

산처리 공정에 의한 충전제 규조토의 이용 연구 (I)

최 봉 순, 이 종 만, 조 준 형

강원대학교 제지공학과

The Studies of Diatomaceous Earth as filler by Acid Treatment (I)

Bong-soon Choi, Jong-man Lee, Jun-hyung Cho

Department of Paper Science and Engineering, College of Forestry
Kangweon National University

서 론

제지산업에서의 충전제는 종이의 불투명도, 백색도, 광택도 등 광학적 성질의 개선과 값비싼 펄프를 대체하여 경제성을 향상시키려는 목적으로 사용된다. 최근 펄프 수입원가의 상승이 제지업계의 문제로 대두되면서 펄프에 비해 상대적으로 값싼 무기안료에 대한 관심이 높아지고 있다.¹⁾ 따라서 본 연구에서는 국내 부존 자원 활용방안의 일환으로 국내 매장량이 풍부한 규조토를 이용하여 무기안료 생산에 대표적인 공정인 산처리 공정과 소성공정 및 미분쇄 과정을 통하여 새로운 제지용 충전제를 개발함으로써 펄프의 수요를 무기안료로 대체하며 미분쇄 제조공정의 각 단계별 특성연구와 고부가가치의 창출을 목적으로 실험을 행하였다.

이 론

본 연구에서는 미분쇄 제조방법으로 널리 채택되고 있는 건식법을 이용하여 미분체를 제조하였으며 제지용 충전제의 물성을 부여하기 위하여 평균입자경을 $7.5\mu\text{m}$ 전후로 하였다. 이는 미분쇄 제조에 있어서 입자경에 따른 물성부여 그 자체 보다도 처리량(비용), 분쇄품중 최대입자경, 분쇄조작, 내마모에 대한 대책도 고려한 것이다.

규조토의 미분쇄 실험중 최적의 회전수를 구하기 위하여 다음식을 이용하였으며, 임계회전수 분율은 원료의 성질에 따라 다르나 보통 0.65 ~ 0.85를 사용한다.²⁾

$$\text{최적 회전수} : (N_c) = Z \cdot \frac{42.3}{\sqrt{D_M - d_B}} \quad (1)$$

여기서, Z 는 임계회전수 분율이며, D_M 은 Mill의 내경, d_b 는 Ball의 내경이다. 그리고, Ball의 충전율을 측정하는 가장 정확한 방법은 Ball의 부피분율을 측정하는 것이나 일반적으로 Eq.(2)를 사용한다.^{3,4)}

$$\text{Ball의 충전율} : (J) = \frac{\text{Ball의 질량} / \text{Ball의 밀도}}{\text{Mill의 부피}} \times \frac{1.0}{0.6} \quad (2)$$

소형 Ball Mill에서는 Ball의 충전율이 40-45%일때 분쇄속도가 최대가 되며, 실제로 25%이하의 Ball의 충전율은 보통 사용하지 않는다. 또한, 시료의 충전율은 Ball의 충전율을 정의할때와 같은 방법을 이용하여 Eq.(3)으로 나타낸다.⁵⁾

$$\text{시료의 충전율} : (F_C) = \frac{\text{시료의 질량} / \text{시료의 밀도}}{\text{Mill의 부피}} \times \frac{1.0}{0.6} \quad (3)$$

시료의 충전율과 Ball의 충전율을 관련시키기 위하여 시료의 formal bulk volume과 Ball bed의 formal porosity를 비교하면 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.^{4,5)}

$$U = \frac{F_C}{0.4 J} \quad (4)$$

여기서, U 는 Ball과 Ball 사이의 공극기준 시료의 충전율이며, F_C 는 시료의 충전율, J 는 Ball의 충전율이다.

실험

실험에 사용된 기재는 국산 규조토 원광을 이용하여 jaw Crusher 및 impact mill로 전처리를 실시하였고 산처리의 효율성을 높이기 위해 ball mill을 이용하여 1차 미분쇄 처리를 하였으며 출발원료에 포함된 불순물(Fe, Mg 등)을 제거하기 위해 산의 농도별 처리를 행하였으며 산처리된 규조토를 세척과 건조하였으며 다음으로 소성과정을 거친 후 마지막으로 제지용 충전제로써의 입도제어를 위해 ball mill로 2차 미분쇄를 하였다. 아래의 Fig. 1은 본 실험의 공정도를 나타낸 것이다.

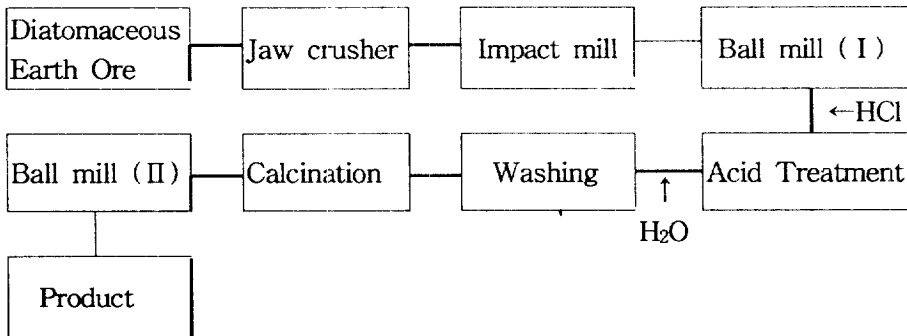


Fig. 1 Process schedule of filler for paper making

다음의 Table 1과 Fig. 2는 규조토의 화학조성과 주사전자 현미경으로 관찰한 규조토를 나타낸 그림이다. 다음에서 알 수 있듯이 규조토의 화학조성은 SiO_2 79.63%로 주성분이며 그밖에 Al, Fe, Mg 등의 불순물이 함유되어 있었다.^{6,7)}

