

Válasz opponensi bírálatra

Opponens: Dr. Friedler Ferenc, MTA doktora
MTA értekezés címe: Speciális módszerek szakaszos desztillációra
Szerző: Dr. Modla Gábor

Tisztelt Dr. Friedler Ferenc Úr!

Mindenekelőtt megköszönöm, hogy elvállalta értekezésem bírálatát. Köszönöm az értékelést és a bírálatot. Az alábbiakban szeretnék reagálni a bírálatra.

Észrevételek a tézisekről

1, „A kétkomponensű homoazeotrop elegyek nyomásváltó szakaszos desztillációval történő elválasztása témakörben a megvalósíthatóság intervallumának meghatározása (1.1. Tézis) kézenfekvő, nem igényel elmélyült vizsgálatot.”

Válasz:

Napjainkban még mindig nagy irodalma van az azeotrop elegyek desztillációs szétválasztásával foglalkozó megvalósíthatósági vizsgálatoknak. A tézispontban szereplő, a nyomásváltó desztillációra vonatkozó, a megvalósíthatósági vizsgálatokat támogató egyértelmű definíciók még hiányoztak. Ugyanígy korábban senki nem fogalmazta meg a kétkomponensű nyomásváltó desztillációs szétválasztás szükséges és elégséges feltételeit sem.

Itt jegyezném meg, hogy a legújabb desztilláció témakörét összefoglaló háromkötetes szakkönyv* külön fejezete foglalkozik a szakaszos nyomásváltó desztillációval, amely hivatkozik e tézist tartalmazó és még két másik publikációkra is.

* Sorensen E, Design and Operation of Batch Distillation, In: Distillation: Fundamentals and Principles. Elsevier Inc., (ISBN 9780123865489) pp. 187-224. (2014).

Ezen kiegészítésekkel, kérem, hogy fogadja el a tézispontot, hasonlóan a másik két bírálóhoz.

2, „A javasolt dupla oszlopos szakaszos rektifikálás (1.2. Tézispont) érdekes eredmény. A javasolt rendszerek működését hipotetikus elegyekkel mutatja be. Az elegyek számát kevésnek tartom ahhoz, hogy általánosítható következtetéseket lehessen levonni. Az elért

tisztaság az iparban, különösen a szakaszos folyamatokat széleskörűen alkalmazó gyógyszeriparban, nem elegendő.”

Válasz:

Az általános összefüggéseket hipotetikus elegyekre vezettem le, de utána konkrét elegyeken (víz-EDA, etanol-toluol) igazoltam az eredményeket. További elegyek vizsgálatát nem láttam szükségesnek, mert összefoglaló megállapításaim (Tézisfüzet 3-3 Táblázat) elegytől függetlenül érvényesek. Megjegyezném még, hogy nemcsak a gyógyszeriparban alkalmaznak szakaszos desztillációt (hanem például a finomvegyszer-gyártásban is), és hogy az elérhető tisztaság növelhető a kolonnaméret vagy a reflux/visszaforralási arány növelésével.

Itt szintén hivatkoznék a korábban említett szakkönyvre.

Pontosításomat figyelembe véve, kérem, mérlegelje a tézispont elfogadását.

3, „A javasolt kétkolonnás konfigurációk esetében a „termikus csatolás” fogalmát helytelenül használja. A szakirodalomban a Petlyuk által definiált energiaintegrációs elvet nevezik termikus csatolásnak. Az elképzelt hővisszanyerés és -hasznosítás (1.3. Tézis) gyakorlati kivitelezése nehezen képzelhető el ipari körülmények között. A hővisszanyeréssel számolt szén-dioxid megtakarítás bemutatása elnagyolt, feltételezem, hogy az energia megtakarítással arányosította azt. Ez csupán az energiahatékonyság növelésének hétköznapi nyelven való kifejezése, tudományos értelemben nem jelent többlet eredményt.”

