

BÙN HẠT VÀ NHỮNG PHƯƠNG PHÁP ĐẨY NHANH QUÁ TRÌNH TẠO HẠT CỦA BÙN

ThS. Tôn Thất Lãng

Trường Cán bộ Khí tượng Thủy văn thành phố Hồ Chí Minh

Quá trình tạo hạt của bùn là một quá trình rất đặc biệt gây chú ý cho các nhà nghiên cứu công nghệ môi trường. Các kết quả thí nghiệm đã cho thấy: có sự thay đổi kích thước hạt, độ tro, độ bền, mật độ và hoạt tính bùn theo thời gian, phụ thuộc vào nồng độ, loại cơ chất và tải trọng hữu cơ của mô hình. Các phương pháp nghiên cứu và các ảnh chụp quá trình hạt của bùn cũng cho người đọc thấy rõ cấu trúc của bùn hạt với những vi khuẩn a xít hoá bao quanh. Một số biện pháp đẩy nhanh quá trình tạo hạt của bùn và duy trì chất lượng bùn hạt cũng được đề xuất để có thể ứng dụng vào trong thực tiễn khi vận hành các hệ thống xử lý kỵ khí.

1. Đặt vấn đề

Cùng với sự phát triển nhanh của công nghiệp hoá và đô thị hoá, chất thải từ các nhà máy, đô thị và hoạt động của dân cư ngày càng tăng, điều đó thúc đẩy các nhà công nghệ môi trường không ngừng tìm kiếm những công nghệ có hiệu suất cao, ổn định và phù hợp với điều kiện kinh tế - xã hội của các cơ sở doanh nghiệp.

Xử lý nước thải bằng phương pháp kỵ khí (anaerobic) tuy chỉ mới xuất hiện vào nửa cuối của thế kỷ 20 nhưng đã trở thành một công nghệ có nhiều ưu điểm hơn công nghệ xử lý sinh học hiếu khí (aerobic).

Có nhiều hệ thống xử lý kỵ khí như UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), EGSB (Expanded Granular Sludge Bed) [3] đã được thiết kế và xây dựng trong thực tế, trong đó bùn hạt là hạt nhân cần thiết cho việc hình thành một hệ thống xử lý kỵ khí với dòng bùn hạt từ dưới lên và đảm bảo cho hệ thống hoạt động ổn định.

