

[2017학년도 단국대학교 화학공학과 실험실습 교안]

화공시스템실험

담당교수: 홍인권, 이우걸, 이용걸, 이승범

실험조교: 김용수, 김수인, 박보라, 이원재

2017년 3월 1일

단국대학교 공과대학 화학공학과

목 차

I. 화공시스템 실험실습 개요	1
II. 실험 주제	2
1) 에탄올 개질반응 (합성가스화) 공정	2
2) 바이오 디젤 제조공정	7
3) 색소 추출공정	11
4) 고분자 축중합 공정	14
5) 화장품(유화액) 제조 공정	17
III. 단국대학교 화학공학과 실험/실습 안전관리 지침	23

I. 교과목 개요

1) 교과목 목표

본 과정은 화학공정 모델 시스템에 대한 개념설계, 구현 및 최적화를 위한 실험 실습을 포함한다.

- 화학공정을 대표하는 연속반응공정, 회분식반응공정, 중합공정, 바이오디젤제조 공정, 추출/분리공정 등을 설계하고 구현한다.

- 화학공정 모사 및 제어계측 프로그램 (Aspen package, LabVIEW)을 활용하여 필요한 실험도구들을 요구된 목표로 최적 변환하는 의사결정과정을 익히도록 한다.

- 이러한 일련의 과정을 통하여 화공엔지니어로서 갖추어야 문제해결 능력을 함양한다. 따라서 실험실습에 임하는 태도와 협동심 등 팀웍이 요구된다.

2) 화학공정 모사 및 계측 프로그램

- 화학공정 모사 프로그램 (ASPEN Package)은 화학공정을 열역학을 이용하여 수학적으로 모델화하고 계산하여 실제 공정과정 중에서 일어나는 다양한 현상을 모사한다. 시스템 개념설계와 운전 효율을 높일 수 있다.

- 시스템 계측/제어 프로그램인 LabVIEW는 가장 범용적으로 사용되는 엔지니어링 도구로 시스템의 시각화 및 코드화에 사용되는 그래픽 프로그래밍 구문을 통해 테스트 시간을 단축하고, 측정하고자 하는 데이터를 쉽게 얻고 관측/제어할 수 있다.

II. 실험 주제 및 내용

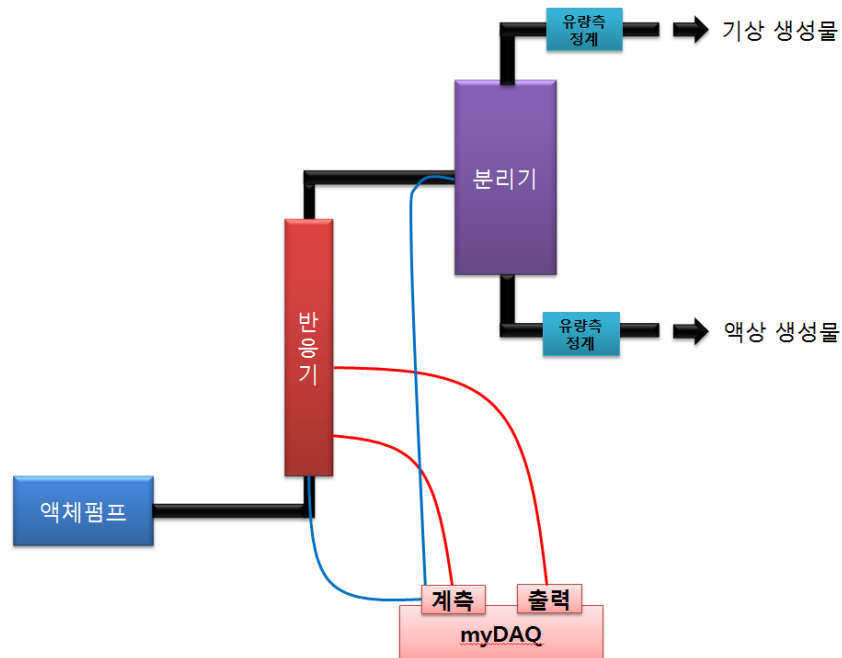
주제 # 1) 에탄올 개질반응 (합성가스 생성) 공정

1. 실험목표

- 정성적 목표: 에탄올 개질반응 시스템 설계 및 구현
- 정량적 목표: 에탄올로부터 합성가스(H_2+CO) 유량 100ccm 를 제조한다

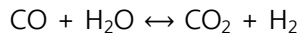
2. 실험 내용

- 1) 개념: 에탄올을 이용한 합성가스 제조 공정 설계 및 구현
- 2) 공정: 에탄올 주입공정(액체펌프) + 반응공정(반응기) + 분리공정(분리기)
- 3) 개념도:



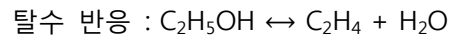
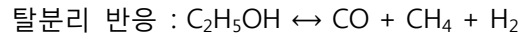
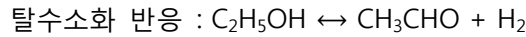
4) 원리 (구성 물질 및 단위공정의 특성)

- 반응식 : $C_2H_5OH + 3H_2O \leftrightarrow 2CO + 6H_2$
- EtOH reforming reaction



- Water-Gas shift reaction

- 열역학적 특성 : 주 반응은 흡열반응이며, 다음과 같은 부반응을 수반하기도 한다.



열역학적 평형조성 계산은 일반적으로 잘 알려진 화학반응식의 평형상수를 사용하여 간단한 반응일 경우 비교적 쉽게 얻을 수 있으나 단위반응 개수가 늘어나고 조건이 다변화함에 따라 그 계산이 복잡하게 되는데, 이러한 경우 시스템을 구성하는 성분들에 대한 깁스 자유 에너지가 최소화되는 해당성분의 몰농도를 산출하여 평형농도를 얻을 수 있다. 시스템에서 총 깁스 자유에너지는 화학종 각각의 몰수 n_i 를 고려하여 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} G &= \sum_{i=1}^k \sum \mu_i n_i \\ &= \sum_{i=1}^k n_i \Delta G_i^0 + RT \left(\sum_{i=1}^k n_i \ln y_i + \sum_{i=1}^k n_i \ln P \right) \end{aligned}$$

한편 일정 온도와 압력 하에서의 시스템의 평형은 다음과 같은 조건을 만족한다.

$$dG = \sum_{i=1}^k \mu_i dn_i$$

따라서 주어진 반응조건(온도, 압력)하에서 에탄올 개질반응의 평형농도를 계산하기 위해 Aspen Plus의 Rgibbs 기능을 사용하여 깁스 자유에너지(G)를 최소화값을 구하고 이에 따른 평형조성을 산출한다.

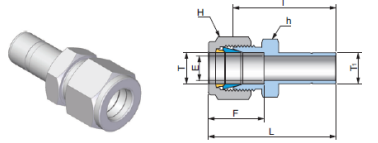
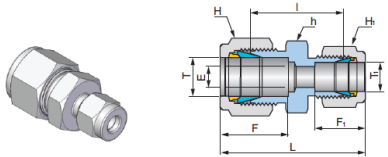
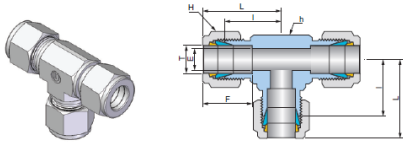
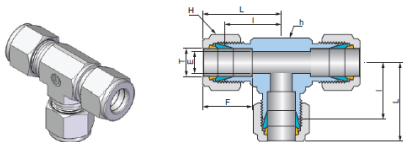
5) 설계 요소: 경제성(효율성), 작업용이성(최적화), 예측가능설계(제어가능)

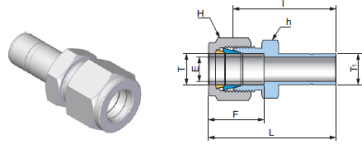
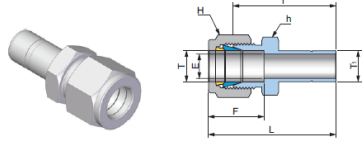
- 주요변수(측정/계측인자): 반응물 조성, 주입온도, 반응기온도, 분리기 온도, 생성물(기상) 유량, 생성물(액상) 유량

- 제어변수(제어인자): 반응기의 온도(히팅밴드의 온도), 반응물(액상) 유량

3. 장치구성

- 에탄올/물 혼합액 주입공정 : 액체펌프
- 에탄올/물 개질반응 공정 : 튜빙/피팅 + 히팅밴드 + DAQ
- 생성물 분리 공정 : 피팅/튜빙
- 필요 물품 : 액체펌프, 볼유량계(0~250ccm), DAQ, 피팅/튜빙류(아래 표 참조)

공정	피팅/튜빙류		
에탄올/물 주입 공정	1/16" 튜빙	0.2~0.5 m	
	1/16" to 1/4" Reducer	1 ea	
에탄올/물 개질 반응 공정	1/4" to 3/8" Reducing union	2 ea	
	3/8" 튜빙	1 m	
	1/4" 튜빙	1 m	
	히팅밴드	1 ea	
	Thermocouple	3 ea	
생성물 분리 공정	1/4" Tee union	1 ea	
	1/4" 튜빙	1.5 m	
	1/8" 튜빙	3 m	
	3/4" Tee union	1 ea	

	1/4" to 3/4" Reducer	3 ea	
	1/4" to 1/8" Reducer	1 ea	

4. 설계 및 구현 (실험방법)

1) 시스템 설계 :

㉠ ASPEN Plus를 활용하여 에탄올/물 몰비, 반응온도, 유량에 따른 열역학적 평형치를 계산하고 최적의 반응조건을 설계한다.

