

SZAKDOLGOZAT

Grizner Bence
Gépészmérnök szak

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnök Szak

Emelő-forgató készülék tervezése

Belső konzulens: Madarász István
mestertanár

Külső konzulens: Kaján Panna
MKD munkatárs

Készítette: **Grizner Bence**
CHWVZA
Nappali tagozat

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet

Gödöllő
2023

**MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Mérnökinformatika specializáció**

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Grizner Bence (CHWVZA)

részére

A szakdolgozat címe:

Emelő-forgató készülék tervezése

Feladatkiírás:

Tervezzen meg különféle módszerek segítségével egy olyan készüléket, amely operátor és mérnöki részről is megfelel a feladat szempontjából! Vizsgálja meg a rendelkezésre bocsájtott adatok segítségével a jelenlegi állapotot, majd mérnöki módszerek használatával segítse a jövőbeli célok elérését! Értékelje a bevezetett fejlesztéseket és hatásukat a telephelyre nézve!

Közreműködő tanszék: Gépszerkeztetani

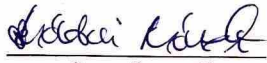
Külső konzulens: *Kaján Panna*, MKD munkatárs, Rosenberger Magyarország Kft.

Belső konzulens: *Madarász István*, mestertanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Beadási határidő: 2023. november 06.

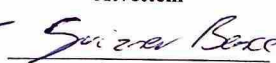
Gödöllő, 2023. szeptember 04.

Jóváhagyom


(tanszékvezető)


(szakfelölös)

Átvettem


(hallgató)

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

Gödöllő, 2023. 10. hó 30. nap


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1	Ábrajegyzék	3
2	Táblázat jegyzék	3
3	Bevezetés.....	4
4	Célkitűzés	5
5	Irodalomfeldolgozás	6
5.1	Készülék fogalma, csoportosításai.....	6
5.2	Acélok csoportosítása és jelölési rendszerei	7
5.3	Hegesztés fogalma, AFI hegesztés bemutatása	10
5.4	Tűrések, illesztések, méretlánc átrendezés	13
5.5	Szilárdságtani ellenőrzés.....	16
5.5.1	Hajlítás számítás	17
5.5.2	Felületi nyomás számítás.....	17
5.5.3	Lemez emelési pontjainak szakadási vizsgálata.....	18
5.6	Végeselem módszer	18
6	Régebbi konstrukciók és problémáik	22
6.1	Régebbi készülékek	22
6.2	Új konstrukcióval szemben támasztott követelmények.....	22
6.2.1	Mivel történik a mozgítás?.....	22
6.2.2	Villatáv miatti állíthatóság.....	23
6.2.3	Két készülék szükségessége	24
6.2.4	Mozgítás közbeni deformációk.....	24
6.2.5	Emelési pontok, hegesztési helyzetek	25
7	Szilárdsági ellenőrzések, számítások, végeselem vizsgálat.....	26
7.1	Ellenőrzés szilárdságtani (numerikus) számítással.....	26
7.1.1	Kisebb készülék esetén:.....	26
7.1.2	Nagyobb készülék esetén:	29
7.2	Lehajlás ellenőrzése végeselem szimulációval.....	32
7.3	Kiértékelés	36
8	Megtérülési számítás	37
8.1	Alapanyag árak és egyszeri költségek meghatározása.....	37
8.2	Megtérülési idő:	38
9	Összefoglaló.....	39

9.1	Summary	40
10	Irodalomjegyzék	41
11	Mellékletek	41

1 Ábrajegyzék

1. ábra Szerkezeti anyagok csoportosítása [1].....	7
2. ábra Vas-szén ötvözetek felhasználás szerinti csoportosítása [1]	8
3. ábra Hegesztési eljárások csoportosítása [2]	11
4. ábra AFI hegesztés elvi vázlata [2]	12
5. ábra Névleges mérethez tartozó gyakorisági görbe [3]	13
6. ábra Szemléltető ábra tűrésszámításhoz [4].....	14
7. ábra Alak-, irány-, helyzet- és ütéstűrések [3].....	14
8. ábra Laza (bal) és szoros (jobb) illesztés [3]	15
9. ábra Alaplyuk-és csap rendszer [3]	15
10. ábra Növelő és csökkentő tag értelmezése [3].....	16
11. ábra Példa méretlánc kiadandó méret számítására [3]	16
12. ábra A végeelem vizsgálat folyamata [8].....	19
13. ábra Klasszikus gyártási modell egyszerűsített folyamatábrája [9].....	19
14. ábra Végeselemes szimulációval segített gyártási modell [9].....	20
15. ábra Régebbi készülékek	22
16. ábra Forgatási pontok	23
17. ábra Különböző villatávok bemutatása.....	23
18. ábra Golyósretesz csap működése	24
19. ábra Hajlítás értelmezése a készüléken	26
20. ábra Húzóerő értelmezése a készüléken	28
21. ábra Hajlítás értelmezése a készüléken	29
22. ábra Húzóerő értelmezése a készüléken	31
23. ábra Befogási kényszer meghatározása	32
24. ábra Terhelő erő felvétele	33
25. ábra Alkatrész hálózása	33
26. ábra Ébredő feszültség ábrázolása kisebb készüléknél.....	34
27. ábra Lehajlás mértéke kisebb készüléknél	34
28. ábra Feszültség értéke nagyobb készülék esetén.....	35
29. ábra Lehajlás mértéke nagyobb készülék esetén	35

2 Táblázat jegyzék

1. táblázat Példa fizikai tulajdonságra garantált acélra: GS355J2G1	8
2. táblázat Fizikai tulajdonságra garantált acélok jelei.....	9
3. táblázat Fizikai tulajdonságra garantált acélok kiegészítő jelei.....	9
4. táblázat Példa vegyi összetételre: GX10CrNi18-10	9
5. táblázat Ötvözők szorzótényezői	10
6. táblázat Hálózási esetek vizsgálata kisebb készülék esetén	36
7. táblázat Hálózási esetek vizsgálata nagyobb készülék esetén	36
8. táblázat Beszerzési és egyéb szolgáltatások árai a kisebb készülék esetében	37
9. táblázat Beszerzési és egyéb szolgáltatások árai a nagyobb készülék esetében.....	37

3 Bevezetés

A céget Benjamin Holt alapította 1833-ban a „Stockton Wheel Service” nevű céget a kaliforniai Stocktonban, amely később Holt Manufacturing névre változott 1892-ben. Holt volt a „hernyótalpas” traktor feltalálója (innen jön a ma ismert cégnév). 1910-ben az illinoisi Peoriában nyitott egy gyártelepet, majd 1925-ben változtatta meg a cég nevét a ma elterjedt névre. A cég főhadiszállása hosszú ideig itt volt, az évek alatt azonban a szintén illinoisi Deerfieldbe tették át a székhelyet. A vállalat legnagyobb riválisa a japán Komatsu, amely a világ második legnagyobb munkagép-gyártó cége. 1992 óta Magyarországon is van gyártelepe, Gödöllőn.

A vállalat termékportfóliója a legkiterjedtebb az iparágban, termékei az egészen kisméretű gépeken-termékeken át az 1000 tonnás bányászati kotróig terjednek. A portfólió emellett technológiai termékeket és szolgáltatások széles skáláját, például kölcsönzést és finanszírozást is tartalmaz. A kiszolgált elsődleges iparágak közé tartozik az építőipar, a bányászat, az energiatermelés, a tengeri hajózás, az olaj-és gázipar, az erdészet, a tereprendezés, a mezőgazdaság stb.

A cég 1992 óta gyártói tevékenységet is végez Magyarországon, ekkor alakult meg a ma ismert Zrt. A vállalat hazánkban fémszerkezetgyártással foglalkozik, kis és közepes markolókanalakat, illetve tolólapokat gyárt excavátorokhoz, rakodókhoz és bulldozerekhez kézi-és robot hegesztési technológiával.

A szakdolgozat témám is a vállalathoz fűz, hiszen a nyári gyakorlati időm alatt felmerülő problémára kerestük a megoldást. Segítségemre voltak a mérnök kollégák, akik mutattak régebbi készülékeket, megoldásokat, illetve elmondták elképzeléseiket, hogy milyen követelményeknek, paramétereknek kell megfelelnie a készüléknek és a tervezési folyamat elejétől a végéig segítőkészek voltak, ha valamiben elakadtam vagy segítséget kellett kérnem.

4 Céltűzés

Szakedolgozatomban egy a nyári gyakorlatom során felmerült problémára kerestük a megoldást több kollégával, hogy a készülék megfeleljen minden követelménynek és funkció, gyárthatóság, kezelhetőség, szerelhetőség szempontjából is megfelelő legyen a termelékenység növekedése érdekében. Volt több régi készülék, illetve alkatrész, amelyek alakját felhasználva készítettem el a saját verziómat. A változtatásra azért volt szükség, mert a régebbi konstrukciókba felmerült pár hiba, kezelési nehézség, mint például a termékpaletta, amelynél figyelembe kellett venni a termékek méreteit, súlyát és kialakítását, valamint az operátorok munkájának megkönnyítése érdekében a könnyű kezelhetőséget, a gyors anyagmozgatást, a termék megfelelő pozícióba történő forgatását. Természetesen ezek mellett figyelni kellett, hogy a készülék alakja ne legyen bonyolult gyárthatósági szempontból, valamint a készülék tömege se legyen sok, de viselje el a termékek súlyát. Ezek mellett figyelni kellett, hogy ne legyen sok idő, amíg a készüléket felhelyezik a termékekre, illetve másfajta termékekre az átállási idő is csökkenjen, így csökkentve az egy termékre jutó hegesztési-mozgatási időt,-és költséget.

5 Irodalomfeldolgozás

5.1 Készülék fogalma, csoportosításai

A készülékek az egyetemes szerszámgépeken használt olyan kiegészítő szerkezetek, amelyek a gyártást pontosabbá, termelékenyebbé és gazdaságosabbá teszik, kiküszöbölik a megmunkáló rendszer (gép) hiányosságait. A készülékek többféle szempont szerint osztályozhatók, és a technológia szerinti osztályozás megkönnyíti, hogy kiválasztásra kerüljön az a készülék-fajta, amelyet részletesen óhajtunk tárgyalni. Ilyen csoportosítás szerint megkülönböztetünk forgácsoló készülékeket (esztergakészülék, marókészülék, fűrőkészülék stb.), a forgácsnélküli alakítás készülékeit (hajlító-készülékek, hegesztő-készülékek, hőkezelő készülékek stb.), szerelő készülékeket, mérő (ellenőrző) készülékeket, stb.

Egyedileg tervezett (különleges, egyedi) készülékek:

Ezeket a készülékeket egy adott alakú és méretű munkadarabhoz, az ahhoz előírt egyetlen, vagy kisszámú művelet elvégzéséhez külön tervezik meg és gyártják le, amennyiben a munkadarab alakja, a technológiai körülmények és a sorozatnagyság alapján elvégzett gazdaságossági számítások ezt indokoltá teszik. Költségüket gyártási külön-költség alakjában veszik figyelembe.

Csoportkészülékek:

Csoportkészülékeket olyankor terveznek, gyártanak és használnak, ha azonos vagy közel azonos alakú, de különböző méretű munkadarabokat kell sorozatban megmunkálni. Az ilyen munkadarabok csoportokat alkotnak, egy-egy csoporton belül a darabok méretei megegyeznek, de minden csoportra jellemző az azonos vagy közel azonos alak. A csoportkészülékeken – az egyik csoport munkadarabjairól a másik csoportéira való átváltáskor – egyes készülékelemek célszerűen kicserélhetők vagy átállíthatók. Ezek a készülékek tehát a csoportokon belül mindegyik munkadarab megmunkálására alkalmasak. Magát a készüléket egyébként egyedileg kell megtervezni és legyártani, a kereskedelemben általában nem szerezhető be. A csoportkészülékek használatának elve hasonló, mint a forgácsolóstechnológiában ismert csoportmegmunkálásé, csoporttechnológiáé.

5.2 Acélok csoportosítása és jelölési rendszerei

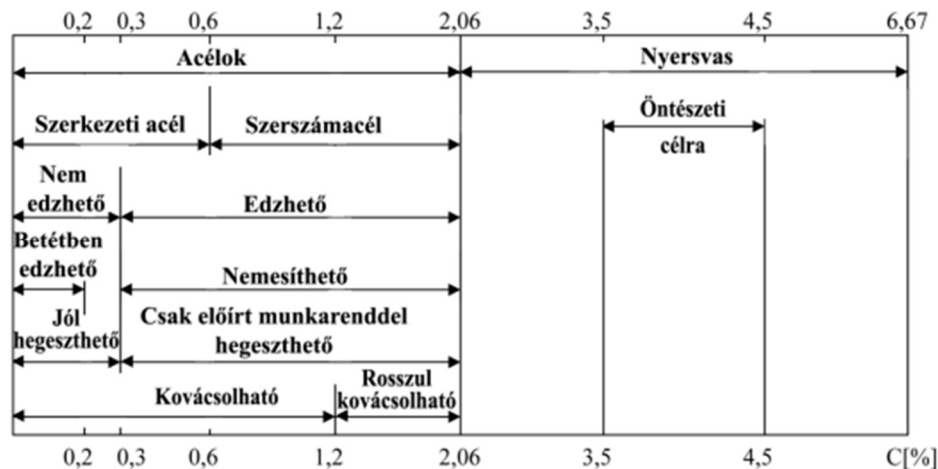
„Az anyag az emberi tudattól és mindenféle szellemi tényezőtől függetlenül létező, tudatunkban visszatükröződő objektív valóság” [1].

Az anyagokat sokféleképpen csoportosíthatjuk, mint pl.: fizikai, kémiai, mechanikai tulajdonságok alapján, de akár felhasználás szerint is. A műszaki gyakorlatban a különböző gépek, gépelemek gyártásához felhasznált anyagokat szerkezeti anyagoknak nevezzük. Ezeket az anyagokat is többféle módon csoportosíthatjuk, de a legjellemzőbb a fémes és nemfémes anyagokra való bontás. A dolgozatomban feltüntetett anyagok a fémes szerkezeti anyagokon belül a vasötvözetek. A fémeket általában nem tiszta állapotában használják fel a műszaki gyakorlatban, hanem valamilyen keverékét ötvözet formájában. Az ötvözet fogalma egy fémnek és egy vagy több fémes vagy nem fémes kémiai elem legalább látszatra homogén egynemű rendszere. A vas képezhet ötvözetet más fémekkel pl.: Cr, Ni, stb., félfémekkel, mint pl.: C, Si, stb., de akár nemfémes anyagokkal is pl.: N, O, stb.



1. ábra Szerkezeti anyagok csoportosítása [1]

Az ötvözetek használata egyre jobban elterjedt, mert így növelhető az anyagok minősége, szilárdsági-mechanikai-hőállósági tulajdonságaik, valamint alakíthatóságuk is. A nyersvas olyan vas-szén ötvözet, amelynek szén tartalma 2,06-6,67% között van, ezen belül acélról akkor beszélünk, ha annak széntartalma nem haladja meg a 2,06 széntartalom%-ot. Az acélokat általában felhasználás, különböző technológiai tulajdonságok alapján, ötvözöttség, minőségi osztály, szabványos jelölés szerint csoportosíthatjuk.



2. ábra Vas-szén ötvözetek felhasználás szerinti csoportosítása [1]

A fenti ábrából először a szerkezeti acélokat tárgyaljuk, melyeknél a szénttartalom nem haladja meg a 0,6%-ot. A szabvány felhasználási céljuk szerint két csoportba sorolja az acélokat, az egyik, amelyeknél a felhasználó számára valamilyen fizikai vagy mechanikai tulajdonság garantálása a legfontosabb pl.: S355JR, P235. A másik csoportnál a vegyi összetételt garantálja pl.: 42CrMo4. Ezeket a jelöléseket az MSZ EN 10027-es szabvány írja elő, amelyen belül a rövid jeleket az MSZ EN 10027-1:2017, a számjeleket az MSZ EN-2:2015 tartalmazza.

