

SZAKDOLGOZAT

név: FEHÉR DÁNIEL
szak: GÉPÉSZMÉRNÖKI BSc.

GÖDÖLLŐ
2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnöki Szak

**Homogenizáló berendezés alkatrészének kovácsszerszám-
tervezése számítógépes támogatással**

Belső konzulens: Dr. Kári-Horváth Attila Lajos,
egyetemi docens

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

Készítette: **Fehér Dániel**
MPM77I
Levelező

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet,
Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék

Gödöllő
2024

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Mérnökinformatika specializáció

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Fehér Dániel (MPM771)

részére

A szakdolgozat címe:

Homogenizáló berendezés alkatrészének kovácsszerszám-tervezése számítógépes támogatással

Feladatkiírás:

bevezetés, cégbemutató, szakirodalom feldolgozás, probléma bemutatás, a kovácsmű szerszámhoz tartozó számítások elkészítése, a kovácsszerszám tervezése CAD szoftver segítségével, végelem szimuláció Ansys programban, gazdasági számítás, összefoglalás.

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

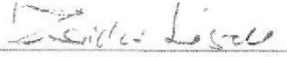
Külső konzulens: Bánhegyi József, termelési vezető, GO-METALL Kft.

Belső konzulens: Dr. Kári-Horváth Attila, egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, 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.....	1
2.	GO-METALL Kft. bemutatása	2
3.	Szakirodalom feldolgozása	3
3.1.	Kovácsolás általánosságban.....	3
3.1.1.	A melegalakítás módszere	3
3.1.2.	A kovácsolás.....	4
3.2.	Süllyesztékes kovácsolás elmélete.....	4
3.2.1.	A süllyesztékes kovácsolás és a szabadalakító kovácsolás kapcsolata	4
3.2.2.	A süllyesztékes kovácsolás és a szabadalakító kovácsolás jellegzetessége	4
3.2.3.	A süllyesztékes kovácsolás technológiai lépéseinek elmélete	5
3.2.4.	A süllyesztékes kovácsolás kenési elmélete	9
3.2.5.	A süllyesztékes kovácsolás technológiai tervezése	10
3.3.	Gyakori kovácsolási hibák	10
3.4.	Konklúzió a süllyesztékes kovácsolásról.....	12
3.5.	Az Ansys szoftver elmélete	12
3.5.1.	A végeelem módszer (VEM) technológia a gépgyártásban.....	12
3.5.2.	Az Ansys Workbench jellemzői	13
4.	Probléma bemutatása.....	14
5.	Tervezést megelőző mérnöki számítások.....	17
5.1.	A kovácsdarab geometriai kialakításának a meghatározása	17
5.2.	A kovácsdarab bonyolultságának meghatározása.....	18
5.3.	A kovácsdarab anyagminőség és pontossági csoport besorolása	19
5.3.1.	A kovácsdarab anyagminőségi csoportja	19
5.3.2.	A kovácsdarab pontossági fokozata	20
5.4.	A forgácsolási hozzáadás meghatározása	20
5.4.1.	A forgácsolási hozzáadás.....	20
5.4.2.	Az egyenesség tűrése.....	21

5.4.3.	A süllyeszték-elcsúszás	21
5.4.4.	Határeltérés, módosított méretek	22
5.5.	Oldalferdeségek meghatározása.....	25
5.6.	Lekerekítések meghatározása	25
5.7.	Lyukasztási hártya meghatározása.....	26
5.8.	Kovácsolható üregmélység ellenőrzése	26
5.9.	Tűrészmezők meghatározása	27
5.10.	A kész kovácsdarab kialakítási és méretezett rajza	28
5.11.	A kapott értékek ellenőrzése	29
5.12.	A sorjacsatorna kiválasztása és meghatározása	30
6.	A szerszám CAD szoftverekkel történő tervezése	32
6.1.	Solid Edgeben történő tervezés.....	32
6.2.	Ansys szoftverben való szimuláció.....	38
7.	Gazdasági számítás	46
7.1.	Kovácsdarab anyagszükséglete:.....	46
7.2.	Tervezési költség	46
7.3.	Forgácsolási költség.....	46
7.4.	Szerszám költség.....	46
7.5.	Egyéb költségek	47
8.	Összefoglalás.....	48
9.	Summary	49
10.	Köszönetnyilvánítás.....	50
11.	Nyilatkozat.....	51
12.	Irodalomjegyzék	53
13.	Mellékletek	55
13.1.	Mellékletek Jegyzéke.....	55

1. Bevezetés

A témám, aminek fő iránya a süllyesztékes kovácsolás az ipar egyik legfontosabb és legelterjedtebb megmunkálási, fémfeldolgozási eljárása a modern iparnak. A szakdolgozatomban a hatékony tervezés és optimalizálás az egyik fő részt adja, ami a gyártási folyamatok hatékonyságát és a termékminőség növelésének célját szolgálja. A süllyesztékes kovácsolás tervezésének fő részei a munkadarab alakjának és méreteinek előzetes meghatározása az előgyártmánytól a köztes állapoton keresztül a végtermék szakaszáig. A tervezés során fontos szerepe van a munkadarab anyagának is, hiszen nem mindegy, hogy milyen anyagból készülnek ezek a munkadarabok. A tervezés során meg kell határoznom ezek mellett a kívánt alakot és annak méreteit, illetve a gyártási környezet sajátosságait, valamint korlátait. A tervezés folyamatát tervező szoftver segítségével fogom megoldani, egészen pontosan a Solid Edge CAD szoftverrel készítem el a munkadarab 3D modelljét. A szoftver használatával lehetőség van a részletes 3D modell létrehozására, illetve ha bármilyen változtatást szükséges végrehajtani az alkatrészen, akkor az gyorsan és hatékonyan orvosolható. Ahhoz, hogy megbizonyosodjak előzetesen arról, hogy az adott és lemodellezett munkadarabunk megfelel-e a gyártási folyamat, illetve a megmunkáló gép kritériumainak, a legjobb megoldást a végelem szimuláció nyújtja, ami ezen adatok megismerésére vizsgálására szolgál. Az Ansys program segítségével fogom előre meghatározni, jelezni és értékelni a kovácsolási eljárás során végbemenő deformációkat, feszültegeket és a kovácsoláshoz szükséges, további mechanikai tulajdonságokat. A megfelelő konstrukció és annak megfelelő optimalizálása érdekében a programban lehetőség nyílik a tervezés változtatásaira a tényleges gyártás előtt, ezzel is csökkentve a fejlesztési költségeket és a ráfordított tervezési időt.

Szakdolgozatomban bemutatom a céget, amelynek a munkadarabja segítségével készítem el a munkámat. A cégbemutatót követően áttekintem a hazai és külföldi szakirodalmat a témával kapcsolatban. Levezetem a süllyesztékes kovácsolás eljárásának a megtervezését, és optimalizálási folyamatait. Megismertetem, bemutatom a Solid Edge és Ansys programok felépítését, az általuk nyújtott lehetőségeket és azok alkalmazásait, a munkadarab elkészítését, valamint az 3D modellen végrehajtott végelem analízis szimulációját. Az utolsó lépésben pedig gazdasági szempontokat fogok elemezni.

2. GO-METALL Kft. bemutatása

A GO-METALL Kft. 1990-ben alakult, ahol a cég tulajdonosai magánszemélyek. Az éves kapacitásuk 80.000 megmunkálási óra. A cég 30-35 főt foglalkoztat. 2022-es éves forgalmuk 1,7 millió euró volt, ennek a forgalomnak a 80%-a exportból származik.

A cég az MSZ EN ISO 9001:2015 minőségirányítási rendszer alapján működik, amelyet az ÉMI-TÜV SÜD Kft. tanúsított. Két telephellyel rendelkeznek: az egyik egy 1990 m²-es gyártási terület Budapesten, a Csepel Művek Ipari Parkban, a másik pedig egy 600 m²-es terület Tabon. Főbb export országai közé tartozik Németország, Belgium, Hollandia, Ausztria, Svédország, USA és Franciaország is.

A cég ügyvezető igazgatója Trembulyák Marcell, a kapcsolattartó személyek Nagy Márta és Bánhegyi József. A GO-METALL Kft. angol és német nyelvtudással rendelkező embereket foglalkoztat, így biztosítva a nemzetközi partnerekkel való hatékony kommunikációt.

Tevékenységi köreik közé tartozik a műszaki rajz alapján végbemenő gépalkatrészgyártás, öntvénykészítés és azok megmunkálása, acélszerkezet-gyártás és kisebb acélszerkezetek összeállítása, CNC forgácsolás akár 5 tonnás súlyhatárig, valamint alkatrészek szerelése és hegesztett acélszerkezetek előállítása.

Fő termékeik között megtalálhatóak pumpaházak, forgattyús házak, hajtásházak, csapágyházak, csapágyfedelek, hajtókarok, keresztfejek, gépágyak, orsószekrények és egyéb szerszámgépipari alkatrészek, illetve kompresszor alkatrészek. Termékeiket főként a szerszámgépipar, élelmiszeri gépipar, olaj- és gázipar, ezek mellett a kompresszor-gyártás területén használják.

Referenciái közé tartozik többek között az SPX Flow Technology, HST Maschinenbau GmbH., ABEL GmbH., Flender-Graffenstaden S.A.S, BOS Homogenisers b.v., BKV Zrt., BKV Vasúti Járműjavító Kft., MÁV-START Zrt., Ganz Motor Kft., Siwertell AB, Csepel Metall Vasöntöde Kft., Ateliers Francois Sa., és a SIEMENS Zrt.

3. Szakirodalom feldolgozása

3.1. Kovácsolás általánosságban

3.1.1. A melegalakítás módszere

A süllyesztékes kovácsolás a melegalakítási eljárásokhoz tartozik. A melegalakítás azt jelenti, hogy a fémeket az rekrisztalizációs hőmérséklet felett munkálják meg. A felmelegített munkadarabok ilyenkor kisebb erővel alakíthatók, mivel az alakítási szilárdság kisebb. (Szalayné Kovács, 2008)

A melegalakításnak különböző típusai vannak:

- Hengerlés
- Kovácsolás:
 - Nyújtás, szélesítés
 - Lyukasztás, hasítás
 - Formázó vágások
 - Hajlítás, csavarás
- Sajtolás
- Varrat nélküli csőgyártás
- Rúd-, huzal- és csőhúzás
- Rúd- és csősajtolás (Szalayné Kovács, 2008)

Az anyagok viselkedése az erők hatására eltérő lehet:

- Merevek: Ezek az anyagok nem bírják a feszültségeket képlékeny alakváltozás nélkül, könnyen törnek és nem alakíthatók melegítéssel. Ilyen például az öntöttvas.
- Rugalmasak: Ezek az anyagok jól bírják a feszültségeket, az alkalmazott erővel arányosan deformálódnak. Hajlamosak csak nagy deformációk után törni vagy szakadni. Ilyenek például a lágyacélok.
- Szívósak: Ezek az anyagok kis rugalmas deformációk után deformálódnak. Példaként említhetők egyes acélfajták.
- Képlékeny: Ezek az anyagok könnyen deformálhatók, kis erők hatására deformálódnak és alakítódnak. Példák az ón és az ólom. (Szalayné Kovács, 2008)

Ezek az adatok nélkülözhetetlenek az alakítási folyamat megértéséhez és a megfelelő anyagok kiválasztásához a gyártási folyamathoz.

3.1.2. A kovácsolás

A kovácsolás során a fémet általában két szerszámformázó felület között alakítják ki, ütések vagy nyomás segítségével. A kovácsolás lehet meleg, hideg vagy félmeleg kovácsolás. A kovácsolt darabok minősége tovább javítható az alakítás utáni hőkezeléssel. Ez az eljárás lehetővé teszi a kovácsolt alkatrészek szilárdságának és egyéb mechanikai tulajdonságainak optimalizálását a kívánt végeredmény elérése érdekében. Kovácsoláskor általánosságban csak félkész termék. Ezeket a félkészgyártmányokat forgácsolással készítik el késztermékké. (Szalayné Kovács, 2008) (Kári-Horváth & Pataki , Szerszámok és készülékek, 2017)

3.2. Süllyesztékes kovácsolás elmélete

3.2.1. A süllyesztékes kovácsolás és a szabadalakító kovácsolás kapcsolata

A süllyesztékes kovácsolás kifejlődése a szabadalakító kovácsoláshoz vezethető vissza. A süllyesztékes kovácsolás során előállított alkatrész minőségét elsősorban a kovácsszerszám, mint célszerszám, valamint a technológiai közeg, például a kovácsszerszám összeállításának pontossága határozza meg. Ezzel szemben a szabadalakító kovácsolásnál a munkadarab minősége nagymértékben a kovácsmesternek a szakértelmétől függ. A gyakorlott kovács az általános eszközök széles skáláját és kevés célszerszámot használ. A kovácsológépnek ki kell elégítenie a változatos munkák okozta széles mozgásteret az alakítási munkálatok során. A szabadalakító kovácsgépek kialakítása igazodik ezekhez a szabad mozgásterekhez. A süllyesztékes kovácsológépek esetében azonban nincs szükség ekkora szabadkezdő térre. A legfontosabb kritérium a süllyeszték két oldalának pontos illesztése, amit a legjobban a zárt keretű gépszerkezetek biztosítanak. Ez a megközelítés teljesen pontos és stabil munkadarabot tesz lehetővé, ami a süllyesztékes kovácsolásnál elengedhetetlen. (Ziaja, 2004)

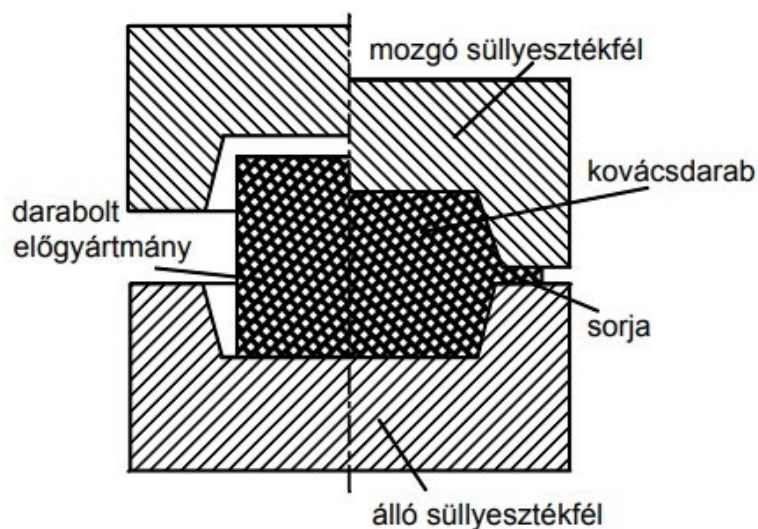
3.2.2. A süllyesztékes kovácsolás és a szabadalakító kovácsolás jellegzetessége

A szabadalakító kovácsolást elsősorban egyedi- és kis sorozatú kovácsolt előregyártott termékek gyártására használják. Ezek a kovácsüzemek jellemzően a kohászati üzemek függőleges területén helyezkednek el, ahol a nagyméretű, akár 100 tonnás egyedi munkadarabokat általában közvetlenül egy nagy öntvényből kovácsolják méretre. Ugyanakkor szabadalakító kovácsológépek találhatók a gépipar kovácsoló üzemeiben is, ahol a cél szintén az egyedi darabok előállítása és a kis sorozatú kovácsolt darabok végső kovácsolása előtti anyagelosztási alakítás elvégzése. (Ziaja, 2004)

Más képlékeny alakítási eljárásokhoz hasonlóan a süllyesztékes kovácsolás is a munkadarab geometriáit és dimenzióit változtatja meg, ezek mellett annak mechanikai tulajdonságait is módosítja. Jellemzően melegen hengerelt, esetleg extrudált rúdanyagot dolgoznak fel, amelynek tulajdonságai a kohászati folyamatok eredményeként irányfüggőek: a huzal irányában jobbak, a huzalra merőlegesen rosszabbak. (Ziaja, 2004) (Kári-Horváth & Pataki , Szerszámok és készülékek, 2017)

A jól irányított kovácsolási technológia lehetővé teszi, hogy a huzal iránya kövesse a munkadarab deformációját, így a kész, megmunkált, beépített alkatrészben a maximális főfeszültségek pályái a művelet során egybeesnek a szálnak megfelelő iránnyal. Ez a technológia olyan gépalkatrészek gyártására használható, amelyeknek a maximális dinamikus igénybevételeknek kell ellenállniuk, és amelyek kiemelkedő megbízhatósággal lehetnek az élet- és vagyonbiztonság szempontjából. (Ziaja, 2004)

Az 1. ábrán jól látható általánosságban a süllyesztékes kovácsolás alapelve:



1. ábra A süllyesztékes kovácsolás alapelve

(Alakítástechnika - Süllyesztékes kovácsolás - BME ATT, 2024)

3.2.3. A süllyesztékes kovácsolás technológiai lépéseinek elmélete

- Darabolás: A rúdanyagokat általában melegen hengerléssel vagy sajtolással, színesfémek esetében pedig hideghúzással állítják elő. Ezután az anyagtól függően olyan módszerekkel vágják méretre, mint a vágás, törés vagy forgácsolás. A vágási

folyamat során a vágandó darab hosszát állítják be, mivel a térfogat és a keresztmetszet általában állandó. (Zsidai , Kakuk , Kári-Horváth, Szakál, & Pálinkás , 2008)

Igényesebb gyártási folyamatok esetén a melegen alakított nyersanyagokból készült bugákat vizuális ellenőrzésnek vetik alá, és az esetleges felületi hibákat kézzel, csiszolással távolítják el. Ha a végtermék precizitást és kiváló felületi minőséget igényel, a melegen hengerelt rúdanyagot, például az acélt, vágás előtt forgácsolják, hogy biztosítsák a sima felületet és az egyenletes keresztmetszetet. Alternatív lehetőség a hidegen húzott rúdanyag, például sárgaréz használata, amely szintén magas szintű pontosságot és minőséget biztosít. (Zsidai , Kakuk , Kári-Horváth, Szakál, & Pálinkás , 2008)

- Hevítés: A kovácsolás során az előre vágott alkatrészek, az úgynevezett nyersdarabok esetében alkalmazott fűtési technika a gyártási mennyiségtől függ. A süllyesztékes kovácsolást a magas szerszámköltségek miatt gyakran alkalmazzák tömeggyártásra, és kis mennyiségek esetén nem költséghatékony. A közepes frekvenciájú (0,75-15 kHz) indukciós fűtés gazdaságos megoldás a sorozat- vagy tömeggyártáshoz, gyors, tiszta és szabályozható fűtést biztosít, ezért ez a leggyakrabban használt módszer a ehhez a kovácsoláshoz. Az indukciós fűtés mellett kamrás kemencék, különösen a gáztüzelésűek is használhatók. A hőkezeléshez jellemzően elektromos kemencéket használnak. A gáztüzelésű kemencék ellenőrzött, nem oxidáló atmoszférát teremthetnek, de óvintézkedéseket kell tenni az egészségügyi kockázatok, például a szén-monoxid-mérgezés elkerülése érdekében. Ezt a technikát csak műszeres ellenőrzéssel és közegészségügyi hatósági felügyelet mellett szabad végezni, például utóégetéssel. Az ipari gyakorlatban olajtüzelésű kamrás kemencéket is használnak, bár ezek szabályozhatósága alacsonyabb az elektromos vagy gáztüzelésű kemencékhez képest. Ezeket akkor használják, ha nincs alternatíva, vagy ha az olaj nagyon olcsó. (Kári-Horváth & Pataki, Analysis of temperature in different cooling methods, 2020)
- Előalakítás: Az előalakítási műveletek, különösen az anyagelosztás, döntő szerepet játszanak a munkadarab optimális szálirányirányának elérésében és a sorjázás során fellépő anyagvesztés minimalizálásában. Az anyagelosztás magában foglalja az előzetesen kivágott előforma alakítását a végtermékhez szükséges anyageloszlásnak megfelelően. A henger- vagy hasáb alakú kovácsdarabok gyártása során a kezdeti előformázási műveletek jellemzően a zömítés és az anyagelosztást foglalják magukban, hogy a szálirány a forgástengelyre merőlegesen legyen elfordítva. A

hajlítást általában hosszú kovácsdarabok esetében alkalmazzák. Az első előformázási művelet a fűtött munkadarab felületén lévő, reve néven ismert felületi réteg eltávolítására szolgál. A reve egy vasoxidokból álló rideg réteg, amely nem deformálódik a munkadarabbal együtt, és hajlamos a képlékeny alakítás során megrepedni és leválni. Hideg víz vagy megfelelő kenőanyagok szintén segíthetnek a reve eltávolításában. A kovácsolás során végzett előformálási műveleteket gyakran nyílt üregekben végzik, sorjaképződés nélkül, hogy a levált reve fűvással könnyen eltávolítható legyen. Ha a reve bármely része, vagy a lehúzott anyag a kovácsoláson marad, az a munkadarab felületébe préselve méret- és alakhibákat okozhat. Ezen kívül a hideg reve erodálhatja a kész üreget, ezzel a szerszám élettartamát csökkenti. Ezért a reve eltávolítása kritikus fontosságú az előformázási folyamat során. (Zsidai , Kakuk , Kári-Horváth, Szakál, & Pálinkás , 2008)

Összetett alakú kovácsdarabok esetén több előformázási műveletre lehet szükség, néha akár 8-12-re is, különösen akkor, ha a szálirány döntő fontosságú. A szabadalakító kovácsolás az előformázás egyszerű módszere, de ajánlott 1-2 előre elkészített üreg használata a kész kovácsolás alakjának és méreteinek meghatározása és az akadályok elkerülése érdekében. Az előmunkált üregek egyik költséghatékony változata lehet egy megnagyobbított, kopott kész üreg. A megfelelő előformázási műveletek megválasztásával hatékonyan csökkenthető az anyagpazarlás. (Zsidai , Kakuk , Kári-Horváth, Szakál, & Pálinkás , 2008)

- Készre alakítás: A gyártás során az üregkitöltés folyamatát befolyásolja a szerszám ütési sebessége, a lassítás során fellépő tömegeerők és a formázógép mechanizmusa. A különböző gépek eltérő hatással vannak a kitöltési folyamatra, a forgattyús mechanizmusok statikus zömítő hatással, a kalapácsok pedig hatra folyatási hatással rendelkeznek. Ezért a kalapácsok esetében előnyösebb, ha a szerszám mozgó felében, a présgépek esetében pedig az álló felében komplex üregeket vagy vékony bordákat helyeznek el. Az alkalmazott géptől függően különböző előformákra van szükség a munkadarab befejezéséhez. A megmunkálás történhet sorjával vagy anélkül, azaz a szerszámfél között áramló anyaggal. A sorja kompenzálja az előforma térfogati szóródását és szabályozza a nyomást az üregben. A legkeskenyebb keresztmetszet, az úgynevezett sorjahíd hűti le a leggyorsabban az anyagot, csökkentve annak alakváltozási képességét. Ez megakadályozza, hogy az anyag kinyomódjon az üregből, és növeli a nyomást, segítve az üreg hatékony kitöltését. A kész üreg elhelyezésekor fontos figyelembe venni a gép által kifejtett erőket és az üregre ható

alakító erőket. A gép és a szerszám védelme érdekében a kész üreget úgy kell elhelyezni, hogy ezek az eredő erők összhangban legyenek. Többszörös alakítási műveletet végző gépeknél a kész üreget a szerszám közepére kell helyezni. Ha az erők nem igazodnak egymáshoz, olyan nyomaték keletkezik, amely a szerszám forgását okozhatja, ami selejtgártáshoz, szerszámtöréshez vagy akár a gép maradandó károsodásához vezethet. (Zsidai , Kakuk , Kári-Horváth, Szakál, & Pálinkás , 2008)

- Sorjázás: A sorját a munkadarab készre alakítása után el kell távolítani, amely a gyakorlatban az anyagfelesleg kivágását jelenti. Egyes technológiai hozzáadások is eltávolításra kerülhetnek a kovácsolás végeztével. Két sorjázási lehetőséget különböztetünk meg. A hideg és meleg sorjázás a munkadarab méretétől, illetve a sorjahíd vastagságától függ. (Kakuk , Kári-Horváth, Szakál, & Zsidai , 2008)
 - Előnyei a hideg sorjázásnak, hogy a munkadarab nem deformálódik a művelet alatt, nagy a termelékenysége az eljárásnak, pontosabb, mint a meleg sorjázás és a szerszámra alacsonyabb hőterhelés hat.
 - Előnyei a meleg sorjázásnak, hogy sima vágási felületet ad, illetve kisebb a mechanikai igénybevétele a sorjázó szerszámnak.

