

## Electro-osmosis 에 의한 Dehydration

한 상 목\*

### Dehydration by Electro-osmosis on Ceramic Body

Sang-Mok Han\*

#### Abstract

In process of water removing safely from plastic clay, an electric field applied to a wet, porous solid such as clay usually causes the rapid dehydration. The water-bearing positive ions move to negative electrode under the d.c. electrical stress or field. Therefore application of electro-osmosis to wet clay could include drying thick and large-scale ceramic body quickly and evenly. The d.c. power supply unit to 60 volts is necessary for safe practice. Also wider contact area and shorter distance between electrodes accelerate effectively the removal of water.

#### I. 서 론

일반적으로 요업제품을 제조할 때 건조과정은 비교적 간단한 단계라고 생각되기 쉽지만 반대로 제품의 결함이 자주 발생하기도 하는 공정이므로 세심한 주의가 필요하다. 성형시에 필요한 수분을 일단 사용후는 반드시 제거하여야 함으로 제품은 소성전에 충분히 건조되어야 한다. 건조과정은 대개 자연건조와 건조기내에서 행하는 가온건조로 나눌 수 있으며 자연건조는 비용이 별로 들지 않지만 많은 공간과 시간이 요구되며 가온건조는 습도조절에 많은 주의가 요구된다. 특히 제품중 부피가 크고 정교한 것은 건조시에 발생하는 문제점이 많으므로 수분 제거방법에 많은 연구와 개선방법이 요구되고 있다.

본 연구의 목적은 건조단계의 선행요건으로

성형시 가해진 수분을 간편하고 빠르게 제거하는 요업공정상의 문제점을 electro-osmosis 원리를 이용하여 개선하고자 하는 것이다. 따라서 실제 산업제에서나 도예가들의 studio에서 실행할 수 있는 여러 조건들을 조사하고 최적조건을 규명하였다. 이 electro-osmosis에 대한 연구는 R. deBois와 H. Pohl<sup>1)</sup>이 원리와 적용예를 발표한 바 있으나 그후는 별로 진전된 연구가 없었다. 그러나 점토제조 분야에서는 이전부터 일부 사용한 예가 있으며 체코의 Karlsbad 카오린<sup>2)</sup>이 대표적인 예이다.

이 원리에 대한 해설은 그림 1에 복인 바와 같으며 음극방향으로 일정하게 수분이 이동한다.

이 electro-osmosis의 장점은 복잡하고 큰 제품이나 도예작품 등을 건조할 때 예비단계로서 신속하게 수분을 제거할 수 있는 점이다. 이 방법에 의하면 수분제거시 균열이 전혀 발생하

\* 강원대학교 공과대학 재료공학과 부교수

\* Associate Prof., Dept. of Materials Eng., Kangweon Natl. Univ.

