

MISKOLCI EGYETEM



GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

# ÚJ ELJÁRÁS AUTOKLÁV GÉPCSOPORTOK EXPOZÍCIÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSÁRA

PhD értekezés tézisei

KÉSZÍTETTE:

**Szepesi L. Gábor**

okleveles gépészmérnök

SÁLYI ISTVÁN GÉPÉSZETI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

GÉPÉSZETI ALAPTUDOMÁNYOK TÉMATERÜLET

TRANSPORTFOLYAMATOK ÉS GÉPEIK TÉMACSOPORT

DOKTORI ISKOLA VEZETŐ:

**Dr. Páczelt István**

MTA rendes tagja

TÉMACSOPORT VEZETŐ:

**Dr. Czibere Tibor**

MTA rendes tagja

TÉMAVEZETŐ:

**Dr. Ortutay Miklós**

egyetemi docens

Miskolc, 2006

**Bíráló bizottság tagjai**

*Elnök:*

DR. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

*Titkár:*

DR. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

*Tagok:*

DR. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

DR. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

DR. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

*Hivatalos bírálók:*

DR. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

DR. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

## 1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

A környezet és az emberi élet védelme az utóbbi évtizedekben egyre fontosabbá vált. Ennek a hatása a műszaki életben is megjelenik. A termelő üzemek, hatóságok fokozottabb figyelmet fordítanak az emberi élet védelmére, a munkatér szennyezettségének és a környezeti terheléseknek a mérésére, csökkentésére. Az Országgyűlés megalkotta a 2000. évi XXV. törvényt a kémiai biztonságról a veszélyes anyagok és veszélyes készítmények káros hatásainak megfelelő módon történő azonosítása, megelőzése, csökkentése, elhárítása, valamint ismertetése céljából.

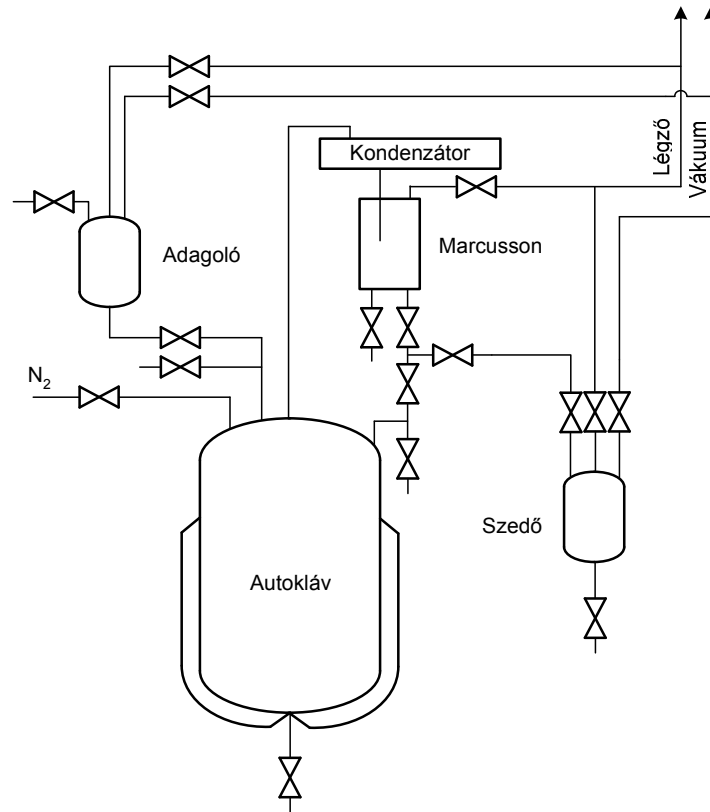
A törvényhez kapcsolódó rendeletek szabályozzák a környezetbe illetve a munkatérbe kikerülő károsító anyagok megengedett átlagos és csúcskoncentrációját.

