



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Gödöllői Campus
Gépészmérnök Szak

**Plazma CNC csővágó gép zárófedelének tervezése számítógépes
támogatással**

Belső konzulens: Dr. Kári-Horváth Attila Ph.D
egyetemi docens

Külső konzulens: Bánhegyi József
termelési vezető
GO-METALL Kft.

Készítette: **Ambrúzs Dominik**
EXHJTZ
nappali

Intézet/Tanszék:
Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok

Gödöllő
2025

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Mérnök-informatika specializáció

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Ambrúzs Dominik (EXHJTZ)

részére

A szakdolgozat címe:

Plazma CNC csővágó gép zárófedelének tervezése számítógépes támogatással

Feladatkiírás:

Bevezetés, cégbemutató, szakirodalom feldolgozása, probléma bemutatása, súlycsökkentés kovácsoló szerszám tervezése számítógépes támogatással és végelemmel számítás, gazdasági számítás, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

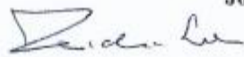
Külső konzulens: Bánhegyi József, termelési vezető, Go-Metall Kft.

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

Beadási határidő: 2025. november 04

Gödöllő, 2025. szeptember 08

Jóváhagyom



(tanszékvezető)



(szakfelelős)

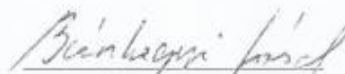
Átvettem



(hallgató)

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

Gödöllő, 2025.



(külső konzulens)

Tartalom

1.	Bevezetés.....	5
2.	Cég bemutatása	6
3.	Szakirodalom feldolgozása	7
3.1.	Előgyártmány tervezés	7
3.1.1.	Az Előgyártmány Meghatározása	7
3.1.2.	Az előgyártmány típusai.....	7
3.1.3.	Hengerelt és húzott rudak.....	7
3.1.4.	Előgyártmányok tervezése	8
3.1.5.	A gyártás gazdasági jellemzői	8
3.1.6.	Kovácsolt Előgyártmányok	8
3.1.7.	Kovácsolt előgyártmányok előállítás.....	9
3.1.8.	A kovácsolási technológia tervezése	9
3.2.	Süllyesztékes kovácsolás.....	10
3.2.1.	Képlékenyalakítás	10
3.2.2.	Melegalakítás	10
3.2.3.	Kovácsolás	10
3.2.4.	Süllyesztékes kovácsolás.....	11
3.2.5.	A süllyesztékes kovácsolás technológiája	12
3.3.	Hűtő-kenő folyadékok.....	15
3.3.1.	Hűtő-kenő anyagok kiválasztása	15
3.3.2.	A Hűtő-Kenő Anyagok Osztályozása.....	15
3.3.3.	A hűtő-kenő anyagok kiválasztásának irányelvei	16
3.4.	SolidWorks bemutatás	17
3.4.1.	Számítógépes segítésű gyártmánytervezés és gyártás (CAD/CAM)	17
3.4.2.	3D-s modellező programok	17

3.4.3.	SOLIDWORKS.....	17
3.5.	ANSYS bemutatás.....	19
3.5.1.	ANSYS Műszaki szimulációs szoftver:	19
4.	Probléma bemutatása.....	21
5.	Tervezés.....	23
5.1.	Koncepció kiválasztása	23
5.2.	Süllyesztékes kovácsoló szerszám technológiai számításai	24
5.3.	Szerszám tervezése.....	35
5.4.	Végelem számítás	43
6.	Gazdasági számítás	63
7.	Összefoglalás.....	64
8.	Summary	65
9.	Nyilatkozatok	67
10.	Irodalomjegyzék.....	71
11.	Mellékletek jegyzéke.....	73
12.	Mellékletek.....	74

1. Bevezetés

A CNC-plazma rendszer egy olyan berendezés, amely egy plazmapisztolyt mozgat egy számítógép által irányított útvonalon. A „CNC” rövidítés a számítógép-vezérlésre utal, ami azt jelenti, hogy a gép mozgását egy előre megadott program numerikus kódjai alapján egy számítógép szabályozza.

A CNC plazmavágó gépek eltérnek a kézi vágóberendezésektől, mivel kifejezetten gépesített vágási feladatokra tervezett plazmarendszert alkalmaznak. Ezekben a rendszerekben egyenes csövű pisztolyt használnak, amelyet a gép tart és mozgat, valamint egy automatikus vezérlésre alkalmas interfésszel rendelkeznek, amely lehetővé teszi a precíz irányítást a CNC segítségével.

A CNC plazmavágó gépeket számos iparágban alkalmazzák, például az autójavításban, a gyártásban, bontási munkálatok során, valamint az építőiparban. A nagy sebességű és pontos vágások, valamint a költséghatékony működés miatt ezek a berendezések széles körben elterjedtek.

A szakdolgozatomban a fontosabb témákat érintve, bemutatom az előgyártmány és a süllyesztékes kovácsolással gyártott előgyártmány tervezéséről tanultakat. Ezután beszélek a képlékeny alakításról, a melegalakításról, a kovácsolásról és végül a süllyesztékes kovácsolásról tanultakat. Bemutatom a hűtő-kenő folyadékok témaköréből egy kis szeletet. Mindezek után bemutatom a dolgozatom alatt használt két programot, először a Solid Works 3D-s (CAD) tervezőprogramot, majd az ANSYS nevezetű végeelem analízis (VEM) programot. Bemutatom a problémát, majd megoldom a tervezési részt, elkészítem a szükséges technológiai számításokat, megtervezem a szerszámot. Bemutatom a tervezést számítógépes támogatással. Ezek után végeelem analízist végzek kitöltési szimulációval. Végezetül elvégzem a szükséges gazdasági számításokat.

2. Cég bemutatása

A GO-METALL Kft. egy magyar tulajdonban lévő vállalkozás, amely 1990 óta működik a fémmegmunkálás és gépalkatrész-gyártás területén. A cég fő profilja a gépalkatrészek gyártása, öntvények megmunkálása, acélszerkezetek előállítása, valamint CNC forgácsolás. A cég székhelye Budapesten található, a Csepel Művek Ipari Parkban, emellett egy további gyártóüzemmel rendelkezik Tabon.

A vállalat évente mintegy nyolcvanezer munkaórás gyártási kapacitással rendelkezik, amelyet modern gépparkja és a magasan képzett szakemberei biztosítanak. Minőségirányítási rendszere megfelel az MSZ EN ISO 9001:2015 szabvány követelményeinek, amelyet az ÉMI-TÜV SÜD Kft. tanúsított.

A vállalat tevékenységei kiterjednek a műszaki rajz alapján történő gépalkatrész-gyártásra, öntvények megmunkálására (vas, acél, alumínium alapanyagokból), kisebb hegesztett acélszerkezetek összeállítására és gyártására, CNC esztergálásra és marásra, alkatrészek szerelésére.

A cég jellemzően kis és közepes szériás gyártási megbízásokat teljesít, melyek során tíz - ötven kilogrammos alkatrészekből harminc - ötven darabos szériákat, nagyobb, több száz kilogrammos tételekből pedig kisebb mennyiségeket állít elő.

A GO-METALL Kft. termékei között megtalálhatók különböző iparágakban alkalmazott alkatrészek, mint például: Szerszámgépipari alkatrészek, kompresszoralkatrészek, pumpaházak, hajtóműházak, csapágyházak, olaj- és gázipari alkatrészek.

Az értékesítés jelentős része exportpiacokon történik, elsősorban Németországba, Belgiumba, Hollandiába, Ausztriába, Svédországba, az Egyesült Államokba és Franciaországba.

A vállalat hosszú távú beszállítói kapcsolatokat ápol vezető nyugat-európai gépgyártó vállalatokkal, amelyeket a minőség, a versenyképes árképzés és a határidők pontos betartása révén sikerült kiépítenie. Referenciái között szerepelnek olyan cégek, mint a Siemens, az SPX Flow Technology, a MÁV-START Zrt. és a Ganz Motor Kft.

A cég folyamatosan fejleszti technológiáját és bővíti kapacitásait. A legutóbbi nagyobb beruházás során a tabi telephely megnyitásával további 600 m²-es gyártóterület jött létre, amely tovább növeli a termelési lehetőségeket. A vállalat célja, hogy a fémmegmunkálás és gépgyártás terén hosszú távon is meghatározó szereplő maradjon a hazai és nemzetközi piacokon egyaránt.

3. Szakirodalom feldolgozása

3.1. Előgyártmány tervezés

3.1.1. Az Előgyártmány Meghatározása

Az előgyártmány a gyártási folyamat kiindulópontja. Az előzetes tervezés során dönteni kell az előgyártmány típusáról például hengerelt, húzott, öntött vagy kovácsolt, valamint meg kell határozni a szükséges ráhagyásokat. A választásnál az alkatrész alakját, méreteit, anyagát és a gyártási darabszámot vesszük figyelembe, ügyelve arra, hogy az előgyártmány és az alkatrészgyártás együttes költsége a lehető legoptimálisabb legyen. Miután az előgyártmány típusát meghatároztuk, következik annak méretezése, majd végül a műhelyrajz elkészítése. (Dr. Stampfer, 2008)

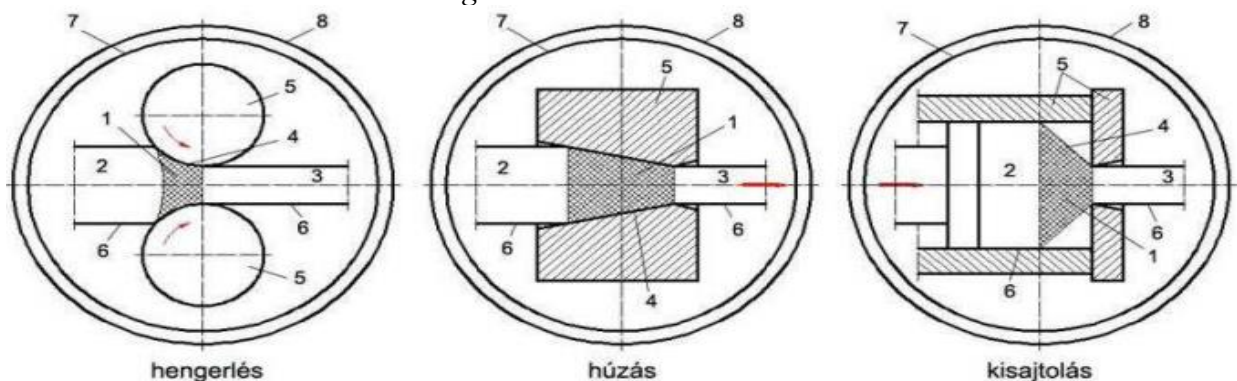
3.1.2. Az előgyártmány típusai

Az alkatrész anyagát a tervező határozza meg és jelöli az alkatrészrajzon. A fémes előgyártmányokat az előállítási módszer alapján több kategóriába sorolhatjuk, például hengerelt (rudak, lemezek, bugák), húzott (rudak), öntött, vagy kovácsolt anyagokra. (Dr. Stampfer, 2008)

3.1.3. Hengerelt és húzott rudak

A rúdanyagokat elsősorban egyedi és kissorozatú gyártás során alkalmazzák előgyártmányként, illetve sorozatgyártásban olyan alkatrészek esetén, amelyek kevés forgácsleválasztással készülnek el (például tengelyek, perselyek, tárcsák). A melegen hengerelt rudak költséghatékonyabbak, mint a húzott változatok, viszont méretpontossága kevésbé precíz. A rúdanyagok keresztmetszete lehet kör, négyzet, téglalap vagy hatszög alakú, anyaga lehet: szénacél, ötvöztött acél, alumíniumötvözetek és sárgaréz. (Dr. Stampfer, 2008)

3.1. ábra Rudak alakítási lehetőségei



3.1.4. Előgyártmányok tervezése

Az előgyártási technológiai folyamat tervezése akkor válik kiemelkedővé, ha a forgácsolási megmunkáláshoz nem a kereskedelmi forgalomban kapható, szabványosított hengerelt vagy húzott anyagokat választjuk, hanem speciálisan előállított előgyártmányokat használunk. Ilyenkor mindig az alkatrész előállításának teljes költségét kell figyelembe venni. Az olyan energiaigényes eljárásokat, mint például az öntés vagy a kovácsolás csak akkor választjuk, ha az itt keletkező többletköltségek a forgácsolási munkák költségének csökkentésével megtérülnek. (Dr. Dénes, Dr. Farkas, Dr. Szabó, & Fülöp, 2008)

3.1.5. A gyártás gazdasági jellemzői

A gyártási folyamat akkor tekinthető gazdaságilag sikeresnek, ha a bevételek meghaladják a kiadásokat, vagyis a termelés nyereséget termel. Mielőtt a gyártás elindulna, előzetes költségbecslést végeznek, amely során előkalkulációt készítenek. (Kodácsy, 2005)

A gyártási költségek között megkülönböztetjük a közvetlen költségtípusokat, mint például az anyagköltség, bérköltség, rezsiköltség, gépköltség, készülékköltség és szerszámköltség. (Dr. Fledrich, Dr. Kári-Horváth, Dr. Kakukk, & Dr. Zsidai, 2016)

3.1.6. Kovácsolt Előgyártmányok

A kovácsolt előgyártmányok alkalmazása két fő esetben előnyös: egyrészt, ha a tervező meghatározott mechanikai tulajdonságok elérése érdekében ezt írja elő, másrészt, ha a gyártási darabszám olyan mértékű, hogy a kovácsolt előgyártmány alkalmazása gazdaságosabb megoldást jelent a rúdanyaghoz képest. (Dr. Stampfer, 2008)

A kész alkatrész alakját és méreteit pontosan közelítő, kívánt mechanikai tulajdonságokkal rendelkező előgyártmányok előállítása történhet ütéssel vagy nyomással, azaz képlékeny kovácsolással. Az alkalmazott szerszám és az alakítási körülmények alapján kétféle kovácsolási eljárás létezik: a szabadalakító és a süllyesztékes kovácsolás. (Dr. Jánossy, Dr. Kári-Horváth, Keresztes, & Szakál, Előgyártmány és képlékeny alakítás tervezési gyakorlat, 2016)

A kovácsolt alkatrészek kialakításánál figyelembe kell venni a kiemelhetőséget, ezért ezek az öntvényekhez hasonlóan meghatározott ferdeséggel és lekerekítésekkel rendelkeznek, amelyek elhelyezkedése az osztósík megválasztásától függ. A kovácsolt darabok műszaki rajzának előkészítése az öntvények tervezéséhez hasonló módon történik, és a következő lépésekből áll:

Az osztósík meghatározása, a szükséges ráhagyások kiszámítása, az oldalferdeségek, lekerekítési sugarak és lyukasztások méreteinek rögzítése. (Dr. Stampfer, 2008)

3.1.7. Kovácsolt előgyártmányok előállítása

Az alkalmazott szerszám és az alakítási körülmények határozzák meg, hogy a képlékeny megmunkálás szabadalakító kovácsolással, süllyesztékes kovácsolással, hidegsajtolással vagy hidegfolyatással valósul-e meg. A kovácsolási folyamat során az anyagban olyan alakváltozások következnek be, melyek az öntéskor kialakult kristályszerkezet átalakulását eredményezik, és az egyenletes, finom szövetszerkezet elérését célozzák meg. (Dudás, Friedhelm, & Varga, 2010)

3.1.8. A kovácsolási technológia tervezése

Az első lépés a gyakorlati tapasztalatok alapján annak eldöntése, hogy az alkatrész kivitelezhető-e süllyesztékes kovácsolással. Ezt követően a rendelkezésre álló kovácsgépek korlátozzák a kovácsdarab maximális méretét és tömegét. (Dudás, Friedhelm, & Varga, 2010)

További fontos szempontok a következők: a kovácsdarab falán és bordáinak vastagság/magasság aránya, a csapokra vonatkozó átmérő és hosszúság viszonyszáma, a darabon kialakított fenékrészek vastagságának és átmérőjének vagy szélességének aránya, a kovácsdarab lekerekítési sugarai és az oldalferdeségek mértéke. (Dr. Kári-Horváth & Dr. Pataki, Szerszámok és készülékek, 2017)

Egyszerűsített esetben a kovácsdarab tervezését a következő lépések szerint végezzük: először kiválasztjuk az osztófelületet, majd meghatározzuk a szükséges ráhagyásokat. Ezeket a gépészeti szempontok alapján elhelyezzük a gépészeti darabon a következő sorrendben: először a megmunkálandó felületek forgácsolási hozzáadásait, ezután az osztófelülethez igazodó oldalferdeséget, végül az élek lekerekítését. (Dr. Jánossy, Dr. Kári-Horváth, Keresztes, & Szakál, Előgyártmány és képlékeny alakítás tervezési gyakorlat, 2016)

3.2. Süllyesztékes kovácsolás

3.2.1. Képlékenyalakítás

A képlékenyalakítás a fémalakítás egyik eljárása, amely során a munkadarab formája külső erőhatás révén változik meg anélkül, hogy az anyag szerkezeti folytonossága megszakadna – vagyis nem keletkezik törés vagy szakadás. A fémek képlékenyalakításának számos módszere létezik. A legfontosabb képlékenyalakítási technológiák közé tartozik az öntés, a kovácsolás, a hengerlés, a húzás, a kisajtolás, valamint a varrat nélküli csögyártás. A képlékenyalakítási folyamatokat az alkalmazott hőmérséklet szerint három fő csoportba sorolhatjuk: melegalakítás, hidegalakítás és félmeleg alakítás. (Dr. Német, 2012)

3.2.2. Melegalakítás

Melegalakításnak nevezzük azt a folyamatot, amikor az anyag hőmérséklete az alakítás során meghaladja az újrakristályosodási hőmérsékletet. (Szalayné Kovács, 2010)

Emellett a folyamat során bekövetkező rekrisztallizáció révén nagyobb mértékű alakváltozás érhető el egyetlen lépésben kisebb erőhatás igénybevételével (Dr. Pálinkás & Dr. Kári-Horváth, 2010)

3.2.3. Kovácsolás

A kovácsolás az egyik legősibb képlékenyalakítási módszer, amelynek során a fémeket ütések vagy nyomás alkalmazásával alakítják formára. Ez a folyamat végezhető hidegen, félmelegen vagy melegen, attól függően, hogy milyen célból és milyen típusú anyagokkal dolgoznak. A kovácsolt termékek mérettartománya rendkívül széles skálán mozog. (Harmaci, Plósz, & Szabó, 2014)

A hevítés során a fém kristályszerkezete fellazul, így a kristályok egymáson könnyebben elmozdulnak anélkül, hogy a köztük lévő kohéziós kötések megszakadnának. A hevítés tulajdonképpen egy hőkezelési eljárás, melynek célja, hogy az acél keménységét csökkentse és képlékenységet növelje, ezáltal lehetővé téve az anyag nyújtását, szélesítését vagy tömörítését anélkül, hogy repedések keletkeznének. (Harmaci, Plósz, & Szabó, 2014)

A kovácsolási eljárások alapvetően két csoportba sorolhatók:

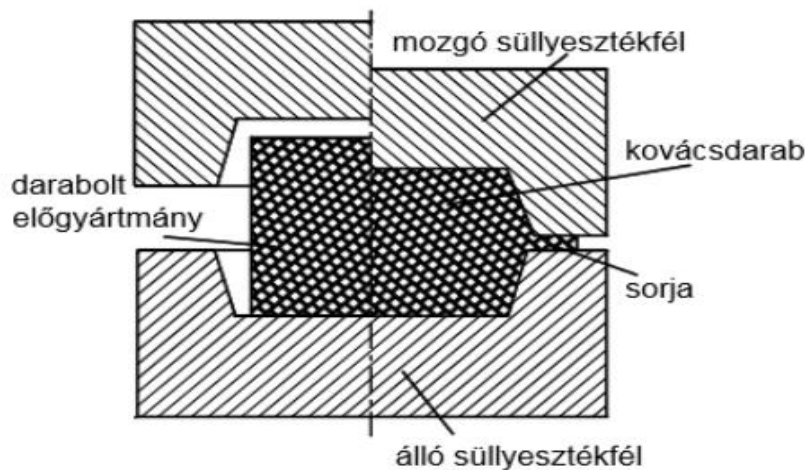
Szabadalakító kovácsolás, ami rugalmasan alkalmazható, kisebb darabszámú vagy egyedi darabszám esetében előnyös, viszont a későbbi megmunkálási költségek magasabbak lehetnek. (Dr. Német, 2012)

Süllyesztékes kovácsolásnál bonyolultabb formák előállítására alkalmas, precízebb eljárás, amely nagyobb darabszám esetén gazdaságosabb, mivel a szerszámkészítési költség nagyobb volumenben eloszlik. (Dr. Német, 2012)

3.2.4. Süllyesztékes kovácsolás

A süllyeszték hasonló funkciót tölt be, mint az öntési formák, vagyis a végleges munkadarab negatív mását alkotja meg. Általában két részből álló fémszerszámként működik, amelybe az alakítandó fémeket nem folyékony állapotban, nagy erejű ütések vagy sajtolás révén préselik bele. Mivel a nyersanyag és a végtermék térfogata nem mindig azonos, a süllyesztéket úgy alakítják ki, hogy a felesleges anyag könnyedén eltávozhasson. Az erőhatások következtében az anyag kitölti a forma teljes belső terét, míg a fölösleg a sorjahídon keresztül a sorjazsebbe kerül. Összetettebb darabok gyártása általában nem egyetlen lépésben, hanem több szakaszban történik. (Rávai & Bende, 2019)

3.2. ábra A szerszám részei



A sorja által meghatározott alakítási folyamat után következnek az utómunkálatok, amelyek során a felesleges anyagrészeket eltávolítják. Ezt a műveletet többnyire vágási eljárásokkal végzik el, például forgattyús vagy excenteres sajtók segítségével. A sorjázás lehet hideg vagy félmelegen végzett művelet is. (Rávai & Bende, 2019)

Sorjamentes sajtolás esetén a pontosság IT12–IT14, míg nagy sebességű alakításkor IT13–IT15 körül mozog. A süllyesztékes kovácsolás gazdaságossága csak meghatározott darabszám felett valósul meg, mivel minden egyes munkadarab előállításához külön szerszám szükséges. A minimálisan gazdaságos gyártási mennyiség meghatározása a szabadon alakítható és a süllyesztékes kovácsolás önköltségszámítása alapján történik. Az eljárás során acélból, rézből, nikkelből, alumíniumból és ezek ötvözeiből készülhetnek munkadarabok, az előírt ráhagyások figyelembevételével. (Dr. Kári-Horváth, Dr. Pálinkás, & Dr. Zsidai, Megmunkálási technológiák, 2012)

A süllyesztékes kovácsolás során különböző pontossági fokozatok érhetők el, például durva fokozatnál IT16, normál fokozatnál IT15, fokozott pontosság esetén IT14, míg különleges pontosságnál IT12–IT13 értékeket lehet elérni. (Dr. Jánossy, Dr. Kári-Horváth, Keresztes, & Szakál, Előgyártmány és képlékeny alakítás tervezési gyakorlat, 2017)

Mivel a süllyesztékes kovácsolásnál mindenféle munkadarabhoz egyedi szerszámra van szükség, ez a módszer csak bizonyos darabszám felett válik gazdaságossá. A legkisebb, még gazdaságosan gyártható sorozatszámot a szabadalakító és a süllyesztékes kovácsolás önköltségszámítása alapján lehet meghatározni. Ezzel az eljárással acélból, rézből, nikkelből, alumíniumból és ezek ötvözeiből készült munkadarabok állíthatók elő. (Dr. Jánossy, Dr. Kári-Horváth, Keresztes, & Szakál, Előgyártmány és képlékeny alakítás tervezési gyakorlat, 2017)

A süllyeszték megfelelő működésének érdekében használat előtt alaposan ki kell tisztítani, például drótkefével, majd vékony olajréteggel kell bevonni, hogy megakadályozzuk az anyag beleragadását. (Dr. Seregi & Kristófi, 2005)

3.2.5. A süllyesztékes kovácsolás technológiája

Darabolás

A kovácsoláshoz előállított rúdanyagot, amelyet általában melegen hengerléssel, kisajtolással vagy bizonyos színesfémek esetében hidegen húzással készítenek, vágással, töréssel vagy forgácsolással méretre daraboljuk. A darabolt előgyártmányok (bugák) térfogatarányosságát a volumetrikus daraboló eljárások biztosítják: egy automata mérleg megméri az egyes darabok tömegét, és szükség esetén módosítja a daraboló gép előtolási, ütköztető beállításait. (Dr. Kári-Horváth, Dr. Pálinkás, & Dr. Zsidai, Megmunkálási technológiák, 2012)

Hevítés

A darabolt előgyártmányok kovácsoláshoz szükséges hőmérsékletre történő hevítését a gyártandó darabszám befolyásolja. A középfrekvenciás (0,75–15 kHz) indukciós melegítés sorozat- és tömeggyártás esetén gazdaságos megoldásnak bizonyul. A gyors, tiszta és jól szabályozható indukciós hevítés miatt ez a módszer vált elterjedtté. Az induktor általában négyzet keresztmetszetű, és belsejében hűtővíz kering, míg a bugák hőmérsékletét pirométerrel mérik. Amikor a tekercs kilépő végén a buga eléri a kívánt hőmérsékletet, a pirométer jelez, és a pneumatikus munkahengerrel működtetett előtoló rendszer egy előre meghatározott hosszúságú lépést hajt végre. A lépések közötti idő intervalluma határozza meg az egész kovácsgépcsoport termelékenységét. (Dr. Kári-Horváth, Dr. Pálincás, & Dr. Zsidai, Megmunkálási technológiák, 2012)

Előalakítás

Ebben a fázisban a viszonylag egyszerű, általában henger- vagy hasáb alakú darabolt előgyártmány alakját úgy módosítjuk, hogy a később késztermék által megkövetelt anyageloszlást elérjük. Például a tárcsaszerű kovácsdarabok előállításakor a szálirányt a forgástengelyre merőleges irányba történő elfordítással, az első vagy első néhány előalakító műveletben zömítéssel, majd anyagelosztó előalakítással igazítjuk a kívánt alakhoz. (Dr. Kári-Horváth, Dr. Pálincás, & Dr. Zsidai, Megmunkálási technológiák, 2012)

Készre alakítás

A készre alakítás során az előalakított üreget megtöltjük a megfelelő előalakkkal. Ennek folyamata függ a mozgó szerszámfél befogadási sebességétől és a lassulás során fellépő tömegeerőktől. A készre alakítás történhet úgy, hogy a sor jelen van vagy nincs, illetve nyitott vagy zárt sorjacsatornás szerszámban valósul meg. A sorja az a folyó anyag, amely a két súllyesztékfél közötti hézagban halad, segítve az előgyártmány térfogati egyenetlenségeinek kiegyenlítését, míg az előalakító üregekben általában nem jellemző a sor jelenléte. (Dr. Kári-Horváth, Dr. Pálincás, & Dr. Zsidai, Megmunkálási technológiák, 2012)

Sorjázás

A kész üregből kiváló munkadarabról le kell választani a folyó anyagból keletkezett sorját. A sorjázást általában egy külön gépen, például forgattyús vagy excentersajton végzik, speciális sorjázó szerszám alkalmazásával. Ez a művelet történhet hideg vagy félmeleg alakítási hőmérsékleten is. (Dr. Kári-Horváth, Dr. Pálincás, & Dr. Zsidai, Megmunkálási technológiák, 2012)

Kalibrálás

A sorjázás során a munkadarabra ható erők miatt az alkatrész elgörbülhet vagy megcsavarodhat, ami alakhibához vezethet. A kalibrálás célja ezen deformációk korrigálása. A legegyszerűbb eljárás, ha a lesorjázott munkadarabot visszahelyezik a készüregbe, majd egy ütés hatására újraformázzák. Mivel a munkadarab hőmérséklete ekkor néhány száz fokkal alacsonyabb, mint a kész üregben mért sajtolási hőmérséklet, gyakran külön kalibráló szerszámot alkalmaznak, amely erre a hőmérsékleti tartományra van tervezve. (Dr. Kári-Horváth, Dr. Pálincás, & Dr. Zsidai, Megmunkálási technológiák, 2012)

