

Ph. D. ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Szanyi Ágnes

**Erősen nemideális négykomponensű elegyek elválasztása
extraktív heteroazeotrop desztilláción
alapuló új hibrid eljárásokkal**

Témavezető:
Dr. Mizsey Péter
egyetemi tanár



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Vegyipari Műveletek Tanszék

MTA-BME Műszaki Kémiai Kutatócsoport

Budapest, 2005

Bevezetés

A folyadékelegyek elválasztása a különböző mérnöki tudományok egyik alaposan vizsgált területe. Alapvető műveleti egységként a desztilláció és annak különböző alternatívái ismertek. Az ideális vagy majdnem ideális elegyek desztilláción alapuló elválasztására, illetve elválasztási stratégia kialakítására már számos átfogó tanulmány ill. munka született az elmúlt évtizedekben.

A nemideális elegyek elválasztása a mérnöki tudományok egy újabb területét alkotják. Az irodalomban már megjelent számos tudományos publikáció és könyv ellenére a nemideális elegyek elválasztásának tématerülete még nem teljesen tisztázott, és napról napra újabb elválasztási feladatok, problémák merülnek fel. A fő cél, azeotropokat tartalmazó elegyek elválasztására alkalmas stratégiák kidolgozása. A kutatók számos törekvése irányult már arra, hogy tervezési stratégiát dolgozzanak ki a nemideális, azeotropot tartalmazó elegyek elválasztására. Ez egy meglehetősen összetett és nehéz feladat, mert a nemideális elegyek gőz-folyadék-folyadék egyensúlyi jellemzői bonyolultak, és nehéz az elegyek általános besorolása is.

Ezen problémák miatt a tudományos munkák és könyvek a nemideális elegyek elválasztását, az egyszerűbb feladatoktól az összetettebbek felé haladva, lépésről lépésre vizsgálják. A nemideális, azeotropot tartalmazó elegyek elválasztási stratégiájának kidolgozásakor fontos az elválasztás ábrázolása is. Ezzel magyarázható az a tény, hogy az irodalomban mindeddig főleg biner és terner elegyek elválasztását vizsgálták, amely esetekben az ábrázolás nem okoz nehézségeket. Az egyszerűség kedvéért azon elválasztások vizsgálatát részesítik előnyben, amikor csak homogén azeotropokat tartalmaz az elválasztandó elegy. Az irodalomban fellelhető főbb osztályozások és vizsgálatok is többnyire csak a homogén terner elegyekkel foglalkoznak. Van néhány olyan munka is,

mely négykomponensű nemideális elegyek osztályozásával és elválasztásával foglalkozik, különösen, ha heterogén azeotropokat is tartalmaznak, de egy átfogó osztályozás még nem ismert.

Ezért ebben a munkában a négykomponensű nemideális elegyek gőz-folyadék-folyadék egyensúlyainak vizsgálata, a vizsgálat alapján az elegyek osztályozása és elválasztási stratégiák kidolgozása történt. Olyan négykomponensű elegyek kerültek vizsgálatra, melyek minimális forráspontú homogén és heterogén azeotropokat egyaránt tartalmaznak.

A munka fontosságát szintén indokolja az egyre növekvő ipari igény az oldószer-elegyek hatékony regenerálására. A munkában vizsgált hulladékelegyek nyomda- illetve gyógyszeriparban keletkeznek. Mivel ezek a hulladékelegyek évente több (tíz)ezer tonna mennyiségben keletkeznek, ezért az elválasztás során a folyamatos elválasztási módszerek alkalmazása javasolt.

Jelen munkának további fontos célja, egy hatékony tervezési stratégia kidolgozása a négykomponensű erősen nemideális, minimális forráspontú homogén és heterogén azeotropokat egyaránt tartalmazó elegyek elválasztására

Célkitűzések

A munka fő célja erősen nemideális négykomponensű elegyek gőz-folyadék-folyadék egyensúlyának vizsgálata és azok alapján olyan elválasztási alternatívák kidolgozása. A kiválasztott elegyek különböző ipari folyamatok során hulladék oldószer-elegyként keletkeznek. A vizsgált négykomponensű elegyek négy csoportba oszthatók a gőz-folyadék-folyadék egyensúlyi adatok alapján.