Az ötvöztött acélokat mindig melegen sorjázzuk. A sorjázáshoz többféle sajtót használhatunk, mint például a forgattyús az excenteres és a hidraulikus prést. A sajtó kiválasztása a munkadarab méretétől függ. (Kakuk , Kári-Horváth, Szakál, & Zsidai , 2008)

- Kalibrálás: A kalibrálás elengedhetetlen a deformációk kompenzálásához és a munkadarab előírt alakjának és pontosságának biztosításához. Ez a folyamat a munkadarab enyhe képlékeny deformációjával jár, ami a felület simaságának javulását eredményezi. A kalibrálás történhet hidegen vagy melegen, külön gép és szerszám segítségével, zárt üregben. (Kári-Horváth, Pellényi , & Zsidai, Gépgyártástechnológia példatár és segédlet, 2006)
- Hőkezelés: A kovácsolást követően a munkadarabot jellemzően hőkezelésnek vetik alá. A konkrét hőkezelési módszer az anyagtól függ. A szerkezeti acélok nemesítésen vagy normalizáláson eshetnek át, míg az olyan anyagok, mint az ausztenites acélok, az alumínium vagy a színesfém ötvözetek lágyítást vagy nemesítést igényelhetnek. (Mészáros, 2019)
- Revétlenítés: A melegalakítás és a lágyítás során az anyag felülete revésedik és oxidálódik. A nem kívánt kovácsolt felület eltávolítására kén- vagy sósavval történő

pácolás végezhető vagy mechanikus revétlenítés alkalmazható. Környezetvédelmi szempontból a mechanikai revétlenítés előnyösebb. A homok- vagy sörétfűvás szintén hatékony módszer, a homokfűvás egyszerűbb és olcsóbb, de a dolgozókra nézve a szilikózis veszélyét hordozza magában. (Fledrich, Kári-Horváth, Zsidai, & Pataki, 2017)

- Minőségvizsgálat: A geometriai jellemzők mellett számos minőségi jellemzőt is ellenőrizni kell. A kovácsolt munkadarabok, amelyeket többnyire gépalkatrészként használnak, rendkívül nagy igénybevételnek vannak kitéve. Ezért a munkadarab felületén semmiféle megszakítás, például átfedés vagy a helytelen igazításból eredő felületi repedések nem megengedettek. (Zsidai , Kakuk , Kári-Horváth, Szakál, & Pálinkás , 2008)

A minőség biztosítása érdekében általában minden kovácsdarabnál mágneses repedésvizsgálatot, esetenként pedig ultrahangos vizsgálatot alkalmaznak. Az előírt mechanikai tulajdonságokat keménységméréssel ellenőrzik. Egyeztetett mintavételezéssel ellenőrzik a szál irányát, a szennyeződések eloszlását és az olyan szabványos anyagtulajdonságokat, mint a folyáshatár (Re), szakítószilárdság (Rm), nyúlás (A) és ütészilárdság (KV). (Esa, 2008) (Tomov & Radev, 2004)

3.2.4. A süllyesztékes kovácsolás kenési elmélete

A melegalakítási folyamatok gyakran igénylik kenőanyagok használatát a szerszám hűtése és az alakítás megkönnyítése érdekében. Ezek a kenőanyagok több célt szolgálnak, például csökkentik a munkadarab és a szerszám közötti súrlódást, megakadályozzák a szerszám túlmelegedését, és segítik a munkadarab eltávolítását. (Fledrich , Kakuk , Kári-Horváth, & Zsidai, 2016)

Melegalakítás során különböző típusú kenőanyagokat használnak. A szilárd kenőanyagokat, mint például a grafitot, közvetlenül a szerszámra vagy a munkadarabra viszik fel. A grafitot kiváló kenési tulajdonságai és magas hőmérsékletnek való ellenálló képessége miatt előnyben részesítik. Használhatók vizes emulziók is, amelyek szilárd kenőanyagokat tartalmaznak. Az emulziók előnyösek, mivel könnyen felhordhatók, egyenletes bevonatot képeznek, és a víz elpárolgása révén segítik a szerszám hűtését. (Firstner , 2008)

A melegalakítás során, a szerszám felületén lévő kenőanyag fázisváltozáson megy keresztül, amikor nagy nyomás és hőmérséklet mellett érintkezik a munkadarabbal. Gázneművé alakul át, gyorsan elszökik, és a munkadarabot a szerszámtól távolabb tolja. Ez a folyamat nemcsak a

súrlódást csökkenti, hanem megkönnyíti a munkadarab eltávolítását is, különösen összetett formák esetén. (Firstner , 2008) (Fledrich , Kakuk , Kári-Horváth, & Zsidai, 2016)

3.2.5. A süllyesztékes kovácsolás technológiai tervezése

Amikor a kovácsolási technológiát tervezzük akkor általában két fő kritériumot kell figyelembe venni:

- A megfelelőnek vélt késztermék gyártási feltételei: itt azt kell mérlegelni, hogy a technológiát meghatározó tényezők milyen határok között módosulhatnak anélkül, hogy a kívánt minőségi paraméterek a megengedett tűréshatáron kívülre kerülnének. (Szabó & Kozma , 2011)
- A gazdaságosság biztosításának megteremtései: A gyártási feladatot befolyásoló paramétereket úgy szükséges meghatározni, esetleg kiválasztani, hogy a gyártási folyamat a leggazdaságosabb legyen. (Firstner , 2008)

Az optimális technológiai paraméterek olyan gazdaságos termelést biztosítanak, amelyek különböznek a minőség szempontjából lehetséges technológiai paraméterektől. A kovácsolási technológia tervezésekor fontos az elméleti alapok és a gyártási tapasztalatok figyelembevétele. Az elmélet és a gyakorlat kombinációjával olyan gazdaságilag életképes technológiát lehet kialakítani. A kovácsolás minőségének biztosításához szükségesek a következő fő összetevők: szerszámtervezés, csatornaméretek, öntőgép típusa és mérete, fűtési módszer, valamint a kovácsolási felület helye, oldalsó lejtései és lekerekítései. Ezeket a paramétereket a kovácsolási folyamat tervezési szakaszában határozzák meg. Fontos megérteni, hogy a folyamattervezés összetett folyamat, ahol minden feltételt figyelembe kell venni, függetlenül attól, hogy a tervezés lépései milyen sorrendben történnek. (Szabó L. , 1997) (Szabó & Kozma , 2011)

3.3. Gyakori kovácsolási hibák

Amikor egy kovácsműhelyben hibákat tapasztalnak a folyamatban, meg kell próbálniuk megtalálni a probléma kiváltó okát, kezdeményezniük kell a korrekciós intézkedéseket és olyan eljárásokat kell bevezetni, amelyekkel megelőzhető a probléma megismétlődése. A hibák rövid leírása és azok orvoslási módszerek ismertetése:

- Nem teljes kovácsolási behatolás: A kovácsolás belsejében lévő dendritikus kovácsszerkezet nem törik meg. A tényleges kovácsolás csak a felszínen történik

ennek az oka, hogy Könnyű, gyors kalapácsütések használnak. A megoldáshoz kovácsolóprést kell használni a teljes behatoláshoz. (Rathi, 2014)

- A felületi repedés oka a túlzott munkavégzés a felületen, alacsony hőmérsékleten, amit a hőmérsékletnöveléssel lehet megoldani (Rathi, 2014)
- Sorjánál történő berepedés az anyag belseje felé hatol miután eltávolították a sorját. A sorja vastagság növelésével, illetve a sorja helyzetének változtatásával kiküszöbölhető ez a hiba. (Rathi, 2014)
- Hideg hajtogatásnak nevezzük azt, amikor túl élesek a munkadarab élei és a kovácsolás közbeni túlzott lehűlés miatt a sarkoknál a két fémfelület egymásra hajlik. Ennek a kérdésnek a megoldása a munkadarabon létrehozott sugarak növelése az éleknél. (Rathi, 2014)
- A következő akadály abból ered, hogy a kovácsolt munkadarabra kevés anyagot határozunk meg, ezért az anyag a szerszám bizonyos üregeibe nem jut el. Ez következhet a szerszám helytelen kivitelezéséből, illetve az alulhatározott anyagmennyiségből is. Megoldása a kovácsszerszám optimalizálása vagy megfelelő mennyiségű anyag meghatározása. (Kakuk , Kári-Horváth, Szakál, & Zsidai , 2008)
- Előfordulhat, hogy a kovácsszerszámok rosszul vannak pozicionálva, azaz el van csúszva a két fél egymáshoz képest, ami a munkadarab széleinél a sorja mentén fog jelentős eltérést okozni. A megfelelő szerszám pozicionálással orvosolható ez a hiba. (Jánossy, Kári Horváth, Keresztes, & Zsidai , 2008)
- Gödrösödés akkor lép fel, ha az alapanyagot, illetve a szerszám felületét a kovácsolás előtt nem megfelelően tisztítottuk meg és a felületen gödrök jelennek meg. Ennek a megoldása, hogy megfelelő tisztítást kell alkalmazni a kovácsolás előtt. (Ziaja, 2004)
- Az anyag a kovácsolás folyamata után gyorsan lehűl ezáltal az anyagban belső repedések keletkeznek. A megfelelő lehűtési procedúrával megoldható ez az előjövő probléma. (Kári-Horváth & Pataki, 2020)
- Rossz anyagválasztás esetén a kovácsolás alatt az anyag belső szerkezeti ellenállása miatt nem áramlik az anyag a kovácsolási irányba. Megoldása vagy másik anyagot kell választani vagy a szerszámot optimalizálni kell. (Fledrich, Kári-Horváth, Zsidai, & Pataki, 2017)
- Kovácsolás során a nem megfelelő hűtési módszer következtében belső feszültség maradhat a munkadarabban. Megfelelő lassú hűtéssel például kemencében vagy hamu alatt történő hűtéssel megoldható ez a probléma. (Rathi, 2014)

3.4. Konklúzió a süllyesztékes kovácsolásról

A kovácsolás egy tapasztalatorientált folyamat. Az évek során nagyon sok tapasztalat gyűlt össze ezen a területen, nagyrészt próbá-hiba módszerekkel. A kovácsolási folyamat nagyon rövid idő alatt képes készterméket előállítani, amik kevés, vagy egyáltalán nem keletkező hulladékkal készülnek, így energia- és anyagmegtakarítás érhető el. A kovácsolási eljárás néha többbe kerül, mint az öntési vagy megmunkálási eljárások, de megbízhatóbb alkatrészeket eredményezhet, ha megfelelő tervezés áll mögötte. A tervezés nagyon fontos, hiszen a magas selejtarány a hibákból adódik, ezért ezeket a hibákat minden esetben orvosolnunk kell. A hibamentesség egy jó minőségügyi program, ami magában foglalja, hogy törekedjünk arra, hogy elsőre mindent jól csináljunk ez alól a kovácsolási folyamatok, gazdasági és minőségi folyamatok sem kivételek. A hibák megértése és ellenőrzése egy fontos dolog a kovácsolási eljárásban, így nem a kész hibás alkatrészeket kell a végső ellenőrzés során ellenőrizni. (Rathi, 2014)

3.5. Az Ansys szoftver elmélete

3.5.1. A végeelem módszer (VEM) technológia a gépgyártásban

A végeelem módszer egy olyan technika, amely lehetővé teszi az összetett problémák egyszerűsítését azáltal, hogy kisebb elemekre bontja azokat. Ezáltal a kérdés kezelhetőbbé válik, és egyszerűbb számításokkal megoldhatóvá válik. Ez a módszer különösen az 1940-es években vált fontossá, amikor megjelentek a sugárhajtású repülőgépek, amelyek összetettebb geometriájú szerkezeteket igényeltek. A hagyományos számítási módszerek nem voltak alkalmasak ezen összetettségek kezelésére, és a nagy biztonsági tényezők nem voltak elegendők a repülésben előforduló bizonytalanságok figyelembevételére. Új számítási módszerre volt szükség, amely pontosan kezeli ezeket az összetett geometriákat a költségek növekedése nélkül. A módszer, amelyet széles körben használnak mérnöki problémák megoldására, gyökereit a Levy által kifejlesztett erőmódszerben találjuk. A módszer eredményesen számította ki a csapott szárnyú repülőgépek elmozdulásait, de a deltaszárnyak esetén nehézségekbe ütközött. Ennek megoldása érdekében 1956-ban Turner és csapata a Boeingenél egy új merevségi mátrixon alapuló módszert fejlesztett, amely modern végeelemes módszerünk alapját képezi. Az évtizedek során a végeelem-módszer fejlődött, és alkalmazkodott a két- és háromdimenziós alkalmazásokhoz, nagy alakváltozásokhoz és az anyagok nemlineáris viselkedéséhez. A módszer konvergenciáját és a rugalmasságmélet elveit is tanulmányozták. Az 1960-as évekre a végeelem-módszer széles körben elfogadott és

gyakorlatilag egyeduralkodóvá vált. A matematikai problémák finomításával és a számítástechnika fejlődésével a végeelem-módszer tovább bővítette képességeit. A végeelem-módszer széles körben alkalmazható különböző területeken, például szerkezeti, termikus, áramlástan, elektromos és mágneses problémák esetén. A számítógépek teljesítményének és a felhasználóbarát szoftverek fejlődésével a módszer könnyen elérhetővé vált a mérnökök számára. Az elméleti ismeretek azonban fontosak a pontosabb eredmények elérése érdekében, különösen a megfelelő peremfeltételek és modellek kiválasztásához. (Kovács, Szekrényes, Moharos, & Oldal, 2011)

A végeelem-módszer elősegíti a hagyományos gyártási folyamatok forradalmi változását. A módszer lehetővé teszi a költséges prototípusok számának minimalizálását, mivel a szimulációval előre becsülhetők a termékek tulajdonságai. Egyes esetekben a prototípusok teljesen elhagyhatók, amely lehetővé teszi az azonnali tömeggyártást. A módszer nemcsak a szilárdsági vizsgálatnál hasznos, hanem segítséget nyújt a folyamattervezésben is. A szimulációs szoftverek lehetővé teszik a költséges gyártási módszerek, például a fröccsöntés, kovácsolás és mélyhúzás, hatékonyabbá tételét. (Kovács, Szekrényes, Moharos, & Oldal, 2011)

3.5.2. Az Ansys Workbench jellemzői

Az Ansys Workbench egy integrált platform, aminek a célja, hogy a folyamatokat leegyszerűsítse, a mérnöki tevékenység tervezési és fejlesztési részét megkönnyítse. A szoftver lehetőséget nyújt a különféle szimulációs eszközök zökkenőmentes kombinálására és integrálására. A Workbench jellemzője, hogy közös platformot biztosít az összes Ansys modul számára, ezáltal a felhasználó egyetlen felületen több szimulációt is elvégezhet úgy, hogy nem kell külön-külön megnyitni az egyes alkalmazásokat. Az alkalmazás könnyen használható, mivel grafikus a felhasználói felülete, ezáltal az eligazodás rajta egyszerűbb. A különböző szimulációs paraméterek könnyen változtathatóak és optimalizálhatóak, ezáltal a tervezési folyamat finomhangolását és a legjobb megoldás megtalálását nagyban elősegíti. A program multifunkcionalitásából eredően lehetőség van egyszerre több fizikai jelenség szimulációját, mint például mechanikai, termikus és elektromágneses vizsgálat szimulációját egyszerre elvégezni. Az Ansys támogatja a hálózaton keresztül történő szimulációs munkát is, ami növeli a számítási kapacitást és rugalmasságot is biztosít. A szimuláció végrehajtása általában öt lépésből áll, amikben meg tudjuk adni a szükséges paramétereket. Az első részben a Geometry fülön a felhasználók CAD modelleket tudnak létrehozni, szerkeszteni, illetve beimportálni más programból. (Kovács, Szekrényes, Moharos, & Oldal, 2011)

4. Probléma bemutatása

A munkadarab egy az élelmiszeriparban, szépségiparban és vegyiparban használatos homogenizátor gépek meghajtó öntvény házainak oldalsó lezáró eleme. Ez az alkatrész szükséges a forgattyús tengely végének lezárásához. A tengely egyik végén szíjhajtáson keresztül jut be a hajtás a villanymotorról, a forgattyús tengely 2-3 ponton alá van támasztva csapágyszárral. Az alátámasztások helyének száma a ház nagyságától és a teljesítményétől függ. A fedél a forgattyús tengely azon a végén helyezkedik el, ahol nem a hajtás megy be. Az öntvény meghajtó házát csatlakoztatják a rozsdamentes acél egységhez, amiben homogenizálják az adott terméket. A forgattyús tengelyre excentereket szerelnek, amikre hajtókarok vannak beépítve. Ezen hajtókarok végén vannak a dugattyúk, amiknek a végére rozsdamentes acélrudak csatlakoznak. Ez a szerkezet a motor forgó mozgását egyenes vonalú mozgássá alakítja át. Az egyenes vonalú mozgással a gép homogenizáló feladatot lát el. A meghajtó ház működése hasonló a gépjárművek motorjainak működésére, bár más méretű térben teszik ezt meg. A gép egységei szorosan együttműködnek annak érdekében, hogy hatékonyan homogenizálják a termékeket.

A 2. ábrán a gép teljes felépítése látható, amely burkolattal van ellátva a biztonságos használhatóság miatt.

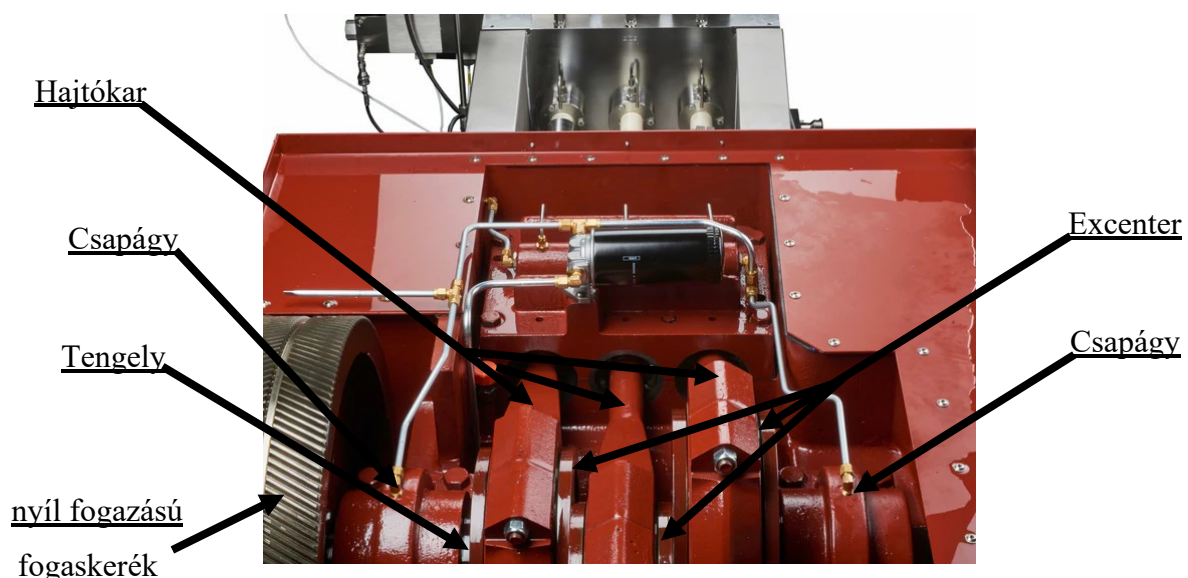


2. ábra Homogenizáló berendezés (HST, 2024)

A nagynyomású homogenizálás lényege, hogy a túlnyomásos terméket egy nagyon keskeny gyűrű alakú részben turbulens és lamináris erők érik. A folyamat alatt zsírgöbök vagy agglomerátumok felbomlanak és egyenletesen eloszlanak. Ez a fizikai energiabevitel stabilitást, színintenzitást, ízt, állagot és hosszú eltarthatóságot eredményez, ezáltal csökkenti a stabilizátorok használatát.

A gépnek aszeptikus kialakítása van. Az aszeptikus homogenizálást gyakran használják steril vagy UHT termékek feldolgozására. A homogenizálás csak hőkezelés után megy végbe, ami a krémesedés állandóságát jelentősen növeli. A homogenizátorok kaphatók még szeptikus kivitelben is. Az aszeptikus homogenizátor előnye, hogy ha a helyszínen túlhevített gőzt, kondenzátumot vagy akár steril vizet használ gátként akkor kizárható a termék újra szennyeződés. (Fredrik & Erik , 2010)

A 3. ábrán egy megbontott homogenizátor egység látható. A képen középen látható a három darab hajtókar. Ezek vannak az excenterekkel összekapcsolva, amik a forgattyús tengelyre vannak szerelve. Baloldalt jön be a gépbe a hajtás, amely szíjhajtással van megvalósítva. A tengelyre nyíl fogazású fogaskereket szereltek, mely a bal oldalon látható. Ez a fogaskerék továbbadja egy nagyobb fogaskeréknek a hajtást, forgattyús tengelyhez. A hajtókaroktól mindkét oldalra megtalálható egy-egy csapágyazás. A képen sajnos nem látható, de a tervezett munkadarab a lezáró fedél jobb oldalán, a házon kívül található.



