 850 / 120\ 000 \approx 3,2\ \text{Ft/darab}$

17. táblázat Selejt függvényében való megtérülés

| 5%-ról lecsökkent selejt mennyiség | Megtérülés befogó nélküli esetben | Megtérülés befogó készülékkel együtt |
|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 0,5% selejt | 12 nap | 20 nap |
| 0,0% selejt | 10 nap | 13 nap |

Következtetés: még készülékköltséggel együtt is < **1 hónap** a megtérülés, a havi selejtköltség- és időkiesés-csökkenés bőven kompenzálja a magasabb újragyártási (52–94%-kal nagyobb) költséget. (17. táblázat)

- **Anyagár:** ha az 1.2344 ára 3 200–5 000 Ft/kg sávban mozog, az anyagköltség ~80–125 ezer Ft; a teljes új betét költsége így ~**300 ezer Ft** (készülék nélkül). A megtérülés ettől legfeljebb napokkal változik.

- **Betét vastagság:** ha $t = 30 \text{ mm}$ \rightarrow tömeg $\sim 18,7 \text{ kg}$ \rightarrow anyag ~ 78 ezer Ft; ha $t = 50 \text{ mm}$ $\rightarrow \sim 31,1 \text{ kg}$ \rightarrow anyag ~ 131 ezer Ft. A megtérülés továbbra is **< 1 hónap**.
- **Selejt:** már **2%** \rightarrow **0,5%** javulásnál is ~ 150 ezer Ft/hó nagyságrendű megtakarítás adódik 10 000 db/hó mellett; **0% új selejt** esetén a megtakarítás a táblázat szerinti felső értékhez közelít.
- **Géporadíjak:** ha a fröccsöntő gép teljes óradíja 23 ezer Ft/h körül mozog, \rightarrow a megtérülés napokban mérhető.

A számítás szöveges értékelése:

A műveleti idők alapján a betét gépben töltött ideje 1,95 óra, a köszörülés és a huzalszakra további 2,3 órát igényel; a teljes újragyártási költség (anyaggal, hőkezeléssel, előkészítéssel, ellenőrzéssel, energiával és ésszerű szerszámkopás-átalánnyal) **304 850 Ft** (készülék nélkül), illetve **388 850 Ft** (új készülékkel). A régi betét egyösszegű költség **200 ezer Ft**, így az új megoldás **52 vagy 94%-kal drágább**, ugyanakkor a selejt **5,0 % \rightarrow 0,5% (vagy 0%)** csökkentése havi **0,28–0,31 millió Ft** megtakarítást hoz 10 000 darab/hó termelésnél. A számításban két szenáriót vizsgáltam. Egy konzervatív, ahol a selejt 0,5% (realista) és egy teljesen selejtmentes gyártásra vonatkozó számítás. **A megtérülés selejtmentes gyártás esetén 10 nap, 0,5%-os selejt esetében pedig, leghosszabb 12 nap (befogó készülék nélkül).** Az egységköltség-hatás elhanyagolható (2,5–3,2 Ft/darab amortizáció), viszont a minőség, folyamatstabilitás és kapacitáskihasználás érdemben javul. Jól látszik, hogy a drágább, de selejtmentes új betét **annál jobban megtérül, minél tovább van a gyártásban.**

Összefoglalás

Dolgozatomban a fröccsöntő szerszámbetét újragyártásának és gyártástechnológiai optimalizálásának vizsgálatát végeztem el, amelyhez műveleti utasításokat készítettem és gazdasági számításokat is elvégeztem. A munkám során bemutattam a teljes gyártási folyamatot, a használt szerszámokat és technológiákat, a megmunkálási paramétereket, valamint a minőségbiztosításhoz szükséges mérőeszközöket. Célom az volt, hogy a régi és az új betét előállítási költségeit, valamint a selejtarányt összehasonlítva kimutassam a korszerűbb megoldás gazdasági és műszaki előnyeit.

Az új betét előállítását korszerű gépekkel valósítottam meg: CNC marás, síkköszörülés, huzalszikra és hőkezelés kombinációjával. A szerszámválasztásnál olyan nagy teljesítményű, többélű marókat és fúrókat alkalmaztam, amelyek pontosabb mérettartást és hosszabb szerszám-élettartamot biztosítottak. A műveleti utasításban minden lépéshez részletesen meghatároztam a paramétereket, a megmunkált felületeket és a szükséges mérőeszközöket, ezzel biztosítva a folyamat átláthatóságát és a megfelelő minőségellenőrzést.

Gazdasági számításaim azt mutatták, hogy bár az új betét előállítási költsége magasabb (304–388 ezer Ft a régi 200 ezer Ft-tal szemben), a selejtarány drasztikus csökkenése (5% → 0,5% vagy akár 0%) jelentős megtakarítást eredményez. A havi 10 000 darabos gyártásnál a régi folyamatban a selejt több mint 300 ezer Ft veszteséget okozott, míg az új betéttel ez gyakorlatilag megszűnt. Ennek köszönhetően az új betét beruházása alig 10 nap alatt megtérül. A számításaim szerint a betét többletköltsége darabra vetítve mindössze 2,5–3,2 Ft, ami elhanyagolható a teljes termelési költség mellett.

Fontos eredménynek tartom, hogy az új technológia nemcsak gazdasági, hanem műszaki szempontból is előnyt jelent. A selejtmentes gyártás, a stabil méret- és felületminőség, valamint a pontos határidőtartás mind hozzájárulnak a megbízható termeléshez. Emellett a reklamációk és az utómunkák kockázata is jelentősen csökken.

Összességében úgy látom, hogy a dolgozatban bemutatott új szerszámbetét-gyártási megoldás a magasabb előállítási költség ellenére is egyértelműen megtérülő, gazdaságos és műszakilag előnyös megoldást nyújt, amely hosszú távon hozzájárulhat a vállalat versenyképességének fenntartásához

Summary

In my thesis, I focused on the re-manufacturing and technological optimization of an injection mold insert. To support this, I prepared detailed operation instructions and carried out economic calculations. During my work, I presented the entire manufacturing process, the applied tools and technologies, the machining parameters, as well as the measuring instruments required for quality control. My aim was to compare the manufacturing costs and scrap rates of the old and the new insert and to demonstrate the economic and technical advantages of the modernized solution.

The production of the new insert was carried out with state-of-the-art machines, combining CNC milling, surface grinding, wire EDM, and heat treatment. For tool selection, I applied high-performance multi-flute cutters and drills that ensured precise dimensional accuracy and longer tool life. In the operation instructions, I defined the parameters, the machined surfaces, and the required measuring devices for each step, thus guaranteeing process transparency and reliable quality control.

My economic analysis showed that although the production cost of the new insert was higher (304–388 thousand HUF compared to ~200 thousand HUF for the old one), the drastic reduction of the scrap rate (from 5% to 0.5% or even 0%) resulted in significant savings. In monthly production of 10,000 pieces, the old process caused scrap losses exceeding 300 thousand HUF, while with the new insert this practically disappeared. As a result, the investment in the new insert paid off within a few days to a few weeks. According to my calculations, the additional cost of the insert, when distributed per part, amounted to only 2,5–3,2 HUF, which is negligible compared to the total production cost.

I consider it an important result that the new technology provides advantages not only economically but also technically. Scrap-free production, stable dimensional and surface quality, and reliable delivery deadlines all contribute to secure production. In addition, the risks of rework and customer complaints are significantly reduced.

In conclusion, I believe that the new insert manufacturing solution presented in my thesis, despite its higher production cost, clearly provides a cost-effective and technically beneficial outcome that can contribute to maintaining the company's competitiveness in the long term

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Ágoston Bence
A Hallgató Neptun kódja: JSP2HS
A dolgozat címe: Arburg Allrounder 270C Golden edition típusú Fröccsöntő szerszám mozgó oldali betétjének gyártástechnológiai tervezése
A megjelenés éve: 2025
A tanszék neve: Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2025 év 03 hó 08 nap

Ágoston Bence

Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.



Szent István Campus, Gödöllő
 Cím: 2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1.
 Tel.: +36-28/522-000
 Honlap: <https://godollo.uni-mate.hu>

NYILATKOZAT

Alulírott Ágoston Bence, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, kaposvári Campus, gépészmérnöki BSc szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2025 év 09 hó 08 nap

Ágoston Bence
 Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2025 év 09 hó 08 nap

Dr. Kovács Anikó
 Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

Felhasznált irodalom jegyzék

- [1.] Aczél Á, Pere B – Multi-scale végeelem analízis - bevezető ismertető pp. 32-38. In: Az Alkalmazott Mechanikai Kutatások szemináriumon elhangzott előadások teljes anyaga. Győr, Magyarország: Széchenyi István Egyetem, (2010)
- [2.] Bráda Csaba – Forgácsolás. Pécs, Magyarország: Szega Books Kft. (2023)
- [3.] Dudás Illés (Társszerző Horváth Mihály), Dudás Illés (Társszerzők: Bányai Károly, Csermely Tibor) – Nagysebességű marás – mint újszerű gyártási eljárás (1996)
- [4.] Égert J – A végeelem analízis alapjai és néhány szilárdságtani alkalmazása. Győr, Magyarország: Széchenyi István Főiskola (SZIF) (1998), 59 p. Oktatási
- [5.] Égert J, Pere B – Végeelem analízis: MSc jegyzet és példatár. Győr, Magyarország: Universitas-Győr Nonprofit Kft. (2011)
- [6.] Fazekas Lajos – A fémmegmunkálásnál alkalmazott hűtő-kenő folyadékok tulajdonságai és jellemzői. TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK (DEBRECENI EGYETEM MŰSZAKI FŐISKOLAI KAR) 23 pp. 23-28. (1997)
- [7.] Fledrich G, Kári-Horváth A, Kakuk Gy, Zsidai L, Kári-Horváth Attila (Szerkesztő) – Gépgyártástechnológia. Gödöllő, Magyarország: Szent István Egyetemi Kiadó (2016)
- [8.] Fledrich G, Kári-Horváth A, Pataki T, Zsidai L, Kári-Horváth A (Szerkesztő) – Mechanikai Technológiák. Gödöllő, Magyarország: Szent István Egyetemi Kiadó (2017)
- [9.] Gáti József, Kovács Mihály – Ipari anyagok és előgyártmányok. Budapest, Magyarország: Műszaki Könyvkiadó (2008)
- [10.] <https://www.vtep.videoton.hu/cegunkrol/>
- [11.] Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Szakál Z., Zsidai L. – Forgácsoló eljárások tervezése. Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet (2008)
- [12.] Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Szakál Z., Zsidai L.; Zsidai L. – Gyártástervezés. Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet (2008)

- [13.] Kári-Horváth A., Pataki T. I. – Szerszámok és készülékek. Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő, 2017
- [14.] Kári-Horváth A, Pellényi L, Szabó L, Zsidai L, Pálinkás I (Szerkesztő), Kári-Horváth A (Szerkesztő) – Gépgyártástechnológia példatár és oktatási segédlet. Gödöllő, Magyarország: Szent István Egyetem (2006)
- [15.] Kári-Horváth, A ; Pataki, T – Analysis of temperature in different cooling methods. IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING 749 Paper: 012017 , 8 p. (2020)
- [16.] Kári-Horváth, A ; Zsidai, L ; Kári-Horváth, Attila (szerk.) – Megmunkálási eljárások. Gödöllő, Magyarország: Szent István Egyetemi Kiadó (2016), 237 p.
- [17.] Kári-Horváth, Attila ; Pataki, Tamás István ; Sarankó, Ádám ; Szilágyi, Nóra – A forgácsolóüzemek emulziókezelési "kaputól-kapuig" technológiájának felülvizsgálata. MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA LXIII. évfolyam: 2022. május pp. 29-31., 3 p. (2022)
- [18.] Macskási Levente, Cziel György, Érseki Csaba, Falk György, Molnár László – Műanyagok fröccsöntésének elmélete és gyakorlata. Miskolc, Magyarország: Sunplant Kft (2024)
- [19.] Molnár István Ferenc, Kónya Gábor – Száraz megmunkálás, emulzió olajkoncentrációjának és a szerszámbevonatok hatásának vizsgálata az esztergálás kimeneti jellemzőire (2025)
- [20.] ÓBUDAI: Pálinkás S., Balogh G., Gyönyörű A. – SZÁMÍTÓGÉPPSEL SEGÍTETT GYÁRTÁS (CAM), Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Debrecen (2015)
- [21.] Palásti-Kovács Béla, Ács Dániel, Rácz Viktor – A felületi érdesség kialakulásának elemzése esztergálási és marási műveleteknél. MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK (HU) (2016)
- [22.] Pálinkás, I ; Kári-Horváth, A ; Pálinkás, I (szerk.) – Szerszámok és készülékek. Gödöllő, Magyarország: Szent István Egyetemi Kiadó (2010), 144 p.

