

Costo del decantador: (para, $P \geq 7b \text{ arg}$)

$$C_{Dec} = 4629.3 \cdot \left(\frac{4V_{Dec}}{3\pi} \right)^{0.7} \cdot \left[2.86 + 1.694 \cdot 2.25 \cdot (10.01 - 7.408 \ln P + 1.395 (\ln P)^2) \right] \quad (\text{A.12})$$

Área de intercambiador de calor

$$A_{Int} = \frac{Q_{Int}}{U \Delta T_{LM|Int}} \quad (\text{A.13})$$

Costo intercambiador de calor

$$C_{Int} = 450 A_{Int}^{0.7} (1.65 + 1.5 \cdot 2.25) \quad (\text{A.14})$$

Costo bombas de vacío

$$C_{BV} = 9.381 \left(\frac{M \& S}{280} \right) P_{BV} \quad (\text{A.15})$$

Costos de operación

Costo energía eléctrica

$$C_{Ele} = C_{12} E_{Ele} \quad (\text{A.16})$$

Costo de enfriamiento

$$C_{Enf} = C_{11} Q_{Enf}, \quad (\text{Se aplica para el Condensador}) \quad (\text{A.17})$$

Costo de calentamiento

$$C_{Cal} = C_{10} Q_{Cal}, \quad (\text{Se aplica para el Rehervidor}) \quad (\text{A.18})$$

Para concluir este sistema de ecuaciones a continuación se listan las constantes requeridas en las diferentes ecuaciones del sistema planteado, que describen tanto el tamaño como el costo de los equipos y accesorios, al igual que los costos energéticos de cada uno de los diferentes equipos presentes en las diferentes configuraciones de los esquemas de procesamiento.

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 3800.0, & C_2 &= 0.65, & C_3 &= 8200.0, & C_4 &= 0.9, \\
 C_5 &= 1.0, & C_6 &= 3600.0, & C_7 &= 1.5, & C_8 &= 1.0, \\
 C_9 &= 25000.0, & C_{10} &= 250.0, & C_{11} &= 100.0, & C_{12} &= 230, \\
 HEPT &= 0.33m, & H^0 &= 4.0m, & \Delta T_{Reh} &= 350.0K, & \Delta T_{Con} &= 35.0K, \\
 K_w &= 8.314kJ / sm^2 K, & R &= 8.314kJ / kmolK,
 \end{aligned}$$

Nomenclatura del sistema de ecuaciones:

a_i	actividad termodinámica del i -ésimo componente
A_{Con}	área de transferencia de calor del condensador (m^2)
A_{Reh}	área de transferencia de calor del reherbidor (m^2)
C_{1-12}	factores de costos
C_{BV}	costo de bombas de vacío (moneda unitaria US\$)
C_{Cal}	costo de calentamiento (moneda unitaria US\$/kW)
C_{CC}	costo capital de la columna (moneda unitaria US\$)
$C_{CEqu,i}$	costo capital del equipo i -ésimo anualizado (moneda unitaria US\$/año)
$C_{CEné,i}$	costo capital de la energía i -ésima anualizada (moneda unitaria US\$/año)
C_{Cor}	costo de la coraza de la columna (moneda unitaria US\$)
C_{Dec}	costo del decantador (moneda unitaria US\$)
$C_{E R}$	costo de etapas reactivas (moneda unitaria US\$)
$C_{E S}$	costo etapas de separación (no reactivas) (moneda unitaria US\$)
C_{Enf}	costo de enfriamiento (moneda unitaria US\$/kW)
C_{Int}	costo de intercambiador de calor (moneda unitaria US\$)
$C_{on-AcAc0}$	concentración de ácido acético alimentado a la columna ($kmol/m^3$)
$C_{on-BuOH0}$	concentración de n -butanol alimentado a la columna ($kmol/m^3$)
C_{Pi}	costo del producto i -ésimo (moneda unitaria US\$/mol)
C_{Ri}	costo del reactivo i -ésimo (moneda unitaria US\$/mol)
D_{Col}	diámetro de la columna (m)
D_{RL}	diámetro del reactor lateral (m)
E_{Ele}	potencia energía eléctrica de la bomba (kW)
F_{AcAc0}	flujo de ácido acético alimentado en la columna ($kmol/s$)
F_C	factor- F ($Pa^{0.5}$), para un espacio entre platos de 12 in es 1.5 ($Pa^{0.5}$)
F_{Des}	flujo de destilado ($kmol/s$)
F_{Pi}	flujo del producto i -ésimo anualizado ($kmol/año$)

