

# **SZAKDOLGOZAT**

**Zykin Alekszandr**  
**Gépészmérnök**

**Gödöllő**  
**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Gödöllői Campus**  
**Gépészmérnöki Szak**

**CSŐFORGATÓGÉP HAJTÓMŰHÁZ LEZÁRÓ ELEMÉNEK**  
**GYÁRTÁSTERVEZÉSE**

|                         |                                                      |
|-------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Belső konzulens:</b> | Dr. Kári-Horváth Attila<br>Egyetemi docens           |
| <b>Külső konzulens:</b> | Bánhegyi József<br>Termelésvezető                    |
| <b>Készítette:</b>      | <b>Zykin Alekszandr</b><br>HM0RE3<br>nappali tagozat |
| <b>Intézet/Tanszék:</b> | <b>Műszaki Intézet</b>                               |

**Gödöllő**  
**2024**

**MŰSZAKI INTÉZET**  
**GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK**  
**Mérnökinformatika specializáció**

**SZAKDOLGOZAT**  
feladatlap

*Zykin Alekszandr* (HM0RE3)

részére

A szakdolgozat címe:

**Csőforgatógép hajtóműház lezáró elemének gyártástervezése**

**Feladatkiírás:**

Bevezetés, cégbemutató, szakirodalom feldolgozása, Probléma bemutatása, Technológiai számítás, Kovácsszerszám vizsgálata, Kovácsolt munkadarab modellezése, Szimuláció készítése végelem programban, gazdasági számítás, összefoglalás,

**Közreműködő tanszék:** Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

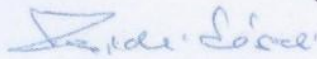
**Külső konzulens:** Bánhegyi József, Termelési vezető, GO-METALL KFT.

**Belső konzulens:** Dr. Kári-Horváth Attila, Egyetemi docens, MATE MI

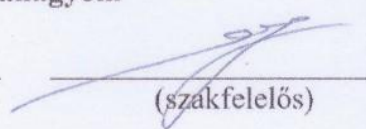
**Beadási határidő:** 2024. november 5

Gödöllő, 2024. szeptember 9

**Jóváhagyom**

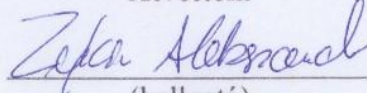


(tanszékvezető)



(szakfelelős)

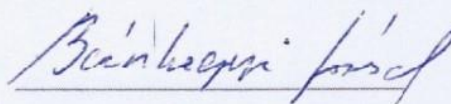
**Átvettem**



(hallgató)

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

Gödöllő, 2024.



(külső konzulens)

## Tartalom

|      |                                                      |    |
|------|------------------------------------------------------|----|
| 1.   | Bevezetés.....                                       | 5  |
| 2.   | GO-METALL Kft. cégbemutatása.....                    | 6  |
| 3.   | Szakirodalom feldolgozása .....                      | 7  |
| 3.1. | Képlékeny alakítás .....                             | 7  |
| 3.2. | Hűtő kenő folyadékok .....                           | 11 |
| 3.3. | Solidworks, CAD-program bemutatása .....             | 12 |
| 3.4. | Végeselem program bemutatása.....                    | 17 |
| 4.   | Probléma.....                                        | 20 |
| 4.1. | Az alkatrész anyaga.....                             | 20 |
| 4.2. | Alkatrész felhasználási környezete .....             | 22 |
| 5.   | Technológiai számítások .....                        | 23 |
| 5.1. | Osztófelület megválasztása .....                     | 24 |
| 5.2. | A kovácsolandó Geometria meghatározása .....         | 25 |
| 5.3. | Sorjacsatorna .....                                  | 31 |
| 6.   | Szerszám tervezése.....                              | 33 |
| 6.1. | Alkatrész modellezése.....                           | 33 |
| 6.2. | Kovácsdarab modellezése .....                        | 38 |
| 6.3. | Kovács szerszám modellezése .....                    | 42 |
| 7.   | Végeselem szimulációk.....                           | 46 |
| 7.1. | A szerszám anyaga .....                              | 46 |
| 7.2. | A modell importálása és paraméterezése Ansysba. .... | 47 |
| 7.3. | Szimulációhoz használt Modell megalkotása .....      | 49 |
| 7.4. | A szimuláció eredményei .....                        | 53 |
| 8.   | Gazdasági számítás .....                             | 56 |
| 9.   | Összefoglalás.....                                   | 57 |

---

|     |                           |    |
|-----|---------------------------|----|
| 10. | Summary .....             | 58 |
| 11. | Nyilatkozat .....         | 59 |
| 12. | Irodalomjegyzék.....      | 61 |
| 14. | Mellékletek jegyzéke..... | 65 |
| 15. | Mellékletek.....          | 66 |

---

## 1. Bevezetés

Az alkatrész egy villanymotorhoz rögzített hajtóműház eleme, a villanymotor egy csőforgató berendezést hajt. A hasonló berendezések elterjedtek a gyártásban, használatuk megkönnyíti a csövek toldását, szerelvények precíz felhegesztését. Üzemeltetésük gyáregységeken, műhelyeken belül összehegesztendő, majd a felhasználási helyükön szerelhető munkadaraboknál elterjedt. A felhasználási helyszínen hegesztéssel összeállítandó szerelvények esetén nem használható az említett berendezés. A berendezés feladata, hegesztés során a hegesztendő cső folyamatos és egyenletes sebességgel való forgatása. A csőforgató gép különböző átmérőjű csövek fogadására képes, az aktuális gép 600 - 3000 mm-ig fogad be munkadarabokat.

A csőforgató berendezéseknél fontos szempont még a munkasebesség tetszőleges megválasztása. Ennek segítségével a hegesztési eljárás sajátosságaihoz tudjuk állítani az előtolási sebességet, természetesen a folyamat során a hegesztendő munkadarabok paramétereit figyelembe kell venni. Az aktuális berendezésen a hegesztési sebesség 75 - 1500 mm/min-között állítható.

Saját munkám során áttekintem a hazai és nemzetközi szakirodalmat, bemutatom a problémát a gyártandó alkatrész vonatkozásában. A feladat megoldását az alkatrész 3 dimenziós modelljének elkészítésével kezdem, ezt követően elvégzem a technológiai számításokat és a megfelelő hozzáadásokkal elkészítem a kovácsdarab modelljét. Ezek után kezdek a szerszámok tervezését és vizsgálatát. Elkészítem a további szükséges technológiai számításokat, illetve a kovácsszerszám működési vizsgálatát. A dolgozat 2. részében bemutatom, hogy az általam választott szoftverben, hogyan is kell megtervezni a szerszámot.

Végül bemutatom, valamint értékelem a szükséges véges elemes szimulációk végeredményeit, továbbá gazdasági számítást készítek, illetve elkészítem a szükséges dokumentációkat.

---

## 2. GO-METALL Kft. cégbemutatása

A cég fő profiljai a Gépalkatrészgyártás, az Öntvénymegmunkálás, az Acélszerkezet-gyártás, és a CNC-forgácsolás



*2.1. ábra GO-METALL Kft. termékei*

A cég alapítási éve 1990, első telephelye a Csepel Művek Ipari Parkban található, 2014-ben Tabon bővült az üzem. Az üzemegységek 30-35 főt foglalkoztatnak, az éves kapacitása 80.000 óra, a minőségirányítási rendszerük az MSZ EN ISO 9001:2015-ös szabványt alkalmazza. A cég export rátája 80%-os és 1,7 M. EUR a forgalma a 2022-es adat alapján, Fő export országai: Németország, Belgium, Hollandia, Ausztria, Svédország, USA, Franciaország.

Fő tevékenységi körei:

- Műszaki rajz alapján gépalkatrészgyártás.
- Öntvények készre munkálása
- Kisebb acélszerkezetek összeállítása és gyártása
- Alkatrészek szerelése

Termékeik elsősorban a szerszámgépiparban, az élelmiszeri gépiparban, az olaj- és gáziparban, valamint a kompresszor-gyártás területén kerülnek felhasználásra.

Fő termékeik: pumpaházak, forgattyús házak, hajtásházak, csapágyházak, csapágyfedelek, hajtókarok, keresztfejek, gépágyak, orsószekrények, egyéb szerszámgépipari alkatrészek, kompresszor alkatrészek.

Elérhetőségeik:

Internet: <http://www.go-metall.hu> Tel.: (36-1)-277-8302; (36-1)-278-2266; (36-1)-278-2267

Székhely: H-1211 Budapest, Acélcső u. 15-17. E-mail: [gometall@t-online.hu](mailto:gometall@t-online.hu)

---

### 3. Szakirodalom feldolgozása

#### 3.1. Képlékeny alakítás

Képlékeny alakváltozás akkor megy végbe mikor az érintett anyag mikroszerkezetében maradandó alakváltozás jön létre, ennek oka az anyagra ható terhelés nagysága. Mivel a deformáció során maradandó alakváltozást szenved az anyag így a terhelés megszűnése után sem képes visszanyerni az eredeti alakját. A maradandó alakváltozás során az anyag atomjai rendeződnek át, jelen témában az alkalmazott fémek, ötvözetek kristályszerkezetük idomul az alakítás során. Fontos, hogy képlékeny alakítás közben nem szakítjuk meg a kristályszerkezetüket, csak elrendezésüket változtatjuk meg a test kívánt alakjának elérése közben. Ez által egy erősebb szerkezetű kész terméket tudunk előállítani, mint a más kristályszerkezet megszakításával járó módszerek.

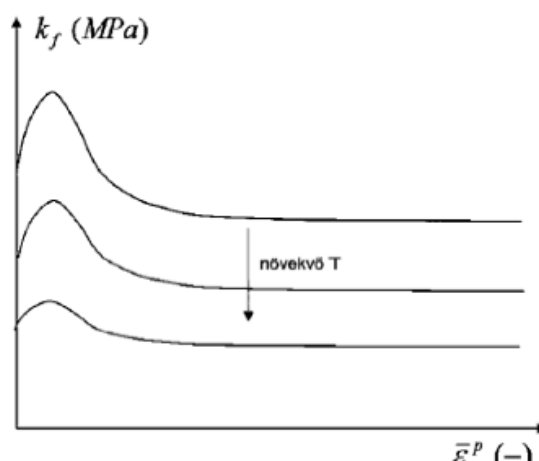
Ideális esetben az anyagban rendeződő kristályszerkezet a testben minden irányban szabályos mintát vesz fel, rácspontjain az anyagot felépítő atomok helyezkednek el.

A gyakorlatban használandó anyagok nem ideálisak, a valódi kristály szerkezetekben hibák sorakoznak. Ezért a valódi anyagok esetében a diszlokáció elérése könnyebb, képlékeny alakítás a diszlokációk végbemenetele nélkül nem is jöhetne létre. Az alakítási folyamat során a munkadarabban keletkező feszültség átlépi az anyag folyáshatárát, ekkor megindul a diszlokáció ezzel együtt a képlékeny alakváltozás is. [41.][44.][53.][51.][34.]

Egy diszlokáció folyamata az atomi síkok kismértékű elmozdulását okozza, az alakváltozás mértékének növekedése egyenesen arányos az okozott diszlokációk mértékével. Képlékeny alakítás során a végzett munka kisebb része hővé alakul. A folyamat során az alakítandó fém a rá jellemző lágyítási hőmérsékletre kell hevíteni, a kívánt hőmérséklet elérésekor a munkadarab szilárdsága és keménysége csökken, ellenben szívóssága és alakíthatósága nő. Melegalakítás során újra kristályosodás megy végbe, a folyamat végére a régi szemcsék eltűnnek, helyettük új, kis diszlokáció sűrűségű szemcsékből álló mikro szerkezet alakul ki. Az újra kristályosodás hőmérséklete természetesen az anyagjellemzőtől, de az deformáció mértékétől is függ. Ez a hőmérsékleti érték nem egy pontos hőmérsékleti értékhez, sokkal inkább tartományhoz köthető. Melegalakítás közben a keményedés és az újra kristályosodás

egymással párhuzamosan történik, ezért az anyagot hevített állapotban nagy mértékben lehet alakítani, annak károsodása nélkül. [33.][21.][17.]

Az anyagok folyásgörbéjét az (3.1. ábra Melegalakításra jellemző általános folyásgörbék.) ábrán látható módon, hőmérséklet növelése lefelé tolja, ezért egyre kisebb erőre van szükség azonos mértékű alakváltozáshoz

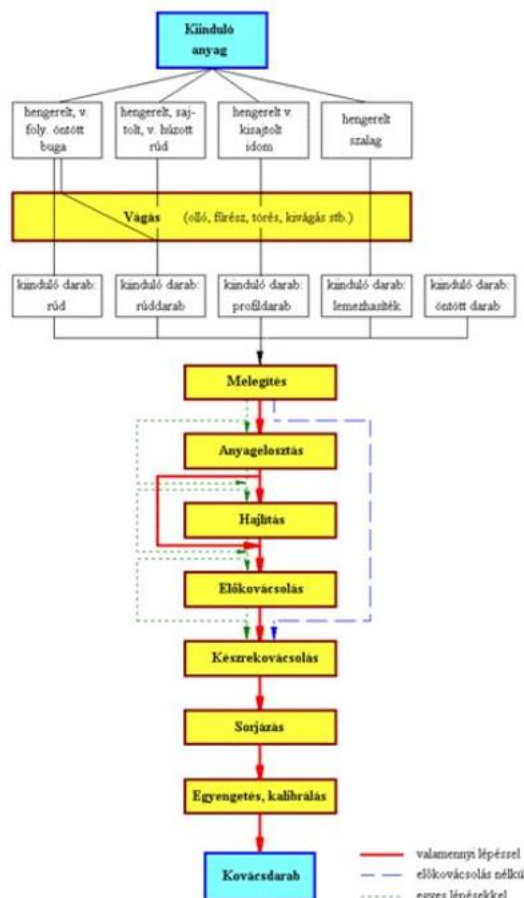


3.1. ábra Melegalakításra jellemző általános folyásgörbék.

A kovácsolás, mint technológia egy meleg képlékenyalakító művelet, amelynek céljai:

- alakadás: a végső felhasználási alak megközelítése, esetleg késztermék gyártása
- alapanyag javítás: kovácsolással az öntött durva szemcsés szerkezetű anyag finomszemcsés szerkezetűvé tehető, kialakul a szálasodás, így javul a termék mechanikai tulajdonsága
- alapanyag megtakarítás: előkovácsolt darabból sokkal kevesebb forgács eltávolításával nyerhető készgyártmány
- termelékenység növelése: a kovácsolt darabból sokkal gyorsabban készíthető el a kész darab, mint kovácsolás nélkül.

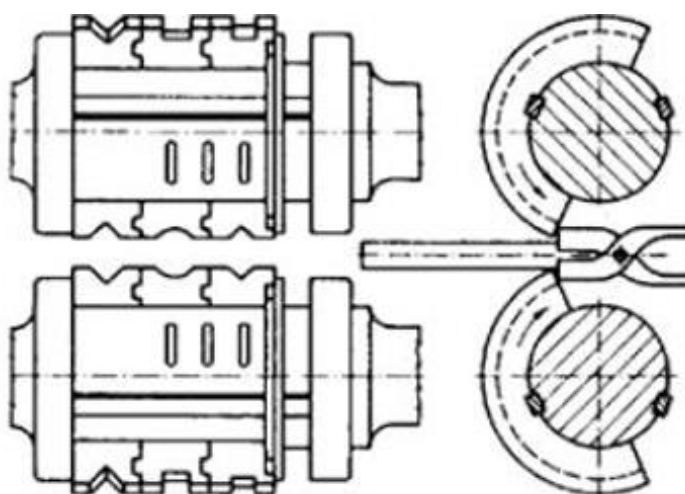
Alapvetően két féle kovácsolási technológiát különböztetünk meg. A szabadalakító kovácsolást, melyben az alakítandó anyagra az alakítást végző erő irányára merőlegesen nem hat más erő. Valamint a süllyesztékes kovácsolást, ekkor az anyag szélesedése gátolva van, és rendelkezésére álló teret kitölti az alakadó süllyesztékben.[22.][21.][17.][41.]



3.2. ábra Kovácsolás műveleti lépései

A (3.2. ábra Kovácsolás műveleti lépései) ábrán látható a kovácsoláskor alkalmazható összes lépés, amely a kész darab elkészítéséhez vezet. Nem minden esetben szükséges az összes lépést használni, ezt a kovácsolandó darab anyaga, mérete, bonyolultsága, a rendelkezésre álló géppark, a hőmérsékleti viszonyok, a sorozatgyártás nagysága és egyéb tényezők határozzák meg. Az ábrán az anyagelosztás olyan előalakítást jelent, amelyben az előalakított keresztmetszet alakra nem, de nagyságra megegyezik a kész alak sajátosságával és leégési veszteséggel növelt keresztmetszetével. A hajlítást görbült daraboknál általában az anyagelosztást követően alkalmazzák. Az előkovácsolás feladata a kész alak legjobb megközelítése. A készre kovácsolás feladata a kész üreg tökéletes kitöltésével az alak és méretpontosság elérése. A kész üregben az alakváltozás nagyon kis mértékű. A süllyesztékes kovácsolás folyamata lehet egy, vagy több üregben végzett, ezt a termék mérete és bonyolultsága dönti el. A megfelelő módszer kiválasztása itt is az előzőekben részletezett feltételektől függ. Elterjedt technológia még a kovácshengerlés, a hengerlés és a süllyesztékes

kovácsolás kombinációja. Célja a kiinduló anyag nyújtása és bizonyos alakadás. Az alakítást két együtt dolgozó, egymással ellentétes irányba forgó henger végzi. Egy-egy alakítást jellemzően egy-egy fordulat alatt történik. A két munkahengerre süllyesztékes szerszámokhoz hasonlókat erősítenek, elhelyezésük nem terjed ki az egész hengerpalástra (3.3. ábra Kovácshengerpár felszerszámozva), a hengerek átmérőjét a kovácsolni kívánt darab hossza határozza meg. A kovácsdarabot akkor vezetik a hengerek közé, amikor a szegmensek eltávolodnak egymástól. [44.][36.][45.][39.][14.][15.][12.]



3.3. ábra Kovácshengerpár felszerszámozva

A hengerpár forgásiránya olyan, hogy a darabot az alakítás közben a kovácsolást végző személy felé tolják vissza. Egy hengerpárra több szegmenspárt rögzítenek a 3.3. ábrán látható módon, így akár „több szúrásos” alakítást is el lehet végezni.

### 3.2. Hűtő kenő folyadékok

Kenési eljárás a süllyesztékes kovácsolás során.

Melegalakításnál a szerszám hűtésére és a kíméletesebb alakítás érdekében kenőanyagokat alkalmazunk. Ennek a fő indokai a súrlódás csökkentése, a hőelvezetés növelése és a jobb felületi minőség elérése. A kenés történhet szilárd vagy folyékony halmazállapotú anyagokkal, ahogyan fekete vagy fehér, tehát grafitos vagy grafit nélküli kenőanyaggal. A szilárd kenőanyagokat akár szilárd állapotban, vagy vizes emulzió formájában is alkalmazhatjuk.

A kenőanyagokat többféleképpen hordhatjuk fel a felületre, a folyamatot végezhetjük közvetlenül kézi erővel ecset vagy rongy segítségével, avagy használhatunk szórófejet. Modern, nagyobb egységekben elterjedtek az automatizált folyamatok is.[19.][11.][24.][26.][40.]

Fontos jó hőtűrő képességgel rendelkező kenőanyagot választani, ezért általában grafit tartalmú anyagokat használ az ipar, akár szilárd halmazállapotban, akár valamilyen oldott formában.

A kenőanyagok nem csak a munkadarab eltávolítását segítik, de csökkentik a süllyesztékek kopását is ezzel növelik a használhatóságuk időtartamát.

Az acél termékek kovácsolása során használhatunk modern, nem hagyományos kenőanyagokat is, több gyártónak van már „fehér”-színű leválasztó anyaga. Ezek használatával megkönnyítjük a kenési folyamatot, felhordásuk során színéből adódóan jól látható a kezelt terület. Használatával könnyen elkerülhetőek a feltapadások, kiváló leválasztóképességgel rendelkeznek akár magas hőmérsékleten is. [37.][58.][57.][56.]

A gyártók most már odafigyelnek a környezetvédelemre ezért általában ezek a kenőanyagok nem tartalmaznak Bór-, Foszfor- és aminvegyületeket, semleges PH-értékükkel elkerülik az esetleges bőrirritációt.

#### **Előnyök**

A megfelelő kenés elősegíti a folyamat hatékonyságát és a végeredmény minőségét. Csökkenti a súrlódást, védi a szerszámokat, javítja a felületi minőséget, és hosszabb élettartamot biztosít a szerszámoknak. A hűtőfolyadékok használata különösen fontos a hőmérséklet szabályozásában.

---

### 3.3. Solidworks, CAD-program bemutatása

A CAD-rendszerek az-az a Computer Aided Design, magyarul a Számítógéppel Segített Tervezés a modern mérnöki tevékenységek nélkülözhetetlen elemei, a 20.-század végei megjelenésük óta szerves része a tervezési és fejlesztési tevékenységeknek. Ez a fajta tervezési folyamat nem csak vizuális megjelenítésében és gyorsaságában jelent előnyt, hanem segítségével könnyen megismerhetjük a gyártandó elem paramétereit gyártás nélkül. A szoftverek előtti tervezési technikák, jellemzően a kézzel készített rajzokra, manapság esetleg ötletek gyors vázolásakor van szükség. A modern CAD rendszerek nem csak a műszaki emberek igényeit teljesíti, sok esetben a kreatív tevékenységi körök szakembereit is kiszolgálják. A CAD rendszerek mára kiforrott formái a tervezési spektrumok minden mozzanatát lefedik. Ezek a fejlett szoftvercsaládok az ipar különböző területein más-más termékcsaládjukat kínálják a felhasználóknak. Egy gyártónak általában van saját programja az elektronikai tervezésekhez, a építészeti tervezésekhez, a gépészeti eljárások és szimulációk minden szegmenséhez. Így az ipar minden területe megtalálja a saját tervezési vagy gyártási profiljába illeszkedőt, a széles termékcsaládoknak köszönhetően, ha bővíteni kívánjuk a szoftveres hátterünket, akkor elegendő bővítenünk a szolgáltatást, nem kötelező más gyártóval szerződni.

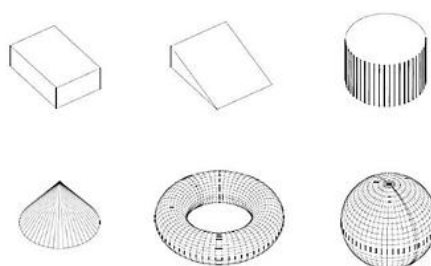
A termékcsaládok fejlesztése során a modellező felületek több specifikus szakirányban választhatóak, a programokba bekerültek például a hegesztési, lemezalakító, héj és felület modellező modulok, emellett a cinematis megjelenítés és az egyszerű végelelemes szimulációkra is képesek lettek a programok.

