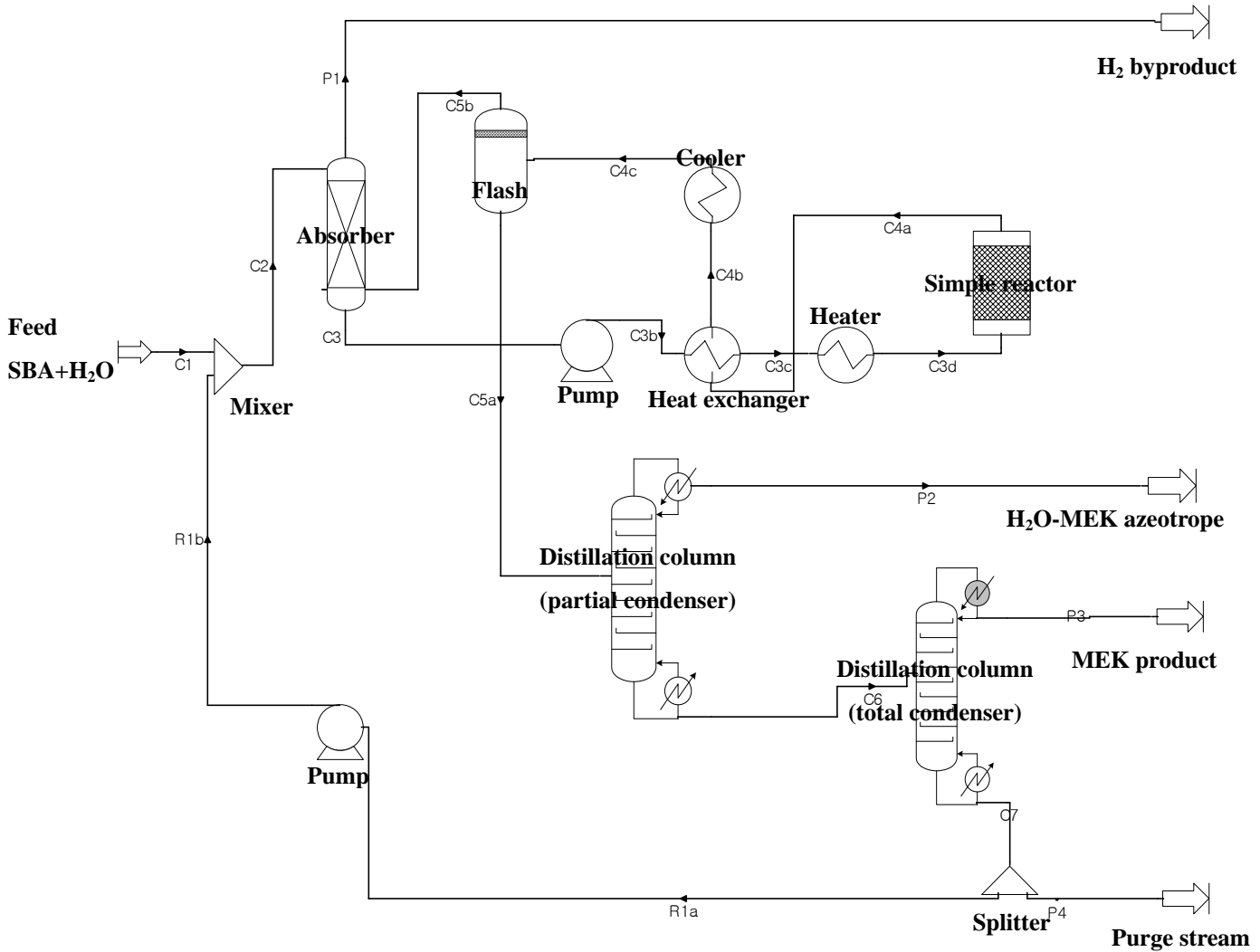


## MEK 공정 모사 및 경제성 평가

**문제 개요:** MEK 는 대기압, 온도 633K, 구리촉매 반응기에서 SBA (second butyl alcohol or 2-butanol,  $C_2H_5HCOHCH_3$ ) 의 탈수소화 흡열반응으로 약 90% 전환율로서 생성된다. 생성된 MEK 를 분리생산공정의 흐름도는 다음과 같다.



<그림 1> SBA 로부터 MEK 생산 공정흐름도 (Mallick et al., 1996)

이 공정흐름도를 기본으로 MEK 순도 98% 와 98.5 % 두가지 가능성에 대하여 공정의 운전조건을 모사프로그램을 이용하여 구하였다. 주어진 2 가지 순도에 대한 두 결과파일을 분석하여 다음에 답하시오. 경제성평가와 환경영향평가를 위한 기초자료는 <표 1> 과 <표 2> 에 나타내었다.

**보조자료: 경제성평가 및 환경영향평가를 위한 값들**

본 공정의 경제성평가는 단순히 변동비 (variable cost) 중에서, 비용으로서는 원료비, 냉각수, 가열수증기비, 펌프 전력비, 수익으로서는 MEK 판매가격만 고려하기로 한다. 다음 표는 1996 년 기준 가격이다.

<표 1> 1996 년 기준 냉각수, 가열수증기, 가압전력 그리고 원료 가격 (Lim et al., 1999).

	price	divers
Cooling water	$2.512 \times 10^{-6}$ \$/kcal	
Heating steam	$3.1699 \times 10^{-5}$ \$/kcal	
Compressing power	0.135 \$/kWh	
SBA raw material	0.095 \$/kg	Mw = 74.1 g/mol
MEK product material (98% 순도기준)	0.65 \$/kg	Mw = 72.1 g/mol
MEK product material (98.5% 순도기준)	0.7 \$/kg	Mw = 72.1 g/mol

<표 2> 은 원료인 SBA 와 MEK 생성물에 대한 환경영향값 (Imp/kmol) 을 보여준다. 수소와 물은 환경영향값을 무시하기로 한다.

