

# I. 화학공학의 기초

## 제1장 화학공업과 화학공학

### 1.1 화학공업

**공업(industry)** : 원재료를 가공하여 효용 가치가 증대된 제품을 얻고, 이를 판매하여 이익을 얻는 가공 생산 행위의 지속적인 경제적 활동 또는 목적을 위하여 형성된 조직으로 생산활동에 따라 많은 공업의 형태가 있음.

**화학공업(chemical industry)** : 원료에 화학 및 물리적 변화를 수반하는 가공을 하여 의식주와 문화생활에 중요한 역할을 하는 여러 가지 화학제품이나 또는 타 산업용 원자재나 보조재료를 생산하는데 목적을 둔 공업

**공업화학(industrial chemistry)** : 화학제품을 생산하는 공정개발에 연관된 학문 분야로 개개제품의 제조기술이나 그 반응에 대한 연구가 주제가 된 것으로서 화학과 화학공학을 접목시킨 학문분야

#### 1-1. 화학공업의 분류

##### (1) 업종에 의한 분류

① 무기화학공업 : 무기화합물을 대상으로 생산활동을 하는 산·알칼리 공업, 요업, 전기화학공업, 비료공업 등

② 유기화학공업 : 유기화합물을 대상으로 생산활동을 하는 석탄·석유화학 공업, 정유 공업, 합성 수지, 합성 섬유, 합성, 고무공업, 펄프 및 제지공업, 염료 및 안료공업, 유지 및 식품공업, 농약 및 의약품 제조 공업 등

③ 무기화합물과 유기화합물에 상관없이 고부가가치를 부여하기 위한 생산활동을 하는 정밀화학공업: 염료 및 안료, 농약 및 의약품, 촉매 등은 그 생산 시설이나 단위가 별로 크지 않으면서도 값이 비싼 제품인데, 이러한 제품을 생산하는 공업

##### (2) 용도별 분류

① 기초 화합물 : 산, 알칼리, 염, 유기물

② 재료로 사용되는 완제품 : 화이버(fibers), 플라스틱(plastics), pigments

③ 소비자용 완제품 : 의약품, 비누, 페인트, 비료 등

##### (3) 생산 공정에 의한 분류

화학 공업은 자본이 많고 적음에 따라 중화학 공업과 경화학 공업으로 나누고 생산 공정과 그 제품에 대하여 다음과 같이 분류

① 원료나 생산재를 만드는 화학공업 : 주로 화학 공업 원료나 생산재를 대량 생산하는 화학 공업으로 공정중의 화학 반응은 간단.

예로서 식유 정제, 철강 공업, 산·알칼리 공업, 시멘트 공업 등

② 소비재를 만드는 화학 공업 : 한 원료에 몇 번의 화학 반응을 일으켜 일상 생활에 관계가 깊은 소비재를 생산하는 화학 공업.

예, 석유공업, 식품공업, 의약품 제조 공업, 염료·안료 공업 등

③종합적 화학 공업:원료나 생산재뿐만 아니라 소비재도 종합적으로 만드는 화학 공업으로, 석유화학공업이 있음.

#### (4) 제품에 의한 분류

제품군을 상품학적인 의미에서 질과 양의 2원적인 관점에서 보아, 질의 기준으로는 동일종류의 제품에서 어떤 기업의 제품이 그 특성에서 타기업의 제품과 구별될 수 있는 점을 갖고 있느냐, 없느냐를 표시하는 차별성(Differentiation)을 들고, 양의 기준으로는 제조규모의 대소에 바탕을 두는 생산량(Volume)을 취하고 이를 조합하여 화학공업제품을 4가지의 부류로 분류