1. táblázat Példa fizikai tulajdonságra garantált acélra: GS355J2G1

Fő jelek			Kiegészítő jelek			
			Acélanyag kódja			
1.	2.	3.	4.		5.	
G	S	355	J	2	G	1

Az első helyen csak G lehet, és kizárólag öntvényeknél lehet használni. A második helyen a fő jel vagy jelek vannak, amely/amelyek az alkalmazási területet jelölik, ebben az esetben szerkezeti acél. A harmadik helyen a fő tulajdonság jele van, amely a tulajdonság garantált értékét jelöli ($R_{eH} \geq 355 \text{ N/mm}^2$). A negyedik helyen általában valamilyen tulajdonság kiegészítő jele van, mely a tulajdonság garantált értékét jelöli, ebben az esetben ütőmunkát jelöl, $J=27J$, 2: 20°C-on. Az ötödik helyen egy kiegészítő jel van, ez is egy tulajdonságot jelöl, jelen esetben a csillapítás mértékét.

2. táblázat Fizikai tulajdonságra garantált acélok jelei

2.	Megnevezés	3.
S	Szerkezeti acél	Legkisebb folyáshatár N/mm ²
P	Nyomástartó felhasználásra	Legkisebb folyáshatár N/mm ²
L	Csővezetékekhez	Legkisebb folyáshatár N/mm ²
E	Gépacélok	Legkisebb folyáshatár N/mm ²
B	Betonacélok	Jellemző folyáshatár N/mm ²
Y	Előfeszített betonszerkezetekhez	Legkisebb szakítószilárdság N/mm ²
R	Sínacélok	Legkisebb folyáshatár N/mm ²
H	Hidegen hengerelt lapos termék	Legkisebb szakítószilárdság N/mm ²
D	Lapos termék hidegalakításra	C hidegen, D melegen hengerelt, X elő nem írt állapotú termékek
T	Ónozott termékek	T egyszeresen hengerelt, Rockwell keménység (HR 30 Tm) Kétszeresen hengerelt termék esetében névleges folyáshatár N/mm ²
M	Elektrotechnikai acél	Wattvesztési előírás 100 szorosa W/kg

3. táblázat Fizikai tulajdonságra garantált acélok kiegészítő jelei

Ütőmunka érték, [J]			Vizsgálati hőmérséklet [°C]
27	40	60	
JR	KR	LR	+20
J0	K0	L0	0
J2	K2	L2	-20
J4	K4	L4	-40
J6	K6	L6	-60

4. táblázat Példa vegyi összetételre: GX10CrNi18-10

1.	2.	3.	4.		5.	
G	X	10	Cr	Ni	18	10

1. Kezdőjel: kizárólag csak öntvényeknél használható és csak G lehet.
2. Főjel/főjelek: az X jelenti, hogy legalább egy ötvöző mennyisége meghaladja az 5%-ot.
3. Széntartalom jele: széntartalom középértékének a 100 szorosa.
4. Ötvözők vegyjele: az ötvözők vegyjele, mennyiségileg csökkenő sorrendben.
5. Összetétel: az ötvözők mennyiségének a középértéke egész számban (Cr 18%, Ni 10%).

Amennyiben nincs X a jel a második helyen, úgy egyik ötvöző sem haladja meg az 5%-ot. Ilyen esetben az ötvözők mennyiségét a következő táblázatban meghatározott számok

segítségével határozhatjuk meg, mégpedig úgy, hogy a táblázatban szereplő számmal elosztjuk a jelben szereplő számmal. Ha egy ötvözőelemnél nincs megadva a mennyisége, akkor az azt jelenti, hogy annak az elemnek a tartalma az ötvözetben csekély.

5. táblázat Ötvözők szorzótényezői

Ötvözők	Szorótényező
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Ai, Be, Cu, Mo, Nb, Ta, Ti, V, Zr	10
P, S, N, C, Ce	100
B	1000

Például egy 12CrMo4-5 anyag esetén:

C-0,12%, Cr-1%, Mo-0,5%

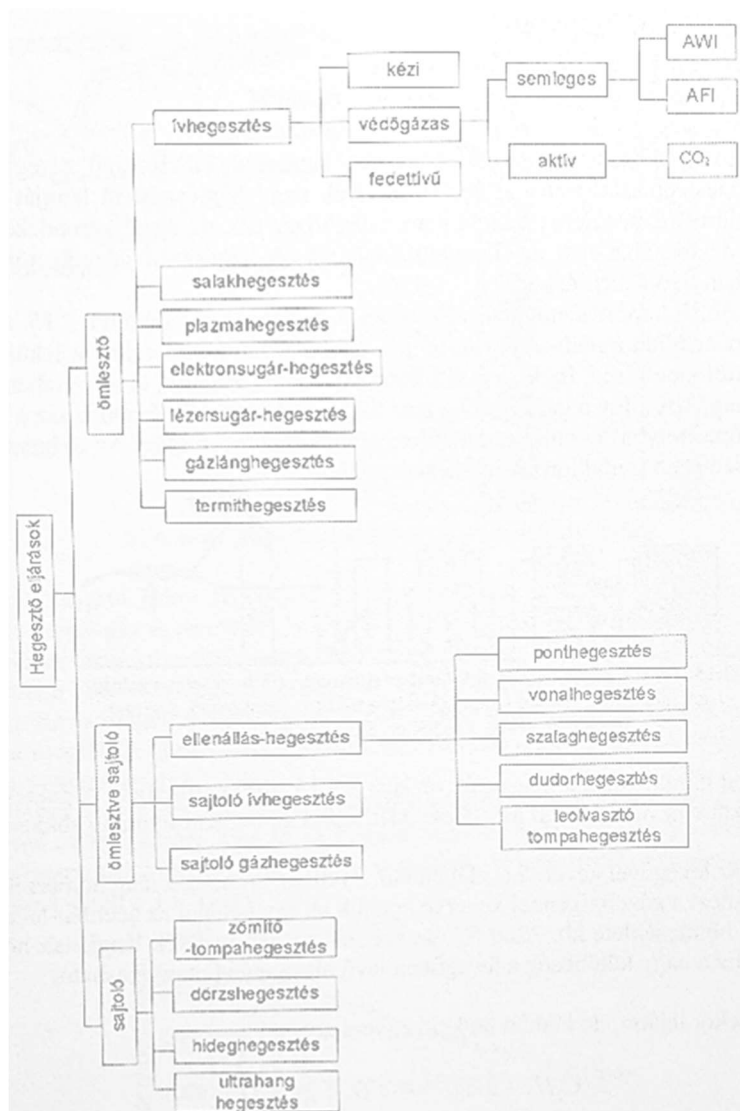
5.3 Hegesztés fogalma, AFI hegesztés bemutatása

A hegesztés fogalma:

Olyan oldhatatlan kötőeljárás, amelynek során a fémek vagy nemfémek elemi részeinek egyesítése megfelelő hőmérsékletre való hevítéssel történik, nyomás alkalmazásával, vagy anélkül, vagy csak nyomás alkalmazásával hevítés nélkül, hozaganyag felhasználásával, vagy anélkül.

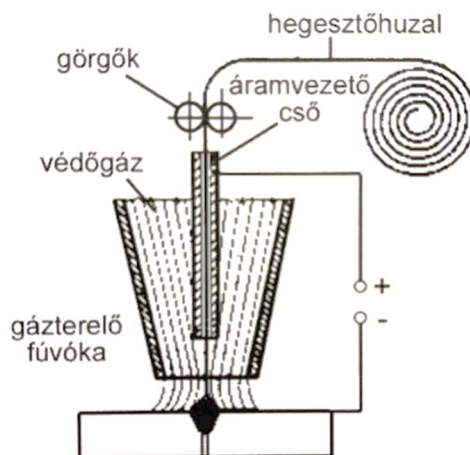
Hegeszthetőség fogalma:

„Acél hegeszthetősége az acélnek bizonyos fokú alkalmassága adott alkalmazásra, meghatározott hegesztő eljárással, megfelelő hegesztő anyagokkal és megfelelő munkarenddel olyan szerkezet készítésére, amelynél a fémek kötések helyi tulajdonságai a szerkezetre kifejtett hatásukkal együtt eleget tesznek a megkívánt követelményeknek.” [2]. Ezek közül is a legfontosabb a meghatározott munkarend és a megfelelő hegesztőanyag. A 3. ábra mutatja a gyakorlatban leginkább elterjedt hegesztési eljárásokat.



3. ábra Hegesztési eljárások csoportosítása [2]

A szakdolgozatomban kidolgozott emelő-forgató készülékhez az argon-védőgázos fogyóelektródás ívhegesztést (AFI) használták, mivel a gyártásban is ezzel a fajta hegesztéssel dolgoznak. Az AFI hegesztés egy félautomatikus eljárás, mivel a pisztoly automatikusan adagolja az elektródát, de a pisztolyt kézzel mozgatjuk általában, amely során a hegesztőív a folyamatosan előre haladó hegesztőhuzal és a munkadarab között ég. A huzalt általában két görgő tolja a munkadarab felé, amelyeket a huzal előtoló szerkezete mozgat. A huzalt a pisztoly bevezető tömlőjén keresztül vezetik a hegesztés helyére. A huzal előtolás sebességét az előtoló fordulatszám változtatásával vagy a hajtóművel fokozatmentesen szabályozhatjuk.

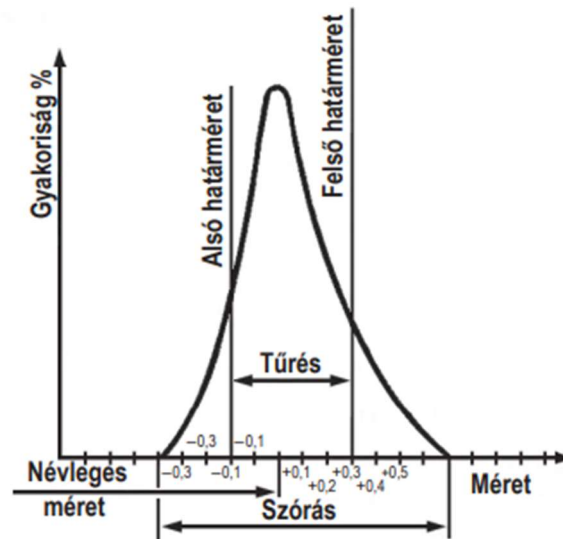


4. ábra AFI hegesztés elvi vázlatja [2]

Ennél a hegesztésnél egyenáramot használnak fel és legtöbb esetben fordított polaritást alkalmaznak. Egyéb esetben az ív stabilitása csökken, a fröcskölési veszteség növekszik. Az elektródról leváló cseppek mérete és átlaghőmérséklete, az elektródhuzal és a védőgáz minőségének, az áram erősségének és az ívfeszültségének a függvénye. A hegesztőívben a fém átvitele a munkadarabra a hegesztőhuzal nagy áramterhelése miatt permetszerűen megy végbe. Permetszerű anyagátvitelkor az ív stabilitása, a varratképzés és a varrat minősége javul. Az AFI-eljárás gazdaságosabb, mint az AWI-eljárás, mert vele nagyobb hegesztési sebességgel lehet dolgozni. A hegfürdőt argongáz védi a levegő oxidáló hatásától. Hegesztő áramforrásként az áramátalakítók és az egyenirányítók egyformán alkalmasak. Az egyenirányítók közül azok az előnyösek, amelyek a CO₂-védőgáz és az AFI-hegesztéshez egyaránt beváltak. AFI-hegesztéshez zsírtalanított, száraz, tiszta, főleg hántolt felületű, dobra tekercselt huzal használható. A használatosabb huzalátmérők: 0,8; 1,2; 2,0 és 2,4 mm (vastaghuzal hegesztéshez 4,0; 4,8 és 5,6 mm). Az áramerősség kritikus értéke a folyékony fém felületi feszültségének a függvénye: a felületi feszültséggel arányosan növekszik, ezzel a csepp mérete növekszik. A felületi feszültség az ívatmoszféra összetételével változtatható, pl. az argonhoz nitrogént, illetve hidrogént keverve a hegesztőáram kritikus értéke és a felületi feszültség egyaránt növekszik. Az argonhoz oxigént vagy CO₂ gázt keverve mindkettő csökken. Fogyóelektródos hegesztéskor az egyik legfontosabb feladat az ívhossz állandó értéken tartása. Az ív stabilitása legkedvezőbb a vízszinteshez közelálló statikus jellegű áramforrások alkalmazásakor.

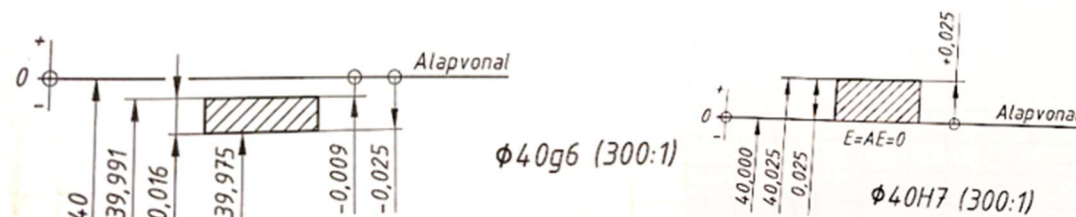
5.4 Tűrések, illesztések, méretlánc átrendezés

A tervezés során az alkatrész funkciójának szempontjából meg kell határozni a megfelelő mérettűrést, alak-helyzettűrést, illesztést és felületi érdességet lehetőleg szabványos keretek között. Ezek megfelelő alkalmazásával jó és olcsóbb alkatrészeket kapunk, ellenkező esetben túl drága vagy akár működésképtelen alkatrészt kapunk. Az egyik legfontosabb méret a névleges vagy alpméret (N, A). A tűrések használata azért szükséges, mert a gyártás során is valamilyen nagyságrendű hibával lehet csak gyártani, ezek a hibák eredeztethetőek például a szerszám gép pontatlanságából, gépkezelőtől, szerszámok kopásából. Ebből következik, hogy a gyártás során kapunk egy gyakorisági görbét, amely a méretek szóródását mutatja.



5. ábra Névleges mérethez tartozó gyakorisági görbe [3]

A tűrés felső határmérete (FH) mutatja meg, hogy az alkatrészünknél melyik az a méret, amelytől ha nagyobbat gyártunk, akkor nem fog megfelelően működni. Hasonló az alsó határméret (AH) helyzete is csak ott a legkisebb méretet vesszük figyelembe. Ebből következik a tűrés (T) fogalma a felső és alsó határméret közötti különbség, így a tűrésnek lesz alsó-és felső eltérése (AE, FE).



6. ábra Szemléltető ábra tűrésszámításhoz [4]

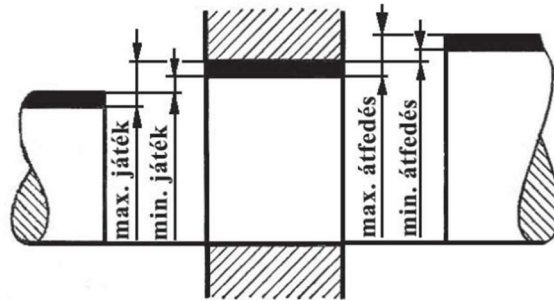
Néhány esetben alkalmazni kell alak-és helyzettűrést, de ezeket csak indokolt esetben alkalmazzuk, ilyenek lehetnek a működési körülmények, cserélhetőség vagy ha a gyártási előírás megköveteli.