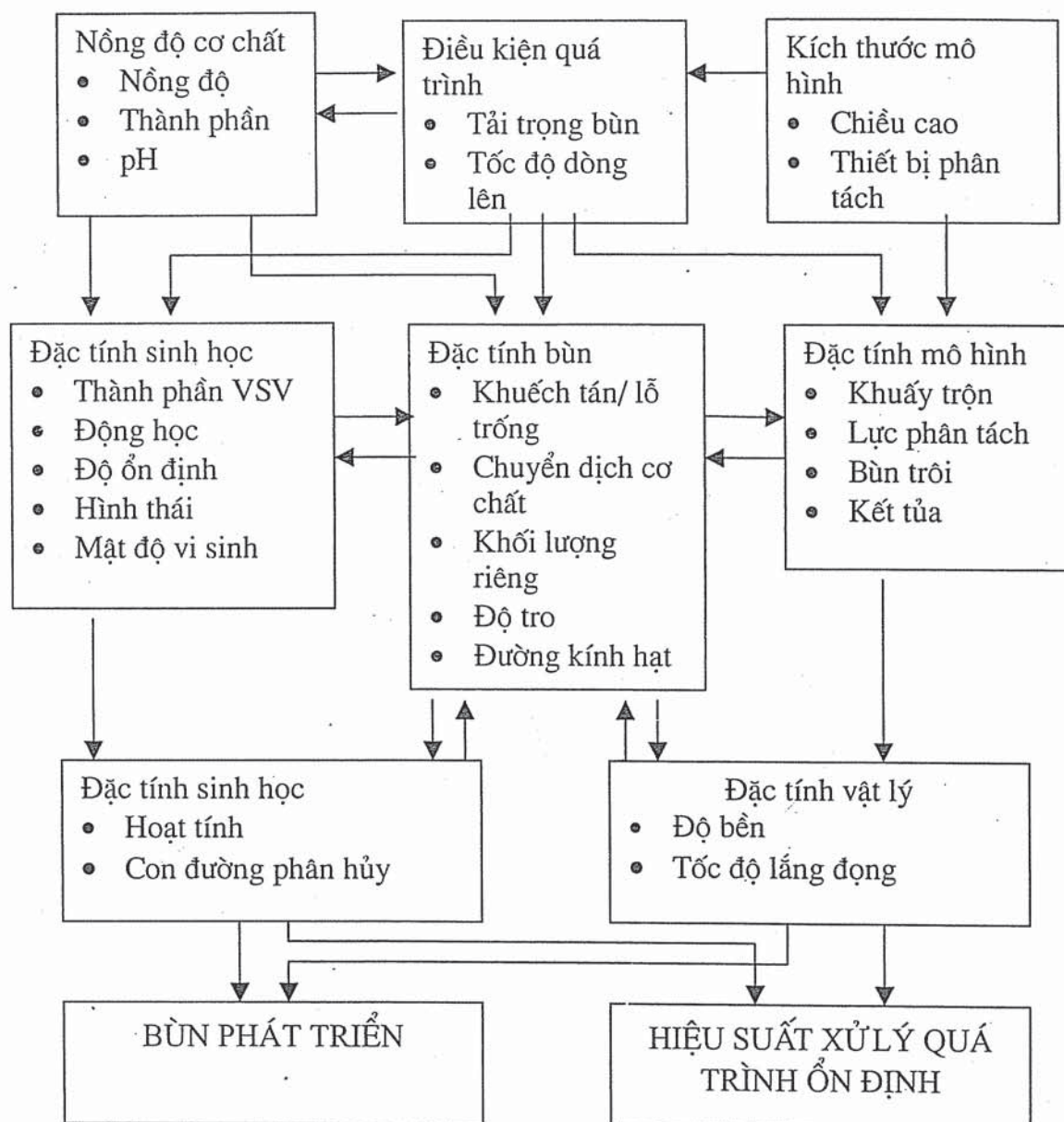
Hiểu được những đặc tính của bùn hạt, phương pháp nghiên cứu đặc tính của bùn, và những phương pháp đẩy nhanh quá trình tạo hạt của bùn là những kiến thức cần thiết để vận hành hệ thống xử lý nước thải dùng công nghệ sinh học kỵ khí.

2. Những đặc tính của bùn hạt kỵ khí

Bùn hạt được xem là sinh khối có một số đặc tính xác định. Các đặc tính của bùn hạt bao gồm: vận tốc lắng đọng cao, có độ bền cơ học nhất định, hoạt tính tạo khí mê tan và hoạt tính khử sunfate cao [7]. Về phương diện vi sinh học, bùn hạt bao gồm một hệ vi sinh vật cân bằng, bao gồm tất cả các loài vi khuẩn cần thiết cho quá trình phân hủy các hợp chất hữu cơ có trong nước thải.

Về mặt hình thái, bùn hạt được mô tả là một hạt rắn có kích thước tương đối lớn ($d > 0,5\text{mm}$) với một bề mặt xác định. Cùng với mật độ tương đối cao, hình thái ổn định, bùn hạt có khả năng lắng đọng rất tốt.

Trái ngược với các dạng sinh khối ổn định khác, các phần tử vật chất mang tính trợ không những đóng vai trò hết sức cần thiết trong sự hình thành bùn hạt kỵ khí mà còn là một trong những yếu tố rất quan trọng có liên quan đến khả năng ổn định của chúng. Quan hệ giữa những nhân tố sinh học và vật lý trong quá trình tạo hạt của bùn được mô tả trong hình 1.



