

# Gáz-folyadék érintkeztetőkben alkalmazott új típusú töltet vizsgálata

## Pilot test of new-type packing in gas-liquid contactor

BATÓ Mihály András<sup>1</sup>, okl. gépészmérnök, ÖRVÖS Mária<sup>2</sup>, PhD, c. egyetemi tanár  
POÓS Tibor<sup>3</sup>, PhD, egyetemi docens

<sup>1,2,3</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar,  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék  
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., D épület 110. Tel.:+3614632529, <http://www.epget.bme.hu>,  
<sup>1</sup>batomisi@gmail.com, <sup>2</sup>orvos.maria@gpk.bme.hu, <sup>3</sup>poos.tibor@gpk.bme.hu

### Abstract

*Gas-liquid contactors are operated in many industrial areas, mainly during water- or air cleaning processes. In order to increase the contact surface, packings of different types and manufacturers are inserted into the column. This work suggests applying recycled bottle caps as packing in gas-liquid contactors. Laboratory measurements were made to specify hydrodynamics and mass transfer characteristics of caps.*

### Összefoglaló

*Gáz-folyadék érintkeztetőket az ipar számos területén alkalmaznak, főként víz- vagy levegőtisztítási folyamatoknál. A fázisok érintkező felületének növelésére - különböző gyártmányú és kialakítású - tölteteket helyeznek a készülékbe. Kutatásunk során újrahasznosított PET-palack kupakok töltétként való alkalmazására tettünk javaslatot. A kupakok műszaki célra való felhasználásához laboratóriumi mérésekkel határoztuk meg azok hidrodinamikai és anyagátadási tulajdonságait.*

**Kulcsszavak:** gáz-folyadék érintkeztetés, töltetes oszlop, újrahasznosítás, nyomásesés, anyagátadás.

## 1. BEVEZETÉS

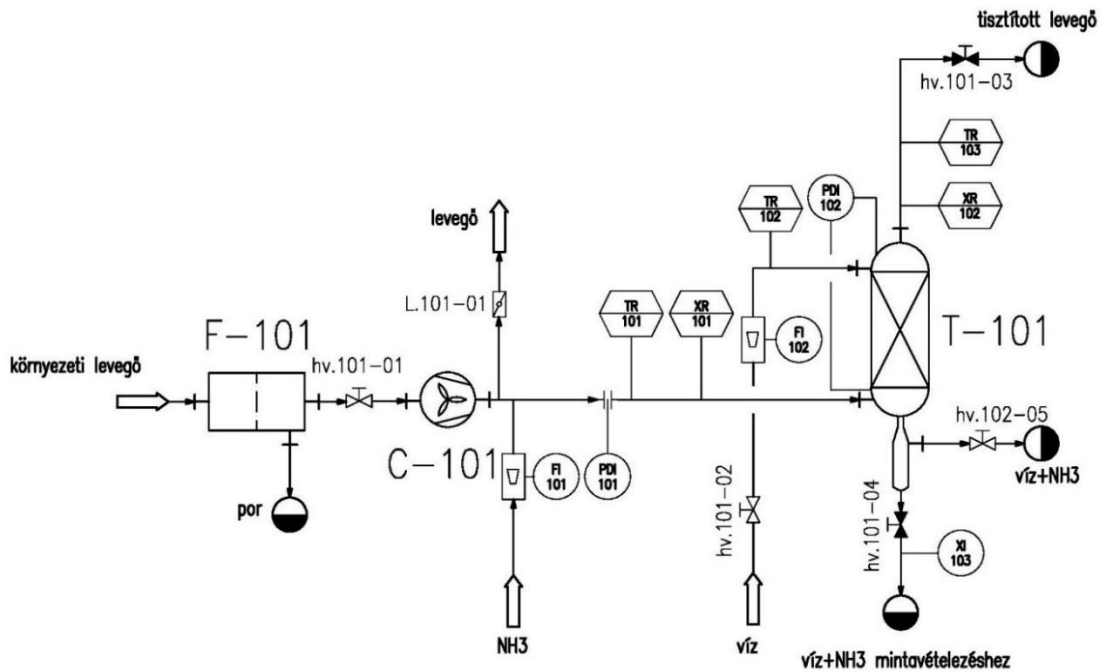
Gáz-folyadék érintkeztetőket az ipar számos területén alkalmaznak, például víz- vagy levegőtisztítási folyamatoknál, illetve egyéb anyagátadási műveletek során. Ilyen eljárás például az abszorpció vagy a sztrippelés. Ezek a műveletek megvalósíthatók fokozatszerű (tányéros) vagy folytonos érintkezésű (töltetes) oszlopokban. Folytonos érintkeztetés során a töltetek szerepe a két fázis közötti érintkezési felület növelése. Az első ilyen töltetek kerámiából készültek, gömb, majd gyűrű alakban, később fémből, majd polimerből is készítettek különböző formájúakat.

