

A felfutó folyadékfilmű csöves kémiai reaktorok és abszorberek hidrodinamikai és matematikai jellemzése

Dr. Vodnár János, Dr. Kolozsi Jenő
Kolozsvár

Bevezető

A gáz-folyadék és gáz-folyadék-szilárd (por) típusú heterogén kémiai reakcióknak igen nagy jelentőségük van a kémiai iparban a hasznos termékek gyártásában, az ugyanilyen jellegű rendszerek esetében pedig az abszorpciónak az ipar egész sor más ágazatában is nagy szerepe van, többek között, a különböző környezetszennyező anyagoknak, kémiai természetű szennyeződéseknek az ipari gázokból való eltávolításában.

A vegyipari és általában az ipari készülékek (reaktorok, abszorberek stb.) kiválasztásánál egyre parancsolóbb szempontként kell figyelembe venni a fajlagos energiafogyasztást. Az itt jellemzett készülékek kitűnnek kis energiaigényükkel és új belső szerkezetükkel, ami lehetővé teszi a készülékbe juttatott gáznak és folyadéknak az egyenletes és önmagától való elosztását a készülék teljes keresztmetszetére nézve, a függőleges helyzetű filmképző csövekbe, anélkül, hogy erre a célra különféle elosztó készülékeket (turbínakerék, gázfúvó stb.), szerkezeti elemeket kellene használni. Az ilyen típusú készülékek előnyeit laboratóriumi, pilot és ipari viszonyok között is ellenőriztük ill. igazoltuk [1-8].

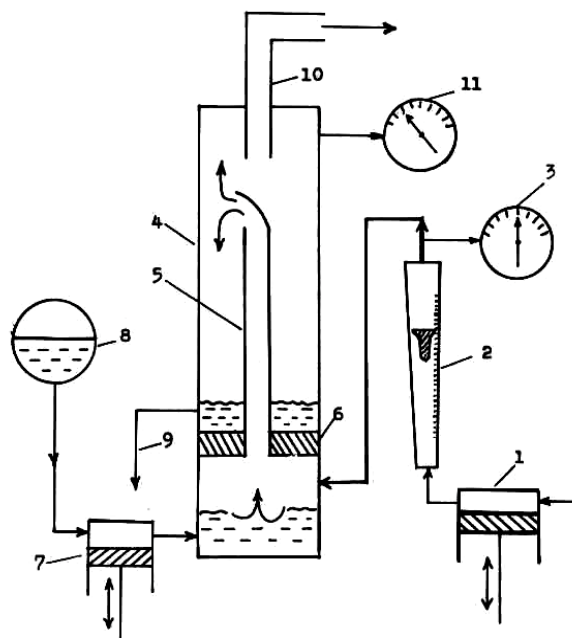
Ebben a közleményben azokat a kísérleti eredményeket írjuk le és egyben értékeljük, amelyeket a felfutó folyadékfilmű készülékek hidrodinamikai tanulmányozásánál és matematikai modellezésénél nyertünk. E készülékek sem belső, sem külső recirkulációs csővel nem rendelkeztek.

A használt berendezés és a kísérleti körülmények leírása

A használt készülék csöves belső szerkezettel rendelkezett. A csövek alul, máskor alul és felül is csőkötegfalba vannak rögzítve, attól függően, hogy kell-e hőt elvonni vagy közölni a rendszerrel. A használt laboratóriumi berendezést az 1. ábra szemlélteti. Kísérleti méréseink során a gáz nyomásesését (DP) vizsgáltuk a készüléken való áthaladásakor. Független változóként szerepelt a Reynolds-szám (Re), a filmképző cső hossza (H) és a folyadékfázisként használt víz hozama (Q_v), amelynek a számszerű értéke 10 és 60 dm^3/h között változott. A kísérleti gáz szerepét a levegő játszotta, a hozama (Q_1) 19 és 44 m^3/h között változott [1-4]. A filmképző cső belső átmérője 30 mm, a hossza pedig 20 és 60,2 cm közötti értékekkel szerepelt. A be- és kilépő levegő nyomását nyitott végű

folyadékos manométerrel mértük. A filmképző csöveket tömszelencével rögzítettük a textolitból készült csőkötegfalakba.

Az 1. ábrán látható berendezés üzemelése a következőképpen történik. A kísérletekhez szükséges levegőt a légsűrítő (1) szolgáltatja, hozamát a rotaméterrel (2), nyomását pedig a nyomásmérővel (3) mérjük, majd bevezetjük a készülék (4) alsó részébe a csőkötegfal (6) alá, ahol az filmképző csőbe (5) hatol és felhajtóerejénél fogva magával viszi a víztartályból (8) származó és az adagolószivattyúval (7) betáplált vizet is, amiből a cső (5) belső falán egy felfelé futó folyadékfilm képződik. Miután a gáz-folyadék keverék kijut a csőből (5), a fázisok elválnak egymástól, a levegő a elvezetőn (10) keresztül távozik a rendszerből a nyomásmérővel (11) mért nyomáson, míg a víz a csőkötegfalon (6) gyűl össze, ahonnan a vezetéken (9) keresztül távozik a rendszerből. Valamennyi gáz- és folyadékhozamánál leolvastuk a készülékbe belépő és az onnan távozó levegő nyomását a nyomásmérőkről (3 ill. 11).