Tűrésfajta	A tűrés megnevezése	Rajzjel
Alaktűrés (bázis nem szükséges)	Egyenességtűrés	—
	Síklapúságtűrés	◻
	Köralaktűrés	○
	Hengerességtűrés	⊘
	Adott profil alaktűrése	⌒
	Adott felület alaktűrése	⌒
Íránytűrések (bázis szükséges)	Párhuzamosságtűrés	//
	Merőlegességtűrés	⊥
	Hajlásszögtűrés	∠
	Adott profil alaktűrése	⌒
	Adott felület alaktűrése	⌒
Helyzettűrés (bázis szükséges)	Pozíciótűrés (lehet bázis nélkül is)	⊕
	Egytengelyűségtűrés	⊙
	Szimmetriatűrés	≡
	Adott profil alaktűrése	⌒
	Adott felület alaktűrése	⌒
Ütéstűrések (bázis szükséges)	Radiális ütés tűrése	↗
	Teljes radiális ütés tűrése	↗↘

7. ábra Alak-, irány-, helyzet- és ütéstűrések [3]

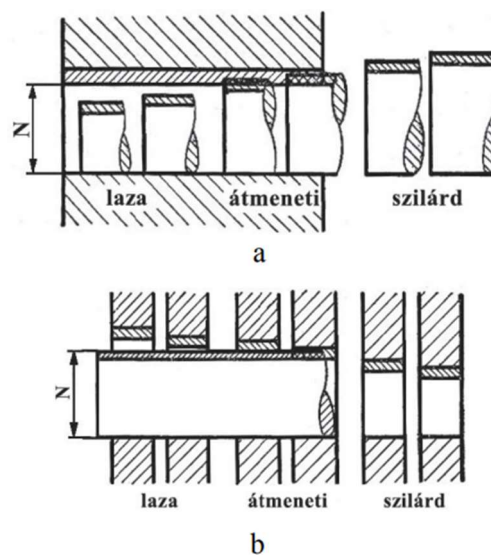
Összeszerelendő alkatrészeknél figyelni kell a megfelelő illesztésre, így ilyen esetben még fontosabb a tűrések meghatározása. Háromféle illesztést különböztetünk meg, az első a laza illesztés, amelynél a két alkatrész között mindig hézag van, ilyen például a siklócsapágó, csavar. Átmeneti illesztés, ha a két alkatrész között minimális a hézag vagy az átfedés, ilyenek

a tárcsák, illesztő szegek, csapok. Végül a szilárd illesztés, ha a két alkatrész között mindig átfedés van, ilyen egy tengely-agy kapcsolat is.



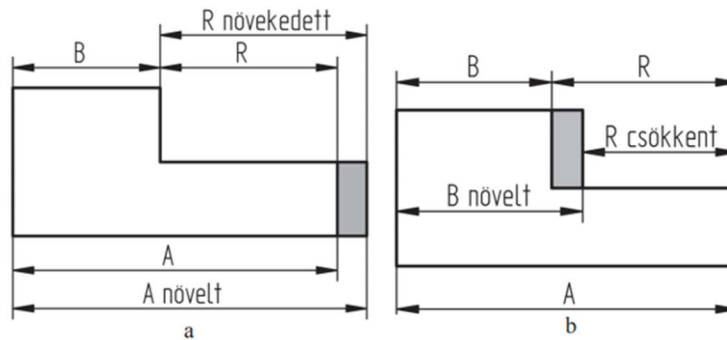
8. ábra Laza (bal) és szoros (jobb) illesztés [3]

Az illesztésen belül a műszaki gyakorlatban elterjedt az alapcsap-és lyuk rendszer, amely a különböző csapok és furatok egymáshoz való illesztését biztosítja.



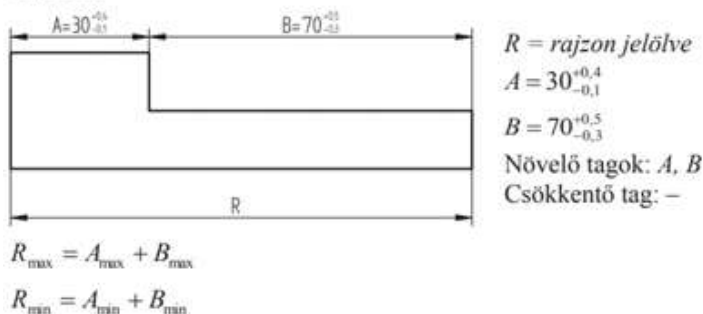
9. ábra Alaplyuk-és csap rendszer [3]

Méretlánc áthelyezésre akkor lehet szükség, ha a méretet nem tudjuk mérni vagy gyártás során más méretet kell megadni vagy csak a kiadandó méret alsó és felső határértékét szeretnénk tudni. Ezzel az eljárással megkönnyíthetjük a gyártás, de a mérés-ellenőrzés folyamatát is.

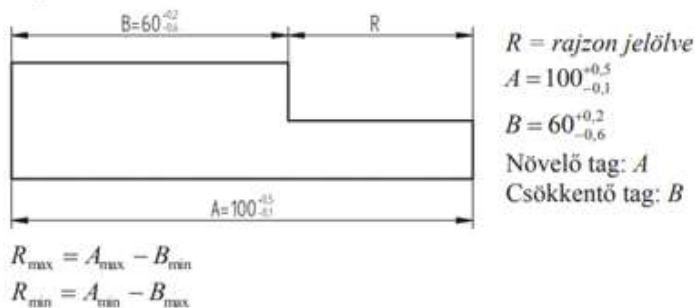


10. ábra Növelő és csökkentő tag értelmezése [3]

1. példa:



2. példa:



11. ábra Példa méretlánc kiadandó méret számítására [3]

5.5 Szilárdságtani ellenőrzés

A két készülék esetében szükséges volt a két-két felfekvő cső alkatrész lehajlás vizsgálatára, valamint az emelési pontoknál felületi nyomás számítására és húzó feszültség számítására. Az alábbi alpontokban a hozzájuk kapcsolódó összefüggéseket vezetem be mértékegységeikkel együtt.

5.5.1 Hajlítás számítás

A szilárdságtani méretezés során a következő összefüggéseket használtam a két cső lehajlás számításához. A képletek az [5]-ös számú forrásból kerültek bevezetésre.

Sigma feszültség meghatározása:

$$\sigma = \frac{M_h}{K}$$

K: keresztmetszeti tényező [mm³],

σ : feszültség [MPa]

M_h : hajlítónyomaték [Nm]

Hajlítónyomaték meghatározása:

$$M_h = L_1 \cdot F_1$$

L_1 : erőkar [m],

F_1 : terhelő erő [N]

Keresztmetszeti tényező meghatározása:

$$K = \frac{(D^4 - d^4) \cdot \pi}{32 \cdot D}$$

D: cső külső átmérője [m],

d: cső belső átmérője [m]

Biztonsági tényező meghatározása:

$$N = \frac{R_{p0,2}}{\sigma}$$

N: biztonsági tényező [-],

$R_{p0,2}$: folyáshatár [MPa]

5.5.2 Felületi nyomás számítás

Felületi nyomás összefüggéseit a [6]-os számú könyvi forrásból használtam fel.

Felületi nyomás meghatározása:

$$p = \frac{F}{A}$$

F: terhelő erő [N],

A: keresztmetszet [mm²]

Keresztmetszet meghatározása:

$$A = d \cdot l$$

d: cső belső átmérője [mm],

l: lemezvastagság [mm]

5.5.3 Lemez emelési pontjainak szakadási vizsgálata

A húzó feszültség számításához szükséges egyenleteket a [7]-os számú forrásból használtam fel.

Húzófeszültség meghatározása:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

F: terhelő erő [N],

A: keresztmetszet [mm²]

Keresztmetszet meghatározása:

$$A = (L_1 \cdot l) + (L_2 \cdot l)$$

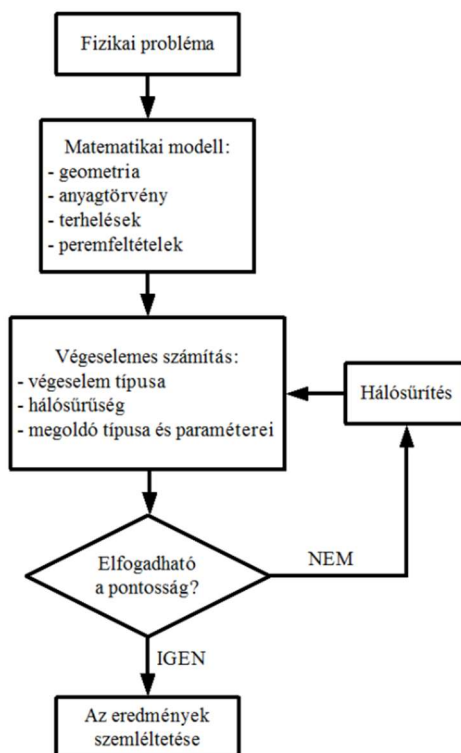
L₁: egyenes hossza [mm],

L₂: egyenes hossza [mm],

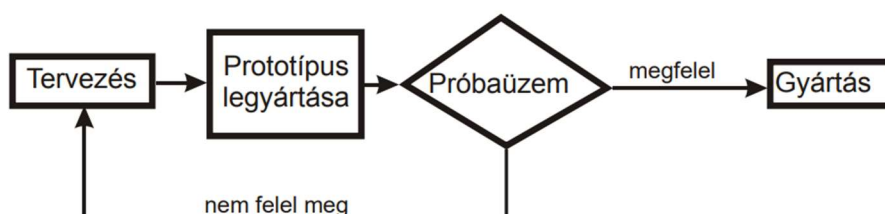
l: lemezvastagság [mm]

5.6 Végeselem módszer

Az iparban mára már alapfeltételnek számít, hogy egy termék életútja nyomon követhető legyen és ezeket az információkat szoftveresen is kezelni tudjuk. Ezeket a feltételeket elégíti ki a CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing), CAE (Computer Aided Engineering) rendszerek. A különböző végeselem szoftverek a CAE rendszerek csoportjába tartoznak és ezek segítségével oldható meg egy termék vagy szerkezet várható viselkedésének a szimulációja. A végeselem módszer közelítő megoldással oldja meg a különböző szimulációkat. A következő ábrán a végeselem szimuláció folyamata látható.

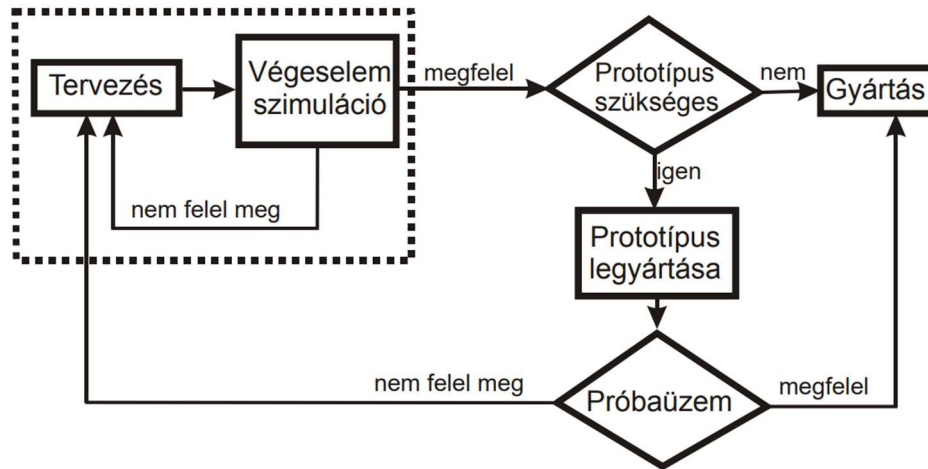


12. ábra A végeselem vizsgálat folyamata [8]



13. ábra Klasszikus gyártási modell egyszerűsített folyamatábrája [9]

A gyártási költségek jelentős részét a prototípusok legyártása és a próbaüzemek teszik ki, ezekhez szükség van különböző anyagokra, azoknak a megmunkálására, a próbaüzemek peremfeltételeinek a biztosítására, kísérleti eszközökre, illetve ezek elvégzéséhez szakmailag megfelelő személyzetre. Ezeknek a költségei általában csak nagyobb darabszámok vagy magas értékesítési ár esetén térülnek meg. Ezen költségek összességét csökkenti a végeselem szimulációk.



14. ábra Végeselemes szimulációval segített gyártási modell [9]

A szükséges próbadarabok számát lehet csökkenteni a végeselem szimulációval, akkor, ha a probléma jól modellezhető akár el is lehet hagyni a prototípus gyártását.

„Elmondhatjuk, hogy a tervezéskor alkalmazott végeselem-modellezés több területre is kiterjed:

- termék szilárdsági, hőtani, áramlástan, elektromos, mágneses vizsgálata, használati körülmények közt, amely a termék minőségét javítja, költségét (pl. súly) csökkenti,
- termék gyártás közbeni szimulációja (gyártástechnológia szimulációja), az optimális költségű, de megfelelő termék gyártástervezéséhez,
- szerszámok szimulációja, amely azok élettartamát, optimális üzemi feltételeit adja.” [9]

Egy szilárdságtani feladat megoldásához meg kell határozni a szerkezet vagy alkatrész elmozdulási vektormezőjét (t), alakváltozási tenzormezőjét (A), feszültségi mezőjét (F). A végeselem-módszer a szerkezetet véges elemekre bontja és írja fel meghatározott feltételeknek eleget tevő függvényeket. Ezen módszeren belül is beszélhetünk elmozdulás-, vegyes-, feszültség módszerről. A mérnöki gyakorlatban az elmozdulás módszert használjuk. Ennek a folyamatnak a lépései a következők:

„1. Megfelelő mechanikai-közelítő-modell felállítása.

2. A szerkezet (alkatrész) elvileg tetszőleges számú véges elemre bontjuk fel

3. Az elmozdulásmezőre elemenként külön-külön veszünk fel közelítő függvényeket. (Ezt lokális közelítésnek is szokták nevezni.)

4. Az elemeken kitüntetett pontokat (csomópontokat), definiálunk és a csomóponti elmozdulások (csomóponti paraméterek) segítségével az elemek közelítő függvényeiből az egész szerkezetre vonatkozó elmozdulást mezőt hozunk létre.

5. Valamely variációs vagy energia elv alkalmazása a csomóponti elmozdulásokat ismeretlenként tartalmazó nagyméretű lineáris algebrai egyenletrendszerre vezet.

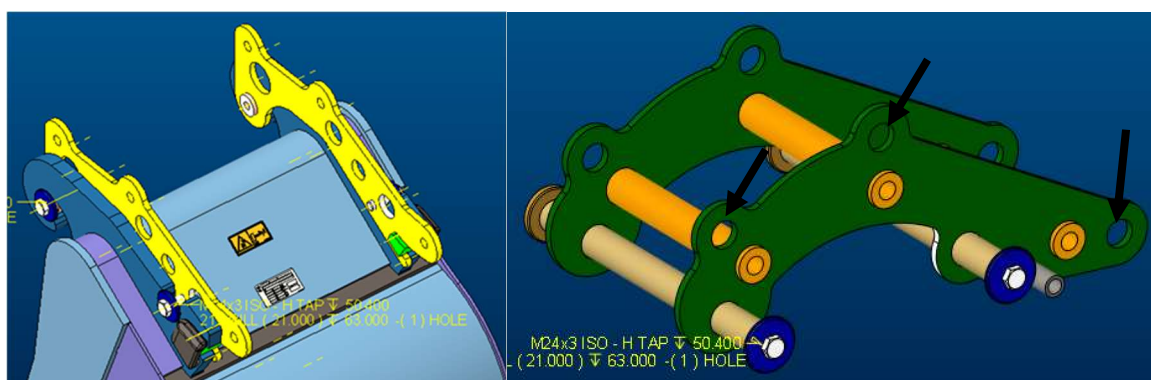
6. A lineáris algebrai egyenletrendszer megoldása után a csomóponti elmozdulások ismeretében a szerkezet szilárdsági (elmozdulási, alakváltozási, feszültségi) állapotait jellemző mennyiségek a szerkezet bármely pontjában az egyes véges elemek szintjén határozhatók meg.”
[5]

Tehát a végeelem-módszer egy közelítő eljárás, amely a megoldás gondolatmenetéből adódó nagy mennyiségű és méretű lineáris algebrai egyenletrendszer miatt a gyakorlatban csak számítógéppel alkalmazható.

6 Régebbi konstrukciók és problémáik

6.1 Régebbi készülékek

Ezeket a konstrukciókat a 15. ábra mutatja. Ezeket a készülékeket lehetett használni, azonban a termékek változása, illetve a munkakörülmények javítása érdekében került szóba, hogy szükség van újabb készülék/készülékek-re, ezzel csökkentve az 1 kanálra jutó hegesztési és anyagmozgatási időt. A két készülékből több elemet is átvettem, mint például a lemez alkatrészek alakját, az emelési pontokat, a lemezek közötti merevítést.



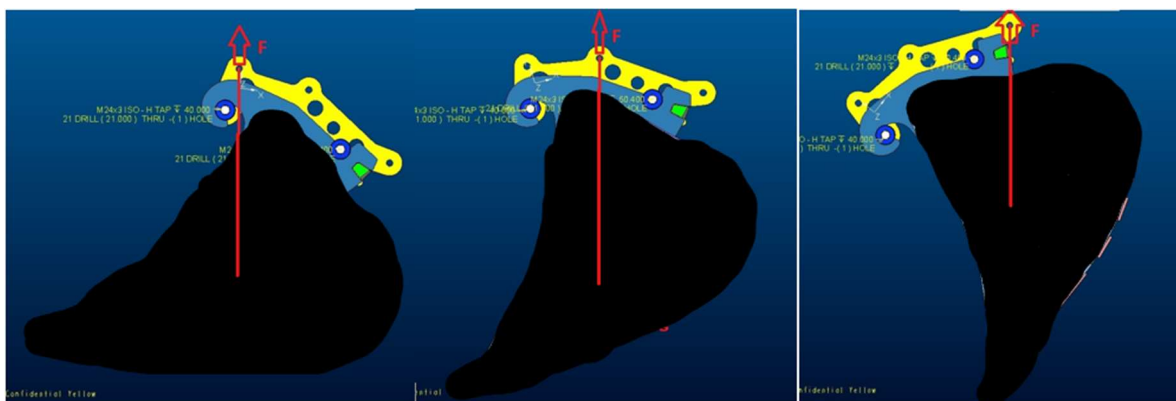
15. ábra Régebbi készülékek

6.2 Új konstrukcióval szemben támasztott követelmények

Az újabb készüléknek az egyik lefontosabb követelménye, hogy bírja el az adott kanalak súlyát. Emellett az is fontos volt, hogy lehetőleg egy készülékkel történjen majd a mozgatása a kanalaknak. Mivel a termékek súlya és mérete is eltér, ezért szilárdságtani követelményeknek is meg kell felelnie, de a készülék súlyát a lehető legkönnyebbre kellett tervezni, ezért fontos volt az anyag kiválasztása is gyárthatóság, valamint ár szempontjából. A tervezés során igyekeztem kereskedelemben is könnyen elérhető anyagokat, termékeket választani kezelhetőség, gyárthatóság és beszerzési ár alapján.

6.2.1 Mivel történik a mozgatás?

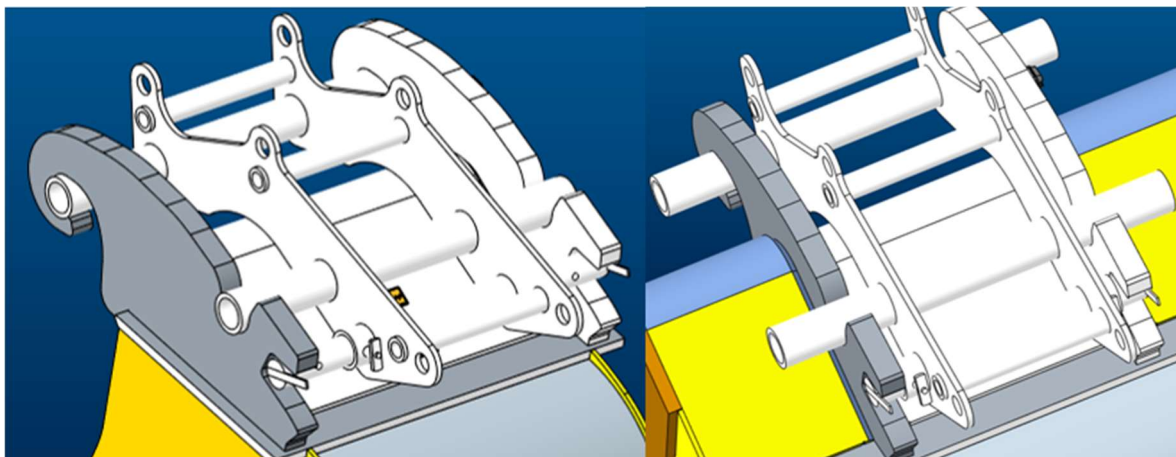
A készüléket a gyártósorra raklapon raklapemelővel szállítják oda, majd onnan híd-daru és nagy teherbírású láncok segítségével helyezik fel a készüléket a kanálra. A készülékkel történő mozgatást a 15. ábra jelölt pontjai mutatják, ezek elhelyezkedésére és fontosságára a 6.2.5 bekezdésben részletezem.



16. ábra Forgatási pontok

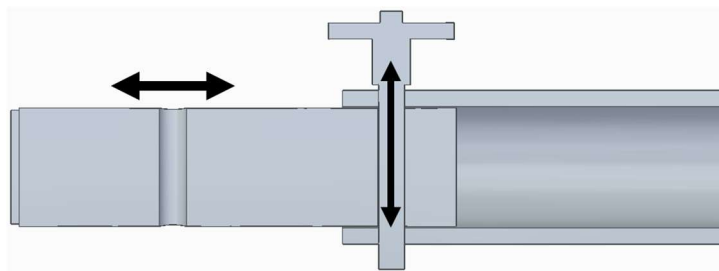
6.2.2 Villatáv miatti állíthatóság

Miután meghatároztuk, hogy milyen követelményeknek kell megfelelnie és kaptam régebbi konstrukciókat is, kezdetét vehette az ötletelés és a vázlatok készítése. Mivel követelményként határoztuk meg, hogy több kanálra is felhelyezhető legyen, ezért szükséges volt alkalmazni egy állítható részt a termékek különböző villatávolságai miatt.



17. ábra Különböző villatávok bemutatása

Kaptam több modellt is, amiből a legtöbbet kellett gyártani, így ezekre a termékekre kerestem a megoldást. Az állíthatóságra a régebbi verzióknál nem volt lehetőség, így csökkentve le a termékekre való alkalmazhatóságot. Erre a problémára az elején felhívták a figyelmem és segítségemre voltak ötletekkel. Az elkészült készülékben is látható cső-tengely-golyósrekesz csap kapcsolatot alkalmaztam, mert így könnyű az átállás egyik villatávolságról a másikra.



18. ábra Golyósretesz csap működése

Fontos volt továbbá, hogy hol helyezkedjen el, így a villákon lévő úgynevezett hátsó ék részébe terveztem bele, hogy a későbbiekben itt is felfeküdjön, ezzel csökkentve a terhelést a készülék többi részén. Ezek figyelembevételével át kellett alakítanom a kiindulási alapnak használt lemezek emelési pontjait és a fentebb említett cső-tengely kapcsolat miatti furatok helyzetét.

6.2.3 Két készülék szükségessége

Amikor megkaptam a szükséges modelleket, táblázatokat, adatokat láttam, hogy a villa a készülékkel történő csatlakozási pontoknál a két felfekvési pont közötti hosszok eltérőek, azonban két csoportba jól osztható, ezért javasoltam, hogy készítsünk két készüléket, amelyek az 5.1-es bekezdés alapján a csoportkészülékek csoportjába sorolhatók. Az egyiket a kisebb maximum 3 tonna tömegű és 2 különböző villatávolságra lehet alkalmazni, a másikat maximum 5 tonna és ugyanúgy 2 különböző villatávolságra lehet majd alkalmazni.

6.2.4 Mozgatás közbeni deformációk

A kiindulási alapnak vett 15. ábra bal oldalán látható lemezalkatrészeket nem kötötte össze semmi, ezzel növelve a munkabaleset bekövetkezésének esélyét, illetve megnehezítve a hegesztő munkáját anyagmozgatás közben. Ebben az esetben, mivel nem volt merevítés a két alkatrész között, a lemezek könnyen tudtak deformálódni, amely később töréshez is vezethetett volna. A készülék össztömegének csökkentése miatt pedig megbeszéltük, hogy nem tömör tengelyt, hanem cső alkatrészt építünk be, természetesen figyelve a megfelelő falvastagságra és hosszra a szilárdságtani méretezés során.

6.2.5 Emelési pontok, hegesztési helyzetek

A kanalak kialakítása és a szükséges hegesztési helyzetek miatt fontos volt, hogy meghatározzuk az egyes kanalak súlypontját, ezzel megkönnyítve a megfelelő pozícióba történő forgatást. Tömegben és kialakításban vannak kisebb eltérések, de ezek az eltérések a tervezés szempontjából elhanyagolhatóak voltak. A kanalak forgatása azért szükséges, mert egyes helyzetekben a hegesztő szakember nem fér hozzá, illetve ha odafér, akkor is kényelmetlen és/vagy balesetveszélyes lenne. Így már egy régebbi konstrukcióból átvéve az emelési pontokat megnéztem, hogy azok alapján a szükséges kanalak esetén is alkalmazhatóak azok vagy át kell helyeznem azokat. Szerencsénkre az emelési pontokat nem kellett nagymértékben áthelyezni, csak a merevítés illetve a 6.2.2-es bekezdésben taglalt kialakítás miatt, azonban ezek nem befolyásolták a termék súlypontján át történő forgatását. Mint ahogy a 15. ábra kialakításán is látszik 3 emelési pont volt meghatározva, ezzel biztosítva a kanál 3 pozícióba való forgatását, így a hegesztő hozzáférhet biztonságosan minden szükséges felülethez.

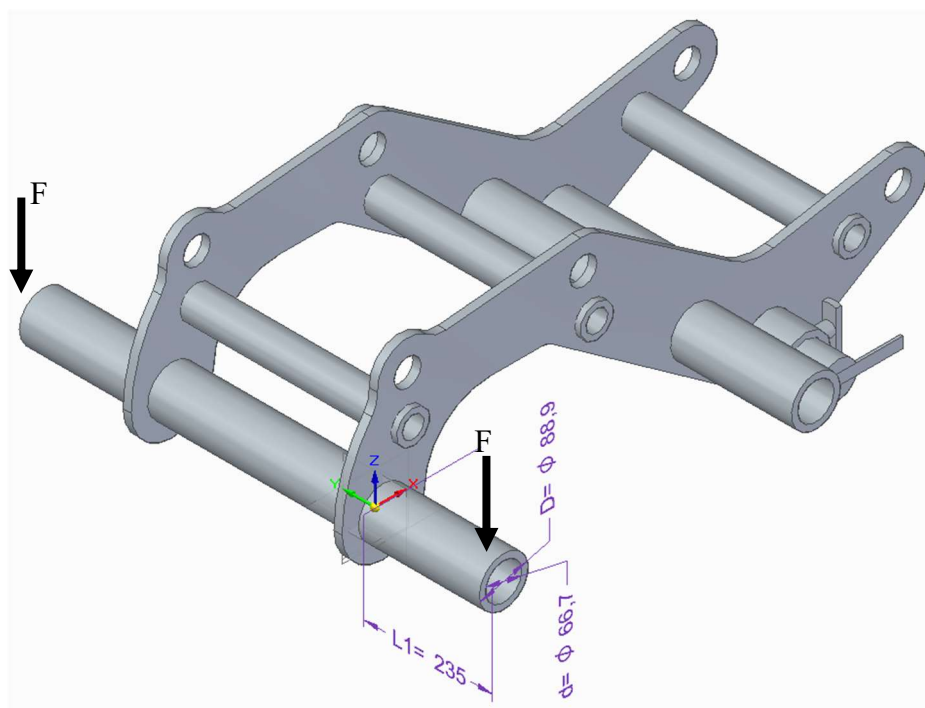
7 Szilárdsági ellenőrzések, számítások, végeelem vizsgálat

7.1 Ellenőrzés szilárdságtani (numerikus) számítással

A számítások során az 5.5 bekezdésben bevezetett összefüggéseket használtam fel. Számításaim során a legkedvezőtlenebb eseteket vizsgáltam, majd így határoztam meg a megfelelő cső külső és belső átmérőjét figyelembe véve a lemez csatlakozási, illetve a kanálon lévő felfekvő felületek méreteit. Továbbá ellenőriztem az emelési pontoknál a felületi nyomást és az ébredő húzófeszültséget. A hajlítás számításainál az L_1 távolságok a lemezek belső csatlakozási felületeinél értelmeztem, mint befogási kényszer a szerkezet összeállításához szükséges hegesztési technológia miatt, amelyet az 5.3 bekezdésben fejtettem ki.

7.1.1 Kisebb készülék esetén:

Hajlítás:



19. ábra Hajlítás értelmezése a készüléken

Adatok:

Alapanyag: 42CrMo4

Folyáshatár: $R_{p0,2} = 550$ MPa

Cső külső átmérő: $D = 88,9$ mm

Cső belső átmérő: $d=66,7 \text{ mm}$

Erőkar legkedvezőtlenebb esetben: $L_1=235 \text{ mm}$

Készülékre ható erő legkedvezőtlenebb esetben: $F=25000 \text{ N}$

Sigma feszültség meghatározása:

$$\sigma = \frac{M_h}{K} = \frac{5875 \text{ Nm}}{4,71 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3} = 124,68 \text{ MPa} \leq \sigma_{meg}$$

A számításom során alkalmazott adatok mellett az eredmény kisebb lett, mint a megengedett feszültség, ezért az alkatrész hajlítás szempontjából megfelelt.

Hajlítónyomaték meghatározása:

$$M_h = L_1 \cdot F_1 = 0,235 \text{ m} \cdot 25000 \text{ N} = 5875 \text{ Nm}$$

Keresztmetszeti tényező meghatározása:

$$K = \frac{(D^4 - d^4) \cdot \pi}{32 \cdot D} = \frac{(0,0889^4 - 0,0667^4) \cdot \pi}{32 \cdot D} = 4,71 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Biztonsági tényező kiszámítása:

$$N = \frac{R_{p0,2}}{\sigma} = \frac{550 \text{ MPa}}{124,68 \text{ MPa}} = 4,41$$

Felületi nyomás:

Adatok:

Alapanyag: S690QL

Megengedett felületi nyomás: $p_{meg}=120 \text{ MPa}$

Felületre ható erő: $F=25000 \text{ N}$

Emelési pont átmérője: 50 mm

Lemezvastagság: 15 mm

Nyomás kiszámítása:

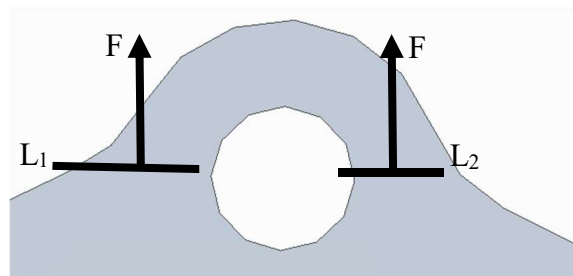
$$p = \frac{F}{A} = \frac{25000N}{750mm^2} = 33,33MPa \leq p_{meg}$$

A számított eredmény alapján a lemez alkatrész megfelel felületi nyomásra.

Keresztmetszet meghatározása:

$$A = d \cdot l = 50mm \cdot 15mm = 750mm^2$$

Emelési pont kizsakadásának vizsgálata:



20. ábra Húzóerő értelmezése a készüléken

Adatok:

Alapanyag: S690QL

Megengedett feszültség: $\sigma_{meg}=690MPa$

Felületre ható erő: $F=25000\text{ N}$

Furat és a külső él közötti távolságok:

$L_1=50,05\text{ mm}$

$L_2:39,83\text{ mm}$

Lemezvastagság: $l=15\text{ mm}$

Húzófeszültség meghatározása:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{25000N}{1348,2mm^2} = 18,54MPa \leq \sigma_{meg}$$

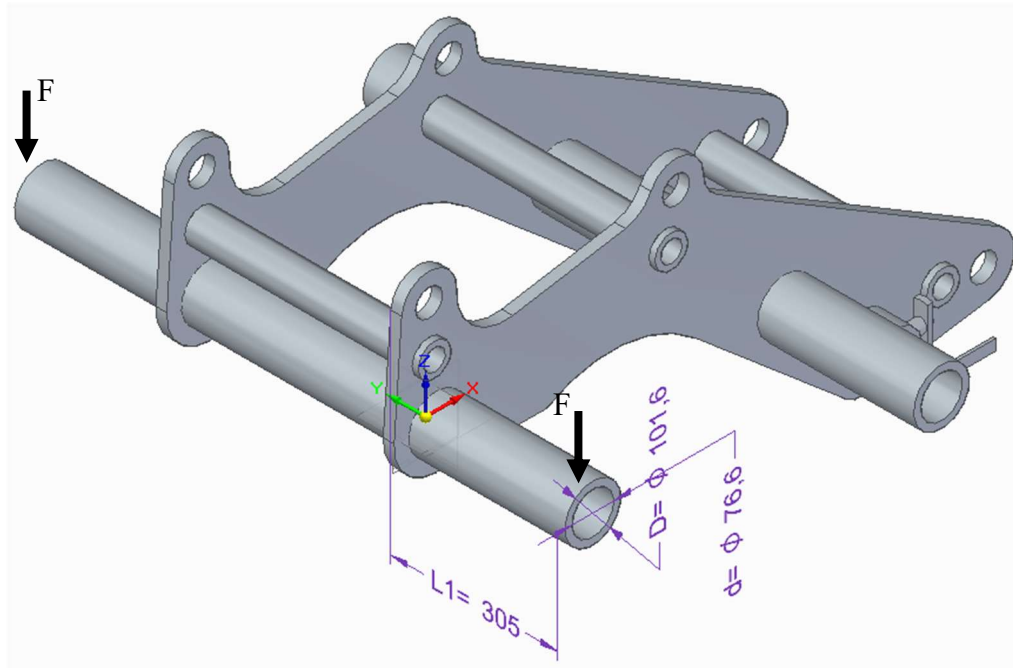
A kapott eredmény alapján az alkatrész megfelel húzás szempontjából

Keresztmetszet meghatározása:

$$A = (L_1 \cdot l) + (L_2 \cdot l) = (50,05\text{mm} \cdot 15\text{mm}) + (39,83\text{mm} \cdot 15\text{mm}) = 1348,2\text{mm}^2$$

7.1.2 Nagyobb készülék esetén:

Hajlítás:



21. ábra Hajlítás értelmezése a készüléken

Adatok:

Alapanyag: 42CrMo4

Folyáshatár: $R_{p0,2}=550$ MPa

Cső külső átmérő: $D=101,6$ mm

Cső belső átmérő: $d=76,6$ mm

Erőkar legkedvezőtlenebb esetben: $L_1=305$ mm

Készülékre ható erő legkedvezőtlenebb esetben: $F=30000$ N

Sigma feszültség meghatározása:

$$\sigma = \frac{M_h}{K} = \frac{9150Nm}{6,97 \cdot 10^{-5}m^3} = 131,29MPa \leq \sigma_{meg}$$

A számításom során alkalmazott adatok mellett az eredmény kisebb lett, mint a megengedett feszültség, ezért az alkatrész hajlítás szempontjából megfelelt.

Hajlítónyomaték meghatározása:

$$M_h = L_1 \cdot F_1 = 0,305m \cdot 30000N = 9150Nm$$

Keresztmetszeti tényező meghatározása:

$$K = \frac{(D^4 - d^4) \cdot \pi}{32 \cdot D} = \frac{(0,1016^4 - 0,0766^4) \cdot \pi}{32 \cdot D} = 6,97 \cdot 10^{-5}m^3$$

Biztonsági tényező kiszámítása:

$$N = \frac{R_{p0,2}}{\sigma} = \frac{550MPa}{131,29MPa} = 4,19$$

Felületi nyomás:

Adatok:

Alapanyag: S690QL

Megengedett felületi nyomás: $p_{meg}=120$ MPa

Felületre ható erő: $F=30000$ N

Emelési pont átmérője: $d=50$ mm

Lemezvastagság: $l=20$ mm

Nyomás kiszámítása:

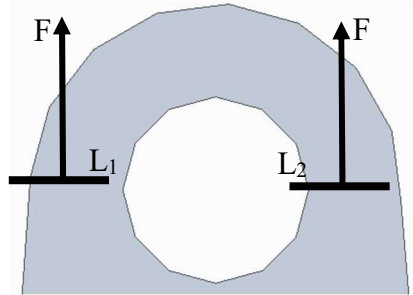
$$p = \frac{F}{A} = \frac{30000N}{1000mm^2} = 30MPa \leq p_{meg}$$

A számított eredmény alapján a lemez alkatrész megfelel felületi nyomásra.

Keresztmetszet meghatározása:

$$A = d \cdot l = 50\text{mm} \cdot 20\text{mm} = 1000\text{mm}^2$$

Emelési pont kiszakadásának vizsgálata:



22. ábra Húzóerő értelmezése a készüléken

Adatok:

Alapanyag: S690QL

Megengedett feszültség: $\sigma_{meg}=690\text{MPa}$

Felületre ható erő: $F=30000\text{ N}$

Furat és a külső él közötti távolságok:

$L_1=25\text{ mm}$

$L_2:25\text{ mm}$

Lemezvastagság: $l=20\text{ mm}$

Húzófeszültség meghatározása:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{30000\text{N}}{750\text{mm}^2} = 40\text{MPa} \leq \sigma_{meg}$$

A kapott eredmény alapján az alkatrész megfelel húzás szempontjából

Keresztmetszet meghatározása:

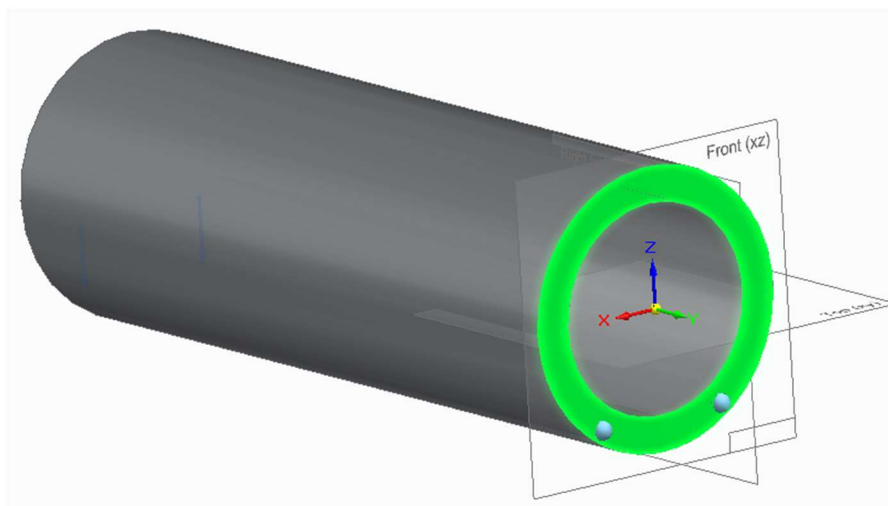
$$A = (L_1 \cdot l) + (L_2 \cdot l) = (25\text{mm} \cdot 15\text{mm}) + (25\text{mm} \cdot 15\text{mm}) = 750\text{mm}^2$$

7.2 Lehajlás ellenőrzése végelem szimulációval

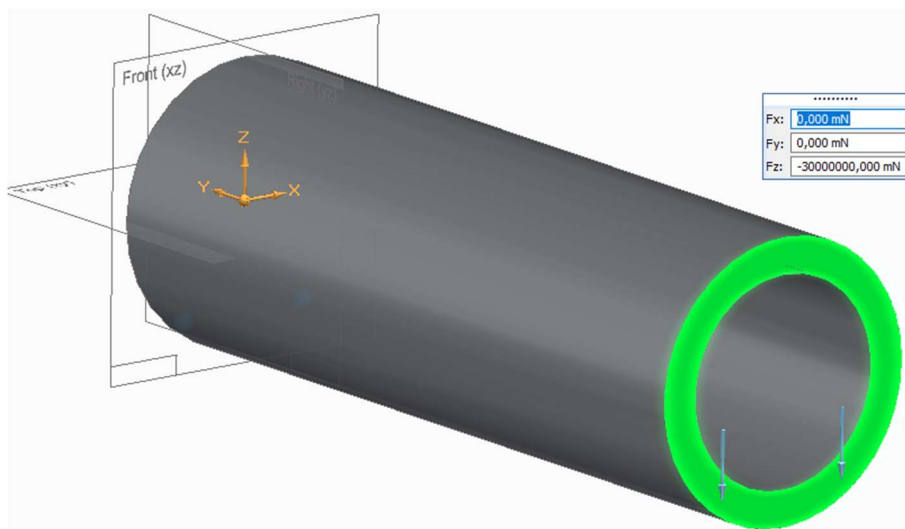
A végelem szimulációt a Solid Edge 2019 Academic Edition 219.0.0.91 verziószámú tervezőprogram Simulation bővítményében csináltam meg, amelyben a Femap 11.3.1-es verziószámú szoftver és az NX Nastran 11.0-ás verziószámú szoftvert van beleintegrálva. A programban nem az egész készüléket használtam fel, hanem egy leegyszerűsített változatát, amely a szimuláció szempontjából fontos. A két készülék esetében két külön szimulációt futtattam, mint ahogy a számításnál is tettem. Első lépésben megrajoltam a szükséges geometriát, majd meghatároztam az anyagot is, jelen esetben 42CrMo4. A numerikus számítás és a szimulációban eltérő eredményeket kaptam, de nagyságrendben közel állnak egymáshoz, ezek az eltérések lehetnek a hálózásból vagy programban nem felülírható anyagtulajdonságok miatt.

Lehajlás vizsgálata végelem módszerrel a 3 tonna alatti tömegű kanalak esetén:

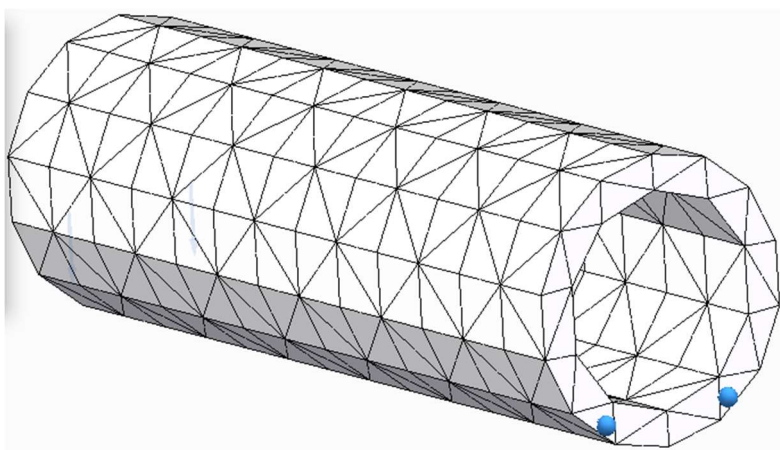
A szimuláció a fentebb is említett első lépéseként létrehoztam egy egyszerűbb geometriai modellt, amely az analízis szempontjából elegendő, de a programban végbemenő számítási feladatokat csökkenti. Ezek után következett az anyag kiválasztása az elemtárból, majd az egyik felületre egy befogási kényszert és a másik felületre a terhelő erőt tettem. Miután meghatároztam a bemenő adatokat már csak az alkatrész hálózása, a feladat megoldása és az eredmények kimutatása maradt.



23. ábra Befogási kényszer meghatározása



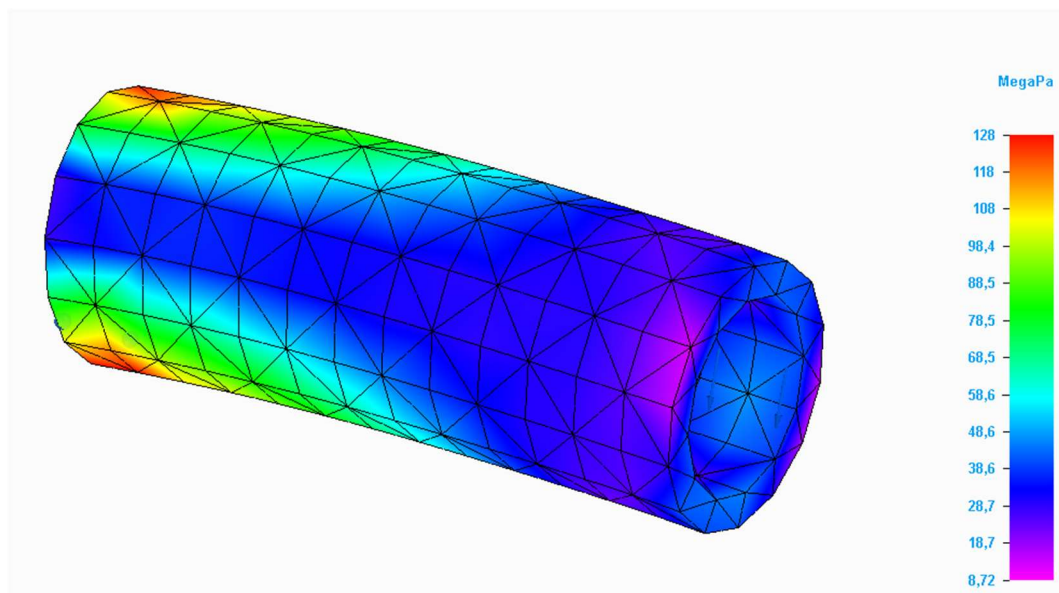
24. ábra Terhelő erő felvétele



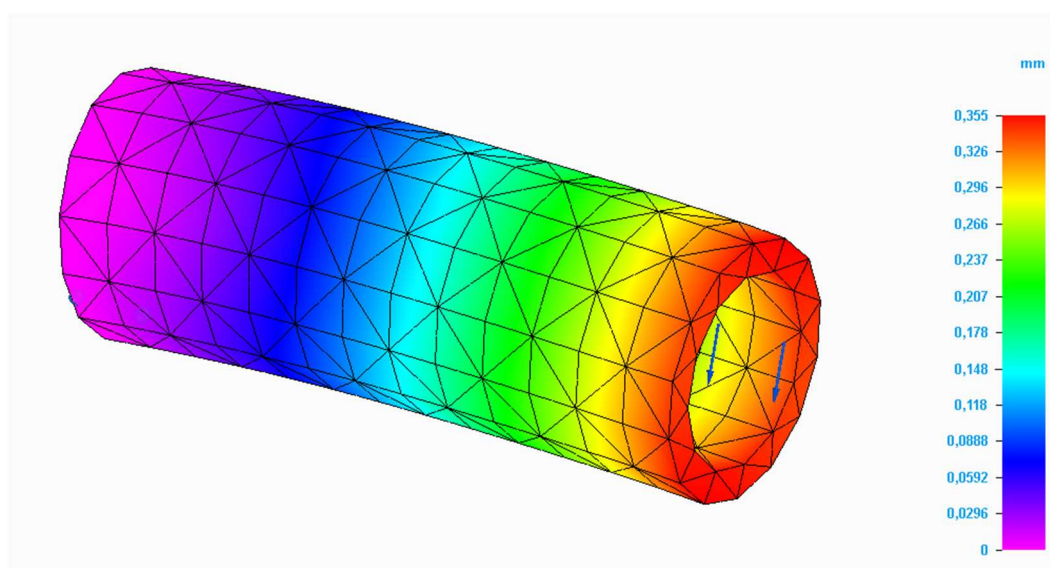
25. ábra Alkatrész hálózása

Az eredmények tekintetében a 3 tonna alatti tömegű kanalakhoz tervezett készüléknél 128MPa mellett 0,355mm maximális lehajlás következhet be, a 3-5 tonna tömegű kanalakhoz pedig 133MPa és 0,494mm lehajlás léphet fel.

Eredmények a 3 tonna alatti tömegű kanalakhoz használt készüléknél

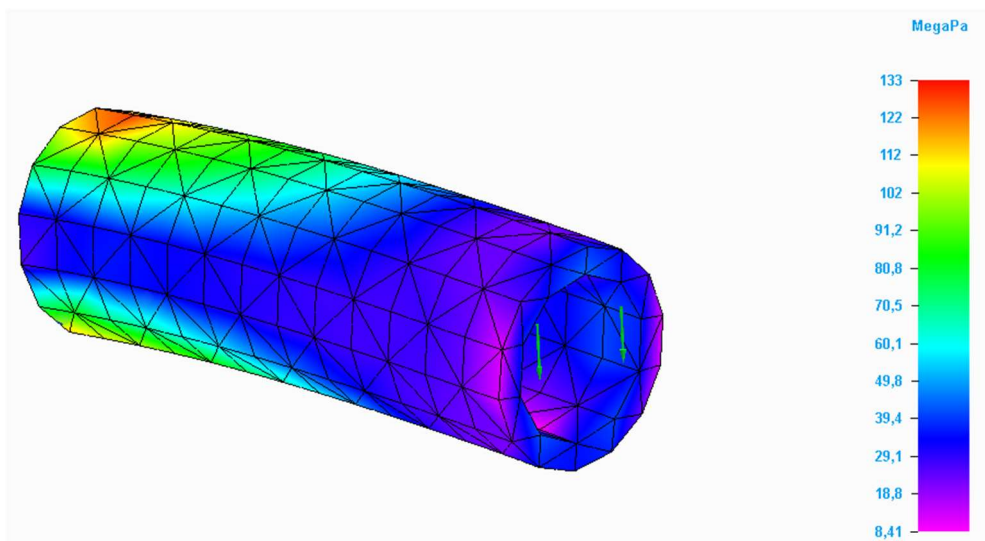


26. ábra Ébredő feszültség ábrázolása kisebb készüléknél

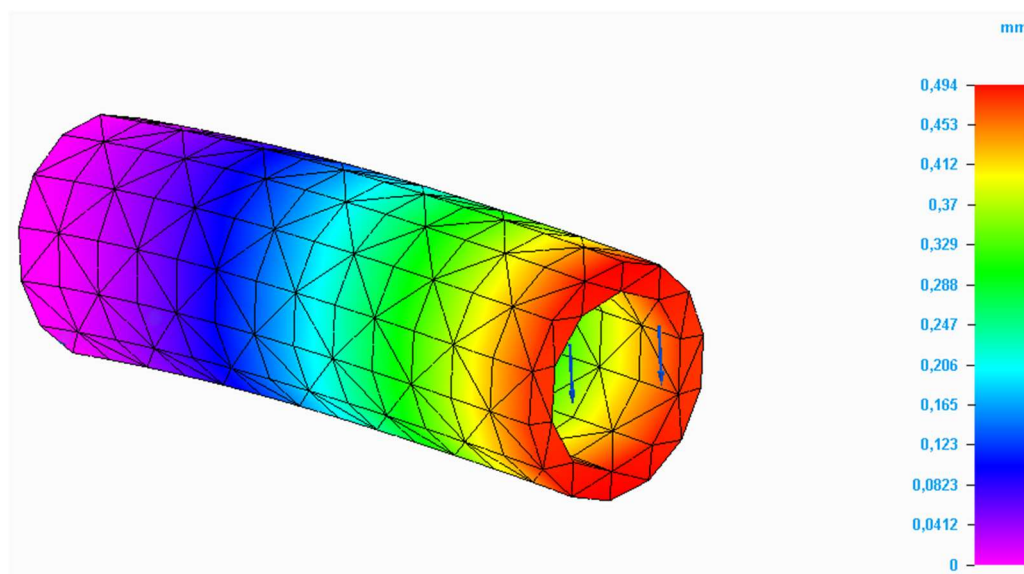


27. ábra Lehajlás mértéke kisebb készüléknél

Eredmények a 3-5 tonna tömegű kanalakhoz használt készüléknél



28. ábra Feszültség értéke nagyobb készülék esetén



29. ábra Lehajlás mértéke nagyobb készülék esetén

A szimulációk során a programban megadott hálózási finomság közül addig csökkentettem a hálózási méreteket, amelyek során az eredmények tekintetében konvergenciát figyeltem meg és rögzítettem őket táblázatban feltüntetve a háló méreteit és a hozzá tartozó feszültségi eredményeket. A táblázatban az elem méreteket közel 13 és 16 mm-ig tudtam csökkenteni, mivel a programba beintegrált végelem szimulációban az eredmények jól konvergáltak egymáshoz és az értékek között sem történt kiemelkedően nagy ugrás és a megengedett feszültség alatt voltak minden szimuláció alkalmával.

6. táblázat Hálózási esetek vizsgálata kisebb készülék esetén

Hálózási finomság	Hálóméret [mm]	Feszültség [MPa]
1	53,27	127
2	39,95	135
3	26,63	128
4	23,97	127
5	21,31	124
6	18,64	128
7	15,98	131
8	13,32	131

7. táblázat Hálózási esetek vizsgálata nagyobb készülék esetén

Hálózási finomság	Hálóméret [mm]	Feszültség [MPa]
1	64,44	138
2	48,33	132
3	32,22	133
4	29	130
5	25,77	133
6	22,55	133
7	19,33	135
8	16,11	132

7.3 Kiértékelés

A numerikus számítással kapott eredmények a megengedett feszültségi értéket nem érték el, így megfelel mind a kisebb és nagyobb készülék is 4-es biztonsági tényező mellett hajlítás esetén. A csap kiszakadásának vizsgálatánál is az volt megfigyelhető, hogy az eredmények a megengedett feszültség alatt maradtak mind a két készülék esetében. A felületi nyomás számításnál is a megengedett feszültségi érték alatt voltak az eredmények, így nyomás szempontjából is megfeleltek a vizsgált alkatrészek.

A szimuláció eredményeinél több vizsgálatra volt szükség a hálózásból adódó hibák-és kiugrások elkerülése végett. Ezen vizsgálatok elvégzése után megállapítható, hogy az alkatrészek megfeleltek hajlítás szempontjából is.

Az analitikus valamint a numerikus eredmények közel azonos értéket mutatnak, így megalapozottan kijelenthető, hogy az alkatrészek megfelelnek a meghatározott terhelések szempontjából. A lehajlás értékei a használat során nem okoznak majd problémát és a készülék nagyobb biztonsággal használható, mint az előző konstrukciók.

8 Megtérülési számítás

8.1 Alapanyag árak és egyszeri költségek meghatározása

A két készülékhez összesen 3 féle anyagot használtam fel, ezek pedig a cső-és tengely alkatrészekhez használt 42CrMo4, a lemez alkatrészekhez S690QL, a mozgatólemezhez pedig S355 materiát. A készülékekhez továbbá felhasználtam egy a kereskedelemben is kapható, a Norelem által forgalmazott 03196-27816100 cikkszámú golyósretesz csapot [10].

Az alapanyag árakhoz a következő táblázatokat készítettem a kisebb és nagyobb készülékhez

8. táblázat Beszerzési és egyéb szolgáltatások árai a kisebb készülék esetében

Alkatrész név	Anyag	Darabszám	Ár
lemez	S690QL	2	109 130 Ft
emelo_cso	42CrMo4	2	48 195 Ft
merevito_cso	42CrMo4	3	21 060 Ft
hatso_cso	42CrMo4	1	15 390 Ft
tengely	42CrMo4	2	18 954 Ft
mozgatolemez	S355	2	117 Ft
golyosreteszcsap	-	2	52 000 Ft
SUM			264 846 Ft
Kiegészítő szolgáltatások			86 000 Ft

9. táblázat Beszerzési és egyéb szolgáltatások árai a nagyobb készülék esetében

Alkatrész név	Anyag	Darabszám	Ár
lemez	S690QL	2	170 745 Ft
emelo_cso	42CrMo4	2	74 358 Ft
merevito_cso	42CrMo4	3	22 680 Ft
hatso_cso	42CrMo4	1	20 857 Ft
tengely	42CrMo4	2	23 490 Ft
mozgatolemez	S355	2	117 Ft
golyosreteszcsap	-	2	52 000 Ft
SUM			364 247 Ft
Kiegészítő szolgáltatások			120 000 Ft

A két készülék ára összesen 835093 Ft volt. Ebben az árban benne van a készülékekhez szükséges anyag ára, a lemez alkatrészek esetében a darabolási, lézervágási ár, a cső illetve tengely alkatrészeknél ugyancsak a darabolási-és a hozzá tartozó munkadíjak. Ez az ár tartalmazza továbbá a szállítási költségeket és a gyártelepen belüli szükséges munkákat (hegesztés-és a hozzá tartozó alapanyagok-felszerelések, szerelési költségek).

8.2 Megtérülési idő:

Készülék nélkül átlagosan 4,65 óra kellett egy kanál kihegesztéséhez, ebben benne vannak a különböző anyagmozgatással járó idők, illetve a pozíció váltások közötti eltelt idő is. A két készülék bevezetésével ez az idő lecsökkenthető akár 3,6 órára is. Egy átlagosan a cég által foglalkoztatott hegesztőért a cég 8000 Ft körüli rezsióradíjat fizet. Az előző fejezetben meghatározott ár mellett és a hegesztő szakember költsége mellett a két készülék ára már 35-ik munkanapon megtérül.

9 Összefoglaló

Dolgozatomban egy a nyári üzemi gyakorlati helyemen felmerült problémára kerestük a megoldást több mérnök kollégával. Kaptam több régebbi készüléket, táblázatokat, hogy ezek segítségével tervezek egy újabb készüléket, amely megfelel számos feltételnek. Az egyik legfontosabb, hogy lehetővé tegye a biztonságos munkavégzést és csökkentsük az egy kanálra jutó anyagmozgatási időt. A készüléknek biztosítania kellett továbbá, hogy több pozícióba is forgatható legyen a kanál a hegesztési helyzetek miatt.

Miután megkaptam a kezdeti feltételeket készítettem pár vázlatot. Figyelembe kellett vennem a kanalak súlyát, villatávolságait, felfekvési felületeit, súlypontjait. Ilyen kritériumokkal a lehetőségek száma csökkent és szükséges volt két készülék tervezése, egy a kisebb tömegű (2,5-3 tonna), illetve egy a nagyobb (3-5 tonna) tömegű kanalakhoz.

A két készülék tervezésénél felhasználtam a régebbi design-okból a lemezalkatrészeket, melyeknél az emelési pontokat és az alakjukat használtam fel leginkább az anyag, valamint az emelési pontoknál hagyott vastagság mellett. A tervezéshez CREO 4.0 Parametric programot használtam, azonban a szimulációt már a SolidEdge programban csináltam.

A szilárdsági ellenőrzés során a legkedvezőtlenebb eseteket vettem figyelembe és ezekkel a paraméterekkel végeztem a számításokat, amelynél az eredmények minden esetben megfeleltek a megengedett feszültséggel szemben. A végeelem szimulációk során is az eredményeknél konvergencia volt megfigyelhető és az így kapott értékek a numerikus számítással meghatározott eredmények közelében alakultak.

A gazdasági számítások során meghatározásra kerültek a készülékek beszerzési árai, amelyek tartalmazták a legyártásukhoz és szerelésükhöz szükséges anyagok-munkálatok-eszközök-emberi erőforrások díját, valamint a szállítási díjakat is. A számítás során a készülékek már a 35-ik munkanapon megtérülnek.

9.1 Summary

In my essay, we sought a solution to a problem that arose during my summer internship with several engineer colleagues. I received several older devices and tables to help me design a new device that meets various requirements. One of the most important aspects was to enable safe operation and reduce the material handling time per buckets. The device also had to ensure that the buckets could be rotated into multiple positions due to welding requirements.

After receiving the initial conditions, I made some sketches. I had to consider the weight of the scoops, their fork distances, contact surfaces, and center of gravity. With these criteria, the number of possibilities decreased, and it was necessary to design two devices, one for lighter buckets (2.5-3 tons) and one for heavier ones (3-5 tons).

For the design of both devices, I used sheet metal components from previous designs, mainly focusing on lifting points and their shape, in addition to material thickness at the lifting points. I used the CREO 4.0 Parametric program for the design, but I performed the simulations in the SolidEdge program.

During the strength analysis, I considered the worst-case scenarios and performed the calculations with these parameters, and in all cases, the results met the allowable stress limits. Convergence was observed in finite element simulations, and the values obtained were close to the results determined through numerical calculations.

In the economic calculations, the procurement costs of the devices were determined, including the cost of materials, labor, tools, and human resources required for their manufacturing and assembly, as well as transportation costs. During the calculation, the devices already pay off on the 35th workday.

10 Irodalomjegyzék

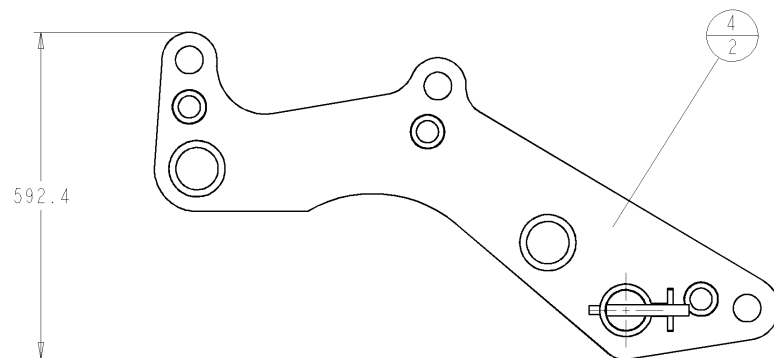
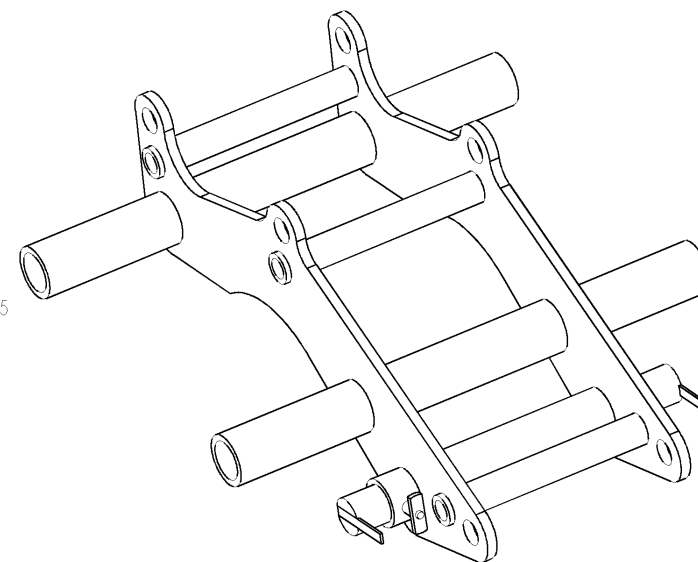
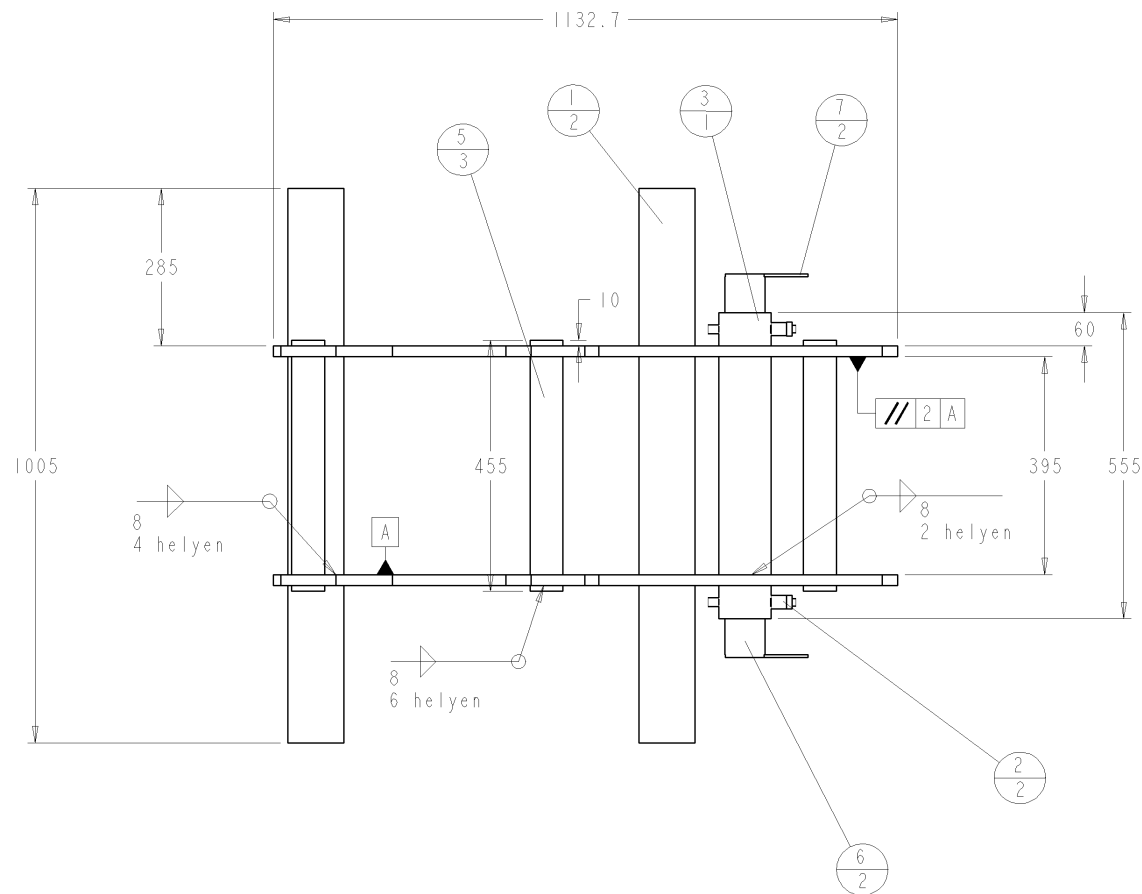
- [1] Szakál Zoltán, Bagyinszki Gyula, Berecz Tibor, Dobránszky János, Kovács-Coskun Tünde, Szabó Péter János, Mészáros István, Nagyné Halász Erzsébet, Pinke Péter és Varga Péter, Anyagtudomány, Typotex, 2012.
- [2] Kári-Horváth Attila, Fledrich Gellért, Pataki Tamás István és Zsidai László, Mechanikai technológiák, Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó, 2017.
- [3] Dr. Andó Mátyás, Gépipari tűrések, illesztések, Budapest: Gépész Tuning Kft., 2018.
- [4] Fenyvessy Tibor, A műszaki rajz alapjai: Géprajzi ismeretek, Budapest: Tankönyvmester, 2013.
- [5] Dr. M. Csizmadia Béla, Dr. Égert János, Dr. Fekete Tibor, Dr. Gelencsér Endre, Dr. Kósa Csaba és Dr. Nándori Ernő, Mechanika mérnökök: Szilárdságtan, Budapest, Gödöllő, Győr: Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., 1999.
- [6] Tóth Bence, Mechanika II. Szilárdságtan, Budapest: Dialóg Campus, 2019.
- [7] Dr. Kálmán András, Szabó László és Tamás Gyula, Mechanika, Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 2016.
- [8] Dr. Mankovits Tamás és Huri Dávid, Modellezés és szimuláció (A lineáris rugalmasságtan és a végelem-módszer), Debrecen: Debreceni Egyetem, 2015.
- [9] Oldal István, Moharos István és Szekrényes András, Végelem-módszer, Typotex, 2011.
- [10] „norelem,” [Online]. Available: <https://norelem.hu/hu/Term%C3%A9kek+%C3%A1ttekint%C3%A9se/Rugalmas-szabv%C3%A1nyalkatr%C3%A9sz-rendszer/03000/Goly%C3%B3s-eresz-csapok/Goly%C3%B3s-eresz-csapok-T-foganty%C3%B4val/Goly%C3%B3s-eresz-Csap-t-foganty%C3%B4val-nemesac%C3%A9l/p/03196-27816100>. [Hozzáférés dátuma: 11 október 2023].
- [11] Kun Krisztián, Dr. Liska János és Nagy József, Készüléktervezés, Kecskemét: Neumann János Egyetem, 2019.
- [12] M. E. 10027-2:2015, Acéljelölési rendszerek. 2. rész: Számrendszer-angol, Magyar Szabványügyi Testület, 2015.
- [13] M. E. 10027-1:2017, Acélok jelölési rendszere. 1. rész: Az acélminőségek jele-angol, Magyar Szabványügyi Testület, 2017.

