



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

TDK dolgozat

Készítette: Jónás Szabolcs

gépészmérnök hallgató

Konzulens: Dr. Bozóki Géza

ny. egyetemi docens

Tanszékvezető: Dr. Siménfalvi Zoltán

egyetemi docens

ME Vegyipari Gépek Tanszéke

Tudományos Diák Konferencia

Miskolci Egyetem

2011



Tartalom

I.	ELŐSZÓ	4
II.	NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉSEK MŰSZAKI- BIZTONSÁGI SZABÁLYZATA	5
II.1.	HASADÓTÁRCSÁK.....	5
II.1.1.	Előnyei:	5
II.1.2.	Típusjellemzők:	6
II.2.	SZERKEZETI KIALAKÍTÁS.....	7
II.2.1.	HASADÓTÁRCSÁK	7
II.2.1.1.	Hagyományos típus	7
II.2.1.2.	Bekarcolt típus.....	8
II.2.1.3.	Összetett típus	8
II.2.1.4.	Átbillenő késes típus	8
II.2.1.5.	Átbillenő önnyló típus	9
II.2.1.6.	Szakadó típus.....	10
II.2.1.7.	Sík grafit tárcsák.....	10
II.2.1.8.	Peremes típus	10
II.2.3.	BEFOGÓK	11
II.2.4.	TARTOZÉKOK.....	12
II.2.4.1.	Nyitásgelzők	12
II.2.4.2.	Hővédő előtét	12
II.2.4.3.	Golyós szelep feszmérővel	13
II.2.4.4.	Beépítési tájoló.....	13
II.2.5.	SZERKEZETI ANYAGOK	13
II.2.6.	KIVÁLASZTÁS	14
II.2.7.	NYITÓNYOMÁST BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK	14
II.2.7.1.	Korrózió	14
II.2.7.2.	Üzemi hőmérséklet	15
II.2.7.3.	Az üzemi és a nyitónyomás egymáshoz való viszonya	15
II.2.7.4.	Az üzemi nyomás jellege (statikus, fárasztó).....	15
II.2.7.5.	Befogási mód.....	16
III.	A FELADAT KIDOLGOZÁSA.....	17
III.1.	A SZABVÁNY ALKALMAZÁSA.....	17
III.1.1.	A SZABVÁNY ALKALMAZÁSA A TÁRCSAÁTMÉRŐ MEGHATÁROZÁSÁRA.....	17
IV.	SZÁMÍTÓGÉPES PROGRAM KÉSZÍTÉSE A HASADÓTÁRCSA MÉRETMEGHATÁROZÁSÁHOZ	22
IV.1.	A TÁRCSA ÁTMÉRŐJÉNEK MEGHATÁROZÁSA A PROGRAMMAL.....	23
V.	A HASADÓTÁRCSA NYITÓNYOMÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK ELEMZÉSE VÉGESELEMES MÓDSZERREL	30
V.1.	A TÁRCSÁK HIBÁI	30
V.2.	COMSOL SZÁMÍTÁSOK ISMERTETÉSE	31
VI.	ÖSSZEFOGLALÁS	37
VII.	FELHASZNÁLT IRODALOM.....	38



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

VIII. FÜGGELÉK.....	39
I. A MINIMÁLIS TÁRCSAÁTMÉRŐT MEGHATÁROZÓ PROGRAM	39
II. VÉGESELEMES FUTTATÁSOK.....	45



I. Előszó

A TDK dolgozatom témája, hogy egy cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelmét biztonsági szelep helyett hasadótárcsával oldjam meg. Ezért először a hasadótárcsákról szerzett ismereteimet foglalom össze és leírom a cseppleválasztón eredetileg alkalmazott biztonsági szelep hátrányos tulajdonságait. Ismertetem, hogy a hasadótárcsa választása milyen előnyökkel jár. Részletesen jellemzem a kiválasztott hasadótárcsát. A dolgozatban az MSZ EN ISO 4126-6:2004 szabvány felhasználásával egy olyan programot írtam, amely a megfelelő adatok megadásával kiszámolja a szükséges tárcsaátmérőt.

A cseppleválasztóra szánt hasadótárcsával kapcsolatban feltételeztem két jelenséget (korrózió okozta falvékonyodást valamint két esetlegesen előfordulható befogási hibát). Ezekre modellt alkottam és végeselemes szimulációs sorozatot végeztem. Ezzel azt vizsgáltam, hogy a korrózió okozta tárcsagyengülés valamint a befogási hibák hogyan befolyásolják a tárcsa szerkezeti anyagában fellépő feszültséget és a nyitónyomást.

Köszönettel tartozom Dr. Bozóki Géza tanár úrnak, hogy konzultált és számos irodalmat rendelkezésemre bocsátott a dolgozat elkészüléséhez.

A végeselemes program használatát a miskolci Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet, Energia és Biztonság Osztály, Szerkezetintegritási Csoport munkatársai segítettek elsajátítani, és a programot is rendelkezésemre bocsátották. Ezért külön köszönettel tartozom Szávai Szabolcsnak a lehetőségért és Bézi Zoltánnak a hathatós segítségéért és építő jellegű észrevételeiért, valamint a C program futási hibáinak kiszűréséért.

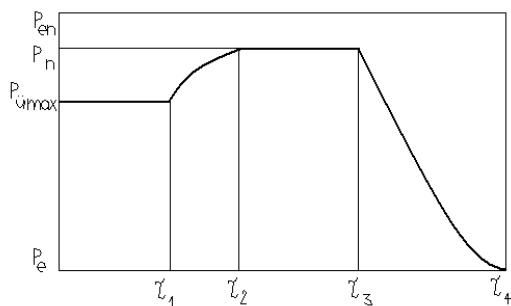
II. Nyomástartó berendezések műszaki- biztonsági szabályzata

II.1. Hasadótárcsák

A hasadótárcsa befogószerkezet a peremén rögzített, tömített, roncsolódó elem. Széthasad, ha a nyitónyomást eléri, így a nyomást okozó közeget szabaddá téve a nyílás képes lesz a lefűvásra. Működése utána a nyílás nyitott marad, ezért a védendő edény nyomását, a környezeti nyomásra csökkenti.

A hasadótárcsák egyszer használatosak, tehát működése után cserélni kell. Elsősorban a szelepnél alkalmazzák, mert ennél az esetben az üzemleállási is megengedhető. A következő esetekben indokolt a használata:

- Nyomásemelkedés, olyan gyors, hogy a biztonsági szelep működési holtideje miatt nem alkalmazható
- A nyomástartó edényen kisebb méretű szivárgás nem engedhető meg, az edényen töm zárás szükséges
- Lerekódás, kiválások, dugulások, lefagyások jöhetnek létre, amely a biztonsági szelep működésképtelenné teheti



2.1 ábra A nyomástartó edényben kialakult névleges nyomásváltozás a fokozatos nyomásnövekedés okozta működéskor

II.1.1. Előnyei:

- Költséghatékonyabb, kisebb térfogatú és tömegű szerkezet
- Tömören záródik, viszont nem feszülnek be, nem ragadnak
- Kis holtidővel működnek
- Karbantartást nem igényelnek, mert nincsen mozgatható alkatrésze
- Lefűvaskor nem okoznak lengést sem csattogást. ide még írhat sz



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

- Nagyméretű lefűvőfelülettel rendelkezik, amely kis és nagy nyitónyomásra is készülhetnek
- Különösen, olyan helyekre ajánlott, ahol működésükre ritkán van szükség
- Átbillenő hasadótárcsák lehetővé teszik, hogy a biztonsági szelep elé, így a szelep nyitónyomása ellenőrizhető

II.1.2. Típusjellemzők:

A nyitó nyomás pontossága $\pm 2, \pm 5; \pm 5; \pm 10; \pm 15\%$, a típustól, hőmérséklettől, nyitónyomástól függ

Keresztmetszet nyitási ideje : $\tau < 10 \text{ ms}$

Hőmérséklettartomány: -200 - $+600^\circ\text{C}$

A legnagyobb nyomás/nyitónyomomás arány : 80 - 90% 20°C

Tömör zárás:

- fémtárcsán: $10^{-8} \text{ Ncm}^3/\text{m}$
- grafitárcsán: $10^{-5} \text{ Ncm}^3/\text{m}$
- tömítőfóliás átmetszett fémtárcsa: $10^{-7} \text{ Ncm}^3/\text{m}$

Élettartama függ az üzemi körülményektől, a nyomástól, a korróziós terheléstől. Általában 1-2 év. Bizonyos esetekben a tárcsák több évig is üzemeltethetők.

Vizsgálat és bizonylatolás: A megfelelő minőség biztosítása érdekében a tárcsák a nemzetközi vagy a nemzeti szabványokban előírtak szerint készülnek. A beépítés céljára szánt tárcsák nyitónyomása a velük egy adagból készített mintaelemeken, független felügyelő (TÜV, Lloyds, Kazánfelügyelő, stb.) jelenlétében végzett próbavizsgálatok eredményeivel vannak igazolva. A szerelvények azonosító adatokkal vannak ellátva és a szabványos előírásoknak valamint hatóságoknak (Kazánfelügyeletnek, Bányászati Felügyelőségnek, Munkavédelmi Felügyelőségnek) megfelelő műbizonylatokkal és használati útmutatóval rendelkeznek.

II.2. Szerkezeti kialakítás

A hasadótárcsás nyomáshatároló biztonsági szerelvények különböző funkciót betöltő részei: a tárcsák, a támaszok, a befogók és a tartozékok.

A tárcsák feladata a keresztmetszet nyitása egy előre meghatározott nyomás értéken. A gyártó cégek a hasadótárcsákból széles választékot kínálnak, hogy a legkülönbözőbb alkalmazásokhoz legmegfelelőbb típust lehessen kiválasztani. A tárcsák fémből vagy grafitból készülnek.

II.2.1. Hasadótárcsák

Elődomborított fémtárcsák

Lágyított fémlemezről (fóliából) gömbsüveg formára elődomborított szerelvények, amelyek a szerkezeti kialakításból és működési módtól függően többféle típusa létezik.

II.2.1.1. Hagyományos típus

Az üzemi nyomás a tárcsa homorú oldalára hat. Adott átmérőnél és anyagminőségénél a tárcsa nyitónyomását a tárcsa falvastagsága határozza meg. A tárcsa befogására szolgáló pereme lehet sík vagy kúpos. Ha a nyitónyomás bizonyos értéknél kisebb, akkor a tárcsát célszerű peremvédőgyűrűvel is ellátni, ami a tárcsa peremét merevebbé teszi, ezáltal könnyebb a szerelés és a befogásból származó erő kevésbé okoz tömítetlenséget okozó sérülést. Peremvédő gyűrű lehet a tárcsa egyik vagy mindkét oldalán. A hagyományos tárcsa ellennyomásra (vákuumra) érzékeny.



2.2 ábra Hagyományos hasadótárcsa működés előtt és után

Bizonyos határértéknél kisebb nyitónyomáson, a tárcsa már olyan vékony, hogy az alatta vákuum, illetve az atmoszférikus ellennyomás a tárcsát átbillentí és tönkreteszi. Ezért ilyenkor a tárcsákhoz vákuumtámaszt kell alkalmazni.



II.2.1.2. Bekarcolt típus

A hagyományos tárcsának egy olyan változata, amelynek a kilépő oldalán két átló mentén karcolás van. A nyitónyomás ebben az esetben a karcolás méretével illetve mélységével van beszabályozva.

Ez a megoldás lehetővé teszi, hogy a tárcsa vastagabb legyen, ezáltal merevebb és kevésbé sérülékeny a külső hatásokkal szemben. Ezek a tárcsák a teljes vákuumnak is ellenállnak, ezért hozzájuk nem szükséges támaszt-szerkezet.

II.2.1.3. Összetett típus

A tárcsa három részből áll.

- Teherviselő felső rész
- Tömítőmembrán
- Támasztó rész.

A teherviselő felső fémrész a középén több helyen át van fúrva, valamint a peremén és a sugárirányában átmetszéseket tartalmaz. Az átmetszések kisméretű furatokban végződnek. A tárcsa nyitónyomása a furatok közötti gátméretekkkel van beszabályozva.

A teherviselő felső rész alatt a tömör zárás elérése céljából van a tömítőmembrán, ami lehet például teflonból, alumíniumból, ezüsből vagy nikkelből. A tömítőmembrán, ami lehet például teflonból, alumíniumból, ezüsből vagy nikkelből. A tömítőmembrán lehet háromrétegű is. Ilyenkor a középső réteg a finomszerkezetű tömítőrész, amit két oldalon közrefog egy durvább minőségű védőfólia. Ez a védőfólia a felső fémtárcsa átmetszésénél át van hasítva a nyitás megkönnyítése céljából.

A tárcsa fém támasztó része egyrészt a tömítőmembrán tartására, másrészt vákuumtámaszként is szolgálhat.

II.2.1.4. Átbillenő késes típus

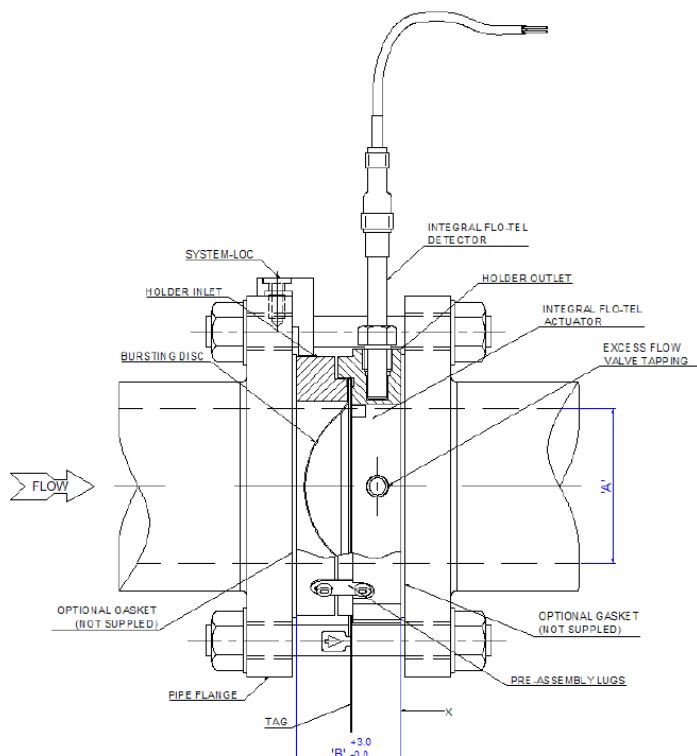
Ez a típus már elavultnak számít, így már nem gyártják őket. Az átbillenő hasadótárcsákat az egyszerű tárcsákhoz hasonlóan domborítják, az üzemi nyomás azonban nem homorú oldalukat, hanem a domború oldalukatterheli. A nyitónyomáson a boltozat behorpad, átbillen a vágóélekre és szegmensekre szakad szét, amelyek rásimulnak a befogóra. Mivel a közeg nyomása a tárcsa domború oldalára hat, így abban nem húzó, hanem nyomófeszültség ébred.

