



NYÍREGYHÁZI EGYETEM
MŰSZAKI ÉS AGRÁRTUDOMÁNYI INTÉZET
NYÍREGYHÁZA



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

INDUKCIÓS VULKANIZÁLÓ BERENDEZÉS GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

PRODUCTION TECHNOLOGY OF INDUCTION VULCANIZING EQUIPMENT

Készítette: Józsa-Vincze Ákos

Konzulens: Dr. Szigeti Ferenc

NYÍREGYHÁZA

2022.11.25.

Indukciós vulkanizáló berendezés gyártástechnológiája

Szerző: Józsa-Vincze Ákos, GM IV. évf.

NYE-MATI, Műszaki Alapozó, Fizika és Gégyártástechnológia Tanszék

Konzulens: Dr. Szigeti Ferenc , főiskolai tanár

A nyíregyházi ContiTech Magyarország Kft.-nél egy új indukciós vulkanizáló berendezés beüzemelése van tervben. Az eddigi gőz fűtést szeretnék lecserélni indukciós fűtéssel, ezzel időt és energiát megspórolva. Mivel a vulkanizálás nagy nyomáson történik, ezért a berendezés egy nyomástartó edénynek minősül. Ebből adódóan elengedhetetlen a berendezés áttervezése, ill. az átalakításhoz szükséges különböző alkatrészek gyártástechnológiájának a kidolgozása, továbbá a szilárdságtani méretezés, ellenőrzés, végeselem szimuláció. Mivel ezek a berendezések teszik lehetővé a nagyipari gumigyártást, így kiemelt figyelmet kell szentelnünk a konstrukció megfelelőségére, berendezés átalakított alkatrészeinek elkészítésére, figyelembe véve a szigorú biztonsági követelményeket is.

A vulkanizáló folyamatok eredményeként a nyers, képlékeny gumikeverékből egy rugalmas gumiterméket kapunk. A vulkanizálás sikerét 3 paraméter határozza meg: az idő, a hőmérséklet és a nyomás. A berendezés tervezésénél kellő figyelmet kell fordítanunk az illesztésekre. Jelen esetben a szerkezet hegesztett kötéseket tartalmaz, amelyben egy zárvány, vagy repedés akár emberi életébe is kerülhet. Ezért a hegesztett kötéseket ellenőrizni kell, ill. a berendezést beüzemelés előtt mindenképp nyomáspróbának kell alávetnünk, hogy megbizonyosodjunk nincs-e hirtelen nyomásesés, vagy bármi jellegű rendellenesség.

Dolgozatom célja tehát a berendezés szilárdságtani méretezése, ellenőrzése, VEM szimuláció végrehajtása és gyártástechnológia kidolgozása. Továbbá egy kiválasztott alkatrészhez egy olyan számítógépes gyártástechnológiai szimuláció kidolgozása, amellyel bemutathatom a nagysorozatgyártás különböző formáit, amelyekkel lehetővé válik egy alkatrész gyors és pontos elkészítése.

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS.....	3
1.TÉMAFELVEZETÉS	4
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
2.1 A gumigyártás	5
2.2 Indukciós hevítés, mágneses indukció.....	9
2.3 Nyomástartó berendezések biztonsági szabályzatai	12
3. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN.....	14
3.1 Nyomástartó edények vizsgálata	14
3.2 Számítógépes gyártástervezés	16
4. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE	18
4.1 Szilárdságtani eredmények	18
4.2 Számítógépes gyártástechnológia.....	32
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	39
ÖSSZEFOGLALÁS	42
SZAKIRODALMI JEGYZÉK	44

BEVEZETÉS

Dolgozatom témáját a ContiTech Magyarország Kft.-nél választottam. A cég fő profilja a gumialkatrészek gyártása. Témám kiválasztásakor meghatározó szerepet jelentett a gumigyártás iránti érdeklődés, illetve egy adott berendezés tervezése, gyártástechnológiája. A gépgyártástechnológia és a fémipar már korábbi tanulmányaim során a szívembe zárta magát, mivel a NYSZC Bánki Donát Műszaki Szakközépiskolájában tanultam. A cég nagy számban használ vulkanizáló berendezéseket, amelyek nélkül a nagyipari gumigyártás lehetetlen lenne. A vulkanizálási folyamat 3 fő paramétere a hőmérséklet, az idő és a nyomás. Ezáltal a nyers, képlékeny gumikeverékből egy rugalmas termék jön létre, amelyet még további műveleteknek vetnek alá és végül megkapjuk a végleges terméket. Ezek a berendezések gőzzel fűtik fel a gumit, azonban az általam vizsgált berendezés egy teljesen új, indukciós technológiával fog üzemelni. Ennek a technológiának számos előnye van, amelyeket majd a dolgozatban bővebben bemutatok. Mivel ez egy teszt gép, így csak a beüzemelés után lehet pontos számadatokat meghatározni, azonban konstrukciós felvetéseket és javaslatokat már ezen folyamatok nélkül is meghatározhatunk. Mivel a berendezésben nagy nyomás uralkodik, ezért egy nyomástartó edénynek felel meg, amelyekre különböző szabványok előírt paramétereit, vizsgálatokat és ellenőrzéseket határoznak meg. Dolgozatom célja különböző számítások és szimulációk elvégzése, illetve egy kísérlet elvégzése egy adott alkatrész esetében.

1. TÉMAFELVETÉS

Szerkezeti anyag hallatán talán mindenkinek a beton, acél vagy üveg jut eszébe először. Pedig a gumit is tudjuk ebbe a csoportba sorolni, mivel egy különleges tulajdonságú szerkezeti anyag. A legszembetűnőbb sajátosság, hogy aránylag kis húzófeszültség hatására az eredeti hosszának többszörösére tudjuk nyújtani, és ha megszüntetjük az erőhatást, akkor gyorsan visszanyeri az eredeti hosszát. A gumiipari termékek felhasználás szempontjából rendkívül előkelő helyet foglalnak el. Mivel ekkora számú és jelentőségű helyet foglalnak el napjainkban, ezért számos újítás, kísérletezés köthető ehhez az iparhoz is. Azonban egy ilyen berendezés tervezése és üzembehelyezése számos probléma leküzdésével, méréssel, ellenőrzéssel és feladattal jár. Az adott vulkanizáló berendezés tervezése során döntő szerep volt a hőmérsékletnek. Mivel a jelenleg használt gépek gőzfűtésűek, ezáltal a külső köpeny is jelentős mennyiségű hőt vesz fel. Ez rendkívül balesetveszélyes lehet, továbbá ez a hő a külső környezetbe távozik. Társaimmal ennek az akadálynak a leküzdése volt a cél. Az indukciós hevítéssel létrehoztunk egy olyan gépet, amely a külső köpenynek jelentősen kisebb hőt ad át, ezzel minimalizálva a hőveszteséget és növelve a biztonságot is.

A vulkanizáló berendezés hengeres alakú. Felépítése egy nyomástartó edény elvén alapszik. A belsejében 32 bar üzemi nyomás uralkodik. Először az indukciós spirál(erről még a későbbiekben bővebben lesz szó) segítségével felhevítik, majd Nitrogén gázt juttatnak a tartály belsejébe, amellyel a terméket a balgra nyomják. Az indukciós vulkanizáló kamrához az alsó és a felső kamratárcsákat hegesztett kötéssel hozzák létre. Ezek a kötések 5 mm széles körbemenő sarokvarratok. Ezek miatt a varratok miatt kiemelten fontos a pontos illeszkedés és a szilárdságtani méretezés. Ha üzem közben valami hiba lép fel, akkor a gépnek azonnal le kell állnia. A kamra oldalán található egy csatlakozó, ami szintén hegesztett kötéssel van felfogatva. Mivel ez a csomópont gyengíti a hengeres héj szilárdságát, ezért ezzel is számolnunk kell.

A dolgozatom célja tehát a fent említett akadályok leküzdése egy újonnan tervezett, majd legyártott berendezésben. Az általam tervezett gépnek teljes mértékben biztonságosnak kell lennie, az elvárt megbízhatóság és pontosság mellett, ezért bemutatom a tervezést megelőző vizsgálatokat, számításokat, valamint végeselem módszerrel készített több szimulációt is, majd ezt követően a kiválasztott alkatrészen kívánom bemutatni a számítógépes gyártástechnológiát és a sorozatgyártást.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Ebben a fejezetben a dolgozathoz szükséges technológiát, a gumigyártást [1] és ennek folyamatait [4], illetve az indukciós hevítést [10] fogom részletesebben bemutatni. Továbbá szót ejtek még a nyomástató edények vizsgálatáról, nyomáspróba elvégzéséről.

2.1 A gumigyártás

A gumiipar legfőbb termelési profilja az abroncsgyártás. Szintén nagy részt foglal el a műszaki gumiipari cikkek gyártása. Legfontosabb termékei a gumitömlők és a csövek. Ezen kívül vannak még a hevederek, hajtószíjak, tömítések, cipőipari termékek, ragasztók illetve az egészségügyi termékek. Ahhoz hogy egy készterméket kapjunk, a kaucsuknak különböző technológiai műveleteken kell átesnie. Ezen műveletek:

- Keverékképzés: a legelső művelet a gumiipari termékek létrehozása során. Kiformálódnak a termék azon jellemzői, amelyek a továbbiakban meghatározzák a készterméket. A keverési művelet az összetevők adagolásától a végleges keverék kiürítéséig tart. A keverékeknek különböző tulajdonságai vannak. Ezek határozzák majd meg a végleges termékek minőségét, a műszaki és a technológiai tulajdonságait. Ezen túl még több külső tényező is befolyásolja azt, hogy a keverék megfelel-e az előírásoknak, vagy esetlegesen selejt keletkezik-e, netán a keveréket finomítani kell, ami időbeli veszteség. Ezek a külső tényezők lehetnek a raktározás állapotai, az alapanyagok minősége vagy az anyagok előkészítése. A keverékek létrehozására hengersizékeket, zárt keverőket, folyamatos működésű keverőket, illetve keverőüzemi extrudereket használnak. A keverés folyamata négy egymást követő ciklust tartalmaz.

Ez a négy ciklus:

- aprító és előpuhító ciklus,
- inkorporáló ciklus,
- diszpergáló ciklus,
- homogenizáló ciklus (egyszerű keverési szakasz).

- Kalanderezés: A kalanderezés egy alakító művelet. A nyerskeveréket kettő, esetleg több egymással szemben elhelyezett forgó henger között átvezetik. A hengerek között rés van, aminek a vastagsága meghatározott, ami létrehozza a nyomást. Ez a nyomás a réshez közeledve nő, majd ahogy távolodunk a réstől úgy csökken, mindaddig amíg a kalanderezett lemez el nem válik a hengerektől,

mivel ott már nem hat rá nyomás. Ezzel létrehozunk egy végtelen hosszúságú félkész lemezt, gumírozott szövetet, vagy profilt, amit a későbbiekben felhasználnak. Amennyiben profilos lemezt szeretnénk létrehozni, abban az esetben profilkalandert alkalmazunk. Az előállított termék és az eljárás megegyezik a hagyományos kalanderezéssel, azonban a három vagy négy henger közül az egyikben egy bemarás található. Ez a henger legtöbb esetben az alsó henger. A kalanderben kettő, három, vagy négy henger van, amelyek, fűthetők vagy hűthetők és nagyszilárdságú öntöttvasból készülnek. Igény szerint a hengereket ötvöztött acélból készítik. Különös figyelmet igényel a csapágyazásuk. Használhatunk siklócsapágyat és gördülőcsapágyat egyaránt. Kalanderezés során megkülönböztetünk hideg és meleg eljárást. A meleg eljárás előnyösebb, mivel hatékonyabb a keverék behatolása a szálak közé, illetve az acélkordba. Azonban hideg eljárást alkalmazva a száltávolság a felpréselt acélkordok között egyenletesebb. A meleg eljárás hátránya még, hogy költségesebb, viszont sokkal termelékenyebb, mint a hideg.

• Extrudálás: Az extrudálási folyamat során a nyerskeveréket egy nyíláson keresztül nyomjuk. Ez fogja megadni az alakját, amivel elvileg végtelen hosszúságú félkésztermék jön létre. A berendezés az extruder ami kétféle lehet. Azt leszámítva, hogy a nyomást, hogy állítják elő lehet csigás vagy dugattyús. Azonban leginkább a csigás eljárást használjuk. Az extruderbe a keveréket egy adagológáron keresztül tápláljuk be. A betáplálás történhet előpuhított keverékkel. Ez a fajtája a melegtetés. Viszont történhet csíkokra vágott puhítatlan keverékkel. Ezt nevezzük hidegetetésnek. Mivel két különböző eljárásról beszélünk, így különböző kialakítású extrudereket is használunk. Miközben a csiga forog a beadagolt anyag képlékenyebbé válik, majd felmelegszik. Ezt követően az anyag egy meghatározott keresztmetszettel kilép az extruderből. Ebben egy fejbe épített szűrő, egy szerszám és egy lemeztörő lesz segítségünkre. Ezt követően attól függően, hogy milyen a gyártott profil és a felhasználási terület, a terméket hűtőegységen vagy folyamatos vulkanizálón keresztülvezetik. A csiga méretei és a geometriai kialakítása határozza meg az extruder típusát és a felhasználási területeit. Kialakítását tekintve a csiga egy menetes orsó. Leginkább jobb menetemelkedésű és egy vagy két bekezdésű. A csigát körbe egy henger veszi körül. Ezt csigaháznak vagy hengernek nevezik. Legfőbb feladata az anyagáramlás biztosítása. Ennél a folyamatnál fontos tényező a súrlódási együttható. A csigában haladó keverék és a henger felülete között nagyobbak kell lennie, mint a csiga és a keverék között. Ha ez nem így történik, akkor a keverék a csigával együtt forog. Ebből adódóan a henger felülete durvább, amit öntvényből készítenek, egy adott mintázattal és hornyokkal ellátva. Az adagolás egy etetőnyíláson keresztül történik, ahol szalag formájában történik az anyag bevezetése. Abban az esetben, ha automatikus adagolásról beszélünk, egy etetőtölcsérrel egészül ki a szerkezet. A legvégső állomás az extruderfej. Az extrudereknek több fajtája van:

- hideg-, vagy melegegetetésű extruder
- vákuumextruder,
- QSM-extruder,
- nyírófejes extruder,
- Roller-Head-berendezés,
- hengerfejes extruder,
- összetett extruder,
- dugattyús extruder.