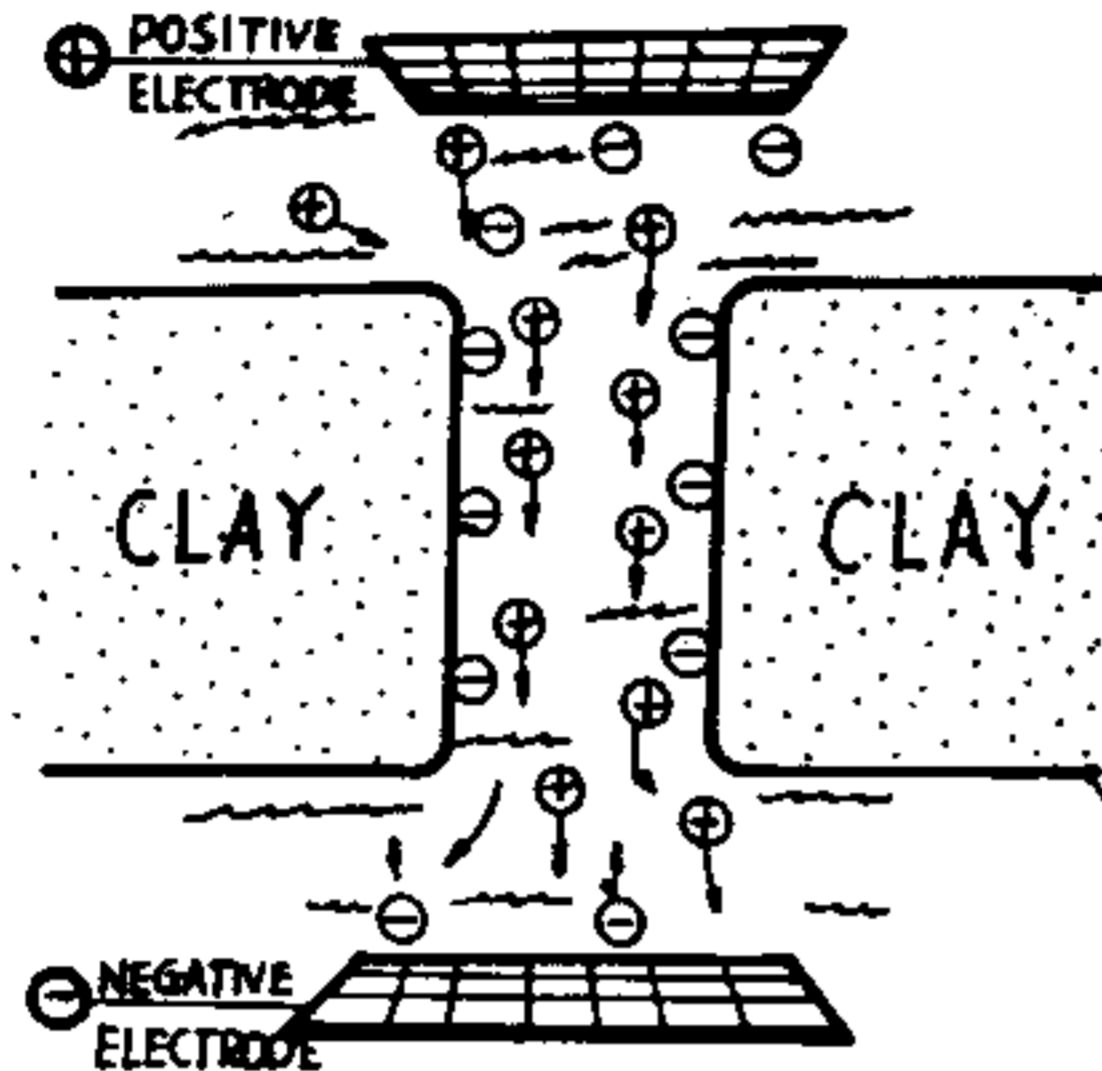


Fig. 1. Schematic diagram on electro-osmosis.

지 않게 된다. 즉 제품표면과 내부의 수분이 균일하게 이동하므로 일반의 급한 건조시에 생기는 균열을 방지할 수 있다는 것이다. 따라서 건조기간을 단축시킬 수 있는 이점도 있다.