- [23.] Sepler Zoltán, Bodzás Sándor – CNC forgácsolási technológiák lehetőségei az ipar 4.0 világában = Possibilities of CNC Cutting Technologies in the World of Industry 4.0. In: Bodzás, Sándor (szerk.) Műszaki- és Gazdaságtudományi Konferencia az Északkelet-Magyarországi
- [24.] Szigeti Ferenc, Dezső Gergely, Százvai Attila – A forgácsolási paraméterek hatása a forgácsoló erőre gyalulás esetén: Effect of Cutting Parameters to Thrust in Case of Metal Planing. In: Pokorádi, László (szerk.) Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2014. Debrecen, Magyarország: MTA Debreceni Akadémiai Bizottság (2014)
- [25.] Szakál Zoltán – Fontosabb fémek és ötvözeteik előállítás. In: Pék, Lajos (szerk.) Anyagtudomány: Egyetemi tananyag. Budapest, Magyarország: Typotex Kiadó (2012) 676 p. pp. 290-321. Paper: 9. fejezet, 32 p.
- [26.] Valasek, I ; Kári-Horváth, A – Forgácsoláshoz használt hűtő-kenő folyadékok szerepének felülvizsgálata (2007)
- [27.] Valasek, I ; Kári-Horváth, A – The action mechanism of minimum lubrication and the increase of its efficiency. TRIBOLOGIE UND SCHMIERUNGSTECHNIK 58:3, pp. 34–47., 14 p. (2011)
- [28.] Zsidai, László – Gépgyártástechnológia: Gyártórendszerek és elemeik. Gödöllő, Magyarország: Fenyves Dent Kft. (2015), 215 p. Régióban 2020 Konferencia Absztrakt Gyűjtemény. Debrecen, Magyarország: Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottság (2020)
- [29.] Zsidai L, Kakuk Gy, Kári-Horváth A, Szakál Z, Pálincás I (Szerkesztő) – Előgyártmány és képlékeny alakítási tervezési gyakorlat. Budapest, Magyarország: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet (NSZFI) (2008)

Melléklet jegyzék

| | |
|--|----|
| Melléklet jegyzék..... | 1 |
| Melléklet..... | 2 |
| 1. melléklet Gép típusa: (3 tengelyes CNC megmunkálóközpont) | 2 |
| 2. melléklet Gépadatok | 3 |
| 3. melléklet Szerszám adatok | 3 |
| 4. melléklet Választott szerszám adatai..... | 4 |
| 5. melléklet A maró program lépései NX programban | 5 |
| 6. melléklet Az elkészült féloldali formabetét 3D modellje..... | 6 |
| 7. melléklet Műveleti utasítás..... | 7 |
| 8. melléklet 1. Műveleti utasítás lépései. - abc..... | 12 |
| 9. melléklet 2. Műveleti utasítás lépései. - abc..... | 14 |
| 10. melléklet 3. Műveleti utasítás lépései. – abc | 17 |
| 11. melléklet 4. Műveleti utasítás lépései. – abc | 22 |
| 12. melléklet 5. Műveleti utasítás lépései. - abc..... | 23 |

Melléklet

1. melléklet Gép típusa: (3 tengelyes CNC megmunkálóközpont)

1. táblázat Szerszám gép adatai [forrás: GINDUMAC] – saját táblázat

| Paraméter | Érték |
|---|--------------------------------|
| Munkaterület (X/Y/Z) | 1100x560x510 mm |
| Asztal mérete | 1400x560 mm |
| Főorsó maximális fordulatszáma | Max. 12000 ford./perc |
| Szerszám befogás | SK40 vagy BT40 |
| Hajtási teljesítmény | 13kW (40 % ED) /9kW (100 %ED) |
| Maximális nyomaték | 82Nm (40 % ED) /54Nm (100 %ED) |
| Gyorsjárat sebesség X/Y/Z tengelyek | 30 m/perc |
| Kapacitás | 30 szerszám |
| Maximális szerszámátmérő | 80 mm |
| Maximális szerszámhossz | 300mm |
| Maximális szerszám súly | 8kg |
| Gép méretei: Szélesség/Mélység/Magasság | 4038x2757x2935 mm |
| Tömeg | 5830 kg |
| Befogható szerszámok | ISO 40 |
| Vezérlés típusa | Siemens/Fanuc |

2. melléklet**1. táblázat táblázat – Gépadatok [forrás: HG GRIMME SysTech GmbH] – saját táblázat**

| | |
|--------------------------|--------------------------------------|
| Asztalméret | 600x400 mm |
| Max. munkadarab magasság | 300mm |
| Korongátmérő | Ø300 mm |
| Orsóteljesítmény | 7,5 kW |
| Vezérlőrendszer | Siemens 840D SL |
| Hűtőrendszer | Integrált emulziós vagy olajos hűtés |

3. melléklet**12.táblázat – Szerszám adatok – Walter V-maró [forrás: WALTER] – saját táblázat**

| | |
|----------------|-----------------------------|
| Szerszámtípus | Keményfém V-maró |
| Márka | WalterTools |
| Típus | Walter Prototyp ConeCut 90° |
| Átmérő (D) | 6 mm |
| Élek száma (Z) | 2 |
| Bevonat | TiAlN |
| Alkalmazás | Élletörés edzett acélon |
| Letörésmélység | 2 mm |
| Letörési szög | 45° |

4. melléklet

1. táblázat Választott szerszám adatai – nagyoláshoz (síkmárás, edzés előtt)

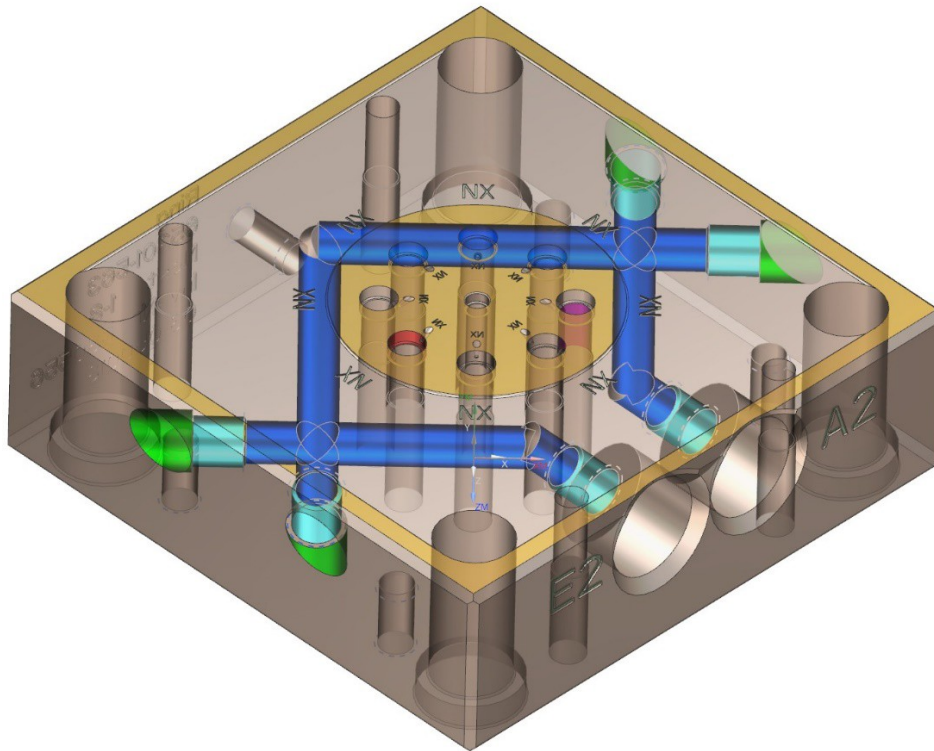
[Forrás: Sandvik Coromant] – saját táblázat (4. mellékleti táblázat)

| Tulajdonság | Érték |
|---------------------------|------------------------------------|
| Szerszámtípus | Homlokmaró |
| Márka | Sandvik Coromant |
| Típus | ComorMill 345 |
| Átmérő (D) | 80 mm |
| Lapok száma (Z) | 6 db |
| Lapkatípus | 345-12 T3 08E-MM |
| Lapka anyagminőség | GC4330 |
| Alkalmas ISO anyagcsoport | ISO P (acél) |
| Vágósebesség (vc) | 180 m/min |
| Főorsó fordulatszám (n) | ≈ 716 fordulat/perc |
| Fogásmélység | 2mm |
| Fogankénti előtolás | 0,12 mm/fog |
| Előtolás | ≈ 515 mm/perc |
| Hűtés | Nagynyomású emulziós hűtés |
| Alkalmazás | Síkmárás, nagyolás, lágyított acél |

5. melléklet A maró program lépései NX programban

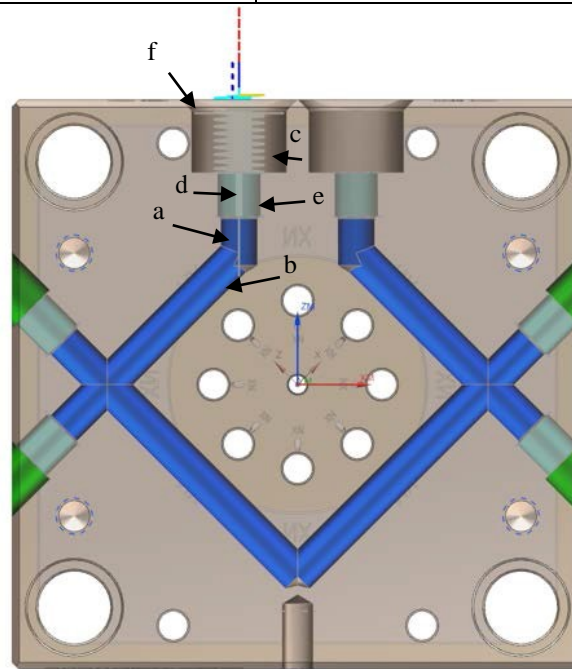


6. melléklet Az elkészült féloldali formabetét 3D modellje



| | | | |
|---|--|---|-----------------------|
| MATE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnológia Tanszék | MŰVELETI UTASÍTÁS marásra | | Lapszám: 2/5 |
| Rajzsám: 1. | Munkadarab megnevezése: Mozgóoldali fröccsöntő formabetét | | Művelet száma: 6 |
| Anyag: 1.2344 X40CrMoV5-1 48 HRC | Munkagép megnevezése: DMG MORI CMX 1100 V Alapanyag nyersmérete: 160x500 mm | Művelet megnevezése: Drilling, Milling | Műveleti ut. száma: 2 |

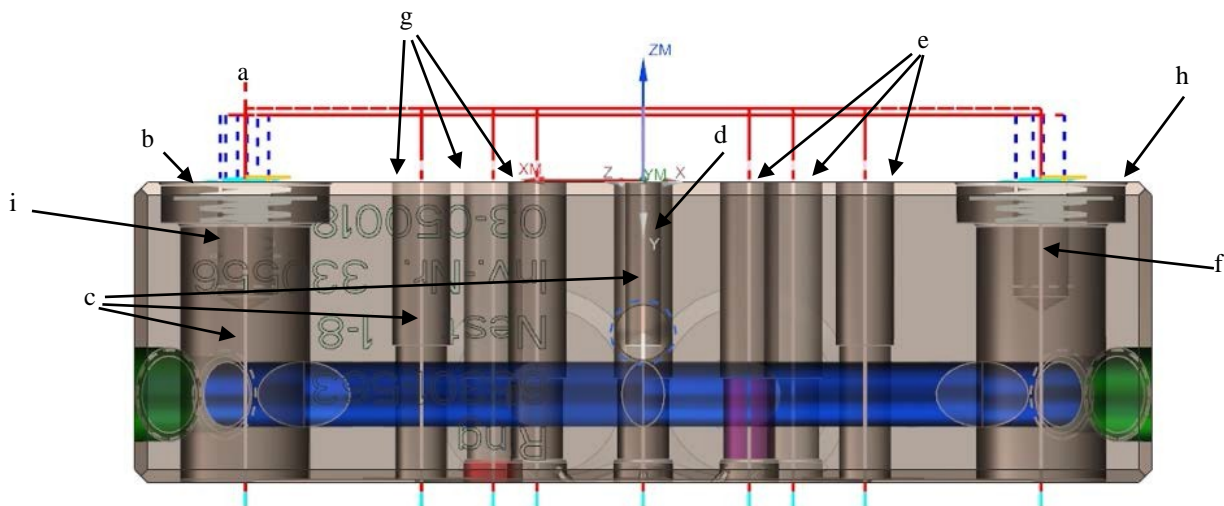
Vázlat:



| Sorsz. | Művelet tagozódása | Megm. felület | Szerszám, mérőeszköz., készülék | v m/min | n ford/p | f mm/f | a mm. | i | |
|-------------------|-------------------------|---------------|--|------------|-------------------------------------|-----------|--|--------|-----------|
| 0. | Befogás módja | | Gépsatu | | | | | | |
| 1. | Központi furatot készít | a | Központoszó 90 D5 Garant_121020-5 Mérőeszköz: Mérőóra | 39 | 2546 | | 26 | 2 | |
| 2. | Mélyfúrást végez D10 | b | Csigafúró D10x12 3-180 Titex-Xtreme_A6589DPP-10 Mérőeszköz: Tolómérő, furatidomszer | 50 | 1592 | | 167 | 2 | |
| 3. | Furatot mar D26 | c | Szármaró D12 L38 HAM 40-1491-1200-26 Mérőeszköz: 3D koordináta mérő gép | 130 | 3450 | 0.091 | 1137 | 4 | |
| 4. | Furatot mar D11.8 | d | Sarok D10 L19 HAM 40-1321-1000 Mérőeszköz: Furatidomszer, 3D koordináta mérő gép | 109 | 3500 | 0.027 | 368 | 4 | |
| 5. | Menetet fúr G1/4 | e | Gépi menetfúró G1/4 x 19 EMUGE-C0401400.4036 Mérőeszköz: nem átmenő menetidomszer | 10 | 242 | | 86 | 3 | |
| 6. | Sarok letörést végez | f | Saroktörő D1 GUHRING_5578-12.00-WN_R_90 Mérőeszköz: Szögmérő, tolómérő | 67 | 1800 | 1.339 | 715 | 4 | |
| 6. | Mérőeszközök | | Furatidomszer, 3D koordináta mérő gép, mikrométer, idomszer, menetidomszer | | | | | | |
| 7. | Hűtő-kenő folyadék | | Emulzió | | | | | | |
| Kiállította: | | Kelte: | Ellenőrizte: | Kelte: | Elkészülési idő: 4,27 perc | | Érv.darabszámra: 1 | | |
| Ágoston Bence | | 2025.08.10 | Heim József | 2025.08.18 | norm. i. | pótidő | norm. i. | pótidő | -tól -ig |
| Javítások | | | | | | | | | |
| Jel | Javította: | Kelte: | Ellenőr.: | Kelte: | Műhely: | Csoport: | Géptípus: DMG MORI CMX 1100 V | | gép l.sz. |
| | | | | | VIDEOTON Elektro – PLAST Kft. | NPI | Megjegyzés: A felhasznált mérőeszközök ellenőrzik a furat központosítását, körköröséget, átmérőt, mélységet, menetprofil, illeszkedést, letörés, furat pozíciót. | | |
| Kapja: péld oszt: | | | | | | | | | |

| | | | |
|---|--|--|------------------------------|
| MATE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnológia Tanszék | MŰVELETI UTASÍTÁS marásra | | Lapszám: 3/5 |
| Rajzszám: 1. | Munkadarab megnevezése: Mo zgóoldali fröccsöntő formabetét | | Művelet száma: 9 |
| dAnyag: 1.234 X40CrMoV5-1 48 HRC | Munkagép megnevezése: DMG MORI CMX 1100 V Alapanyag nyersmérete: 160x500 mm | Művelet megnevezése: Drilling, Milling | Műveleti ut. száma: 3 |