Kutatásunk célja a PET-palackok csavarzárjainak vizsgálata abszorber töltétként történő alkalmazásra. Laboratóriumi méréseket végeztünk, amelyek során meghatároztuk a kupakalmaz jellemzőit, a töltetek hidrodinamikai viselkedését, illetve a fázisok közötti anyagátadási tulajdonságokat. Az eredményeket összehasonlítottuk más, az iparban használt töltetek tulajdonságaival.

## 2. MÉRŐBERENDEZÉS ÉS MÉRÉS MENETE

A kutatás során az Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék Stokes Laboratóriumában található abszorpciós mérések elvégzésére alkalmas berendezést használtuk, amelynek műszerezett csőkapcsolási terve az 1. ábrán látható. A mérések során ammónia-levegő elegy abszorpcióját végeztük levegővel, izoterm körülmények között.

A fúvó (C-101) szívó ágára egy szűrő (F-101) van ráépítve. A bevezetett ammónia mennyiségét rotaméterről (FI-101) lehet leolvasni. A levegő mennyiségét golyóscsap (hv. 101-01), illetve pillangószelep (L. 101-01) segítségével lehet szabályozni. A levegő mérőperemen át áramlik, az ott fellépő nyomásesés U-csöves manométerről (PDI-101) olvasható le.



1. ábra. Mérőberendezés műszerezett csőkapcsolási terve

A levegő a 130 mm átmérőjű álló oszlopba (T-101) lép be, ahol a tölteteken ellenáramban érintkezik a vízzel. A töltetmagasság 0,9 m volt a mérések során. A levegő összetételét és hőmérsékletét az oszlop előtt (XR-101 és TR-101) és után (XR-102 és TR-103) is mértük. Az ammónia koncentrációját egy gázösszetélt mérő műszer jelzi, a hőmérsékletet termoelemek segítségével mértük. A levegő a környezetbe távozik egy golyóscsapon keresztül. Az oszlop nyomásesését U-csöves manométerrel mértük (PDI-102). A rendszerbe hálózati víz lép be, amelynek hőmérséklete szabályozható keverőcsap segítségével. A víz rotaméteren (FI-102) halad keresztül, amivel mérhető annak térfogatárama, ami egy szelep segítségével változtatható (hv. 101-02). Az oszlopba való belépés előtt mértük a víz hőmérsékletét is (TR-102). A víz egy szórófejen keresztül érkezik a töltetekre, és egy szifonzáron keresztül távozik a szennyvízcsatornába. Lehetőség van a hv. 101-04 jelű csapon keresztül a kilépő víz mintavételezésre és elemzésére (XI-103) is. A víz ammónia koncentrációját titrással határoztuk meg.

### 3. A KIÉRTÉKELÉS MÓDSZERE

Töltetes tornyok esetében a töltetmagasság meghatározása gyakran az átviteli egységek módszerével történik, amely a gázoldalról értelmezett jellemzőkkel az alábbi összefüggéssel írható fel [1]:

$$H = \frac{G_A}{MK_Y a} \int_{Y_{be}}^{Y_{ki}} \frac{dY}{\Delta Y} = H_{OY} N_{OY} . \quad (1)$$

Az összefüggésben  $G_A$  [ $kg/(m^2s)$ ] a gáz felületegységre vonatkoztatott tömegárama,  $M$  [ $kg/kmol$ ] a gáz moláris tömege,  $K_Y$  [ $kmol/m^2s$ ] a gázoldalról értelmezett anyagátbocsátási tényező,  $a$  [ $m^2/m^3$ ] a töltet fajlagos felülete,  $Y_{be}$  [ $kmol/kmol$ ] és  $Y_{ki}$  [ $kmol/kmol$ ] a be- és kilépő levegő molarányok,  $\Delta Y$  [ $kmol/kmol$ ] egy adott keresztmetszetben a munkavonal és az egyensúlyi görbe közötti molaránykülönbség,  $H_{OY}$  [ $m$ ] a gázoldalról értelmezett átviteli egységmagasság,  $N_{OY}$  [ $I$ ] pedig az átviteli egységsszám. Kis koncentrációk esetén az egyensúlyi görbe egyenes, így az átviteli egységsszám a be- és kilépő molarányok különbségének, illetve a logaritmikus közepes érték hányadosává egyszerűsödik:

$$N_{OY} = \frac{Y_{be} - Y_{ki}}{\Delta Y_{ln}} = \frac{Y_{be} - Y_{ki}}{(\Delta Y_1 - \Delta Y_2) / \ln \frac{\Delta Y_1}{\Delta Y_2}} . \quad (2)$$

A koncentrációk és egyéb jellemzők mérésével számítható az átviteli egységmagasság.