1. ábra

A hidrodinamikai mérésekhez használt laboratóriumi berendezés

1-légsűrítő, 2-rotaméter, 3-nyomásmérő,
4-készüléktest, 5-filmképző cső, 6-csőkötegfal
7-vízszivattyú, 8-víztartály, 9-vízlevezető cső,
10-levegőelvezető cső, 11-nyomásmérő

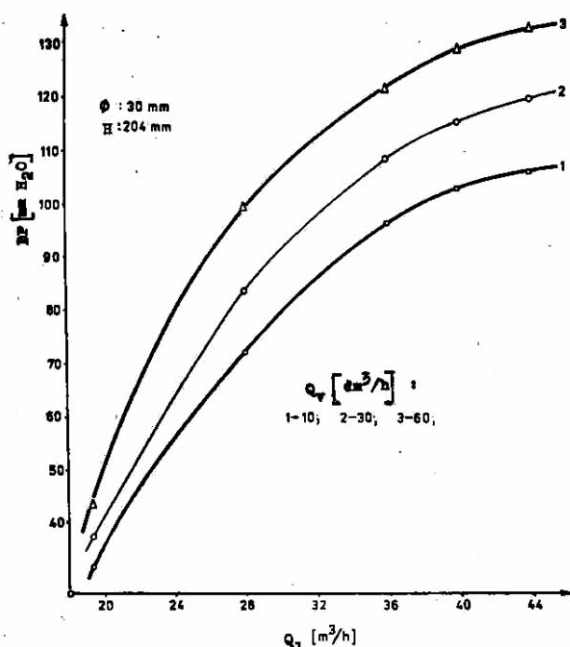
A kísérleti eredmények leírása és kiértékelése

A hidrodinamikai mérések alkalmával kapott számszerű eredményeket feldolgoztuk grafikusán, amivel a matematikai modellezés céljára is értékes információkat nyertünk. A 2. ábra a készüléken belül bekövetkező nyomásesés (DP) változását szemlélteti a levegőhozam (Q_1) függvényében. A filmképző cső hossza (H) 0,204 m, belső átmérője (\varnothing) pedig 0,030 m. A vízhozam (Q_v) 10, 30 és 60 dm^3/h volt. Látható, hogy Q_1 növekedésével DP értéke is fokozatosan növekszik, de nem lineárisan, hanem a következő egyenletnek megfelelően:

$$DP = a \cdot x^2 + b \cdot x + c \quad (1)$$

ahol x a levegőhozamot jelenti m^3/h -ban kifejezve;

a , b és c állandók, melyeknek értéke egy előző közleményünkben [5] szerepel.

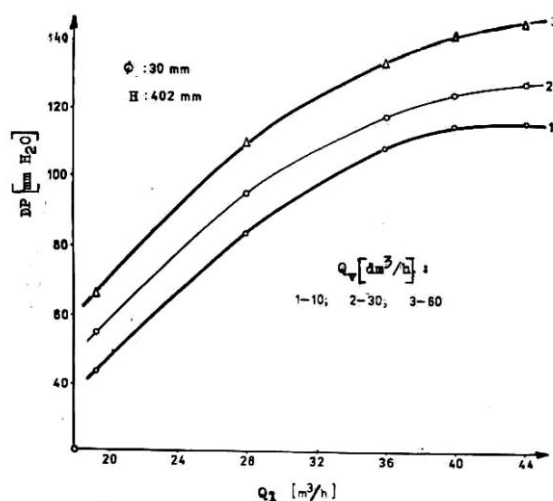


2. ábra

A nyomásesés változása (DP),
a levegőhozam (Q_1) függvényében

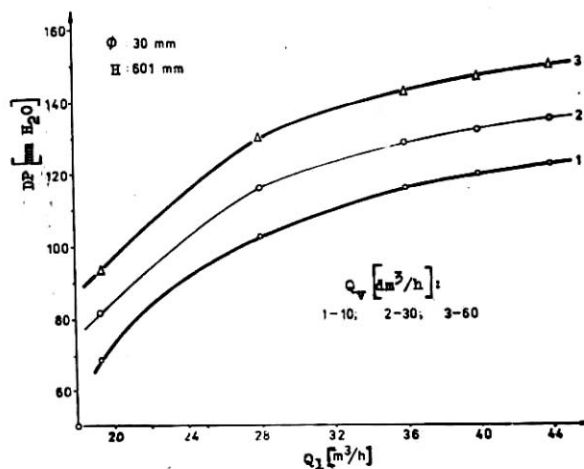
Ugyanilyen értelemben szerkesztettük meg a 3. és 4. ábrán szemléltetett grafikonokat is. A különbség közöttük csupán annyiból áll, hogy míg az 1. ábra a 0,204 m hosszú filmképző csővel kapott eredményekre épül, a 3 és 4. ábra megszerkesztéséhez a 0,402 és a 0,601 m-es csövekkel végzett kísérleti eredményeket használtuk fel. Jól látható, hogy DP értéke valamennyi esetben növekedést mutat Q_1 értékének a növelésével. Ugyanolyan Q_v érték mellett a nyomásesés nem sokat változik a filmképző cső hosszának a növelésével. Így pl. 30 dm^3/h vízhozam és 40 m^3/h levegőhozam esetén DP