F_{Pi}	flujo del reactivo <i>i</i> -ésimo anualizado (kmol/año)
H^0	altura considerada para el rehervidor y el condensador (m)
H_{Col}	altura de la columna (m)
$HETP$	altura de una etapa en la columna (m)
H_{RL}	altura del reactor lateral (m)
Ke	constante de equilibrio de la reacción de esterificación
K_W	coeficiente de transferencia de calor ($\text{kJ/s m}^2 \text{ K}$)
M_{Cat}	carga total de catalizador (Amberlyst 15) en la columna (kg cat)
$M_{Cat Et}$	carga máxima de catalizador (Amberlyst 15) por etapa (kg cat)
$M_{Cat RL}$	masa de catalizador del reactor lateral (kg cat)
MW_i	masa molecular del componente <i>i</i> -ésimo (kg/kmol)
MW_{MDec}	masa molecular de la mezcla del decantador (kg/kmol)
$M\&S$	índice de Marshall y Swift
nc	número de componentes
np	número de productos
nr	número de reactivos
N	número total de etapas
N_R	número de etapas reactivas
P	presión de operación (bar)
P_{BV}	potencia de bomba de vacío (kW)
PE	potencial económico (moneda unitaria US\$/año)
Q_{Con}	utilidad calórica del condensador (kJ/s)
Q_{Int}	utilidad calórica del intercambiador de calor (kJ/s)
Q_{Reh}	utilidad calórica del rehervidor (kJ/s)
R	constante universal de los gases (kJ/kmol K)
T	temperatura (K)
T_{Reh}	temperatura en el rehervidor (K)
ΔT_{Con}	gradiente de temperatura en transferencia de calor, condensador (K)
$\Delta T_{LM Int}$	gradiente de temperatura en transferencia de calor, intercambiador (K)
ΔT_{Reh}	gradiente de temperatura para transferencia de calor en rehervidor (K)
V_{Dec}	volumen del decantador (m^3)
V_{Reh}	velocidad de flujo de vapor en el rehervidor (kmol/h)
V_{RL}	volumen del reactor lateral (m^3)
x_i	fracción molar del <i>i</i> -ésimo componente en la fase líquida
X	conversión de reactivo límite alcanzada en el reactor lateral
y_i	fracción molar del <i>i</i> -ésimo componente en la fase vapor

Letras griegas:

γ_i	coeficiente de actividad del <i>i</i> -ésimo componente
v_i	coeficiente estequiométrico del <i>i</i> -ésimo componente en la esterificación
ρ_{Cat}	densidad del catalizador (kg/m^3)
τ	tiempo de residencia en el decantador (h)



REFERENCIAS

1. Initiative, N.N. (2008). <http://www.nano.gov/html/facts/whatIsNano.html>.
2. Cao, G. (2004). *Nanostructures & Nanomaterials: Synthesis, Properties & Applications*. Imperial College Press.
3. Sing, K.S.W., Everett, D.H., Haul, R.A.W., Moscou, L., Pietotti, R.A., Rouquerol, J., and Siemienieska, T. (1985). *Pure and Applied Chemistry*, 57: p. 603-19.
4. Lu, G.Q. and Zhao, X.S. (2004). *Series on Chemical Engineering*, 4: p. 1-13.
5. Yanagisawa, T., Shimizu, T., Kuroda, K., and Kato, C. (1990). *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 63: p. 988.
6. Kresge, C.T., Leonowicz, M.E., Roth, W.J., Vartuli, J.C., and Beck, J.S. (1992). *Nature*, 359: p. 710.
7. Beck, J.S., Vartuli, J.C., Roth, W.J., Leonowicz, M.E., Kresge, C.T., Schmitt, K.D., Chu, C.T.-W., Olson, D.H., Sheppard, E.W., McCullen, S.B., Higgins, J.B., and Schlenkert, J.L. (1992). *J. Am. Chem. Soc.*, 114: p. 10834-10843.
8. Hench, L.L. and West, J.K. (1990). *Chemical Reviews*, 90: p. 33-72.
9. Melero, J.A., Grieken, R.v., and Morales, G. (2006). *Chemical Review*, 106: p. 3790-3812.
10. Chemat Technology, I. (2008). www.chemat.com/.
11. Brinker, C.J. and Scherer, G.W. (1990). *Sol-gel science: The physics and chemistry of sol-gel processing*. Academic Press: San Diego.
12. Iler, R.K. (1979). *The Chemistry of Silica: Solubility, Polymerization, Colloid and Surface Properties and Biochemistry*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
13. Kim, K., Jang, K.Y., and Upadhye, R.S. (1991). *Journal of American Ceramics Society*, 74: p. 1987.
14. Vallet-Regi, M., Rámila, A., Real, R.P.D., and Pérez-Pariente, J. (2001). *Journal Chemical Material*, 13: p. 308.
15. Selvaraj, U., Rao, A.V.P., Komatneni, S., Brooks, S., and Kurtz, S. (1992). *Journal Material Research*, 7: p. 992.
16. Yamane, M., Shibata, S., Yasumori, A., Yano, T., and Uchihiro, S. (1994). *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 2: p. 247.
17. Rao, G.V.R. and López, G.P. (2000) *Advanced Materials*, 12: p. 1693.
18. Hiemenz, P.C. and Rajagopalan, R. (1997). *Principles of Colloid and Surface Chemistry*. Marcel Dekker, Inc.
19. Raman, N.K., Anderson, M.T., and Brinker, C.J. (1996). *Chemistry of Materials*, 8: p. 1682-1701.
20. Brinker, J., Lu, Y., Sellinger, A., and Fan, H. (1999). *Advanced Materials*, 11(7): p. 579.
21. Karra, V.R., Moudrakovski, I.K., and Sayari, A. (1996). *Journal of Porous Materials*, 3: p. 77.

