

微細粒자를 함유한 슬러지의 高效率 脫水 연구†

李靖彦 · 李在瑾

釜山大學校 產學協力中心大學, *釜山大學校 機械工學科

A study for High Efficiency Dewatering of Sludge Contained Fine Particles†

Jung-Eun Lee and Jae-Keun Lee

Industrial Liaison Innovation Cluster, Pusan National University

**Department of Mechanical Engineering, Pusan National University*

요 약

입자의 크기가 5 μm 이하인 미세입자를 함유한 안료 슬러지를 탈수하여 케이크화될 때 기공의 크기가 매우 작아 물의 배출이 어려운 특성이 있다. 기존의 외부가압력으로 탈수하는 기계식 탈수방법으로 탈수하기는 어렵다. 본 연구는 케이크 층에 저온 열을 인가하여 케이크 층의 기공으로부터 물을 원활하게 배출하여 탈수율을 향상시키고자 하는 연구이다. 케이크 층에 일정한 온도를 공급할 수 있는 Piston형 열 탈수장치를 구축하여 미세 안료 입자 200 g에 대하여 탈수 실험을 수행한 결과 여액량은 176.8 g, 케이크 무게는 19.4 g, 케이크 두께는 4.2 mm로 측정되었으며, 함수율은 47 wt%이며 면적당 건조 입자의 잔류량(여과 속도)은 2.1 DS kg/m²·cycle로 분석되었다. 이 결과는 기존의 기계식 탈수 방법에 의한 결과에 비하여 여액량은 증가하였으며, 케이크 무게와 두께는 감소하였고 탈수속도는 증가하였다. 그리고 함수율은 약 30%감소하여, 전반적으로 탈수율이 매우 향상되는 결과를 도출하였다. 그 이유는 케이크 층에 열을 인가함으로써 케이크 기공에 작용하는 내부 증발압으로 인해 물이 케이크 층으로부터 원활하게 배출되었기 때문이다. 따라서 본 연구는 미세 입자를 함유한 슬러지의 감량화를 위한 고효율 탈수 시스템 구축에 있어 매우 유용한 기술로 평가된다.

주제어 : 미세 입자, 탈수 케이크, 기공, 열탈수, 기계탈수

Abstract

There was some difficulty dewatering properties due to small porosity diameter of cake, when pigment sludge contained fine particle was formed by cake under the dewatering. It was difficult to dewater the sludge with fine particles with the conventional mechanical dewatering method. This study was to improve the dewatering rate as discharging the water from porosity of cake easily, supplying the low heat to the cake layer. Thermal dewatering equipment of piston type to keep up constant temperature on the cake was set up and relative experiment was conducted for sludge of 200 g with fine pigment particle. As test results, filtration of 176.8 g, cake weight of 19.4 g, cake thickness of 4.2 mm was measured, and it was analyzed that the water content of cake was 47 wt% and dewatering velocity, which meant the residual dry solid amount per dewatering area, was 2.1 DS kg/m²·cycle. This results showed that filtration increased, cake weight and thickness decreased and dewatering velocity increased against mechanical dewatering method. And water content of cake decreased about 30%, so the result which dewatering rate improved was drew generally. The reason is that the inner vapor pressure working at the cake porosity increased as applying the low heat to the cake layer, which lead to discharge the water from porosity easily. Therefore, this study was estimated by the useful technology for sludge reduction.

Key words : fine particle, dewatering, cake, sludge, porosity, thermal dewatering, mechanical dewatering.

† 2006년 1월 20일 접수, 2006년 5월 25일 수리

* E-mail: jelee@pusan.ac.kr

1. 서 론

안료 공정에서 생산되는 슬러지(물과 안료입자가 혼용된 상태)를 감량화는 매우 중요하다. 생산된 안료 제품을 운송할 경우, 물과 안료 입자를 최대한 분리하여 함수율을 낮출수록 제품의 질을 높일 수 있을 뿐만 아니라 운송경비를 절감할 수 있기 때문에 탈수효율이 좋은 장치를 요구한다. 하지만 이 슬러지에 함유되어 있는 입자의 크기가 5 μm 이하 이므로, 미세 입자에 해당한다. 미세입자가 케이크화(Cake Formation)될 때, 케이크내 기공의 크기가 작으므로 물을 원활하게 배출하기 어려워 난 탈수성에 해당한다. 이를 탈수하기 위해서는 기존의 탈수 방식(기계식)으로는 한계가 있기 때문에 열을 이용한 고효율 탈수 방식을 적용하는 것이 필요하다. 본 연구는 안료 미세 입자를 함유한 슬러지의 탈수효율(고액분리 효율)을 향상시켜 감량화 하고자 하는 연구이다. 슬러지 감량화에 사용되고 있는 기술은 벨트프레스, 필터프레스, 그리고 원심탈수장치 등이 있다. 벨트프레스 기술은 벨트의 장력을 이용하여 탈수 하는 기술이며, 필터는 압착력, 그리고 원심 탈수장치는 고속 회전하는 공간에서 입자와 물의 원심력 차이를 이용하여 고액을 분리하는 것이다. 슬러지 층에 작용하는 힘의 형태가 장력, 압착력, 또는 원심력 등으로 그 형태가 다를 뿐 기계적인 힘의 범주에 속한다.