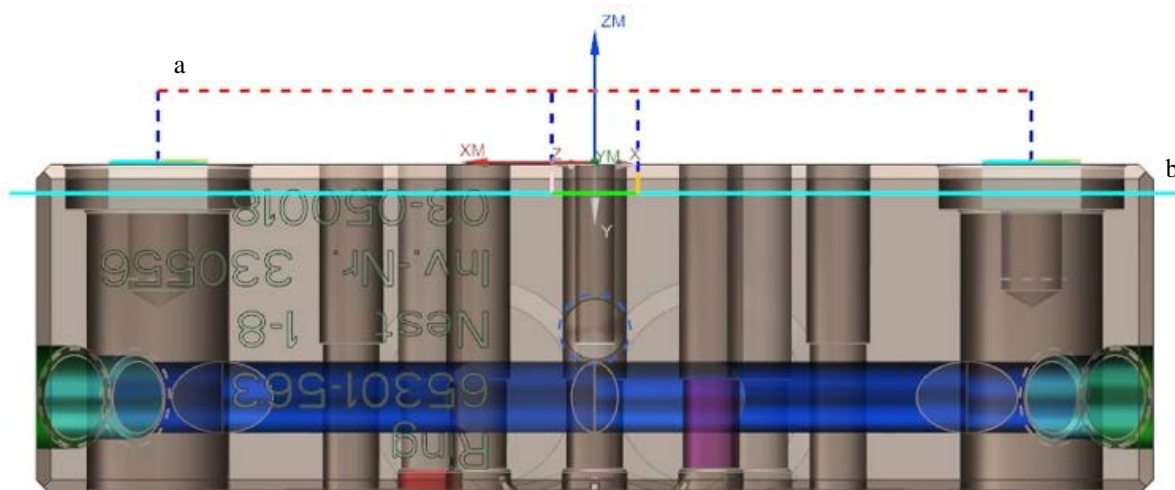
Vázlat:



| Sorsz | Művelet tagozódása | Megm. felület | Szerszám, mérőeszköz., készülék | v m/min | n ford/p | f mm/f | a mm. | i | |
|-----------------------|--------------------------|---------------|--|------------|-------------------------------------|-----------|--|--------|-----------|
| 0. | Befogás módja | | Gépsatu | | | | | | |
| 1. | Telibe fúr D18 | a | Telibefúró D18 x 54 Walter_D4120-03-18.00F25-P42 | 200 | 3550 | | 3863 | 1 | |
| 2. | Furatot nagyol D26 | b | Szármaró D12 L38 HAM 40-1491-1200-26 | 130 | 3450 | | 2198 | 4 | |
| 3. | Központi fúrást végez | c | Központoszó 90 D5 Garant_121020-5 | 25 | 800 | | 1346 | 2 | |
| 4. | Mélyfúrást végez D7 | d | HSS Csigafúró D7x69-109 Garant_114550-7 | 16 | 728 | | 10995 | 2 | |
| 5. | Fúr D9 | e | Csigafúró D9X31-89 Sandvik_Coromant-860.1-0900-031A1-PM_P1BM | 50 | 1770 | | 1594 | 4 | |
| 6. | Menetmagot fúr M10 | f | HSS Csigafúró D8.5x75-117 Garant_114550-8,5 | 16 | 599 | | 550 | 2 | |
| 7. | Sarok letörést végez 0.8 | g | Saroktörő D12 90 GUHRING_5578-12.00-WN_R_90 | 67 | 1800 | 0.050 | 1438 | 4 | |
| 8. | Sarok letörést végez 1.5 | h | Saroktörő D12 90 GUHRING_5578-12.00-WN_R_90 | 67 | 1800 | 0.050 | 403 | 4 | |
| 9. | Menetet fúr M10 | i | Gépi menetfúró M10x1.5 Emuge_Enorm_1-Z-1KZ-P GLT-1-M10 | 10 | 318 | | 486 | 3 | |
| 10. | Mérőeszközök | | Furatidomszer, 3D koordináta mérő gép, mikrométer, idomszer, menetidomszer | | | | | | |
| 11. | Hűtő-kenő folyadék | | Emulzió | | | | | | |
| Kiállította: | | Kelte: | Ellenőrizte: | Kelte: | Elkészülési idő: 25,19 perc | | Érv.darabszámra: 1 | | |
| Ágoston Bence | | 2025.08.10 | Heim József | 2025.08.18 | norm. i. | pótídő | norm. i. | pótídő | -tól -ig |
| Javítások | | | | | | | | | |
| Jel | Javította: | Kelte: | Ellenőr.: | Kelte: | Műhely: | Csoport: | Géptípus: DMG MORI CMX 1100 V | | gép l.sz. |
| | | | | | VIDEOTON Elektro – PLAST Kft. | NPI | Megjegyzés: A megmunkált felület egyes pontjai részletesen a mellékletben található. | | |
| Kapja: péld: oszt: | | | | | | | | | |

| | | | | |
|---|--|---|------------------------------|-------------------------|
| MATE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnológia Tanszék | | MŰVELETI UTASÍTÁS marásra | | Lapszám: 4/5 |
| Rajzsám: 1. | | Munkadarab megnevezése: Mo­z­gó­oldali fröccsöntő formabetét | | Művelet száma: 2 |
| Anyag: 1.2344 X40CrMoV5-1 48 HRC | Munkagép megnevezése: DMG MORI CMX 1100 V Alapanyag nyersmérete: 160x500 mm | Művelet megnevezése: Milling | Műveleti ut. száma: 4 | |

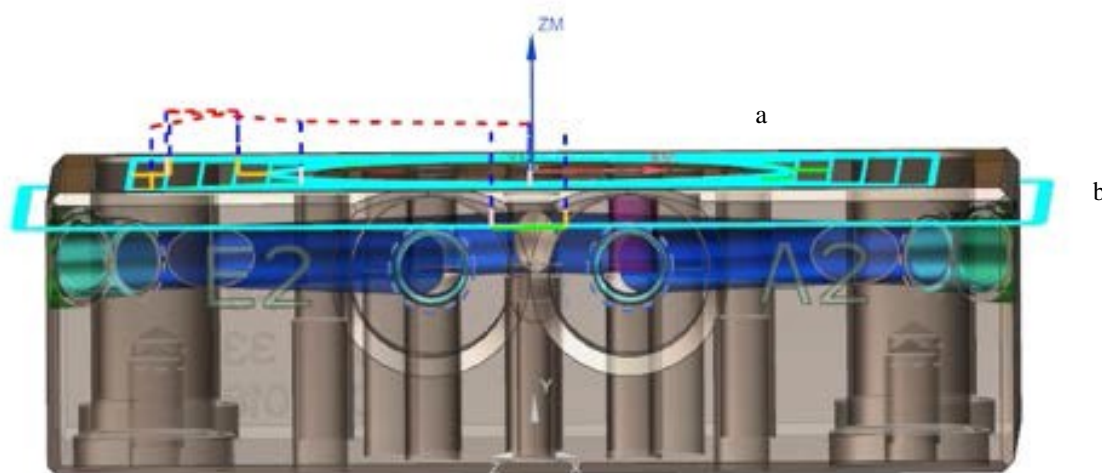
Vázlat:



| Sorsz | Művelet tagozódása | Megm. felület | Szerszám, mérőeszköz., készülék | v m/min | n ford/p | f mm/f | a mm. | i |
|-----------------------|--------------------|---------------|--|------------|-------------------------------------|-----------|--|--------|
| 0. | Befogás módja | | Gépsatu | | | | | |
| 1. | Furatot simít D26 | a | Tóruszmaró D12 R0.5 L26 HAM 40-5280-12/0.5 Mérőeszköz: furatidomszer | 130 | 3450 | 0.091 | 2000 | 6 |
| 2. | Sarkot letör R2 | b | Saroktörő VIDIA D12 90 GUHRING_5578-12.00-WN_R_90 Mérőeszköz: tolmérő, szögmérő | 56 | 1500 | 0.020 | 3050 | 4 |
| 3. | Mérőeszközök | | Szögmérő, tolmérő, furat idomszer | | | | | |
| 4.. | Hűtő-kenő folyadék | | Emulzió | | | | | |
| Kiállította: | | Kelte: | Ellenőrizte: | Kelte: | Elkészülési idő: 42,17 perc | | Érv.darabszámra: 1 | |
| Ágoston Bence | | 2025.08.10 | Heim József | 2025.08.18 | norm. i. | pótidő | norm. i. | pótidő |
| | | | | | | | -tól | -ig |
| Javítások | | | | | | | | |
| Jel | Javította: | Kelte: | Ellenőr.: | Kelte: | Műhely: | Csoport: | Géptípus: DMG MORI CMX 1100 V gép l.sz. | |
| | | | | | VIDEOTON Elektro – PLAST Kft. | NPI | | |
| Kapja: péld: oszt: | | | | | | | Megjegyzés: A megmunkált felület egyes pontjai részletesen a mellékletben található. | |

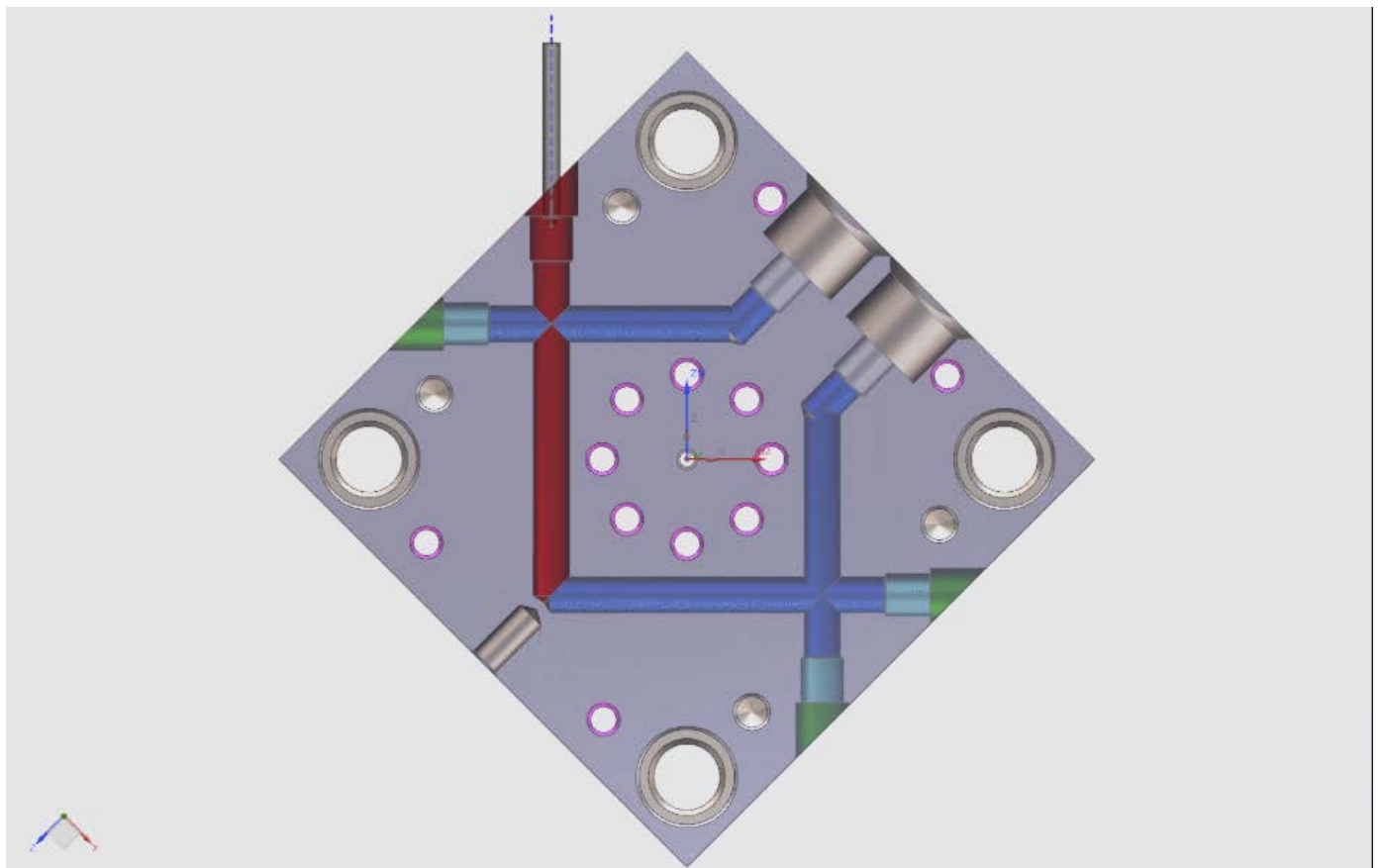
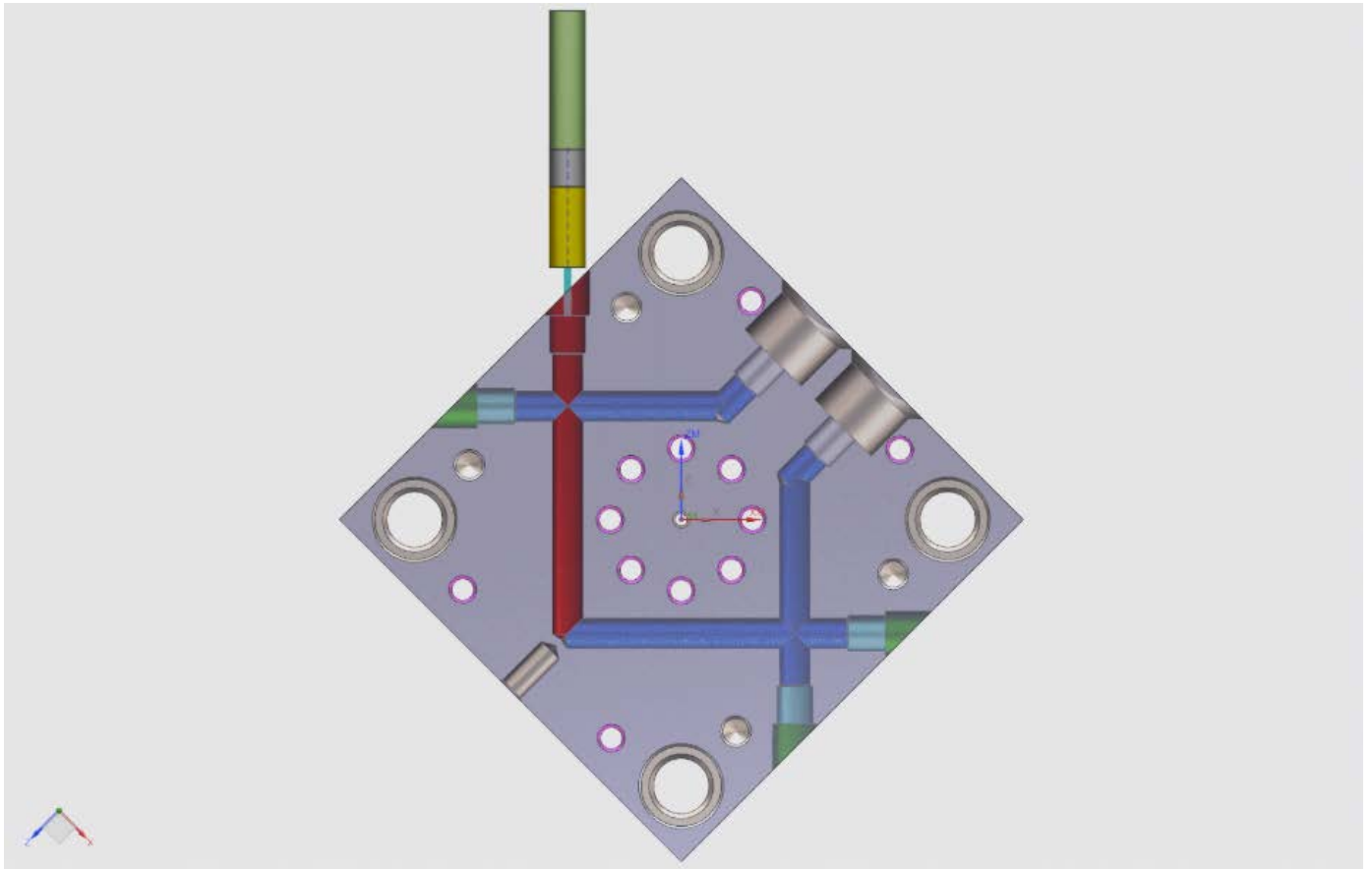
| | | | | |
|---|--|---|-----------------------|------------------|
| MATE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnológia Tanszék | | MŰVELETI UTASÍTÁS marásra | | Lapszám: 5/5 |
| Rajzsám: 1. | | Munkadarab megnevezése: Mozgóoldali fröccsöntő formabetét | | Művelet száma: 2 |
| Anyag: 1.2344 X40CrMoV5-1 48 HRC | Munkagép megnevezése: DMG MORI CMX 1100 V Alapanyag nyersmérete: 160x500 mm | Művelet megnevezése: Milling | Műveleti ut. száma: 5 | |