㉡ LabVIEW를 활용하여 시스템을 계측/조절 할 프로그램을 설계한다.

2) 시스템 제작 :

㉠ 주입공정 : 액체펌프/피팅&튜브를 사용하여 개념도를 바탕으로 제작한다.

㉡ 반응공정 : 피팅&튜브/히팅밴드와 DAQ를 사용하여 개념도를 바탕으로 제작한다.

㉢ 분리공정 : 피팅&튜브/유량측정계를 사용하여 개념도를 바탕으로 제작한다.

3) 시스템 운전 및 최적화 :

㉠ 주입공정 : ASPEN Plus를 통해 계산된 최적의 유량값을 LabVIEW를 통하여 유량이 알맞게 계측 되는지 모니터링하며 기록한다.

㉡ 반응공정 : ASPEN Plus를 통해 계산된 최적의 반응온도를 LabVIEW를 통하여 온도가 알맞게 계측/조절이 되는지 모니터링하며 기록한다.

㉢ 분리공정 : 유량측정계에서 측정된 값을 LabVIEW를 통하여 기록하고, 목표치(합성가스 유량 100ccm)에 부합한 결과가 나타나는지 기록하고, Mass balance를 계산한다. 그리고 ASPEN Plus에서 계산한 결과값과 비교하여 본다.

5. 조원의 역할

- ASPEN Plus 설계 및 결과값 정리 : 2명

- 피팅/튜빙을 활용한 반응기 제작 : 2명
- LabVIEW 프로그램을 활용한 계측/조절 프로그램 제작 : 1명

6. 참고문헌

- 1) H.-K. Lim, "Ethanol Steam Reforming Reaction for a Clean Hydrogen Production and its Application in a Membrane Reactor", CLEAN TECHNOLOGY, Vol. 19, No. 4, 2013, 379~387.
- 2) C.-H. Park, K.-S. Kim, J.-W. Jun, S.-Y. Cho, Y.-K. Lee, J. Korean Ind. Eng. Chem., "수소제조를 위한 DME 수증기 개질반응의 열역학적 특성", Vol. 20, No. 2, 2009, 186-190.
- 3) Kyoung-Suk Kim, Yong-Kul Lee, "The Active Phase of NaCo/ZnO Catalyst for Ethanol Steam Reforming: EXAFS and in situ XANES Studies", International Journal of Hydrogen Energy, 35 (2010) 5378-5382.
- 4) Yong-Kul Lee, Kyoung-Suk Kim, Jin-Goo Ahn, In-Hyuk Son, Woo Cheol Shin, "Hydrogen production from ethanol over Co/ZnO catalyst in a multi-layered reformer", International Journal of Hydrogen Energy, 35(2010)1147

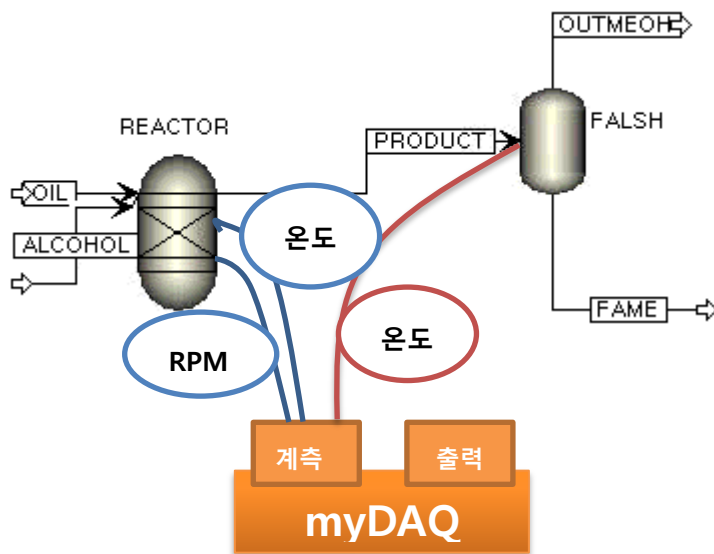
주제 # 2) 바이오디젤 제조 공정

1. 실험목표

- 정성적 목표: 식물성, 동물성 기름을 통한 바이오디젤 제조
- 정량적 목표: 최종 제품의 FAME(Fatty Acid Methyl Ester) 96.5% 이상으로 한다(품질기준 BOD100)

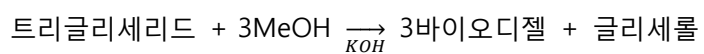
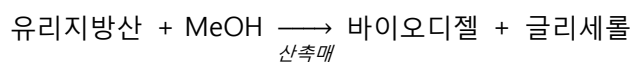
2. 실험 내용

- 1) 개념: 동,식물성 기름을 이용한 바이오디젤 제조
- 2) 공정: 반응공정 + 분리공정 + 분석(GC)
- 3) 개념도: 트리 글리세라이드와 메탄올 간 전이 에스테르화 반응을 통한 바이오디젤 변환



4) 원리 (구성 물질 및 단위공정의 특성)

- 반응식



5) 설계 요소 : 예측가능설계 (제어가능)

- 주요변수(측정/계측인자)

측정인자 - 반응시간, 촉매량(wt%), Oil/MeOH 비율,

계측인자 - 반응기 및 분리기온도, RPM

- 제어변수(제어인자): 반응기 및 분리기온도, RPM

3. 장치구성

- 주입공정 : 항온조

- 반응공정 : 비커, 가열교반기

- 분리공정 : 비커, 가열교반기

- 분석 : GC(Gas Chromatography)

- 필요물품 : 메탄올, 메탄올 표준물질, KOH

4. 설계 및 구현 (실험방법)

1) 시스템 설계

㉠ ASPEN Plus를 활용하여 메탄올/기름 물 비, 반응온도에 따른 열역학적 평형치를 계산하고 최적의 반응조건을 설계한다.

㉡ LabVIEW를 활용하여 시스템을 계측/조절 할 프로그램을 설계한다.

2) 시스템 제작

㉠ 주입공정 : 항온조를 이용해 (메탄올 + KOH + Oil) 용액을 50°C 까지 상승시킨다.

㉡ 반응공정 : 비이커 / 핫플레이트 / 교반기를 이용해 50°C, 300RPM, 30분 실험을 진행한다.

㉢ 분리공정 : 가열을 통한 남은 메탄올 제거 및 밀도 차를 이용한 분리를 통해 글리세롤과 바이오디젤을 분리.

㊤ 분석 : GC(Gas Chromatography)를 통한 FAME(Fatty Acid Methyl Ester) 분석(96.5% 이상)

3) 시스템 운전 및 최적화

㉠ 주입공정 : ASPEN Plus를 통해 계산된 최적의 몰 비율로 주입하고, LabVIEW를 통해 온도 및 RPM(교반속도) 계측한다.

㉡ 반응공정 : ASPEN Plus를 통해 계산된 최적의 반응온도를 LabVIEW를 통하여 온도가 알맞게 계측/조절이 되는지 모니터링하며 기록한다.

㉢ 분리공정 : 끓는점 차이를 이용한 메탄올 / FAME 분리공정을 LabVIEW를 통하여 기록하고, 밀도차이를 이용한 글리세롤 / 바이오디젤 분리공정을 진행한다.

㊤ 분석 : GC(Gas Chromatography)를 통한 FAME %(Percentage)분석.

4) 예상결과

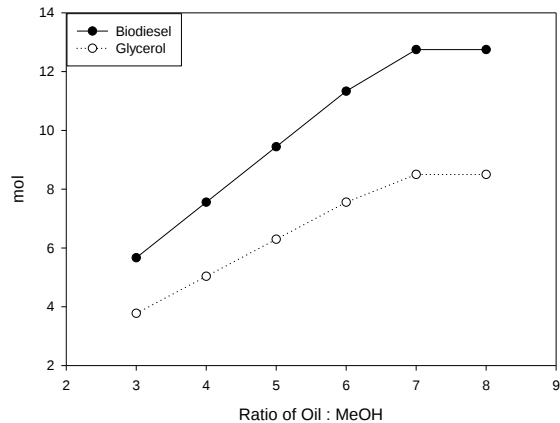
Oil/MeOH ratio 변화에 따른 열역학적 평형 파악

4)-1 Chart

	Row/Case	Status	VARY 1 MEOH MIXED METHANOLMOL LBMOL/HR	BIODIESE LBMOL/HR	GLYCEROL LBMOL/HR
▶	1	OK	12	5.66667	3.77778
▶	2	OK	16	7.55556	5.03704
▶	3	OK	20	9.44444	6.2963
▶	4	OK	24	11.3333	7.55556
▶	5	OK	28	12.75	8.5
▶	6	OK	32	12.75	8.5

4)-2 Graph

기름 : 메탄올 비율에 따른 FAME 성분 [mol]



5. 조원의 역할

- 기기 관리 (2인)

기기의 이상 확인 및 조립 분해 시, 기기 정리.

