

# รายการอ้างอิง

- Adris, A. M., C. J. Lim, and J. R. Grace. The fluidized bed membrane reactor system: a pilot scale experimental study. *Chem. Engng. Sci.* 49 (1994): 5833-5843.
- Alpay, E., D. Chatsiriwech, L. S. Kershenbaum, C. P. Hull, and N. F. Kirkby. Combined reaction and separation in pressure swing processes. *Chem. Engng. Sci.* 49 (1994): 5845-5863.
- Alpay, E., C. N. Kenney, and D. M. Scott. Simulation of rapid pressure swing adsorption and reaction processes. *Chem. Engng. Sci.* 48 (1993): 3173-3186.
- Amariglio, H., and G. Rambeau. On the possibility of rate improvements by a periodic operation of catalytic reactors. *Chem. Engng. Sci.* 39 (1984): 1433.
- Antonucci, P., N. Giordano, and C. J. Bart. Chemical reactions in chromatographic columns: dehydrogenation of ethane over cadmium-exchanged zeolite 4Å. *J. Chromatography.* 150(1978): 309.
- Andrews, G., and C. Tien. Bacterial film growth in adsorbent surfaces. *AIChE J.* 271 (1981): 396.
- Apostolopoulos, G. P. The parametric pump as a chemical reactor. *Ind. Eng. Chem. Fund.* 14(1975): 11.
- Barker, P. E., and G. Ganetsos. Continuous chromatographic processes. In A. E. Rodrigues et al. (eds.). *Adsorption: science and technology.* Kluwer Academic, 1989: 471-490.
- Bird, R. B., W. E. Stewart, and E. N. Lightfoot. *Transport phenomena.* New York: John Wiley & Sons, 1960.
- Blanks, R. F., T. S. Wittrig, D. A. Peterson. Bidirectional adiabatic synthesis gas generator. *Chem. Engng. Sci.* 45 (1990): 2407-2413.

- Broughton, D. B. Production-scale adsorptive separations of liquid mixtures by simulated-moving-bed technology. *Sep. Sci. Technol.* 19 (1984-85): 723.
- Brun-Tsekhovoi, A. R., A. N. Zadorin, Y. R. Katsobashvili, and S. S. Kourdyumov. The process of catalytic steam-reforming of hydrocarbons in the presence of carbondioxide acceptor. *Hydrogen energy process VII, proc. world hydrogen energy conf.* 2 (1986): 885
- Buxbaum, R. Membrane reactors, fundamental and commercial advantages, e.g. for methanol reforming. Paper presented at the 15th BCC membrane planning conference. Newton Mass, 1997.
- Carey, G. F., and B. A. Finlayson. Orthogonal collocation on finite elements. *Chem.Engng. Sci.* 30 (1975): 587-596.
- Carr, R. W. Continuous reaction chromatography. In G. Ganetsos and P. E. Barker (eds.), *Preparative and production scale chromatography*. New York: Marcel Dekker, 1992.
- Carvill, B. T., J. R. Hufton, M. Anand, and S. Sircar. Sorption-enhanced reaction process. *AIChE J.* 42 (1996): 2765-2772.
- Cen, P. L., R. T. Yang. Separation of binary gas mixture into two high-purity products by a new pressure swing adsorption cycle. *Sep. Sci. Technol.* 21 (1986): 845-864.
- Chatsiriwech, D., E. Alpay, L. S. Kershenbaum, C. P. Hull, and N. F. Kirkby. Enhancement of catalytic reaction by pressure swing adsorption. *Catal. Today.* 20 (1994): 351-366.
- Chatsiriwech, D., E. Alpay, L. S. Kershenbaum, and N. F. Kirkby. The enhancement of catalytic reactor performance by pressure swing operation. Internal Report, Imperial College, London. (1992).
- Chen, H. T. Parametric pumping. In P. A. Schweitzer (ed.), *Handbook of separation techniques for chemical engineers*. New York: McGraw-Hill, 1979.
- Cho, B. K., R. Aris, and R. W. Carr. A continuous chromatographic reactor. *Chem. Engng. Sci.* 35 (1980): 74-81.

- Cho, B. K., R. Aris, and R. W. Carr. The mathematical theory of a countercurrent catalytic reactor. *Proc. R. Soc. Lond.* A383 (1982): 147-189.
- Dandekar, H. W., G. A. Funk, J. D. Swift, and R. T. Maurer. *PSA process with reaction for reversible reactions*. U.S. Patent 5,523,326 (1996).
- Dieterich, E., G. Sorescu, G. Eigenburger. Numerical methods for the simulation of chemical engineering processes. *Int. Chem. Engng.* 34 (1994): 455-468.
- Douglas J., Jr. and Dupont T. A finite element collocation method for quasilinear parabolic equations. *Math. Comp.* 27 (1973): 17-28.
- Finlayson, B. A. *Nonlinear analysis in chemical engineering*. New York: McGraw-Hill, 1980.
- Fogler, W. S., *Element of chemical reaction engineering*. 2nd ed. London: Prentice-Hall Intl., 1992.
- Gardini, L., A. Servila, M. Morbidelli, and S. Carra. Use of orthogonal collocation on finite element with moving boundaries for fixed bed catalytic reactor simulation. *Computers chem. Engng.* 9 (1985): 1-17.
- Gludd, W., K. Keller, R. Schonfelder, and W. Klempt. *Production of hydrogen*. U.S. Patent 1,816,523 (1931).
- Goto S., and M. Matsubara. Extraction parametric pumping with reversible reaction. *Ind. Eng. Chem. Fund.* 16 (1977): 193.
- Goto S., T. Tagawa, and H. Ohkawara. Promotion effect of hydrogen storage alloys on the catalytic dehydroaromatization of n-hexane. *Sekiyu Gakkaishi.* 38 (1995): 167-172.
- Goto S., T. Tagawa, and H. Ohkawara. Promotive effect of hydrogen storage metals on catalytic dehydroaromatization of propane in a PSA type reactor. *Sekiyu Gakkaishi.* 39 (1996): 389-394.
- Goto S., T. Tagawa, and T. Omiya. Dehydrogenation of cyclohexane in a PSA reactor using hydrogen occlusion alloy. *Chem. Eng. Essays (Japan).* 19 (1993): 978-983.

- Guerin de Montgareuil, P., and D. Domine. *Process for separating a binary gaseous mixture by adsorption*. U.S. Patent 3,155,468 (1964).
- Han, C., and D. P. Harrison. Simultaneous shift reaction and carbondioxide separation for the direct production of hydrogen. *Chem. Engng. Sci.* 49 (1994): 5875-5883.
- Hansen, K. W. Analysis of transient models for catalysis tubular reactors by orthogonal collocation. *Chem. Engng. Sci.* 26 (1977): 1555.
- Hassan, M. M., N. S. Raghavan, and D. M. Ruthven. Numerical simulation of a pressure swing air separation system - a comparative study of finite difference and collocation methods. *Can. J. Chem. Engng.* 65 (1987): 512-516.
- Huang, W. C., and C. T. Chou. A moving finite element simulation of a pressure swing adsorption process. *Computers chem. Engng.* 21 (1997): 301-315.
- Jenczewski, T. J., and A. L. Myers. Separation of gas mixtures by pulsed adsorption. *Ind. Eng. Chem. Fund.* 9 (1970): 216.
- Kadlec, R. W., and G. G. Vaporciyan. *Periodic chemical processing system*. U.S. Patent 5,254,368 (1993).
- Keller, G. E., R. A. Anderson, and C. M. Yon. Adsorption. In R. W. Rousscau (ed.), *Handbook of separation process technology*. New York: John Wiley & Sons, 1981.
- Kirkby, N. F., and J. E. P. Morgan. A theoretical investigation of pressure swing reaction. *Trans. Inst. Chem. Eng.* 72 (1994): 541.
- Kuczynsky, M., R. Oyeavarr, R. Picters, and K. Westerterp. Methanol synthesis in a countercurrent gas-solid-solid trickle flow reactor, and experimental study. *Chem. engng. Sci.* 42 (1987): 1887-1896.
- Kruglov, A. V. Methanol synthesis in a simulated countercurrent moving-bed adsorptive catalytic reactor. *Chem. Engng. Sci.* 49 (1994): 4699-4716.
- Langer, S. H., J. Y. Yurchak, and J. E. Patton. The gas chromatographic column as a chemical

- reactor. *Ind. Eng. Chem.* 61 (1969): 11.
- Lee, I. D., and R. H. Kadlec. Effects of adsorbent and catalyst distribution in pressure swing reactors. *AIChE Symp. Ser.* 84 (1989): 167-176.
- Li, J. L., X. G. Zhang, and T. Inui. Synthesis of dimethyl ether under forced composition cycling. *Applied Catal. A: General.* 164 (1997): 303-311.
- Liapis, A. I., and D. W. T. Rippin. The simulation of diffusional resistance within carbon particles derived from batch experiments. *Chem. Engng. Sci.* 33 (1987):593.
- Liow, J. L., and C. N. Kenney. The backfill cycle of the pressure swing adsorption process. *AIChE J.* 36 (1990): 53-65.
- Lu, Z. P., J. M. Loureiro, A. E. Rodrigues, and M. D. Le Van. Simulation of a three step one column pressure swing adsorption process. *AIChE J.* 39 (1993): 1483-1496.
- Lu, Z. P., and A. E. Rodrigues. Pressure swing adsorption reactors: simulation of three-step one-bed process. *AIChE J.* 40 (1994): 1118-1137.
- Lynch, D. T. On the use of adsorption/desorption models to describe the forced periodic operation of catalytic reactors. *Chem. Engng. Sci.* 39 (1984): 1325-1328.
- Ma, Z., and G. Guichon. Application of orthogonal collocation on finite elements in the simulation of non-linear chromatography. *Computers chem. Engng.* 15 (1991):415-426.
- Magee, E. M. The course of a reaction in a chromatographic column. *Ind. Eng. Chem. Fund.* 2 (1963): 32-36.
- Matsen, J. M., J. W. Harding, and E. M. Magee. Chemical reaction in chromatographic column. *J. Phys. Chem.* 69 (1965): 522.
- Patrick, R. R., J. T. Schrodt, and R. I. Kermode. Thermal parametric pumping of air-SO<sub>2</sub>. *Separ. Sci.* 7 (1972): 331.
- Petroulas, T., R. Aris, and R. W. Carr. Analysis and performance of a countercurrent moving bed chromatographic reactor. *Chem. Engng. Sci.* 40 (1985): 2233-2240.