22. Huo, Q., Margolese, D.I., Ciesla, U., Demuth, D.G., Feng, P., Gier, T.E., Sieger, P., Firouzi, A., and Chmelka, B.F. (1994). *Chemistry of Materials*, 6: p. 1176-1191
23. Tanev, P.T. and Pinnavaia, T.J. (1995). *Science*, 267: p. 865-867.
24. Bagshaw, S.A., Prouzet, E., and Pinnavaia, T.J. (1995). *Science*, 269: p. 1242-1244.
25. Rosen, M.J. (1989). *Surfactants and Interfacial Phenomena*. Wiley: New York 2nd ed.
26. Zhao, D., Huo, Q., Feng, J., Chmelka, B.F., and Stucky, G.D. (1998). *J. Am. Chem. Soc.*, 120: p. 6024.
27. Bagshaw, S.A. and Pinnavaia, T.J. (1996). *Angewandte Chemie, International Edition in English*, 35(10): p. 1102-1105.
28. Zhao, D., Feng, J., Huo, Q., Melosh, W., Fredrickson, G.H., Chmelka, B.F., and Stucky, G.D. (1998). *Science*, 279: p. 548.
29. Wei, Y., Jin, D., Ding, T., Shih, W.H., Liu, X., Cheng, S.Z.D., and Fu, Q. (1998). *Adv. Mater.*, 3: p. 313.
30. Pang, J.B., Qiu, K.Y., Wei, Y., Lei, X.J., and Liu, Z.F. (2000) *Chem. Commun*, p. 477.
31. Wei, Y., Xu, J., Dong, H., Dong, J., Qiu, K., and Jansen-Varnum, S.A. (1999). *Chem. Mater.*, 11: p. 2023.
32. Huo, Q., Leon, R., Petroff, P.M., and Stucky, G.D. (1995). *Science*, 268: p. 1324.
33. Sakamoto, Y., Kaneda, M., Terasaki, O., Zhao, D.Y., Kim, J.M., Stucky, G., Shin, H.J., and Ryoo, R. (2000). *Nature*, 408: p. 449.
34. Zhao, D., Huo, Q., Feng, J., Kim, J., Han, Y., and Stucky, G.D. (1999). *Chem. Mater.*, 11: p. 2668.
35. Kim, S.S., Zheng, W., and Pinnavaia, T.J. (1998). *Science*, 282: p. 1302.
36. Ryoo, R., Kim, J.M., Shin, C.H., and Lee, J.Y. (1996). *Stud. Surf. Sci. Catal.*, 105A: p. 45.
37. Chujo, Y. and Saegusa, T. (1992). *Advances in Polymer Science*, 100: p. 11-29.
38. Schubert, U., Huesing, N., and Lorenz, A. (1995). *Chemistry of Materials*, 7: p. 2010-2027
39. Wen, J. and Wilkes, G.L. (1996). *Chemistry of Materials*, 8: p. 1667-1681.
40. Schottner, G. (2001). *Chemistry of Materials*, 13: p. 3422-3435.
41. Mercier, L. and Pinnavaia, T.J. (1997). *Adv. Mater.*, 9: p. 500.
42. Brown, J., Mercier, L., and Pinnavaia, T.J. (1999). *Chem. Commun*, p. 69.
43. Feng, X., Fryxell, G.E., Wang, L., Y A Kim, Liu, J., and Kemner, K.M. (1997) *Science*, 276: p. 923.
44. Novak, B.M. (1993). *Adv. Mater.*, 5: p. 422.
45. Wen, J. and Wilkes, G.L.J. (1995). *Inorg. Organomet. Polym.*, 5: p. 343.
46. Rhiel, D., Chaput, F., Levy, Y., Boilot, J.P., Kajzar, F., and Chollet, P.A. (1995) *Chem. Phys. Lett.*, 245: p. 36.
47. Shao, P.L., Mauritz, K.A., and Moore, R.B. (1995). *Chem. Mater.*, 7: p. 192.
48. Saegusa, T. (1991) *J. Macromol. Sci. Chem.*, A28: p. 817.
49. Avnir, D. (1995). *Accounts Chem. Res.*, 28: p. 328.
50. Sayari, A. (1996). *Chem. Mater.*, 8: p. 1840.
51. Sayari, A. and Liu, P. (1997). *Microporous Mater.*, 12: p. 149.