• Kaucsuk és keverékeinek oldása: Az alapfokú műveletek közé tartozik. Az oldatait legfőképp szövetítésre, ragasztásra, illetve szövetkenésre használják. A leggyakoribb oldószer a benzin. Leginkább 60-100 °C és 100-160 °C között használják. Extrább körülmények között benzolt használnak, azonban a megfelelő óvintézkedések mellett, mivel mérgező hatású. Helyettesíthető még toluollal vagy xilollal, amelyek kevésbé mérgezőek. A műkaucsukok esetében észtereket, ketonokat, vagy alkoholt használnak, mivel nem oldhatóak benzinben. Mivel napjainkban nagy szerepet szánunk az egészségügyi és a biztonsági előírásoknak, a szerves oldószerek használata visszaszorult. Helyettük latex-alapú diszperziós oldatokat használnak.

• Itatás: Az itatás a szövet gumírozásának egyik fajtája. Lehet még kenéssel(nedves eljárás) és kalanderezéssel(száraz eljárás). Kenéssel, azaz nedves eljárással a kaucsukkeveréket folyékony formában viszik fel. Ez lehet szerves oldószeres oldat, vagy diszperzió. Ezután az oldószert vagy a vizet elpárologtatják, amiből létrejön a szilárd kaucsukkeverék. Mind a három eljárást alkalmazhatjuk kombinálva, de önmagában egyaránt. De az itatást leginkább a kalanderezés követi, vagy ritkább esetekben kenés. Napjainkban az itatást a textil-gumi tapadás megnövelése érdekében használják. Erre a műszálak megjelenése miatt van legfőképpen szükség, mivel azok tapadása itatatlan helyzetben elég csekély. Az itatás során a szövetet teljes egészében az itatófürdőbe merítik.

• Kenés: A kenés a szövetek nedves úton történő gumizását jelenti, amely lehet egy- vagy kétoldalú. Mivel a felhasznált oldatok és diszperziók nagyobb viszkozitásúak, mint amit itatás során érünk el, ennek köszönhetően a felvihető anyagmennyiség is nő. Azonban a kalanderezéssel vékonyabb filmréteget érhetünk el és mindemellett olcsóbb, termelékenyebb és nem tűzveszélyes, ezért a kenés háttérbe szorult. Manapság csak kényes és különös gumírozásoknál használják.

Vulkanizálás: A keverési szakaszban a kaucsukot különböző adalékanyagokkal egy meghatározott összetétel szerint összekeverik. Ebből egy nyers, vulkanizálatlan keveréket kapunk. Ezt a

nyers keveréket nagyban befolyásolja a nyers kaucsuk tulajdonságai is. Azonban különböző folyamatokkal a gumi tulajdonságait javítják, mielőtt elnyerné végső formáját. Ilyen művelet például a kaucsuk puhítása, extrudálás, kalanderezés és természetesen a vulkanizálás is. Azonban mielőtt a gumit vulkanizálnánk, a gyártmányokat számos elemből építjük fel. Amikor az elemek összeszerelése történik, kellőképpen oda kell figyelni az illesztésekre, hogy megfelelő tapadást érjünk el. Az esetleges szétválások szinte lehetetlenné teszik a készgyártmány felépítését. Erre azért is kell odafigyelni, mert a vulkanizálás nem csak a kaucsuk keverékek térhálósítására szolgál, hanem a különböző felépített elemek összevulkanizálására is. Ennek a gumi-gumi kötésnek a szilárdságát nagyban befolyásolja a vulkanizátum szilárdsági értéke. Viszont a vulkanizáló hegesztési kötés csak abban az esetben lesz megfelelő szilárdságú, ha a diffúzió a térhálósódás előtt halad. Ezáltal a tapadási szilárdságot döntően befolyásolja a diffúzió és a térhálósódás egymáshoz viszonyított sebessége. Ebből következik, hogy a hosszabb beégési idő nagy tapadási szilárdságot okoz. Azonban ez a tapadási szilárdság növelhető. A gumigyártás folyamatánál a vulkanizálás az utolsó folyamat. Megadja a termék végső formáját és tulajdonságait. Vulkanizálás közben törekednünk kell az optimális térhálósódásra. A vulkanizálást több külső tényező is befolyásolja. Ezt két csoportra osztjuk:

-Kémiai tényező: ez maga a vulkanizáló rendszer,

-Fizikai tényező: nyomás, nedvesség, idő.

A vulkanizálás fajtáit számos szempont szerint is rendszerezhetjük:

- Hőmérséklet szerint:
 - meleg vulkanizálás magas hőmérsékleten,
 - hideg vulkanizálás normál hőmérsékleten,
- Alkalmazott fűtés szerint:
 - direkt,
 - indirekt,
- Alkalmazott fűtőközeg szerint:
 - gőz,
 - gáz,
 - folyadék,
 - fluidágy,
 - infravörös sugárzás,
 - elektromos fűtés,

- Alkalmazott nyomás szerint:
 - nyomás nélkül,
 - nyomás alatt,
- Folyamata szerint:
 - szakaszos,
 - folyamatos.

2.2 Indukciós hevítés, mágneses indukció

Miután 1820-ban Oersted felfedezte a mágneses mezőt, rendkívüli figyelmet szenteltek a mágneses mezővel történő áram létrehozásának. Ezt 1831-ben Faraday megoldotta. Ennek köszönhetően indult radikális fejlődésnek a villamosipar. Megjelentek a transzformátorok és a generátorok. Különböző kísérletek során megtapasztalták, hogy ha véges ellenállású nyugvó hurok közelében akkor mágneses mező a hurokban áramot hoz létre. Ezt nevezzük nyugalmi indukciónak. Az indukciónak különböző fajtái léteznek [10]. A mi esetünkben egy indukciós tekercs van, ami létrehozza majd a hőmérsékletet. Ezt a hevítési fajtát elég fontos iparágakban használják:

- hőkezelés, felületi edzés
- ultratiszta fémolvasztás
- főzőlapok, fűtés

A mi esetünkben számos előnye van az indukciós hevítésnek:

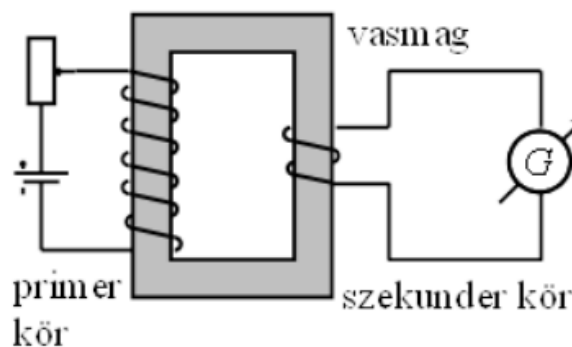
- kevesebb hőveszteség
- gyors
- az anyag teljes hosszán kedvezőbb, homogén a melegedés
- nincs szükségünk semmilyen fűtőanyagra, ezáltal nincs elégetett melléktermék sem
- környezetbarát módszer

Azonban akad egy-két hátrány emellett:

- drágább
- amennyiben több indukciós vulkanizálót szeretnénk, gondoskodni kell a megfelelő áram mennyiségéről.

Ha egy adott mágneses mezőben található vezetőben áram folyik át, akkor erre a vezetőre erő hat, illetve mozgásba lendül. Ezt az erőt Ampère-erőnek nevezzük. ebből adódik a kérdés, hogyha egy vezetőt mozgatunk az adott mágneses mezőben, fog-e áram indukálódni, továbbá mágneses úton milyen módszerrel lehet áramot létrehozni. Abban az esetben, amennyiben a vezetőből létrehozott vonal zárt, akkor az indukált elektromos erő segítségével létrejön az indukált áram. Manapság villamos

energia nélkül az élet roppant nehéz lenne. Viszont az energiának ezt a fajtáját leginkább elektromágneses indukció segítségével állítják elő. Elsősorban szinkrongenerátorokat használnak. Elnevezése a forgórész és a forgó mágneses mező fordulatszámának megegyezéséből ered. Az állórészben találhatók a tekercsek, míg a forgó részen egy állandó mágnes van elhelyezve. A forgó állandó mágnes létrehoz egy forgó mágneses mezőt, aminek segítségével a külső álló tekercsekben feszültség indukálódik. Ezt követően ezt a feszültséget feltranszformálják. Ez a jelenség a mozgási indukció. A mi esetünkben azonban a nyugalmi indukció jelenségét kell bővebben megvizsgálni.



1.ábra: A nyugalmi indukció létrehozása

Forrás: Kovács E., Paripás B.: Fizika II.

Amennyiben jobban szemügyre vesszük az 1. ábrát, megfigyelhetjük, hogy ameddig a változtatható ellenállás által változtatjuk az áramerősséget a primer körben, szintén változik az általa gerjesztett mágneses tér indukciója. Az így keletkezett indukcióvonalakat a szekunder kör körül fogja, aminek hatására változik a szekunder fluxus. Egészen addig áram folyik, amíg a fluxust változtatjuk. Az áram létrejöttének magyarázata az, hogy az időben változó mágneses mező elektromos teret indukál. Ez az indukált elektromos mező elmozdítja a szekunder vezeték szabad elektronjait. Ez a jelenség a kölcsönös indukció, mivel a primer kör áramának változása gerjeszt feszültséget a szekunder körben. Ha a tekercset lekapcsoljuk az áramforrásról, egyben rövidre zárjuk, abban az esetben az árammérő mutatója csökkenő áramerősséget mutat, nem egyből nullát. Ez annak köszönhető, hogy lekapcsolva az áramforrást megváltozik a mágneses mező fluxusa, aminek köszönhetően elektromos mező indukálódik, és ez fenntartja az áramot egy darabig. Ez a jelenség az önindukció. Ebben az esetben a vezetőkör áramának változása okozza az indukált feszültséget. Az indukció létrejöttével felfűthető egy elektromosan vezető tárgy. A vezető tárgy általában fém. A belsejében forgóáramok, azaz Foucault-áramok keletkeznek, majd az ellenállás a vezető tárgy Joule-fűtését eredményezi. Ez a formája a fűtésnek a nem érintkező fűtés csoportjába tartozik. A tekercsen váltakozó áram folyik

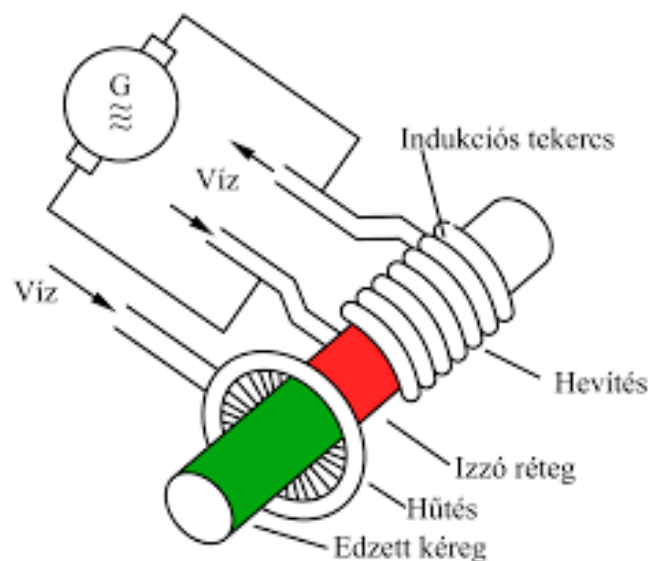
keresztül, a tekercs körül pedig váltakozó áram van jelen, a fémbe pedig örvényáram keletkezik. Az örvényáram az anyag ellenállásával találkozva hőt képez. Ezt a fűtési technológiát az 1920-as években kezdték el használni, de leginkább a második világháború hozta el a nagy áttörést. A heves és sürgős háborús igények megkövetelték a motor alkatrészek folyamatos előállítását. Napjainkra a nagyobb igények és a minőség-ellenőrzés a technológia reformálásához vezetett.

Indukciós fűtés során a tekercsen nagyfrekvenciás váltakozó áram folyik keresztül. A frekvencia több dologtól is függ:

- méret
- anyag
- a munkahenger és a felmelegítendő tárgy közötti csatolás
- behatolási mélység.

A magas frekvenciájú indukciós melegítés alkalmazási területei:

- keményítés
- lágyítás
- fémek kötése.



2. ábra: **Indukciós hőkezelés**

Forrás: <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-3/feluleti-hokezelesek/feluleti-hokezelo-eljarasok>

Ezzel a fűtési módszerrel megfelelően lehet ötvözni a sebességet, a konzisztenciát és a megfelelő ellenőrzést. Egy gyors és tiszta fűtési forma, amely nem szennyez. Használható hőkezelésre, ahogy a 2. ábrán is látható, illetve a vezető anyag tulajdonságainak módosítására. A szilárdtest-tran-

zisztor-technológia felfedezése megkönnyítette, továbbá költséghatékonyabbá tette az eljárást legfőképpen a forrasztáshoz, az indukciós forrasztáshoz, az indukciós olvasztáshoz, az indukciós hőkezeléshez és az indukciós kovácsoláshoz.

2.3 Nyomástartó berendezések biztonsági szabályzatai

Jelen esetben több fontos fogalmat is tisztáznunk kell. Az általunk használt vulkanizáló berendezés robbanásveszélyes környezetben van. Különböző nyomáspróbákban lehet alávetni. Ebben a fejezetben ezeket a fogalmakat fogom egy kicsit részletesebben tárgyalni, illetve bemutatom a berendezésen végrehajtott nyomáspróbát is.

Először is a robbanásveszélyes környezetet szeretném taglalni. A ContiTech Magyarország Kft.-nél egyedül egy üzem van ahol ez a figyelmeztetés látható. Ebben a helyiségben a gázok, gőzök vagy porok levegővel alkotta elegye, amely szikra, vagy gyújtás hatására áttérjedhet az egész elegyre a megengedett értéknél magasabb. Azonban az általam bemutatott vulkanizáló berendezésnél a fő akadályt a belső nyomás és hő adja. Mivel a berendezés nyomástartó edénynek számít, így a számításokon és végeselem módszeren kívül még valamilyen nyomáspróbát is el kell végeznünk, amelynek több módja is lehetséges:

-Tömörségi: ezzel a vizsgálattal a berendezés legnagyobb nyomáson való tömörségét vizsgáljuk. A felhasznált töltet belső sűrűsége kisebb, mint az üzemi töltet.

-Szilárdsági: az adott berendezést próbanyomás alá helyezik, kialakítva egy belső túlnyomást, ezzel vizsgálva a nyomástartó edény mechanikai szilárdságát.

-Tömörégi ellenőrzés: a vizsgálat célja a berendezés szivárgásának esetleges megállapítása. Saját közeggel és üzemi nyomáson hajtják végre.