- Petzold, L. R. *A description of DASSL: a differential/algebraic equation systems solver*. Report STR, SAND82-8637. Livermore (1982).
- Raghavan, N. S., M. M. Hassan, and D. M. Ruthven. Numerical simulation of a PSA system - part I. *AIChE J.* 31 (1985): 385-392.
- Raghavan, N. S., and D. M. Ruthven. Numerical simulation of a fixed bed adsorption column by the method of orthogonal collocation. *AIChE J.* 29 (1983): 922-925.
- Ray, S. M. Pressure swing adsorption : a review of UK patent literature. *Sep. Sci. Technol.* 21 (1986): 1-38.
- Reo, M. C., L. A. Bernstein, and C. R. F. Lund. Cocurrent membrane reactors vs PFRs for Shifting dehydrogenation equilibrium. *AIChE J.* 43 (1997): 495-504.
- Rheinboldt, W. C. Differential-algebraic systems as differential equations on manifolds. *Math. Comp.* 43 (1985): 473-482.
- Richter, E., K. B. Knoblauch, and H. Juentgen. New developments for pressure swing adsorption. *Chem. Ing. Tech.* 56 (1984): 684.
- Roginskii, S. Z., M. J. Yanovskii, and G. A. Graziev. Catalytic reactions and catalysis under chromatographic conditions. *Kinet. Katal.* 3 (1962): 529-540.
- Ruthven, D. M. *Principles of adsorption and adsorption processes*. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- Ruthven, D. M., and C. B. Ching. Counter current and simulated counter current adsorption separation processes. *Chem. Engng. Sci.* 44 (1989): 1011-1038.
- Schweich, D., and J. Villermaux. Model for catalytic dehydrogenation of cyclohexane in a chromatographic reactor: comparison of theory and experience. *Ind. Eng. Chem. Fund.* 21 (1982): 47.
- Serbezov, A. S., and S. V. Sotirchos. Mathematical modeling of the adsorptive separation of multicomponent gaseous mixtures. *Chem. Engng. Sci.* 52 (1997): 79-91.

- Sircar, S., and J. W. Zondlo. *Fractionation of air by adsorption*. U.S. Patent 3,797,201 (1974).
- Skarstrom, C. W. *Method and apparatus for fractionating gaseous mixtures by adsorption*. U.S. Patent 2,944,627 (1960).
- Squires, A. M. Cyclic use of calcined dolomite to desulfurize fuels undergoing gasification. In F. C. Schora (ed.), *Advances in chemistry*, vol. 69. Washington, DC: American Chem. Soc., 1967.
- Sweed, N. H. Parametric pumping and cycling zone adsorption - a critical analysis. *AIChE Symp. Ser.* 80 (1984): 44.
- Takeuchi, K., and Y. Uruguchi. Experimental studies of a chromatographic moving bed reactor. *J. Chem. Eng. Japan.* 10(1977): 455-460.
- Tamura, T. *Absorption process for gas separation*. U.S. Patent 3,797,201 (1974).
- Tonkovich, A. L. Y., and R. W. Carr. A simulated countercurrent moving bed chromatographic reactor for the oxidative coupling of methane: experimental results. *Chem. Engng. Sci.* 49 (1994a): 4647-4656.
- Tonkovich, A. L. Y., and R. W. Carr. Modelling of the simulated countercurrent moving bed reactor. *Chem. Engng. Sci.* 49 (1994b): 4657-4665.
- Turnock, P. H., and R. H. Kadlec. Separation of nitrogen and methane via periodic adsorber. *AIChE J.* 17 (1971): 335-342.
- Vaporciyan, G. G. *Periodic separating reactors: pressure swing adsorption with reaction*. (Ph.D. dissertation, university of Michigan, 1987).
- Vaporciyan, G. G., and R. H. Kadlec. Equilibrium-limited periodic separating reactors. *AIChE J.* 33 (1987): 1334-1343.
- Vaporciyan, G. G., and R. H. Kadlec. Periodic separation reactors: experiments and theory. *AIChE J.* 35 (1989): 831-844.
- Villadsen, J., and M. L. Michelsen. *Solution of differential equation models by polynomial*

*approximation*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1978.

Wankat, P. C. Liquid-liquid extraction parametric pumping. *Ind. Eng. Chem. Fund.* 12 (1973): 372.

Wardwell, A. W., R. W. Carr, and R. Aris. Continuous reaction gas chromatography. The dehydrogenation of cyclohexane over Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *ACS Symp. Ser.* 196 (1982): 297-306.

Weaver, K. and C. E. Hamrin. Separation of hydrogen isotopes by heatless adsorption. *Chem. Engng. Sci.* 29 (1974): 1873.

Weyten, H., K. Keizer, A. Kinoo, J. Luyten, and R. Leysen. Dehydrogenation of propane using a packed-bed catalytic membrane reactor. *AIChE J.* 43 (1997): 1819-1827.

Wilhelm, R. H., A. W. Rice, and A. R. Bendelius. Parametric pumping: a dynamic principle for separating fluid mixtures. *Ind. Eng. Chem. Fund.* 5 (1966): 141.

Wu, J. C. S., T. E. Gerdes, J. L. Pszczolowski, R. Bhave, and P. K. T. Liu. Dehydrogenation of ethylbenzene to styrene using commercial ceramic membranes as reactors. *Sep. Sci. Technol.* 25 (1990): 1486.

Yang, R. T. *Gas separation by adsorption process*. Boston, MA: Butterworths, 1987.

Yu, Q. Improving the computational efficiency of step inputs in adsorption processes. *Computers chem. Engng.* 15 (1991): 675-677.

Yu, Q., and N. H. L. Wang. Computer simulations of the dynamics of multicomponent ion exchange and adsorption in fixed beds—gradient-directed moving finite element method. *Computers chem. Engng.* 13 (1989): 915-926.



ภาคผนวก ก

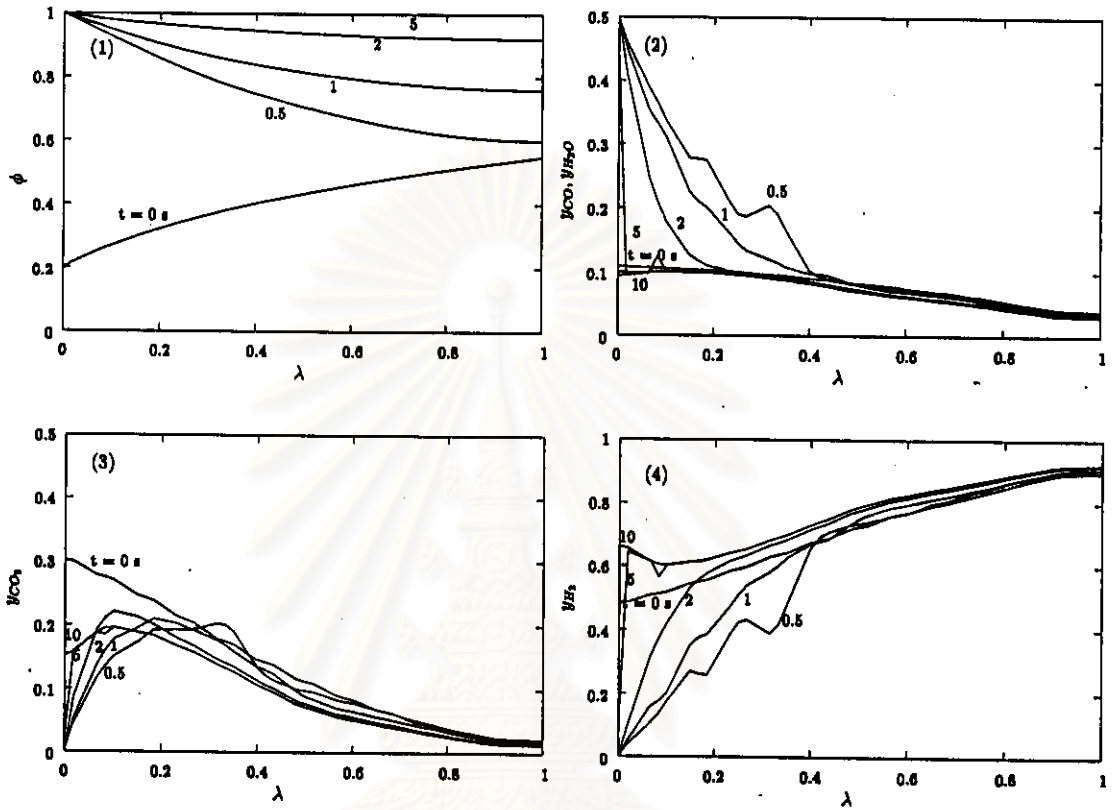
รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงภายในหอ  
บรรจุที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.1 รอบดำเนินการที่ลดขั้นตอนการไล่แบบไหลตาม