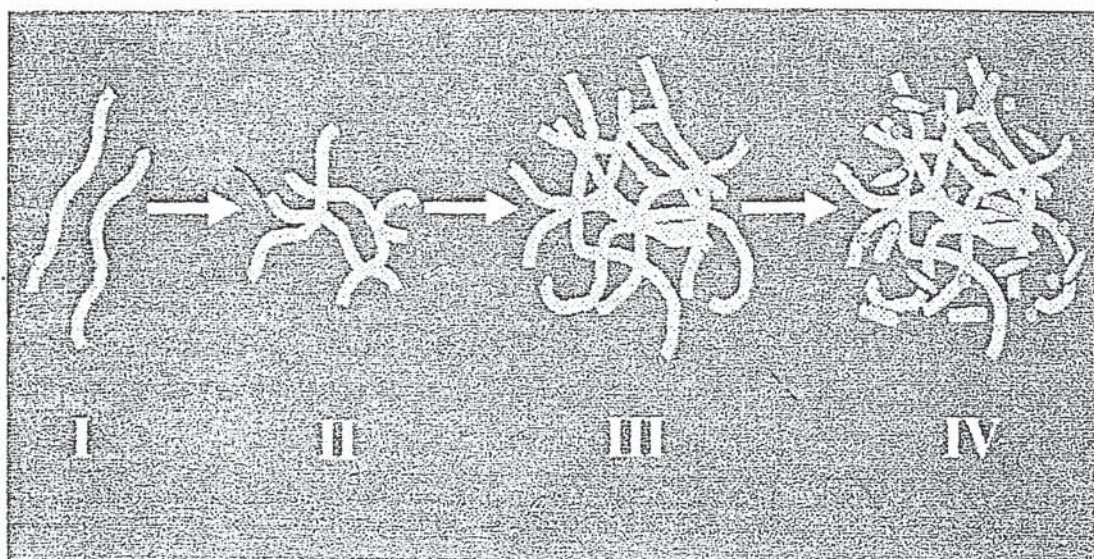
Hình 1. Quan hệ giữa những nhân tố sinh học và vật lý trong quá trình tạo hạt của bùn [5]

Chất lượng bùn hạt

Chất lượng của bùn hạt phụ thuộc vào nhiều đặc tính: các đặc tính sinh học và các đặc tính vật lý của bùn. Các đặc điểm lý học quan trọng nhất của bùn hạt trong các mô hình là khả năng lắng đọng và độ bền cơ học. Tất nhiên các quá trình sinh học được xác định chủ yếu bởi thành phần và số lượng các loài vi sinh vật, nhưng các nhân tố khác cũng đóng vai trò quan trọng, ví dụ như độ xốp của bùn hạt, kích thước hạt nhân của bùn và độ thấm thấu của cơ chất và các sản phẩm khác vào bùn hạt.

3. Cơ chế tạo hạt của bùn

Sự hình thành bùn hạt trong thực tế là một quá trình tự nhiên. Hiện tượng này thường xuất hiện trong tất cả các hệ thống xử lý nước thải dùng công nghệ sinh học đáp ứng được những điều kiện cơ bản. Một trong những lý thuyết để giải thích quá trình tạo hạt của bùn là lý thuyết “spaghetti”, trong đó vi sinh vật dạng sợi đan xen vào nhau tạo thành một viên nấm (viên spaghetti). Các viên nấm ban đầu này có thể hình thành bề mặt lôi kéo các vi sinh vật khác tham gia vào quá trình phân huỷ kỵ khí và hình thành bùn hạt. Cơ chế tạo thành bùn hạt có thể được minh họa trong hình 2.



Hình 2. Lý thuyết spaghetti trong việc tạo thành bùn hạt [1]

- I: các vi khuẩn mê tan khác nhau; II: đan chéo nhau tạo thành bông;
III: tạo thành viên spaghetti;
IV: các vi khuẩn kỵ khí gắn lên bề mặt viên spaghetti và tạo thành bùn hạt.

4. Những phương pháp đẩy nhanh quá trình tạo hạt của bùn

Để quá trình tạo hạt của bùn thuận lợi, cần một số yêu cầu như sau:

- Thêm vào mô hình những hạt rắn hay những vật làm nhân để vi sinh vật bám dính và phát triển. Những hạt này phải đủ nặng để lưu lại trong mô hình.

- Phải loại bỏ liên tục và hoàn toàn những phần tử nhẹ trong bùn làm nhân ban đầu (seed sludge), nếu vi sinh vật phát triển trên những cuộn bùn này sẽ dễ dàng trôi ra ngoài hệ thống. Không sử dụng lại những cuộn bùn đã bị trôi ra ngoài hệ thống.

- Quá trình tạo hạt sẽ xảy ra nhanh hơn trong điều kiện nồng độ cơ chất đầu vào thấp, từ 1-3gCOD/l. Sử dụng tuần hoàn dòng thải trong giai đoạn đầu khởi động hệ thống khi COD vượt mức 3g/l.

- Tải trọng hữu cơ (OLR) cần tăng lên theo dạng bậc thang, khi hiệu suất loại bỏ COD đạt 80%.

- Duy trì nồng độ axit ở mức thấp (<200mg/l). Điều này sẽ làm giới hạn những vi sinh vật có hệ số lực hấp dẫn cơ chất cao (như Methano Sarcinas). Những vi sinh vật này không nên tồn tại quá nhiều trong bùn, sẽ làm giảm hiệu suất xử lý.