## II. 실험방법

### 1. 소지조성 및 준비

실험에 사용할 원료는 일반적으로 도자기소지로 사용되는 여러가지 조성중 그림 2의 삼각좌

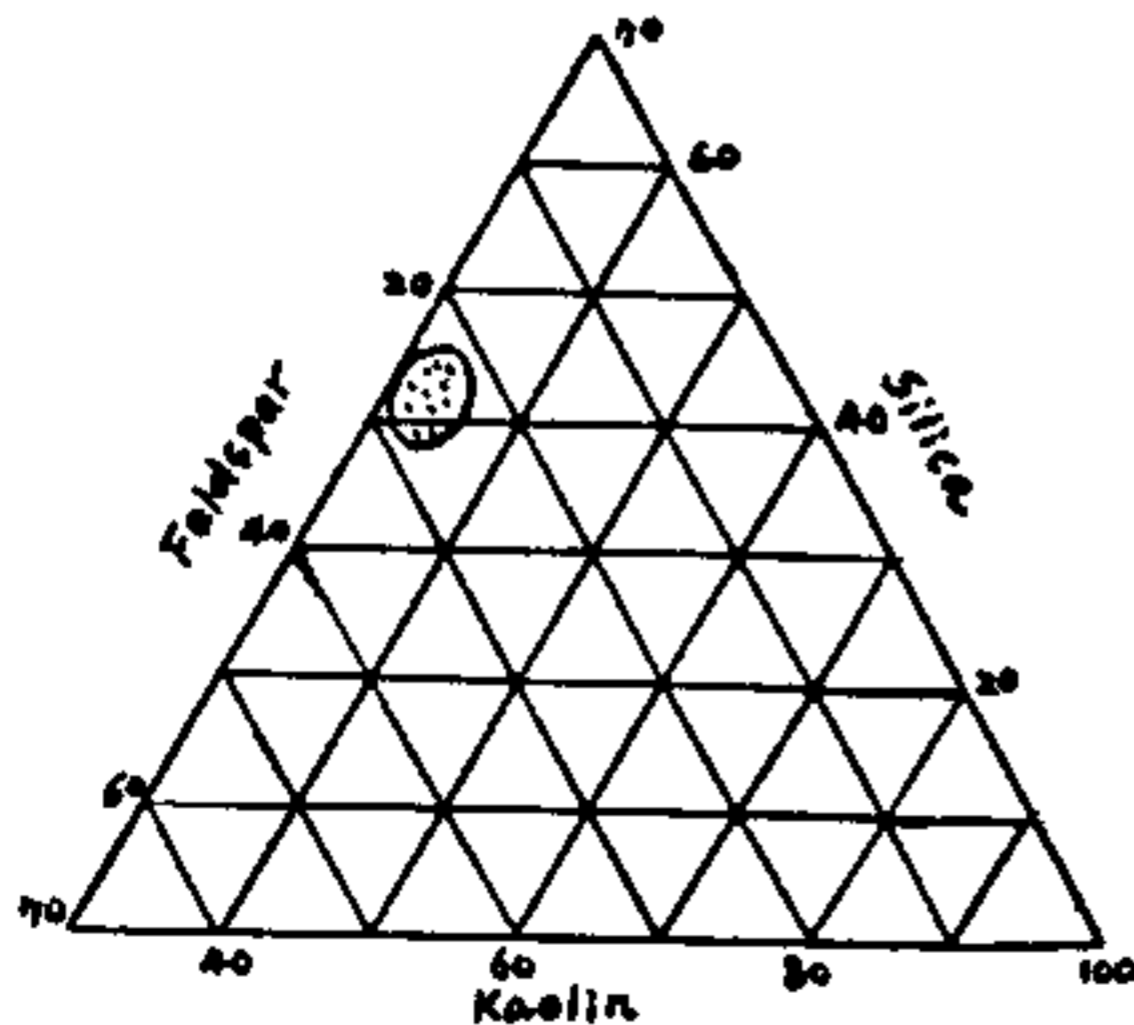


Fig. 2. Triangle for batch composition.

표에서 보이는 점선지역 즉 카오린 30~35%, 규석 38~45%, 장석 25~32%의 범위내에 들도록 batch 를 준비하였다. 또 이들 사용원료는 도자기 소지 제조에 직접 사용할 수 있도록 처리한 하동카오린, 김천규석, 안양장석 1급 원료이다. 이 batch 를 진공토련기로 혼합 날려낸 후 압출한 것을 다시 손으로 반죽하여 균일한 수분이 함유되도록 했으며 이때의 소지는 측정 결과 함유수분이 23~25% 정도였다.

이 소지를 각각 4×4×4, 4×4×6, 6×6×4, 6×6×6, 6×6×8cm의 크기로 절단하여 본 실험에 사용하였다.

### 2. 직류전압부하

상기와 같이 제조한 시편에 직류전압을 걸어주기 위해 KS 표준체에 형접을 얹고 그 위에 시편을 놓아 다시 형접을 덮은 후 표준체를 얹어 놓았다. 그리고 상하의 표준체에 rectifier로부터 발생한 직류를 각각 연결하면 수분을 함유하고 있는 소지내에 전류가 흐르면서 하부의 음극방향을 향해 수분이 이동하게 된다.

전압은 110volt의 교류를 슬라이드스로 강압시켜 rectifier를 통해 직류로 바꾸어 준 후 시편의 상하 양단면에 연결하였다. 이때 전압은 직류 40, 50, 60, 70volt로 변화시켰으며 시간은 10시간까지 매시간 측정하였다.