- 안전 관리 (1인)

기기 조립 및 분해 시에, 위험요소 제거 및 폭발 시약 확인.

- 설계 관리 (2인)

Aspen 및 Labview Program 설계 및 공정.

6. 참고문헌

- M. Mohamad, N. Ngadi, S.L.Wong, M. Jusoh, N.Y. Yahya, Prediction of biodiesel yield during transesterification process using response surface methodology, Fuel, 190, 104-112 (2015)
- Boro J, Konwar LJ, Thakur AJ, Deka D. Ba doped CaO derived from waste shells of Tstriatula (TS-CaO) as heterogeneous catalyst for biodiesel production. Fuel 2014;129:182–7.
- Brunschwig C, Moussavou W, Blin J. Use of bioethanol for biodiesel production. Prog Energy Combust Sci 2012;38:283–301.

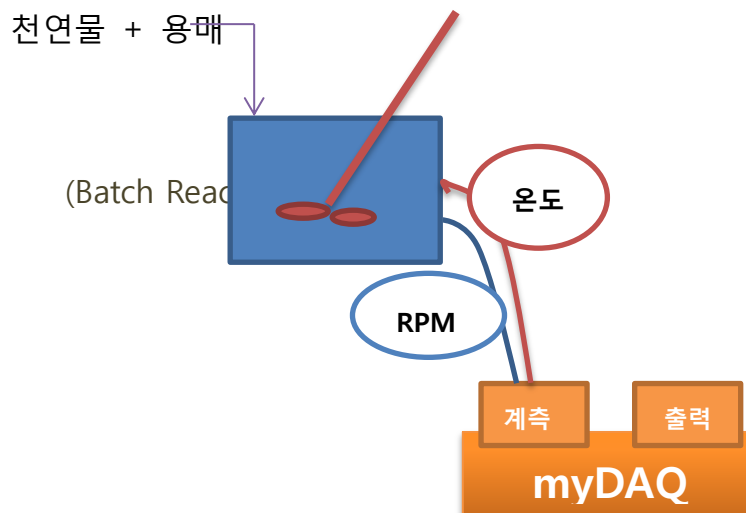
주제 # 3) 색소추출/분리 공정

1. 실험 목표

- 정성적 목표: 천연물 색소 추출 및 염색 공정 혹은 제품 생산 및 경제성평가
- 정량적 목표: 유기용매, 천연색소의 Solubility Parameter를 계산한 뒤, 용해도 차이를 이용해 천연색소 추출 ($\Delta E \leq 10$ / $\Delta E = \sqrt{(L2 - L1)^2 + (a2 - a1)^2 + (b2 - b1)^2}$) 목표

2. 실험 내용

- 1) 개념: 용해도 차이를 이용한 천연색소 추출
- 2) 공정: 회분식 공정 + 추출공정 + 분석(경제성 평가)
- 3) 개념도:



4) 원리 (구성 물질 및 단위공정의 특성)

- 각 천연물의 색소 ex)아로니아 – 안토시아닌 / 파슬리 – 클로로필 의 용해도 계수와, 용매의 용해도 계수의 차이가 적을수록, 추출이 잘되므로 이를 계산하고, 분석해 천연색소 추출의 최적화 공정을 설계할 수 있다.

5) 설계 요소 : 경제성(효율성), 작업용이성(최적화), 예측가능설계 (제어가능)

-경제성 (효율성) – 색소의 추출 정도에 따른 제품 성능변환 및 가격변화를 비교

-주요변수(측정/계측인자) - pH, RPM, 온도, 시간 (수용액) / 온도, RPM, 시간 (유기용액)

측정인자 - 반응온도, 반응시간, RPM, pH (수용액) / 반응온도, RPM, 반응시간 (유기용액)

계측인자 – 온도, RPM, 시간

- 제어변수(제어인자): 온도, RPM, 시간, pH

2. 장치구성

- 색차계 (색좌표 분석)

- Batch Reactor / Hot plate / Stirrer

- pH meter

3. 설계 및 구현 (실험방법)

1) 시스템 설계

- Aspen Plus를 통한 경제성 평가

- LabVIEW를 통한 온도 및 RPM의 제어 그리고 pH의 측정

2) 시스템 제작

㉠ 회분식공정 : 비이커 / Hot plate / Stirrer를 이용해 천연물에 있는 색소를 추출한다.

㉡ 추출공정 : 용매를 바꾸어가며, 여러 용매로 실험을 진행한다.

㉢ 분석(색 분석/ 경제성 평가) : 색차계를 이용한 L, a, b 색 좌표를 분석하고, Aspen Plus를 이용한 경제성 평가를 진행한다. 이 때, 최종 생산물은 염색 물질 등으로 선정한다.

3) 시스템 운전 및 최적화

㉠ 회분식공정 : LabVIEW를 이용하여 계측인자를 측정한다.

㉡ 추출공정 : 용해도 지수 개념을 도입하여, 여러 용매 중 천연색소와 용해도가 가장 유사한 용

매를 찾는다. 위 실험은 LabVIEW를 통한 온도 및 RPM의 제어 및 측정이 필요하다.

㊸ 분석(색 분석/ 경제성 평가) : 색차계를 통한 분석으로 목표치에 가장 적절한 색을 책정하고, 그에 맞춰 물품 생산 뒤 이의 경제성 평가를 진행한다.

(Input = 원료, 노동비 등 / Output = Product)

4. 조원의 역할

- 기기 관리 (2인)

기기의 이상 확인 및 조립 분해 시, 기기 정리.

- 안전 관리 (1인)

기기 조립 및 분해 시에, 위험요소 제거 및 폭발 시약 확인.

- 설계 관리 (2인)

Aspen 및 Labview Program 설계 및 공정.

5. 참고문헌

1. M. M. Kamel, R. M. El-Shishtawy, B. M. Yussef, and H. Mashaly, Ultrasonic assisted dyeing III. Dyeing of wool with lac as a natural dye, *Dyes Pigm.*, **65**(2), 103-110 (2005).
2. Jie Xia, Hui Wang, Qi-Mei Zhang, Zheng Zheng, and Zhong-Mou Han, The therapeutic effect of curcumin in male albino rats and its putative mechanisms on cerebral microvascular flow, *Brain Res.*, **1642**, 131-135 (2016).
3. H. Ghouila, N. Meksi, W. Haddar, M. F. Mhenni, and H. B. Jannet, Extraction, identification and dyeing studies of Isosalipurposide, a natural chalcone dye from *Acacia cyanophylla* flowers on wool, *Ind. Crops Prod.*, **35**(1), 31-36 (2012).
4. I. K. Hong, H. Jeon, and S. B. Lee, Extraction of natural dye from gardenia and chromaticity analysis according to chi parameter, *J. Ind. Eng. Chem.*, **24**, 326-332 (2015).