A munkatérben lévő károsanyag-koncentrációkat az adott szennyezőforrások kibocsátásai, az adott munkatér ventilációs paraméterei határozzák meg. A források nagyon különbözőek lehetnek. Adódhatnak korróziós hibákból, anyaghibákból, a készülékek nyitottságából, helytelen szerelésből, stb.

Ahhoz, hogy egy készüléket, készülékcsoportot üzemeltetni lehessen, előírt feltételeket kell teljesítenie. Ha az adott készülék illetve készülékcsoport szennyezőforrásainak kibocsátása egy meghatározott értéket túllép, a készüléket ki kell vonni a termelésből. A karbantartási, javítási munkálatok elvégzése után ismételt vizsgálat alá kell vonni az adott készüléket. Amennyiben a berendezés kibocsátása a megadott érték alatt van, a készüléket vissza lehet kapcsolni a termelésbe. Jelen kutatás során vizsgált készülékcsoport vázlatát az 1. ábra mutatja. Egy klasszikus gyógyszergyári technológia több, az ábrán látható gépcsoportból áll.

A gyártás során az adagolókon keresztül az alapanyagokat, oldószereket az autoklávba juttatják. A reakció a terméktől függően történhet depresszió illetve túlnyomás alatt. A túlnyomás mértéke általában 0,3-0,8 bar<sub>g</sub>. Az autokláv köpenye duplikátoros kialakítású, így a köpenyen keresztül a termék fűthető, hűthető. A gyártási folyamat alatt az autoklávból mintát vesznek. A mintavételhez esetenként a készülék fedelét felnyitják.

Az autoklávban lévő töltetet különböző célból (bepárlás, desztilláció) forralják, a gőzt a kondenzátorban lecsapatják, majd a Marcusson-edényben szétválasztják a folyadékfázist a gőzfázistól. A folyadékfázis refluxként az autoklávba, illetve a szedőedényekbe kerül. Az autokláv a vákuumvezetéken keresztül depresszió alá helyezhető.



1. ábra Autokláv gépcsoport vázlata

Az 1. ábrán látható a vizsgálat alapjául szolgáló rendszer. A környezetbe illetve a munkatérbe kerülő szennyező anyagok kibocsátása a következő módokon történhet:

- a légzővezetéken keresztül,
- mintavételezés során a nyitottá váló felület következtében szabadfelszíni párolgás útján,
- csővezetékek, kondenzátor, marcusson-edény (üvegfalú), autokláv, szedőedény anyagfolytonosságbeli hibájának következtében,
- karimás kötések tömítetlenségéből adódóan.

A kutatás során a tömítetlenségéből illetve az anyagfolytonossági hibákból származó emisszió meghatározásával foglalkoztam.

Az értekezés fő célja egy olyan validálási eljárás kidolgozása volt, mellyel a gépcsoportok tömörségi állapota a munkatérbe, illetve a környezetbe kerülő anyagmennyiség meghatározása révén minősíthetővé válik. Az eljárás eredménye lehetővé teszi a munkatér ventilációs tervezését. Az eljárás kidolgozásához szükséges a szivárgás matematikai modelljének felállítása, melynek alapját a kapillárisokban, pórusokban, illetve halmaztölteten át történő áramlás képezi. Meg kell határozni a szivárgási modell alkalmazhatósági tartományát. Szükséges vizsgálni, hogy különböző töltetek esetében hogyan változik a kibocsátott anyagmennyiség.

Mivel az ipari tapasztalatok azt mutatták, hogy a szivárgások leggyakrabban a karimás kötések tömítő felületei és a tömítés között vannak, így vizsgálni célszerű a tömítés alakváltozását az idő függvényében. Ha a tömítésre ható nyomófeszültség egy, a tömítésre jellemző minimális tömítőnyomásnál kisebb, akkor a tömítés nem működik megfelelően. Céлом volt a zománcozott készülékekhez használt teflonbevonatú lapos tömítésre ható nyomófeszültség időfüggésének meghatározása mérési adatokra alapuló matematikai modell felírásával.