Ivan Sutherland az 1960-as évek elején alkotta meg az első CAD szoftvert diplomamunkája részeként. Egy speciális tollal képes volt rajzolni a tervező számítógép monitorjára. Ezzel az ötlettel indult el a rendszerek mai napig töretlen fejlesztése.

Azonban a modern tervezői szoftverek logikájának felépítése nagyon hasonló. A virtuális modell minden esetben jobbsodrású descartes-i koordináta-rendszerben kerül létrehozásra. A számított modell képernyőn való megjelenítése matematikai műveletekkel történik, ezek változtatásával érhetjük el a kívánt paramétereket. Eközben a program állandóan vizsgálja a betáplált értékek valóságban való kivitelezhetőségét. A már határozott geometriai elemek megváltoztatását transzformációnak nevezzük, ez a modellezés egyik alap eljárása. Munkánk

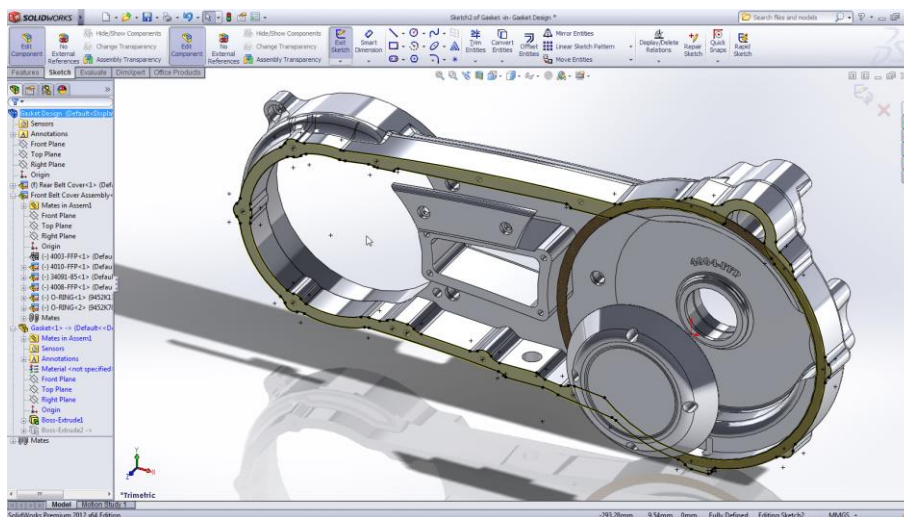
során különböző transzformáció használatára van lehetőségünk, ezek lehetnek: kihúzások, kivágások, forgatások, tükrözések, koordinátarendszerek eltolásai a különböző nevezetes pontokra. Nevezetes pontok lehetnek az alap koordinátarendszer, a rá illeszkedő síkok, a már létrehozott testek vagy elemek pontjai, síkjai. Ezen transzformációkat a program nagyrészt mátrixszorzásként hajtja végre, az ezzel nem elvégezhető transzformációk használatához a homogén transzformációs mátrixokkal bővítették a programokat.

Mivel a kijelzők nem képesek megjeleníteni a létrehozott 3D-s modellt, egyértelmű fizikai korlátaik miatt, ezért programok először kétdimenziós síkba vetítik azt, majd léptékhelyesen a kiválasztott vetítési módnak (izometrikus, dimetrikus, perspektivikus) megfelelően kirajzolják a képernyőre. A modell elkészítése testprimitívek használatával végezhető el, általában a szoftverekben előre vannak definiálva, a 3.4. ábra mutatja ezeket.. [48.][41.]



3.4. ábra Test primitívek

Ezek transzformációival az esetek többségében megoldható bonyolultabb test elkészítése is, mint amit mutat a 3.5. ábra.



3.5. ábra Bonyolultabb test szemléltető

A saját dolgozatom elkészítése során az alkatrész modellezéséhez a Dassault Systèmes által forgalmazott SolidWorks CAD szoftvert használom. A programban két alkotási módszer közül választhatunk a modell kezdeti lépésében, eszerint a modellt létrehozhatjuk eleve szilárd testek alakításával, vagy választhatjuk a felületmodell készítését.

A szilárdtest modellezését a dolgozatom későbbi részében lépésről-lépésre bemutatom, hiszen az alkatrészt ezzel a módszerrel készítem. Ennek tekintetében a felületmodell készítésének lépéseit mutatnám be. A SolidWorks rendkívül hatékony eljárást kínál a felület modellek megalkotására. A virtuális darab rajzolása minden esetben egy sketch (vázlat) rajzolásával kezdődik. Ekkor alapvető rajzi eszközök használatával kialakítjuk a rajzolni kívánt formát. A sketch leginkább használt formájában kétdimenziós, az újabb verziókban már rendelkezésre áll a 3d sketch is, ennek használata néhány speciális esettől eltekintve nem indokolt. Az alapvető rajzi alakzatokat, vonalalkotáshoz használható eszközöket az 1. Táblázat tartalmazza.

### 1. Táblázat

| Fő típusok                          | Altípusok                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Line (vonal)                        |  Line<br> Centerline<br> Midpoint Line                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Rectangle (téglalap)                |  Corner Rectangle<br> Center Rectangle<br> 3 Point Corner Rectangle<br> 3 Point Center Rectangle<br> Parallelogram |
| Circle (kör)                        |  Circle<br> Perimeter Circle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3 point arc (ív)                    |  Centerpoint Arc<br> Tangent Arc<br> 3 Point Arc                                                                                                                                                                                                                                         |
| Polygon (sokszög)                   | A szerkesztéskor megjelenő párbeszédpanelen definiálhatóak a tulajdonságai.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Center point straight slot (horony) |  Straight Slot<br> Centerpoint Straight Slot<br> 3 Point Arc Slot<br> Centerpoint Arc Slot                                                                                                            |
| Spline (görbe)                      |  Spline<br> Style Spline<br> Equation Driven Curve                                                                                                                                                                                                                                       |
| Ellipse (ellipszis)                 |  Ellipse<br> Partial Ellipse<br> Parabola<br> Conic                                                                                                                                                   |
| Point (pont)                        | A szerkesztéskor megjelenő párbeszédpanelen definiálhatóak a tulajdonságai.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

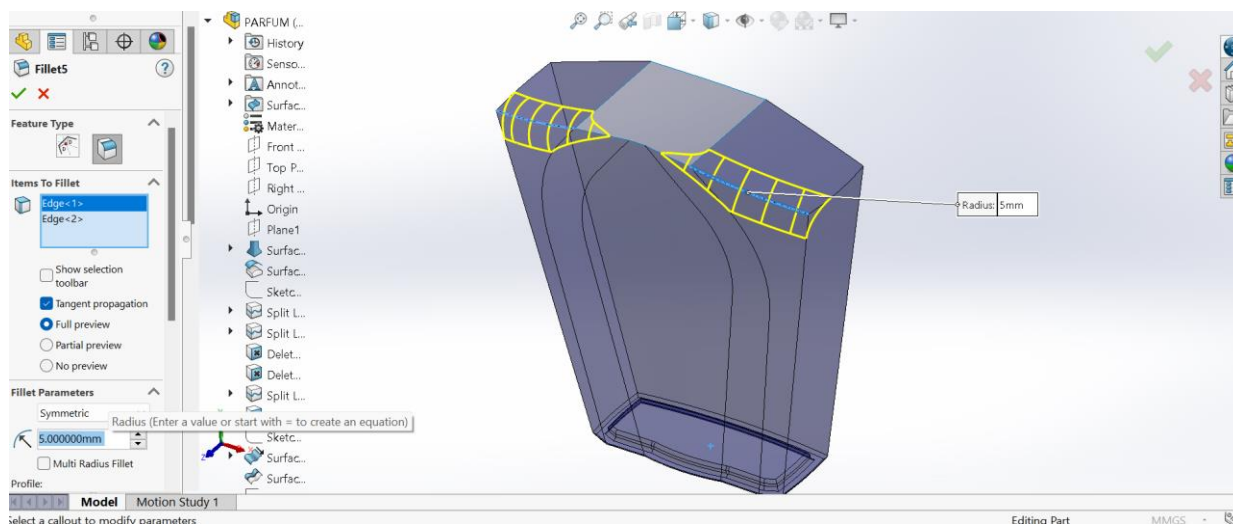
A sketch-eket méretekkel és kényszerekkel ellátva határozottá kell tennünk a további műveletek végrehajtása előtt. A rendszer megengedi, hogy ún. under defined vázlattal is folytassuk a munkát, de ez később komoly problémákat okozhat, ezért lehetőség szerint kerülendő. A vázlatok minden esetben tartalmazzák a következő elemeket: origó, síkok, méretek, kényszerek. A sketch készülhet az alap három síkra (Front plane, Top plane, Right plane), vagy egyéni igények szerint meghatározott síkra, amelyet az előbb említett három síkkal és egyéb eszközökkel: tengelyekkel, egyértelművé. síkokkal, pontokkal, koordináta-rendszerekkel tehetünk. A sketch elkészítése után a vázlat felületet bezárva a Surfaces fülön elvégezhetővé válnak a felület létrehozásához szükséges alpműveletek.

## 2. Táblázat

| Fő típusok                         | Altípusok                                                                                               |                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Extruded Surface (felület kihúzás) | <br>Extruded Surface  | Vázlatot, vagy vázlatkontúrokat húz ki egy vagy két irányban, felület létrehozásához. Megadható, hogy a kihúzás honnan induljon és beállítható az iránya és a mérete.                           |
| Revolved Surface (forgás felület)  | <br>Revolved Surface | Vázlatot, vagy vázlatkontúrokat forgat egy tengely körül, felület létrehozásához. Meghatározandó a forgástengely és a forgásfelület iránya, kiterjedése.                                        |
| Swept Surface (felület "söprés")   | <br>Swept Surface    | Zárt profilt vezet végig egy nyitott, vagy zárt útvonalon. Vezérgörbék segítségével, profil tájolással, forgatási szögekkel alakíthatóak ki a felületek.                                        |
| Lofted Surface (zárt felület)      | <br>Lofted Surface   | Zárt felületet hoz létre két, vagy több profil vagy vázlat között. A létrehozott felület deformálhatjuk vezérgörbék segítségével.                                                               |
| Boundary Surface (határfelület)    | <br>Boundary Surface | Olyan felületet hoz létre, amely minden irányban lehet érintő, vagy vezérgörbével definiált. Használhatóak csatlakozópontok, vagy Instant 3D fogantyúk a határfelület kialakításához            |
| Filled Surface (felület kitöltés)  | <br>Filled Surface   | Egy felületet hoz létre élek, vázlatok, vagy görbék által körbezárt területen belül. Görbékkel vezetett felületek is létrehozhatók. A felbontás is beállítható a minőség javításának érdekében. |
| Freeform (szabad alakítás)         | <br>Freeform         | A felületek deformálására ad lehetőséget, vezérgörbék, vagy pontok használatával, ezek helyzete formája szabadon módosítható.                                                                   |

A tervezett felületek elkészítése után azok a Knit-Surface paranccsal vonhatóak össze, ez szükséges akár a lekerekítések elhelyezéséhez is. A parancs használatát érdemes a kész, már nem változó felületeknél minél hamarabb elvégezni, ezzel ügyelve arra, hogy bonyolult, sok lépésből álló felületek egyesítésekor ne forduljon elő geometriai komplikáció. Utólag a problémák visszakeresése nagy figyelmet és sok időt igényel. Az így összevont felületeknek megadhatjuk a falvastagságát a Thicken paranccsal, így készül a felület modellből szilárd test. A parancson belül egyszerre csak 1 falvastagság adható meg, ha egy modellen belül több méretet akarunk alkalmazni akkor csak az azonos méretű egységeket vonjuk össze. Ebben az esetben sokszor nem, vagy nem a kívánt módon készíthető a találkozási élekhez, felületekhez alaksajátosság, mint például lekerekítés.

A következő ábrán (3.6. ábra Saját felületmodell) egy általam készített parfümos üveg felületmodellje látható.

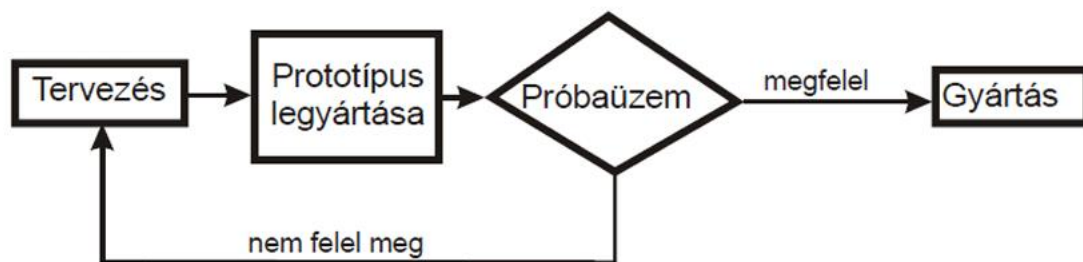


3.6. ábra Saját felületmodell

### 3.4. Végeselem program bemutatása

A végeselemes számítások felhasználásával nagy mértékben meggyorsíthatjuk a tervezés folyamatát. A modern és klasszikus gyártási folyamatokat a 3.7. ábra és 3.8. ábra mutatja. A módszerre alapuló számítások segítségével a tervezett alaksajátosság, alkatrész, vagy eszköz viselkedése, deformációja szimulálható a programban. A folyamat során lényeges adatok nyerhetők ki, ezek felhasználásával jelentősen gyorsíthatjuk a tervezést, valamint nem elhanyagolható szempont, hogy a gyártási folyamat kihagyásával vizsgálhatjuk a kész terméket.

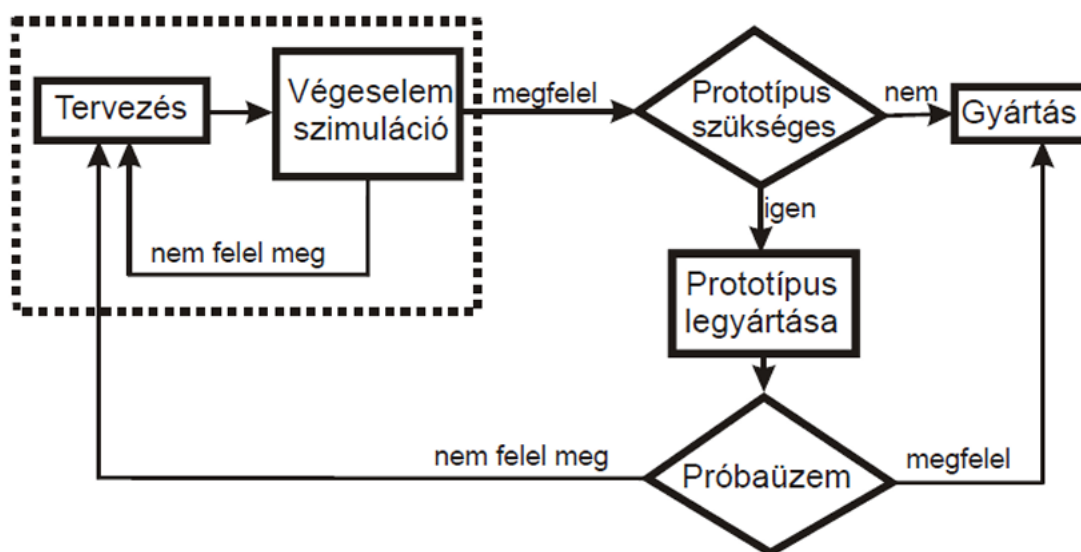
A végeselem módszer matematikai alapjainak egyszerűbb részeit már az ókorban is használták, diszkretizáció alkalmazásával próbálták a kör területét és kerületét meghatározni. A módszer alapja az egyszerűsítés, sok kis számítási egységre bontás, a kisebb egységek egyszerűbben számíthatóak, de a végeredményük megegyező az eredeti nagy bonyolultságú egyenlettel. Mivel egy egyszerű végeselemes szimuláció során is nagy számú egyenlet keletkezik így azok elvégzéséhez elengedhetetlen a számítógépes segítség. A test geometriáját végesszámú kisebb, egyszerűbb elemre bontjuk, így megoldhatóvá válik a probléma. Ekkor a kevesebb, de bonyolultabb számítás helyett több, de lényegesen egyszerűbb számítást kell elvégezni.



3.7. ábra Klasszikus gyártási modell

A következő nagy lépésre a középkorig várni kellett, 1696-ban Bernoulli megfogalmazott egy problémát, amely megoldásának keresése elindította a variációszámítás kifejlődését. Ez volt a Brachisztocron-probléma, amely lényege, hogy két különböző magasságban elhelyezkedő pont által kijelölt síkban lévő görbéket kell meghatározni -ha léteznek- amelyet a pont minimális idő alatt képes befutni. Ez a probléma, ahol egy skalármennyiség minimalizáláshoz függvényt kell keresni, irányította a figyelmet a variációszámítás felé és indította el annak

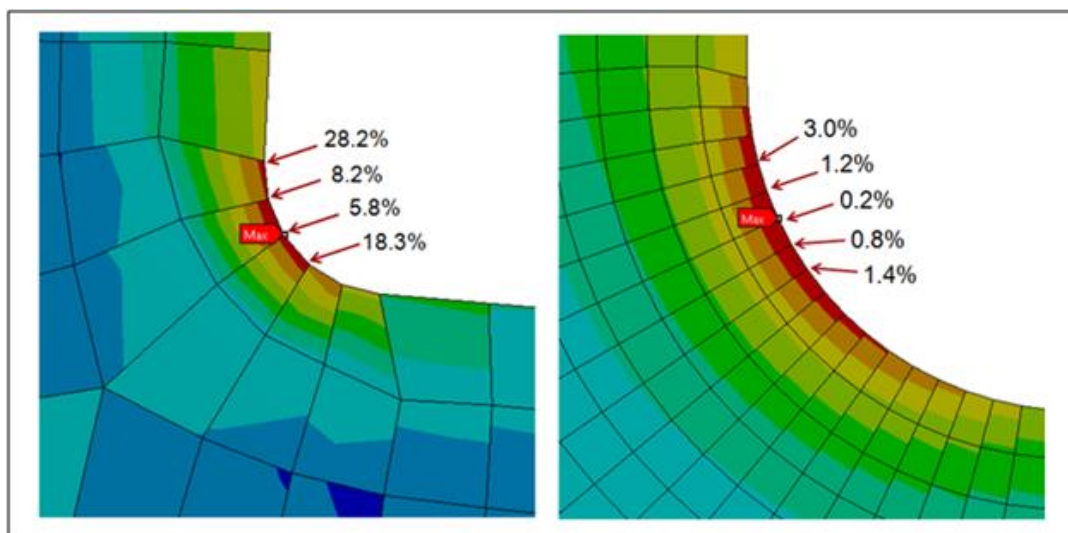
fejlődését. A természet- és társadalomtudományokban sok hasonló probléma előfordul. Legegyszerűbb eset egy határozott integrál értéke, amely a kiválasztott függvénytől függ. Az ilyen mennyiségeket funkcionálnak nevezzük. A feladat legtöbbször a funkcionálok szélsőértékeinek meghatározása. Többféle megoldási lehetőség közül választhatunk. A Ritz módszer alkalmazásakor például a variációszámítás direkt módszerét alkalmazzuk közelítő megoldás keresésére, a végeelem-módszertől eltérően itt még a teljes tartományt egy függvénnyel írjuk le. Az erőmódszer az 1940-es években megjelenő sugárhajtású gépekben használt bonyolult geometriák miatt jelent meg, a régi eljárások nem voltak alkalmasak új típusú szárnyprofilok vizsgálatára. Levy alkalmazta először az erőmódszert, amely a klasszikus rugalmasságtan alapjain az erők egyensúlyából kiindulva közelítette meg a problémát, ebből számított elmozdulásokat. Azonban az erőmódszer alkalmazásakor problémák adódtak a delta szárny esetében, ezért más megközelítésre volt szükség.



3.8. ábra Modern gyártási modell

A Boeing cég Turner által vezetett kutatócsoportja 1956-ban publikált egy új módszerrel megoldott problémát. Ennek lényege egy feltételezett elmozdulásokkal felírt merevségi mátrixon alapuló módszer gyakorlati alkalmazása volt, ami a modern végeelem-módszer lényegét már tartalmazta. A modern végeelem-módszer alapvetően változtatta meg a klasszikus gyártási gyakorlatot. A költségek jelentős része a kísérleti darabok gyártása és azok próbaüzemben történő tesztelésére ment el, a módszer alkalmazásával prototípusok minimálisra

gyártása csökkenthető. Jól modellezhető probléma esetén el is hagyható. A szimulációk nem csak a szilárdsági vizsgálatok területén jelentenek megoldást, hanem technológia tervezésekor is. Ma már léteznek célszoftverek, fröccsöntési vagy kovácsolási eljárások is jól modellezhetők. A szoftverek minden esetben egy megfelelően definiált háló generálása után képesek a számítások elvégzésére. A háló paraméterezésének fontos része az elemek méretének és típusának beállítása, az adott probléma szerint. Az elemek méretének csökkentése a közelítő megoldás pontosságát befolyásolja, ezek méretét addig érdemes csökkenteni (3.9. ábra), amíg a kapott elkezdenek konvergálni. Ilyenkor további háló finomítás már nem indokolt, a szimuláció futtatásának idejét azonban drasztikusan képes növelni. Az elemek típusának megfelelő megválasztása is kritikus kérdés.



3.9. ábra Hálózás (Mesh)

Számított redukált feszültség (MPa) különböző tetraéderek esetében, 5mm-es átlagos elemméret mellett hibát, ha magasabb rendű modellt és finomabb hálót választunk. A számítási igényt feleslegesen megnöveljük, de az eredmények jók lesznek. A peremfeltételek beállítási hibája azonban az eredményekben attól függetlenül megjelenik, hogy milyen jó maga a hálózás. A peremfeltétel hibáját sok esetben a finomabb háló tovább növeli. A szimuláció megkezdése előtt fontos még a megfelelő kényszereket beállítani, mivel a kényszerek végtelenül merevek, így nem várt és a valóságban nem is jelentkező feszültségeket és alakváltozásokat okozhatnak a számításokban.