Ezáltal a tárcsa szerkezeti anyaga nincs kúszásnak kitéve. Ugyanolyan szerkezeti anyagminőség, azonos átmérő és nyitónyomás esetén vastagabb a hagyományos tárcsánál, ezáltal kevésbé sérülékeny. A nyitónyomását meghaladó kb. 2-szer nagyobb ellennyomásnak is ellenáll, ezért esetlegesen fellépő vákuum miatt sem szükséges a tárcsához támszerkezet. Nagy kifáradási ellenállása van, jól viseli a váltakozó igénybevételt.

II.2.1.5. Átbillenő önnyíló típus

A tárcsa kilépő oldalán egy patkó formájú bekarcolás van. Ezáltal a tárcsa átbillenésekor önnyílóvá válik. A tárcsa szilánkmentesen nyit. A felnyíló tárcsarész a befogó kilépő oldali részén kialakított kimunkálásához simul. Ugyanolyan előnyös tulajdonságokkal rendelkezik, mint az átbillenő késcs tárcsa. Ennek a tárcsának ezeken túl még olyan előnye is van, hogy a meghúzási nyomatékokra nem érzékeny.

A dolgozatban ez a típus kerül kiválasztásra a cseppeleválasztós túlhevítő védelmére. A szabványos beépítési mód az ábrán látható (2.3. ábra).



2.3. ábra Átbillenő elődomborított hasadótárcsa

Az ábrán látható, hogy a nyomás a domború felületre hat.

II.2.1.6. Szakadó típus

Forgácsolással készült hüvely alakú szerkezet, amelyet elsősorban nagynyomású ($p > 1000$ bar) edények védelmére alkalmaznak. A nyitónyomást a leszakadó fej alatti palást vastagságával lehet beszabályozni. Működésekor a hüvely fejrésze (a tárcsa) a palástról tengelyirányban leszakad, amit a kivetődés ellen ólomágyban szokás felfogni:

II.2.1.7. Sík grafit tárcsák

Grafit rúdból forgácsolással készült szerkezetek. Előnyeik a fémből készült tárcsákkal szemben:

- korózióállóságuk kiváló,
- kicsi a hőtágulásuk, jó a hővezető képességük, így érzéketlenek a szélsőséges hőmérséklet ingadozásokkal szemben,
- kisebb nyitónyomásra is készíthetők, mint a fémtárcsák,
- a törésüket megelőzően nem lép fel képlékeny alakváltozás, ezért a fémtárcsáknál gyorsabban nyitják a keresztmetszet,- váltakozó nyomás esetén sem fáradnak ki, így a tárcsákat viszonylag ritkábban kell cserélni.

Szigorú tömörségi követelmények esetén a tárcsák finomszemcsés grafitból készülnek. A felületüket ilyenkor szuperfiniselik, majd a tárcsát műgyantával impregnálják vagy lakkréteggel vonják be. Van olyan megoldás is, amikor a tömör zárást a tárcsa felületére ragasztott tömítőfóliával oldják meg. A grafit tárcsák bizonyos nyitónyomás alatt vákuum: támaszt igényelnek.



2.4. ábra Grafitlap tárcsa

II.2.1.8. Peremes típus

Készülhet egyoldalon vagy kétoldalon bemunkált kivitelben. A kétoldalon bemunkált tárcsával két különböző értékű nyitónyomás valósítható meg, a nyomásnövekedés irányától



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

függően. A peremes tárcsáknak olyan változata is van, amely egy különlegesen megmunkált fémgyűrűbe van szerelve. Az ilyen tárcsa, a szorítóerőre, illetve a meghúzási nyomatokra nem érzékeny.

II.2.2. Támaszok

A támaszok feladata a tárcsák megtámasztása vákuum vagy egyéb ellennyomás esetén. A gyártó cégek a katalógusokban mindig megadják, hogy egy tárcsához mikor szükséges támaszt alkalmazni.

A támasz lehet:

- a tárcsával együtt nyíló, csak egyszer használható
- merev, a tárcsával nem nyíló, többször felhasználható

Általában rozsdamentes acélból készülnek. Szükség esetén azonban más szerkezeti anyagokból is gyárthatók.

II.2.3. Befogók

A befogók feladata a tárcsa és a támasz befogása, valamint ennek az egységnek a védendő edényhez való csatlakozása. A tárcsák nyitónyomása kritikusan függ a befogás módjától ezért a tárcsákhoz csak a gyártó cégek által kifejlesztett befogókat szabad alkalmazni.

A befogók lehetnek:

- gyűrűsek
- hollandi anyások
- csavarosak

A befogókat többnyire rozsdamentes acélból készítik. A beépítési hely követelményeinek megfelelően azonban egyéb anyagból is előállíthatók.



2.5. ábra Befogók

A befogók furatának szabványos méretsora a következő: 15-25-40-50-65-80-100-150-200-250-300-350-400-450-500-600-700-800 mm.

Szeretnénk megjegyezni, hogy a gyártók 15 mm-nél kisebb és 800 mm-nél nagyobb átmérőjű illetve a szabványostól eltérő méretű szerelvények gyártására is vállalkoznak.

II.2.4. Tartozékok

A gyártó cégek különböző tartozékokat fejlesztettek ki. Ilyen a nyitásjelző, a hővédő előtét, a goylós szelep és a beépítési tájoló.

II.2.4.1. Nyitásjelzők

A szakadó huzalos nyitásjelzők érzékelője egy fóliára ragasztott fémhuzalból áll, amelyet a tárcsa nyitáskor a kiáramló közeg elszakít. Az elszakadt vezeték nyitott áramköri jelzést ad, amit a kezelő személyzet részére hang vagy fényjelzés formájában lehet megjeleníteni.

II.2.4.2. Hővédő előtét

A hővédő előtét a tácsák hőmérsékletállandóságának növelésére szolgál. Elsősorban grafit tárcsáknál alkalmazzák, ahol az üzemi hőmérséklet meghaladja a 170°C-ot. A hővédő előtér egy rozsdamentes acélgyűrűbe helyezett kerámia rostpehely, amit a tárcsa elé kell beépíteni. A hővédő előtét szükséges vastagságát hőtechnikai számításokkal lehet meghatározni. Maximum 600°C-ig használhatók.



II.2.4.3. Golyós szelep fesz mérővel

Amennyiben két tárcsát használunk sorbakapcsolva, vagy amikor tárcsát és biztonsági szelepet szerelünk sorba, lényeges, hogy a köztük lévő térben figyeljük meg a nyomás létrejöttét, vagy az atmoszférikus értéken tartjuk.

II.2.4.4. Beépítési tájoló

A beépítési tájolóval biztosítani lehet a tárcsát tartalmazó befogó helyes beépítését a szorítókarimák közé.

A könyök alakú tájoló elem a belépő szorítókarimához van rögzítve. A befogó belépő szorítókarimához van rögzítve. A befogó belépő oldali gyűrűje úgy van megmunkálva, hogy a mérete megfeleljen a tájoló elemnek. Helytelen beszerelésekor a szerelvény nem fér a szorítócsavarok közé vagy a tömítettség nem biztosítható. A tájoló elem méretével vagy a tájoló elemek számával az is megoldható, hogy az adott helyre csak az oda tervezett befogó alkalmazható.

II.2.5. Szerkezeti anyagok

A tárcsák tulajdonságait döntő mértékben a szerkezeti anyaguk minősége illetve tulajdonsága határozza meg. Fontos követelmény, hogy a tárcsakészítésre használt anyag homogén szövetszerkezetű, belső hibáktól és feszültségektől mentes, valamint azonos minőségben könnyen reprodukálható legyen. Lényeges, hogy az anyag szerkezete és mechanikai tulajdonságai az üzemelés során ne változzon jelentős mértékben.

A tárcsák gyártásához használt szerkezeti anyagokat és azokra megengedhető hőmérséklet határokat a (2.1. táblázat) táblázatban található.

Szerkezeti anyag	Hőmérséklet °C	
	Minimum	Maximum
Alumínium	-100	+120
Ezüst	-100	+120
Nikkel	-200	+400
Monel	-100	+425
Rozsdamentes acél	-200	+480

Inconel	-200	+600
Hastelloy B és C	-200	+400
Titán	-200	+300
Grafit	-80	+170
Teflon	-80	+280

2.1. táblázat Tárcsaszerkezetek anyagára megengedett hőmérséglet tartomány

II.2.6. Kiválasztás

A rendelkezésre álló különböző tárcsatípusok más-más jellemzőkkel bírnak, amelyek meghatározott alkalmazásoknál nyújtanak bizonyos előnyöket. Mielőtt valamelyik alkalmazásához kiválasztanánk a tárcsatípust, annak méretét kell meghatároznunk. A méret meghatározása után kerülhet sor a tárcsa kiválasztására miközben a következőkben felsorolt tényezőket kell figyelebe venni:

- Méret
- Nyitónyomás
- Viszonylagos üzemi nyomás
- Hőmérséklet
- Vákuumállóság
- Alkalmasság a biztonsági szeleppel való sorbaszerelésre

II.2.7. Nyitónyomást befolyásoló tényezők

A tárcsák nyitónyomása és élettartama nagymértékben függ a korróziós viszonyoktól, az üzemi hőmérséklettől, az üzemi és a nyitónyomás egymáshoz való viszonyától, az üzemi nyomás jellegétől, valamint a beépítési körülményektől.

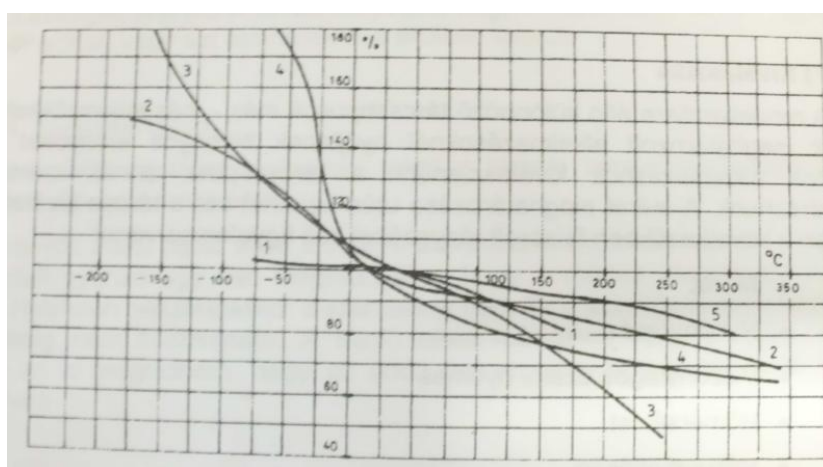
II.2.7.1. Korrózió

A fémből készült hasadótárcsák vékony membránok, amelyeken a korróziós hatások jelentős szerkezeti változásokat eredményezhetnek. A tárcsák működési szerepe illetve a kivitelezésük jellege nem engedi meg a falvastagság ráhagyást, ezért már a kezdeti korrózió is gyengülést eredményezhet. Amennyiben a tárcsaszerkezetek a velük érintkező közegekkel szemben nem ellenállóak, akkor a teljes felületükön vagy helyenként elvékonyodnak. Az így legyengült elemek már nyomásnövekedés nélkül is képesek nyitni a lefűvő keresztmetszetet. A

legnagyobb korróziós veszély a védett berendezésben lévő üzemi közeg, de sokszor nem hagyható figyelmen kívül a korrózív környezeti levegő sem. A grafit-tárcsák korrózióállósága kiváló, ezért a korróziós hatásokból származó nyitónyomás csökkenés nem jellemző.

II.2.7.2. Üzemi hőmérséklet

A tárcsák szilárdságát illetve nyitónyomását a hőmérséklet jelentős mértékben befolyásolhatja. Az ábra () a hőmérséklet hatását mutatja a különböző anyagokra. A grafikon csak irányelv-ként szolgál, pontos adatokat a tárcsák szállításával együtt adják.



1.6.ábra A nyitónyomás változása a hőmérséklet hatására

1: grafit, 2: nikkel, 3: alumínium, 4: rozsdamentes acél, 5: monel

II.2.7.3. Az üzemi és a nyitónyomás egymáshoz való viszonya

A hasadótárcsák p_u üzemi nyomásának és a p_n nyitónyomásának az egymáshoz való viszonyát az N hányadossal az úgynevezett viszonylagos üzemi nyomással szokás jellemezni.

Amennyiben az üzemi az üzemi nyomást közelítjük a tárcsák nyitónyomásához akkor a τ_u üzemidő után a tárcsák nyitónyomása csökkenhet illetve az N viszonzszám növekedésével a tárcsa τ_e kisebb lesz.

II.2.7.4. Az üzemi nyomás jellege (statikus, fárasztó)

Amennyiben a tárcsák ciklikus terhelésnek vannak kitéve, akkor a kifáradás következtében bizonyos üzemidő után a tárcsa nyitónyomása p_n' -re csökkenhet. A ciklikus fárasztásnak kitett tárcsák a szükséges nyitónyomásnál kisebb értéken léphetnek működésbe illetve nyomásnövekedés nélkül az üzemi nyomáson is felhasadhatnak.



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

II.2.7.5. Befogási mód

A hasadótárcsák nyitónyomása függ a befogásuk módjától illetve a tárcsákat összeszorító erő nagyságától. Ezért a tárcsák felszerelésekor ($M_{\min} < M_m < M_{\max}$) szabad csak meghúzni.

Amennyiben a hasadótárcsák beszerelésekor a gyártó cég által ajánlott $M_{\max}$ maximális meghúzási nyomatékot túllépik, akkor a tárcsák nyitónyomása a tárcsák bizonylatában közölt p_n értékről a p_n' értékre csökkenhet. Az így lecsökkent p_n' nyitónyomás olyan közel kerülhet a p_u üzemi nyomáshoz, hogy az – a tárcsa előtti nyomás növekedése nélkül is – nyitást eredményez.

III. A feladat kidolgozása

A feladatom, hogy az ISO 6718 alapján elvégezzem a tárcsa méretezését és az egyéb számításokat, valamint megpróbálok végeselemes módszer segítségével néhány a tárcsa integritására vonatkozó számítást elvégezni. Célkitűzésem, hogy az analitikusan meghatározott paramétereket felhasználva ellenőrizni tudjam a tárcsa nyitó nyomsását; mesterséges hibákat feltételezni benne, ami a helytelen beszerelés következménye lehet.

II.1. A szabvány alkalmazása

A szabvány 'A' jelű mellékletében az ürítési kapacitás meghatározására találunk útmutatást. A tömegáramlási sebességet lehet meghatározni a tárcsát tartalmazó ürítési rendszerben, és csak egy fázisú áramlásra vonatkozik.

A szabványban két módszer áll rendelkezésre. Az egyik módszer egy egyszerűsített megközelítést alkalmaz, amely elhanyagolja a bemenő és az ürítési csővezetékben fellépő nyomáscsökkenést. A másik módszer olyan rendszert vesz figyelembe, ahol meg kell határozni a teljes fellépő nyomást.