52. Corma, A. (1997). *Chem. Rev.*, 97: p. 2373–2419.
53. Moller, K. and Bein, T. (1998). *Chem. Mater.*, 10: p. 2950.
54. Brunel, D. (1999). *Microporous Mesoporous Mater.*, 27: p. 329.
55. Stein, A., Melde, B.J., and Schroden, R.C. (2000). *Adv. Mater.*, 12: p. 1403.
56. Sayari, A. and Hamoudi, S. (2001). *Chem. Mater.*, 13: p. 3151-3168.
57. Wight, A.P. and Davis, M.E. (2002). *Chem. Rev.*, 102: p. 3589–3614.
58. Vinu, A., Hossain, K.Z., and Ariga, K. (2005). *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 5(3): p. 347-371.
59. Innocenzi, P., Brunstein, G., Guglielmi, M., and Bertani, R. (1999). *Chem. Mater.*, 11: p. 1672.
60. Smaïhi, M., Jermoumi, T., Marignan, J., and Nobel, R.D. (1996). *J. Membrane Sci.*, 116: p. 211.
61. Rao, A.V. and Haranath, D. (1999). *Micro. Meso. Mater.*, 30: p. 267.
62. Shimojima, A., Sugahara, Y., and Kuroda, K. (1998). *J. Am. Chem. Soc.*, 120: p. 4528.
63. Husing, N. and Schubert, U. (1998). *Chem. Mater.*, 10: p. 3024.
64. Cappozzi, C.A., Pye, L.D., and Sr, R.A.C., *Mater. Lett.*, 1992. 15: p. 130.
65. Cappozzi, C.A., Sr, R.A.C., Pye, L.D., and Hapanowicz, R.P. (1992). *Mater. Lett.*, 15: p. 233.
66. Alam, T.M., Assink, R.A., and Loy, D.A. (1996). *Chem. Mater.*, 8: p. 2366.
67. Burkett, S.L., Sims, S.D., and Mann, S. (1996). *Chem. Commun.*, 11: p. 1367.
68. Fowler, C.E., Burkett, S.L., and Mann, S. (1997). *Chem. Commun.*, p. 1769.
69. Wei, Y., Feng, Q., Xu, J., Dong, H., Qiu, K., Jansen, S., Yin, R., and Ong, K. (2000) *Advanced Materials*, 12: p. 1448.
70. Feng, Q., Xu, J., Dong, H., Li, S., and Wei, Y. (2000). *J. Mater. Chem.*, 10: p. 2490.
71. Moller, K., Bein, T., and Fischer, R.X. (1999). *Chem. Mater.*, 11: p. 665.
72. Hou, Z., Liu, L., Xu, L., Xu, Z., Wang, W., Li, F., and Ye, M. (1999). *Chem. Mater.*, 11: p. 3177.
73. Schwertfeger, F., Husing, N., and Schubert, U. (1994). *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, 2: p. 103.
74. Lim, M.H., Branford, C.F., and Stein, A. (1997). *J. Am. Chem. Soc.*, 119: p. 4090.
75. Lim, M.H., Branford, C.F., and Stein, A. (1998) *Chem. Mater.*, 10: p. 467-470.
76. Macquarrie, D., (1996). *J. Chem. Commun.*, p. 1961.
77. Zhao, X.S. and Lu, G.Q. (1998). *J. Phys. Chem. B*, 102: p. 1556.
78. Lin, H.P., Yang, L.Y., Mou, C.Y., Liu, S.B., and Lee, H.K. (2000). *New J. Chem.*, 24: p. 253.
79. Antochshuk, V. and Jaroniec, M. (1999). *Chem. Commun.*, p. 2373.
80. Antochshuk, V. and Jaroniec, M. (2000). *Chem. Mater.*, 12: p. 2496.
81. Macquarrie, D.J., Jackson, D.B., Mdoe, J.E.G., and Clark, J.H. (1999) *New J. Chem.*, 23: p. 539.
82. Bhaumik, A. and Tatsumi, J. (2000). *J. Catal.*, 189: p. 31.
83. Fowler, C.E., Lebeau, B., and Mann, S. (1998). *Chem. Commun.*, p. 1825.
84. Lim, M.H. and Stein, A. (1999). *Chem. Mater.*, 11: p. 3285.

