



ISSN 1859-4794

TẠP CHÍ

KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ Việt Nam

**Vietnam Journal of
Science and Technology - MOST**

B

Tập 57 - Số 7 - Tháng 7 năm 2015

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

Nguyễn Văn Hiệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
Nguyễn Việt Anh - Trường Đại học Xây dựng
Bùi Chí Bửu - Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp Miền Nam
Vũ Dũng - Hội Tâm lý học Việt Nam
Trần Thọ Đạt - Trường Đại học Kinh tế Quốc dân
Nguyễn Đình Đức - Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội
Vũ Minh Giang - Đại học Quốc gia Hà Nội
Trương Nam Hải - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
Từ Quang Hiến - Trường Đại học Nông lâm Thái Nguyên
Phạm Huy Khang - Trường Đại học Giao thông Vận tải
Phạm Gia Khánh - Chủ tịch Hội Ghép tạng Việt Nam
Hồ Đắc Lộc - Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ TP Hồ Chí Minh
Nguyễn Thị Mỹ Lộc - Trường Đại học Giáo dục - Đại học Quốc gia Hà Nội
Bành Tiến Long - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội
Lê Quan Nghiệm - Đại học Y Dược TP Hồ Chí Minh
Mai Trọng Nhuận - Đại học Quốc gia Hà Nội
Nguyễn Thanh Phương - Trường Đại học Cần Thơ
Nguyễn Thanh Thủy - Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội
Phạm Hùng Việt - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội

TỔNG BIÊN TẬP

Đặng Ngọc Bảo

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

Nguyễn Thị Hải Hằng
Nguyễn Thị Hương Giang

TRƯỞNG BAN BIÊN TẬP

Phạm Thị Minh Nguyệt

TRƯỞNG BAN TRỊ SỰ

Lương Ngọc Quang Hưng

TRÌNH BÀY

Đinh Thị Luận

EDITORIAL COUNCIL

Nguyen Van Hieu - Vietnam Academy of Science and Technology
Nguyen Viet Anh - National University of Civil Engineering
Bui Chi Bui - Institute of Agricultural Science for Southern Vietnam
Vu Dung - Vietnam Association of Social Psychology
Tran Tho Dat - National Economics University
Nguyen Dinh Duc - University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi
Vu Minh Giang - Vietnam National University, Hanoi
Truong Nam Hai - Vietnam Academy of Science and Technology
Tu Quang Hien - Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry
Pham Huy Khang - University of Transport and Communications
Pham Gia Khanh - President of Vietnam Society of Organ Transplantation
Ho Duc Loc - Ho Chi Minh City University of Technology
Nguyen Thi My Loc - University of Education, Vietnam National University, Hanoi
Banh Tien Long - Hanoi University of Science and Technology
Le Quan Nghiem - University of Medicine and Pharmacy of Ho Chi Minh City
Mai Trong Nhuan - Vietnam National University, Hanoi
Nguyen Thanh Phuong - Can Tho University
Nguyen Thanh Thuy - University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi
Pham Hung Viet - VNU University of Science

EDITOR-IN-CHIEF

Dang Ngoc Bao

DEPUTY EDITORS

Nguyen Thi Hai Hang
Nguyen Thi Huong Giang

HEAD OF EDITORIAL BOARD

Pham Thi Minh Nguyet

HEAD OF ADMINISTRATION

Luong Ngoc Quang Hung

ART DIRECTOR

Dinh Thi Luan

TÒA SOẠN

113 Trần Duy Hưng - Cầu Giấy - Hà Nội
Tel: (84.24) 39436793; Fax: (84.24) 39436794
Email: khcnvn@most.gov.vn
Tạp chí điện tử: b.vjst.vn

EDITORIAL OFFICE

113 Tran Duy Hung Str. - Cau Giay Dist. - Hanoi
Tel: (84.24) 39436793; Fax: (84.24) 39436794
Email: khcnvn@most.gov.vn
E-journal: b.vjst.vn

GIẤY PHÉP XUẤT BẢN

Số 1153/GP-BTTTT ngày 26/7/2011
Số 2528/GP-BTTTT ngày 26/12/2012

Giá: 18000^d

PUBLICATION LICENCE

No.1153/GP-BTTTT 26th July 2011
No.2528/GP-BTTTT 26th December 2012

Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến các tính chất của bê tông tính năng siêu cao

Trần Bá Việt, Lê Xuân Lâm*

Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, Bộ Xây dựng

Ngày nhận bài 3.4.2015, ngày chuyển phản biện 6.4.2015, ngày nhận phản biện 4.5.2015, ngày chấp nhận đăng 8.5.2015

Bê tông là vật liệu có cường độ chịu uốn thấp hơn rất nhiều so với cường độ chịu nén, nên nhiều nghiên cứu trước đây đã tìm cách đưa vào hỗn hợp bê tông các loại sợi thô như sợi polyme, sợi cacbon, sợi thép... với hàm lượng thấp (do ảnh hưởng kích thước của cốt liệu nên không thể sử dụng sợi với hàm lượng cao) để cải thiện khả năng chịu uốn của bê tông. Bê tông tính năng siêu cao (UHPC) sử dụng một hàm lượng lớn các loại hạt mịn (nhỏ hơn 0,075 mm) nên cường độ rất cao và khi thêm vào lượng lớn sợi thép có thể tăng cường độ chịu uốn và thay đổi bản chất của bê tông từ một vật liệu giòn sang vật liệu có tính dẻo dai cao. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu sử dụng các nguyên vật liệu tại phía Nam để chế tạo UHPC cốt sợi thép mảnh (sợi thép dài 13 mm, đường kính 0,2 mm) đạt cường độ chịu nén lên đến 140 MPa, cường độ chịu uốn lớn hơn 30 MPa với hàm lượng sợi thép đến 4% theo thể tích bê tông.

Từ khóa: bê tông bột hoạt tính, bê tông tính năng siêu cao, cốt sợi thép.

Chỉ số phân loại 2.1

A STUDY ON THE EFFECTS OF MICRO STEEL FIBER CONTENT ON CHARACTERISTICS OF ULTRA-HIGH PERFORMANCE CONCRETE (UHPC)

Summary

Concrete is a material that has much lower flexural strength than compressive strength; therefore, previous studies have tried to find the ways to add some types of raw fibers with low contents (due to the effects of aggregate size, they could not be used with high contents) into the concrete mixture including polymer fibers, carbon fibers, steel fibers, and so on to improve the bend strength of concrete. Ultra-high performance concrete (UHPC) uses a large amount of fine particles (less than 0.075 mm), so it has a very high compressive strength and can be added with a large amount of micro steel fiber to improve the bending capacity and change the nature of concrete from a brittle material into a tough and flexible material. In this paper, the authors present the research results of using materials in the Southern Vietnam to produce ultra-high performance steel fiber concrete (UHPSFC) which can achieve the compressive strength up to 140 MPa, and the flexural strength greater than 30 MPa by using micro steel fiber (which has the length of 13 mm, and the diameter of 0.2 mm) with the content up to 4% according to the volume of concrete.

Keywords: activated powder concrete, steel fiber, ultra-high performance concrete UHPC.

Classification number 2.1

Đặt vấn đề

Bê tông tính năng siêu cao cốt sợi thép mảnh (bê tông UHPSFC) được coi là thế hệ thứ hai của bê tông cốt sợi thép, là sản phẩm mang tính bước ngoặt của sự phát triển công nghệ xây dựng, với các đặc tính vượt trội so với bê tông thường như có tỷ lệ $N/CKD < 0,25$, cường độ nén lớn hơn 150 MPa, cường độ uốn đạt $15 \div 50$ MPa, mô đun đàn hồi cao $50 \div 60$ GPa [1, 2], độ thấm thấp và độ bền rất cao, dùng cho các cấu kiện đúc sẵn, dầm cầu bản mỏng đúc sẵn, tấm vỏ mỏng, silo [3]..., hoặc dùng để sửa chữa các kết cấu đã bị hỏng, các bể chứa phế thải hạt nhân, các cấu kiện nổi sử dụng bê tông tính năng siêu cao [4, 5]...

Tác giả đã nghiên cứu chế tạo bê tông UHPSFC, với thành phần bột mịn được sử dụng là bột quazrt có đường kính hạt trung bình từ $50 \div 75 \mu m$ với lượng thêm vào từ

* Tác giả chính: Tel: 0907015562, Email: lexuanlam.cdxd2@gmail.com

0÷30%, đồng thời giảm lượng cát 0,8 mm sao cho tổng thể tích tuyệt đối của bê tông vẫn đảm bảo 1000 lít, hàm lượng sợi thép 1÷4%, hàm lượng xi măng ≥ 950 kg/m³ cấp phối bê tông, hàm lượng silicafume tối đa là 25% theo khối lượng xi măng.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu nghiên cứu

- Xi măng: OPC50 của Công ty Hà Tiên (bảng 1).