11 Mellékletek

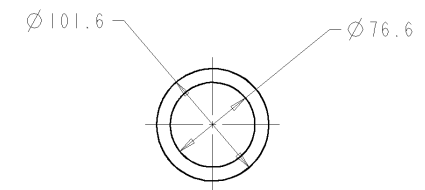
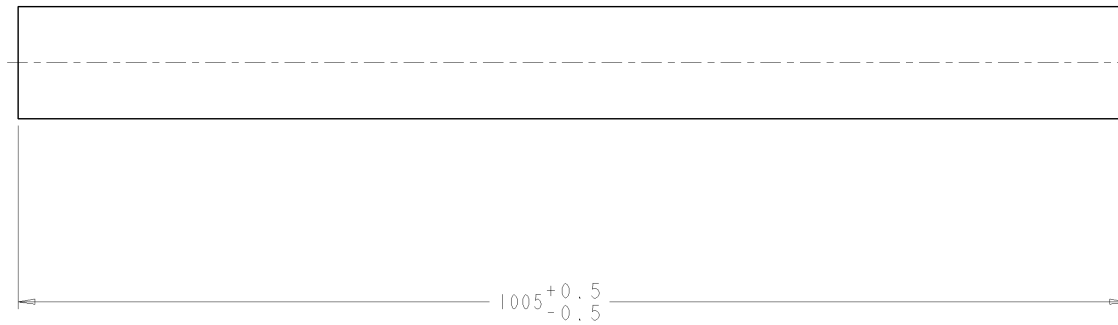
METRIC

CW55/55s_eme lo

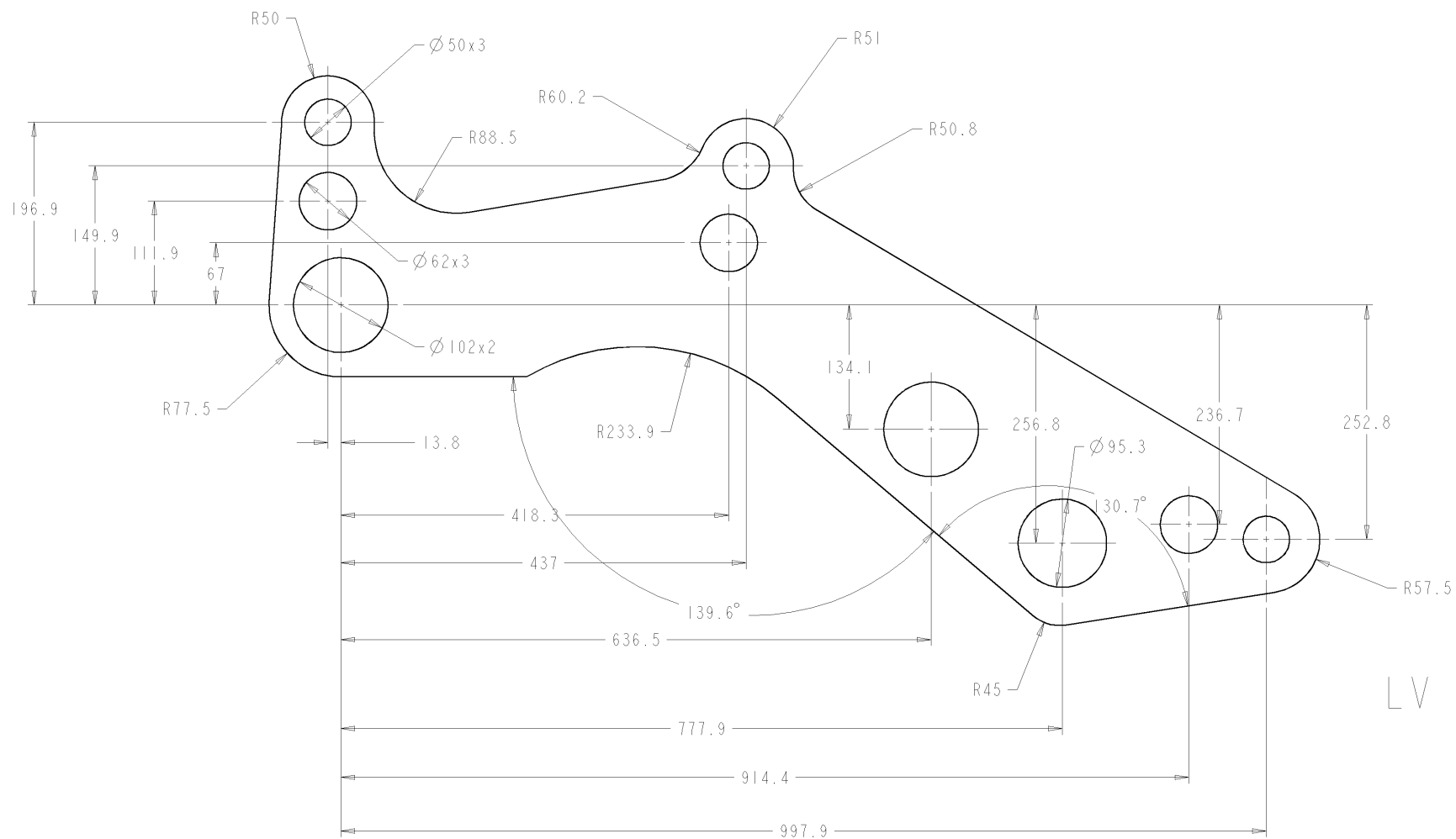
7	MOZGATOLEMEZ		IE0170/S355	2
6	MOZGATHATO_TENGELY		42CrMo4	2
5	MEREVITO_CSO		42CrMo4	3
4	LEMEZ		IE0577/S690QL	2
3	HATSO_CSO		42CrMo4	1
2	GOLYOSRETESZCSAP	norelem 03196-27816100		2
1	EMELO_CSO		42CrMo4	2
Tst.	Rajzszám	Megnevezés	Anyag	Db.



Max. terhelés 5000 kg

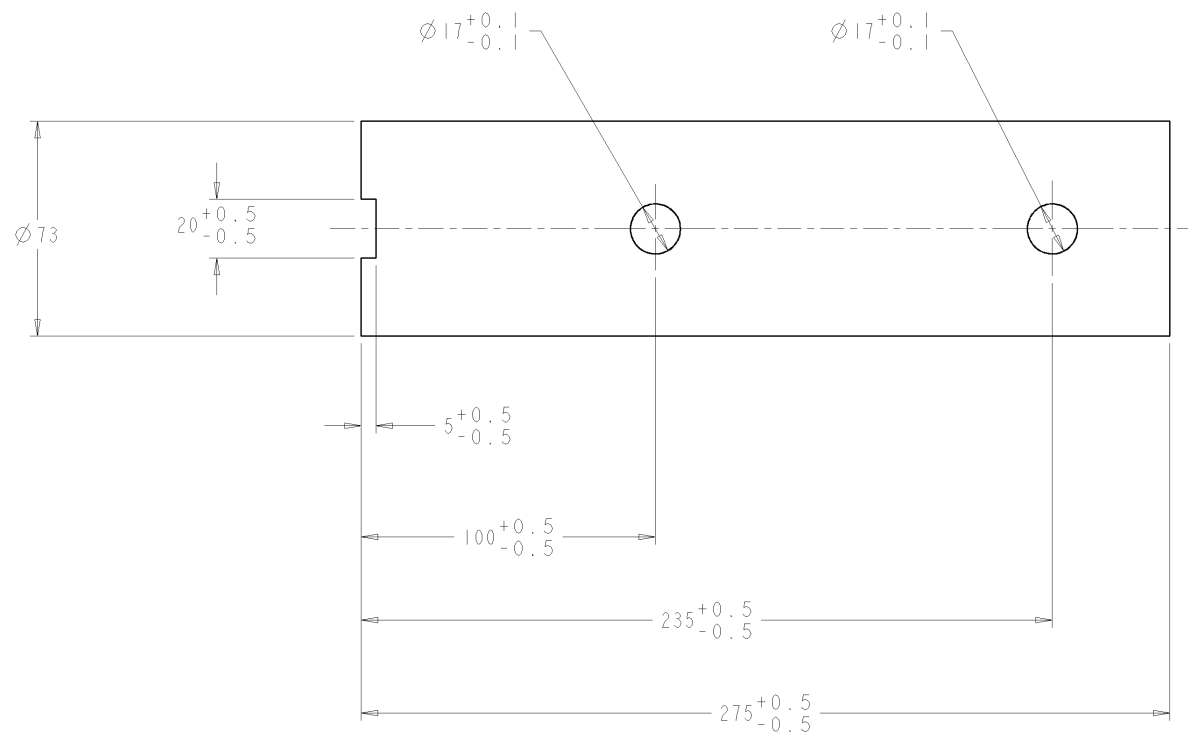


Anyag: 42CrMo4
Súly: 27.54 kg

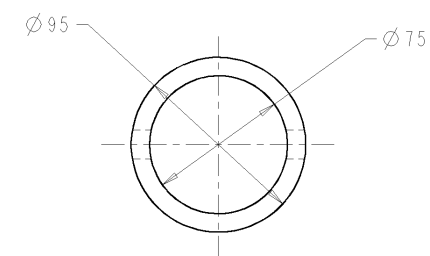
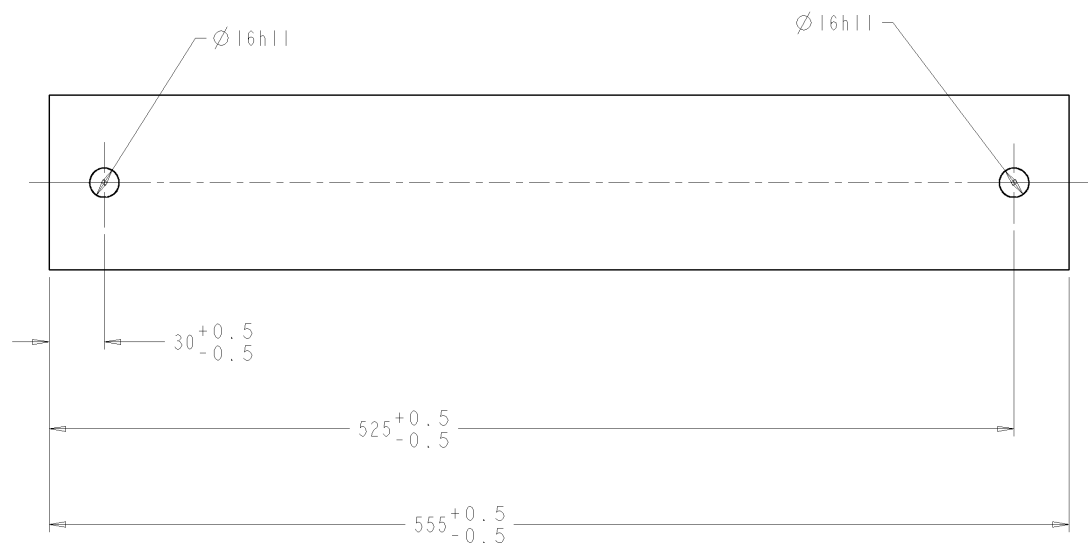


LV 20

Anyag: IE0577/S690QL
Súly: 33.83 kg



Anyag: 42CrMo4
Súly: 8.7 kg



Anyag: 42CrMo4
Súly: 15.45 kg

D

D

C

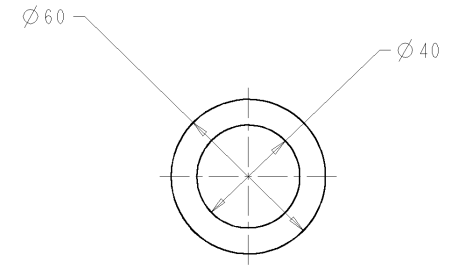
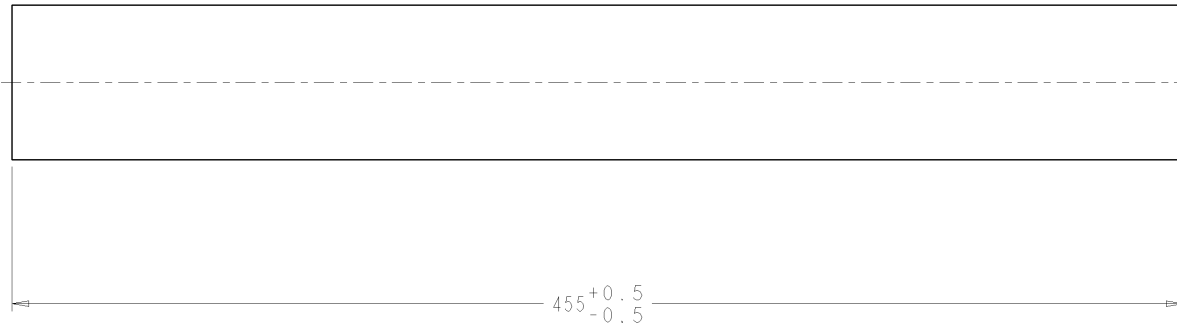
C