3. ábra Megbontott homogenizáló berendezés

A 4. ábrán látható alkatrész egyik szerepe a homogenizátor berendezésen nagyon egyszerű. A lezáró elem funkcionalitásában megakadályozza a folyadékok szivárgását. A biztonságos zárás elősegíti a gép megfelelő működését. Biztosítja a homogenizálás során keletkező nyomás és mechanikai erők által létrejövő erők elleni védelmet. A termék állaga e feltételek miatt egyenletes és homogén lesz.

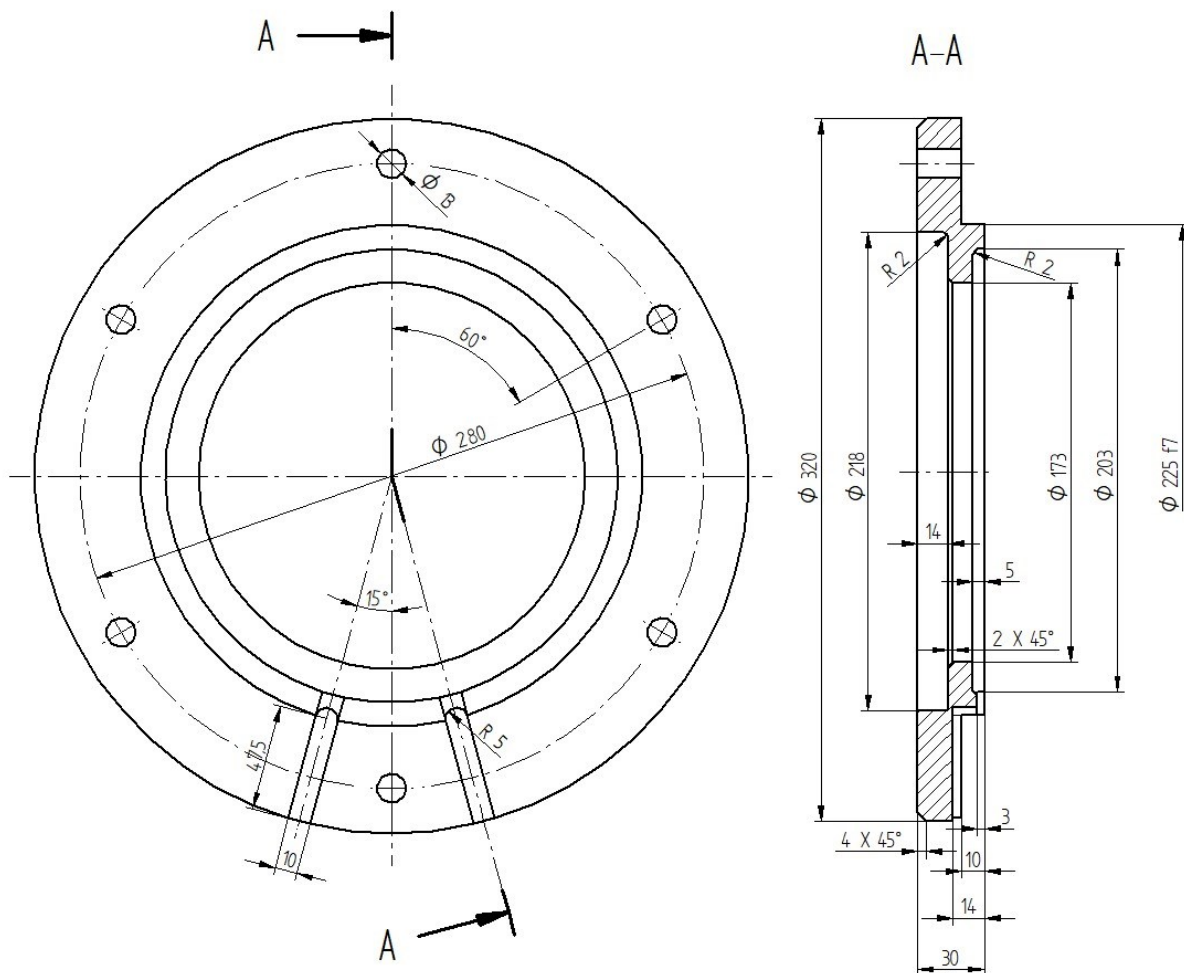


4. ábra Az alkatrész illusztrációja

5. Tervezést megelőző mérnöki számítások

5.1. A kovácsdarab geometriai kialakításának a meghatározása

A munkadarab nagymennyiségű, szám szerint 1600 darab gyártása miatt szükséges a süllyesztékes kovácsolás, ehhez pedig kovácsszerszámok kellene. A munkadarab kovácsolással kialakítható geometria tervezés első lépése, hogy a munkadarabon lévő kovácsolással nem kialakítható megmunkálásokat meg kell határozni. Ezeket a geometriákat kovácsolás után esztergálással, marással, fúrással és más fémmegmunkáló eljárással kell kialakítani. Esetemben az 5. ábrán látható alkatrészen a hat darab furat, illetve a két darab horony kialakítása nem hozható létre kovácsolási eljárással. Az átmérő 173-as nagyságú furatot ki lehet alakítani viszont itt a kovácsolás után egy vékony lemezszerű réteg marad, amit ezek után kivágással el lehet távolítani.



5. ábra Az alkatrész méretezett rajza

5.2. A kovácsdarab bonyolultságának meghatározása

Ahhoz, hogy a kovácsdarab geometriai bonyolultsági fokát meghatározzam, a Solid Edge 2023-as CAD szoftverben megalkotom az alkatrész kész modelljét és műhelyrajzát, amely az 1. számú mellékleten látható. A munkadarabhoz hozzáadom az anyagot, ami ez esetben S235 JR szerkezeti acél lesz. A program az anyag hozzárendelés után képes meghatározni az alkatrész térfogatát és az anyagból adódó sűrűségből a tömegét. Ezek az adatok kellenek ahhoz, hogy meg tudjam adni a munkadarab bonyolultsági fokát.

A Solid Edge a vizsgálat fül tulajdonságok paranccsal a következő adatokkal szolgált nekem

- Alkatrész térfogata:

$$V_{mdb} = 1,0414 \text{ dm}^3$$

- Anyag sűrűség:

$$\rho = 7,85 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

- Alkatrész tömege:

$$m_{mdb} = 8,175 \text{ kg}$$

A bonyolultsági fok az MSZ 5745-84 3.5. szerint:

$$S = \frac{m_{mdb}}{m_{bm}} \frac{8,175}{18,940} = 0,432 \quad (1)$$

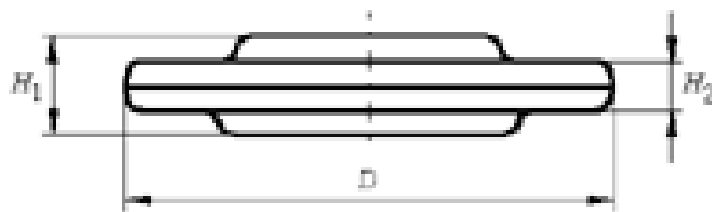
Ahol:

- $m_{bm} = 18,940 \text{ kg}$ - Az alkatrész befoglaló méreteinek a tömege

A bonyolultsági fok négy csoportba sorolható:

- S1-es csoport: $0,63 < S \leq 1$
- S2-es csoport: $0,32 < S \leq 0,63$
- S3-as csoport: $0,16 < S \leq 0,32$
- **S4-es csoport: $0 < S \leq 0,16$**

A kapott eredményem alapján a kovácsdarabom az S2 es csoportba sorolandó, viszont van egy másik besorolási kritérium is, amit a 6. ábra szemléltet, ami alapján azok a vékony tárcsák és karimák, amelyek méreteinek aránya az adott magyarázó ábra szerint $\frac{H_2}{D} \leq 0,2$ azokat a kovácsdarabokat az S4-es csoportba kell sorolni.



6. ábra Kovácsdarab méretviszonyai (Szabó L. , 1997)

Ez alapján az én méreteim, amikkel számolnom kell:

- $H_2=20$ mm
- $D=320$ mm

Így a méretek aránya:

$$\frac{20}{320} = 0,0625 < 0,2 \quad (2)$$

Ennek értelmében nekem az S4-es bonyolultsági fokot kell figyelembe venni.

5.3. A kovácsdarab anyagminőség és pontossági csoport besorolása

5.3.1. A kovácsdarab anyagminőségi csoportja

A kovácsdarab anyagminőségét két csoportba lehet sorolni:

- az M1-es csoportba tartoznak azok a munkadarabok, amelyeknek anyaga maximum 0.65% C-t tartalmazó acél, és ennek az acélnek a Mn, Cr, Ni, Mo, V és W ötvözőinek összmenyisége legfeljebb 5% lehet.
- az M2-es csoportba tartoznak azok a munkadarabok, amely acélok anyagának C tartalma meghaladja a 0,65%-ot, vagy az acél Mn, Cr, Ni, Mo, V és W ötvözőinek összmenyisége meghaladja az 5%-os szintet.

Esetemben az S235JR anyagnak a szabvány szerinti vegyi összetétele az 1.táblázat

alapján tartalmaz [%]:

1. táblázat: S235JR anyag szabvány szerinti összetétele

(Adam, Peter, Róbert, & Michal , 2021)

C	Si	Mn	P	S	Cu	N
$\leq 0,17$	$\leq 0,3$	$\leq 1,4$	0,035	0,035	$\leq 0,055$	$\leq 0,012$

Ezek alapján a fent említett ötvözők összmenyisége $\leq 1,4\%$ ami nem haladja meg az 5%-os szintet ezért az M1-es csoporthoz sorolom.

5.3.2. A kovácsdarab pontossági fokozata

A kovácsdarab pontossági fokozata a megrendelő által meghatározott. A megrendelő a rendelésben írja elő a fokozat csoportját, amely lehet:

- I. fokozat: finom pontosság
- II. fokozat: normál pontosság

Ha a megrendelő nem írja elő a pontossági fokozatot, akkor a II. fokozatba kell sorolni a kovácsdarabot.

Esetemben a megrendelő nem írja elő a fokozatot így a II. fokozatba sorolom a kovácsdarabot.

5.4. A forgácsolási hozzáadás meghatározása

5.4.1. A forgácsolási hozzáadás

A forgácsolási hozzáadásokkal az MSZ 5745-84 2.1.-es pontja foglalkozik. A hozzáadások értékében a szabvány szerint a szerződő felek egyeznek meg amelyet a kovácsrajzon rögzítenek. A hozzáadás értékét öt befolyásoló tényező határozza meg:

- a kovácsolás technológiája
- a kovácsdarab várható alak- és mérettűrési
- a várható dekarbonizálódás mértéke
- a forgácsoló megmunkálás fajtája
- gyártási tapasztalat és sorozatnagyság

A forgácsolási hozzáadást a legnagyobb méret és alakeltérései határozzák meg a kovácsdarabon.

A hozzáadás meghatározása az alábbi összefüggéssel számolható:

$$H_f = A \cdot \left(\frac{T}{6} + c + g \right) \quad (3)$$

Ahol:

H_f – felületenkénti forgácsolási hozzáadás

A – szerződő felek által megszabott korrekciós tényező $\rightarrow$ esetemben $A=1$

$\frac{T}{6}$ – egy oldalra jutó határeltérés

c – megengedett süllyeszték-elcsúszás

g – egyenesség tűrése

5.4.2. Az egyenesség tűrése

Az egyenesség tűrés meghatározásához a kovácsdarab hosszát besorolom a 2. táblázat alapján meghatározott intervallumok közé, majd a II. fokozatból megkeresem a megfelelő hosszúsághoz tartozó értéket.

2. táblázat: Egyenestűrés értékek MSZ 5745 szerint (Szabó L., 1997)

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

A kovácsdarabom átmérője D=320 mm, így az értékem a 315-400-es intervallumba esik. A táblázat alapján a megfelelő érték g=1.2 mm. Az eredményt viszont egy alaktényezővel (k-val) kell felszoroznom, amit a következő három csoportból kell kiválasztanom:

- A $D/H < 5$ értéket adó kovácsdarabok a táblázat szerinti értéket veszik fel
- A $D/H > 5$ értéket adó kovácsdarabokat 1,2 szerezére kell növelni
- A $D/H > 10$ értéket adó kovácsdarabokat 1,5 szörösére kell növelni

Esetemben a:

$$\frac{D}{H} = \frac{320}{30} = 10,67 \quad (4)$$

így a g= 1,2 mm-es értékemet 1,5-tel fel kell szoroznom, ami:

$$g \cdot k = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8 \text{ mm} \quad (5)$$

Tehát a valós egyenesség tűrésem a g=1,8 mm.

5.4.3. A süllyeszték-elcsúszás

A süllyeszték-elcsúszás meghatározásához a kovácsdarab tömegét besorolom a 3. táblázat alapján meghatározott intervallumok közé, majd a II fokozatból megkeresem a megfelelő tömeghez tartozó értéket.

3. táblázat: Süllyeszték-elcsúszás értékek MSZ 5745 szerint (Szabó L. , 1997)

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

A kovácsdarabom tömege $m_{\text{mdb}}=8,175$ kg, így az értékem az 5,6-10-es intervallumba esik. A táblázat alapján a megfelelő érték $c=1$ mm. Az eredményt, ha nem szimmetrikus hajlított darab lenne meg kéne szoroznom még 1,2-vel, de mivel esetemben a munkadarab szimmetrikus és nem hajlított, így a süllyeszték-elcsúszás értékem $c=1$ mm marad. A további hozzáadások miatt az érték pontossági fokozatát egy tömegkategóriával nagyobbra határozom meg, így a választott értékem $c=1,2$ mm

5.4.4. Határeltérés, módosított méretek

Ahhoz, hogy meghatározzuk az eltéréseket csoportosítanunk kell a méreteket. A méretek két csoportba sorolhatóak:

- **Üregalakhoz kötött méretnek nevezzük**, a süllyesztéküreg méretei által meghatározott kovácsdarab méreteit. Ezeket a méreteket az egymáshoz viszonyítva elmozdulni nem tudó süllyesztékrészek határozzák meg. A méretek hozzáadásához az egy oldalra jutó határeltérést, az egyenesség tűrést és a megengedett süllyeszték-elcsúszást kell figyelembe venni.
- **Üregalakhoz nem kötött méretnek nevezzük**, azokat a változó méreteket, amelyek a szerszám zárásának mozgásától függenek. Ezeket a méreteket kettő vagy több süllyesztékrész határozza meg egymáshoz képesti mozgásukkal. A méretek hozzáadásához az egy oldalra jutó határeltérés és az egyenesség tűrést kell figyelembe venni.

Az egy oldali határeltérések meghatározásához az üregalakhoz kötött értékeket az 1. számú mellékletből, az üregalakhoz nem kötötteket a 2. mellékletből keresem ki. A mellékletben a keresést úgy kell végeznem, hogy ha a megadott anyagminőség az M1-es csoportba sorolt, akkor egyenesen kell mennem a S-es bonyolultsági fokozatig. Ha a bonyolultsági fokozatom S4-es akkor az S1-től lefele tartó átlós vonalakat követve megyek le az S4-es oszlopig. A

határeltérést a helyes mérettartomány oszlopa és az előbb az útvonal alapján meghatározott sorral határozom meg a határeltérést. A folyamatot a 3. mellékletben szemléltetem egy példán keresztül, ahol M1-es anyagminőség és S3-a bonyolultsági fok van meghatározva. Az üregalakhoz kötött határeltérések és méretekhez szükséges adatokat a 4. táblázatban gyűjtöm össze és határozom meg a végső méreteket, amelyeket a 2. számú mellékletből kerestem ki:

4. táblázat: Üregalakhoz kötött határeltérésekhez szükséges adatok

D_{ki}	D_i [mm]	$\frac{T}{6}$ [mm]	c [mm]	H_{fdi} [mm]
1	203	0,4	1,2	1,6
2	225	0,4	1,2	1,6
3	320	0,5	1,2	1,7
4	218	0,4	1,2	1,6
5	173	0,4	1,2	1,6

Ahol:

- D_i – munkadarab átmérője
- H_{fdi} – egyoldali forgácsolási ráhagyás átmérőre

A H_{fd1} , H_{fd2} , H_{fd3} , H_{fd4} , H_{fd5} , értéke is eléri előírt 1,5 mm-es alsó határt ezért ezeket a határértékeket (H_{fdh}) kell használnom az egyoldali forgácsolási hozzáadásokhoz. A hozzáadási értékek a következők:

$$D_{k1} = D_1 - 2 \cdot H_{fdh} = 203 - 2 \cdot 1,6 = 199,8 \text{ mm} \quad (6)$$

$$D_{k2} = D_2 + 2 \cdot H_{fdh} = 225 + 2 \cdot 1,6 = 228,2 \text{ mm} \quad (7)$$

$$D_{k3} = D_3 + 2 \cdot H_{fdh} = 320 + 2 \cdot 1,7 = 323,4 \text{ mm} \quad (8)$$

$$D_{k4} = D_4 - 2 \cdot H_{fdh} = 218 - 2 \cdot 1,6 = 214,8 \text{ mm} \quad (9)$$

$$D_{k5} = D_5 - 2 \cdot H_{fdh} = 173 - 2 \cdot 1,6 = 169,8 \text{ mm} \quad (10)$$

Az üregalakhoz nem kötött határeltérések és méretekhez szükséges adatokat az 5. táblázatban gyűjtöttem össze és határozom meg a végső méreteket, amelyeket a 3. számú mellékletből kerestem ki:

5. táblázat: Üregalakhoz nem kötött határeltérésekhez szükséges adatok

H_{ki}	H_i [mm]	$\frac{T}{6}$ [mm]	g [mm]	H_{fhi} [mm]
1	30	0,4	1,8	2,2
2	10	0,4	1,8	2,2
3	5	0,4	1,8	2,2
4	14	0,4	1,8	2,2

Ahol:

H_i – munkadarab magassági mérete

H_{fhi} – egyoldali forgácsolási ráhagyás magassági méretre

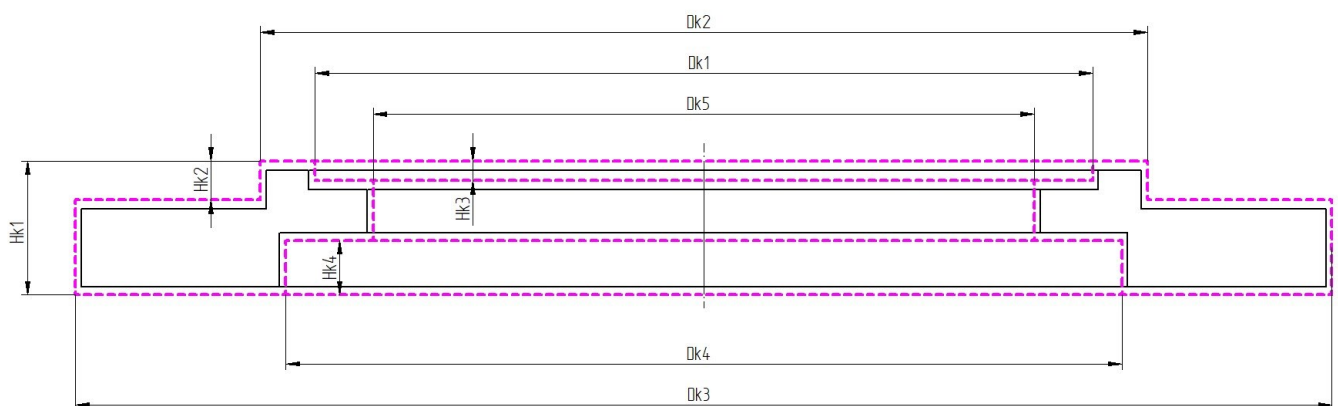
Mivel itt az 1,5 mm-es határ felett vannak a ráhagyási értékek így itt az eredeti értékekkel lehet számolni. A hozzáadási értékek a 7. ábra szerint következnek:

$$H_{k1} = H_1 - 2 \cdot H_{fh1} = 30 - 2 \cdot 2,2 = 34,4 \text{ mm} \quad (11)$$

$$H_{k2} = H_2 + H_{fh2} - H_{fh2} = 10 + 2,2 - 2,2 = 10 \text{ mm} \quad (12)$$

$$H_{k3} = H_3 + H_{fh3} - H_{fh3} = 5 + 2,2 - 2,2 = 5 \text{ mm} \quad (13)$$

$$H_{k4} = H_4 + H_{fh4} - H_{fh4} = 14 + 2,2 - 2,2 = 14 \text{ mm} \quad (14)$$



7. ábra A kovácsdarab ráhagyásai

5.5. Oldalferdeségek meghatározása

A süllyesztékes kovácsolás kovácsdarabjának az egyik fő sajátossága az, hogy oldalferdeséggel kell ellátni a kovácsdarabot. Ezt a lépést nem lehet kihagyni mivel, ha nem adunk neki oldalferdeséget nagy valószínűséggel bele fog szorulni a kovácsdarab a szerszámba. Az 6. táblázat MSZ 5745 szabványa szerint lehet kilökövel és kilökő nélküli szerszámmal dolgozni.

6. táblázat: Oldalferdeség MSZ 5745 szabvány szerint (Szabó L. , 1997)

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

Esetemben kilökővel ellátott szerszámot fogok használni, ezért a következő értékeket választottam:

- $\alpha = 2^\circ$ - külső felületre
- $\beta = 3^\circ$ - belső felületre

5.6. Lekerekítések meghatározása

A kovácsdarab külső lekerekítések sugarainak meghatározásához a forgácsolási hozzáadások figyelembevétele fontos a tervezéskor. A lekerekítések legnagyobb értékei a 7. táblázatban találhatók. Meghatározásához szükségem van a kovácsdarab legnagyobb magasságára $H_{\max} = 30$ mm és átmérőjére $D_{\max} = 320$ mm.