Hőkezelés

A süllyesztékes kovácsüzemek mellé gyakran telepítenek mozgó fenekű vagy áttoló rendszerű alagútkemencéket, programozható hőzónákkal. Az edző (normalizáló) és a megeresztő kemencék közé elhelyezett hűtőrendszer, amely levegővel, olajjal vagy vízzel működhet és a hőkezelés során kilépő anyagot hűti le, míg a kemencéket általában gázzal fűtik. (Dr. Kári-Horváth, Dr. Pálincás, & Dr. Zsidai, Megmunkálási technológiák, 2012)

Revétlenítés

A kovácsolás és a hőkezelés során az anyag felülete oxidálódik, azaz revésedik. A revét eltávolításához a kovácsdarab felületét kénsavas vagy sósavas pácolással, illetve mechanikai eljárással kell megtisztítani. Környezetvédelmi szempontból a mechanikai revétlenítés, például homok- vagy sörétfúvatás előnyösebb, bár a homokfúvatás egyszerűbb, olcsóbb és esztétikusabb felületet eredményez, de fenyegeti a munkavállalók egészségét a szilikózis kockázata miatt. (Dr. Kári-Horváth, Dr. Pálincás, & Dr. Zsidai, Megmunkálási technológiák, 2012)

Minőségvizsgálat

A süllyesztékben kovácsolt munkadarabok esetében a geometriai jellemzők mellett számos minőségi paramétert ellenőrizni kell, hiszen ezek az alkatrészek gyakran gépelemként működnek, és rendkívüli igénybevételnek vannak kitéve. Emiatt semmiféle folytonossági hiány vagy felületi repedés nem megengedhető. Ennek biztosítása érdekében minden kovácsdarabot mágneses repedésvizsgálatnak, esetleg ultrahangos ellenőrzésnek vetnek alá, valamint a mechanikai tulajdonságokat keménységméréssel ellenőrzik. (Dr. Kári-Horváth, Dr. Pálincás, & Dr. Zsidai, Megmunkálási technológiák, 2012)

3.3. Hűtő-kenő folyadékok

3.3.1. *Hűtő-kenő anyagok kiválasztása*

A hűtő-kenő anyagok az ipari kenőanyagok egy speciális csoportját alkotják, melyek megfelelő kiválasztása és alkalmazása alapvető hatással van a gép- és alkatrészgyártás gazdaságosságára, a kész termékek minőségére és a munkahelyi egészségvédelemre. Emellett az elhasználódott hűtő-kenő anyagok összetétele, illetve az azok megfelelő megsemmisítésének nehézsége környezeti szempontból is jelentős következményekkel jár. (Dr. Zsidai, Kakuk, Kári-Horváth, & Szakál, 2018)

A hűtő-kenő folyadékok speciális segédanyagok, amelyeket elsősorban fémmegmunkálás során alkalmaznak. Segédanyagként való besorolásuk abból ered, hogy közvetett módon vesznek részt a megmunkálási folyamatban, vagyis a végtermékben nem maradnak jelen. (Dr. Kári-Horváth & Szilágyi, Mezőgazdasági Technika, 2023)

A követelményeknek megfelelően ezek az anyagok folyékony, félszilárd vagy szilárd halmazállapotban is előfordulhatnak, bár a gyakorlatban leggyakrabban folyékony formában használják őket. (Dr. Zsidai, Kakuk, Kári-Horváth, & Szakál, 2018)

Kenőanyag hiányában az alakításhoz és a súrlódásból adódóan fellépő erő növekszik, ami a megmunkálórendszer labilitását eredményezi, fokozott rezgést, alakváltozást, megnövekedett gép zajt és a felületminőség romlását okoz. (Nachtman S. & Kalpakjian, 1985)

3.3.2. *A Hűtő-Kenő Anyagok Osztályozása*

A hűtő-kenő folyadék három alapvető funkciót lát el. Elsődleges feladata a megmunkálás és a súrlódás következtében keletkező hő elvezetése, vagyis a hűtés. Emellett kenőhatást biztosít, amely csökkenti a kopást az érintkező felületek között, például a szerszám és a forgács, valamint a szerszám és a munkadarab között. Továbbá elősegíti a forgács eltávolítását, így tisztító hatással is rendelkezik. (Valasek & Kári-Horváth, 2011)

Az adott anyagok különböző mértékben elégítik ki ezeket a követelményeket, ezért az optimális teljesítmény érdekében gyakran adalékanyagokat kell alkalmazni. A legfontosabb adalékanyagok közé tartoznak: emulgeátorok, kenőképességet javító anyagok, EP-adalékok, baktericid (baktériumölő) összetevők, korróziógátlók, és fungicid (gombaölő) adalékok. (Dr. Zsidai, Kakuk, Kári-Horváth, & Szakál, 2018)

3.3.3. *A hűtő-kenő anyagok kiválasztásának irányelvei*

A hűtő-kenő folyadékok alkalmazásának célja az optimális megmunkálási feltételek biztosítása, valamint a rendelkezésre álló tartalékok maximális kihasználása. A megfelelő választás nagymértékben javíthatja a gyártási folyamat és a késztermék gazdaságosságát. (Dr. Zsidai, Kakuk, Kári-Horváth, & Szakál, 2018)

A forgácsolási folyamatokban alkalmazott hűtő-kenő folyadékoknak meg kell felelniük bizonyos alapvető elvárásoknak. Ide tartozik a hatékony hővezetés, a megfelelő kenési tulajdonság, a munkadarab és a szerszám korrózióvédelme, a habzás minimalizálása, valamint a tárolás és használat során biztosított stabilitás. (Kári-Horváth & Pataki, 2020)

3.4. SolidWorks bemutatás

3.4.1. Számítógépes segítésű gyártmánytervezés és gyártás (CAD/CAM)

Napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő területe a számítástechnika, amely új eljárások létrejöttét, a meglévők megújulását, illetve a feladatmegoldás hatékonyságának növelését eredményezi. Ez a tendencia megfigyelhető a készüléktervezésben is, amely számos különböző témakört ölel fel. (Dr. Molnár & Dr. Szabó, 1995)

A számítástechnika integrálva van a vállalati termelési információs rendszerbe, így támogatja a fejlesztést, konstrukciót, gyártás-előkészítést, gyártástervezést, termelésirányítást és a minőség-ellenőrzést. A számítógépes tervezési rendszerek (CAD) lehetővé teszik a termék szerkesztését és mozgásszimulációját, ahol szükség esetén a képernyőn perspektivikus vagy árnyékolt képek is megjeleníthetők. Ezzel párhuzamosan a számítógépes gyártás (CAM) magában foglalja a gyártási folyamatok megtervezését, a művelettervezést, az NC gépek és robotok programozását, valamint a gyártási folyamatok ellenőrzését. Emellett a számítógépes termelési tervezés (CAP) támogatja a párbeszédese termelési terv- és programkészítést, a raktárgazdálkodást és az ajánlatkészítést. (Dr. Fledrich, Dr. Kári-Horváth, Dr. Kakukk, & Dr. Zsidai, 2016)

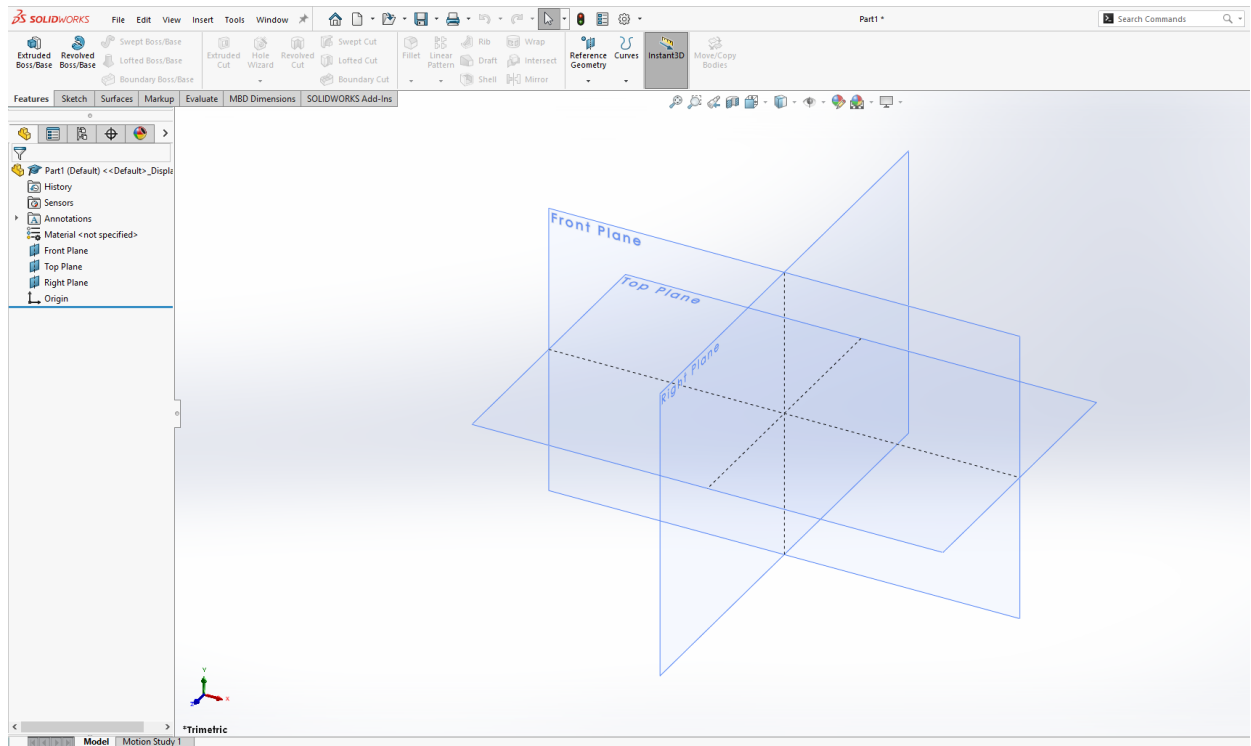
3.4.2. 3D-s modellező programok

A 3D-s tervezés során az alkatrészeket és szerelési egységeket egy háromdimenziós térben, az úgynevezett modell térben határozzuk meg. Az itt létrehozott digitális modell a valós alkatrészeiről különböző mennyiségű információt tartalmazhat, attól függően, hogy milyen részletességgel készült el. (Sági & Mátyási, 2012)

3.4.3. SOLIDWORKS

A SolidWorks egy széles körben használt, professzionális CAD/CAM szoftver, amely számos iparágban, különösen a gépgyártás, az autóipar, az űripar és az építőipar területén szolgálja a tervezési és szimulációs feladatokat. A szoftver használata kapcsán több előny és hátrány is megfigyelhető, melyek alábbiakban kerülnek ismertetésre.

3.3. ábra A SolidWorks kezdőfelülete



3.5. ANSYS bemutatás

A végeelem-módszer egy numerikus eljárás, amely lehetővé teszi a fizikai problémákhoz társított matematikai modellek vizsgálatát és megoldását. E technika során a megoldásfüggvény értékeit a vizsgált tartomány előre meghatározott pontjain számítjuk ki. (Dr. Fodor, Dr. Orbán, & Dr. Sajtos, 2005)

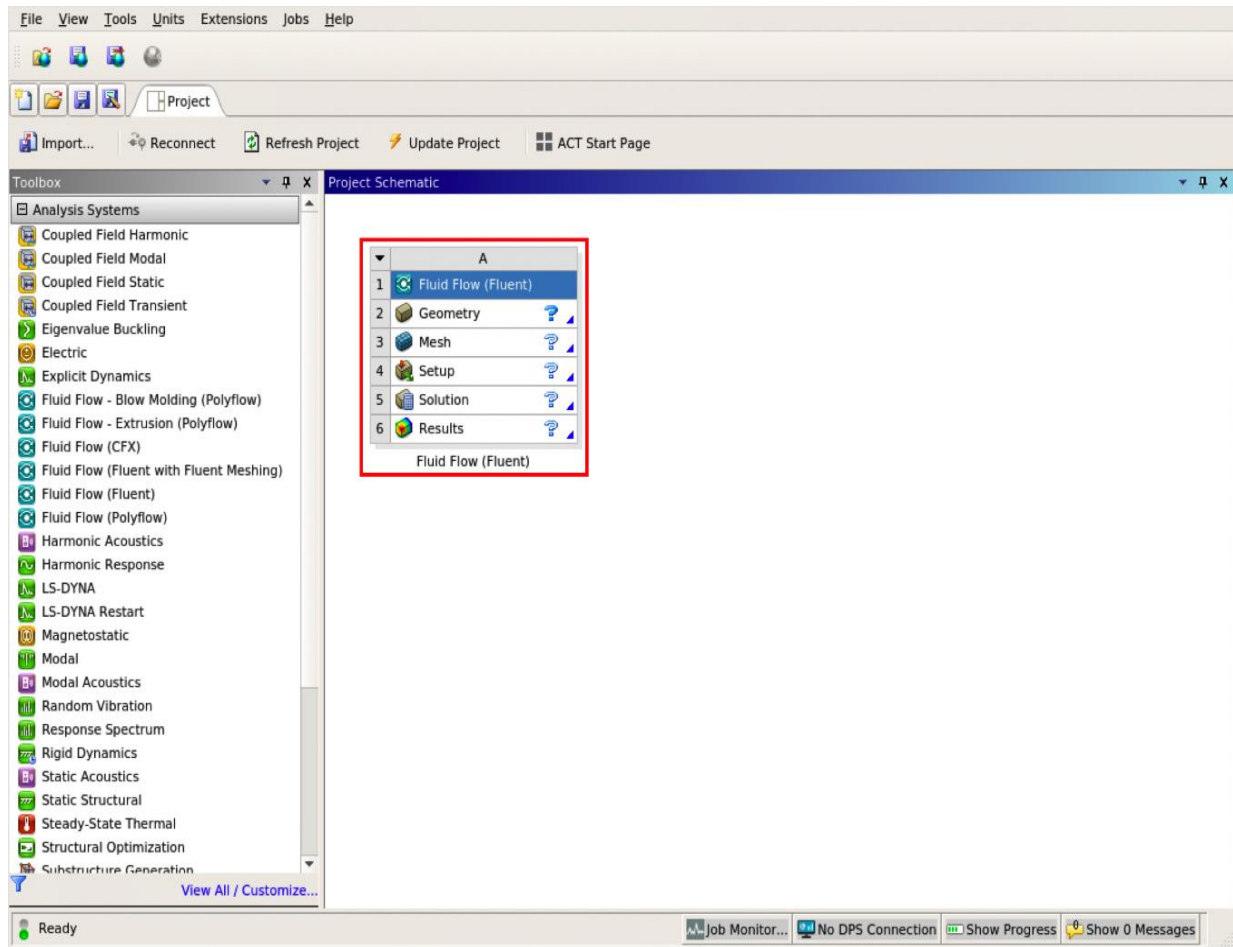
A végeelem-módszer egyik fő előnye, hogy bármilyen alakú szerkezet esetén alkalmazható, függetlenül a megtámasztás módjától vagy a rá ható terheléstől, olyan lehetőségeket kínál, amelyeket az analitikus módszerek korábban nem tudtak biztosítani. (Dr. Fodor, Dr. Orbán, & Dr. Sajtos, 2005)

3.5.1. ANSYS Műszaki szimulációs szoftver:

Az ANSYS egy elemző szoftver, amely segít a felhasználóknak megérteni, hogyan fog viselkedni a termékük valós körülmények között. Mérnöki szimulációs szoftverként és végeselemes analízis (VEM) eszközként is ismert. A mechanikai termékek és építészeti szerkezetek tervezésével kapcsolatos problémák széles körét vizsgálja numerikus módszerek alkalmazásával. A modellek tesztelhetők többek között szilárdság, rugalmasság, ellenállóképesség, terheléseloszlás és hőmérséklet szempontjából. (Gaurav, 2021)

Az Ansys lehetőséget ad a mérnököknek arra, hogy szabadabban és kísérletezőbb módon alkossanak. Használata csökkenti a tervezés és gyártás közbeni kockázatokat, miközben idő- és költséghatékony megoldásokat biztosít. A szoftver emellett adatkezelési és biztonsági mentési funkciókkal is rendelkezik, valamint oktatási és kutatási célokra egyaránt alkalmazható. (Gaurav, 2021)

3.4. ábra az ANSYS kezdőfelülete



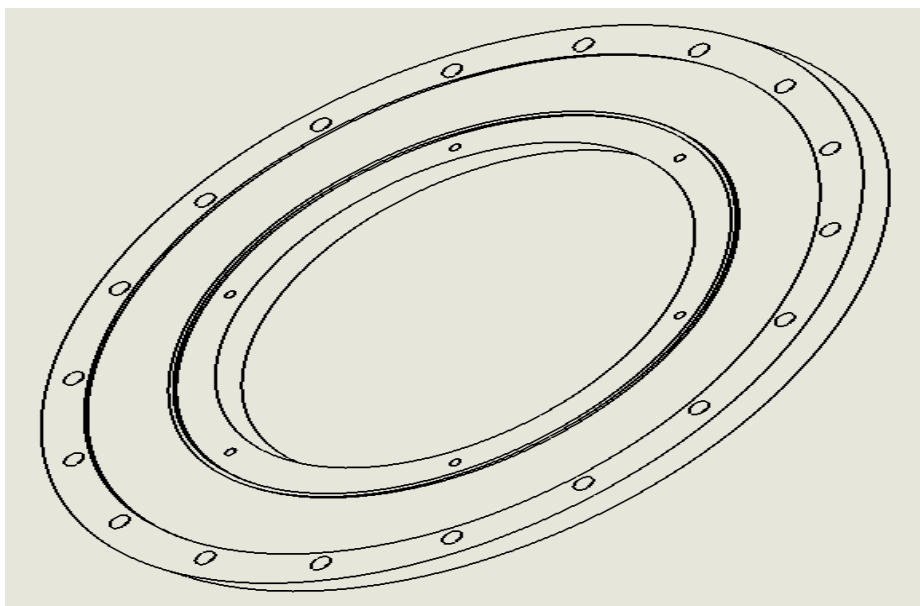
4. Probléma bemutatása

A plazma csővágó gép egy speciális vágóberendezés, amely plazmaáramot használ különböző formájú csövek és gerendák, például négyzetes és kerek csövek, valamint I, H és C gerendák – precíziós vágásához. A CNC vezérlő felelős a plazmavágó pisztoly mozgásának, illetve a munkadarabok forgásának irányításáért. Az alábbiakban szemléltetem a gépet és annak záró fedelét.

4.1. ábra CNC csővágó gép



4.2. ábra Zárófedél



A fedél műszaki rajzát a mellékletekben lehet megtekinteni.

Ez az 5 tengelyes CNC rendszer szervó meghajtással és lineáris vezetőkkal van felszerelve, amelyek biztosítják a pontos mozgásvezérlést. Emellett a berendezés automatikus magasságszabályozással és ütközésvédelemmel is rendelkezik.

A plazma csővágók típusát elsősorban a megmunkálható csövek hossza, a forgatható és vágható csövek mérete, valamint a kerek vagy négyzetes csövek átmérője határozza meg. A teljes rendszer négy fő részből áll: egy konzolos pisztolytartóból, egy csőforgató és adagoló keretből, egy CNC vezérlőegységből, valamint egy plazma tápegységből géppisztollyal.

A gép hibáit általában a nem megfelelő üzembe helyezés vagy helytelen üzemeltetés okozhatja. Ezek nagyrésze a plazmavágó gép korai szakaszaiban lépnek fel. Egyes hibák viszont nem is generálnak riasztási információkat, de az adott műveletet már nem lehet befejezni. Hajlamos hibára a szervóegysége ami annak szervómotorjával a tengelyeket hajtja meg. Általában a meghibásodásra hajlamos a forgó jeladó és a szerver egység meghajtó modulja. Emellett az áramellátása rendszerzavart is okozhat.

A plazmavágó gép problémái közé sorolható, hogy az üzemeltetése során használt gázt nagyon magas hőmérsékletre hevítenek és ionizálnak. Az íverőt átadja a munkadarabnak, a magas hőmérséklet pedig megolvasztja a munkadarabot és lefűjja azt. Derékszögű szakasz esetén a gép nem használható. A vágási pontossága alacsony, mindössze 1 milliméteres. A gép fogyóeszköz költsége nagyon magas. A vágópisztolyt (fúvóka, örvénygyűrű, elektróda stb.) néhány óránként cserélni kell, emellett a plazmavágó gép nagyon sok energiát fogyaszt. További problémái: a plazmavágás káros gázt és ívet termel, a vágási folyamatok során sok salak keletkezik, nagy hőhatású zónával és széles vágási varrással rendelkezik.

A céghez érkezett egy nagyobb megrendelés egy külföldi cégtől, amelyben háromszáz darab alkatrészt rendeltek a fent ismertetett csővágó géphez. A probléma a kivitelezéshez szükséges tervezési dokumentációk hiánya. Az ehhez szükséges dokumentumokat a következő fejezetben fejtem ki.

5. Tervezés

5.1. Konceptió kiválasztása

A rúdanyagokat elsősorban egyedi és kissorozatú gyártás során alkalmazzák előgyártmányként, illetve sorozatgyártásban olyan alkatrészek esetén, amelyek kevés forgácsleválasztással készülnek el (például tengelyek, tárcsák), továbbá előnyös választás lehet, ha a munkadarab adagolása és befogása egyszerűbben megoldható rúdanyag esetén.

Az öntött előgyártmányt elsősorban nagy mennyiségben gyártott, összetett geometriai kialakítású alkatrészek esetén használják.

A kovácsolt előgyártmány alkalmazásának két fő oka lehet: egyrészt, ha meghatározott mechanikai tulajdonságok elérése szükséges, másrészt, ha az alkatrész gyártási mennyisége olyan nagy, hogy a kovácsolási eljárás gazdaságosabb megoldást kínál a rúdanyaggal szemben. A kovácsolásnak két alapvető típusa van: a szabadkovácsolás és a süllyesztékes kovácsolás. A szabadkovácsolás esetében a méretpontosság korlátozottabb, mivel az elkészült darab formáját nagyrészt a munkás szakértelme határozza meg. Ezzel szemben a süllyesztékes kovácsolás nagyobb méretpontosságot kínál, azonban a süllyeszték elkészítése jelentős költséggel jár, emiatt ez az eljárás elsősorban nagyobb mennyiségű gyártás esetén gazdaságos.

A nagyszámú rendelésnek hála egy egyedi süllyesztékes kovácsoló szerszámot célszerű tervezni. Ennek oka, hogy nem kissorozatgyártásról beszélünk és nem bonyolult az alkatrészünk, így a rúdanyag és az öntés kiesnek.

A kereskedésekben kapható Ø 100-as rúdanyagból forgácsolás útján nem tudjuk legyártani az Ø 840 milliméteres átmérővel rendelkező fedelet, az anyagminőséget (S235JRG2) pedig öntéssel nem tudjuk elérni. Az előbbiekre való tekintettel és a nagy darabszámnak köszönhetően a süllyesztékes kovácsolással való gyártás a leg gazdaságosabb.

5.2. Süllyesztékes kovácsoló szerszám technológiai számításai

Gépész darab

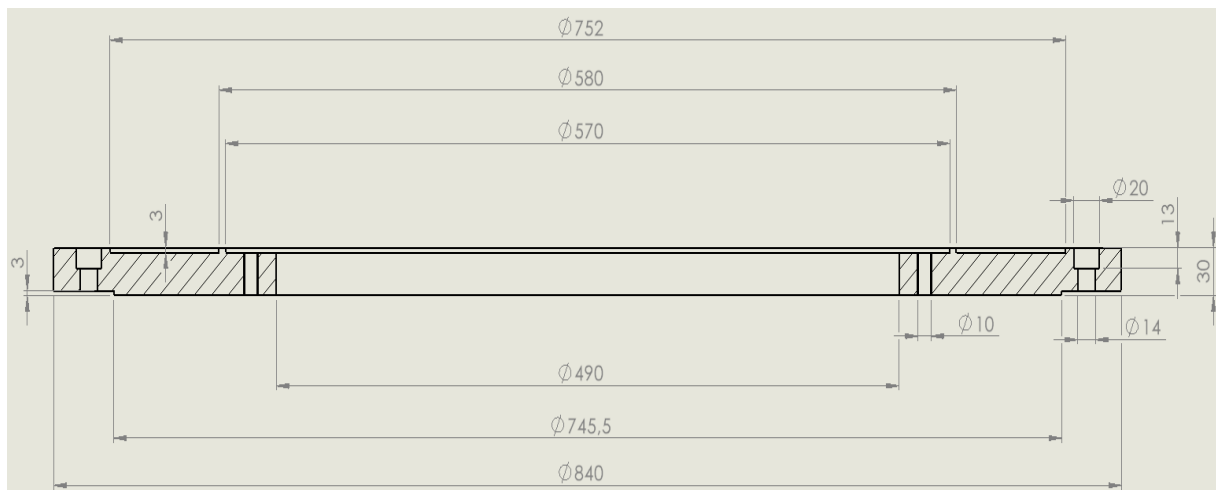
Lemodelleztem a kész zárófedelelet SolidWorks 2024-ben, beállítottam a S235JRG2 -es anyagminőséget és ennek segítségével meghatároztam a gépész darab tömegét és térfogatát, majd kiszámoltam annak sűrűségét.

$$m_{\text{gépész}} = 76,053 \text{ kg}$$

$$V_{\text{gépész}} = 9,75 \text{ dm}^3$$

$$\rho = \frac{76,053}{9,75} = 7,8 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

5.1. ábra Gépész darab rajza



A gépész darab műszaki rajza az 1 számú mellékletben tekinthető meg.

A kovácsdarab geometriájának kialakítása

A kovácsolt alkatrész kialakításához először meg kell határozni azokat a részeket, amelyeket a kovácsolási eljárás nem tesz lehetővé. Az esetünkben az átmenő és süllyesztett furatokat nem alakíthatók kovácsolással. Ezeknél az eseteknél az osztósíktól párhuzamosan eltolt anyagréteget kell hagyni.

Kovácsdarab besorolásai

Az alábbi ábra alapján az anyagunk széntartalma $C < 0,85 \%$ ezért korlátlanul kovácsolható.

5.2. ábra S235JR vegyi összetétele

Alapértelmezett	EN 10025-2: 2004	
Anyag	S235JR 1,0038	
C	≤40mm	≤0.17
	> 40mm	≤0.20
Mn	≤1.40	
P	≤0.035	
S	≤0.035	
N	≤0.012	
Cu	≤0.55	

A kovácsdarab minősége F minőségű, azaz általános gyártási módszerekkel előállítható.

A darab bonyolultsági foka

$$S = \frac{m_D}{m_B} = \frac{76,053}{129,677} = 0,587 \frac{kg}{dm^3}$$

Ahol:

m_D – kovácsdarab tömege

m_B – a kovácsdarab befoglaló mérete

5.3 ábra S bonyolultsági csoportok

S1 csoport: $0,63 < S \leq 1$

S2 csoport: $0,32 < S \leq 0,63$

S3 csoport: $0,16 < S \leq 0,32$

S4 csoport: $0 < S \leq 0,16$

Az 5.3-as ábra alapján a kovácsdarabunk az S2 csoportba sorolható.

Anyagminőségi tényezők

Az anyagunk széntartalma az 5.2-es ábra alapján $C < 0,65 \%$ és az ötvözőinek összege nem haladja meg az 5 %-ot, ezért az M1-es csoportba sorolható.

Egyéb fokozatokat mint a pontossági vagy az egyenességi mindig általában a rendelő fél határozza meg. Jelen esetben a fokozatok az alábbiak szerint vettem fel.

Pontossági fokozat: II. – nomál

Egyenességi fokozat: II.

A megengedhető süllyeszték-elcsúszás

A süllyeszték-elcsúszás olyan hiba, amely a süllyesztékfelek pontatlan beállításából vagy hibás vezetéséből ered. Mértéke nem lépheti túl az 5.1.-es táblázatban meghatározott határértékeket. A megengedett süllyeszték-elcsúszás értékét (c) szükség esetén figyelembe kell venni a forgácsolási ráhagyás meghatározásakor.