- Khi cơ chất một phần axit hoá thì quá trình hình thành bùn hạt xảy ra nhanh hơn là chỉ đơn thuần là axit béo bay hơi (VFA). Sự phát triển nhanh của bùn hạt trên cơ chất một phần axit hóa cũng quan sát được trong điều kiện nhiệt độ cao [8].

- Hàm lượng chất rắn lơ lửng (SS) trong dòng vào sẽ làm chậm quá trình tạo hạt, khi nồng độ SS rất cao làm quá trình tạo hạt khó xảy ra. Do đó, cần sử dụng các công trình đơn vị khác để loại bỏ SS trong dòng vào, sao cho SS < 200mg/l.

- Nếu nồng độ muối can xi cao, có thể dẫn đến CaCO_3 kết tủa trên bùn, làm chậm quá trình tạo hạt và làm giảm hoạt tính bùn.

- Nhiệt độ phù hợp cho quá trình tạo hạt là ở nhiệt độ trung bình (20,0-45,0°C-mesophilic) và nhiệt độ cao (45,0-70,0°C- thermophilic).

- pH nên duy trì ở mức lớn hơn 6,2.

- Những nguyên tố dinh dưỡng đa lượng (N, P, K) và vi lượng được cung cấp đủ cho vi sinh vật phát triển.

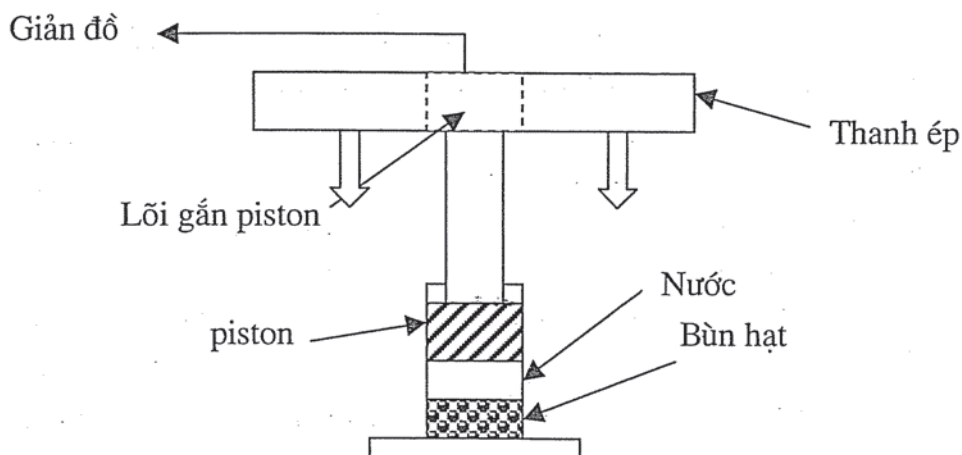
5. Một số đặc tính của bùn trong hệ thống EGSB chạy với nước thải dệt nhuộm

a. Nguyên liệu và phương pháp thí nghiệm

Bùn được lấy ra từ các giai đoạn thí nghiệm khác nhau của mô hình EGSB xử lý nước thải chứa dịch tinh bột và thuốc nhuộm (lúc bắt đầu, lúc kết thúc và lúc thay đổi chế độ chạy mô hình) [2], [4], để phân tích hoạt tính, phân bố kích thước hạt, độ bền và chụp hình ảnh mặt cắt cũng như sự hình thành hạt trong các giai đoạn khác nhau.