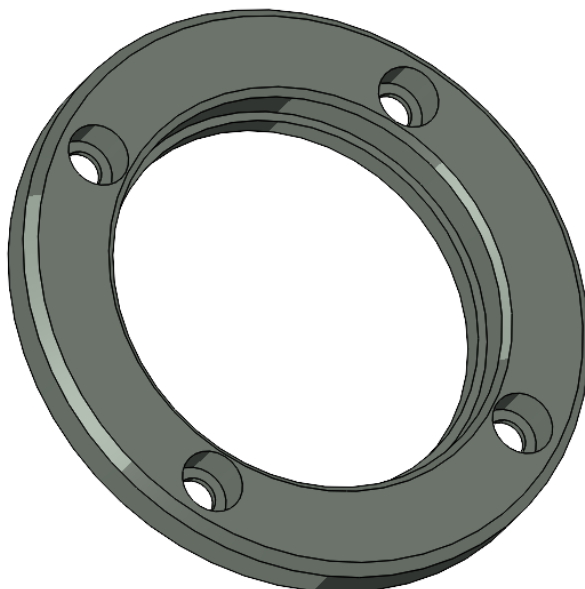
---

## 4. Probléma

A szakdolgozatomban tagolt probléma egy berendezéshez használt hajtóműház elemének a gyártása, ezen belül az ehhez szükséges dokumentációk elkészítése. A folyamatot az alkatrész műhelyrajza alapján, a 3 dimenziós modell elkészítésével kezdem. Ebből a modellből alakítom a következőkben a kovácsdarab modelljét a megfelelő hozzáadásokkal, valamint a kovácsoló szerszámfelek modelljeit. Természetesen az említett elemek műhelyrajza is elkészítésre kerül. Ezt követően a probléma lezárásaként végeselemes szimulációban vizsgálom a szerszámfeleket és értékelem azokat. A probléma az alkatrész műhelyrajza alapján elkészítendő terv dokumentáció.

### 4.1. Az alkatrész anyaga

A műhelyrajzon megjelölt anyag az S235JR acél, a megrendelő ebből az anyagból kívánja elkészíttetni az alkatrészt. Az "S" a szerkezeti acél jelölése, a "235" a minimális folyáshatárt (MPa) jelzi, míg a "JR" az anyag ütésállóságát jelenti 20 °C-on. Alkatrészt a 4.1. ábra szemlélteti, anyagának összesített tulajdonságai a 4.2. ábra található.



4.1. ábra Az alkatrész vizuális megjelenítése

Az általános rendeltetésű ötvözetlen szerkezeti acélok talán legelterjedtebb tagja, alacsony széntartalommal és általában 400 és 500 N/mm<sup>2</sup> közötti szakítószilárdsággal. Könnyű és egyben nagyon jó megmunkálási tulajdonságainak köszönhetően felhasználható az acél- és gépiparban olyan alkatrészek esetén, ahol az igénybevétel nem túl magas és nem speciális a bevetési terület. Hegesztésre az anyagminőség mindegyik kivitele, azaz a JR, J0, J2 is kiválóan alkalmas. Szobahőmérsékleten elektromos ellenállása 0,14 Ω · mm<sup>2</sup> /m, hővezetőképessége 54 W/(m·K). Korábbi leginkább elterjedt jelölése az RSt 37-2, gyártási szabványa jelenleg az EN 10025. [40.][34.][36.][56.]

#### NEMZETKÖZI JELÖLÉSEK / ALTERNATÍVÁK

| DIN      | NFA       | UNI         | BS     | JIS             | MNC  | SAE  | ASTM       |
|----------|-----------|-------------|--------|-----------------|------|------|------------|
| RSt 37-2 | E 24-2 NE | Fe 360 B FN | 40 A/B | SS400<br>SM400A | 1312 | 1010 | A283 (C&D) |

#### VEGYI ÖSSZETÉTEL (AZ ÖTVÖZET GYÁRTÁSI SZABVÁNYA SZERINT) [%]

| C      | Si    | Mn    | P     | S     | Cu     | N       |
|--------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| ≤ 0,17 | ≤ 0,3 | ≤ 1,4 | 0,035 | 0,035 | ≤ 0,55 | ≤ 0,012 |

#### TIPIKUS MECHANIKAI TULAJDONSÁGOK

|                | Sűrűség               | Folyáshatár                   | Szakítószilárdság       | Nyúlás |
|----------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|--------|
|                | (kg/dm <sup>3</sup> ) | Rp0,2<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Rm (N/mm <sup>2</sup> ) | A (%)  |
| <b>Minimum</b> | 7,85                  | 185                           | 340                     | 8      |
| <b>Maximum</b> | 7,85                  | 350                           | 510                     | 11     |

#### 4.2. ábra S235JR adatok

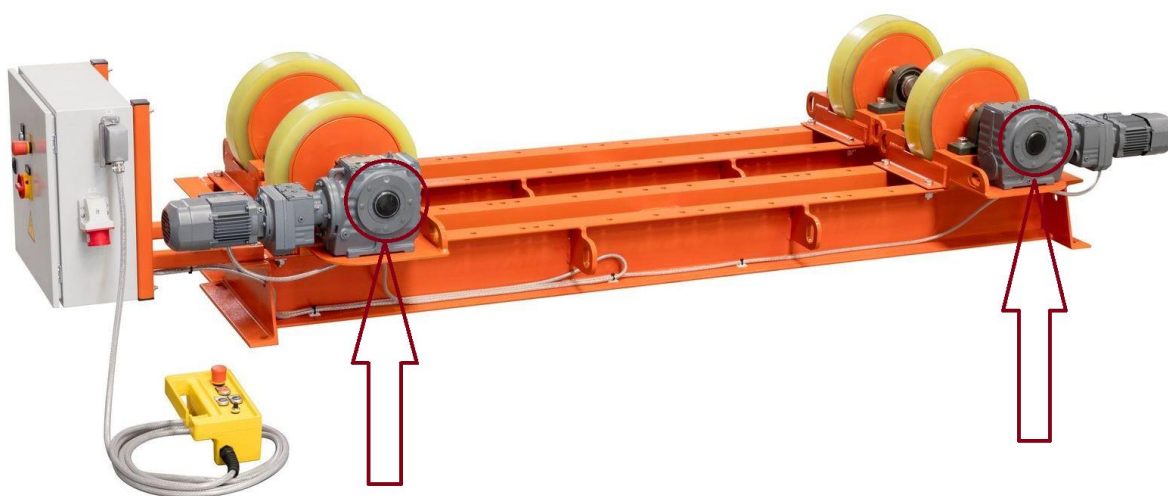
#### S235JR főbb tulajdonságai:

- **Kémiai összetétel:** Alacsony szén- és mangántartalom (kb. 0,17% C, 1,4% Mn), valamint kisebb mennyiségű foszfor és kén.
- **Mechanikai tulajdonságok:**
  - Folyáshatár: minimum 235 MPa
  - Szakítószilárdság: 360–510 MPa között
  - Ütésállóság: Minimum 27 J 20 °C-on

## 4.2. Alkatrész felhasználási környezete

A csőforgató berendezés ismertetése a Bevezetésben látható, ez a 5. oldalon olvasható.

A csőforgató berendezések általános elhelyezése fedett tárolókban, műhely környezetben történik. A berendezést a 4.3. ábra szemlélteti, a tervezett alkatrész elhelyezését nyilak jelölik.



4.3. ábra Csőforgató berendezésen az alkatrész elhelyezkedése nyillal jelölve

## 5. Technológiai számítások

Az első lépéssel az alkatrész 3d-modelljét készítem el, ezt használom a későbbiekben a számításokhoz, szimulációhoz és a szerszám modelljének készítéséhez. A munkadarab modelljét SolidWorks-ben készítem. Az alkatrész műhelyrajza a 2. mellékletben.



5.1. ábra Modellezett alkatrész

A gyártandó darab anyagminősége: 42CrMo4 A kovácsdarab anyagminősége szerint az M1 csoportba tartozik, mivel szén tartalma nem lépi át a 0,65%-ot.

|                                                                                                              |                      |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Mass properties of SK alkatrész                                                                              |                      |                      |
| Configuration: Default                                                                                       |                      |                      |
| Coordinate system: -- default --                                                                             |                      |                      |
| Density = 0.007200 grams per cubic millimeter                                                                |                      |                      |
| Mass = 935.245221 grams                                                                                      |                      |                      |
| Volume = 129895.169649 cubic millimeters                                                                     |                      |                      |
| Surface area = 38325.946613 square millimeters                                                               |                      |                      |
| Center of mass: ( millimeters )                                                                              |                      |                      |
| X = 0.000000                                                                                                 |                      |                      |
| Y = 0.000000                                                                                                 |                      |                      |
| Z = 11.935949                                                                                                |                      |                      |
| Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams * square millimeters )                   |                      |                      |
| Taken at the center of mass.                                                                                 |                      |                      |
| Ix = ( 1.000000, 0.000000, 0.000000)                                                                         | Px = 2185672.060668  |                      |
| Iy = ( 0.000000, 1.000000, 0.000000)                                                                         | Py = 2185672.060668  |                      |
| Iz = ( 0.000000, 0.000000, 1.000000)                                                                         | Pz = 4340372.904935  |                      |
| Moments of inertia: ( grams * square millimeters )                                                           |                      |                      |
| Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.) |                      |                      |
| Lxx = 2185672.060668                                                                                         | Lxy = 0.000000       | Lxz = 0.000000       |
| Lyx = 0.000000                                                                                               | Lyy = 2185672.060668 | Lyz = 0.000000       |
| Lzx = 0.000000                                                                                               | Lzy = 0.000000       | Lzz = 4340372.904935 |
| Moments of inertia: ( grams * square millimeters )                                                           |                      |                      |
| Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)                                     |                      |                      |

Az alkatrész műhelyrajzon jelölt tömege:

1 kg

A SolidWorks-ben készített modell segítségével a mass properties parancs használatával kilistázhatóak az alkatrész jellemzői, lásd: 5.2. ábra.

5.2. ábra Alkatrész mass properties

---

Elsőként a kovácsolással nem kialakítható geometriákat kell meghatározni. A süllyesztékes kovácsolással készített darabok tervezésénél az alábbi lépéseket érdemes elvégezni a felírt sorrendben:

1. Osztófelület megválasztása
2. Bonyolultsági csoportszám meghatározása
3. Gépészeti darab tömegének meghatározása
4. Forgácsolási és technológiai hozzáadások meghatározása
5. Fal és bordaméretek meghatározása
6. Fenékvastagság meghatározása
7. Oldalferdeségek meghatározása
8. Lekerekítési sugarak meghatározása
9. Kovácsdarab tömegének meghatározása
10. kovácsolási tűrések meghatározása

### 5.1. Osztófelület megválasztása

Az osztófelület a munkadarabot két részre osztja, ezen a felületen találkozik a szerszám két fele. Általánosságban három féle lehet: sík, szimmetrikusan tört, aszimmetrikusan tört.

Elsődleges szempont, hogy a kész alkatrész eltávolítható legyen a süllyeszték szerszámokból. A kialakított üreg formája az osztófelület felől nézve csak szűkülhet az-az oldalferdeséget kell definiálni a szerszámnak, alámetszés ilyen eljárás során nem lehetséges. [50.][52.][38.][32.]

Fontos elvárás, hogy az osztófelület sík legyen, ezzel könnyítve a szerszám gyárthatóságát, anyagfelhasználás és megmunkálás szempontjából is. Az optimális osztófelület a gyártandó alkatrészeket egyforma részekre osztja, lehetővé teszi a kovács és a sorjázószerszám elkészítését. Továbbá jelölt furatok nem alakíthatóak ki a süllyesztékes kovácsolás folyamatával. A későbbi forgácsolási műveletek alatt eltávolítandó anyagmennyiséget a darabra kell kovácsolni, ez a kovácsolási ráhagyás.

## 5.2. A kovácsolandó Geometria meghatározása

A 2. lépésként felsorolt bonyolultsági csoportszám (S) meghatározása a következő képlettel történik:

$$S = \frac{m_{kd}}{m_b} = \frac{3000}{2750} = 1,09$$

ahol:

$m_{kd}$  = a kovácsdarab tömege

$m_b$  = a kovácsdarab legnagyobb tömege

A kovácsdarab bonyolultsága a geometria sajátosságai miatt az S4 csoportba tartozik, mivel a vékony tárcsák és karimák esetén alkalmazandó összefüggés eredménye 0,2 érték alá esik.

$$\frac{H_2}{D} \leq 0,2$$

Ahol:

$H_2$  = *kisobb magasság*

$D$  = *tárcsa átmérő*

$$\frac{H_2}{D} \leq 0,2 \rightarrow \frac{H_2}{D} = \frac{23}{255} = 0,09$$

A kovácsolt darab tervezésénél azokat a felületeket, amelyek forgácsoló megmunkálást igényelnek megmunkálási hozzáadással látjuk el. A tengelyszimmetrikus alakrészek gyártásakor a hozzáadás mértékét a legnagyobb átmérő és legnagyobb vastagság függvényében határozzuk meg. A szabvány szerint jelen esetben ez 2 mm, az 5.3. ábra jelöltem. [28.]

| Legn. vastagság |     | Tengelyszimmetrikus kovácsdarabok<br>- legnagyobb átmérő |              |              |              |              |              |            |              |              |
|-----------------|-----|----------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|
| -tól            | -ig | 40                                                       | 40<br>63     | 63<br>100    | 100<br>160   | 160<br>250   | 250<br>400   | 400<br>630 | 630<br>1000  | 1000<br>1600 |
| 0               | 40  | 1.5<br>(1)                                               | 1.5<br>(1)   | 2<br>(1.5)   | 2<br>(1.5)   | 2.5<br>(1.5) | 3<br>(2)     | 4<br>(3)   | 5<br>(3)     | 6<br>(3.5)   |
| 40              | 63  | 1.5<br>(1)                                               | 2<br>(1.5)   | 2<br>(1.5)   | 2.5<br>(1.5) | 3<br>(2)     | 3.5<br>(2.5) | 4.5<br>(3) | 5.5<br>(3.5) | 6.5<br>(4)   |
| 63              | 100 | 2<br>(1.5)                                               | 2<br>(1.5)   | 2.5<br>(1.5) | 3<br>(2)     | 3<br>(2)     | 3.5<br>(2.5) | 4.5<br>(3) | 5.5<br>(3.5) | 6.5<br>(4)   |
| 100             | 160 | -                                                        | 2.5<br>(1.5) | 3<br>(2)     | 3<br>(2)     | 3.5<br>(2.5) | 4<br>(3)     | 5<br>(3.5) | 6<br>(4)     | 7<br>(4.5)   |
| 160             | 250 | -                                                        | -            | 3<br>(2)     | 3.5<br>(2.5) | 4<br>(3)     | 5<br>(3.5)   | 6<br>(4)   | 7<br>(4.5)   | 8<br>(5)     |
| 250             | 400 | -                                                        | -            | -            | 4<br>(3)     | 5<br>(3.5)   | 6<br>(4)     | 7<br>(4.5) | 8<br>(5)     | 9<br>(6)     |

5.3. ábra Forgácsolási hozzáadások DIN 7523 szerint

A táblázatban megadott hozzáadások megmunkálási felületenként értendők. Abban az esetben, ha a munkadarabon található kiugró rész, akkor azok homlokfelületén, a bonyolultabbá váló kitöltés miatt a hozzáadás mértékét a kétszeresére kell módosítani. Esetünkben erre nincs szükség. [21.]

A tervezésnél fontos kritérium, hogy a kovácsdarab geometriája nem tartalmazhat éles sarkokat, ezért a megengedhető legnagyobb lekerekítéseket kell alkalmazni. A művelet után a darab kivételét az oldalak ferdesége teszi lehetővé. ennek meghatározását szintén az MSZ 5745 szabvány tartalmazza. (Dr. Szabó 2023) [20.][24.]

Az oldalak ferdesége a belső és a külső felületeken eltérő mértékű. A külső oldalferdeség az, amely a darab hülésekor távolodik a szerszám falától. A belső oldalferdeség az, amely a lehüléskor közeledik a szerszám falához. Ezeken felül még kétféle oldalferdeséget különböztetünk meg, a természetes ferdeséget, amely a munkadarab alakjából adódik, és az átmeneti ferdeséget, amely az aszimmetrikus osztás miatt alakul ki. Az aktuális munkadarabon az utóbbi két típus nincs.

| Szigorítási fok | Belső oldalferdeség |               | Külső oldalferdeség |                 |
|-----------------|---------------------|---------------|---------------------|-----------------|
|                 | Kilökő nélkül       | Kilökővel     | Kilökő nélkül       | Kilökővel       |
| 0               | 6°<br>1:10          | 3°<br>1:20    | 4°30'<br>1:12.5     | 2°<br>1:30      |
| 2               | 9°<br>1:6           | 6°<br>1:10    | 6°<br>1:10          | 3°<br>1:20      |
| 1               | 3°<br>1:20          | 1°30'<br>1:40 | 2°<br>1:30          | 0°30'<br>1:11.5 |

5.4. ábra Oldalferdeség

Az oldalferdeségek ajánlott értékeit a mellékelt 5.4. ábra szerint fogom megválasztani. A későbbi eltávolítást megkönnyítendő a kilökő nélküli értékeket veszem alapul. A 0 szigorítási fokhoz tartoznak a gyakorlatban elterjedten javasolt ferdeségek. Az 1-es fok a szigorított méreteket tartalmazza, a magas ráfordítások miatt ez kerülendő. A 2-es fok a gyakorlati értékek felsőhatárát szabja meg. A könnyű és kisméretű darabokon alkalmazandóak a nagyobb méretű oldalferdeségek. [26.]

| Leg-nagyobb magasság az adott súllyeszték-félben |     | A kovácsdarab legnagyobb átmérője, illetve legnagyobb szélessége |          |          |           |            |            |            |            |             |
|--------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| -tól                                             | -ig | 25                                                               | 25<br>40 | 40<br>63 | 63<br>100 | 100<br>160 | 160<br>250 | 250<br>400 | 400<br>630 | 630<br>1000 |
| 0                                                | 16  | 3<br>(2)                                                         | 3<br>(2) | 4<br>(3) | 4<br>(3)  | 4<br>(3)   | 5<br>(4)   | 5<br>(4)   | -          | -           |
| 16                                               | 40  | 4<br>(3)                                                         | 4<br>(3) | 5<br>(4) | 5<br>(4)  | 5<br>(4)   | 6<br>(5)   | 6<br>(5)   | 8<br>(6)   | 10<br>(8)   |
| 40                                               | 63  | -                                                                | 6<br>(4) | 6<br>(5) | 6<br>(5)  | 6<br>(5)   | 8<br>(6)   | 8<br>(6)   | 10<br>(8)  | 12<br>(10)  |
| 63                                               | 100 | -                                                                | -        | 8<br>(6) | 8<br>(6)  | 8<br>(6)   | 10<br>(8)  | 10<br>(8)  | 12<br>(10) | 16<br>(12)  |
| 100                                              | 160 | -                                                                | -        | -        | 10<br>(8) | 10<br>(8)  | 12<br>(10) | 12<br>(10) | 16<br>(12) | 20<br>(16)  |
| 160                                              | 250 | -                                                                | -        | -        | -         | 12<br>(10) | 12<br>(10) | 16<br>(12) | 20<br>(16) | 25<br>(20)  |

5.5. ábra Lekerekítés

A könnyű szerszámból való kivételt nem csak az oldalferdeség segíti, hanem a lekerekített élek, éles sarkot több szempontból helytelen hagyni. Önmagában a lekerekítés sem elég, túlzottan kicsi sugár választása esetén a lekerekítésnél kitöltés során jelentkező feszültségek miatt repedések jöhetnek létre szerszámban. A helyes lekerekítéseket a mellékelt 5.5. ábra tartalmazza.

A választott sugár 4mm.

A 6. lépésnek megfelelően a fenékvastagság meghatározása következik. A fenékvastagsága lehet egyenletes, lépcsőzetes, vagy folyamatosan változó. A meghatározott minimális érték alá nem csökkenthető, ebben az esetben nő az alakítási ellenállás, a szerszám terhelése, ebből adódóan a szerszám kopása. A kialakított üregek nem lyukaszthatják át a darabot. A következő összefüggés alapján számítom a fenékvastagságot az MI-05 29.584 82 szerint. [21.][55.][38.]

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

Ahol:

$d = a$  feneket tartalmazó üreg legnagyobb átmérője [mm]

$h =$  üreg mélysége [mm]

$$S = 0,45 * (105 - 0,25 * 9,5 - 0,5)^{0,5} + 0,6 * 9,5^{0,5} = 6,40 \text{ mm}$$

Az érték 6,40 mm. A fenékvastagság ajánlott értéke 1-8° között változtathatóak, a darab modellezésénél 3°-os szöget használok, szerszám gyártását megkönnyítendő csak az egyik oldalon szokás alkalmazni. Az eddig meghatározott adatokkal elkészítettem a kovácsdarab 3D modelljét a megszabott technológiai hozzáadásokkal és forgácsolási ráhagyásokkal. A 10. lépés során a kovácsolási tűrések meghatározása maradt, ezeket a kovácsrajzon jelölöm. A helyes minőségi osztály kiválasztása után, a DIN 7526 szabvány szerint kerül meghatározásra. A kovácsolási minőséget kétféle csoportban határozták meg, F és E minőség. Az F minőségi osztály a legtöbb területen megfelelő gyártmányt eredményez, a széleskörben alkalmazott berendezésekkel és a megszokott gyártási technológiákkal ezt a minőséget garantálni lehet.

Az E minőségi osztály jóval szűkebb tűrésekkel dolgozik, ez olyan mértékű anyagi ráfordítással oldható meg, hogy az alkalmazása csak speciális esetekben indokolt. [40.][39.][44.][45.]

A tűrések meghatározásánál (5.6. ábra) alapszabály, hogy a mindenkor legnagyobb hossz-, szélesség-, magasságméretet kell választani. A tűrések meghatározásánál a tömeg oszlopból kell indulni,

| Tömeg |     | Minőségi csoport | Bonyolultsági csoport |    |    |    | Pontosság fokozat             |   | Névleges méret |   |    |     |     |     |     |     |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|-----|------------------|-----------------------|----|----|----|-------------------------------|---|----------------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|       |     |                  |                       |    |    |    |                               |   | -től -ig       | 0 | 32 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 1600 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| kg    |     | M                | S                     |    |    |    | Tűrésnagyság és határeltérlek |   |                |   |    |     |     |     |     |     |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -től  | -ig | M1               | M2                    | S1 | S2 | S3 | S4                            | I | II             |   |    |     |     |     |     |     |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

5.6. ábra Üregalakhoz kötött méretek tűrése

jobbra haladva a minőségi csoport található, ha a munkadarab az M1 csoportba tartozik, akkor vízszintesen jobbra haladva a következő kiválasztandó érték a tagoltsági (bonyolultsági) csoport. Ha ez S1, akkor vízszintesen haladunk tovább, a tárcsa esetében S4, ezért az S4-es oszlopig ferdén követjük a vonalat. A következő oszlop a pontossági fokozat, amely esetünkben nem került megkötésre, ezért a szabvány szerint a II. fokozatot fogjuk használni.