-Nyomáspróba: nyomáspróba során az előírásokat pontosan be kell tartani, az esetleges hiányosságokat pótolni kell. A különböző vezetékeknek vagy bekötéseknek is meg kell felelnie az igénybevételeknek. A berendezést folyadékkal kell feltölteni, ami a mi esetünkben víz lesz. A nyomástartó legmagasabb pontján található csatlakozásnak vagy légtelenítőnek nyitott állásban kell lennie. Ha a légtelenítés megtörtént kezdődhet a belső nyomás növelése, amit folyamatosan és fokozatosan kell növelnünk. Amennyiben hirtelen nyomásesés következik be kárt tehet a berendezésünkben. Amennyiben az ellenőrzés idejében nyomásváltoztatást szeretnénk alkalmazni, mindenképpen az ellenőrzést végző személy beleegyezésével történhet.

A nyomásváltoztatásra előírt követelmények:

- Feleljen meg a gyártó előírásainak a lassú fokozatos nyomásváltoztatás.
- A nyomásnövelés maximális percenkénti sebessége: legnagyobb max. nyomás 10%-a, vagy 30 bar/perc.
- Nyomás növelése: max. nyomás 50%-áig lépcsőzetesen, azt követően 10%-os lépcsőzetenként kis szünetekkel (elhanyagolható a lépcsőzés, ha a nyomásnövelés lassabb, mint a max nyomásra vonatkoztatott 1%/perc).
- Amennyiben rendellenesség, törés, esetleg hirtelen nyomásesés következik be a próbát azonnal meg kell állítani, ezt követően a hibát feltárni és kijavítani.
- Amennyiben hibák lépnek fel, amelyeket csak hegesztés alkalmazásával lehet megszüntetni újbóli vizsgálat szükséges.
- Próbanyomás ideje első használatkor, vagy átalakításkor: 10 perc
- Ismétlődő nyomáspróbákkor: 3-5 perc
- A próbanyomás alkalmával a nyomás nem csökkenhet, közvetlen közelében nem tartózkodhat senki.
- A mérés végeztével a nyomást lassan csökkentenünk kell, majd ellenőrizni az összes nyomásnak kitett alkatrészt. Ezután nyomásmentesítenünk kell, odafigyelve a vákuum kialakulásának megelőzésére (levegőztetés).

3. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

Az anyag és módszertani részben a dolgozatomhoz szükséges számítások, elemzések, kísérletek módszereit, körülményeit mutatom be bővebben.

3.1 Nyomástartó edények vizsgálata

Amennyiben nyomástartó edényt szeretnénk létesíteni, az engedélyt a 63/2004. (IV. 27.) GKM rendelet és a 23/2006. (II. 3.) Kormányrendelet határozza meg [9]. A Szabályzat célpontja, hogy a nyomástartó edény használata és üzemben tartása ne veszélyeztesse az élet, a vagyon és a környezet biztonságát megfelelő a karbantartás, és rendeltetésszerű használat mellett. Az edénynek fontos követelményeknek, illetve az adott üzemre jellemző mechanikai, kémiai, és hőmérsékleti igénybevételeknek kell megfelelnie. Jelölni kell a veszélyes töltetet, a potenciálisan veszélyes környezetet és a védőtávolságot. Az illetéktelen beavatkozást kerülni kell. Nyomástartó edény tervezését kizárólag a jogszabály által meghatározott személyek végezhetik, amelyet a szakmai kamara határoz meg. A műszaki leírásának tartalmaznia kell:

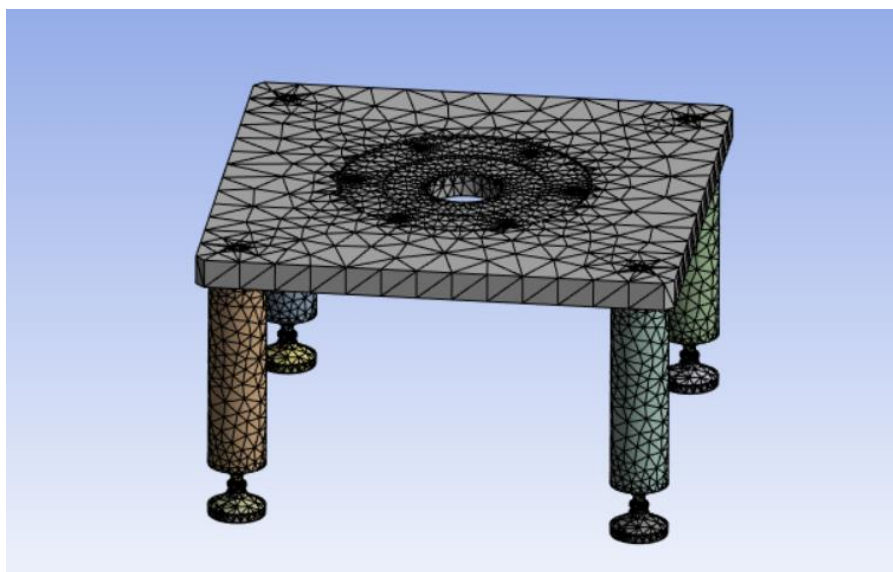
- a létesítmény alapadatait,
- létesítmény helyszíne,
- tervezési cél, műszaki paraméterek,
- a létesítmény fő műszaki paraméterei,
- nyomástartó berendezés sajátos adatait,
- biztonsági berendezések, szerelvények adatai,
- szellőztető, elszívó berendezések,
- elektromos berendezések, tűz- és gázvédelmi berendezések,
- biztonsági szerelvények,
- biztonsági értékelés eredménye,
- nyomástartó berendezés és technológia leírása,
- tűz- és környezetvédelemre vonatkozó megoldásokat,
- munka- és egészségvédelem,
- nyomáspróbák, üzempróbák stb.

A biztonsági értékelés segítségével üzemeltetési utasítást készítünk. Ez az utasítás kiterjed az

összes tartozékra, segédberendezésre, a veszélyt okozó körülmények egy részére, továbbá az üzembavarok okozta magatartásra. Az utasításnak kiterjedt részletességgel kell tárgyalnia a biztonságos üzembehelyezést, a szükséges védőfelszereléseket, a normál üzemet és a leállást, illetve egyéb alapvető kérdéseket.

A nyomástartó edényeknek nagy fontosságú műszaki-biztonsági követelményei vannak. Nélkülözhetetlen a védelem a külső káros hatásoktól. Ilyen káros hatás lehet a korrózió, amit okozhat csapadék, vagy a töltet vegyi és fizikai tulajdonságai. Védni kell a fagyhatástól, a hőhatásoktól, túlterheléstől, illetve a kültéri villámvédelmet is biztosítani kell. Továbbá óvnunk kell a káros tevékenységektől. Ilyen lehet például egy hegesztő tevékenység, amelyet a berendezés közelében kell végrehajtani. Ilyenkor különböző intézkedéseket kell végrehajtanunk, hogy veszély még véletlenül sem következhesen be.

Az elhelyezése meghatározott paraméterekkel rendelkező talajra, vagy alapra történik. A berendezés könnyen megközelíthető, karbantartható legyen. Biztosítani kell a hőszigetelést. Rendelkeznie kell egy vészkapcsolóval, illetve túltöltés határolóval. Rendelkezni kell még tűz- és robbanásveszélyt megfékező rendszerrel.



3. ábra: Mesh háló egy végelelemmel vizsgált rendszerénél

(Forrás: Saját kép)

Dolgozatomban számításokkal és szimulációkkal (3. ábra) fogom biztosítani, hogy a kiválasztott anyag tökéletesen megfelelő a terheléseknek, továbbá egy új anyagminőséget is megvizsgálók. Amikor egy alkatrészt vagy valamilyen rendszert modellezünk több dolgot is figyelembe kell vennünk:

- Környezeti hatások (hőhatás, térbeli hatás)
- Testek kölcsönhatása
- Anyagszerkezet (homogenitás, rugalmasság)
- Geometriai alak
- Megfogás
- Alakváltozás
- Elmozdulás

A mechanika jelentős szerepet játszik a tervezési folyamatokban. Elengedhetetlen megvizsgálni az adott szerkezetet érintő élettartami és szilárdságtani elvárásokat. Ezek vizsgálatával következtetéseket vonhatunk le a berendezésünkkel kapcsolatban. A végeelem módszer segítségével a terheléseket szimulálhatjuk különböző módokon (hőmérséklet, nyomás, erő). Természetesen ez csak egy elméleti dolog, tehát nem zárhatjuk ki a különböző anyaghibákat, vagy technológiából adódó hibákat pl. légzárványt egy hegesztési varratban. Emiatt elengedhetetlen valamilyen más vizsgálat is, jelen esetben nyomáspróba. Az én egyik feladatom volt a berendezés végeelem módszerével történő vizsgálata, amely során megbizonyosodtam, hogy a kamra és az egyéb alkatrészek kibírják-e az adott terhelést, amely jelen esetben a belső nyomás.

3.2 Számítógépes gyártástervezés

Jelen esetben az indukciós vulkanizáló berendezésből csak 1 darab készül, mivel ez egy teszt gép lesz, azonban szerettem volna megvizsgálni, illetve szimulálni a saját alkatrészem nagyobb darabszámú gyártását [2-3]. Mivel csak diákverzió áll rendelkezésemre, így korlátolt keretek között végeztem el a szimulációt.

Gyártástervezés feladatai:

- egy adott gyártmány gyártási rendszerének kidolgozása,
- az alkatrész gyártásához ajánlatos terület, gépek, emberi erőforrások meghatározása,
- a szűk keresztmetszet meghatározása,
- a kiegészítő műveletek kidolgozása,
- a gyártási folyamatok bevezetése.

Tervezéskor két fő eset lehetséges, attól függően, hogy a meglévő gyártási rendszert szeretnénk egy magasabb szintre emelni, vagy egy teljesen új gyártási rendszert szeretnénk tervezni. Mivel az én esetemben egy teljesen új gyártási rendszer lesz, így ezt szeretném egy kicsit bővebben taglalni.

A gyártási meneterv előzetesen nem határozható meg pontosan, sokkal inkább csak tervezési szinten, amely megfelelő alap a tervezési munkáknak. A meghatározásához szükségünk lesz a művelettervekre, szerelési családfára és a gyártási normaidőkre.

Szimulációt a Siemens Plant Simulation alkalmazásával fogom szemléltetni és vizsgálni. A Plant Simulation egy anyagáramlás szimuláció, amellyel szimulálhatunk gyártmány vagy anyagáramlást. Legcélszerűbb felhasználási területe üzemcsarnokokon belüli. Ehhez három fontos kérdés kapcsolódik:

- ❖ Gépek, munkások, tárolók száma,
- ❖ Műveletek sorrendje, logisztikai kérdések,
- ❖ Gépek, dolgozók legmegfelelőbb elhelyezkedése.

Az alkalmazás megfelelő a gyártás modellezésére logisztikai szempontból, vagy a szűk keresztmetszetek elemzésére, vagy a teljesítmények finomítására. A modell segítségével könnyen vezethetünk be változásokat, tesztelhetünk különböző gépeket, vagy folyamatokat, továbbá komplett gyártósort építhetünk be. Ezáltal könnyen kiküszöbölhetőek az akadályok, ezzel időt és pénzt megspórolva. Segítségével növelhetjük a gyártósorunk termelékenységét, csökkentve a gyártási időket. Továbbá maximalizálhatjuk a gyártási erőforrások felhasználását, minimalizálva a veszélyeket és a pufferméreteket.

A Plant Simulation funkciói, jellemzői:

- ❖ gyáarak, gyártórendszerek szimulációja,
- ❖ 3D megjelenés,
- ❖ magyar nyelvű verzió,
- ❖ grafikonok, diagrammok elemzése,
- ❖ integráció lehetősége (CAD, SQL).

4. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

Ezen részben a kapott eredményeket és a vizsgálatokat mutatom be. A számításaim eredményeit levezetve, táblázatban foglaltam össze [5-7]. A VEM szimuláció eredményeit ábrákkal szemléltetem.

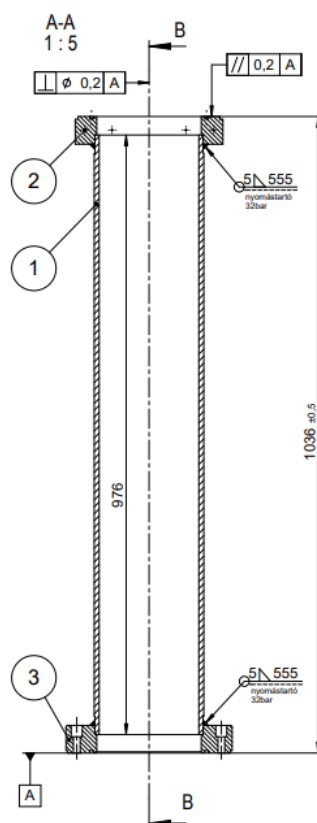
4.1 Szilárdságtani eredmények

A számítások elvégzésével, illetve a SolidWorks programban végeelem módszer szimulálásával összefoglaló képet kaptam a berendezésre ható nyomások hatásairól, illetve a berendezés megbízhatóságáról. A berendezés S355JR anyagból készül, aminek falvastagsága 8 mm. Külső átmérője 178 mm (4.ábra). A nyomástartó edényt 32 bar nyomásra méretezem. El kell végeznem tehát a szilárdsági ellenőrzését a berendezésnek és megbizonyosodni arról, hogy biztonságos-e. A berendezés főbb adatait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A berendezés adatai

Méretezési nyomás	P_d	32 bar
Köpeny külső átmérője	D_e	178 mm
Köpenyfal vastagsága	e	8 mm
Térfogat	V	0,024 m ³
Üzemi hőmérséklet	T	185

Forrás: Saját szerkesztés



4. ábra: A nyomástartó edény

Forrás: Saját kép

2. táblázat: A berendezés anyagminőségei

Elemek	Anyag	Szakító szilárd- ság R_m	Folyás- határ R_{eH}	Ütő- munka érték K_V	Nyúlás A	Folyás- határ 20 °C-on $R_{p0,2/20}$	Folyás- határ 60 °C-on $R_{p0,2/60}$
Köpeny	S275JR	500 MPa	275 MPa	27 J	23 %	275 MPa	260 MPa
Felső kam- ratárcsa	S355JR	600 MPa	355 MPa	27 J	22 %	275 MPa	260 MPa
Alsó kamra- tárcsa	S355JR	600 MPa	355 MPa	27 J	22 %	275 MPa	260 MPa
Csatlakozó	S355JR	600 MPa	355 MPa	27 J	22 %	275 MPa	260 MPa

Forrás: Saját szerkesztés

Ahhoz, hogy számításainkat el tudjuk végezni, szükségünk van a felhasznált alkatrészek anyag-minőségeire. Miután ez megvan, megkapjuk az anyagok szakítószilárdságát és folyáshatárát. Ezeket az adatokat a 2. táblázatban összegeztem. Felhasználva ezeket az adatokat megkapjuk a szükséges feszültségeket. Ezt követően meg kell határoznunk a tervezési hőmérsékletet és a tervezési nyomást. Ezeknek az értékeknek nagyobbak kell lennie, mint az üzemi hőmérséklet és az üzemi nyomás. Jelen esetben a tervezési hőmérséklet 200 °C és az üzemi nyomás 32 bar.