A munka a következő lépésekből áll:

- az erősen nemideális elegyek részletes vizsgálata a gőz-folyadék-folyadék egyensúlyi adatok alapján;

- a vizsgált négykomponensű elegyek lehetséges osztályozása a háromkomponensű elegyekre kidolgozott módszer továbbfejlesztésével, és a négykomponensű elegyekre vonatkozó szabályok kidolgozása;
- a vizsgált elegyek négy csoportba történő besorolása gőz-folyadék-folyadék egyensúlyi adataik és a biner és terner azeotropok száma alapján;
- általános érvényű, folyamatos, hibrid elválasztási eljárások tervezése az egyes csoportok elegyeire, amely eljárások az extraktív heterogén azeotrop desztilláción és annak megfelelő elhelyezésén alapulnak;
- az extraktív heteroazeotrop desztilláció, megvalósíthatósági vizsgálata;
- általános tervezési stratégia kidolgozása az erősen nemideális négykomponensű elegyek elválasztására.

Számítási módszerek

A munka eredményei az ASPEN PLUS és ASPEN SPLIT 12.1 folyamatszimulátorok segítségével készültek. A számolás kiértékelése rigorózus módszerekkel valósult meg. A költségek számítása egy felhasználó által írott eljárást igényelt, amely lehetővé tette a folyamatszimulátor és a költség számító eljárás közötti kommunikációt.

A folyamatszimulátorokkal számított eredmények helyességét laboratóriumi körülmények között megvalósult mérések is igazolják.

Új tudományos eredmények

A munka keretében olyan erősen nemideális négykomponensű elegyek elválasztását vizsgáltam, amelyek ipari hulladék oldószer-elegyekként keletkeznek. Az általam vizsgált elegyek kizárólag minimális forráspontú homogén és heterogén azeotropokat tartalmaztak. Az extraktív heteroazeotrop desztilláción alapuló elválasztási megoldások tervezése előtt szükség volt a gőz-folyadék-folyadék egyensúlyok vizsgálatára. Ezen egyensúlyi adatok ábrázolására egy új módszert dolgoztam ki, ahol az adatokat kétdimenziós, síkbeli, és háromdimenziós, térbeli, tetraéderekben ábrázoltam. A tetraéderekben ábrázolt csomópontok jellegének változására szabályokat állapítottam meg.

1. Tézis

Négykomponensű elegyek újfajta osztályozása

Minimális forráspontú azeotropokat tartalmazó erősen nemideális elegyek osztályozására a következő általános szabályokat állapítottam meg a csomópontok jellegének változása szerint:

1. szabály

Ha a csomópont jellegének változása bekövetkezik a síkbeli és térbeli tetraéder pontjainak esetében, akkor az csak a következő sorrendben történik: stabilis jellegű csomópont nyeregpont, labilis jellegű csomópont nyeregpont lehet. Stabilis csomópontból labilis csomópontba való átmenet nem lehetséges.

2. szabály

Ha a terner alelegyen terner azeotrop van, akkor az labilis csomópont, a biner azeotrop pontok nyeregpontok, a tiszta komponensek pedig stabilis

csomópontok lesznek. Ha a terner alelegyben nincs terner azeotrop, akkor a kisebb forráspontú biner azeotrop pont labilis csomópont lesz. A terner alelegy ezen csomópontja azonban nyeregponttá válik, ha négykomponensű elegyben vizsgáljuk és ott van egy minimális forráspontú terner azeotrop.

3. szabály

A négykomponensű elegyekben jelenlévő biner azeotropok nyeregpontok, még akkor is ha a terner alelegyben labilis csomópont jellegűek. A biner azeotrop pont nem lesz stabilis csomópont.

4. szabály

Ha a négykomponensű elegy egyik komponense nem képez azeotropot a többi komponenssel és ennek a komponensnek a legkisebb a forráspontja, akkor ennek a komponensnek a jelenléte az elegyben a csomópontok jellegét nem változtatja meg.

5. szabály

Ha a négykomponensű elegy egyik komponense nem képez azeotropot a többi komponenssel és ennek a komponensnek a legnagyobb a forráspontja, akkor ennek a komponensnek a jelenléte az elegyben szinte valamennyi csomópont jellegének változását okozza.

6. szabály

Ha az egyik terner alelegyben van egy olyan komponenspár, amely nem alkot egymással biner azeotropot és a többi komponenspár pedig képez, akkor a kisebb forráspontú komponens stabil csomópontból nyeregponttá változik, ha a magasabb forráspontú komponens is jelen van az elegyben.

A szabályokat összefoglalva:

Négykomponensű elegyek esetében, a térbeli ábrázolást tekintve:

- a tiszta komponensek stabilis csomópontok,
- a biner azeotropok nyeregpontok,
- a terner azeotropok labilis csomópontok.