## 2. TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEK

Kapillárisokban, pórusok közötti áramlás vizsgálatára először a XIX. században került sor. *Jean Louis Marie Poiseuille* (1797-1869) 1840-ben publikálta azt a törvényt amit ma *Poiseuille*-, illetve *Hagen-Poiseuille* törvénynek nevezünk (ezt az összefüggést először kísérleti úton Hagen 1839-ben és tőle függetlenül *Poiseuille* 1840-ben állapította meg). A törvény kimondja, hogy összenyomhatatlan közeg lamináris, súrlódásos, időben állandó áramlása esetén a cső keresztmetszetén áthaladó folyadék mennyisége egyenesen arányos az egységnyi szakaszon bekövetkezett nyomásvesztéssel és a cső sugarának a negyedik hatványával, fordítottan arányos az áramló közeg dinamikai viszkozitásával.

Szivárgási vizsgálatai során hasonló eredményre jutott *Henry Darcy* 1856-ban. Ő készítette el az első szisztematikus kísérletet, mely során porózus közegben vizsgálta összenyomhatatlan közeg mozgását. Tapasztalata szerint a porózus közegen átáramlott mennyiség arányos a cső két végén mért vízoszlop magasságkülönbségével és fordítottan arányos az áramlás során megtett úttal. Továbbá megállapította, hogy az időegység alatt kiáramló vízmennyiség arányos a porózus közegre jellemző koefficienssel. Ezek az összefüggések lamináris jellegű áramlások leírására alkalmasak.

Természetes konvekciós áramlásoknál nagyobb sebességek esetében a *Darcy*-féle egyenlet nem szolgáltat megfelelő eredményeket. A *Darcy*-modell egyik továbbfejlesztése a *Forcheimer*-egyenlet [18], amely nem lineáris ellenállás tagot vesz figyelembe, a másik a *Brinkman* egyenlet [9], amely egy viszkózus erőtaggal számol. *Pedras* [17] szerint a porózus közegben történő áramlások a következő módon csoportosíthatók:

- $Re < 1$  akkor *Darcy*-féle áramlásról beszélünk, érvényes a *Darcy* összefüggés,
- $1 \div 10 < Re < 150$ , akkor *Forcheimer*-féle áramlásról beszélünk,
- $50 < Re < 300$  „post *Forcheimer*” vagy változó lamináris áramlás,
- $300 < Re$  az áramlás jellege turbulens.

*Berl* [3] szerint az áramlás jellegét a *Knudsen*-szám határozza meg. Ha a  $Kn \ll 1$ , akkor lamináris az áramlás jellege, ha  $Kn \gg 1$ , akkor molekuláris áramlásról beszélhetünk. A porózus közegben történő egy- és többfázisú anyag- és hőáramlás

leírására számos publikáció jelent meg [11, 22, 13, 7]. Mindegyik elmélet feltételezi, hogy ismerjük a kapilláris geometriáját.

Töltött oszlopon történő átáramlásnál és gázzűrésnél hasonló jelenségek játszódnak le, mint porózus közegen történő áramlásnál. *Ergun* [6] összefüggése a nyomásvesztésre két tagból áll. Az első tag az ún. viszkózus tag, mely kifejezi, hogy lamináris áramlás esetén a viszkózus erők hatására fellépő nyomásvesztés, míg turbulens tartományban a kinetikus veszteség a döntő.

*Németh* [6] *Ergun* összefüggésével teljesen analóg összefüggést publikált 1970-ben. Több kutató is foglalkozik mind a mai napig egy- és többfázisú anyagok pórusokon illetve tölteteken át történő áramlásával.