슬러지 탈수가 진행됨에 따라 슬러지는 케이크화 된다. 케이크내부는 입자와 입자 사이의 모세관(Capillary Tube)으로 이루어져 있어, 기계적인 힘을 가하더라도 어떤 탈수 임계 영역 이상에서는 탈수가 진행되지 않는다. 그 이유는 케이크화(Cake Formation)가 진행됨에 따라 외부에서 가한 기계적인 힘이 케이크 내부로 전달되지 않기 때문이다^{1,2)}. 따라서 탈수율을 향상시키기 위해서는 케이크 내부로 힘을 전달하는 것이 필요하다. 기계적인 힘의 한계를 극복하기 위하여 열에 의한 내부증발압을 인가하는 것이 효율적이다. 즉 케이크 외부에 기계적인 힘을 인가함과 동시에 탈수 케이크 내부에 약 60~70°C의 저온 열을 인가함으로써 케이크 층 내부의 모세관에 부착되어 있는 잔류여액에 증발압 가하여 여액 배출의 용이하게 하는 것이다. 뿐만 아니라 케이크층에 인가된 내부증발압은 여액의 점성을 낮추어 유동성을 증대함으로써 탈수율을 향상시키는 것이다^{3,4)}. 열 탈수(Thermal Dewatering)는 기계 탈수(Mechanical Dewatering)에 비하여 케이크 층의 물이 케이크의 모세관을 통해 잘 배출된다는 것을 의미한다. 물이 케이크 층을 통과할 때 케

이크 층은 저항에 해당하므로, 케이크 비저항(Cake Specific Resistance)이 크면 물이 케이크 층을 통과하기 어려운 것을 의미하며, 반면 작으면 케이크 층의 통과가 용이하다. 즉 열 탈수에 의한 내부증발압은 케이크의 비저항을 감소시켜 상대적으로 물의 배출을 증대시켜 탈수율을 향상 시키는 것이다⁵⁾.

따라서 본 연구는 안료 슬러지의 감량화를 위해 실험실 규모의 열 탈수 장치를 구성하여 케이크 층의 온도가 60~70°C가 되도록 열을 공급하여, 열 탈수의 효과에 의한 탈수율 변화를 분석하였다. 이를 통해 기존의 슬러지 감량화를 위해 사용하는 기계식 탈수장치에 비하여 감량 효율 향상을 평가함으로써 열 탈수의 기술 경쟁력 우위를 확보할 수 있는 시스템임을 평가하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 열 탈수장치의 구성 (Design Variables)

안료 슬러지의 저온 열 탈수 특성을 평가하기 위해 Piston Type의 탈수장치를 구축하여 슬러지 종류 별 또는 인가 열의 범위에 따른 열 탈수 현상을 분석하고 탈수율 평가 기법을 도출하였다. Fig. 1은 Piston형 열 탈수 실험장치에 대한 개요도를 나타낸 것으로 내경이 80 mm이고 슬러지 상부 이동판(Moving Plate)에 직접 압축공기를 인가하여 탈수하는 장치를 나타낸 것이다. 그리고 Table 1에서 나타낸 바와 같이 Piston의 높이는 340 mm이고 여과면적은 50.2cm², 여과포는 PP 재질의 1800-Denier 여과포(기공크기: 50 μm), 이중직, Mono Filter를 이용하였다. 슬러지 층에 열을 인가하기 위한 방법은 슬러지 층 상부의 이동판에 인가하는 방법과 실린더 외부에 열판(Heating Plate)를 부착하여 인가하는 두 방법을 병행하였다. 슬러지 층의 기공에 열을 인가하여 내부 가압력 형성을 유도함으로써 탈수율을 향상시키기 위한 본 연구에서 열 인가의 방법은 시스템 설계에 있어 매우 중요한 인자로 작용한다. 슬러지 층에 열의 효과적인 인가 방법을 도출하기 위해 슬러지 상부 측과 측면에서 열을 인가하는 방법을 동시에 적용하는 장치를 구축하였다. 슬러지 층에 열을 인가하는 방법은 Power Supply에서 공급된 전력에 의해 열판을 가열한다. 온도 제어장치를 설치하여 일정한 온도 이상으로 전력이 공급되면 차단하게 하여 슬러지 층에 일정한 열을 공급하도록 구성되어 있다. 즉 케이크 층으로부터 온도를 감지하여 설정 온도 이상으로 상승하면 전력장치에 On/Off 스위치를 자동으로 작동시켜 케이크의 온도를