értéke csupán 16 mm vízszlop nyomásértékkel emelkedik, miközben a filmképző cső hossza 0,204 m-ről 0,601 m-re növekszik, ami megfelel 0,0403 mm vízszlop/mm csőhossz értéknek.



3. ábra

A nyomásesés változása (DP),
a levegőhozam (Q_1) függvényében



4. ábra

A nyomásesés változása (DP),
a levegőhozam (Q_1) függvényében

A készülék matematikai modellezése

A matematikai modellek levezetéséhez a következő adatokat használtuk fel:

- DP – nyomásesés, mm vízszlop; Q_1 – levegőhozam, m^3/h ;
- Q_v – vízhozam, dm^3/h ; H – a filmképző cső hossza, m;
- W_g – a levegő lineáris sebessége, m/s;
- \varnothing – a filmképző cső belső átmérője, m;
- Re – Reynolds-féle szám (a levegőre nézve).

f) A készülék matematikai jellemzése céljából két többszöri regressziós típusú modellt választottunk. Az egyik egy lineáris (1), a másik pedig exponenciális jellegű modell (2):

$$DP = a \cdot Re + b \cdot Q_v + c \cdot H + d \quad (1)$$

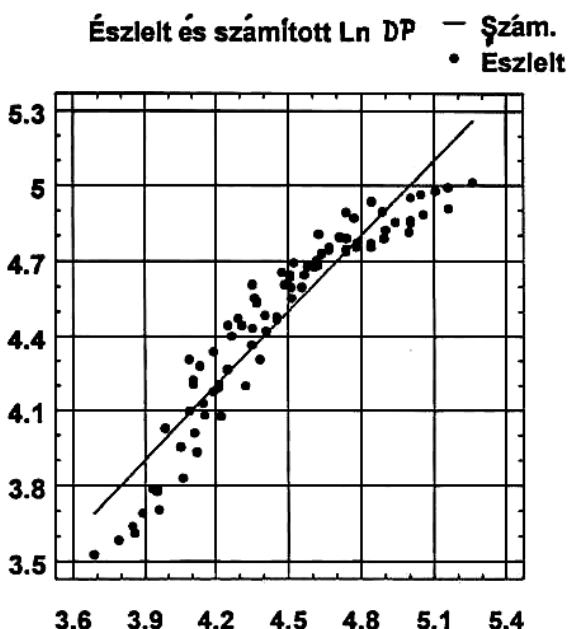
$$DP = a \cdot Re \cdot Q_v \cdot H \quad (2)$$

Az (1) modellben szereplő állandókra nézve a következő értékeket kaptuk:

$$a = 0,003555; \quad b = 0,485551; \\ c = 82,213048; \quad d = -43,81559.$$

A korrelációs tényező értéke: 0,9247 ami azt jelenti, hogy a DP változása ill. értéke 92,47%-os arányban függ az előzőekben felsorolt független változóktól (Re, Q_v, H).

Ezzel a matematikai modellel számított lnDP értékek és a méréseknél észlelt lnDP értékek igen jól egyeznek egymással. Ezt szemlélteti az 5. ábra.



5. ábra

Az észlelt és a számított ln DP értékek egybevetése

A (2) exponenciális modell állandóinak számértékei a következők:

$$a = 1,080893; \quad b = 0,147361; \\ c = 0,386826; \quad d = 0,001469.$$

A korrelációs tényező értéke ebben az esetben: 0,8893, tehát DP értékeit 88,93%-os arányban határozzák meg a már jelzett független változók. A számított és az észlelt DP értékek jól egyeznek egymással. Következésképpen megállapítható, hogy az itt leírt mindkét matematikai modell jól közelíti meg a vizsgált készülékben lejátszódó hidrodinamikai jelenségeket.

Irodalom

1. Vodnár J., *RO Szabadalom*, 81.993 (1983)
2. Vodnár J., *RO Szabadalom*, 89.508 (1985)
3. Vodnár J., *RO Szabadalom*, 96.372 (1987)
4. Vodnár J., *RO Szabadalom*, 82.382 (1983)
5. Vodnár J., *Rev. Chim. (București)*, 38 (11), 996 (1987)
6. Vodnár J., *Rev. Chim. (București)*, 39 (8), 719 (1988)
7. Vodnár J., *Rev. Chim. (București)*, 43 (1-2), 60 (1992)
8. Vodnár J., Enyedi, I., *Múzeumi Füzetek (Kolozsvar)*, 6 sz., 107 (1997)