Kivételt képeznek az alábbi esetek:

- ha az elegyben jelen van egy nem azeotropképző komponens, amelynek a legkisebb a forráspontja, akkor ez a komponens lesz a rendszer labilis csomópontja,
- ha az elegyben jelen van egy nem azeotropképző komponens, amelynek a legmagasabb a forráspontja, akkor ez a tiszta komponens lesz a rendszer egyetlen stabilis csomópontja, a többi tiszta komponens jellege nyeregponttá alakul át;
- ha az elegyben van egy olyan komponenspár, amely nem alkot azeotropot, akkor a kisebb forrásponttal rendelkező tiszta komponens is nyeregpont lesz.

Ezek a szabályok megkönnyítik a négykomponensű erősen nemideális minimális forráspontú azeotropokat tartalmazó elegyek elválasztásának tervezését, mert a terner alelegyekből kiindulva a négykomponensű elegy esetére a csomópontok jellegének változására egyértelmű szabályokat ad.

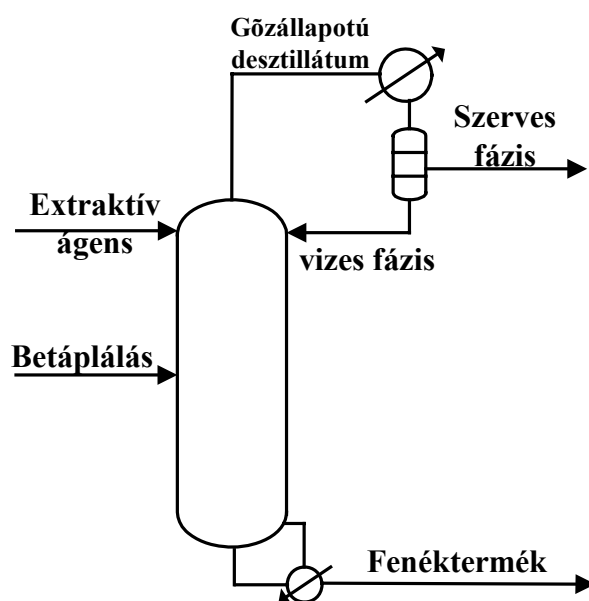
A gőz-folyadék-folyadék egyensúly fent részletezett elvek szerinti új, részletes tanulmányozása után új, hibrid elválasztási eljárásokat terveztem. Az új, hibrid elválasztási eljárások az extraktív heterogén azeotrop desztilláción – alapulnak.

2. tézis

Extraktív heteroazeotrop desztilláció

Az erősen nemideális, minimális forráspontú homogén és heterogén azeotropokat tartalmazó elegyek elválasztására új, hibrid elválasztási struktúrákat terveztem, melyek az extraktív heteroazeotrop desztilláción alapulnak (1. ábra). Az eljárások a négy csoportba sorolt elegyekre egységesen alkalmazhatók. Az eljárásokban fontos az extraktív heteroazeotrop desztilláció megfelelő alkalmazása és az eljárásban történő helyes elhelyezése.

1. Az új desztillációs technika, az extraktív heteroazeotrop desztilláció, olyan erősen nemideális elegyek elválasztására alkalmas, melyek minimális forráspontú homogén és heterogén azeotropokat egyaránt tartalmaznak. Az extraktív heteroazeotrop desztilláció magába foglalja az extraktív desztilláció és a heteroazeotrop desztilláció előnyeit, jellegzetességeit.