### 3. 중량측정

통전 이전과 통전 후 매시간마다 형접을 떼어낸 후 시편을 들어내고 천칭으로 무게를 측정하여 각각 수분감소량과 중량감소율을 비교하였다.

## III. 실험결과

함수소지를 처음에 DTA 및 TGA로 가열분석한 결과 그림 3과 같다. 즉 23~25% 함유된 수분은 가열에 의해 급격히 탈수 건조되며 95°C 부근에서 완전히 흡착 수분이 제거됨을 알 수 있었다.

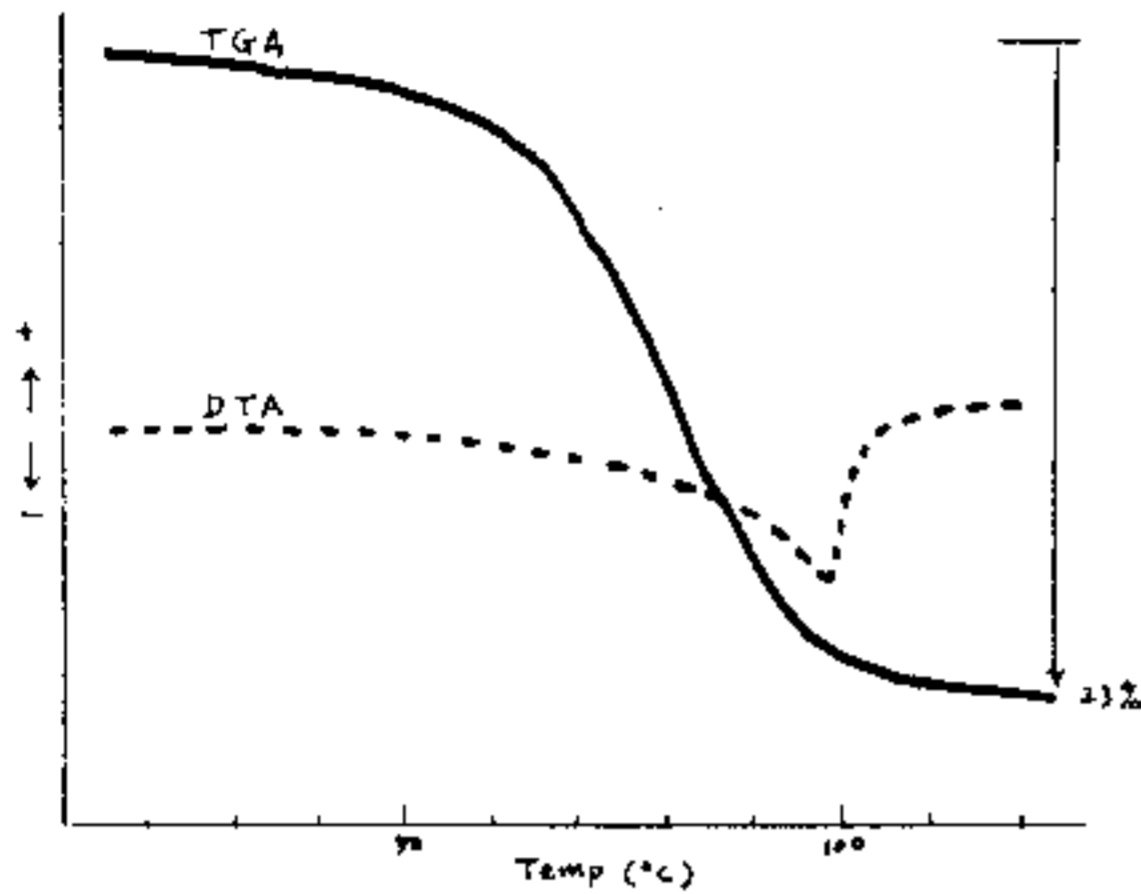


Fig. 3. DTA and TGA curves for clay body.

그림 4에서는 여러가지의 형태중  $4 \times 4 \times 4 \text{ cm}^3$  시편의 전압변화에 따른 탈수량을 조사한 것이다. 즉 전압이 높을수록 수분의 제거량은 증가하였으며 다른 크기의 시료에서도 대체로 유사한 결과를 얻었다.