III.1.1. A szabvány alkalmazása a tárcsaátmérő meghatározására

A kritikus áramlás akkor következik be, ha

$$\frac{p_b}{p} < \left(\frac{2}{\kappa+1} \right)^{\kappa/(\kappa-1)} \quad (1)$$

Kritikus alatti pedig, ha

$$\frac{p_b}{p} > \left(\frac{2}{\kappa+1} \right)^{\kappa/(\kappa-1)} \quad (2)$$

ahol p_b az ellennyomás azonnali kiáramlásának értéke a legkisebb keresztmetszetű áramlási területen, abszolút bárban értve



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

κ a gáz izentrópikus kitevője

p a nyomás csökkenésének mértéke, abszolút bárban értve

Az ürítési kapacitás meghatározására több képlet is használható, attól függően, hogy mely paraméterek ismeretesek.

$$q_m = 0,288 \cdot 3C\alpha A_0 \sqrt{\frac{p}{v}} \quad (3)$$

$$A_0 = 3,469 \cdot \frac{q_m}{C\alpha} \sqrt{\frac{p}{v}} \quad (4)$$

$$q_m = C\alpha A_0 p \sqrt{\frac{M}{TZ}} \quad (5)$$

$$A_0 = \frac{1}{C} \frac{q_m}{\alpha p} \sqrt{\frac{TZ}{M}} \quad (6)$$

ahol A_0 a szükséges minimális áramlási keresztmetszete a tárcsának, mm^2 -ben

C az izentrópikus kitevő függvénye

$$C = 3,948 \sqrt{\kappa \cdot \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{(k+1)/(k-1)}} \quad (7)$$

M a moláris tömeg, kg/kmol

p lefűvónyomás bara $p_1=1,1\text{pn}$

q_m a tárcsa szükséges kapacitása, kg/h

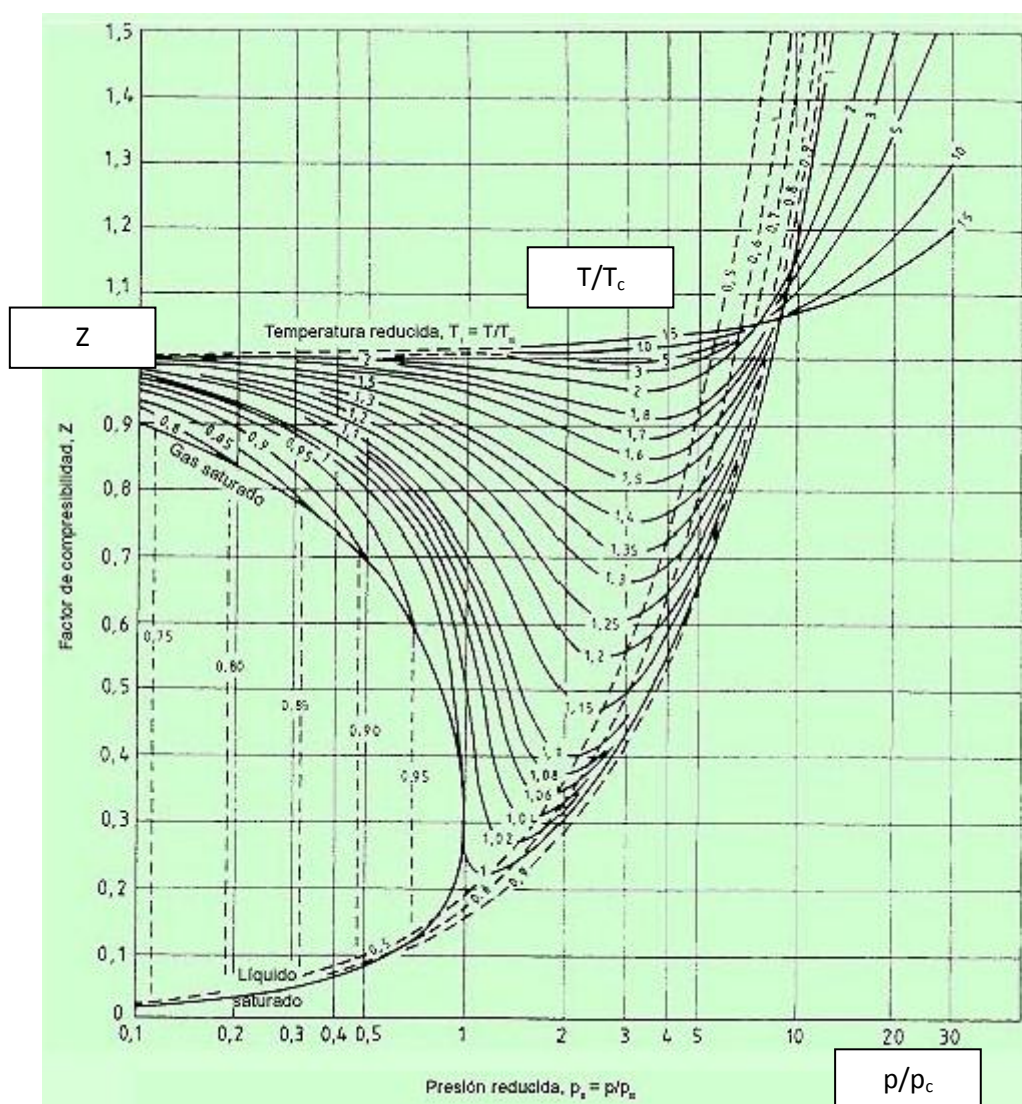
T nyomáscsökkenési hőmérséklet, K

v fajlagos térfogat, m^3/kg

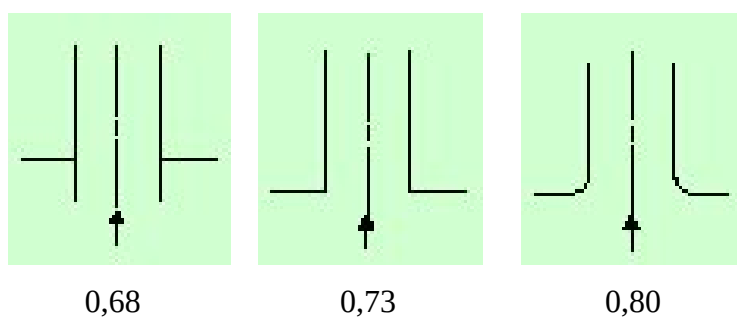
Z kompressziós tényező

k	C	k	C	k	C
0,40	1,65	1,02	2,41	1,42	2,72
0,45	1,73	1,04	2,43	1,44	2,73
0,50	1,81	1,06	2,45	1,46	2,74
0,55	1,89	1,08	2,46	1,48	2,76
0,60	1,96	1,10	2,48	1,50	2,77
0,65	2,02	1,12	2,50	1,52	2,78
0,70	2,08	1,14	2,51	1,54	2,79
0,75	2,14	1,16	2,53	1,56	2,80
0,80	2,20	1,18	2,55	1,58	2,82
0,82	2,22	1,20	2,56	1,60	2,83
0,84	2,24	1,22	2,58	1,62	2,84
0,86	2,26	1,24	2,59	1,64	2,85
0,88	2,28	1,26	2,61	1,66	2,86
0,90	2,30	1,28	2,62	1,68	2,87
0,92	2,32	1,30	2,63	1,70	2,89
0,94	2,34	1,32	2,65	1,80	2,94
0,96	2,36	1,34	2,66	1,90	2,99
0,98	2,38	1,36	2,68	2,00	3,04
0,99	2,39	1,38	2,69	2,10	3,09
1,001	2,40	1,40	2,70	2,20	3,13

3.1.táblázat A C tényező az izentrópikus kitevő függvényében



3.1. ábra A 'Z' kompresszibilitási tényező



3.2. ábra A különféle beépítési módok



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

A különféle csomák beépítési módok láthatóak a 6. ábrán, amelyet a szabványban, amelyek az ábra számozása szerint a következők: 0,68-as α tényezőjű típus a kiálló fűvóka, 0,73-as a befelé vagy kifelé nyúló fűvóka és blokk perem, nem hidrodinamikus tervezési konfigurációban. A 0,80-as a blokk perem a hidrodinamikus konfigurációban.



IV. Számítógépes program készítése a hasadótárcsa méretmeghatározásához

A számításokat ANSI C környezetben általam írt programmal határozom meg a szabvány egyenleteinek megfelelően. A program használatakor szükség van a szabvány ismeretére, ugyanis, néhány paramétert a szabványból kell megadni úgy például, mint a csatlakozás jellegét mutató tényező értékét, de pontosan kell ismerni az üzemi körülményeket is.

A program külön kezeli a kritikus és a kritikus alatti áramlások esetét. Meghatározza analitikus képletek alapján a táblázatos C tényező értékét, meghatározza a Z kompresszibilitási tényezőt. Figyelembe veszi a különféle anyagok moláris tömegét, így többféle közeggel is elvégezhető a számítás.

A program alapvető célja, hogy a bemenő paraméterek ismeretében meghatározza azt a minimális átmérőt, amin keresztül a közeg lefűjása meg kell, hogy történjen adott nyomáson. Ehhez először meghatározza a tárcsa felületét, majd a felületből egyszerű matematikai összefüggések felhasználásával az átmérőt. A felületet a (4) egyenlet felhasználásával került meghatározásra. Az átmérő ismeretében már csak a szabványos átmérőt kell a katalógusból kiválasztani. A kiválasztásnál figyelni kell, hogy a lefűvő felület nagyobb legyen a minimálisnál, tehát a számított értékkel egyenlő vagy nagyobb tárcsát kell választani a szabványból.

Az újraszámítás azért vált szükségessé, mert a cseppleválasztós túlhevítőket ezelőtt biztonsági szelepekkel védték, amelyeknek számos hátrányos tulajdonsága van. A szelepek hátrányos tulajdonságai, hogy nem zárnak tömören, ezért az üzeminduláskor szükséges vákuumot nem lehet létrehozni; üzemi nyomáson szivárognak, így gőzvesztést okoznak; nem utolsósorban a szelepek karbantartása jelentős élőmunkát és energiaráfordítást igényel. Ezen problémák megoldása végett hasadó tárcsákat lehet alkalmazni. A tárcsák működés utáni nyitott felülete nem veszélyezteti a folyamat egészét, így alkalmazhatók, és egyenértékű védelmet nyújtanak a szelepekkel, azok hátránya nélkül.

Az üzemi körülmények a következők:

- Üzemi közeg: telített vízgőz
- A kilépő oldali közeg: környezeti levegő



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

- Indulási nyomás, vákuum: 20 mbar_a
- Normál üzemi nyomás: 2 bar_t
- Nyomásingadozás: 2-2,5 bar_t
- Normál üzemi hőmérséklet: 132 °C
- Hőmérséklet ingadozás: 132-137 °C

A megfelelő tárcsa az átbillenő hasadó tárcsa, hasonló módon domborítják őket elő, mint az egyszerű tárcsákat, de a domború oldaluk néz szembe az üzemi nyomással. A nyitónyomáson a boltozat behorpad, átbillen a vágó élekre és három szegmensre szakad szét, melyek visszahajlanak a befogókra. A lefűvás ilyen módon az egész keresztmetszeten megvalósul. A nyomás a domború oldalra hat, így kúszásnak nincs kitéve a tárcsa, mivel vastagabb a hagyományos tárcsáknál, nincs kitéve a sérüléseknek annyira, mint egy hagyományos tárcsa.

A beépítésre kerülő tárcsa jellemzői:

- Típus: átbillenő
- Méret: 250 mm vagy 350 mm
- Nyitónyomás: 3,5 bar_t ± 5% 146 °C-on
- Vizsgálat: BS 2915:1984

IV.1. A tárcsa átmérőjének meghatározása a programmal

A program által meghatározott értékek és bemeneti paraméterek:

Az első lépésben meg kell adni a program által bekért adatokat, hogy a számításokat el lehessen végezni.

Az $\alpha=0,68$ értékű módot választottam a számításokra. Majd meg kell adni a κ tényezőt adtam meg, amelynek értéke jelen feladat esetén 1,14-re lett választva. A táblázat alapján C tényezőként 2,51-et adtam be. Majd a P_b -nek 4,85 bar-t, p -nek 3,85 bar-t állítottam be, q_m -nek pedig 120.000 kg/h-t. Ezek alapján az áramlás kritikus lesz. Ezt a program jelzi is. Ekkor egy elágazás van a programba írva, melynek meg kell adni, hogy mit írt ki, így erősítve meg az áramlás milyenségét. Jelen esetben a '1'-es gombot kell megnyomni a tovább lépéshez, amely a kritikus áramlást jelenti.



Cseppeleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

A cseppeleválasztó túlhevítő védelmére tehát egy olyan tárcsát kell kiválasztani, amely összefoglalva a következő értékeknek megfelel:

- Cseppeleválasztó engedélyezési nyomása: $P_{en}=3,9 \text{ bar}_t=4,9 \text{ bar}_a$
- A lefűvándó közeg tömegárama: $\dot{m}_{sz}=120.000 \text{ kg/h}$ telített vízgőz
- A megengedhető lefűvó nyomás: $p_1=1,1 \cdot p_n=1,1 \cdot 3,5=3,85 \text{ bar}_t=4,85 \text{ bar}_a$
- A lefűvási hőmérséklet: $T_1 \approx 150 \text{ }^\circ\text{C} = 423 \text{ K}$
- A fajlagos térfogat: $v_1 \approx 0,4 \text{ m}^3/\text{kg}$
- Az adiabatikus kitevő: $\kappa=1,14$
- A tárcsa szükséges nyitónyomása $p_n= 3,5 \text{ bar}_t$
- A számításba vehető teljesítménytényező: $\alpha=0,6$
- C paraméter κ függvényében: 2,51.

Tovább lépve a program tájékoztat arról, hogy a feladatban a tömegáram szerepel, így a szabvány A.4-es képlete szerint kell elvégezni a számításokat. Ezt a program tartalmazza, de a számítás elvégzéséhez meg kell adni a fajlagos térfogatot m^3/kg -ban, ez 0,4-es értéket vett fel a példában. A fajlagos térfogat $v(T,p)$ függvénye.

A program ezután meghatározza a szükséges minimális tárcsafelületet.

$$A_0=78509,601562 \text{ mm}^2\text{-re}$$

adódott. Ebből átszámolva az átmérőt,

$$D_0=316,166931 \text{ mm}$$

jött ki. Ebből az adatból tehát vagy 2 db DN 250-es, vagy 1 db DN 350-es tárcsa alkalmazandó a cseppeleválasztós túlhevítőbe.

A program következő lépésben meghatározza a 'Z' kompresszibilitási tényezőt, amely p,v,T függvényeként határozható meg a szabvány által közölt összefüggés alapján.

Ehhez meg kell adni a közeg moláris tömegét, amely ebben az esetben 18 g/mol ($\text{H}_2\text{O}=1+1+16 \text{ g/mol}$ -ból adódóan). A program átváltja a megfelelő dimenzióba az értékeket.