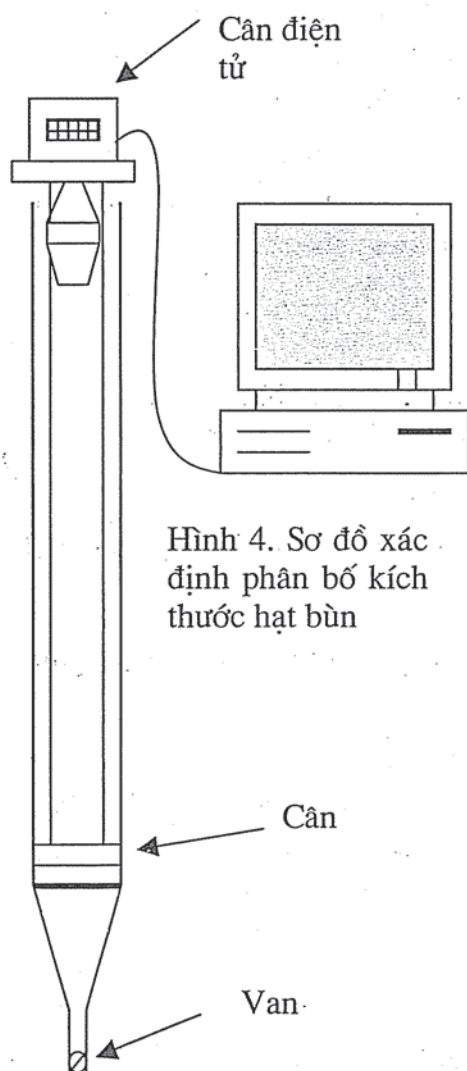
Độ bền của bùn hạt

Độ bền của bùn hạt được đo lường bằng khả năng chống lại lực nén bằng một dụng cụ nén động học, được mô tả bởi [6].



Hình 3. Dụng cụ xác định độ bền của bùn hạt

Phân bố kích thước hạt của bùn



Hình 4. Sơ đồ xác định phân bố kích thước hạt bùn

Phương pháp được sử dụng để xác định phân bố kích thước hạt của bùn (hình 4) được mô tả bởi Hulshoff Pol và các cộng sự (1986), dựa trên sự khác biệt giữa tốc độ lắng đọng của các hạt bùn có kích thước khác nhau. Bùn sau khi rửa (50 - 100ml), được cho vào để lắng trong cột nước cao 2,20m, mặt cân được đặt trong cột, ghi lại khối lượng bùn hạt rơi xuống theo thời gian. Ở nhiệt độ 20,0°C hệ số nhớt của nước là $1.002.10^{-3}$ (Pa.s) và tỉ trọng là 998,2071 (kg.m^{-3}). Mật độ của bùn được xác định do sự khác biệt của khối lượng bùn trong cột nước. Giả sử, những hạt bùn hình cầu và lưu lượng trong khi lắng đọng có dạng tầng và rối ($1 < \text{Re} < 1.000$), phân bố kích thước hạt bùn có thể tính toán theo công thức (1), (2) và (3).

$$\text{Re} = 0,153. \text{Ga}^{0,71} \quad (1)$$

$$\text{Ga} = g. D_p^3. \rho_w. (\rho_s - \rho_w). \mu^{-2} \quad (2)$$

$$D_p = \frac{5,26. \mu^{0,372}. \rho_w^{0,257}. v^{0,885}}{(g^{0,628}. (\rho_s - \rho_w)^{0,628})} \quad (3)$$

với Re - số Reynolds, Ga - số Galileo, g - gia tốc (m.s^{-2}), D_p - đường kính hạt (m), ρ_w - khối lượng riêng của nước (kg.m^{-3}), ρ_s - khối lượng riêng của bùn hạt (kg.m^{-3}), μ - độ nhớt động học (Pa.s), v - tốc độ lắng (ms^{-1}).

Mật độ bùn hạt

Mật độ bùn có thể xác định bằng khối lượng bùn trên cân tại cuối lần thí nghiệm và so sánh với khối lượng của cột nước. Bỏ qua khối lượng của những hạt nhỏ còn lơ lửng trong nước. Mật độ của bùn hạt có thể được tính toán dựa vào phương trình (4) như sau [7]:

$$\rho_s = (M \cdot \rho_w) / (M - M_w) \quad (4)$$

trong đó:

ρ_s - tỷ trọng bùn hạt;

ρ_w - tỷ trọng nước;

M - khối lượng những hạt bùn đã sử dụng;

M_w - khối lượng của những hạt bùn trong cột nước.

Quan sát bùn bằng kính hiển vi

Kính hiển vi được sử dụng để nghiên cứu hình thái của bùn hạt trong hệ thống EGSB. Mẫu bùn được rửa để loại bỏ những cơ chất dính bám và được đổ vào một đĩa petri ($\phi = 4,5\text{cm}$) sau đó, được quan sát bằng kính hiển vi. Hạt bùn được cắt bằng thép. Đĩa petri được chụp hình ảnh để thấy hình thái của bùn và mặt cắt của bùn.