85. Lebeau, B., Fowler, C.E., Hall, S.R., and Mann, S. (1999). *J. Mater. Chem.*, 9: p. 2279.
86. Koyano, K.A., Tatsumi, T., Tanaka, Y., and Nakata, S. (1997) *J. Phys. Chem. B*, 101: p. 9436.
87. Jaroniec, C.P., Kruk, M., Jaroniec, M., and Sayari, A. (1998) *J. Phys. Chem. B*, 102: p. 5503.
88. Van-Rhijn, W.M., Vos, D.E.D., Sels, B.F., Bossaert, W.D., and Jacobs, P.A. (1998) *Chem. Commun.*, p. 317.
89. Kimura, T., Saeki, S., Sugahara, Y., and Kuroda, K. (1999). *Langmuir*, 15: p. 2794.
90. Richer, R. and Mercier, L. (1998). *Chem. Commun.*, p. 1775.
91. Ryoo, R., Ko, C.H., Kruk, M., Antochshuk, V., and Jaroniec, M. (2000). *J. Phys. Chem. B*, 104: p. 11465.
92. Babonneau, F., Leite, L., and Fontlupt, S. (1999). *J. Mater. Chem.*, 9: p. 175.
93. Tatsumi, T., Koyano, K.A., and Igarashi, N. (1998). *Chem. Commun.*, p. 325.
94. Corma, A., Domine, M., Gaona, J.A., Jorda, J.L., Navarro, M.T., Rey, F., Perez-Pariente, J., Tsuji, J., McCulloch, B., and Nemeth, L.T. (1998). *Chem. Commun.*, p. 2211.
95. Corma, A., Garcia, H., Navarro, M.T., Palomares, E.J., and Rey, F. (2000). *Chem. Mater.*, 12: p. 3068.
96. Mann, S., Burkett, S.L., Davis, S.A., Fowler, C.E., Menselson, N.H., Sims, S.D., Walsh, D., and Whilton, N.T. (1997). *Chem. Mater.*, 9: p. 2300.
97. Bambrough, C.M., Slade, R.C.T., and Williams, R.T. (1998). *J. Mater. Chem.*, 8: p. 569.
98. Evans, J., Zaki, A.B., El-Sheikh, M.Y., and El-Safty, S.A. (2000). *J. Phys. Chem. B*, 104: p. 10271.
99. Hall, S.R., Fowler, C.E., Lebeau, B., and Mann, S. (1999). *Chem. Commun.*, p. 201.
100. D'Amore, M.B. and Schwarz, S. (1999). *Chem. Commun.*, p. 121.
101. Mercier, L. and Pinnavaia, T.J. (2000). *Chem. Mater.*, 12: p. 188.
102. Bu, J. and Rhee, H.K. (2000). *Catal. Lett.*, 66: p. 245.
103. Sorokin, A.B. and Tuel, A. (2000). *Catal. Today*, 57: p. 45.
104. Cauvel, A., Renard, G., and Brunel, D. (1997). *J. Org. Chem.*, 62: p. 749.
105. Choudary, B.M., Lakshmi, K.M., Sreekanth, P., Bandopadhyay, T., Figueras, F., and Tuel, A. (1999). *J. Mol. Catal. A-Chem.*, 142: p. 361.
106. Jaenicke, S., Chuah, G.K., Lin, X.H., and Hu, X.C. (2000). *Microporous Mesoporous Mater.*, 35-36: p. 143.
107. Lin, X.H., Chuah, G.K., and Jaenicke, S. (1999). *J. Mol. Catal. A-Chem.*, 150: p. 287.
108. Bossaert, W.D., Vos, D.E.D., Rhijn, W.M.V., Bullen, J., Grobet, P.J., and Jacobs, P.A. (1999). *J. Catal.*, 182: p. 156.
109. Joo, J., Hyeon, T., and Lee, H. (2000). *J. Chem. Commun.*, p. 1487.
110. Kantam, M.L. and Sreekanth, P. (1999). *Catal. Lett.*, 57: p. 227.
111. Margolese, D., Melero, J.A., Christiansen, S.C., Chmelka, B.F., and Stucky, G.D. (2000) *Chem. Mater.*, 12: p. 2448.

112. Markowitz, M.A., Klaehn, J., Hendel, R.A., Qadriq, S.B., Golledge, S.L., Castner, D.G., and Gaber, B.P. (2000). *J. Phys. Chem. B*, 104: p. 10820.
113. Sutra, P. and Brunel, D. (1996). *Chem. Commun.*, p. 2485.
114. Huo, Q., Margolese, D.I., and Stucky, G.D. (1996). *Chem. Mater.*, 8: p. 1147.
115. Shimojima, A. and Kuroda, K. (2000). *Chem. Lett.*, 11: p. 1310.
116. Jones, C.W., Tsuji, K., and Davis, M.E. (1998). *Nature*, 39: p. 52.
117. Bossaert, W.D.D.V., D. E.; Van Rhijn, W. M.; Bullen, J.; Grobet, P. J.; Jacobs, P. A. (1999). *J. Catal.*, 182: p. 156.
118. Mbaraka, I.K., Radu, D.R., Lin, V.S.Y., and Shanks, B.H. (2003) *J. Catal.*, 219: p. 329.
119. Diaz, I., Mohino, F., Perez-Pariente, J., Satre, E., Wright, P.A., and Zhou, W. (2001). *Stud. Surf. Sci. Catal.*, 135: p. 1248.
120. Diaz, I., Mohino, F., Pérez-Pariente, J., and Sastre, E. (2001). *Applied Catalysis A: General*, 205(19–30).
121. Diaz, I., Márquez-Alvarez, C., Mohino, F., Pérez-Pariente, J., and Satre, E. (2001). *Microporous Mesoporous Mater.*, 44-45: p. 295-302.
122. Díaz, I., Mohino, F., Satre, E., and Pérez-Pariente, J. (2001) *Stud. Surf. Sci. Catal.*, 135: p. 1383.
123. Pérez-Pariente, J., Díaz, I., Mohino, F., and Sastre, E. (2003). *Applied Catalysis A: General*, 254 p. 173-188.
124. Díaz, I., Marquez-Alvarez, C., Mohino, F., Pérez-Pariente, J., and Sastre, E. (2000). *Journal of Catalysis*, 193: p. 295-302.
125. Díaz, I., Mohino, F., Pérez-Pariente, J., and Sastre, E. (2003). *Applied Catalysis A: General*, 242: p. 161-169.
126. Díaz, I., Mohino, F., Blasco, T., Sastre, E., and Pérez-Pariente, J.n. (2005). *Microporous and Mesoporous Materials*, 80 p. 33–42.
127. Wim D. Bossaert, Dirk E. De Vos, Wim M. Van Rhijn, Joren Bullen, Piet J. Grobet, and Jacobs, P.A. (1999). *Journal of Catalysis*, 182: p. 156-164
128. Rhijn, W.M.V., Vos, D.E.D., Sels, B.F., Bossaert, W.D., and Jacobs, P.A. (1998). *Chem. Commun.*, p. 317.
129. Mbaraka, I.K., McGuire, K.J., and Shanks, B.H. (2006). *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45: p. 3022-3028.
130. Mbaraka, I.K. and Shanks, B.H. (2006). *Journal of Catalysis*, 244 p. 78–85.
131. Das, D., Lee, J.F., and Cheng, S. (2001). *Chem. Commun.*, p. 2178.
132. Das, D., Lee, J.F., and Cheng, S. (2004). *J. Catal.*, 223: p. 152.
133. Huang, J., Tian, G., Wang, H., Xu, L., and Kan, Q. (2007). *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 271 p. 200–208.
134. Dufaud, V. and Davis, M.E. (2003). *J. Am. Chem. Soc.*, 125: p. 9403-9413.
135. Chen, C.-C., Cheng, S., and Jang, L.-Y. (2008). *Microporous and Mesoporous Materials*, 109: p. 258–270.
136. Wilson, K., Fee, A.F., Macquarrie, D.J., and Clark, J.H. (2002). *Appl. Catal., A: Gen.*, 228: p. 127.
137. Wilson, K., Lee, A.F., Macquarrie, D.J., and Clark, J.H. (2002). *Applied Catalysis A: General*, 228: p. 127–133.

