

# NGHIÊN CỨU HIỆN TƯỢNG ĐIỆN THẨM TRONG MÔI TRƯỜNG XÓP VÀ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG ĐỂ LÀM KHÔ TƯỜNG ẨM ƯỚT

Lương Duy Thành<sup>1</sup>, Phan Văn Độ<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Nghĩa (A)<sup>1</sup>, Nguyễn Mạnh Hùng<sup>1</sup>  
*Bộ môn Vật lý - Khoa Năng lượng - Trường Đại học Thủy lợi*

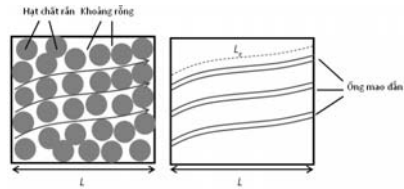
## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Hiện tượng điện thẩm xuất hiện khi đặt một điện trường lên môi trường xốp ngâm chất lỏng. Dưới tác dụng của điện trường, chất lỏng trong đó sẽ chuyển động. Hiện tượng này đã được sử dụng để loại bỏ các chất nhiễm bẩn hữu cơ, hydrocarbon, kim loại nặng... trong đất [2]. Hiện tượng điện thẩm cũng đã được ứng dụng để chế tạo các thiết bị vi dòng chảy như bơm điện thẩm với một số đặc tính ưu việt (tốc độ dòng chảy không đổi, không có bộ phận chuyển động, tốc độ và chiều dòng chảy có thể điều chỉnh dễ dàng). Ngoài ra, hiện tượng điện thẩm đã và đang tiếp tục được nghiên cứu để ứng dụng trong kỹ thuật làm khô tường ẩm ướt của các tòa nhà, đặc biệt là các công trình mang tính lịch sử cần phải bảo tồn và gìn giữ [1]. Hiện nay, trên thế giới đã có một số công ty áp dụng kỹ thuật điện thẩm để xử lý tường ẩm ướt một cách có hiệu quả. Tuy nhiên, rất ít thông tin về quy trình cũng như kỹ thuật xử lý điện thẩm được công bố một cách chi tiết. Ngoài ra, như chúng tôi được biết, hiện nay chưa có một nhóm nào nghiên cứu và sử dụng kỹ thuật điện thẩm để xử lý tường ẩm ở Việt Nam.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

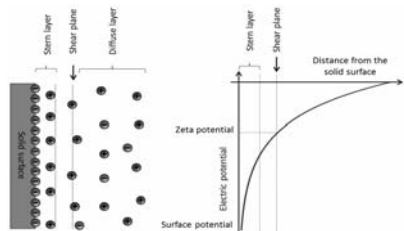
Môi trường xốp như đất, đá được tạo bởi các hạt khoáng chất rắn như silicat, các oxit, các cacbonat (Hình 1). Khi một hạt khoáng chất tiếp xúc với chất lỏng (thường là dung dịch điện phân), bề mặt của hạt sẽ bị nhiễm điện. Điện tích bề mặt sẽ đẩy các ion cùng dấu

trong chất lỏng ra xa và hút các ion trái dấu lại gần trong vùng lân cận gần mặt phân cách giữa chất rắn và chất lỏng. Điều này dẫn đến sự phân bố lại điện tích trong chất lỏng và tạo ra một lớp điện tích kép ở mặt phân cách.



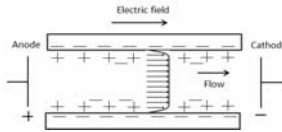
**Hình 1.** Mô hình môi trường xốp với các ống mao dẫn

Lớp điện tích kép gồm một lớp cố định nằm ngay sát mặt phân cách trong đó các ion bị hút và cố định trên mặt phân cách do lực hút tĩnh điện, lớp kế tiếp gọi là lớp khuếch tán trong đó các ion có thể chuyển động tự do. Hình 2 minh họa sự phân bố điện tích trong lớp điện tích kép và điện thế ở vùng lân cận gần mặt phân cách giữa chất rắn và chất lỏng. Bề dày của lớp điện tích kép vào khoảng 1-10nm đối với hệ đất, đá trầm tích ngâm nước và nó phụ thuộc vào nhiệt độ, độ dẫn điện, loại ion có trong chất lỏng [3].