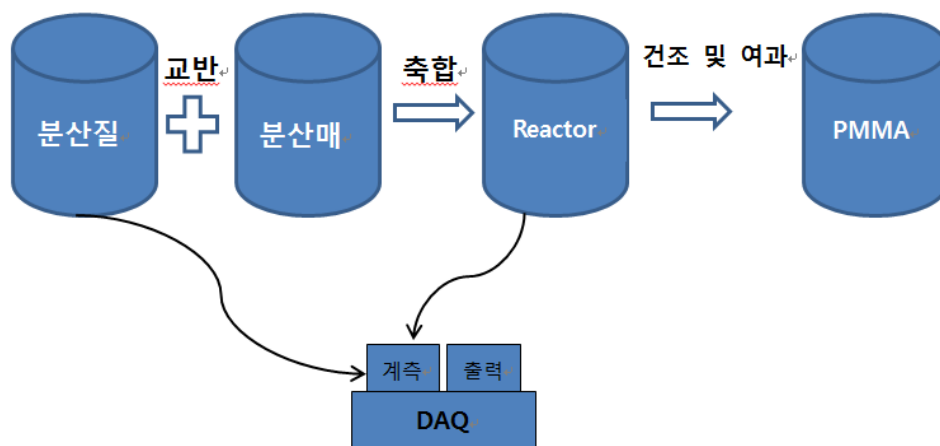
주제 # 4) 고분자 축/중합 공정

1. 실험 목표

- 정성적 목표: 현탁중합, 벌크중합, 현탁&벌크중합을 통해 MMA로부터 PMMA를 합성

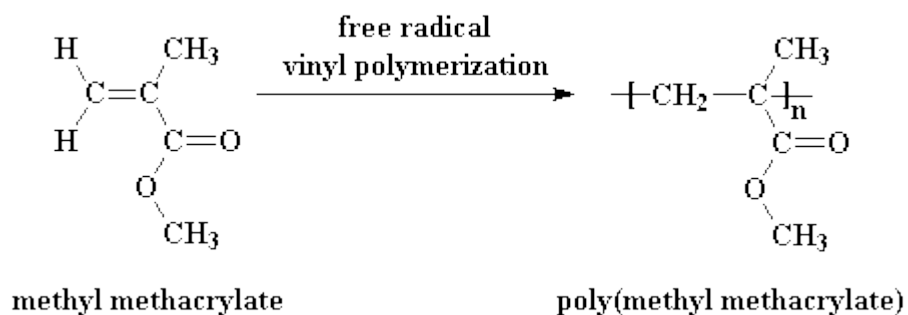
2. 실험 내용

- 1) 개념: 단량체 MMA를 여러가지 축합방법들을 통해 고분자 PMMA를 제조 공정 설계 및 구현
- 2) 공정: 개시제 및 반응물의 주입공정 + 반응공정 + 생성된 고분자 PMMA 분리공정
- 3) 개념도: MMA-PMMA 중합과정



4) 원리 (구성 물질 및 단위공정의 특성)

-반응식



- 열역학적 특성 : 발열반응

5) 설계 요소: 경향성, 예측가능설계 (제어가능)

- 주요변수(측정/계측인자): 반응기 온도, 교반속도, 중합시간, 개시제의 농도

- 제어변수(제어인자): 반응기 온도, 교반속도

2. 장치구성

가열공정 및 교반공정 : Heating Plate

여과 공정 : Aspirator

건조 공정 : Dry oven

3. 설계 및 구현 (실험방법)

1) 현탁중합 (주요 변수들은 평균적인 범위 내에서 값을 자체적으로 설정하여 실험진행)

- ① 플라스크에 증류수 200ml를 넣고 안정제(PVA) (0.5g~2g) 첨가하여 정해진 온도에서 완전히 녹을 때 까지 교반한다.
- ② 비커에 MMA를 정해진 양만큼 (40m~50m)l 넣고 개시제(BPO) (0.5g~2g)를 첨가하여 완전히 녹을 때 까지 교반한다.
- ③ 교반이 끝난 분산질을 분산매가 있는 플라스크에 천천히 투입하여 교반한다. (①에서 만든 용액에 ②에서 만든 용액을 천천히 투입)
- ④ 온도를 유지하며 정해진 시간(60분~90분)에 (400~500)rpm 속도로 중합을 실시한 후 반응물을 과량의 메탄올에 천천히 넣어 PMMA를 침전시킨다. 반응이 일어나는 반응기의 온도가 일정한지 Lab View로 계측 및 기록
- ⑤ 증류수로 남은 MMA를 제거하고 아스피레이터를 이용하여 PMMA를 분리하여 건조 시킨 후 질량을 측정하고 수득률을 계산한다.

4. 조원의 역할

아스펜 설계 1명

랩뷰 설계 2명

실험진행 2명

5. 참고문헌

Ellis, M. F., Taylor, T. W. X., Gonzalez, V., & Jensen, K. F. (1988). Estimation of the Molecular Weight Distribution in Batch Polymerization. *AIChE J.*, 34, p. 1341.

Ellis, M. F. (1990). Online Control and Estimation of the Molecular Weight Distribution in a Batch Polymerization Reactor. PhD Thesis, Dept. of Chem. Engr., Univ. of Minn.

Tulig, T. J., & Tirrell, M. (1981). Toward a Molecular Theory of the Trommsdorff Effect. *Macromolecules*, 14, p. 1501.

주제 # 5) 유화액(화장품) 제조 공정

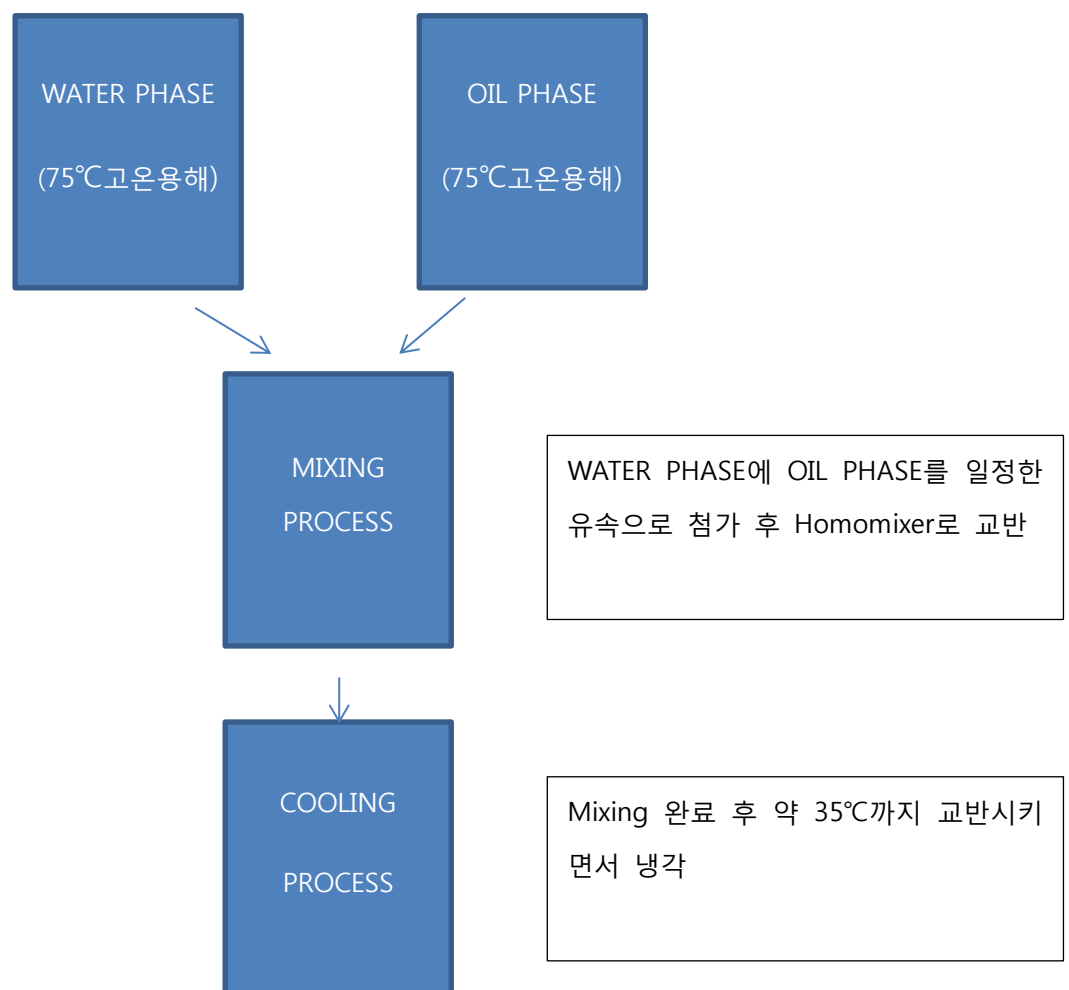
1. 실험 목표

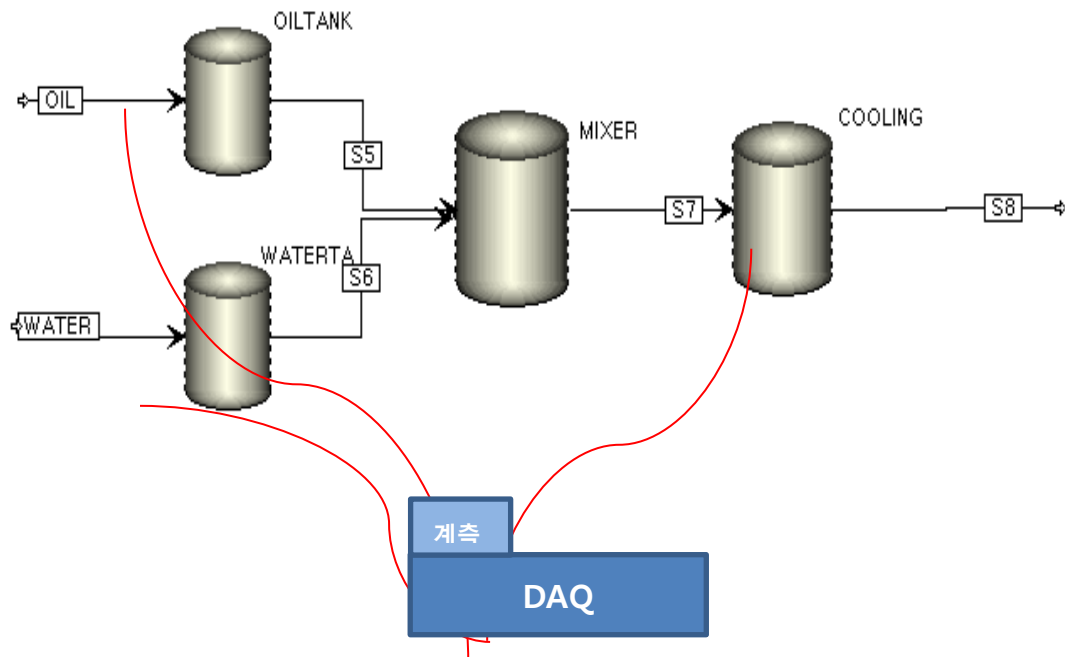
- 정성적 목표: 안정화된 유화액 제조 및 분석
- 정량적 목표: 제조 후 7일 경과 시 육안으로 층분리가 관찰되지 않는 안정화된 유화액 제조 (ex. 제조 7일후 점도 변화율 50%이내, 액적크기 변화율 20%이내)