138. Shylesh, S., Samuel, P.P., Srilakshmi, C., Parischa, R., and Singh, A.P., (2007). *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 274 p. 153–158.
139. Yang, J., Yang, Q., Wang, G., Feng, Z., and Liu, J. (2006). *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 256: p. 122–129.
140. Rac, B., Molnar, A., Forgo, P., Mohai, M., and Bertoti, I. (2006). *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 244 p. 46–57.
141. Saravanamurugan, S., Sujandi, Prasetyanto, E.A., and Park, S.-E. (2008). *Microporous and Mesoporous Materials*, 112 p. 97-107.
142. Reddy, S.S., Raju, B.D., Kumar, V.S., A.H. Padmasri, Narayanan, S., and Rao, K.S.R. (2007). *Catalysis Communications*, 8 p. 261–266.
143. Rat, M., Zahedi-Niaki, M.H., Kaliaguine, S., and Do, T.O. (2008). *Microporous and Mesoporous Materials*, 112 p. 26–31.
144. Rac, B., Hegyes, P., Forgo, P., and Molnar, A. (2006). *Applied Catalysis A: General*, 299 p. 193–201.
145. Suzuki, T.M., Nakamura, T., Sudo, E., Akimoto, Y., and Yano, K. (2008). *Microporous and Mesoporous Materials*, 111: p. 350–358.
146. Herman, R.G., Khouri, F.H., Klier, K., Higgins, J.B., Galler, M.R., and Terenna, C.R. (2004). *J. Catal.*, 228: p. 347.
147. Melero, J.A., Vicente, G., Morales, G., Paniagua, M., Moreno, J.M., Roldan, R., Ezquerro, A., and Perez, C. (2008). *Appl Catal A: Gen*, doi:10.1016/j.apcata.2008.04.041.
148. Rac, B., Nagy, M., Palinko, I., and Molnar, A. (2007). *Applied Catalysis A: General*, 316 p. 152–159.
149. Morales, G., Athens, G., Chmelka, B.F., Grieken, R.v., and Melero, J.A. (2008). *Journal of Catalysis*, 254: p. 205–217.
150. Wang, X., Cheng, S., Chan, J.C.C., and Chao, J.C.H. (2006). *Microporous and Mesoporous Materials*, 96 p. 321–330.
151. Liu, J., Yang, Q., Kapoor, M.P., Setoyama, N., Inagaki, S., Yang, J., and Zhang, L. (2005). *J. Phys. Chem. B*, 109: p. 12250-12256.
152. Nakajima, K., Tomita, I., Hara, M., Hayashi, S., Domen, K., and Kondo, J.N. (2006). *Catalysis Today*, 116 p. 151–156.
153. Li, C., Liu, J., Zhang, L., Yang, J., and Yang, Q. (2008). *Microporous and Mesoporous Materials*, 113 p. 333–342.
154. Shen, J.G.C., Herman, R.G., and Klier, K. (2002). *J. Phys. Chem. B*, 106: p. 9975.
155. Elangovan, S.P., Inoue, K., Yokoi, T., Okubo, T., Kojima, A., and Ogura, M. (2008). *Catalysis Today*, 131 p. 367–371.
156. Bootsma, J.A. and Shanks, B.H. (2007). *Applied Catalysis A: General*, 327 p. 44–51.
157. Kwon, Z., Park, J.W., Seo, G., Kang, S., and Lee, J.Y. (2008). *Catal. Commun.*, doi:10.1016/j.catcom.2008.05.031.
158. Wilhelm, M., Jeske, M., Marschall, R., Leite, W., Tolle, C.P., Kohler, C., Koch, D., Frauenheim, T., Grathwohl, G., Caro, J., and Wark, M.(2008). *Journal of Membrane Science*, 316: p. 164–175.