Az értekezés másik, az első témakörhöz szorosan kötődő területe a karimás tömítések vizsgálata. 1984-ben jelent meg az MSZ-13822/15 irányelv, mely a karimás kötések szilárdsági méretezésével foglalkozik. Ez az irányelv 2002. december 30.-i hatállyal megszűnt. A szakirodalomban és a külföldi szabványokban elvi alapjaikban is különböző számítóeljárások találhatók. A két legtöbbet alkalmazott módszer német (DIN 2505) illetve amerikai (ASME CODE VIII. DIV.1.) Az Európai Unióban hosszas egyeztetések végén a közelmúltban megszületett a nyomástartó edényekre és csővezetésekre vonatkozó egységes előírásrendszer, amelyet a Magyar Szabványügyi Testület és a Műszaki Biztonsági Felügyelet hatályba helyezett (MSZ EN 13445-3). A 2003. január 1-től érvényes szabvány 11. fejezete foglalkozik a karimák méretezésével, amely lényegében megegyezik az előbb említett amerikai méretezési módszerrel. Ugyanezen szabvány G mellékletében alternatív alkalmazási lehetőségként egy elviekben teljesen más számítási módszer is található, amely igyekszik kiküszöbölni a korábbi méretezési eljárások hiányosságait. Ez egyébként teljes mértékben megegyezik az MSZ EN 1591-1,2-ben leírtakkal, amelyet 2003. január elsejétől léptettek hatályba.

Karimás kötések vizsgálatával korábban *Bailey* [1] 1937-ben, *Marie* [14] (1938) és *Waters* [20] (1938) is foglalkozott. Állandósult kúszási állapotot vizsgáltak. A vizsgálataik során figyelmen kívül hagyták a karima furatainak és a tömítés relaxációs hajlamának a hatását.

A tömítésre ható erő csökkenésével először *Thorn* (1942) [21] és *Werkenthin* foglalkozott. Vizsgálataikhoz gumialapú tömítéseket használtak. Az eddigi kúszásvizsgálatok csak méréseken alapultak, melyek eredményeit számos folyóiratban publikálták.

A számítógépes technika fejlődésének köszönhetően 1974-ben *Fessler* és *Swannell* [8] elkészítette a karimás kötések vége-selemes modelljét, amely számítások során

keményedési kúszásmodellt használtak. *Kraus* [12] 1980-ban publikált cikkének segítségével meghatározható vált az az idő, míg a kezdeti feszültségekből kúszás útján a végfeszültségi állapot kialakul. *Kraus* modellje is figyelmen kívül hagyta a tömítés relaxációját.

A tömítésvizsgálatok alapvetően három csoportba sorolhatók:

- konstans tömítőnyomás alkalmazása,
- ciklikus terhelés vizsgálat,
- állandó tömítés deformáció alkalmazása.

*Bazergui* [2] 1984-ben végzett szobahőmérsékletű kísérleteket és megállapította, hogy a karima meghúzása után a legtöbb relaxációs folyamat az első 15 percben lezajlik, ez alacsony terhelési állapotokban jelentősebb. Véleménye szerint szobahőmérsékleten végzett vizsgálatok során a legtöbb nem-fémes, és kompozit fémes tömítések esetében az alakváltozás és az idő logaritmus között lineáris kapcsolat írható fel.

Műanyagok deformációja leírható viszkoelasztikus elmélettel. A lineáris viszkoelasztikus elmélet *Bland* (1960) *Christensen* (1971) és *Blanc* (1988) [4] nevéhez fűződik. *Ravasio* és *Blanc* [4] nylon rostok relaxációját vizsgálta kvázi-lineáris elmélettel, melyet *Ilyushin* és *Pobedrya* [9] dolgozott ki 1970-ben. 1997-ben *Bouزيد* és *Chaaban* [5] kidolgozott egy eljárást, mely alkalmas karimás kötések relaxációjának meghatározására. Munkájuk során a tömítést rugóval modellezték.

Karimás kötések vizsgálatával *Nagy*, *Barátosy* és *Varga* [19] is foglalkozott. *Varga* és *Barátosy* kidolgozott egy módszert amivel az elasztikusnak modellezett karimás kötés optimálisan előfeszíthető. *Nagy* [16] vizsgálta lapos tömítés időfüggő deformációját nagy hőmérsékleten. Tömítésmodellként egy általános Maxwell-modellt (*GMM*) alkalmazott.