표 1-1 화학공업의 Kline 분류

<b>Commodity Chemicals</b> · 대량생산의 비차별화 제품 · 플라스틱, 비료, 산, 알칼리 등	<b>Pseudo-Commodity Chemicals</b> · 대량생산되나 차별화 가능한 제품 · 합성섬유, 카본블랙, 화약 등
<b>Fine Chemicals</b> · 소량생산의 비차별화 제품 · 염료, 안료, 일반화된 의·농약원제 등	<b>Speciality Chemicals</b> · 소량생산의 차별화 제품 · 의·농약, 감광재료, 조합향료 등

o Fine Chemicals : 소량 다품종의 제품군에 대해서도 차별성의 유무에 따라, Speciality Chemicals와 협의의 Fine Chemicals로 구별

o Fine Chemicals란 용어는 반드시 고도의 또는 독자의 기술이란 의미는 포함되지 않으며, 이러한 점을 강조한 용어가 Speciality Chemicals

o Speciality Chemicals는 Commodity Chemicals에 대응한 용어로 고수익성 첨단 기술적인 경우가 많아 종래의 Bulk Chemicals에 대한 Fine Chemicals와는 의미적으로 다름.

### 1.1.2. 화학공업의 특징

#### 제조상의 특징

첫째, 값싼 원료를 물리적·화학적 방법으로 처리하여 보다 쓸모 있고 값나가는 제품을 생산하는 것인데, 이 제조 과정, 즉 화학 공정을 통하여 원료의 상태, 조성 또는 에너지 함량을 변화시켜 그 물질의 가치를 향상

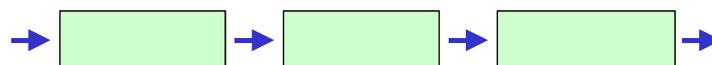


그림 1-1 화학공업의 일반적인 생산과정

예) 원유는 여러 탄화수소의 혼합물인데, 연료 가스로서 쓸모가 없는 원유를 적당한 방법으로 끓는점이 비슷한 성분들끼리 분리하면 석유 가스, 나프타, 가솔린,

등유, 경유, 중유 등의 유용한 석유 제품 => 증류 과정 => 물리적 방법

둘째, 화학공업은 화학공업 제품의 제조 공정에 장치를 중심으로 구성되기 때문에 장치공업이라고도 하는데 화학공업에서 이용되는 증류탑이나 반응기 등은 **장치(equipment)**라 하며, **기계(machine)**와는 구분

**기계(machine)** : 화학공업에 필요한 장치에 동력이 필요한 것이 있는데, 주로 물질을 흐르게 하거나 교반하는 등에 동력이 사용.

**장치(equipment)** : 증류탑이나 반응기처럼 직접 동력이 필요하지 않은 것

셋째, 화학 공정에서는 일반적으로 물질을 연속적으로 흐르게 할 수가 있음. => 제품의 생산 효율을 높일 수 있는 동시에 자동화. => 적은 인원으로 큰 공장이 운전.

넷째, 화학공업은 또한 그 제품들 사이에 복잡한 연관성을 가지고 있다.

예) 에틸렌 => 폴리에틸렌 이외에도 폴리염화비닐(PVC), 에틸아세테이트, 에틸렌글리콜, 폴리비닐알코올(PVA) 등을 만듦.

에틸렌으로부터 폴리염화비닐을 만들려면 염소(소금물을 전기분해)가 필요.

소금물 전기분해하면 수산화나트륨과 수소가 동시에 생성 => 수산화나트륨은 알칼리 기초약품, 수소는 염소와 함께 염산을 제조와 수소화 반응에 활용.

**콤비나트(Combinat)** : 서로 연관되는 제품들을 생산하는 화학 공장들을 한 지역에 건설하여 대단위 공장지대 또는 생산계열의 집단

=> 이점 : 생산활동을 계열화하면 중간 제품의 수송비 절감이나 전력 및 공업 용수들의 효율적 이용 등 상호간에 생산 및 기술적으로 연관성때문에 기술적·경험적·자본적으로 상호간의 이익성을 추구할 수 있음.

다섯째, 화학공업은 특히 기술개발의 영향을 크게 받음. => 같은 제품의 제조에 있어서도 그 원료나 공정이 다를 수 있음.