159. Yu-Feng Lin, C.-Y.Y., Chen-Chi M. Ma, Shu-Hang Liao, Chia-Hsun Lee, Yi-Hsiu Hsiao, Hong-Ping Lin. (2007). *Journal of Power Sources*, 171: p. 388–395.
160. Yu-Feng Lin, C.-Y.Y., Chen-Chi M. Ma, Shu-Hang Liao, Chia-Hsun Lee, Yi-Hsiu Hsiao, Hong-Ping Lin. (2007). *Journal of Power Sources*, 171: p. 388–395.
161. Saikia, L., Srinivas, D., and Ratnasamy, P. (2006). *Applied Catalysis A: General*, 309 p. 144–154
162. Saikia, L., Srinivas, D., and Ratnasamy, P. (2007). *Microporous and Mesoporous Materials*, 104: p. 225–235.
163. Kruck, M., Jaroniec, M., Kim, J.M., and Ryoo, R. (1999). *Langmuir*, 15: p. 5279-5284.
164. Boveri, M., Aguilar-Pliego, J., Perez-Pariente, J., and Sastre, E. (2005). *Catalysis Today*, 107–108 p. 868–873.
165. Diaz, I., Marquez-Alvarez, C., Mohino, F., Perez-Pariente, J., and Sastre, E. (2000). *Journal of Catalysis*, 193: p. 283–294.
166. Busca, G. (1996). *Catalysis Today*, 27 p. 323-352.
167. Dung, H., (2002). Organic-Inorganic hybrid mesoporous silica, materials and their application as a host matrix for protein molecules.
168. Impes, N.R.E.N. and Vansant, E.F. (1999). Síntesis of polysilazane coating silica gel via chemical surface coating comparing liquid and gas phase chlorosilylations. *Surface of nanoparticles and porous materials*, edited by James A. Schwarz, Cristin I. Contescu. Ed. Marcel Dekker. New York.
169. Wang, X., Cheng, S., and Chan, J.C.C. (2007). *J. Phys. Chem. C*, 111: p. 2156-2164
170. Bergna, H.o.E. and Roberts, W.O. (2006). *Colloidal Silica: Fundamentals and Applications*. Edited by Taylor and Francis Group.
171. Hamoudi, S., Royer, S., and Kaliaguine, S. (2004). *Microporous and Mesoporous Materials*, 71 p. 17–25.
172. Shylesh, S.S., Mirajkar, S.P., and Singh, A.P. (2004). *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 212 p. 219–228.
173. Diaz, I., Mohino, F., Pérez-Pariente, J., and Sastre, E. (2004). *Thermochimica Acta*, 413: p. 201-207.
174. Froba, M., Kohn, R., and Bouffaud, G. (1999). *Chem. Mater.*, 11: p. 2858-2865.
175. Shao, Y., Wang, L., Zhang, J., and Anpo, M. (2008). *Microporous and Mesoporous Materials*, 109 p. 271–277.
176. Ji, H., Fan, Y., Jin, W., Chen, C., and Xu, N., et al. (2008) *J. Non-Cryst. Solids*, doi:10.1016/j.jnoncrysol.2007.11.011 (Article in Press).
177. Selvam, P., Bhatia, S.K., and Sonwane, C.G. (2001). *Ind. Eng. Chem. Res.*, 40: p. 3237-3261.
178. Sakamoto, et-al. (2002). *J. Phys. Chem. B*, 106: p. 3118-3123.
179. Koujout, (2004). *Catalysis Letters*, 98: p. 195-202.
180. Shah, P. and Ramaswam, V. (2008). *Microporous and Mesoporous Materials*, 114 p. 270–280.
181. Tsei, J.C., Kuo, J.-F., and Chen, C.-Y. (2007). *Journal of Power Sources*, 174: p. 103-113.