Belső nyomásra történő ellenőrzés:

Megengedett feszültségek:

Tervezési hőmérsékleten, normál üzemi terhelés mellett a köpeny megengedett feszültsége:

$$f_d = \min \left(\frac{R_{p0,2/60}}{1,5}; \frac{R_{m/20}}{2,4} \right) = \min \left(\frac{260 \text{ MPa}}{1,5}; \frac{500 \text{ MPa}}{2,4} \right) = 208,33 \text{ MPa}$$

Környezeti hőmérsékleten, normál üzemi terhelés mellett a köpeny megengedett feszültsége:

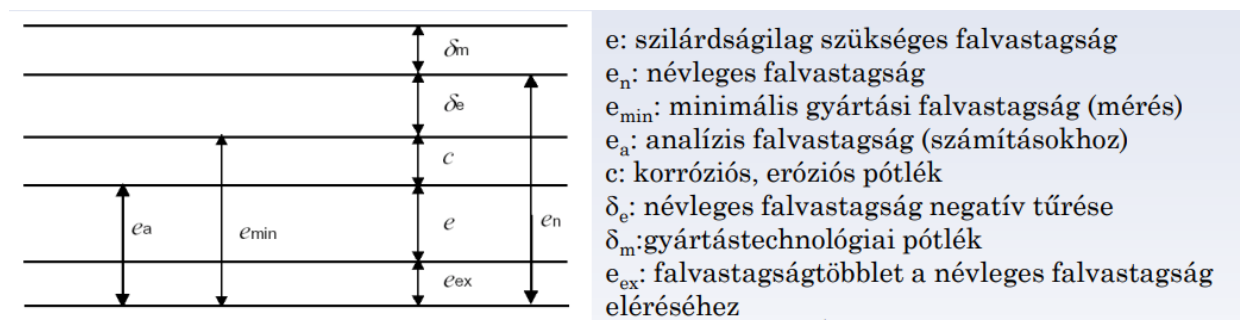
$$f_{20} = \min \left(\frac{R_{p0,2/20}}{1,5}; \frac{R_{m/20}}{2,4} \right) = \min \left(\frac{275 \text{ MPa}}{1,5}; \frac{500 \text{ MPa}}{2,4} \right) = 183,33 \text{ MPa}$$

Először belső nyomásra kell ellenőrizni. Számításaim alapján a megengedett feszültségre 208,33 MPa érték jött ki. Ezt követően a hengeres köpeny szilárdsági ellenőrzését végeztem. Ehhez először szükségünk lesz a falvastagságok meghatározására, amiben a 3. táblázat lesz segítségemre.

3. táblázat: A köpeny adatai

Hengeres köpeny megengedett feszültsége (60°C-on)	f_d	208,33 MPa
Korróziós pótlék	c	1 mm
Varratszilárdsági tényező	z	0,85
Névleges falvastagság negatív tűrése	δ_e	0,5 mm

Forrás: Saját szerkesztés



5.ábra: Falvastagság definíciók

Forrás: Dr. Siménfalvi Zoltán: Vegyipari készülékek tervezése I.

A köpeny szilárdsági ellenőrzése: A 3. számú táblázat és az 5. ábra segítségével meghatározhatom az alapvető falvastagságokat, amiből következik majd a nyomástartó edény belső nyomásra való ellenőrzése.

A köpeny szilárdsági ellenőrzése:

A falvastagságok:

- Szilárdságilag szükséges falvastagság: pótlékok nélkül

$$e = \frac{P \cdot D_e}{2 \cdot f_d \cdot z + P} = \frac{4 \text{ MPa} \cdot 178}{2 \cdot 208,33 \text{ MPa} \cdot 0,85 + 4 \text{ MPa}} = 1,98 \text{ mm}$$

- Minimális falvastagság: pótlékok nélkül: gyártási vastagság

$$e_{\min} = e_n + \delta_e + c = 1,98 + 0,5 + 1 = 3,48 \text{ mm}$$

- Analízis falvastagság: Számításokhoz szükséges

$$e_a = e_n - \delta_e - c = 8 - 0,5 - 1 = 6,5 \text{ mm}$$

- Alkalmazhatóság:

$$\frac{e_{\min}}{D_e} = \frac{3,48}{178} = 0,019 \leq 0,16 \rightarrow \text{Megfelelő!}$$

Átmérők:

- A köpeny közép átmérője:

$$D_m = D_e - e_a = 178 \text{ mm} - 6,5 \text{ mm} = 171,5 \text{ mm}$$

- A köpeny belső átmérője:

$$D_i = D_e - 2 \cdot e_a = 178 \text{ mm} - 2 \cdot 6,5 \text{ mm} = 166 \text{ mm}$$

A belső átmérő számításával 166 mm, azonban a nagyobb biztonság és szilárdság érdekében ezt az értéket 170 mm-re módosítottam.

Maximális üzemi nyomás: Ez az érték határozza meg azt a maximális nyomást, amit a köpeny bír.

$$P_{\max} = \frac{2 \cdot f_d \cdot z \cdot e_a}{D_m} = \frac{2 \cdot 208,33 \text{ MPa} \cdot 0,85 \cdot 6,5}{171,5 \text{ mm}} = 13,42 \text{ MPa}$$

Mivel a maximális üzemi nyomás nagyobb a méretezési nyomásnál (32 bar), így a köpeny megfelel.

4. táblázat: **Köpeny méretei**

Köpeny közép átmérő	D_m	171,5 mm
Köpeny belső átmérő	D_i	165 mm
Köpeny analízis falvastagság	e_a	6,5 mm
Falvastagság negatív túrés	δ_e	0 mm
Beépítési falvastagság	e_n	1,98 mm
Varratszilárdsági együttható	z	1

Forrás: Saját szerkesztés

A 4. táblázatban található adatokat szabványnak megfelelően számítottam ki, azonban a köpeny falvastagsága 8 mm lesz, ezzel növelve a biztonsági tényezőt.

Számításaimat a kivágások és a tartályon lévő csonek ellenőrzésével folytatom. Ezek az alkatrészek nagyban befolyásolják a köpeny szilárdságát, ezért van erre szükség. A köpenyen a legnagyobb merevítetlen kivágás 252,069 mm lehet. Az ennél nagyobb átmérőjű kivágásokat merevítéssel kell ellátnunk, mivel gyengítik a köpeny szilárdságát. Ezt követően a belépő csonek szilárdsági ellenőrzése következik. A belépőcsonek anyaga S355JR, amely egy G 1/2-es csőmenettel rendelkezik. A csatlakozó átmérője 34 mm, amit hegesztéssel biztosítanak. A csonek nem keresztez hegesztési varratot. A csonek adatai az 5. táblázatban láthatóak

5. táblázat: **Csonek adatok**

Köpeny belső átmérő	D_i	171 mm
Köpeny analízis falvastagság	e_a	6,5 mm
Csonek külső átmérő	d_{csk}	40 mm
Csonekkiállítás (Faltól)	h_{cs}	22 mm
Csonek névleges falvastagság	e_{csn}	10 mm
Csonek negatív túrés	t_{csn}	0 mm
Csonek benyúlás	l_{csb}	0 mm
Megengedett feszültség	f_b	208,33 MPa

Héjzavarástól való táv	l_s	22 mm
------------------------	-------	-------

Forrás: Saját szerkesztés

Kivágások ellenőrzése:

A héjak igénybevételei leginkább a membránérők (síkjukban ható erők). Ezek a belső nyomásból származnak. Ezek az erők rendkívüli jelentőséggel bírnak, mivel a héj síkjában membránfeszültséget képeznek, amivel a tartály tönkremenetele bekövetkezhet. Ez a membránfeszültség egy húzófeszültség. Ettől kevésbé jelentősebb a hajlítónyomaték, ami lokálisan jelentkezik. Amennyiben a hajlító hatás a héj mediángörbén (elhalási hossz) jelentkezik, gyorsan csillapodik.

- Elhalási hossz:

$$l_s = \sqrt{(2 \cdot r_i + e_a) \cdot e_a} = \sqrt{(2 \cdot 82,5 + 6,5) \cdot 6,5} = 33,38 \text{ mm}$$

- Köpeny görbületi sugár:

$$r_i = \frac{D_e}{2} - e_a = \frac{178}{2} - 6,5 = 82,5 \text{ mm}$$

- Kivágás legnagyobb átmérője (merevítetlen):

$$d_{\max 1} = \frac{e_a \cdot l_s \cdot \frac{f_d - 0,5 \cdot P}{P} - r_i \cdot l_s}{0,5 \cdot r_s - 0,5 \cdot e_n} = \frac{6,5 \cdot 33,38 \cdot \frac{208,33 - 0,5 \cdot 3,2}{3,2} - 82,5 \cdot 33,38}{0,5 \cdot 83 - 0,5 \cdot 6,5} = 251,16 \text{ mm}$$

$$d_{\max 2} = 0,15 \cdot \sqrt{(2 \cdot r_s + e_a) \cdot e_a} = 0,15 \cdot \sqrt{(2 \cdot 82,5 + 6,5) \cdot 6,5} = 5,008 \text{ mm}$$

$$d_{\max} = \max(d_{\max 1}; d_{\max 2}) = \max(252,069; 5,008) = 251,16 \text{ mm}$$

Csonk szilárdsági méretezése:

- Analízis falvastagság:

$$e_{ab} = e_{csn} - c - t_{csn} = 10 - 1 - 0 = 9 \text{ mm}$$

- Szükséges falvastagság:

$$e_{sz} = \frac{P \cdot d_{csk}}{2 \cdot f_b \cdot z + P} = \frac{3,2 \cdot 40}{2 \cdot 208,33 \cdot 0,85 + 3,2} = 0,1129 \text{ mm}$$

$$e_{sz} \leq e_{ab} \rightarrow \text{Tehát a feltételeknek megfelelő.}$$

- Belső átmérő:

$$d_{csb} = d_{csk} - 2 \cdot e_{ab} = 40 - 2 \cdot 9 = 22 \text{ mm}$$

- Maximális csonkátmérő ellenőrzése:

$$\frac{d_{csb}}{2 \cdot r_i} \leq 1 \rightarrow \text{Geometriai feltétel}$$

$$\frac{22}{2 \cdot 82,5} \leq 1$$

Mivel a számított érték 0,13, így a csonkátmérő megfelel.

Elhalási hossz:

- Köpeny esetében:

$w_{\min} \leq l_s$, ahol a $w_{\min}$ a minimálisan szükséges táv

$$w_{\min} = \max [0,2 \cdot \sqrt{(2 \cdot r_i + e_a) \cdot e_a} ; 3 \cdot e_a]$$

$$w_{\min} = \max [0,2 \cdot \sqrt{(2 \cdot 82,5 + 6,5) \cdot 6,5} ; 3 \cdot 6,5] = 19,5 \text{ mm}$$

$$l'_s = \min (l_{s0}; l_s) = \min(l_{s0}; l_s) = \min(19,5 \text{ mm}; 6,67 \text{ mm}) = 6,67 \text{ mm}$$

$$l_{s0} = 0,2 \cdot \sqrt{(2 \cdot 82,5 + 6,5) \cdot 6,5} = 6,67 \text{ mm}$$

$$19,5 \text{ mm} \leq 22 \text{ mm} \rightarrow \text{Megfelelő!}$$

- Csonkon:

$$l_{b0} = \sqrt{(d_{csk} - e_{ab}) \cdot e_{ab}} = \sqrt{(40 - 9) \cdot 9} = 16,70 \text{ mm}$$

$$l'_b = \min(l_{b0}; h_{cs}) = \min(16,70 \text{ mm}; 22 \text{ mm}) = 16,70 \text{ mm}$$

$$l'_{bi} = \min(0,5 \cdot l_{b0}; l_{bi}) = \min(0,5 \cdot 16,70 \text{ mm}; 0 \text{ mm}) = 0 \text{ mm}$$

Ezt követően a teherviselő felületeket számoltam ki, majd a 6. táblázatban összegeztem. Ezeknek az értékeknek a megengedett üzemi nyomás kiszámítása miatt van szükségünk.

Teherviselő felületek:

- Csonkon:

$$A_{cst} = e_{ab} \cdot (l'_b + l'_{bi} + e_a) = 9 \cdot (16,70 + 0 + 6,5) = 208,8 \text{ mm}^2$$

- Köpenyen:

$$A_{kt} = l'_s \cdot e_a = 6,69 \cdot 6,5 = 43,485 \text{ mm}^2$$

- Hegesztési varraton:

$$A_{ht} \geq (0,7 \cdot \min(e_a; e_{ab}))^2 = (0,7 \cdot \min(6,5; 9))^2 = 56,7 \text{ mm}^2$$

- Maximálisan megengedett üzemi nyomás:

$$P_{\max} = \frac{(A_k + A_{ht}) \cdot f_d + A_{cst} \cdot f_d}{A_k + A_{cs} + 0,5 \cdot (A_{cst} + A_{ht} + A_{kt})} = \frac{(56,7 + 43,485) \cdot 208,33 + 208,8 \cdot 208,33}{2215,27 + 255,2 + 0,5 \cdot (208,8 + 56,7 + 43,485)} = 24,52 \text{ MPa}$$

Mivel a tervezési nyomás 32 bar, azaz 3,2 MPa, így a berendezés megfelel. Azonban önmagában ez kevés, további vizsgálatokat kell végeznünk (VEM, nyomáspróba), hogy megbizonyosodjunk nincs-e hegesztési hiba, zárvány, vagy egyéb probléma.