Bảng 1: tính chất cơ lý của xi măng Hà Tiên OPC50

Tính chất	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
Thời gian ninh kết: - Bắt đầu - Kết thúc	Phút	140 195	TCVN 6017-95
Tỷ diện theo PP Blaine	cm ² /g	3,897	TCVN 4030-2003
Lượng sót trên sàng 0,08	%	1,5	TCVN 4030-2003
Tính ổn định thể tích	mm	1,0	TCVN 6017-95
Lượng nước tiêu chuẩn	%	26,6	TCVN 6017-95
Tỷ trọng	g/cm ³	3,10	TCVN 4030-2003
Cường độ chịu nén: - R _n 3 - R _n 28	N/mm ²	29,7 55,2	TCVN 6017-95

- Cát nghiền: cát nghiền mịn từ quartz sạch, hàm lượng SiO₂ $\geq 99\%$, nguồn gốc từ Khánh Hòa, kích thước hạt lớn nhất là 0,075 mm.

- Cát: là cát sạch, có nguồn gốc từ Khánh Hòa, kích thước hạt lớn nhất là 0,8 mm.

- Sợi thép: loại Radmix, có khả năng chống ăn mòn, với chiều dài (13±0,5) mm, đường kính (0,2±0,008) mm, giới hạn chảy là 2400 MPa, khối lượng riêng 7,8 g/cm³, phù hợp tiêu chuẩn ASTM A820 (hình 1).



Hình 1: sợi thép thẳng mạ đồng đường kính 0,2 mm, chiều dài 13 mm của Hãng Berker

- Silicafume: sử dụng của Hãng BASF, hàm lượng SiO₂ > 95%, loại nén chặt để tránh ô nhiễm môi trường.

- Phụ gia siêu dẻo Glenium® ACE 388 SureTec là một phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylic ether (PCE) cải tiến.

Phương pháp nghiên cứu

Tính toán thiết kế cấp phối theo phương pháp thể tích tuyệt đối kết hợp thực nghiệm.

Kết quả nghiên cứu và thảo luận

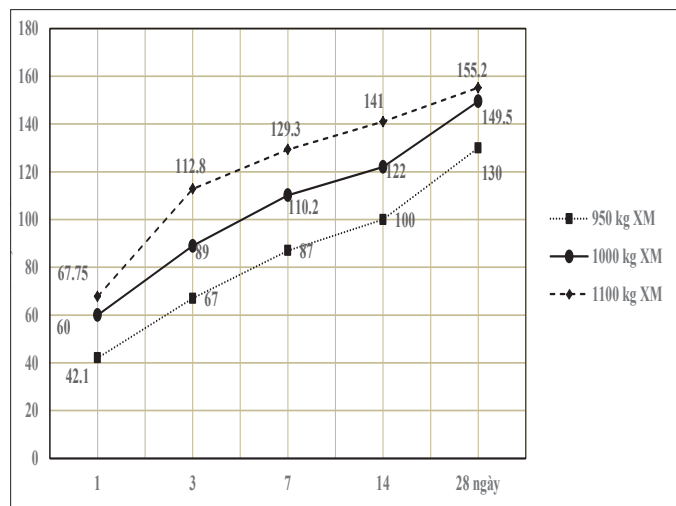
Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến sự phát triển cường độ nén của bê tông UHPSFC

Cấp phối bê tông (bảng 2) với hàm lượng xi măng dao động từ 950 kg đến 1100 kg, phụ gia siêu dẻo từ 2,5÷3% so với khối lượng xi măng, hàm lượng sợi thép từ 0÷4% theo thể tích tuyệt đối của bê tông.

Bảng 2: cấp phối bê tông

STT	Hàm lượng sợi thép	Ký hiệu	X, kg	CN, kg	C, kg	SF, kg	SD, lít	N, kg	ST	N/CKD	g _o	V _a
1	0%	CP1	950	285	795	190	23,75	182,4	0	0,16	2426,2	999,4
2	0%	CP2	1000	250	665	250	25	200	0	0,16	2390	999,1
3	0%	CP3	1100	275	468	275	27,5	220	0	0,16	2365,5	999,6
4	1%	1%CP3	1100	275	440	275	27,5	220	78	0,16	2415,5	999,0
5	2%	2%CP3	1100	275	416	275	27,5	220	156	0,16	2469,5	999,9
6	3%	3%CP3	1100	275	388	275	27,5	220	234	0,16	2519,5	999,4
7	4%	4%CP3	1100	220	417	275	27,5	220	312	0,16	2571,5	999,6

Trong đó: X là xi măng (kg); CN là cát nghiền (kg); C là cát 0,8 mm (kg); SF là silicafume (kg); SD là siêu dẻo (lít); N là nước (kg); ST là sợi thép (kg); CKD là chất kết dính = X + SF; g_o là trọng lượng riêng của bê tông (kg/m³); V_a là thể tích tuyệt đối của bê tông

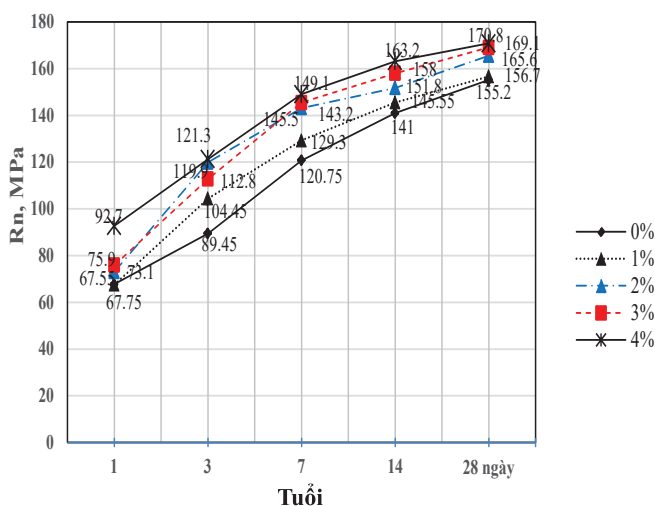


Hình 2: ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến sự phát triển cường độ của bê tông

Hình 2 cho thấy, cường độ nén của bê tông tăng dần khi tăng hàm lượng xi măng trong cấp phối của bê tông. Cấp phối bê tông sử dụng 950 kg xi măng đạt cường độ 130 MPa ở 28 ngày tuổi, cấp phối bê tông sử dụng 1000 kg xi măng đạt cường độ 149,5 MPa (tăng 14,9%), cấp phối bê tông sử dụng 1100 kg xi măng đạt cường độ 155,2 MPa (tăng 19%). Như vậy, cấp phối bê tông sử dụng 1100 kg xi măng cho cường độ cao nhất, do đó được chọn làm cấp phối nền để nghiên cứu ảnh của sợi thép mảnh đến tính chất cơ lý của bê tông. Các cấp phối có hàm lượng xi măng nhỏ hơn 950 kg xi măng do không đạt yêu cầu thi công 21÷23 cm và cường độ dưới 100 MPa nên sẽ không được đề cập đến trong nghiên cứu này.

Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến tốc độ phát triển cường độ nén của bê tông UHPSFC theo thời gian

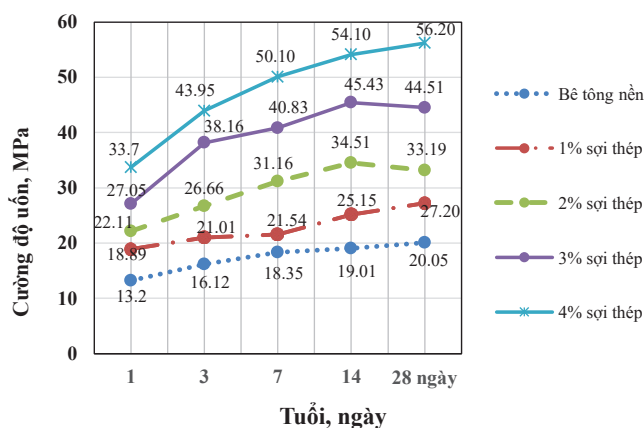
Kết quả thử cường độ nén của bê tông (hình 3) cho thấy, ở 28 ngày tuổi, bê tông nền (0% sợi thép) đạt cường độ thấp nhất 155,2 MPa; với 4% sợi thép, bê tông đạt cường độ cao nhất là 170,8 MPa (tăng 10,1%); bê tông có 1% sợi thép đạt cường độ 156,7 MPa, tăng không đáng kể so với bê tông nền; với 2% sợi thép, cường độ bê tông đạt 165,6 MPa (tăng 6,7%) và ở 3% sợi thép, bê tông đạt 169,1 MPa (tăng 8,9%). Như vậy, kết quả cho thấy, sự có mặt của sợi thép làm tăng cường độ chịu nén của bê tông, cường độ này tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng sợi trong bê tông.