182. Pisarenko, Y.A., Serafimov, L.A., Cardona, C.A., Efremov, D.L., and Shuwalov, A.S. (2001). *Review in Chemical Engineering*, 17(4): p. 253-327.
183. Serafimov, L.A., Zharov, V.T., and Timofeyev, V.S. (1971). *Acta Chim. Acad. Sci. Hung.* 69(4): p. 383.
184. Bessling, B., Löning, J.M., Ohligschläger, A., Schembecker, G., and Sundmacher, K. (1998). *Chem. Eng. Technol.*, 21: p. 393-400.
185. Hoffmann, A., C, C.N., and A, A.G. (2004). *Chemical Engineering and Processing*, 43: p. 383-395.
186. Giessler, S., Danilov, R.Y., Pisarenko, R.Y., Serafimov, L.A., Hasebe, S., and Hashimoto, I. (2001). *Computers and Chemical Engineering*, 25 p. 49–60.
187. Cardona, C.A., Marulanda, V.F., and Young, D. (2004). *Chemical Engineering Science*, 59 p. 5839 – 5845.
188. Harmer, M.A. and Sun, Q. (2001). *Applied Catalysis A. General*, 221: p. 45-62.
189. Gelbard, G. (2005). *Ind. Eng. Chem. Res.*, 44: p. 8468-8498.
190. Sharma, M.M. (1985). *Journal of Separation Process Technology*, 6: p. 9-16.
191. Loning, S., Horst, C., and Hoffmann, U. (2000). *Chemical Engineering Technology*, 23 (9): p. 789-794.
192. Taylor, R. and Krishna, R. (2000). *Chemical Engineering Science*, 55: p. 5183-5229.
193. Almeida-Rivera, C.P., Swinkels, P.L.J., and Grievink, J. (2004). *Computers and Chemical Engineering*, 28: p. 1997–2020.
194. Gangadwala, J., Kienle, A., Stein, E., and Mahajani, S. (2004). *Ind. Eng. Chem. Res.*, 43: p. 136-143.
195. Lilja, J., Murzin, D.Y., Salmi, T., Aumo, J., Mäki-Arvela, P., and Sundell, M. (2002). *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 182-183: p. 555-563.
196. Chu, W., Hu, J., Xie, Z., and Chen, Q. (2004). *Catalysis Today*, 90 p. 349–353.
197. Sui, Y., Fub, X., Zeng, R., and Ma, X. (2004). *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 217: p. 133-138.
198. Sepúlveda, J.H., Yori, J.C., and Vera, C.R. (2005). *Applied Catalysis A: General*, 288 p. 18–24.
199. Blagov, S., Parada, S., Bailer, O., Moritz, P., Lam, D., Weinand, R., and Hassea, H. (2006). *Chemical Engineering Science*, 61: p. 753-765.
200. Peters, T.A., Benes, N.E., Holmen, A., and Keurentjes, J.T.F. (2006). *Applied Catalysis A: General*, 297 p. 182–188.
201. Posada, J.A., Cardona, C.A., and Giraldo, O.H., (2007). *Efectos económicos del aumento de la resistencia térmica de catalizadores para destilación reactiva caso de estudio n-butylacetato. 2007.*
202. Hanika, J., Kolena, J., and Smejkal, Q. (1999). *Chemical Engineering Science*, 54: p. 5205–5209.
203. Rabindran, J.B. and Pandurangan, A. (2005). *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 2005. 237 p. 146-154.
204. Smejkal, Q. and Soos, M. (2002). *Chemical Engineering and Processing*, 41: p. 413–418.

205. Serafimov, L.A., Pisarenko, Y.A., and Kulov, N.N. (1999). *Chemical Engineering Science*, 54 p. 1383-1388.
206. Giessler, S., Danilov, R.Y., Pisarenko, R.Y., Serafimov, L.A., Hasebe, S., and Hashimoto, I. (1999). *Ind. Eng. Chem. Res.*, 38: p. 4060-4067.
207. Venkataraman, S., Chan, W.K., and Boston, J.F. (1990). *Chemical Engineering Progress*, p. 45-54.
208. Seider, W.D., Seader, J.D., and Lewin, D.R. (1999) *Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation.*, ed. I. Editorial John Wiley & Sons.
209. Solokhin, A.W., Blagov, S.A., and Pimosew, W.S. (1997). *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 31(1): p. 49–54.
210. Paiva, A.L. and Malcata, X. (2000). *Chemical Engineering Science*, 55: p. 589-599.
211. Cardona, C.A. and Cubides, D.C. (2003).- Comparison of reactive distillation and the sequential process based on energy consumption, (ref. 7.2- 0080), 4th European Congress in Chemical Engineering, Granada, Spain, September 21–25.
212. Ciric, A.R. and Gu, D. (1994). *AIChE J.*, 40 p. 1479-1487.
213. Stichlmair, J. and Frey, T. (2001). *Ind. Eng. Chem. Res.*, 40 p. 5978-5982.
214. Gumus, Z.H. and Ciric, A.R. (1997). *Comput. Chem. Eng.*, 21 p. 983-988.
215. Cardoso, M.F., Salcedo, R.L., Azevedo, S.F.d., and Barbosa, D. (2000). *Chem. Eng. Sci.*, 55 p. 5059-5078.
216. Jackson, J.R. and Grossmann, I.E. (2001). *Comput. Chem. Eng.*, 25 p. 1661–1673.
217. Gangadwala, J. and Kienle, A. (2007). *Chemical Engineering and Processing*, 46 p. 107–118.
218. Edgar, T., Himmelblau, D., and Lasdon, L. (2001) *Optimization of chemical processes*, ed. S.E.M. Hill.
219. <http://www.gamsworld.org/minlp>.
220. <http://tomopt.com/tomlab/products/minlp/>.
221. <http://www-unix.mcs.anl.gov/~leyffer/macminlp/>.
222. <http://www.gams.com/solvers/dicopt/main.htm>.