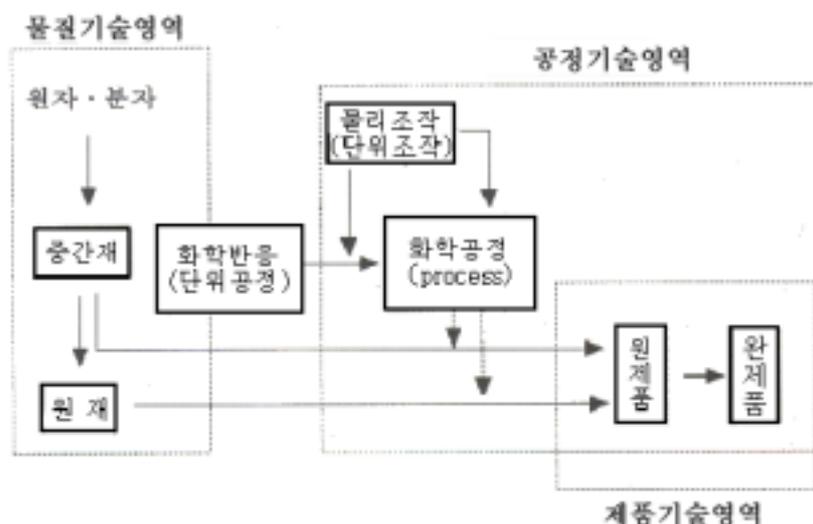


그림 1-2 화학공업에서 물리적, 화학적 공정의 관계

### 1.1.3. 화학공업의 화학적·물리적 조작

**단위공정(unit process)** 또는 **단위반응** : 화학공업 중에서 화학적 조작을 말하며, 산화, 중화, 가성화, 전해, 복분해, 하소, 규산염 생성, 질산화, 에스테르화, 환원, 할로겐화, 슬론화, 수화, 가수분해, 수소화 등

**단위조작(unit operation)** : 물리적 조작에서는 유체수송, 전열, 증발, 흡수, 추출, 흡착, 증류, 습윤, 건조, 분체의 기계적 분리 및 혼합, 분리, 여과 등의 이 관계되며, 화학공학의 원류

### 1.1.5. 화학 공업과 환경

- 자원의 부존량은 한도
- 환경을 파괴

## 1.2 화학공학

**화학공학** : "물질을 처리하여 그 상태와 에너지 혹은 조성을 변화시키는 프로세스(Process) 및 장치와 직접 관계가 있는 분야로 자연과학과 경제의 이론 및 인간관계의 원리를 응용하는 활동분야."

기초학문 : 화학, 물리학이며, 경제학은 그 실행상 지침

심화학문 : 화학공업에서 이용되고 있는 여러 가지 조작이나 기술 및 기계, 기구, 장치 등의 설계, 제작, 운전에 관한 기초 이론을 연구하는 학문

- ①고체, 액체, 기체 물질의 수송과 계측
- ②연소로, 전열 장치에서 열의 발생과 전열
- ③물질 이동에 의한 분리 조작 : 증발, 증류, 흡수, 추출 등
- ④여과, 원심분리 등의 기계적 분리 조작
- ⑤분쇄, 혼합 등의 분체 조작
- ⑥금속, 비금속, 유기 재료 등의 화공장치 및 재료
- ⑦물질 수지, 에너지 수지, 작업 계동도
- ⑧공장의 설계, 관리, 공업 경제의 문제

### 1.2.1. 화학 공정

화학공학은 화학장치와 공정의 개발, 설계 및 운전 등에 대하여 연구하는 학문 이므로 각종 제품을 제조하는 공정과 장치는 매우 다양한 이 문제를 상당히 합리적으로 해결

**공정 흐름도(process flow chart)** : 공정에는 많은 기본 장치로 구성되어 있으며, 각 장치는 적당한 관으로 연결하여 물질이 흐르도록 되어있어 이를 간단하게 블록으로 형성시켜 반응조건이나 입출의 화합물만을 표시

**화학공정(chemical process)** : 제품을 생산하기 위하여 순서대로 구성된 기본 장치들

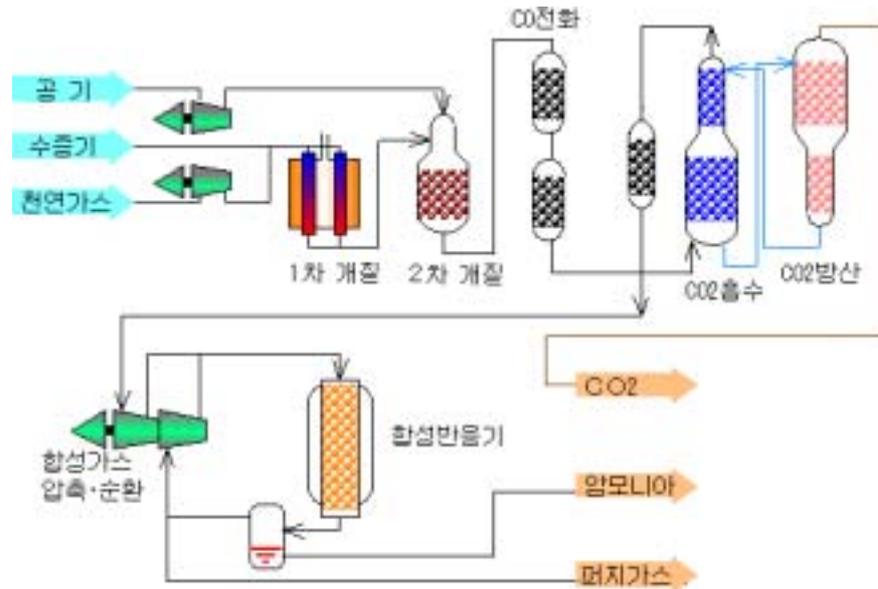


그림 1-3 암모니아 합성 화학공정의 흐름도(flow chart)

### (1) 단위조작

- o 화학공업은 몇 가지의 물리적, 기계적 조작과 화학적 반응 조작을 조합
- o 다른 제조 프로세스에는 공동된 조작이나 기술이 포함되어 있고, 또 공동된 과학적 원리에 의해서 이루어지는 일이 많음.

**단위조작(unit operation) :** 여러 가지 화학 프로세스에 공동된 물리적 또는 기계적인 수단은 분야로 물리학과 경제의 이론 및 인간 관계의 원리를 응용하는 활동분야

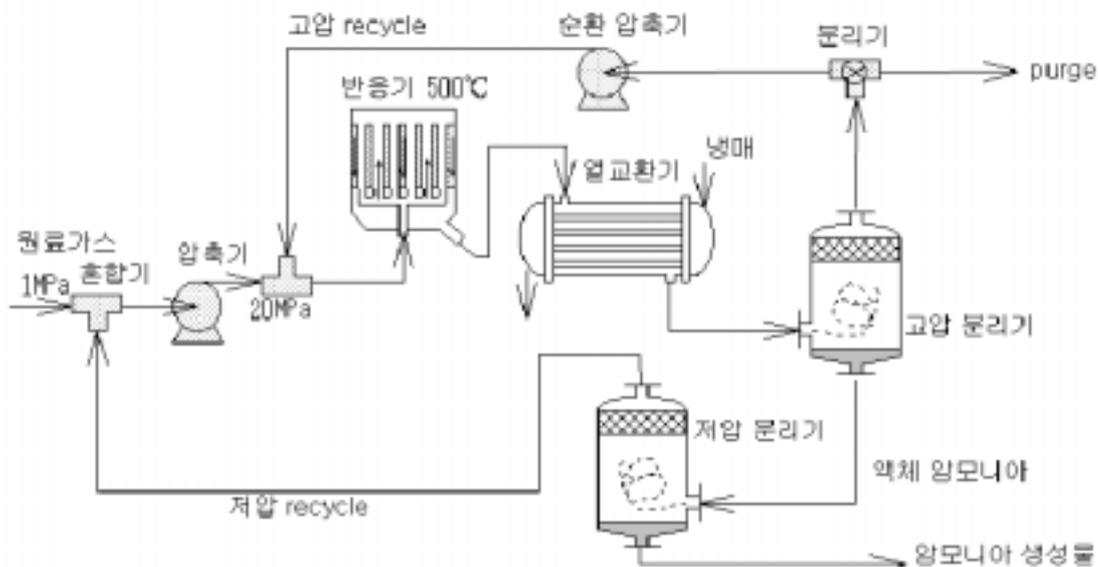


그림 1-4 암모니아 합성 프로세스

- ㉠ 유체역학 : 유체의 특성, 현상과 계산, 유체 수송, 유량 측정 등
- ㉡ 열전달 조작 : 열흐름의 현상 및 계산, 열교환 및 그 장치, 증발 등
- ㉢ 물질전달 조작 : 물질전달 현상, 종류, 흡수, 추출, 흡착, 막분리, 결정화 등
- ㉣ 분체 및 기계적 분리 조작 : 분쇄, 혼합, 분체 수송, 분급, 여과, 침강 등

## (2)단위 공정

**단위공정(unit process)** : 화학공정 중 니트로화, 슬편화, 산화, 환원 등의 화학 반응을 중심으로 하여, 이 것에 필요한 조작이나 공정을 연구하는 이론적 체계

### 1.2.2. 화학공학과 기술자

**화공 기술자(chemical engineer)** : 화학 공학에 속하는 연구 문제의 전반에 걸쳐 관계

①화학공학은 어디까지나 실용적인 과학이며, 공장 현장에 직결되는 학문. 경제 문제(자본의 투자, 원료비, 작업비, 노임, 이윤 등)

②화학공학의 기본적 원리는 모두 화학이나 물리학 법칙의 응용.

③화공 기술자는 개개의 조작에 지나치게 집착하지 않고, 항상 플랜트(plant) 전체의 공정을 염두에 두고 작업을 진행.

### 화학공학 기술자가 되기 위한 기초

- (1) 물질수지 (material 또는 mass balance)
- (2) 에너지 수지 (energy 또는 heat balance)
- (3) 물질 및 에너지의 이동속도 (transfer rate)
- (4) 평형론(equilibrium)
- (5) 경제수지 (economic balance)

### 1.2.3. 화학공장의 구성

**장치(apparatus)** : 보일러(boiler), 변압기, 증점탑 등과 같이 온도, 압력 등의 적당한 물리적인 조건을 유지할 목적으로 그 자신을 움직이지 않아도 조작을 할 수가 있다.

또한 장치는 펌프, 모터와 같이 일부 혹은 전부를 움직임으로만 작업이 가능한 기계(machine)와는 구별

**계기(instrument)** : 온도계, 압력계, 유량계 등과 같이 여러 가지의 량을 측정하는 것이다. 기계, 장치, 계기를 총괄하여 기기(equipment)라고 한다.

**공정(process)** : 원료에서 목적하는 제품을 얻기 위하여 여러 가지의 조작을 조합한 체계

**플랜트(plant)** : 프로세스에 의한 생산작업을 하기 위하여 여러 가지 장치, 기계, 계기를 적당히 조합한 일조의 설비

**공장(factory)** : 어떤 공업을 경영하는 단위지역으로 보통 여러 개의 플랜트를 가지고 있다. 공장에는 개개의 플랜트 이외에 전기, 연료, 공업용수 및 수증기(steam)가 필요하고, 이것을 위한 시설을 일괄하여 유틸리티(utility)라고 함.

#### ① 단위조작 장치

화학공정 중 원료 또는 중간 물질들이 여러 가지 물리적 처리 과정을 거치는데 필요한 필요한

장치

②반응 장치

㉠화학반응을 경제적이고도 능률적으로 진행시키기 위해 원료의 공급 속도, 반응 온도, 압력, 농도, 반응율, 생성물의 생성 속도, 생성물의 순도와 관련되는 물리적 및 화학적 현상을 이해하고, 반응 장치의 설계와 반응 제어 자료들이 필요

㉡ 반응장치 : 조작 방식(= 반응상, 전열 방식), 혼합 방식, 구조 형식 등에 의해 다양