2. 실험 내용

- 1) 개념: 계면활성제를 이용한 O/W 제형의 유화액 제조 공정 설계 및 구현
- 2) 공정: Oil phase, Water phase 각각 가열용해 공정 + Mixing 공정 + 냉각 공정

3) 개념도:





4) 원리 (구성 물질 및 단위공정의 특성)

- 기본 개념: 화장용 크림제조의 기본원리인 유화과정은 섞이지 않는 두 액체성분에 유화제(emulsifier)를 첨가하여 한쪽의 액체를 다른 쪽의 액체에 분산하여 안정화된 유제를 만드는 것을 의미한다. 유화제란 꼬리부분에 친유성을 가지는 사슬 모양의 alkyl기와 head부분에 친수성을 가지는 carboxyl기로 구성되어 있다. 따라서 두 액체의 계면에 흡착하여 계면장력을 저하시켜 두 상을 서로 잘 섞이게 한다. 유화액의 종류로는 크게 단일유화제와 복합유화제로 구분하며, 단일유화제에 비해 복합유화제의 사용이 더 높은 유화 안정성을 높다. 유화액의 물리적 성질은 유화제의 종류, 유화제의 양, 용해 조건 등 여러 변수에 따라 다양한 결과를 나타낸다. 이러한 유화제는 화학 구조로부터 hydrophilic lipophilic balance (HLB)를 계산하는 방법으로 분류한다 [2]. HLB 값은 계면활성제의 친수성과 친유성의 정도를 나타내며, HLB 값이 클수록 친수성이 강하며 작을수록 친유성이 큰 성질을 의미한다. 유화제는 음이온성 유화제, 양이온성 유화제 그리고 비이온성 유화제로 구분할 수 있는데 양이온성 유화제는 세정력이 약하고 음이온성 유화제는 센물에서 용해되지 않는 반면 비이온성 유화제는 피부 안정성이 높고, 수용액에서 전하를 띄지 않기 때문에 화장품 제조 시 주로 비이온성 유화제를 사용한다

- 사용 물질

	Ingredient	Composition [wt.%]	Characteristics
Water phase	Ultrapure water	58.1	Main substance of water phase, Humectant
	Glycerin	7.0	Viscous liquid, Humectant
	Butylene glycol	3.0	Humectant, Reduce the viscosity
Oil phase	Mineral Oil	25.0	Evaporation blocker
	Cetyl alcohol	2.0	Emulsifying stabilizer, Increase the viscosity
	TWEEN 80	3.8	Emulsifier
	SPAN 80	1.1	Emulsifier
Total		100.0	

- 비이온 계면활성제

	Emulsifier	HLB value	Formula	Molar mass [g/mol]
	polyoxyethylene sorbitan monooleate (TWEEN 80)	15.0	$C_{64}H_{124}O_{26}$	1,310
	sorbitan monooleate (SPAN 80)	4.3	$C_{24}H_{44}O_6$	428.60

5) 설계 요소: 경제성(효율성), 작업용이성,(최적화), 예측가능설계 (제어가능)

- 주요변수(측정/계측인자): homomixer RPM , 온도, mixing 시간,

- 제어변수(제어인자): homomixer RPM , 온도, mixing 시간,

- 분석: viscometer, droplet size

6) 실험 방법

① 2개의 비커 각각에 water phase 성분과 oil phase 성분을 각각 정해진 레시피에 따라 총 질량 400g에 맞춰 측정한다.

② 2개의 비커를 항온조에 넣고 75°C까지 교반하며 용해시킨다.

③ 두 비커 모두 75°C에 도달하면 수상성분이 들어있는 비커에 유상성분을 천천히 넣어주며 호모믹서를 이용하여 약 2000~3000rpm에서 약 3분~10분간 유화시켜준다.

④ 유화가 완료되면 항온조에 차가운 물을 넣고 유화액이 35°C가 될 때까지 교반하며 냉각시킨다

⑤ 냉각시킨 유화액을 보관용기에 담고 7일동안 상온에서 보관한다.

⑥ 안정성 평가를 위해 광학현미경을 이용하여 x400 배율로 유화 액적의 밀집도와 모양 및 크기를 측정한다.

⑦ 평균액적의 크기를 측정하기 위해 zeta-potential 기계를 사용하여 유화액의 평균 입자 크기를 측정한다.

3. 장치구성

- 가열용해 공정: water bath, stirrer

- Mixing 공정: homomixer

- 냉각 공정: water bath, stirrer

4. 설계 및 구현 (실험방법)

1) 시스템 설계

- ASPEN PLUS를 활용하여 공정도를 설계하고 경제성을 평가하기 위해 반응물의 단가와 공정 시 사용되는 에너지, 생성물의 경제적 가치 등을 계산한다.

- LABVIEW를 활용하여 시스템을 계측/조절 할 프로그램을 설계한다.

2) 시스템 제작

- 고온용해 공정 : 항온조를 이용해 OIL PHASE와 WATER PHASE 성분들을 각각 따로 용해시킨다.
- MIXING 공정 : Homomixer를 이용하여 개념도를 바탕으로 제작한다.
- 냉각 공정 : 항온조와 DAQ를 사용하여 개념도를 바탕으로 제작한다.

3) 시스템 운전 및 최적화

<시스템 운전>

- 고온용해 공정 : LABVIEW를 통해 원하는 온도로 잘 계측되는지 모니터링하며 기록한다.
- MIXING 공정 : Homomixer RPM과 교반시간을 LABVIEW에 기록한다.
- 냉각 공정 : LABVIEW를 통해 원하는 온도로 잘 계측되는지 모니터링하고 최종 제조된 화장품의 안정성 평가는 일주일 후 진행한다.

<운전 범위>

- 고온 용해 시 적정 온도 : 70~75°C
- Homogenizer 적정 RPM : 3500~5000 RPM
- homogenizer 공정시간 : 5분~15분
- 냉각 온도 : 30~35°C

5. 조원의 역할

- ASPEN PLUS 설계 : 2명
- 실험 진행 및 공정 제어 : 2명
- LABVIEW 프로그램을 활용한 계측 프로그램 제작 : 1명

6. 참고문헌

1. A. Nesterenko, A. Drelich, H. Lu, D. Clausse, I. Pezron, Influence of a mixed particle/surfactant

emulsifier system on water-in-oil emulsion stability, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, **457**, 49-57 (2014).

2. J. Y. Yeon, B. R. Shin, T. G. Kim, J. M. Seo, C. H. Lee, S. G. Lee, H. B. Pyo, A Study on emulsion stability of o/w and w/s emulsion according to HLB of emulsifier, *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea*, **40** (3), 227-236 (2014).

IV. 단국대학교 화학공학과 실험·실습 안전관리 지침

목적: 본 실험실습 안전관리 지침은 화학물질과 다양한 실습도구의 안전한 활용에 관한 이해를 도모하여, 화학공학 실험실습의 완성도를 높이고 그에 따른 교과목 학습목표에 부합하는 학습성과를 거두기 위해 마련함.

1. 실험실 안전의 원칙

- 1.1 안전한 실험
- 1.2 다른 사람의 안전에 대한 고려
- 1.3 실험과 관련된 위험성에 대한 이해
- 1.4 사고시 행동요령

2. 화공약품의 취급안전

- 2.1. 화공약품의 취급과 사용
- 2.2 화공약품의 성상별 안전조치

3. 유해 위험물질의 안전대책

- 3.1 폭발성 물질
- 3.2 발화성 물질
- 3.3 산화성 물질
- 3.4 인화성 액체
- 3.5 독성물질의 누출방지 대책

4. 실험기구 및 장치의 취급안전

- 4.1 실험기구

5. 실험실 폐기물의 처리

- 5.1 수집 운반상의 일반적 주의
- 5.2 처리상의 일반적 기준

6. 기계·물리실험의 안전

- 6.1 기계·물리실험실에서의 일반적인 주의사항
- 6.2 기계·기구 사용작업

7. 위험장비 및 장치사용 작업

- 7.1 가스용기
- 7.2 고온로
- 7.3 일반적인 전기안전 작업요령

8. 사고시 응급조치

- 8.1 호흡정지
 - 8.2 심한 출혈
 - 8.3 화상
 - 8.4 화학약품에 의한 화상
 - 8.5 외상
-

1. 실험실 안전의 원칙

1.1 안전한 실험

- (1) 위험성을 가진 작업이 있을 경우 반드시 보안경을 착용하고 추가적으로 적절한 보호구를 착용한다.
- (2) 위험하거나 독성이 있는 물질 또는 휘발성이 있는 화학약품 등은 후드내에서 사용한다.
- (3) 금연 등 준수사항을 지키고 모든 위험물 용기에는 위험성에 관한 표지를 부착하여 안전하게 사용할 수 있도록 하여야 한다.