A kovácsarab alapvetően kétféle mérettel rendelkezik, az egyik típus a üregalakhoz kötött, a másik az üregalakhoz nem kötött méret. A süllyeszték üreg méretei által kötött méreteket a süllyeszték részek egymáshoz képest elmozdulásra képtelen részei határozzák meg. Az üregalakhoz nem kötött méreteket az egymáshoz képest elmozdulni képes süllyeszték részek határozzák meg. [29.]

Az üregalakhoz kötött méretek tűrése a SolidWorks-ből nyert adatokkal a tűrés a következő:

$$T_{ük} = 2,2^{+1,3}_{-0,7} \text{ mm}$$

A következő az üregalakhoz nem kötött tűrések meghatározása (5.7. ábra). A használandó táblázat az előbbieken ismertetett módszerrel olvasandó.

| Tömeg<br>kg                  | Minő-<br>ségi<br>csoport<br><i>M</i> | Bonyolultsági<br>csoport<br><i>S</i> |    |    |    | Pontossági<br>fokozat |   | Névleges méret |         |              |          |              |            |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |   |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |   |              |     |              |   |              |     |              |     |              |   |              |   |              |   |              |    |              |    |              |    |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----|----|----|-----------------------|---|----------------|---------|--------------|----------|--------------|------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|---|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|---|--------------|-----|--------------|---|--------------|-----|--------------|-----|--------------|---|--------------|---|--------------|---|--------------|----|--------------|----|--------------|----|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                              |                                      | -től<br>-ig                          |    |    |    |                       |   | -től<br>-ig    | 0<br>16 | 16<br>40     | 40<br>63 | 63<br>100    | 100<br>160 | 160<br>250   | 250 |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |   |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |   |              |     |              |   |              |     |              |     |              |   |              |   |              |   |              |    |              |    |              |    |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tűrésnagyság é: határhéresek |                                      |                                      |    |    |    |                       |   |                |         |              |          |              |            |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |   |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |   |              |     |              |   |              |     |              |     |              |   |              |   |              |   |              |    |              |    |              |    |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -től<br>-ig                  | M1                                   | M2                                   | S1 | S2 | S3 | S4                    | I | II             | 0,5     | +0,3<br>-0,2 | 0,6      | +0,7<br>-0,4 | 0,7        | +0,8<br>-0,4 | 0,8 | +0,9<br>-0,5 | 0,9 | +1,1<br>-0,5 | 1,0 | +0,7<br>-0,3 | 1,1 | +0,7<br>-0,4 | 1,2 | +0,8<br>-0,4 | 1,4 | +0,9<br>-0,5 | 1,6 | +1,1<br>-0,7 | 1,8 | +1,2<br>-0,8 | 2 | +1,3<br>-0,9 | 2,2 | +1,5<br>-1,1 | 2,5 | +1,7<br>-1,3 | 2,8 | +1,9<br>-1,5 | 3,2 | +2,1<br>-1,7 | 3,6 | +2,4<br>-2,0 | 4 | +2,7<br>-2,3 | 4,5 | +3,0<br>-2,6 | 5 | +3,3<br>-2,9 | 5,6 | +3,7<br>-3,3 | 6,3 | +4,0<br>-3,6 | 7 | +4,3<br>-3,9 | 8 | +4,7<br>-4,3 | 9 | +5,0<br>-4,6 | 10 | +5,3<br>-4,9 | 11 | +5,7<br>-5,3 | 12 | +6,0<br>-5,6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 0,2                        |                                      |                                      |    |    |    |                       |   |                |         |              |          |              |            |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |   |              |     |              |     |              |     |              |     |              |     |              |   |              |     |              |   |              |     |              |     |              |   |              |   |              |   |              |    |              |    |              |    |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

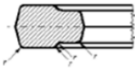
5.7. ábra Üregalakokhoz nem kötött méretek tűrései

Az üregalakokhoz nem kötött méretek tűrései a SolidWorks-ből nyert adatokkal:

$$T_{ük} = 1,8^{+1,2}_{-0,6}$$

Az utolsó lépésben a lekerekítések határeltéréseit határozzuk meg. Ehhez szintén egy táblázat adatait vesszük alapul. A használt lekerekítések R=4mm,

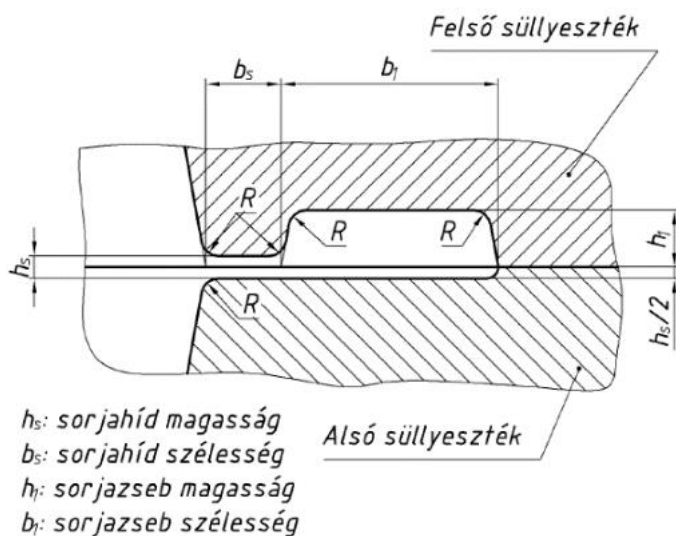
Az 5.8. ábra által mutatott értékek alapján a lekerekítések tűrései:  $T_r = {}^{+0,5 \cdot r}_{-0,25 \cdot r}$

| Élek és homolyatok lekerekítéseinek tűrései                                       |                    |     |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----|---------------------------------|
|  | Lekerekítés<br>$r$ |     | Tűrés                           |
|                                                                                   | -tól               | -ig |                                 |
|                                                                                   | 0                  | 10  | $+0,5 \cdot r$ $-0,25 \cdot r$  |
|                                                                                   | 10                 | 32  | $+0,4 \cdot r$ $-0,2 \cdot r$   |
|                                                                                   | 32                 | 100 | $+0,32 \cdot r$ $-0,15 \cdot r$ |
|                                                                                   | 100                |     | $+0,25 \cdot r$ $-0,1 \cdot r$  |

5.8. ábra Lekerekítések és tűrései

### 5.3. Sorjacsatorna

Sorjacsatorna kialakítása során ügyelni kell, hogy a szerszám kitöltését elősegítő anyag többlet el tudja hagyni a süllyesztéküreget. Sorjacsatorna részei: a sorjahíd és a sorjazseb. [31.][34.] A sorjahíd célja, hogy a szerszámból távozó anyag kifutását megnehezítve segít a megfelelő szerszámkitöltést elérni, ez a sorjareakció. A sorjazseb az anyag többlet elnyeléséért felel. A következő 5.9. ábra segít az elemek felismerésében.



5.9. ábra Sorjacsatorna Vázlat

Ennél a szerszámnál zárt sorjacsatorna alkalmazandó. Az előgyártmány darabolásánál különösen nagy figyelmet kell fordítani munkadarab méretéből adódó pontatlanságokra. A sorjacsatorna tervezésénél  $h_s$  értéke az irányadó méret, ezt a következő összefüggésbe helyettesítve kaptam meg.

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

Ahol:

$$h_s = \text{sorjahíd magassága [mm]}$$

$$m_{kd} = \text{kovácsdarab tömege [kg]}$$

$$h_s = 1,13 + 0,89 \cdot \sqrt{1} - 0,017 \cdot 1 = 2,003 \text{ mm}$$

következő lépésben a számolt adat segítségével, a sorjacsatorna többi mérete a táblázatból kiolvasható. Fontos szempont, hogy a kiszámolt érték a legmagasabb, amivel még a szerszám kitöltése megfelelő minőségű. Ezért, ha nem olyan érték lesz a végeredmény, amelyet a táblázat, az 5.10. ábra tartalmaz, akkor minden esetben lefelé kell kerekíteni.

| Sor-<br>szám | $h_s$<br>mm | $h_1$<br>mm | $R$<br>mm | I. Duzzasztás |             |                               | II. Szélesítés |             |                               | III. Fröccsentés |             |                               |
|--------------|-------------|-------------|-----------|---------------|-------------|-------------------------------|----------------|-------------|-------------------------------|------------------|-------------|-------------------------------|
|              |             |             |           | $b_s$<br>mm   | $b_1$<br>mm | $A_{csat}$<br>mm <sup>2</sup> | $b_s$<br>mm    | $b_1$<br>mm | $A_{csat}$<br>mm <sup>2</sup> | $b_s$<br>mm      | $b_1$<br>mm | $A_{csat}$<br>mm <sup>2</sup> |
| 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                         |

5.10. ábra Sorjacsatorna méret

Ebben az esetben a táblázat tartalmazza a számolt értéket, így az adatok választása egyértelmű.

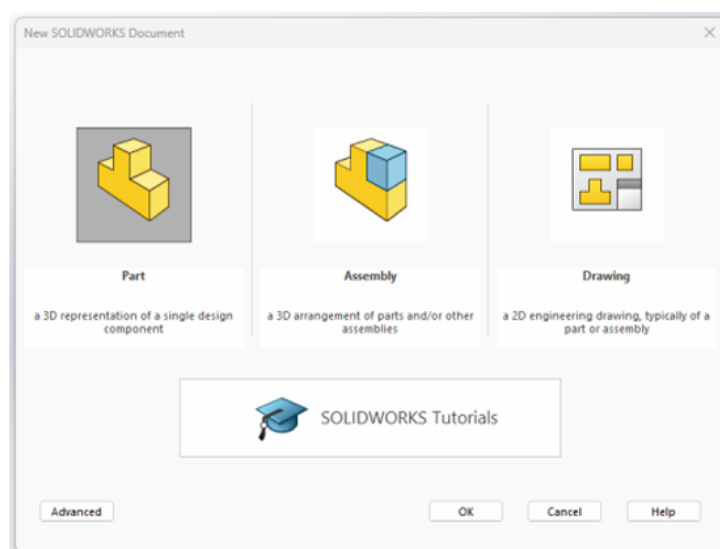
Választott értékek a 5.10. ábra jelölt részében olvashatóak.

## 6. Szerszám tervezése

Elsőként a gyártandó munkadarab modelljére van szükség, ennek elkészítése után tudjuk a szerszám paramétereit kiválasztani, pontosítani. Ezért a megfelelően definiált modell elengedhetetlen a helyes folyamathoz. A későbbiekben az alkatrész modellt módosítva egyszerűbben megalkotható a kovácsdarab modellje. Az utolsó lépésben a teljes kovácsdarab segítségével elkészíthető a két szerszámfél. A SolidWorks-ben található Molds nevű beépített modullal ez néhány lépéssel elvégezhető. A szerszámok műhelyrajzai a 4. és 5. mellékletben.

### 6.1. Alkatrész modellezése

A SolidWorks indítását követően egy felugró ablakban választhatunk 3 fő tevékenység közül. Új projekt kezdésekor, értelemszerűen balról-jobbra haladva időhelyesen helyezkednek el a lépések, alkatrész létrehozásához az 1. lehetőséget, a Part jelölésű egységet kell választani. Ezek a 6.1. ábra SolidWorks indító menü képen láthatóak.



6.1. ábra SolidWorks indító menü

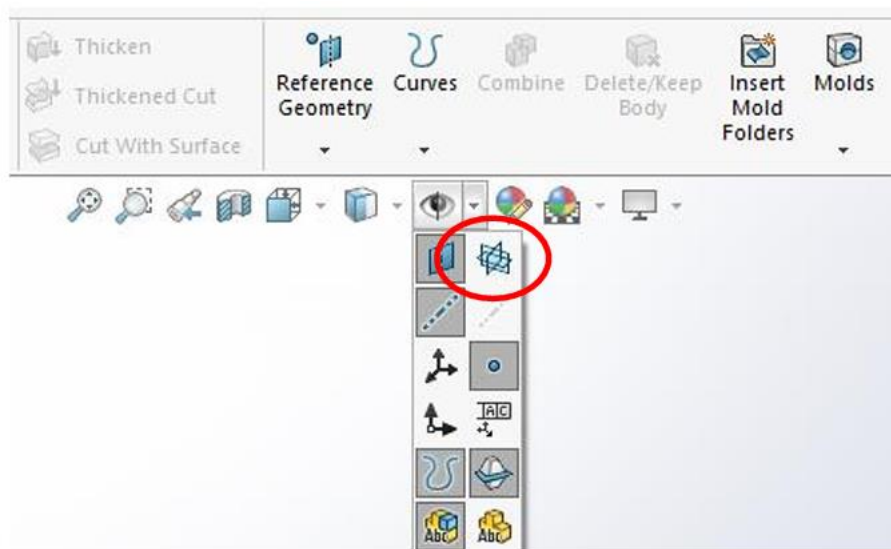
A modulok részletes ismertetése:

- Part: Szilárd testek és felületmodellek elkészíthetőek, ebben a részben nem megengedett a modell mozgatása, egyszerre csak egy alkatrész készíthető.

• **Assembly:** Ez az összeszerelés lépés, itt az általunk készített, vagy külső forrásból beszerzett modellek összeállítását végezhetjük el. Összeszerelés során kényszerek használatával köthetjük egymáshoz az alkatrészeket, itt tetszőleges számú szabadságfok köthető le. Itt már lehetőség nyílik mozgások animálására, ütközés vizsgálatra is.

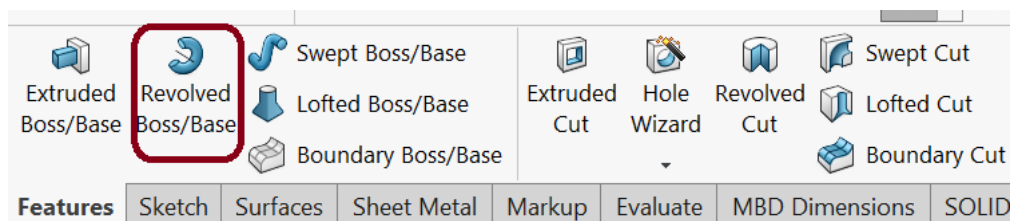
• **Drawing:** Ez a rajz készítő modul, itt számos sablonból és szabványból választhatunk a műhelyrajzok elkészítéséhez. Amennyiben saját sablont szeretnénk alkalmazni annak importálására is van lehetőség.

Mivel most az alkatrész elkészítése következik, így a Part gombra kattintva jutunk el a helyes modelltérbe. Alapesetben egy teljesen üres felület válik láthatóvá. A könnyű tájékozódás érdekében a három sík láthatóságát bekapcsoljuk. Ezt a legkönnyebben a felső ikonsorban található szem ikonra kattintva érhetjük el. Lásd a 6.2. ábra Síkok megjelenítése.



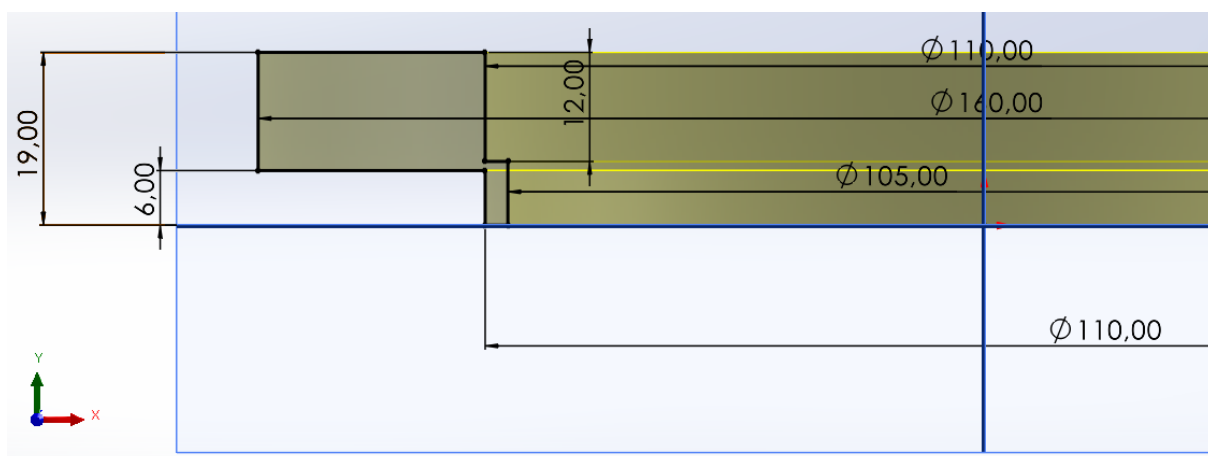
6.2. ábra Síkok megjelenítése

Az alkatrész alaksajátosságát szem előtt tartva kiválasztom a számomra legkönnyebben értelmezhető modellezési menetet, és az ehhez választott kezdő síkot. Gondolatmenetem szerint inkább használok kevesebb lépést és bonyolultabb vázlatokat, ezért ebben az esetben forgáskihúzásként készítem el a testet. Ebben az esetben a Front Plane kiválasztása után a Revolved Boss/Base parancsot választom, 6.3. ábra Revolved Boss/Base.



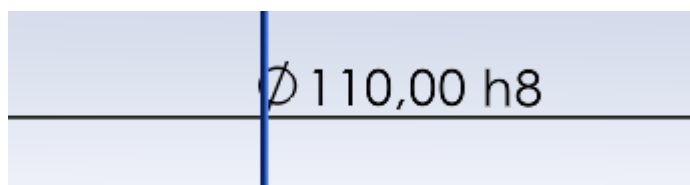
6.3. ábra *Revolved Boss/Base*

Ezt követően a program automatikusan vázlatkészítés (sketch) módba vált ahol line-ok segítségével megrajzoljuk az alkatrész metszetéhez hasonló alakot, majd origóba centerline elhelyezése után az ismert méretek elhelyezésével fejezzük be a vázlatkészítést (6.4. ábra Határozott vázlat). Visszajelzésként szolgál a vázolt alaksajátosság körvonalainak fekete színre változása, ez jelzi a felhasználónak, hogy a vázlat teljesen határozott.



6.4. ábra *Határozott vázlat*

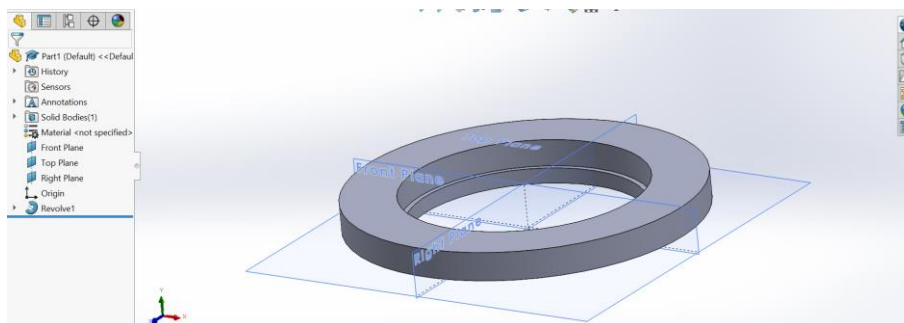
A tűrések megadhatóak a méretezés során is, ezzel a modell is mérethelyes és műhelyrajz készítésekor is automatikusan felkerül arra. Lásd 6.5. ábra.



6.5. ábra *Tűrésezett méret*

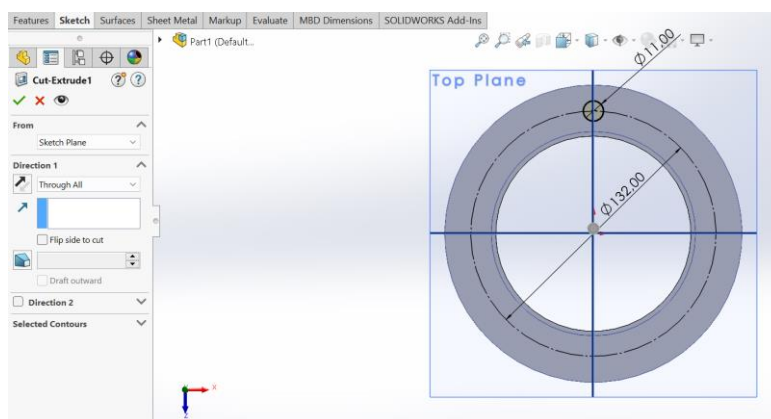
A vázlatkészítésből való helyes kilépés után a parancs a következő lépésre ugrik, ahol a forgatás tengelyét és szögértékét adhatjuk meg. A parancs alapértelmezettként a vázlaton elhelyezett centerline-t veszi forgástengelyként és 360°-ban forgat, ez esetben ez a kívánt

eljárás, nincs szükség további irányok vagy értékek használatára, így a parancsot csak el kell fogadnunk és kész a modell alapja: 6.6. ábra.