6. táblázat: **Teherviselő felületek**

Csonk teherviselő felülete	A_{cst}	208,8 mm ²
Köpeny teherviselő felülete	A_{kt}	43,485 mm ²
Hegesztési varrat teherviselő felület	A_{ht}	56,7 mm ²
Csonk nyomott felülete	A_{cs}	255,2 mm ²
Köpeny nyomott felülete	A_k	2215,27 mm ²

Forrás: Saját szerkesztés

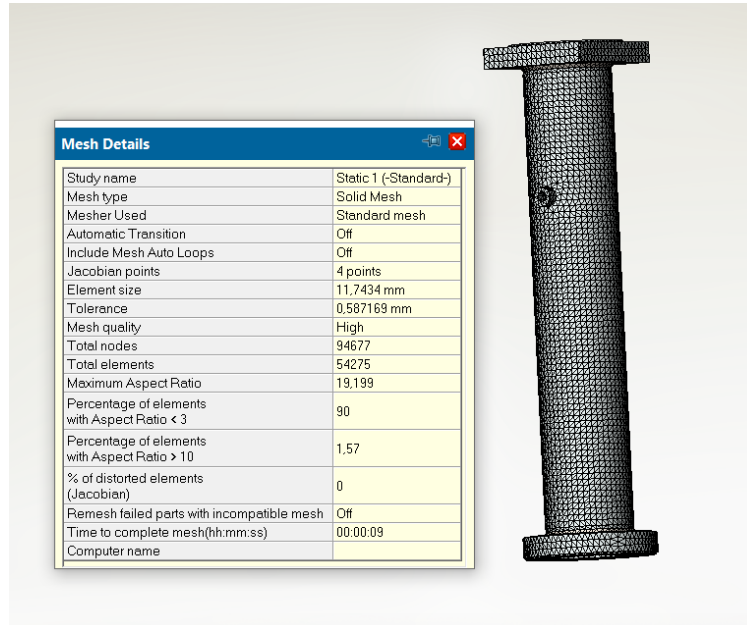
Számításaim alapján a maximális megengedhető nyomás a csonknál kisebb értékre jött ki, mint a méretezési nyomás, így ebből adódóan a csonk megfelelő.

Összegezve látható, hogy egy nyomástartó edény tervezése, méretezése egy bonyolult és összetett tevékenység. Szakdolgozatomban egy új konstrukciót ellenőriztem és a számításaim alapján a vulkanizáló kamra megfelelő. Azt, hogy milyen típusú nyomástartót alkalmazunk, a későbbi felhasználás szabja meg, azonban több fajta közül választhatunk. Fő szempont azonban mindig a biztonság. Ebben nagy segítségünkre vannak az adott szabványok, szabályzatok, illetve az elkészített dokumentációk pl. alaprajz, karbantartási utasítás, összeszerelési ábra.

Szimuláció

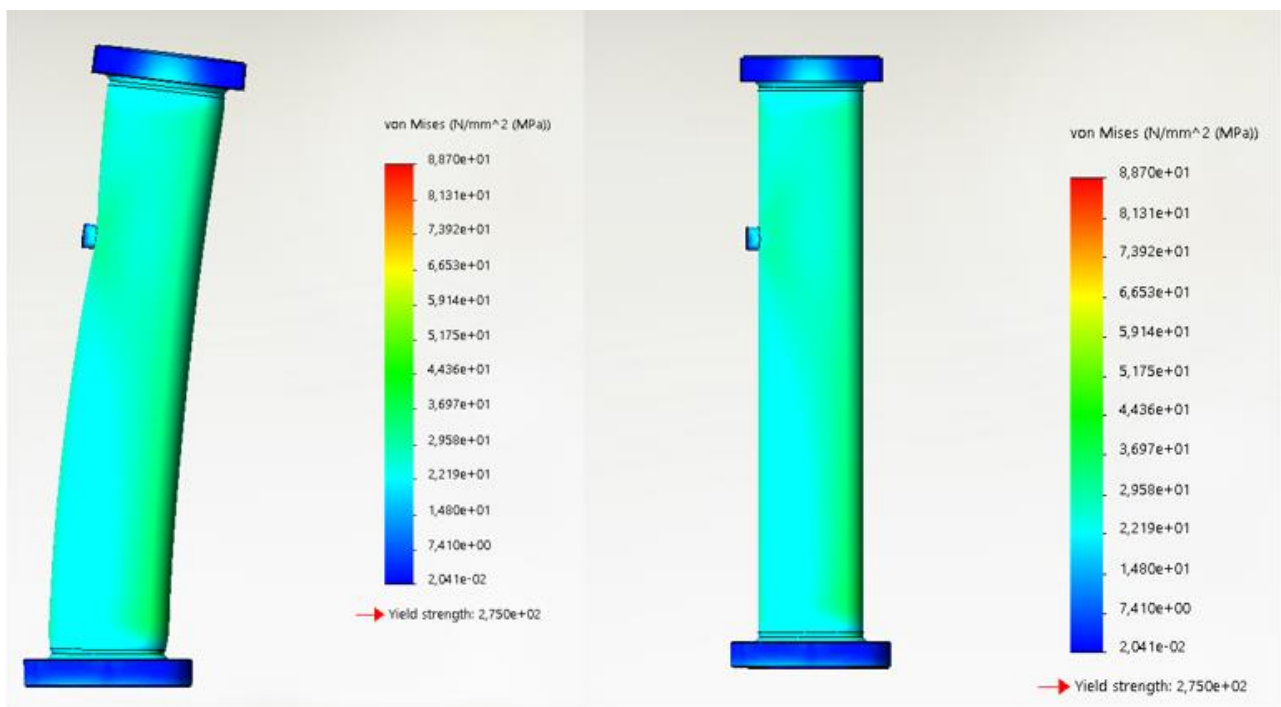
A VEM kiemelkedő szerepet tölt be a tervezési folyamatokban [8]. Több program is létezik a szimulálására, én a megfelelő szemléltetés érdekében a szilárdságtani számításaimat SolidWorks segítségével szimulálok. A program segítségével különböző paraméterek és terhelések mellett tudjuk szemléltetni a változásokat, amelyek lehetővé tesznek még egyéb szimulációkat is pl. hőmérséklet. Ennek segítségével elvégeztem a szimulációt belső nyomásra. Az anyagminőséget egységesen acél-nak és alumíniumnak adtam meg. Ezután létrehoztam egy úgynevezett Mesh hálót, amiben a felosztás

tetraéderes (6.ábra). A szimuláció annál pontosabb, minél több elemből áll. Ebben az esetben nekem 54275. A terhelés a belső nyomás volt, ami 3,2 MPa és a nyomástartó alsó pontja rögzítve volt. A szimuláció megfelelő szemléltetést ad a keletkező feszültségekről, az elmozdulásokról, elhajlásokról. Ez rendkívül fontos egy tervezési folyamat során.



6. ábra: Mesh háló

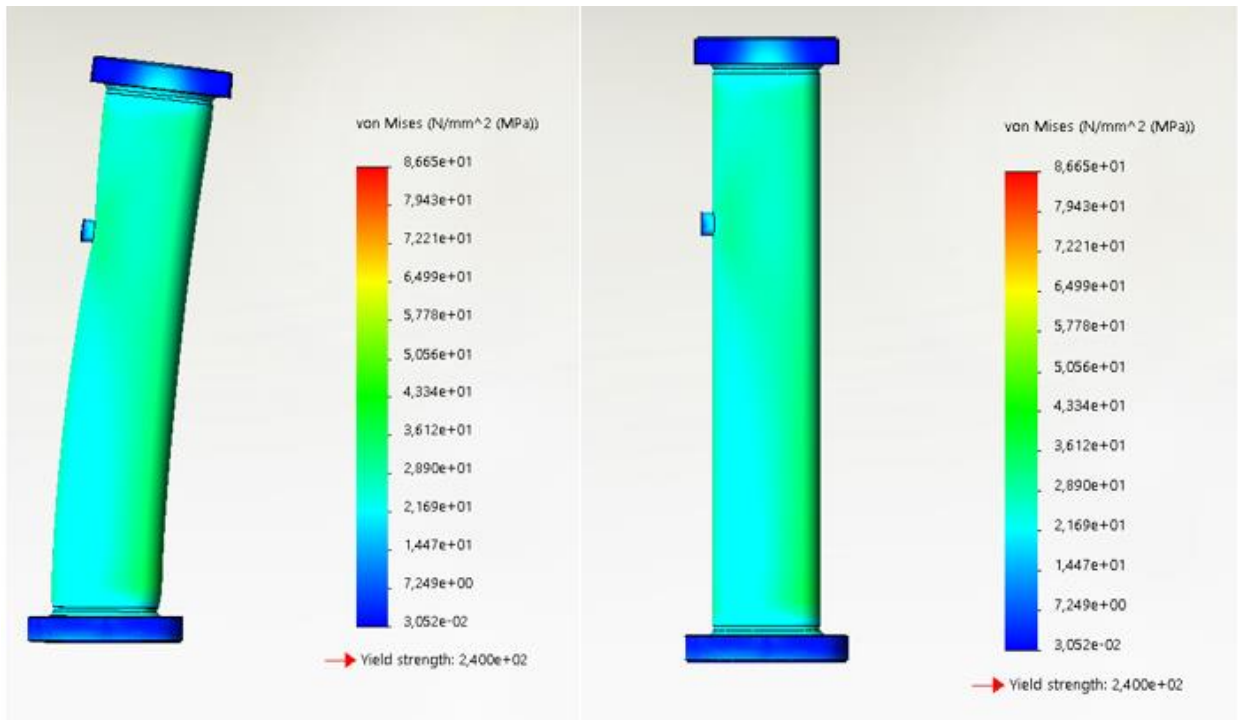
Forrás: Saját kép



7. ábra: Az ébredő feszültségek, torzított és valóságos nagyításban, acél anyagminőségénél

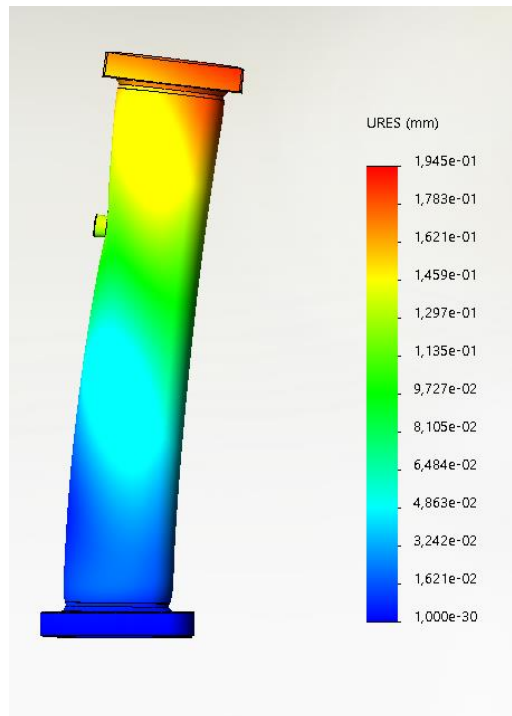
Forrás: Saját kép

A folyáshatár érték acél esetében jól láthatóan 275 MPa, alumínium ötvözet esetében 240 MPa. A von Mises feszültséget képlékeny anyagoknál (acél, alumínium) esetében használjuk. Ez egy egyenértékű feszültség, amelyet össze kell hasonlítani az anyag szilárdságával. A veszélyes keresztmetszet a belépőcsomknál lesz.



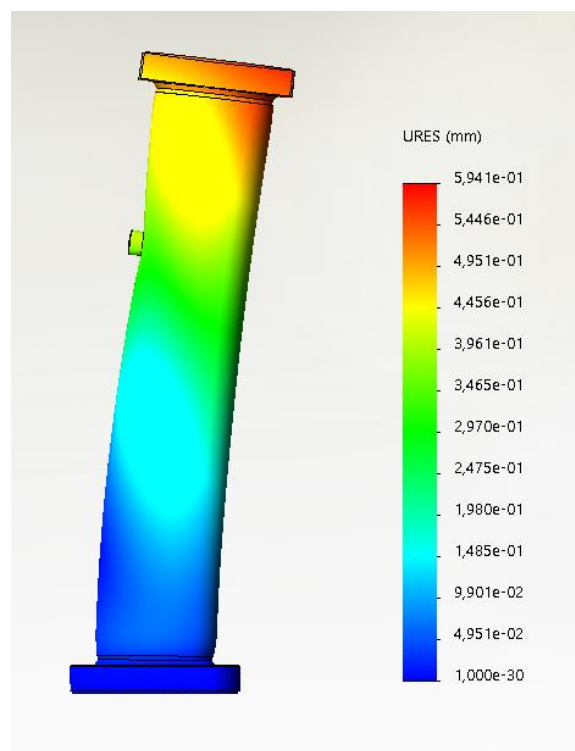
8. ábra: Az ébredő feszültségek, torzított és valóságos nagyításban, alumínium anyagminőségénél

Forrás: Saját kép



9. ábra: Az elmozdulás az acél alkatrész esetében, torzított nagyítás

Forrás: Saját kép

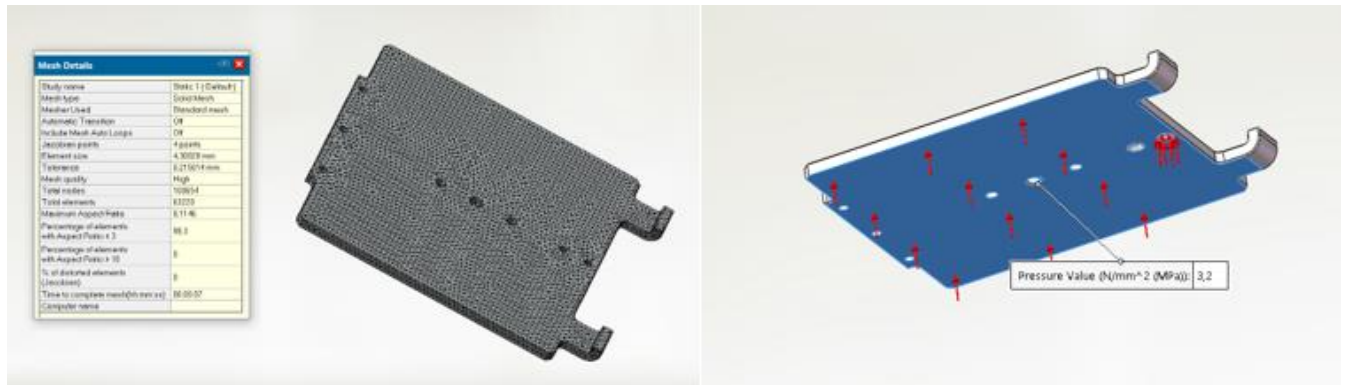


10. ábra: Az elmozdulás az alumínium alkatrész esetében, torzított nagyítás

Forrás: Saját kép

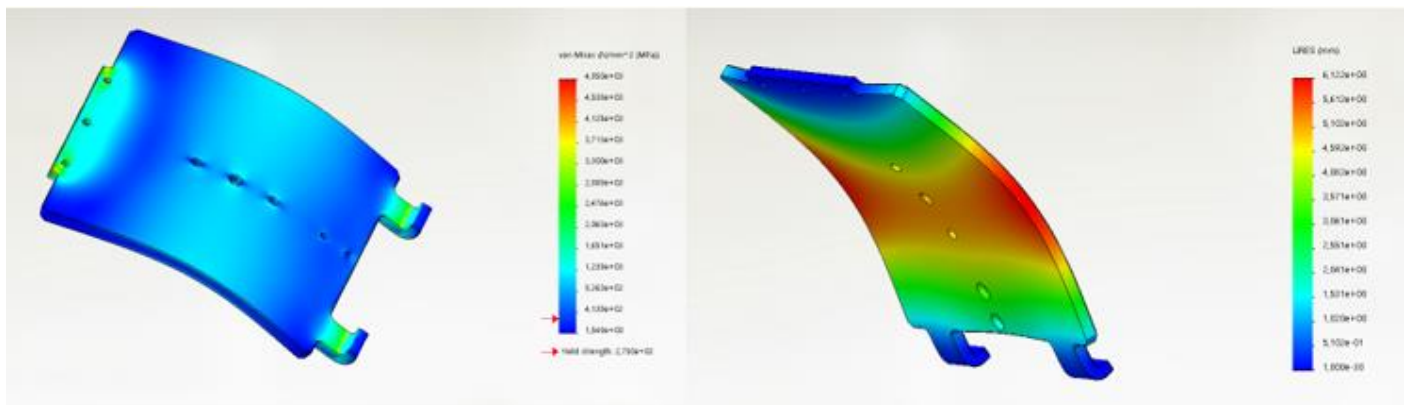
Az elmozdulás mind a két anyagnál a felső kamratárcsánál jelentkezik. Ennek oka, hogy az alsó kamratárcsát rögzített pontnak vettem. Az elmozdulás alumínium esetében nagyobb, mint acél esetében, azonban a megengedett érték alatt van.