1.2 다른 사람의 안전에 대한 고려

- (1) 주위 사람들의 안전에 대해서도 고려하여야 한다.
- (2) 불안정한 행동을 하는 사람이 있을 경우 안전한 행동을 하도록 주지시켜야 한다.
- (3) 동료에게 실험을 돕도록 할 경우에는 필요한 보호구를 착용시켜 실험하도록 한다.
- (4) 화재나 사고 시 주위사람에게 알린다.

1.3 실험과 관련된 위험성에 대한 이해

- (1) 예방은 안전에서 가장 중요한 요소이므로 어떠한 실험을 계획하거나, 새로운 장비의 사용 및 화학약품을 다루기 전에 작업에 관계된 위험성과 안전조치에 대하여 알고 있어야 한다.

(2) 작업에 대한 위험과 안전조치에 대한 정보를 공개하여 실험실내 모든 사람이 이용할 수 있도록 한다.

1.4 사고시 행동요령

- (1) 사고가 발생하였을 때에는 정확하고 빠르게 대응하여야 한다.
- (2) 실험실내 존치물, 복도 비상 샤워기, 세안장치, 소화전, 소화기 등 안전장비 및 비상구에 대하여 잘 알고 있어야 하며 이러한 안전장비 및 비상구는 항상 사용가능한 상태로 유지하여야 한다.
- (3) 사고가 발생하면 다음 각호와 같이 행동하도록 한다.
 - (가) 신속히 인접부근의 사람들에게 알리고 관련 부서에 도움을 요청하도록 한다. (교내 2133)
 - (나) 가능한 한 화재나 사고를 초기에 신속히 진압한다.
 - (다) 초기진압이 어려운 경우에는 진압을 포기하고 대피하도록 한다.
 - (라) 건물에서 피신한다.
 - (마) 소방서, 경찰서, 병원 등에 긴급전화를 하여 도움을 요청한다.
 - (바) 응급요원에게 지금까지의 진행상황에 대하여 상세히 알리도록 한다.

2. 화공약품의 취급 안전

2.1. 화공약품의 취급과 사용

- (1) 사용한 물질의 성상, 특히 화재, 폭발 중독의 위험성을 잘 조사 연구한 후가 아니면 위험한 물질을 취급해서는 안된다,
- (2) 위험한 물질을 사용할 때는 가능한 한 소량을 사용하고, 또한 미지의 물질에 대해서는 예비시험을 할 필요가 있다.
- (3) 위험한 물질을 사용하기 전에 재해 방호수단을 미리 생각하여, 만전의 대비를 하여야 한다.
- (4) 화재 폭발의 위험이 있을 때는 방호면, 내열 보호복, 소화기 등을, 중독의 염려가 있을 때는 장갑, 방독면, 방독복 등을 구비 또는 착용하여야 한다.
- (5) 유독한 약품 및 이것을 함유하고 있는 폐기물의 처리는 수질오염, 대기 오염을 일으키지 않도록 배려 하여야 한다.

2.2 화공약품의 성상별 안전조치

(1) 독성

- (가) 실험자는 자신이 사용하거나 근처 다른 사람이 사용하는 약품의 독성에 대하여 알고 있어야 한다.
- (나) 독성물질을 취급할 때는 체내에 들어가는 것을 막는 조치를 취해야 한다.
- (다) 밀폐된 지역에서 많은 양을 사용해서는 안되며 항상 후드 내에서만 사용한다.

(2) 산과 염기물

- (가) 항상 물에 산을 가하면서 희석하여야 하며, 반대의 방법은 엄금 한다.
- (나) 희석된 산, 염기를 쓰도록 한다.

(다) 강산과 강염기는 공기중 수분과 반응하여 치명적 증기를 생성 시키므로 사용하지 않을 때에는 뚜껑을 닫아 놓는다.

(라) 산이나 염기가 눈이나 피부에 묻었을 때 즉각 섭씨 15도 정도의 물로 씻어내고 도움을 요청하도록 한다.

(마) 불화수소는 가스 및 용액이 맹독성을 나타내며 화상과 같은 즉각적인 증상이 없이 피부에 흡수되므로 취급에 주의를 요한다,

(바) 과염소 산은 강산의 특성을 띠며 유기화물, 무기화물 모두와 폭발성 물질을 생성하며, 가열, 화기와 접촉, 충격, 마찰에 의해 저절로 폭발 하므로 특히 주의해야 한다.

(3) 산화제

(가) 강산화제는 매우 적은 양으로 강렬한 폭발을 일으킬 수 있으므로 방 호복, 가죽장갑, 안면보호대 같은 보호구를 착용하고 다뤄야 한다.

(나) 많은 산화제를 사용하고자 할 경우 폭발방지용 방벽 등이 포함된 특 별계획을 수립해야 한다.

(4) 금속분말

(가) 초미세한 금속분진들은 폐, 호흡기 질환 등을 일으킬 수 있으므로 미 세분말 작업시 올바른 호흡기 보호대책이 강구되어야 한다.

(나) 실험실 오염을 방지하기 위해 가능한 한 후드에서 분말을 취급 한다.

(다) 많은 미세 분말들은 자연발화성이며 공기중에 노출되었을 때 폭발 하기 도 하므로 특별히 주의 하여야 한다.

(5) 석면섬유와 유사결정들은 피부에 묻지 않고 흡입하지 않도록 조심스럽 게 다뤄야 한다.

3. 유해 위험물질의 안전대책

3.1 폭발성 물질

(1) 잠재적 위험성이 큰 자기 반응성 물질은 사전에 충분한 시험평가를 실 시하고 그 성질에 따른 엄격한 안전관리가 이루어져야 한다.

(2) 화염, 불꽃 등 점화원의 접근을 차단하고 가열, 충격, 타격, 마찰 등을 피한다.

(3) 직사광선 차단, 습도에 주의하고 통풍이 양호한 찬 곳에 저장한다.

(4) 강산화제, 강산류, 기타물질이 혼입되지 않도록 한다.

(5) 가급적 적은 양으로 나누어 저장하고 용기의 파손 및 위험물의 누출을 방지한다.

(6) 화약류의 기폭제 원료로 사용되는 미세한 분말상태의 것은 정전기에 의 해서도 폭발의 우려가 있으므로 완전한 접지 등 철저한 안전대책을 강 구하고 전기기구에는 방폭 조치를 한다.

(7) 폭발현상으로 나타나는 위험물이기 때문에 도난방지 등의 보안에도 주 의하지 않으면 안된다.

(8) 종류를 달리하는 위험물과는 동일한 저장소에 함께 저장하지 않도록 한 다.

3.2 발화성 물질

(1) 저장용기는 완전히 밀폐하여 공기와의 접촉을 방지하고 물, 수분, 물의 변형된 형태(눈, 얼음, 우박 등)의 침투 및 이의 접촉을 엄금하여야 한 다.

- (2) 산화성 물질과 강산류와의 혼합을 막아야 한다.
- (3) 용기는 금속제의 견고한 것을 이용하고, 저장용기가 파손되거나 용기가 가열되지 않도록 한다.
- (4) 칼륨, 나트륨 및 알칼리금속은 석유, 등유 등의 산소가 함유되지 않은 석유류에 저장하며, 보호액의 증발을 막고 보호액 중에 물이 들어가지 않도록 한다.
- (5) 종류를 달리하는 위험물과 동일한 저장소에 저장해서는 안된다.
- (6) 저장 또는 취급장소는 부식성 가스가 발생하는 장소, 습도가 높은장소, 빗물이 침투되는 장소 및 습지대를 피한다.
- (7) 다른 위험물, 수용액, 함습물, 흡습성 물질, 수용성 위험물 또는 결정수 를 가진 염류 등과의 저장을 피한다.
- (8) 알킬알루미늄, 알킬리튬 및 유기금속 화합물류는 화기를 엄금하고 용기 내 압력이 상승되지 않도록 한다.
- (9) 알킬알루미늄과 알킬리튬을 취급하는 설비는 불활성기체를 봉입할 수 있는 장치를 설치해야 한다.
- (10) 자연발화 위험성이 있는 물질은 불티, 불꽃 또는 고온체와의 접근을 r 막는다.