Válasz:

Az általam olvasott, az utóbbi időben megjelent szakirodalomban már szélesebb értelemben használják a termikus csatolás fogalmát, így az általam használt kifejezés is elfogadott, mint például Luyben professzor könyvében és Wang et al*. cikkében is.

*William L. Luyben and I-Lung Chien, Design and Control of Distillation Systems for Separating Azeotropes, Wiley kiadó, (2010).

Wang et al., Heat-Integrated Pressure-Swing-Distillation Process for Separation of Tetrahydrofuran/Methanol with Different Feed Compositions, Ind. Eng. Chem. Res., 53, 7186–7194, (2014).

A bemutatott hővisszanyerés (egyik kolonna feigőzét használom a másik kolonna fűtésére) az egyik legkönnyebben megvalósítható hővisszanyerési technika, melyet a szakirodalom vizsgál.

Napjainkban gyakran alkalmazott módszer, hogy az energiamegtakarítást átszámolják szén-dioxid megtakarításra. Ennek két oka van. Egyrészt a hő- és villamos energiamegtakarítás egységesen mutatható be, másrészt a globális felmelegedés elleni küzdelemben egyik

sarkalatos kérdés, hogy a szén-dioxid kibocsátást csökkentse az emberiség. A hővisszanyeréssel számolt szén-dioxid megtakarítás számolásánál figyelembe vettem a főbb villamos fogyasztókat és a hőenergia előállításánál keletkező CO₂ kibocsátást is. Tudományos értelemben a CO₂-ra való átszámítás valóban nem jelent többleteredményt. A tézis tudományos értéke abban áll, hogy a szakaszos művelet ellenére is hatékonyan lehet alkalmazni a termikus csatolást, mellyel jelentős energiamegtakarítás érhető el. Kiegészítésemet figyelembe véve, kérem, fogadja el a tézispontot.

4, „A definiált kétoszlopos struktúrák esetében néhány kiválasztott elegyre igazolt, hogy ezek a számítások szerint működnek, viszont a gyakorlati megvalósíthatóság nem igazolt. Folyadékelegyek elválasztásánál a szakaszos és a folyamatos közti választást jellemzően az elegy mennyisége dönti el. Szakaszos technikát az iparban általában kis mennyiségek esetében alkalmazzák. Célszerűségi okokból azeotropia esetében a legegyszerűbb megoldást választják.”

Válasz:

Valóban csak néhány elegyre mutattam be a kétoszlopos struktúrák működését, de azokban nincs olyan specialitás, amittől ne lehetne elegytől függetlenül általánosítani. A kétoszlopos berendezések kiválasztásánál és működtetésénél a fő szempont, hogy az azeotrop elegy minimális vagy maximális forrpontú.

A szempontok és a célszerűségi okok időben és térben változhatnak. Ami ma még nem elfogadott, az pár év múlva már lehet, hogy általánosan elfogadott lesz. Az, hogy milyen technológiát választunk nagyon sok körülménytől függ.

5, „A technológiailag bonyolult, nagy beruházás igényű nyomásváltó rektifikálás nehezen illeszthető ebbe a koncepcióba. Az is megtörténhet, hogy a rendszer felfuttatása/beüzemelése alatt elfogy az elválasztandó anyag. Az eredmény elvi szempontból érdekes (1.4. Tézis).”

Válasz:

Vizsgálataim azt mutatják, hogy az általam javasolt kétoszlopos berendezések megvalósíthatók, üzemeltetésük még egyszerűbb is, mint a szakirodalomban bemutatott és vizsgált egykolonnás berendezéseké, melyekben időben kell változtatni a nyomást. Csak gondoljunk bele, mi történik a folyadékkal, ha hirtelen lecsökkentjük a nyomását. Ekkor pillanatszerűen túlhevített lesz a folyadék, majd robbanásszerűen elpárolog, nagy mennyiségű gőz felszabadulásával. Ez a jelenség komoly üzemeltetési problémát okozna. Továbbá a szerkezeti anyagok is igen komoly igénybevételnek lennének kitéve az ismétlődő