**Hình 2.** Sự phân bố điện tích và điện thế trong lớp điện tích kép tại mặt phân cách

Do sự tồn tại của lớp điện tích kép ở mặt phân cách giữa chất lỏng và chất rắn, nên có sự tương tác giữa dòng chất lỏng và dòng điện trong môi trường xốp. Nói một cách đơn giản, khi đặt lên môi trường xốp một điện trường, thì chất lỏng trong đó sẽ chuyển động (hiện tượng thẩm điện). Ngược lại, khi chất lỏng chuyển động trong môi trường xốp thì xuất hiện dòng điện trong đó (hiện tượng điện thế chảy).



**Hình 3.** Hiện tượng điện thẩm trong ống mao dẫn

Trên cơ sở lớp điện tích kép, chúng tôi sẽ trình bày cơ chế vật lý của hiện tượng điện thẩm trong môi trường xốp. Khi một điện trường được đặt song song với một ống mao dẫn (môi trường xốp một cách gần đúng có thể coi được tạo bởi vô số ống mao dẫn như Hình 1), các ion trong lớp khuếch tán chịu tác dụng của lực điện và sẽ chuyển động về điện cực ngược dấu. Điều đó sẽ tạo ra dòng chất lỏng (dòng điện thẩm) chuyển động trong ống mao dẫn (Hình 3). Dòng điện thẩm phụ thuộc vào tính chất của chất lỏng (hằng số điện môi, độ nhớt, độ dẫn điện...) cũng như tính chất của mặt phân cách giữa chất lỏng-chất rắn [3].

Dưới tác dụng của điện trường E lên một ống mao dẫn bán kính a, thì biểu đồ vận tốc (velocity profile) được cho bởi:

$$v = \frac{\epsilon\epsilon_0\zeta.E}{\eta} \left[ 1 - \frac{I_0\left(\frac{r}{\lambda_d}\right)}{I_0\left(\frac{a}{\lambda_d}\right)} \right] \quad (1)$$

Trong đó,  $\epsilon$  là hằng số điện môi của chất lỏng,  $\epsilon_0$  là hằng số điện,  $\eta$  là hệ số nhớt của chất lỏng,  $r$  là khoảng cách từ tâm ống mao dẫn,  $I_0$  là hàm Bessel bậc không loại một,  $\lambda_d$  là chiều dài Debye (tỷ lệ với bề dày của lớp điện tích kép) và  $\zeta$  là thế zeta. Thế zeta là điện thế bên trong lớp điện tích kép tại vị trí

vận tốc của chất lỏng đối với bề mặt rắn bằng không (Hình 2). Bán thân thế zeta lại phụ thuộc vào thành phần khoáng chất của môi trường xốp và tính chất của chất lỏng. Tốc độ dòng chảy qua môi trường xốp (tạo bởi N ống mao dẫn) được tính như sau:

$$Q = N \int_0^a v \cdot 2\pi r \cdot dr$$

$$= \frac{N\epsilon\epsilon_0\zeta.\pi.E.a^2}{\eta} - \frac{2N\epsilon\epsilon_0\zeta.\pi.E.\lambda_d a}{\eta} \frac{I_1\left(\frac{a}{\lambda_d}\right)}{I_0\left(\frac{a}{\lambda_d}\right)} \quad (2)$$

Trong đó  $I_1$  là hàm Bessel bậc một loại một. Đối với hệ đất, đá trầm tích - nước thì bán kính trung bình của ống mao dẫn (a) vào cỡ vài chục  $\mu\text{m}$ , chiều dài Debye ( $\lambda_d$ ) vào cỡ nm nên  $I_1(a/\lambda_d)/I_0(a/\lambda_d)$  có thể bỏ qua. Do vậy, phương trình (2) có thể viết lại dưới dạng:

$$Q = \frac{N\epsilon\epsilon_0\zeta.\pi.E.a^2}{\eta} \quad (3)$$

Từ biểu thức (3), ta thấy tốc độ dòng chảy điện thẩm (tốc độ nước được loại bỏ ra khỏi tường) tỷ lệ thuận với số ống mao dẫn, thế zeta và điện trường đặt vào. Đối với hệ môi trường xốp ngậm chất lỏng xác định thì số ống mao dẫn và thế zeta là cố định. Do vậy, để tăng tốc độ điện thẩm thì ta cần phải tăng điện trường đặt vào. Tuy nhiên, khi tăng điện trường tới một giá trị nào đó, thì phản ứng điện phân xảy ra ở hai điện cực là đáng kể. Phản ứng điện phân sẽ tạo ra các ion và các bọt khí ở hai điện cực. Điều đó sẽ làm thay đổi độ pH, độ dẫn điện của chất lỏng và do đó sẽ làm thay đổi thế zeta. Ngoài ra, bọt khí được tạo ra có thể ngăn chặn chuyển động của chất lỏng trong ống mao dẫn.