3.3 산화성 물질

- (1) 화기 및 분해를 촉진하는 물품을 엄금하고, 직사광선을 차단하며, 가열 을 피하고 강환원제, 유기물질, 가연성 위험물과의 접촉을 피한다.
- (2) 염기 및 물과의 접촉을 피한다.
- (3) 용기는 내산성의 것을 사용하고 용기의 파손방지, 전도방지, 용기변형 방지에 주의한다.
- (4) 강산화성 고체와의 혼합, 접촉을 방지한다.
- (5) 종류를 달리하는 위험물과는 동일한 저장소 내에 저장하여서는 안된다.

3.4 인화성 액체

- (1) 불꽃, 스파크, 고온체 등과의 접근 또는 과열을 피한다.
- (2) 용기는 완전밀폐해서 차가운 장소에 저장한다.
- (3) 취급시 증기의 발생이 있는 경우에는 가연성 증기가 낮은 곳에 체류하 므로 충분한 통풍, 환기를 행한다.
- (4) 가연성 증기가 체류하는 장소에서는 스파크를 발생하는 기계기구 등을 사용하지 않으며, 전기 설비는 방폭형의 것을 사용한다.
- (5) 위험물질의 유동이나 그로 인하여 정전기가 발생하는 경우에는 접지 등 을 하여 정전기를 제거하도록 한다.
- (6) 유독한 증기를 발생하는 것은 특별히 주의하여야 한다.

3.5 독성물질의 누출방지 대책

- (1) 실험실 내에 독성물질의 저장 및 취급량을 최소화 한다.
- (2) 독성물질을 취급 저장하는 설비의 연결부분은 누출되지 아니하도록 밀 착시키고 정기적으로

연결부분의 이상유무를 점검한다.

(3) 독성물질의 폐기·처리하여야 하는 경우에는 냉각·분리·흡수·흡착·소각 등의 처리공정을 통하여 당해 독성물질이 외부로 방출되지 아니하도록 한다.

(4) 독성물질의 취급설비의 이상운전으로 인하여 당해 독성물질이 외부로 방출될 때에는 저장·포집 또는 처리설비를 설치하여 완전하게 회수할 수 있도록 한다.

(5) 독성물질을 취급하는 설비의 작동이 중지된 때에는 작업자가 쉽게 알 수 있도록 필요한 경보설비를 작업자로부터 가까운 장소에 설치한다.

(6) 독성물질이 외부로 누출된 때에는 감지·경보할 수 있는 설비를 갖춘다.

4. 실험기구 및 장치의 취급안전

4.1 실험기구

(1) 화학실험용 기구

(가) 비이커류에 용매 등을 넣을 때는 크리이프 현상(액이 벽면을 따라 상승하여 외측으로 나오는 것) 및 증발에 의한 비산에 주의해야 한다.

(나) 플라스크류는 압력 및 변형에는 약하므로 직화에 의한 가열 및 감압 조작에 사용해서는 안된다.

(2) 실험장치

(가) 행하려는 화학실험은 어떠한 종류와 기계적 강도가 요구되는가를 예상한다.

(나) 사용으로 인하여 기계적 강도가 떨어지는 기구를 사용해야 할 때는 보호, 보강, 방어 등 적절한 조치를 강구한다.

(다) 유리관은 직접 사용하여, 클램프로 고정하지 말고 부드러운 고무등으로 고정한다.

(라) 온도가 변화하면 기계적 강도가 변화하는 것에 유의하여야 한다.

(마) 사용하는 약품에 따라 기계적 강도는 변화한다는 것에 유의한다.

(3) 부식의 점검

(가) 기구의 내식성을 미리 알아둔다.

(나) 부식성 환경에 기구를 놓지 않도록 한다.

(다) 부식성의 환경을 만들지 않도록 주의한다.

(라) 부식을 방지한다.

(마) 부식 장소의 발견에 힘쓴다.

5. 실험실 폐기물의 처리

5.1 수집 운반상의 일반적 주의

(1) 화학폐기물 수집 용기는 반드시 운반 및 용량 측정이 용이한 플라스틱 용기를 사용하여야 한다.

(2) 수집용기 외부에는 부서명과 호실, 전화번호, 품명, 특성 및 주의사항 등을 기록한 특정폐기물

표지를 부착한다.

- (3) 화학 폐기물을 수집할 때는 폐산, 폐알칼리, 폐유기용제(할로겐족, 비할로겐족) 폐유 등 종류별로 구분하여 수집하여야 하며, 절대로 하수구나 싱크대에 버려서는 안된다.
- (4) 수집한 화학폐기물 용기는 직사광선을 피하고 통풍이 잘되는 곳을 폐기물 보관장소로 지정하여 보관하여야 하며 복도, 계단 등에 방치하여서는 안된다.
- (5) 화학폐기물 취급 및 보관장소에는 금연, 화기취급엄금 표지와 폐기물 보관수칙을 부착한다.
- (6) 빈 시약병은 깨어지지 않도록 기존 상자에 넣어 폐기물 보관장소에 보관한다.
- (7) 수집·보관된 화학폐기물 용기는 폐액의 유출이나 악취가 발생되지 않도록 2중마개를 닫는 등 필요한 조치를 하여야 한다.
- (8) 수집된 폐기물을 운반할 때는 손수레와 같은 안전한 운반구 등을 이용하여 운반한다.

5.2 처리상의 일반적 기준

- (1) 폐액에 의하여 처리중 유독가스의 발생, 발열, 폭발 등의 위험을 충분히 조사하고, 첨가하는 약재를 소량씩 넣는 등 주의하면서 처리해야 한다.
- (2) 악취가 나는 폐액, 유독가스를 발생하는 폐액 및 인화성이 강한 폐액은 누설되지 않도록 적당한 처리를 강구하여 조기에 처리한다.
- (3) 폭발성 물질을 함유하는 폐액은 보다 신중하게 취급하고 조기처리한다.
- (4) 간단한 제거제로는 처리가 어려운 폐액은 적당한 처리를 강구하고, 무처리 상태로 방출되는 일이 없도록 주의한다.
- (5) 처리후의 폐수가 유해하게 될 경우가 있으므로 이들을 더욱 후처리 할 필요가 있다.
- (6) 유해물질이 부착된 거름종이, 약봉지, 폐 활성탄 등은 적절한 처리를 한 후에 보관한다.

6. 기계·물리실험의 안전

6.1 기계·물리실험실에서의 일반적인 주의사항

- (1) 공작기계, 측정기기를 사용할 때에는 정해진 공구를 사용하여야 한다.
- (2) 실험중에는 작업복을 착용하고 안전화를 신도록하며 슬리퍼나 샌들 등은 신지 않도록 한다.
- (3) 전기배선작업이 필요한 실험을 할 때에는 전선피복의 벗겨짐이나 공구 파손으로 인한 부상이나 감전의 우려가 있으므로 주의해야 한다.
- (4) 필요한 장소에서는 보호안경이나 보호구를 착용한다.
- (5) 자외선 조사장치를 취급하는 경우에 자외선은 살균효과가 있으며 강한 자외선을 직접 눈에 쏘이면 실명을 할 수도 있으므로 주의해야 한다.
- (6) X선 발생장치를 취급하는 경우에는 반드시 책임자(또는 지도교수)의 지시에 따르도록 하며 방사선 취급 안전사항을 준수한다.
- (7) 장기간의 실험을 하는 경우 전기, 급배수, 증기, 가스 등의 사용은 작업자가 없을 때에 정전, 단수, 기체의 누출 등의 사고가 발생할 수 있으므로 미연에 대비책을 세워놓아야 한다.

(8) 실험실은 항상 정리·정돈되고 청결한 상태로 유지되어야 작업의 능률이 향상되고 안전확보에 만전을 기할 수 있다.

6.2 기계·기구 사용작업

(1) 기계취급 일반수칙

(가) 작업자는 그 작업에 적합한 복장을 하고 있어야 한다.

(나) 장갑은 거치른 작업물을 만질 때 사용하고 기계 운전시는 사용을 금해야 한다.

(다) 기계의 이상 유무를 철저히 점검하고 고장중인 기계는 고장 사용 못 함 등의 표지를 붙여야 한다.

(라) 기계가 운전되고 있는 상태에서는 기계결을 떠나지 않아야 한다.

(마) 실험중에 통행자에 의해 접촉될 가능성이 있는 운동부위는 덮개를 설치한다.

(바) 기계는 항상 잘 손질되어 있어야 하며 청소 혹은 점검, 수리를 할 때에는 필히 기계를 정지시키고 행하여야 한다.

(사) 기계에 너무 자신을 갖고 방심하여 일하지 말고 원리원칙을 충분히 알고 나서 기계를 작동해야 한다.

(아) 정전으로 인하여 기계작동이 중지되었을 때에는 반드시 스위치를 작동정지 위치로 전환하여야 한다.