6.6. ábra Forgáskihúzással készített test

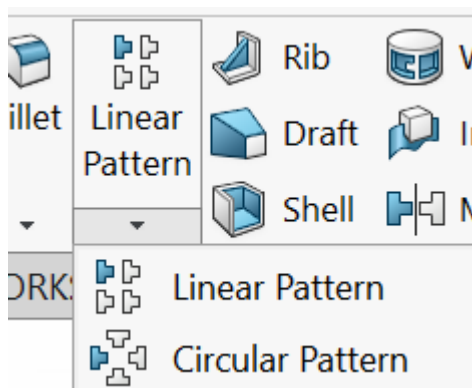
Következik a furatok elhelyezése, a 4 furat furatkörön helyezkedik el, ennek megadása az első lépés. Lépcsős furatok, de nem standard értékűek ezért a gyors elkészítés érdekében kivágást használok, igaz ez minimum két lépésben végezhető el lépcsős furat esetében, de jelen esetben ez gyorsabb megoldás. Az Extruded cut parancsra kattintva kiválasztom az alkatrész homlokfelületét, majd az ismert módon a vázlat készítéshez ugorva origó középponttal elhelyezek egy mérethelyes osztókört és konstrukciós elemmé váltom, ezzel az osztókör szaggatottá válik. (6.7. ábra)



6.7. ábra Lépcsős furat

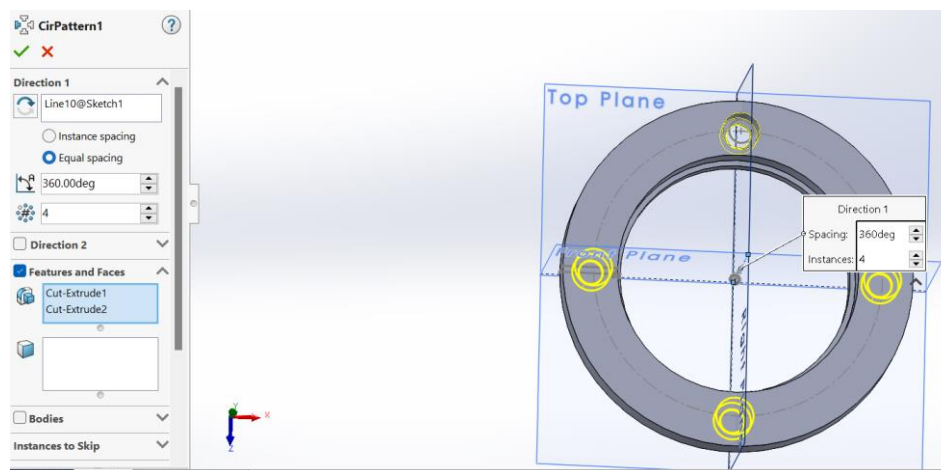
Kiválasztom a circle parancsot és elhelyezem egy tetszőleges sík és az osztókör metszéséhez, a kulzor mozgatása közben jelzi a nevezetes pontokhoz kötődő kényszereket. Ügyelek arra, hogy a mindkét egységhez kényszerezett legyen a kivágás. Méretezem majd Trough all beállítással elfogadom a kivágást (6.7. ábra). A meglévő vázlatok segítségével elhelyezem a

lépcsős furat nem átmenő átmérőjét, blind beállítással és a megfelelő mélység megadásával elfogadom azt. Ezzel elkészítettem 1 furatot a 4-ből, ezt követően a már elkészített vázlatok nevezetes elemeinek segítségével mintát készítek a furatból. A Linear Pattern legördítésével elértem a Circular Pattern parancsot, (6.8. ábra)



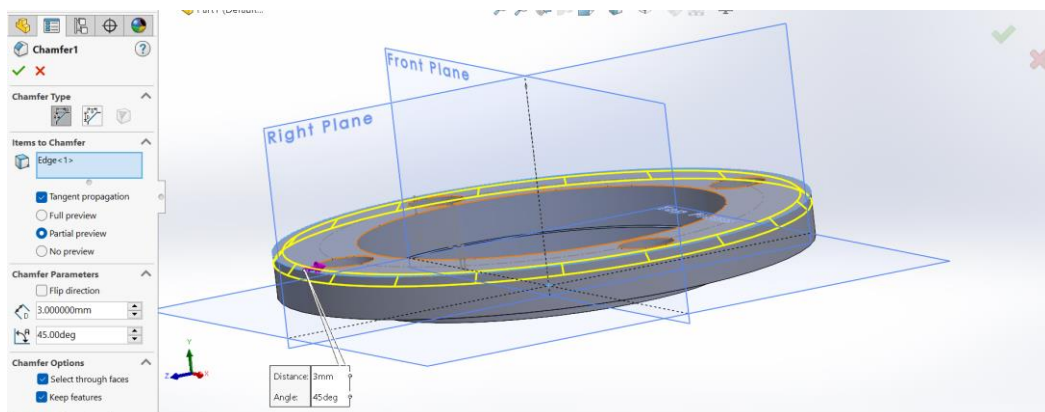
6.8. ábra Circular Pattern

ezzel és a forgástesthez használt center line-al elvégzem a minta alkotást. A minta készítése során az elemszámot 4-re a kiosztást egyenlő térközűre állítom. (6.9. ábra)



6.9. ábra Minta készítése

Az alkatrész utolsó elkészítendő elemei a letörések, 3 letört élt találunk az alkatrészen, de ezek mind más méretűek. Átmérőjük csökkenő sorrendjében a következők: 3mm, 2mm és 1mm. Ennél az alkatrésznél kevés letörés található, ezért elkészíthetném azokat 1 lépésen belül is, de tapasztalati alapon több lépésben helyezem el azokat (6.10. ábra).

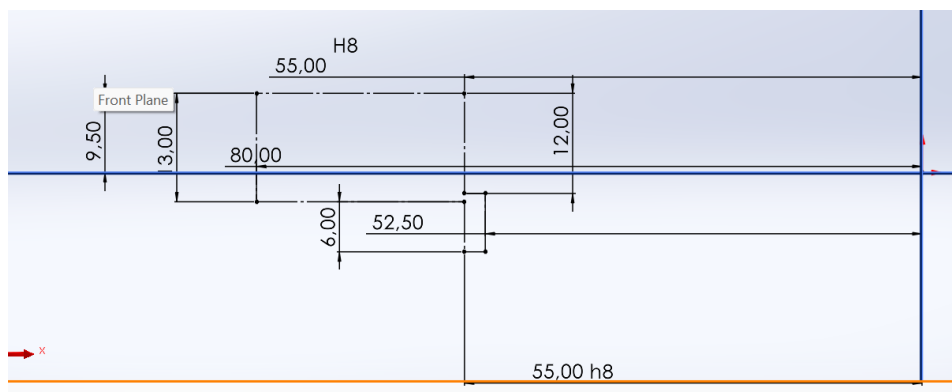


6.10. ábra Letörések

Erre azért van szükség, hogy a későbbiekben, ha szükséges változtatni a méretüket akkor könnyen megtaláljuk azt a történet fában, valamint ténylegesen csak a kiválasztott letörés értékét változtassuk.

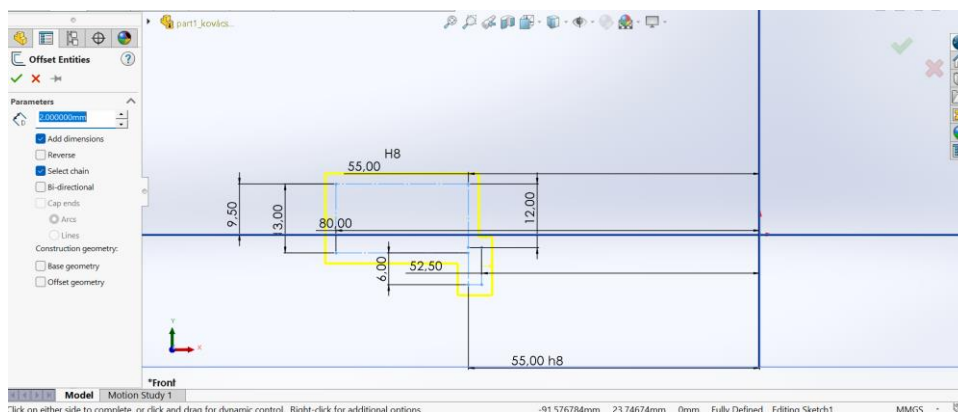
## 6.2. Kovácsdarab modellezése

A kovácsdarab modellezése az alkatrész modell egyszerűsített nézetével kezdődik. Elsőként a technológiai és megmunkálási hozzáadások mértékével kell növelni az alkatrészt. Célszerű a vázlatot úgy elhelyezni, hogy az osztófelület az egyik síkkal egybeeső legyen (6.11. ábra), így később egyszerűbben létrehozható a szerszám.



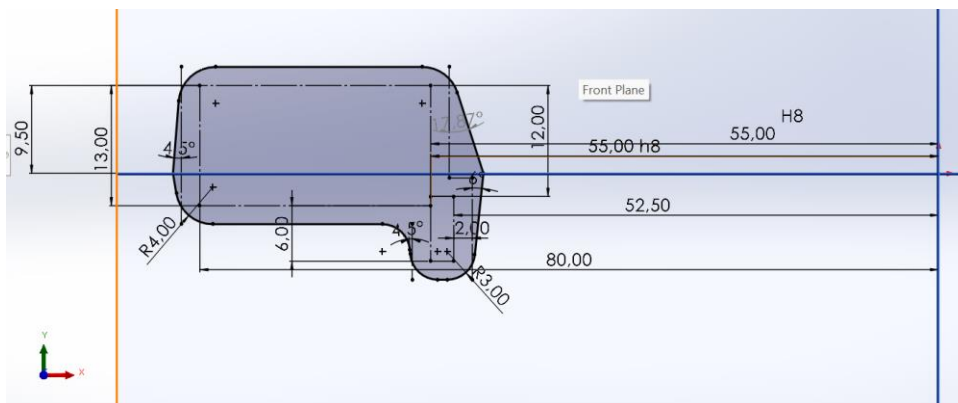
6.11. ábra Egyszerűsített geometria

Az egyszerűsített geometria a kovácsdarab alapjául szolgál. A helyes mértékkel növelt vázlatához az alkatrész modelljének körvonalát for consturction paranccsal segédvonalakká alakítom, majd offset entities paranccsal a helyes léptékkal növelem azt (6.12. ábra).



6.12. ábra Geometria megnövelése

A függőleges vonalak felhasználásával helyezem el és méretezem az oldalferdeséghez deffiniált egyeneseket. Az oldalferdeségek rajzolásakor a vázlat felületen a line parancsot kiválasztva a síkidom csúcaiból indulva rajzolunk egy-egy folytonos vonalat a Top Plane-ig (6.13. ábra), ezek szögeit a Smart Dimension paranccsal adjuk meg, a függőleges vonalakhoz képest.



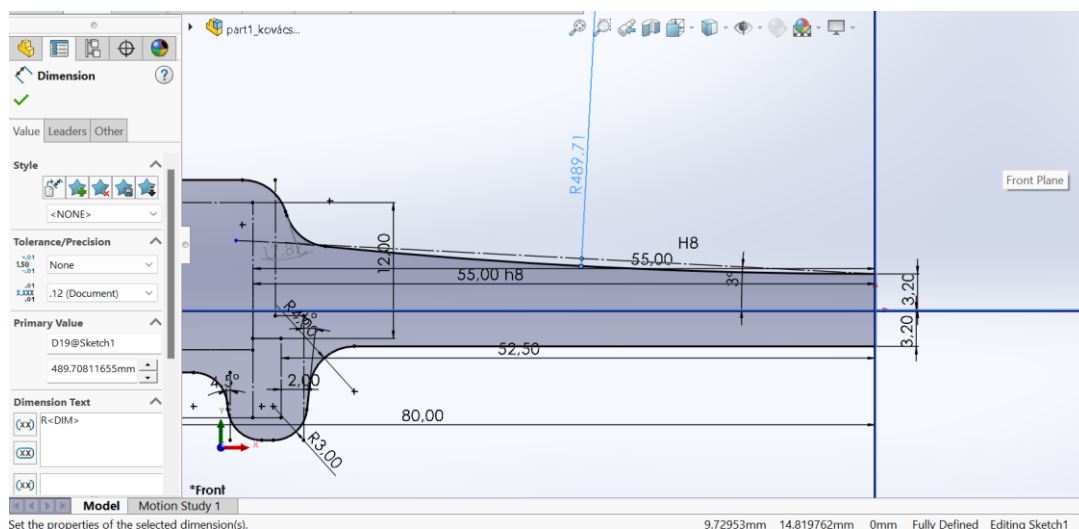
6.13. ábra Lekerekítések, oldalferdeségek

A külső oldalon 4,5 mm-ert, míg a belső oldalon 6 mm-ert méreteztem. Majd a kiválasztott lekerekítést helyezem el a Sketch Fillet paranccsal, ennek a kiválasztása után a síkidom összes csúca a megszabott méretű rádiuszra változtatható (6.13. ábra).

A profilon vannak olyan csúcsok amik túlságosan közel állnak egymáshoz így nem adtató meg rájuk a számított 4mm-es lekerekítés. A kerekítési tűrés szerint a legkisebb még helyes lekerekítés értéke 3mm, ez meg is felel a geometriának. Ennek megfelelően az érintett csúcsokon 3mm-es lekerekítést alkalmaztam.

$$T_r = {}^{+0,5 \cdot r}_{-0,25 \cdot r} \Rightarrow 4 - 0,24 \cdot 4 = 3$$

A következő lépésben a fenék rajzolását mutatom be, lásd: 6.14. ábra. Első lépésként a szerkesztéshez használt segédegyenest hozzuk létre, mivel a munkadarab forgástest és csak a fenék legvékonyabb pontja érintkezik a szimmetriatengellyel, így ez egy jó referenciapont.

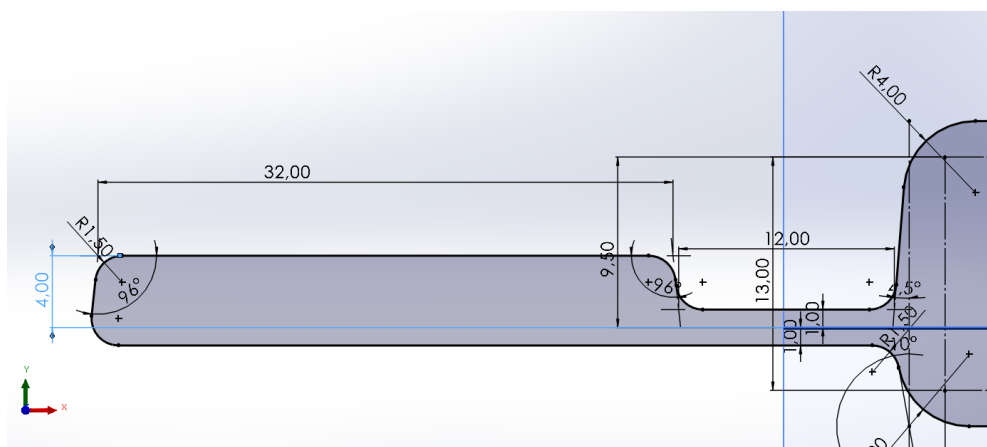


6.14. ábra Fenék szerkesztése

A szimmetriaközép pontban elhelyezkedő síkból indulva egy segédegyenest húzok, ez a vízszintes tengellyel 3°-os szöget zár be. Az egyenesnek metszenie kell a munkadarab szimmetriatengelyhez közelebbi kontúrját, ezt a 6.14. ábra szemlélteti. A Tangent Arc parancsot használva, ezt a menüszalagon érjük el az arc parancs legördítésével. Az ívet a segédegyenes szimmetriatengelyen lévő pontjából indítom, majd rajzolok egy ívet az egyenes és a kontúr metszéspontjáig. Fontos, hogy az ív kezdeti pontjából vízszintesen balra húzzuk az egeret, így a vízszintes tengelyhez képest érintő görbét fog rajzolni! Ha felfelé húzzuk az egeret,

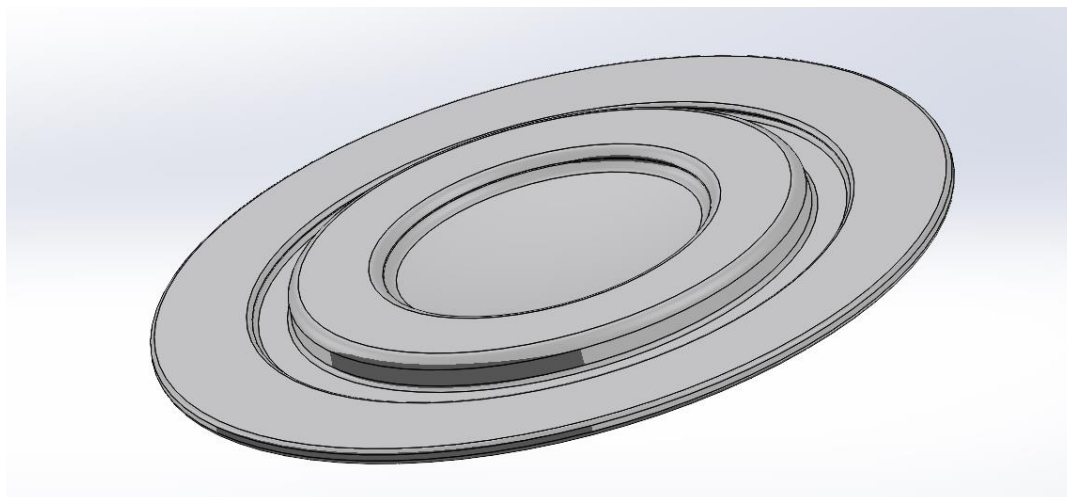
akkor függőleges lesz az érintő iránya. A 6.14. ábra teszi láthatóvá az előbb leírtakat. A mérete adódik, jelen esetben  $R=489.70811655\text{mm}$ .

Az utolsó lépésben a sorjacsatorna rajzolása következik. Az eddigiekben ismertetett technikák használatával. Ahogy eddig is, a kialakított vázlat geometriájához hozzárajzolom a meghatározott méretű sorjacsatornát. Lásd: 6.15. ábra.



6.15. ábra Sorjacsatorna

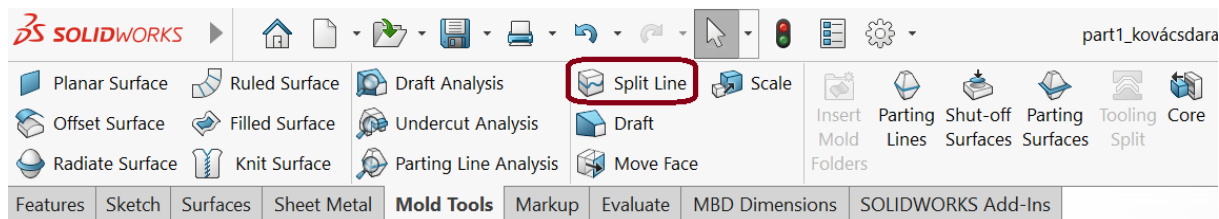
Ezek után csak a vázlatból való kilépésre van szükség, hiszen az eredeti geometria vázlatlépését szerkesztettem. Ezzel elkészítettem a kovácsdarab modelljét.



6.16. ábra Kovácsdarab modellje

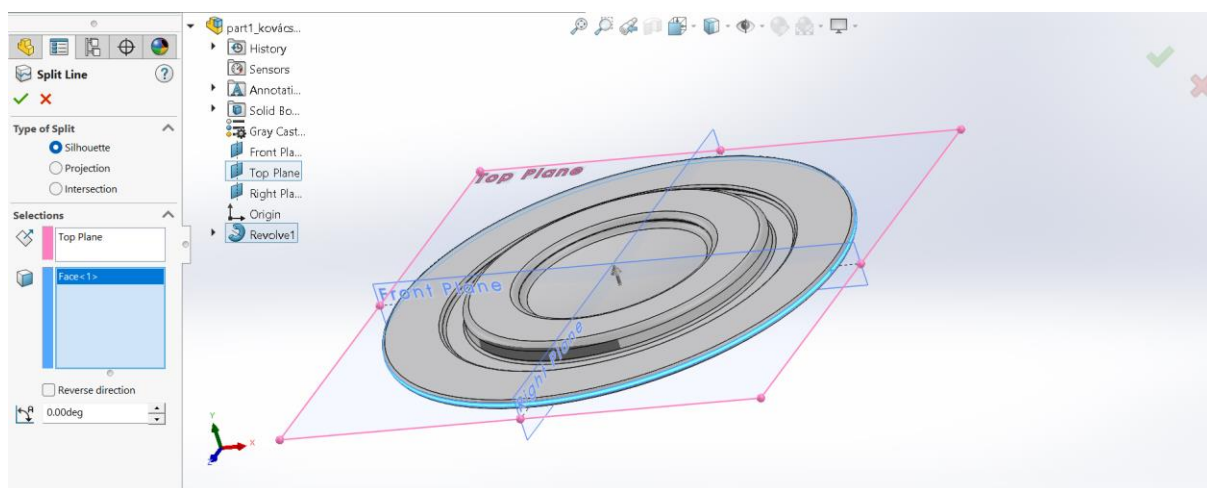
### 6.3. Kovács szerszám modellezése

Az előző fejezetben elkészített kovácsdarab felhasználásával készítem a szerszámfeleket. A modellhez a SolidWorks beépített szerszámkészítő modulját használom. Első lépésben a Split Line parancsot választjuk ki, ez a Mold Tools tabon belül könnyedén elérhető. Lásd: 6.17. ábra.



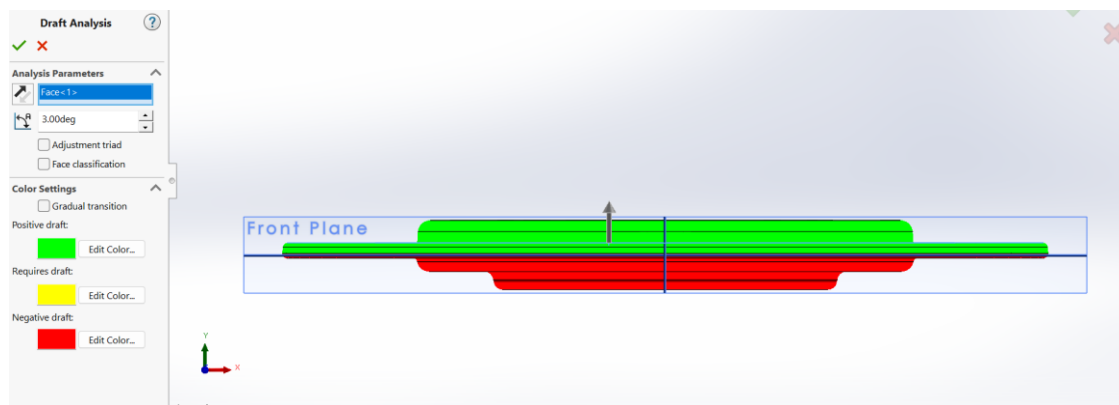
6.17. ábra Split line

Majd a mellékelt 6.18. ábra mutatja milyen módon jelöljük ki az osztófelület síkját és az osztandó felületet.



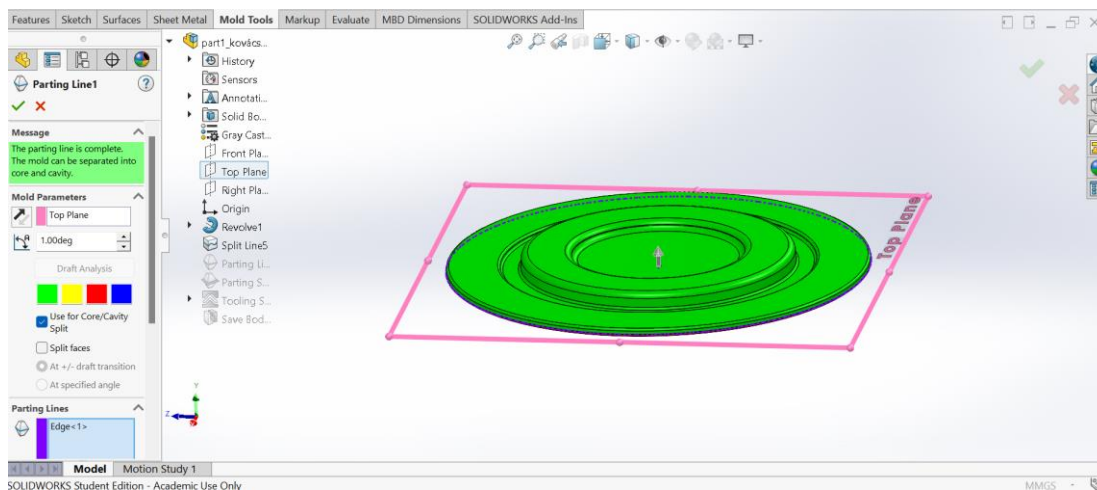
6.18. ábra Split line használata

A következő lépésben az előzőleg létrehozott vonal helyességét ellenőrizzük a Draft analysis parancs használatával. A szoftver képes a felületek elemzésére, sárga színnel jelzi a hibás oldalferdeségeket. Esetünkben nem jelzett hibát! Eredményt a 6.19. ábra mutatja.