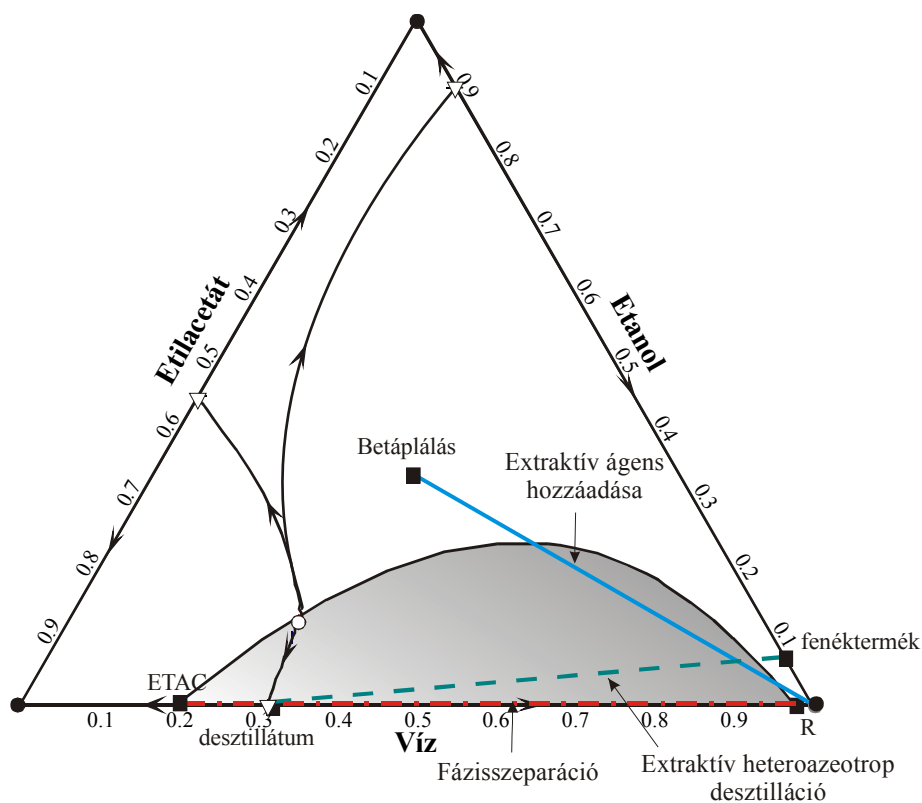
1. ábra, Extraktív heteroazeotrop desztilláció

Az elválasztás jellegzetessége, hogy extraktív ágensként olyan komponenst alkalmaztam, amely már jelen volt az eredeti betáplálásban, tehát új azeotrop összetételű pont nem keletkezett. Az általam vizsgált esetekben extraktív ágensként vizet használtam, melynek extraktív hatása van, és emellett az gőz-folyadék-folyadék egyensúlyokat is befolyásolja. Az extraktív ágens adagolása a legfelső tányérra történik, így jól érvényesülnek a fenn említett hatások. A fejtermékként keletkező gőz állapotú desztillátum, kondenzálás és fázisszeparáció után, két fázisra válik szét, amelynek vizes fázisa az oszlopba refluxként jut vissza. A szerves fázis a fejtermék, az oszlop fenékterméke egyfázisú.

2. Az elválasztás megvalósíthatóságának vizsgálata után megállapítottam:
 - az extraktív ágens beadagolásának optimális helye az oszlop legfelső tányérja;
 - az extraktív ágens mennyisége és az üstfűtés a tányérszámok növelésével csökken, és azonos helyen, tányérszámnál, minimumot mutatnak;
 - a betáplálás az oszlop alsó harmadába történik.

3. Az extraktív heteroazeotrop desztillációval történő elválasztást a víz-etilacetát-etanol terner diagramon (2. ábra) mutatom be. Az extraktív heteroazeotrop desztillációval történő elválasztás egyik célja a nyeregpontú desztillátum elérése. Ez az elválasztási módszer abban az esetben használható, ahol a desztillációs tartomány általában négy stacioner ponttal körülhatárolt, amelyek közül az egyik a tartomány legmagasabb forráspontú tiszta komponense (stabilis csomópont), a második stacioner pont, a legkisebb forráspontú terner azeotrop (labilis csomópont), és két nyeregpontú biner azeotrop pont. Az elválasztás

célja ezen biner azeotrop pontok egyikének (nyeregpont) kinyerése desztillátumként. A nyeregpontú desztillátum elérése érdekében extraktív ágens hozzáadása szükséges, amely az elegy maradékgörbe térképétől függően vagy az egyik vagy a másik biner azeotrop lesz. Az extraktív ágens nem képez újabb azeotropot a komponensekkel mivel az elválasztandó elegyben már eleve benne. Így ez a komponens az elválasztásban egy auto-entréner / extraktív ágens (víz). Az elválasztás jellegzetessége a desztillációs határgörbe átlépése, amely az auto-entréner / extraktív ágens (víz) hozzáadásával érhető el. A víz az elegy legmagasabb forráspontú komponense, mely alkalmassá teszi, hogy extraktív ágens legyen, jóllehet ez a konzervatív elv nem minden esetben érvényesül. Ha a betáplálási áram összetétele egy másik desztillációs tartományban van, a víz hozzáadásával átléphetünk a desztillációs határgörbén.