nyomásváltozás miatt. Ezek a problémák nem fordulnak elő az általam javasolt kétoszlopos berendezéseknél. Ugyanakkor azt el kell ismerni, hogy a kétoszlopos berendezéseknek nagyobb a helyigénye és a beruházási költsége, de ezek megtérülnek, az egyszerűbb üzemeltetés és a berendezésben rejlő termikus csatolás lehetőségével, mint azt külön be is mutattam az 1.3. Tézisben.

A rendszer beüzemelése alatt elfogyhat az anyag, amennyiben nem megfelelően működtetik a berendezést. Ugyanakkor ez nem tekinthető az újonnan javasolt rendszerek speciális hibájának, hiszen a legegyszerűbb rektifikáló berendezésnél is meg lehet úgy választani a működtetési körülményeket, hogy ugyanez megtörténjen.

6, „A háromkomponensű homoazeotropot tartalmazó elegyek elválasztása esetében a Serafimov és az M&N besorolás módosítása nyilvánvaló, hiszen ők nem foglalkoztak az azeotropok nyomásfüggésével. Ez ebben a formában nem tekinthető új tudományos eredménynek (2.1. Tézis). A számos elegyre bemutatott rendszerezés jól követhető (2.2. Tézis).”

Válasz:

Megítélésem szerint, ha korábban más kutató nem foglalkozott a háromkomponensű azeotrop elegyek nyomásfüggő besorolásával, rendszerezésével, akkor az új tudományos eredmény. Eredményeinket magas IF-ú nemzetközi folyóiratokban (Modla G, Lang P, Denes F, Feasibility of separation of ternary mixtures by pressure swing batch distillation, Chem. Eng. Sci., 65, (2) 870-881, (2010)) publikáltuk, melyekre eddig 13 független hivatkozást kaptunk.

Kiegészítésemet figyelembe véve, kérem, hogy fogadja el a fenti tézispontokat.

7, „A tervezett három-kolonnás struktúra (2.3. Tézis) igazolja azt a heurisztikus szabályt, hogy a komponensek számával arányosan nő a szükséges kolonnák száma is. A három-kolonnás struktúra működését szimulációkkal egy elegyre igazolja, de a struktúra gyakorlati jelentősége nem igazolt tekintettel annak bonyolultságára. Hiányolom annak bemutatását, hogy milyen üzemeltetési politikát javasol a gyakorlati megvalósítás esetén. Az energiaiintegráció itt is a megvalósíthatóság rovására megy, nehezen képzelhető el a gyakorlatban egy ilyen rendszer üzemének indítása és működtetése.”

Válasz:

Egy ilyen rendszer működtetése valóban nem egyszerű, de a mai kor emberének egyik kihívása, hogy minél inkább csökkentse az energiafelhasználást, még azon az áron is, hogy esetleg bonyolultabb berendezéseket kell működtetnie.

Elsődleges célom a háromkolonnás berendezés elvi bemutatása volt, így ebben a témában még további kutatási lehetőségek rejlenek. Ahogy Ön is említette, az üzemeltetési politikákat még érdemes megvizsgálni.

8, „A reaktív nyomásváltó rendszer egy további sikeres alkalmazása az eddigi elveknek (3. Tézis). Érdekes kérdés megvizsgálni a szakaszos-folyamatos technológiák közti választás szempontjait.”

Válasz:

Köszönöm az ötletét az összehasonlításra vonatkozólag.

Hasonlóan a nem reaktív desztillációhoz itt is számos körülmény határozza meg a szakaszos-folyamatos technológiák közötti választást:

- feldolgozandó anyag mennyisége, gyakorisága,
- elvárt terméktisztaság,
- milyen berendezések állnak rendelkezésre,
- milyen időintervallumra tervezünk,
- hogyan illeszthető be a meglévő technológiába stb.