7. táblázat: Lekerekítési értékek MSZ 5745 szabvány szerint (Szabó L. , 1997)

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

160	250	5	16	6	25	8	40
250	400	5	25	7	40	10	63

A táblázat alapján:

- A külső lekerekítés értéke: $R_k = 3 \text{ mm}$
- A belső lekerekítés értéke: $R_b = 6 \text{ mm}$

5.7. Lyukasztási hártya meghatározása

A lyukasztási hártya a munkadarab átmenő furatainál alkalmazandó. Mivel kovácsolással nem tudunk teljesen átmenő furatot létrehozni ezért valamennyi anyag marad a két kovácsszerszám között. Ezt a lyukasztási hártya vastagságot az alábbi összefüggéssel számolom ki:

$$s_{min} = 0,45 \cdot \sqrt{d - 0,25 \cdot h - 5} + 0,6 \cdot \sqrt{h} \text{ [mm]} \quad (15)$$

Ahol:

d – a lyukasztási hártya üregének legnagyobb átmérője

h – a lyukasztási hártya üregének magassága

Ezek alapján a lyukasztási hártya:

$$s_{min} = 0,45 \cdot \sqrt{170 - 0,25 \cdot 15,4 - 5} + 0,6 \cdot \sqrt{15,4} = 8,067 \approx 8,1 \text{ mm} \quad (16)$$

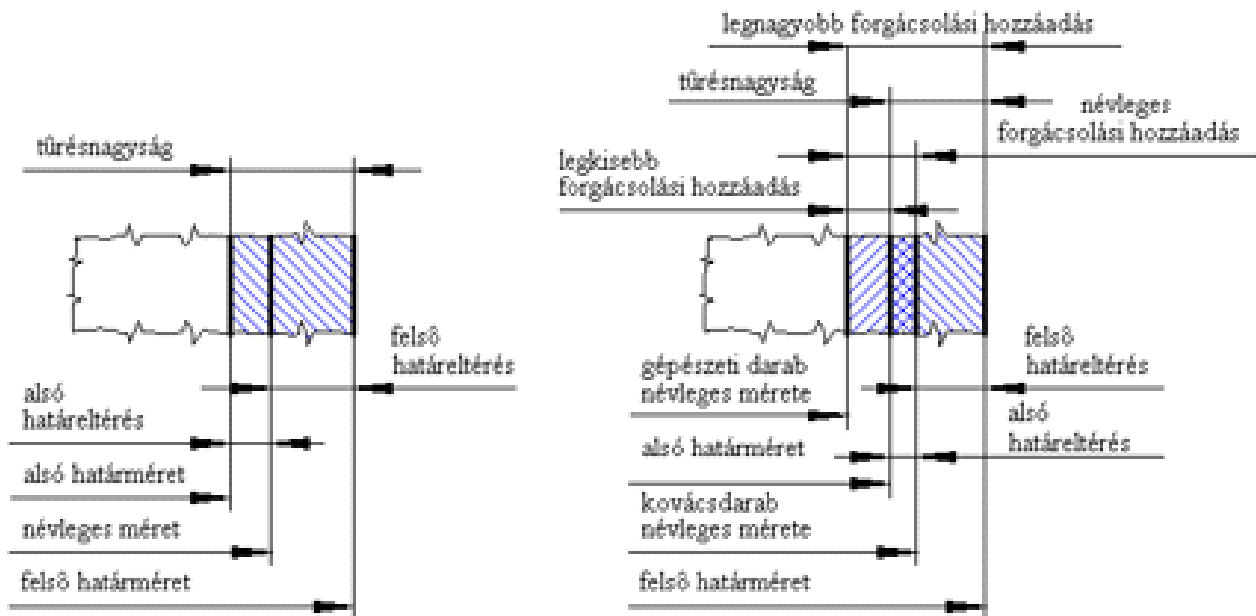
5.8. Kovácsolható üregmélység ellenőrzése

A kovácsolás során a kovácsdarabomat kilökö távolítja el. Ahhoz, hogy ez megfeleljen az MI-05 29.584-82 szabványnak a kovácsolandó üreg mélységem és az átmérőm viszonyát kell megvizsgálnom az alábbiak szerint:

$$0,7 \geq \frac{h - \frac{s}{2}}{d} = \frac{15,4 - 4,05}{170} = 0,067 \rightarrow \text{megfelel} \quad (17)$$

5.9. Tűrésmezők meghatározása

A tűrések meghatározásához szükséges eldönteni, hogy a két alapeset közül melyik kell a kovácsdarabomhoz. A tűrés két fajtája a nyersen maradó és a forgácsolásra kerülő felület. Ezt a két meghatározási módot a 8. ábrán szemléltetem.



8. ábra Tűrésmezők meghatározása (Szabó L. , 1997)

Az MSZ 5745 szabvány szerint a 5. melléklet tartalmazza az üregalakhoz kötött tűréseket a 6. számú melléklet pedig az üregalakhoz nem kötött méretek tűréseit.

Az üregalakhoz kötött méretek tűrésének megválasztásához a legnagyobb szélességi értéket vettem figyelembe, ami a $D_{\max} = 320 \text{ mm}$. A táblázaton a 250-400 mm-es átmérő intervallumig levezettem a határeltérésnél már használt módszerrel az általam választott tűrések, amik a táblázatok értelmében:

- az üregalakhoz kötött méretek tűrése a 5. számú melléklet szerint:

$$T_{\text{ük}} = 4,5 \begin{smallmatrix} +3,0 \\ -1,5 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

- az üregalakhoz nem kötött méretek tűrése az 6. számú melléklet szerint:

$$T_{\text{ün}} = 2,8 \begin{smallmatrix} +1,9 \\ -0,9 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

Az MSZ 5745 szabvány szerint a lekerekítési sugarak tűrései a 8. táblázatban vannak meghatározva:

8. táblázat: Lekerekítési sugár határeltérése MSZ 5745 szabvány szerint (Szabó L. , 1997)

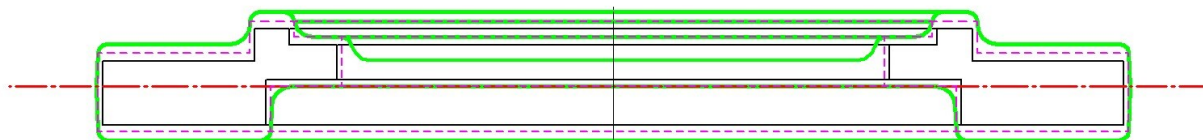
Lekerekítési sugár, R	Határeltérések
10-ig	$+0,5 \cdot R$ $-0,25 \cdot R$
10-től 32-ig	$+0,4 \cdot R$ $-0,2 \cdot R$
32 felett	$+0,32 \cdot R$ $-0,15 \cdot R$

A táblázat szerint a lekerekítési tűrésem:

$$T_R = {}^{+0,5 \cdot R}_{-0,25 \cdot R}$$

5.10. A kész kovácsdarab kialakítási és méretezett rajza

A kovácsdarabon a lekerekítések miatt a minimális hozzáadási érték alá mennek a méretek. Ahhoz, hogy a 9. ábrán a látható módon megmaradjon minden pontban a minimális hozzáadás növelnem kell a kritikus méreteket. A kovácsdarab műhelyrajza és méretei a 9. számú mellékleten láthatóak.

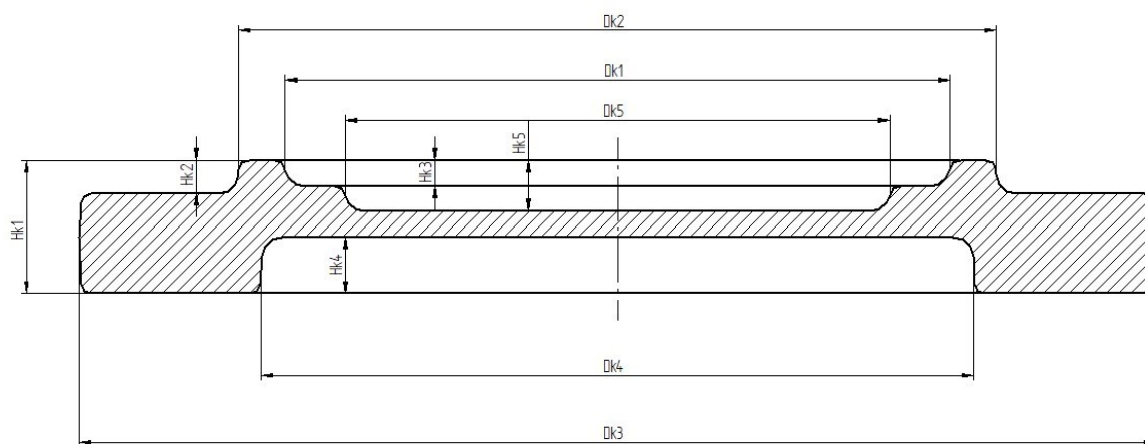


- - Munkadarab kontúrja
- - - - - Munkadarab hozzáadásokkal
- - Kovácsdarab kontúrja lekerekítéssel
oldalferdeséggel és lyukasztási hártáival
- - - - - Kovácsdarab osztósíkja

9. ábra kovácsdarab kialakítása

A kész kovácsdarab méreteit a 10. ábra szemlélteti. A kovácsdarab végleges méretei a következők:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| – $D_{k1} = 199,8 \text{ mm}$ | – $H_{k1} = 34,4 \text{ mm (+5,7 mm)}$ |
| – $D_{k2} = 228,2 \text{ mm}$ | – $H_{k2} = 10 \text{ mm}$ |
| – $D_{k3} = 323,4 \text{ mm}$ | – $H_{k3} = 5 \text{ mm (+2,9 mm)}$ |
| – $D_{k4} = 214,8 \text{ mm}$ | – $H_{k4} = 14 \text{ mm (+2,8 mm)}$ |
| – $D_{k5} = 169,8 \text{ mm (-6 mm)}$ | – $H_{k5} = 15,2 \text{ mm}$ |



10. ábra kész kovácsdarab méretei

5.11. A kapott értékek ellenőrzése

A kovácsdarab változott geometriai méretek ellenőrzésével igazolom, hogy a választott fokozati csoportok megfelelőek.

- Bonyolultsági fok:

$$S = \frac{H_2}{D} = \frac{30,1}{323,4} = 0,093 < 0,2 \rightarrow \text{megfelel} \quad (18)$$

- Egyenestűrés:

$$315 \text{ mm} \leq m_{kd} = 323,4 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel} \quad (19)$$

- Süllyesztek elcsúszás:

$$10 \text{ kg} \leq 14,808 \text{ kg} \leq 20 \text{ kg} \rightarrow \text{megfelel} \quad (20)$$

Az ellenőrzés igazolja, hogy az előfeltevéseim és a választott fokozatok azonos kategóriába esnek a kész kovácsdarab paramétereinek alapján meghatározott fokozatokkal, így nincs szükség geometriai módosításokra.

5.12. A sorjacsatorna kiválasztása és meghatározása

A sorjacsatorna pontos méretének a meghatározása meglehetősen bonyolult. A meghatározáshoz egyenlet és diagramm értéket veszünk figyelembe. Az egyenlet a következő:

$$h_s = 1,13 + 0,89 \cdot \sqrt{m_{kd}} - 0,017 \cdot m_{kd} \text{ [mm]} \quad (21)$$

Ahol:

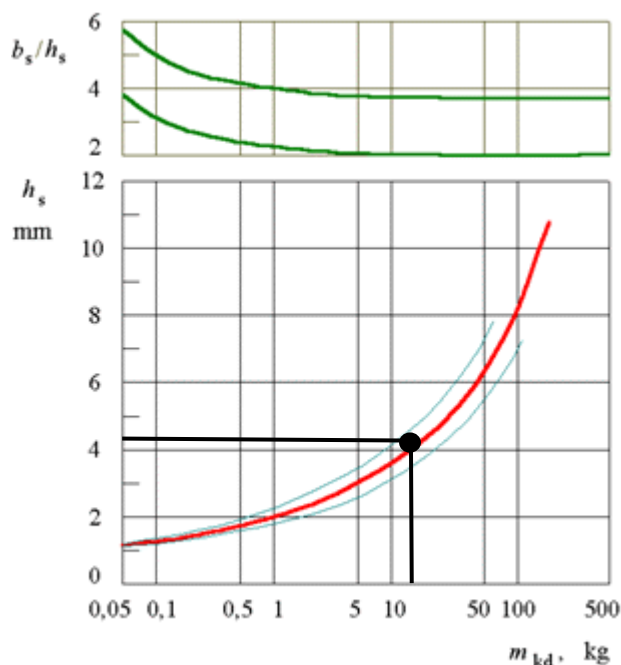
h_s – a sorjahíd magassága

m_{kd} – a kovácsdarab tömege

Ez alapján a sorjahíd magassága:

$$h_s = 1,13 + 0,89 \cdot \sqrt{14,808} - 0,017 \cdot 14,808 = 4,30 \text{ mm} \quad (22)$$

A kapott értéknek a 11. ábrán lévő diagrammon megfelelő határok közé kell esnie.



11. ábra Sorjahíd magasság és kovácsdarab tömeg függvénye (Szabó L. , 1997)

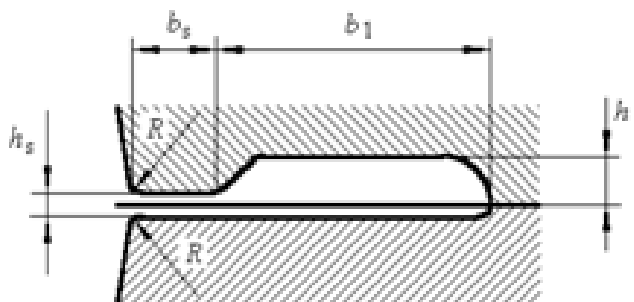
Az ábrán feljelölt érték tartományba bele esik az előbb kiszámolt sorjahíd magasság értéke. A h_s érték a legnagyobb sorjahíd magasságot adja. Tehát a 9. táblázatban szereplő értékekből az eredeti $h_s = 4,30$ mm értéknél az egyel kisebb értéket kell figyelembe vennem, hogy az üreg kitöltése optimális legyen. A táblázatból kell a sorjacsatornához az értékeket kiválasztani, ami a következő:

9. táblázat A sorjacsatornához szükséges adatok (Szabó L. , 1997)

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

Ezek alapján a 12. ábrán látható választott sorjacsatorna méretei:

- $h_s = 4,0$ mm
- $h_1 = 6,0$ mm
- $R = 2,0$ mm
- $b_s = 14,0$ mm
- $b_1 = 38,0$ mm
- $A_{csat} = 3,44$ mm²



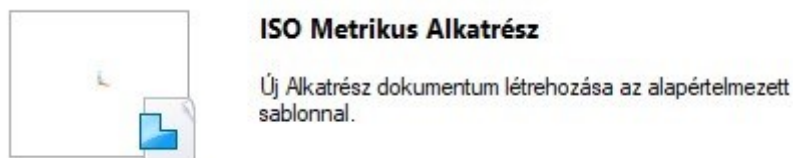
12. ábra Sorjacsatorna méreteinek helyei (Szabó L. , 1997)

6. A szerszám CAD szoftverekkel történő tervezése

6.1. Solid Edgeben történő tervezés

A Solid Edge szoftverben történő tervezés első lépése magának a kovácsdarabnak a 3D modell elkészítése. A kovácsdarab modelljének a megléte lehetővé teszi, hogy a kovácsszerszám két felét egy-egy paranccsal létre tudjam majd hozni.

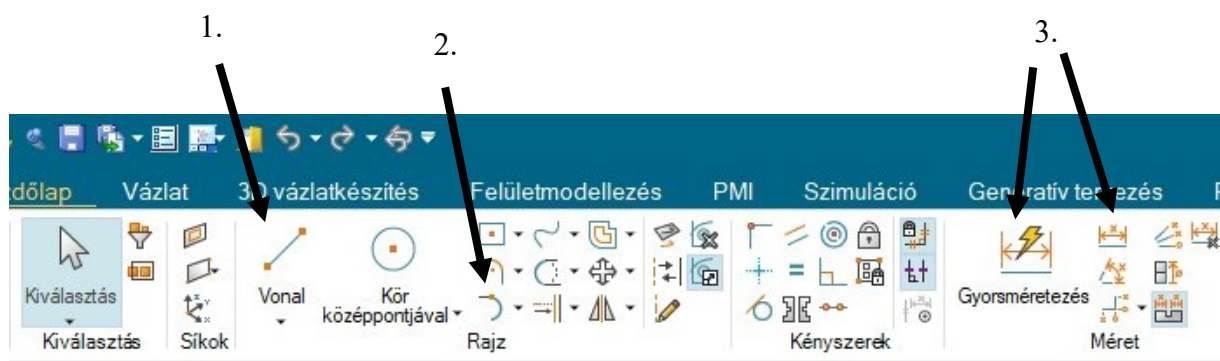
Ahhoz, hogy létre tudjam hozni a kovácsdarabot az előzőekben kiszámolt hozzáadások, lekerekítések és oldalferdeségek ismeretében határozom meg a geometriai méreteket. Mivel az alkatrészem szimmetrikus, így elegendő a modell felét megszerkesztenem és beméreteznem. A Solid Edge program megnyitását követően egy főoldalon kiválasztom a 13. ábrán látható ISO metrikus alkatrész parancsot, ami legenerál nekem egy modelltér felületet.



13. ábra ISO Metrikus Alkatrész parancs

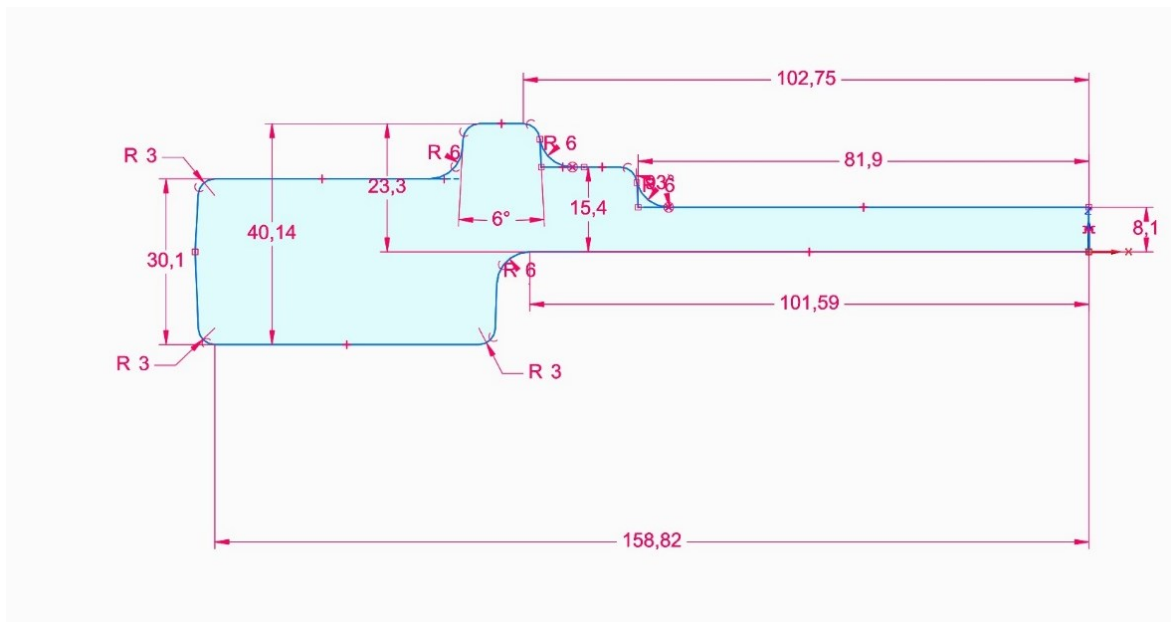
A modelltérben a vázlat megszerkesztéséhez szükségem van a 14. ábrán számokkal megjelölt parancsokra, amelyek a következők:

- 1. – vonal parancs, amivel a vázlatban az egyenes szakaszokat tudjuk létrehozni
- 2. – ív parancs, amivel létrehozom a kovácsdarabon a lekerekítéseket
- 3. – méretezés, ahol kétfajta méretezési fajtával dolgozom az egyik a gyors méretezés, amely egy automatikus méret fajta felismeréssel dolgozik. A másik a két pont közötti távolság ez akkor használatos, amikor két kapcsolat nélküli pontot vagy vonalat kell beméretezni. A Rajz fül és a Méret fül között helyezkedik el a Kényszerek fül, amelyből a bekarikázott érintő parancsot használom, hogy a lekerekítések és a kovácsdarab kontúr vonalai érintőben legyenek egymással.



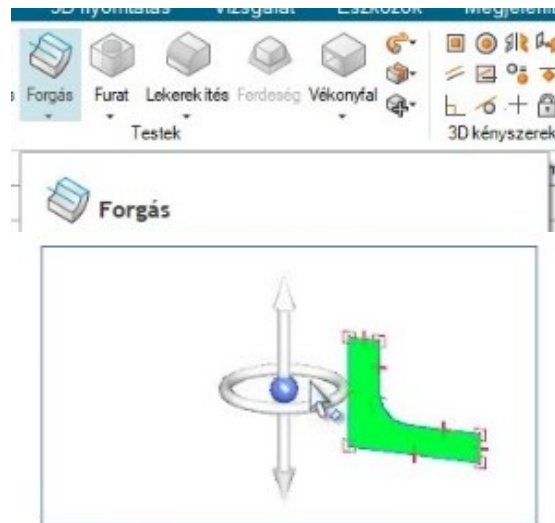
14. ábra A Solid Edge menüszalagja

Az előzőekben felsorolt szerkesztési parancsokkal létrehozom a 15. ábrán látható vázlatot. Mivel már eleinte említettem a kovácsdarab szimmetriája miatt csak a fél alkatrész vázlatát szerkesztettem meg.



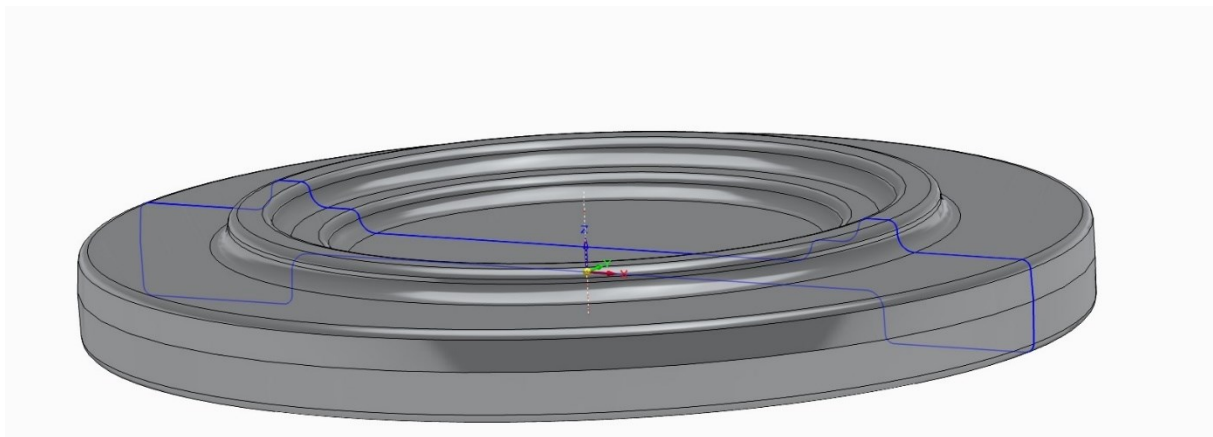
15. ábra A kovácsdarab vázlata Solid Edgben

A 16. ábrán jelölt parancsikon lenyomásával elindítom a forgás parancsot. A művelet végrehajtásához szükséges kijelölnöm a szükséges vázlatot ekkor megjelenik az ábrán látható kétirányú nyíl, amelyet a megfelelő forgástengely helyzetébe kell húznom majd az egéren jobb kattintással elfogadom a forgatást.