Hình 3: ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến sự phát triển cường độ của cấp phối bê tông (CP3 - hàm lượng 1100 kg xi măng/m³ bê tông)

Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến tốc độ phát triển cường độ uốn của bê tông UHPSFC theo thời gian

Hình 4 cho thấy, khi thêm sợi thép vào bê tông, cường độ chịu uốn ở 28 ngày tuổi của bê tông tăng 24,6% (7,15 MPa) đối với bê tông có hàm lượng sợi thép 1%, tăng 65% (13,14 MPa) đối với 2% sợi thép, tăng 122% (24,46 MPa) đối với hàm lượng 3% sợi thép và tăng 180% (36,15 MPa) đối với 4% sợi thép. Kết quả này cho thấy, hàm lượng sợi thép ảnh hưởng đáng kể đến khả năng chịu uốn của bê tông và có sự truyền ứng suất từ bê tông nền sang sợi thép.



Hình 4: ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến tốc độ phát triển cường độ chịu uốn của bê tông (CP3 - sử dụng 1100 kg xi măng)

Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến sự phát triển cường độ chịu kéo trực tiếp của bê tông UHPSFC

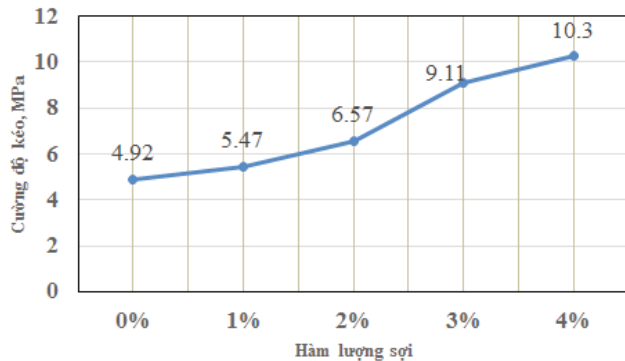
Mẫu nghiên cứu có hình chữ I (tiết diện to ở hai đầu) (hình 5), được ngâm chặt hai đầu to và gia tải kéo bởi ngàm di động của máy kéo vạn năng.



Hình 5: sơ đồ kéo trực tiếp mẫu chữ I bê tông UHPSFC

Theo kết quả thể hiện ảnh hưởng của sợi thép đến khả năng chịu kéo của bê tông (hình 6) cho thấy, khả năng chịu kéo trực tiếp của bê tông có hàm lượng sợi

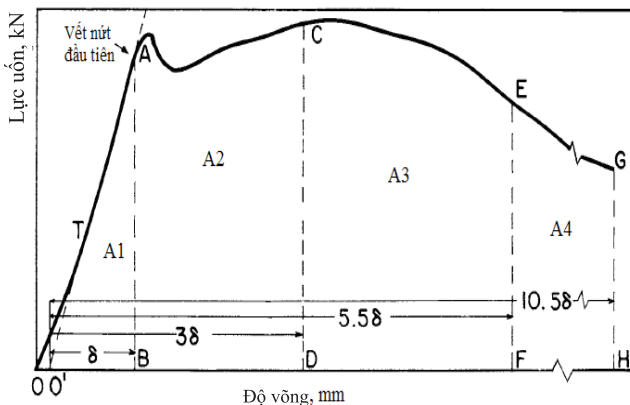
thép 1% tăng lên không đáng kể so với mẫu bê tông nền (0% sợi thép) - tăng 11,2% (tăng 0,55 MPa), mẫu 2% sợi thép tăng 33,5% (tăng 1,65 MPa), mẫu 3% sợi thép tăng 85,2% (tăng 4,19 MPa) và mẫu 4% sợi thép tăng 109% (tăng 5,38 MPa) so với bê tông nền.



Hình 6: ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến khả năng chịu kéo của bê tông (CP3 - sử dụng 1100 kg xi măng)

Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến độ dẻo dai của bê tông

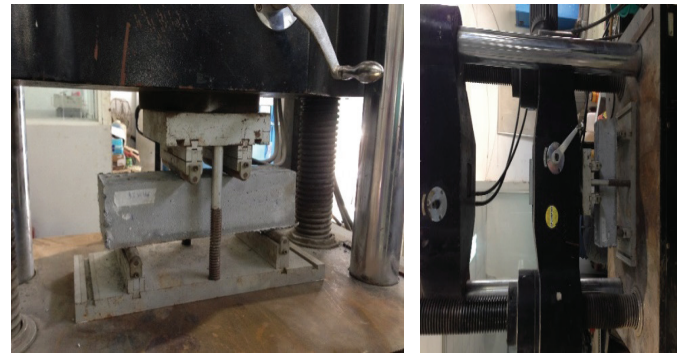
Theo tiêu chuẩn ASTM C1-018, dựa vào biểu đồ lực uốn (kN) - độ võng (mm), xác định lực uốn gây nứt đầu tiên (P) và vẽ đường tiếp tuyến với OA (vùng đàn hồi của bê tông), từ điểm P hạ đường thẳng vuông góc và cắt với trục hoành tại điểm B, khoảng cách O'B là δ và diện tích vùng O'AB = A_1 , tương tự ta có diện tích (BACD) tại độ võng 3 δ là A_2 , diện tích từ độ võng 3 δ đến 5,5 δ (DCEF) là A_3 , diện tích từ độ võng 5,5 δ đến 10,5 δ là A_4 (xem hình 7).



Hình 7: biểu đồ đánh giá chỉ số dẻo dai theo tiêu chuẩn ASTM C1-018

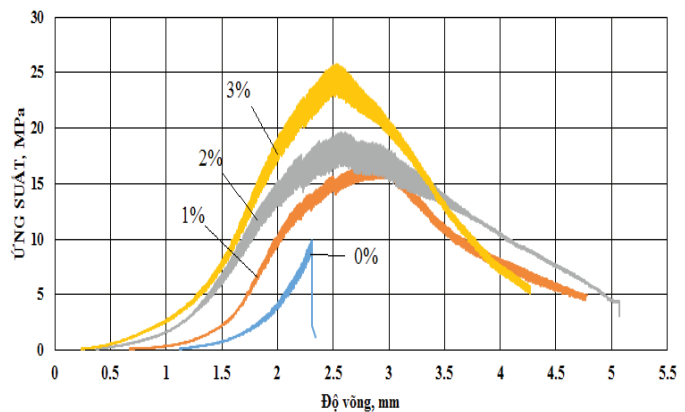
Qua đó, có thể tính các chỉ số dẻo dai như sau: $I_3 = (A_2 + A_1) / A_1$ (1); $I_{5,5} = (A_3 + A_2 + A_1) / A_1$ (2); $I_{10,5} = (A_4 + A_3 + A_2 + A_1) / A_1$ (3).

Mẫu dầm bê tông kích thước 10x10x40 cm được đúc từ các cấp phối bê tông với hàm lượng sợi thép 0% (CP3-0), 1% (1% CP3), 2% (2% CP3), 3% (3% CP3), dưỡng hộ ẩm trong 28 ngày và thử uốn với sơ đồ uốn 4 điểm (hình 8) theo tiêu chuẩn ASTM C1-018, khoảng cách 2 gối cố định là 300 mm, tốc độ tăng tải là (0,05-0,1) mm/phút.



Hình 8: sơ đồ uốn dầm 4 điểm theo ASTM C1-018

Phương pháp đánh giá độ dẻo dai của bê tông dựa theo tiêu chuẩn ASTM C1-018 với cách tính ở hình 7 như sau:



Hình 9: biểu đồ ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến mối quan hệ ứng suất - độ võng của bê tông với các hàm lượng sợi 0%, 1%, 2%, 3%

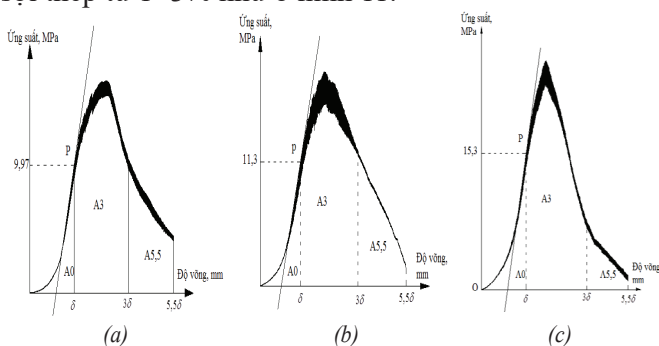
Theo kết quả uốn dầm thể hiện ở hình 9 ta thấy, biểu đồ uốn dầm 1% CP3, 2% CP3, 3% CP3 có phần thoải hơn rất nhiều (không đổ dốc thẳng đứng như dầm bê tông có 0% sợi thép). Khi tải trọng uốn vượt qua khả năng chịu lực của dầm bê tông, thân dầm bắt đầu xuất hiện vết nứt và lan rộng từ từ (hình 10), dầm không bị phá hủy ngay mà vẫn làm việc, được thể hiện ở biểu đồ đổ dốc từ từ kể từ khi tải trọng vượt quá khả năng chịu lực của dầm cho đến khi dầm bị phá hủy hoàn toàn.