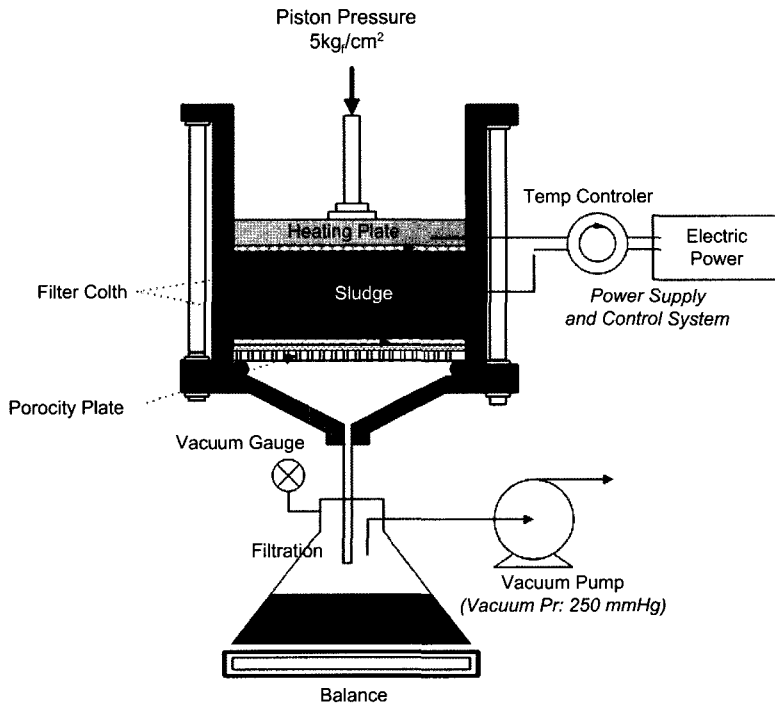


Fig. 1. Schematic diagram of bench-scale equipment.

Table 1. Conditions for testing the thermal filter press dewatering

Variables		Value
Design Conditions	Filter Press Size	φ 80 mm × H 340 mm
	Filter Area (cm ²)	50.2
	Filter Cloth	PP 1800 Denier
Operating Conditions	Initial Sludge (g)	200
	Pressure (kg _f /cm ²)	5
	Vacuum Pressure (mmHg)	250
	Dewatering Time (min)	120
	Sludge Temperature (°C)	24, 60, 70
Sludge	Initial Water Content (wt%)	93.9
	Mass Media Diameter (μm)	4.27

일정하게 유지하도록 하였다.

탈수 실험에 있어 탈수 여액량 측정은 순시적으로 탈수 케이크의 함수율 변화를 측정할 수 있는 중요한 자료이다. Piston 하부측에 Balance(OHAUS, E0D120)를 설치하여 순시적 탈수 여액량을 측정하고, 이 값은 Data Process System을 통해 시간에 따른 함수율 변화

를 그래프로 나타낸다. Piston 하부는 다공판과 여과포가 설치되어 있고 여과포 상부에 케이크가 형성된다. Piston Filter Press, 여과포, 측정장치 등을 Setting한 후 Piston 내부에 탈수대상 슬러지를 넣고 Moving Plate에 5 kg_f/cm²의 압축공기를 인가하면 이동판이 하부로 이동하면서 슬러지층에 압력을 가한다. 일정 시간

압축 공기에 의한 탈수(기계식 탈수: Mechanical Dewatering, MDW)한 후 Heating Plate에 열을 인가한다. Heating Plate는 외부에서 공급된 전원장치에 의해 가열 될 수 있는 코일이 내장되어 있으며 가열 온도는 전력량으로 제어한다. 기계식 탈수가 진행된 후 일정 시간 경과 후 열판에 의한 전열로 슬러지층 내 기공의 내부 증발압력을 유도하는 탈수(열 탈수: Mechanical Thermal Dewatering: MTDW)를 수행한다. 슬러지층 내의 물은 여과포와 다공판을 통해 Piston 하부로 배출되어 Balance에 의해 측정되고 입자는 Piston 내부에는 최종적으로 케이크 층이 형성된다.