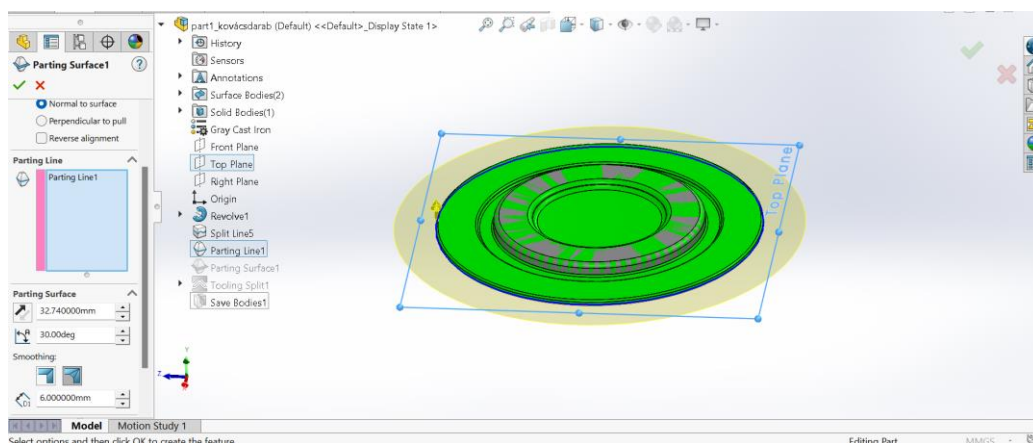
6.19. ábra Draft Analysis

Az osztófelület könnyen meghatározható, mert a kovácsdarab metszeti vázlatát a Top Plane-re szimmetrikusan helyeztem el. Az osztósíkot a Parting Line parancs a segítségével helyezzük el, ezt a 6.20. ábra szemlélteti és a Molds legördülő menüjében található. A megjelenő párbeszédpanelen kiválasztjuk az előzőleg a Split Line paranccsal definiált osztóvonalat, majd a Top Plane-t kiválasztva beállítjuk a szerszám irányát.



6.20. ábra Partin Line

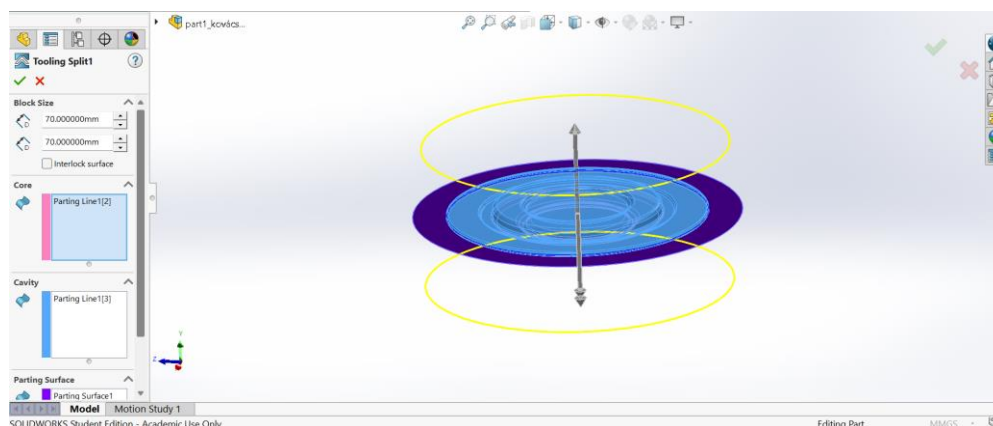
A Parting Surface parancs az osztófelület tényleges elhelyezését teszi lehetővé. A parting line-t kiválasztva megjelenik az osztósík. 6.21. ábra



6.21. ábra Parting Surface

A méretét munkadarabhoz tudjuk igazítani, érdemes úgy megválasztani, hogy az alkalmazni kívánt géphez illeszkedő méretű és formájú szerszám kialakítható legyen. A Parting Surface résznél beállítható a felület dőlésszöge is.

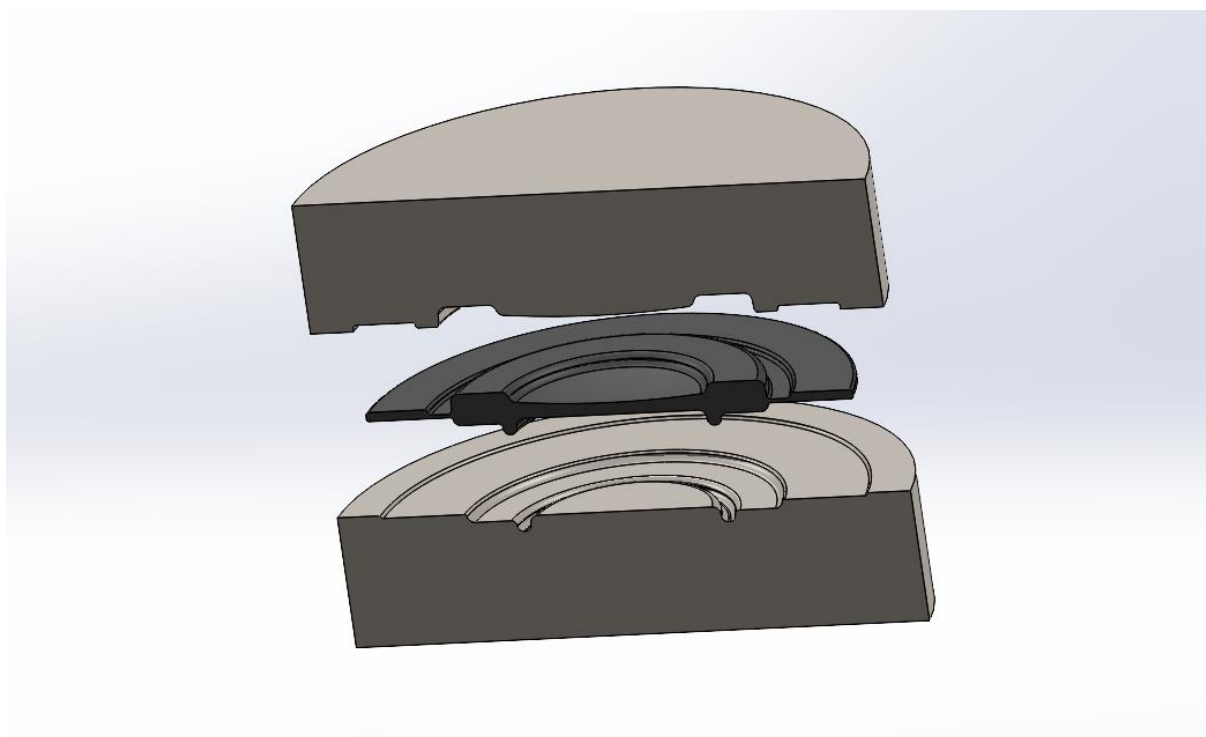
A következő lépésben a szerszám felek készítése a Tooling Split parancs. Az általam megadott paramétereket a 6.22. ábra Szerszám alakadása mutatja. A program nyilakkal jelzi a szerszámok irányát. A Block Size menüpontban a szerszámok magasságát állíthatjuk be, a gyártandó alkatrész méretéhez igazítható, akárcsak az osztófelület mérete az előző lépésben. A parancsot elfogadva kész vannak a szerszámfelek modelljei.



6.22. ábra Szerszám alakadása

Az elkészült szerszámok modelljeit egyenként lementve, majd összeszerelésbe importálva összeállítható kinyitva a szerszám.

A szerszám modelljeinek metszete a 6.23. ábra tartalmazza. A szerszámok elkészítésének a következő lépése a felfogatáshoz szükséges geometriák kialakítása, ez a lépés szimuláció elkészítéséhez nem szükséges, ezért ezt a modellen most nem ábrázolom. A szerszámok rajzait a 4. és 5. melléklet tartalmazza.



6.23. ábra Szerszám

---

## 7. Végeselem szimulációk

A végeselemes szimulációk elkészítéséhez az Ansys student 2024 R2- es verzióját használom. Ez a szoftver elegendő a szerszámfelek vizsgálatához, de figyelembe kell venni, hogy a diákverzió számos korlátozással rendelkezik, így a modellt és az elemzés paramétereit célszerű úgy módosítani, hogy ezek ne gátolják a szimuláció sikerességét.

A szimulációk és elemzések helyes elkészítésének első lépése, hogy a megfelelő mértékre egyszerűsítjük a problémát. Általános esetben a geometriákat nagy mértékben csonkítjuk, hiszen a probléma így is vizsgálható, de kevesebb kapacitást igényel a vizsgálat elvégzése. Itt fontos megemlíteni, hogy a program modell alkotási felülete nem a megszokottakhoz hasonlóan működik, így a gyors modellkészítéshez elengedhetetlen a nagy mértékben egyszerűsített nézet használata. A problémákat majdnem minden esetben 2 dimenzióssá és ha tehetjük tengelyszimmetrikussá alakítjuk, ezzel csökkentve a szimuláció elvégzéséhez szükséges időt. Egyes esetekben az egyszerűség kedvéért a modell beilleszthető 3 dimenziós vékony metszettként is, ilyenkor fontos a metszet kitéréseinek megfelelő leköttetése, így már alkalmazható a szimulációhoz, viselkedése hasonló a 2 dimenziós modellhez.

Miután az egyszerűsítéseket számba vettük, a programban definiálhatjuk az általunk használni kívánt anyagok jellemzőit, vagy választhatunk a programba már importáltakból. A modell elkészítése után a következő sarkalatos lépés a hálózás avagy a Mesh készítése. A Mesh kívánt sűrűségének beállításánál szintén problémába ütközhetünk, mivel a diákverzióban korlátozott a rácspontok száma. A szimulációhoz szükséges feltételek felhelyezését követően futtathatjuk a vizsgálatot és szemrevételezhetjük az eredményeket.

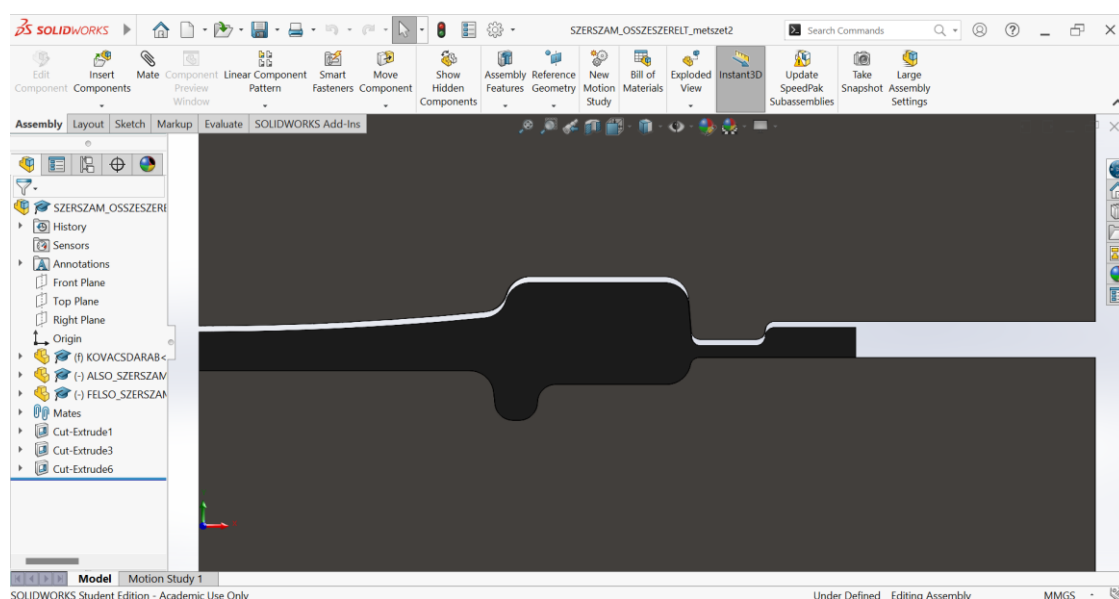
### 7.1. A szerszám anyaga

A súllyesztékes kovácsolás szerszámanyagai között gyakran alkalmazott a H13 jelölésű acél. Nagy hőtűró képességgel rendelkezik, szívós és ellenálló a hőfáradásokkal szemben, a szimuláció során ennek az anyagnak a jellemzőit használtam. Adatlapja a szamu. mellékletben megtekinthető.

Folyáshatára: 1200-1500 MPa

## 7.2. A modell importálása és paraméterezése Ansysba.

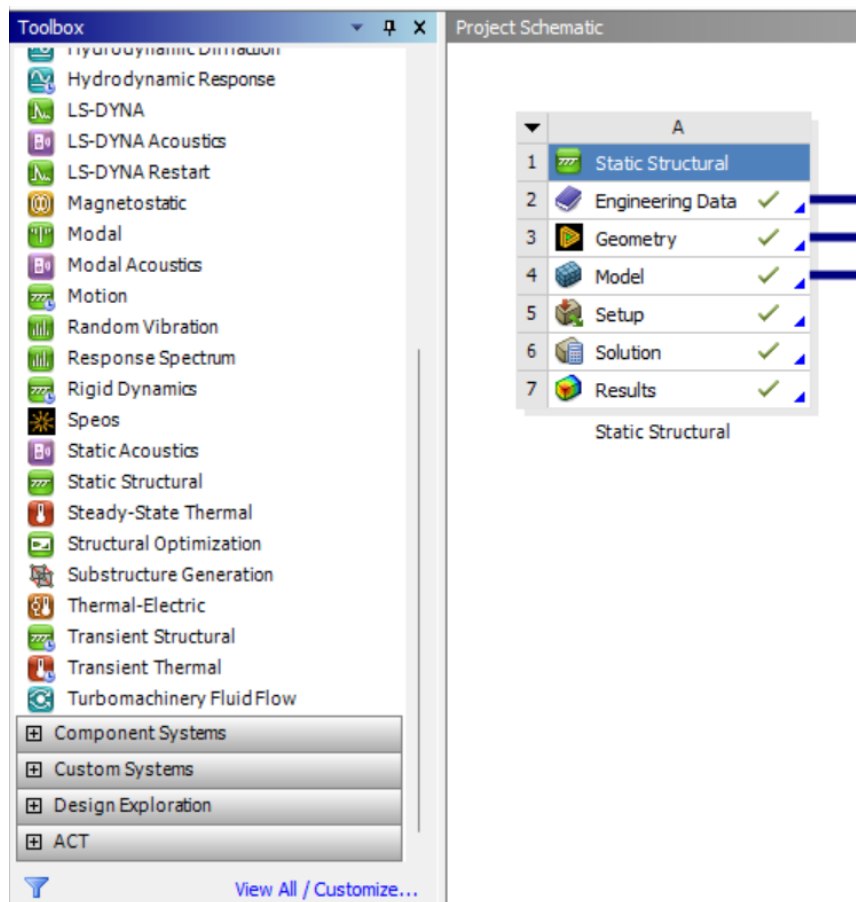
Jelen probléma szimulálásához érkezve már rendelkezek a 3 dimenziós modellekkel, itt a két szerszámfelet, illetve a kész kovácsdarabot értem. Én azt a megoldást választottam, hogy ezekből egyszerűsített metszeteket készítek, ezeknek a metszeteknek az anyagvastagságát 1mm-nek választottam meg. Ezt a lépést a SolidWorks-ben végeztem el, a kész metszeteket az 7.1. ábra mutatja.



7.1. ábra Folyamat metszete

A sorjacsatorna teljes alakjára jelen esetben nincsen szükség, nem is akarom ütköztetni egymáshoz a két szerszámfelet, így körvonalának egy része eltávolításra került. Továbbá a modellezett kovácsdarabon a 100%-ban kitöltött sorjacsatorna szerepel, ebben az esetben erre sincsen szükség, így ezt is csonkítottam a metszeten.

Következő lépésben elindítom az Ansys Workbench-et és a kezelőfelület bal oldaláról a static structural analysis-t választom a szimuláció egy részéhez, ezt az 7.2. ábra mutatja. Itt az Engineering Data-ra való duplakattintással megnyitom, ezt követően felveszem a használni kívánt anyagok jellemzőit. Ezek jellemzőit táblázatba gyűjtöttem, amelyet a 3. Táblázat mutat, a táblázatban szereplő paraméterek megnevezései megegyeznek a Szimulátorban használtakéval a könnyed értelmezés érdekében.



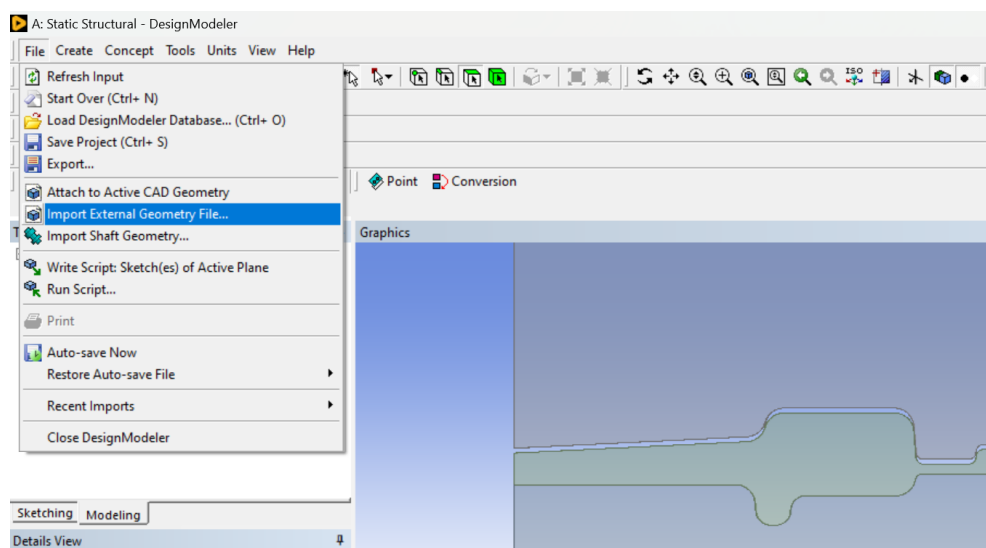
7.2. ábra Választott Tool

A következőkben is a 7.2. ábra szerint, a Workbench-ből elérhetőek a részegységek. Szemléltethető is az ábrán, hogy a következő rész a Geometry, ide történik az importálás majd a Model, az eredmények a Solution fülön elérhetőek.

### 3. Táblázat Anyagok paraméterei

|                                | Szerszám | Kovácsdarab |                                   |                      |
|--------------------------------|----------|-------------|-----------------------------------|----------------------|
| Young's Modulus                | 210      | 210         | GPa                               | Rugalmassági modulus |
| Poisson's Ratio                | 0,27     | 0,3         |                                   | Poisson arány        |
| Yield Strength                 | 1500     | 235         | MPa                               | Folyáshatár          |
| Tangent Modulus                | 150      | 5           | GPa                               | Tangens modulus      |
| Isotropic Thermal Conductivity | 28       | 50          | W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> | Hővezetési tényező   |

A geometria importálása egyszerű, a metszetet step. formátumban elmentem, majd a geometry megnyitását követően a file fül legördítése után láthatóak az importálási lehetőségek ezt szemlélteti a 7.3. ábra Importálási lehetőségek.

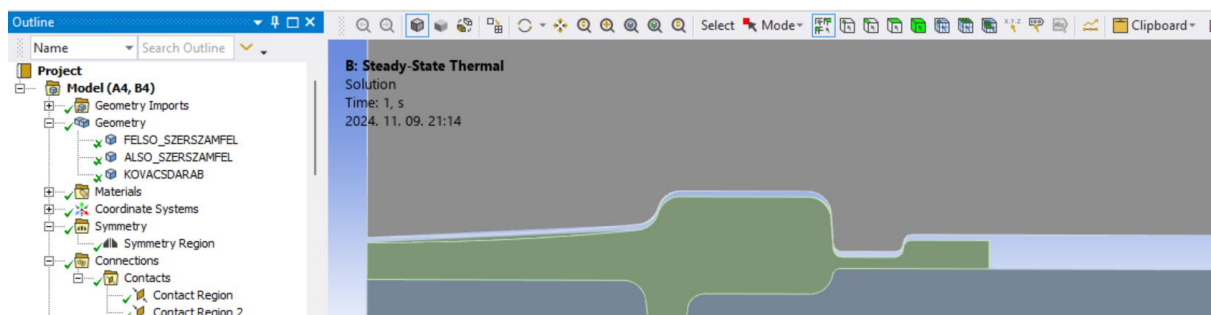


7.3. ábra Importálási lehetőségek

Sikeres beillesztést követően itt nincs több teendő. A testek 3 külön testként kerülnek felvételre, következőkben a szimuláció feltételeit kell felhelyezni, majd végül a kívánt adatokhoz szükséges méréseket.

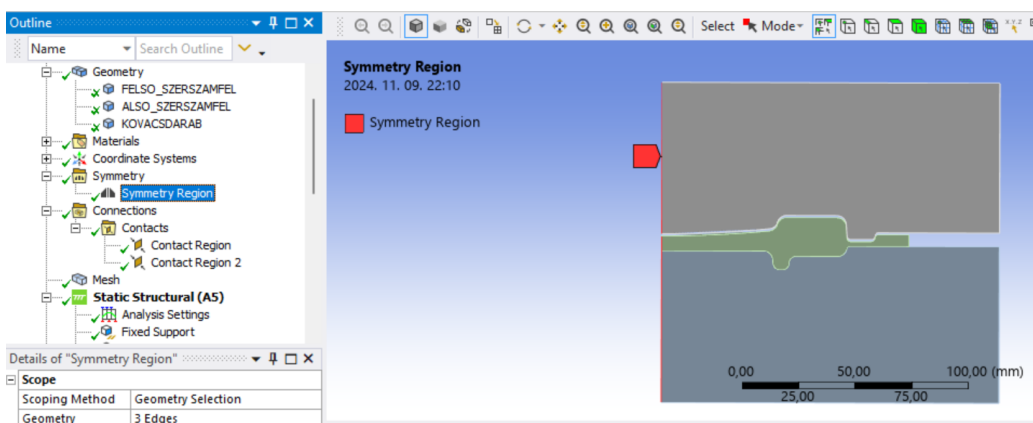
### 7.3. Szimulációhoz használt Modell megalkotása

A Model fül megnyitásával a következő kezelőfelületre érkezünk, ahol elhelyezhetők a kívánt peremfeltételek, mérési módszerek illetve egyéb paraméterek. A következő 7.4. ábra szemlélteti az elsőnek definiálandó egységeket. A Geometry kinyitásával láthatóvá válnak az importált testek, ezekre kattintva hozzárendelhetünk anyagokat.



