

MÔ HÌNH XỬ LÝ KY KHÍ TỐC ĐỘ CAO (EGSB) VÀ ỨNG DỤNG CỦA NÓ TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI

NCS. Tôn Thất Lăng

Trường Cán bộ khí tượng thủy văn thành phố Hồ Chí Minh

1. Tổng quan về xử lý kỵ khí

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). Ở nhiều nước, nó đã trở thành một hệ thống xử lý được áp dụng rộng rãi.

So với hệ thống xử lý hiếu khí, nó có nhiều ưu điểm như sau:

- Hệ thống xử lý kỵ khí tiêu thụ rất ít năng lượng trong quá trình vận hành. Trong trường hợp nước thải được xử lý ở nhiệt độ từ 25-35°C thì năng lượng yêu cầu trong khoảng từ 0,05-0,1 kWh/m³ nước thải (0,18-0,36 MJ/m³) [3]. Đó là năng lượng cung cấp cho máy bơm để bơm nước thải từ công trình đơn vị này đến công trình đơn vị khác hoặc để bơm tuần hoàn nước thải.

- Hệ thống xử lý kỵ khí là một hệ thống sản sinh ra năng lượng, vì trong quá trình phân hủy kỵ khí những hợp chất hữu cơ bị phân hủy sẽ chuyển thành khí mêtan. Mức độ sinh khí mêtan phụ thuộc vào tốc độ phân hủy COD đầu vào.

- Sự hình thành bùn trong quá trình xử lý kỵ khí thì thấp hơn nhiều bùn được tạo ra trong quá trình hiếu khí, dẫn đến việc giảm chi phí xử lý bùn thải. Lượng bùn thải trong quá trình xử lý kỵ khí còn được giảm thấp nếu giảm nồng độ phátphát trong nước thải. Lượng bùn kỵ khí này dễ ổn định hơn và quá trình khử nước thực hiện cũng dễ hơn so với bùn hiếu khí.

- Yêu cầu về dinh dưỡng (N, P) của hệ thống xử lý kỵ khí thấp hơn hệ thống xử lý hiếu khí do sự tăng trưởng và sinh sản của vi sinh vật kỵ khí thấp hơn vi sinh vật hiếu khí.

- Có khả năng chịu được tải trọng cao: những hệ thống kỵ khí hiện nay có thể xử lý với hiệu suất từ 85-90% COD với tải trọng hữu cơ đầu vào khoảng 30g COD/l/ngày ở 30°C và 50g COD/l/ngày ở nhiệt độ 40°C với nước thải có nồng độ chất hữu cơ trung bình. Đối với những nước thải có thành phần phức tạp khác (không tan, khó phân huỷ sinh học, có độc tính v.v.), tải trọng hữu cơ có thể giảm hơn nhưng vẫn cao hơn nhiều so với hệ thống bùn hoạt tính hiếu khí.

- Một ưu điểm khác của hệ thống kỵ khí là bùn kỵ khí có thể bảo quản trong một thời gian dài (hơn 1 năm) mà không cần nuôi dưỡng bằng dưỡng chất. Hoạt tính của bùn vẫn giữ nguyên khi bùn được giữ ở nhiệt độ nhỏ hơn 15°C. Do đó, có thể sử dụng lượng bùn dư của hệ thống này làm nhân cho hệ thống khác và giảm thời gian vận hành hệ thống.

- Vốn đầu tư để xây dựng hệ thống xử lý kỵ khí không nhiều, diện tích sử dụng cho hệ thống nhỏ, và thời gian sử dụng dài hơn hệ thống hiếu khí là những ưu điểm nổi bật của hệ thống kỵ khí.

Bên cạnh những ưu điểm, hệ thống xử lý kỵ khí vẫn còn một số khuyết điểm như sau:

- Vi khuẩn tạo khí mêtan có độ nhạy cao với một số chất hóa học nhất định, ví dụ, những chất hydrocarbon có nguồn gốc halogen, một số hợp chất hữu cơ có nitơ,

CN⁻ và ion tự do của kim loại nặng. Trong một số trường hợp, những chất này biểu thị độc tính, hoặc làm cản trở sự sinh trưởng, phát triển của những vi khuẩn tạo khí mêtan. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu gần đây cho thấy rằng những vi khuẩn kỵ khí có thể thích nghi một số chất hóa học và có thể phân hủy chúng.