Hình 10: vết nứt bắt đầu hình thành và mở rộng từ từ sang vùng lân cận

Khả năng chịu uốn của dầm bê tông tăng khi tăng hàm lượng sợi thép, mẫu dầm có 0% sợi thép có cường độ chịu uốn thấp nhất, mẫu dầm có 3% sợi thép có cường độ chịu uốn cao nhất. Với mẫu dầm có hàm lượng sợi thép 0% ở biểu đồ hình 9 cho kết quả như sau: độ võng lớn nhất là 2,33 mm, ứng suất chịu uốn lớn nhất gây phá hủy là 9,95 MPa.

Theo chỉ dẫn của ASTM C1-018, ta có sơ đồ tính toán chỉ số dẻo dai của các dầm bê tông với hàm lượng sợi thép từ 1÷3% như ở hình 11.



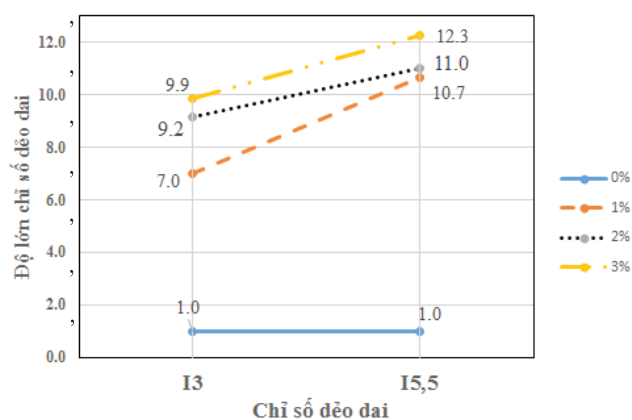
Hình 11: sơ đồ tính chỉ số dẻo dai của dầm bê tông với hàm lượng sợi thép khác nhau
(a) 1% sợi thép; (b) 2% sợi thép; (c) 3% sợi thép

Kết quả uốn mẫu dầm có hàm lượng sợi thép 1% cho thấy, độ võng lớn nhất khi bị phá hủy là 4,78 mm và ứng suất phá hủy lớn nhất $P_{br} = 16,67$ MPa, ứng suất gây nứt đầu tiên $P_{fcr} = 9,97$ MPa ($P_{fcr} = 59,8\% P_{br}$). Diện tích tại vị trí độ võng 1đ là $A_0 = 133004817,9$ mm², tại vị trí độ võng 3đ là $A_3 = 798028907,7$ mm² và tại vị trí độ võng 5,5đ là $A_{5,5} = 490301615,3$ mm². Dựa vào công thức (1) và (2), tính ra chỉ số dẻo dai $I_3 = 7$, $I_{5,5} = 10,7$.

Với mẫu dầm có hàm lượng sợi thép 2%, độ võng lớn nhất khi bị phá hủy là 5,07 mm và có ứng suất phá hủy lớn nhất $P_{br} = 19,63$ MPa, ứng suất gây nứt đầu tiên $P_{fcr} = 11,3$ MPa ($P_{fcr} = 57,6\% P_{br}$). Diện tích tại vị trí độ võng 1đ là $A_0 = 186040948,8$ mm², tại vị trí độ võng 3đ là $A_3 = 1116245692,8$ mm² và tại vị trí độ võng 5,5đ là $A_{5,5} = 568018258,01$ mm². Dựa vào công

thức (1) và (2) tính ra chỉ số dẻo dai là $I_3 = 9,2$ và $I_{5,5} = 11$.

Với mẫu dầm có hàm lượng sợi thép 3%, độ võng lớn nhất khi bị phá hủy là 4,3 mm, ứng suất phá hủy lớn nhất $P_{br} = 25,78$ MPa, ứng suất gây nứt đầu tiên $P_{fcr} = 15,3$ MPa ($P_{fcr} = 59,3\% P_{br}$). Diện tích tại vị trí độ võng 1đ là $A_0 = 251312005,4$ mm², tại vị trí độ võng 3đ là $A_3 = 2230208062$ mm² và tại vị trí độ võng 5,5đ là $A_{5,5} = 598011621,4$ mm². Dựa vào công thức (1) và (2), tính ra chỉ số dẻo dai là $I_3 = 9,9$ và $I_{5,5} = 12,3$.



Hình 12: ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến tính dẻo dai của bê tông

Dầm bê tông với 0% sợi thép có chỉ số dẻo dai thấp nhất ($I_3 = I_{5,5} = 1$) và độ lớn của chỉ số dẻo dai tăng dần tỷ lệ thuận với hàm lượng sợi thép, ở dầm bê tông có 3% sợi thép có chỉ số dẻo dai lớn nhất (hình 12).

Kết luận

Với các kết quả nghiên cứu như đã nêu ở trên, có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Với nguồn nguyên liệu ở phía Nam, bước đầu đã nghiên cứu và chế tạo thành công UHPC sử dụng cốt liệu mịn và sợi thép mảnh (dài 13 mm, đường kính 0,2 mm, tròn trơn). Cường độ nén: $R_{CP3} = 155,2$ MPa, $R_{1\%CP3} = 156,7$ MPa, $R_{2\%CP3} = 165,6$ MPa, $R_{3\%CP3} = 169,1$ MPa, $R_{4\%CP3} = 170,8$ MPa; cường độ uốn $R_{CP3} = 20,05$ MPa, $R_{1\%CP3} = 27,2$ MPa, $R_{2\%CP3} = 33,19$ MPa, $R_{3\%CP3} = 44,51$ MPa, $R_{4\%CP3} = 56,2$ MPa.

- Hàm lượng xi măng có ảnh hưởng đến cường độ của UHPC, với hàm lượng xi măng 1100 kg/m³ có thể chế tạo được bê tông có cường độ lên đến 155,2 MPa.

- Sự có mặt của sợi thép làm tăng đáng kể cường độ chịu uốn của bê tông, cấp phối bê tông sử dụng 4% sợi thép cường độ chịu uốn tăng gấp 2,8 lần (đạt 56,2

MPa) so với bê tông không sử dụng sợi thép (chỉ đạt 20,05 MPa).

- Hàm lượng sợi thép 4% cho cường độ chịu kéo của bê tông đạt giá trị tối đa 10,3 MPa.

- Sợi thép làm tăng khả năng chịu nén của bê tông lên đến 10%, đối với cấp phối sử dụng 4% sợi thép đạt cường độ nén là 170,8 Mpa, trong khi cấp phối bê tông nền (0% sợi thép) chỉ đạt 155,2 MPa.

- Sợi thép có tác dụng cải thiện tính dẻo dai của bê tông, độ dẻo dai của bê tông tăng khi tăng hàm lượng sợi thép, dầm bê tông nền (0% sợi thép) có chỉ số dẻo dai bằng 1, dầm bê tông với 3% sợi thép có chỉ số dẻo dai cao nhất ($I_3 = 12,3$; $I_{5,5} = 9,9$), thấp nhất là dầm bê tông với 1% sợi thép ($I_3 = 7$; $I_{5,5} = 10,7$) và trung bình là dầm với 2% sợi thép ($I_3 = 9,2$; $I_{5,5} = 11$).

Tài liệu tham khảo

[1] Arnon Bentur, Sidney Mindess (2006), “Fibre reinforced cementitious composites”, *Modern concrete technology series* -

Taylor & Francis Group.

[2] Gary Avalos M (2013), “Ultra-High Performance Concrete: Research and developments (materials science and technologies: transportation infrastructure - roads, highways, bridges, airports and mass transit)”, *Nova Science Pub Inc*.

[3] Gustavo Parra-Montesinos J, Hans Reinhardt W (2012), “High performance fiber reinforced cement composites 6”, *Springer, Vol.2*.