2. ábra, Víz-etilacetát-etanol terner diagram

4. Négykomponensű elegyek estében a desztillációs határgörbén való átjutás más, mint terner elegyek esetében. Ilyenkor nem mindig nyeregpontú desztillátum keletkezik, mert itt a desztillátum terner elegy is lehet. Ez desztillációs határfelület jelenlétével magyarázható. Az extraktív ágens/entréner hatására az egyik komponens a maradékban jelenik meg az extraktív ágenssel együtt, míg a desztillátumként keletkező terner elegy, pedig az extraktív ágenshez legközelebb fekvő desztillációs határtartományon található.

A négy csoportba sorolt elegyekre megfelelő és a csoport elegyeire egységesen alkalmazható, új hibrid elválasztási eljárásokat dolgoztam ki. Ezek alapján egy tervezési stratégiát állapítottam meg. A stratégia az extraktív heteroazeotrop desztilláció, az egyes elválasztási eljárásokban történő, helyes alkalmazásán alapszik.

3. tézis

Az extraktív heteroazeotrop desztilláción alapuló tervezési stratégia

A négy csoportba sorolt, tíz erősen nemideális elegy elválasztására kidolgozott új, hibrid elválasztási eljárások alapján tervezési stratégiát állapítottam meg négykomponensű, homogén és heterogén azeotropokat egyaránt tartalmazó elegyek elválasztására.

A csoportok elegyeire általánosan alkalmazható elválasztási eljárások az extraktív heteroazeotrop desztilláción alapulnak, amelynek fontos az egyes eljárásban történő elhelyezése (3. ábra). A stratégia ismertetése nem tartalmazza az alkohol-víz elegy elválasztását.

- Az első csoport elegyeinek komponensei három biner és egy terner azeotropot alkotnak. Az általam megállapított elválasztási heurisztika alapján az optimális elválasztási eljárás első lépése azon komponens kinyerése, amely nem alkot azeotropot a többi komponenssel (P1). Második lépés az extraktív heteroazeotrop desztilláció alkalmazása, melynél az extraktív ágens a víz. A fejtermék kétfázisú, melynek a szerves fázisa az egyik tiszta komponens (P2). A fenéktermék az alkohol víz elegy (P3+Víz).
- A második csoport elegyeinek komponensei öt biner és két terner azeotropot alkotnak. Az elválasztás első lépése a négykomponensű elegy elválasztása, melyet extraktív heteroazeotrop desztilláció alkalmazásával oldottam meg. Ennek fenékterméke az alkohol-víz elegy (P1+víz). A fejtermék kétfázisú; vizes fázisa a reflux, szerves fázisát, két egymást követő egyszerű desztillációval lehet szétválasztani (P2 és P3). A második egyszerű desztilláció fejterméke az egyik biner azeotrop, melynek recirkulációja szükséges.
- A harmadik csoport elegyei hat biner és három terner azeotropot tartalmaznak, melyek elválasztását két egymást követő extraktív heteroazeotrop desztilláció és egy heteroazeotrop desztilláció alkalmazásával oldottam meg. Az első extraktív heteroazeotrop desztilláció fenékterméke a víz-alkohol elegy (P1+víz). A második extraktív heteroazeotrop desztilláció esetében a korlátozott elegyedést is kihasználtam a kívánt tisztaságú termék kinyerésére (P2). A maradék heteroazeotrop desztillációval történő elválasztása során nyertem ki a harmadik szerves komponenst (P3). A heteroazeotrop desztilláció fenékterméke a víz.