16. ábra A forgás parancs ikonja és magyarázó ábrája

A forgatás után megkapom a 17. ábrán látható kovácsdarabom geometriáját, amely segítségével fogom meghatározni az alkatrész két felének negatívját, vagyis a kovácsszerszám két felének a kidogozott megmunkáló felületét.



17. ábra A kovácsdarab 3D modellje

A munkadarab megléte után egyenesen a kovácsdarab állományából a Fájl fülön az Új menüsorban kiválasztjuk a 18. ábrán látható „Szerelés az aktuális modellből” ikont, amely a már megnyitott kovácsdarabra orientálva készít nekem egy szerelési környezetet. Ennek origója a munkadarabom középpontja lesz.

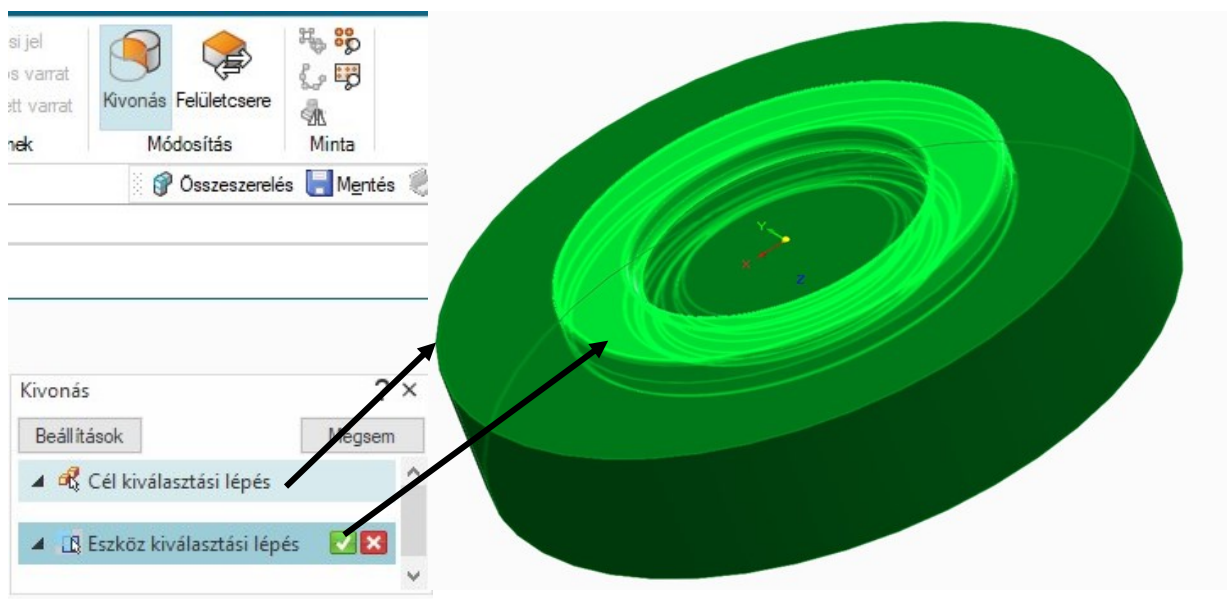


Szerelés az aktuális modellből

Olyan új szerelés készítése, amely tartalmazza az jelenlegi modellt.

18. ábra A szerelés környezet parancsikonja

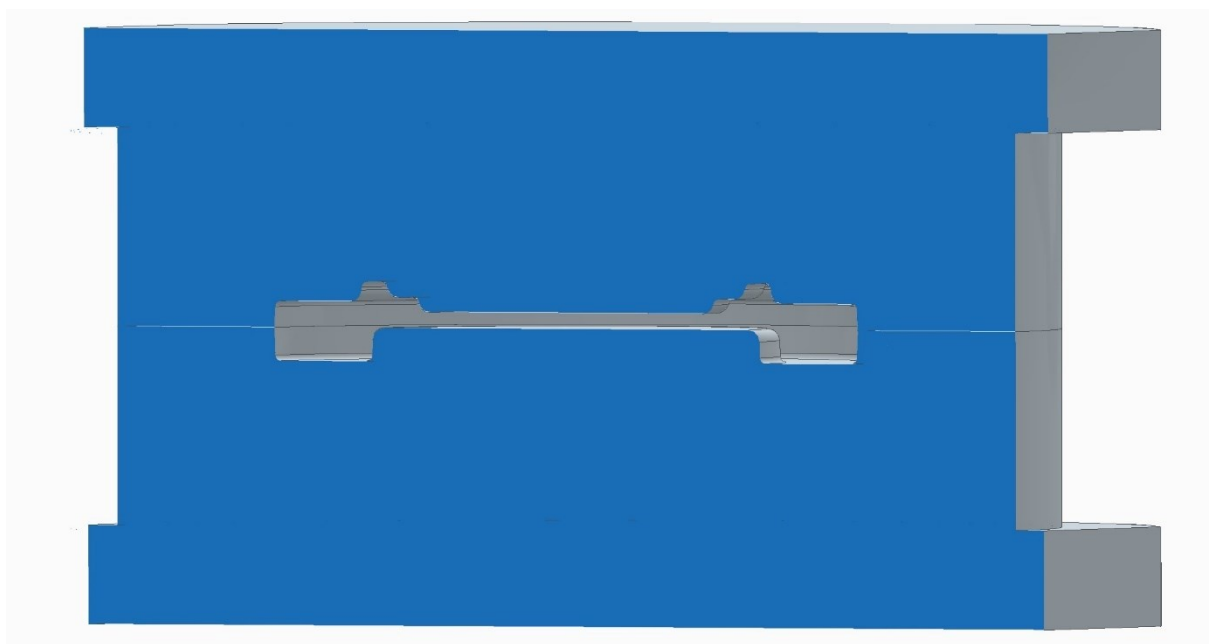
A szerelésben beillesztem először a kovácsdarab felső részét kialakító szerszámfelet. A szerszámfél eleinte egy 500 mm átmérőjű és 100 mm magas henger. A henger alsó alapjának élét kényszerek segítségével illesztem a kovácsdarab osztósíkjára. Ha ez megvan, az Alakelem eszköztárba megyek, amelyben a kivonás parancsot fogom használni. A kovácsdarab és a szerszám jelen pillanatban ütközik a szerelésben. A kivonás, ami a 19. ábrán látható ezt oldja meg azzal, hogy az első lépésben kijelölt sötétzölddel jelölt kovácsszerszámból kivonom a második lépésben világoszölddel jelölt kovácsdarabot.



19. ábra A kivonás folyamata

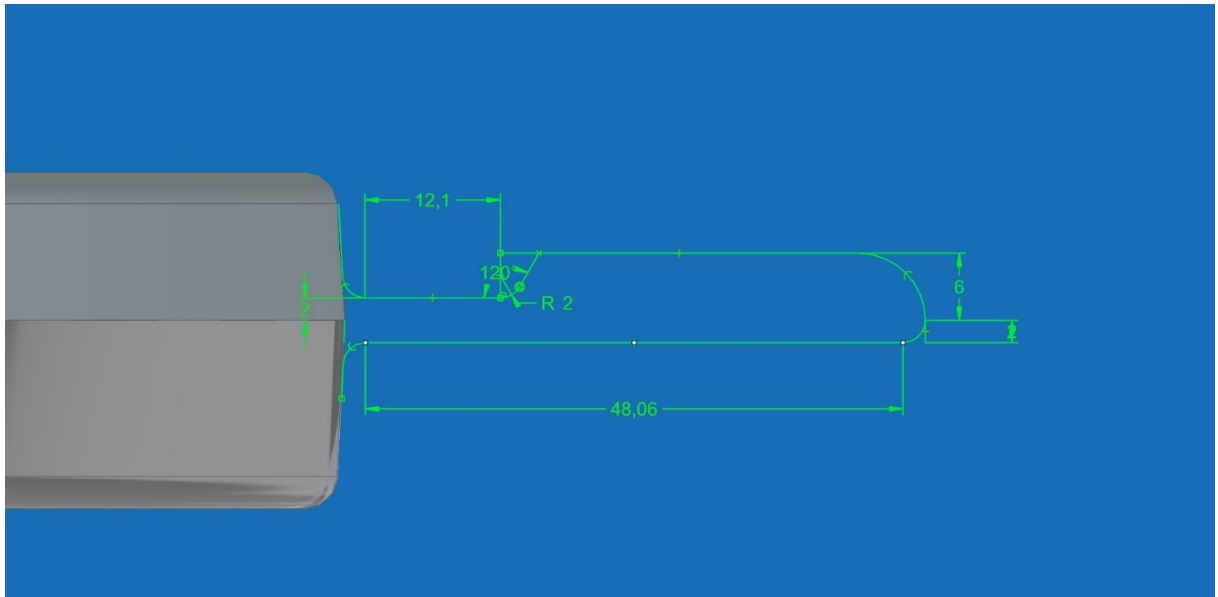
A kivonást követően ugyan ezt a folyamatot a kovácsszerszám alsó részén is végre hajtom. A kovácsszerszám felek a 8. és 9. mellékleten láthatóak. A szerelés elmentését követően a két fél modellje módosul automatikusan a kivonás következtében.

A szerelési modellben a szemléltetés érdekében a 20. ábrán készítettem egy metszetet, illetve inaktivizáltam a kovácsdarab modelljét így csak a két szerszámfél marad látható, aktív formában a szerelési környezetben.



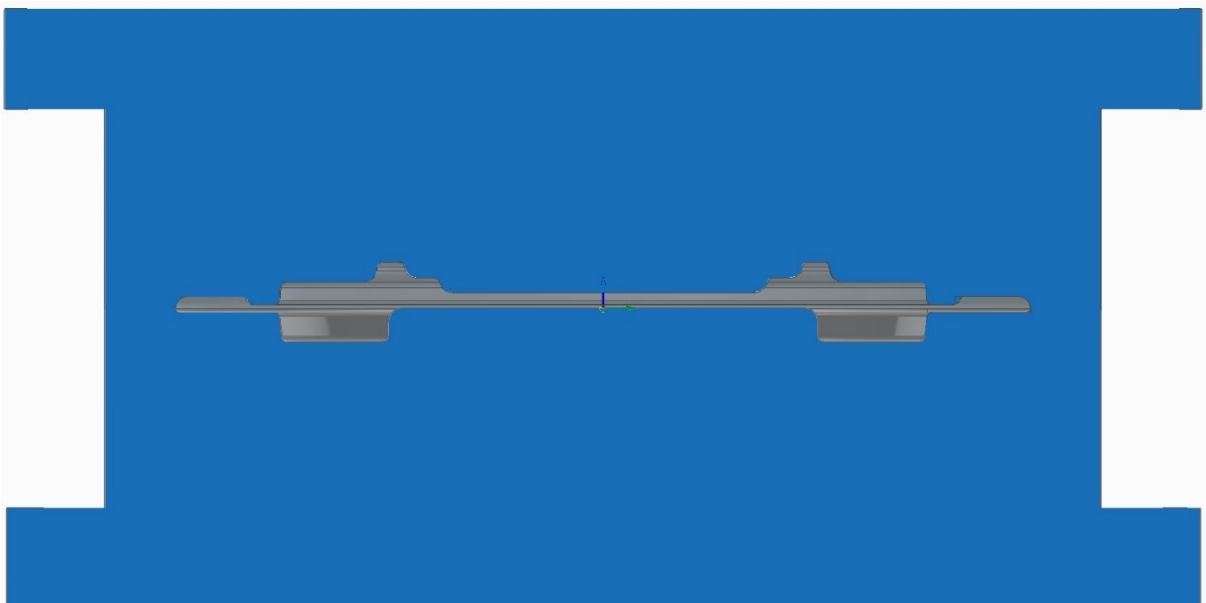
20. ábra A két kovácsszerszám fél a kovácsdarab nélkül

A kovácsszerszámról már csak a sorjacsatorna kialakítása hiányzik. Ezt a szerelési környezetben fogom létrehozni, még hozzá a két szerszámfélen egyszerre. A kovácsdarab forgatásához hasonlóan megszerkeszttem a 21. ábrán látható vázlatot. A szimmetria miatt itt is elegendő az egyik felét megszerkesztenem.



21. ábra A sorjacsatorna vázlata

A forgatást ebben az esetben kivonással hozom létre a szerelésen belül. A vázlatban egy forgástengely parancssal meghúzok egy vonalat, amelyet kinevezek a forgatás tengelyének. A kivonást követően, ha elmentem a szerelést, akkor itt is automatikusan frissül a két szerszámfél geometriája. Ezzel az egy lépéssel létrehoztuk az alsó és felső szerszám végső alakját, amely a 22. ábrán és a 10. és 11. mellékleteken műhelyrajz formában is látható.



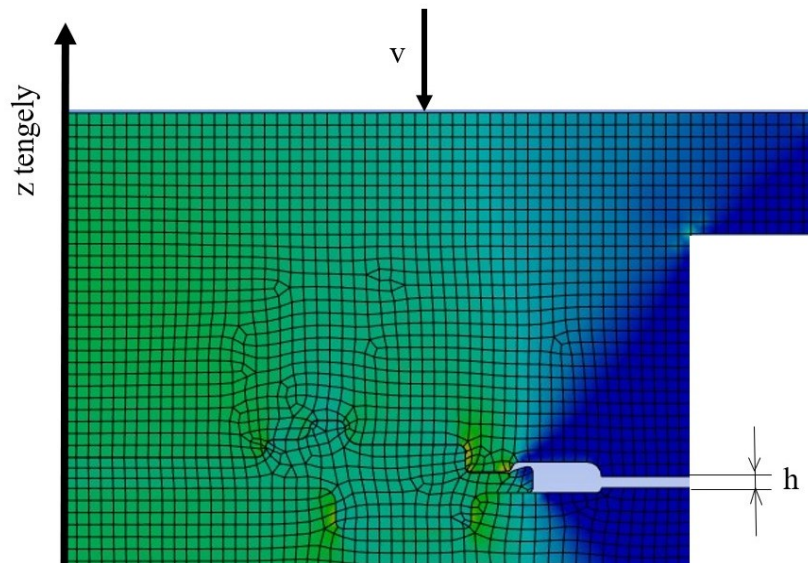
22. ábra A kovácsszerszámok sorjacsatornával ellátva

6.2. Ansys szoftverben való szimuláció

A szimuláció során a két szerszámfélben keletkező feszültséget és a felhevített test hőátadását fogom az Ansys nevű végelem programmal meghatározni. A két fél párhuzamosan helyezkedik el, amik között helyezkedik el a kovácsdarab. A kovácsdarabon zömítés és alakfelvétel tapasztalható a megmunkálás során. Az alsó kovácsszerszám rögzített állapotban van, magyarul semelyik tengely irányba nem tud elmozdulni. (Biglari , O'Dowd, & Fenner, 1998)

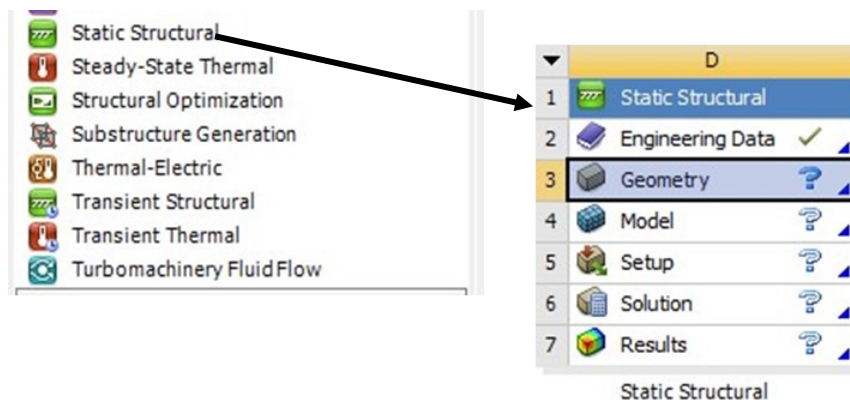
A felső kovácsszerszám adott sebességgel és erő kifejtéssel halad a mozdulatlan szerszámfél és a kovácsdarab felé. Ezek alapján a kovácsdarab anyagi pontjaira megfogalmazhatóak a 23. ábra segítségével értelmezhető peremfeltételek a felső szerszámrész viszonylatában. (Prager & Hodge, 1951)

- ha a $z=0$, akkor $w_z=0$
- ha a $z=h$ akkor pedig $w_z = -v$



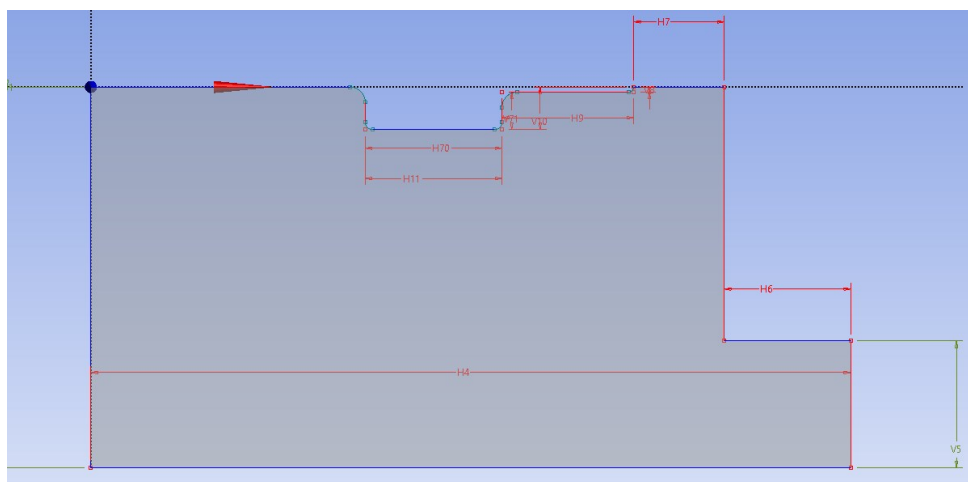
23. ábra A kovácsolás peremfeltétel magyarázata

Ansys szoftverben a szimuláció végrehajtásához a 24. ábrán láthatóan el kell indítani a Static Structural nevű parancsikont. Ezzel a résszel tudom végrehajtani a statikai terhelés vizsgálatot.



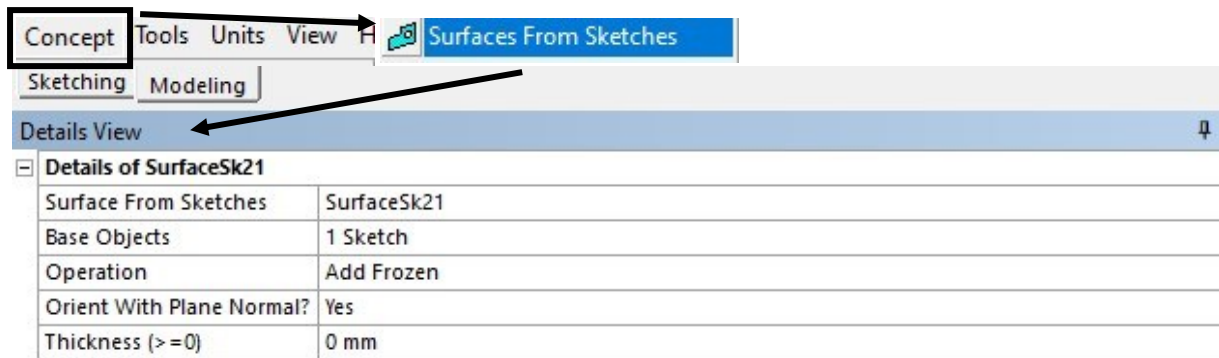
24. ábra A parancsikon és a megoldandó műveletek

A művelet elindítása után egy feladatsornak nevezhető menüpontokat generál a szoftver. Első feladatomban megadni azt, hogy milyen anyagokkal hajtom végre a szimulációt. Ezeket létre kell hoznom és meg kell adnom a szükséges alap adatokat az anyagoknak, mint például a szakítószilárdság Young modulus, anyagsűrűség és még további anyagjellemzők. Ezek megadása után kezdem el a geometria fül meghatározását. A geometriánál kiválasztom a 2D beállítást ugyanis a programban egyszerűsített 2D geometriaként hozom létre a munkadarabot. Ezzel a lépéssel megkönnyítmem a szoftvernek a szimuláció kiszámítási módszerét mivel nem egy teljes testre kell kiszámolnia csak a test egy metszeti cikkére. A másik könnyítés, hogy a kovácsdarabom szimmetrikussága miatt elég a forgástengelyhez viszonyítva csak az egyik felét megcsinálnom a geometriáknak. A geometriákat a Solid Edgehez hasonló parancsokkal tudom megvalósítani, amit a 25. ábra szemléltet. (Oldal , 2015)



25. ábra A kovácsszerszám alsó részének geometriája

Ahhoz, hogy teljes értékű egyszerűsített alkatrészeket kapjak a Concept fülön ki kell választanom a 26. ábra szerint a Surface Body parancsot ez adja meg a 2D-s alkatrészem teljességét. Amire itt oda kell figyelnem, hogy a beállításnál csak az egyik Surface Bodynak szabad Add Materiallal rendelkeznie. A másik kettőnek Frozen állapotot adok, amivel a program nem fogja egy alkatrészként kezelni a felületeket.

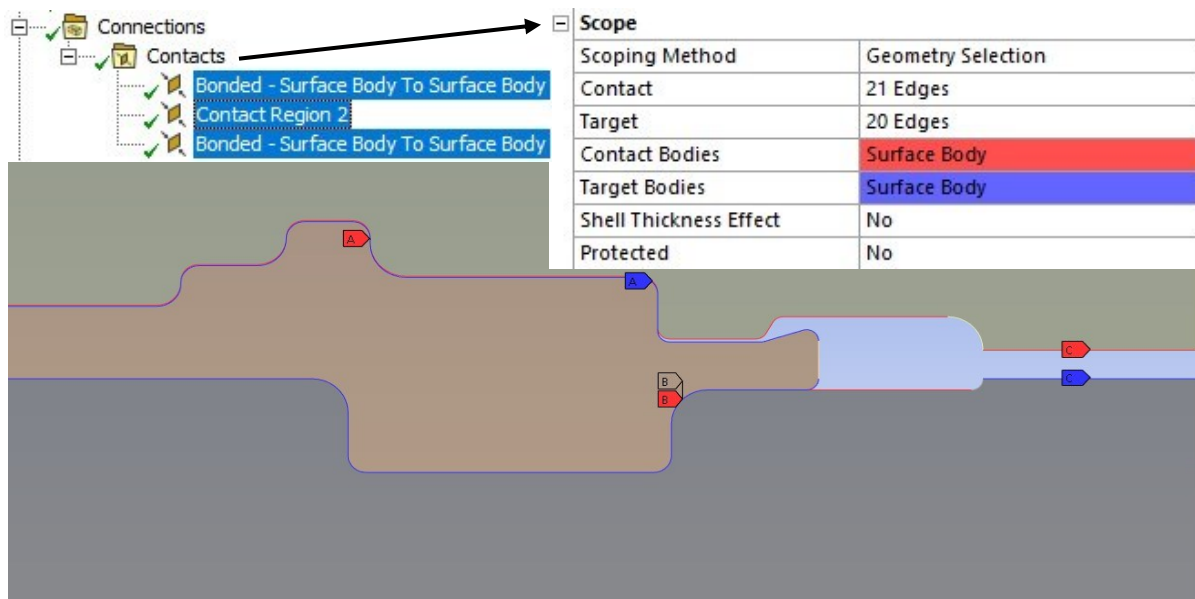


26. ábra A Surface Body parancs panel kitöltve

A Solution menüsor következik, amiben a maradék hiányosságot kell megadni és pontosítani. A Geometry részen megadom a két kovácsfelszerszám, illetve a kovácsdarab anyagát a Material sorban.