[4] Schmidt M, Fehling E, Glotzbach C, Fröhlich S, Piotrowski S (2012), “Ultra - high performance concrete and nanotechnology in construction”, *Proceedings of Hipermat 2012 - 3rd international symposium on UHPC and nanotechnology for high performance construction materials*, Kassel.

[5] Ekkehard Fehling, Michael Schmidt, Joost Walraven, Torsten Leutbecher, Susanne Fröhlich (2014), “Ultra - high performance concrete UHPC: fundamentals, design, examples (Beton-Kalender Series)”, *1 edition, Ernst & Sohn*.

Hóa lỏng của cát sông Hồng khu vực cảng Hà Nội chịu tải trọng chu kỳ không thoát nước

Ngô Thị Ngọc Vân, Nguyễn Hồng Nam*

Trường Đại học Thủy lợi

Ngày nhận bài 26.1.2015, ngày chuyển phản biện 4.2.2015, ngày nhận phản biện 16.3.2015, ngày chấp nhận đăng 30.3.2015

Nghiên cứu khả năng hóa lỏng do động đất đối với cát sông Hồng khu vực cảng Hà Nội đã được tiến hành thông qua một loạt thí nghiệm 3 trục động trong điều kiện không thoát nước. Kết quả thí nghiệm cho thấy, có thể xác định hợp lý các đặc tính hóa lỏng do động đất đối với cát sông Hồng như gia tăng áp lực nước lỗ rỗng, biến dạng dọc trục, tỷ số ứng suất theo số chu kỳ tải trọng gây hóa lỏng. Kết quả nghiên cứu hữu ích cho việc dự báo hóa lỏng do động đất đối với cát nền đề sông Hồng.

Từ khóa: cát, đề sông, động đất, hóa lỏng, tải trọng chu kỳ.

Chỉ số phân loại 2.1

LIQUEFACTION OF RED RIVER SAND SUBJECTED TO UNDRAINED CYCLIC LOAD

Summary

Study on liquefaction possibilities of Red river sand locating near the Hanoi port has been conducted using a series of undrained cyclic triaxial tests. The test results have shown that it is possible to determine effectively the liquefaction characteristics such as excess porewater pressure, axial strain variation, cyclic ratio with the cyclic number causing the specimen to be liquefied. The test results will be useful for the prediction of liquefaction caused by earthquake for the Red river sand.

Keywords: cyclic load, earthquake, liquefaction, river dyke, sand.

Classification number 2.1

Đặt vấn đề

Động đất là một trong những thảm họa chính đối với an toàn các công trình đất như đê, đập, khối đắp đường cao tốc. Thiệt hại này chủ yếu là do hóa lỏng đất đắp thân công trình hoặc đất nền. Tại Mỹ, sự cố đập Sheffield năm 1925, động đất Santa Barbara do hóa lỏng nền đập và sự cố đập San Fernando năm 1971 là những minh chứng cụ thể [1]. Những thiệt hại khối đắp là những phá hủy lớn khi đất lớp dưới thuộc loại hạt thô bão hòa nước bị hóa lỏng, dẫn đến nứt tách, lún, chuyển dịch ngang và lún khối đắp.

Nhiều sự cố đề sông do hóa lỏng nền được quan sát trong hầu hết các trận động đất lớn tại Nhật Bản [1], ví dụ đề Hachirogata bị thiệt hại bởi trận động đất Nihonkai - Chubu (1983), đề sông Kushiro bởi trận động đất Kushiro - Oki (1993), đề sông Shiribetsi đến Shibetsu bởi động đất Hokkaido - Nanseioki (1994), đề sông Yodo bởi động đất Kobe (1995) và đề Nakaumi bởi động đất Tottoriken - Seibu (2000). Đặc biệt trong trận động đất Hyogoken - Nanbu (Kobe) năm 1995, các khối đắp bằng đất đã phải hứng chịu sự tàn phá nặng nề (Matsuo, 1996; Tani, 1996).

Lãnh thổ Việt Nam nằm ở vùng đất có cấu trúc địa chất - kiến tạo phức tạp, tuy không nằm trên các vành đai động đất núi lửa đang hoạt động, nhưng cũng không phải là vùng đất bền vững khó xảy ra động đất. Các vùng có nguy cơ xảy ra động đất 6,0-7,0 độ Richter ở Việt Nam gồm: đới đứt gãy sông Hồng - sông Chảy; đới đứt gãy Lai Châu - Điện Biên; đới sông Mã, Sơn La,

*Tác giả chính: Tel: 0904359460; Email: hongnam@wru.vn

sông Đà; đới Cao Bằng, Tiên Yên; đới Rào Nạy - sông Cà; đới Đakrông - Huế; đới Trường Sơn; đới sông Ba; đới ven biển miền Trung... Ngoài những vùng này, trên lãnh thổ Việt Nam còn có khoảng 30 khu vực có nguy cơ động đất với cường độ xấp xỉ 5,0 độ Richter [2].

Hà Nội nằm trong vùng đứt gãy sông Hồng - sông Chảy, nơi đã xảy ra các trận động đất mạnh 5,1-5,5 độ Richter. Chu kỳ lặp lại động đất mạnh 5,4 độ Richter ở Hà Nội là 1100 năm và trận động đất mạnh cuối cùng xảy ra cách đây đã hơn 700 năm (năm 1285). Hiện nay, Hà Nội đang trong thời kỳ yên tĩnh nhưng trong tương lai hoạt động động đất có thể tăng lên và động đất mạnh có thể xảy ra. Ngoài ra, Hà Nội còn phải chịu tác động của động đất mạnh xảy ra ở những vùng đứt gãy lân cận như đứt gãy sông Lô, Đông Triều, Sơn La [2].

Hà Nội hiện có 20 tuyến đê chính với tổng chiều dài 469,913 km, trong đó: tuyến đê hữu Hồng đoạn qua thành phố Hà Nội dài tổng cộng 128,6 km là đê cấp đặc biệt, bảo vệ cho trên 160000 ha diện tích lưu vực của thủ đô Hà Nội. Tuyến đê hữu Hồng có nhiệm vụ cực kỳ quan trọng là phòng chống lụt bão, đảm bảo an toàn tuyệt đối cho thủ đô Hà Nội. Ngoài ra, mặt đê còn là tuyến đường giao thông kết nối các địa phương ven đê với nội thành. Đặc điểm chung của tuyến đê là nhiều năm trở lại đây không có lũ lớn, đê không được thử thách chống lũ, tình trạng đê khô. Tuy nhiên, trong thân, nền đê tiềm ẩn nhiều ẩn họa khó lường, nhất là những đoạn đê đắp trực tiếp trên nền đất yếu, đất cát, cần phải đánh giá khả năng hóa lỏng khi chịu tác động của động đất. Đây là một nội dung mới, vì thiết kế chống hóa lỏng hầu như chưa được đề cập trong các tiêu chuẩn thiết kế công trình thủy lợi ở nước ta.

Để đánh giá định lượng khả năng kích hoạt hóa lỏng, bước quan trọng đầu tiên cần cho hầu hết các dự án chính là khả năng hóa lỏng do động đất. Có hai xu hướng tổng hợp trong vấn đề này [3], đó là (1) sử dụng thí nghiệm trong phòng trên các mẫu đất nguyên dạng và (2) sử dụng các quan hệ kinh nghiệm dựa trên tương quan về ứng xử của đất được quan sát tại hiện trường với các thí nghiệm chỉ tiêu tính chất vật lý của đất tại hiện trường [4].

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Thiết bị thí nghiệm

Nghiên cứu hóa lỏng của cát sông Hồng được

thực hiện tại Phòng thí nghiệm địa kỹ thuật động đất, Trường Đại học Thủy lợi. Hệ thống thiết bị thí nghiệm 3 trục động DTC - 367D được sử dụng do hãng Seiken, Nhật Bản chế tạo (hình 1), bao gồm: khối điều khiển khí - nước; khối gia tải thẳng đứng; buồng 3 trục; khối đo lường và các phụ kiện. Máy nén khí tạo áp lực buồng và áp lực ngược lên tới 1000 kPa; máy hút chân không tạo áp suất 95 kPa; thiết bị gia tải động cho các tần số tải thực tế trong phạm vi từ 0,001-1 Hz. Tất cả các đầu đo lực và chuyển vị được kết nối với một máy vi tính thông qua các giao diện cảm biến Kyowa PCD-300B-F. Biến dạng dọc trục được đo bằng một cảm biến không tiếp xúc có độ chính xác bằng 0,1 mm lắp bên trong buồng 3 trục và 1 cảm biến LVDT có độ chính xác 0,05 mm lắp bên ngoài buồng 3 trục. Sự thay đổi thể tích của mẫu được đo bằng đầu đo thể tích tự động có dung tích 25 ml. Đầu đo tải trọng load cell công suất 2 kN có khả năng chống nước được lắp trực tiếp trên nắp mẫu, phía trong buồng 3 trục nhằm giảm thiểu lực ma sát giữa piston với thành ống đỡ.