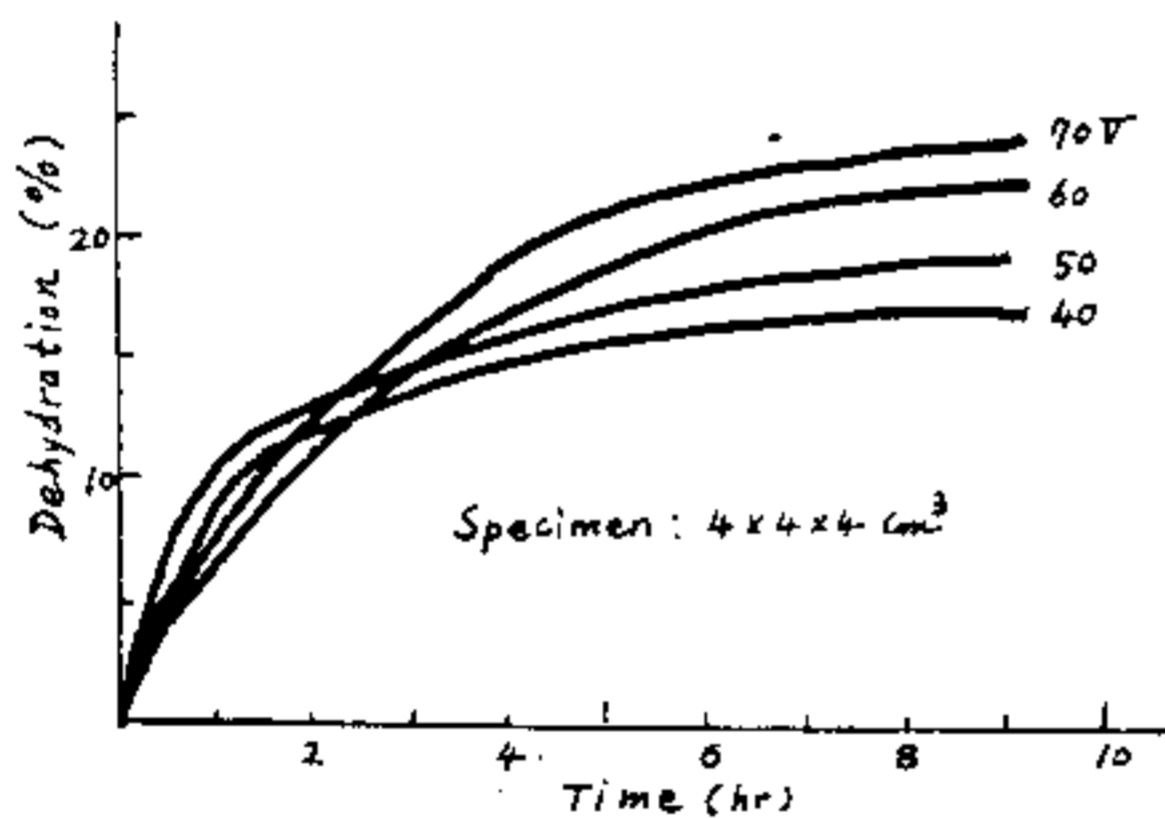


Fig. 4. Dehydration curves at various voltage.

그림 5는 상하의 양극과 음극 두 극 사이의 거리를 4, 6, 8cm로 변화시킬 때 중량감소율을 나타낸 곡선으로 단면적은  $4 \times 4$ ,  $6 \times 6 \text{ cm}^2$ 로 하였으나 대체로 극간의 거리가 가까울수록 감소율이 커지는 것을 알 수 있었다.

그림 6은 전압을 일정하게 하고 극간의 거리를 4cm로 고정할 경우 단면적의 크기에 따라 중량감소율이 증가하였음을 보여준다.

