

# 계면활성제의 기초 작용(Ⅲ)

(기포의 발생과 소포제에 관하여)

럭키-디씨 실리콘 주식회사

기술연구소

이근형

KHL SEP/24/92

- 목 차 -

I. 기포의 발생과 안정화 현상

1. 기포의 정의 및 분류
2. 거품의 발생과 안정화 인자
3. 기포의 안정화 현상
4. 기포의 조절
  - 1) 조절의 목적
  - 2) 조절의 방법

II. 화학적 기포조절

1. 소포의 원리
2. 화학적 기포 조절제 (소포제)의 요건
3. 소포제의 분류
4. 소포제의 성능시험 방법

## I. 기포의 발생과 안정화 현상

### 1. 기포의 정의 및 분류

#### 1) 서론

우리의 일상생활에서 거품(foam)이라 불리는 많은 종류의 기포를 접한다. 비누나 세제로 발레를 할 때나, 샴푸로 머리를 감을때, 제품내에 거품을 포함한 마요네즈나 아이스크림에서도, 석유정제공정에서, 금속정련공정에서 그리고 각종제조 공장으로부터 쏟아져 나오는 폐수에 이르기 까지 기포는 우리 생활에서 떼어놓을수 없는 일반적 현상이며, 이는 때때로 화학공정이나 식품제조, 섬유제조등에 이용되어 우리에게 도움을 주기도 하지만, 대부분 반드시 통제되어야 할 공정방해요인 또는 환경오염 요인이거나 자정방해요인(自淨妨害要因)이 되고 있다.

이러한 거품(거품은 기포의 다발적현상)은 그 발생의 원인과 생성과정, 거품발생용액(Foaming Media)의 화학적 구성성분에 따라 그 성질을 매우 달리하지만, 여기서는 가장 일반적으로 발생하는 계면활성제에 의한 거품에 대해 논의해 보기로 한다.

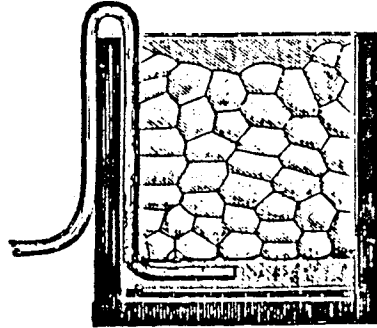
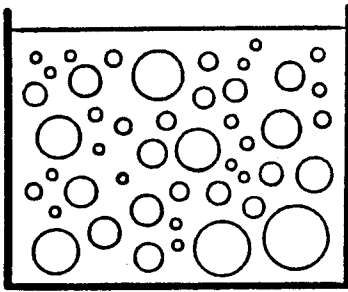
#### 2) 정의와 분류

거품(또는 기포)은 액체내에 존재하는 기체들의 분산으로 정의된다. 그러나 순수 액체(단일성분의 액체)는 안정한 거품을 형성할수 없으므로, 거품을 논할때 거론되는 액체는 반드시 계면활성제나 단백질, 가용성 검, 섬유소 물질등 거품을 안정화 시킬수 있는 물질을 포함하는 복합액체(혼합물)를 의미하게 된다.

거품은 그 생성 경로 및 유체역학적 관점에서 크게 두가지로 분류될 수 있는데 그것은 다음과 같다.

#### 가. Kugelschaum (Dispersion Foams)

거품이 발생할 수 있는 액체내에, 물리적 충격이나 기계적 움직임 등에 의해 외부의 기체가 유입되어 발생된 거품을 말하며 그림 I-1에서 보는 바와 같이 이는 비교적 안정화 되지 않은채 액체와 기체간의 비중차이에 의해 비교적 빠른 속도로 상부로 떠올라 파괴(또는 파포)되거나 일부 안정화 되기도 한다.



## Kugelschaum      Polyederschaum

그림 I-1

### 나. Polyederschaum (Condensation Foams)

현상적으로 볼때 이는 기포를 형성하는 거품벽이 다량으로(3-4개) 서로 맞붙어 있거나 단일화된채 안정화되어 있는 거품형태를 말하며, 이는 주로 액체내에 지속적으로 공급된 다량의 작은 기포에 의해 발생되거나 또는 화학반응, 미생물에 의한 발효 등에 의해 형성되기도 하며, 또는 액체 온도의 갑작스런 상승에 의해 액체내에 용존되어있던 가스가 다량의 기포로 발생되어 액체에 포함된 계면활성제 등과 함께 액체의 표면으로 부상해서 발생되기도 한다. Condensation Foam 이라 불리기도하는 Polyederschaum은 때때로, 외부로부터의 변화 요인이 가해지지 않는 한 극도로 안정화 된채 마치 열역학적 평형상태에 있는 것처럼 파괴되거나 움직임이 없이 지속되기도 한다. 앞으로 여기서 논의되는 거품현상은 그 영향이 공정에 대하여 긍정적이든 부정적이든 Polyederschaum으로 볼수 있으며 특히 소포효과의 연구에 있어 주 대상이 된다.