Hình 1: hệ thống thiết bị thí nghiệm 3 trục động DTC - 367D

Vật liệu và quy trình thí nghiệm

Cát sông Hồng khu vực cảng Hà Nội, thành phố Hà Nội được sử dụng cho nghiên cứu này với các chỉ tiêu cơ lý sau: hàm lượng hạt mịn $f_c = 3,6\%$; $G_s = 2,65$; $D_{60} = 0,35$ mm, $D_{10} = 0,15$ mm; $e_{max} = 0,99$; $e_{min} = 0,66$ [5]. Các mẫu cát hình trụ có đường kính 50 mm, chiều cao 100 mm, được chế bị theo phương pháp mưa cát trong không khí để đảm bảo có cùng một độ chặt tương đối trung bình tại hiện trường $D_r \approx 45,6\%$.

Sau khi sử dụng khí CO₂ thâm nhập, mẫu được bão hòa nước. Tiếp theo, các mẫu cát chịu quá trình cố kết đẳng hướng với áp lực cố kết hiệu quả tăng từ 30 kPa đến 400 kPa và giảm về 100 kPa. Tại đây, mẫu chịu tác dụng của các tải trọng có chu kỳ hình sin với tần số 0,1 Hz với các biên độ tải trọng khác nhau, sao cho tỷ số ứng suất chu kỳ thay đổi trong khoảng từ 0,2-0,4, trong điều kiện không thoát nước. Tỷ số ứng suất chu kỳ $CSR = \sigma_d / 2\sigma_o'$, trong đó: σ_o' là ứng suất hiệu quả ban đầu; σ_d là độ lệch ứng suất theo phương đứng σ_v và ngang σ_h , $\sigma_d = \sigma_v - \sigma_h$. Thí nghiệm kết thúc khi mẫu bị hóa lỏng sau một số chu kỳ tải trọng. Quy trình thí nghiệm được thực hiện theo tiêu chuẩn Nhật Bản JGS 0541:2000 [6].

Các mẫu cát thí nghiệm RED RIVER SAND 1, RED RIVER SAND 2, RED RIVER SAND 3, RED RIVER SAND 4 có các hệ số rỗng sau cố kết đẳng hướng dao động trong khoảng từ 0,836 đến 0,843 (bảng 1).

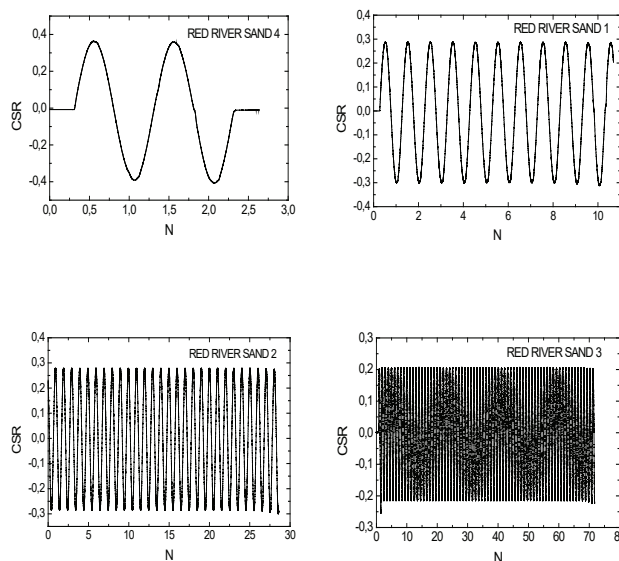
Bảng 1: các mẫu cát thí nghiệm

Tên mẫu	Đường kính ban đầu D (mm)	Chiều cao ban đầu H (mm)	Hệ số rỗng ban đầu e_o	Độ chặt tương đối D_r (%)
RED RIVER SAND 1	50,04	99,8	0,837	46,4
RED RIVER SAND 2	50,02	99,7	0,836	46,7
RED RIVER SAND 3	50,05	98,6	0,843	44,5
RED RIVER SAND 4	50,04	98,5	0,842	44,9

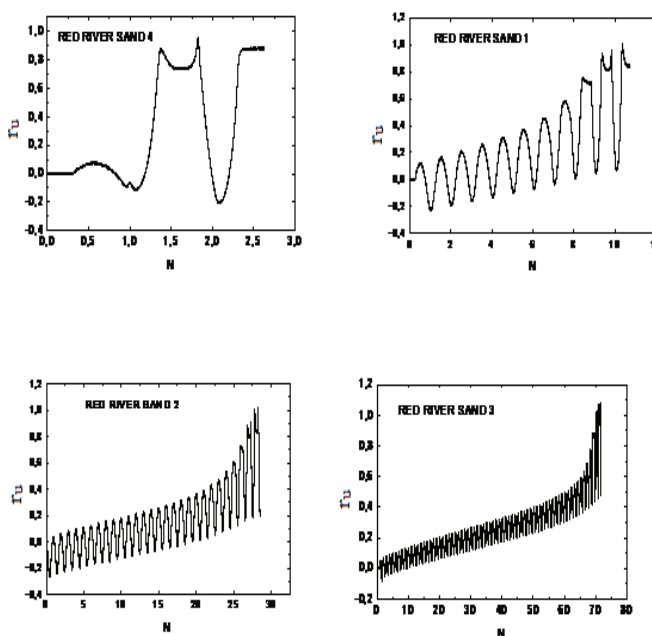
Kết quả thí nghiệm và thảo luận

Các kết quả thí nghiệm được thể hiện trong các hình từ hình 2 đến hình 8.

Biểu đồ hình 2 cho thấy, mối quan hệ giữa tỷ số ứng suất chu kỳ CSR với số chu kỳ tải trọng N đối với 4 mẫu cát nêu trên. Tải trọng tác dụng có dạng hình sin, tần số bằng 0,1 Hz. Có thể thấy rằng, khi biên độ ứng suất tăng thì số vòng lặp gây hóa lỏng giảm. Biểu đồ hình 3 thể hiện quan hệ giữa hệ số áp lực nước lỗ rỗng dư r_u với số chu kỳ tải trọng gây hóa lỏng N. Hệ số áp lực nước lỗ rỗng dư $r_u = \Delta u / \sigma_o'$, trong đó Δu là áp lực nước lỗ rỗng dư. Có thể thấy rằng, số vòng lặp tải trọng càng tăng thì hệ số r_u càng lớn. Mẫu sẽ bị hóa lỏng khi hệ số r_u tiến tới 1, tức là áp lực nước lỗ rỗng được phát triển hoàn toàn (hóa lỏng ban đầu) hoặc giá trị biến dạng dọc trục biên độ kép ε_a đạt mức 5% hay lớn hơn.