그림 7에서는 electro-osmosis를 이용하여 감

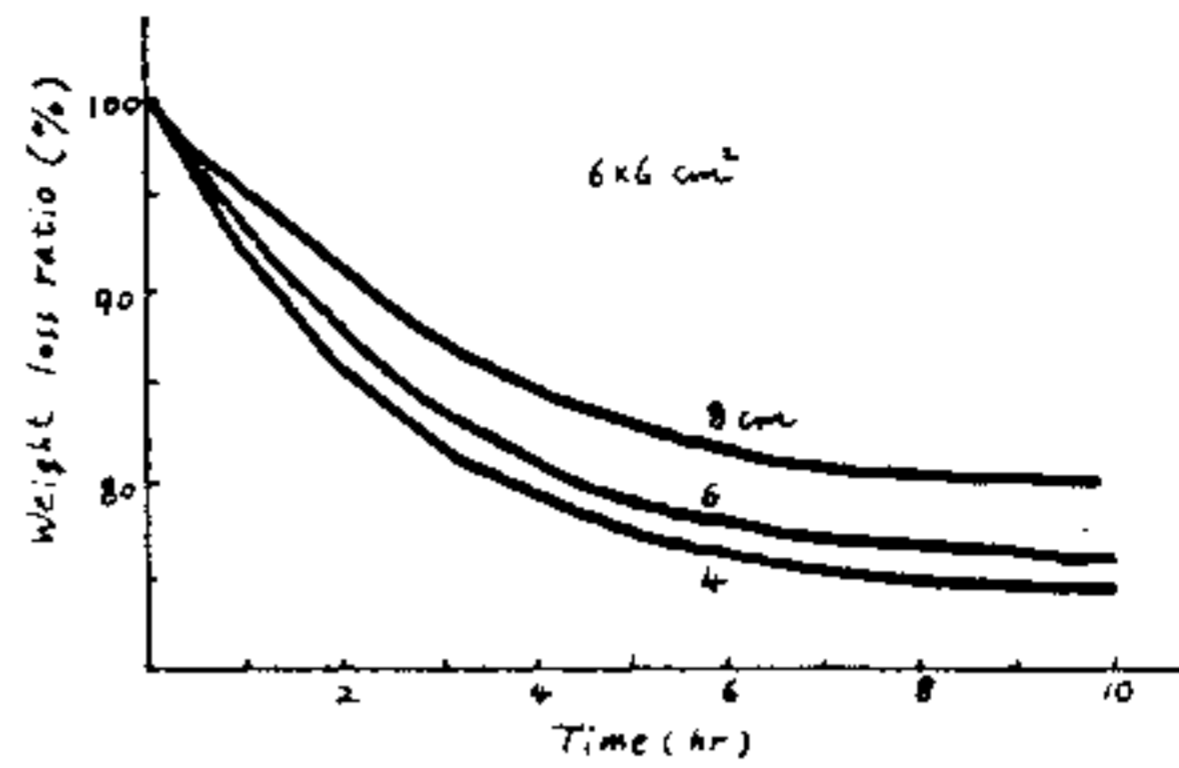


Fig. 5. Weight loss ratio at various distance between electrodes. (60 volt)