### 2. 거품의 발생과 그 안정화 인자

거품을 발생시키는 두가지 근본적 요소는 계면활성제(Surfactant)와 Agitation 이다. 계면활성제는 그 이온성(Ionic Type)이나, 화학적 형태, HLB 등에 따라 거품을 발생시키는 성질이나 형태에 있어 큰 차이를 나타내게 되며, 계면활성제 이외에도 거품을 안정화시키는 인자에는 단백질이나 수용성 겔(Water-Soluble Gum), 콜로이드 물질, 섬유소 물질 등이 있으나 주된 토론의 대상이 되지 않는다. 한편 Agitation은 혼합(Blending), 유화(Emulsifying), 교반(Mixing), 펌핑(Pumping), 세정제진(Scrubbing), 세척(Cleaning) 등 각종 다양한 산업공정에서 필수적이며 연속적으로 진행되는 기계적인 움직임으로서 거품발생의 물리적 원인이 되며, 발생된 거품의 형태와 양은 이에 의해 직접적인 영향을 받게 된다.

### 3. 기포의 안정화 현상

위에서 논의된 바와 같이 다양한 경로를 거쳐 형성된 모든 종류의 거품은 근본적으로 또는 궁극적으로 안정하지 못하다. 거품이 열역학적으로 안정치 못한 세가지 이유는 1) 기포 크기의 재배분 현상 2) 거품막으로부터의 중력에 의한 용액의 Drainage 현상 3) 증발이나 산화에 의한 거품막의 파괴현상 등이다. 그러나 때때로 거품은 매우 안정하며 외부에서 특수한 조건이 주어지지 않는 한 거품은 매우 장시간 지속되는데 이러한 현상을 안정화(Stabilization)라 하며, 또한 그 요인은 매우 다양하며 이는 항상 복합적으로 작용하고 있다고 볼수 있다. 거품 안정화의 주요 요인들을 열거하면 다음과 같다.

- ① Hydrodynamic Head (Capillary Rise)
- ② Marangoni Effect
- ③ 표면탄력성 (Surface Elasticity)
- ④ 거품막 점도 (Surface viscosity of Foam Wall)
- ⑤ 정전기적 반발력 (Electrostatic Repulsion)

#### 가. Hydrodynamic Head (Capillary Rise)

거품막의 안정화에는 거품막 내로의 거품액(Foaming Media)의 지속적인 공급 또는 거품막내에 일정량의 거품액이 지속적으로 유지되는 것이 필수적이다. 너무 얇은 거품벽(Foam Wall)은 물리적인 충격이나, 빠른 속도의 표면 증발에 의해 쉽게 파괴될 수 있기 때문이다. 그러므로 거품막과 거품막 사이의 좁은 공간을 통하여 형성되는 모세관 현상 (거품액(Foaming Media)이 모세관을 통하여 위쪽으로 빨려 올라가는 현상)은 거품안정화에 기여한다고 할수있다.

#### 나. Marangoni Effect

Marangoni Effect 란 거품막내에 존재하는 표면장력의 구배 (Gradient of Surface Tension)로 인한 거품액의 역흐름 현상을 말한다.

즉 그림 I-2에서 보는바와 같이 거품막의 거품액은 중력의 작용에 의해 벌크용액 (Bulk Solution)쪽으로 복원하려는 경향(다른 방법으로 표현하면 거품액(Foaming Media)의 표면적을 최소화하는 쪽으로 움직이려는 경향)을 갖는데, 이는 필수적으로 거품 상부에 계면활성제의 상대적 부족 현상을 유발케되고, 이는 곧바로 표면 장력의 상승으로 이어져, 다시 거품액을 윗쪽 방향으로 끌어당기게 된다. 이러한 현상을 Marangoni Effect라 하며, 이는 항상 중력(Gravity)과 반대방향으로 작용, 거품막에 거품액을 지속적으로 공급하는 효과를 낳게 되어 거품막을 안정화 시킨다. 이때 중력

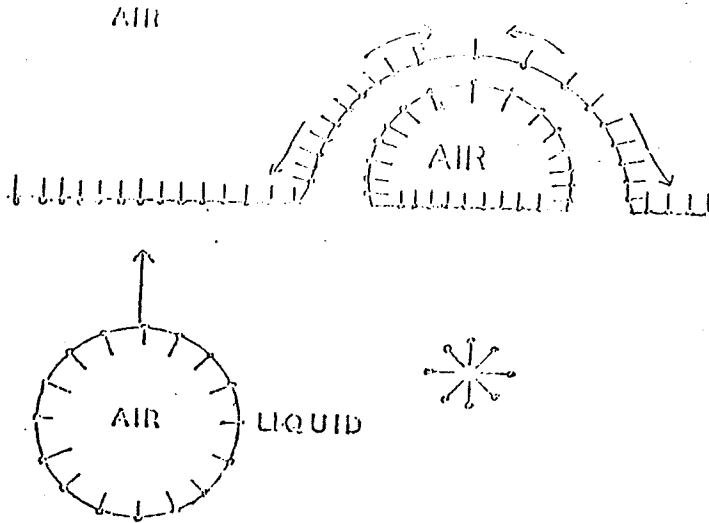


그림 I-2

에 의해 거품액이 거품막으로부터 벌크용액(Bulk Solution)쪽으로 회귀하는 이동을 Bulk Migration 이라하며, 반대로 Marangoni Effect 에 의해 거품액이 Bulk Solution 쪽에서 거품막의 상부로 이동하는 현상을 표면이동 (Surface Migration 또는 Surface Transport) 이라 한다.

다. 표면탄력성 (Surface Elasticity)

Marangoni Effect를 거품안정화의 거시적 현상(巨視的現象)이라 한다면 표면 탄력성 (Surface Elasticity)은 미시적 현상(微視的現象)이라 말할수 있다. 거품막의 한부분을 아래의 그림 I-3과 같이 평면상으로 놓고 볼때

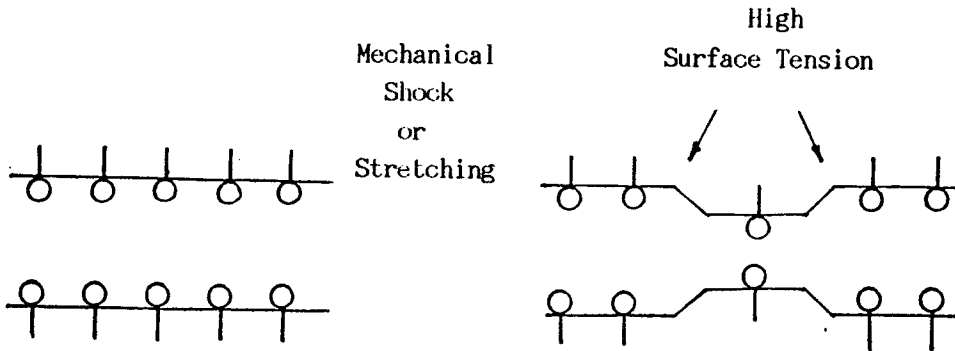


그림 I-3

이 부분이 외부로부터 물리적 충격(파포의 원인)을 받게되면 그 부위에 즉시 표면장력의 상승현상이 발생되어 주위로부터 거품액(Foaming Media)을 끌어당겨 자기치료 효과 (自己治療效果 ; Self-Heal Effect)를 나타내게 된다. 이를 거품벽의 표면탄력성 (Surface Elasticity of Foam Wall) 이라 한다.

라. 거품막 점도 (Surface Viscosity of Foam Wall)

거품액(Foaming Media)을 형성하는 모든 종류의 계면활성제는 친수성기(Hydrophilic Group)와 소수성기(Hydrophobic Group)를 갖는다. 이로 인하여 거품막내의 계면활성제들은 아래의 그림 I-4와 같이 친수성기들은 거품막내에, 소수성기들은 거품막 안과 밖의 공기쪽으로 표면배향하게 된다.

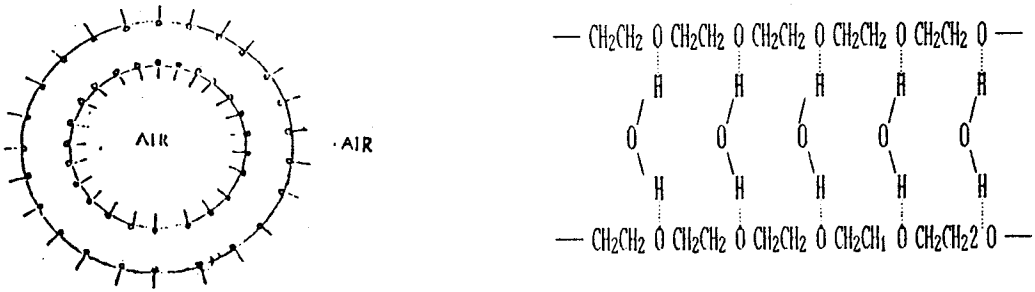


그림 I-4

이때 특히 거품막내에 배향된 친수성기(주로 Alkylene Oxide)들이 거품막내의 물분자들과 수소결합(Hydrogen Bond)을 형성하여, 거품액의 이동을 둔화시키게 되는데 이를 거품막점도 또는 거품막 표면점도(Surface Viscosity of Foam Wall)라 하며, 이는 때때로 단백질이나 가용성점, 섬유소물질 등에 의해 물리적으로 조장, 강화되기도 한다.

마. 정전기적 반발력(Electrostatic Repulsion)

그림 I-4에서 설명된 바와 같이 거품막내에 이중으로 배향된 계면활성제의 친수성기가 이온성을 띄게될 경우 계면활성제의 이온성에 관계없이 항상 동일한 극으로 이온화되기 때문에, 거품막의 내·외면으로 배향된 친수성기들은 그림 I-5에서와 같이 서로 반발력을 지니게 된다. 이러한 반발력은 거품막의 두께가 일정수준 이하로 얇아지는 것을 방지 (거품막으로부터 거품액의 Drainage 를 방지)하여 안정화를 이끈다.

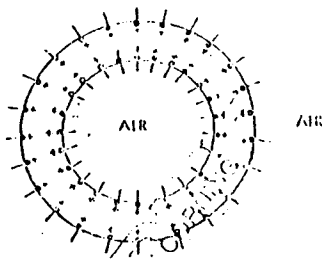


그림 I-5

이상에서 설명된 다섯가지의 현상은 모두 거품막으로부터 거품액의 손실(Drainage)을 방지하며, 또한 이러한 현상들은 항상 복합적으로 작용하기 때문에 거품을 더욱 안정화시키게 된다.

#### 4. 기포의 조절

##### 1) 조절의 목적

거품은 간혹 세제나 크린, 폴리우레탄 발포, 식품공정, 세정제진(Scrubbing), 부직포제조공정 등에서 효과적으로 활용되기도 하지만 아래의 표 I-1 많은 산업공정에서 공정을 지연·방해하거나, 공정 용량을 줄이고, 위험요소를 만드는 등 부작용을 낳게 되어 통제 대상이 된다.

공정	조절의 목적
폐수처리	거품에 의한 폐수의 대기접촉 차단방지 (자정작용의 활성화, 산소공급)
섬유염색 또는 정련	균일염색, 공정용량 증가, 후처리시간 단축
펄프세척공정	세척효과의 향상, Black Liquor의 회수율 향상
제지공정	Oil Spot 방지, 표면 품질향상, Cooking Solution의 회수율증진
설탕정련	증진 원재료(Pulp)로부터의 유효성분 추출 극대화
식품발효	발효탱크로부터 거품의 Overflow에 의한 손실방지
페인트산업	핀홀(Pinhole)이나 Fish-eye 형성방지
정유산업(분별증류)	이론단수(Theoretical Plate)증가, 공정품질향상, 공정시간단축
윤활유, 엔진오일	기포에 의한 윤활작용 방해방지

표 I-1

##### 2) 조절의 방법

거품을 조절하는 방법은 기계적 조절방법 (Mechanical Treatment), 열적조절방법 (Thermal Treatment), 화학적 조절방법 (Chemical Treatment) 등의 세가지로 크게 분류되며, 거품의 발생원인과 발생형태, 공정조건에 따라 적절히 선택되어야 한다.



### 가. 기계적 조절방법 (Mechanical Treatment)

이 방법은 발생된 거품을 기계적 충격이나 초음파, 빛등을 가하여 통제하는 방법으로  
서 다음과 같이 세분될 수 있다.

- ① Air Jet Mashine (고압의 공기를 분사하여 거품을 파괴함)
- ② 물분사법 (Water Spray Method)
- ③ 전기충격법 (Electrical Spark Method)
- ④ 회전판이용법 (Rotating Disk)
- ⑤ 원심분리법 (Centrifuging Method)
- ⑥ 초음파 이용법 (Ultrasonic Wave Control)
- ⑦ 일광법 (Irradiation Method)

이러한 기계적 조절법은 거품액의 화학적 물리적 조건변화가 불가능한 경우, 특수하게  
이용되기도 하지만 거품발생의 근본적인 방지기능이 없기 때문에 일반적으로 널리 활  
용되는 방법은 아니다.

### 나. 열적 조절방법 (Thermal Treatment)

이 방법은 거품의 표면에 복사열 (Radiant Heat)을 공급하거나, 혹은 거품이 발생하는  
시스템(Foaming System) 전체를 가열, 온도를 상승시킴으로써, 거품액내의 활발해진  
분자 운동이 거품의 안정화 요소를 상대적으로 약화시켜 거품이 파괴될 수 있도록 하  
는 방법이다. 그러나 이 방법 역시 산업적으로 널리 활용되지 않는 방법이며, 간혹  
화학적 조절방법과 병행되어 사용되기도 한다.

### 다. 화학적 기포조절 방법 (Chemical Treatment)

이 방법은 거품이 발생하는 시스템 (Foaming System)내에 특수한 화학물질을 투입함으  
로써 거품을 통제하는 방법으로서 모든 산업분야에서 가장 널리 사용되고 있는 기포  
조절 방법이다.

#### ① 파포제 및 역포제 사용법 (Defoamer or Antifoam Method)

파포제 (Defoamer)란 거품을 빠른 속도로 파괴만 하는 물질을 말하며, 역포제  
(Antifoam)란 파괴의 속도는 느릴수 있지만 지속적으로 거품의 재형성을 방지하는 화  
질을 말한다. 그러나 일반적으로 널리 상업화 되어있는 소포제라 불리는 물질은

그 파포력과 역포력에 있어 다소간의 차이는 있으나 대부분 파포력 (Defoaming Ability)과 역포력(Antifoaming Ability)을 모두 갖고 있으므로, 구분치않고 흔히 소포제(Antifoam)로서 통용한다.

#### ② 거품 형성 시스템의 파괴 (Destruction of foaming system or foaming agent)

이 방법은 음이온계 계면활성제(Anionic Surfactant)에 의해 발생된 거품에는 양이온계 계면활성제 (Cationic Surfactant)를 투입하여, 양이온계 계면활성제에 의해 발생된 거품에는 음이온계 계면활성제를 투입하여 거품을 통제하는 방법으로서, 반대의 이온성을 가진 계면활성제를 투입하여 계면활성제의 계면활성 구조를 파괴하는 방법이다.

#### ③ 대응용매의 투입 (Addition of Co-solvent)

이 방법은 거품이 발생된 시스템에 거품액을 구성하는 용매 또는 분산매 보다, 거품을 발생시킨 계면활성제가 더 잘 용해될 수 있는 대응 용매 (또는 상호용매 ; Co-solvent)를 투입하여 거품액 (Foaming Media)으로부터 계면활성제를 인위적으로 제거하여 거품을 통제하는 방법이다.

#### ④ 불용성 고형물의 투입 (Addition of Dewetted Solid Particles)

이 방법은 소수성 실리카 (Hydrophobic Silica)와 같이 계면활성제에 의해 그 표면이 쉽게 Wetting 되지 않는 입상물질 (Solid Particle)을 투입하여, 외부로부터 투입된 입상물질을 유화 (또는 동일시스템화)시키려는 경향이 있는 계면활성제들을 순간적으로 입상물질 주위에 끌어모음으로써, 거품막내에 계면활성제의 부분적인 불균형을 유발 거품을 파괴하는 방법이다.

## II. 화학적 기포조절

앞에서 소개된 바와 같이 화학적 기포조절법에는 몇가지 방법이 있으나, 가장널리 사용되는 방법은 소포제에 의한 것이며 또한 최근까지 모든 소포이론의 연구가 우수한 소포제의 개발을 목적으로 이루어져 왔기 때문에 이 장에서는 소포제와 연관된 기포조절의 이론과 소포제의 요건, 분류방법 및 시험방법등에 대하여 알아보고자 한다.

## 1. 소포의 원리

화학적 소포조절의 원리는 크게 두가지로 구분된다. 그 첫번째는 매우 낮은 표면장력을 갖는 이물질(異物質)을 투입하여 거품안정화 요인을 제거하는 방법이며, 두번째 방법은 소수성 실리카 (Hydrophobic Silica)와 같은 고흥질의 비유동성 입자를 투입하여, 거품막의 특정부위로 부터 계면활성제를 끌어모음으로써, 급작스런 부분적 불균형을 유발시키는 방법이다. 두번째 이론에 대해서는 다른 각도의 주장이 없지 않으나 대체적으로 위의 견해가 더 일반적으로 받아들여지고 있다고 할 수 있다. 한편 널리 상업화되어 있는 많은 종류의 소포제는 대부분 위의 두가지 원리를 모두 활용하고 있으며 또한 우수한 소포효과를 내기위해서 최소한 두가지 이상의 원료 물질로 구성되어 있는 경우가 많다.

소포의 원리를 자세히 소개하면 다음과 같다.

### 가. 안정화 요인의 제거 (Displacement of Stabilizing Effect)

거품 표면에 거품액 (Foaming Solution)보다 더 낮은 표면장력 (Surface Tension)을 갖는 어떤 종류의 액상물질이 투입되었다고 가정하면, 이 외부로부터 투입된 액상물질은 아래의 그림 II-1에서 보는 바와 같이 거품액과 혼합된 단일층 (Mixed Mono-Layer)을 형성하게 되는데, 이때 이 혼합 단일층은 주위의 거품액보다 상대적으로 더 낮은 표면장력을 갖기 때문에 주변으로 쉽게 퍼져나가면서 얇아지게 된다. 이때 주변의 더 높은 표면장력을 갖는 거품액(Foaming Media)은 혼합단일층으로부터 계속해서 거품액을 추출해가기 때문에 거품막에 매우 불안정한 상태를 만들게 된다.

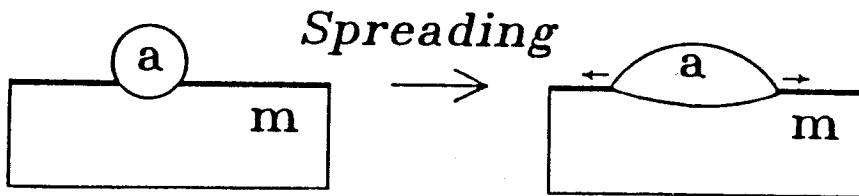


그림 II - 1

## 나. 계면활성제의 부분적 제거 (Localized Removal of Stabilizer)

거품내에 0.2 - 5 $\mu$ m 정도의 크기를 갖는 소수성 실리카 (Hydrophobic Silica) 등의 물질이 투입되면, 투입된 입상물질을 Wetting 시키려는 경향 (Foaming System 내에 일체화 시키려는 경향)이 있는 계면활성제들이 고형물질의 주위로 달라붙기 때문에 순간적으로 그 주변에 계면활성제의 공동현상 (Cavity Area of Surfactant) 즉 일정지역이 매우 높은 표면장력을 갖게되는 현상이 발생되어 거품이 불안정화 된다.

한편 소수성 실리카에 대한 다른 이론을 소개하면, 소수성 실리카의 급작스런 투입은 친수성의 거품액과 강한 반발작용을 낳기 때문에, 투입된 소수성 실리카 주위의 모든 반대 방향으로 거품액이 충격적으로 밀리는 (반발되는) 현상이 발생되어 거품이 파괴된다는 쇼크 (Mechanical Shock) 이론이다.

위와 같은 효과를 낼 수 있는 소수성 입자에는 탈크(Talc)나 표면처리된 탄산칼슘 등 여러가지가 있으나 이 장의 「3. 소포제의 분류」에서 자세히 소개하기로 한다.

## 2. 화학적 기포조절제 (소포제)의 요건

이상에서 언급된 소포이론에 근거하는 가장 기본적인 소포제의 요건으로서는 낮은 표면장력을 갖는 액상의 물질이 소수성 입자를 포함할 것이라 할 수 있으나 그 이외에도 산업에의 응용성, 효과의 우수성이나 경제성, 보관의 측면, 환경적 측면 등 여러가지 고려 사항이 있다. 그 요건들을 상세히 열거하면 다음과 같다.

가. 소포제는 거품발생 시스템 (Foaming System)에 불용성 또는 난용성이어야 한다. 즉 거품발생시스템내에 포함된 계면활성제에 의해 쉽게 유화되어 시스템과 동일화 또는 일체화 되어서는 안된다.

나. 소포제 (또는 소포제의 주성분)는 거품안정제 (Foam Stabilizer ; 주로 Surfactant)보다 더 낮은 표면 장력을 갖어야 한다.

다. 소포제는 거품발생 시스템 (Foaming System)에 잘 분산될 수 있어야 한다. 만약 분산성이 좋지 못하면 소포제가 많은 숫자의 거품과 접촉할 수 없게 되어 그 효과를 발휘하지 못하게 된다.

라. 소수성 입자를 포함하여 계면활성제의 부분적 불균형을 유발시킬수 있어야 한다.

마. 가능한한 거품 시스템에 잔여물을 남기지 않아야 한다.

- 바. 사용이 용이하며, 공정에 부정적 효과를 주지 않아야 한다.
- 사. 오랜시간 보관되어 변질되거나 품질의 변화가 없어야 한다.
- 아. 단위 가격당 많은량의 기포를 처리할 수 있어야 한다.

### 3. 소포제의 분류 (Classification of Antifoams)

소포제를 분류하는 방식에는 화학적 성분에 따른 분류, 물리적 형태에 따른 분류, 적용범위에 따른 분류 등이 있으나, 최근 화학적 성분의 종류 및 상태에 따른 분류 방식이 가장 일반적으로 행하여지고 있으며, 여기서는 물리적 형태 및 적용에 따른 분류 방식과 화학적 성분에 따른 분류 방식에 의해 소포제의 종류들을 나열해 보고자 한다.

#### 1) 물리적 형태 및 적용에 따른 분류 방식

##### 가. 에멀전 형태 (Emulsion Type)

에멀전 형의 소포제는 거품 발생 시스템이 수용액계로서 소포제의 주성분이 손쉽게 수용성계에 분산될 수 있도록 유화되어 있는 형태를 말한다. 에멀전형의 소포제는 폐수 처리 공정, 섬유제조공정, 식품제조공정, 펄프 및 제지공정 등 거의 모든 산업분야에 전반적으로 사용되고 있는 형태이다.

##### 나. 오일형태 (Fluid Type)

이는 낮은 표면장력을 갖는 한가지 또는 여러가지의 액상 유기물질(주로 탄화수소류, 실리콘, 불소화합물 등)로 이루어진 형태의 소포제로서 소수성 실리카등 입상물질을 포함하지 않는다. 오일형태의 소포제는 주로 석유정제 공정이나 페인트 산업 등에 사용되며 때때로 유기용매로 희석된후 사용되기도 한다.

##### 다. 콤파운드 형태 (Compound Type)

콤파운드 형태의 소포제는 낮은 표면장력을 갖는 탄화수소류나 폴리에테르, 실리콘, 불소수지류등의 액상유기물질내에 탈크(Talc), 흑연, 폴리에틸렌, PTFE, 나일론, Ca 또는 Al의 비누화물, 폴리스틸렌, 실리카 등의 미세한 소수성 분말 등을 알파분산 ( $\alpha$ -Dispersion)법이나 베타분산 ( $\beta$ -Dispersion)법에 의해 분산시켜 놓은 형태로서 주로 에멀전 형태의 소포제의 제조원료로 사용되지만 페인트 산업이나 정유산업 등에도 널리 사용되고 있다.

## 2) 화학적 성분의 종류 및 형태에 따른 분류

화학적 성분에 따른 소포제의 분류는 최근 가장 널리 활용되는 방식이며 매우 합리적이다. 특히 소포제의 특성 요건 중 낮은 표면장력은 소포제의 중심 기능이 되기 때문에 이 분류방식은 주로 액상성분의 분류에 초점이 맞추어져 있으며, 소포제의 제조와 선택에 있어 중요한 가이드가 된다.

이 분류방식은 소포제를 그 구성분의 물리적·기능적 형태에 따라 우선 액상조성물(Liquid-Phase Component)와 고상조성물(Solid-Phase Component) 및 보조물(Ancillary Agent)로 구분한다. 여기서는 주로 액상 및 고상조성물에 대해 언급하며, 유화제(Emulsifiers), 증점제(Thickeners), 보존료(Preservatives), 분산캐리어(Dispersion Carriers ; Water or Solvents) 등의 보조물(Ancillary Agents)에 대한 논의는 생략한다.

### 가. 액상조성물(Liquid-Phase Components)

액상조성물은 아래와 같이 크게 탄화수소류(Hydrocarbons), 폴리에테르(Polyethers), 유기실리콘(Silicones) 및 탄화불소류(Fluorocarbons) 등으로 나눌수 있다.

#### ① 탄화수소류(Hydrocarbons)

- 케로신(Kerosene), 아마인유(Linseed Oil) 콘오일(Corn Oil)
- 지방산, 지방산 에스테르, 지방산 알콜
- 로진오일(Rosin Oil)이나 우지(牛脂)의 폴리알킬렌 옥사이드
- Organic Phosphates (특히 Tributyl Phosphate 는 Latex Paint에 적합)
- 아세틸렌 글리콜 (특히 2,4,7,9 - tetramethyl-5-decyne-4,7 diol 은 수용성계 코팅제나 농업용 화학물질 등 우수한 Wetting 성을 필요로 하는 제품에 소포제로 사용되어 우수한 성능을 나타냄).

#### ② 폴리에테르(Polyethers)

- Poly(Alkylene Oxide) Copolymers, Poly(Vinyl Ether) 등

③ 유기 실리콘 (Silicones)

- 폴리디메틸실록산 (PDMS), 또는 Poly(Alkylene Oxide)와의 공중합체
- Polytrifluoro Propylmethylsiloxanes (비수용성계의 거품발생시스템에 매우 효과적)
- Cyanoalkyl- Substituted Silicones (제트엔진이나 내부연소엔진 등에 사용되는 연료의 소포제로 매우 효과적)

④ 탄화불소류 (Fluorocarbons)

- 탄화불소유 (Fluorocarbon Oils)
- 불소함유아מיד (N-(alkylaminotrimethylene)Perfluorooctanamide) 는 특히 윤활유나 제트연료의 소포제로 많이 사용됨)

나. 고상조성물(Solid-Phase Components)

최근의 소포이론에 의하면 강력한 소포효과는 액상조성물보다 오히려 액상에 분산되어 있는 고상물질에 의하여 만들어 진다고 알려져 있다. 즉 액상조성물은 거품막을 약화 또는 불안정화시키며 고상물질을 거품막의 표면에 운반해주는 Carrier 역할을 하고 실제적인 파포는 주로 고상조성물에 의해 이루어 진다는 것이다. 그러므로 고상조성물의 선택은 소포제의 성능에 결정적인 영향을 미치게 된다. 산업적으로 널리 사용되고 있는 고상조성물은 크게 세가지 즉 고체 탄화수소류 (Solid Hydrocarbons), 실리카 (Hydrophobic Silicas) 및 고체탄화불소류 (Solid or Powder Fluorocarbons)등으로 분류되며 이들은 모두 일상 조건에서 어떠한 유화제에 의해서도 전혀 유화되지 않거나, 매우 유화되기 어렵다는 공통적인 특성을 갖는다.

① 고체 탄화수소류 (Solid Hydrocarbons)

- 고체 지방산, 지방산에스테르, 지방산 아מיד
- 탄화수소류 왁스 (Hydrocarbon Waxes)

\* 특히 Ethylenediamine distearamide 와 같은 지방산 아미드는 라텍스 페인트나 펄프제조 공정에 있어 매우 효과적이다.

## ② 실리카 (Hydrophobic Silica)

- 주로 실리콘(Silicone)폴리머나 모노머로 처리된 소수성 실리카가 대표적임.
- 대체로 탄화수소류, 폴리에테르, 실리콘 등의 액상조성물과 함께 사용됨.

## ③ 고체 탄화불소류 (Solid Fluorocarbons)

- 고상의 불소함유 아마이드나 파우더 PTFE 등

## 4. 소포제의 성능시험 방법

정확한 소포제의 성능 시험은 궁극적으로 거품이 발생하는 현장에서만 가능하다. 이는 거품이 발생하는 Mechanism 이 매우 복잡다양하고, 거품을 발생시키는 요인들이 복합적으로 작용되고 있으며, 또한 계속적인 Agitation 이 있기 때문에 현상의 실험실적 재현이 실질적으로 불가능하기 때문이다. 그러나 많은 종류의 소포제 성능 시험이 실험실적으로 이루어지고 있으며, 비단 기준이 될만한 탁월한 방법이 없다 할지라도 각 산업계에서 현실에 맞게 고안, 개발되어 사용되는 소포제 성능 시험은 적어도 소포 성능의 상대적 비교에는 충분하며 실제로 소포제 사용에 많은 도움을 주고 있다. 여기서는 흔히 이용되는 다섯가지의 소포제 실험방법을 간략히 소개키로 한다.

### 가. Pneumatic Methods

유리관이나 유리스파거, Diffuser Stone 등을 통하여 일정량의 소포제가 포함되어 있는 거품액 속으로 공기를 불어넣어 시간에 따른 거품의 높이를 측정함으로써 소포제의 성능을 측정하는 방법으로서 간단한 Shaker Test 로서 충분한 공기가 유입되는 현상을 재현할 수 없을때 효과적으로 사용될 수 있는 방법이다.

### 나. Dynamic Methods

이 방법은 Pneumatic Methods 의 한 부류로 볼 수 있으며, 마찬가지로 공기를 계속해서 유입시키고 거품액 (Foaming Solution)을 수직 실린더 형태의 실험조내에서 계속 순환시키면서, 시간에 따라 거품의 높이와 부피를 측정함으로써 성능을 시험하는 방법이다.



#### 다. Shaking Methods

일정량의 소포제가 투입된 거품액을 일정한 방법으로 정해진 시간동안 흔들어서 거품을 유발시킨 후 그 거품이 모두 파포될때까지의 시간을 측정하여 성능을 파악하는 방법으로서 가장 간단한 소포제 시험법이다.

#### 라. Pour Methods

일정량의 소포제가 투입되어 있는 거품액을, 일정한 높이에서, 일정한 Size 의 노즐을 통하여, 정해진 속도로, 일정한 직경을 가진 시험관내로 떨어 뜨린후, 이 때 형성된 거품의 높이와, 시간에 따른 파포 특성을 관찰하는 방법이다.

#### 마. Hot Pump Tests

일반적으로 80°C, 때에 따라서는 100°C의 거품액을, 용기밖에 설치되어 있는 펌프를 사용하여 시험조내에서 계속 펌핑(Recycle)하면서, 시간에 따라 형성되는 거품의 높이를 측정하는 방법으로서, 주로 섬유산업에 사용되는 소포제의 성능실험에 활용되는 방법이다.