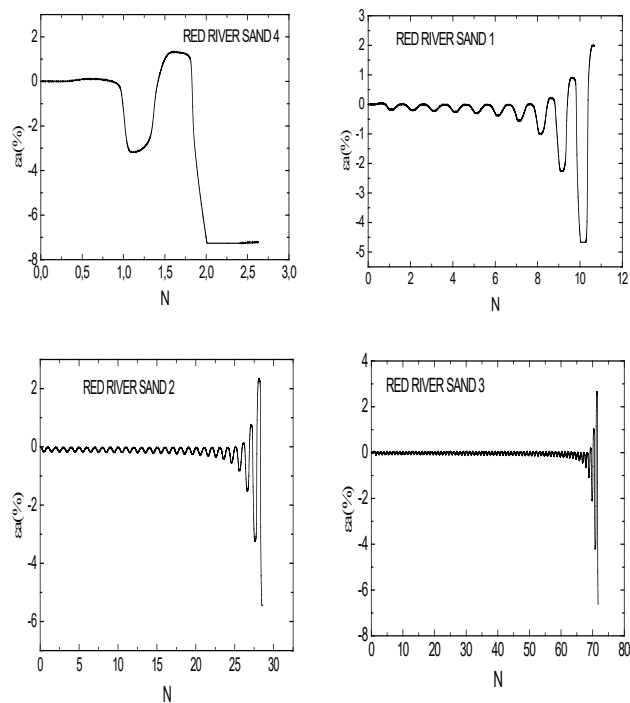


Hình 2: quan hệ giữa tỷ số ứng suất với số chu kỳ gây hóa lỏng

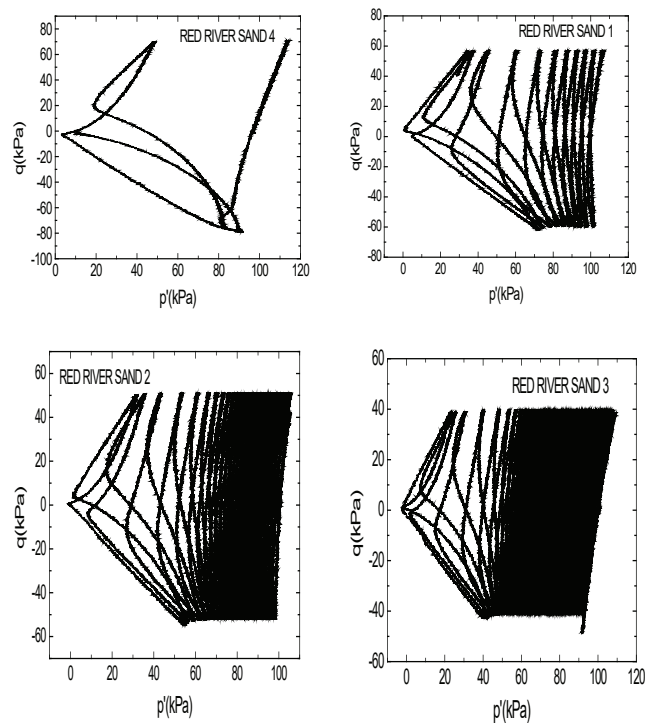


Hình 3: quan hệ giữa hệ số áp lực nước lỗ rỗng dư và số chu kỳ gây hóa lỏng

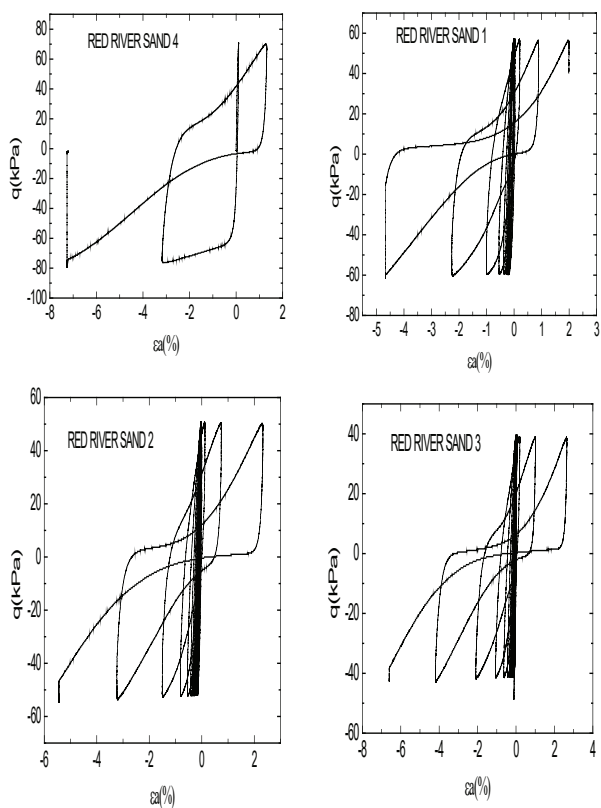
Các hình 4, 5, 6, 7 lần lượt thể hiện quan hệ giữa biến dạng dọc trục với số chu kỳ tải trọng gây hóa lỏng; độ lệch ứng suất và biến dạng dọc trục; độ lệch ứng suất và ứng suất chính trung bình hiệu quả, và hệ số áp lực lỗ rỗng dư với biến dạng dọc trục. Nhìn chung kết quả thí nghiệm cho thấy các dạng quan hệ nêu trên phù hợp với các kết quả đã công bố được thực hiện với các loại cát khác nhau [7].



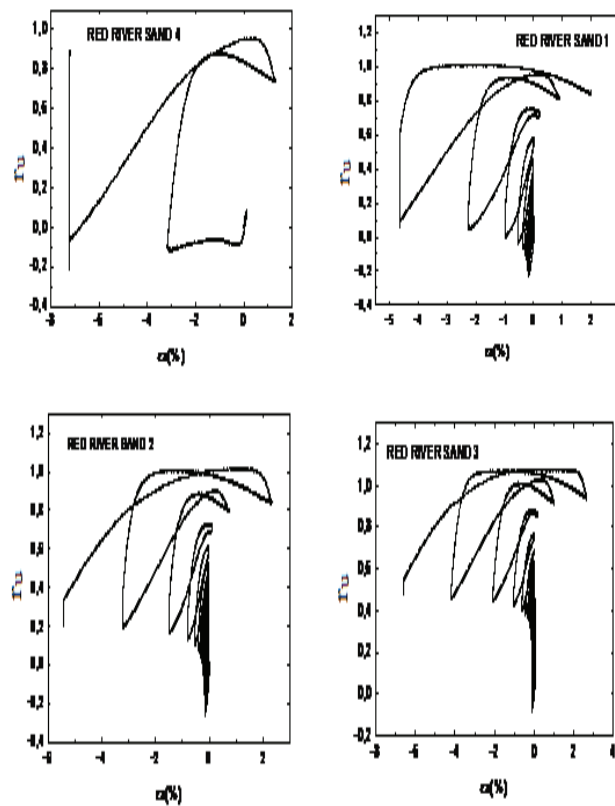
Hình 4: quan hệ giữa biến dạng dọc trục và số chu kỳ gây hóa lỏng



Hình 6: quan hệ giữa độ lệch ứng suất và ứng suất chính trung bình hiệu quả

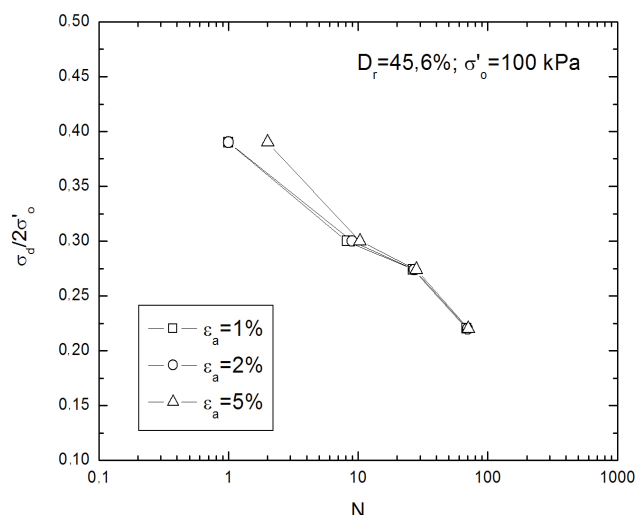


Hình 5: quan hệ giữa độ lệch ứng suất và biến dạng dọc trục



Hình 7: quan hệ giữa hệ số áp lực lỗ rỗng dư với biến dạng dọc trục

Từ các kết quả hóa lỏng đối với các mẫu khác nhau, đường cong hóa lỏng (hình 8) được xây dựng dựa trên tỷ số ứng suất CSR và số chu kỳ N gây hóa lỏng mẫu đất ứng với các giá trị độ chặt xấp xỉ nhau.



Hình 8: đường cong hóa lỏng với các mẫu đất cát sông Hồng

Đường cong hóa lỏng cát sông Hồng được thể hiện trên hình 8 ứng với các tiêu chí biến dạng dọc trục khác nhau 1%, 2% và 5%. Nhìn chung, không có sự khác nhau rõ rệt giữa các số liệu ứng với biến dạng dọc trục bằng 1% và 2%. Có thể thấy rằng, đường cong hóa lỏng có dạng phù hợp với các kết quả đã công bố đối với các loại cát khác nhau. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm này là cơ sở để đánh giá mô phỏng bài toán hóa lỏng của đê tại hiện trường theo phương pháp phân tử hữu hạn.