<표 2> SBA 와 MEK 의 환경영향값

Material	Environmental Impact value	T <sub>b</sub>
SBA	0.9209 Imp/kmol	372.3 K
MEK	23.6117 Imp/kmol	352.3 K
Water	0	373.2 K
Hydrogen	0	20.4 K

문제:

1. 2 차 완전응축 증류탑의 단수를 계산하기 위하여 McCabe-Thiele 방법으로 구하시오. 단, 1 기압 90 °C

에서 MEK와 SBA 의 상평형계수는,  $K_{MEK} = \frac{y_{MEK}}{x_{MEK}} = 1.2$ ,  $K_{SBA} = \frac{y_{SBA}}{x_{SBA}} = 0.7$  이고, 주입량에 대한 기화율

$f = \frac{V}{F} = 0.6$  이며, 환류비(R<sub>D</sub>)=2 라고 한다. 증류탑 상부 증류물질은 MEK 의 순도는 0.98 이고, 하부

분리물의 순도는 SBA 기준으로 0.99 이다. 이 증류탑으로 들어가는 원료의 액상 몰비  $x_{MEK} = 0.9$  이라고 한다. 원료의 총유량은 50 kmol/h 로 한다 (20).

1) McCabe-Thiele 방법으로 구한 이론단수는 얼마인가?

2) 단효율  $\eta = 0.75$  라고 하면, 실제단수는 몇 단인가?

2. 98% MEK 순도에 대한 결과파일을 보고 다음에 답하시오 (25). 가능하다면, 모든 값은 소수점 두자리, 그리고 유효숫자 네자리까지 기입하시오.

1) 1 차 증류탑 장치 모사를 위해 쓰여진 열역학 모델은 무엇인가?

2) 2 차 증류탑 장치에 대한 유입선과 유출선을 그리고, 각 흐름에서의 성분별 몰유속 (kmol/hr) 을 쓰시오. 각 흐름선에서의 총유량에 대한 유입과 유출 질량은 보존되는지 검산하시오.

3) 1 차 증류탑 장치에 대한 유입선과 유출선을 그림으로 표현하고, 유입/유출선에서의 총질량 (kg/hr) 및 총에너지양 (kcal/hr) 을 쓰시오. 유입과 유출 에너지는 보존되는지 계산하시오.

4) 찬 원료와 뜨거운 생성물 사이의 열교환기에서의 온도변화를 도식화하고, 열교환량 (kcal/hr) 을 적으시오. 이 열교환기의 열교환면적 ( $m^2$ ) 은 얼마인가?

5) Constraints and recycles equipment (SPEC unit) 의 정보흐름에 관하여 설명하고, 초기 분할기 (splitter) 의 분할율 (split ratio) 은 0.2 로 설정하였는데, 최종값은 얼마인지 적으시오.

**3. MEK 순도 98% 공정을 A 공정 그리고 98.5% 공정을 B 공정이라고 하고, 두 공정에 대한 결과파일을 보고 다음에 답하시오 (35).**

1) 이 공정에서 모든 냉각장치는 냉각수 (cooling water) 를 사용한다고 한다. 두 결과파일을 보고, 두 공정에서 필요로 하는 총 냉각수 용량 (kcal/hr) 을 구하고, 이에 따른 비용을 비교하시오. 냉각장치는 cooler 와 증류탑 condenser 에서 사용된다.

2) 이 공정에서 모든 가열장치는 수증기 (steam) 를 사용한다고 한다. 두 결과파일을 보고, 두 공정에서 필요로 하는 총 수증기 용량 (kcal/hr) 을 구하고, 이에 따른 비용을 비교하시오. 가열장치는 heater, 증류탑 reboiler, 그리고 등온반응기 열공급에서 사용된다.

3) 이 두 공정에서 사용되는 펌프의 총용량 (kcal/hr) 은 각각 얼마인가?  $1 \text{ kcal/hr} = 1.1622 \times 10^{-3} \text{ kWh/hr}$  이라고 할 때, 두 공정에 대한 비용을 비교하시오.

4) C1 흐름선을 보면 유입되는 원료는 3593.93 kg/hr 이다. 원료구입비를 포함한 총 비용 (냉각수, 수증기, 펌프 전력 비용도 포함) 을 두 공정에 대하여 구하시오.

5) 두 공정에서 P3 흐름선의 유량을 찾아서 두 공정의 생산품 판매액을 각각 구하시오.

6) 생산품판매액에서 총비용을 뺀 순이익금을 두 공정에 대하여 구하시오.

7) P3 흐름선은 제품으로서 환경영향값 계산에서 제외된다고 한다. 환경영향값을 고려하는 흐름선은 원료 공급선 (C1), 유출선 (P1, P2, P4) 이라고 한다. 각 흐름선에서의 성분별 몰유량을 찾아서 총 환경영향값을 두 공정에 대하여 구하시오. 환경영향값은 <표 2> 를 참조한다.

**4. 위에서 구한 경제성평가와 환경영향평가를 바탕으로 두 공정에 대하여 분석하고자 한다 (20).**

1) 순이익금을 총환경영향값으로 나누어 두 공정에 대한 \$/Imp 를 구하시오.

2) A 그리고 B 공정중 어떤 공정을 선택할 것인지 판단하시오.

**5. 공정설계 수업에 있어서 본인에게 도움이 되었던 점, 교수의 부족한 점, 또는 적고 싶은 의견을 쓰세요 (5).**