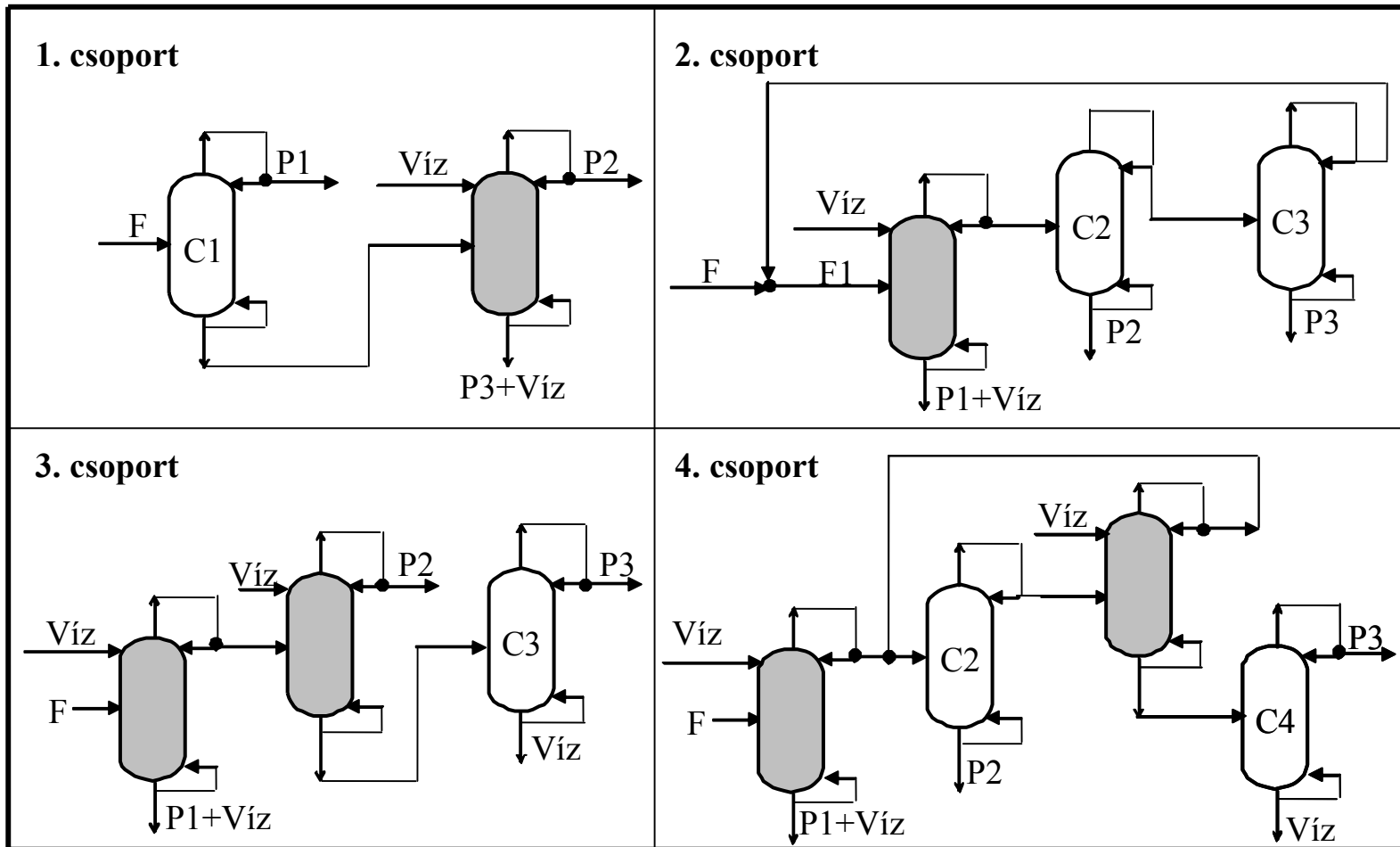
- A negyedik csoport elegyeinek komponensei hat biner és négy terner azeotropot tartalmaznak. Az elválasztási stratégia első lépéseként extraktív heteroazeotrop desztillációt alkalmaztam, ahol a fenéktermék a víz-alkohol elegy (P1+víz). Második lépésként egy egyszerű desztillációt alkalmaztam, melynek során kinyerhető az egyik szerves komponens (P2). A következő lépés az extraktív heteroazeotrop desztilláció, amely fejtermékének szerves fázisát visszavezetem, a fenéktermékként keletkező elegyet pedig egy heteroazeotrop desztillációval választottam szét (P3). A heteroazeotrop desztilláció fenékterméke víz.

Alkalmazások, alkalmazási lehetőségek

Az általam kidolgozott újfajta osztályozás, melyet négykomponensű, erősen nemideális, minimális forráspontú, homogén és heterogén azeotropokat egyaránt tartalmazó elegyekre állapítottam meg, segít megérteni az ilyen elegyek viselkedését, tulajdonságait, és felfedezni a gőzfolyadék egyensúlyokban rejlő mélyebb összefüggéseket.

Az általam kialakított tervezési stratégia, amely az extraktív heteroazeotrop desztilláción megfelelő alkalmazásán alapul, irányelveket ad a tervezőnek a vizsgált kategóriába tartozó négykomponensű elegyek elválasztásához szükséges, megfelelő és gazdaságossági szempontból is előnyös elválasztási eljárás kiválasztásához és annak megtervezéséhez.

Az erősen nemideális négykomponensű elegyek elválasztásához ajánlott tervezési stratégia nagy gyakorlati és ipari jelentőséggel bír, mert alkalmazásával gazdaságos és környezetközpontú elválasztások valósíthatók meg.