Hoạt tính bùn

Hoạt tính bùn hạt được xác định theo phương pháp được mô tả bởi [2].

b. Kết quả và thảo luận

Đặc tính vật lý và hoá học của bùn hạt

Trong quá trình thí nghiệm đặc tính vật lý của bùn được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Đặc tính vật lý của bùn hạt tại nhiều thời điểm khác nhau của mô hình

Thời gian (ngày)	TSS (%bùn ướt)	VSS (%bùn ướt)	Độ tro (%TSS)	Độ bền (KN/m ²)	Mật độ (kg/m ³)	Hoạt tính mê tan (gCOD/gVSS.d)
0	9,1 (0,203)	7,5 (0,109)	17,6 (0,203)	17,63 (0,537)	1025,0 (0,009)	0,037 (0,007)
24	9,2 (0,164)	8,1 (0,131)	12,0 (0,039)	32,72 (1,526)	1020,6 (0,390)	0,925 (0,025)
44	13,2 (0,063)	10,0 (0,037)	24,2 (0,027)	111,52 (15,263)	1042,2 (8,57)	0,435 (0,001)
74	16,0 (0,098)	9,8 (0,037)	38,8 (0,061)	-	1065,7 (6,697)	-
129	38,4 (0,361)	11,6 (0,072)	70,0 (0,426)	530,63	1195,8	0,368 (0,067)
184	48,6 (0,277)	10,5 (0,03)	78,4 (0,304)	-	1242,8 (32,378)	0,095 (0,029)

Qua bảng 1, cho thấy: bùn làm nhân ban đầu có độ bền thấp, bởi vì bùn được trữ lại trong một thời gian lâu trước khi đưa vào sử dụng và lực phân rã ở hệ thống UASB thấp hơn ở hệ thống EGSB. Độ bền của bùn hạt tăng lên khi nước thải với hồ tinh bột được đưa vào mô hình, đó là do sự tạo thành polymer ngoại bào (extracellular).

Tổng hàm lượng chất rắn lơ lửng (TSS) của bùn hạt tăng lên vì có sự khoáng hoá phần bên trong của hạt bùn. Tỷ lệ VSS/TSS của bùn hạt giảm vào giữa thời gian tiến hành thí nghiệm, và hoạt tính tạo khí mê tan của bùn hạt cũng giảm đi (VSS là chất rắn lơ lửng bay hơi). Đó là do sự phân rã của sinh khối và sự khoáng hoá bên trong hạt bùn.

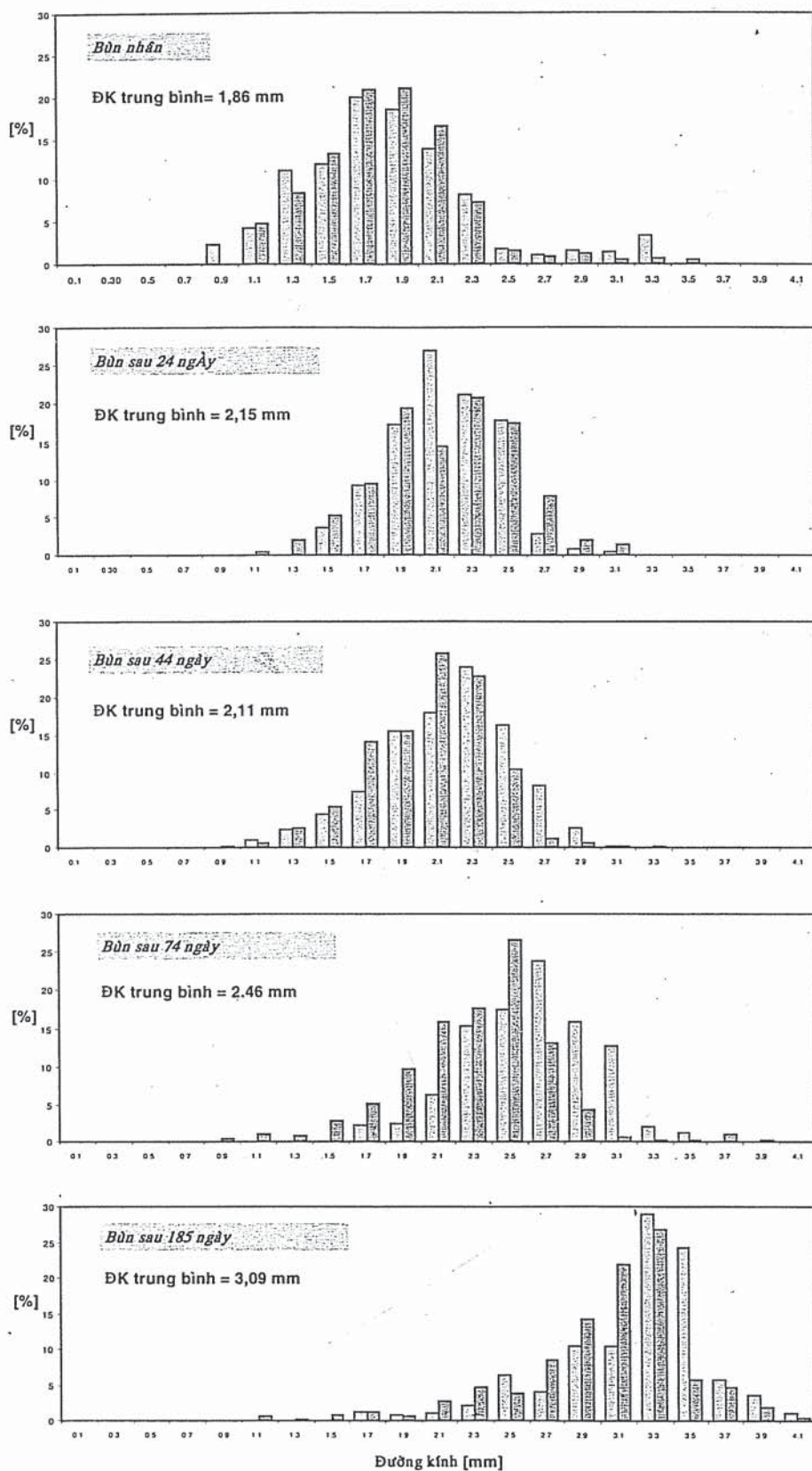
Bùn hạt có độ tro tăng dần, trong khi đó VSS tăng chậm hơn, đó là lý do hệ thống khó phục hồi khả năng xử lý khi bị ảnh hưởng của nước thải chưa a xít hóa. Điều này là do sự tích lũy những chất vô cơ trong bùn hạt.