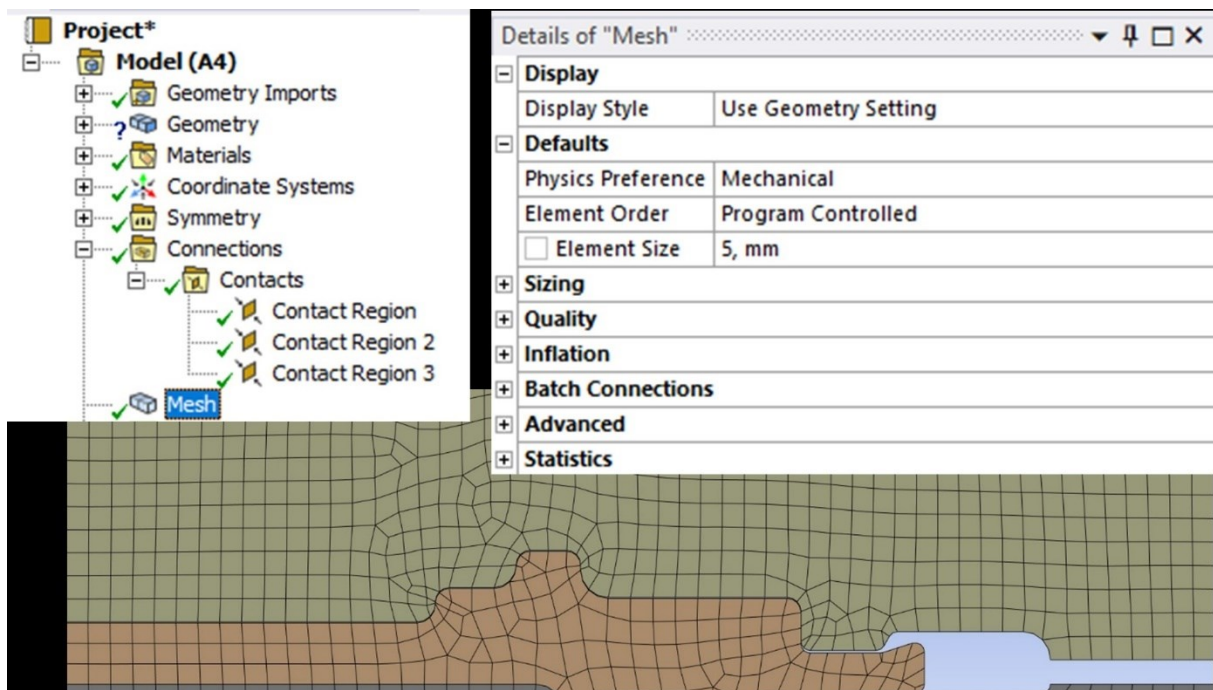
Ahhoz, hogy az előzőekben megemlített szimmetrikus alkatrészek felét a program felismerje, szükséges neki megadnom a feltételeket, amelyek alapján működni fog a szimmetriatengely definíciója így a későbbiekben a szoftver nem fog az alkatrész belseje fele semmilyen alakváltozást kezelni. A Symmetry menüsoron állítjuk be azt a három élt, amely a szimmetriatengellyel egybe esik.

A kapcsolatot a három alakelem között a 27. ábra szerint a Connections menüpont alatt a Contacts fülön kell meghatároznom három érintkezési felületkapcsolattal. Az első kapcsolat a kovácsdarab és az alsó kovácsalkatrész között jön létre itt a két test érintkező éleit kell kijelölni. A második szintén hasonló elgondolás szerint a munkadarab és a felső kovácsalkatrész között jön létre. A harmadik pedig a két szerszámfél érintkezése lesz a folyamat végén.



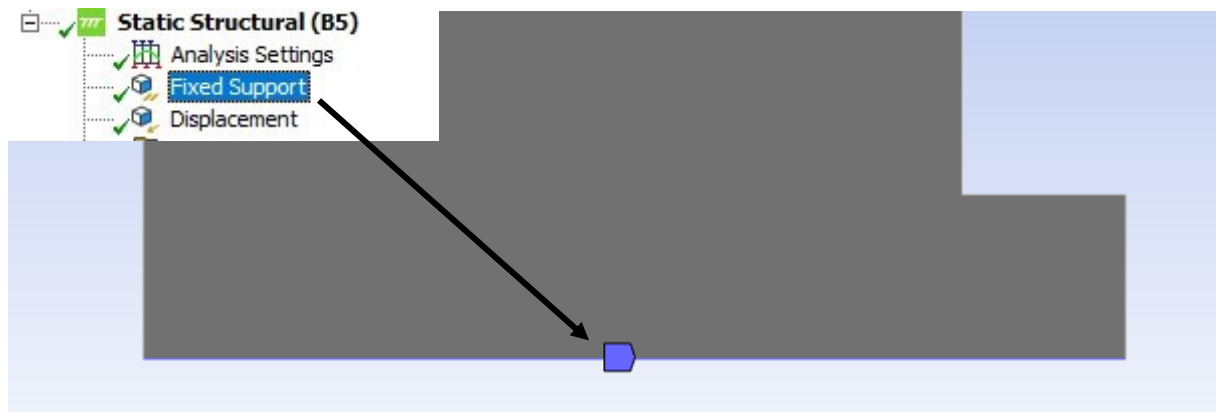
27. ábra A Contacts parancs meghatározása

A Mesh résznél létre kell hozni egy hálózást, amely az alkatrész anyagának szemcseszerkezetét próbálja nagyítva legenerálni. Itt a program egy alapértelmezett nagyságot állít be a hálózás nagyságának, ami 20 mm körüli érték. Én ezt az értéket a pontosabb eredmény érdekében leveszem 5 mm-re, amit az Element Size sorba be kell írnom. Ezután a Mesh sorra jobb klikk Generate Mesh ikonra kattintva legenerálom a hálót.



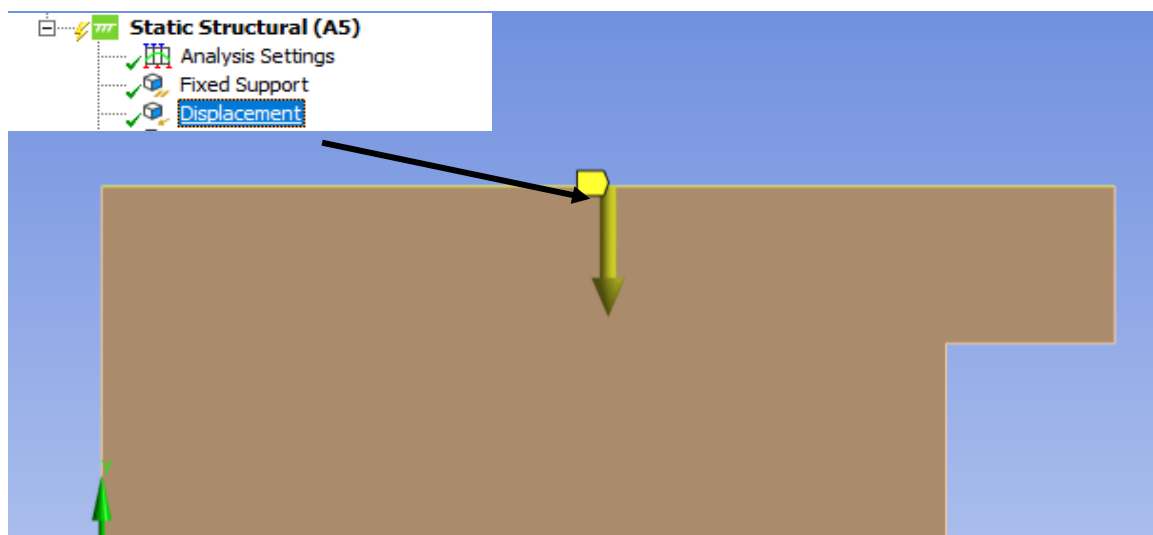
28. ábra Az alkatrész hálózása

A Static Structural menüsorban a 29. ábrán látható módon a kényszerek meghatározását fogom megcsinálni úgy, hogy a való életben történő elmozdulásokat definiálom a szoftveres környezetben. Az első, amivel lekötöm a teljes környezetben az alsó kovácsszerszám elmozdulását az a Fixed Support. Ezt a parancsot a menüsorra jobb klikkel az Insert felület lenyitásával tudom meghatározni.



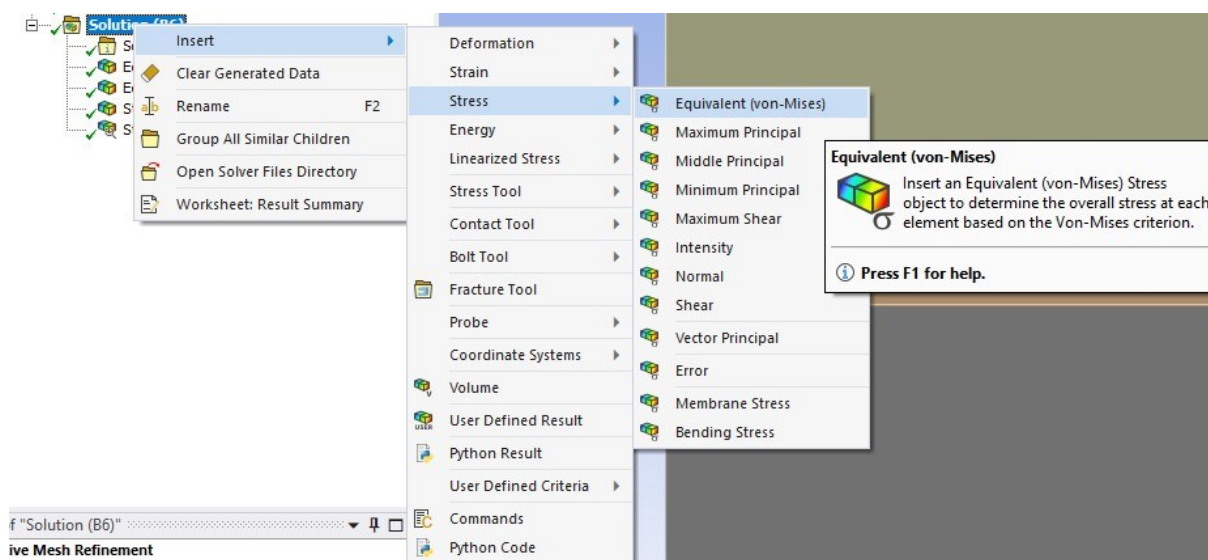
29. ábra Fixed Support parancs meghatározása

Szintén a 30. ábrán az Insert segítségével létrehozom magának a felső résznek a mozgásviszonyait. A Displacement paranccsal megadom a szerszám felső élét majd a táblázat szerint az X komponens konstans 0 mm-es elmozdulásra állítom tehát lerögzítem. Az Y komponensnek megadom a két szerszám közötti távolságot. Mivel 2D-ben vagyok így itt a Z komponens eleve inaktív állapotban van.



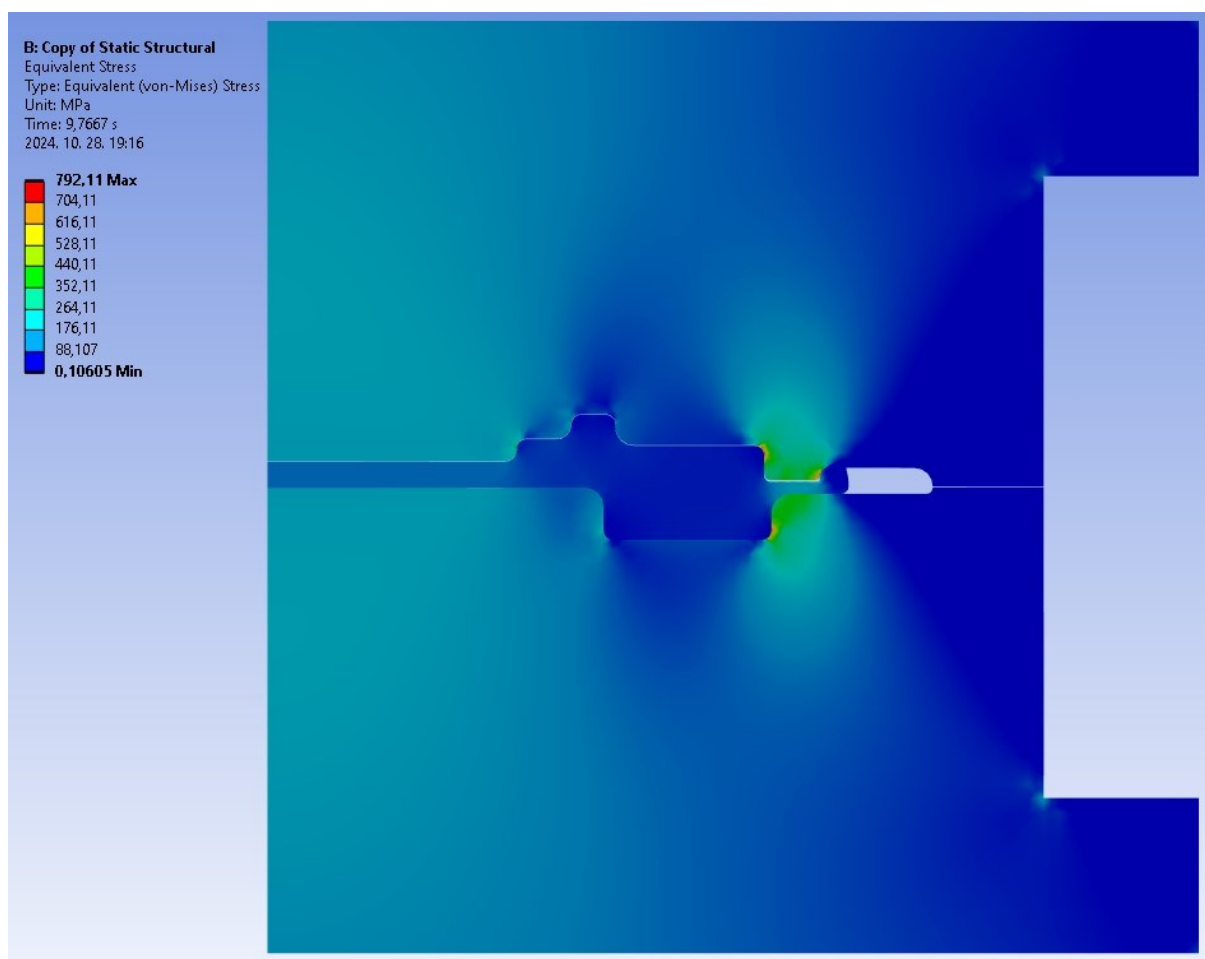
30. ábra Displacement parancs meghatározása

A mozgásviszonyok tisztázása után megadom a Solution menüpont alatta 31. ábrán látható módon a feszültséget. A parancs eléréséhez jobb klikket nyomok és kiválasztom az Insert fület, ami lenyílása után kiválasztom a Stress sort majd ez alatt az Equivalent (von-Mises) féle feszültséget választom ki. A kiválasztás után elkezdem legenerálni a végeselem szimulációt. A program hosszabb ideig futtatja a számításokat. A futtatási idő nagyban függ az alkatrész hálózásától és bonyolultságától. Sikeres futtatás után minden eddig beállított résznél pipának kell lennie, ha egy piros tört villám szimbólum jelenik meg a kritériumok mellett az azt jelenti, hogy a végeselem szimuláció futtatása nem talált megfelelő végkimenetelt. Ez általában így nálam is előfordult, de kisebb finomítások segítségével orvosolni tudtam a problémákat. A javítások után újra le kell generálni a programot, ami teljesen az elejétől újra futtatja az egész végeselem szimulációt. A feszültég meghatározása mellett még számos más fajta szimulációt is le lehet futtatni, de az én esetemben most elsősorban az előbb meghatározásra került feltétel volt szükséges.



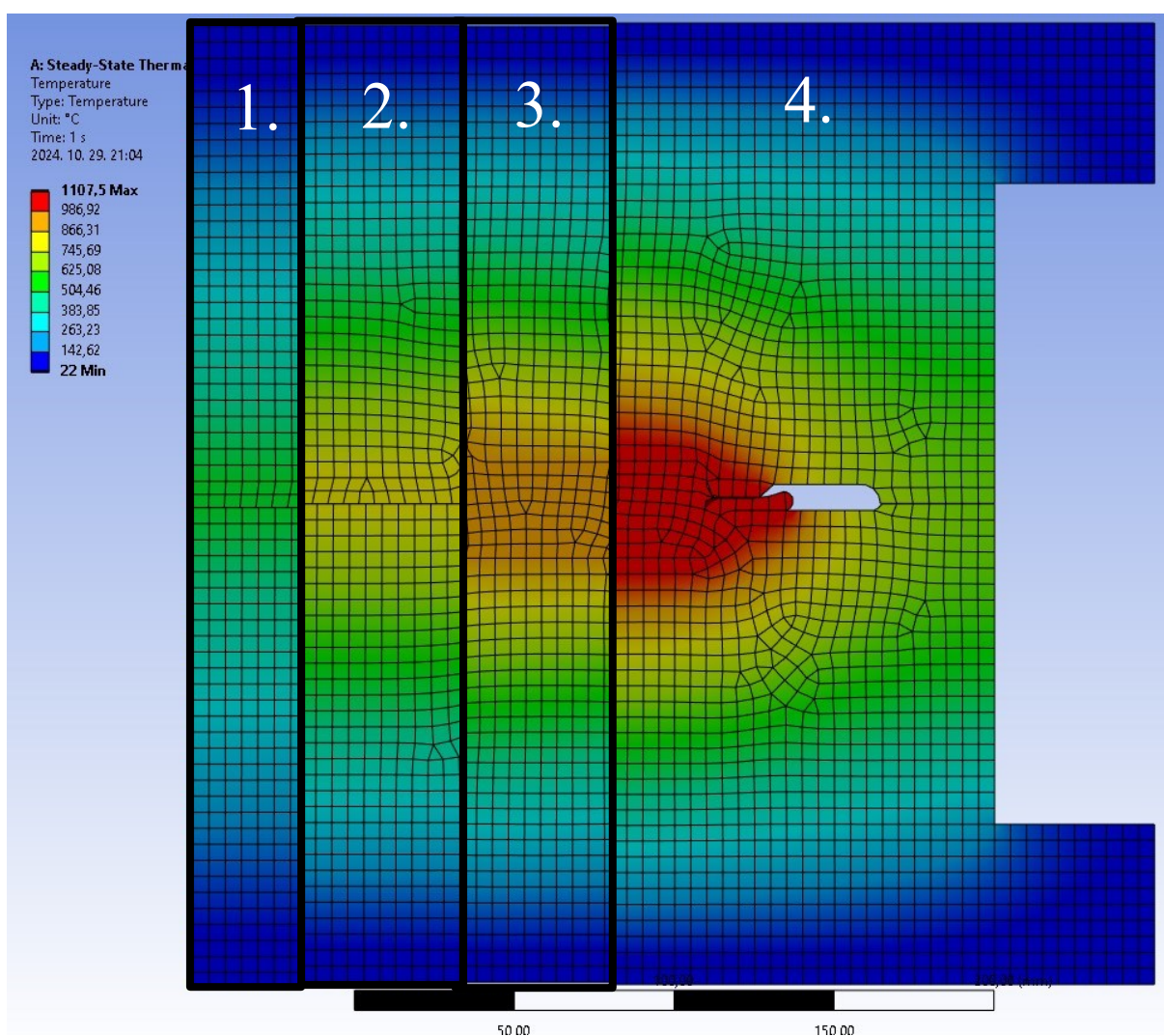
31. ábra A feszültég mérésének elérési útja

A szimuláció eredményeként a 32. ábrán színskálával kapom meg a végelem által legenerált adatokat. A kapott értékeket MPa-ban adja meg a program, de ezt a programban át lehet állítani, ha másra van szükségem. A változások szemléltetésére videót is generál a program, amely az egész mozgásfolyamatot és a hozzá tartozó pillanatnyi feszültegeket szemlélteti. A kapott értékek alapján a folyamat végén 792 MPa körüli maximális feszültég érték lép fel a kovácsdarab palástfelületének és a sorjacsatorna kezdetének a találkozásánál. Ebből arra következtetek, hogy a kovácsoláskor a sorjacsatornába kinyomódó maradék anyag neki nyomódik a kovácszszerző palástjának. Ennek tudható be, hogy a sorjacsatorna környéki rész nagyobb feszülteget kap. (Tomov & Radev, 2004)



32. ábra A kovácszszerzők feszültsége a művelet végén

A kovácsdarab hűtádása is hasonlóan működik, mint a feszültség meghatározása. A programnál a Steady-State Thermal parancsot csatolom az előzőekben sikeresen végigfuttatott Static Structural program Model szintjéhez. Ezzel azt értem el, hogy az előzőekben meghatározott kapcsolatok, hálózások és szimmetria is megmarad. A program futtatásához csak a geometriák hőmérsékletét kell egy Thermal paranccsal megadnom. A kovácsdarabot 1100 °C hőmérsékleten kezdem el kovácsolni így ennek ezt állítom be. A két kovácsszerszámnak szobahőmérsékletet 22 °C-ot állítottam be. Majd a Solution fülénél a Thermal parancsot lefuttatva a következő 33. ábrán látható folyamat látható. Az ábrán jól látható, hogy a kovácsdarab környezete nagy hőhatást kap, míg a kovácsszerszám távolabbi részein elhanyagolható hőmérsékletemelkedés következik be. Az ábrán balról jobbra négy időközben megállított szakasz látható.



33. ábra A hűtádás szemléltetése 4 szakaszban

7. Gazdasági számítás

A gazdasági számításom elsődleges szempontja, hogy az általam megtervezett kovácsszerszám és az elkészült kovácsdarab előállítása az előre meghatározott tételben mennyibe fog kerülni. Ezt egy darabra, illetve összesítve az 1600 darabra is kiszámolom. A számításom során az alapanyagtól a késztermék elkészültéig az összes felmerülő költséget figyelembe veszem.