Ezen felül még megvizsgáltam a kamra zárófedelét, szintén nyomásra, amelynek anyaga szintén acél. Az elkészült Mesh hálóban az elemek száma 63220 (11.ábra). Az eredmények jól láthatóak a 12. ábrán.



11. ábra: A fedél Mesh hálója és a terhelés

Forrás: Saját kép



12. ábra: Az ébredő feszültségek és az elmozdulás, torzított nézetben

Forrás: Saját kép

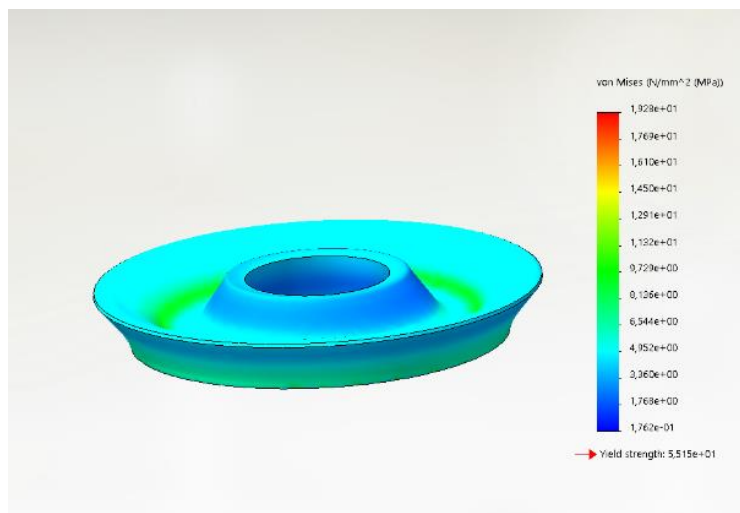
A 12. ábrán megfigyelhető, hogy a fedél közepén jelentkezett a legnagyobb elmozdulás. A feszültségek inkább a széleken jelentkeztek, amely abból adódik, hogy ezek rögzített pontok. Az értékek szintén megfelelnek az előírt értékeknek. A folyáshatár érték szintén 275 Mpa.

Legvégül pedig az alsó és a felső balgtárcsát vizsgáltam (13.-16. ábrák) meg szintén nyomásra, azonban ezeket csak kisebb, 16 Baros nyomással történő terhelésre.



13. ábra: Az alsó balgtárcsa Mesh hálója és terhelése

Forrás: Saját kép



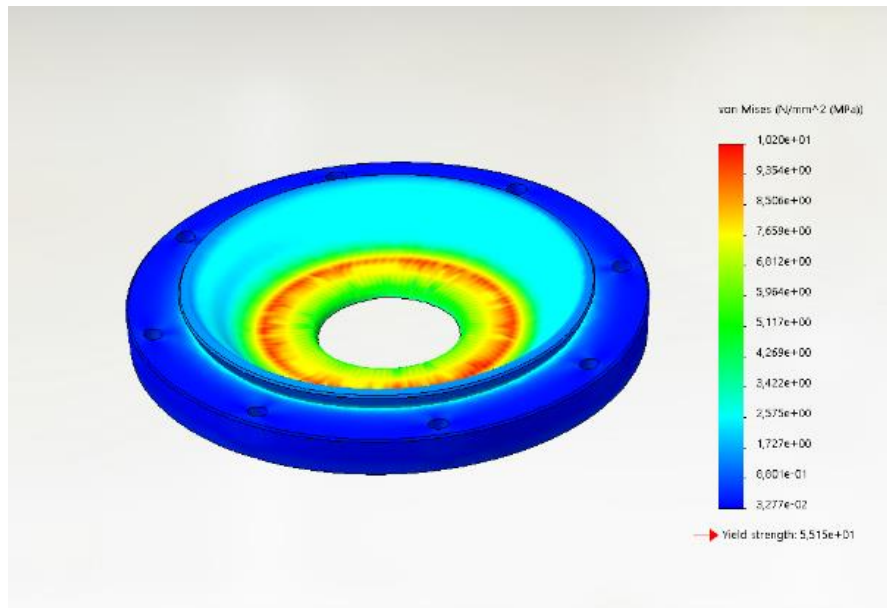
14. ábra: Az alsó balgtárcsában ébredő feszültségek, torzított nézetben

Forrás: Saját kép



15. ábra: A felső balgtárcsa Mesh hálója és terhelése

Forrás: Saját kép



16. ábra: **A felső balgtárcsában ébredő feszültségek, torzított nézetben**

Forrás: Saját kép

A Balg tárcsák szintén megfelelőek az előírt értékeknek.

A szimulációk segítségével megfigyelhető (7-10. ábra), hogy a legnagyobb feszültség a belépőcsomagnál ébred, azonban ez az érték sem haladja meg a kiszámolt 208,33 MPa-t. A berendezés tervezése során felmerült bennem a kérdés, hogy mi lenne, ha a köpeny alumínium ötvözetből készülné el. Az adódó terheléseket az alumínium ötvözetből készült köpeny is kibírná, azonban ehhez valamilyen alumínium vagy magnézium ötvözetet kellene alkalmaznunk. Jó példa erre a mélytengeri búvárok által használt oxigénpalack is. Szintén nagy belső nyomást kell bírnia, amihez még a külső nyomás is adódik. Esetleg valamilyen felületi bevonat például titán-nitrid. Továbbá a szimulációk alapján megfigyelhető, hogy az acélból készült alkatrész esetében a legnagyobb feszültség több mint az alumínium alkatrész esetében, azonban az elmozdulás jóval kisebb. Amennyiben valamilyen erősebb ötvözt alumíniumot használnánk, nagy valószínűséggel megnőnének a gyártási költségek, tehát kijelenthető hogy gazdasági szempontból az acél kedvezőbb. Ezen szimulációk alapján tehát kijelenthető, hogy a kamra acélból fog elkészülni.



17. ábra: Az elkészült vulkanizáló

Forrás: Saját kép

4.2 Számítógépes gyártástechnológia

Először meghatároztam az egyes műveletek idejét (7. táblázat). Ezek az értékek kerekített értékek, továbbá nem valós adatok, csupán szemléltető jellegűek. Ezt követően ezek alapján elkészítettem a szimulációt.

7. táblázat: **Teherviselő felületek**

Darabolás(Lézer/Plazmavágás)	$T_{\text{darabolás}}$	6 perc
Marás(Nagyolás, Simítás, Kontúr, Fúrás)	$T_{\text{marás}}$	10 perc

Esztergálás(Oldalazás, Furatbővítés, O-gyűrű beszáras)	T _{esztergálás}	6 perc
Fúrás	T _{fúrás}	3 perc

Forrás: Saját szerkesztés

Az acélminőség:

Fe355B (ISO 500-1989 szerint) / **S355JR** (MSZ EN 10025:1998 szerint) melegen hengerelt termékek ötvözetlen szerkezeti acélból

Közepes széntartalom (<0,5% C)

$R_{eH} = 355 \text{ MPa}$

$R_m = 490-630 \text{ MPa}$

$A_{min} = 22\%$

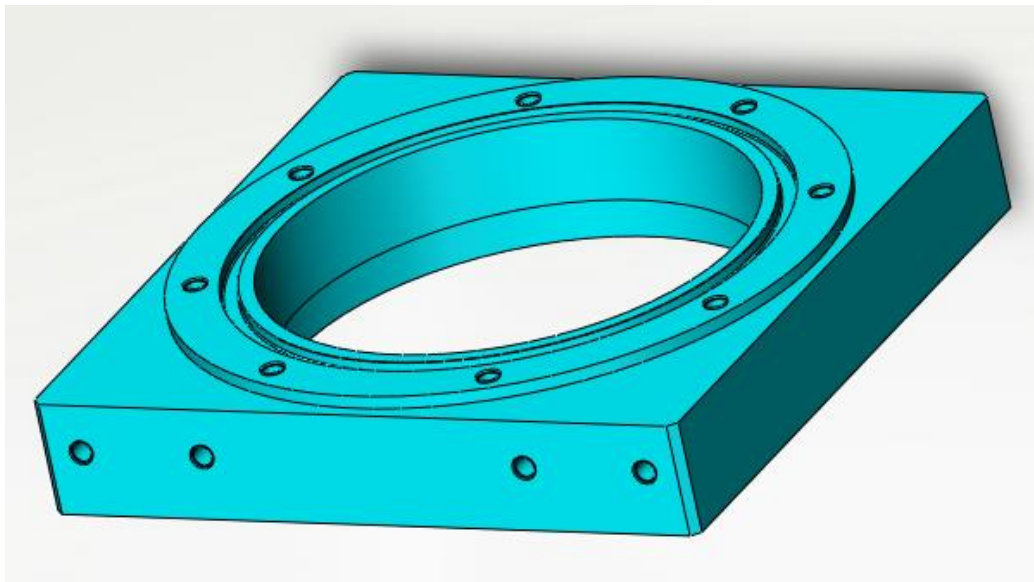
$k_{c1.1} = 1500 \text{ N/mm}^2$

$z = 0,25$

Előgyártmány: Melegen hengerelt, lángvágott

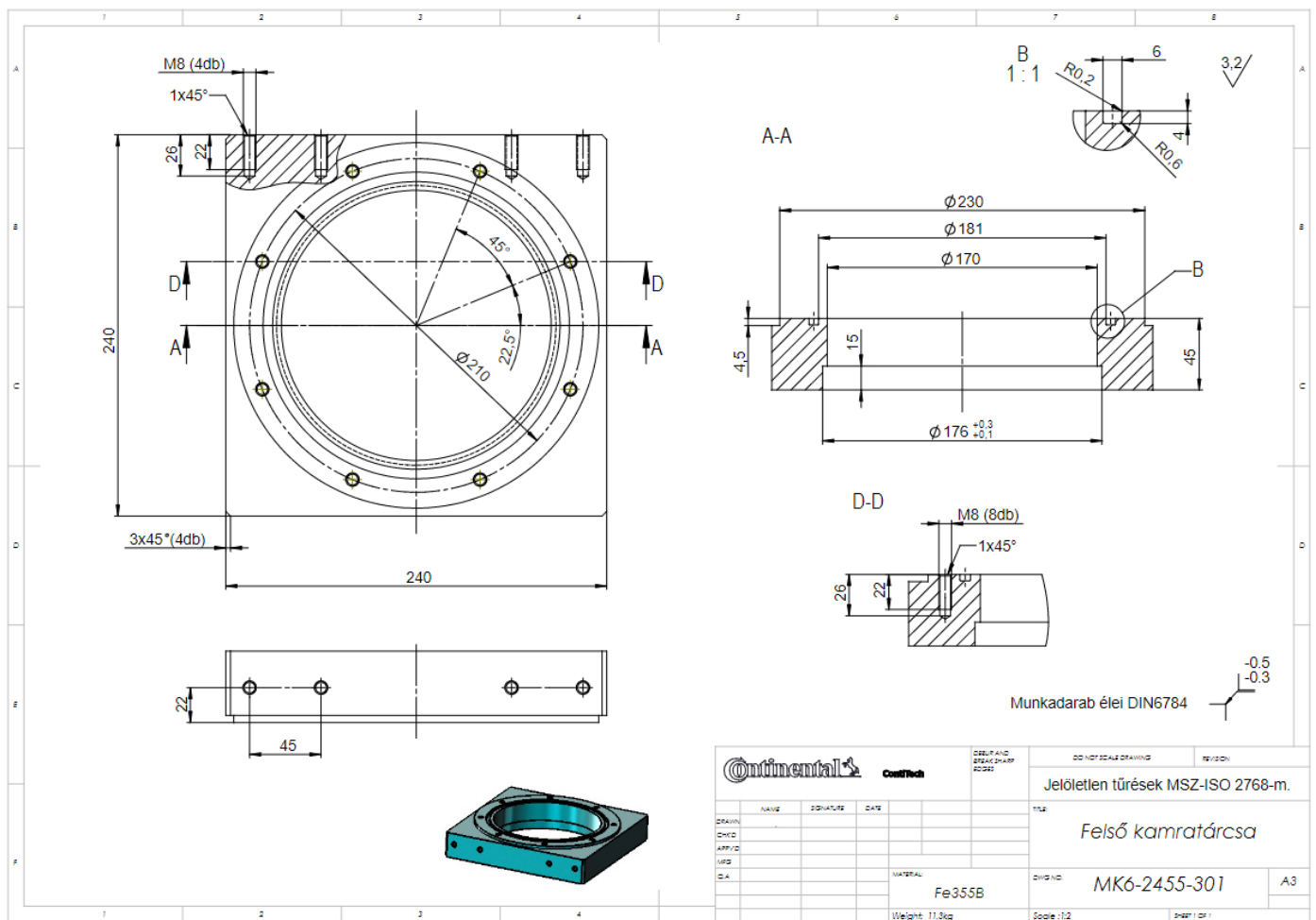
Az S355 egy szerkezeti acél, általános rendeltetéssel. Alacsony széntartalmú, magas szakítószilárdságú acél. Hegesztésre kiválóan megfelel. Legfőképpen a gép- és az autóiiparban használják fel. Hidegalakításra csak korlátozottan felel meg.