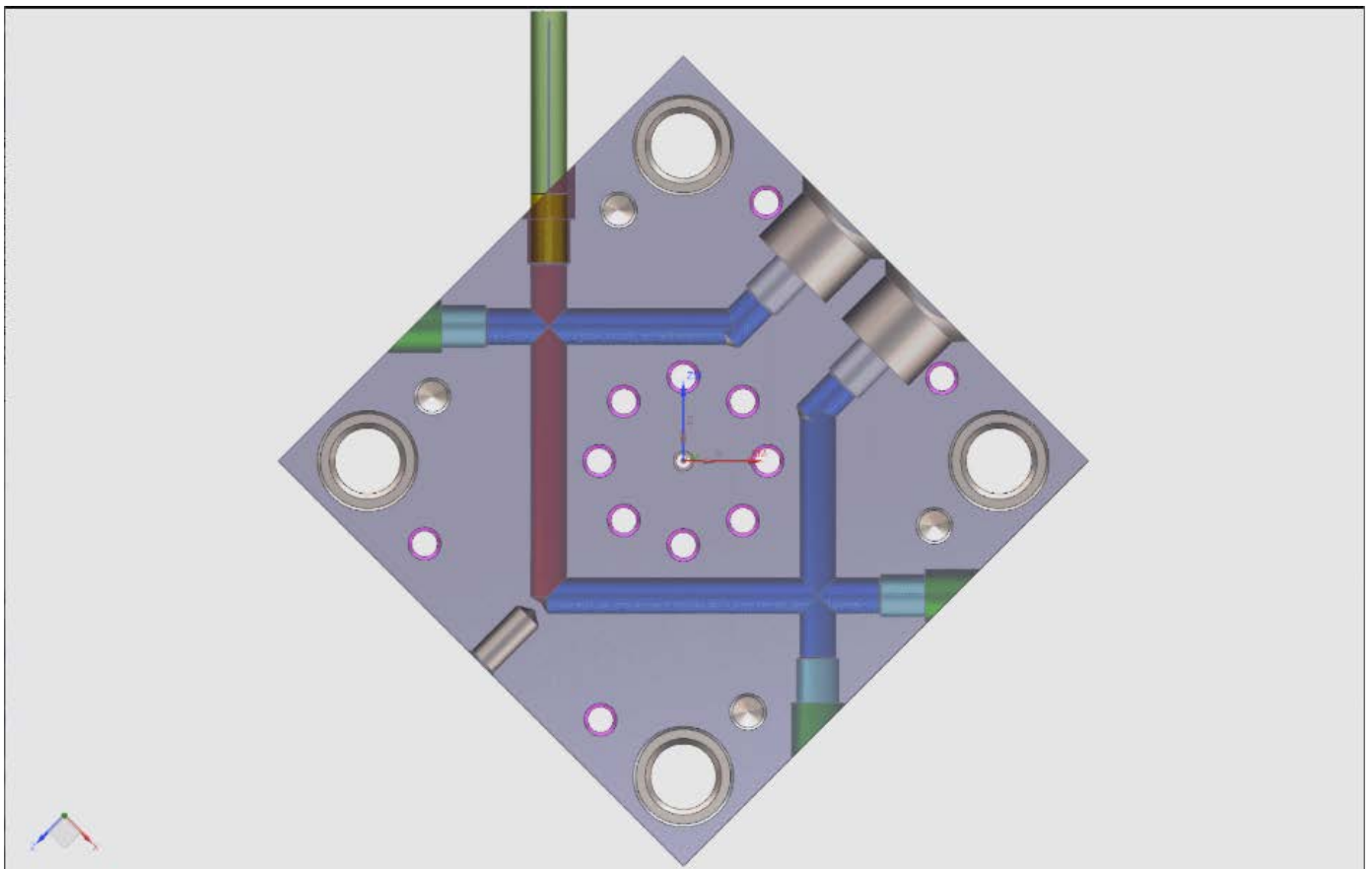
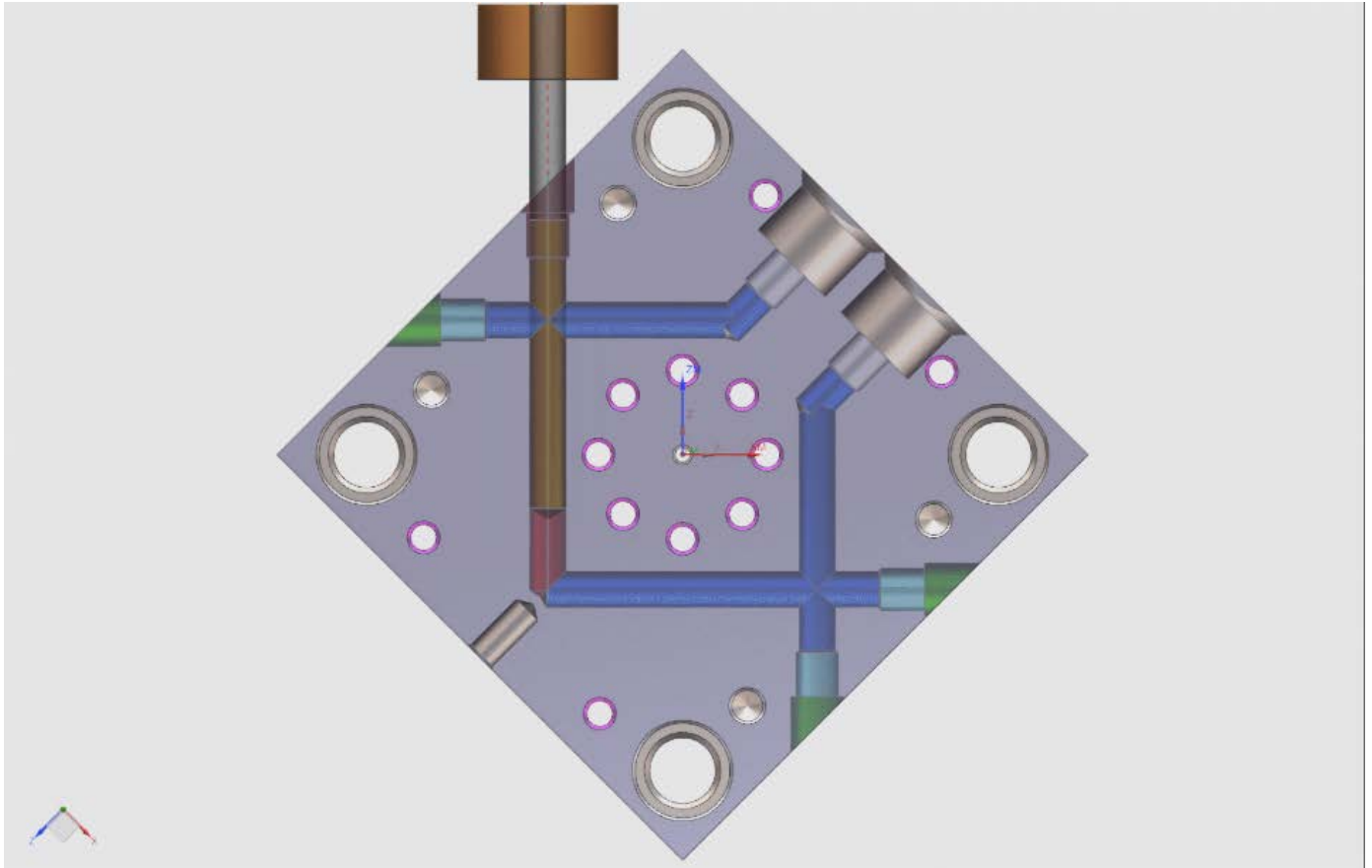
Vázlat:

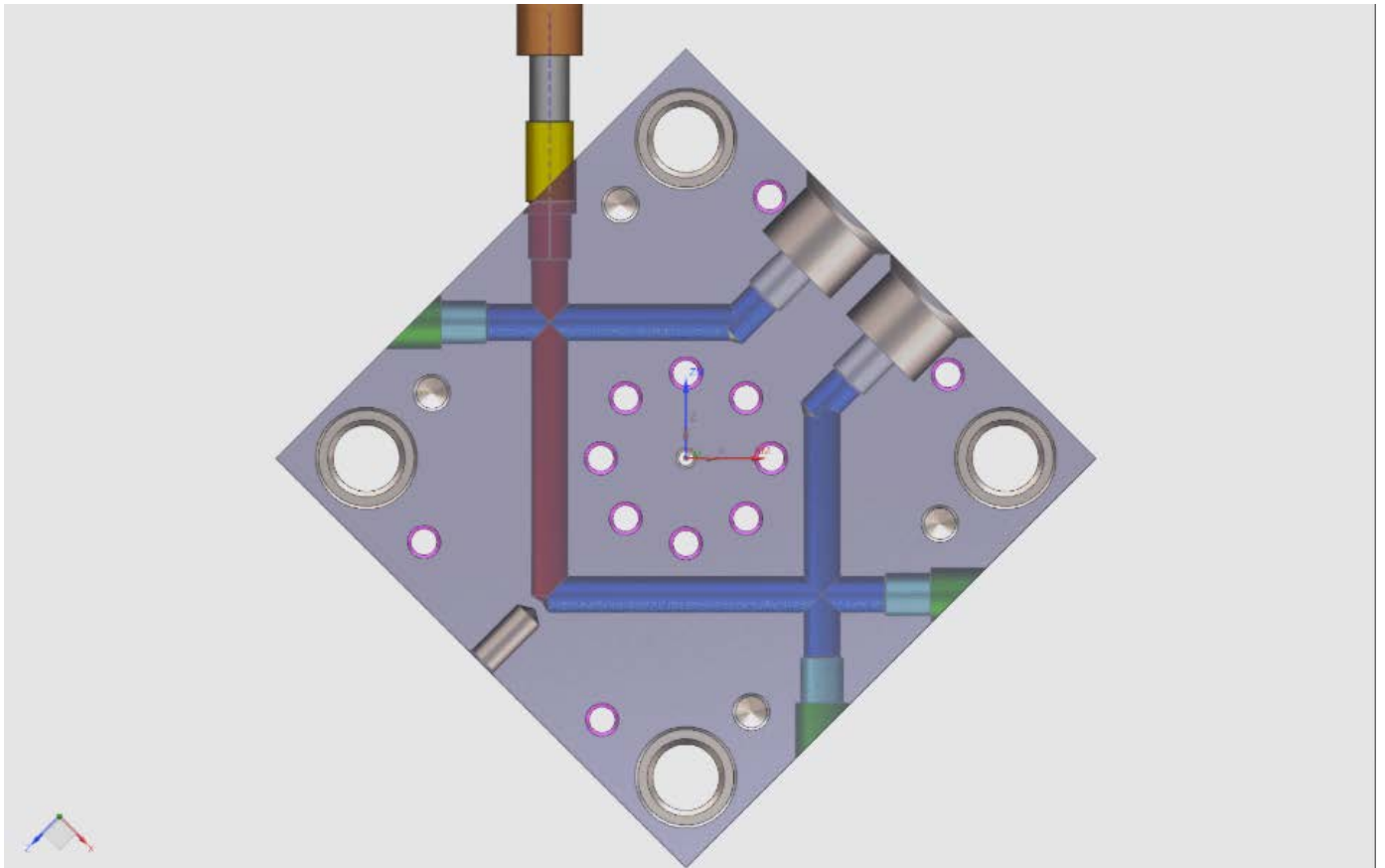


| Sorsz | Művelet tagozódása | Megm. felület | Szerszám, mérőeszköz., készülék | v m/min | n ford/p | f mm/f | a mm. | i | |
|-----------------------|----------------------------|---------------|---|------------|-------------------------------------|-----------|--|--------|----------|
| 0. | Befogás módja | | Gépsatu | | | | | | |
| 1. | Alászedett síkmarást végez | a | Tóruszmaró D12 R0.5 L26 HAM 40-5280-12/0.5 | 199 | 5300 | 0.094 | 300 | 6 | |
| 2. | Sarokletörést végez R2 | b | Saroktörő VIDIA D12 90 GUHRING_5578-12.00-WN_R_90 | 56 | 1500 | 0.020 | 3020 | 4 | |
| 3. | Mérőeszközök | | Szögmérő, tolómérő, furat idomszer | | | | | | |
| 4. | Hűtő-kenő folyadék | | Emulzió | | | | | | |
| Kiállította: | | Kelte: | Ellenőrizte: | Kelte: | Elkészülési idő: 42,62 perc | | Érv.darabszámra: 1 | | |
| Ágoston Bence | | 2025.08.10 | Heim József | 2025.08.18 | norm. i. | pótidő | norm. i. | pótidő | -tól -ig |
| Javítások | | | | | | | | | |
| Jel | Javította: | Kelte: | Ellenőr.: | Kelte: | Műhely: | Csoport: | Géptípus: DMG MORI CMX 1100 V | | gép l.sz |
| | | | | | VIDEOTON Elektro – PLAST Kft. | NPI | Megjegyzés: A megmunkált felület egyes pontjai részletesen a mellékletben található. | | |
| Kapja: péld: oszt: | | | | | | | | | |