7.1. Kovácsdarab anyagszükséglete:

A kovácsdarab anyaga S235 JR amelynek az egységára 1.800 Ft/kg + ÁFA

Egy kovácsdarabhoz szükséges anyag tömege 18 kg tehát egy darabhoz a szükséges anyag ár:

$$1.800 \cdot 18 = 32400 \text{ Ft} + \text{ÁFA} \quad (21)$$

Ez 1600 darabra kiszámolva:

$$32.400 \cdot 1600 = 51.840.000 \text{ Ft} + \text{ÁFA} \quad (22)$$

Az anyagszükségleten nem lehet nagymértékben költséget csökkenteni, ezért kellett megfelelő megmunkálási eljárást választani hozzá.

7.2. Tervezési költség

A tervezési költség magában foglalja a mechanikai tulajdonságok meghatározását és a speciális anyagtulajdonságokat, mint például a hőkezelést. Ezek mellett számításba jönnek a szimulációs vizsgálatok. A tervezési költség a számításom szerint 250.000, - Ft + ÁFA értéket ér el.

7.3. Forgácsolási költség

A forgácsolási költséget óradíjban határoztam meg. Egy óra forgácsolási költsége 20.000, - Ft/h + ÁFA. Az 1600 darab munkadarab forgácsolási ideje 400 munkaóra között teljesíthető.

A forgácsolási költség ezek alapján:

$$20.000 \cdot 400 = 8.000.000 \text{ Ft} + \text{ÁFA} \quad (23)$$

7.4. Szerszám költség

A szerszám költség során két részt kell figyelembe venni. A kovácsszerszám költsége, illetve az utómunkálatok során használt esztergakések, marószerszámok és egyéb megmunkálási szerszámok költsége is.

A kovácsszerszám tervezéséből adódóan kibírja az 1600 darab alkatrész legyártását, viszont ennek megfelelően az ára is magasabb egészen pontosan 1.750.000, - Ft + ÁFA. Az esztergakések és marószerszámok költsége jóval alacsonyabb, viszont élettartamuk nem bírná ki az összes munkadarab legyártását, ezért ezeket cserélni kell. Ezeknek a költsége 450.000, - Ft + ÁFA. Az összesen szerszámköltségre 2.200.000, - Ft + ÁFA.

7.5. Egyéb költségek

Egyéb költségek a munkabérek és operációs költségek, az energia és üzemeltetési költségek, a logisztikai költségek és a hőkezelés felületkezelési árak.

A munkabér, ami minőség-ellenőrzés és a gépek programozása 300.000, - Ft + ÁFA. Az energia és üzemeltetési költségei a gépeknek 300.000, - Ft + ÁFA. A szállítás és csomagolás 285.000 Ft + ÁFA. A Hőkezelés és felületkezelés költsége 500.000, - Ft + ÁFA.

Így az egyéb költségek összesen 1.385.000, - Ft + ÁFA közötti értékre tevődik ki.

10. táblázat: A gazdasági számítás összesítése

Költségkategória	Maximum [Ft]
Anyagszükséglet	51.840.000, -
Tervezési költség	250.000, -
Forgácsolási költség	8.000.000, -
Szerszám költség	2.200.000, -
Egyéb költség	1.385.000, -
Összesen	63.675.000, -

A táblázat alapján összesen 63.675.000, - Ft + ÁFA értékben gyártható le az 1600 darab alkatrész. Ebből kiszámolva egy darab késztermék előállítási ára nagyjából 39.796, - Ft + ÁFA.

8. Összefoglalás

Szakdolgozatom témája, ami főként a kovácsolási gyártás-és a számítógépes tervezés azért került a dolgozat téma megválasztására, mert az egyetemen átfogóan szereztünk nagy mennyiségű ismeretet gyártástechnológiából és mérnökinformatikából is. A cég, ahonnan a kovácsdarabot kaptam, még több érdekes információval szolgált számomra, amivel a tudásom és a szakdolgozatom tartalmát is bővítettem.

Dolgozatom elején ismertettem a céget, amely biztosította a kovácsdarabhoz az alkatrészt. A cégbemutató után kifejtettem a süllyesztékes kovácsolás elméleti háttérét, amelyben tárgyaltam az eljárás jellegzetességeit, a technológiai elméletet, kitértem a kenési elméletre is. A technológiai tervezés bemutatása volt a rávezetés a későbbiekben kifejtett számításokra. Az elméleti háttérben elemeztem még a kovácsoláskor felmerülő leggyakoribb hibákat.

Dolgozatom érdemi része maga a tervezési folyamat kidolgozása. A tervezés részeként először is különböző tulajdonságok szerinti csoportba való besorolási számításokat hajtottam végre. A számítások kitértek a bonyolultságra, az anyagminőségre és az alkatrész pontosságára is. Ezen meghatározások segítségével tudtam megadni táblázatok segítségével a süllyeszték elcsúszást és egyenesség tűrést. A táblázatok az MSZ 5745 szabvány szerint adják meg ezen értékeket. A két adatból meghatároztam a kovácsdarab hozzáadásait. A hozzáadások után már megtudtam határozni az oldalferdeségeket és lekerekítéseket. Itt korrigálni kellett a lekerekítések végett a hozzáadások mértékét, mivel az eredeti koncepciónál belelógott a hozzáadásokba a végleges kovácsdarab geometriája. Az ellenőrzések azt mutatták, hogy a számításaim megfelelőek voltak. Utolsó lépésként meghatároztam a sorjacsatorna típusát és méretét.

A mérnökinformatikai részben a Solid Edge szoftverrel létrehoztam a kovácsdarab 3D modelljét. Ebből a kovácsdarabból származtattam a két kovácsszerszámfelek modelljét. A kovácsszerszámokon módosítással ráépítettem még a sorjacsatornát is. Végeselem szimulációval meghatároztam és ellenőriztem a kovácsszerszámmra ható az alkatrész kovácsolása közben keletkező hatásokat. A szimuláció megfelelő adatokkal szolgált a gyárthatóság szempontjából.

Szakdolgozatom végén gazdasági számítás, végeztem, amely megmutatta, hogy az alapanyagtól a kész munkadarabig feltehetően milyen kiadások merülhetnek fel, és feltételezhetően mennyibe kerül 1 és 1600 darab homogenizátor lezáró fedél gyártása.

9. Summary

The topic of my thesis, which is mainly forging production and computer-aided design, was chosen because we have acquired a large amount of knowledge in both manufacturing technology and engineering informatics at university. The company from which I received the forging piece provided me with even more interesting information, which added to my knowledge and the content of my thesis.

At the beginning of my thesis, I introduced the company that provided the part for the forging. After the introduction of the company, I explained the theoretical background of drop forging, in which I discussed the characteristics of the process, presented the technological theory, and also covered the lubrication theory. The presentation of the technological design was the introduction to the calculations that will be explained later. In the theoretical background, I also presented the most common faults that occur during forging.

The substantive part of my thesis is the development of the design process itself. As part of the design process, I first carried out grouping calculations for different properties. The calculations covered the complexity of the material quality and the accuracy of the part. Using these determinations I was able to provide tables to help determine the drift and straightness tolerances of the countersinks. The tables give these values according to the standard MSZ 5745. From these two data I determined the additions to the forging. After the additions (Adam, Peter, Róbert, & Michal, 2021) I was able to determine the side skews and roundings. Here I had to correct the additions for rounding because the original concept had the geometry of the final forging hanging into the additions. The checks showed that my calculations were correct. As a final step in my calculations, I determined the type and size of the alignment channel.

In the engineering part, I created a 3D model of the forging using Solid Edge software. From this forging, I derived the model of the two forging rims. I also added the alignment channel on the forging by modification. By finite element simulation I determined and checked the effects on the forging tool during forging of the part. The simulation provided sufficient data for manufacturability.

At the end of my thesis, I made an economic calculation showing the estimated costs from the raw material to the finished workpiece and the estimated cost of producing 1 homogenizer cover for 1,600 homogenizers.

10. Köszönetnyilvánítás

Szeretném köszönetemet kifejezni minden olyan személynek, akik hozzájárultak ahhoz, hogy a szakdolgozatom létrejöjjön. Először is köszönettel illetném Dr. Kári-Horváth Attila Lajos egyetemi docent, aki a szakdolgozatom létrejöttéhez rengeteg értékes tanáccsal, útmutatással látott el ezekkel is segítve dolgozatom fejlődését.

Köszönettel tartozom még külső konzulensemnek Bánhegyi Józsefnek a GO - METALL Kft. termelési vezetőjének, aki szintén hasznos tanácsaival és szakmai tudásával segített minden nehézséget leküzdeni.

Illetve külön szeretném megköszönni a családom minden egyes tagjának, akik a nehéz időkben támogattak és mellettem voltak.

11. Nyilatkozat



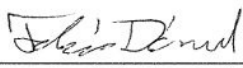
Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: <https://godollo.uni-mate.hu>

NYILATKOZAT

Alulírott **Fehér Dániel (MPM77I)**, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, **Szent István Campus, Gépészmérnök BSc** szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Szakdolgozatom 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 október hó 30. nap


Hallgató

NYILATKOZAT

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

A Záródolgozatot/Szakdolgozatot záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

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

Kelt: Gödöllő 2024. év október hó 30. nap


Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

NYILATKOZAT

Szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Fehér Dániel
A Hallgató Neptun kódja: MPM77I
A dolgozat címe: Homogenizáló berendezés alkatrészének kovácsszerszám-tervezése számítógépes támogatással
A megjelenés éve: 2024
A tanszék neve: Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori 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 02. nap



Hallgató aláírása

12.Irodalomjegyzék

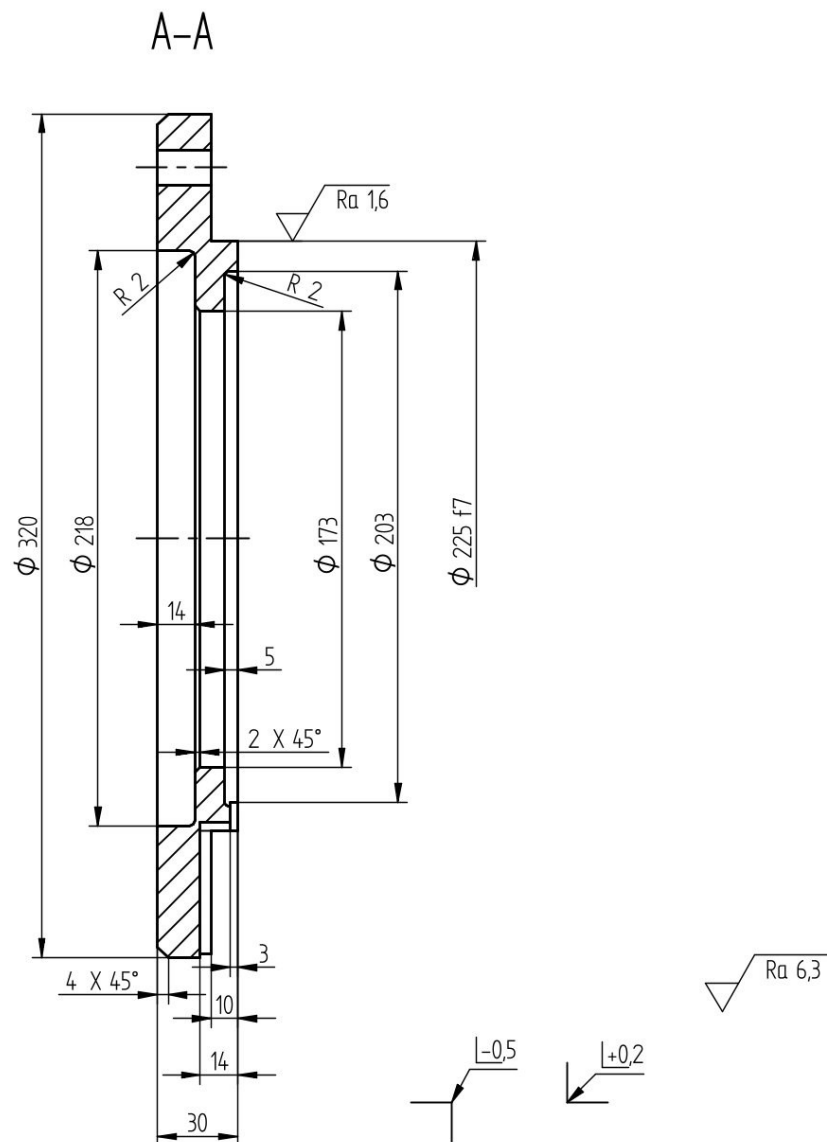
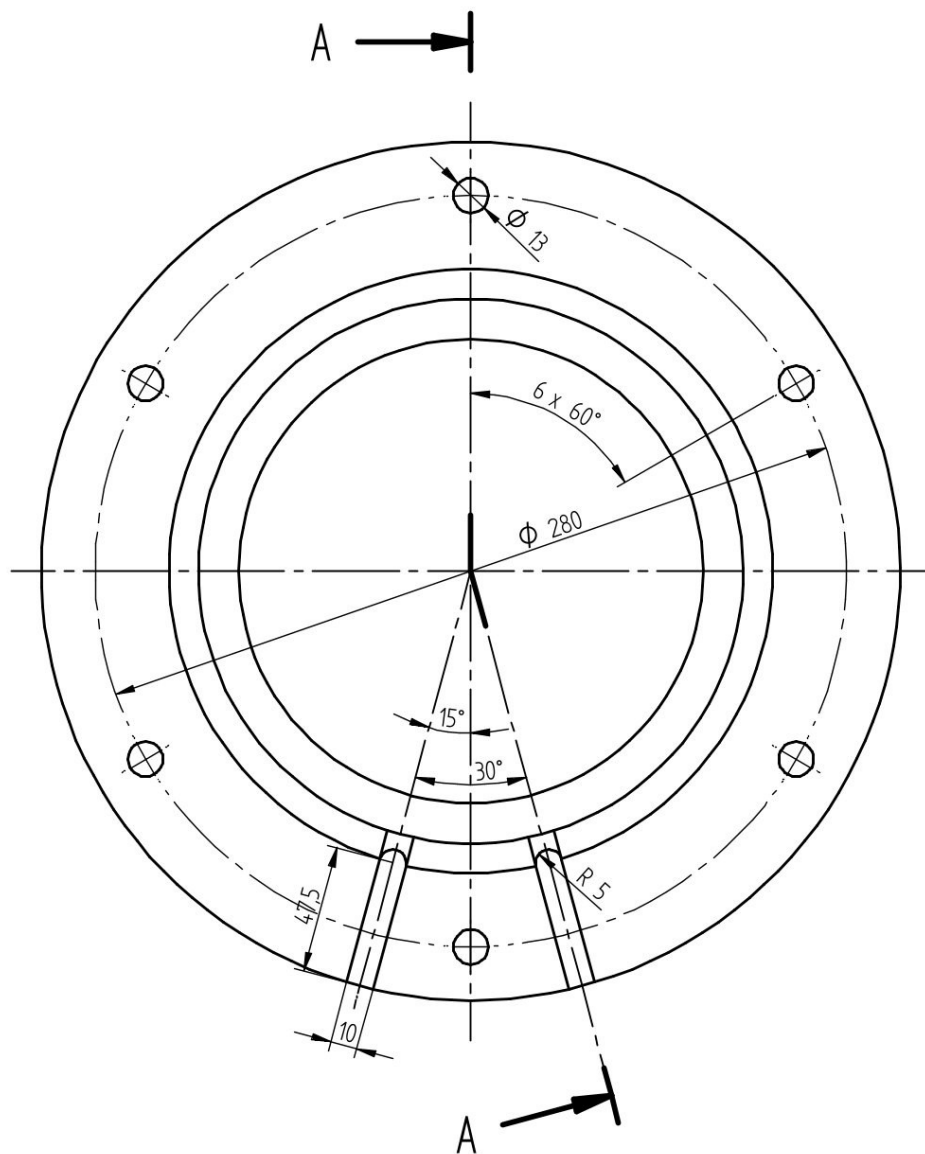
- [1.] Adam, K., Peter, P., Róbert, H., & Michal , K. (2021). *A Comprehensive Approach to the Evaluation of Material Properties of S235JR Steel*. Košice; Slovakia: Technical University of Košice.
- [2.] *Alakítástechnika - Süllyesztékes kovácsolás - BME ATT*. (2024). Forrás: <https://www.att.bme.hu/neptuncode/BMEGEMTBGL1/segedletek/S%C3%BCllyeszt%C3%A9kes%20kov%C3%A1csol%C3%A1s%20sillabusz.pdf>
- [3.] Biglari , F., O'Dowd, N., & Fenner, R. (1998). *Optimum Design of Forging Dies Using Fuzzy Logic in Conjunction with the Backward Deformation Method*,.
- [4.] Esa, E. (2008). *Closed-die forging and*. Stockholm, Sweden: Doctoral Thesis in Production Engineering.
- [5.] Firstner , S. (2008). *Gyártástechnológia*. Dunaújváros: Egyetemi Kiadó.
- [6.] Fledrich , G., Kakuk , G., Kári-Horváth, A., & Zsidai, L. (2016). *Gépgyártástechnológia*. Gödöllő: Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar.
- [7.] Fledrich, G., Kári-Horváth, A., Zsidai, L., & Pataki, T. (2017). *Mechanikai technológiák*. Gödöllő: Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar.
- [8.] Fredrik, F., & Erik , H. (2010). *Mechanisms Causing Wear*. Luleå : Luleå University of Technology.
- [9.] HST. (2024). *HST HLE 45 Homogenizer*. Forrás: <https://www.hst-homogenizers.com/en/portfolio/homogenizer-hle-45.php>
- [10.] Jánossy, G., Kári Horváth, A., Keresztes, R., & Zsidai , L. (2008). *Szereléstechológiák*. Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet.
- [11.] Kakuk , G., Kári-Horváth, A., Szakál, Z., & Zsidai , L. (2008). *Gyártástervezés*. Budapest: Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet.
- [12.] Kári-Horváth , A., & Pataki , T. (2017). *Szerszámok és készülékek*. Gödöllő: Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar.
- [13.] Kári-Horváth, A., & Pataki, T. (2020. March 2020.03.21.). *Analysis of temperature in different cooling methods*. Gödöllő, Hungary.
- [14.] Kári-Horváth, A., Pellényi , L., & Zsidai, L. (2006). *Gépgyártástechnológia példatár és segédlet*. Gödöllő: Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar.

- [15.] Kovács, Á., Szekrényes, A., Moharos, I., & Oldal, I. (2011). *Végeselem-módszer*. 1024 Budapest Fillér utca 9-11.: Typotex Kiadó.
- [16.] Mészáros, I. (2019). *Anyagismeret*. BME gépészmérnöki kar: Akadémiai kiadó.
- [17.] Oldal, I. (2015). *Végeselem-módszer alkalmazásának gyakorlata*. Budapest: Magyar Mérnöki Kamara.
- [18.] Prager, W., & Hodge, P. (1951). *Theory of Perfectly Plastic Solids*. New York: Wiley.
- [19.] Rathi, M. G. (2014. June 01). An Overview of Forging Processes with Their Defects. Government College of Engineering, Aurangabad, Maharashtra, India.
- [20.] Szabó, L. (1997). *Süllyesztékes kovácsolás*. Miskolc.
- [21.] Szabó, A., & Kozma, I. (2011). *Gyártóeszközök tervezése és gyártása*. Széchenyi István Egyetem.
- [22.] Szalayné Kovács, E. (2008). Képlékeny alakítás, nyújtás, egyengetés, zömítés. 1085 Budapest, Baross u. 52.: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet.
- [23.] Tomov, B., & Radev, R. (2004). *An Example of Determination of Preforming Steps in Hot Die Forging*. Journal of Materials Processing Technology.
- [24.] Ziaja, G. (2004). *Alakítástechnika Előadásjegyzet IV.rész TÉRFOGATALAKÍTÁS*.
- [25.] Zsidai, L., Kakuk, G., Kári-Horváth, A., Szakál, Z., & Pálincás, I. (2008). *Előgyártmány és képlékeny alakítási tervezési gyakorlat*. Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet.