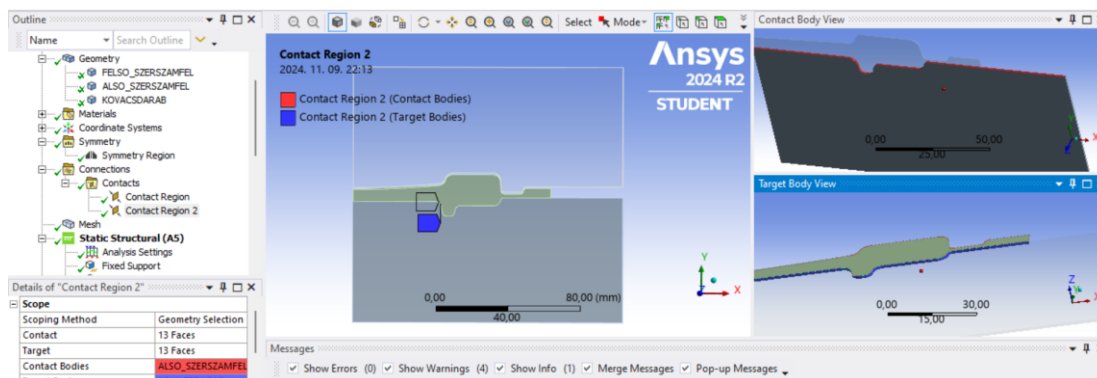
7.4. ábra Model paraméterek 1

Ezt követi a szimmetriatengely elhelyezése, ezt a Modelre való jobb klikk után a Symmetry Region inzertálásával tudjuk elérni, majd kiválasztani a kívánt egységeket. Mint minden alaksajátosság kiválasztásánál, itt is egy színkóddal ellátott kijelölés hívja fel a felhasználó figyelmét a kiválasztott részekre. Ezt szemlélteti a 7.5. ábra.



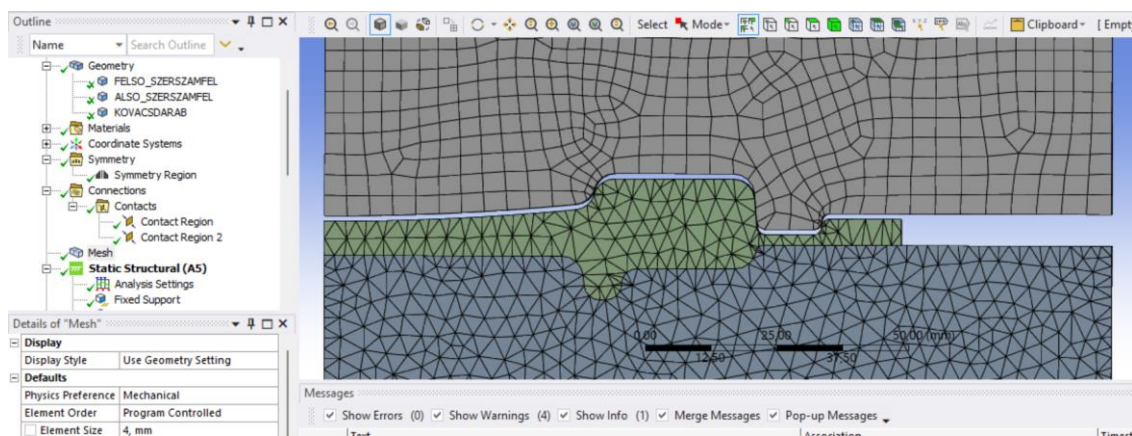
7.5. ábra Szemléltető jelölés a symmetry használata közben

A kapcsolódó felületek kiválasztását a program automatikusan minden esetben elvégzi, 2 dimenziós modellel ez sokszor nem a kívánt módon történik. Mivel a használt modellem 3 dimenziós így könnyedén felismerte a csatlakozó felület egységeket, így ezt csak ellenőrizni kell. Lásd a 7.6. ábra.



7.6. ábra Kontakt felületek

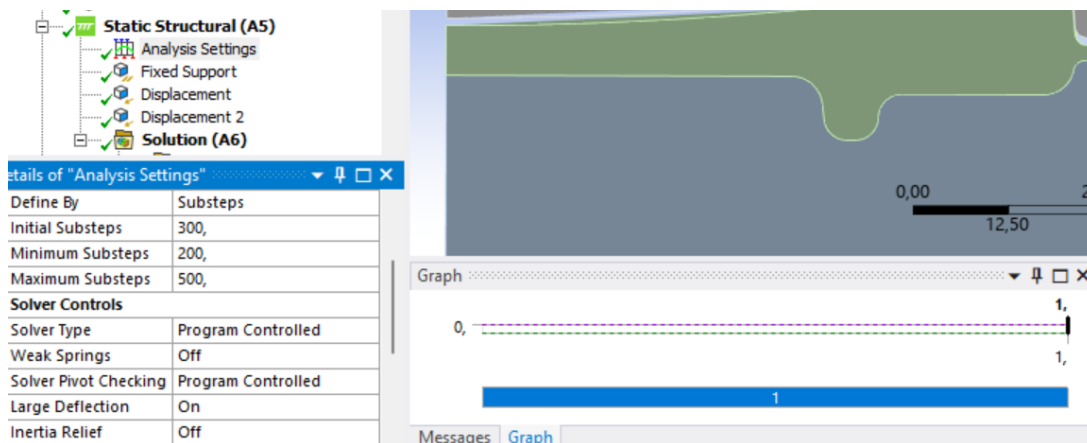
A következőkben a már többször említett Mesh definiálása következik. A Mesh beállításánál az elemszám korlát figyelembevételével 4mm-t állítottam be, ez durva rácsozásnak tűnhet, de a rácsméret program controlled opciójával a kritikus alakoknál megfelelő sűrűséget kapok, ez annak köszönhető, hogy a rácsozás nem szabályos alakú elemekből áll össze, 7.7. ábra.



7.7. ábra Mesh

A Mesh-t a paraméterek beállítása után generálhatjuk is, így megjelenik a rácsozás és láthatjuk, hogy megfelelő-e az elvárásainknak.

Ezt követem a kényszerek felhelyezésével, a kényszerek hasonlóan az eddig elhelyezett kritériumokkal az insert segítségével elérhetőek, jelen esetben jobb klikk a Static Structural elemen, majd insert és a kiválasztott kényszer. Az alkalmazott feltételek listája szerepel az 7.8. ábrán.

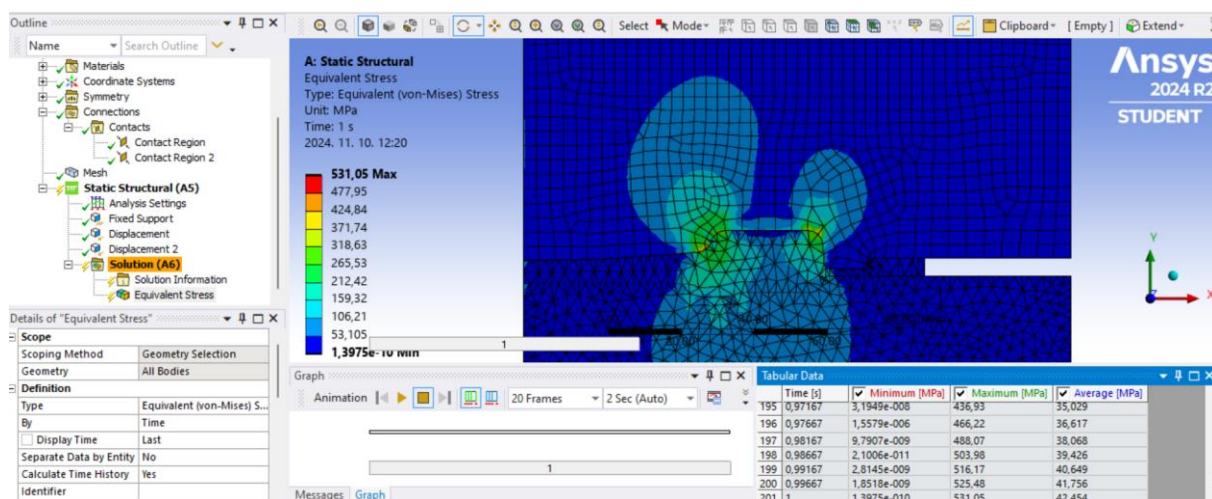


7.8. ábra Analysis settings és Substep

A szimulációhoz fixáltam az alsó szerszámfelet, displacement-t előidéztem a felső szerszámfél mozgását. Mivel 3 dimenziós az alkalmazott modell fontos meggátolni a nem kívánt kitéréseket, így z irányban nem engedélyezek semmilyen mozgást, ez a következő displacement.

A szerszámfeleket és a kovácsdarabot előmelegített, illetve hevített állapotban szimuláltam, a szerszámfelek hőmérsékletét 200 °C-ra, a kovácsdarabét 1200 °C-ra állítottam, ennek definiálása szintén az anyagminőségek beállításánál lehetséges, illetve az Engineering Data-ban is elvégezhetjük ezt.

A szimulációhoz szükséges feltételek elhelyezése után a következőket mértem, lásd: 7.9. ábra.



7.9. ábra Equivalent Stress

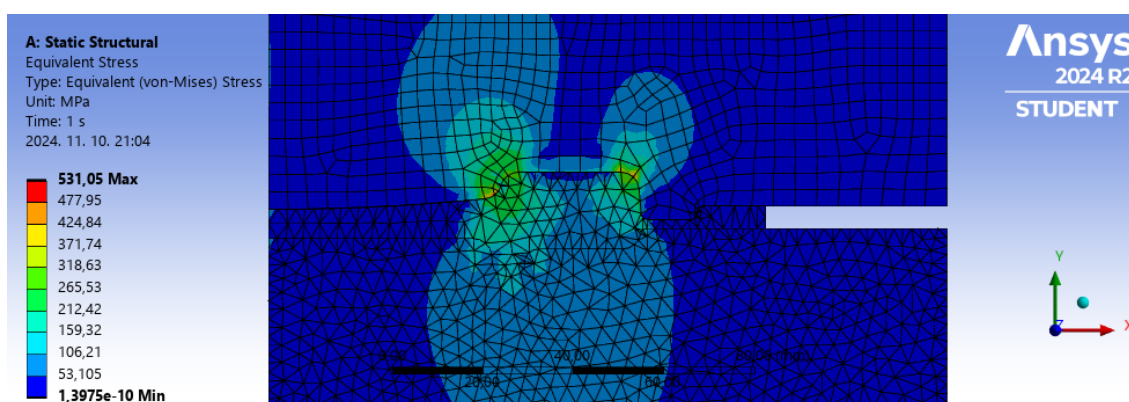
A 7.9. ábra tartalmazza az mérni kívánt paraméterek listáját és a szimulált Equivalent Stress-t. Az ábrán színskála segítségével szemléltethetőek a feszültségek helye és mértéke. A felhelyezett vizsgálati paraméterek mindegyike nem szükséges, ezeket csak kísérleti alapon vizsgáltam. A meghatározó eredmény eléréséhez elegendő az Equivalent Stress, ezen felül vizsgáltam a szerszám külső kontúrjaira ható erőket is.

Elmondható, hogy a kapott eredmény várható volt, a legnagyobb feszültségek az alkatrész azon részeinél keletkeznek ahol a számolt hozzáadások helyezkednek el. Ám ezek közel sem kritikusak, értékük bőven a megengedett alatt van. Ez azt mutatja, hogy a tervezett szerszám megfelelt, használata biztonságos, a vele gyártott termék minősége megfelelő.

A további ábrákat a 7.4 bekezdésben tagolom.

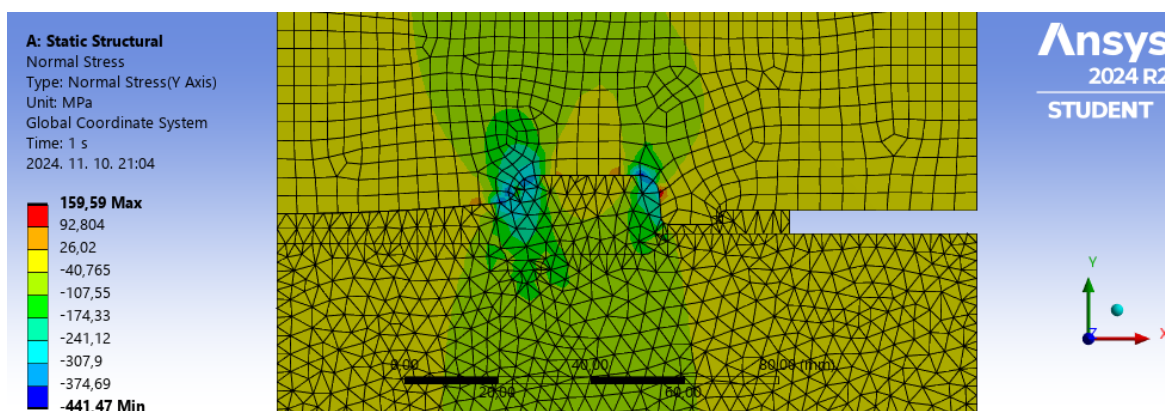
## 7.4. A szimuláció eredményei

A szimuláció során fellépő a szerszámmra káros erő legnagyobb értéke: 531 MPa (7.10. ábra), az átlagos feszültség még ebben az esetben is 42 MPa, a szerszámnak választott acél folyáshatára 1500 MPa. Kijelenthető, hogy a kialakuló feszültségeket képes elviselni a szerszám, sem megrepedni, sem alakváltozást nem fog elszenvedni a kovácsolás alatt, a kovácsolás sikerrel elvégezhető. A munkadarab a vártaknak megfelelően kialakítható és a szerszámban sem lépnek fel végzetes vagy gyors amortizációra utaló jelek.

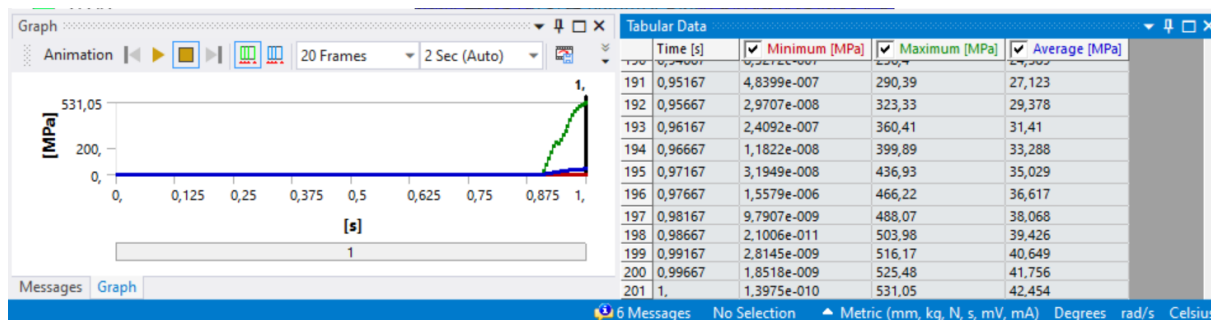


7.10. ábra Szimuláció1

Részletesebben az y irányú normál terhelés maximális értéke 159,59 Mpa. A 7.11. ábra szemlélteti, ugyanakkor az ábrán megfigyelhetőek feszültséggyűjtő helyek is, ez sajnos a nem ideális Mesh miatt jelenik meg így.



7.11. ábra Szimuláció normál y



7.12. ábra Szimuláció Eredményei

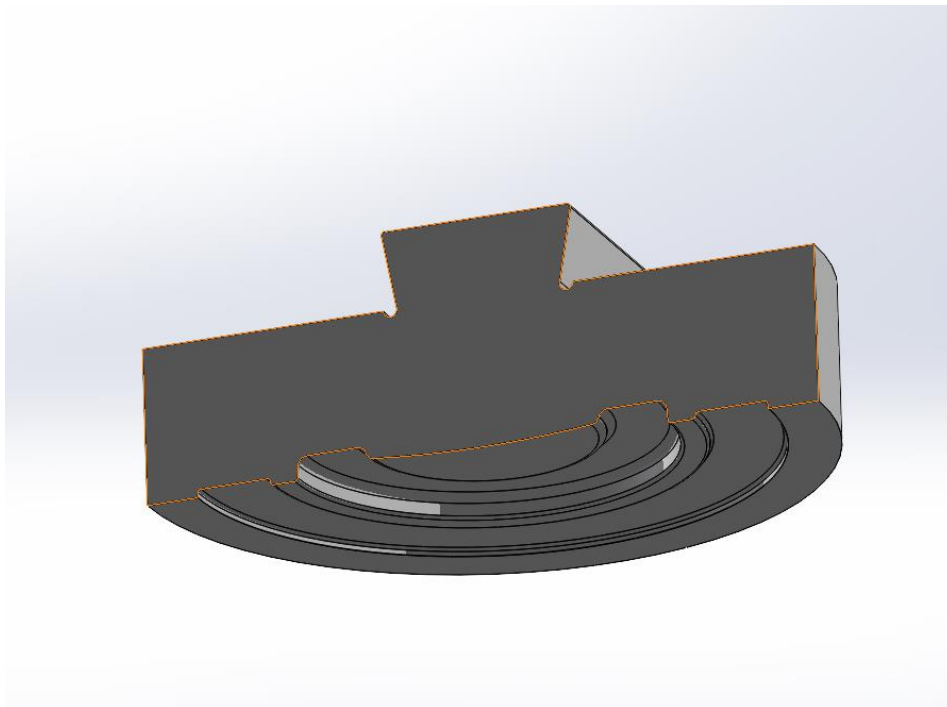
A kapott eredményeket a szimulációs szoftver táblázatba rendezi, ezek alapján diagrammot készít. Ezt a 7.12. ábra mutatja, ezen a zölddel jelölt feszültségérték a szerszámban keletkező feszültségek, látható, hogy a szimuláció elején, még nem ér hozzá a szerszám az előgyártmányhoz. Az eredményt és a megengedett értéket a következő 4. Táblázat tartalmazza.

#### 4. Táblázat Eredmények

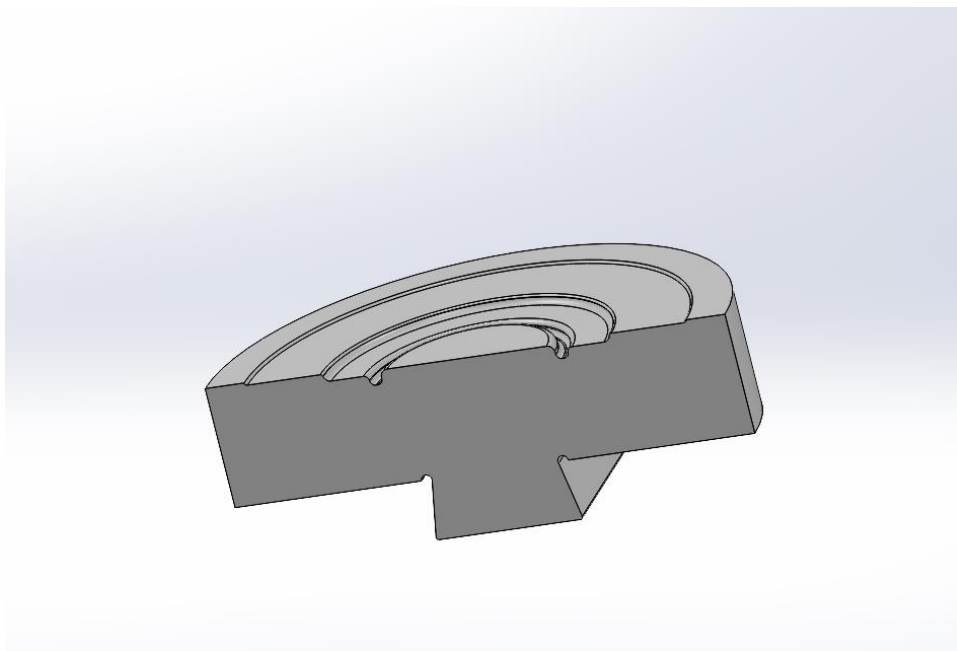
|             | Anyag  | Hőmérséklet<br>°C | Folyáshatár<br>Mpa | Keletkező legnagyobb feszültség<br>Mpa | Átlagfeszültség |
|-------------|--------|-------------------|--------------------|----------------------------------------|-----------------|
| Kovácsdarab | S235JR | 1200              | 210                | -                                      | -               |
| Szerszám    | H13    | 200               | 1500               | 531,05                                 | 42,454          |

A kapott eredményekből látható, hogy nincs túlzott terhelés. A szerszámban ébredő névleges 531 MPa nem éri el, de még a közelében sincs a megengedett 1500 MPa-nak.

Továbbá a szimuláción látható, hogy a szerszám lekerekítései a technológiai számításoknak megfelelnek, a formadó szerepük is teljesen jó, hiszen ezeknél az íveknél nincs feszültséggyűjtő pont, az előgyártmány anyaga teljesen kitölti a meghatározott geometriákat. A szerszámok modelljét a 7.13. ábra és 7.14. ábra szemlélteti. A szerszámon elhelyezett oldalferdeségek minimuma minden esetben megvan, néhány helyen a lekerekítések elhelyezése végett meg is haladja a kívánt értéket, így a kész termék kilökésével sem lehet probléma. A szerszámok megfelelnek az elvárásnak, korai kifáradással vagy törésre nem kell számítani.



*7.13. ábra Felső szerszámfél*



*7.14. ábra Alsó szerszámfél*

---

## 8. Gazdasági számítás

A gazdasági számítás során nem veszem figyelembe a használt szoftverek díjait. A dolgozatom elkészítéséhez az edukációs verziókat használtam, ezek elérése a diákoknak ingyenes. A számítás során figyelembe veszem a modell alkotással eltöltött időt, a szakirodalom áttekintését és ismeretét, a dokumentáció elkészítéséhez szükséges időt és kvalitást.

Így a süllyeszték szerszámok tervezésénél, csak a tervezési időt tudom számolni:

Tervezési óradíj 25.000,- Ft/óra + ÁFA

A tervezéssel töltött órák száma: 24

A tervezés és dokumentáció ára: 600.000,- Ft + ÁFA

Az alkatrész gyártási árának meghatározásához számolom az alapanyagot, a kovácsolási és forgácsolási eljárások költségeit. A kovácsolást végző cégtől a dolgozat készítésekor nincs birtokomban árajánlat, ezért a kovácsszerszám legyártásának árát nem tudom számolni, az alkatrész kovácsolásának költségét pedig becsléssel fogom meghatározni.

Az árakat 100 db késztermékre vonatkoztatom.