Table 1 Chemical composition of diatomaceous earth

Chemical components	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Ig. loss
Contents, (%)	79.63	0.65	0.95	0.30	18.93

결과 및 토론

① 10 wt.%의 농도일때 84.3에서 20 wt.%, 26 wt.%의 농도에서는 91.6%와 92.8%로 백색도가 증가하였으며 원소 분석결과 SiO_2 84.60%, Al_2O_3 0.06%, CaO 0.13%로 천연 규조토에 비해 SiO_2 의 함량이 높아졌고 Fe와 유기물이 완전히 제거되어 존재하지 않았다. 이로 인하여 규조토의 백색도가 상승하였음을 알 수 있었다.

② Ball Mill에 의한 규조토의 미분체 제조에서는 운전시간이 180min일때 입자 size의 최소점인 $6.5\mu\text{m}$ 이었음을 알 수 있었고 그 이후 시간에서는 응집과 분쇄가 동시에 진행됨을 알 수 있었다. 또한, 제지용 충전제로써 물성을 부여하기 알맞은 입도인 $7.5\mu\text{m}$ 은 60min 처리하였을때 얻을 수 있었다. 또한, Ball mill에 의해 미분쇄된 규조토의 SEM 사진에 의한 관찰 결과 분쇄기의 작동에 의해 원래의 원통형 다공성 구조는 파괴되어 판상 형태의 미립자화 된 것을 알 수 있었다.

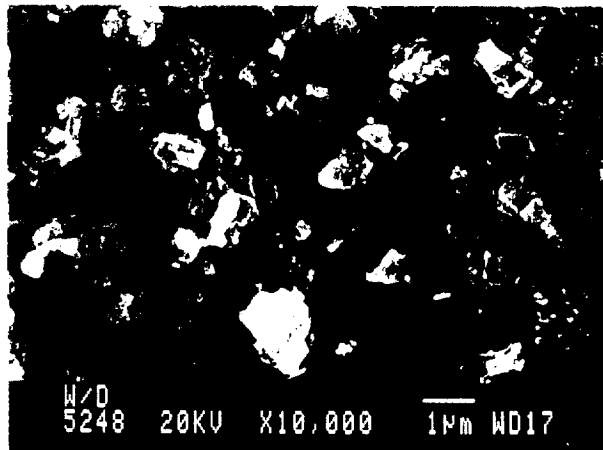


Fig. 2 SEM of diatomaceous earth

③ 미분체로 제조된 규조토는 다음의 Table 2와 같은 물성을 보였다.

Table 2 An investigation of physical properties for diatomaceous earth

Physics \ Filler	Clay	Talc	CaCO ₃	Diatomaceous Earth
Chemical Components	Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O	Mg-SiO ₂	CaCO ₃	SiO ₂ ·nH ₂ O
Shape of Particle	판상	판상	원형, 침상	판상
pH[-]	6.6	9.2	8.8	7.3
Residual 325mesh,[wt.%]	0.01	0.01	0.01	0.01
Whiteness,[%]	82	89	94	92.8
Refraction Index	1.60	1.57	1.55	1.40
Light Scattering Coefficient	9.5 ~ 11.5	13 ~ 14	17 ~ 24	29 ~ 40
Abrasivness,[mg]	300	250	513	230
Oil Absorption,[ml/100g]	20 ~ 30	12 ~ 16	19	80 ~ 120
Surface Area,[m ² /g]	9	6	7	14.88
Particle Size,[μm]	6.54	7.71	7.86	7.59
Hardness,[mohs]	1.0	1.0	3.0	1 ~ 2
Specific Gravity	2.6	2.75	2.65	2.17
Zeta-potential,(mV)	- 1.58	- 1.36	- 0.71	- 2.48

참 고 문 헌

1. James P. Casey, Pulp and Paper, 3rd ed., Vol. 3, 1521~1526, 1993
2. 山田興一, “セラミッタ原料としてのアルミナ”, セラミッタス, 17(10), 810~816(1982)
3. Bond. F. C., 1952, The third theory of comminution., AIME Transactions, 193, 484 - 494
4. Harris, C. C., 1966, On the role of energy in comminution: Review of physical and mathematical principle., Trans. I.M.M, 79, C37 - 56
5. Harris, C. C., 1967, On the limit of comminution, AIME Transactions, 238, 17 - 30
6. Dicson, T., Diatomite Increases Filtering Through. Ind. Miner., London, No. 141, June 1979, pp. 33~45
7. Durham, D. L., Diatomite. Ch. in United States Mineral Resources, U. S. Geol. Survey Prof. Paper 820, 1973, pp. 121~195