(자) 원칙적으로 구동중인 기계부분에 직접 접촉하는 것은 피하고, 작동중인 기계에 주유 하면 위험하므로 금해야 한다.

(차) 공작물을 견고하게 물려서 작업중 공작물이 이탈하는 사례가 있어서는 안된다.

(카) 길이가 긴 공작물은 지지대를 사용하고 타인의 접근을 막아야 한다.

(타) 기계를 정지시킬 때 완전히 정지될 때까지는 손을 대지 말아야 하며 기계의 타력(여력)을 손이나 공구, 기타 물건으로 정지시키려 하지 말아야 한다.

(파) 회전 물체의 방향 쪽에서는 작업을 금해야 한다.

(2) 기계작업 수칙

(가) 기계의 취급은 인가자에 한하여 실시하며 정지중 타인에 의해 구동되지 않도록 관계자외 접촉금지 표지를 걸어 놓는다.

(나) 기계 가동전에 기름 주입상태와 각종 레버를 점검한다.

(다) 기계 사용 시 필요한 안전장치 및 보호구를 사용한다.

(라) 기계를 처음 가동할 시에는 저속으로 시운전한 후 작동한다.

(마) 기계 운전 시 주위에 화기물질의 유무를 확인한다.

(바) 기계운전자는 타인과 잡담 및 흡연을 금지한다.

(사) 기계 운전 시 절삭공구를 교체코자 할 때에는 반드시 회전을 정지시키고 한다.

(아) 기계에 이상이 발생하면, 즉시 스위치를 끈다.

(자) 작업 종료 시에는 기계상태를 점검한다.

(3) 공구취급 수칙

(가) 작업에 적절한 것을 용도에 맞추어 사용해야 한다.

- (나) 사용전에 점검하고 불안정한 것은 사용하지 말아야 한다.
- (다) 신중히 취급하고 사용중에 파손되면 즉시 교환하여야 한다.
- (라) 공구는 일정한 장소에 두고 분실되지 않도록 유의하여야 한다.
- (마) 공구는 던져서는 안되며 손으로 취급하여야 한다.
- (바) 사용시 너무 무리한 힘을 가해서는 안된다.
- (사) 손이나 공구가 젖어 있을 때에는 잘 닦아낸 후 사용하여야 한다.

7. 위험장비 및 장치사용 작업

7.1 가스용기

- (1) 가스용기는 사용할 때나 보관중에 안전한 물체(벽이나 무거운 실험용책 상 등)에 가죽끈이나 체인으로 안전하게 고정시키며, 사용하지 않을 때에는 항상 뚜껑을 씌어 놓도록 한다.
- (2) 가스용기를 운반할 때에는 뚜껑을 씌워 안전한 손수레를 사용토록 한다.
- (3) 가스용기 옆에서는 화기를 사용하지 않는다.
- (4) 계측기나 연결부위는 산소가스와 혼합하여 폭발할 수도 있으므로 그리 스나 윤활제를 바르지 않는다.
- (5) 가스를 사용하기 전에 시스템에 누출이 없음을 확인한다.
- (6) 용기는 정기적으로 규정된 검사를 받아야 한다.
- (7) 조정기를 연결하기 위해 어댑터는 쓰지 않으며, 각각 가스의 특성에 맞는 조정기를 사용하도록 한다. 그리고 모든 조정기는 정기적으로 검사를 받아야 한다.
- (8) 사용가스에 맞는 배관, 조정기 및 부속품을 사용한다. 수소의 경우 완전히 잠기지 않은 상태는 누출 또는 폭발의 원인이 된다.
- (9) 가스용기는 가열로 등과 같은 열 기기 근처에 놓지 않도록 한다.
- (10) 산소와 가연성 가스는 분리하여 저장한다.

7.2 고온로

- (1) 고온로는 안팎으로 뜨겁기 때문에 방열복과 내열장갑을 끼도록 한다.
- (2) 집게를 사용하도록 하고 보안경과 보안면을 착용하도록 한다.
- (3) 시편을 공기에 냉각시킬 때 고열 표시를 시편앞에 달아 놓는다.
- (4) 응급조치용 장비를 비치해 놓고 화상의 경우에는 화상시의 응급처치 절차를 따르도록 한다.

7.3 일반적인 전기안전 작업요령

- (1) 장비를 검사하기 전에 회로의 스위치를 끄거나 장비의 플러그를 뽑아서 전원을 끈다.
- (2) 스위치를 끌 때에는 가죽이나 면으로 된 절연성 장갑을 착용하고 오른 손을 사용하며, 얼굴은 스위치함을 향하지 않게 하고 손잡이를 내린다.
- (3) 전기설비 작업을 할 때는 공구나 비품의 손잡이는 부도체로 된 것을 사용한다.
- (4) 전기장치의 충전부는 전기적 절연을 한다.

- (5) 전원에 연결된 회로배선은 임의로 변경하지 않는다.
- (6) 작업공간은 충분히 확보하고 항상 청결하게 유지한다.
- (7) 플러그를 전원에 연결한 채 회로변경 작업을 하지 않는다.
- (8) 회로가 확실하게 연결되어 있지 않으면 플러그를 꽂지 않는다.
- (9) 젖은 손이나 물건으로 회로에 접촉하면 안된다.
- (10) 전기설비에 연결된 접지선의 접속을 확인한다.
- (11) 연결 코드선은 가능한 한 짧게 사용한다.
- (12) 전기설비 근처에서는 인화성 액체등을 사용하지 않는다.
- (13) 다중 콘센트는 가능한 한 사용하지 않도록 한다. 만일 추가콘센트가 필요하다면 전기담당 부서에 의뢰해서 설치해야 한다.
- (14) 배전반의 진입로와 스위치 앞에는 장애물이 없도록 하고 청결하게 유지해야 한다.

8. 사고시 응급조치

8.1 호흡정지

- (1) 환자가 의식을 잃고 호흡이 정지된 경우 즉시 인공호흡을 해야 한다.
- (2) 주변의 도움을 청하려고 시간을 낭비하지 말고 환자를 소생시키면서 도움을 청해야 한다.

8.2 심한 출혈

- (1) 심한 출혈은 상처부위를 패드나 천으로 눌러서 지혈시킨다.
- (2) 위급할 때는 의류를 잘라 사용토록 한다.
- (3) 충격을 피하기 위해서 상처부위를 감싸고 즉시 응급요원을 부르도록 한다.
- (4) 피가 흐르는 부위는 신체의 다른 부분보다 높게 하여 계속 누르고 있도록 한다.
- (5) 환자는 편안하게 누이도록 한다.
- (6) 지혈대는 쓰지 않도록 한다.

8.3 화상

- (1) 경미한 화상은 얼음이나 생수로 화상부위를 식힌다.
- (2) 옷에 불이 붙었을 때는 다음 각 호의 요령에 따른다.
 - (가) 바닥에 누워 구르거나 근처에 소방담요가 있다면 화염을 덮어 싸도록 한다.
 - (나) 불을 끈 후에는 약품에 오염된 옷을 벗고 비상샤워기에서 샤워를 하도록 한다.
 - (다) 상처부위를 씻고 열을 없애기 위해서 얼마동안 수돗물에 상처부위를 담근다.
 - (라) 상처부위를 깨끗이 한 후 얼음주머니로 적시고 충격을 받지 않도록 감싼다.
 - (마) 사람을 향해 소화기를 사용하지 않도록 한다.

8.4 화학약품에 의한 화상

- (1) 화학약품이 묻거나 화상을 입었을 경우 즉각 물로 씻는다.
- (2) 약품에 의하여 오염된 모든 의류는 제거하고 접촉부위는 물로 씻어낸다.
- (3) 약품이 눈에 들어갔을 경우 15분 이상 흐르는 물에 깨끗이 씻고 즉각 도움을 청한다.
- (4) 몸에 약품이 묻었을 경우 15분 이상 수돗물에 씻어내고, 조금 묻은 경우에는 응급조치를 한 후 전문의의 진료를 받는다.
- (5) 위급한 경우 비상샤워, 수도 등을 이용하고 구급차를 부른다.
- (6) 약품이 몸에 얹질러진 경우 오염된 옷을 빨리 벗는다.
- (7) 보안경에 약품이 묻은 경우 시약이 묻은 부분은 완전히 세척하고 사용 한다.

8.5 외상

외상 쇼크의 경우 재해의 성격이 분명하지 않다면 환자를 따뜻하게 하고 편안하게 눕힌 뒤 병원으로 이송시킨다.

본 안전지침은 한국산업안전공단 K O S H A CODE (G-7-1999실험실 안전지침)자료를 참조하여 작성되었음

화공시스템실험 교안

발행: 2017년 3월 1일

편집인: 김용수, 김수인, 박보라, 이원재, 이용걸, 홍인권

발행처: 단국대학교 화학공학과

주소: (16982) 경기도 용인시 죽전로 152 단국대학교 화학공학과

본 교안은 단국대학교 화학공학과 실험실습 교재로만 활용됩니다.