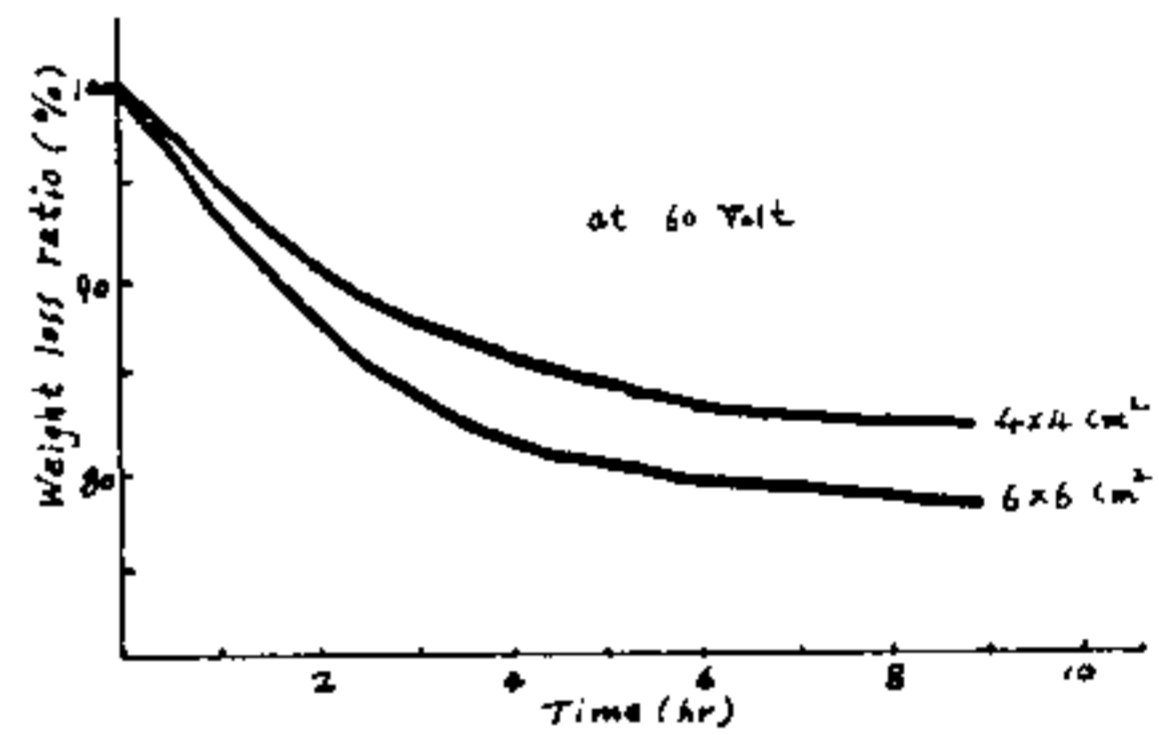


Fig. 6. Weight loss ratio at various area. (distance 4cm)

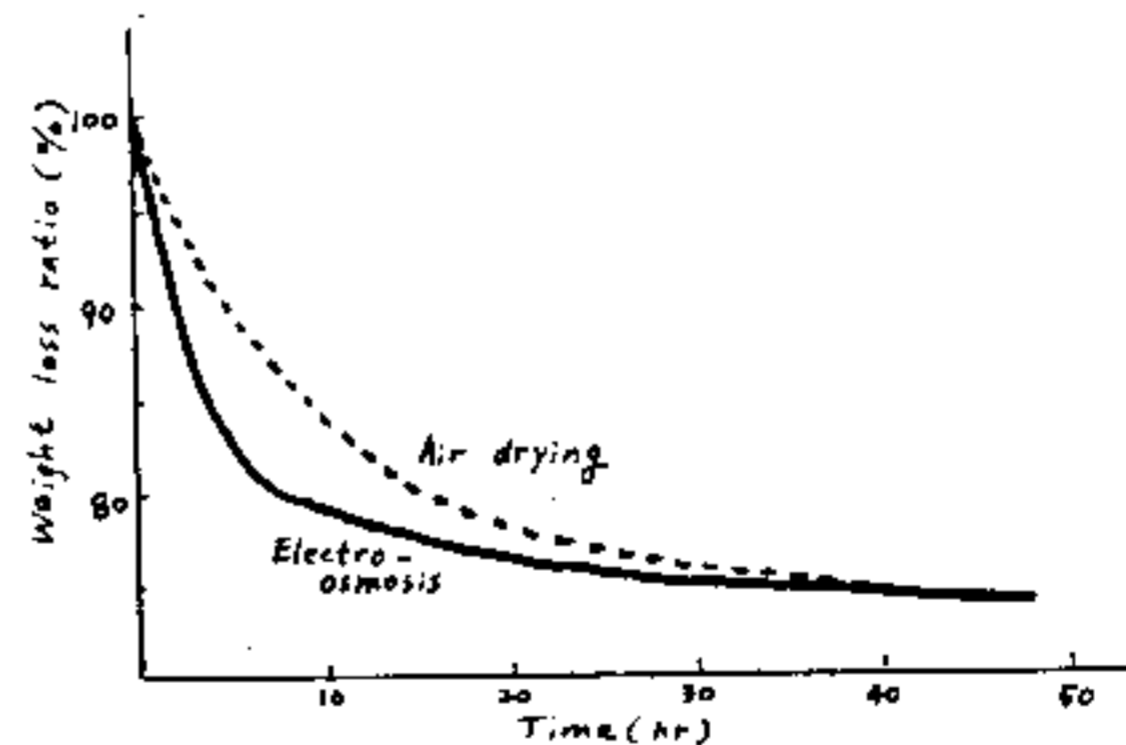


Fig. 7. Weight loss curves of air drying and electro-osmosis specimen.