5.1. táblázat A sorjaszegély megengedett értéke az MSZ 5745 szerint

Pontossági fokozat	A kovácsdarab tömege, kg											
	-től	0	0,2	0,4	1,0	1,8	3,2	5,6	10	20	50	120
	-ig	0,2	0,4	1,0	1,8	3,2	5,6	10	20	50	120	250
Süllyeszték-elcsúszás, c*, legfeljebb												
I.		0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
II.		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0

A fenti táblázat, a kovácsdarab tömege és a pontossági fokozatunk alapján a (c) süllyeszték-elcsúszás értékünk $c = 1,7 \text{ mm}$

Az egyenessége (görbeség) tűrése

Az 5.2-es táblázatban látható értékek $D/H < 5$ alaktényezővel rendelkező kovácsdarabokra vonatkoznak. Amennyiben $D/H > 10$ akkor a tűrés a táblázat értékének 1,5-szöröse lesz.

5.2. táblázat Az egyenességtűrés értékei az MSZ 5745 szerint

Egyenességi fokozat	A kovácsdarab hossza															
	-től	0	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
	-ig	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Egyenességtűrés, g***																
I.		0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
II.		0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,2
III.		0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,2	3,4	3,6

A táblázat, az egyenességi fokozatunk és a D/H arány alapján a (g) egyenességtűrésünk értéke $g = 3 \text{ mm}$

Az egyoldalra jutó határeltérések

Az egyes határeltéréseket külön szükséges meghatározni attól függően, hogy az adott méret az üregalakhoz kapcsolódik-e vagy sem. Az üregalakhoz tartozó méretek közé az átmérő méretek sorolhatók, míg az üregalakhoz nem kötött méretek a magassági méreteket foglalják magukba.

5.3. táblázat Üregalakhoz kötött méretek az MSZ 5745 szerint

Kivétel: Hézag kg	Mű- seg- csopt. M	Bonyolultság csoport S	Feszesség faktort	A táblázat méretei mérete													
				100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Az egy oldalra jutó alsó határeltérés, T/6																	
0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630
800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150
4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Az 5.3-as táblázat alapján az egy oldalra jutó alsó határeltérése üregalakhoz kötött esetben $T/6 = 1 \text{ mm}$

5.4. táblázat Üregalakhoz nem kötött méretek az MSZ 5745 szerint

Tömeg kg	Minőségi csoport <i>M</i>	Borgolási csoport <i>S</i>						Pontosság fokozat		A kész alkatrész névleges mérete						
		-tól -ig	0 16	16 40	40 63	63 100	100 160	160 250	250							
-tól -ig	M1	M2	S1	S2	S3	S4	I	II	Az egy oldalra jutó alsó határeltérés, <i>T/6</i>							
0 0,2									0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	
0,2 0,4									0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
0,4 1,2									0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	
1,2 2,5									0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	
2,5 5									0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	
5 8									0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	
8 12									0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	
12 20									0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	
20 36									0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	
36 63									0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	
63 110									0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	
110 200									0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	
200 250									0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	
									0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	
									0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
									0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	
									0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	
									0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	
									0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	
									0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	
									1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	
									1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0	

Az 5.4-as táblázat alapján az egy oldalra jutó alsó határeltérése üregalakhoz nem kötött esetben $T/6 = 0,6 \text{ mm}$

Az egyoldali forgácsolási ráhagyások

Az üregalakhoz kötött méretekhez tartozó egyoldali forgácsolási hozzáadások értéke

$$H_f = A \cdot \left(\frac{T}{6} + c \right) = 1 \cdot (1 \text{ mm} + 1,7) = 2,7 \text{ mm}$$

Az üregalakhoz nem kötött méretekhez tartozó egyoldali forgácsolási hozzáadások értéke:

$$H_f = A \cdot \left(\frac{T}{6} + g \right) = 1 \cdot (0,6 \text{ mm} + 3) = 3,6 \text{ mm}$$

Az oldalferdeségek és lekerekítési sugarak meghatározása

Az oldalferdeségek és a maximális lekerekítési sugarak meghatározhatók az MSZ 5745 szerint, ezek az alábbi 5.5 -ös és az 5.6 -os. táblázatokon láthatók.

5.5. táblázat Oldalferdeségek az MSZ 5745 szerint

Kalapácson vagy sajton	Külső felületre α	Belső felületre β
Kilökő nélkül	5-10°	7-12°
Kilökővel	1-3°	1-4°

A fenti táblázatból választott oldalferdeségi értékek, kilökő nélkül a következők:

A külső oldalferdeségi szög értéke: $\alpha = 8^\circ$

A belső oldalferdeségi szög értéke: $\beta = 10^\circ$

5.6. táblázat Lekerekítési sugarak az MSZ 5745 szerint

A kovácsdarab magassága		A kovácsdarab hossza vagy átmérője					
-tól	-ig	100		100 400		400	
		R_k	R_b	R_k	R_b	R_k	R_b
0	25	2	4	3	5	4	6
25	40	2	5	3	6	4	8
40	63	3	6	4	8	5	10
63	100	3	8	4	10	6	16
100	160	4	10	5	16	7	25
160	250	5	16	6	25	8	40
250	400	5	25	7	40	10	63

Ahogy az 5.6.-os táblázatból kiolvasható a kovácsdarabon lévő sugarak a következők:

A külső lekerekítési sugarak maximális értéke: $R_k = 5 \text{ mm}$

A belső lekerekítési sugarak maximális értéke: $R_b = 10 \text{ mm}$

A lyukasztási hártya meghatározása

MI-05 29.584-82 szerint a lyukasztási hártya kiszámolásához használt összefüggés a következő.

$$S = 0,45 \cdot (d - 0,25 \cdot h - 5)^{0,5} + 0,6 \cdot h^{0,5}$$

ahol:

d – a lyukasztási hárttyát tartalmazó üreg legnagyobb átmérője

h – a lyukasztási hárttyát tartalmazó üreg mélysége

$$S = 0,45 \cdot (490 - 0,25 \cdot 30 - 5)^{0,5} + 0,6 \cdot 30^{0,5} = 13,1196 \approx 13,12 \text{ mm}$$

A maximálisan kovácsolható üregmélység

A maximálisan kovácsolható üregmélység az alábbi képlet szerint számítható

$$0,7 \geq \frac{h}{d} = \frac{h - \frac{S}{2}}{d} = \frac{30 - \frac{13,12}{2}}{490} = 0,0478 \rightarrow \text{megfeleő}$$

Az üregealakok mérettűrései

5.6. táblázat Üregealakokhoz kötött méretek tűrésnagysága és határeltérései az MSZ 5745 szerint

Tömeg kg	Minő- ségi csoport M	Bonyolultsági csoport S	Pontossági fokozat	Névtleges méret									
				-tól -ig	0 32	32 100	100 160	160 250	250 400	400 630	630 1000	1000 1600	1600 2500
				Tűrésnagyság és határeltérések									
-tól -ig	M1	M2	S1	S2	S3	S4	I	II					
0 0,2									0,6 +0,7 -0,4	0,7 +0,8 -0,4	0,8 +0,9 -0,5	0,9 +1,1 -0,3	—
0,2 0,4									0,7 +0,8 -0,4	0,8 +0,9 -0,5	0,9 +1,1 -0,3	1,0 +0,7 -0,3	1,1 +0,7 -0,4
0,4 1									0,8 +0,9 -0,5	0,9 +1,1 -0,3	1,0 +0,7 -0,3	1,1 +0,7 -0,4	1,2 +0,8 -0,4
1 1,8									0,9 +1,1 -0,5	1,0 +0,7 -0,3	1,1 +0,7 -0,4	1,2 +0,8 -0,4	1,4 +0,9 -0,5
1,8 3,2									1,0 +0,7 -0,3	1,1 +0,7 -0,4	1,2 +0,8 -0,4	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5
3,2 5,6									1,1 +0,7 -0,4	1,2 +0,8 -0,4	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	1,8 +1,2 -0,6
5,6 10									1,2 +0,8 -0,4	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	1,8 +1,2 -0,6	2 +1,3 -0,7
10 20									1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	1,8 +1,2 -0,6	2 +1,3 -0,7	2,2 +1,5 -0,8
20 50									1,6 +1,1 -0,5	1,8 +1,2 -0,6	2 +1,3 -0,7	2,2 +1,5 -0,8	2,5 +1,7 -0,9
50 120									1,8 +1,2 -0,6	2 +1,3 -0,7	2,2 +1,5 -0,8	2,5 +1,7 -0,9	2,8 +1,9 -1,1
120 250									2 +1,3 -0,7	2,2 +1,5 -0,8	2,5 +1,7 -0,9	2,8 +1,9 -1,1	3,2 +2,1 -1,2
									2,2 +1,5 -0,8	2,5 +1,7 -0,9	2,8 +1,9 -1,1	3,2 +2,1 -1,2	3,6 +2,4 -1,3
									2,5 +1,7 -0,9	2,8 +1,9 -1,1	3,2 +2,1 -1,2	3,6 +2,4 -1,3	4 +2,7 -1,4
									2,8 +1,9 -1,1	3,2 +2,1 -1,2	3,6 +2,4 -1,3	4 +2,7 -1,4	4,5 +3,0 -1,5
									3,2 +2,1 -1,2	3,6 +2,4 -1,3	4 +2,7 -1,4	4,5 +3,0 -1,5	5 +3,3 -1,7
									3,6 +2,4 -1,3	4 +2,7 -1,4	4,5 +3,0 -1,5	5 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9
									4 +2,7 -1,4	4,5 +3,0 -1,5	5 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1
									4,5 +3,0 -1,5	5 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7 +4,7 -2,3
									5 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7 +4,7 -2,3	8 +5,3 -2,5
									5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7 +4,7 -2,3	8 +5,3 -2,5	9 +6 -2,7
									6,3 +4,2 -2,1	7 +4,7 -2,3	8 +5,3 -2,5	9 +6 -2,7	10 +6,7 -3
									7 +4,7 -2,3	8 +5,3 -2,5	9 +6 -2,7	10 +6,7 -3	11 +7,3 -3,3
									8 +5,3 -2,5	9 +6 -2,7	10 +6,7 -3	11 +7,3 -3,3	12 +8 -3,7
									9 +6 -2,7	10 +6,7 -3	11 +7,3 -3,3	12 +8 -3,7	14 +9,3 -4,7

Az 5.6.-os és az 5.7.-es táblázatban végigvezetett minőségi- és bonyolultsági csoport, valamint a pontossági fokozat alapján megállapítható, hogy a kovácsdarabunk tűrésnagysága és határeltérési mérete a következők:

Az üregalakhoz kötött méretek tűrése: $T_{ük} = 5,6 \text{ mm} \begin{smallmatrix} +3,7 \\ -1,9 \end{smallmatrix}$

5.7. táblázat Üregalakhoz nem kötött méretek tűrésnagysága és határeltérései az MSZ 5745 szerint

Tömeg kg	Minő- ség csopt. M	Bonyolultsági csoport S				Pontossági fokozat		Névtelen méret																
								-tól -ig	0 16	16 40	40 63	63 100	100 160	160 250	250									
-tól	-ig	M1	M2	S1	S2	S3	S4	I	II	Tűrésnagyság és határeltérések														
0	0,2										0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,7 -0,4	0,7	+0,8 -0,4	0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,4
0,2	0,4										0,6	+0,7 -0,4	0,7	+0,8 -0,4	0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4
0,4	1,2										0,7	+0,8 -0,4	0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5
1,2	2,5										0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5
2,5	5										0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6
5	8										1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,7
8	12										1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,7
12	20										1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,7	2,5	+1,7 -0,8
20	36										1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,7	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9
36	63										1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,7	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1
63	110										1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,7	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
110	200										2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,7	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3
200	250										2,2	+1,5 -0,7	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
											2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5	+3,3 -1,7
											2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
											3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,0 -2,1
											3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,0 -2,1	7	+4,3 -2,3
											4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,0 -2,1	7	+4,3 -2,3	8	+4,6 -2,5
											4,5	+3,0 -1,5	5	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,0 -2,1	7	+4,3 -2,3	8	+4,6 -2,5	9	+4,9 -2,7
											5	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,0 -2,1	7	+4,3 -2,3	8	+4,6 -2,5	9	+4,9 -2,7	10	+5,2 -3,0
											5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,0 -2,1	7	+4,3 -2,3	8	+4,6 -2,5	9	+4,9 -2,7	10	+5,2 -3,0	11	+5,5 -3,3
											6,3	+4,0 -2,1	7	+4,3 -2,3	8	+4,6 -2,5	9	+4,9 -2,7	10	+5,2 -3,0	11	+5,5 -3,3	12	+5,8 -3,6

Az üregalakhoz nem kötött méretek tűrése: $T_{ünk} = 5,6 \text{ mm} \begin{smallmatrix} +3,7 \\ -1,9 \end{smallmatrix}$

Mivel esetemben azonos tűrés értéket kaptam ezért a továbbiakban nem különítem el őket és T-vel fogok jelölni.

5.8. táblázat A lekerekítési sugarak határeltérései

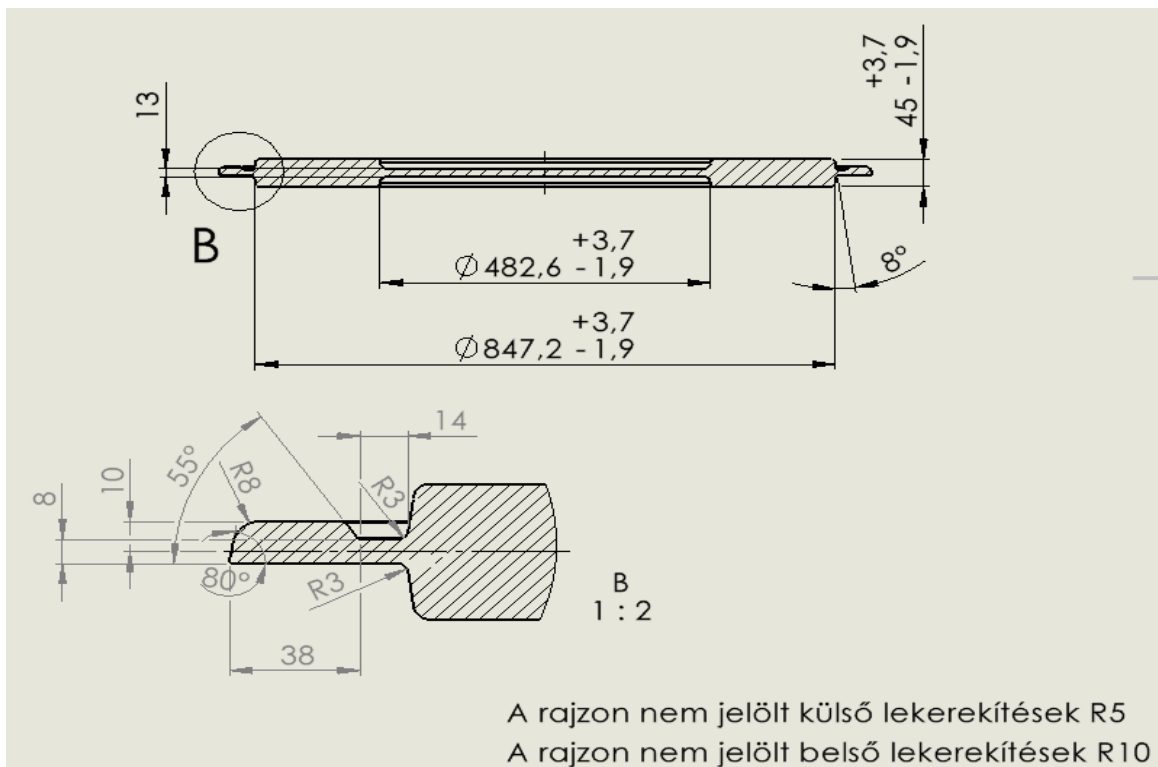
Lekerekítési sugár, R	Határeltérések
10-ig	$+0,5 \cdot R$ $-0,25 \cdot R$
10-től 32-ig	$+0,4 \cdot R$ $-0,2 \cdot R$
32 felett	$+0,32 \cdot R$ $-0,15 \cdot R$

Az 5.8.-as táblázat alapján a lekerekítési sugarak tűrése:

$$T_R = \begin{matrix} +0,5 \cdot R \\ -0,25 \cdot R \end{matrix}$$

A kovácsdarab geometriája

5.2. ábra A kész kovácsdarab



A kovácsdarab teljes műszaki rajza az 2. számú mellékletben megtekinthető.

A sorjacsatorna kiválasztása

A következő összefüggés segítségével meghatározom a sorjacsatorna típusát.

$$h_s = 1,13 + 0,89 \cdot \sqrt{m_{kd}} - 0,017 \cdot m_{kd}$$

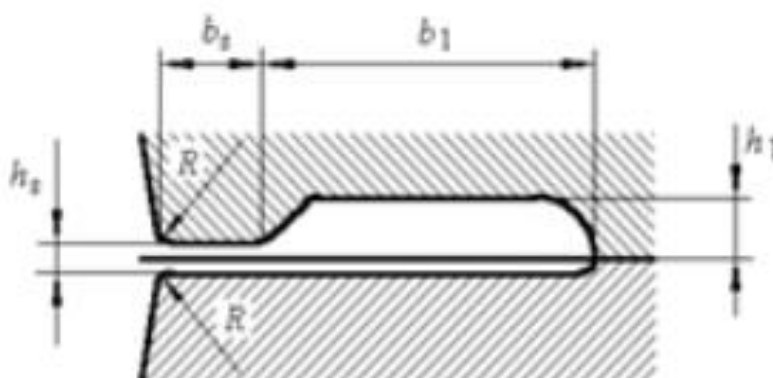
ahol h_s a sorjahíd magassága, mm;

m_{kd} a kovácsdarab tömege, kg.

A kovácsdarabunk tömege 153,4 kg, így a sorjahíd magasság a következő.

$$h_s = 1,13 + 0,89 \cdot \sqrt{153,4} - 0,017 \cdot 153,4 = 9,545 \text{ mm}$$

5.3. ábra A választott sorjacsatorna



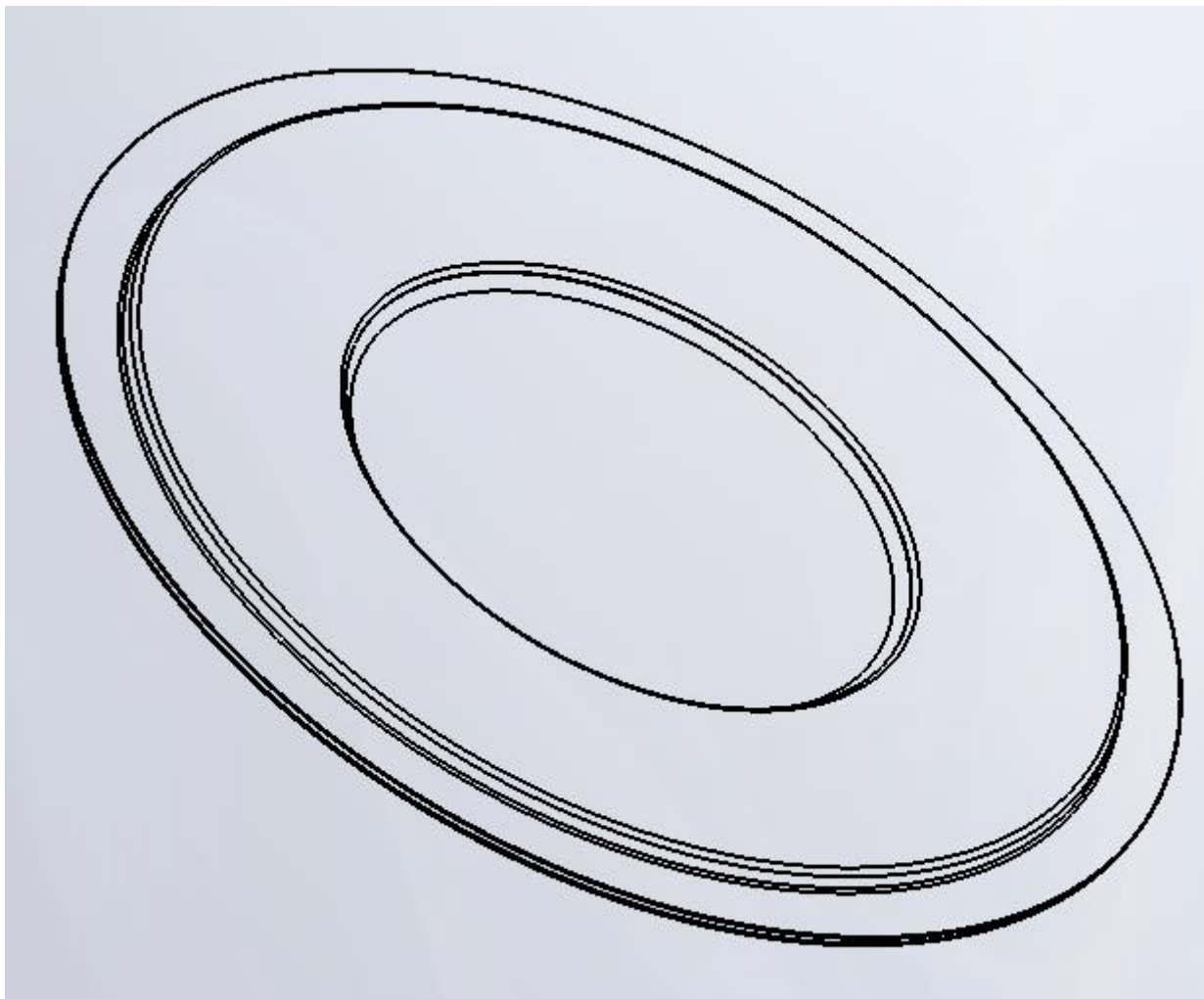
A kiválasztott sorjacsatornát kialakítása az 5.3. ábrán látható, a hozzá tartozó méreteket pedig az 5.9.-es táblázatból választottam.

5.9. táblázat A sorjacsatorna méretei

Sor-szám	h_s mm	h_1 mm	R mm	I. Duzzasztás			II. Szélesítés			III. Fröccsentés		
				b_s mm	b_1 mm	A_{csat} mm ²	b_s mm	b_1 mm	A_{csat} mm ²	b_s mm	b_1 mm	A_{csat} mm ²
1.	0,6	3,0	1,0	6,0	18,0	0,52	6,0	20,0	0,61	8,0	22,0	0,74
2.	0,8	3,0	1,0	6,0	20,0	0,69	7,0	22,0	0,77	9,0	25,0	0,88
3.	1,0	3,0	1,0	7,0	22,0	0,80	8,0	25,0	0,91	10,0	28,0	1,04
4.	1,6	3,5	1,0	8,0	22,0	1,02	9,0	25,0	1,13	11,0	30,0	1,55
5.	2,0	4,0	1,5	9,0	25,0	1,36	10,0	28,0	1,53	12,0	32,0	1,77
6.	3,0	5,0	1,5	10,0	28,0	2,01	12,0	32,0	2,33	14,0	38,0	2,78
7.	4,0	6,0	2,0	11,0	30,0	2,63	14,0	38,0	3,44	15,0	42,0	3,85
8.	5,0	7,0	2,0	12,0	32,0	3,43	15,0	40,0	4,34	18,0	46,0	5,06
9.	6,0	8,0	2,5	13,0	35,0	4,35	16,0	42,0	5,30	20,0	50,0	6,42
10.	8,0	10,0	3,0	14,0	38,0	6,01	18,0	46,0	7,69	22,0	55,0	9,03
11.	10,0	12,0	3,0	15,0	40,0	7,68	20,0	50,0	9,88	25,0	69,0	12,08

A kiválasztás során lefelé kerekítettem, hogy biztosítva legyen az üregkitöltés.

5.4. ábra A kész kovácsdarab a sorjacsatornával



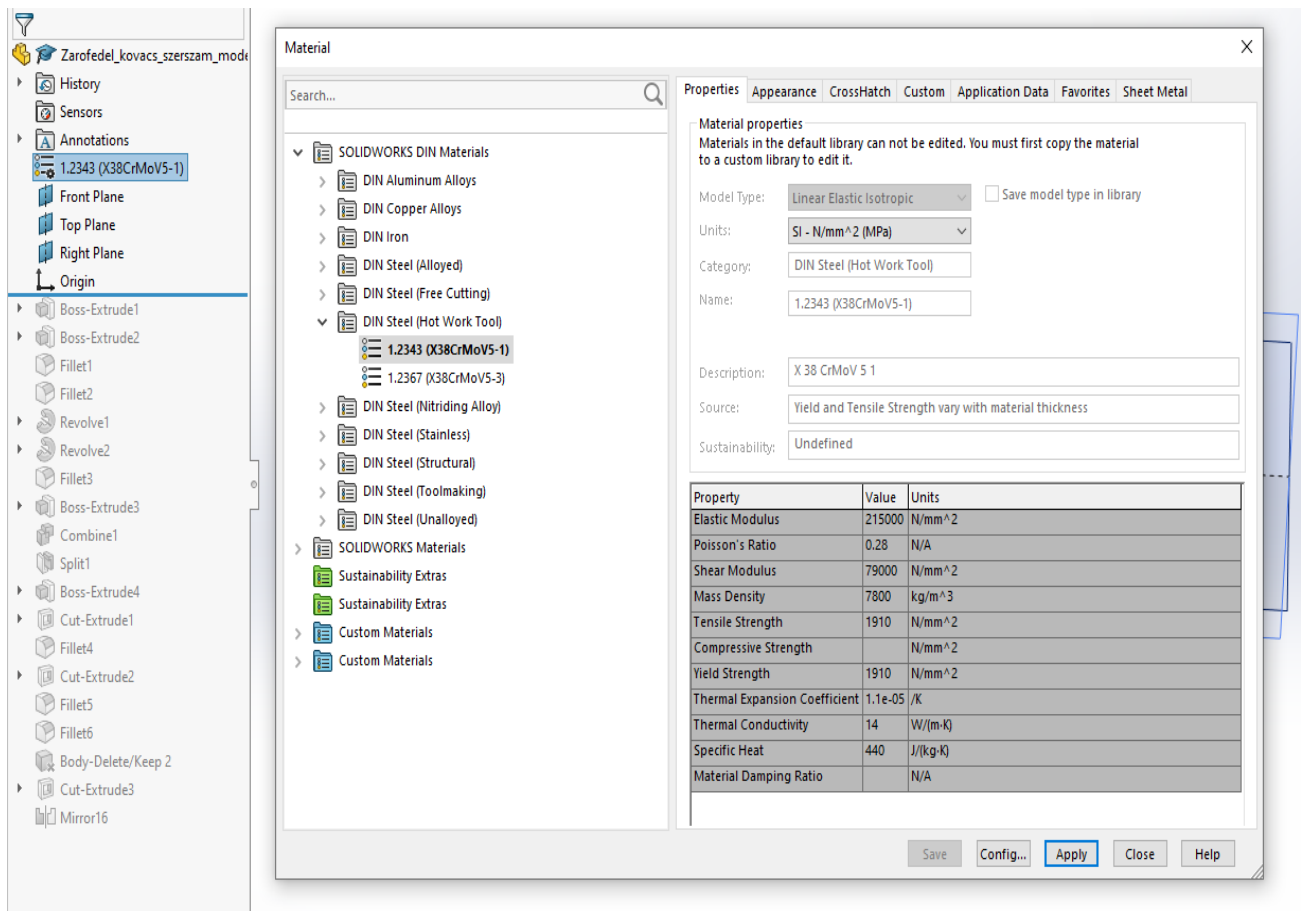
A fenti 5.4. ábrán látható a kovácsdarab axonometrikus rajza a sorjacsatornával együtt. A teljes műszaki rajzot a 2. számú mellékletben tekinthető meg.

5.3. Szerszám tervezése

Ebben a fejezetben bemutatom képek segítségével, hogyan terveztem meg a kovácsoló szerszámot.

Első lépésként kerestem a szerszámnak megfelelő anyagot az anyagtáblázatból. A választás a képen is látható X38CrMoV5-1-es anyagra esett. Az adatai az 5.5. ábrán látható.