3. ábra, Az elválasztások tervezési stratégiája

A témában megjelent közlemények jegyzéke

Nemzetközi folyóiratokban:

1. Szanyi, A., P. Mizsey, Z. Fonyo, Novel Hybrid Separation Processes for Solvent Recovery Based on Positioning the Extractive Heterogeneous-Azeotropic Distillation, *Chem. Eng. Proc.* 43 (2004) 237-338
2. Szanyi, A., P. Mizsey, Z. Fonyo, Optimization of Nonideal Separation Structures Based on Extractive Heterogeneous Azeotropic Distillation, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 43 (2004), 8269-8274
3. Szanyi, A., P. Mizsey, Z. Fonyo: Separation of highly non-ideal mixtures with extractive heterogeneous-azeotropic distillation, *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, accepted for publication, (June, 2005)
4. Benko, T., A. Szanyi, P. Mizsey, Z. Fonyo: Environmental and Economic Comparison of Waste Solvent Treatment Options, *Central European Journal of Chemistry*, elfogadás alatt, (2005)

Konferencia kiadványok:

1. Szanyi, A., T. Benko, P. Mizsey, Z. Fonyo, Optimisation of separation of non-ideal mixtures, *31th International Conference of SSCHE Tatranské Matliare*, Slovakia Po-We-5, 117p. (2004)
2. Benko, T., A. Szanyi, K. Koczka, P. Mizsey, Z. Fonyo, Environmental and Economical Evaluation and Comparison of Non-ideal Waste Solvent Treatment Options, *31th International Conference of SSCHE Tatranské Matliare*, Slovakia Le-We-2, 114p. (2004)

3. Szanyi Á., Benkő T., Koczka K., Mizsey P., Mészáros A., Borus A., Fonyó Z.: Négykomponensű nemideális elegyek elválasztása extraktív heteroazeotróp rektifikálással, *Műszaki Kémiai Napok '04*, 2004. április 20-22, Veszprém, 246-247
4. Horváth M., Mészáros A., Szanyi Á., Mizsey P.: Recirkulációt tartalmazó rendszerek szabályozhatóságának vizsgálata, *Műszaki Kémiai Napok '04*, 2004. április 20-22, Veszprém, 253-257
5. Benkő T., Koczka K., Szanyi Á., Rezessy G., Mizsey P., Fonyó Z.: Nemideális Oldószerelegyek Hulladékkezelési lehetőségeinek környezetvédelmi és gazdaságossági elemzése, *Műszaki Kémiai Napok '04*, 2004. április 20-22, 250-252
6. Szanyi, A., P. Mizsey, Z. Fonyo: Solvent Recovery from Non-Ideal Quaternary Mixtures with Extractive Heterogeneous - Azeotropic Distillation, *4th European Congress of Chemical Engineering, Topics 10, Book 6, Granada, (2003)*
7. Mizsey, P., A. Szanyi, J. Manczinger, Z. Fonyo, Novel hybrid processes for solvent recovery, 4-9, *VDI Distillation & Absorption 2002*, Germany (2002)
8. Mizsey, P., A. Szanyi, A. Raab, J. Manczinger, Z. Fonyó: "Intensification of a Solvent Recovery Technology through the Use of Hybrid Equipment", *Escape-12*, p. 121-126, *Computer-Aided Chemical Engineering, 10*, (eds: Grievink, J.; Schijndel, J. van), *Elsevier*, (2002)
9. Mizsey, P., A. Szanyi, J. Manczinger, Z. Fonyo, Solvent recovery by hybrid separation tools, *1st International Symposium on Tools of Sustainably*, EFCE, WPEP, HCS, AEE, EMS organisation, Budapest, October (2001).

Előadások:

1. Benko, T., A. Szanyi, K. Koczka, P. Mizsey, Z. Fonyo: Environmental and Economical Evaluation and Comparison of Non-ideal Waste Solvent Treatment Options, Full text of the lecture, *31st International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering* (2004)
2. Szanyi Á., Benkő T., Koczka K., Mizsey P., Mészáros A., Borus A., Fonyó Z.: Négykomponensű nemideális elegyek elválasztása extraktív heteroazeotróp rektifikálással, *Műszaki Kémiai Napok '04*, 2004. április 20-22, Veszprém
3. Horváth M., Mészáros A., Szanyi Á., Mizsey P.: Recirkulációt tartalmazó rendszerek szabályozhatóságának vizsgálata, *Műszaki Kémiai Napok '04*, 2004. április 20-22, Veszprém
4. Benkő T., Koczka K., Szanyi Á., Rezessy G., Mizsey P., Fonyó Zs.: Nemideális Oldószerkelegyek Hulladékkezelési lehetőségeinek környezetvédelmi és gazdaságossági elemzése, *Műszaki Kémiai Napok '04*, Veszprém (2004)
5. Szanyi Á.: Solvent Recovery from Non-Ideal Quaternary Mixtures with Extractive Heterogeneous-Azeotropic Distillation, *Richter Gedeon Centenáriumi Alapítvány* ülése, 2004. február 16.
6. Szanyi Á., Mizsey P., Fonyó Zs.: Négykomponensű nemideális elegyek elválasztása extraktív heteroazeotróp rektifikálással, Magyar Tudományos Akadémia, Vegyipari Műveleti Munkabizottság, 2003.11.6