13. Mellékletek

13.1. Mellékletek Jegyzéke

1. melléklet Zárófedél műhelyrajza	56
2. melléklet: Üregalakhoz kötött határeltérek MSZ 5745 szabvány szerint (Szabó L. , 1997)	57
3. melléklet: Üregalakhoz nem kötött határeltérek MSZ 5475 szabvány szerint (Szabó L. , 1997).....	57
4. melléklet: Határeltérés és tűrés meghatározásának folyamata (Szabó L. , 1997).....	58
5. melléklet: Üregalakhoz kötött tűrések MSZ 5745 szabvány szerint (Szabó L. , 1997).....	58
6. melléklet: Üregalakhoz nem kötött tűrések MSZ 5475 szabvány szerint (Szabó L. , 1997)	59
7. melléklet A kovácsdarab műhelyrajza	60
8. melléklet: A kovácsszerszám felső része kivonás után.....	61
9. melléklet: A kovácsszerszám alsó része kivonás után.....	61
10. melléklet Alsó kovácsszerszám műhelyrajza.....	62
11. melléklet Felső kovácsdarab műhelyrajza	63



Általános sarkok letörés 0,5 x 45°

225 f7	-0,05 -0,096
Méret	Tűrés

ISO 2768-mk

	Dátum: 2024.10.30.	Megnevezés: Zárófedél
Anyag: S235 JR	Név, Neptun kód: Fehér Dániel (MPM771)	
Tömeg: 8,065 kg	Méretarány: 1:2	Rajzszám: SZD-001

MATE

2. melléklet: Üregalakhoz kötött határelterések MSZ 5745 szabvány szerint (Szabó L. , 1997)

Egységjelzés, g		g																						
		III																						
		II																						
		I																						
Egységjelzés, g		I																						
Egységjelzés, g		II																						
Egységjelzés, g		III																						
Egységjelzés, g		IV																						
Egységjelzés, g		V																						
Egységjelzés, g		VI																						
Egységjelzés, g		VII																						
Egységjelzés, g		VIII																						
Egységjelzés, g		IX																						
Egységjelzés, g		X																						
Egységjelzés, g		XI																						
Egységjelzés, g		XII																						
Egységjelzés, g		XIII																						
Egységjelzés, g		XIV																						
Egységjelzés, g		XV																						
Egységjelzés, g		XVI																						
Egységjelzés, g		XVII																						
Egységjelzés, g		XVIII																						
Egységjelzés, g		XIX																						
Egységjelzés, g		XX																						
Egységjelzés, g		XXI																						
Egységjelzés, g		XXII																						
Egységjelzés, g		XXIII																						
Egységjelzés, g		XXIV																						
Egységjelzés, g		XXV																						
Egységjelzés, g		XXVI																						
Egységjelzés, g		XXVII																						
Egységjelzés, g		XXVIII																						
Egységjelzés, g		XXIX																						
Egységjelzés, g		XXX																						
Egységjelzés, g		XXXI																						
Egységjelzés, g		XXXII																						
Egységjelzés, g		XXXIII																						
Egységjelzés, g		XXXIV																						
Egységjelzés, g		XXXV																						
Egységjelzés, g		XXXVI																						
Egységjelzés, g		XXXVII																						
Egységjelzés, g		XXXVIII																						
Egységjelzés, g		XXXIX																						
Egységjelzés, g		XL																						
Egységjelzés, g		XLI																						
Egységjelzés, g		XLII																						
Egységjelzés, g		XLIII																						
Egységjelzés, g		XLIV																						
Egységjelzés, g		XLV																						
Egységjelzés, g		XLVI																						
Egységjelzés, g		XLVII																						
Egységjelzés, g		XLVIII																						
Egységjelzés, g		XLIX																						
Egységjelzés, g		L																						
Egységjelzés, g		LI																						
Egységjelzés, g		LII																						
Egységjelzés, g		LIII																						
Egységjelzés, g		LIV																						
Egységjelzés, g		LV																						
Egységjelzés, g		LVI																						
Egységjelzés, g		LVII																						
Egységjelzés, g		LVIII																						
Egységjelzés, g		LVIX																						
Egységjelzés, g		LX																						
Egységjelzés, g		LXI																						
Egységjelzés, g		LXII																						
Egységjelzés, g		LXIII																						
Egységjelzés, g		LXIV																						
Egységjelzés, g		LXV																						
Egységjelzés, g		LXVI																						
Egységjelzés, g		LXVII																						
Egységjelzés, g		LXVIII																						
Egységjelzés, g		LXIX																						
Egységjelzés, g		LXX																						
Egységjelzés, g		LXXI																						
Egységjelzés, g		LXXII																						
Egységjelzés, g		LXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXV																						
Egységjelzés, g		LXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXV																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVI																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXVIII																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXIX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXX																						
Egységjelzés, g		LXXXXXXXI																						

4. melléklet: Határeltérés és tűrés meghatározásának folyamata (Szabó L. , 1997)

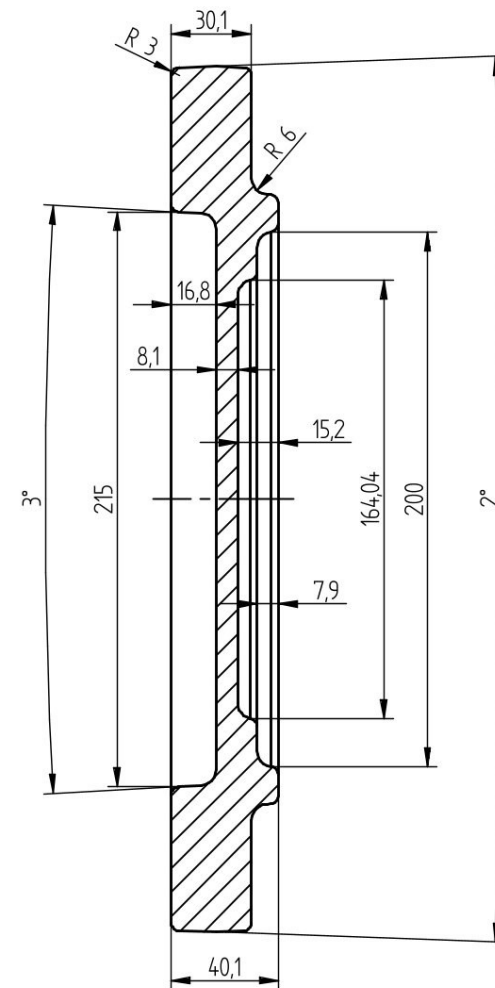
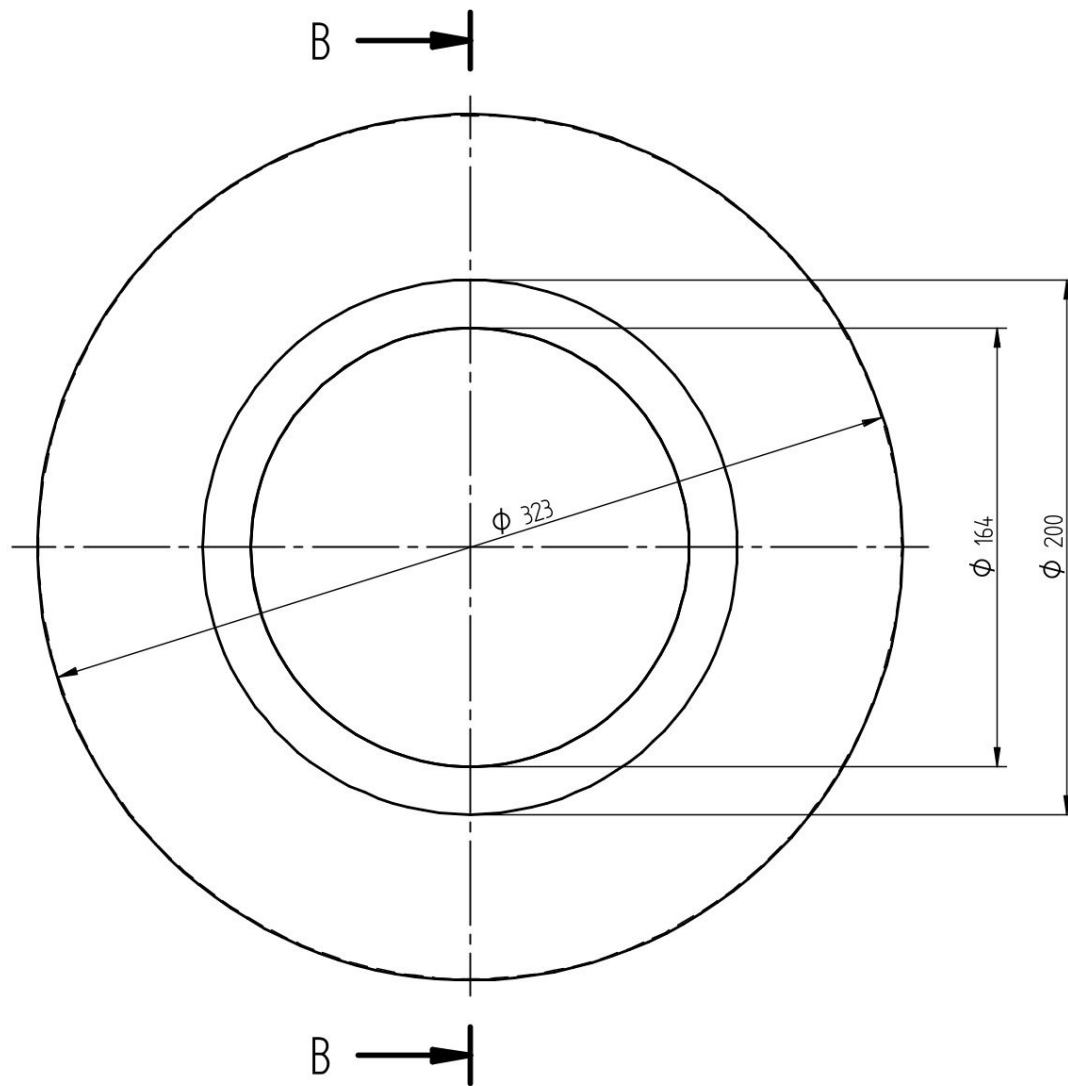
Elcsúszás	Sorfajszeg	Ászt. mm	F. mm	Tömeg		Minőségi csop.	Tagoltsági csoport				Névleges méret																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
				-tól	-ig		M1	M2	S1	S2	S3	S4	-tól	-ig	0	32	100	160	250	400																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
				Tűrések és megengedett eltérések																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0,4	0,5			0	0,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

5. melléklet: Üregalakhoz kötött tűrések MSZ 5745 szabvány szerint (Szabó L. , 1997)

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

6. melléklet: Üregalakhoz nem kötött tűrések MSZ 5475 szabvány szerint (Szabó L. , 1997)

Tömeg kg		Minőségi csoport <i>M</i>		Bonyolultsági csoport <i>S</i>				Pontossági fokozat		Névleges méret							
										-tól -ig	0 16	16 40	40 63	63 100	100 160	160 250	250
-tól	-ig	M1	M2	S1	S2	S3	S4	I	II	Tűrésnagyság és határelérések							
0	0,2									0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,7 -0,4	0,7	+0,8 -0,4	0,8	+0,9 -0,5
0,2	0,4									0,6	+0,7 -0,4	0,7	+0,8 -0,4	0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5
0,4	1,2									0,7	+0,8 -0,4	0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+1,1 -0,5
1,2	2,5									0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+1,1 -0,5	1,1	+1,1 -0,5
2,5	5									0,9	+1,1 -0,5	1,0	+1,1 -0,5	1,1	+1,1 -0,5	1,2	+1,1 -0,5
5	8									1,0	+1,1 -0,5	1,1	+1,1 -0,5	1,2	+1,1 -0,5	1,4	+1,1 -0,5
8	12									1,1	+1,1 -0,5	1,2	+1,1 -0,5	1,4	+1,1 -0,5	1,6	+1,1 -0,5
12	20									1,2	+1,1 -0,5	1,4	+1,1 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,1 -0,5
20	36									1,4	+1,1 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,1 -0,5	2,2	+1,1 -0,5
36	63									1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,1 -0,5	2,2	+1,1 -0,5	2,5	+1,1 -0,5
63	110									1,8	+1,1 -0,5	2,2	+1,1 -0,5	2,5	+1,1 -0,5	3,2	+1,1 -0,5
110	200									2,2	+1,1 -0,5	2,5	+1,1 -0,5	2,8	+1,1 -0,5	3,6	+1,1 -0,5
200	250									2,5	+1,1 -0,5	2,8	+1,1 -0,5	3,2	+1,1 -0,5	4,0	+1,1 -0,5
										2,8	+1,1 -0,5	3,2	+1,1 -0,5	3,6	+1,1 -0,5	4,5	+1,1 -0,5
										3,2	+1,1 -0,5	3,6	+1,1 -0,5	4,0	+1,1 -0,5	5,0	+1,1 -0,5
										3,6	+1,1 -0,5	4,0	+1,1 -0,5	4,5	+1,1 -0,5	5,6	+1,1 -0,5
										4,0	+1,1 -0,5	4,5	+1,1 -0,5	5,0	+1,1 -0,5	6,3	+1,1 -0,5
										4,5	+1,1 -0,5	5,0	+1,1 -0,5	5,6	+1,1 -0,5	7,1	+1,1 -0,5
										5,0	+1,1 -0,5	5,6	+1,1 -0,5	6,3	+1,1 -0,5	8,0	+1,1 -0,5
										5,6	+1,1 -0,5	6,3	+1,1 -0,5	7,1	+1,1 -0,5	9,0	+1,1 -0,5
										6,3	+1,1 -0,5	7,1	+1,1 -0,5	8,0	+1,1 -0,5	10	+1,1 -0,5
										7,1	+1,1 -0,5	8,0	+1,1 -0,5	9,0	+1,1 -0,5	11	+1,1 -0,5
										8,0	+1,1 -0,5	9,0	+1,1 -0,5	10	+1,1 -0,5	12	+1,1 -0,5
										9,0	+1,1 -0,5	10	+1,1 -0,5	11	+1,1 -0,5	14	+1,1 -0,5
										10	+1,1 -0,5	11	+1,1 -0,5	12	+1,1 -0,5	16	+1,1 -0,5
										11	+1,1 -0,5	12	+1,1 -0,5	14	+1,1 -0,5	18	+1,1 -0,5
										12	+1,1 -0,5	14	+1,1 -0,5	16	+1,1 -0,5	20	+1,1 -0,5
										14	+1,1 -0,5	16	+1,1 -0,5	18	+1,1 -0,5	25	+1,1 -0,5
										16	+1,1 -0,5	18	+1,1 -0,5	20	+1,1 -0,5	30	+1,1 -0,5
										18	+1,1 -0,5	20	+1,1 -0,5	25	+1,1 -0,5	40	+1,1 -0,5
										20	+1,1 -0,5	25	+1,1 -0,5	30	+1,1 -0,5	50	+1,1 -0,5
										25	+1,1 -0,5	30	+1,1 -0,5	36	+1,1 -0,5	63	+1,1 -0,5
										30	+1,1 -0,5	36	+1,1 -0,5	45	+1,1 -0,5	100	+1,1 -0,5
										36	+1,1 -0,5	45	+1,1 -0,5	54	+1,1 -0,5	160	+1,1 -0,5
										45	+1,1 -0,5	54	+1,1 -0,5	63	+1,1 -0,5	250	+1,1 -0,5
										54	+1,1 -0,5	63	+1,1 -0,5	72	+1,1 -0,5		
										63	+1,1 -0,5	72	+1,1 -0,5	81	+1,1 -0,5		
										72	+1,1 -0,5	81	+1,1 -0,5	90	+1,1 -0,5		
										81	+1,1 -0,5	90	+1,1 -0,5	100	+1,1 -0,5		
										90	+1,1 -0,5	100	+1,1 -0,5	110	+1,1 -0,5		
										100	+1,1 -0,5	110	+1,1 -0,5	120	+1,1 -0,5		
										110	+1,1 -0,5	120	+1,1 -0,5	130	+1,1 -0,5		
										120	+1,1 -0,5	130	+1,1 -0,5	140	+1,1 -0,5		
										130	+1,1 -0,5	140	+1,1 -0,5	150	+1,1 -0,5		
										140	+1,1 -0,5	150	+1,1 -0,5	160	+1,1 -0,5		
										150	+1,1 -0,5	160	+1,1 -0,5	170	+1,1 -0,5		
										160	+1,1 -0,5	170	+1,1 -0,5	180	+1,1 -0,5		
										170	+1,1 -0,5	180	+1,1 -0,5	190	+1,1 -0,5		
										180	+1,1 -0,5	190	+1,1 -0,5	200	+1,1 -0,5		
										190	+1,1 -0,5	200	+1,1 -0,5	210	+1,1 -0,5		
										200	+1,1 -0,5	210	+1,1 -0,5	220	+1,1 -0,5		
										210	+1,1 -0,5	220	+1,1 -0,5	230	+1,1 -0,5		
										220	+1,1 -0,5	230	+1,1 -0,5	240	+1,1 -0,5		
										230	+1,1 -0,5	240	+1,1 -0,5	250	+1,1 -0,5		
										240	+1,1 -0,5	250	+1,1 -0,5				
										250	+1,1 -0,5						



B-B

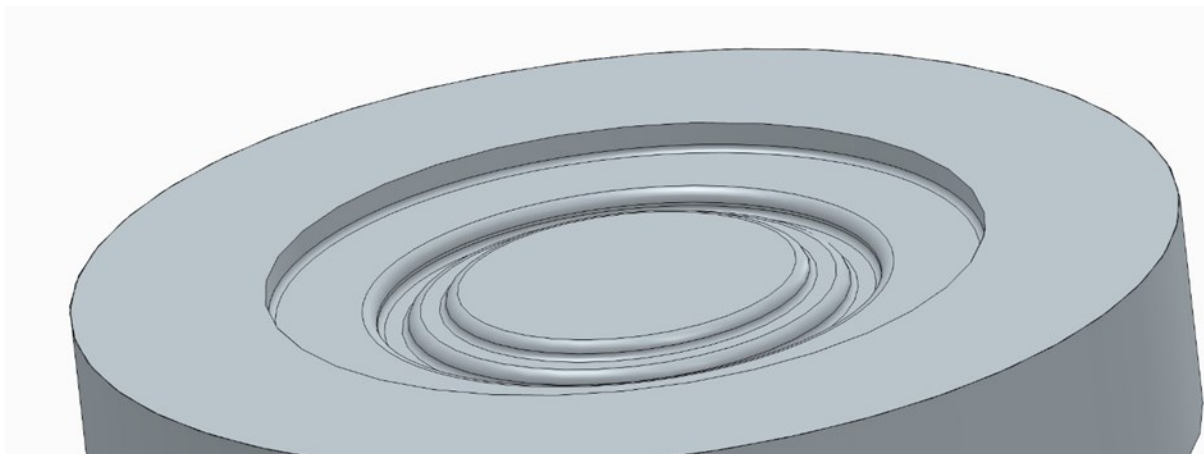
$\sqrt{Ra 12,5}$

Az összes belső letörés R6
 Az összes külső letörés R3
 Az összes belső oldalferdeség 3°
 Az összes külső oldalferdeség 2°

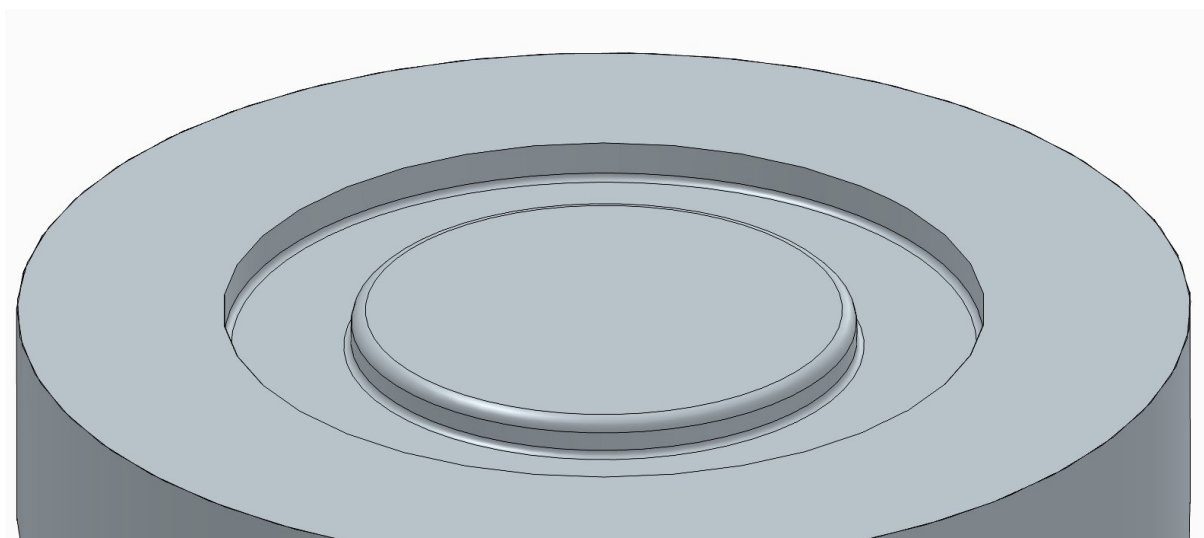
ISO 2768-mk

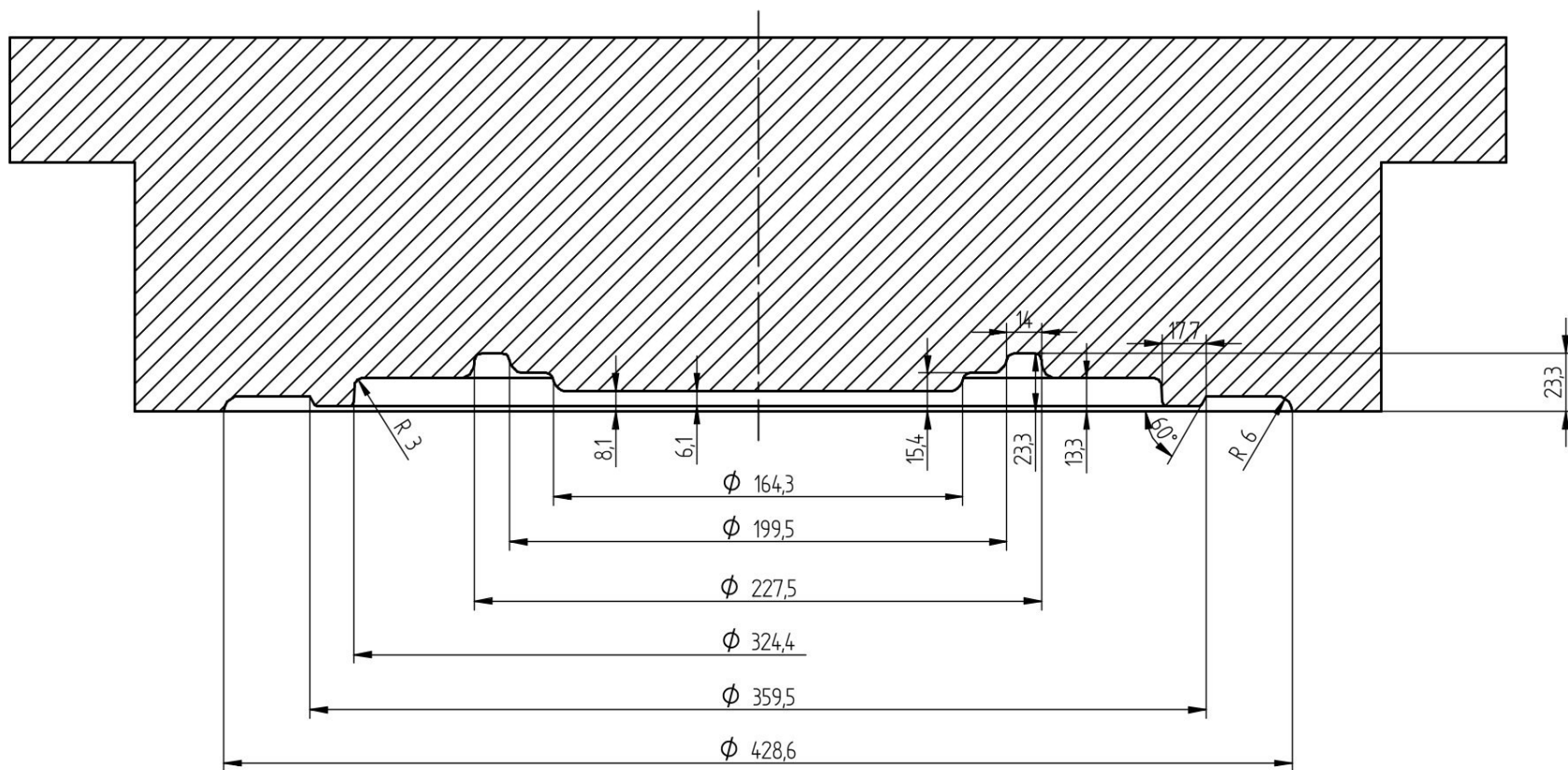
	Dátum: 2024.10.30.	Megnevezés: Zárófedél kovácsdarab	
Anyag: S235 JR		Név, Neptun kód: Fehér Dániel (MPM771)	
Tömeg: 14,677 kg	Méretarány: 1:2		Rajzszám: SZD-002

8. melléklet: A kovácsszerszám felső része kivonás után



9. melléklet: A kovácsszerszám alsó része kivonás után





Ra 6,3

Hökezelve: edzve

ACADEMIC COPY

ISO 2768-mk

	Dátum: 2024.10.30.	Megnevezés: Felső kovácsszerszám	
Anyag: C 45		Név, Neptun kód: Fehér Dániel (MPM77I)	
Tömeg: 249,574 kg	Méretarány: 1:2		Rajzszám: SZD-004