2.2. 실험방법 (Operating Variables)

Table 1은 Piston형 열 탈수장치의 실험장치 조건과 운전 방법, 그리고 안료 슬러지의 조건을 정리하여 나타낸 것이다. 실험대상 슬러지의 종류에 따라 실험 조건은 약간의 차이가 있지만, 각 슬러지의 종류에 따른 열 탈수의 특성 메커니즘을 분석하기 위해 동일 조건에서 탈수실험을 수행하였다. 그리고 이와 같은 실험실 규모의 탈수장치에 대한 실험은 Pilot 열 탈수장치 연구를 위한 기초 실험 자료 확보를 위해 추진된 것이기 때문에 최적 실험 조건 도출을 위한 변수 실험은 수행하지 않았다.

실린더 하부에 여과포를 장착한 뒤 초기 함수율이 93.9 wt%인 안료 슬러지 200g의 정량 슬러지를 실린더 내에 주입하고 압축공기 또는 피스톤을 이용하여 가압 탈수한다. 이때 탈수 시간은 안료 슬러지의 특성에 따라 다양하게 설정 할 수 있지만 본 연구에서는 120 분으로 하였다. 탈수가 진행됨에 따라 케이크 상부의 Moving Plate에 가해진 압축력과 Moving Plate를 통해 전달된 열에 의해 슬러지층에 내부가압력과 외부가압력이 작용하여 케이크층의 물이 장치 하부로 배출되고 Moving Plate는 서서히 하부로 이송한다. 탈수 초기 케이크 층의 온도는 서서히 상승하며, 케이크의 형성이 완료되는 시점에서 온도는 급격히 상승하는데, 이때 장치의 온도조절장치에 의해 온도가 제어되며, 본 실험에서는 케이크 온도를 60°C와 70°C 정도를 유지하도록 하였다. 탈수된 여액량은 일정한 간격으로 장치 하부에 설치된 저울에서 측정하며 측정값은 컴퓨터로 저장하여 최종적으로 함수율 변화를 분석한다. 탈수 종료 후 탈수케이크의 탈수 효율을 평가하기 위해 케이크 두께, 무게, 함수율을 측정한다.

Fig. 2는 기계탈수와 열 탈수의 작용 메커니즘을 나

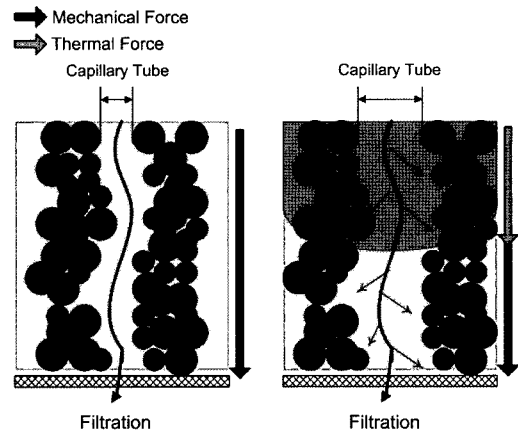


Fig. 2. Working mechanism of thermal dewatering.

타낸 것으로, 기계탈수는 외부가압력에 의해 케이크가 형성되면서, 기공을 통해 수분이 배출되는 반면, 열 탈수는 기공과 기공 사이에 형성되어 있는 모세관에 열에 의한 내부증발압이 작용한다. 이로 인해 모세관에 반류하고 있는 여액을 배출한다.

3. 결과 및 분석

3.1. 안료입자의 입도분포 특성

입자의 크기는 슬러지 탈수에 있어 중요한 인자로 작용한다. 슬러지 상태에서 케이크화(Cake Formation)될 때, 큰 입자를 함유한 슬러지의 경우 케이크 기공이 큰 반면 작은 입자의 케이크 기공은 작다. 기공의 크기가 클수록 케이크로부터 물의 배출을 용이하게 한다는 점을 고려하면, 입자의 크기가 클수록 탈수율은 증가한다. 입자의 특성에 따라 다르겠지만 입자의 크기가 10 μm이 하인 입자로 구성된 슬러지의 경우 난 탈수성이며, 그 이상인 경우 친 탈수성 물질이다⁶⁾. Fig. 3는 안료입자의 입도 분포를 나타낸 것이다. 10 μm 이하의 입자는 약 78%를 차지하고 있으며, 5 μm 이하가 약 50%이상을 차지하고 있다. 그리고 질량중앙직경(Mass Median Diameter: MMD)은 4.27 μm로 분석되었다. 이와 같은 입자 크기분포는 탈수 공정 슬러지로부터 케이크화 될 때, 케이크 내부에 형성된 기공 크기가 매우 작기 때문에 Fig. 2에서 설명한 바와 같이 기공으로부터 여액의 배출이 매우 어렵다. 기존의 기계식 탈수장치를 케이크 내 수분을 배출 시키고자 할 때, 외부에서 압력을 증가 시켜야 한다. 하지만 압력을 증가 시킬수록 압축성인 케