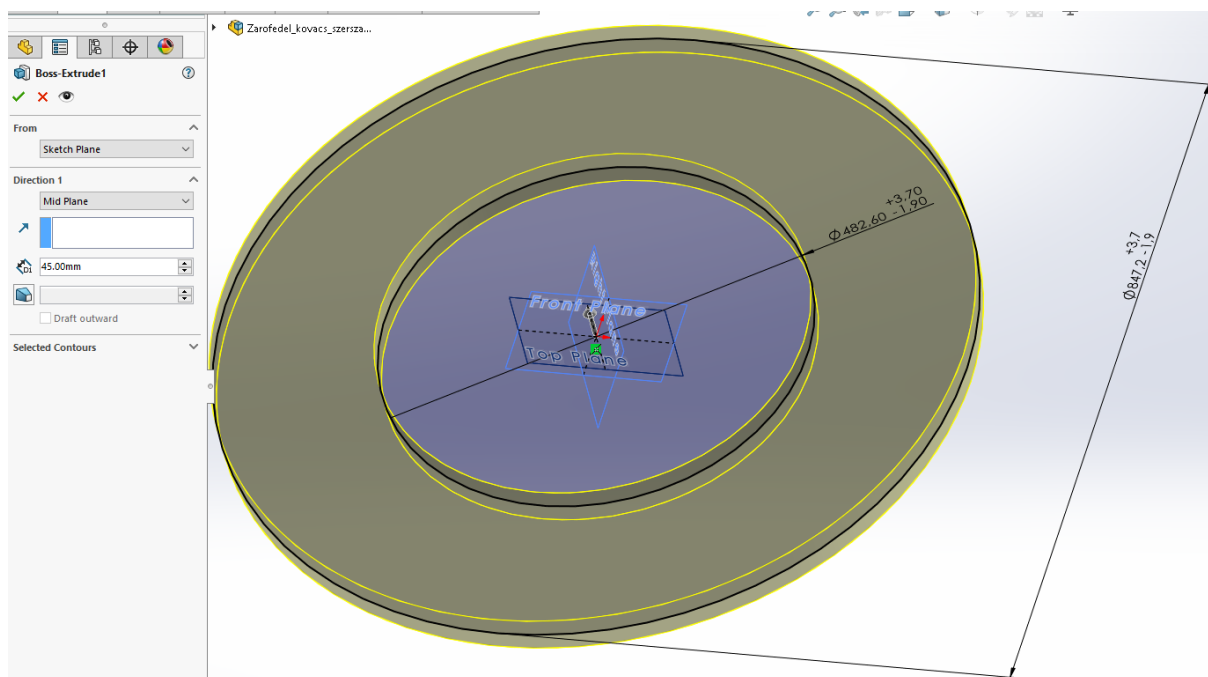
5.5. ábra A kiválasztott anyag adatai



A következőkben a Features menüpontban található parancsokat fogom használni. A méretek mögött látható tűrések a már előre elkészített műszaki rajzon vannak feltüntetve és mivel össze van kötve a modellel így azokat itt is feltűnteti.

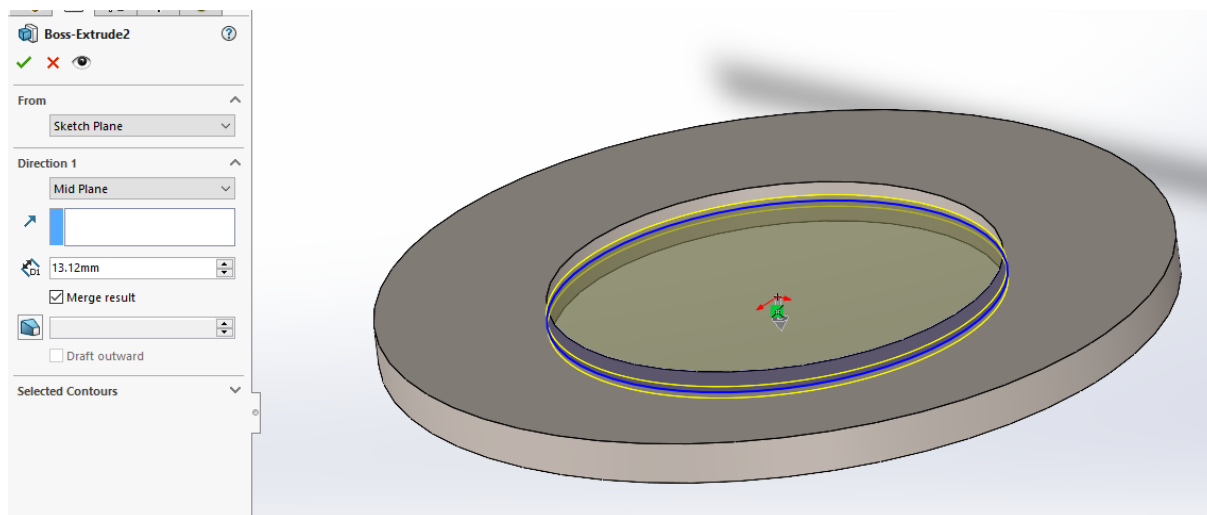
Elsőként a Extruded Boss parancsal kihúztam a Front Plane-ből egy 482,6 mm-es belső és egy 847,2 mm-es külső átmérőjű körgyűrűt 45 mm-es magasságban. Mindezt a Mid Plane opcióval, amely a Front Plane mentén egyenletes elosztja a kihúzott magasságot, jelen esetben 45 mm-t. Mindezt az 5.6.-os ábra mutatja.

5.6. ábra Az első kihúzás



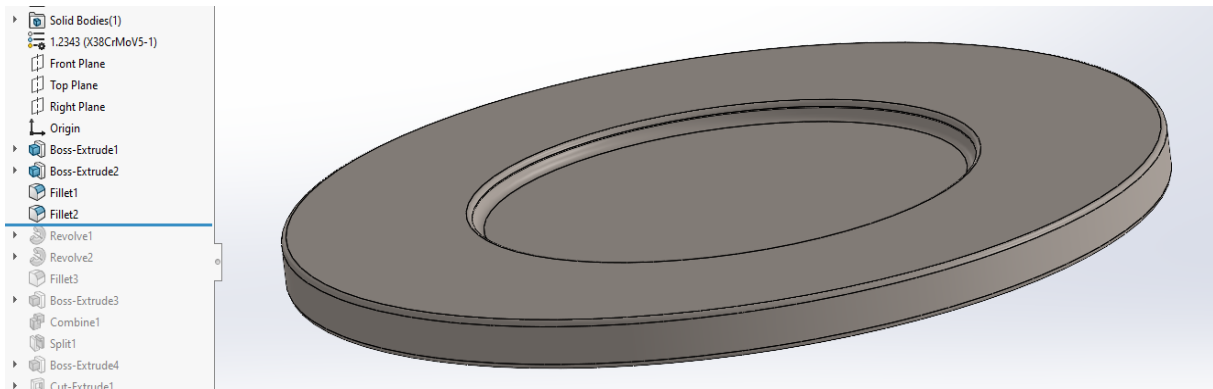
A második kihúzásnál a körgyűrű közepén látható részt húztam ki 13,12 mm- re, szintűgy a Mid Plane opcióval. Ezzel megcsináltam a lyukasztási hátyát. Ezt az 5.7.-es ábrán szemléltetem.

5.6. ábra A második kihúzás



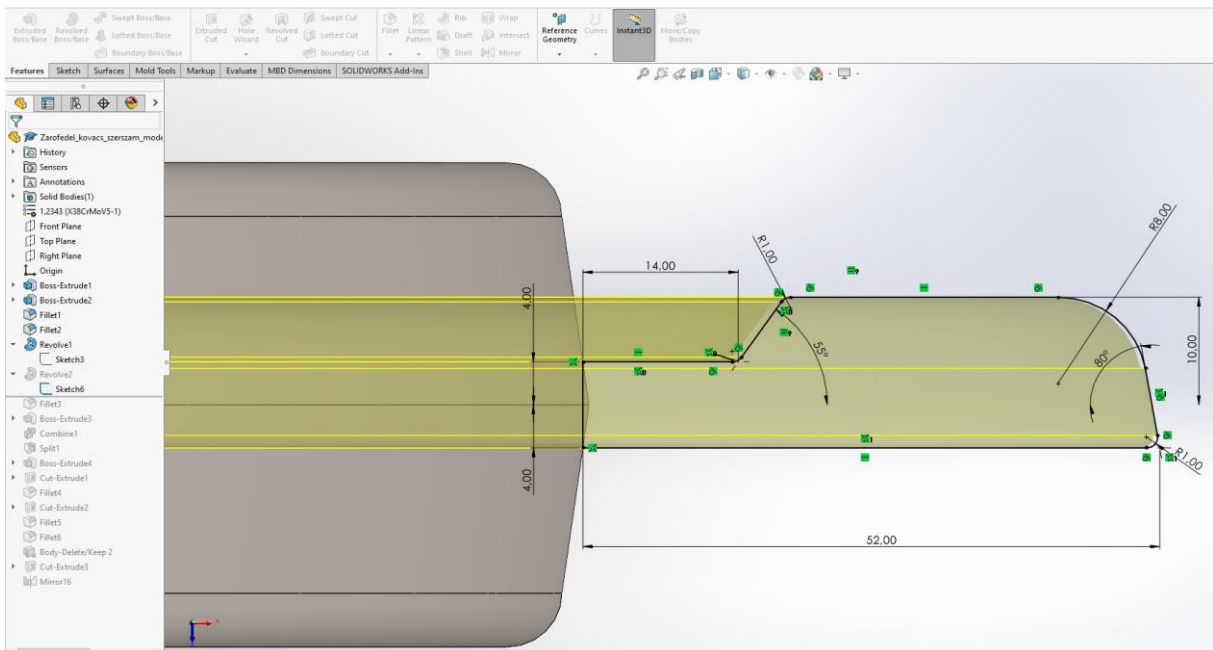
A kihúzások után a Fillet paranccsal lekerekítettem az éleket. A külső éleket R5-ös a belsőket pedig R10-es sugárral kerekítettem, amit a 5.8.-as ábrán láthatunk.

5.7. ábra Az élek lekerekítése



Ezután a Resolved Boss paranccsal a jelenlegi tárcsánk oldalára készítettem egy 8°-os oldalferdeséget, majd az 5.9.-es ábrán látható sorjacsatornát készítettem el és forgattam meg a tárcsa oldalát követve. Az így keletkezett éleket szintén lekerekítettem R3-as sugárral. Így, létrejött maga a kovácsdarab.

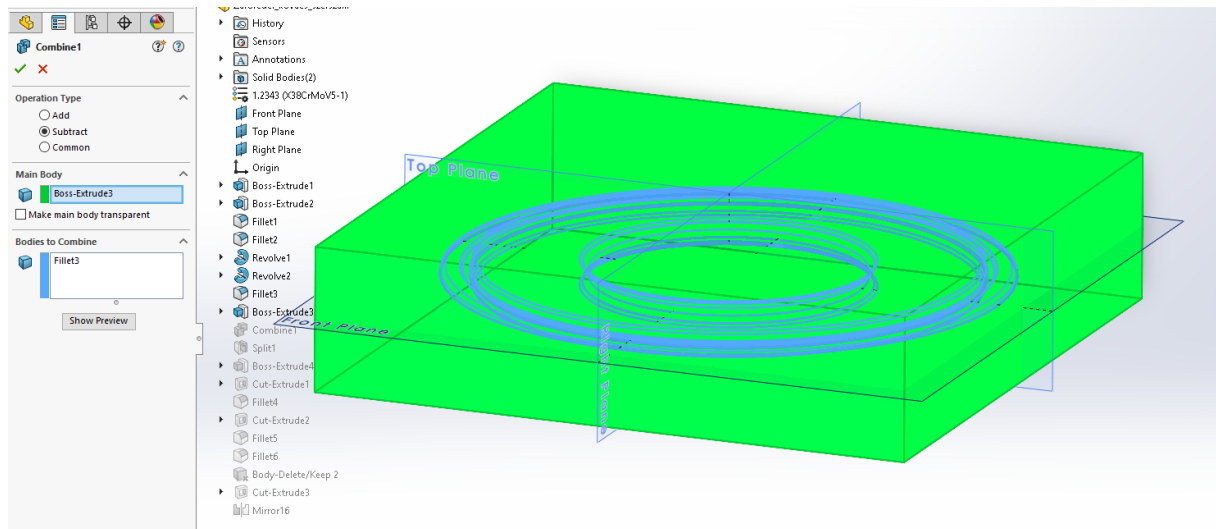
5.8. ábra Az oldalferdeség és a sorjacsatorna



Következő lépésként, szint úgy, mint az első két lépésben a Front Plane-ből, Extrude paranccsal kihúztam a meglévő alkatrészem köré egy 1050x1050 mm-es négyzetet 250 mm magasságban. Ez a kovácsszerszámunk bázisa. Erre azért volt szükség, mert ezt követően a Combine paranccsal kivonom egymásból a két létrehozott testet. Ezt a funkciót a menüsorban található Insert menüpont alatt található Feature gomb alatt találjuk meg. Az előbb említett

Combine paranccsal az 5.10. ábrán látható módon a Substant (kivonás) lehetőséggel kivágtam egymásból, így létrehozva a szerszámunk belső kialakítását.

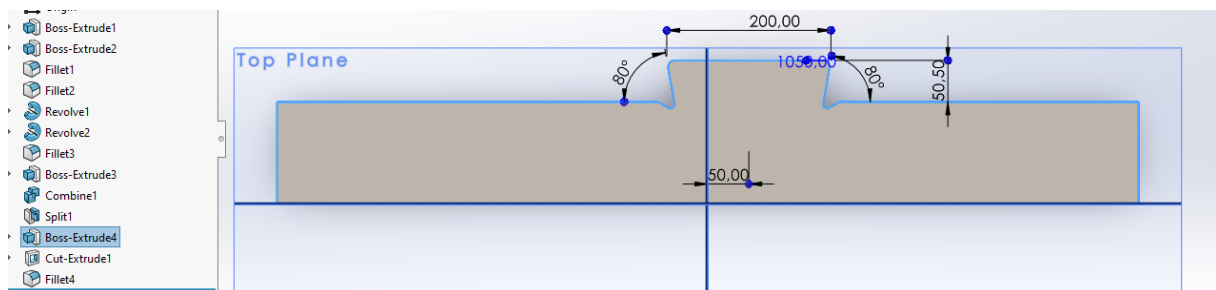
5.9. ábra A szerszám belsejének kivágása.



Ezt követően ugyancsak a Insert menüpont Features gombjában található Split paranccsal kettévágtam az alkatrészet a Front Plane mentén, majd ideiglenesen eltüntettem az alsó felét. Az utóbbinál jobbklikkeltem a szerszám alsó felére és a Hide gombbal elrejtettem azt.

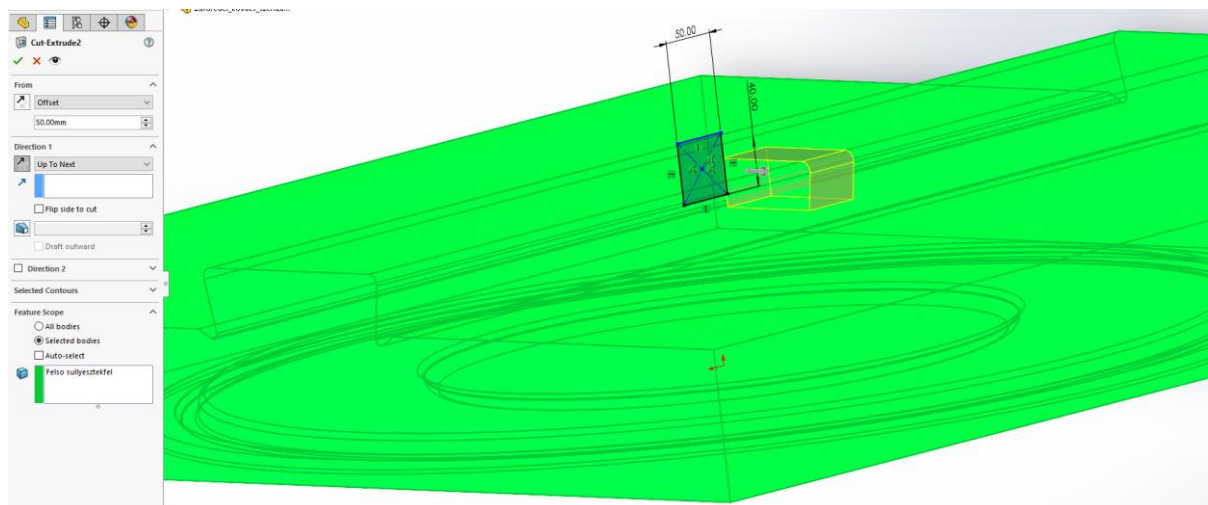
Következő lépésként a szerszámom az úgynevezett medvébe illeszkedő fecske farkat modelleztem le. Extrude-al kihúztam egy fordított trapéz Mid Plane-t használva a Top Plane-ből, majd az Extrude Cut paranccsal kivágtam egy R5-ös sugarú kört és kiveztem azt egy 30°-os letöréssel a szerszám tetejéhez. A végén pedig a Fillet paranccsal letörtem az éleket egy R8-as sugárral. Az idáig elkészült felső süllyeszték felünk az 5.11. ábrán látható módon néz ki.

5.10. ábra Medvébe illeszkedő sín geometriája.



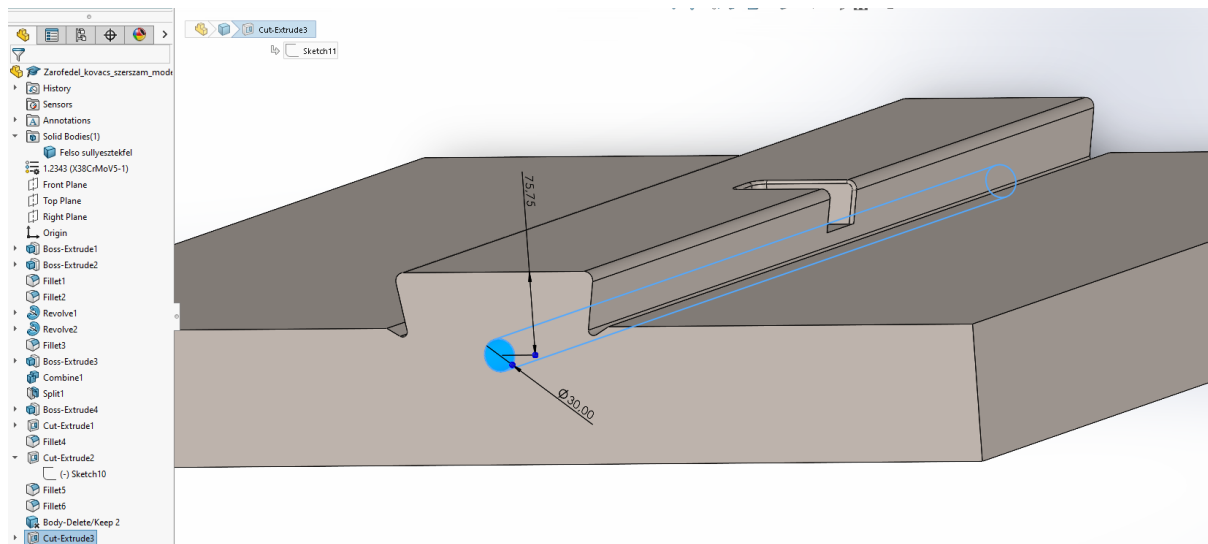
Az 5.12.-es ábrán látható 50x40 mm-es téglalapot, amit a sín tetejétől mártem. a Right Plane-ra rajzoltam, majd egy 50 mm-es offsetet használva kivágtam azt a fecske farkok széléig az Extrude Cut paranccsal. Ezután a belső éleket Filettel lekerekítettem R10 -zel a külsőket R3 -mal. Ezzel elkészült az a horony, aminek segítségével rögzítjük a szerszámfelet a medvében.

5.11. ábra Rögzítőhorony kivágása



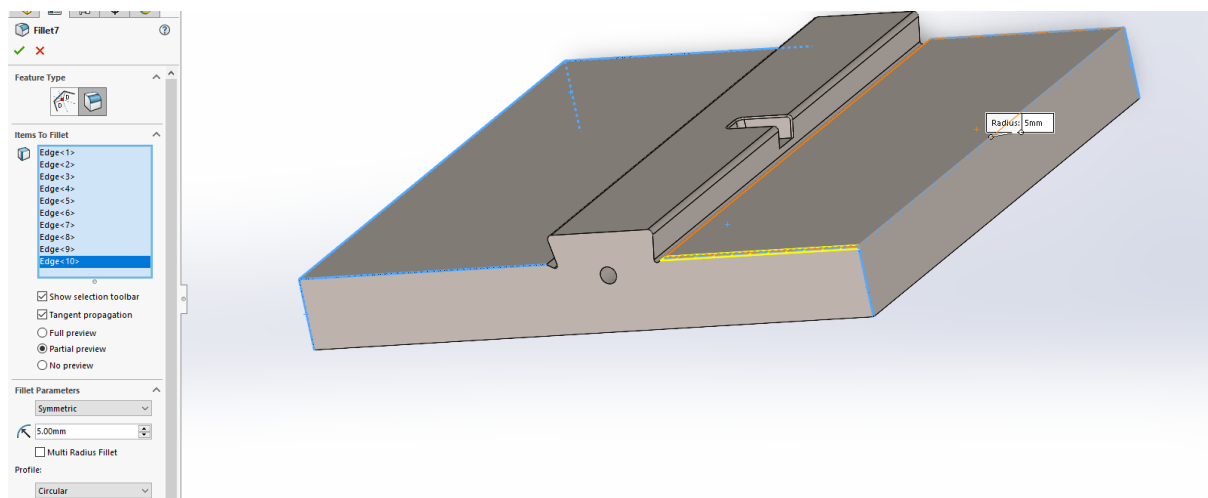
Egy Extrude Cuttal vágtam a szerszámfélbe egy 30 mm átmérőjű kört, ami az egész testen végigmegy. Ezt a furatot szerszámfelek mozgatása során használják. Ennek elhelyezkedését az 5.13. ábra mutatja. A legutóbb elrejtett alsó szerszám felet a Delete/Keep body gombbal töröltem ki, amit szintén az Insert- Features gomb alatt találunk meg.

5.12. ábra A furat elhelyezése



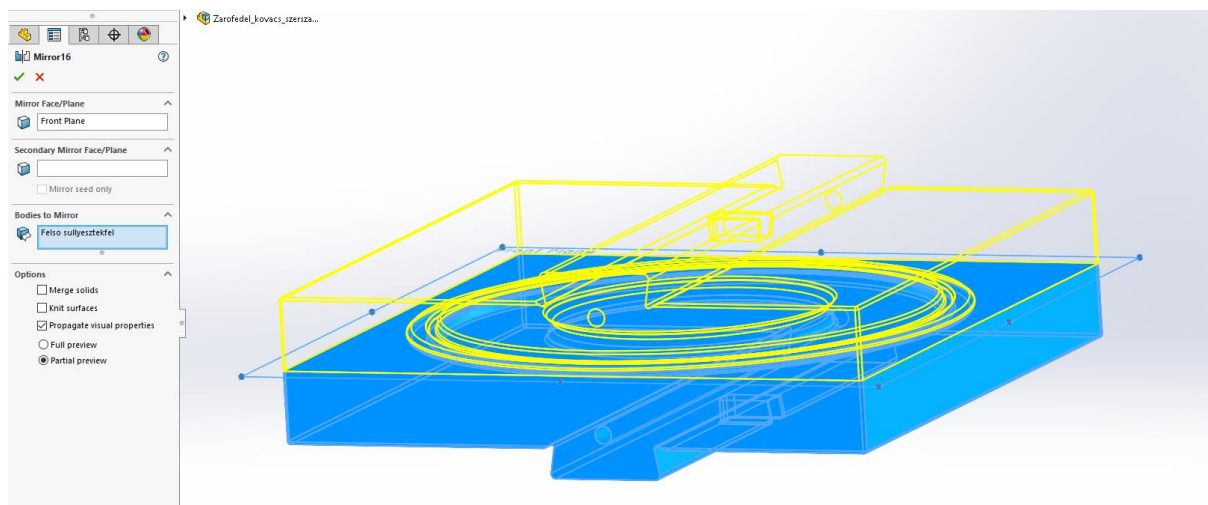
Ezután a Fillet paranccsal lekerekítettem R5-ös sugárral az összes élet. Ezt a 5.14.-es ábra szemlélteti.

5.14. ábra Élek lekerekítése



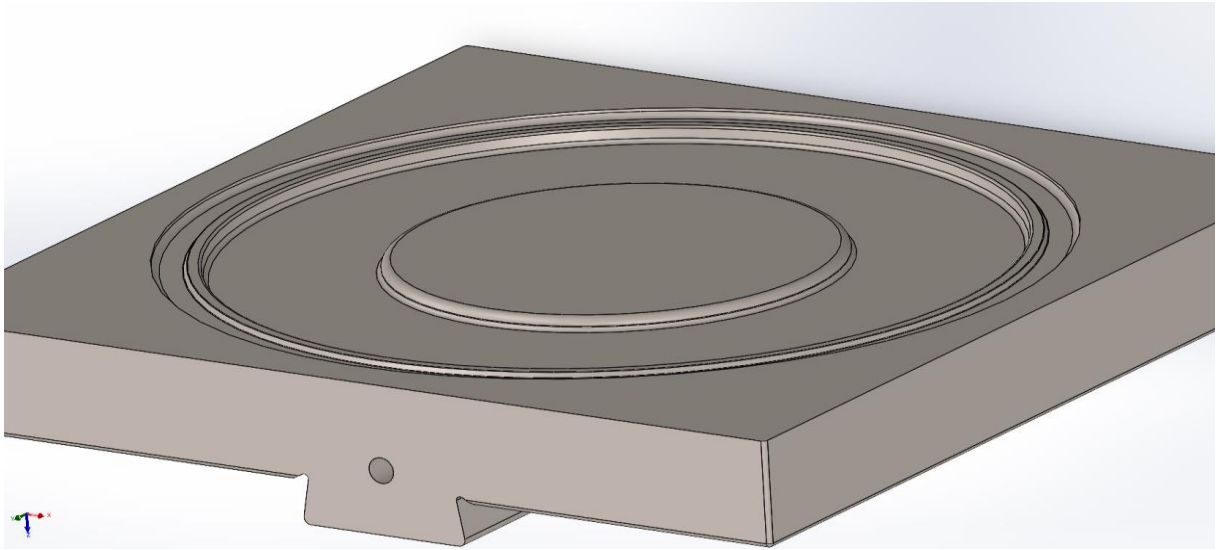
Végezetül a kész szerszámfelet a Front Plane-t használva megtükröztem a Mirror paranccsal, az 5.15.-ös ábrán ez látható.

5.15. ábra A felső szerszámfél tükrözése

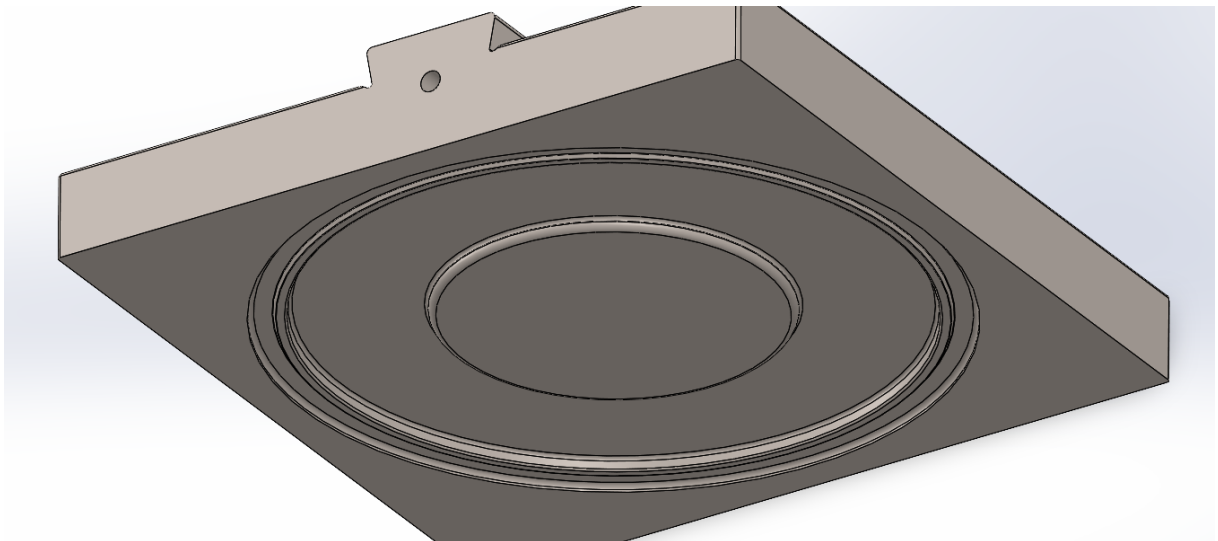


Az alábbi 5.16. ábrán látható az alsó szerszámfél belsejében lévő süllyeszték üreg a sorjacsatornával együtt. Az 5.17 ábrán pedig a felső szerszámfél belsőjét láthatjuk.

5.16. ábra A alsó süllyeszték üreg és a sorjacsatorna

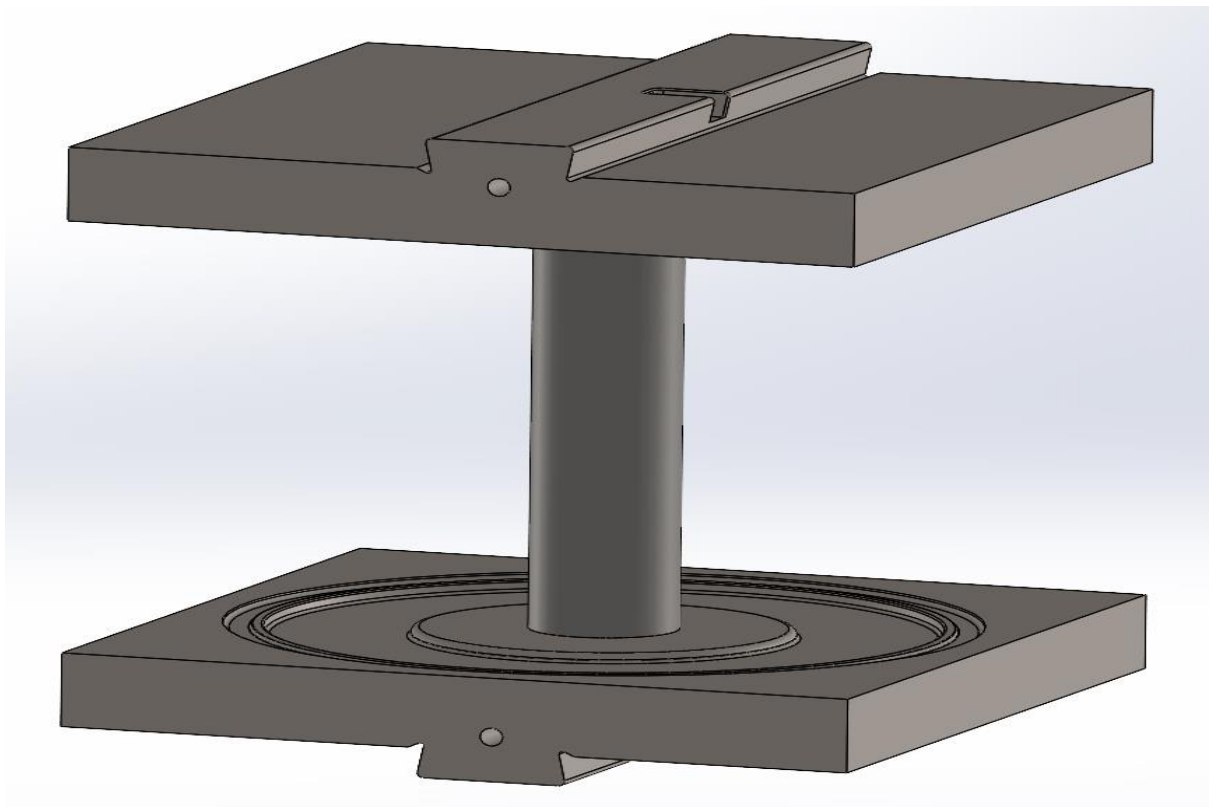


5.17. ábra A felső süllyeszték üreg és a sorjacsatorna



A szerszámot szétnyitottam és egy 190 mm átmérőjű 745 mm hosszúságú köracélt helyeztem a két szerszámfél közé, amely S235JRG2-es anyagminőségű. Ebben az állapotban kezdődik meg a kovácsolás, amit az 5.18. ábrán láthatunk és 4. számú mellékletben megtekinthető a teljes összeállítási rajz. Az ASYS programmal le is szimuláltam a teljes kitöltési folyamatot. A szerszám műhelyrajza a 3. számú mellékletben látható.

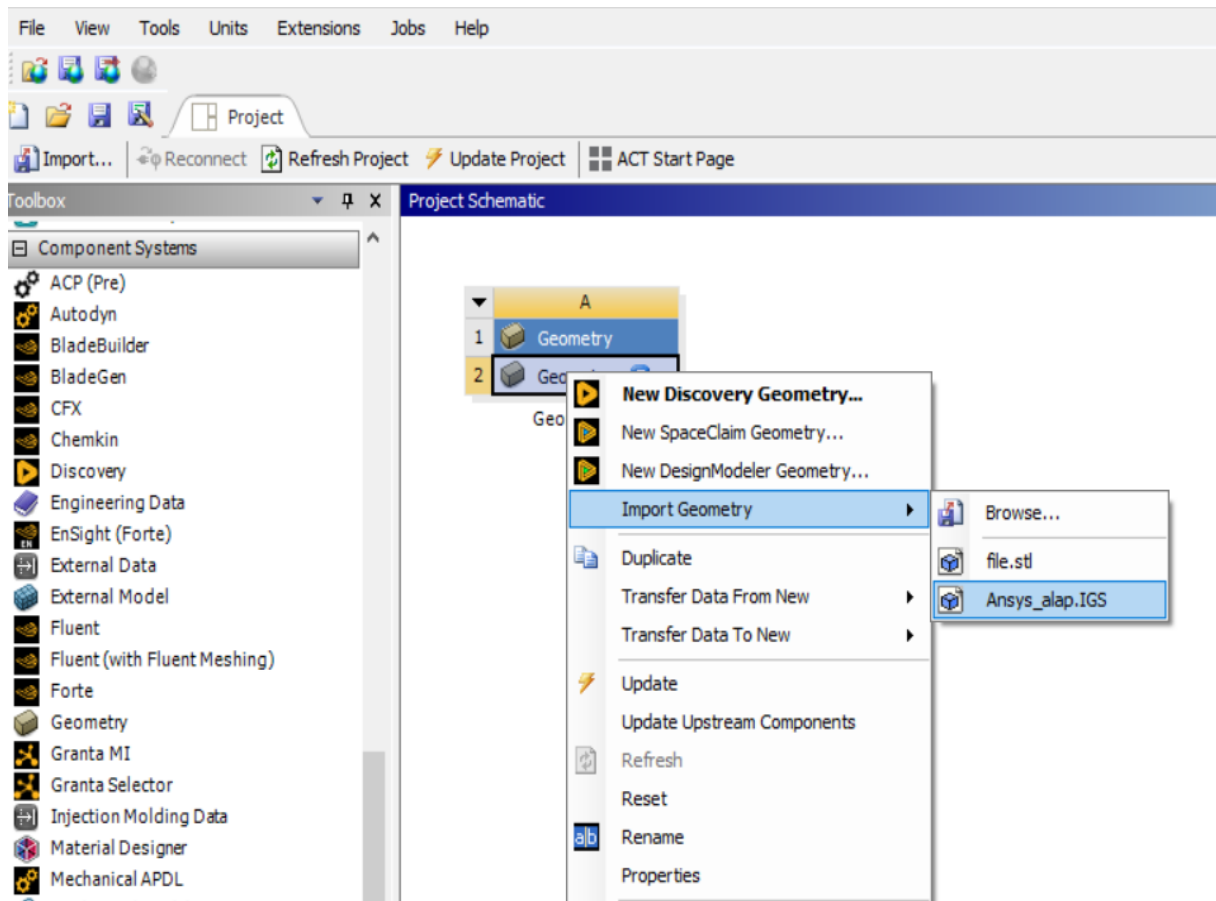
5.18. ábra A szerszám és a kovácsolandó anyag



5.4. Végeelem számítás

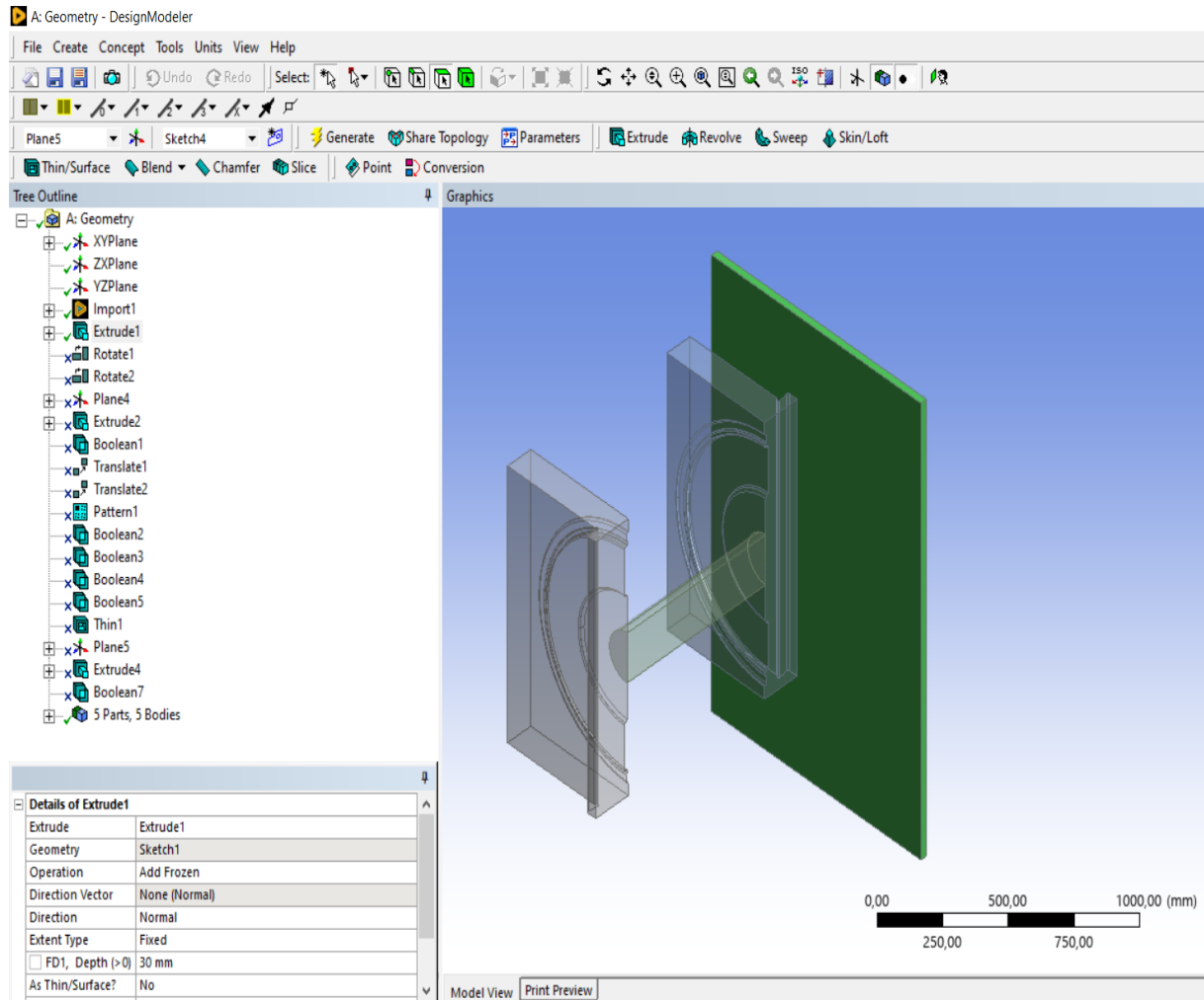
Ebben a fejezetben ismertetem lépésről lépésre a kitöltési szimuláció elkészítésének menetét. Mindenekelőtt a Solid Worksben elmentettük a kiinduló geometriát IGS fájlként amit majd az Ansysban be tudunk importálni.

5.19. ábra A geometria importálása



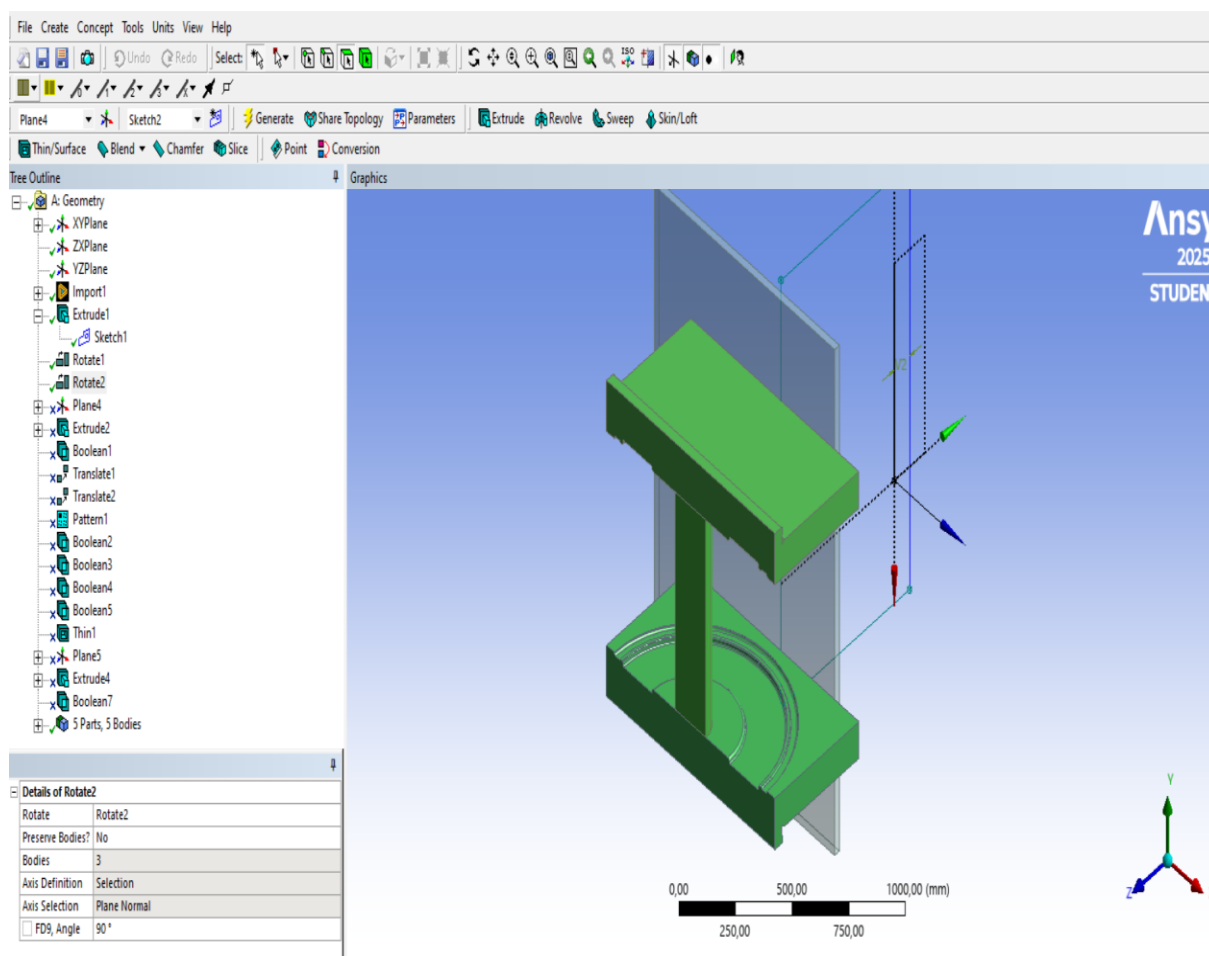
An Ansys program megnyitása után a bal oldalt található Toolboxból kihúzzuk a Geometry opciót a project lapunkra, majd importáljuk az imént elmentett IGS fájlt az 5.19-es ábrán látottak szerint. A megnyitás után mindenek előtt a fejlécen található Units opcióban átállítjuk a mértékegységünket mm-re, ha nem abban volt eredetileg is.

5.20. ábra A későbbi Tool body kihúzása



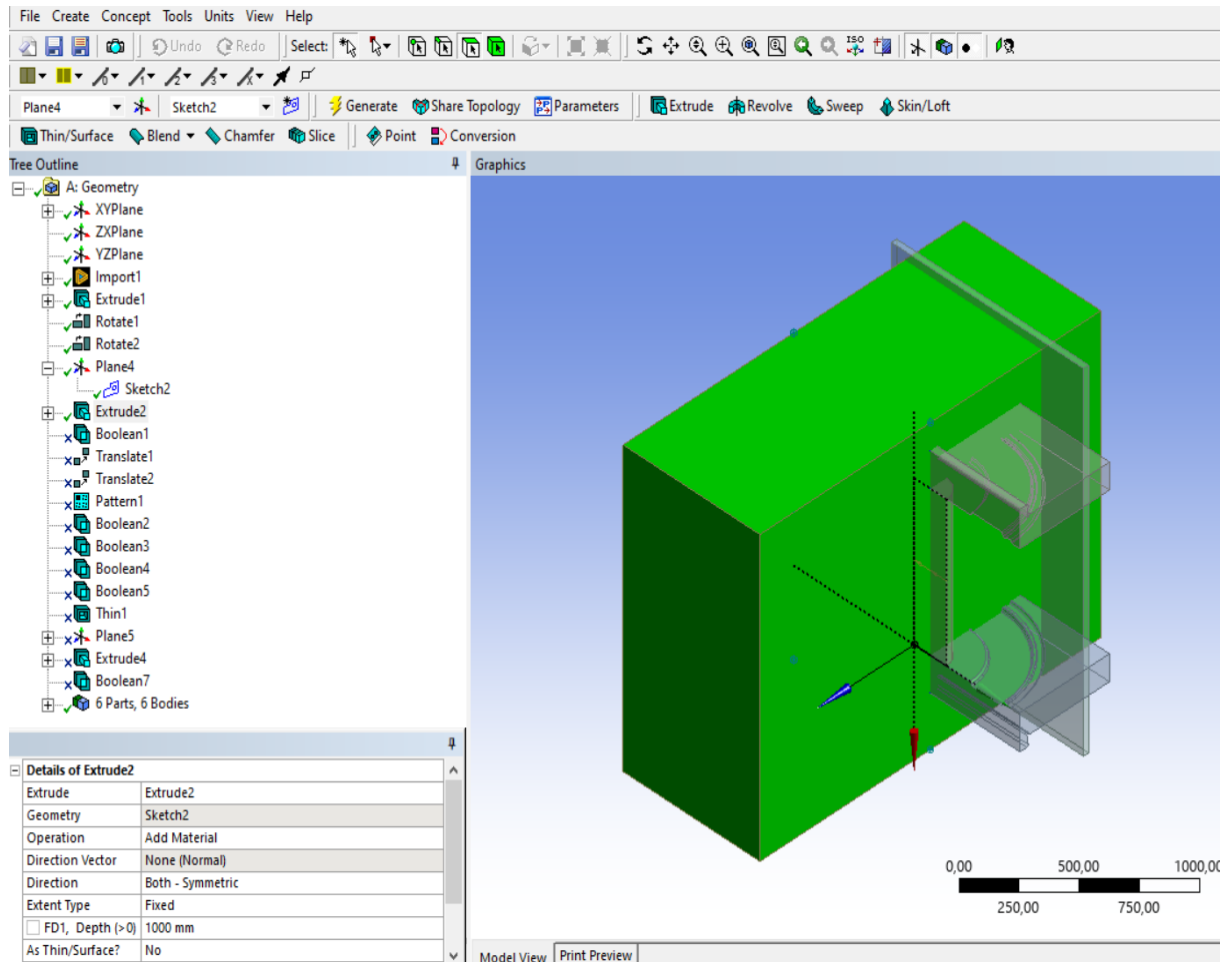
A következő lépésben az XY síkon kihúztam az Extrude paranccsal (Create, Extrude) egy téglalapot tetszőleges mérettel, ez jelen esetben egy 250 x 1500 úgy, hogy az lefedje majd a geometriánkat és így alkalmas legyen Tool body-nak a későbbiekben. A négyzetet 30 mm vastagságban húztam ki +Z irányba. Mindez az 5.20-as ábrán látható

5.21. ábra Forgatás az xy síkba



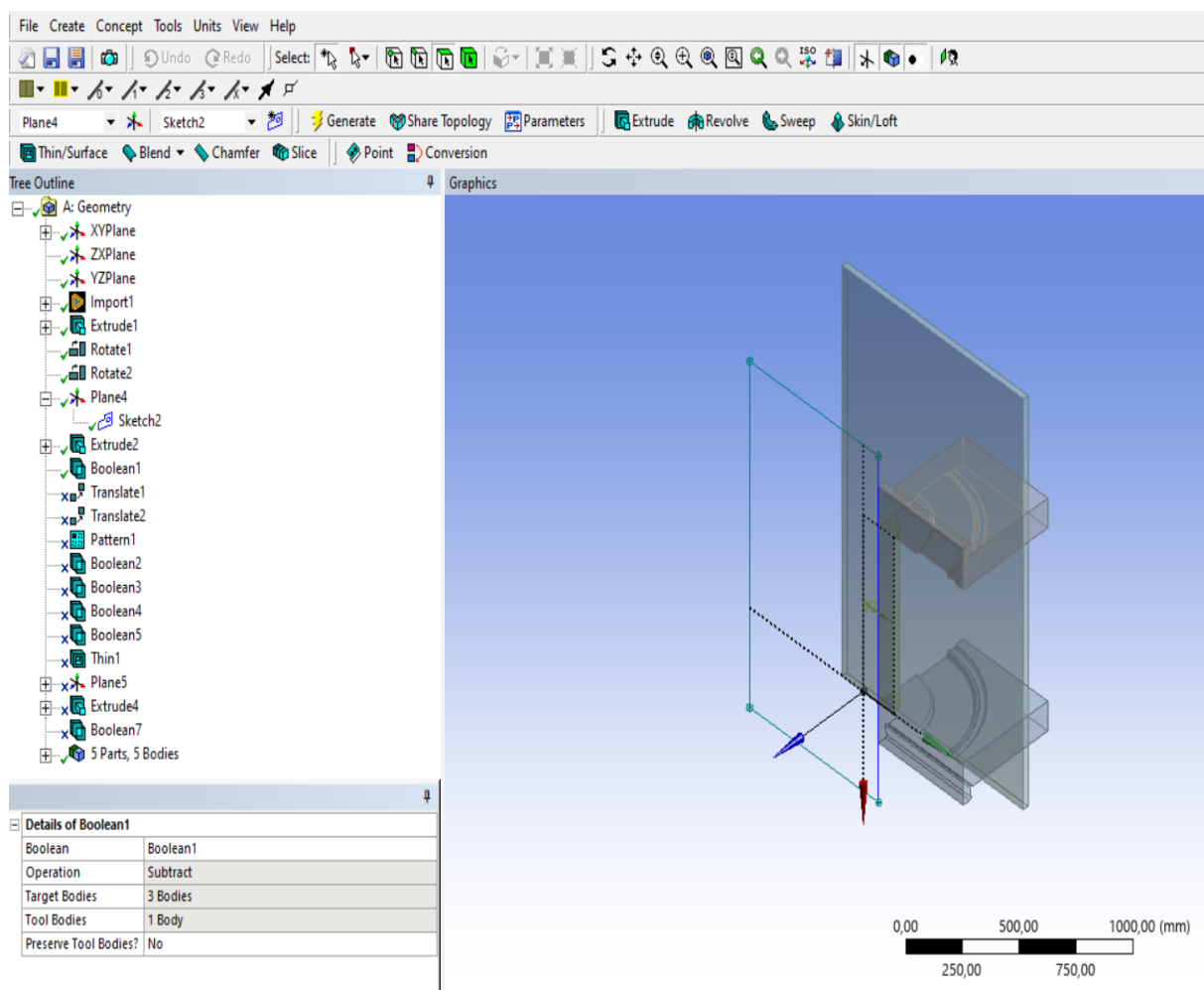
Az 5.20-as ábrán látható, hogy a modellünk nem a megfelelő pozícióban van, ezért be kell forgatnunk azt úgy, hogy az egy síkba legyen az XY síkkal. Ezt két forgatással oldunk meg először az X tengely mentén 90°-kal, aztán az Y tengely mentén 90°-kal. A Rotate parancsot a fent elhelyezett menü sorban találjuk a Create - Body transformation-ben találjuk. Az eredményt az 5.21. ábrán láthatjuk.

5.22. ábra Geometria egyszerűsítése függőlegesen



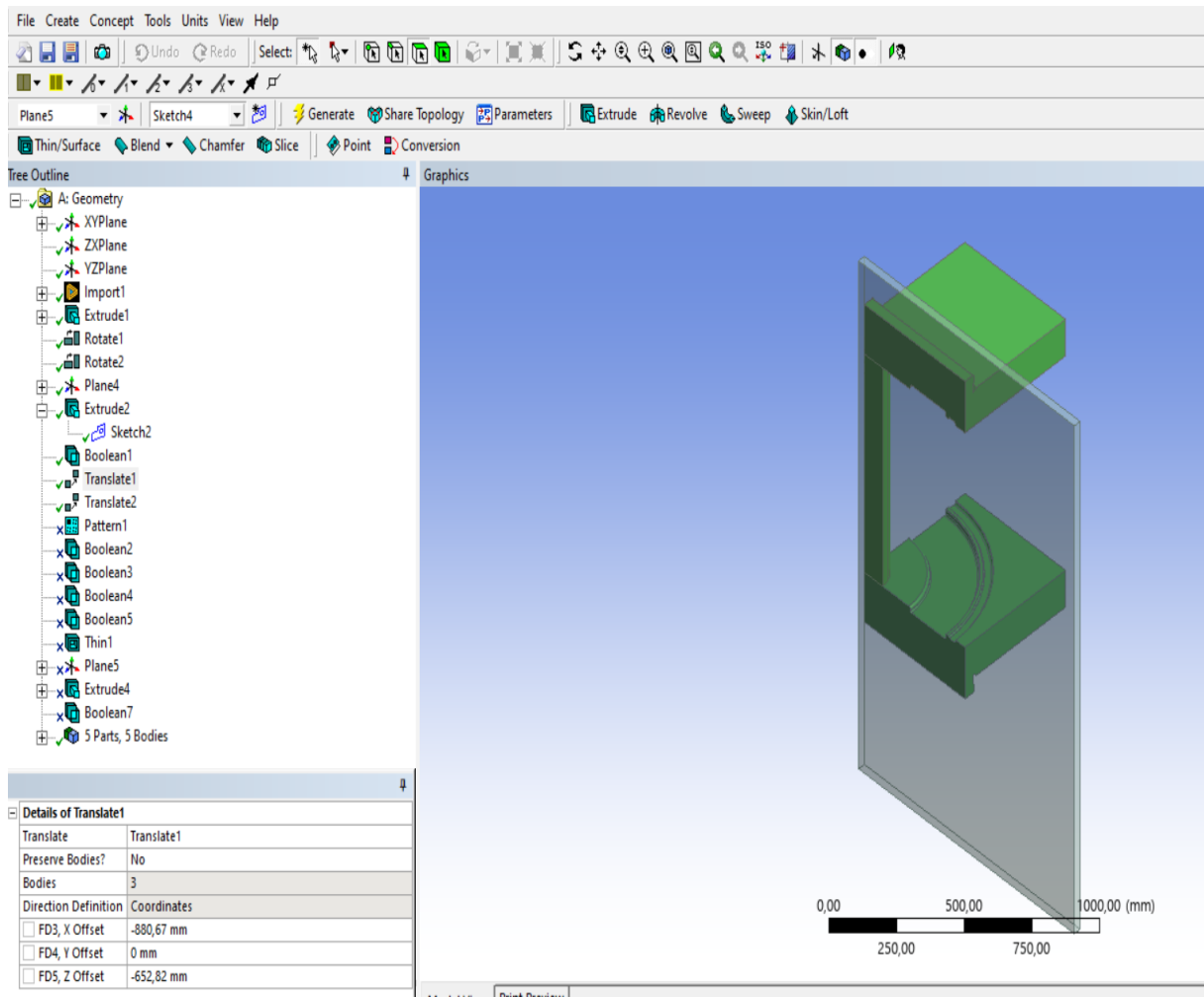
Innentől a már használt parancsoknak az elérési útvonalát nem írom még egyszer le. Az 5.22-es ábrán látott módon a Create, New plane paranccsal létrehoztam egy új síkot, amire rajzoltam és méreteztem egy akkora négyszöget, ami pontosan lefedi a geometriánk felét. Ezután a direction-nél, a Both - Symmetrik opciónál kihúztam 1000 mm-re, hogy biztosan benne legyen a teljes geometriánk. Az operation-nél add materialt választottam.

5.23. ábra A lefelezett geometria



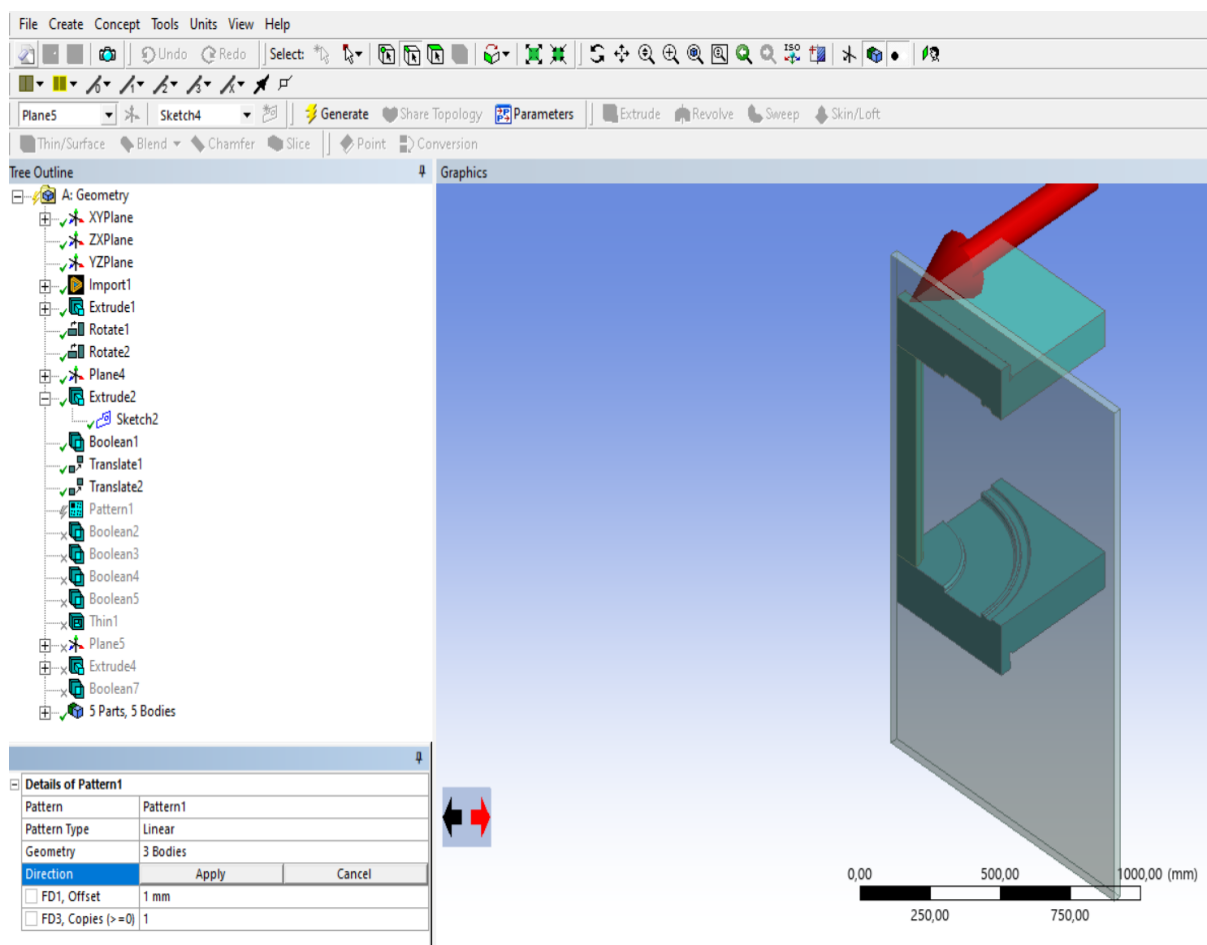
Az itt használt Boolean parancsot a Create- Boolean-ben hozhatjuk létre. Itt ki szeretnénk vonni a tool body-t a három testünk közül szóval az operationnál a Subtract opciót választjuk, tool body-nak kiválasztjuk az imént kihúzott téglá testet, target body-k pedig a három testünk lesz. A kivonás utáni állapot az 5.23. ábrán látható.

5.24. ábra A geometria xy síkba való mozgatása



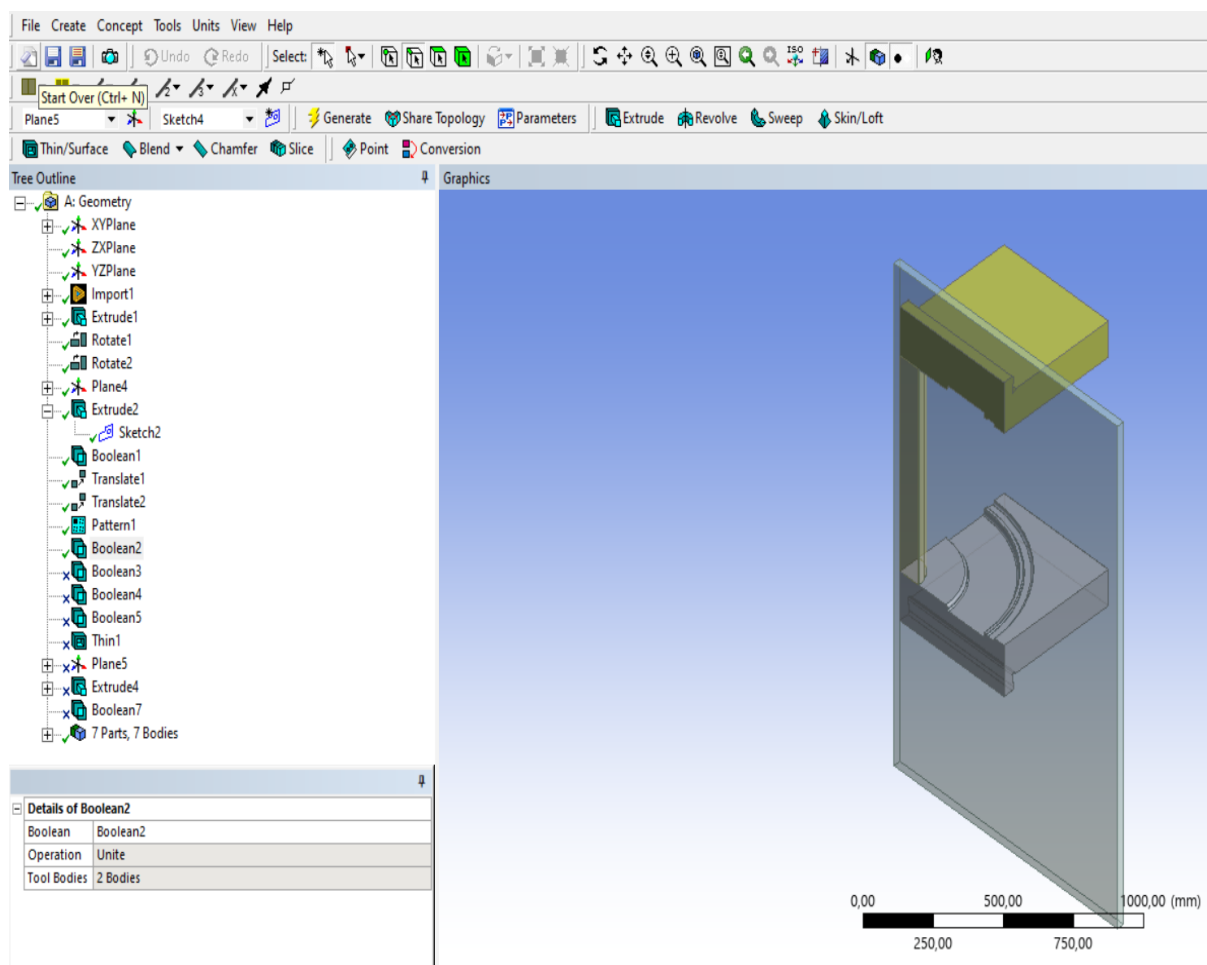
Ebben a lépésben szeretnénk a három testünket pontosan az XY síkra helyezni a Translate paranccsal, ezt a Create - Body translation – Translate útvonalon hívhatjuk elő. A testjeinket az 5.24. ábrán látható módon koordinátákkal fogjuk mozgatni az ábrán írt távolságokkal. Ezzel még csak megközelítettük a kívánt síkot, teljesen érintkezni csak a következő lépés után fognak. A második mozgatási lépésben csak korrigálás történt Z irányba -30 mm-rel.

5.25. ábra A testek kiosztása



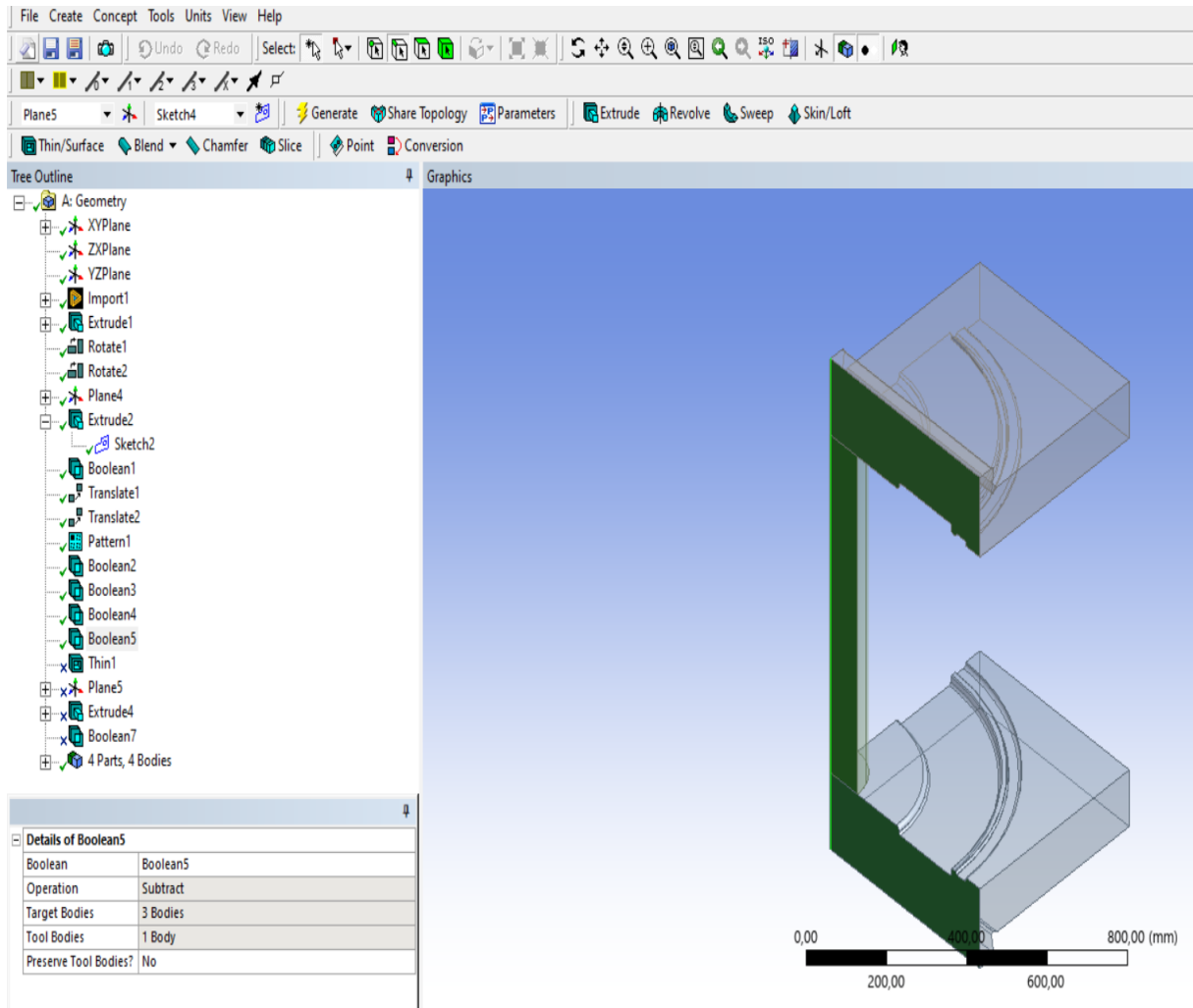
A Create fülben található Pattern paranccsal kiosztjuk, azaz lemásoljuk a három testünket 1 mm-es eltolással az 5.25-ös ábrán látható Z irányba. Ezzel a lépéssel már biztosan metszi egymást legelőször kihúzott testünk, amit az XY síkból húztunk ki Z irányba és az előző lépésben kiosztott és Z irányba eltolt három testünk.

5.26. ábra A kiosztott testek egyesítése



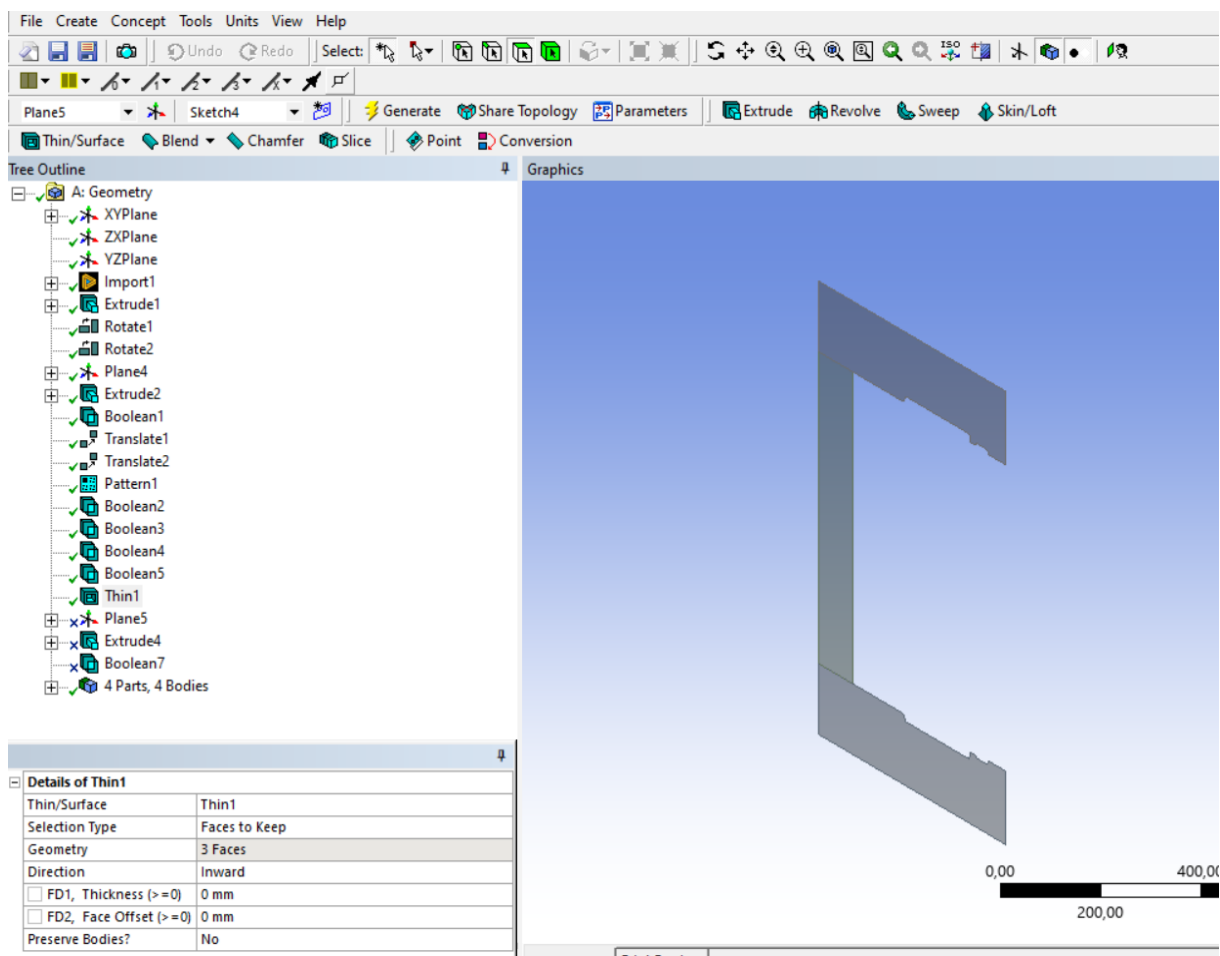
Ebben a lépésben ismét a Boolean parancsot fogjuk használni, de most az Operation-nél a Unite opciót választjuk, ugyanis egyesíteni szeretnénk a testeket. Először az 5.26.-os ábrán látható sárga színnel jelölt felső sülyvestékfelet egyesítjük a kiosztott testel. Ezt a lépést a másik kettő testünkkel is elvégezzük, ugyan ilyen beállításokkal.

5.27. ábra A felesleg levágása



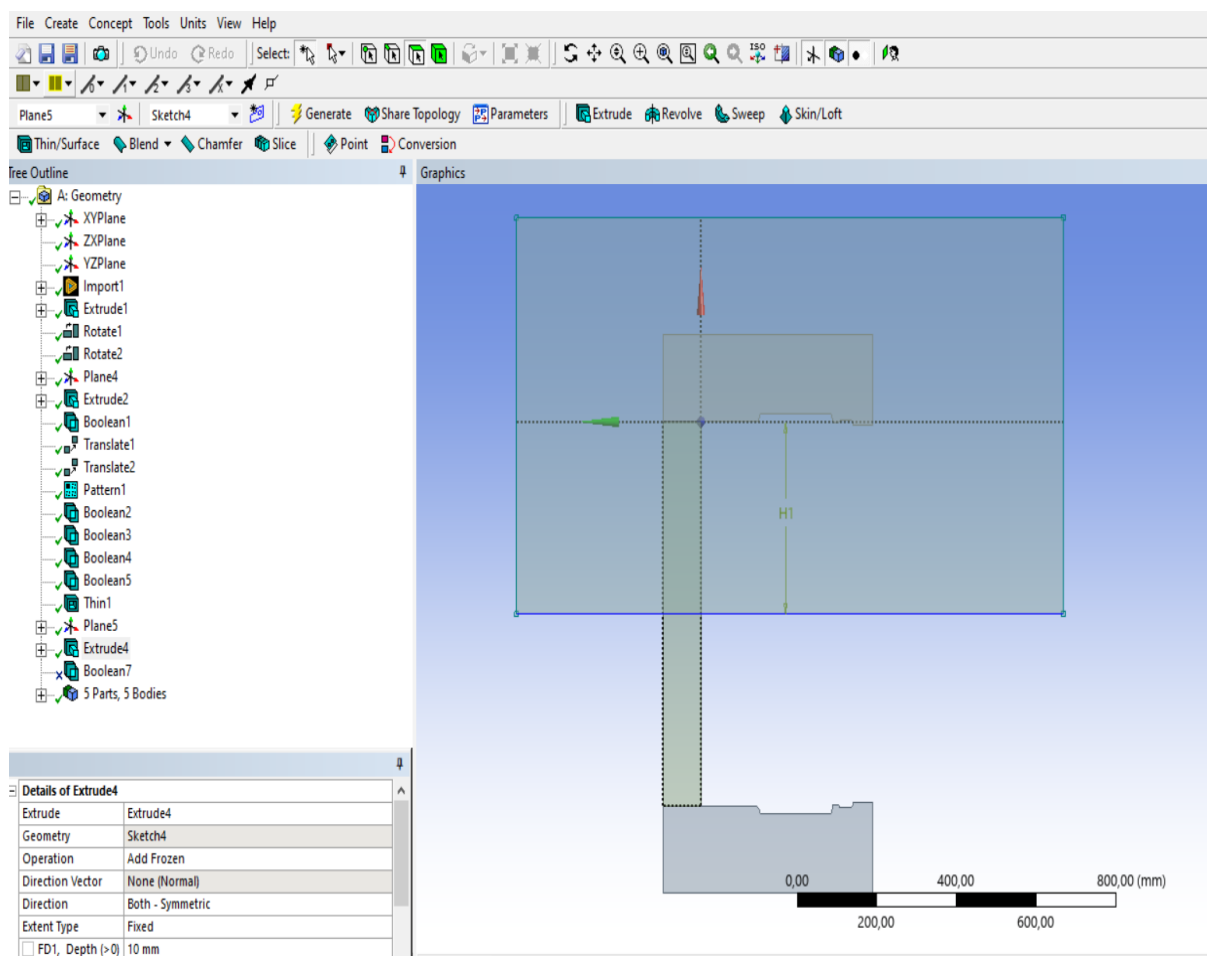
Az előző részben kialakult átfedés most le fogjuk vágni a Boolean paranccsal, így biztosítva hogy a testjeink felülete biztosan érintkezzen, egybe essen az XY síkkal. Ehhez a művelethez a Boolean-en belül szintén a Subtract-ot választjuk az Operation-nél. Tool body-nak kiválasztjuk az első lépésben készített testet, Target body-nak pedig a három testünket, az 5.27.-es ábrán látottak alapján.

5.28. ábra 2D-s felület létrehozása



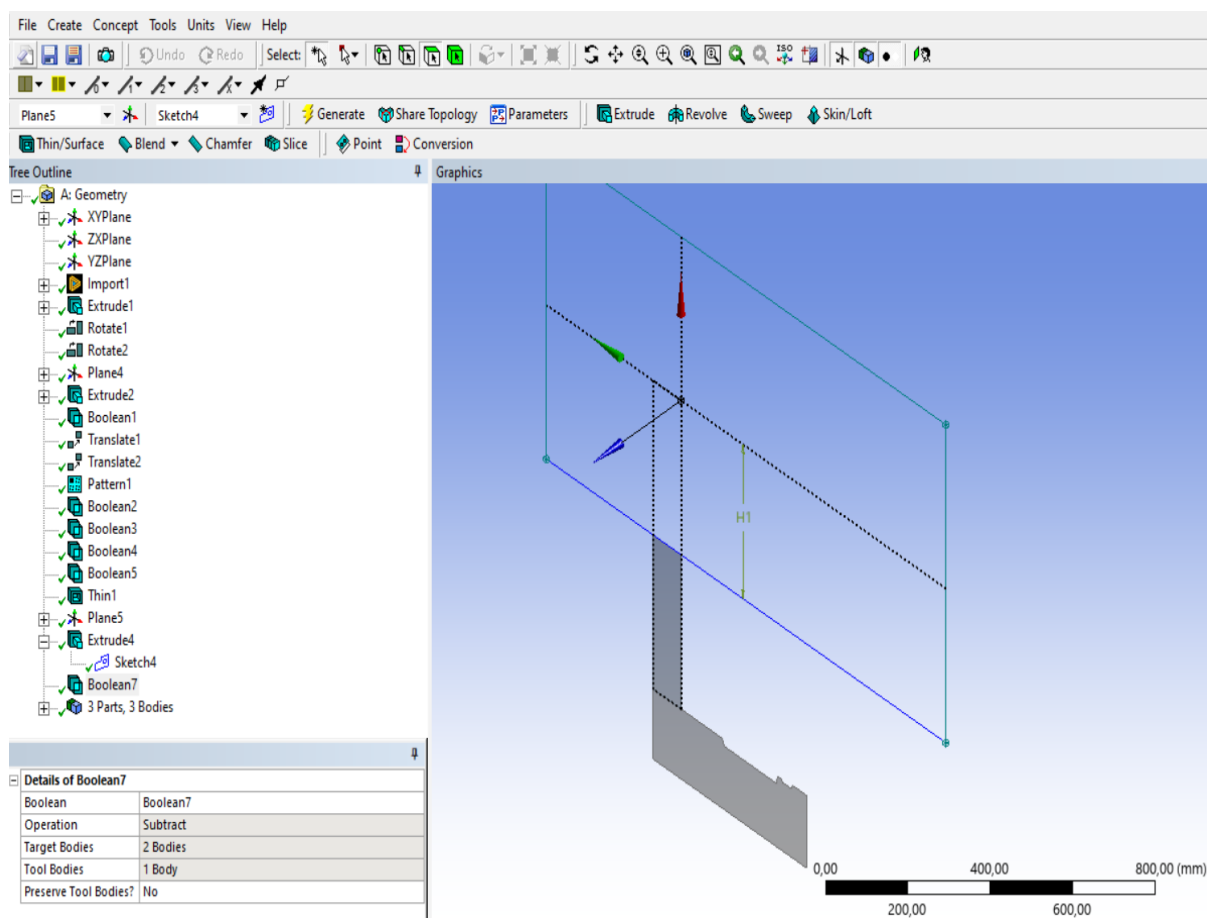
Az előző lépésekben az XY síkba helyezett felületet most egy 0 mm vastag 2D-s felületté alakítjuk a Create – Thin/Surface paranccsal. Itt kiválasztjuk a geometriánk XY síkba eső három felületét megadjuk a 0 mm-es vastagságot és az eltolást is, majd beállítjuk a Selection Type-ot Faces to Keep-re, így a kiválasztott felületen kívül mindent törölni fog a program. Az elkészült 2D-s modell az 5.28. ábrán látható.

5.29. ábra A geometria egyszerűsítése vízszintesen



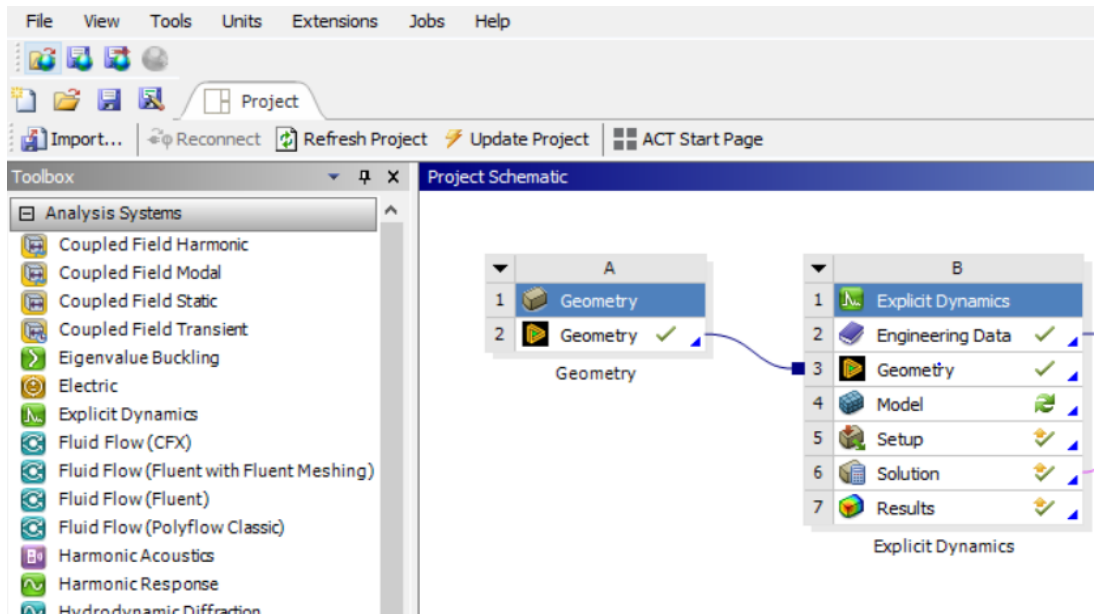
Az létrehozott felületünkre létrehozunk egy új síkot, majd erre rajzolunk egy négyzetet amit méretezünk a köracél tetejéhez, ami jelen esetben 372,5 mm-re volt. Ezután ezt a rajzot az Extrude paranccsal mindkét oldalra kihúzzuk 10 mm-re a Both – Symmetric-kel. Mindezt az 5.29-es ábrán szemléltetem.

5.30. ábra Az utolsó kivonás



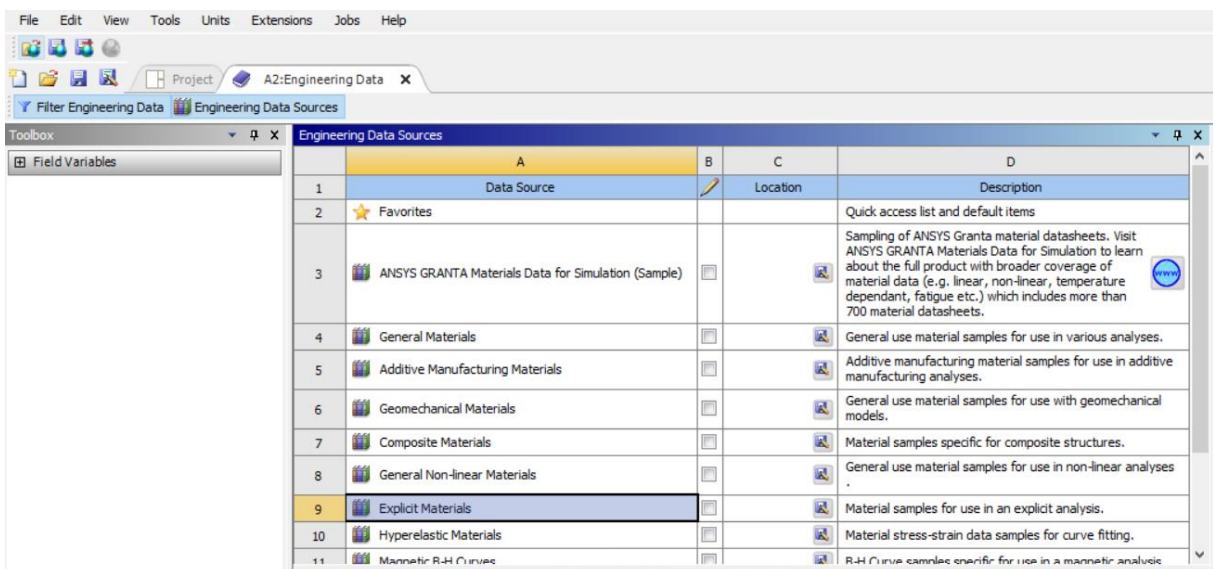
Utolsó lépésként az imént kihúzott téglatestet a Boolean parancsban Tool Body-nak használtam, Target Body-nak pedig az őket fedő felső szerszámfelet és a köracél felületét választjuk. Az Operationnél a Subtant azaz kivonást állítjuk be. A szimulációra kész geometriát az 5.30-as ábrán láthatjuk.

5.31. ábra Az Explicit Dynamics létrehozása



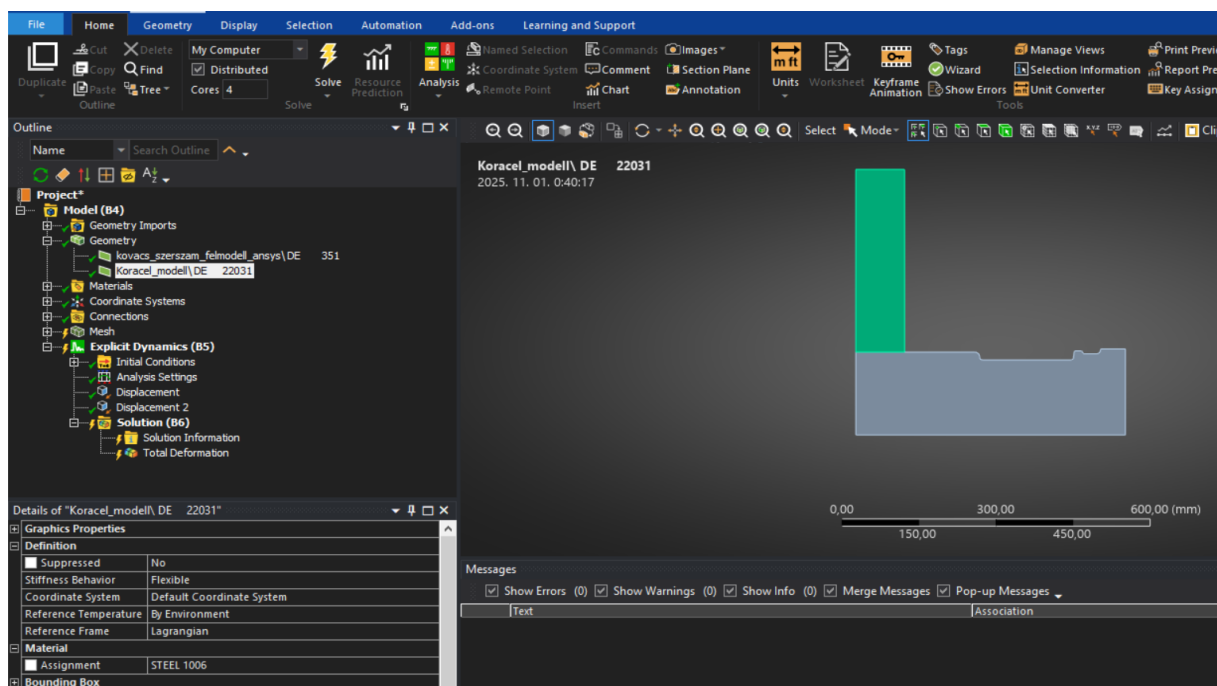
Ezt követően visszalépünk a projekt ablakba és a Toolbox-ból kihúzunk egy Explicit Dynamics modult a már meglévő Geometry blokkunk mellé, majd a két geometriát összekötjük, így az előbb elkészített geometriánkat átvittük az Explicit modulba.

5.32. ábra Az anyag kiválasztása



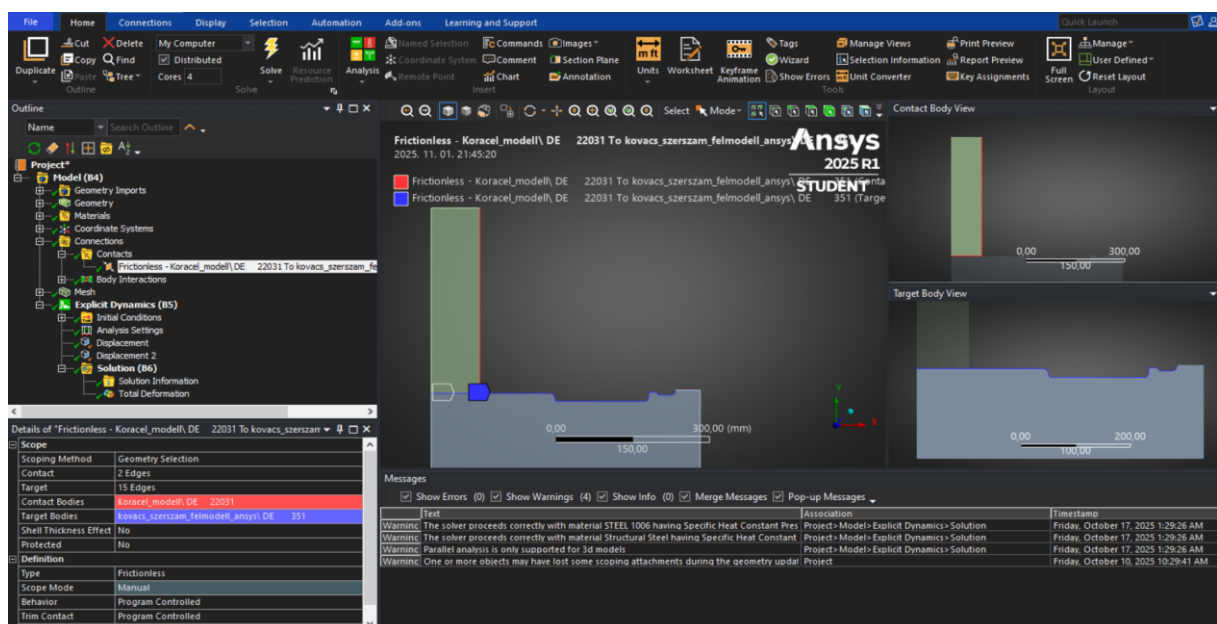
Mielőtt elkezdjük ki kell választanunk a hozzá megfelelő anyagot. A mi köracélunk anyaga nincs benne a program anyagtárjában, ezért a szimulációhoz legalkalmasabb anyagot választjuk ki. Ehhez be kell lépünk Engineering Datába, ott kiválasztjuk a Sources opciót a fejléc alján és megkeressük az Explicit Materials-ban a STEEL 1006-os anyagot, ez, az 5.32-es ábrán látható.

5.33. ábra Az anyag beállítása



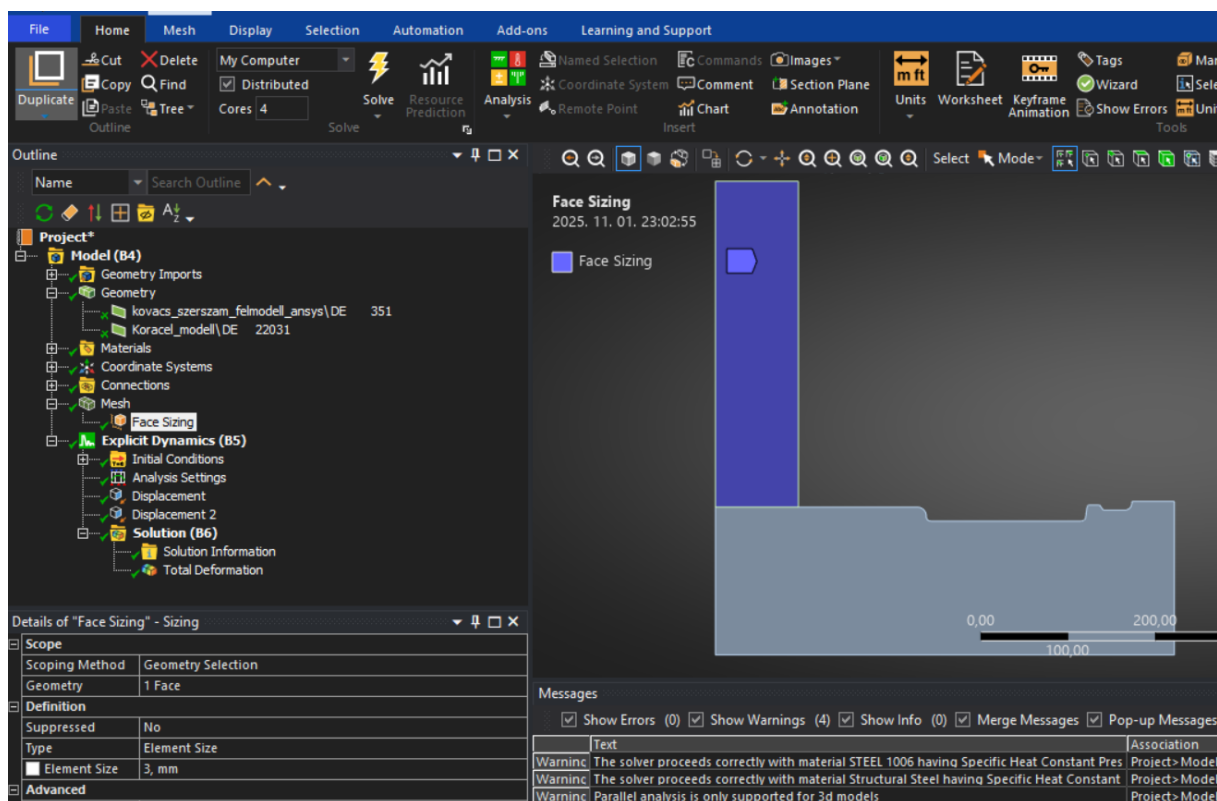
A projekt ablakba visszalépve frissítjük a projektet a fejléc alján található Refresh Project gombbal, majd belépünk az Explicit Setupjába, ahol az 5.33 ábrán látható kép fogad. A baloldalon található Projekt fában a Geometriába lépve a köracél anyagát a Material-nál átállítjuk az előbb kiválasztott STEEL 1006 anyagra. Magában a Geometry-ben a 2D Behavior-t Axisymmetric-re, ugyanis ezért kellett beilleszteni a koordináta rendszerben legalább a +X-es helyzetbe, hogy ezt az opciót használhassuk.

5.34. ábra Az érintkezési terület megadása



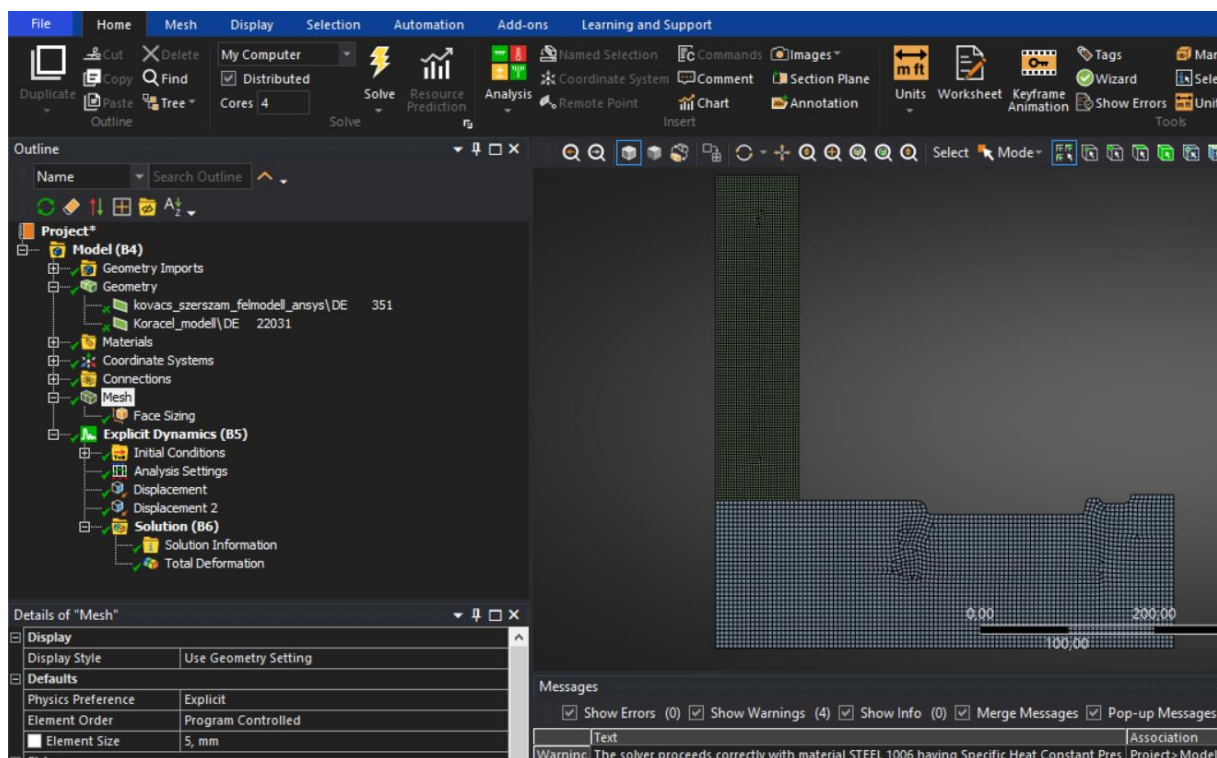
Tovább lépve a Connections-nél jobb klikk – Insert – Manual Contact Region. Ennek a beállításait az 5.34. ábrán szemléltetem. A contact-nak beállítottam a köracél két érintkező, Target-be pedig a szerszámunk összes élét. Az érintkezés típusát pedig Frictionless-re azaz súrlódás mentesre állítottam a Type opciónál. Ez azért fontos mivel e nélkül a program nem tudja, hogy két felületnek itt érintkezniük kellene és egymásba csúsznának a szimuláció során.

5.35. ábra A köracél hálózása



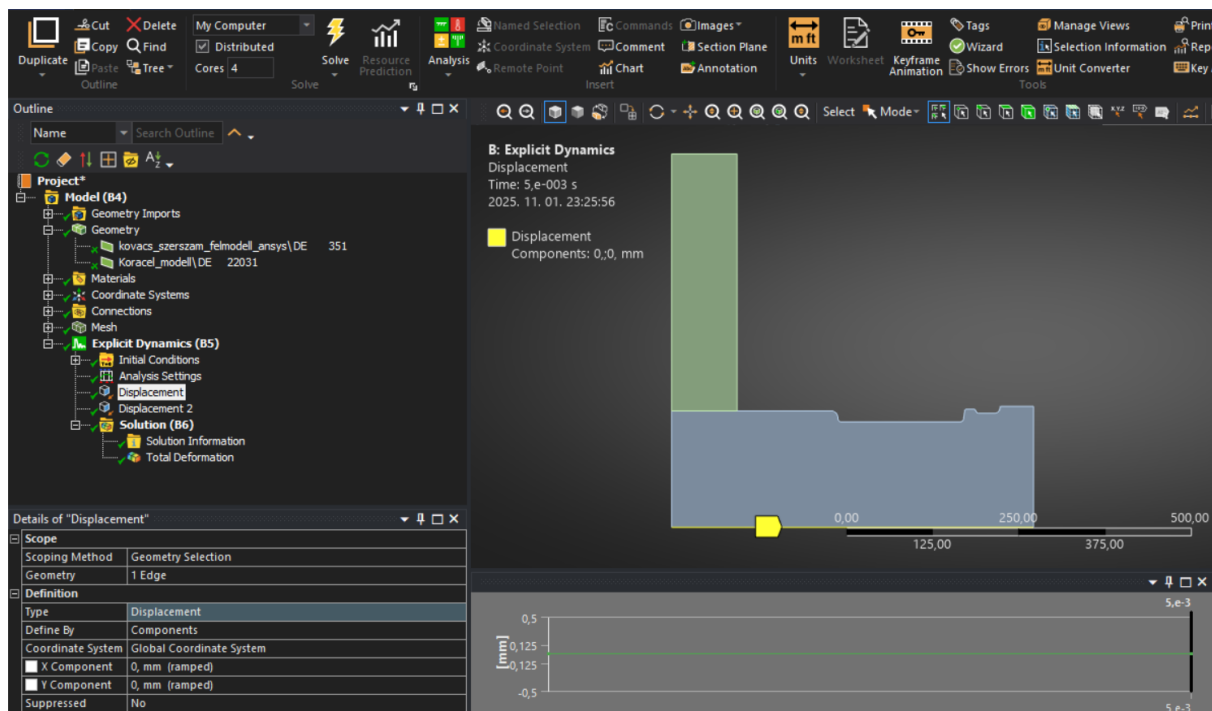
Itt a Mesh-re jobb klikk Isert – Sizing. A Gemorty-nél kiválasztjuk a köracélunkat, alatta az Element Size-nál pedig 3 mm-t állítunk be az 5.35. ábrán látottak alapján. A finom hálózás azért fontos, hogy a deformáció a lehető legpontosabb eredményt adja majd.

5.36. ábra A szerszám hálózása



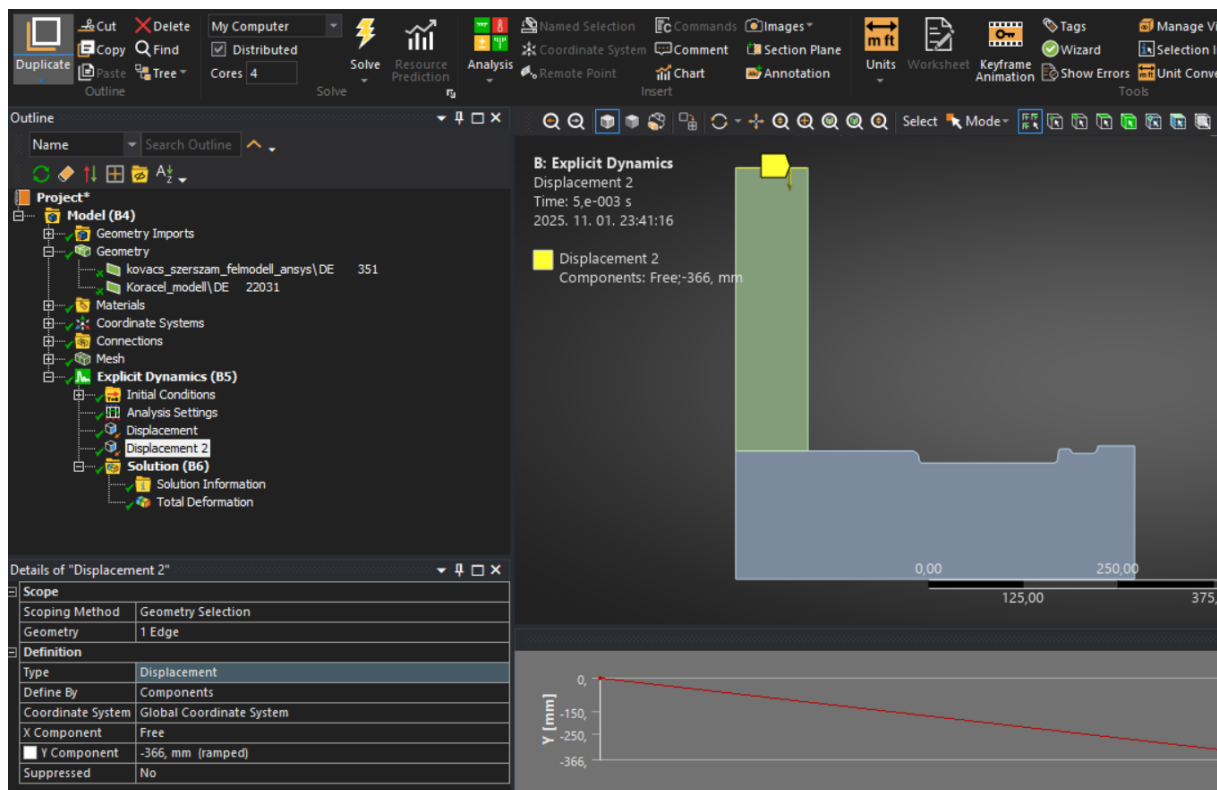
A szerszám finom hálózása nem lenne szükséges, ugyanis nem vesz részt az alakváltozásban, de mégis 5 mm-es Element Size-ot állítottam be neki, mert amennyiben nagyobbban hagyom, úgy a szerszám belső forma része eldeformálódna és nem kapunk pontos kitöltést a végén. A beállítások után nyomunk egy jobb klikk Generate-et. Az így kapott két testünk hálózását az 5.36 ábrán láthatjuk. A későbbiekben, mivel az Explicit modulban nincsen újra hálózás (remesh) opció, ezért a későbbi lépésekben ismertetett módon oldjuk meg ezt a problémát.

5.37. ábra A első elmozdulás létrehozása



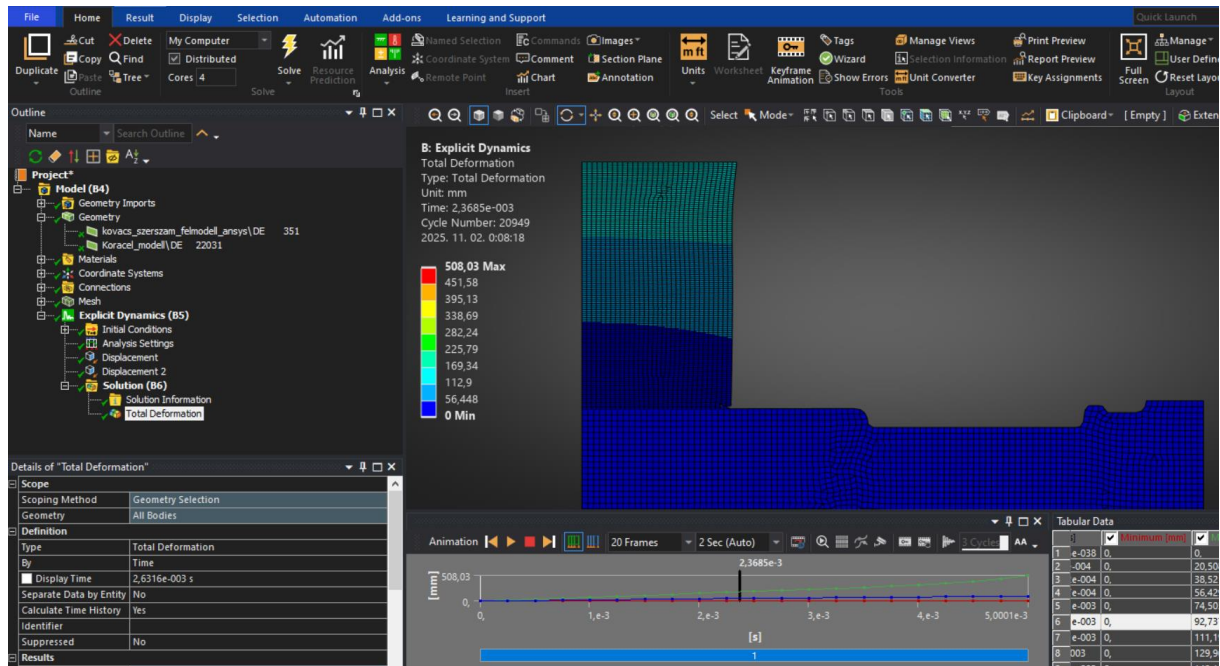
Ezután az Analysis Settings-ben beállítjuk az End Time-ot öt ezred másodpercre, ezt nagyon értékre nem érdemes tenni, mert a szimuláció lefutási ideje szignifikánsan növekszik tőle. A bal oldali projekt fában jobb klikk az Explicit Dynamics-re Insert – Displacement. Ebből behívunk kettőt, az elsőnél kiválasztjuk a szerszám alsó élét a Geometry-nél, az X és az Y Component-nél 0 mm-t állítunk, ugyanis nem szeretnénk, ha mozogna a szerszám a szimuláció közben.

5.38. ábra A köracél elmozdulása



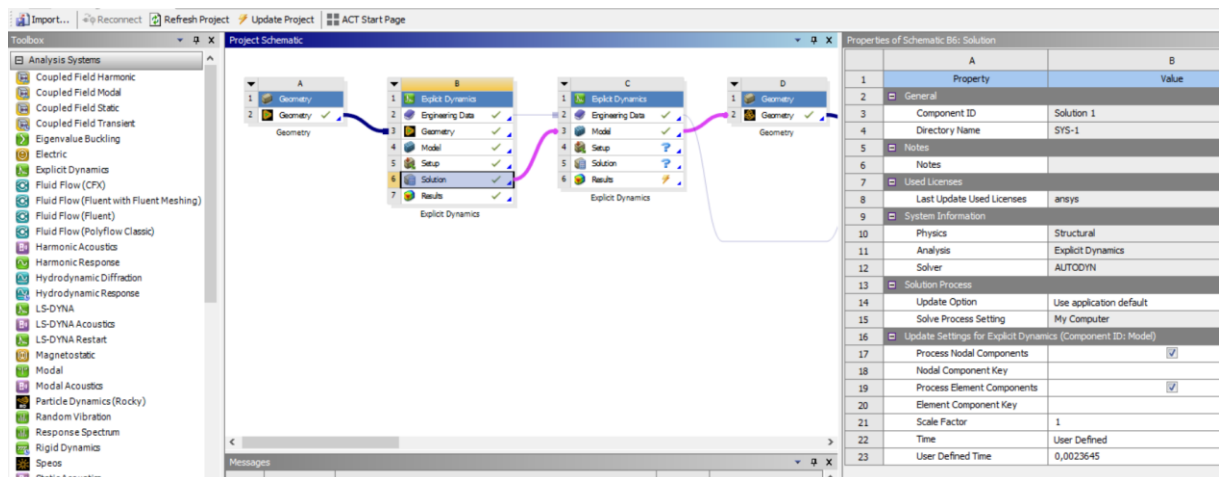
A második elmozdulásunk helyének a köracél tetejét választjuk az 5.38 ábra látható módon. Ennek a displacement-nek az X komponensét Free opcióon hagyjuk, hogy az szabadon mozoghasson +X irányba, az Y felét pedig egy viszonylag nagy, de tetszőleges számot állítunk. Ez azért tetszőleges, mert a szimulációt addig a pillanatig hagyjuk futni amíg az anyag hálója el nem kezd szétesni.

5.39. ábra A deformáció



Végezetül a Solution-re jobb klikk Insert – Deformation – Total-t választjuk ki, majd a fejlécen lévő Solve gombbal elindítjuk a szimulációt. A szétesés előtti utolsó állapotot az 5.39.-ábrán láthatjuk, ennek vég ideje $2,3685 \times 10^{-3}$ másodpercnél van.

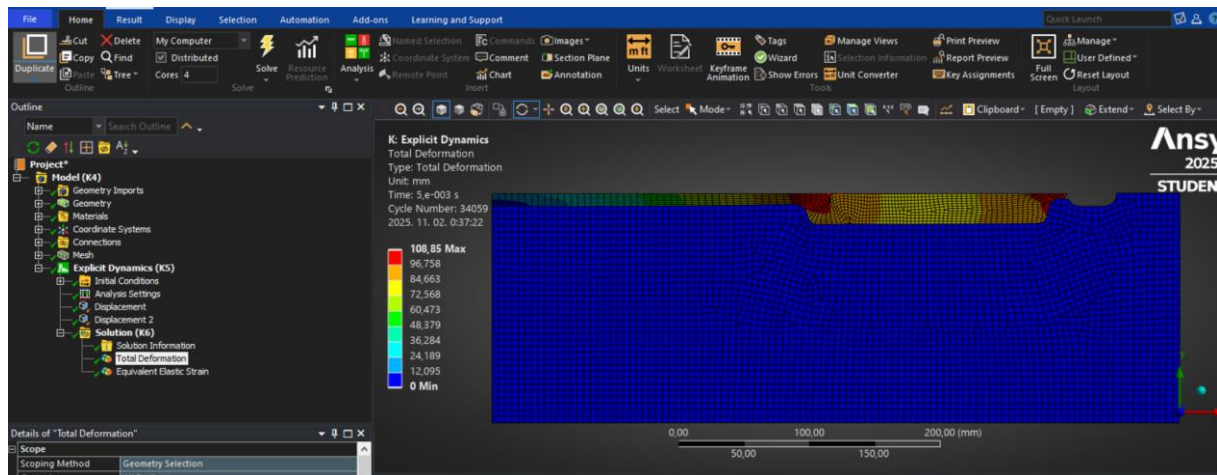
5.40. ábra A geometria kimentése



A projekt ablakba visszalépve a bal oldali Toolbox-ból kihúzzunk még egy Explicitet a meglévő mellé, majd egy Geometry modult a végére. Ezeket az 5.40. ábra alapján kell összekötnünk. A Solution-re kattintva, a jobb oldalon látható a huszonkettedik sorban levő Time-ot átállítjuk User Defined-re és alatta megadjuk a geometriánk vég időpontját az előző lépésből. Így az abban a másodpercben lévő geometriát átmentettük a második Explicit Modul opciójába.

Ezután a modult összekötjük a Geometry-vel, hogy előlről tudjuk kezdeni. Ezt az ábrán látható négy blokkból álló részt még háromszor megismételjük, ugyan ilyen beállításokkal, ezzel megoldva az újra hálózás hiányának problémáját. A két darab köztes deformáció eredményét az 5. és a 6. számú mellékletekben megtekinthető.

5.41. ábra A kitöltés vége



Az utolsó blokk eredményét és a kitöltés végét az 5.41 ábrán szemléltetem. Itt látható, hogy az utolsó elmozdulásnál, ami jelképezheti az utolsó ütest is, a legnagyobb deformáció és így a legnagyobb belső feszültség is a lyukasztási hártya szélénél, illetve a felesleg kiszorítása közben a sorjacsatorna bejáratánál keletkezik. Ezt a két említett feszültség gyűjtő pontokat az ábrán piros színnel látható.

6. Gazdasági számítás

6.1. táblázat A teljes gyártási folyamat ára

Művelet	Nettó óradíj (HUF)	Szükséges idő (óra)	HUF/kg	Egységár (HUF) + ÁFA	Széria ár (HUF) + ÁFA
Alapanyag	-	-	480	79 200	23 760 000
Kovácsolás	15 000	5	-	75 000	22 500 000
Tisztítás	3 500	0,167	-	583	175 000
Egyengetés	4 000	0,333	-	1 333	400 000
Forgácsolás	20 000	2,3	-	46 000	13 800 000
Tervezés	15 000	10	-	150 000	150 000
Összesen:	-	-	-	352 117	60 785 000

A fent látható táblázatban szemléltetem a kovácsdarab elkészítéséhez elengedhetetlen műveleteket, azok nettó óradíját, és a végrehajtásukhoz szükséges időt, továbbá ezek nettó és bruttó összegét összesen. Ezen kívül látható az alapanyag ára. Egy kovácsdarab elkészítéséhez 165 kg anyagot használunk fel. A teljes széria legyártásához szükséges összeg 60.785.000 HUF +ÁFA, amelynek a részletezését a 6.1.-es táblázatban látható, műveletekre lebontva.

7. Összefoglalás

A szakdolgozatom témája a plazma CNC csővágó gép zárófedelének tervezése volt, számítógépes támogatással. Még mielőtt azonban a szakirodalmat ismertettem volna, szerettem volna bemutatni a céget, ahol a szakmai gyakorlatomat töltöttem. A cégről szerzett ismereteim nyújtottak segítséget a gazdasági számítás során.

A szakdolgozatom első nagyobb részében végeztem el a szakirodalmi feldolgozást. Ebben a fejezetben igyekeztem összeszedni a legfontosabb ismereteket és tudnivalókat, amik szükségesek a szakdolgozatom lényegi részének megismeréséhez és átlátásához. Mindenekelőtt fontosnak tartottam tisztázni az előgyártmány fogalmát, majd bemutatni a típusait; ezen belül a kovácsolt előgyártmányt fejtettem ki részletesebben, hiszen a szakdolgozatom későbbi fejezeteiben a kovácsolási technológiai eljárással elkészített munkadarabot mutattam be, ugyanis az előkalkuláció során ez a technológia bizonyult a leggazdaságosabbnak. A kovácsolásnak két típusáról is írtam, a szabadalakító és a süllyesztékes kovácsolásról. Jelen esetben is a süllyesztékes kovácsolást részleteztem, illetve mutattam be mélyebben, ugyanis süllyesztékes kovácsolással készítettem el a munkadarabot a szakdolgozatomban. Ezután kitértem a hűtő-kenő anyagok bemutatására, osztályozására, illetve a kiválasztásának irányelveire. Végezetül a szakirodalmi feldolgozás utolsó részében összehasonlítottam a Solid Works és az Ansys programot; ez utóbbit használtam a munkadarab megtervezése során. A probléma bemutatása fejezetben részletesebben bemutattam a plazma CNC csővágó gépeket, ismertettem a lehetséges hibáit, amelyek gondot vagy nehézséget okozhatnak a gyártás során. Illetve ismertettem a rendelés teljesítéséhez szükséges tervezési dokumentációk hiányát, amelyek elkészítése a későbbiekben az én feladataim közé tartozott. A koncepció kiválasztásánál részleteztem a lehetséges gyártási módokat és kifejtettem, hogy melyik lenne a leggazdaságosabb. Ezután elkészítettem a hiányzó tervezési dokumentációt az összes számítással, műszaki és összeállítási rajzzal együtt, amikre a gyártás során szükségünk van. Ezt követően megterveztem a kovácsoló szerszámot a Solid Works-ben és ismertettem annak elkészítését lépésről lépésre. Elkészítettem a kovácsdarabot a sorjacsatornával együtt, majd lemodelleztem a szerszámot és kivontam belőle a kovácsdarabot. Ezzel létrehozva a szerszám belső üregét. A végeselem számítás részben elkészítettem a kovácsszerszám kitöltési szimulációját az Ansys programmal, ahol az előző fejezetben elkészült Works geometriát használtam. A 3D-s modellből 2D-s felületet készítettem, majd az Explicit Dinamics modult használtam a szimuláció kivitelezéséhez. Ebben beállítottam a szükséges paramétereket és

parancsokat, majd kiértékeltem a kész kitöltött kovácsdarabot. Végezetül kiszámoltam műveletekre lebontva az egységárat és a teljes széria árát.

8. Summary

The topic of my thesis was the design of the end cap of a plasma CNC pipe cutting machine, with computer support. However, before I presented the literature review, I wanted to introduce the company where I completed my internship. The knowledge I had acquired about the company provided help during the economic calculations.

In the first major part of my thesis, I reviewed the literature. In that chapter, I tried to gather the most important knowledge and information that is necessary for understanding and seeing through the essential part of my thesis. First and foremost, I considered it important to clarify the concept of a semi-finished product, and then to present its types; within that, I explained the forged semi-finished product in more detail, since in the later chapters of my thesis I presented a workpiece made using forging technology, as this technology turned out to be the most economical during the preliminary calculation. I also wrote about the two types of forging: open-die and closed-die forging. In this case, I detailed and presented the closed-die forging more thoroughly, since the workpiece in my thesis was made using closed-die forging. After that, I addressed the presentation, classification, and selection principles of cooling-lubricating materials. Finally, in the last part of the literature review, I compared the Solid Works and Ansys programs; the latter of which I used during the design of the workpiece. In the chapter presenting the problem, I introduced the plasma CNC pipe-cutting machines in more detail, described their possible faults which may cause issues or difficulties during production. I also described the lack of the design documentation necessary for fulfilling the order, the preparation of which later became one of my tasks. When choosing the concept, I detailed the possible manufacturing methods and explained which one would be the most economical. After this, I prepared the missing design documentation with all the calculations, technical and assembly drawings together, which are needed during production. After that, I designed the forging tool in SolidWorks and described its creation step by step. I created the forged part together with the burr channel, then modeled the tool and subtracted the forged part from it, this creating the internal cavity of the tool. In the finite element analysis section, I did the forging tool filling simulation using the Ansys program, where I used the Works geometry created in the previous chapter. From the 3D model, I created a 2D surface, then used the Explicit Dynamics module to perform the simulation. In this, I set the necessary parameters and commands, then evaluated

the finished filled forged part. Finally, I calculated the unit price and the total series price broken down by operations.

9. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

Alulírott Ambrúzi Dominik, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Gépészmérnök 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 03 hó 25 nap

Ambrúzi Dominik
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 védelemre javaslom / nem javaslom*.

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

Kelt: Gödöllő 2025. év április hó 10. nap

Dr. Kovács Attila
Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseről és eredetiségéről

A hallgató neve: Ambrúzs Dominik
A Hallgató Neptun kódja: EXHITZ
A dolgozat címe: Plazma CNC csőágó gép zárófedelének tervezése számítógépes támogatással
A megjelenés éve: 2025
A tanszék neve: Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat 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 mindenkor 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 október hó 20. nap

Ambrúzs Dominik
Hallgató aláírása

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	AMBRÚZS DOMINIK
Neptun-kódja:	EXH3TZ
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	☒ BSc/BA ☐ MSc/MA ☐ Doktori (PhD) ☐ Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	SZAKDOLGOZAT / SG-MMG-D001BN
A munka címe:	PLAZMA CNC CSÖVÁGÓ GÉP ZÁRÓFEDELÉNEK TERVEZÉSE SZÁMÍTÓGÉPES TÁMOGATÁSSAL

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

☒ A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

☐ B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve, verziója,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet

	elérhetősége		bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

A MATE-K/13-12/2025 iktatószámú 11/2025 (VIII. 29.) számú rektori utasítás: a **MESTERSÉGES INTELLIGENCIA HASZNÁLATÁRÓL SZÓLÓ SZABÁLYZAT** hatályba lépése előtt 2025. szeptember 1. előtt az MI használata engedélyezett.

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: GÖDÖLLŐ, 2025. 11. hó 02. nap

Amházi Domonk

Hallgató aláírása

Dr. Kovács Anikó

Konzulens/Témavezető aláírása

10. Irodalomjegyzék

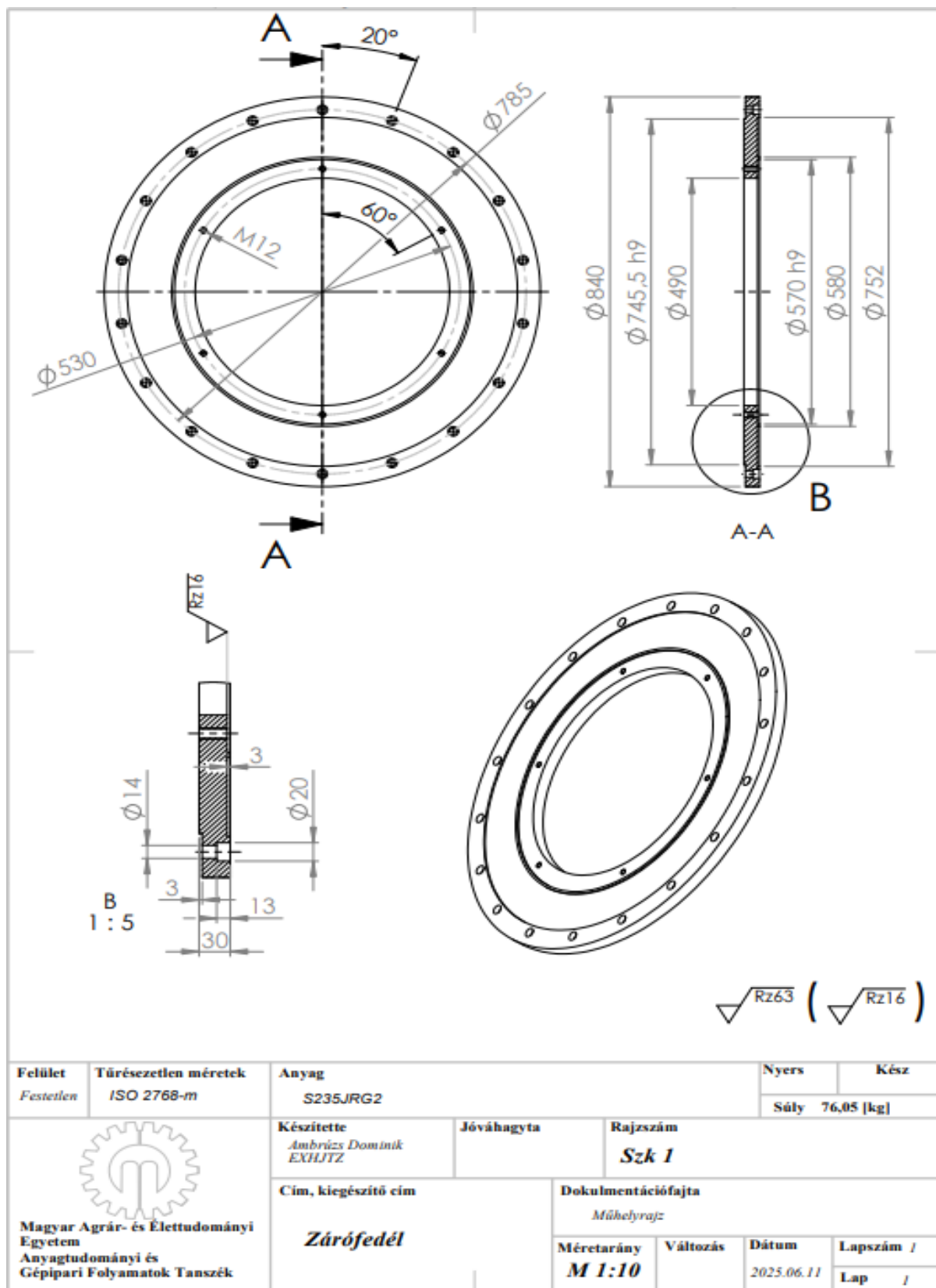
1. Dr. Dénes, É., Dr. Farkas, P., Dr. Szabó, Z., & Fülöp, Z. (2008). *Fémtechnológia*. Dunaújváros: Főiskolai Kiadó.
2. Dr. Fledrich, G., Dr. Kári-Horváth, A., Dr. Kakukk, G., & Dr. Zsidai, L. (2016). *Gépgyártástechnológia*. Gödöllő: Szent István Egyetem Nonprofit Kft.
3. Dr. Fodor, T., Dr. Orbán, F., & Dr. Sajtos, I. (2005). *Mechanika Végeselem-módszer Elmélet és Gyakorlat*. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház.
4. Dr. Jánossy, G., Dr. Kári-Horváth, A., Keresztes, R., & Szakál, Z. (2016). *Előgyártmány és képlékeny alakítás tervezési gyakorlat*. Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatal.
5. Dr. Jánossy, G., Dr. Kári-Horváth, A., Keresztes, R., & Szakál, Z. (2017). *Előgyártmány és képlékeny alakítás tervezési gyakorlat*. Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatal.
6. Dr. Kári-Horváth, A., & Dr. Pataki, T. I. (2017). *Szerszámok és készülékek*. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó.
7. Dr. Kári-Horváth, A., & Szilágyi, N. (2023). *Mezőgazdasági Technika. Forgácsolási segédanyagok, mint rendkívül veszélyes*, 18-20.
8. Dr. Kári-Horváth, A., Dr. Pálincás, I., & Dr. Zsidai, L. (2012). *Megmunkálási technológiák*. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó.
9. Dr. Molnár, J., & Dr. Szabó, S. (1995). *Készüléktervezés*. Miskolc: Miskolci egyetem kiadó.
10. Dr. Német, B. (2012). *Ipari technológiák*. Pécs: Pécsi Tudományegyetem. Forrás: <https://polc.ttk.pte.hu/nemetb/IT-7-Anyagmegmunkalo%20alaptechnikak-NB.pdf>
11. Dr. Pálincás, I., & Dr. Kári-Horváth, A. (2010). *Szerszámok és készülékek*. Gödöllő: SZent István Egyetemi Kiadó.
12. Dr. Seregi, G., & Kristófi, Á. (2005). *Kovácsművesség*. Budapest: Építésügyi Tájékoztatási Központ Kft.
13. Dr. Stampfer, M. (2008). *Gépipari technológiák II*. Pécs: Pollack Kiadó.

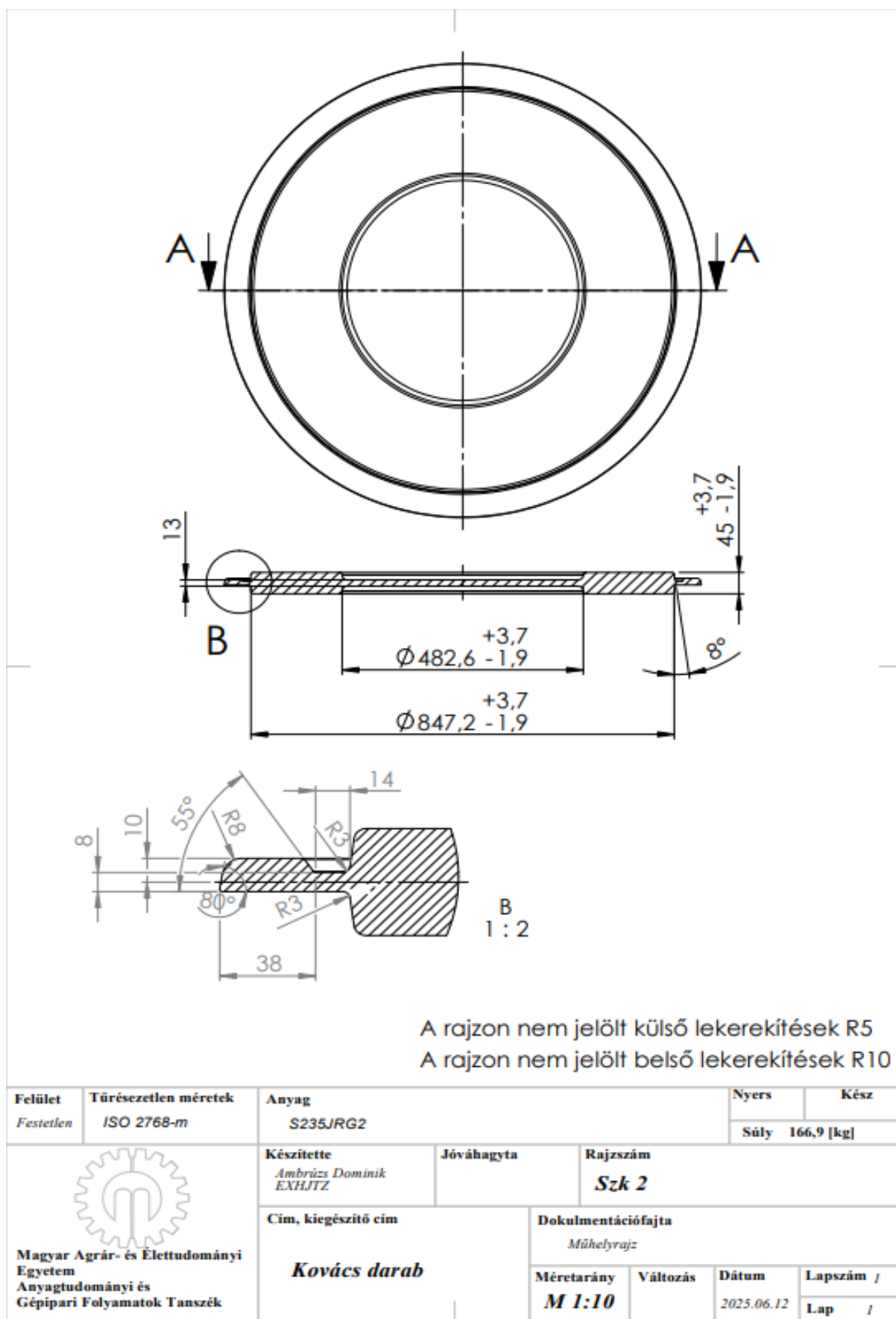
14. Dr. Zsidai, L., Kakuk, G., Kári-Horváth, A., & Szakál, Z. (2018). *Forgácsoló eljárások tervezése*. Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatal.
15. Dudás, I., Friedhelm, L., & Varga, G. (2010). *Környezetbarát technológiák a gépgyártásban*. Műszaki Könyvkiadó.
16. Gaurav, A. (2021). *INTERNSHALA TRAININGS*. Forrás: What is Ansys? Meaning, Features, Applications, and Benefits: https://trainings.internshala.com/blog/what-is-ansys/#Key_Features_of_Ansys
17. Harmaci, K., Plósz, A., & Szabó, E. (2014). *Fémipari alapműveletek elmélete és gyakorlata*. Budapest: Tankönyv mesterkiadó.
18. Kári-Horváth, A., & Pataki, T. (2020). IOP Conference Series Materials Science and Engineering. *Analysis of temperature in different cooling methods*.
19. Kodácsy, J. (2005). *Gépgyártás I.* Kecskemét: Kecskeméti Főiskola.
20. Nachtman S., E., & Kalpakjian, S. (1985). *Lubricants and Lubrications in Metalworking operations*. New York & Basel: Marcel Dekker Inc.
21. Rávai, A., & Bende, Z. (2019). *Gépek biztonsága*. Budapest: Akadémia kiadó. Forrás: https://mersz.hu/dokumentum/m423gbiz__85/#m423gbiz_82
22. Sági, G., & Mátyási, G. (2012). *Számítógéppel támogatott technológiák*. Budapest: Műszaki kiadó.
23. Szalayné Kovács, E. (2010). *Képlékeny alakítás, nyújtás, zömítés*. Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet. Forrás: https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetencia_k_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/5_0111_017_101215.pdf
24. Valasek, I., & Kári-Horváth, A. (2011). Tribologie und Schmierungstechnik. *The action mechanism of minimum lubrication and the increase of its efficiency*, 34-47.

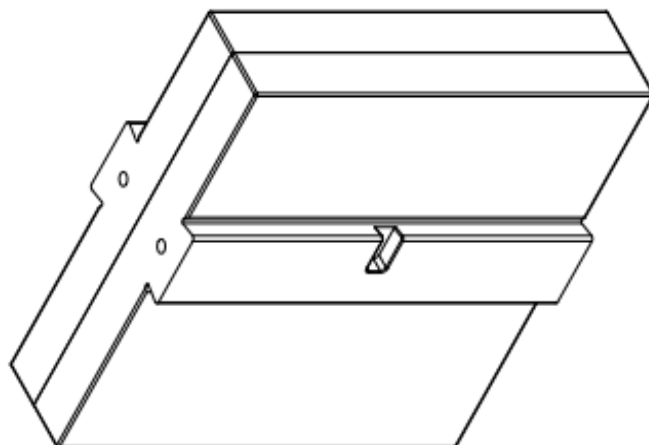
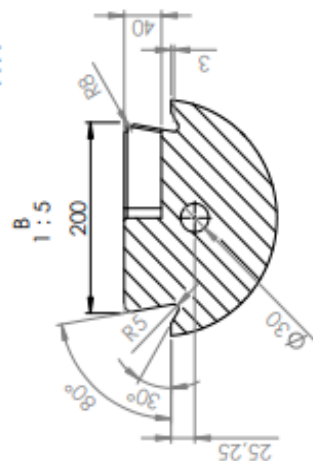
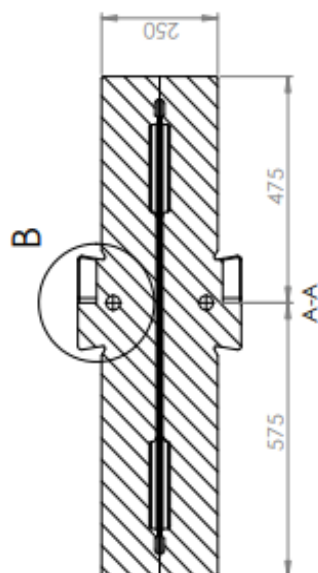
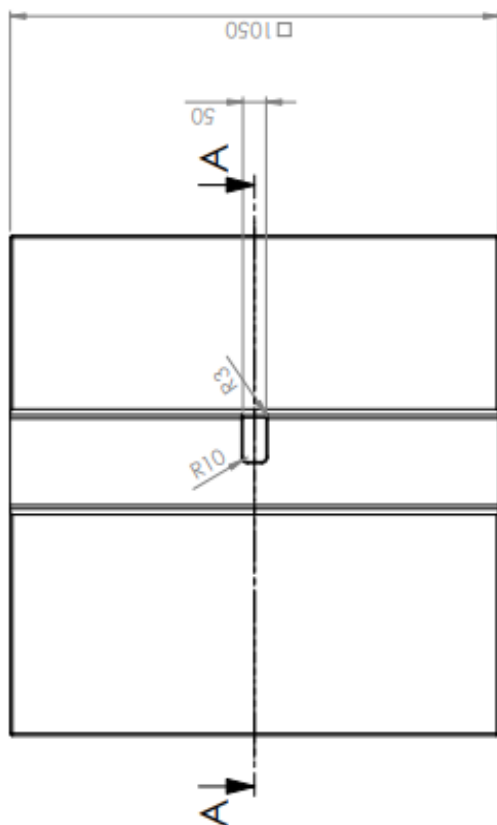
11. Mellékletek jegyzéke

1. számú melléklet: A gépész darab műhelyrajza
2. számú melléklet: A kovács darab műhelyrajza
3. számú melléklet: A szerszám műhelyrajza
4. számú melléklet: Összeállítási rajz
5. számú melléklet: A második nyomás eredménye
6. számú melléklet: A harmadik nyomás eredménye

12. Mellékletek







A nem jelölt lekerekítések R5-ös sugarúak.
A süllyeszték üreg méretei megtekinthetők a kovácsdarab műhelyrajzán.

[illegible]