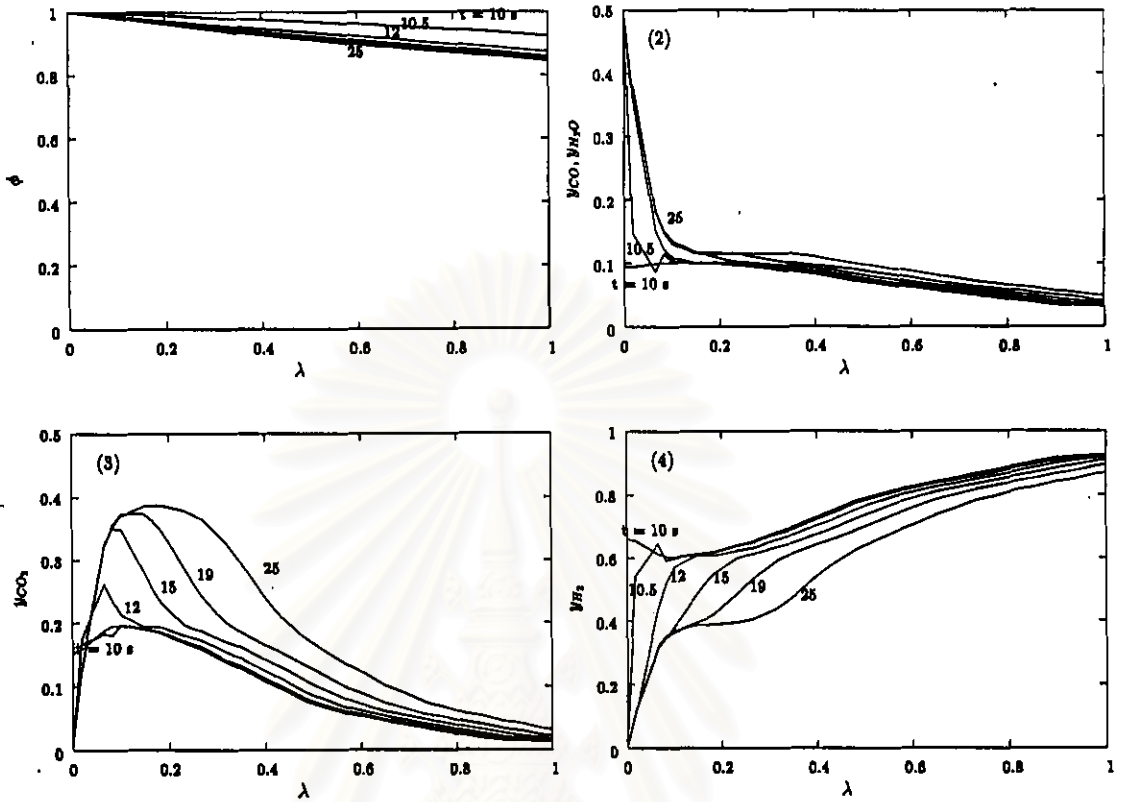
• ขั้นตอนการเพิ่มความดัน



รูปที่ ก.1: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการเพิ่มความดันที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไร้มิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

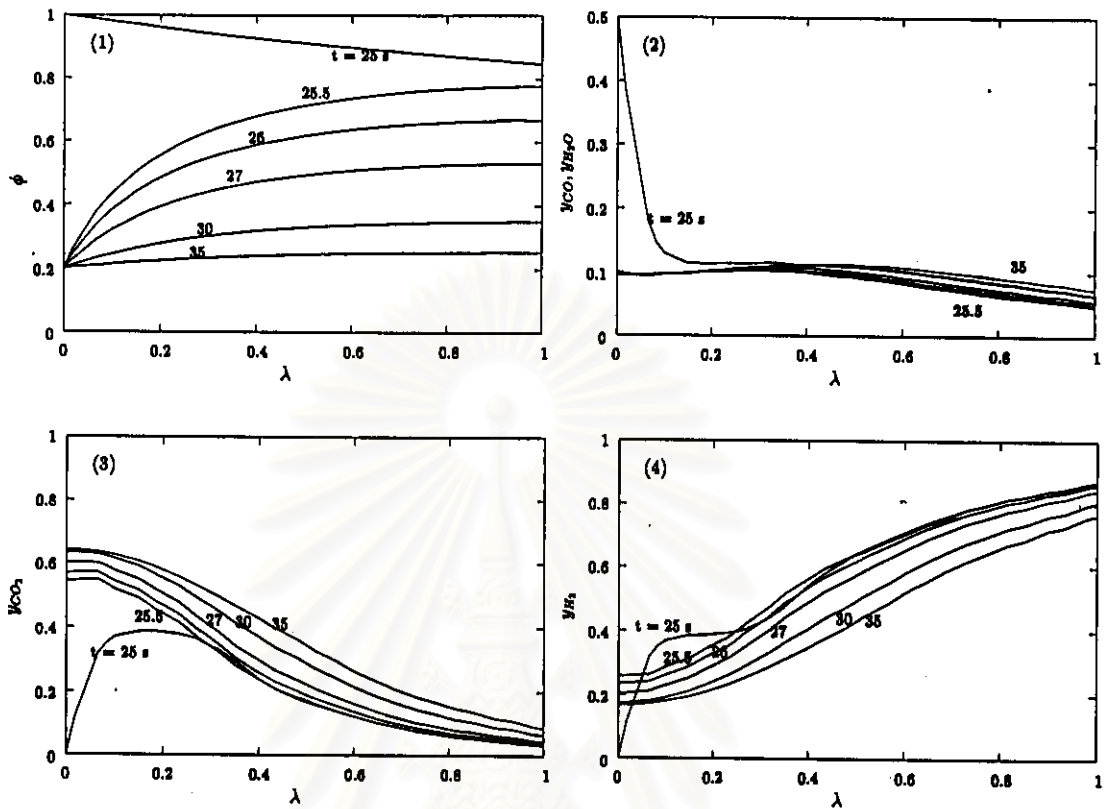
• ขั้นตอนการผลิต



รูปที่ ก.2: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการผลิตที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไร้มิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

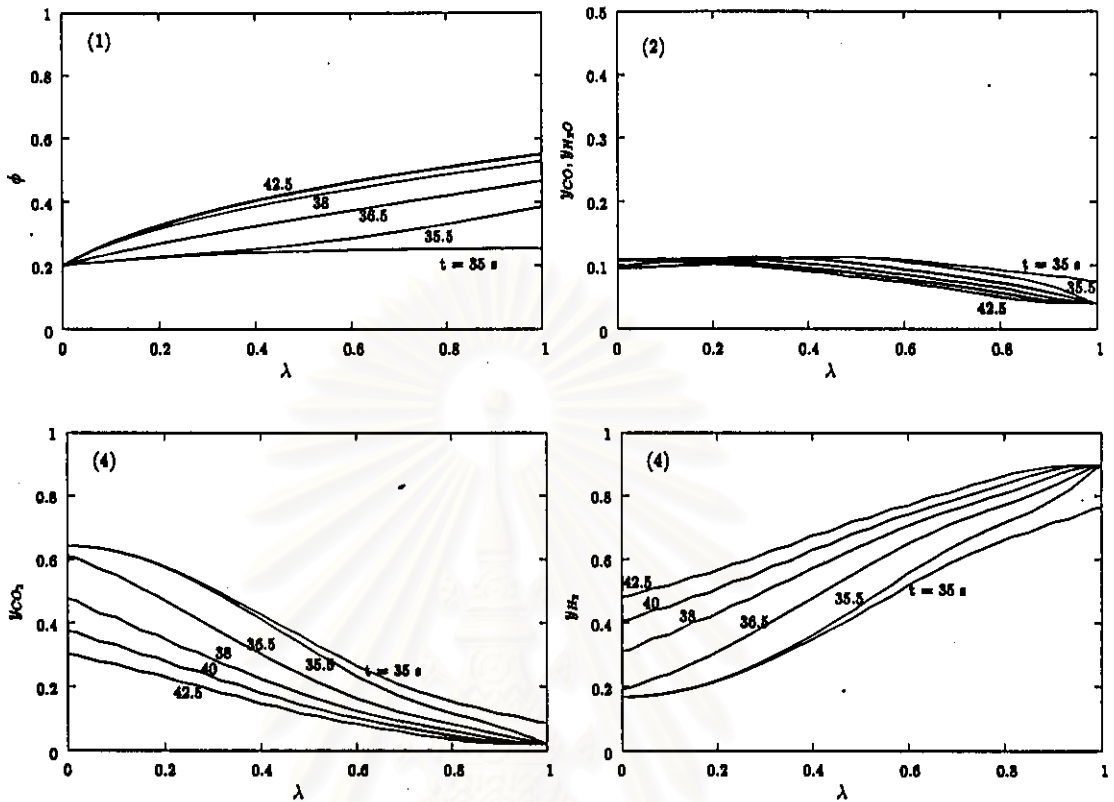
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

• ขั้นตอนการลดความดัน



รูปที่ ก.3: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนลดความดันที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไรมิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

• ขั้นตอนการไล่แบบสวนทาง

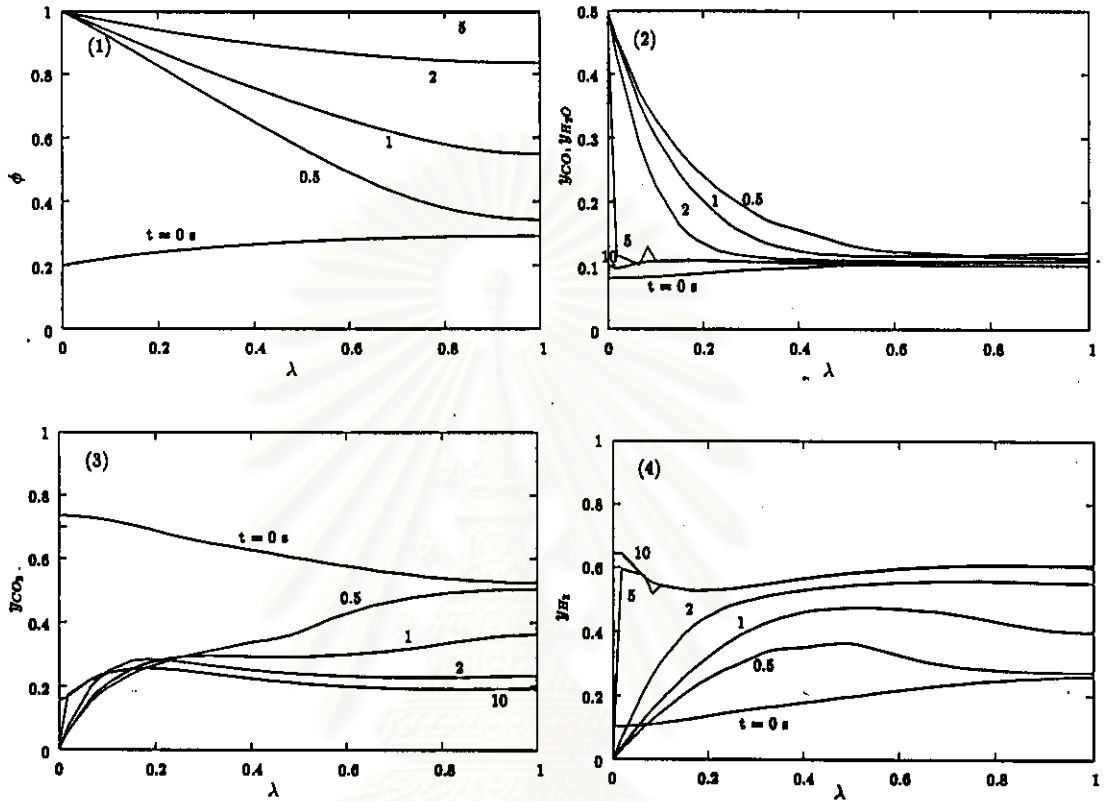


รูปที่ ก.4: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการไล่แบบสวนทางที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไร้มิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ก.2 รอบดำเนินการที่ลดขั้นตอนการไล่แบบสวนทาง