Z-re így

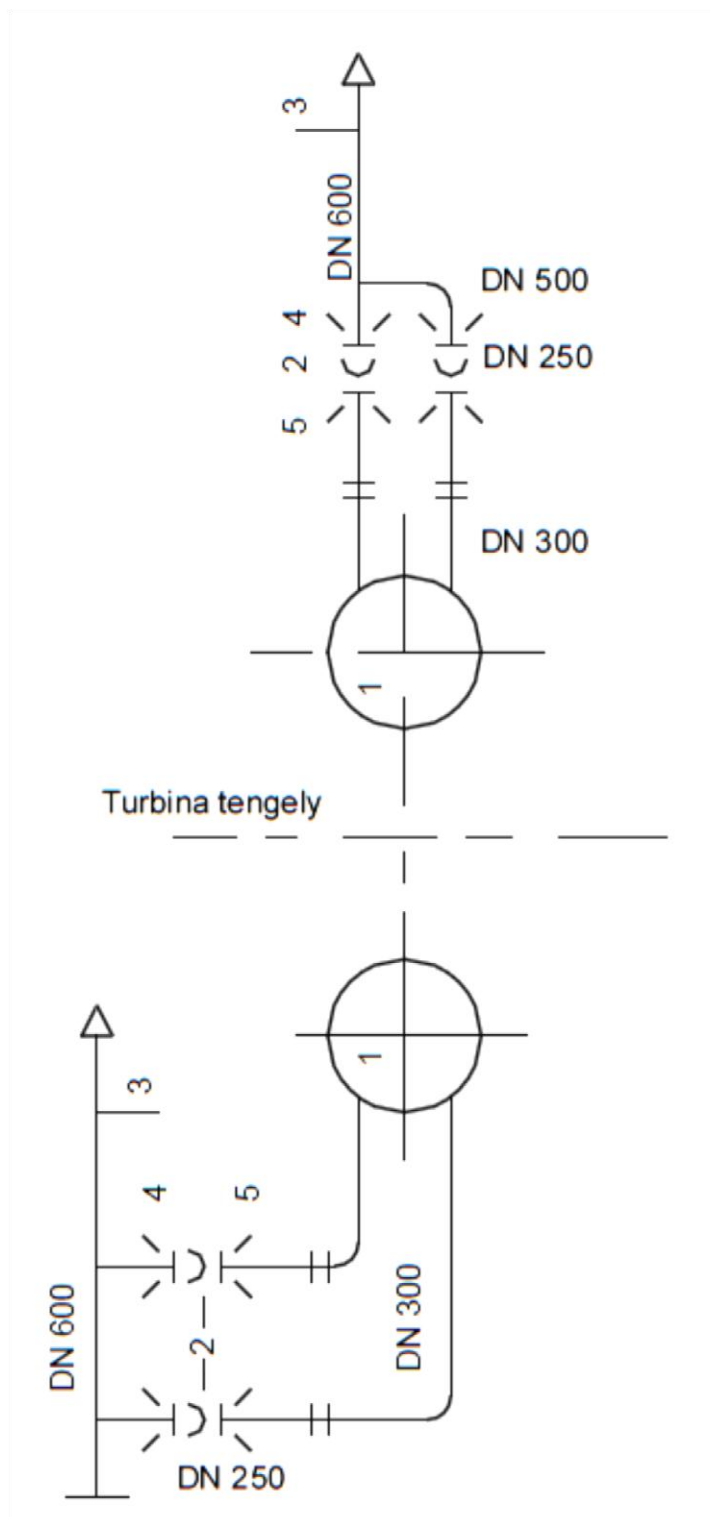
$$Z=0,893870$$



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

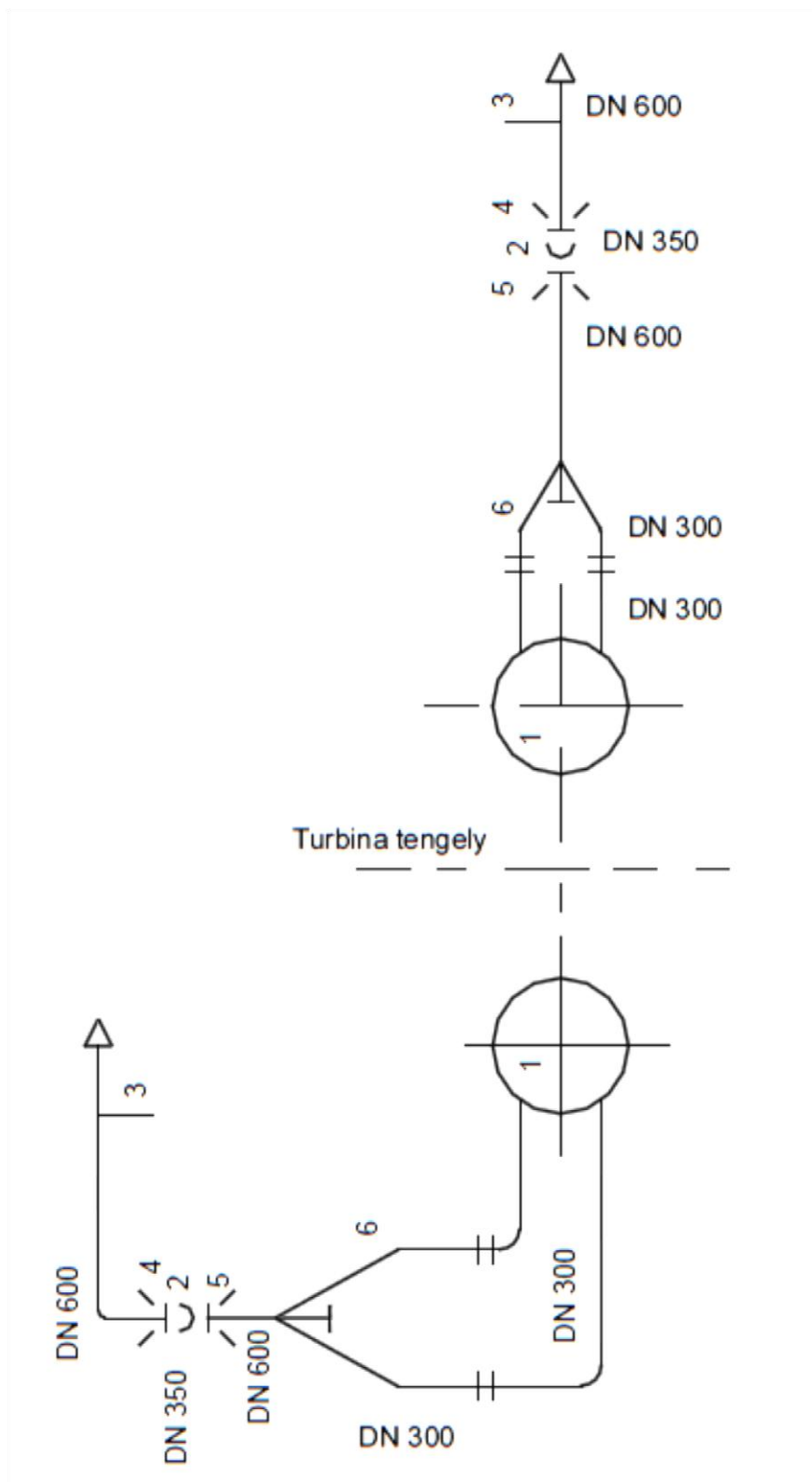
adódik, amely könnyen ellenőrizhető a diagram alapján. Az érték a diagram alapján reálisnak tűnik, de a hőmérsékletek és a nyomások hányadosaként is meghatározható, illetve leolvasható. A program tehát ezt az ellenőrző funkciót is ismeri, illetve el is végzi.

A program forráskódja a függelékben található (I. függelék). A számításokat egyéb feltételek mellett is képes elvégezni, tehát más közeggel, más nyomással is alkalmazható tárcsaátmérő meghatározásra.



4.1. ábra A cseppleválasztó védelme 2db DN 250-es tárcsával

1: cseppleválasztó; 2: hasadótárcsa; 3: lefűvő vezeték; 4: bővülő közdarab; 5: szűkülő közdarab



4.2. ábra A cseppleválasztó védelme 1db DN 350-es tárcsával

1: cseppleválasztó; 2: hasadótárcsa; 3: lefűvő vezeték; 4: bővülő közdarab; 5: szűkülő közdarab; 6: csatlakozó közdarab (csőidom)



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

A két ábra (4.1. és 4.2.) 2db DN 250 és 1db DN 350-es tárcsával történő megvalósítást mutatja be. A kedvező választást a költségek és a kiépítettség függvényében kell eldönteni. Mindekét esetben megfelelő a tárcsa nyitófelülete. [6]

Az ábrán (4.2.) a kiválasztott DN350-es hasadótárcsa szerelési útmutatója látható. Ha a tárcsát csomók közé szerelik, akkor előfordulhatnak megfogási hibák.

Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával



CE 0038 [P > 0.5 BAR]



Opti-Gard (OP)
Opti-Gard Solo (OPS)
Uni-Gard (UG)



Installation (GB)
Installation (F)
Einbaueinführung (D)
Installaione (I)
Instalație (NL)
Instalação (P)
Instalación (E)
Instalation (S)
Установка (RU)

ELFAB LIMITED
Alder Road, North Shields, Tyne and Wear NE29 8SD,
UNITED KINGDOM
Free Phone 01 900 88 22 85-00 (Europe, ROW)
Toll Free (USA) (877) 88 22 880
e-mail: sales@elfab.com <http://www.elfab.com>

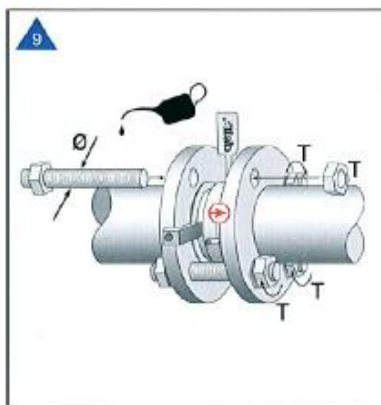
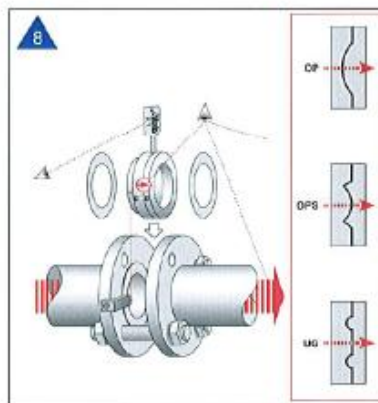
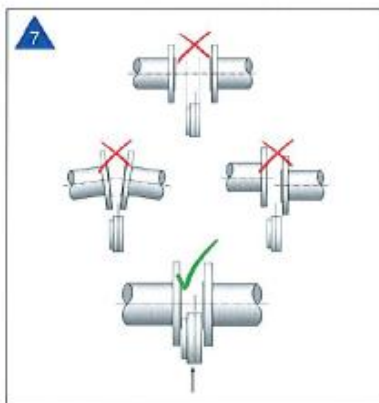
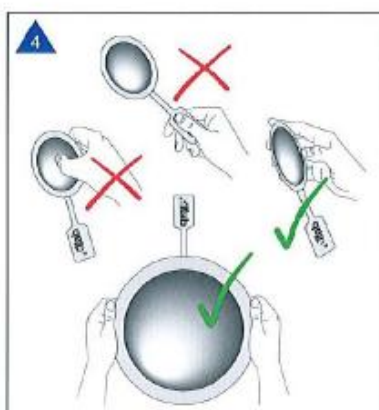
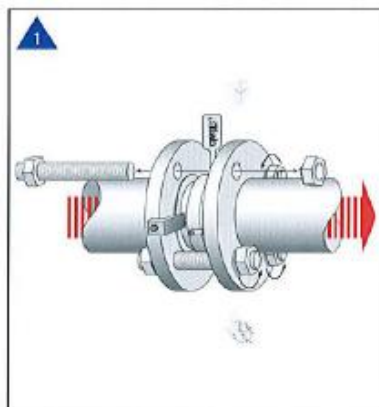


Figure 10 illustrates the torsion test. Part (a) shows a cylindrical specimen under torque T , with a shear stress distribution indicated by arrows. Part (b) shows four circular diagrams representing the deformation of a specimen under increasing torque, with points 1-12 marked on the circumference. Part (c) is a table showing the relationship between torque T (Nm) and the angle of twist ϕ (rad) for a specimen with diameter $\phi = 10$ mm.

ϕ (mm)	T (Nm)	ϕ (rad)	T (Nm)	ϕ (rad)
10	18 $\pm$ 2	0.9	25 $\pm$ 5	
12	30 $\pm$ 5	1.5	50 $\pm$ 10	
18	75 $\pm$ 10	3.5	85 $\pm$ 20	
20	150 $\pm$ 25	7.5	140 $\pm$ 30	
24	200 $\pm$ 40	1	210 $\pm$ 40	
27	250 $\pm$ 60	1.5	280 $\pm$ 60	
30	300 $\pm$ 90	2.0	350 $\pm$ 90	
33	350 $\pm$ 110	2.5	550 $\pm$ 120	
36	400 $\pm$ 150	3.0	720 $\pm$ 150	
38	1110 $\pm$ 100	19.0	1100 $\pm$ 220	
40	1810 $\pm$ 200	2	1750 $\pm$ 240	



V. A hasadótárcsa nyitónyomását befolyásoló tényezők elemzése végeselemes módszerrel

Ebben az alfejezetben Comsol végeselemes program segítségével különféle szubjektív hibákat feltételezve a tárcsákban, illetve beépítési módjukban, számításokat végeztem.

V.1. A tárcsák hibái

A programmal meghatározott átmérők közül a DN 350-es átmérőjű tárcsát választottam a végeselemes szimulációk alapjául. Solid Edge tervező rendszerben létrehoztam a hasadótárcsa modelljét. A modell egy tárcsa 15°-os cikkét mutatja be. Erre az egyszerűsítésre azért volt szükség, mert a számítógép, amelyen a számításokat végeztem a modell elem szükségletét nem volt képes elegendő memóriával ellátni. A modell alkotásakor elhanyagoltam olyan feltételeket, mint a környezet bizonyos hatása, a megfogás geometriája. Egyszóval redukáltam a feladatot a tárcsára és annak hibáira.

A tárcsa nyitónyomását számos tényező befolyásolja, egyben a körülmények milyenségétől függően az élettartam is változó. A tárcsák fő tulajdonságai jelentősen mértékben függnak az üzemi jellemzőktől úgy, mint a nyomás jellege valamint a hőmérséklet, de a szerkezeti anyag sajátosságai és a beépítési körülményektől.

A váltakozó terhelés (túlnyomás –vákuum; lüktető nyomás; ismétlődő váltakozó terhelés) hatására a tárcsa kifárad, aminek hatására a nyitónyomás jelentősen megváltozik. Kísérletekkel igazolták, a grafit törőtárcsák viszonylagos üzemi nyomáson a lüktető nyomásnak kitett tárcsák élettartama rövidebb, mint az állandó terhelésű tárcsáknak.

Dinamikus terhelés hatására a fémek tulajdonságai megváltoznak. Kísérleteket végeztek lökéshullámokkal, melynek eredményeképpen azt állapították meg, hogy a sík tárcsák (képlékeny anyagúak esetén) átszakadás előtt kúpos alakot vesznek fel. A dinamikus terhelés a megfigyelések szerint az anyag keményedését okozza. A dinamikus terhelésnek kitett tárcsák magasabb nyomáson nyitnak, mint a lassú terhelésűek.