9, „A hőszivattyús rendszerek vizsgálatánál (4. Tézis) terminológiai eltérés található a nemzetközi gyakorlattól, nevezetesen „vapour recompression” és „working fluid”, azaz pára-kompressziós és munkaközeges hőszivattyúkról beszélünk, nem gőz-kompressziós és gőz-rekompressziós rendszerekről. Ugyanakkor a Jelölt olyan egyszerű, a szakmában mindennapos értéket, mint a COP (Coefficient of Performance) nem mutat be. Az egyes munkaközeg vizsgálatát nem jelent tudományos újdonságot (4.3. Tézis).”

Válasz:

Köszönöm, hogy felhívta rá a figyelmemet, de szerintem nem ilyen egyértelmű az említett szakkifejezések használata. A legutóbbi időben megjelent cikkekben* az általam alkalmazott vapour compression (gőz-kompressziós) és vapour recompression (gőz-rekompressziós) szakkifejezések használatosak:

*1, Xinqiang You, Ivonne Rodriguez-Donis, Vincent Gerbaud, Reducing process cost and CO₂ emissions for extractive distillation by double-effect heat integration and mechanical heat pump, Applied Energy, 166, 128–140, (2016).

2, Chengtian Cui et al., Selecting suitable energy-saving distillation schemes: Making quick decisions, Chem. Eng. Proc. Accepted paper, (2016).

3, Kiss et al., Towards energy efficient distillation technologies: Making the right choice, Energy, 47, 531-542, (2012).

4, Kiss A. et al., Mastering Heat Pumps Selection for Energy Efficient Distillation, Chem. Eng. Trans. 29, (2012).

5, D. L. Bruinsma and S. Spoelstra, Heat pumps in distillation, Distillation & Absorption Conference, 12-15 September 2010, Eindhoven.

Bizonyára elkerülte a figyelmét, hogy a COP értékek az M6. Mellékletben megtalálhatóak. Ugyanakkor tényleg szerencsésebb lett volna a COP értékeket az értekezés fő részében is bemutatni.

Úgy gondolom igen fontos mérnöki feladat a lehető legjobb munkaközeg kiválasztása, ezért vizsgáltam meg, és hasonlítottam össze két-két szóba jöhető munkaközeget két vegyületcsoportból. Az ezzel kapcsolatos vizsgálatokról szóló cikkünket az Ind. Eng. Chem. Res. folyóiratban közzétették; gondolom azért, mert munkánk szerintük új tudományos eredményekre vezetett. Kiegészítésemet figyelembe véve, kérem, hogy fogadja el ezt a tézispontot is.

Összefoglalásként szeretném elmondani, hogy a desztillációs folyamatok nagy pontossággal modellezhetők. Az újabban közölt szakkikkekben és szakkönyvekben bemutatott eredmények többsége szimuláción alapul, és nem tartalmaz kísérleti eredményeket.

A szakaszos rektifikálás más területén részt vettem ipari megvalósításhoz kapcsolódó kísérleti vizsgálatokban, melyekből konferenci cikkek is születtek a legrangosabb desztillációs konferenciákon (Distillation&Absorption2006 és 2010)

Tény, hogy az általam javasolt új kolonna-konfigurációk ipari alkalmazása egyelőre nem valósult meg, de egy angliai iparvállalat felkérésére a Nottinghami Egyetemen (UK) már laboratóriumi kísérleteket folytatnak, hogy az iparban is alkalmazhassák az új kolonna-konfigurációkat.

Az értekezésben a modellezésen túl elméleti levezetések és eredmények is találhatók.

Még egyszer szeretném megköszönni a munkáját és hasznos észrevételeit, továbbá, hogy a nyilvános védés kitűzését javasolta.

Tisztelettel kérem a válaszaim elfogadását.



Budapest, 2016. július 20.

Dr. Modla Gábor