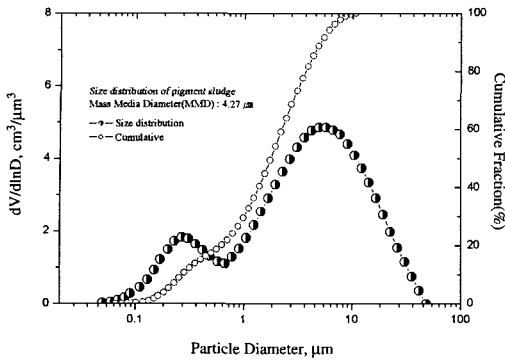


Fig. 3. Size distribution of pigment sludge.

이크 내부의 기공의 크기는 상대적으로 줄어들기 때문에 물을 배출 시킬 수가 없다. 즉 압력의 증대는 여액의 배출을 증대시키지만 입자의 크기에 의해 결정되는 기공과의 이물배반적인 관계가 있다. 이와 같은 기공의 크기와 외부 압력과의 상관관계를 해결하기 위해서는 물리적인 압력을 증가시키지 않은 상태에서 케이크 층에 힘을 가하는 방법이 유효하다. 케이크 층으로 전달된 열이 그 역할을 담당할 수 있다.

3.2. 에너지 투입량에 따른 케이크의 탈수 특성

3.2.1 열을 투입하지 않았을 때의 탈수 특성

Fig. 4는 케이크 층에 열을 인가하지 않은 상태(기계식 탈수)에서 케이크의 상부에서 5 kgf/cm²만을 가하여 탈수한 실험(TEST-1) 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 탈수 후 초기 10분 동안은 급격히 함수율이 감소한다. 즉 케이크 층의 기공으로부터 여액이 압력에 의해 배출되는 속도가 매우 빠르다. 하지만 10분 경과후 탈수 종료 시간인 120분 까지 함수율의 변화는 거의 없이 일정하다. 즉 케이크 층으로부터 여액 배출량이 거의 없음을 의미한다. Table 2의 정량적 결과를

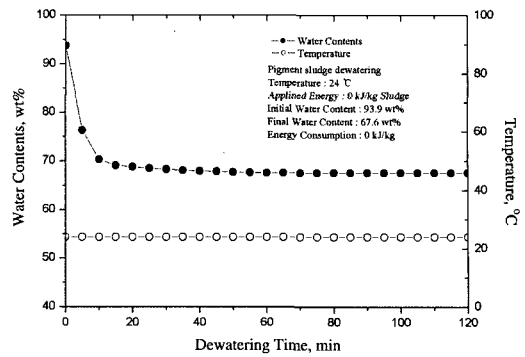


Fig. 4. Pigment sludge dewatering under the room temperature.

보면, 여액량은 162.4 g이고, 케이크 무게는 29.9 g, 케이크 두께는 6.2 mm로 측정되었다. 탈수 완료된 케이크의 함수율을 측정된 결과 67.6 wt%로 분석되었다. 이와 같은 측정 결과를 바탕으로 여과 면적당 건조 입자의 잔류량(여과 속도)을 분석한 결과 1.9 DS kg/m² · cycle로 나타났다. 이 결과에서 보는 바와 같이 탈수가 압력이 작용하는 순간에 일어나고, 그 후 탈수가 이루어지지 않는 이유는 미세입자로 인해 형성되는 케이크 기공의 특성 때문이다. 3.1절에서 언급한 바와 같이 미세입자로 이루어진 케이크의 경우, 외부 가압력이 작용할 때 케이크 내부 기공이 형성되기 전에는 기공으로부터 여액의 배출이 원활하게 이루어지지만, 일단 케이크의 기공이 형성되면 기공의 크기가 매우 작아 여액이 기공으로부터 배출되기 어렵다.