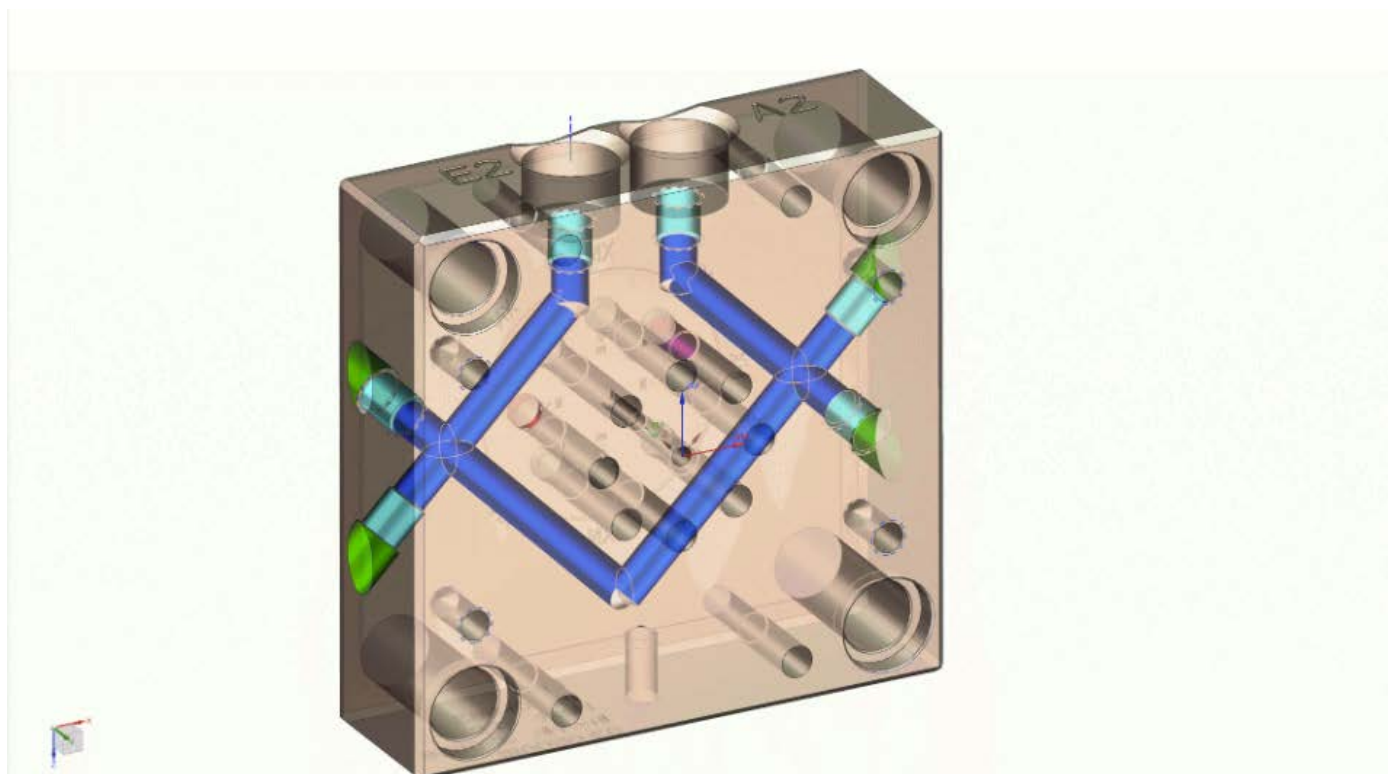
8. melléklet 1. Műveleti utasítás lépései. - abc

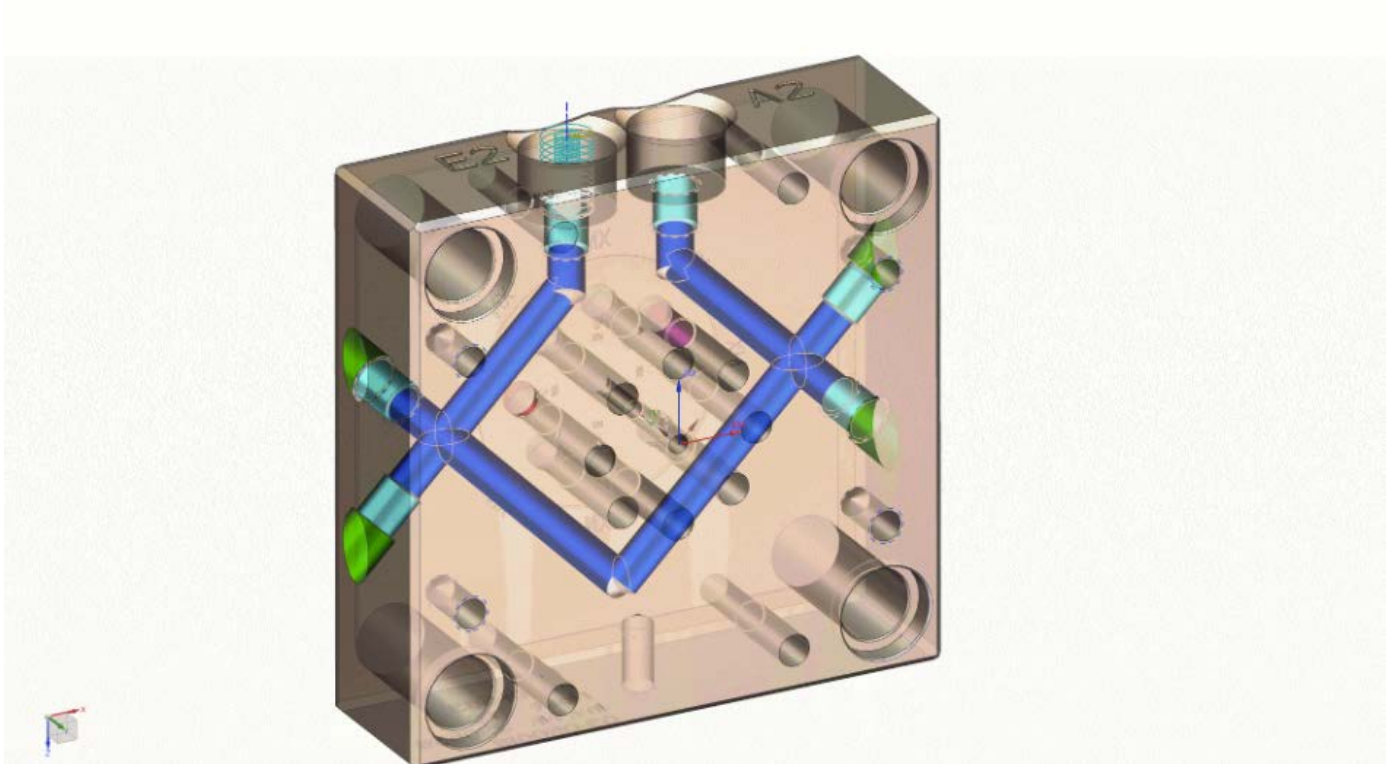
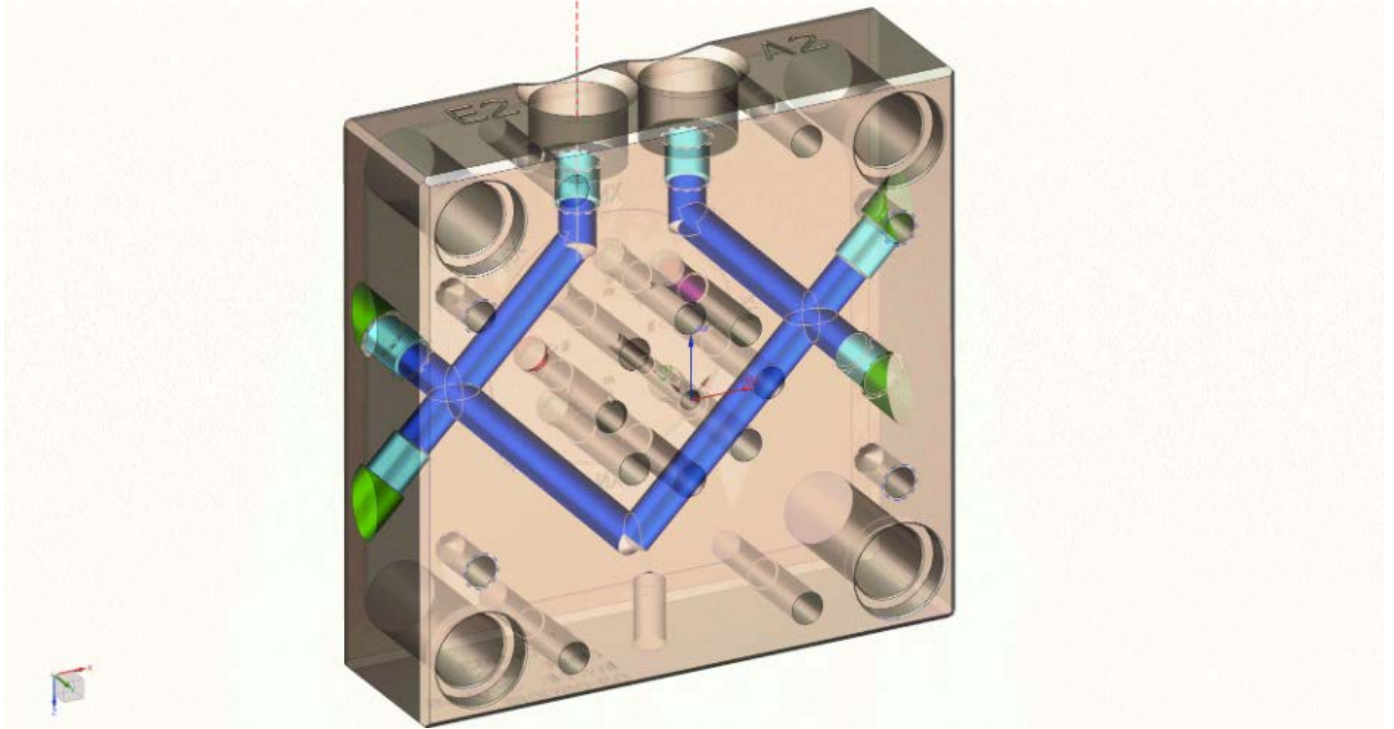


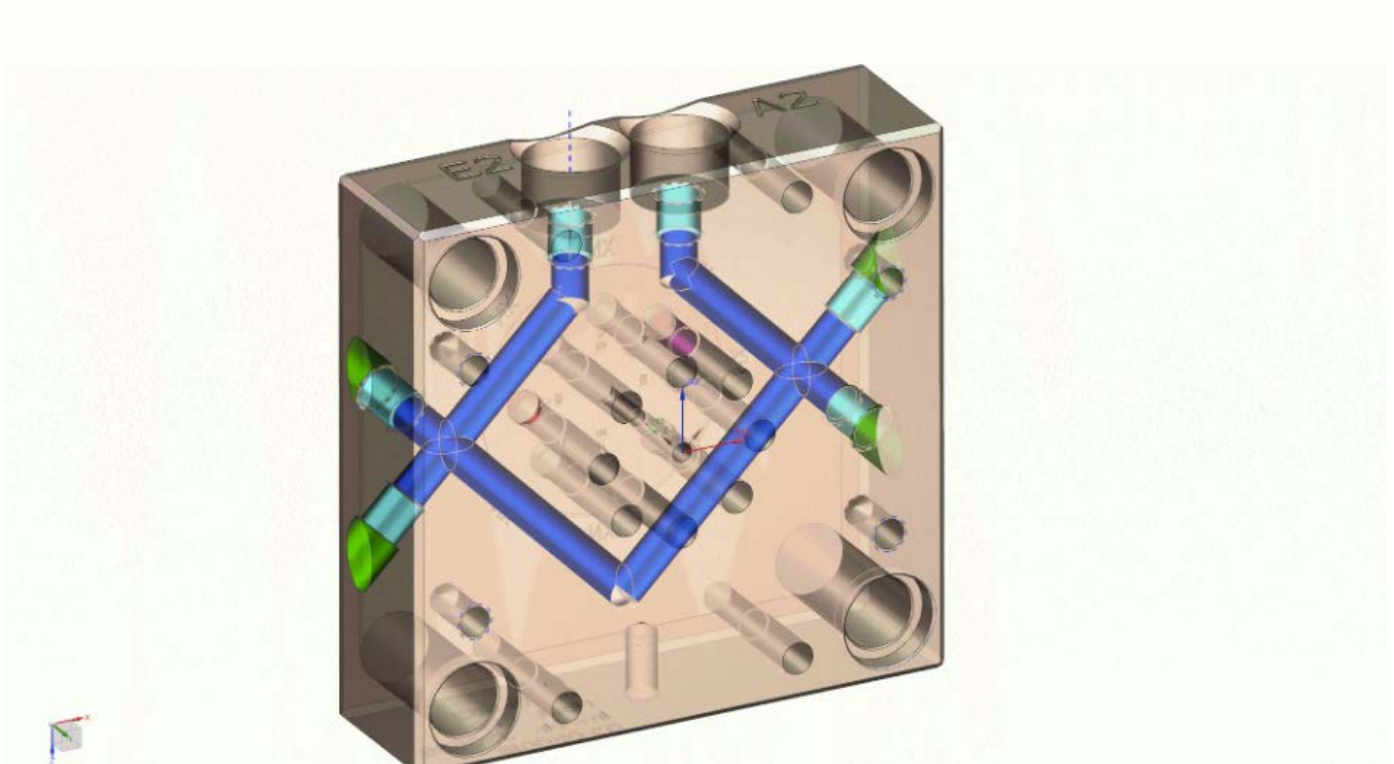
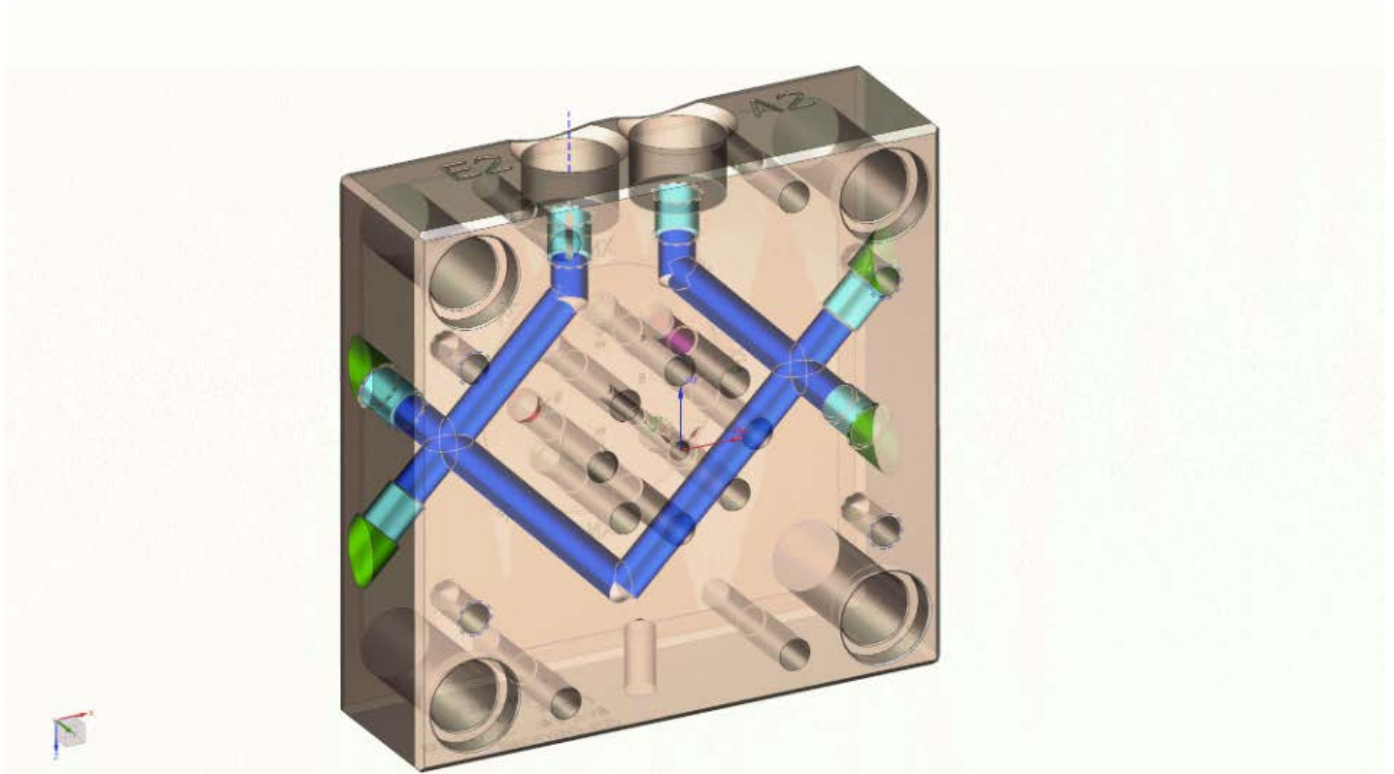