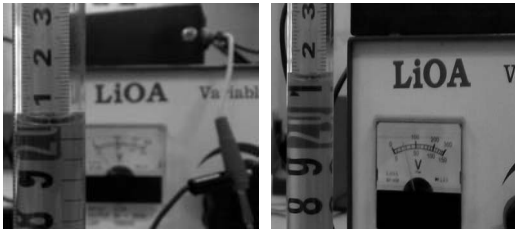


**Hình 4.** Sơ đồ thí nghiệm hiện tượng điện thẩm

Để nghiên cứu sự phụ thuộc của hàm lượng nước được loại ra khỏi môi trường xốp vào điện trường đặt vào, thành phần khoáng chất của môi trường xốp cũng như tìm ra điện trường tối ưu đối với hệ tường-nước, chúng tôi đã xây dựng hệ thí nghiệm như hình 4. Khi một hiệu điện thế được đặt vào hai đầu môi trường xốp (qua hai điện cực) thì có một độ chênh lệch độ cao giữa hai cột nước. Độ chênh lệch độ cao cực đại ở trạng thái cân bằng được xác định bởi công thức [4]:

$$h_{\max} = \frac{8\varepsilon\varepsilon_0\zeta.V}{\rho_f g.a^2} \quad (4)$$

Trong đó  $V$  là hiệu điện thế đặt vào,  $\rho_f$  là khối lượng riêng của nước,  $g$  là gia tốc trọng trường. Môi trường xốp được sử dụng trong hệ thí nghiệm là cát xây dựng, vữa tường và chất lỏng là nước máy. Cát sẽ được lắc và nén tối đa trong một ống nhựa (bán kính trong 5 cm và chiều dài 20 cm). Hai điện cực là hai tấm đồng lá hình tròn có bán kính 5 cm được đục lỗ rất nhỏ, kế bên hai điện cực là hai bản giấy lọc với mục đích cho nước đi qua nhưng giữ lại các hạt cát. Việc đo đạc sẽ được tiến hành ở nhiệt độ phòng. Hiện nay, chúng tôi đang tiến hành đo sự phụ thuộc của  $h_{\max}$  vào các yếu tố như: hiệu điện thế đặt vào các điện cực, loại môi trường xốp (cát, vữa) và độ dẫn điện của nước (thêm muối NaCl).



**Hình 5.** (a) Độ cao của cột chất lỏng (cột bên trái Hình 4) khi chưa đặt hiệu điện thế vào;  
(b) Độ cao của cùng cột chất lỏng đó khi đặt hiệu điện thế 40 V.

### 3. KẾT LUẬN

Như vậy, trong báo cáo này chúng tôi đã trình bày một cách ngắn gọn cơ sở lý thuyết của hiện tượng điện thẩm trong môi trường

xốp, giới thiệu hệ thí nghiệm hiện tượng điện thẩm mà chúng tôi xây dựng để nghiên cứu sự phụ thuộc của hàm lượng nước được loại ra khỏi môi trường xốp vào điện trường đặt vào, vào loại môi trường xốp, độ dẫn điện của nước. Tuy nhiên, chúng tôi vẫn còn đang trong quá trình đo đạc (bước đầu đã quan sát được độ chênh lệch độ cao giữa hai cột nước khi đặt hiệu điện thế vào như chỉ ra ở Hình 5) nên số liệu là chưa đầy đủ để trình bày trong báo cáo này. Hy vọng rằng tại Hội nghị thường niên tới, chúng tôi có thể báo cáo một cách đầy đủ hơn về hiện tượng điện thẩm. Trên cơ sở kết quả đo đạc, chúng tôi muốn từng bước tiếp cận và áp dụng kỹ thuật điện thẩm để loại bỏ nước ra khỏi tường ẩm ướt ở thực địa (Hình 6).



**Hình 6.** Sơ đồ lắp các điện cực và việc triển khai xử lý tường ẩm bằng kỹ thuật điện thẩm

### 4. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bertolinia et al. (2009), Electroosmotic transport in porous construction materials and dehumidification of masonry, Construction and Building Materials, 23.
- [2] C. Cameselle, K. R. Reddy (2012), Development and enhancement of electroosmotic flow for the removal of contaminants from soils, Electrochimica Acta, 86.
- [3] H. M. Jacob, B. Subirm (2006), Electrokinetic and Colloid Transport Phenomena, Wiley-Interscience.
- [4] T. Paillat, E. Moreau, P. O. Grimaud, and G. Touchard (2000), Electrokinetic phenomena in porous media applied to soil decontamination, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 7.