3.2.2. 케이크 층에 에너지를 투입하였을 때의 탈수 특성

Fig. 5은 케이크 층에 60°C은 온도를 인가하여 입자 무게(Dry Solid)당 6,000 kJ의 에너지를 인가하였을 때

Table 2. Results of dewatering

Items	Results		
	TEST-1	TEST-2	TEST-3
Filtration (g)	162.4	172.4	176.8
Wet Cake Weight (g)	29.9	23.5	19.4
Wet Cake Thickness (mm)	6.2	4.8	4.2
Final Water Content (wt%)	67.6	55.9	47
Dry Solid Ratio (DSkg/m ² · cycle)	1.9	2.0	2.1
Energy consumption (kJ/kg-sludge)	0	6,000	7,200

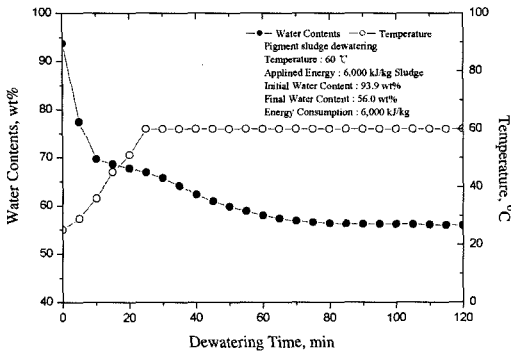


Fig. 5. Pigment sludge dewatering under the temperature of 60°C.

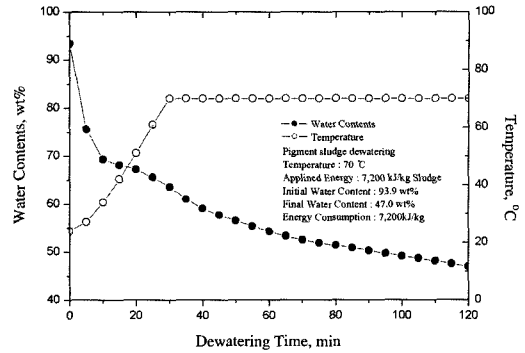


Fig. 6. Pigment sludge dewatering under the temperature of 70°C.

의 시간의 변화에 따른 함수율 변화 실험(TEST-2)결과를 나타낸 것이다. 약 30분 동안 온도는 서서히 상승하여 30분 후 60°C를 유지하고 있다. 케이크의 함수율은 초기 급격히 감소하는 경향은 기계 탈수와 유사하지만, 20분 경과 후에도 함수율은 지속적으로 감소한다. 이는 20분 경과 후에도 여액의 배출량은 지속적으로 이루어지고 있음을 의미한다. 60분 경과 시점 까지 함수율은 계속 감소한다. 20분 경과 이후부터는 Fig. 2에서 설명한 바와 같이 미세기공에 잔류하고 있는 여액이 내부증발압에 의해 배출되고 있기 때문이다. Table 2의 정량적 결과를 보면, 여액량은 172.4 g, 케이크의 무게와 두께는 23.5 g과 4.8 mm, 그리고 함수율은 55.9 wt%로 측정되었다. 열을 인가하지 않은 경우에 비하여 여액량은 10 g 증가하였고 케이크 무게는 6.4 g 감소하였으며 케이크 두께는 1.4 mm 감소하였다. 이 두 실험 결과를 비교하면, 열수에 의한 탈수를 향상의 현상(여액량 증가, 케이크 무게와 두께 감소)이 뚜렷하게 나타남을 알 수 있다.

Fig. 6은 다시 케이크 온도를 70°C(에너지 투입량 7200 kJ/kg)로 하였을 때의 탈수를 변화를 나타낸 것이다. 온도 60°C를 인가하였을 때 보다 시간에 따른 함수율 저감 특성은 더 뚜렷하다. Table 2의 정량적 결과에서도, TEST-2의 결과에 비하여 여액량은 증가하였고 케이크의 무게와 두께는 감소하였다. 함수율은 47 wt%로, TEST-1에 비하여 약 30% 감소하였고, TEST-2에 비해서는 16% 감소하였다. 탈수 속도 또한 2.1 DSKg/m²·cycle로 가장 빠른 것으로 분석되었다. Fig. 4-6의 결과에서 탈수케이크의 온도를 70°C이하로 제한하여 실험한 이유는 본 연구에서 사용한 여과포(PP 1800 Denier)의 한계 이용온도가 80°C이하이기 때문이다. 이

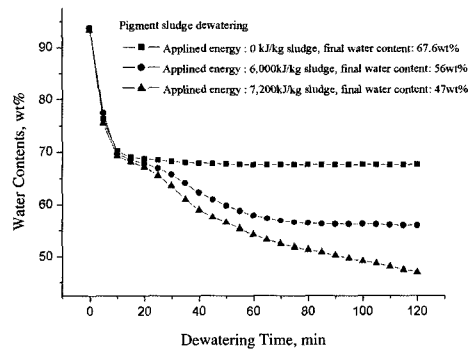


Fig. 7. Pigment sludge dewatering rate as a function of energy.