A felső kamratárcsa modellje és műhelyrajza a 17. és 18. ábrán látható.



18. ábra: Az alkatrész CAD modellje

Forrás: Saját kép



19. ábra: Az alkatrész műhelyrajza

Forrás: Saját kép

A szimulációm a Siemens Plant Simulation nevezetű alkalmazásával készítettem el [11].

- A legyártandó mennyiség: 8000 db.
- Rendelkezésre álló idő: 31 nap
- A legkisebb átfutási idő: Átlapolásos-módszer

Először meghatároztam a gyár modelljét:



20. ábra: A gyár modellje

Forrás: Saját kép

Amint az a 19.ábrán látható, egy úgynevezett „Source” eszközön lép be az alkatrész a folyamatba, ahonnan folyamatosan tovább megy az állomásokhoz, majd végül a „Drain” eszközön kilép. A „Source” eszközön beállítottam a 8000 darabot, illetve a meghatározott ciklusidőket beállítottam az állomásokon (20.ábra).

Erőforrás statisztika	Összes mutató	Oldal nyomtatása	Mindent nyomtat	Mentés	Frissítés
-----------------------	---------------	------------------	-----------------	--------	-----------

Készült	2022. november 21., hétfő 16:36
Modell név	C:\Users\JozsaVinczeAkos\Desktop\TDK PART1.spp
Szimulációs idő	55:13:36:00.0000

Erőforrás statisztika - Erőforrás statisztika										
Objektum	Dolgozik	Átállítás	Várakozás	Blokkolt	Be- és kikapcsolás	Hibás	Leállított	Szünet	Nem tervezett	Rész
Drain	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Állapotok eloszlása

Objektum	Belépések száma	Kilépések száma	Minimális tartalom	Maximális tartalom	Relatív üres	Relatív tele	Relatív foglaltság megszakítások nélkül	Relatív foglaltság megszakításokkal
Drain	8000	8000	0	1	100.00%	-	0.00%	0.00%

Anyagáram tulajdonságok

Objektum	Rész	Mennyiség	Össz	Átlagérték	Standard szórás
Drain	0.00%	8000	0.0000	0.0000	0.0000

Munkaidő

Objektum	Rész	Mennyiség	Össz	Átlagérték	Standard szórás
Drain	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

Átállási idő

Objektum	Rész	Mennyiség	Össz	Átlagérték	Standard szórás
Drain	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

Várakozási idő

Objektum	Rész	Mennyiség	Össz	Átlagérték	Standard szórás
Drain	100.00%	8001	55:13:36:00.0000	10:00.0450	11.7345

Blokkolási idő

Objektum	Rész	Mennyiség	Össz	Átlagérték	Standard szórás
Drain	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

Be- és kikapcsolási idő

Objektum	Rész	Mennyiség	Össz	Átlagérték	Standard szórás
Drain	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

Leállítási idő

Objektum	Rész	Mennyiség	Össz	Átlagérték	Standard szórás
Drain	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

Hiba idő

Objektum	Rész	Mennyiség	Össz	Átlagérték	Standard szórás
Drain	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

Szünet idő

Objektum	Rész	Mennyiség	Össz	Átlagérték	Standard szórás
Drain	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

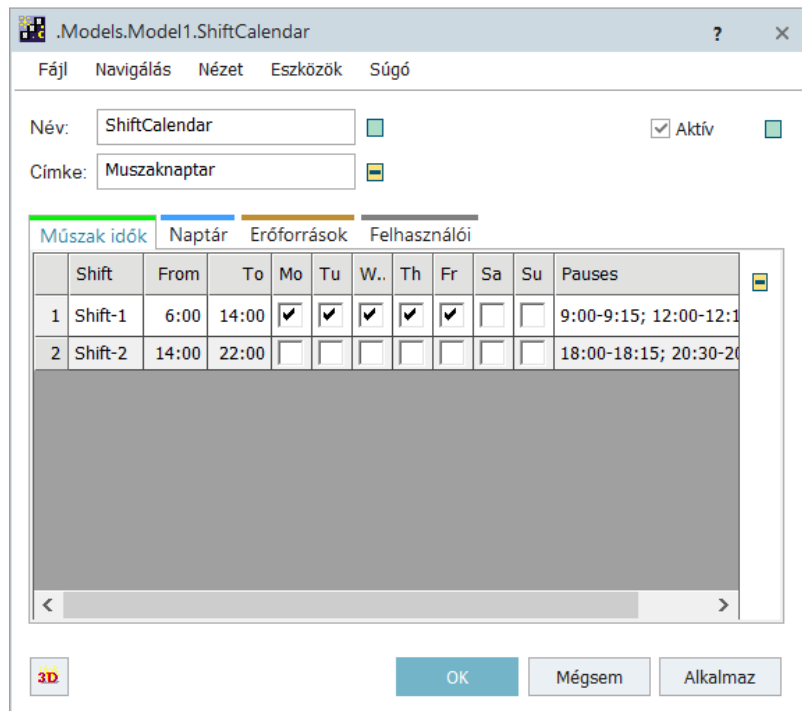
Üresen töltött idő

Objektum	Rész	Mennyiség	Össz	Átlagérték	Standard szórás
Drain	100.00%	8001	55:13:36:00.0000	10:00.0450	11.7345

21. ábra: Statisztika 8000 darabra vonatkozóan

Forrás: Saját kép

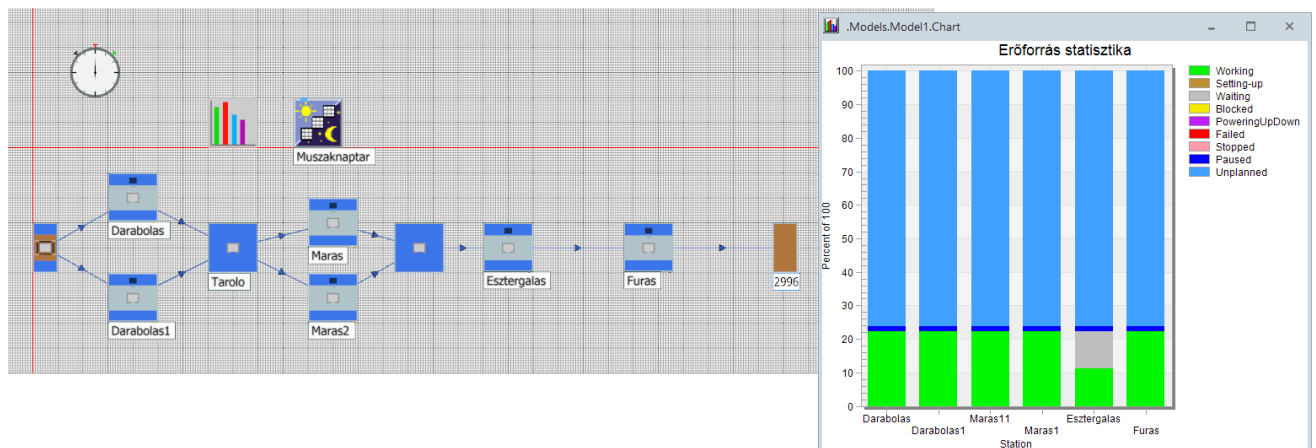
Ahogy az a statisztikából is látszik a 8000 darabot több mint 55 nap alatt készíti el, ami nekünk nem jó. Emiatt szükségünk lesz műszak naptárra (21.ábra) és több szerszámgépre. Először 5 napos műszakot állítok be, 8 órás műszakkal, kétszer 15 perc szünettel.



22.ábra: A műszaknaptar

Forrás: Saját kép

Az így legyártott mennyiség 1878. A maró állomáson kívül mindegyik volt blokkolva. Ez azért van mert a marás műveleti ideje nagyobb, mint a másik három műveleté. Ezért több szerszámgépet állítottok be a folyamatba, valamint tárolókat iktatok be.



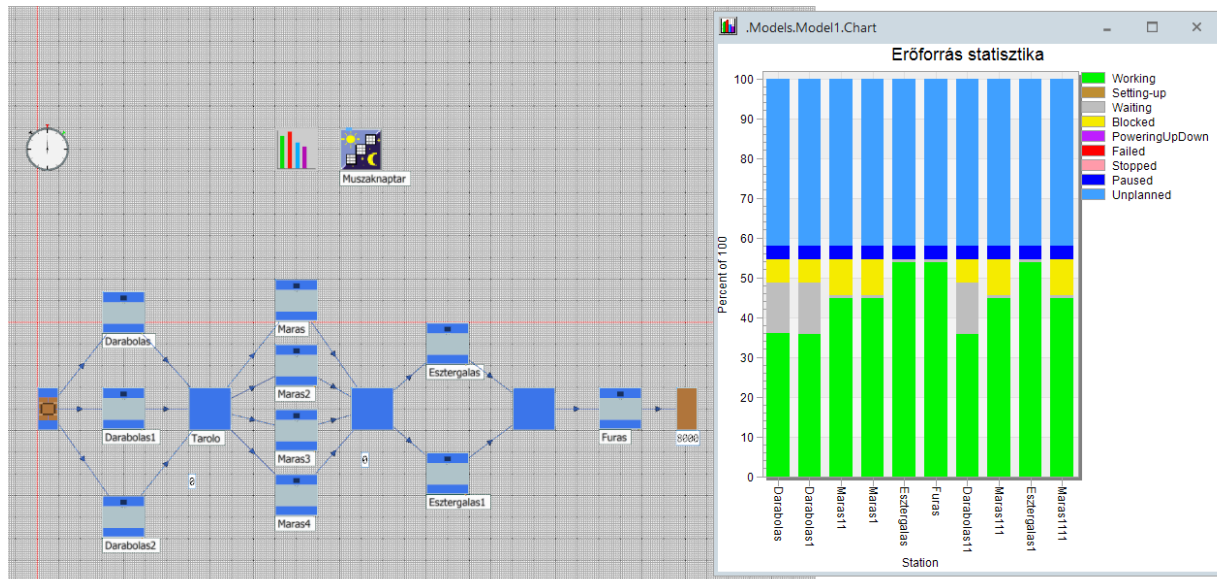
23.ábra: A módosított gyár modellje

Forrás: Saját kép

A 22. ábrán látható, hogy új gépek és tárolók beiktatásával eltűntek a blokkolt idők és megnövekedett a darabszám, azonban még így is csak 2996 darab készült el.

Következő próbám a 2 műszakos munkarend bevezetése lesz, ahol a második műszak 14:00-

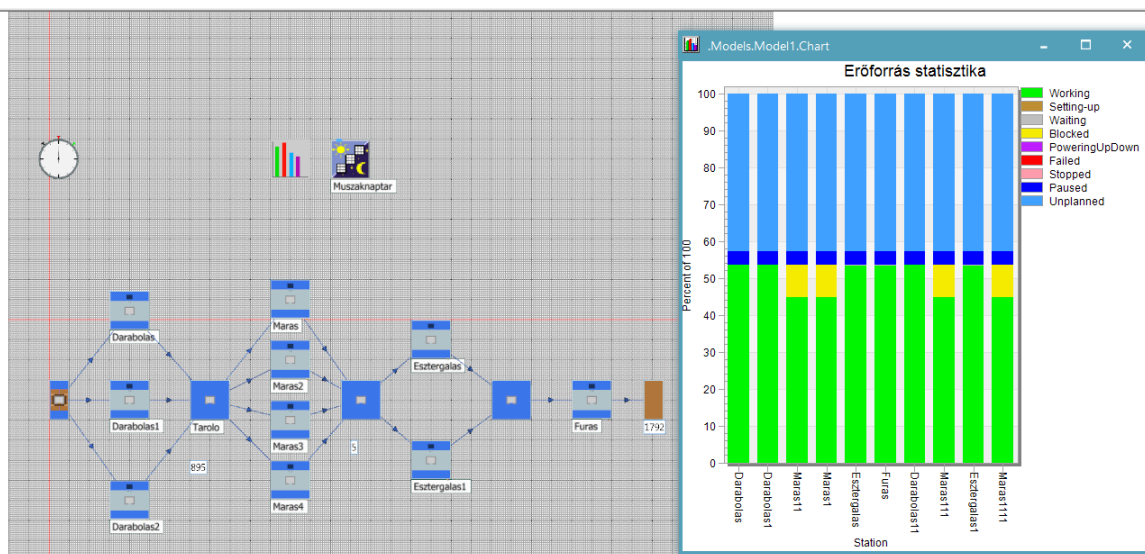
tól 22:00-ig, szintén kétszer 15 perces szünettel. Az így legyártott mennyiség már 5996 darab, azonban 4 állomáson is megnőtt a blokkolási idő. Emiatt újabb gépeket és tárolókat építtek be.



24. ábra: A végleges gyáregység

Forrás: Saját kép

Ebben a formában (23. ábra) elkészül a 8000 darab a 31 napos munkaidő alatt, azonban ehhez kell mind a két műszakban a szombati túlóra. A következő próbám ugyanennyi darab lesz, azonban 1 hét alatt (24. ábra). Ha ezt is sikerül legyártania az egységnek, akkor kijelenthető, hogy egy esetleges kisebb meghibásodás esetében is lesz elegendő tartalék, hogy a kellő mennyiségű darabszám elkészüljön.