B

B

A

A

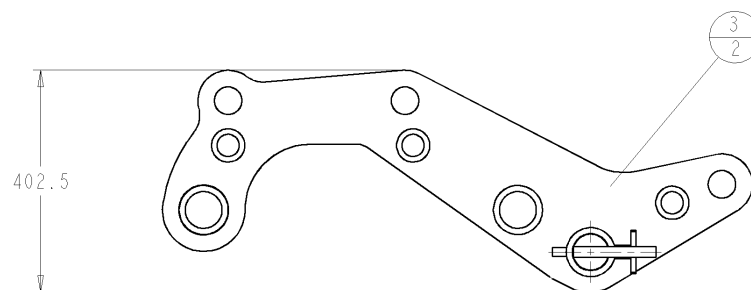
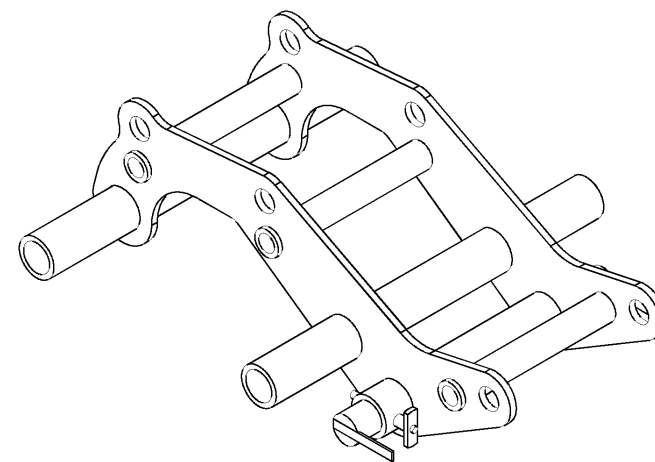
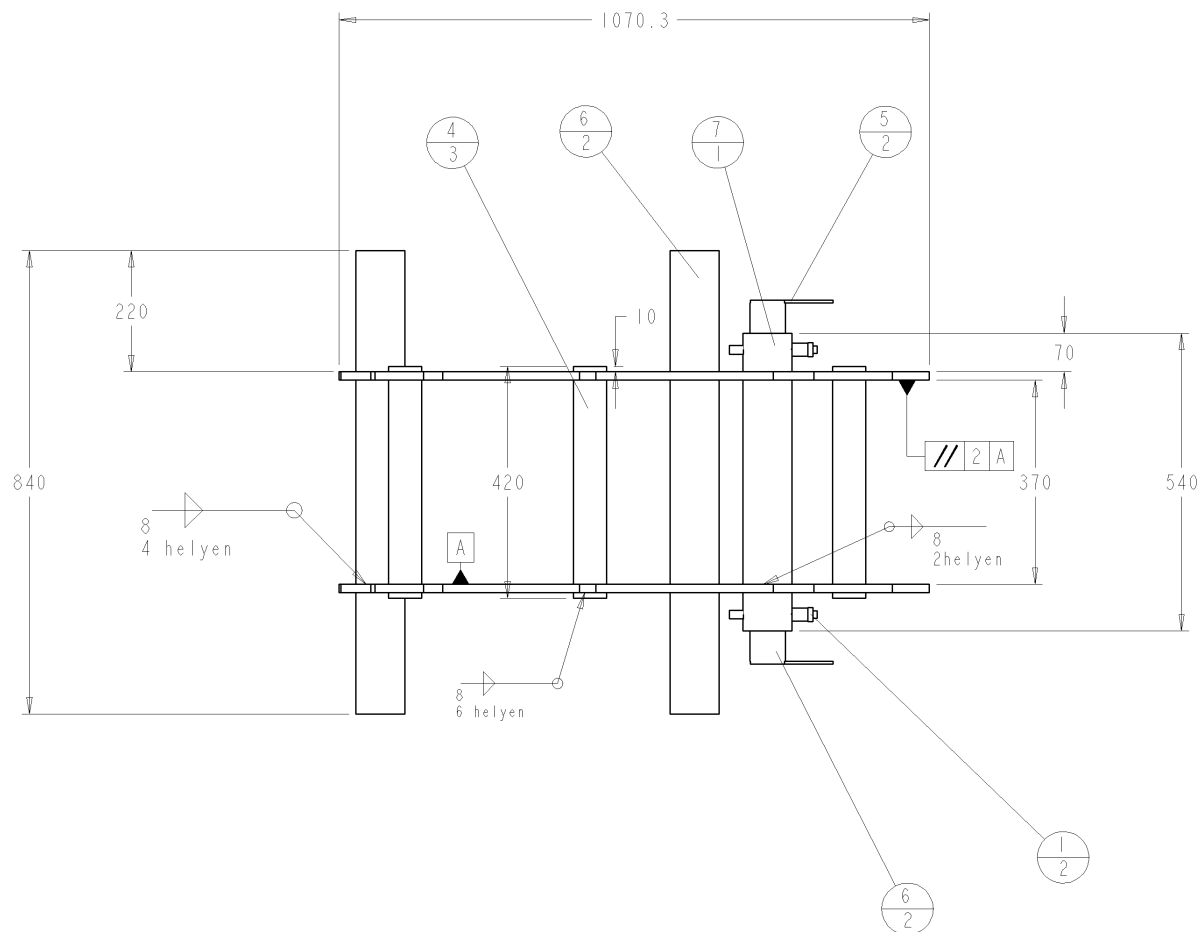


Anyag: 42CrMo4
Súly: 5.6 kg

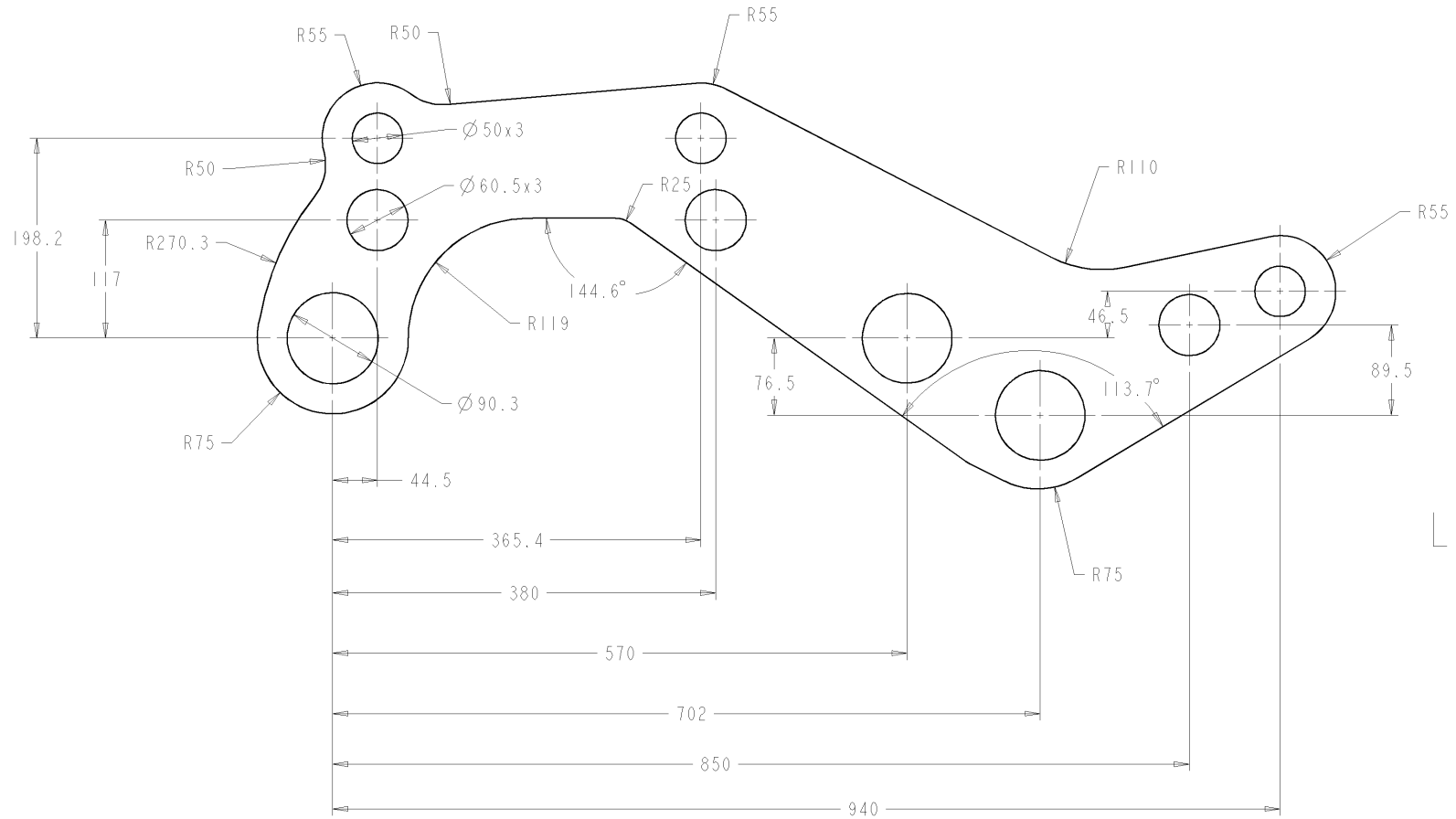
METRIC

CW45/45s_emelo

7	TENGELYV2		42CrMo4	1
6	TENGELY_CW45S		42CrMo4	2
5	MOZGATOLEMEZ		IE0170/S355	2
4	MEREVLITO		42CrMo4	3
3	LEMEZCW45		IE0577/S690QL	2
2	KISTENGELY		42CrMo4	2
1	GOLYOSRETESZCSAP	norelem 03196-27816100		2
Tst.	Rajzszám	Megnevezés	Anyag	Dbb.



Max. terhelés 3000 kg



L v 15

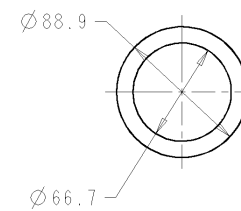
Anyag: IE0577/S690QL
Súly: 19.42 kg

METRIC

tengely_CW45/45s



840^{+0.5}_{-0.5}



Anyag: 42CrMo4

Súly: 17.85 kg

METRIC

merevito

D

D

C

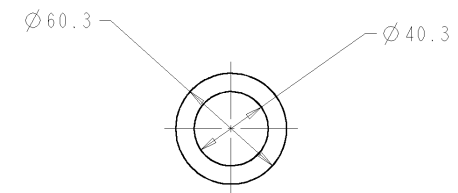
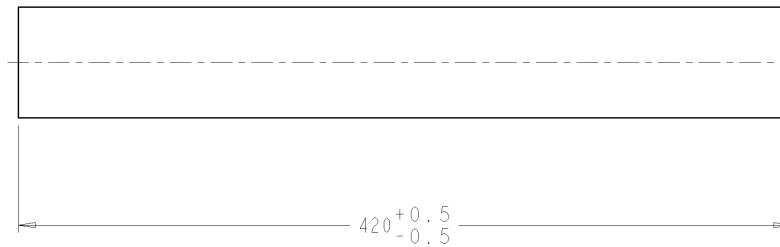
C

B

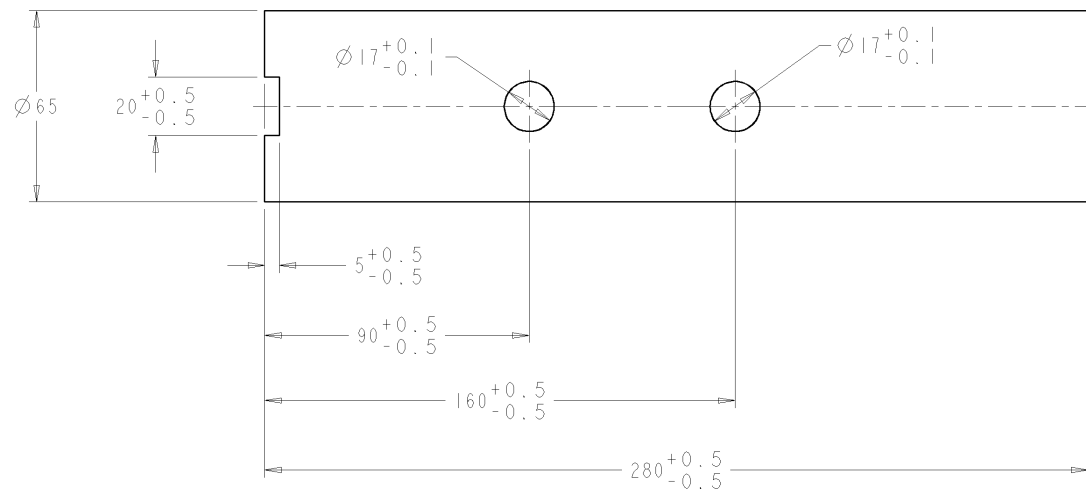
B

A

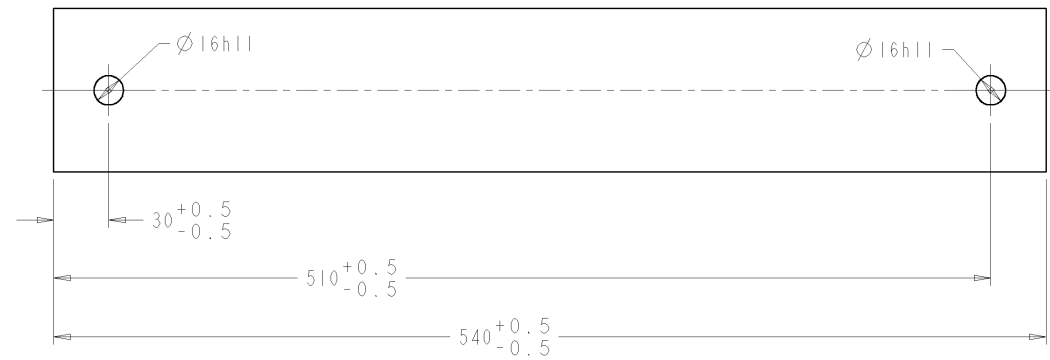
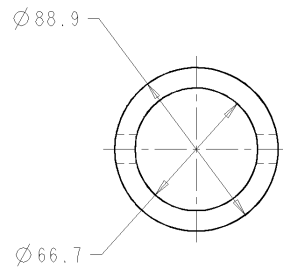
A



Anyag: 42CrMo4
Súly: 5.2 kg



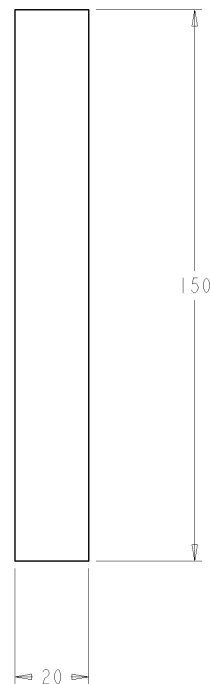
Anyag: 42CrMo4
 Súly: 7.02 kg
 Tűrés: ± 0.5



Anyag: 42CrMo4
Súly: 11.4 kg

METRIC

mozgatólemez



Lv 5

Anyag: IE0170/S355
Súly: 0.117 kg
Tűrés: ± 0.5



NYILATKOZAT

a szakdolgozat¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Grizner Bence
A Hallgató Neptun kódja: CHUVZA
A dolgozat címe: Emelő-forgató készülék tervezése
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Gépszerkezettani

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant 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 tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

- nem titkosított dolgozat a védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023 év október hó 30 nap

Grizner Bence
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

NYILATKOZAT

Grizner Bence (név) (hallgató Neptun azonosítója: **CHWVZA**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Gödöllő, 2023 október 31.


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.