이상의 온도에서 열 탈수 할 때 여과포가 능률게 변색된 후 장시간 운전하면 손상되어 탈수를 할 수가 없다. 하지만 70°C이하에서는 안전하게 운전할 수 있어 설정 온도의 한계를 70°C까지 하여 실험을 수행하였다. 또한 80이상으로 온도를 올릴 경우 과도한 에너지 소모량으로 인하여 슬러지 처리시 소요되는 경비와 비교할 때, 적절한 운용 평가 방법이 아닌 것으로 판단되어 실험의 효용성이 떨어져 수행하지 않았다.

Fig. 7은 케이크 층에 열을 인가하는 정도에 따른 함수율의 변화를 비교한 것이다. 탈수 개시 후 10분 동안은 함수율 감소 패턴이 동일하다. 10분 경과 후 온도를 인가하지 않은 케이크의 함수율 변화는 없는 반면 열 탈수에 의한 케이크의 함수율은 지속적으로 감소하는 것을 비교할 수 있다. 이와 같이 함수율이 감소하는 것은 케이크층에 인가된 열에 의해 기공으로부터 여액이 지속적으로 배출되기 때문이다. 이는 결국 저 함수율 탈수 케이크를 생산할 수 있는 이유인데, Fig. 8은 Fig.

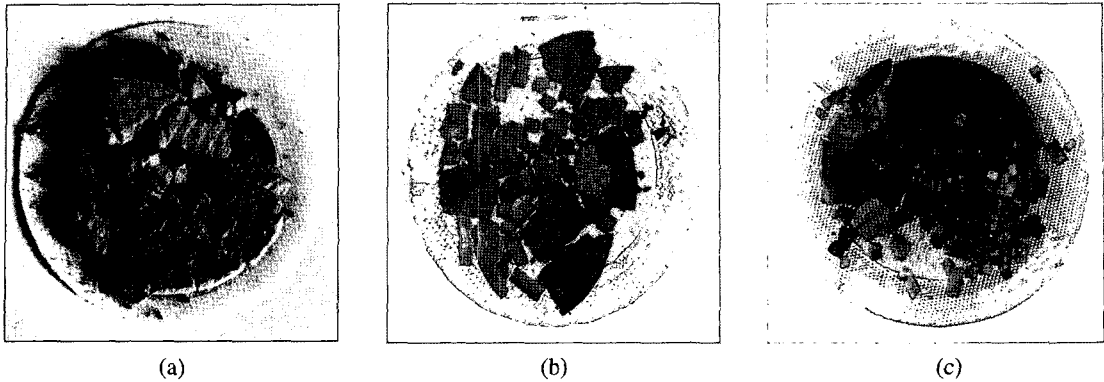


Fig. 8. Dewatered cake : (a) cake of 0 kJ/kg, (b) cake of 6,000 kJ/kg, (c) cake of 7,200 kJ/kg

7의 실험으로부터 생산된 탈수 케이크의 형상을 나타낸 것이다. 열 탈수에 의한 탈수 케이크의 무게와 두께가 얇은 것을 관찰할 수 있다.

4. 결 론

미세입자를 함유한 슬러지를 탈수하여 케이크화 될 때 기공의 크기가 매우 작기 때문에 케이크의 기공을 통해 물의 배출이 어렵다. 특히 $5\ \mu\text{m}$ 이하의 입자에 의해 형성되는 케이크의 경우 탈수가 매우 어렵는데, 본 연구에서 사용한 안료 입자는 $4.27\ \mu\text{m}$ 로 매우 미세하여 기존의 외부 가압력에 의해 탈수하는 기계식 탈수 방법으로 탈수하기는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 미세 입자를 함유한 슬러지의 탈수율을 향상시키기 위해 케이크 층에 저온 열을 인가하여 열 탈수 연구를 수행하여 다음과 같은 결론에 도달하였다.

1. 안료입자는 $10\ \mu\text{m}$ 이하의 입자가 약 78%를 차지하고 있으며, $5\ \mu\text{m}$ 이하가 약 50% 이상을 차지하고 있다. 그리고 질량중앙직경(Mass Median Diameter: MMD)은 $4.27\ \mu\text{m}$ 로 분석이 미세 입자에 해당한다. 이와 같이 미세 입자를 함유한 슬러지를 탈수하여 케이크화 될 때, 케이크 내부에 형성된 기공 크기가 매우 작기 때문에 기공으로부터 여액의 배출이 매우 어려워 난 탈수에 해당하므로 기존의 기계식 탈수에 한계가 있다. 열탈수를 이용하여 탈수율을 향상시키기 위한 방안이 강구되었다.