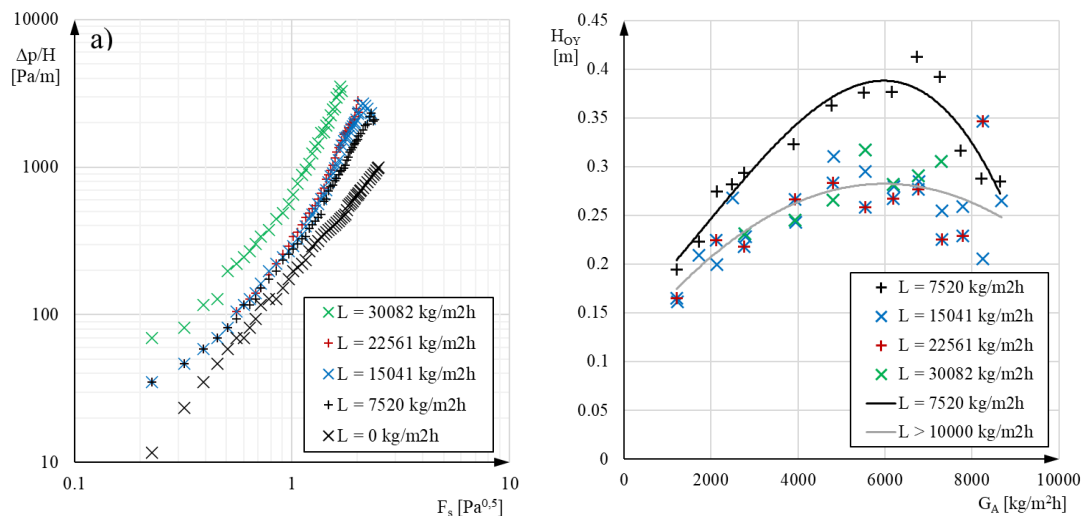
## 4. EREDMÉNYEK

A kupakhalmaz tulajdonságait az 1. táblázat foglalja össze. Az eredményeket három kupak 3D modellezése, tömeg- és térfogtmérések, illetve porozitásmérések alapján kaptuk.

1. táblázat. A kupakhalmaz tulajdonságai

Kép a vizsgált kupak modelljéről			
Darabszám [ $db/m^3$ ]	100 000		
Halmazsűrűség [ $kg/m^3$ ]	113		
Térfogat [ $mm^3$ ]	1 251	1 694	1 314
Fajlagos felület [ $m^2/m^3$ ]	286	298	312
Porozitás, mérés alapján [%]	92,2		
Porozitás, modellezés alapján [%]	91,5		

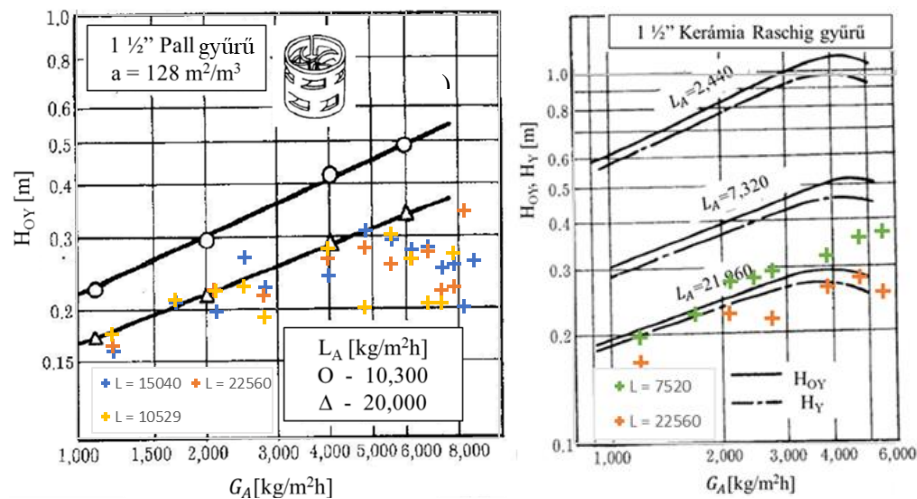
Amint az 1. táblázatban a képeken látható, a kupakok kialakításán módosítás – lyukasztás – történt, ezáltal csökkent az áramlástani nyomásesés és a pangó tér is, ahol a víz megrekedhet.