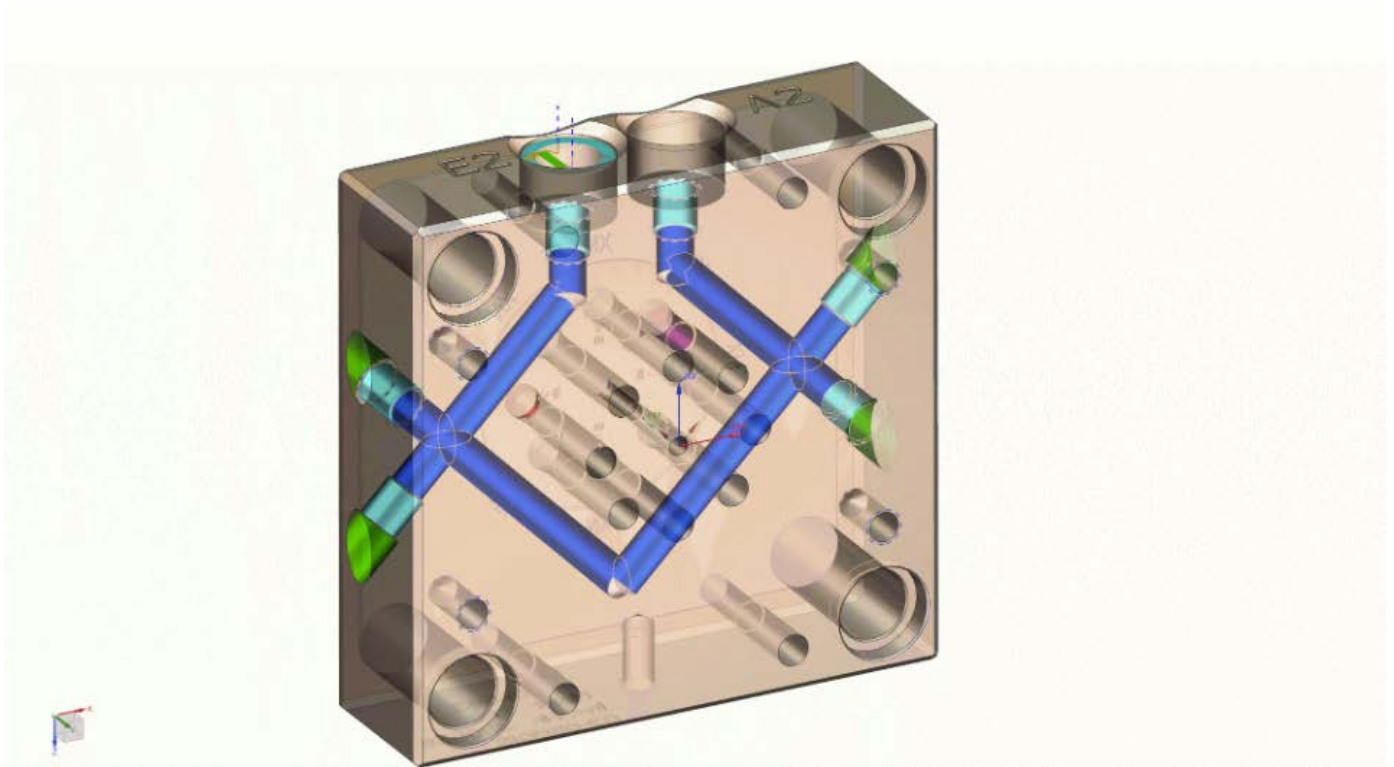


9. melléklet 2. Műveleti utasítás lépései. - abc

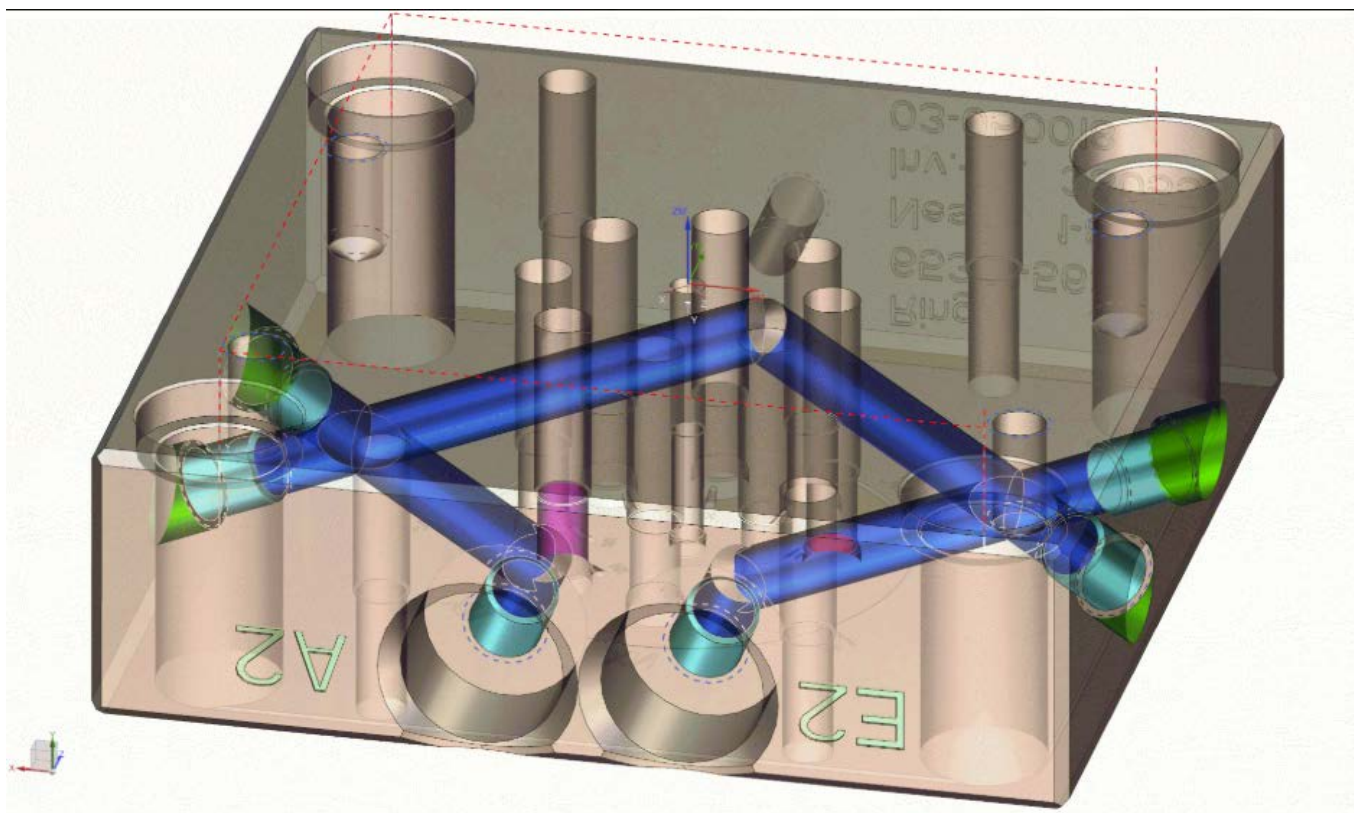


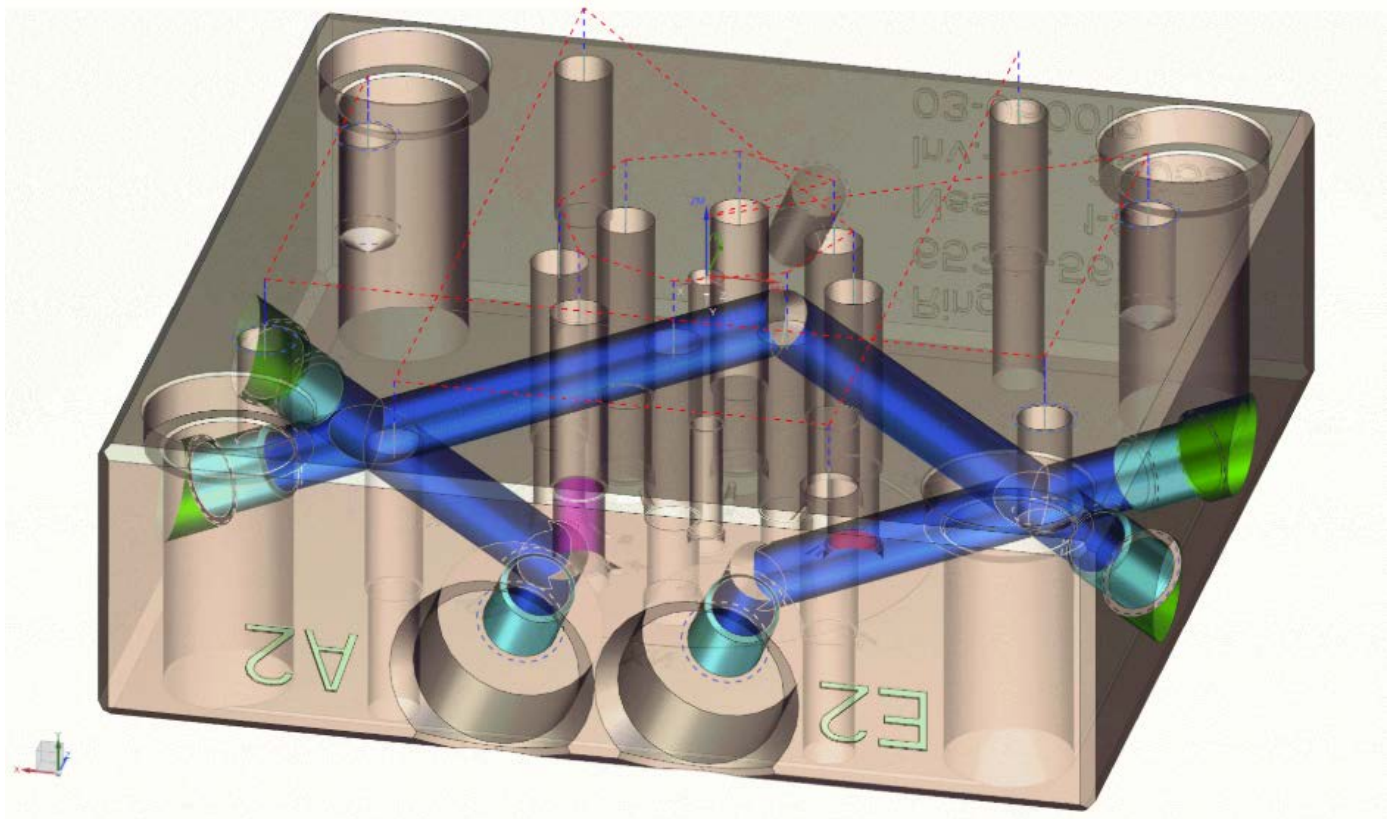
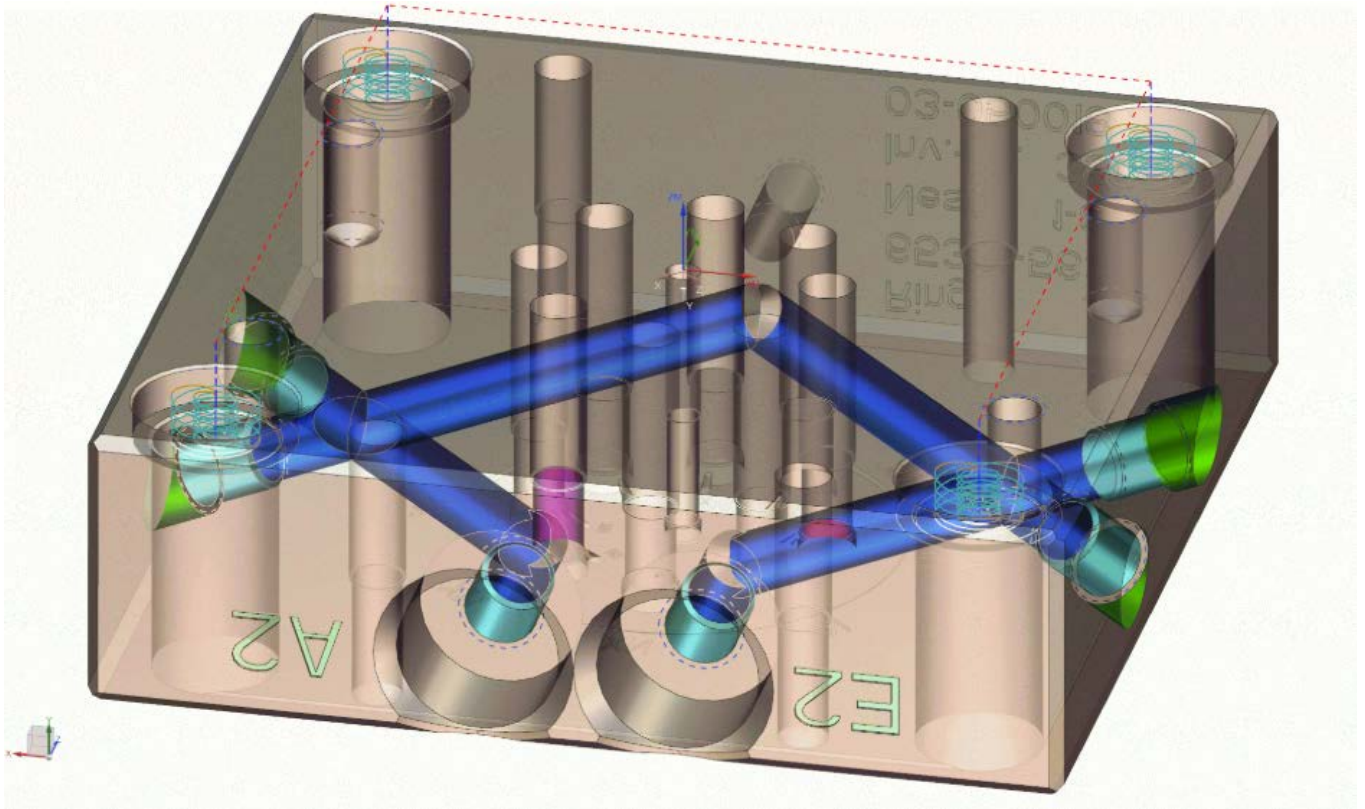


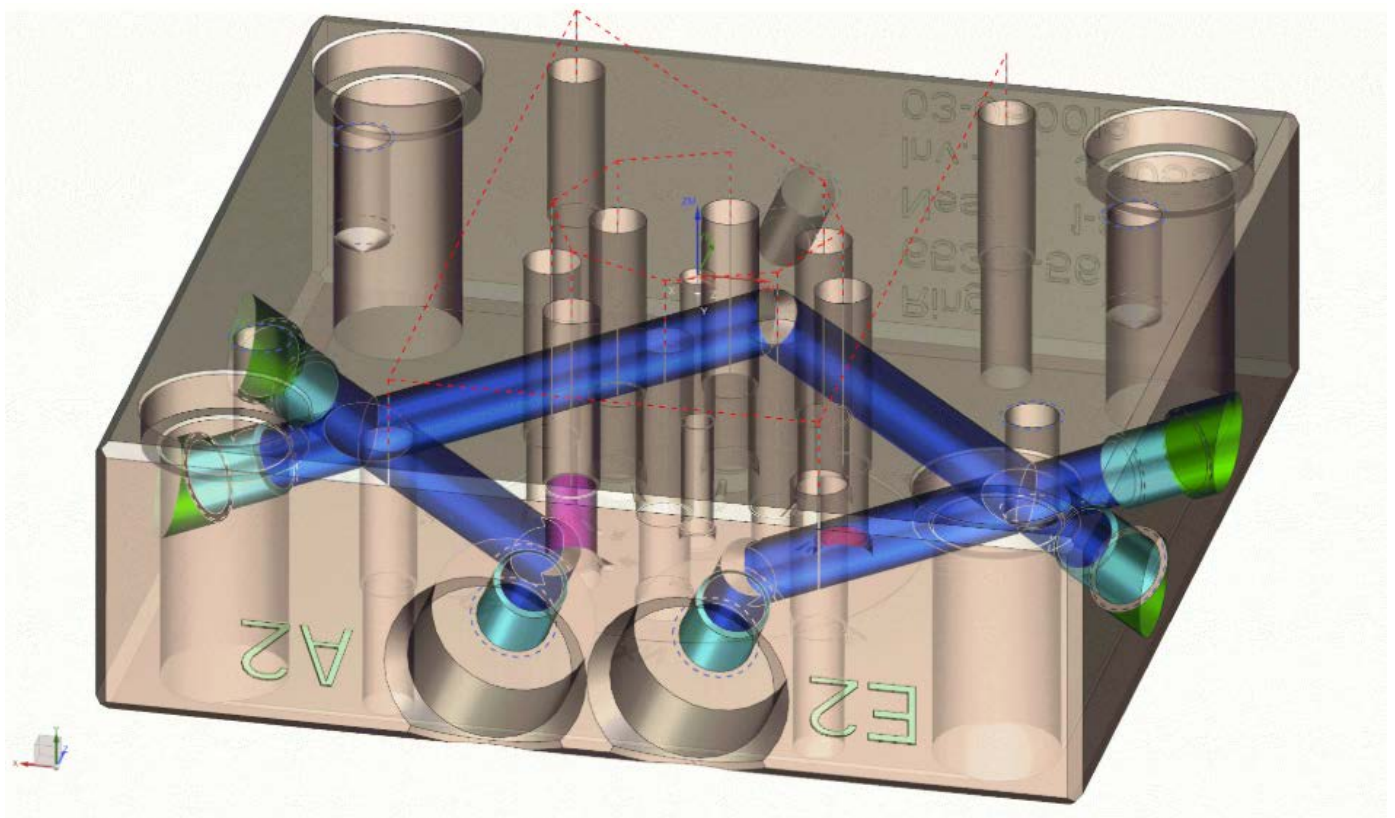
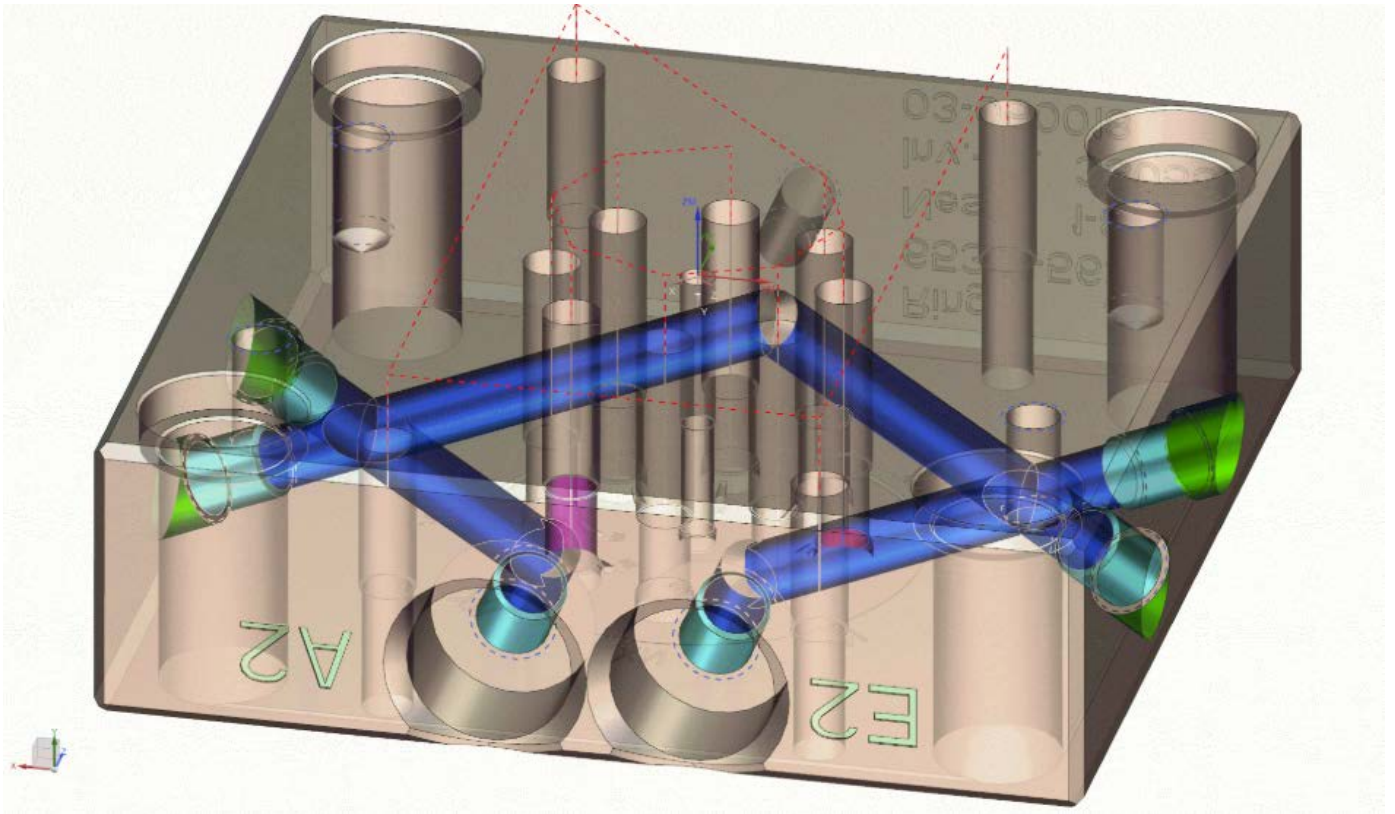


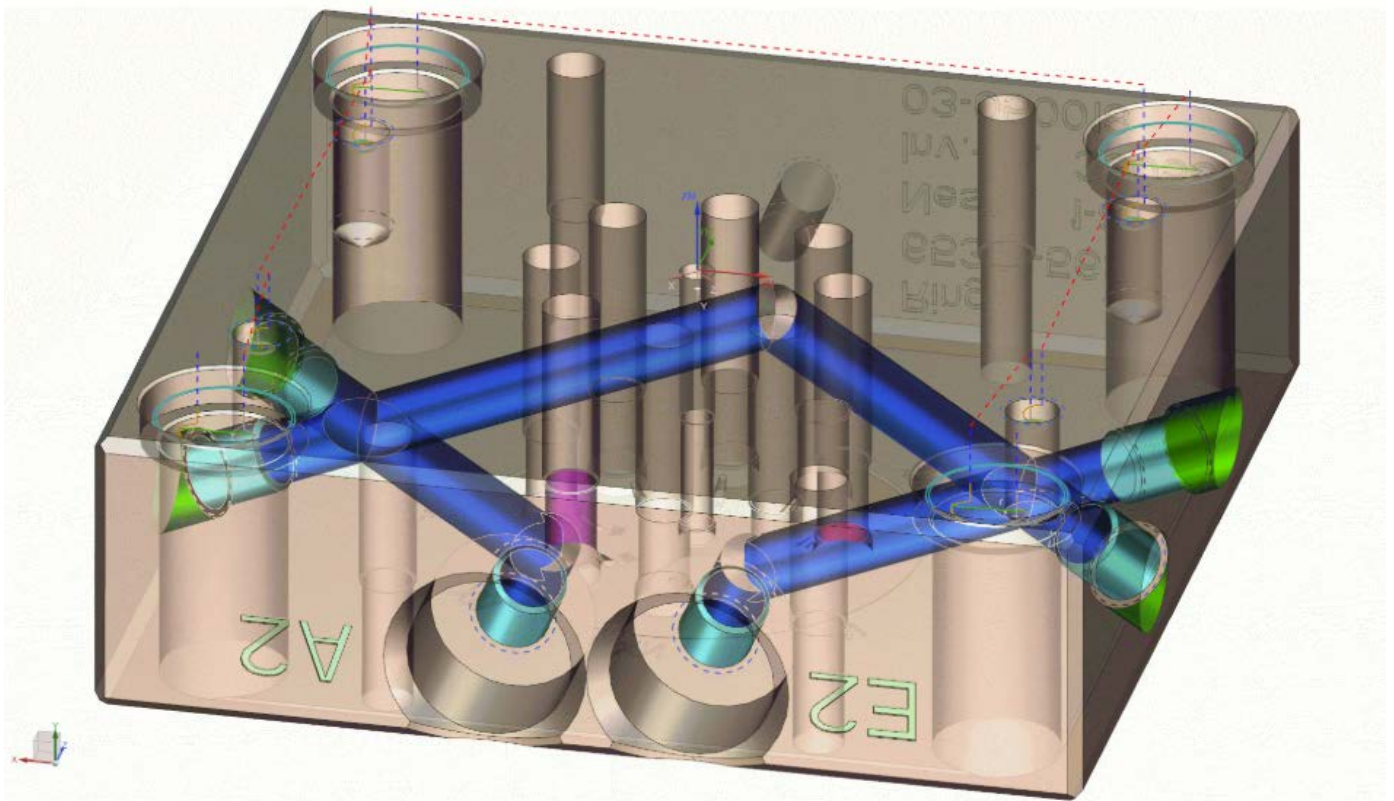
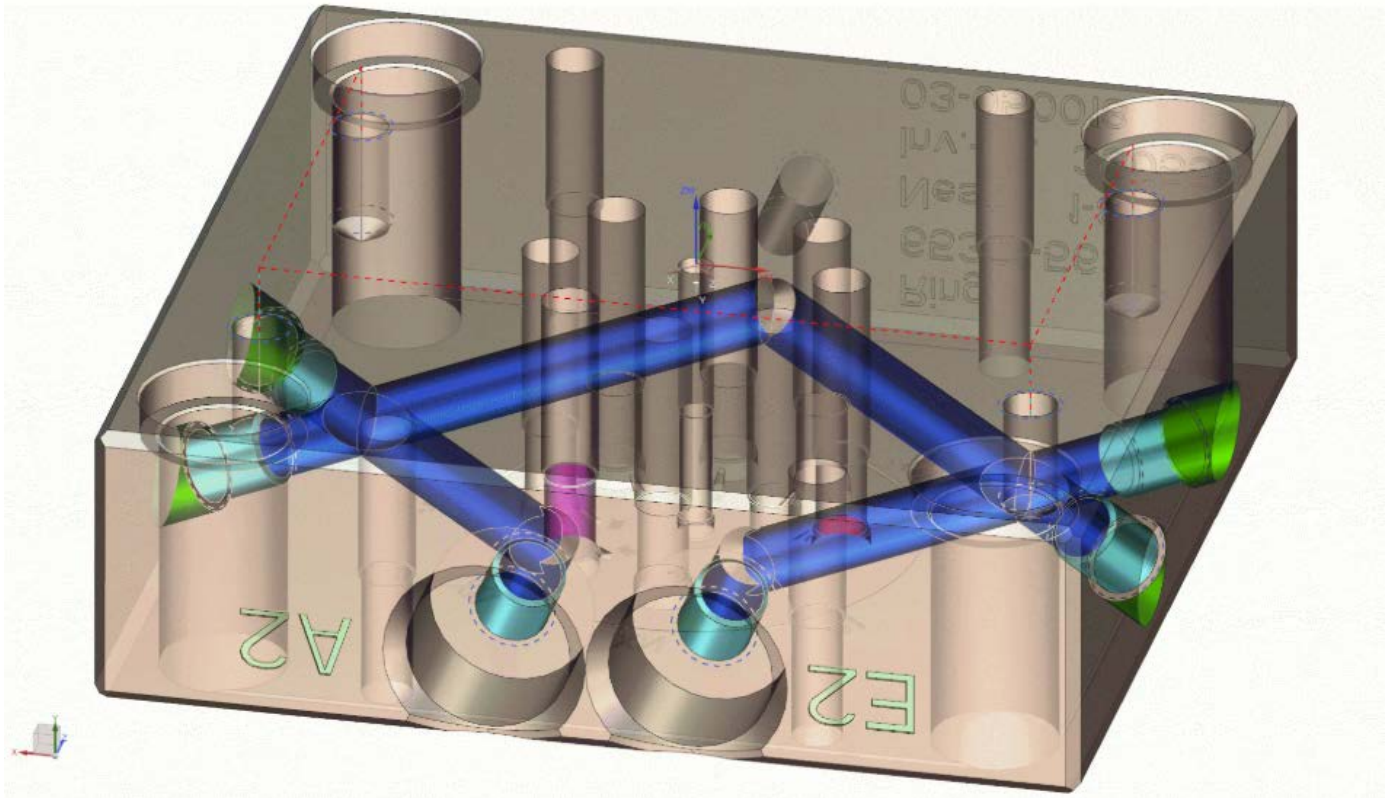