- Giai đoạn khởi động của hệ thống kỵ khí thường mất nhiều thời gian (6-12 tuần) bởi vì sự tăng trưởng chậm của vi khuẩn kỵ khí.

- Khi xử lý nước thải có hợp chất chứa lưu huỳnh, quá trình xử lý kỵ khí thường tạo thành khí H₂S với mùi hôi khó chịu. Lượng khí này có thể thải ra môi trường cùng dòng thải với những hệ thống xử lý kỵ khí cố thiết kế chưa đạt. Đối với những hệ thống xử lý kỵ khí hoàn chỉnh, luôn kèm theo hệ thống thu hồi khí sinh học, và xử lý khí H₂S trong dòng thải.

- Bản chất hóa học và vi sinh học của quá trình phân hủy kỵ khí rất phức tạp. Do đó, còn thiếu những chuyên gia có khả năng thiết kế và vận hành hệ thống một cách có hiệu quả nên có nhiều hệ thống đã xây dựng nhưng hiệu suất xử lý thấp.

Hầu hết các dạng nước thải công nghiệp, với nồng độ chất độc hại không quá cao, thì hệ thống xử lý kỵ khí đều có thể sử dụng để xử lý. Những nghiên cứu gần đây cho thấy rằng hệ thống kỵ khí có thể hoạt động tốt trong điều kiện nước thải có nồng độ rất thấp (COD <100 mg/l), ngay ở cả những nhiệt độ rất thấp (psychrophilic) (<4°C) hay ở điều kiện nhiệt độ cao (thermophilic), với nhiều loại nước thải khác nhau như nước thải giấy, nước thải dệt nhuộm, nước thải cao - su v.v...

Hệ thống còn có hiệu suất xử lý cao đối với nước thải sinh hoạt và nước thải từ các cống rãnh, với nhiều nhà máy hoàn chỉnh đã được lắp đặt tại vùng nhiệt đới, á nhiệt đới và ở vùng vĩ độ trung bình (Ấn Độ, Trung Quốc, Côlômbia, Brazil v.v...).

Hệ thống xử lý kỵ khí còn được áp dụng để xử lý bùn (ví dụ như bùn cống rãnh và phân thú vật): quá trình phân hủy kỵ khí đã áp dụng để ổn định bùn cống rãnh, phân thú vật và sản sinh năng lượng.

2. Hệ thống xử lý kỵ khí tốc độ cao

Khác với hệ thống xử lý hiếu khí, trong hệ thống xử lý kỵ khí tải trọng tối đa cho phép không tùy thuộc vào khả năng cung cấp khí của hệ thống mà phụ thuộc vào các yếu tố sau đây:

- Khả năng lưu giữ lượng bùn hoạt tính trong hệ thống khi vận hành. Nếu hệ thống có khả năng giữ được lượng bùn càng nhiều thì hệ thống có thể chịu được tải trọng càng lớn. Vì thế, cần thiết phải hình thành các hạt bùn có khả năng lắng cao, khó bị trôi ra ngoài hệ thống.

- Đủ thời gian tiếp xúc giữa bùn và nước thải;

- Tốc độ các phản ứng cao và các cơ chất có khả năng đi vào sâu trong bùn nơi có mật độ vi sinh cao;

- Bùn hoạt tính có đủ thời gian thích nghi với các đặc tính của loại nước thải mà nó xử lý;