소율을 측정하고 실험실내에서 자연건조를 한 시편을 비교한 것으로 10시간 정도 통전시킨 결과가 공기건조의 20시간 처리한 것과 유사하였다.

#### IV. 고찰

도자기 소지의 수분제거에 electro-osmosis 원리를 사용하는 것은 이론적으로 그 원리가 밝혀진바<sup>1,2)</sup> 있으나 도예가의 studio에서는 아직 실용화되지 못하고 있다. 도예가들도 점토-수계에 관해서는 그 관계를 이해하고 있지만<sup>4,5,6)</sup> 실제로 효율적인 제거방법을 이용하지 못하고 있다.

지금까지 알려진 바로는  $5 \times 5 \text{cm}$  크기에 두께  $1.2 \text{cm}$  경우 점토의 비저항은 약  $100 \text{ohm/cm}$ 로 알려져 있으며 이때는 두께가 얇아 급히 건조되고 또  $35 \text{ volt}$  를 가했을 때  $200 \text{ milliamp}$  전류가 흐르며 8분 동안에  $2 \sim 3 \text{ milliliter}$  의 수분이 제거되었다는 보고<sup>1)</sup>도 있었다. 본 실험결과 음극부분은 수분이 많이 모이게 됨으로 기벽이 얇고 중량이 무거운 소지는 음극이 있는 아래쪽에서 중량을 견디지 못하고 변형이 된다. 따라서 중량과 기벽두께를 고려하여야 한다. 직류 전기만이 쓰여야 하는 이유는 점토속의 수분이 그림 1에서 처럼 전기적 스트레스에 의해 특별한 방향으로 이끌리므로 교류로서는 이러한 탈수는 불가능하다. 만약 교류가 사용된다면 초당 흐름의 방향이 60번씩 양쪽으로 교대로 바뀌므로 탈수효과는 없어진다. 한편 사용한 물에 소량의 염화나트륨을 첨가하면 전류의 흐름이 증가할 것이며 형검도 마른 것을 사용하면 효과는 감소할 것이다. 특히 사용전압이 증가할수록 탈수효과는 컷으나 안전관리상  $60 \text{ volt}$  까지는 피해없이 사용할 수 있다. 이상 몇 가지 실험을 통해 단시간내에 도자기 소지에 균열이 생기지 않고도 수분을 균일하게 제거하는 몇가지 조건을 규명할 수 있었다.

#### V. 결론

도자기 소지내에  $23 \sim 25\%$  정도 함유된 수분을 직류전압을 걸어 단시간내에 간단히 제거하는 실험을 한 결과 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 시료전체를 통해 균질하게 수분이 제거되며 전혀 균열이 발생하지 않는다.
2.  $60 \text{ volt}$  의 직류전압이 안전사용 범위내에서는 가장 효과적이다.
3. 전극을 접촉시킨 단면적이 클수록 효과적이다.
4. 양극간의 거리를 짧게할수록 효과적이다.
5. 음극이 아래부분에 있으면 수분제거에는 도움이 되지만 무거운 중량에는 견디지 못하고 변형되기 쉽다.

#### 후기

본 연구에 많은 시간과 노력을 아끼지 않고 협조한 이승범군에게 감사한다.

#### 참고문헌

- 1) R. deBois, H. Pohl, "Electro-osmosis" Ceramic monthly, Vol. 28, No.6 PP 101~105(1980)
- 2) 素木洋一, 陶藝セラミックス辭典, 技報堂, P 684 (1983)
- 3) 橋本謙一, 浜野健也, セラミックスの基礎, 共立出版, P 111. (1975)
- 4) W. G. Lawrence, Ceramic Science for the Potter, Chilton, P 44. (1982)
- 5) 素木洋一, セラミックスプロセス(II), 技報堂, P 31. (1982)
- 6) 素木洋一, セラミックスプロセス(III), 技報堂, P 2. (1982)