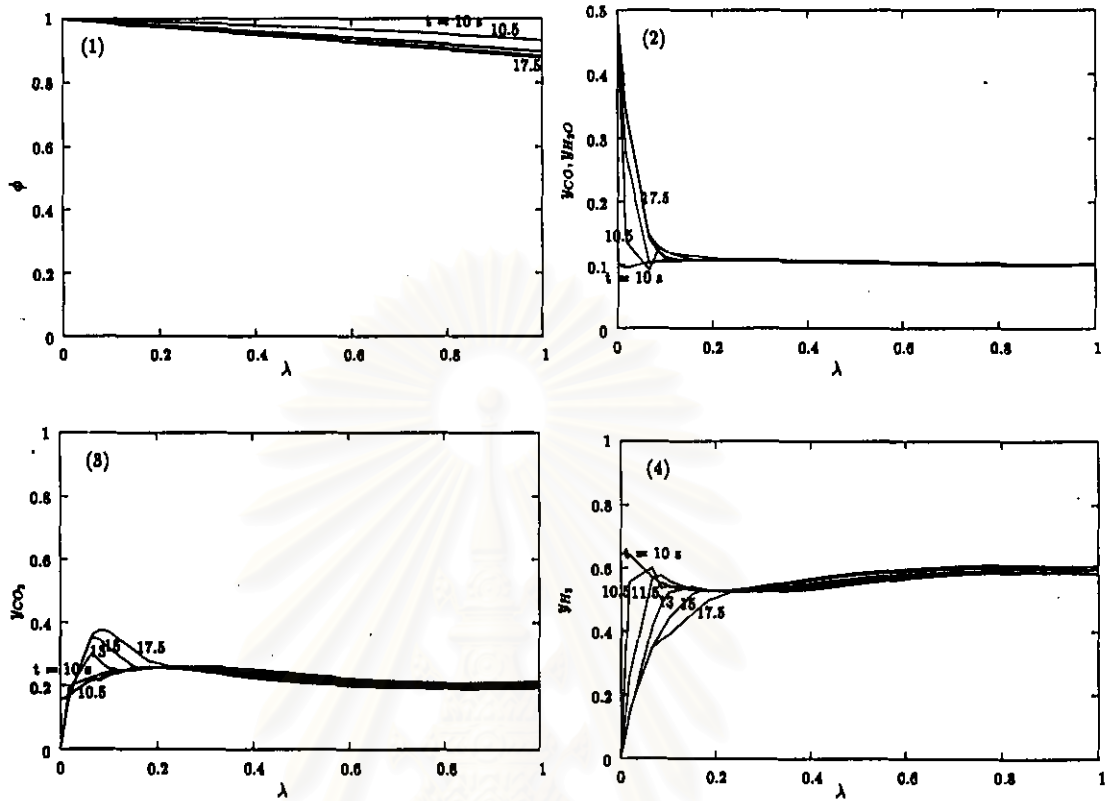
### • ขั้นตอนการเพิ่มความดัน



รูปที่ ก.5: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการเพิ่มความดันที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไรมิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

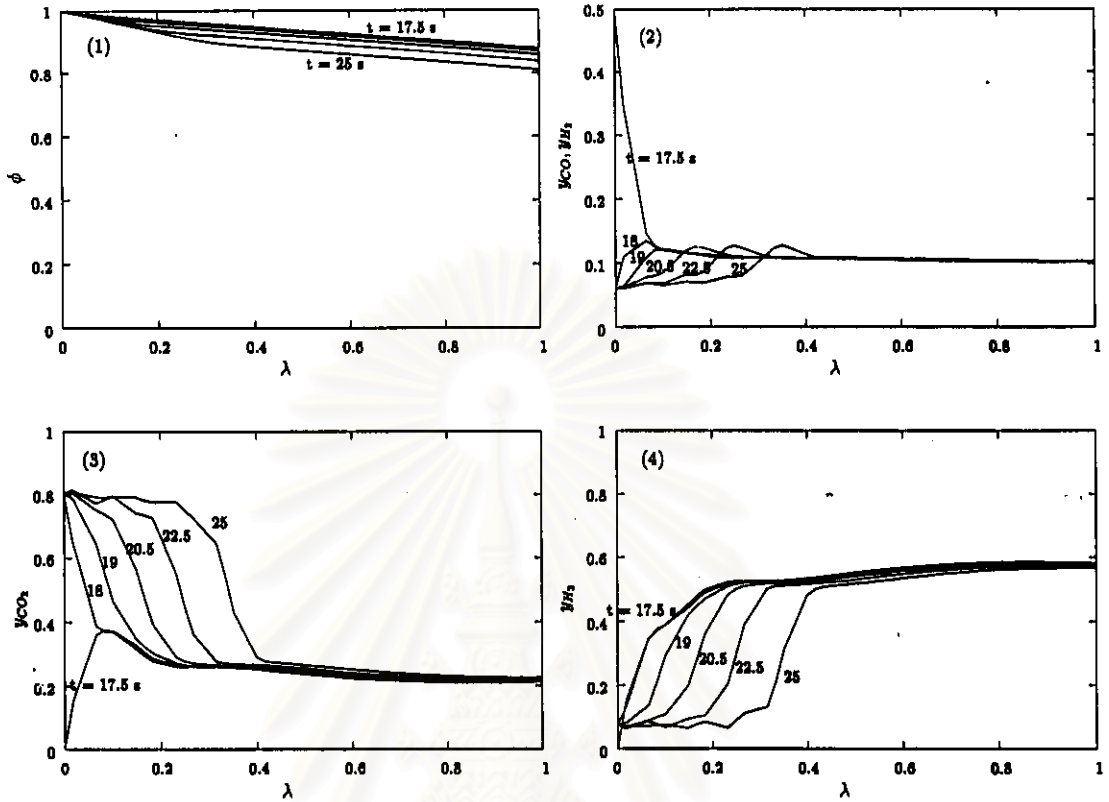
• ขั้นตอนการผลิต



รูปที่ ก.6: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการผลิตที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไรมิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

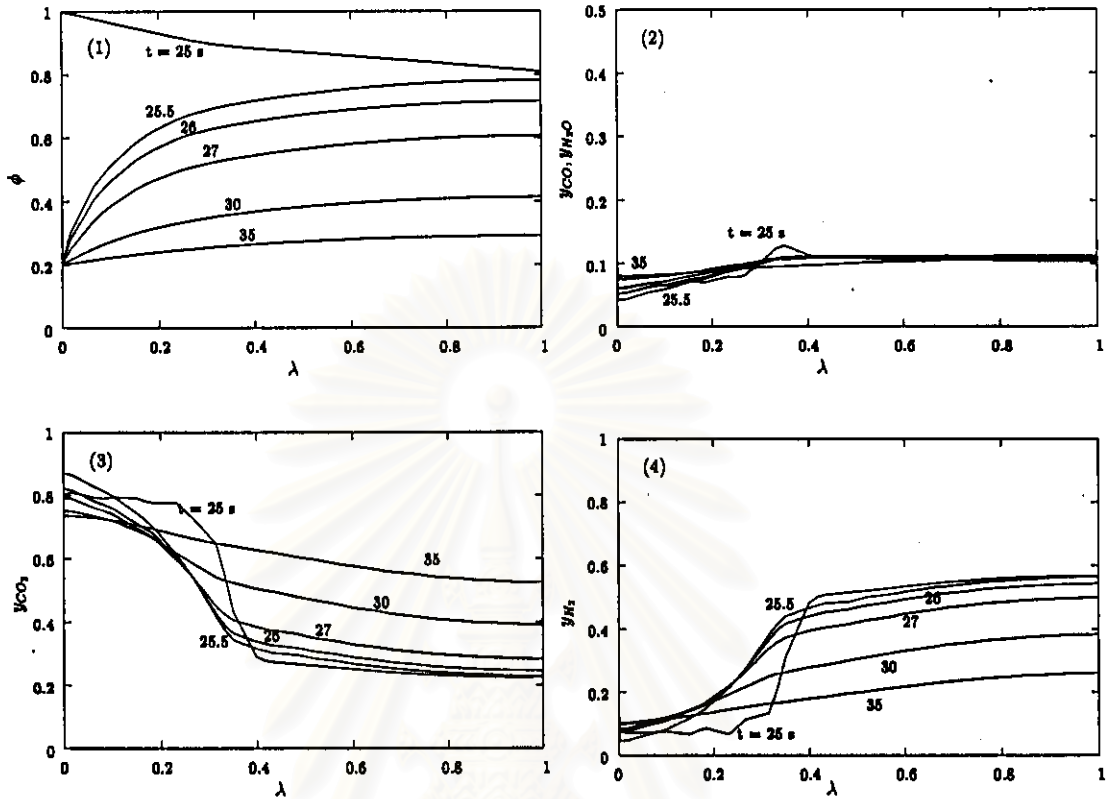
• ขั้นตอนการไล่แบบไหลตาม



รูปที่ ก.7: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการไล่แบบไหลตามที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไรมิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน



• ขั้นตอนการลดความดัน

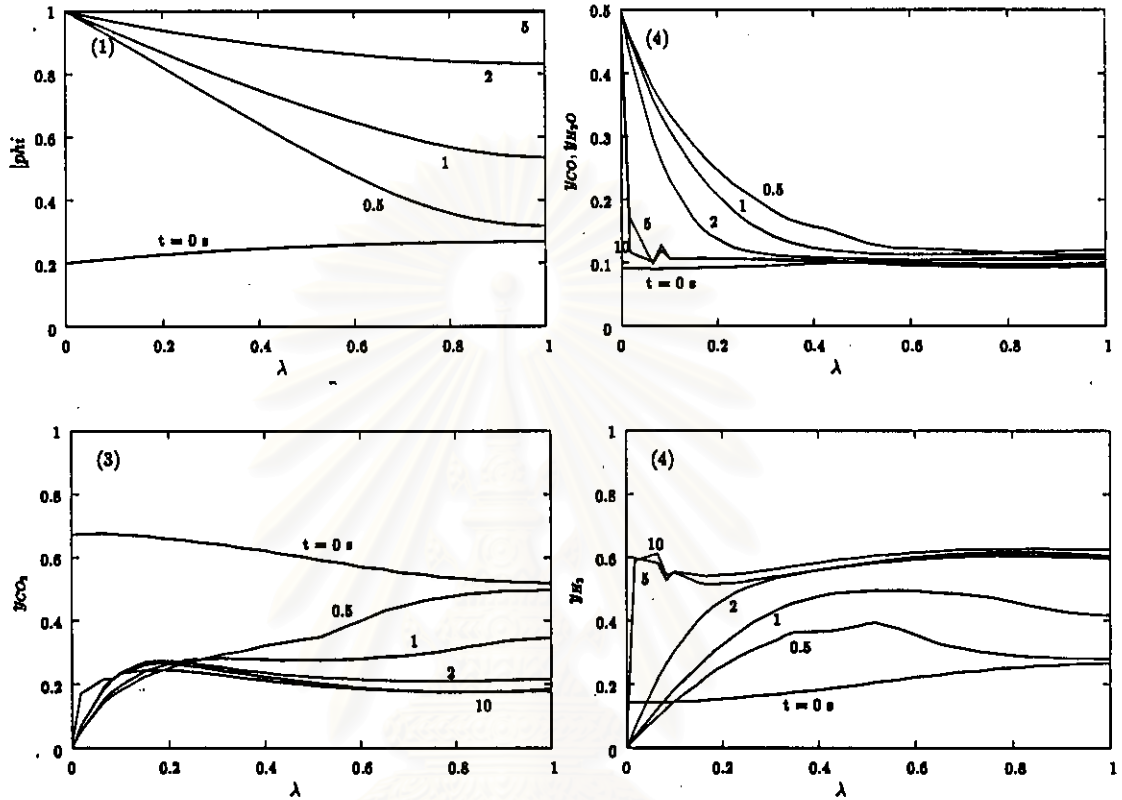


รูปที่ ก.8: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการลดความดันที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไร้มิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ก.3 รอบดำเนินการที่ไม่มีการไล่ทั้งสองแบบ

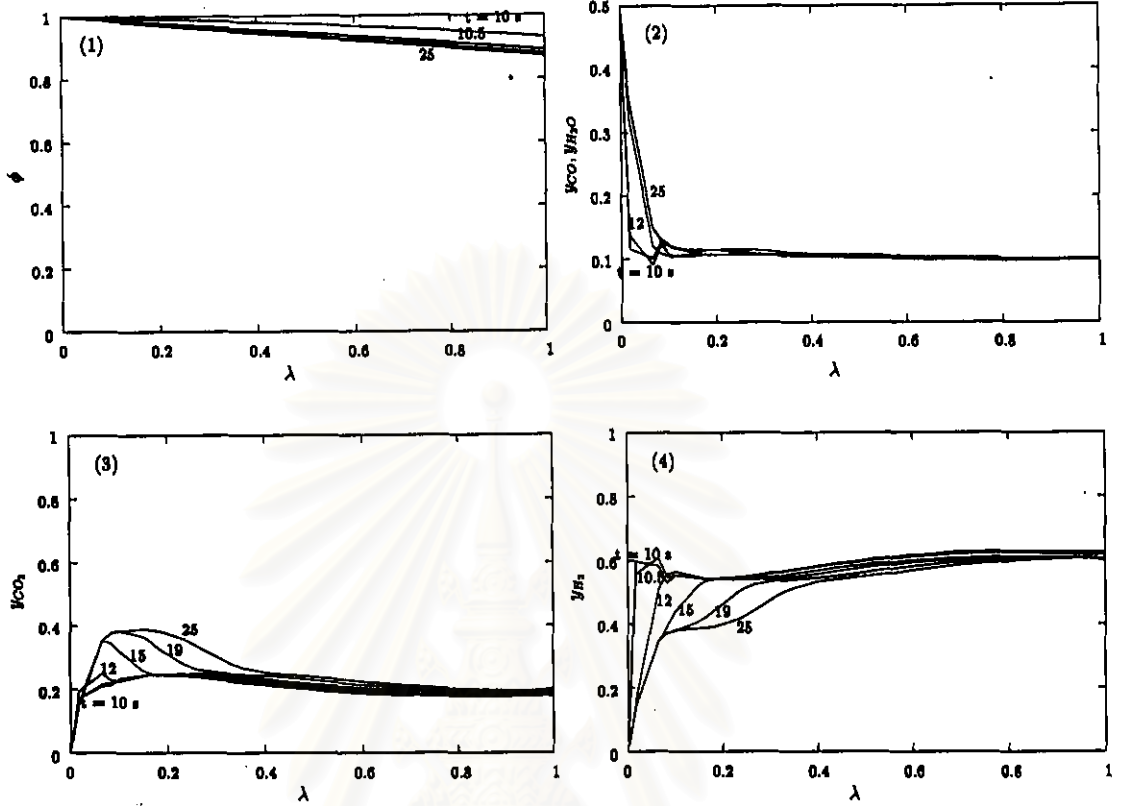
#### • ขั้นตอนการเพิ่มความดัน



รูปที่ ก.9: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการเพิ่มความดันที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไรมิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

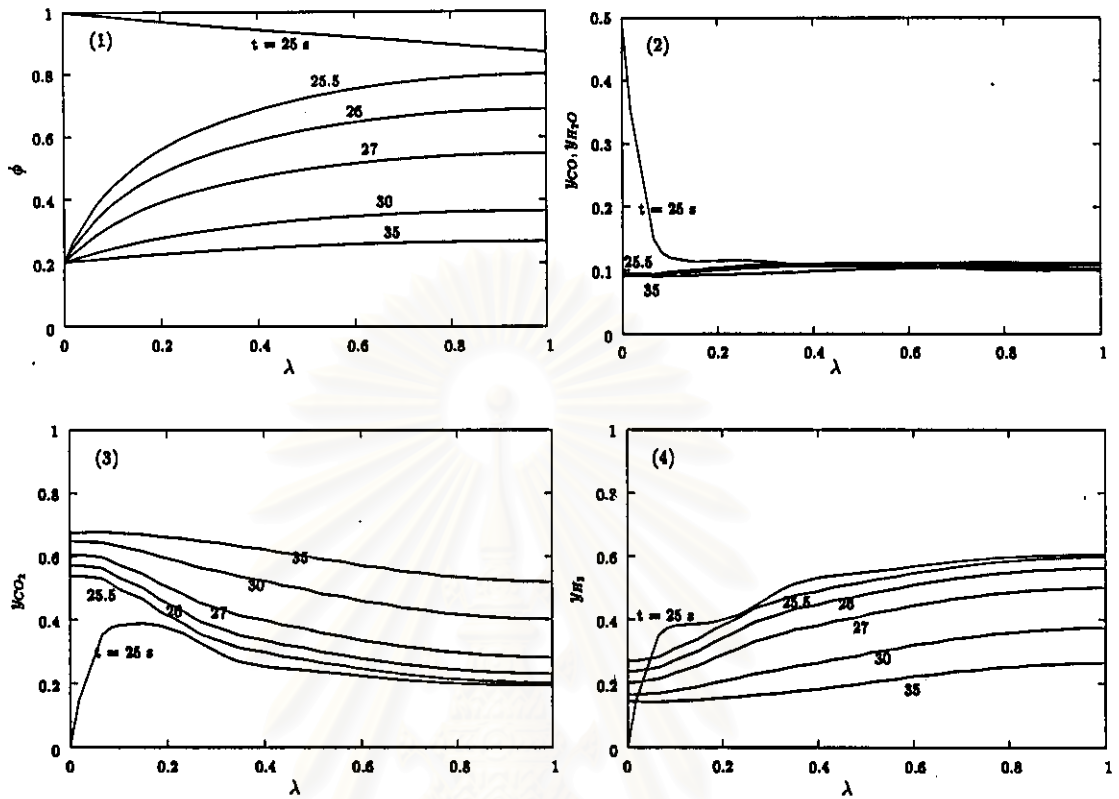
• ขั้นตอนการผลิต



รูปที่ ก.10: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการผลิตที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไรมิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