A hőmérséklet változása a szerkezeti anyagok mechanikai tulajdonságait nagymértékben befolyásolja, ami a tárcsák nyitónyomására is hatással van. Alacsony hőmérsékleten a tárcsa



nyitónyomásának növekedése olyan mértéket ölthet, hogy akár robbanás is kialakulhat. Ezzel szemben a magas hőmérsékleteken a nyitónyomás csökkenése olyan mértékű, hogy az üzemi nyomás alatt is kinyithat, így tehát a tervezés folyamán figyelembe kell venni a tárcsahőmérsékletet.

A tárcsa, ha olyan anyagból készül, amellyel szemben nem ellenálló, akkor a korrózió hatására elvékonyodik, és idő előtti nyitást produkál. A közeg a legsarkalatosabb tényező korrózió szempontjából, de lehet lényegtelen szempont a szennyezett nedves levegő sem.

A tárcsák anyagának választása során nem elegendő figyelembe venni a korrozív közeg hatását, hanem a beszerelés helyét is vizsgálni kell, ugyanis még az elektrokémiai korróziós veszély fennállhat. Az elektrokémiai korrózió alakulhat ki, ha két fém a között a közeg, mint dielektrikum jelenik meg. A negatívabb fém korrodálni kezd, még akkor is, ha egyébként korrózióálló, tehát arra kell törekedni, hogy a tárcsa legyen a pozitívabb.

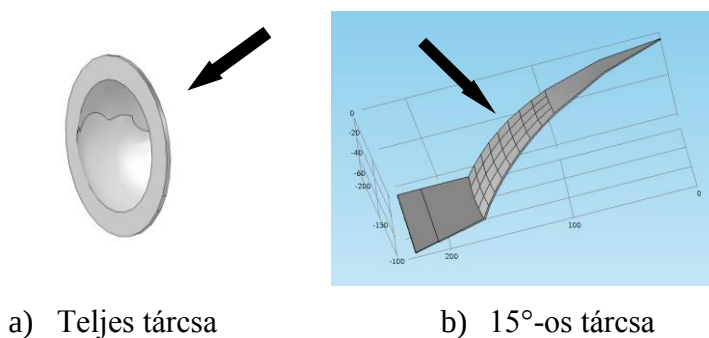
Tartós folyás a tárcsaszerkezet gyengül, ez annak következménye, hogy a tárcsára ható terhelés rugalmas-képlékeny alakváltozást szenved az időben előrehaladva a folytonos terhelés következtében, ennek eredményeképpen a nyitónyomás csökken.

V.2. Comsol számítások ismertetése

A befogási körülmények nagymértékben befolyásolják a nyitónyomás nagyságát, főleg a befogószerkezet éleinek lekerekítésétől. Ennek rádiusza nem befolyásolja a nyitónyomást, de a nagyobb rádiusz csökkenti a nyitás szórását.

A Comsolban végzett számításokhoz szükséges volt egy modellt létrehozni. A modellt Solid Edgbe CAD rendszerben rajzoltam. Mivel az általam használt számítógép számítási kapacitása a következő hardwarekkel jellemezhető: AMD Athlon X4 640 3 GHz processzor, Nvidia GT 430 OC 1GB videokártya és 4GB Kingmax memória 32-bites operációs rendszer alatt, ami 3,25 GB memóriát tud kezelni, nem meglepő, hogy csak relatíve kevés elemet tud kezelni. Tehát megoldást kellett találni a számítások lefuttatásához. Mivel a tárcsa forgástestként (gömbcsüveg tárcsa + befogó lemez = egyszerűsített modell) fogható fel, aminek geometriai tulajdonsága, hogy egy forgástengellyel rendelkezik, így kezelhető

szimmetrikus feladatként. A rajz elkészítésekor a forgatás során 360° helyett 15° -ot választottam. Az elemszám csökkent. Míg a teljesen körbeforgatott geometria több, mint 65.000 node-ot, csomópontot tartalmazott, addig a 15° -ra forgatott test, mindösszesen 6.000-et (a számítógép konfiguráció kb. 13.000 elemet képes kezelni).



5.1.ábra A modellek

Az (5.1) ábrán a Solid Edgből importált első modell látható. A háló generálásakor szükségesség vált modell a b) ábrán látható.

A programot ebben az esetben 3D-s statikus megoldóval használtam. A rajz mivel Solid Edgben készült, és nem pedig a Comsolban, így az importálásnál meg kell vizsgálni, hogy a méretek egyeznek-e. Amennyiben nem, egy egyszerű transzformációs lépéssel át kell skálázni a modellt.

A következő lépés, hogy megadjuk az anyagminőséget. Ezt a lépést végre lehet hajtani úgy is, hogy megadjuk a szükséges anyagi állandókat, mint a rugalmassági modulust, a Poisson tényezőt, sűrűséget stb., de létezik beépített anyag könyvtár, amiben több száz előre definiált anyag közül lehet választani. Ezek közül választottam a feladatban használt típusokat. Acélt választottam elsőként, majd alumíniummal is elvégeztem a számításokat.

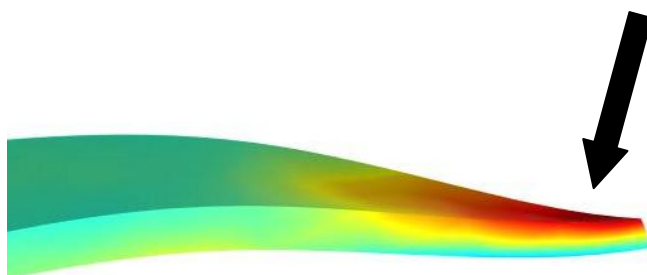
A program a számításokat a lineárisan rugalmas anyagtörvény szerint hajtotta végre.

Ezt követte a mechanikai peremfeltételek megadása. Első lépésben megadtam a befogási kényszereket, majd a szimmetria feltételeket, végül a terhelést adtam rá nyomásként a megfelelő részekre. Az összes beállítás után elindítottam a számítást. A számítások kiértékelését Excelben végeztem, és Excelben készített diagramokon keresztül mutatom be az eredményeket. Az összehasonlításhoz különféle hibákat generáltam az alapmodellen. Elsőként a korróziót modelleztem, olyan módon, hogy a gömbsüveg egy részét vékonyabbá

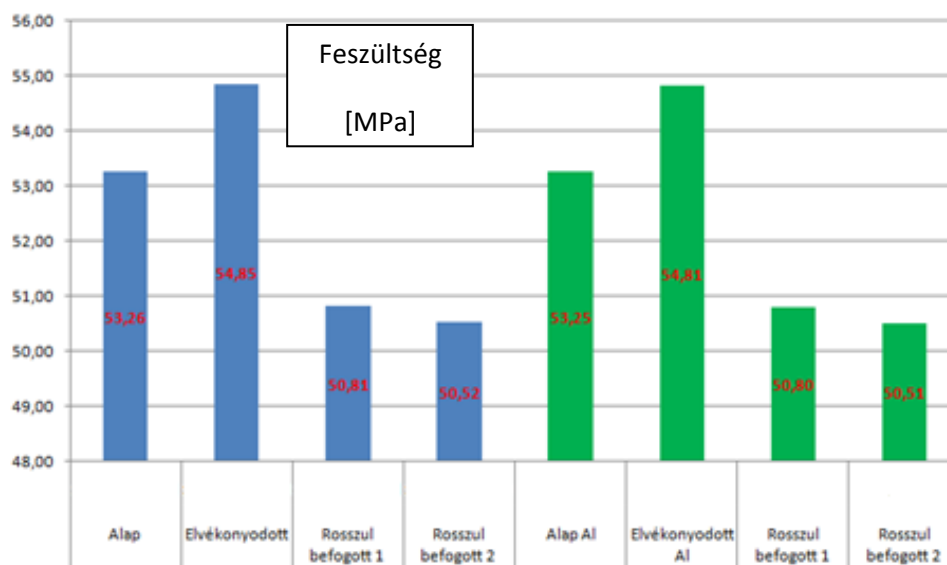
tettem. A lemez vastagsága 1,5 mm-es volt míg a korrodált részen 1mm. Második és harmadik futtatáskor a befogásokon módosítottam. Ez abból fakadhat, ha nem szabályszerűen szerelik be a tárcsákat. A befogásokhoz a lemez peremén létrehoztam egy-egy felületet, hogy a befogásokat másképp lehessen megvalósítani. Az egyik esetben a két belső felületen lett megfogva, azt modellezve, hogy a csomk belső szélén valami hiba miatt van csak megfogva. A másik esetben pedig, a két oldalon másképp lett megfogva. Ez pedig a nem koncentrikus tengelyek miatt következhet be vagy egyéb szerelési hibából.

Az első diagramon a nyitónyomásnak megfelelő terhelések összehasonlítása látható. Kétféle anyagminőséggel végeztem el a futtatásokat, szerkezeti acéllal és alumíniummal. Fel van tüntetve az alapmodell és a hibás modellekből származó értékek. Von Mises feszültséget ábrázoltam. A p nyomás nagysága $p=390100 \text{ Pa}$ ($\sim 3,85 \cdot 10^5$) volt.

A következő ábrán az elvékonyodás környezetének feszültség eloszlása látható. A pirossal jelölt részen a legnagyobb a feszültség értéke.



5.2.ábra Elvékonyodott tárcsa részlet



5.1. diagram Összehasonlítás

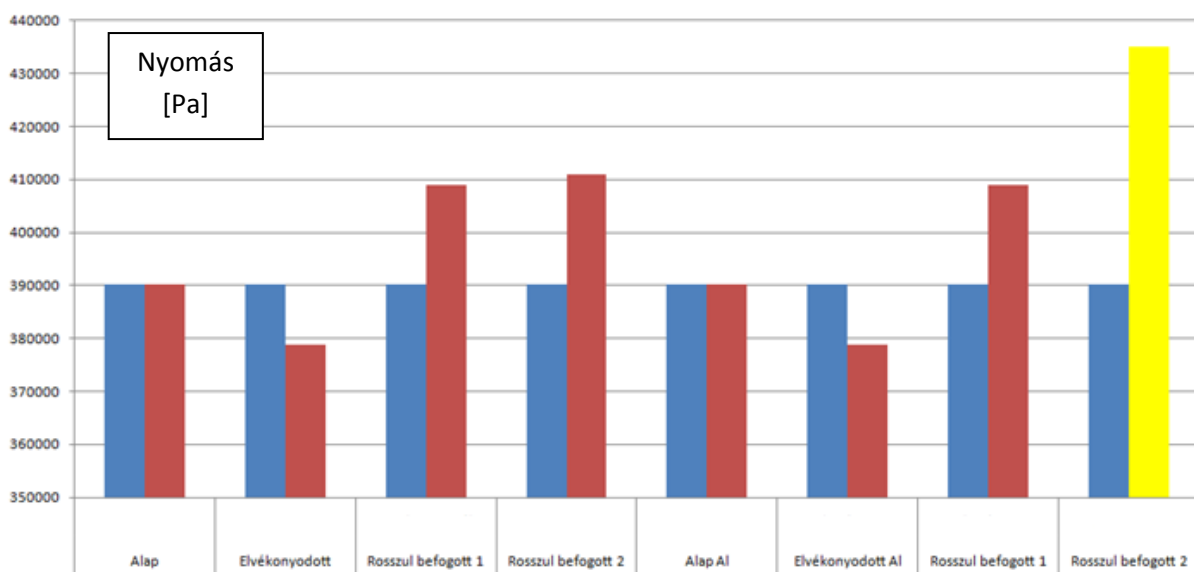
Az 5.1. diagram jelölése szerint a kék sávok az acél tárcsa esetei, a zöld sávok az alumíniumé. Jól látható, hogy a legnagyobb feszültségek az elvékonyodott tárcsák esetén ébredt, míg a hibásan befogott tárcsák esetén a legkisebb. A mellékletben láthatóak a végeselemes futtatások közötti a feszültségeloszlás különbségek is. Ebből következik, hogy ugyanaz a nyomás az elvékonyodott tárcsát nyitja ki hamarabb, a rosszul befogott tárcsákat pedig ugyanaz a nyomás később, tehát magasabb nyomáson nyitnak.

Nyomáskülönbség



5.2. diagram Nyomás különbségek

A 5.2. diagramon az látható, hogy milyen mértékben változik a nyomás, hogy ugyanaz a feszültségi állapot legyen a lemezben, mint az alap esetben. A 2. diagram is bizonyítja, hogy az elvékonyodott lemezekben kisebb nyomás is elegendő ahhoz, hogy kinyisson a tárcsát, ezzel szemben a befogásból adódó hiba azt eredményezi, hogy nagyobb nyomás szükséges a nyitáshoz. A sárga sávot célszerű volna nagyobb teljesítményű számítógépen is megvizsgálni, mivel ebben az esetben a hálózást nagyobb méretű elemekkel tudtam csak elvégezni. Kisebb elemszám esetén nem volt elegendő memória. 0.1 egység 10.000 Pa-nak felel meg. Tehát az elvékonyodott tárcsa nyitónyomása kicsivel több, mint 10.000 Pa-lal is alacsonyabb lehet a számítások alapján, míg a rosszul befogott tárcsák akár 20.000 Pa-lal is nagyobb nyomáson nyithatnak. Ezek az eltérések kb. 5%-os nyitási hibát eredményezhetnek. Ez az 5% azt jelenti, hogy a gép nem fog kinyitni amikor szükséges volna. Hisz a megadott nyomásérték eleve az a nyomás volt, ami a nyitónyomás felső határa.



5.3 diagram Nyomás értékek Pa-ban

A 5.3. diagram azt szemlélteti, hogyan változik a nyomás nagysága a nyitáskor. A sárga ebben az esetben is azért kapott külön jelölést, mert a hálózás durvább volt a többihez képest, és így a numerikus eltérések másabbak lehetnek.

Jól látszik, hogy a szerelés lényeges szempont a tárcsák esetén. A szerelést tehát a kellő szakmai ismeretek esetén lehet csak elvégezni, az előírások pontos betartása mellett. A VEM



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

vizsgálatok alapján a legfontosabb kérdés a befogás helyessége, de további vizsgálatok, elemzések és összehasonlítások szükségesek a messzemenő következtetésekig.



VI. Összefoglalás

A dolgozatban az irodalmak feldolgozása révén bemutattam a hasadótácsákról szerzett ismereteimet.

Az MSZ EN ISO 4126-6:2004 szabvány figyelembevételével megírtam a függelékben található méretező programot, és meghatároztam a szükséges minimális tárcsa átmérőt, amelyből szabványos értéket lehet választani. Megállapítottam azt a járatos méretet amellyel a cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelmét meg lehet oldani. A szabványos méret a DN350-es tárcsa.

Végeselemes számításokat végeztem a helytelen tárcsaanyag választásból adódó korrózió okozta tárcsavékonyodásra, valamint a tárcsa feltételezett hibás befogási módjára.



VII. Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Bozóki Géza – Nyomástartó rendszerek túlnyomás határolása – Biztonsági szelepek, tárcsák, állványcsővek – Műszaki Könyvkiadó, 1977
- [2] Nyomástartó Berendezések Műszaki-Biztonsági Szabályzata (a 63/2004.(IV.27) GKM rendelet és a 23/2006. (II.3) Kormányrendelet végrehajtásához szükséges részletes műszaki követelmény)
- [3] http://www.jmcprl.net/ntps/@datos/ntp_457.htm NTP 457: Discos de ruptura (II): dimensionado - Emilio Turmo Sierra
- [4] ANSI C fejlesztői környezet
- [5] Comsol Multiphysics
- [6] Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadótárcsával – tanulmányterv /MFFO 25/88.-0411/ Szm. 234-88. – NME VGT – Dr. Bene Ferenc, Dr. Bozóki Géza, Dr. Léderer Péter, Dr. Ortutay Miklós



Cseppeleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

VIII. Függelék

I. A minimális tárcsaátmérőt meghatározó program

A program forrása, amely a minimális tárcsaátmérőt számítja ki.

```
#include<stdio.h>
```

```
#include<conio.h>
```

```
#include<math.h>
```

```
#include<stdlib.h>
```

```
main()
```

```
{
```

```
float
```

```
a,k,c,pb,p,q,qm,w,x,y,Dszabv,D1szabv,ell,v,vperp,A0,kb,A0sub,elso,masodik,harmadik,  
negyedik,szamlalo,M,T,Z,Tr,pc,pr;
```

```
clrscr();
```

```
printf("\n \t Számító program az MSZ EN ISO 4126-6:2004 alapján\n \t");
```

```
printf("\n \t Az adatok megadásakor pontot használjon tizedes jegyek elválasztására\n  
\t");
```

```
printf("\n \t Adja meg az alfa tényezőt");
```

```
printf("\n \t Az MSZ EN ISO 4126-6:2004 alapján lehet:0,68-0,73-0,80 \n \t");
```

```
scanf("\n \t %f",&a);
```

```
printf("\n \t Adja meg az kappa tényezőt");
```

```
printf("\n \t A kappa tényező az izentrópikus kitevő \n \t");
```

```
scanf("\n \t %f",&k);
```



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

```
printf("\n \t A kappa függvénye a C tényező, ezt a szabvány");  
  
printf("\n \t A.2-es táblázata tartalmazza");  
  
printf("\n \t A táblázathoz nyomja meg a SPACE billentyűt!"); getch();  
  
printf("\n \t Az A.2-es táblázat:");  
  
printf("\n \t k    C    | k    C    | k    C");  
  
printf("\n \t0,40 - 1,65 | 1,02 - 2,41 | 1,42 - 2,72");  
  
printf("\n \t0,45 - 1,73 | 1,04 - 2,43 | 1,44 - 2,73");  
  
printf("\n \t0,50 - 1,81 | 1,06 - 2,45 | 1,46 - 2,74");  
  
printf("\n \t0,55 - 1,89 | 1,08 - 2,46 | 1,48 - 2,76");  
  
printf("\n \t0,60 - 1,96 | 1,10 - 2,48 | 1,50 - 2,77");  
  
printf("\n \t0,65 - 2,02 | 1,12 - 2,50 | 1,52 - 2,78");  
  
printf("\n \t0,70 - 2,08 | 1,14 - 2,51 | 1,54 - 2,79");  
  
printf("\n \t0,71 - 2,14 | 1,16 - 2,53 | 1,56 - 2,80");  
  
printf("\n \t0,80 - 2,20 | 1,18 - 2,55 | 1,58 - 2,82");  
  
printf("\n \t0,82 - 2,22 | 1,20 - 2,56 | 1,60 - 2,83");  
  
printf("\n \t0,84 - 2,24 | 1,22 - 2,58 | 1,62 - 2,84");  
  
printf("\n \t0,86 - 2,26 | 1,24 - 2,59 | 1,64 - 2,85");  
  
printf("\n \t0,88 - 2,28 | 1,26 - 2,61 | 1,66 - 2,86");  
  
printf("\n \t0,90 - 2,30 | 1,28 - 2,62 | 1,68 - 2,87");  
  
printf("\n \t0,92 - 2,32 | 1,30 - 2,63 | 1,70 - 2,89");  
  
printf("\n \t0,94 - 2,34 | 1,32 - 2,65 | 1,80 - 2,94");  
  
printf("\n \t0,96 - 2,36 | 1,34 - 2,66 | 1,90 - 2,99");
```



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

```
printf("\n \t0,98 - 2,38 | 1,36 - 2,68 | 2,00 - 3,04");

printf("\n \t0,99 - 2,39 | 1,38 - 2,69 | 2,10 - 3,08");

printf("\n \t1,001- 2,40 | 1,40 - 2,70 | 2,20 - 3,13");

printf("\n \t Adja meg a C tényezőt");

printf("\n \t Az MSZ EN ISO 4126-6:2004 alapján a kappa függvényében \n \t");

scanf("\n \t %f",&c);

printf("\n \t Adja meg a pb tényezőt");

printf("\n \t az ellennyomás azonnali kiáramlásának értéke");

printf("\n \t a legkisebb keresztmetszetű áramlási területen(absz. bár)\n \t");

scanf("\n \t %f",&pb);

printf("\n \t Adja meg a p tényezőt");

printf("\n \t a nyomás csökkentés mértéke(absz. bár)\n \t");

scanf("\n \t %f",&p);

printf("\n \t Adja meg a qm tényezőt");

printf("\n \t \n \t");

scanf("\n \t %f",&qm);

printf("\n \t Az áramlás: \n \t");

x=(pb/p);

q=2/(k+1);

w=k/(k-1);

y=pow(q,w);

if(x>y)
```



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

```
printf("\n \t Kritikus!");

    else

        printf("\n \t Kritikus alatti!\n \t");

printf("\n \t Ha az áramlás 'Kritikus!', akkor nyomjon 1-es gombot,");

printf("\n \t amennyiben 'Kritikus alatti!' 2-es gombot");

scanf("%f",&ell);

    if(ell==1)

    {

        printf("\n \t Az ürítési kapacitás meghatározása\n \t");

        printf("\n \t A feladat kiírásában a lefúvandó tömegáram szerepel");

        printf("\n \t így a szabvány A.4-es képletet kell használni");

        printf("\n \t A számításokhoz szükség van a fajlagos térfogatra!!");

        printf("\n \t Adja meg az aktuális fajlagos térfogatot v-t! v(T,p) [m3/kg]:");

        scanf("%f",&v);

        vperp=v/p;

        c=3.948*sqrt(k*pow(q,((k+1)/(k-1))));

        A0=3.469*(qm/(c*a))*sqrt(vperp);

        printf("\n \t A C értékét a szabvány 2. táblázata tartalmazza a kappa függvényében");

        printf("\n \t *****");

        printf("\n \t A számított A0 érték, amely megmutatja a szükséges minimális");

        printf("\n \t Áramlási keresztmetszetet: %f mm2",A0);
```



Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

```
Dszabv=sqrt((4*A0)/3.1415926535);

printf("\n \t A szükséges tárcsa átmérő: %f mm",Dszabv);

}

if(ell==2)

{

printf(" Tehát az áramlás kritikus alatti");

printf("\n \t Meg kell határozni egy Kb tényezőt, amely kritikus esetben éppen
1.0-val egyenlő");

elso=(2*k)/(k-1);

masodik=pb/p;

harmadik=pow(masodik,(2/k));

negyedik=pow(masodik,((k+1)/k));

szamlalo=k*pow(q,((k+1)/(k-1)));

kb=sqrt(((elso*(harmadik-negyedik))/szamlalo);

printf("\n \t a Kb tényezőt a szabvány A.4-es táblázata tartalmazza");

printf("\n \t A pb/p ,s a kappa függvényében, mint korrekciós tényező");

printf("*****");

A0sub=3.469*(qm/c*kb*a)*sqrt(vperp);

printf("\n \t A kritikus alatti áramlási keresztmetszet A0:%f",A0sub);

D1szabv=sqrt((4*A0sub)/3.1415926535);

printf("\n \t A szükséges tárcsa átmérő: %f", D1szabv);

}
```



```
printf("\n \t A 'Z' kompresszibilitási tényező meghatározása");

printf("\n \t A p-v-T függvénye Z");

printf("\n \t Adja meg a gáz moláris tömegét:");

scanf("%f",&M);

printf("\n \t Adja meg a hőmérsékletet!");

printf("\n \t KELVIN skálán --->t°C+273");

Z=(100000*p*v*(M/1000))/(373*8.314); //a 8,314 moláris gázállandó

printf("\n \t A Z értéke:%f", Z);

printf("\n \t A Z tényező meghatározására a szabvány 'B' mellékletében");

printf("\n \t található B1 diagram is alkalmas");

printf("\n \t A feladat meghatározásában ezt alkalmazzuk");

printf("\n \t A diagram olvasásához szükséges paraméterek a következők:");

printf("\n \t Adja meg a kritikus nyomás 'pc' értékét!");

scanf("%f",&pc);

pr=p/pc;

printf("\n \t A 'pr' értéke: %f",pr);

Tr=373/293;

printf("\n \t A 'Tr' értéke: %f",Tr);

getch();

}
```



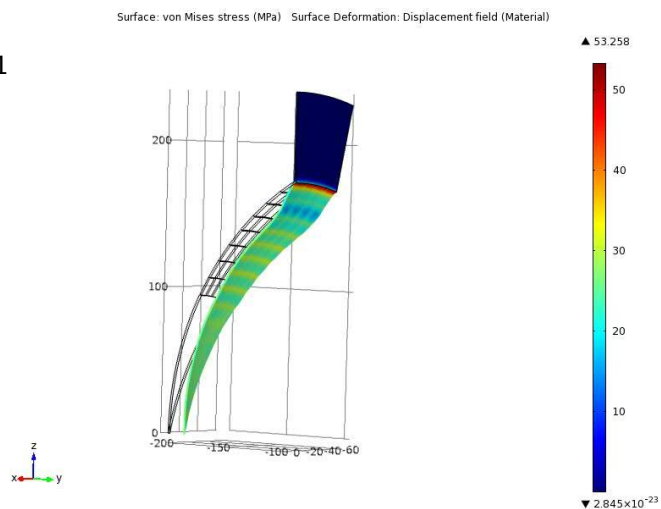
Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

II. Végelelemes futtatások

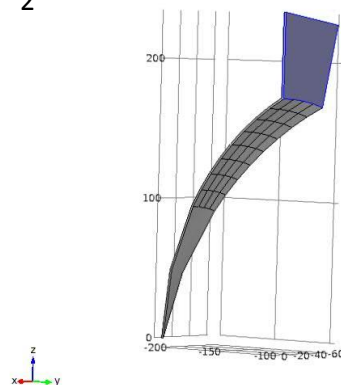
A Comsol Multiphysicsben elvégzett végelelemes számítások képies dokumentálása, két esetre $p=390100$ Pa nyomásterhelés esetén. Bemutatom az egyes megfogásokat és a terhelést, hálózást is.

Csepplevélasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

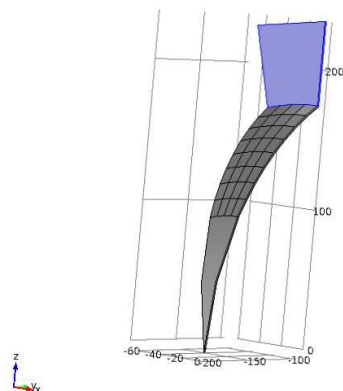
1



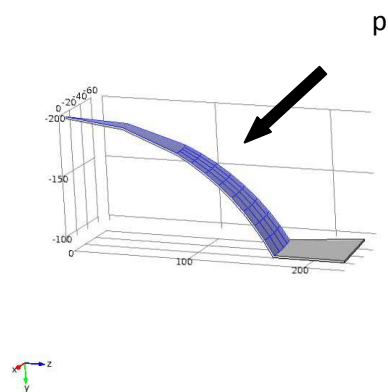
2



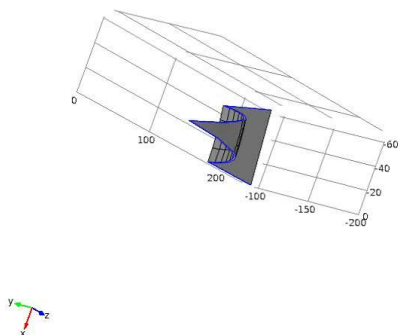
3



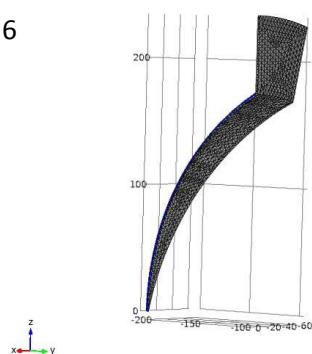
4



5



6



1. futtatás: Alapmodell acél anyag

1: Feszültségeloszlás

2: Első megfogás

3: Második megfogás

4: Terhelés

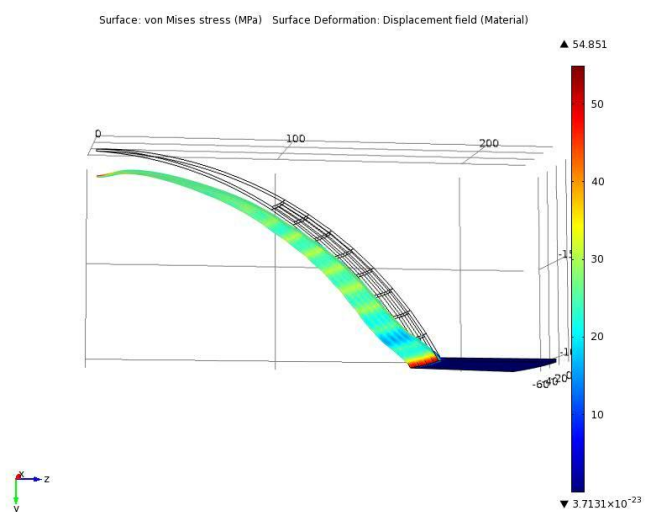
5: Szimmetria

5: Hálózás

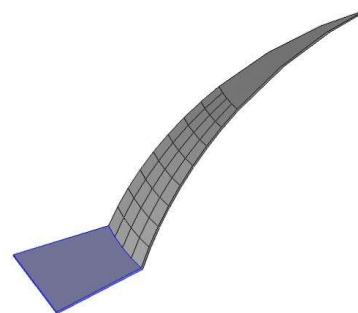
A legnagyobb feszültség (von Mises): 53,256MPa

Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

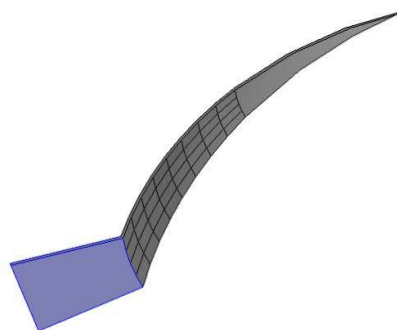
1



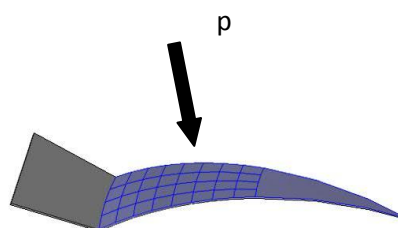
2



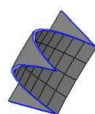
3



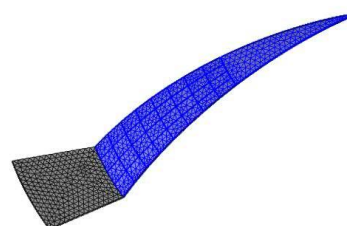
4



5



6



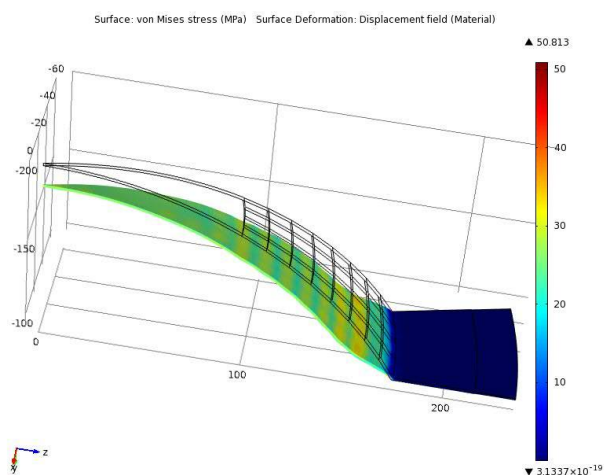
2. futtatás: Elvékonyodott modell

1: Feszültségeloszlás
3: Második megfogás
5: Szimmetria
A legnagyobb feszültség (von Mises): 54,851MPa

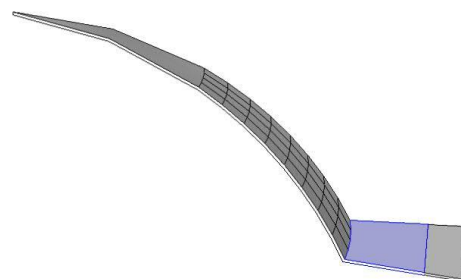
2: Első megfogás
4: Terhelés
5: Hálózás

Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

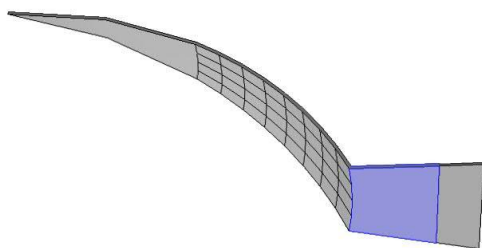
1



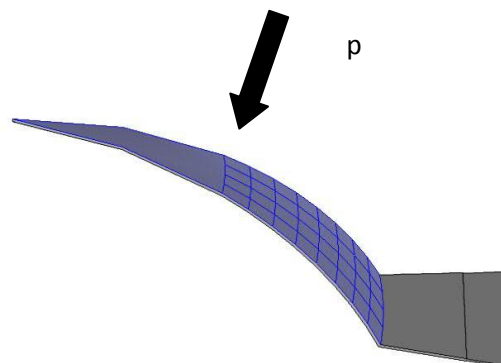
2



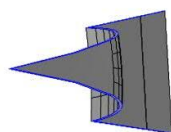
3



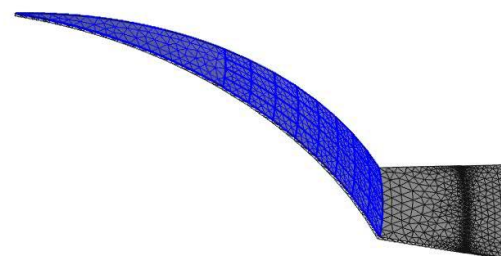
4



5



6



3. futtatás: Hibás befogás 1

1: Feszültségeloszlás

2: Első megfogás

3: Második megfogás

4: Terhelés

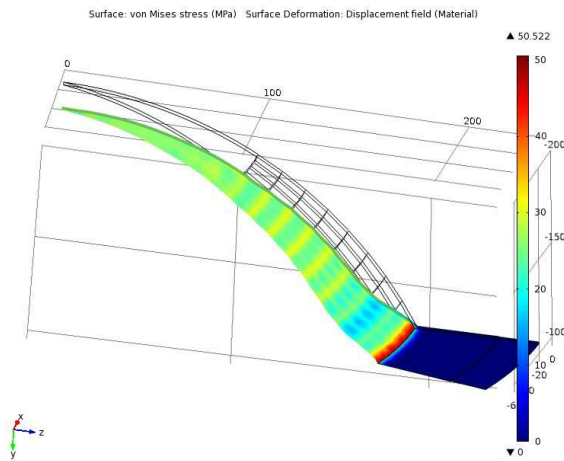
5: Szimmetria

5: Hálózás

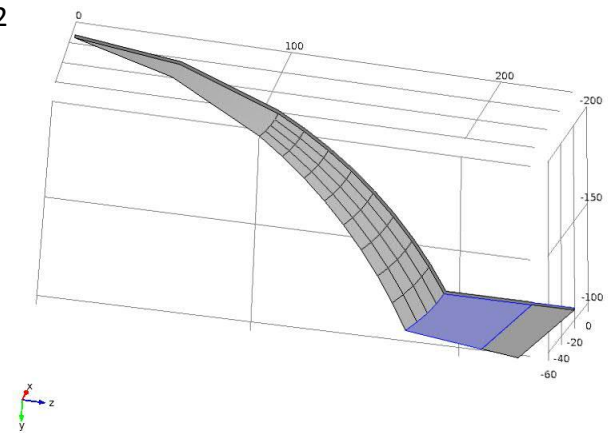
A legnagyobb feszültség (von Mises): 50,813MPa

Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

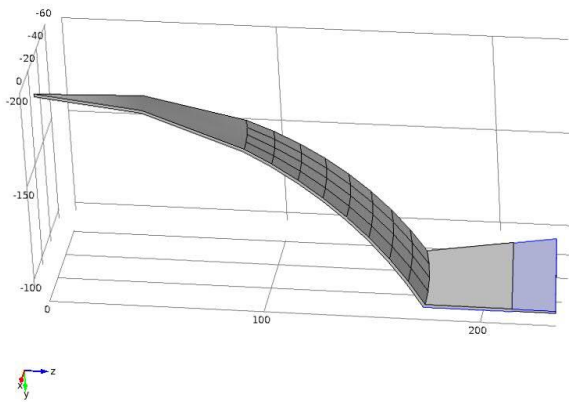
1



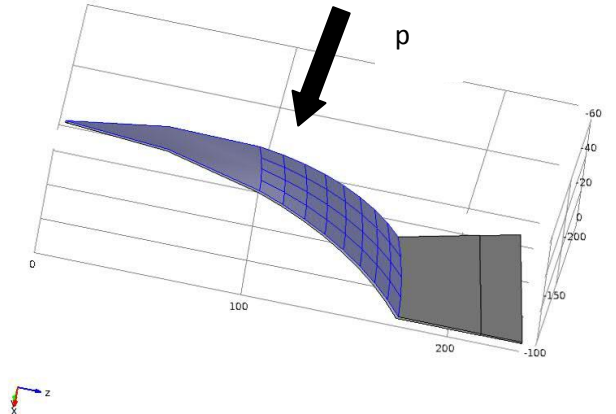
2



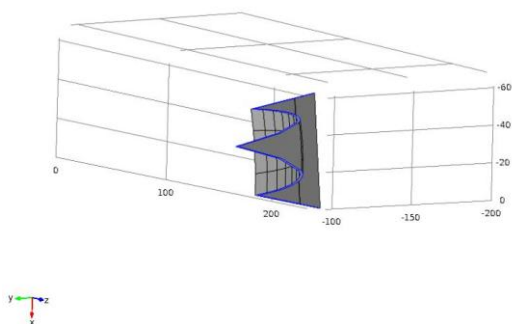
3



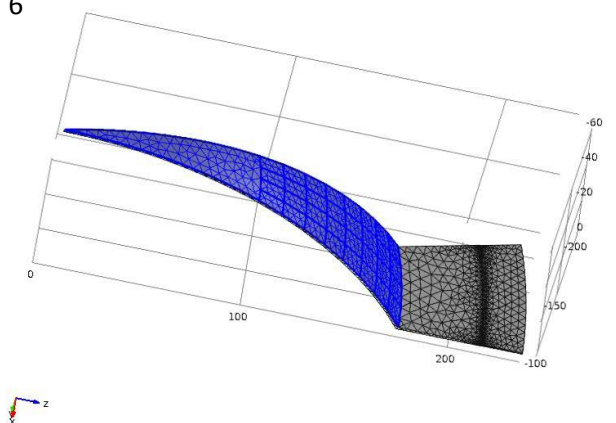
4



5



6



4. futtatás: Hibás befogás 2

1: Feszültségeloszlás

2: Első megfogás

3: Második megfogás

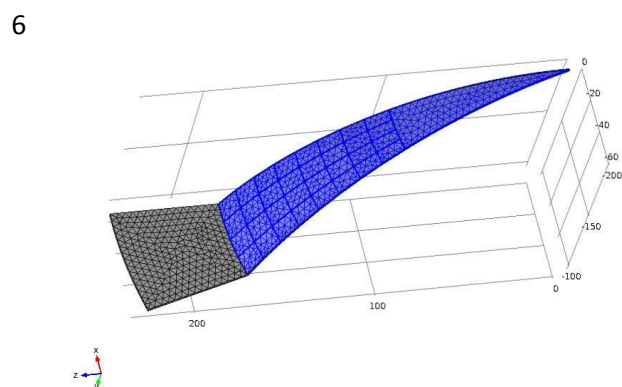
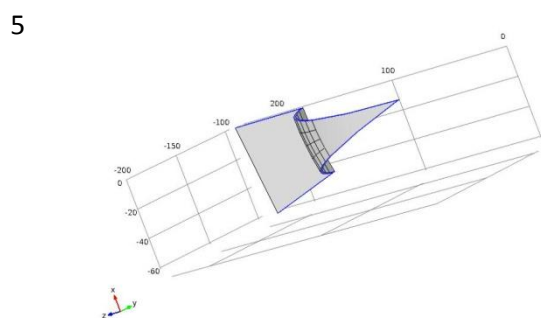
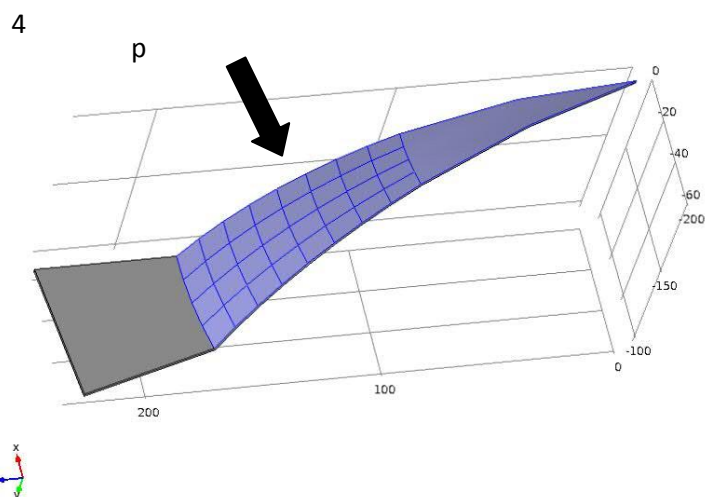
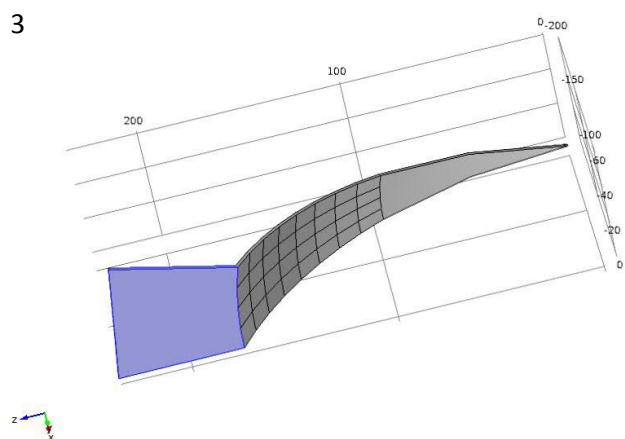
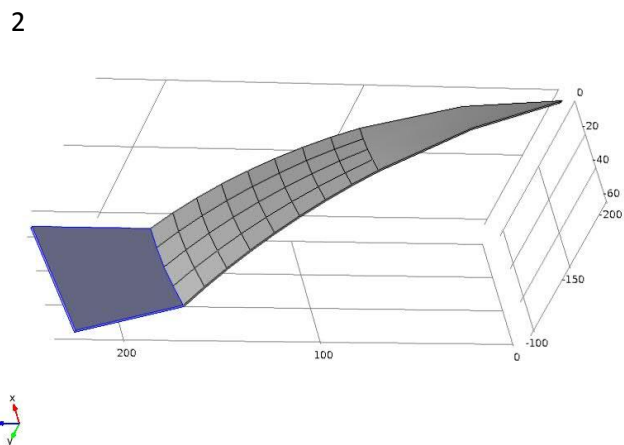
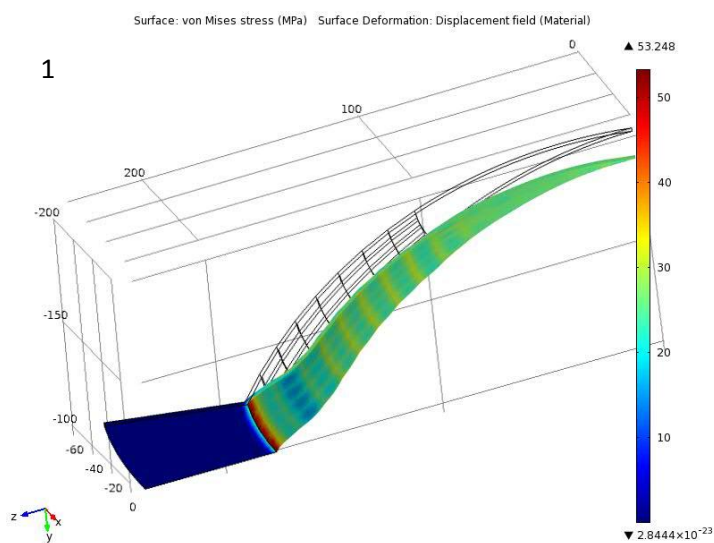
4: Terhelés

5: Szimmetria

5: Hálózás

A legnagyobb feszültség (von Mises): 50,522MPa

Csepplevélasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával



5. futtatás: Alapmodell AI

1: Feszültségeloszlás

3: Második megfogás

5: Szimmetria

A legnagyobb feszültség (von Mises): 53,248MPa

2: Első megfogás

4: Terhelés

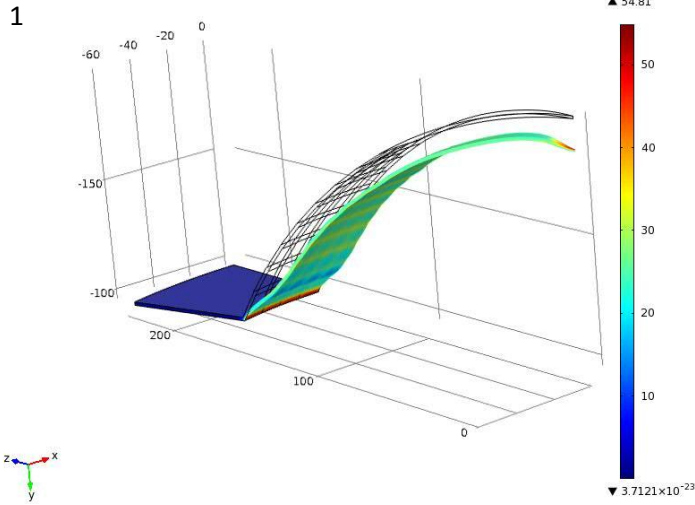
5: Hálózás

Csepplevélasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

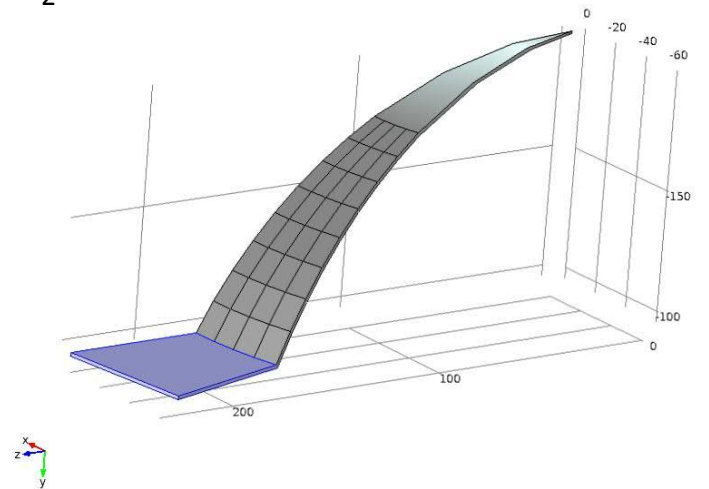
Surface: von Mises stress (MPa) Surface Deformation: Displacement field (Material)

▲ 54.81

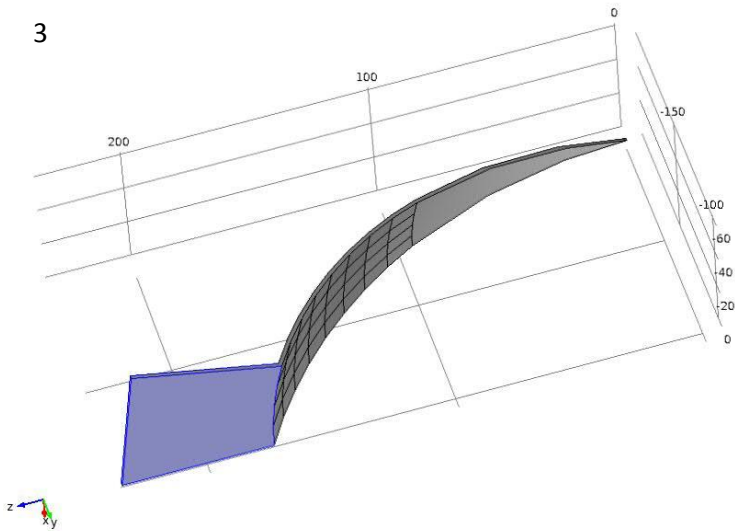
▼ 3.7121×10^{-23}



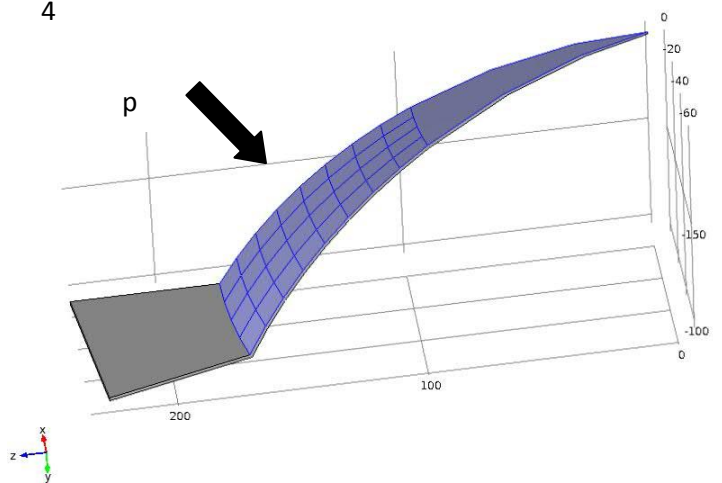
2



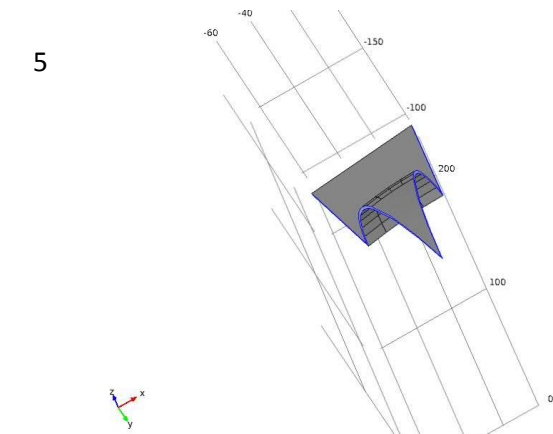
3



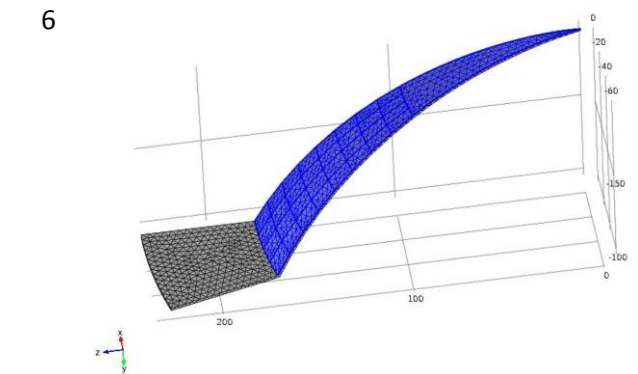
4



5



6



6. futtatás: Elvékonyodott Al

1: Feszültségelosztás

3: Második megfogás

5: Szimmetria

A legnagyobb feszültség (von Mises): 54,81MPa

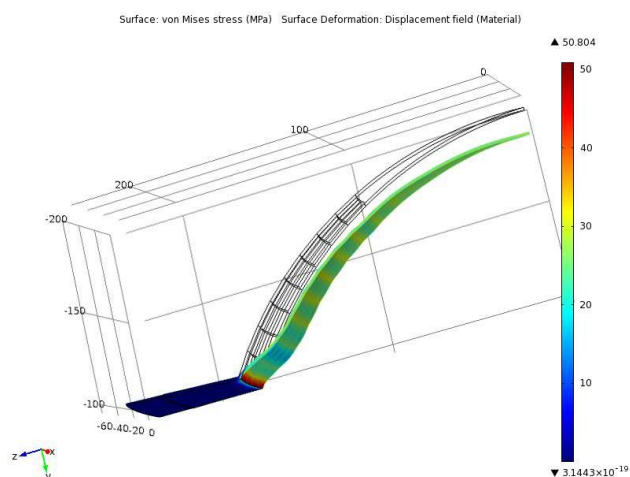
2: Első megfogás

4: Terhelés

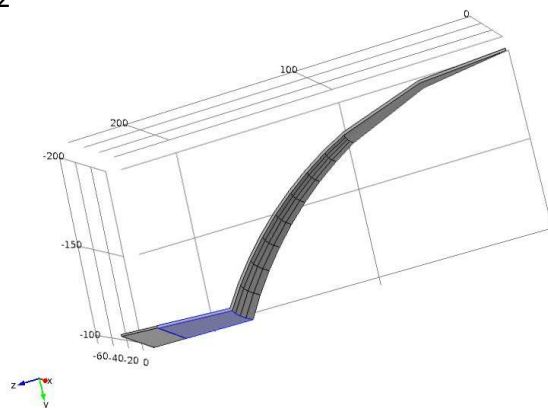
5: Hálózás

Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

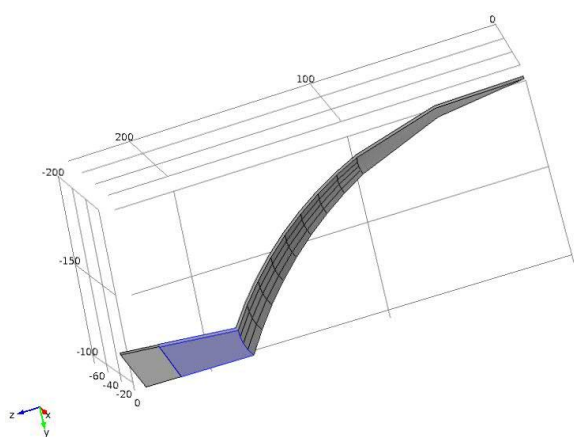
1



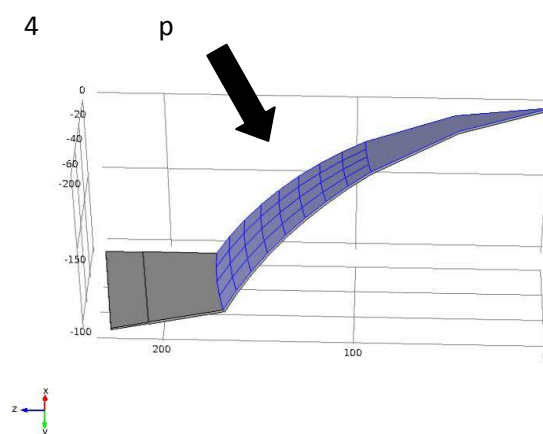
2



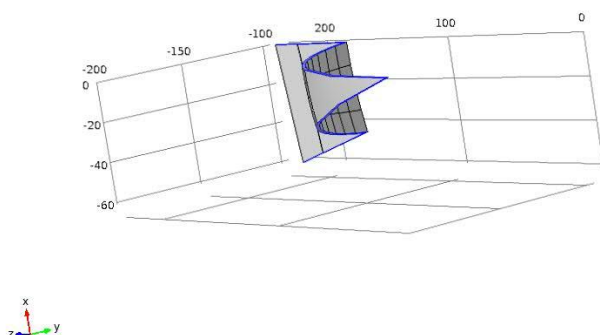
3



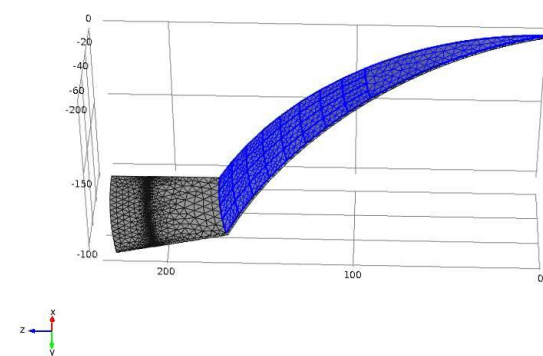
4



5



6



7. futtatás: Hibás befogás 1 Al

1: Feszültségeloszlás

2: Első megfogás

3: Második megfogás

4: Terhelés

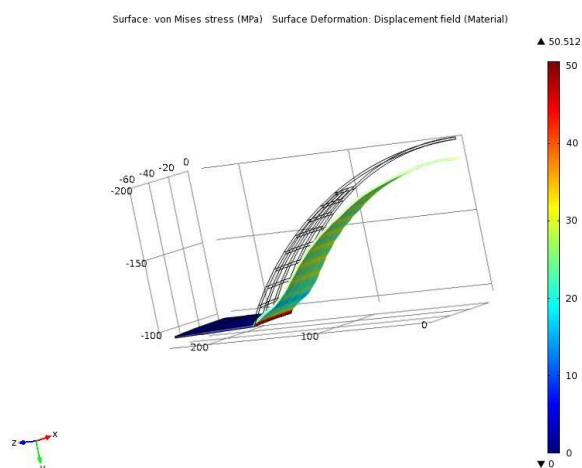
5: Szimmetria

5: Hálózás

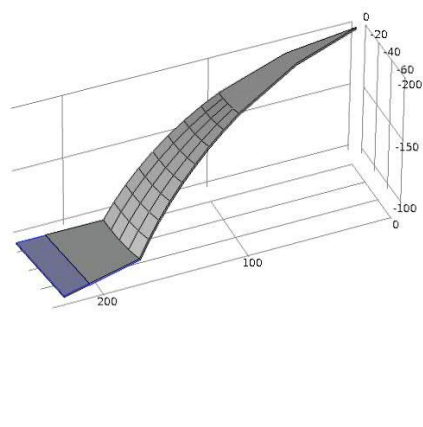
A legnagyobb feszültség (von Mises): 50,804MPa

Cseppleválasztós túlhevítő túlnyomás elleni védelme hasadó tárcsával

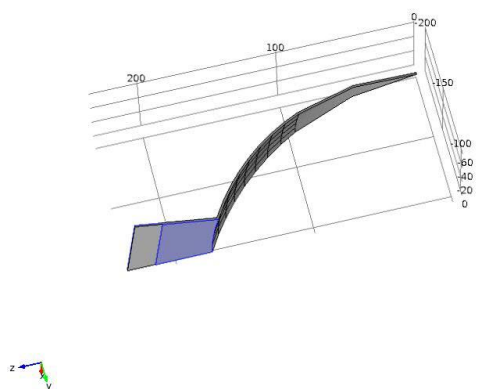
1



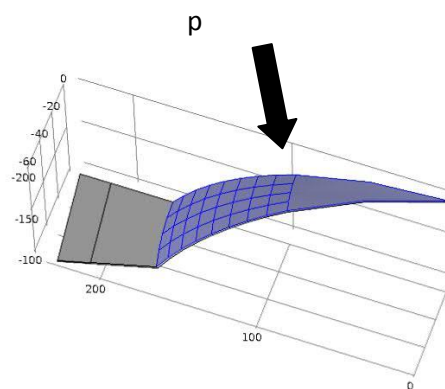
2



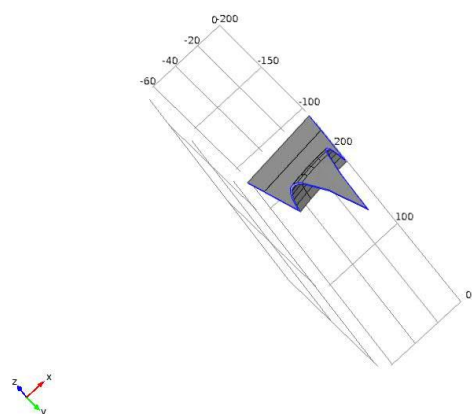
3



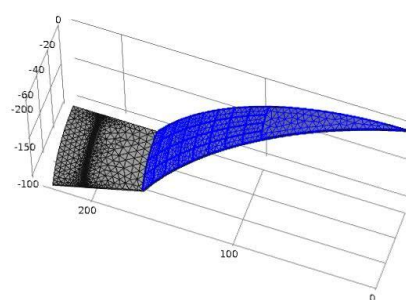
4



5



6



8. futtatás: Hibás befogás 2 Al

1: Feszültségeloszlás
3: Második megfogás
5: Szimmetria

2: Első megfogás
4: Terhelés
6: Hálózás

A legnagyobb feszültség (von Mises): 50,512MPa