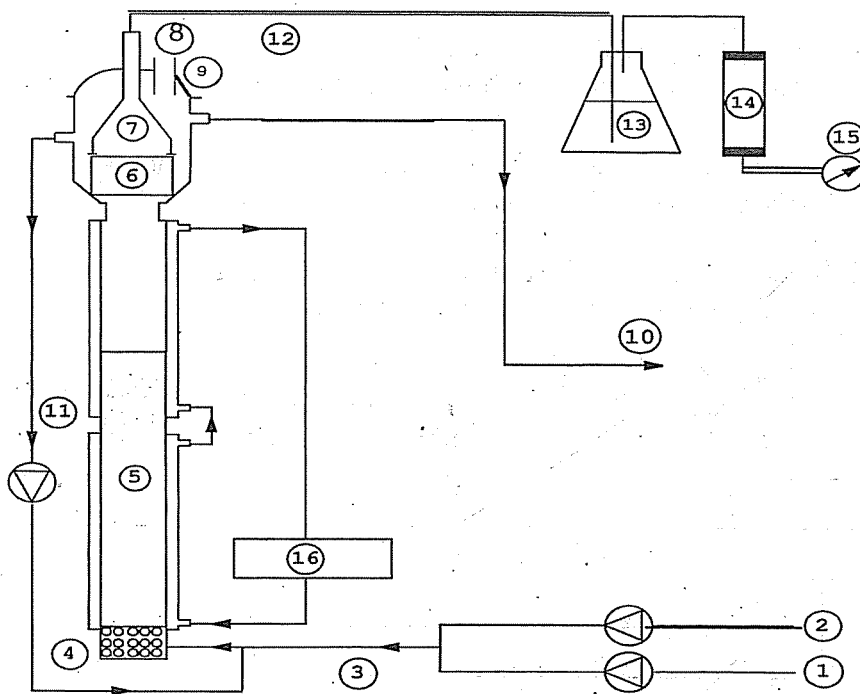
- Môi trường thích hợp để vi sinh vật trong hệ thống có khả năng phát triển tốt.

Từ khi hình thành, hệ thống xử lý kỵ khí đã có nhiều dạng khác nhau như lọc kỵ khí với dòng nước thải đi từ dưới lên (Upflow Anaerobic Filter-UAF), hệ thống màng lọc cố định với dòng từ trên xuống (Downflow Stationary Fixed Filter-DSFF), hệ thống xử lý kỵ khí với dòng hướng lên qua một lớp bùn (Upflow Anaerobic Sludge Bed- UASB), hệ thống sử dụng lớp bùn động (Anaerobic Fluidized Bed- AFB) v.v.... Tuy có nhiều ưu điểm, nhưng những hệ thống xử lý kỵ khí này vẫn liên tục cải tiến để

giảm thời gian lưu nước trong hệ thống và gia tăng tốc độ xử lý. Vào năm 1983, hệ thống xử lý tốc độ cao với lớp bùn hạt mở rộng (Expanded Granular Sludge Bed-EGSB) được hình thành bởi giáo sư Lettinga và các cộng sự của ông. Lý do để hệ thống xử lý kỵ khí tốc độ cao được nghiên cứu và áp dụng trong thực tế là:

- Giảm được vốn đầu tư khi xây dựng hệ thống: với tốc độ xử lý cao sẽ làm giảm kích thước của công trình khi phải xử lý một lưu lượng thải nhất định;
- Giảm diện tích để xây dựng của hệ thống, phù hợp với những nhà máy có mặt bằng nhỏ;
- Hệ thống có độ ổn định cao ngay cả với những điều kiện hoạt động không thuận lợi.

Mô hình phòng thí nghiệm của hệ thống xử lý kỵ khí tốc độ cao được minh họa trong Hình 1. Trong mô hình ta thấy, dòng nước thải đi vào hệ thống theo chiều từ dưới lên, qua một lớp bùn hạt mở rộng, chứa những vi sinh vật kỵ khí để phân huỷ chất hữu cơ chứa trong bùn thải. Với việc bơm trở lại một phần dòng ra (11), làm tốc độ dòng lên của hệ thống có thể đạt trên 6 m/h, cao hơn nhiều so với tốc độ dòng lên từ 0,5 đến 1,5 m/h thường được áp dụng cho hệ thống UASB. Sự thay đổi này đem lại sự tiếp xúc tốt hơn giữa nước thải và quần thể vi sinh vật chứa trong lớp bùn hạt và làm các chất hữu cơ có thể thấm sâu vào lớp bùn hạt mà không cần sự xáo trộn cơ học. Do tốc độ dòng lên cao có thể làm gia tăng sự rửa trôi bùn từ hệ thống. Sự rửa trôi bùn có thể ngăn ngừa bằng chụp thu khí đặt ở đầu của hệ thống. Chụp thu khí hoạt động như một thiết bị phân tách 3 pha: rắn, lỏng, và khí. Đây là một phần quan trọng của hệ thống EGSB. Nó giúp cho hệ thống thu hồi được khí sinh học tạo ra trong quá trình phân huỷ chất hữu cơ, ngăn ngừa bùn hạt trào ra ngoài hệ thống và giảm chất rắn lơ lửng trong dòng ra sau xử lý.