• ขั้นตอนการลดความดัน



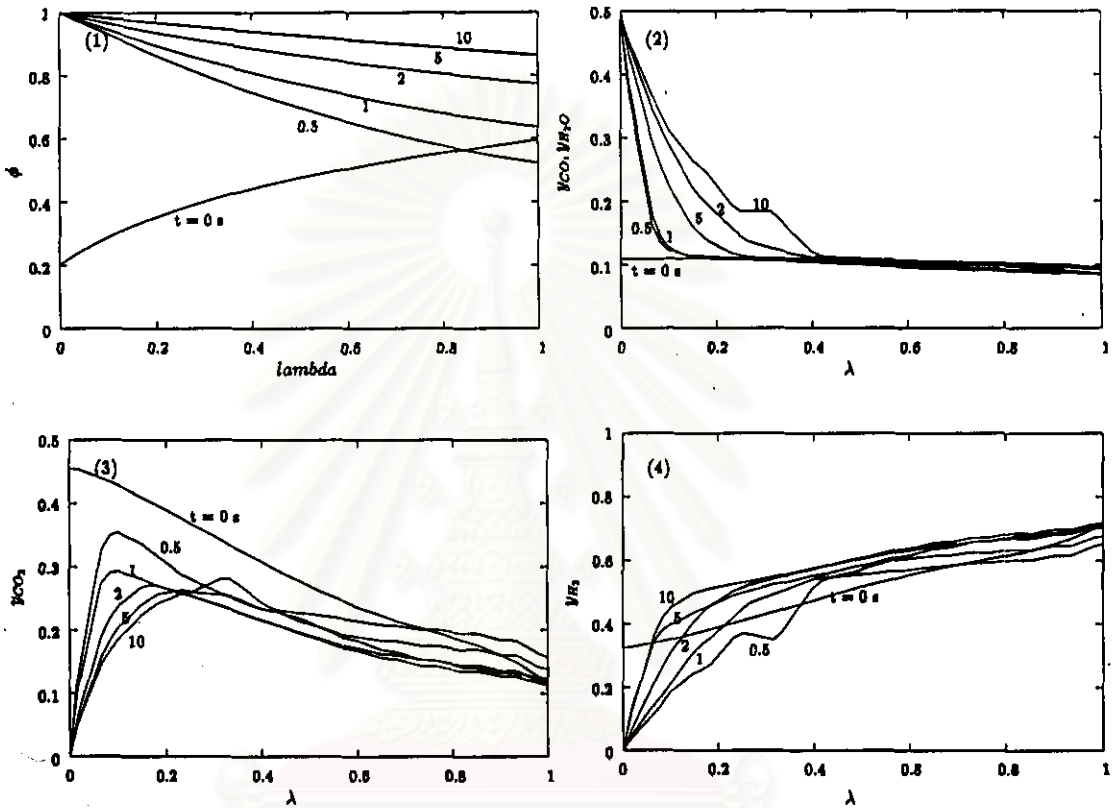
รูปที่ ก.11: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการไล่ลดความดันที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไร้มิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ก.4 รอบดำเนินการที่ลดขั้นตอนการเพิ่มและลดความดัน

#### ก.4.1 เมื่อไม่มีการไล่แบบไหลตาม

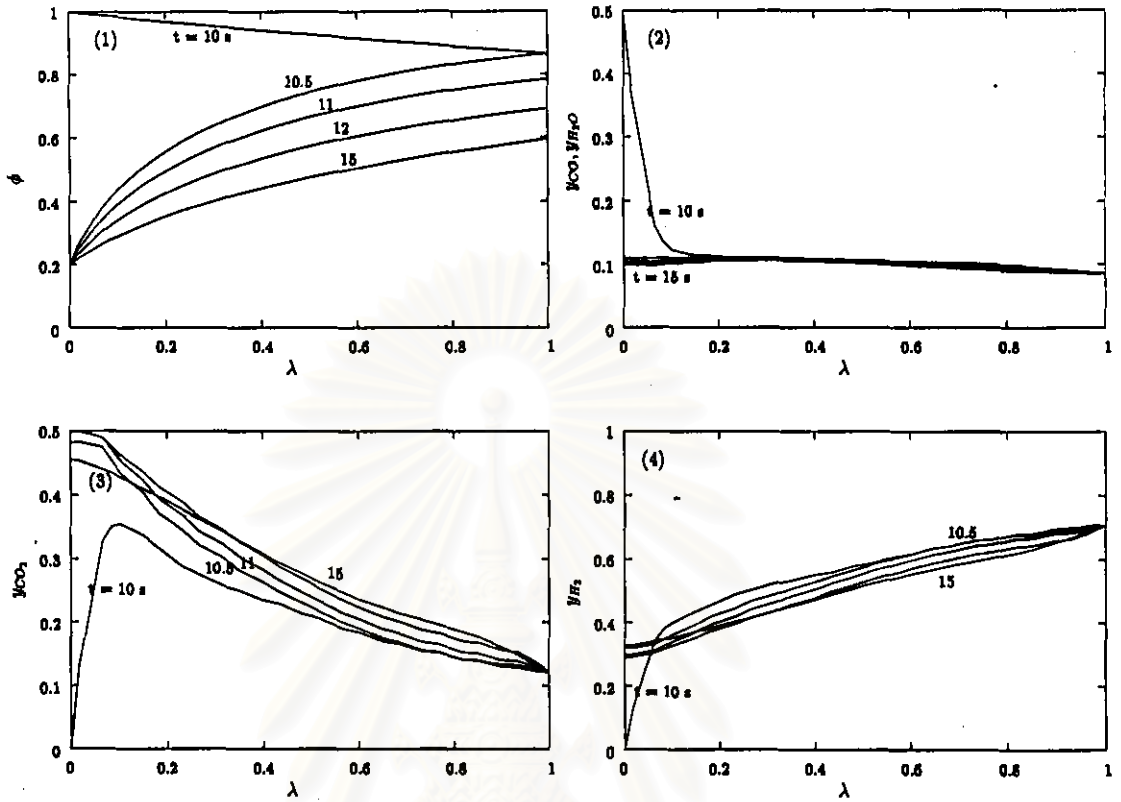
• ขั้นตอนการผลิต



รูปที่ ก.12: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการผลิตที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไรมิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

• ขั้นตอนการไล่แบบสวนทาง

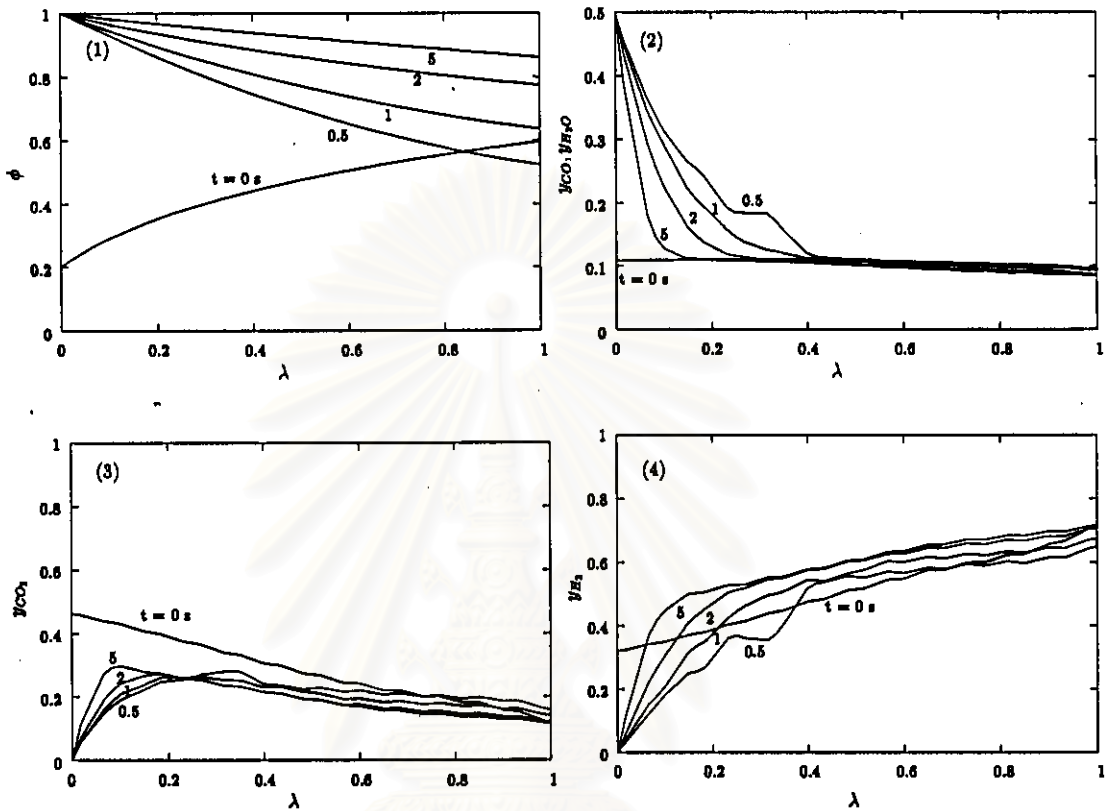


รูปที่ ก.13: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการไล่แบบไหลตามที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไรมิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ก.4.2 เมื่อมีการไล่แบบไหลตาม

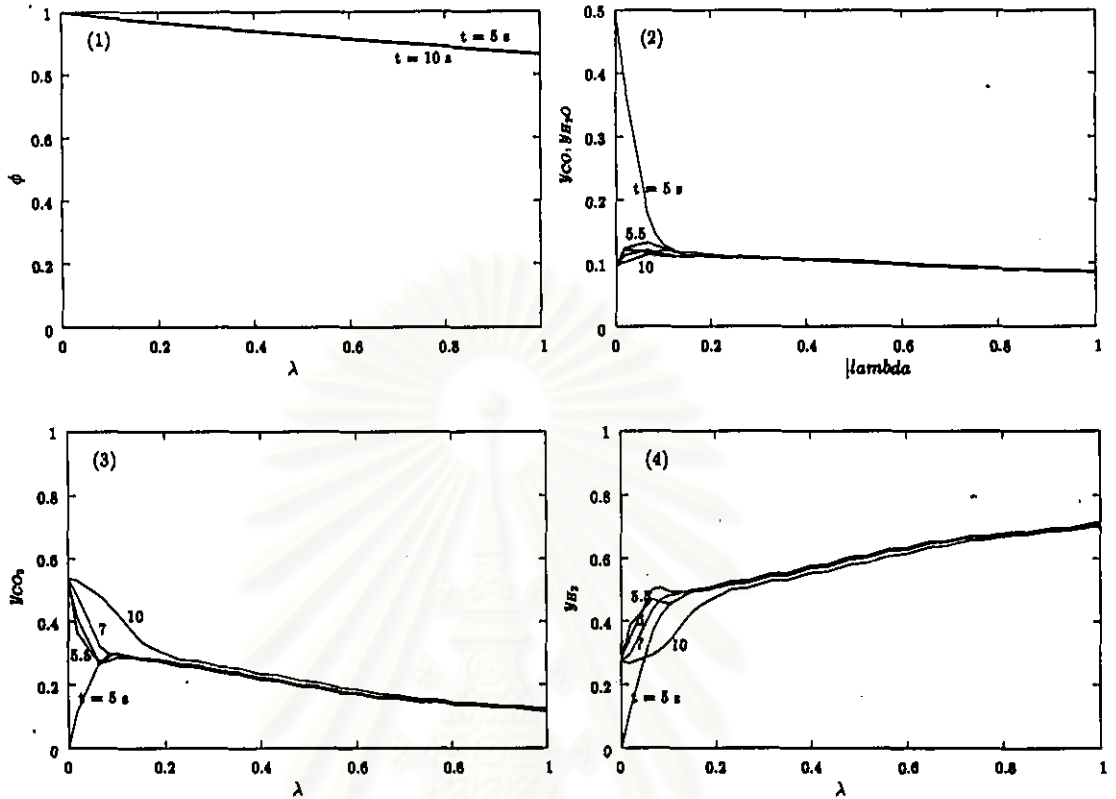
#### • ขั้นตอนการผลิต



รูปที่ ก.14: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการผลิตที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไร้มิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