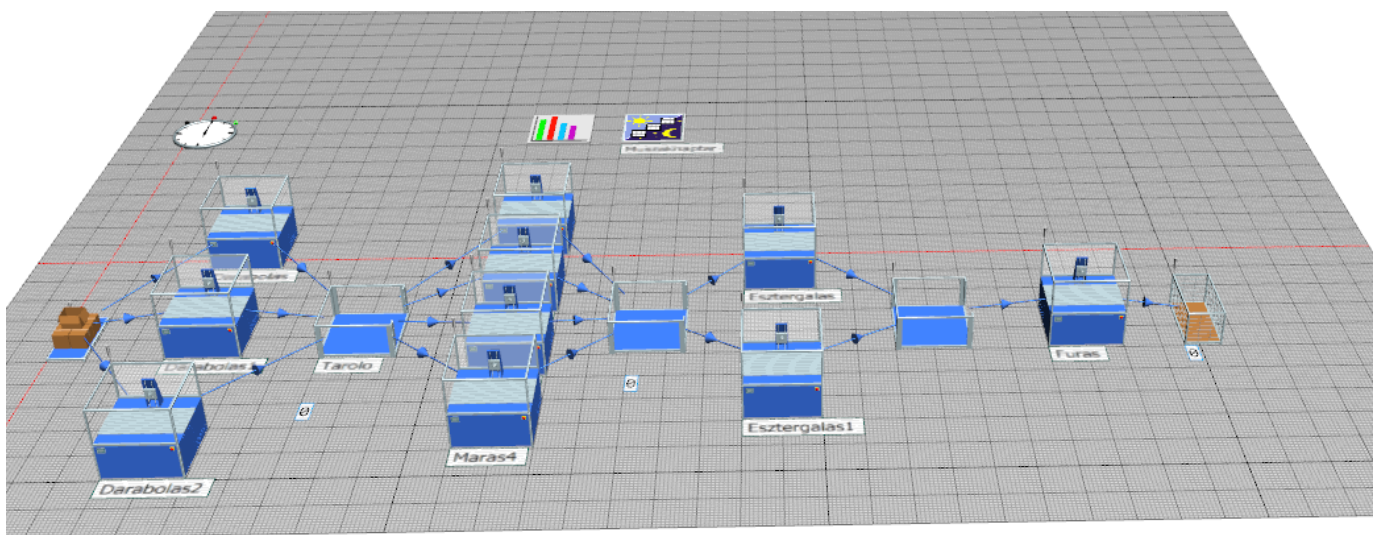
25. ábra: 7 napra vonatkozó statisztikák

Forrás: Saját kép

Látható, hogy így már csak 1792 darab készül el. A szerszámgépek maximális működéssel üzemelnek, megnöttek a blokkolt idők, a tárolók pedig megfelelően látják el feladatukat. Ebből észrevehető, hogy ha csökkenteni szeretnénk az összmenyiség legyártásához szükséges időt növelni kell a gépek számát, továbbá elképzelhető a 3 műszakos munkarend bevezetése is. Amennyiben az éjszakai műszak is bevezetésre kerül, szintén szombati túlórával, abban az esetben 2692 darab alkatrész készül el 1 hét alatt. Az így elkészült munkadarabok száma 31 nap alatt több mint 12000 darab, ami azt jelenti, hogy a 8000 darab időben elkészül, sőt tartalékolni is lehet, amennyiben meghibásodás történne. A jobb szemléltetés érdekében 3D-s ábrát használtam, amit a 25. ábra mutat be.

A szerszámgépek száma 31 napra és 8000 darabra vonatkozóan:

- 3 darab láng/lézer/plazmavágó
- 4 darab marógép
- 2 darab esztergagép
- 1 darab fűrógép



26. ábra: A gyár 3D-s ábrája

Forrás: Saját kép

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A szilárdságtani részben két anyagot vizsgáltam, amely az acél és az alumínium volt. Az acél megfelelő szilárdságtani jellemzőkkel bír, tökéletesen bírja a nyomást. Az alumínium szintén jó szilárdságtani jellemzőkkel bír, azonban a biztonság megnövelése érdekében mindenképpen valamilyen ötvözt alumíniumot kell alkalmaznunk. Ilyen lehet például az AlMg4,5Mn alumínium ötvözet. Azonban alumínium ötvözet felhasználása esetén oda kell figyelni a technológiai szempontokra. Egyik fő szempont a hegesztés. Ilyenkor fontos megvizsgálni a porozitási hajlamot, oxidhártyát, és a repedésérzékenységet. A hegesztett kötések legnagyobb kérdése a repedés, amelyek alumíniumnál lehet meleg-, illetve hidegrepedés. Ezt a jól megválasztott huzal és hegesztési technológia helyes megválasztásával lehet kiküszöbölni. A másik probléma a porozitási hajlam. A fémeknek eltérő a gázoldási képessége, amelyek hegesztéskor különböző hatásokat fejtenek ki. A legnagyobb gondot az oxigén, nitrogén és a hidrogén jelenti. Ezek közül a legnagyobb gondot a hidrogén okozza az alumínium esetében, amelyekkel megjelennek a zárványok, ezzel megnövelve a repedés esélyét és csökkentve a szilárdságot. A hidrogén többféleképp bekerülhet a varratba, ezért több tényezőt is figyelembe kell venni. Bekerülhet az elektróda nedvességtartalmával, ezért szárítani kell, vagy felületi szennyeződésből, illetve a védőgázból is. Ezen felül a pisztoly vezetése és tartása is nagymértékben közre játszik. A repedési hajlam csökkenthető még a befogási merevség redukálásával, ismétlődő felhevítések elkerülésével és el kell kerülni a túlhevítést. Használhatunk még kimondottan erre a célra használható, nyomástartó berendezésekhez használatos acélt. Ez lehet például a P355GH, vagy a 13CrMo9-10 acélok. Fő előnyük a jó hegeszthetőség, ebből adódóan a nagyobb biztonság, megbízhatóság. Továbbá csökkentett szennyezőanyag(kén, foszfor) tartalommal készülnek, és egy különleges csillapítási módszerrel az oxigéntartalom is kisebb. Szemcseszerkezetük finom. Mivel ezek az anyagminőségek kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkeznek, ezért mérlegelni kell, mennyire szükséges a használatuk. A cégnél használt vulkanizáló berendezések acélból, illetve ötvözetekből készültek, amelyek tökéletesen tartják a nyomást. Azonban ha nagyobb biztonságot és élettartamot szeretnénk, akkor nem árt megvizsgálni az imént említett anyagokat.

Mivel a berendezés nyomástartó edénynek számít, így a számításokon és végelelem módszeren kívül még valamilyen nyomáspróbát is el kell végeznünk, amelynek több módja is lehetséges:

- Tömörségi: ezzel a vizsgálattal a berendezés legnagyobb nyomáson való tömörségét vizsgáljuk. A felhasznált töltet belső sűrűsége kisebb, mint az üzemi töltet.

- Szilárdsági: az adott berendezést próbanyomás alá helyezik, kialakítva egy belső túlnyomást, ezzel vizsgálva a nyomástartó edény mechanikai szilárdságát.

-Tömörégi ellenőrzés: a vizsgálat célja a berendezés szivárgásának esetleges megállapítása. Sajt közeggel és üzemi nyomáson hajtják végre.

-Nyomáspróba: nyomáspróba során az előírásokat pontosan be kell tartani, az esetleges hiányosságokat pótolni kell. A különböző vezetékeknek vagy bekötéseknek is meg kell felelnie az igénybevételeknek. A berendezést folyadékkal kell feltölteni, ami a mi esetünkben víz lesz. A nyomástartó legmagasabb pontján található csonknak vagy légtelenítőnek nyitott állásban kell lennie. Ha a légtelenítés megtörtént kezdődhet a belső nyomás növelése, amit folyamatosan és fokozatosan kell növelnünk. Amennyiben hirtelen nyomásesés következik be, akkor az kárt tehet a berendezésünkben. Amennyiben az ellenőrzés során nyomásváltoztatást szeretnénk alkalmazni, akkor ez mindenképpen az ellenőrzést végző személy beleegyezésével történhet.

A nyomásváltoztatásra előírt követelmények:

-Feleljen meg a gyártó előírásainak a lassú fokozatos nyomásváltoztatás.

-A nyomásnövelés maximális percenkénti sebessége: legnagyobb max. nyomás 10%-a, vagy 30 bar/perc.

-Nyomás növelése: max. nyomás 50%-áig lépcsőzetesen, azt követően 10%-os lépcsőzetenként kis szünetekkel (elhanyagolható a lépcsőzés, ha a nyomásnövelés lassabb, mint a max nyomásra vonatkoztatott 1%/perc).

-Amennyiben rendellenesség, törés, esetleg hirtelen nyomásesés következik be, a próbát azonnal meg kell állítani, ezt követően a hibát feltárni és kijavítani.

-Amennyiben hibák lépnek fel, amelyeket csak hegesztés alkalmazásával lehet megszüntetni, akkor újbóli vizsgálat szükséges.

-Próbanyomás ideje első használatkor, vagy átalakításkor: 10 perc

-Ismétlődő nyomáspróbákkor: 3-5 perc

-A próbanyomás alkalmával a nyomás nem csökkenhet, közvetlen közelében nem tartózkodhat senki.

-A mérés végeztével a nyomást lassan csökkentenünk kell, majd ellenőrizni az összes nyomásnak kitett alkatrészt. Ezután nyomásmentesítenünk kell, odafigyelve a vákuum kialakulásának megelőzésére (levegőztetés).

A PlantSimulationnal elért eredmények inkább csak szemléltető és kutatási jellegűek. Mivel a vulkanizáló berendezés csak teszt jellegű, így ez csak egy felvetés. A technológiai idők tartalmazzák

az átállási időket is, illetve kerekített értékek. A célként kitűzött 8000 darabot nagyjából 1 hónap alatt lehet legyártani. Ha szeretnénk fejleszteni akkor több gép beiktatásával, teljesítmények növelésével, ciklusidők csökkentésével érhetjük el. Esetlegesen alkalmazhatnánk megmunkáló központot is, ezzel csökkentve a felhasznált gépek számát. Ilyen darabszámnál már befogókészülék alkalmazása is jelentős előnyt jelent. Amennyiben a darabszámot nem egy időszak alatt kell legyártanunk a CNC program tárolásával, majd újbóli előhívásával, akkor szintén csökken a ciklusidő, mivel nem kell újból megírunk a programot. A PlantSimulation remek lehetőséget ad a gyáregységünk módosítására, tesztelésére, anélkül, hogy nagyobb árat kellene érte fizetnünk.

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat elkészítése során több szempontot is figyelembe vettem. Egyik legfontosabb a biztonság volt. Napjainkban elengedhetetlen az emberi élet védelme és a biztonság. Az első feladatom ehhez kapcsolódott. Az indukciós vulkanizáló berendezés működéséből adódóan egy nyomástartó edénynek minősül, ami hegesztett kötéseket tartalmaz, ezáltal fennáll a robbanás veszélye. Ebből adódóan számításokat végeztem, meghatároztam a maximális nyomást, majd elvégeztem a végeselem szimulációt. A VEM megfelelő szemléltetést ad a keletkező feszültségekről, az elmozdulásokról, elhajlásokról, amely rendkívül fontos egy tervezési folyamat során. Manapság egy alkatrész legyártásánál törekszünk a gyors és pontos megmunkálásra. Egyre nagyobb teret hódítanak a számjegyvezérlésű gépek és a gyártásirányítási programok. Ezen programok segítségével a gyártástervezés egyszerűbb és gyorsabb lett. Erre remek lehetőséget ad a PlantSimulation alkalmazás, amely Siemens egy alkalmazása. A dolgozat elkészítésével átfogó képet kaptam a gumigyártásról és az ahhoz szükséges berendezésekről. Tökéletes példaként szolgált egy berendezés tervezési és ellenőrzési feladatairól. A „SolidWorks” végeselem szimulációs részével megfelelően tudtam vizsgálni a nyomás hatását a berendezés különböző részeire. A PlantSimulation program segítségével a nagyobb számú gyártást tudtam tanulmányozni.

Dolgozatom elején szó esett a gumigyártásról is, amely remek lehetőség volt egy újabb technológia megismerésére. Napjainkban hatalmas jelentősége van a gumiipari termékeknek. Ezen készítmények nélkül az autógyártás és az autóipar hatalmas gondban lenne. A gumibroncs lehetőséget ad az utazásra, mivel az autónk ezzel érintkezik az úttal. A légrugók a kényelmet szolgálják és csillapítják az úthibákat, rezgéseket. De elengedhetetlen említést tenni a csövekről, tömítésekről, gumiharangokról, gumi lemezekről. Azonban vulkanizáló gépek nélkül ezek a termékek nem készülhetnének el. Tehát első hallásra csak azoknak lehet fontos ez a berendezés, aki közel áll a gumigyártáshoz, azonban ha belegondolunk, hogy mennyi mindennapi termék készül el a segítségével, átértékeljük, hogy mekkora jelentőséggel bír.

Az indukciós vulkanizáló berendezés már elkészült, hamarosan a teszt üzem is kezdetét veszi, amely ha sikeresnek bizonyul, még több ilyen berendezés fog készülni, ezzel is könnyítve és optimalizálva a hengeres légrugó gyártását. Azonban felmerült bennem egy kérdés a tervezési fázisban, mégpedig, hogy mi lenne ha a vulkanizáló kamra köpenye alumíniumból készülne el? Kollégáim rám bízta erre az anyagra vetített szimulációkat is, amely során megbizonyosodtam, hogy valamilyen alumínium ötvözet is megfelelő lenne, azonban gazdasági szempontból valószínűbb, hogy a jelenleg használt S275JR anyag is jobban megfelel. Azonban ha szeretnénk növelni a biztonságot, javasolnám a TiCu2 titánötvözetet, esetleg az AlMg4,5Mn alumíniumötvözetet, valamilyen külső bevonattal,

vagy valamilyen ötvöztött acélt például a P355GH acélt, amely különleges nyomástartó edényhez alkalmazott acél, jó hegeszthetőséggel és csökkentett szennyezőanyagtartalommal. Azonban ezek a felvetések további vizsgálatokat igényelnek, amelyeket majd a jövőben valószínűleg kidolgoznak, vagy ha már saját ötlet, remélhetőleg az én feladatom lesz.

SZAKIRODALMI JEGYZÉK

- [1]Dr. Bartha Z. (1988): Gumiipari kézikönyv I-II. kötet, Taurus-OMIKK Kiadó, Budapest
- [2]Dr. Dudás I. (2000): Gépgyártástechnológia III., Miskolci Egyetemi Kiadó
- [3]Dr. Dudás I. (2003): Gépgyártástechnológia IV., Miskolci Egyetemi Kiadó
- [4]Dr. Samay G.: Új gumiipari technológiák bevezetése, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
- [5]Dr. Siménfalvi Z. (2006/07): Vegyipari technológiák és gépeik, Miskolci Egyetem Vegyipari Gépek Tanszéke
- [6] Fábry György (1987): Vegyipari gépészek kézikönyve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- [7]Kollár Gy. : A héjszerkezetek tervezésének gyakorlati kérdései, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék, Budapest
- [8]Kovács Á. – Moharos I. – Oldal I. – Szekrényes A. (2011): Végeselem-módszer, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar, Óbudai Egyetem Bánki D. Gépész- és Biztonságtechnikai M., Szent I. Egyetem Gépészmérnöki K.
- [9]Nyomástartó berendezések műszaki-biztonsági szabályzata, 63/2004. (IV.27.) GKM rendelet és a 23/2006. (II. 3.) Kormányrendelet végrehajtásához szükséges részletes műszaki követelmények
- [10] Szabó G. (2012): Elektrotechnika-Elektronika, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
- [11] <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/manufacturing-planning/plant-simulation-throughput-optimization.html>