- Ghi chú
1. Nước thải tổng hợp
 2. Nước máy
 3. Dòng vào
 4. Đá
 5. Lớp bùn
 6. Lưới
 7. Bộ phân tách
 8. Nơi lấy mẫu dòng ra
 9. Nơi đo điện thế oxy hóa
 10. Dòng ra
 11. Dòng hoàn lưu
 12. Khí sinh học
 13. NaOH 10%
 14. Hạt soda khan
 15. Đồng hồ đo khí
 16. Bể chứa nước

Hình 1. Mô hình hệ thống xử lý kỵ khí tốc độ cao trong phòng thí nghiệm

3. Ứng dụng của hệ thống xử lý kỵ khí tốc độ cao trong xử lý nước thải

Hệ thống xử lý kỵ khí EGSB có thể được sử dụng để xử lý nước thải có nồng độ ô nhiễm hữu cơ thấp (COD <1000mg/l), và nhiệt độ nước thải thấp (t từ 8-12°C) với hiệu suất xử lý khá cao (>90%). Kết quả xử lý của hệ thống EGSB với nước thải chứa acid béo bay hơi (Volatile Fatty Acid- VFA), đường, nước thải bia, mạch nha ở các điều kiện hoạt động khác nhau được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả xử lý nước thải của mô hình EGSB ở điều kiện nhiệt độ thấp

Cơ chất	Thể tích mô hình xử lý (l)	Nồng độ COD đầu vào (g/l)	Tải trọng hữu cơ (kgCOD/m ³ /ngày)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian lưu (giờ)	Hiệu suất xử lý COD (%)
VFA	1 * 4	0,5-0,8	10-12	10-12	1,6-2,5	90
VFA	2 * 4	0,5-0,9	5-12	4-8	2-4	90
VFA	2 * 4	0,5-0,9	5	3	4	80
Sucrose+VFA	2 * 4	0,5- 1,1	5-7	8	4	90
Bia	1 * 225	0,5- 0,8	12	20	1,5	80-85
Mạch nha	1 * 225	0,3-1,4	4-8	16	2,4	56
Mạch nha	1 * 225	0,3-1,4	9-15	20	1,5-2,4	66-72
Mạch nha	2 * 70	0,2-1,8	3-6	6	4,9	47
Mạch nha	2 * 70	0,2-1,8	3-12	10-15	3,5	67-78

Nguồn: Salih, R. (1998)

Bảng 2 cho thấy hệ thống EGSB có khả năng xử lý nhiều cơ chất khác nhau như acid béo bay hơi, đường, bia, mạch nha với thời gian lưu nước từ 1,5-4,9giờ, hiệu suất xử lý khá cao khi xử lý cơ chất VFA (90%).

Hệ thống EGSB còn được sử dụng để xử lý nước thải chứa ethanol ở nồng độ thấp. Điều kiện vận hành và hiệu suất xử lý của mô hình được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Điều kiện vận hành và hiệu suất xử lý của hệ thống EGSB với nước thải chứa ethanol ở nhiệt độ t = 30°C

Thời gian (ngày)	Thể tích mô hình xử lý (l)	Nồng độ COD đầu vào (g/l)	Tải trọng hữu cơ (kgCOD/m ³ /ngày)	Thời gian lưu nước (giờ)	Tải trọng bùn (gCOD/gVSS .ngày)	Hiệu suất xử lý COD (%)
0-18	2,5	641	8,1	1,9	0,81	92
19-26	2,5	613	14,7	1,0	1,47	76
27-43	2,5	675	32,4	0,5	3,24	73
44-67	2,5	196	4,7	1,0	0,47	97
68-76	2,5	154	7,4	0,5	0,74	89