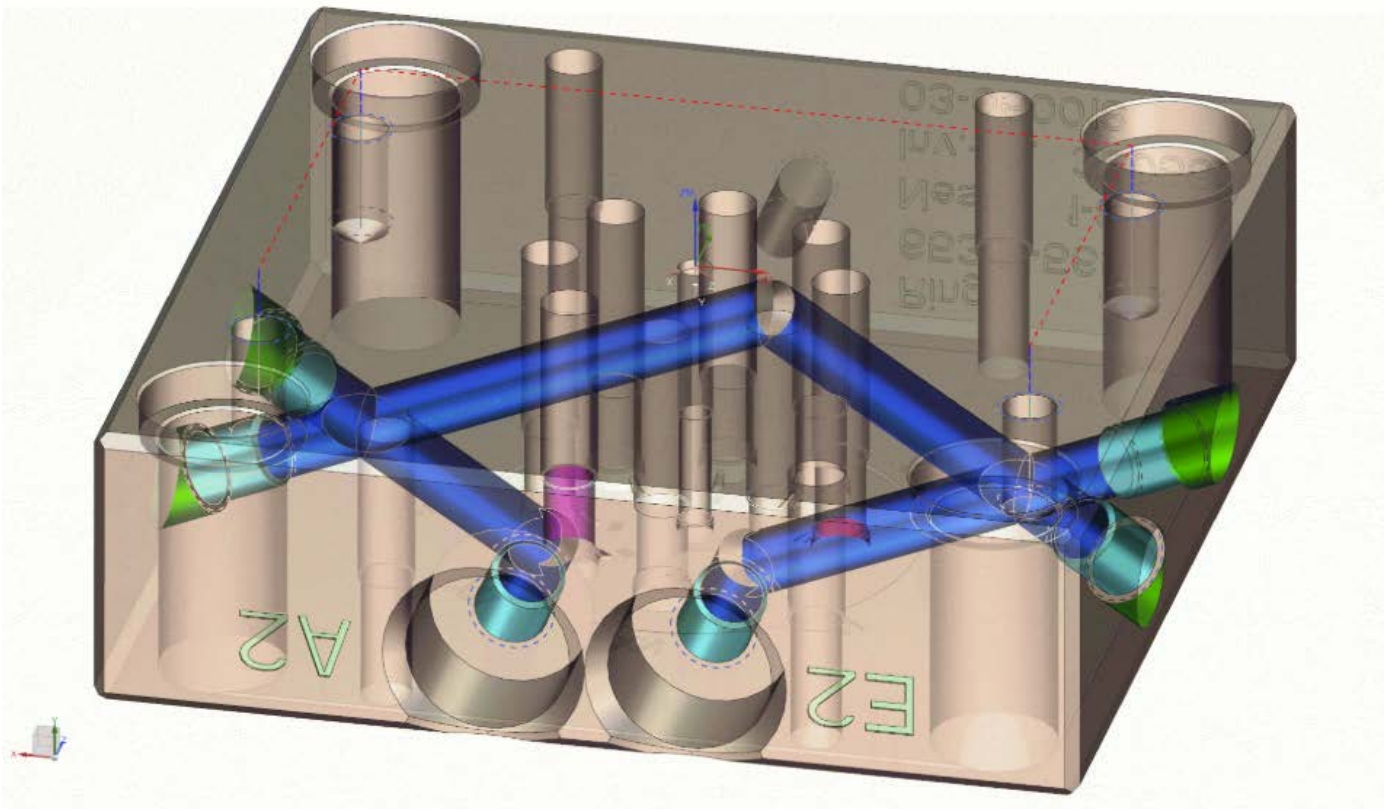
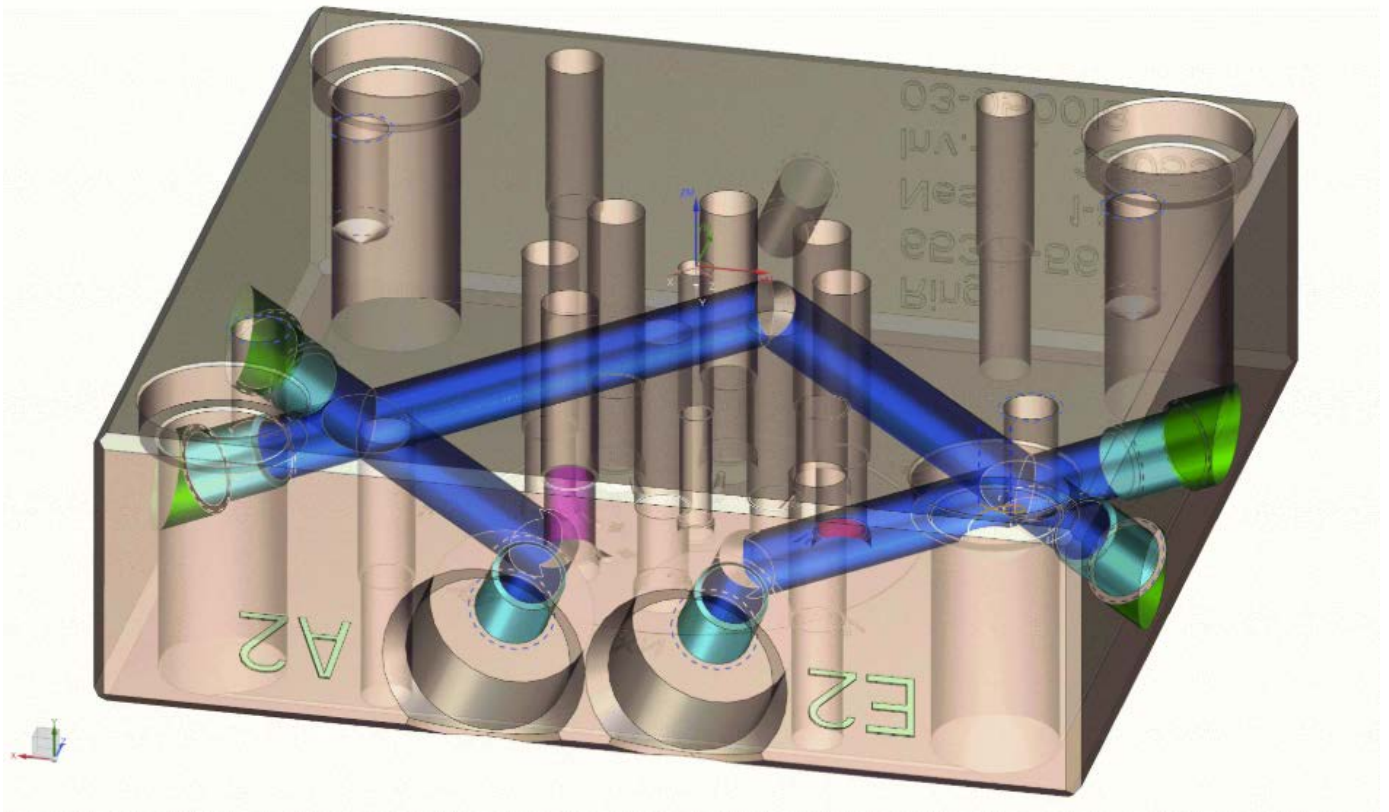
10. melléklet 3. Műveleti utasítás lépései. – abc



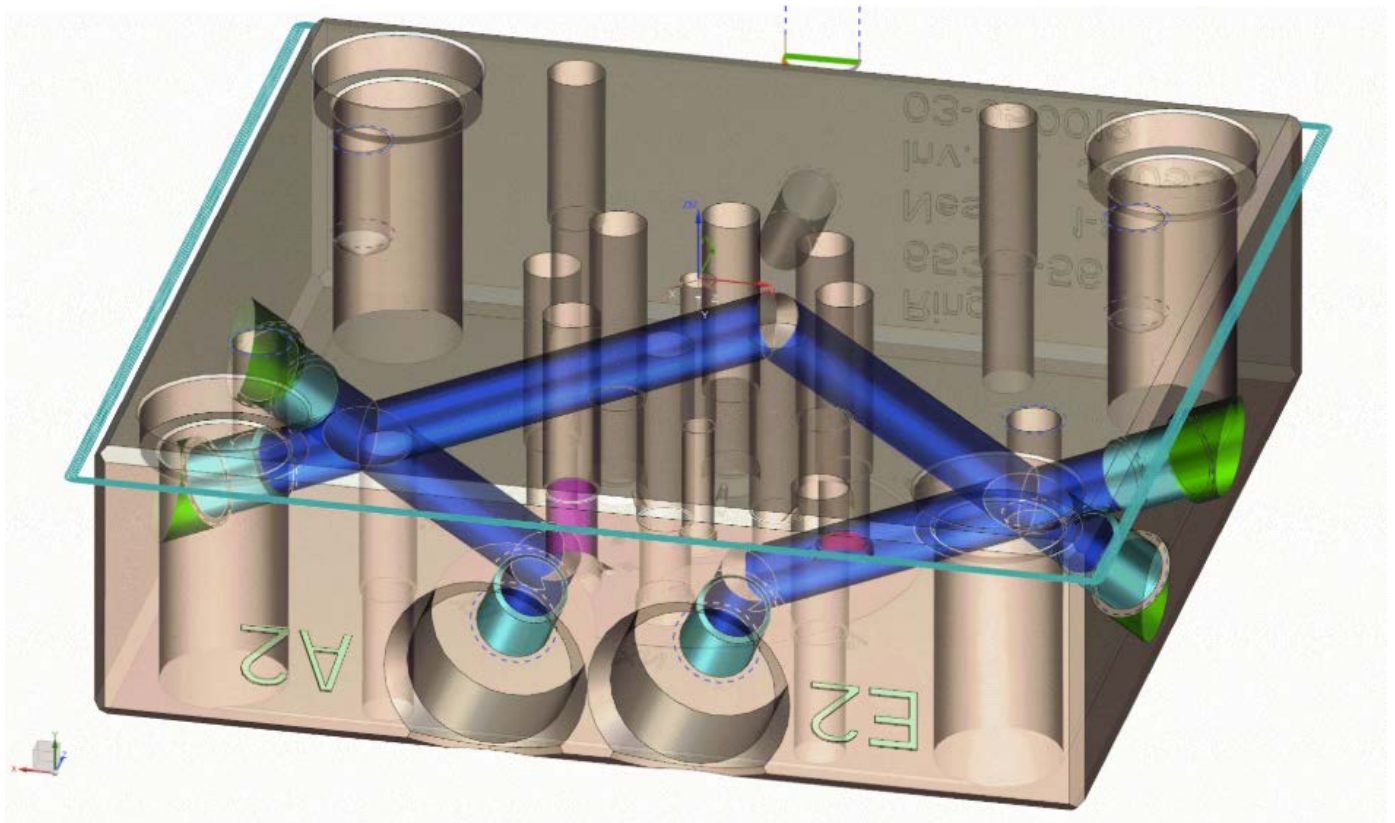
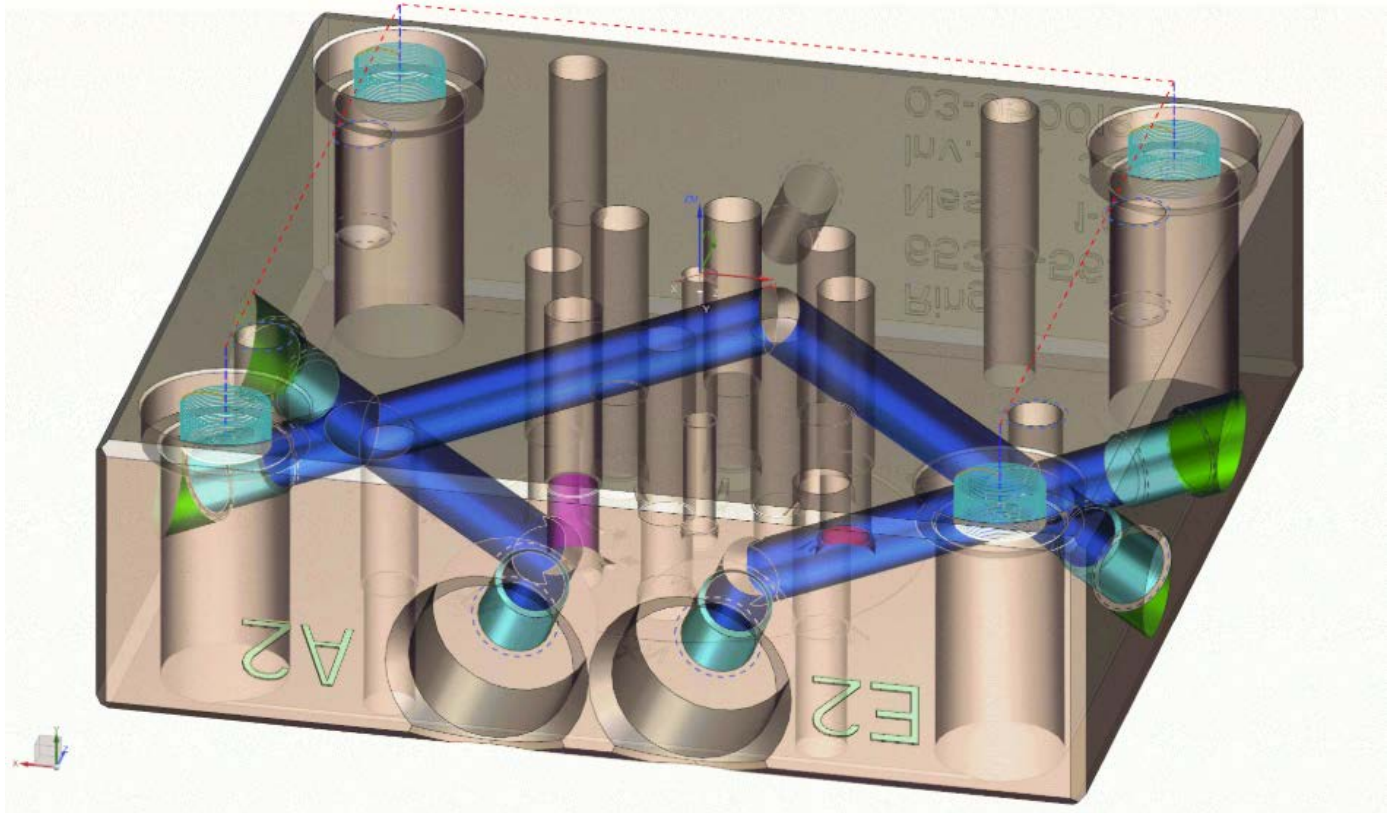








11. melléklet 4. Műveleti utasítás lépései. – abc



12. melléklet 5. Műveleti utasítás lépései. - abc