2. 미세 입자에 대하여 기계식 탈수 실험을 수행한 결과 여액량은 $162.4\ \text{g}$ 이고, 케이크 무게는 $29.9\ \text{g}$, 케이크 두께는 $6.2\ \text{mm}$ 로 측정되었으며, 이를 바탕으로 케

이크의 함수율을 측정된 결과 $67.6\ \text{wt}\%$ 이며 여과 면적당 건조 입자의 잔류량(여과 속도는 $1.9\ \text{DS}\ \text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{cycle}$ 로 나타났다. 이 결과에서 보는 바와 같이 탈수가 압력이 작용하는 순간에 일어나고, 그 후 탈수가 이루어지지 않았는데, 그 이유는 외부 가압력만이 작용할 경우 케이크 내 기공의 크기가 매우 작아 여액이 기공으로부터 배출되기 어렵기 때문이다.

3. 케이크 층에 열을 인가한 경우 기계식 탈수에 비하여 여액량은 증가하였고, 케이크의 무게와 두께는 감소하여 각각 $176.8\ \text{g}$, $19.4\ \text{g}$, 그리고 $4.2\ \text{mm}$ 로 조사되었다. 그리고 최종 탈수 케이크의 함수율은 $47\ \text{wt}\%$ 로, 기계식 탈수에 비하여 약 30% 감소하였고, 탈수 속도는 $2.1\ \text{DSkg}/\text{m}^2 \cdot \text{cycle}$ 로 매우 증가하였다. 그 이유는 케이크층에 인가된 열에 의해 미세 기공으로부터 여액이 지속적으로 배출되기 때문으로 분석되었다.

4. 미세 입자를 함유한 슬러지의 탈수율을 향상시키기 위해서는 외부가압력에 의한 탈수로는 한계가 있으므로, 케이크 층에 저온 열을 인가한 열 탈수 방법이 매우 효과적인 것으로 평가 되었다.

참고문헌

1. Reichmann, C., Tomas, J., 2000: Expression dynamics of finest particle suspensions, *Filtration & Technology*, June, pp.45-49.
2. 이정인, 2003: 정수슬러지의 특성이 탈수성능에 미치는 영향, *대한환경공학회*, **25**(8), pp.1059-1066.
3. Bergins, C., Berger, S. and Strauß, K., 1999: Dewatering of fossil fuels and suspension of ultrafine particles by mechanical/thermal dewatering, *Chemical Engineering*

Technology, 22(11), pp.923-927.

4. Peuker, U., 1999: Scale-up of steam pressure filtration, Chem. Eng. Technology, 38, pp 611-619.

5. 이정언, 2004: 혼합 슬러지의 탈수성에 관한 연구, 대한

환경공학회, 26(8), pp.925-932.

6. 이정언, 2004: 하수슬러지의 탈수율 향상을 위한 연구, 대한환경공학회, 26(5), pp.601-609.

李 靖 彦

- 현재 부산대학교 연구교수
- 본 학회지 제15권 2호 참조

李 在 賢

- 현재 부산대학교 기계공학부 교수
- 본 학회지 제9권 6호 참조

신간 안내

- 제 목 : 오재현의 자동차리사이클링기행
- 저 자 : 吳 在 賢
- 발행처 : MJ 미디어
- 4*6 배판, 312P
- 정 가 : 20,000원



경제학에 있어서는 생산을 대금의 회수로서 one cycle 완료했다고 한다. 그러나 사회적으로는 생산은 리사이클을 실행함으로써 one cycle 완료했다고 해야 할 것이다. 이러한 관점에서 이 책에서는 사용이 다 끝난 자동차(ELV, End of Life Vehicle)가 어떻게 처리되는가를 그 기본적인 방법과 과정을 쉽게 기술하였다. 그리고 처리현장을 탐방하여 많은 것을 기록하였다. 이것은 흥미와 이해를 돕기도 하지만 생생한 우리의 폐차처리 역사를 후세에 남기고 싶고 한편 어떻게 처리하는 것이 가장 바람직한 것인가를 다 같이 생각하게 함이다.

- 제1장 「자연과 환경과 리사이클링」,
- 제2장 「자동차의 수명과 리사이클링」,
- 제3장 「자동차의 리사이클링 시스템」,
- 제4장 「자동차 해체의 실제」,
- 제5장 「자동차 슈레딩 처리기술」,
- 제6장 「자동차 리사이클링의 국제동향」,
- 제7장 「自動車 리사이클링의 꿈」