Nguồn: Lourdinha, F. (1994)

Dựa vào bảng 3, nhận thấy rằng với nồng độ nước thải đầu vào khá thấp (154-641 mg COD/l), thời gian lưu nước ngắn (0,5-1,9 giờ), thì hiệu suất xử lý của mô hình đạt trị số khá cao (89-97%) ứng với tải trọng hữu cơ ở mức trung bình (4,7-8,1 kgCOD/m³.ngày). Ở những tải trọng hữu cơ cao hơn thì hiệu suất xử lý giảm đi rõ rệt (chỉ còn từ 73-76%).

Mô hình EGSB còn có nhiều hứa hẹn trong xử lý nước thải dệt nhuộm [1]. Với thời gian lưu khá ngắn, tải trọng hữu cơ khá cao nhưng hiệu suất xử lý COD và thuốc nhuộm khá cao và ổn định (85-95%) (bảng 4).

Bảng 4. Khả năng xử lý của mô hình EGSB với nước thải dệt nhuộm ở nhiệt độ 30°C, mô hình 4,3l

Thời gian (ngày)	Thuốc nhuộm (mg/l)	Thời gian lưu (giờ)	Tải trọng hữu cơ (kg CODm ⁻³ .ngày ⁻¹)	Hiệu suất (%)		
				COD	CH ₄ -COD	Thuốc nhuộm
0-6	10	1.2	15,0-20,0	>95	75	90-95
7-28	20-25	1,2	15,0-20,0	>95	70-75	85-90
29-52	20-25	1,6	13,0-15,0	>95	75-80	88-90
53-63	40-60	1,6	14,0-15,0	>95	70-80	86-88
64-72 *	60-100	1,6	15,0-20,0	>95	60-70	90-95

(*) Bắt đầu thêm S²⁻

4. Kết luận

Việc giảm giá thành của xử lý nước thải mà vẫn đảm bảo chất lượng xử lý là một mục tiêu thúc đẩy các nhà công nghệ môi trường tìm kiếm những công nghệ mới. Ngày nay, việc áp dụng các công nghệ sinh học trong xử lý nước thải đã có nhiều triển vọng, đặc biệt xử lý kỵ khí có nhiều ưu điểm vượt trội so với xử lý hiếu khí. Xử lý kỵ khí tốc độ cao là một công nghệ mới, đã áp dụng thành công với qui mô trong phòng thí nghiệm tại nước ta, với các loại nước thải và nhiệt độ khác nhau. Nó làm tăng tải lượng xử lý của hệ thống, giảm diện tích mặt bằng để xây dựng và giảm chi phí xây dựng, vận hành hệ thống. Để áp dụng vào thực tế, cần tiến hành những mô hình với qui mô thử nghiệm, tiến đến xây dựng những hệ thống xử lý qui mô nhỏ, trên cơ sở đó, rút ra những kinh nghiệm thiết kế, xây dựng, và vận hành hệ thống, để biến hệ thống xử lý này thành hiện thực tại nước ta.

Tài liệu tham khảo

1. Tôn Thất Lăng. Ứng dụng hệ thống xử lý kỵ khí tốc độ cao (EGSB) trong xử lý nước thải dệt nhuộm.- *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, số 11, 2001.
2. Tôn Thất Lăng. 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*, số 6, 2003.

3. Lettinga, G., Hulshoff Pol L.W., and Zeeman, G.. Biological Wastewater Treatment, Wageningen University, the Netherlands, 1998.
4. Lourdinha, F.. The fate of Methanol in Anaerobic Reactor, PhD. Thesis, Wageningen University, the Netherlands, 1994.
5. Mario, T. K.. The Anaerobic Treatment of Low Strength Soluble Wastewater, PhD. Thesis, Wageningen University, the Netherlands, 1994.
6. Salih, R. Psychrophilic Anaerobic Treatment of Low Strength Wastewater., PhD. Thesis, Wageningen University, The Netherlands, 1998.