Sự thay đổi phân bố kích thước bùn hạt thể hiện rõ quá trình tạo hạt của bùn trong những giai đoạn khác nhau của thí nghiệm (hình 5). Bùn làm nhân ban đầu có kích thước trung bình khoảng 1,86mm, vào 24 ngày sau kích thước bùn tăng lên 2,15mm. Sự tăng dần kích thước của bùn hạt đến giá trị 2,46mm vào ngày thứ 74, do sự phát triển của vi khuẩn a xít hóa trên hạt bùn, do hệ thống xử lý nước thải chưa bị a xít hoá. Sự gia tăng kích thước bùn hạt đạt giá trị tối đa vào ngày thứ 185 ($d = 3,09\text{mm}$) khi xuất hiện hiện tượng kết tủa của can xi trên bùn hạt.

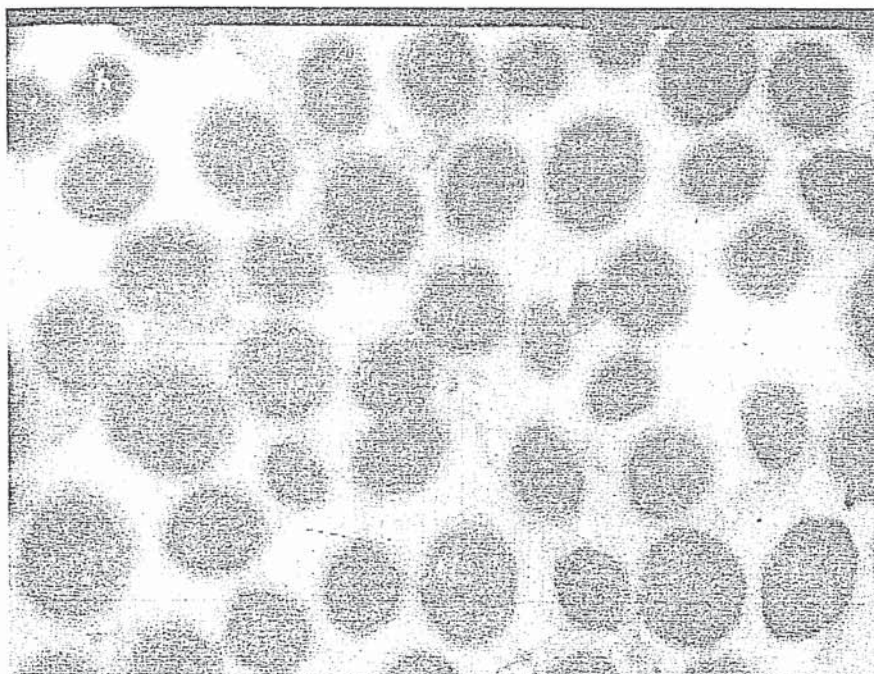
Hình dạng của các hạt bùn và các mặt cắt của chúng cũng được chụp ảnh ghi lại. Ta thấy: có cả những hạt bùn màu đen, màu trắng và màu xám. Mặt cắt bên trong thể hiện lõi bùn là một khối nén màu đen, bao quanh là một lớp màu trắng, tạo thành chủ yếu từ những vi khuẩn tạo khí mê tan.