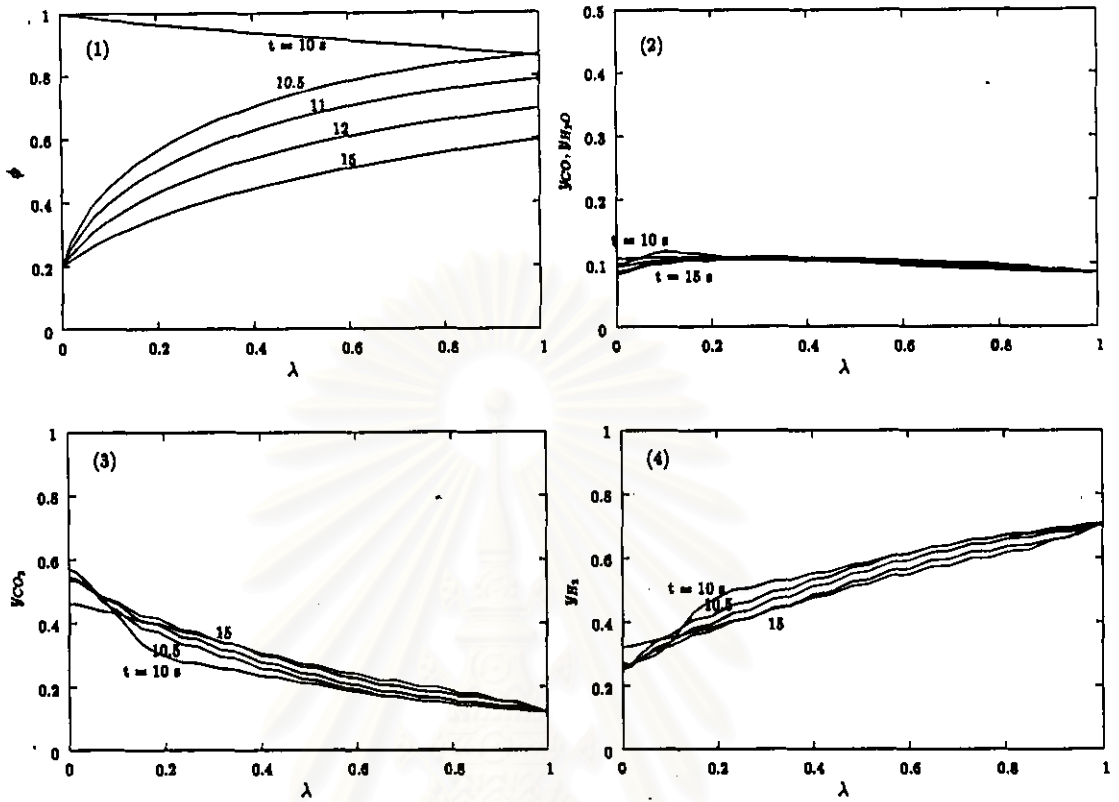
• ขั้นตอนการไล่แบบไหลตาม



รูปที่ ก.15: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการไล่แบบไหลตามที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไรมิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน



• ขั้นตอนการไล่แบบสวนทาง

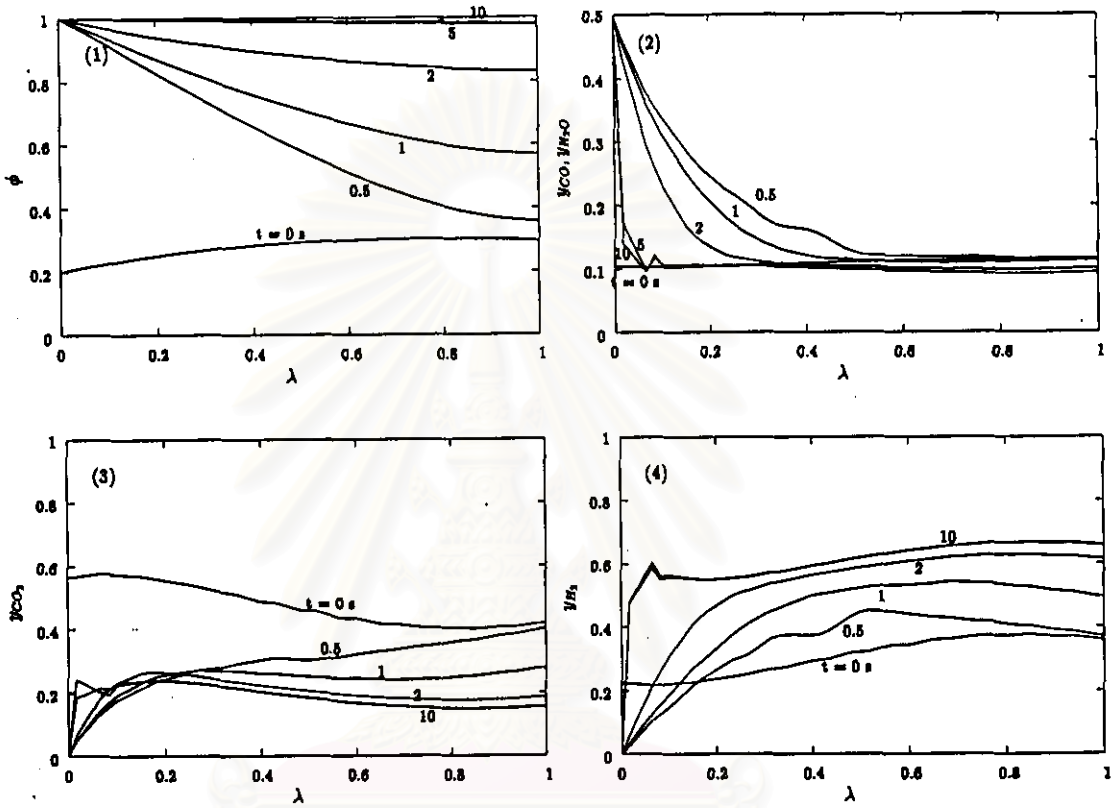


รูปที่ ก.16: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการไล่แบบสวนทางที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไรมิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

ก.5 รอบดำเนินการแบบคาบสั้น

ก.5.1 เมื่อไม่มีการไล่แบบไหลตาม

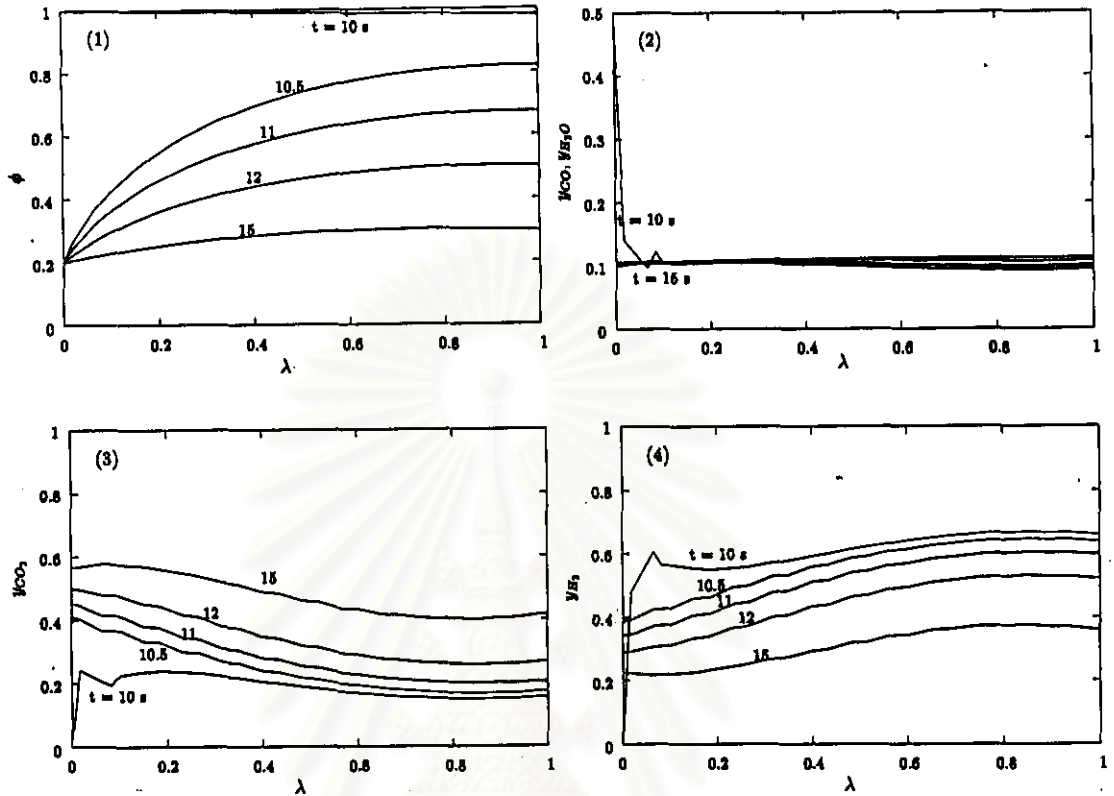
• ขั้นตอนการป้อน



รูปที่ ก.17: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการป้อนที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไรมิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