### 3. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A bevezetésben megfogalmazott célok teljesítése érdekében modelleket állítottam fel a szivárgás tömegáramának meghatározására, a szivárgási modell alkalmazhatósági tartományára, valamint a tömítésre ható nyomófeszültség vizsgálatára. A jelenségek leírásához a matematika és a mechanika általános összefüggéseit használtam. A modellek igazolására, valamint az ismeretlen paraméterek meghatározására méréseket végeztem.

#### 3.1 SZIVÁRGÁS STACIONER MODELLJE

A szivárgást leíró elméleti összefüggés felírásakor figyelembe vettem az eddig publikált összefüggéseket. A nyomásveszteség felírásakor a geometriára vonatkozó méreteket és az áramlásra, anyagra jellemző értékeket egy konstansba foglaltam, melyet a továbbiakban szivárgási paraméternek nevezek. Az értekezésben szereplő szivárgásra felírt elméleti összefüggések igazolására a tanszéki laboratóriumban összeállított mérőberendezés segítségével méréseket végeztem lamináris és turbulens jellegű

szivárgásokra. A mérés során rögzítettem a mérőtartály nyomásának változását az idő függvényében. Nyomástávadóként egy nagy érzékenyséű nyomáskülönbség-távadót használtam. A mért jelet egy mérő-adatgyűjtő egység segítségével továbbítottam a számítógépre.

A lamináris jellegű szivárgás – tömítetlenség szimulálása – létrehozásához egy porózus szerkezetű poliuretánhab szivacsot szorítottam a karimák közé, és a karimacsavarok összeszorításával lehetett a szivacs összenyomódását szabályozni, ezáltal a szivárgási tömegáram változtathatóvá vált.

Turbulens "lyuk-jellegű" szivárgást – anyagfolytonosságbeli hibák szimulálása – a készülék alján található gömbcsap kismértékű nyitásával hoztam létre.

Felállítottam egy szivárgási paraméter számítására alkalmas összefüggést.

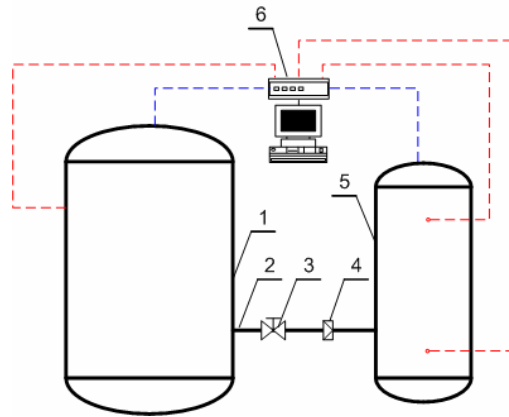
### 3.2 VÁRAKOZÁSI IDŐ MEGHATÁROZÁSA

A szivárgás-vizsgálat végrehajtásához a vizsgálandó berendezést nyomás alá kell helyezni, a kompresszió során a készülék töltetének hőmérséklete megnő. A feltöltési folyamat befejezésekor jelentős látszólagos nyomáscsökkenés tapasztalható. Ez nem a szivárgás következtében jön létre, hanem egy hőmérséklet-kiegyenlítődési folyamat következménye. Ahhoz, hogy a 3.1-ben leírt szivárgásvizsgálatot végrehajthassuk, szükséges megvárni, míg ez a hőmérsékletkiegyenlítődési folyamat lejátszódik (*várakozási idő*), ellenkező esetben lényegesen nagyobb kibocsátási értéket szolgáltat az eljárás.

A várakozási idő meghatározására egy kísérleti mérőberendezést hoztam létre. (2. ábra) A mérések során nyomástávadóval mértem az 1-es és 5-ös tartály nyomását, továbbá mértem az 1-es illetve 5-ös tartály hőmérsékletét hőelemekkel. Az 1-es mérőtartályban egy, az ábrán nem jelölt kompresszorral kb. 4-5 bar<sub>g</sub> nyomást hoztam létre a mérések megkezdése előtt.

A berendezés alkalmas a két tartályban lévő nyomások kiegyenlítésére, illetve a 3-as számú gömbcsap segítségével az 5-ös számú tartályban a vizsgálati nyomás kialakítható. A 4-es jelű fojtás egy ISO 5167-2:2003 szabványnak megfelelő mérőperem, amelynek furata 3mm. A mérések során a feltöltött táptartályból a 3-as jelű gömbcsap nyitásával a levegőt a mérőtartályba áramoltattam. A kívánt mérőtartálybeli nyomás elérése után a gömbcsapot zártam. A gömbcsap nyitásától kezdve a nyomás és hőmérséklet értékek folyamatosan mérésre kerültek. A mérőtartálybeli kompresszió miatt a töltet hőmérséklete megnő, majd a tartály falán keresztül történő energiátaszport következtében a környezeti hőmérsékletre egyenlítődik ki.





2. ábra Kísérleti berendezés várakozási idő meghatározásához  
(a kék vonalak nyomásmérést, a piros vonalak hőmérsékletmérést jelölnek)

A várakozási idő matematikai modelljének felírásánál figyelembe vettem, hogy a (2. ábrán látható jelöléseket alkalmazva) az 1-es és 5-ös tartály nem szigetelt, viszont a két készüléket összekötő vezeték adiabatikusak tekintetem, a csőáramlás súrlódásmentes. A mérőtartályban lévő hőmérsékletet akkor tekintetem állandónak, amikor a hőmérsékletváltozás okozta nyomásváltozás 0,1 mbar-nál kisebb volt. A modell által szolgáltatott eredmények alapján meghatároztam a várakozási idő függvényeket regresszióval. A várakozási idő letelte után a szivárgásmérés megkezdhető. Ekkor a tartályban lévő feltöltés következtében a kezdeti instacioner hőátviteli folyamatok már véget értek, illetve a hőmérséklet változása már nem okoz jelentős nyomásváltozást, ami a szivárgásmérésen alapuló állapotfelmérő vizsgálatot befolyásolná.

### 3.3. TÖMÍTÉSVIZSGÁLATOK

A zománczott készülék karimás kötés tömítéseinek vizsgálata során a tömítésekkel nyomóvizsgálatot végeztem. A vizsgálat alatt mértem a tömítés felületére ható nyomóerőt és a tömítés összenyomódását három elmozdulás távadó segítségével. Az eredményeket egy mérő-adatgyűjtő egységen keresztül számítógépen rögzítettem.

Kidolgoztam a feszültség-relaxáció függvény állandóinak meghatározására egy a mérési adatokon alapuló regressziós eljárást, mely egy feltételes szélsőérték-feladat megoldásához vezetett. Büntetőfüggvényes technika alkalmazásával a problémát feltétel nélküli szélsőérték-feladatként lehet megoldani. Az eljárás alapján meghatározható a karimás kötés összeszerelése utáni, tömítésre ható maradó feszültség. A tömítések ismételt terhelése után levonható az a következtetés, hogy a tömítés felkeményedik, azaz relaxációs hajlama csökken.

#### 4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Elkészítettem egy autokláv gépcsoport emissziójának számítására szolgáló eljárást, mely alapján az adott gépcsoport állapota jellemezhetővé válik. Ennek keretében:
  - a. felállítottam a nyomásmérésen alapuló *lamináris és turbulens szivárgási modellt* ismeretlen források szivárgási tömegáramának meghatározására,
  - b. meghatároztam a szivárgási modellek jellemzésére szolgáló *szivárgási paraméter* számítására vonatkozó összefüggéseket,
  - c. meghatároztam a szivárgásmérés megkezdéséhez szükséges *várakozási idő függvényeket* 3 illetve 5 bar<sub>g</sub>-os hálózati nyomások esetére, mely lehetővé teszi a szivárgásmérések zavarmentes végrehajtását,
  - d. meghatároztam azokat az összefüggéseket, melyekkel a szivárgási paraméter segítségével számolható a tényleges, gyártás során kialakuló emissziós érték.
  
2. Meghatároztam zománcozott berendezések karimás kötéseinek tömítésére ható nyomófeszültség időbeli változását. Ennek keretében:
  - a. megállapítottam, hogy a PTFE borítású lapostömítés viszkoelasztikus anyagtulajdonságot mutat,
  - b. mérésen alapuló eljárást dolgoztam ki a három elemből álló általános Maxwell-modell feszültség-relaxáció függvény paramétereinek meghatározására,
  - c. megállapítottam, hogy a tömítés felületére ható maradó nyomófeszültség a kezdeti nyomófeszültség 72%-tól nem több,
  - d. kimutattam, hogy szobahőmérsékleten a PTFE borítású lapos tömítés relaxációja a szerelés után 5 órával már elhanyagolható.

#### 5. AZ EREDMÉNYEK ALKALMAZHATÓSÁGA

Az értekezésben bemutatott eljárás segítségével egy nyomás alatt lévő rendszer tömítetlenségéből, illetve anyagfolytonosságbeli hibából történő kibocsátását lehet meghatározni. A nyomásmérésen alapuló módszer a hiba jellegét (tömítési hiba vagy lyukadás) is kimutatja. Az eljárás alapadatot szolgáltat egy szennyeződésterjedési modellhez, továbbá a munkatérben dolgozókra ható expozíciós hatás csökkentése érdekében szükséges ventilációs rendszer paramétereinek meghatározásához. A tömítésvizsgálati eljárás végrehajtásával megállapítható, hogy az adott tömítésfajta hajlamos-e relaxációra, ha igen, akkor milyen mértékű feszültségcsökkenés jön létre „végtelen” idő múlva.

A kidolgozott autokláv-gépcsoport állapotfelmérő eljárás alkalmazhatóságát igazolja, hogy egy magyarországi vezető gyógyszergyár az eljáráson alapuló, SAVACAD

Kft. által kifejlesztett robbanásbiztos kivitelű szivárgásmérő berendezést alkalmaz készülékeinek vizsgálatára.

## 5. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁBAN

- [p1] M. Ortutay, G. Szepesi – *Mathematical model of laminar gas leaking*. GÉP folyóirat 2004/10-11 pp.126-131
- [p2] J.Kakuk, G. Szepesi – *Investigation of viscoelastic properties of flange gaskets*, 3rd International PhD Conference on Mech. Eng. 7-9 November 2005, Srni - Czech Republic, pp79-80
- [p3] G. Szepesi – *Determination of airborne concentration of closed system*. Chisa 2004, 22-26 aug., full text CDROM [522]
- [p4] Gabor Szepesi – *The effects of the equipment venting on the environment*, microCAD 2004 Section D, pp 91-95
- [p5] Kakuk J., Szepesi G., - *Karimatömítések viszkoelasztikus tulajdonságainak vizsgálata*, GÉP folyóirat 2005/9-10 pp.91-94
- [p6] Bokros I., Szepesi G. - *"Keram" tömítések vizsgálata*, Géptervezők és Termékfejlesztők XIX. Országos konferenciája, GÉP 2003/10-11 LIV. évf. pp. 4-6
- [p7] Szepesi G. – *Gáztéri folyamatok szimulációja energiaegyenlettel*, OGÉT 2004 Nemzetközi Gépész Találkozó, Csíksomlyó pp 272-275
- [p8] Szepesi G. - *Karimás Kötések Szivárgása, Relaxáció*, Doktoranduszok Fóruma, 2003
- [p9] Szepesi G. – *Nyomásveszteségen alapuló expozíció meghatározása*, Doktoranduszok Fóruma, 2002
- [p10] Joó Gy., Ortutay M., Siménfalvi Z., Szepesi G., - *Technológiai egységek szivárgási veszteségeinek meghatározása*, Műszaki Kémiai Napok '02, Veszprém
- [p11] Szepesi G. - *Páratéri Jellemzők meghatározása* Doktoranduszok Fóruma, 2001

### **Szakmai előadás, magyar nyelven:**

- [p12] Szepesi G. - *Lamináris gázszivárgási folyamat jellemzése mérési adatok alapján*. Magyar Tudományos Akadémia Vegyipari Gépészeti Munkabizottság, PhD beszámoló. 2004. nov. 25. Bp. MTA-Képes Terem

## 6. HIVATKOZÁSOK

- [1] Bailey R. W. – *Flanged pipe joints for high pressures and high temperatures*. Engineering, Vol. 144 pp. 364-365, 419-421, 490-492, 538-539, 1937
- [2] Bazergui A. – *Short term creep relaxation behaviour of gaskets*. Welding Research Council Bulletin No. 294 pp. 9-22

- 
- [3] Berl A. – Untersuchung der Leckraten von Dichtungen in Flanschverbindungen, Bochum, 1978
- [4] Blanc R.H., Ravasoo A. – On the nonlinear behavior of nylon fiber. *Mechanics of Materials*. Vol 22. pp 301-310. 1996
- [5] Bouzid A, Chaaban A. – An accurate method of evaluating relaxation in bolted flanged connection. *Journal of Pressure and Vessels Technology*. Vol 119. pp. 10-17, 1997
- [6] Fejes G. – Tarján G. – *Vegyipari Gépek és Műveletek 1.*Tankönyvkiadó, Budapest, 1979.
- [7] Fen C., Abriola L. M. – A comparison of mathematical formulations for organic vapor transport in porous media. *Advances in Water Resources*. Vol. 27 pp.1005-1016. 2004
- [8] Fessler H., Swannel J.H. Prediction of the creep behaviour of flanged joints. *Proc. Conference on Creep Behaviour of Piping*. Pp.39-49. 1974
- [9] H. C. Brinkman – A calculation of the viscous force exerted by a flowing fluid on a dense swarm of particles," *Appl Sci. Res. A 1*, 27 (1947).
- [10] Ilyushin A. A. – Pobedrya B. E. – An introduction to the mathematical theory of thermoviscoelasticity, Nauka, Moszkva, 1970
- [11] Karode S. K. – Laminar flow in channels with porous walls, revisited. *Journal of Membrane Science*. Vol. 191. pp.237-241. 2001
- [12] Kraus H., Rosenkrantz W. – Creep of bolted flange connections. *Welding Research Bulletin* No. 294, pp. 2-8, 1984
- [13] Lemos de M. J. S., Braga E. J. – Modelling of turbulent natural convection in porous media. *Int. Comm. Heat and Mass Transfer*. Vol 30. No.5 pp.615-624. 2003
- [14] Marine J. – Stress and deformation in pipe flanges subjected to creep at high temperatures. *Franklin Inst J*. Vol. 226, No. 5, pp. 645-657, 1938
- [15] Micheely A. – Untersuchungen an Rohrleitungsflanschen bei Betriebsbedingungen unter besonderer Berücksichtigung des Leckverhaltens. Dortmund, 1977
- [16] Nagy A. – Time dependent characteristic of gasket at flange joints. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. Vol 72. pp. 219-229, 1997
- [17] Pedras M., Lemos de M. – Macroscopic turbulence modeling for incompressible flow trough undeformable porous media. *Heat and Mass Transfer* Vol. 44 pp.1081-1093. 2001
- [18] Seta T., Takegoshi E., Okui K. – Lattice Boltzmann simulation of natural convection in porous media – *Mathematics and Computers in Simulation*. Article in Press. 2006
- [19] Varga L, Barátosy J. – Optimal prestressing of bolted flanges. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. Vol 63. pp. 25-34, 1995
- [20] Waters E.O. – Analysis of bolted joints at high temperatures. *Transaction of the ASME*, Vol. 60, pp.83-86. 1938

- [21] Werkenthin, T.A., Swenson A.D., Chatten C.K. és Morris R. E. – Sealing and seal-aging properties of rubber gaskets. *Rubber Age*, Vol 56. pp389-396, 1945.
- [22] Young J.B., Todd B. – Modelling of multi-component gas flows in capillaries and porous media. *Int. Journal of Heat and Mass Transfer*. Vol. 48. pp. 5338-5353. 2005