Tài liệu tham khảo

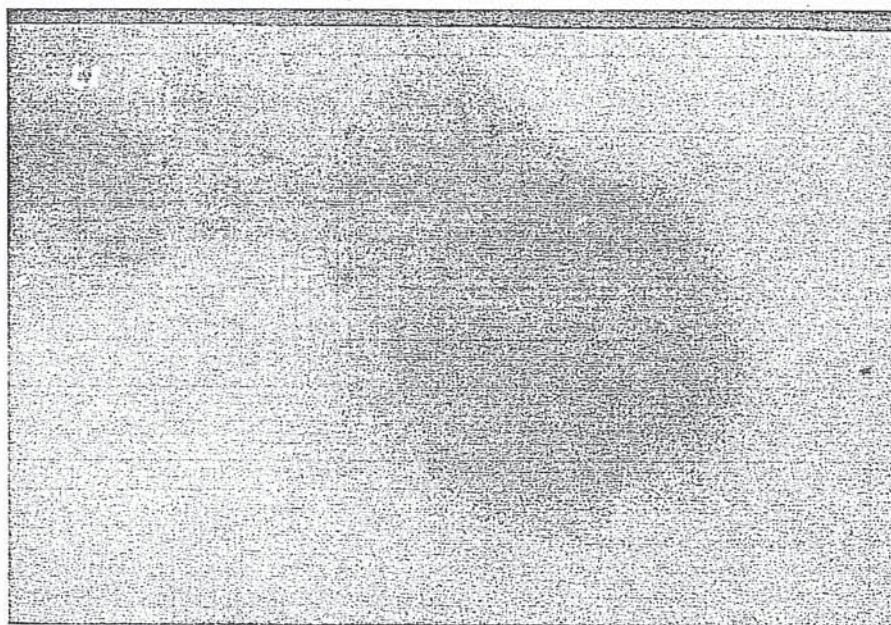
1. Đỗ Hồng Lan Chi, Lâm Minh Triết. Vi sinh vật môi trường, NXB - Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh, 2004.
2. Tôn Thất Lãng. Sử dụng chất xúc tác để đẩy nhanh quá trình xử lý kỵ khí của nước thải dệt nhuộm, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 6-2003.
3. Tôn Thất Lãng. Mô hình xử lý kỵ khí tốc độ cao và ứng dụng của nó trong xử lý nước thải, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 1-2004.
4. Tôn Thất Lãng. Ảnh hưởng của nước thải chưa a xít hoá đến quá trình vận hành của mô hình EGSB, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 8-2004.
5. Alphenaar A (1994), Anaerobic granular Sludge, PhD. Thesis, Wageningen University, The Netherlands.
6. Hulshoff Pol LW, Van der Worp JJM, Lettinga G. And Beverlo WA (1986). Physical characterisations of anaerobic sludge. Proc. Of the NVA/EWPCA conference anaerobic treatment, a grown-up technology, 15-19 Sept 1986. Amsterdam, The Netherlands, 89-101.
7. Hulshoff Pol LW (1989), The phenomenon of granulation of anaerobic sludge, PhD. Thesis, Wageningen University, The Netherlands.
8. Van Lier JB. (1995), *Thermophilic anaerobic wastewater treatment; Temperature aspects and process stability*. PhD-Thesis, Wageningen University, September, 1995.



Hình 5. Phân bố kích thước hạt của bùn ở những thời điểm khác nhau



Hình 6. Bùn hạt vào ngày ban đầu (seed sludge)



Hình 7. Vi sinh vật a xít hoá bám quanh hạt bùn vào ngày thứ 74 của thời gian làm thí nghiệm