2. ábra. Mérési eredmények

- a) fajlagos nyomásesés az  $F$ -faktor függvényében  
 b) átviteli egységmagasság a felületi gázterhelés függvényében

A 2. ábra/a)-n az egységnyi töltetmagasságra fajlagosított nyomásesés látható az  $F$ -faktor ( $F_s = v_G \sqrt{\rho_G}$ , ahol  $v_G$  a gázsebesség [ $m/s$ ],  $\rho_G$  pedig a levegő sűrűsége [ $kg/m^3$ ]) függvényében különböző folyadékterhelések esetén. Megfigyelhető, hogy minél nagyobb a légsebesség és a folyadékterhelés, annál nagyobb lesz a fajlagos nyomásesés. A 2. ábra/b)-n az átviteli egységmagasság van ábrázolva a torony keresztmetszetére vonatkoztatott levegő tömegáram függvényében. Az ábrára berajzoltunk továbbá két trendvonalat, egyet a legkisebb folyadékterheléshez, illetve egy másikat a többi mérési pontra. Látható, hogy a legtöbb esetben az eláradás (ahol a görbék csökkenő tendenciát mutatnak) előtti tartományban a levegőáram növelése az átviteli egységmagasság növekedését eredményezte. A diagramok alapján az a következtetés vonható le, hogy  $L_A \cong 10000$   $kg/(m^2h)$  folyadékterhelés fölött a víz mennyiségének növelése nincs jelentős hatással a leválasztásra.



3. ábra. Az átviteli egységmagasság a felületi gázterhelés függvényében, összehasonlítva a) Pall gyűrűvel b) Raschig gyűrűvel

Az eredményeket összehasonlítottuk két töltetípussal. Egyrészt Raschig gyűrűvel, hiszen ennek a geometriája hasonlít leginkább a kilyukasztott kupakok gyűrű-alakjához. Másrészt Pall gyűrűvel annak megállapítására, hogy a kupak-töltet felveszi-e a versenyt egyéb geometriájú töltetekkel is. A Raschig [2], és a Pall gyűrű is [3] kisebb nyomásesést biztosít ugyanolyan körülmények között, mint a kupak-töltet. Viszont ez utóbbi jobb anyagátadási tulajdonságot mutat a két ipari töltethez képest (ahogy a 3. ábrán látható), mivel ugyanolyan gáz- és hasonló folyadékterhelés mellett kisebb az átviteli egységmagasság mindkét esetben. Míg a Raschig gyűrűk működése  $G_A \cong 4000 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{h})$  levegőterhelésnél instabillá válik, addig a kupak ebben a tartományban még stabilan működik. Az eláradás kupak esetén, a vizsgált folyadékterheléseknél,  $G_A \cong 6000 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{h})$  levegőterhelés felett valósul meg. Az eláradási tartományban az anyagátadási folyamat jelentősen romlik.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az eredményekből látható, hogy a csavarzár töltékként való használata működőképes, és bizonyos határok között a módosított kialakítással rendelkező, kilyukasztott kupakok felhasználhatók felületnövelő töltékként gáz-folyadék érintkeztető oszlopban. Az eredeti funkciójuknál fogva a kupakok belül menetesek, a külső részükön pedig bordázottak. A menetek és a bordák egyrészt felületnövelő hatással rendelkeznek, így a töltet fajlagos felülete nagyobb lesz a sima felületű gyűrűkhöz képest. Másrészt megtörik a folyadék útját, így turbulens áramlás alakul ki, ami javítja az anyagátadást. A kupakok felhasználásának többek között az eláradás és az alkalmazási hőmérséklet szab határt. A kupak alkalmazásának legfőbb előnye a többi töltethez képest, hogy alkalmazásával hulladékhasznosítás is történik.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönet a Gépészmérnök-képzésért Alapítványnak (1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.) a munkában nyújtott anyagi támogatásért. Köszönjük a Richter Gedeon Nyrt. Centenárium Alapítványnak (1103 Budapest, Gyömrői út 19-21.) a munkában nyújtott támogatását.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] S. Szentgyörgyi, M. Parti, és K. Molnár, *Transzportfolyamatok*. Budapest: Tankönyvkiadó Vállalat, 1986.
- [2] Robert H. Perry, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, Seventh Edition. McGraw-Hill, USA, 1999.
- [3] J. Stichlmair, J. Bravo, és J. R. Fair, „General model for prediction of pressure drop and capacity of countercurrent gas/liquid packed columns”, 1989