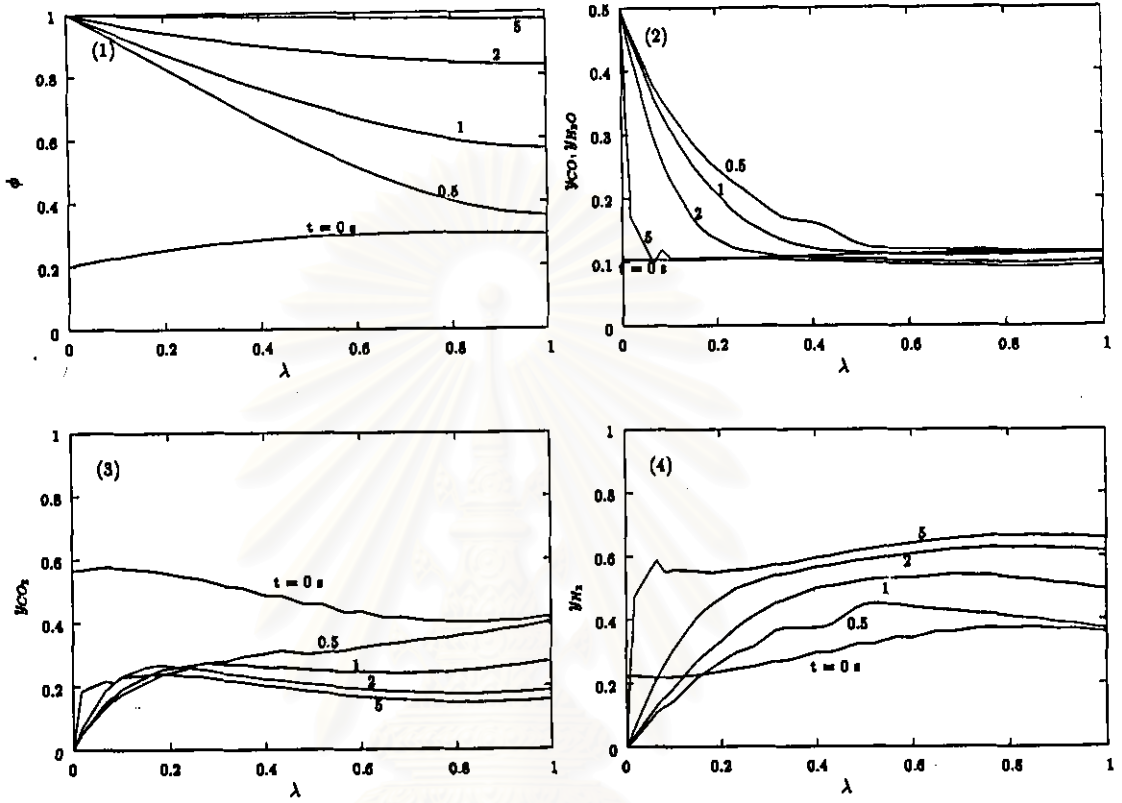
• ขั้นตอนการคายการดูดซับ



รูปที่ ก.18: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการคายการดูดซับที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไรมิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

ก.5.2 เมื่อมีการไล่แบบไหลตาม

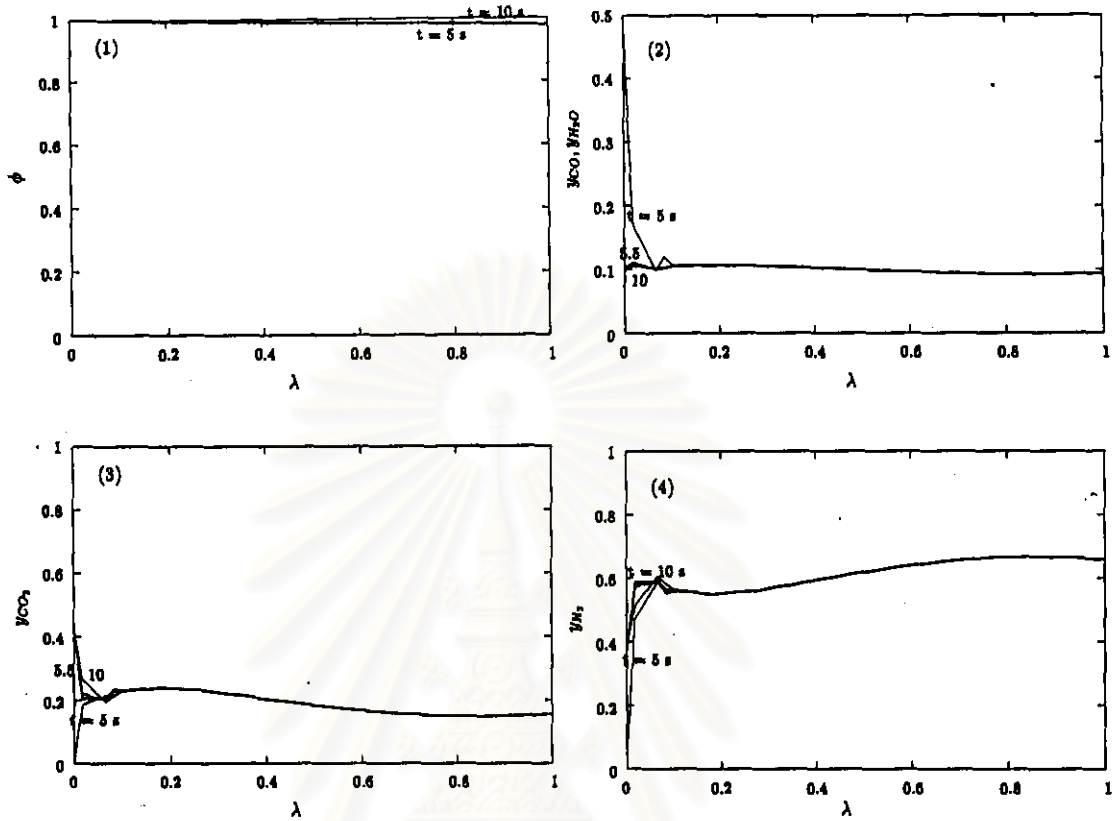
• ขั้นตอนการป้อน



รูปที่ ก.19: การเปลี่ยนแปลงภายในท่อบรรจุในขั้นตอนการป้อนที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไร้มิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

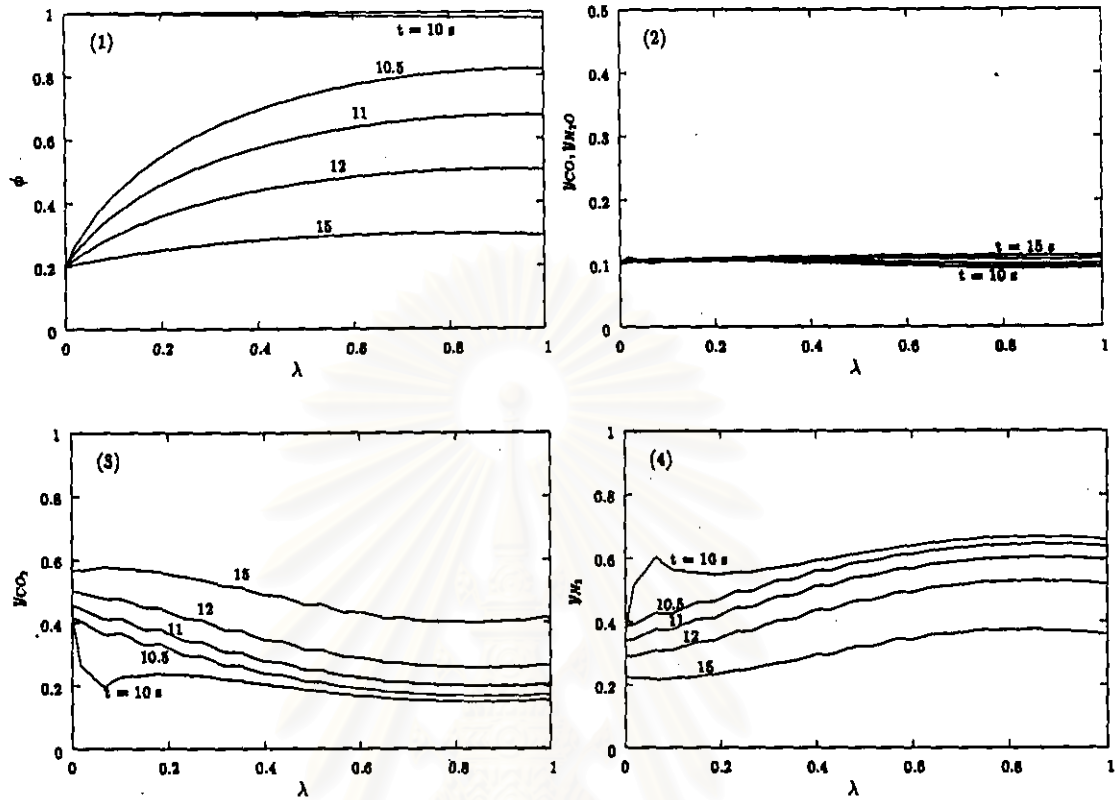
• ขั้นตอนการไล่แบบไหลตาม



รูปที่ ก.20: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการไล่แบบไหลตามที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไร้มิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

• ขั้นตอนการคายการดูดซับ



รูปที่ ก.21: การเปลี่ยนแปลงภายในหอบรรจุในขั้นตอนการคายการดูดซับที่สภาวะคงตัวแบบเป็นคาบ (1) ความดันเชิงไรมิติ (2) สัดส่วนโมลของสารตั้งต้น (3) สัดส่วนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ (4) สัดส่วนโมลของไฮโดรเจน

# ประวัติผู้เขียน

นายพงษ์กิตต์ ลักษมีพิเชษฐ์ เกิดเมื่อวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2519 จบการศึกษาระดับปริญญา  
บัณฑิตจาก ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี พ.ศ. 2539  
และเข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย