

# 제지슬러지 소성처리에 따른 마모도값 측정

박규현, 조준형, 이성호<sup>1)</sup>,

강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과, 청림환경연구소<sup>1)</sup>

## 1. 서론

제지산업에서는 필연적으로 폐수 및 슬러지가 발생하게 된다. 종이소비의 증가로 지속적으로 발전하면서, 발생하는 폐수 및 슬러지 오염물의 발생량도 증가하는 추세이다. 따라서 제지공장에서는 발생하는 슬러지 처리방법 개선과 처리비용 절감을 위해 많은 노력과 연구가 활발히 진행 중이다. 본 연구는 백상지 슬러지 속에 포함되어 있는 무기안료를 소성 처리하여 재사용 하는데 목적을 두었으며, 소성온도 및 소성시간 변화에 따른 슬러지의 성분을 분석하고 최적 조건을 결정하였으며, 무기안료를 회수하여 제지공장에서 사용하고 있는 일반 무기안료와 와이어 마모도를 측정하여 비교 분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2. 1. 공시재료

본 실험에서 사용한 제지 슬러지는 백상지를 생산하는 'E 제지회사'의 백상지 슬러지를 수거하여 사용하였다.

### 2. 2. 슬러지 소성

슬러지 내 함유된 수분을 증발시키기 위하여 24시간동안 건조기에서 슬러지를 완전히 건조하였다. 전기 회화로(Electric Furnace, 산생(주), SCEF-301)를 이용해서 슬러지를 소성 처리하여 무기안료물질을 회수한다. 지난 연구보고에서 백상지 슬러지에서  $\text{CaCO}_3$ 의 성분을 가장 많이 나타내었고 높은 백색도를 보였으며 최적조건으로 제안하였던  $600^\circ\text{C}$ 의 온도와 12hr의 조건에서 실험을 행하였다.

### 2. 3. 와이어 마모도

본 실험에서는 소성 슬러지와 'E 제지회사'에서 충전제로 사용되고 있는 PCC와 Talc를 기준시료로 설정하여 비교하였으며, 충전제를 혼합하여 사용하고 있는 배합비율, 1:1로

혼합하여 총 3가지의 기준시료와 소성 슬러지의 와이어 마모도 값을 측정하여 비교하였다.

### 2. 3. 1. 슬러지의 분쇄

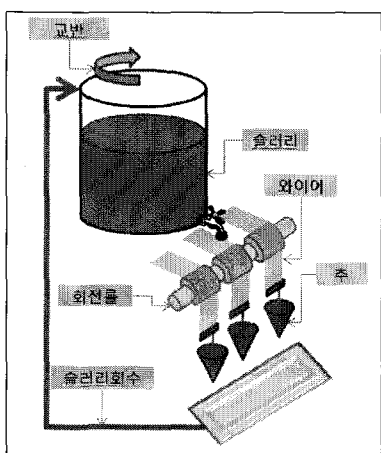
**Table 1. Condition of wet-disintegrate**

Rotate Per Min	3000 RPM
Consistency	15 w/w%
Sludge : Sand rate	1 : 2
Time	20 min

건식분쇄방법은 소성 슬러지의 미분쇄가 어렵기 때문에 습식분쇄 방법을 선택하여 사용하였다. 습식분쇄기의 형태는 원형 Chest 에 sand와 일정 고형분 농도로 물에 분산시킨 소성슬러지를 충전하여 교반형 분쇄 Bar를 회전시켜 소성슬러지를 일정 크기로 분쇄하였다.

### 2. 3. 2. 마모도 측정

마모도 측정장치는 Abrasion Tester (Nippon Filcon Co. LTD)를 사용하였다. 마모도 측정기기는 위쪽의 체스트에서 소성 슬러지를 일정 고형분 농도로 하여 교반을 시켜 분산이 충분히 될 수 있도록 한 뒤, 노즐을 통해 슬러리를 아래로 흘려보낸다. 아래쪽은 와이어와 회전하는 롤이 있고, 그 롤과 와이어 사이의 공간으로 슬러리가 통과 하면서 회전하는 롤의 표면과 고정 되어있는 와이어사이의 공간에서 고형분에 의해 와이어는 마모된다. 마모도 측정기의 형태는 Fig. 1에 나타내었고, 조건은 Table 2와 같다.



**Fig. 1. Abrasion Tester**

**Table 2. Condition of Abrasion test**

Consistency	2 w/w%
Agitator	3000 RPM
Time	50 min

노즐에서 분출된 슬러리는 먼저 스크린을 거치면서 floc이나 이물질을 제거하고 스크린을 통과한 슬러리는 3갈래로 분배되어 바로 아래의 롤로 흐른다. 롤 표면에는 와이어가 고정되어 있다.

**Table 3. Specification of Abrasion tester**

Volume of chest	25 L
Slurry flow velocity	500 mL/min
RPM of Ceramic roll	3000 RPM
Ceramic roll	∅ 60mm × 60mm × 3cell
Bronze wire	140mm × 40mm × 3cell

마모도를 측정하기 전에 와이어의 무게를 측정하고, 실험 후에 와이어의 무게를 측정하여 마모되어 줄어든 무게(mg)를 측정치로 하였다. 따라서 측정치가 높을수록 상대적으로 마모가 높다. 와이어를 지나서 아래로 흘러내린 슬러리는 pump를 이용하여 다시 Chest로 공급되어 체스트 내의 슬러리 고형분을 일정하게 한다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3. 1. 입자의 크기 제어

습식분쇄한 소성 슬러지의 입자크기와 비교할 무기안료의 입자크기를 Table 4에 나타내었다.

**Table 4. Particle size of materials**

	Particle Size[ $\mu\text{m}$ ]
PCC	2.86
Talc	4.48
PCC : Talc (1 : 1)	2.97
Sludge	1.92

입자 크기는 Talc가 가장 크고 습식분쇄한 소성 슬러리 입자가 가장 작았다. 소성 슬러지의 경우는 입자의 크기와 형태가 균일하지 않고 불규칙적이다. 이는 슬러지의 구성 성분이 여러 가지이고 그 형태를 제어할 수 있는 방법이 없기 때문인 것으로 사료된다.

#### 3. 2. 마모도

실험 후 마모가 되어 줄어든 무게와 처음의 무게를 비교하여 실험 전 후의 무게차를 mg 으로 평균을 내어 마모도 값으로 하였다. 따라서 수치가 높을수록 상대적으로 마모가 높고, 수치가 낮을수록 와이어 마모가 낮다. 회전하는 롤 표면과 맞닿아 고정되어 있는 와이어의 표면에서 마모가 일어나며, 다음의 계산식을 이용하여 마모도를 구할 수가 있다.

$$\text{측정치(mg)} \times \frac{1}{2} = \text{마모도 (mg)} \quad (\text{Eq. 1})$$

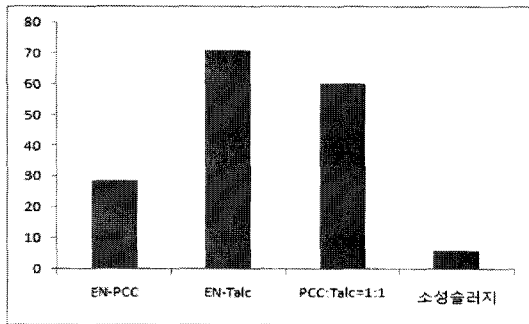


Fig. 2. Abrasion of materials

입자크기가 작은 소성 슬러지가 마모도 값이 가장 낮았으며, 입자크기가 큰 Talc의 경우는 마모도 값이 가장 크게 나왔다. 즉, 마모도는 입자의 크기에 큰 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

제지 슬러지를 재활용하는 방법 중에서 소성하여 무기안료를 회수하여 충전제 용도로 재사용하는 것은 충전제의 비용절감과 환경비용부담의 감소로 이어진다. 슬러지의 소성조건 중 충전제로 사용하기 위한 최적의 조건을 찾아 초기공정에 적용할 때 고려해야하는 조건 중에서 마모도에 관한 것을 확인하였다. 600℃/ 12hr 의 조건에서 소성한 슬러지의 경우 낮은 백색도는 일반 무기안료와 혼합하여 보완 할 수 있었다. 마모도 값은 일반 PCC, Talc에 비해 낮은값을 나타내었으며 특히 소성온도에 따른 입자형상에 대해서는 본 실험에서는 고려하지 않았다. 그 후, 소성처리에 의한 무기안료를 충전제로 산업현장에 재활용하기 위해서는 보다 많은 연구가 필요하다고 사료된다.

#### 5. 참고문헌

1. 환경 친화적 제지슬러지 처리기술, 서영범, 한국펄프제지공학회, vol.29 no.2 (1997)
2. Use of paper sludge ash as paper filler and pigment, Daio Paper, Japan Tappi Journal vol.59 no.4 (2005)
3. 입자응용과학, 조준형외 9인, 학술정보(2003)
4. 제지슬러지 소성처리에 의한 무기안료의 회수, 유석호, 강원대학교 대학원(2007)
5. Determination of the mineral constituents of recycled paper mill sludge, TAPPI Journal vol.7 no.6 (2008)