7. Szanyi, A., P. Mizsey, Z. Fonyo, Solvent Recovery from Non-ideal Quaternary Mixtures with Hybrid Processes Based on Extractive Distillation, *ECCE-4*, Granada (2003)
8. Mizsey, P., A. Szanyi, J. Manczinger, Z. Fonyo, Novel hybrid processes for solvent recovery, Oral lecture on *VDI Distillation & Absorption 2002*, Germany (2002)
9. Szanyi, A., P. Mizsey, Z. Fonyo, Design and Development of Solvent Recovery Technologies by Hybrid Separation Tools, Lecture on *Chisa-2002*, Praha (2002)
10. Mizsey, P., A. Szanyi, J. Manczinger, Z. Fonyo, Solvent recovery by hybrid separation tools, *1st International Symposium on Tools of Sustainably*, EFCE, WPEP, HCS, AEE, EMS organisation, Budapest, October (2001).
11. Fonyó Zs., Mizsey P., Rév E., Szitkai Zs., Mansour E., Szanyi Á.: Környezetbarát vegyipari folyamatok tervezése, *Ipari Nyílt Napok a Műegyetemen*, 2001. február

Poszterek:

1. A.Szanyi, P.Mizsey, Zs.Fonyó: Classification and separation of highly non-ideal quaternary mixtures containing minimum boiling azeotropes, CAPE Forum 2005 - ROMANIA, February 25-26, Cluj-Napoca, (2005)
2. T.Benko, A.Szanyi, K.Koczka, P.Mizsey: Comparison of Flue Gas Desulphurization Processes Based on Life Cycle Assessment, CAPE Forum 2005 - ROMANIA, February 25-26, Cluj-Napoca, (2005)

3. Szanyi, A., P. Mizsey, J. Manczinger, A. Borus, Z. Fonyo: Novel hybrid separation processes based on extractive heterogeneous-azeotropic distillation, *CAPE FORUM 2004*, Veszprém, 2004
4. Benko, T., K. Koczka, A. Szanyi, G. Rezessy, P. Mizsey, Zs. Fonyó, Ecological evaluation of comparison of treatment options of non-ideal solvent mixtures, *CAPE Forum 2004*, Veszprém
5. Szanyi, A., P. Mizsey, J. Manzinger, A. Borus, Z. Fonyo: Optimisation of separation of non-ideal mixtures, SSCHI, *31st International Conference of SSCHE*, Slovak Society of Chemical Engineering, Tatranské Matliare, May 24 - 28, 2004
6. Benko, T., A. Szanyi, P. Mizsey, Zs. Fonyó Oldószerkezelési eljárások környezetvédelmi és gazdaságossági elemzése, *BME-Ipari Nyílt Napok 2004*. március
7. Benko, T., K. Koczka, A. Szanyi, G. Rezessy, P. Mizsey, Zs. Fonyó, Ecological evaluation of comparison of treatment options of non-ideal solvent mixtures, *Műegyetemi Napok (2004. február)*
8. Szanyi Á., Benkő T., Koczka K., Mizsey P., Mészáros A., Borus A., Fonyó Z.: Oldószer-regenerálás Extraktív Heterogén –Azeotróp Desztillációval, Szimpózium az agrár- és élelmiszeripari hulladékok csökkentésének lehetőségeiről, *Symposium on Agroo-Food Wastes Reduction*, Budapest, 2003. október 29. (47-50)
9. Koczka K., Deák A., Szanyi Á., Manczinger J., Rezessy G., Mizsey P., Fonyó Z.: Pervaporáció vizsgálata alkohol – víz elegyek elválasztásánál, Szimpózium az agrár- és élelmiszeripari hulladékok csökkentésének lehetőségeiről, *Symposium on Agroo-Food Wastes Reduction*, Budapest, 2003. október 29. (40-43)