Alapanyag ára: 1.500,- Ft/db + ÁFA

Kovácsolási díj: 12.000,- Ft/db + ÁFA

Forgácsolási óradíj 20.000,- Ft/óra + ÁFA

Készre forgácsolás ideje: 1 óra/db

A 100 db alkatrész elkészítése 3.350.000,- Ft + ÁFA kerül.

1db késztermék előállítási költsége 33.500,- Ft + ÁFA, ehhez jön még a 600.000,- Ft + ÁFA tervezési költség, azaz összesen 633.500,- Ft + ÁFA.

100db késztermék előállítási költsége 3.350.000,- Ft + ÁFA, ehhez jön még a 600.000,- Ft + ÁFA tervezési költség, azaz a teljes költség 100db-ra 3.950.000,- Ft + ÁFA.

---

## 9. Összefoglalás

Az alkatrész egy villanymotorhoz rögzített hajtóműház eleme, a villanymotor egy csőforgató berendezést hajt. A hasonló berendezések elterjedtek a gyártásban, használatuk megkönnyíti a csövek toldását, szerelvények precíz felhegesztését. A berendezés feladata, hegesztés során a hegesztendő cső folyamatos és egyenletes sebességgel való forgatása.

Az alkatrész süllyesztékes kovácsolással gyártandó, ehhez az alkatrész műhelyrajza ismerteti az adatokat. Ez tartalmazza a méreteket és anyagminőséget is, az alkatrész anyaga: S235JR. Dolgozatomban a gyártáshoz szükséges szerszámfelek tervezését végeztem el, majd ennek dokumentációját rögzítettem.

Dolgozatom elkészítéséhez átnéztem a hazai és nemzetközi szakirodalmat, melegalakítás és süllyesztékes kovácsolás témakörben. A dolgozatomban bemutattam a problémát, ami az említett berendezéshez tartozó hajtóműház alkatrész kovács szerszámának a tervezése és ehhez tartozó dokumentáció elkészítése volt. A tervezési részben először a technológiai számításokat végeztem el, ezeket magyarázó ábrákkal egészítettem ki. Majd a konkrét szerszámtervezés lépéseit mutattam be a Solid Works tanulmányi felhasználású 2023-as verziójú programjában. A végelelemes szimulációk elkészítéséhez pedig az Ansys Student 2024 R2-es programot használtam. A szimuláció során a gyártás utolsó lépését modelleztem, a folyamatot 3 dimenziós problémaként készítettem el. A végelelemes szimuláció során a szerszámot több szempontból vizsgáltam, ide tartozik, hogy a megmunkálandó előgyártmány megfelelően tölti-e ki a szerszámfeleket, ebből adódóan a kész termék minősége megfelelő-e. Valamint a szerszám alakhelyessége, anyagválasztása, is ellenőrzésre került.

A szimuláció során a szerszám minden szempontból megfelelt az elvárásoknak, a gyártott termék megfelelő minőségű. Majd elkészítettem a szükséges rajzdokumentációkat, a dolgozat melléklete 4 db műhelyrajzot tartalmaz.

Ezt követően a gazdasági számítás részben meghatároztam a szerszámtervezés költségeit.

---

## 10. Summary

The component is an element of a gear housing attached to an electric motor, which powers a pipe-rotating device. Similar devices are widely used in manufacturing as they facilitate pipe joining and the precise welding of fittings. The device's task is to rotate the pipe to be welded at a continuous and uniform speed during the welding process.

The component will be manufactured using closed-die forging, with the workshop drawing providing the necessary specifications, including dimensions and material grade. The material of the component is S235JR. In my thesis, I designed the tool halves required for production and documented this process.

In my thesis, I reviewed domestic and international literature on hot forming and closed-die forging. In my bachelor's thesis, I presented the issue of designing the forging tool for the gear housing component associated with the mentioned device and preparing the corresponding documentation. In the design section, I first carried out technological calculations, supplemented with explanatory diagrams. Then, I demonstrated the specific steps of tool design using the SolidWorks 2023 educational version. For the finite element model, I used Ansys Student 2024 R2.

In the simulation, I modeled the final stage of the manufacturing process as a 3D problem. During the finite element simulation, I examined the tool from several perspectives, including whether the preform adequately fills the tool halves and thereby ensures the quality of the finished product. Additionally, the tool's shape accuracy and material selection were also verified.

The tool met all expectations in the simulation, and the manufactured product was of satisfactory quality. I then created the necessary drawing documentation, and the appendix of the thesis includes 4 workshop drawings.

In the subsequent economic analysis section, I determined the costs associated with tool design.

## 11. Nyilatkozat

### NYILATKOZAT

Alulírott Zykin Alekszandr, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllői Campus, Gépipari Mérnök 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: 2024 év 11 hó 01 nap

Zykin Alekszandr  
Hallgató

### NYILATKOZAT

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

A Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot záróvizsgán történő védelemre javaslok /  
nem javaslok\*.

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

Kelt: Gödöllő 2024. év november hó 01. nap

Dr. Kovács Anikó  
Belső konzulens

\*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

## NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>1</sup> nyilvános hozzáféréséről és  
eredetiségéről

A hallgató neve: Zykin Alekszandr  
A Hallgató Neptun kódja: HMØRE3  
A dolgozat címe: Csöforgatógép hajtóműház lezáró elemének gyártótervezése  
A megjelenés éve: 2024  
A tanszék neve: Műszaki Intézet

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>2</sup> 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: 2024 év 11 hó 05 nap

Zykin Alekszandr  
Hallgató aláírása

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

---

## 12. Irodalomjegyzék

- [1.] Dobrzanski (1977) Munkadarab befogó készülékek a gépgyártásban, Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [2.] Hiram E. Grant (1970) Munkadarab-befogó készülékek Példatár, Műszaki könyvkiadó, Budapest.
- [3.] Jánossy Gy.-Kári-Horváth A.-Keresztes R.- Zsidai L.: Szereléstechológiák, NSZFI, NS 108 0276 06 004-4 Budapest, 2008
- [4.] Dr. Fledrich, Gellért, Attila Dr. Kári-Horváth, Gyula Dr. Kakuk, István Dr. Pálinkás, és László Dr. Zsidai. Gépgyártástechnológia. Gödöllő: Szent István Egyetem Kiadó, 2013.
- [5.] Kalotai T. – Kucher J. – Szele T. – Tihanyi J (1969) Szerszámgéptartozékok és készülékek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [6.] Dr. habil Dogossy, Gábor. A képlékeny alakítás elméleti alapjai. Széchenyi Egyetem, Győr-Moson Sopron, 2019. 11 20.
- [7.] Mikó Balázs, Dr. (2015) Forgácsolástechnológia alapjai, Bázisok és készülékek. Egyetemi jegyzet. Óbudai Egyetem.
- [8.] Molnár J., Dr. - Szabó S., Dr. : Készüléktervezés, ME Kiadó, Miskolc, 1995.
- [9.] Szabó A., Kozma I., Dr.: Gyártóeszközök tervezése és gyártása. Széchenyi István Egyetem,(2011)
- [10.] Szabó L., Dr., (2000) Forgácsolás, hegesztés. Egyetemi jegyzet. Miskolci Egyetem. (1.10. A forgácsoló szerszámok)
- [11.] Szilágyi L. (1967) Munkadarab befogó készülékek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [12.] Terdik J., Zeller L. (2014) Szerszámkészítő mestervizsgára felkészítő jegyzet. Magyar Kereskedelmi és Iparkamara
- [13.] Dudás László – Valánsik Árpád: Forgácsolási technológia I., Műszaki Kiadó, Budapest, 1993
- [14.] F. A, Barbasov: Marás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979

- 
- [15.] Firstner Stevan, Dr.: Gyártástechnológia, Egyetemi Kiadó, Dunaújváros, 2008
  - [16.] Hornung Andor, Dr.: Marás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974
  - [17.] Makádi András: Marás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1955
  - [18.] Márton Tibor, Dr.: Technológia és készülékek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1992
  - [19.] Rábel György: Készülékszerkesztés, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968
  - [20.] Walter Bartsch: Esztergálás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972
  - [21.] Adolf F., Günter K., Klaus G., Werner H., Wilhelm D.; 1997; Fémtechnológiai táblázatok; B+V Lap- és Könyvkiadó Kft.; Budapest
  - [22.] Bakondi K., Kardos Á.; 1972; A gépgyártás technológiája I. - Forgácsolás; Tankönyvkiadó; Budapest
  - [23.] Bali J.; 1985; Forgácsolás, Tankönyvkiadó; Budapest
  - [24.] Bálint L.; 1958; A forgácsoló megmunkálások tervezése, Műszaki Könyvkiadó; Budapest
  - [25.] Beer Gy.; 1989; Mezőgazdasági gépek gyártása; Műszaki Könyvkiadó; Budapest
  - [26.] Czverencz J., Váradi A.; 1985; A gépgyártás készülékei I-II.; Műszaki Könyvkiadó; Budapest
  - [27.] Diószegi Gy.; 1996; Gépszerkezetek példatár, Műszaki Könyvkiadó Kft.; Budapest
  - [28.] Dudás I.; 2011; Gépgyártástechnológia I., Műszaki Könyvkiadó Kft.; Budapest
  - [29.] Dudás I.; 2001; Gépgyártástechnológia II.; Miskolci Egyetemi Kiadó; Miskolc
  - [30.] Dudás I.; 2003; Gépgyártástechnológia III.; Miskolci Egyetemi Kiadó; Miskolc
  - [31.] Dr. Kári-Horváth, Attila, és Tamás István Dr. Pataki. Szerszámok és készülékek. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó, 2017.
  - [32.] Fenyvessy T., Fuchs R., Plósz A.; 2008; Műszaki táblázatok, Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet; Budapest
  - [33.] Filemon J.; 1979; Gépgyártástechnológia, kézirat; Tankönyvkiadó; Budapest
  - [34.] Fledrich G., Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Zsidai L.; Gépgyártástechnológia, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő, 2016;

- 
- [36.] Fledrich G., Kári-Horváth A., Pataki T. I., Zsidai L.; Mechanikai technológiák, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő, 2017;
- [37.] Gáti J.; 1995; Hegesztési zsebkönyv; Műszaki Könyvkiadó; Budapest
- [38.] Horváth M.; Markos S. 2001; Gépgyártástechnológia, Műegyetemi Kiadó; Budapest
- [39.] Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Szakál Z., Dr. Zsidai L.; 2008; Gyártástervezés; Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet; Budapest
- [40.] Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Szakál Z., Zsidai L.; Forgácsoló eljárások tervezése, Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet; Budapest, 2008
- [41.] Zsidai, L ; Kakuk, Gy ; Kári-Horváth, A ; Szakál, Z ; Pálincás, I (szerk.) Előgyártmány és képlékeny alakítási tervezési gyakorlat, Budapest, Magyarország: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet (NSZFI) (2008) , 9 p. ISBN: 9789637469992
- [42.] Kardos Á., Percze J., Rábel Gy., Sasi Nagy I.; 1973; Készüléktervezés; Műszaki Könyvkiadó; Budapest
- [43.] Kári-Horváth A., Pataki T. I.; Szerszámok és készülékek, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő, 2017
- [44.] Kári-Horváth A., Dr. Pellényi L., Szabó L., Dr. Zsidai L.; 2006; Gépgyártástechnológia példatár és segédlet, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő
- [45.] Lechner E.; 1971; Forgácsoló készülékek szerkesztésének elemei; Tankönyvkiadó; Budapest
- [46.] Pintér J.; 2003; Forgácsoló megmunkálás, új technológiák, kézirat; Széchenyi István Egyetem, Anyagismeretei és Járműgyártási Tanszék; Győr
- [47.] Szabó L.; 2000; Forgácsolás, hegesztés; Miskolc
- [48.] Szegh I.; 1996; Gyártástervezés, Műegyetemi Könyvkiadó; Budapest
- [49.] Elektronikus hivatkozások:
- [50.] Dr. Palotás B.; 2013, Hegesztés technológia 1.:  
[https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0013\\_hegesztes\\_technologia\\_1/hi\\_1\\_bevezetes.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0013_hegesztes_technologia_1/hi_1_bevezetes.html) (utolsó letöltés: 2021.08.12)
- [51.] Dr. Kodácsy János, Dr. Pintér József; 2011, Forgácsolás és szerszámai HU.:  
[https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007\\_02-Forgacsolas\\_es\\_szerszamai\\_HU/15\\_a\\_gyrtsi\\_nkltsg.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_02-Forgacsolas_es_szerszamai_HU/15_a_gyrtsi_nkltsg.html) (utolsó letöltés: 2021.10.02)

- 
- [52.] [Kári-Horváth, A](#) ; [Pataki, T](#) :[Analysis of temperature in different cooling methods](#)  
i. IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND  
ENGINEERING 749 Paper: 012017 , 8 p. (2020)
- [53.] [Kári-Horváth, A](#) ; Valasek, I :[Minimálkenés jelentősége a forgácsolásban,](#)  
TECHMONITOR 1 : 2 pp. 22-24. Paper: ISSN2062-9044 , 3 p. (2011)
- [54.] Valasek, I ; [A, Kári-Horváth](#) :[The action mechanism of minimum lubrication and the increase of its efficiency,](#) TRIBOLOGIE UND SCHMIERUNGSTECHNIK 58  
: 3 pp. 34-47. , 14 p. (2011)
- [55.] [Kári-Horváth, A](#) ; Dr. Valasek, I :[Demand of Energy for Chip Removal,](#)  
MATERIALS SCIENCE FORUM 659 pp. 489-497. , 9 p. (2010)
- [56.] [Kári-Horváth, Attila](#) ; [Pataki, Tamás István](#) ; [Sarankó, Ádám](#) ; Szilágyi, Nóra :[A forgácsolóüzemek emulziókezelési "kaputól-kapuiig" technológiájának felülvizsgálata](#)
- [57.] MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA LXIII. évfolyam : 2022. május pp. 29-31. , 3 p. (2022)
- [58.] [A, Kári-Horváth: A forgácsolásnál alkalmazott minimálkenés \(MMS\) hatásmechanizmusa](#)
- [59.] Saarbrücken, Németország : GlobeEdit (2016) , 187 p. ISBN: [9783330806177](#)

---

## 14. Mellékletek jegyzéke

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 1. Számú Melléklet H13 adatlapja .....          | 66 |
| 2. Számú Melléklet Alkatrész műhelyrajza .....  | 68 |
| 3. Számú Melléklet Kovácsdarab műhelyrajza..... | 69 |
| 4. Számú Melléklet Alsó szerszámfél .....       | 70 |
| 5. Számú Melléklet Felső szerszámfél.....       | 71 |

## 15. Mellékletek

### 1. Számú Melléklet H13 adatlapja



## H13- Technical Data

### General Description:

H13 is the most popular, and perhaps most versatile, hot work tool steel, providing a good balance of toughness, heat check resistance, and high temperature strength, in addition to moderate wear resistance. It may be used for tool temperatures up to about 1000 °F, with brief exposures up to 1100 °F.

### Example of applications:

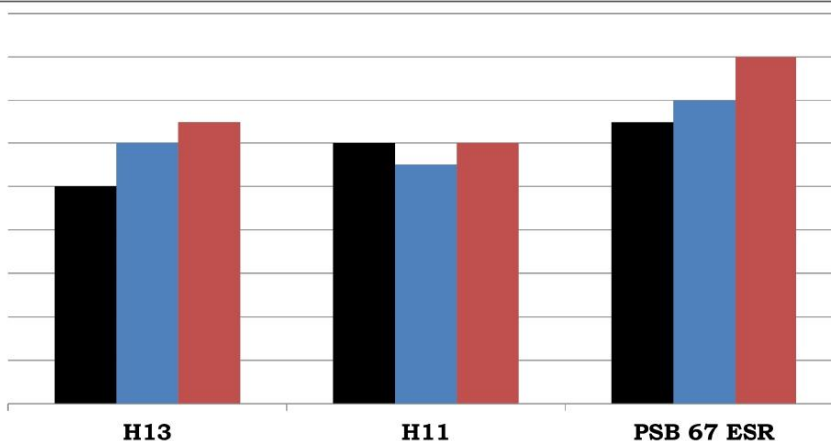
Extrusion tooling, die casting dies, bolsters, die inserts, dummy blocks, shot sleeves/plungers, mandrels, plastic molds, forging dies, core pins, hot upset dies, ejector pins.

### Chemical Composition

| Carbon     | Molybdenum   | Vanadium     | Chromium     | Silicon      | Manganese    |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0.37-0.45% | 1.10 - 1.75% | 0.80 - 1.20% | 4.75 - 5.50% | 0.80 - 1.25% | 0.20 - 0.60% |

### Comparison Chart

■ Toughness ■ High Temperature Wear Resistance ■ Temper Resistance



### Typical Heat Treat Response

| Hardening Temp °F | Tempering Temp °F | Hardness HRC | Charpy V-Notch Toughness - ft.-lbs |
|-------------------|-------------------|--------------|------------------------------------|
| 1850              | 1000              | 52           | 10                                 |
|                   | 1050              | 50           | 10                                 |
|                   | 1100              | 47           | 18                                 |
|                   | 1125              | 41           | 18                                 |

### Size Changes During Hardening

| Hardening Temp °F | Tempering Temp °F | HRC | Longitudinal Size Change % |
|-------------------|-------------------|-----|----------------------------|
| 1850              | 1000              | 52  | 0.07%                      |
|                   | 1100              | 47  | 0.08%                      |

### Surface Treatment

Because of its high tempering temperatures, H13 may be treated by most surface treating processes, including conventional and ion nitriding, titanium nitriding, and other coatings or treatments. Nitrided surface hardness will be about 60/65 HRC.

1-800-365-1116

WWW.SBSM.COM



## H13- Technical Data

### Heat Treatment

#### Annealing

Heat to 1600 °F. Hold two hours at temperature.  
Cool slowly (25°F/hour maximum) to 1200°F, then air cool to room temperature.  
Typical annealed hardness: 192-235 BHN.

#### Stress Relieving

Performed after rough machining to minimize distortion in heat treating.  
1200/1250°F, hold two hours at temperature, then air cool to room temperature.

#### Hardening

Protective atmosphere, or vacuum furnace equipment preferred.

#### High Heat (Austenitizing)

1825/1875 °F, hold for 30-45 minutes at temperature.

#### Quench

Vacuum or atmosphere quench rate of a minimum 25 °F/minute down to 1200 °F is critical to achieve best heat treat response. Then air cool to room temperature.  
Temper immediately following quench.

#### Tempering

Minimum 1000°F tempering temperature required. Two hours at tempering temperature.  
Double tempering is require, triple tempering recommended.  
Air cool to room temperature between tempers.

### Physical Properties

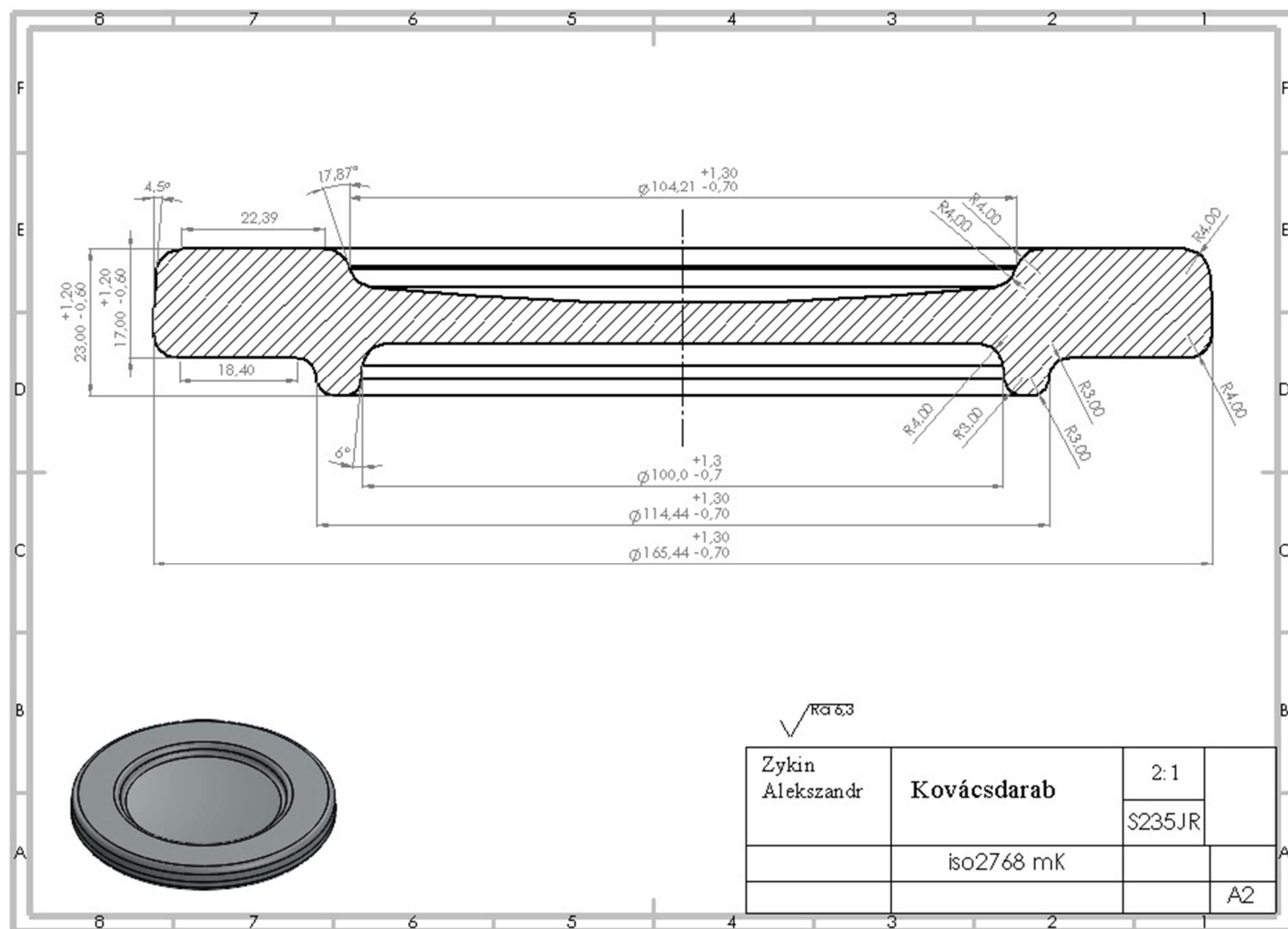
|                       |                                         |               |                          |
|-----------------------|-----------------------------------------|---------------|--------------------------|
| Modulus of Elasticity | 30 PSI x 10 <sup>6</sup> .....(207 GPa) | Density       | 0.283 lb/in <sup>3</sup> |
| Annealed Hardness     | 192/235 Brinell Hardness (BHN)          | Machinability | 70% of O1                |

1-800-365-1116

WWW.SBSM.COM



3. Számú Melléklet Kovácsdarab műhelyrajza



4. Számú Melléklet Alsó szerszámfél