Kết luận

Nghiên cứu hóa lỏng cát sông Hồng, khu vực cảng Hà Nội, chịu tải trọng động đất được thực hiện thông qua một loạt các thí nghiệm 3 trục động với độ chặt giống nhau. Các mẫu đất được chế bị với tỷ số ứng suất khác nhau để nghiên cứu ứng xử của cát chịu tải trọng

chu kỳ trong điều kiện không thoát nước. Kết quả thí nghiệm cho thấy, có thể xác định hợp lý các đặc tính hóa lỏng của cát như sự biến thiên áp lực nước lỗ rỗng, thay đổi biến dạng, điều kiện hóa lỏng theo các chu kỳ tải trọng khác nhau với các cấp độ lớn khác nhau. Từ đó, có thể xây dựng được đường cong hóa lỏng cát nền đê hữu sông Hồng. Nghiên cứu giúp dự báo khả năng hóa lỏng của nền đê sông Hồng chịu các tải trọng động đất mạnh.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được thực hiện trong khuôn khổ của đề tài khoa học cấp nhà nước mã số KC08.23/11-15 thuộc Chương trình KC08/11-15. Các tác giả chân thành cảm ơn Bộ Khoa học và Công nghệ đã tài trợ kinh phí cho việc thực hiện đề tài này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Adalier K, and Sharp M.K (2004), "Embankment dam on liquefiable foundation - dynamic behavior and densification remediation", *Journal of Geotechnical and Environmental Engineering*, **130(11)**, pp.1214-1224.
- [2] Nguyễn Đình Xuyên (2004), "Nghiên cứu dự báo động đất và dao động nền ở Việt Nam", *Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước*.
- [3] Seed R.B, et al (2003), "Recent advances in soil liquefaction engineering: A unified and consistent framework", *Keynote presentation, 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar*, Long Beach, California.
- [4] Youd T.L, et al (2001), "Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NCF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, **127(10)**, pp.817-833.
- [5] TCVN 4198-95, Đất xây dựng - Các phương pháp xác định thành phần hạt.
- [6] Designation: JGS 0541:2000 Method for Cyclic Undrained Triaxial Test on Soils.
- [7] Towhata I (2008), "Geotechnical earthquake engineering", *Springer -Verlag Berlin Heidelberg*.

Nghiên cứu thiết kế chế tạo hệ thống quan trắc lưu lượng dòng chảy và lượng mưa hỗ trợ điều tiết an toàn hệ thống hồ thủy điện Hòa Bình

Trần Mạnh Thắng, Hồ Anh Tuấn, Trần Văn Tuấn*

Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa

Bộ Công thương

Ngày nhận bài 26.11.2014, ngày chuyển phản biện 2.12.2014, ngày nhận phản biện 8.1.2015, ngày chấp nhận đăng 15.1.2015

Thông qua việc thực hiện đề tài nghiên cứu cấp nhà nước, nhóm nghiên cứu thuộc Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa (Bộ Công thương) đã thiết kế, chế tạo thành công hệ thống quan trắc các thông số chính hỗ trợ công tác dự báo và điều tiết an toàn hồ thủy điện Hoà Bình. Hệ thống được xây dựng dựa trên ứng dụng những công nghệ đo hiện đại, các vi mạch tích hợp cao, kỹ thuật xử lý và giải pháp truyền tin tiên tiến. Những kết quả thử nghiệm cho thấy, hệ thống có khả năng tương thích với hệ thống quan trắc sẵn có, thu thập thông tin đầy đủ, kịp thời và chính xác... Nhờ đó có thể nâng cao chất lượng dự báo của hoạt động quan trắc, góp phần hiện đại hóa mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia.

Từ khóa: hệ thống quan trắc tự động, lượng mưa, lưu lượng dòng chảy, mức nước.

Chỉ số phân loại 2.2

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF DISCHARGE AND RAINFALL MONITORING SYSTEM TO SUPPORT THE SAFETY OF HOA BINH HYDROPOWER RESERVOIR

Summary

In this work, an automatic discharge and rainfall monitoring system has been developed for Da river basin. The system meets the urgent demand for automatic monitoring solution for hydrology in Vietnam. It also serves as a reference model for dam safety monitoring stations with a better performance and higher reliability.

Keywords: automatic monitoring system, discharge, level, rain fall.

Classification number 2.2

Đặt vấn đề

Công trình thủy điện Hoà Bình là nơi điều tiết, chống lũ cho lưu vực sông Hồng, thực hiện các nhiệm vụ phát điện, chống lũ, tưới tiêu, phục vụ sản xuất nông nghiệp và các nhu cầu khác của đời sống - xã hội. Để đảm bảo an toàn và hiệu quả trong các nhiệm vụ trên, chất lượng của công tác quan trắc, dự báo đóng vai trò quan trọng trong việc vận hành công trình.

Hiện nay, một số đài khí tượng thủy văn ở nước ta đã bước đầu được quan tâm nâng cấp trang thiết bị hiện đại. Tuy nhiên, đa phần các đài hiện nay đều ở trong tình trạng thiết bị quan trắc lạc hậu, thiếu đồng bộ, chưa thành hệ thống và phương thức truyền tin còn thủ công... Chính vì vậy, công tác dự báo và vận hành điều tiết hồ chứa đa phần đều dựa trên các bản tin được cập nhật thủ công, thông tin cung cấp chưa kịp thời. Để phục vụ vận hành hệ thống hồ chứa an toàn và hiệu quả (trữ và xả nước hợp lý), cần thiết phải nâng cao chất lượng công tác quan trắc, hiện đại hóa, đồng bộ trang thiết bị phục vụ quan trắc, tăng mật độ mạng lưới quan trắc và tự động hóa quá trình thu thập, cập nhật dữ liệu trên cơ sở một hệ thống quan trắc tự động.

Trước yêu cầu này, Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa (Bộ Công thương) đã nghiên cứu thiết kế và xây dựng thành công một hệ thống quan trắc, cung cấp số liệu về lưu lượng, lượng mưa và mực nước một cách chính xác, kịp

*Tác giả chính: Tel: 0912897790; Email: vtuan72@gmail.com

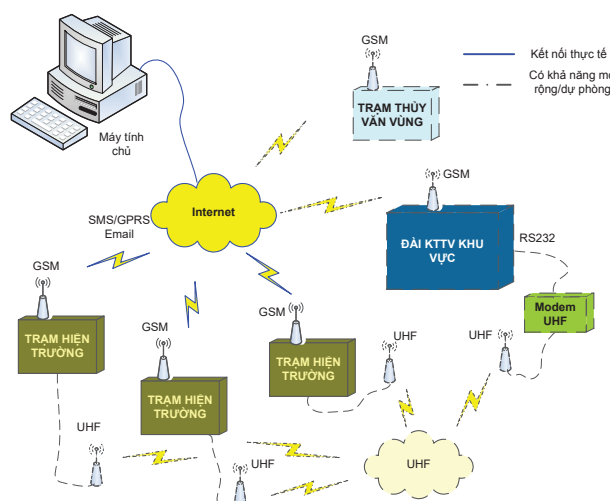
thời hỗ trợ công tác điều tiết an toàn hồ chứa thủy điện Hòa Bình; góp phần nâng cấp, hiện đại hóa mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia.

Nội dung và kết quả nghiên cứu

Hệ thống quan trắc dòng chảy và lượng mưa thực hiện quan trắc tự động các thông số: lưu lượng dòng chảy, lượng mưa và mức nước. Cấu hình của hệ thống được lựa chọn dựa trên việc tham khảo cấu trúc của những hệ thống quan trắc khí tượng thủy văn hiện đại của một số hãng trên thế giới, điển hình là hệ thống của Vaisala [1] và tham khảo thiết kế các hệ thống quan trắc khí tượng thủy văn tự động, thay thế các phương pháp đo đạc thủ công truyền thống [2, 3].

Thiết kế của hệ thống tập trung vào việc tự động hóa quá trình quan trắc các thông số, tối ưu hóa và giám sát năng lượng tiêu thụ, sử dụng pin mặt trời, đặc biệt thiết kế tập trung tích hợp các giải pháp truyền thông, nhằm đảm bảo hệ thống có thể hoạt động độc lập trong mọi điều kiện cơ sở hạ tầng. Đồng thời, thiết kế cũng đảm bảo hệ thống có thể tương thích với mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia, đảm bảo có thể ghép nối, hỗ trợ và góp phần nâng cấp quá trình thu thập dữ liệu và truyền tin của hệ thống sẵn có.

Sơ đồ thiết kế tổng thể và hoạt động của hệ thống quan trắc được thể hiện trên hình 1.



Hình 1: sơ đồ thiết kế tổng thể hệ thống

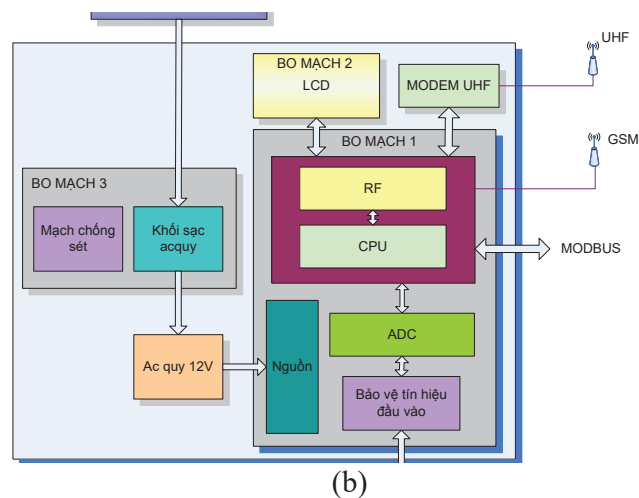
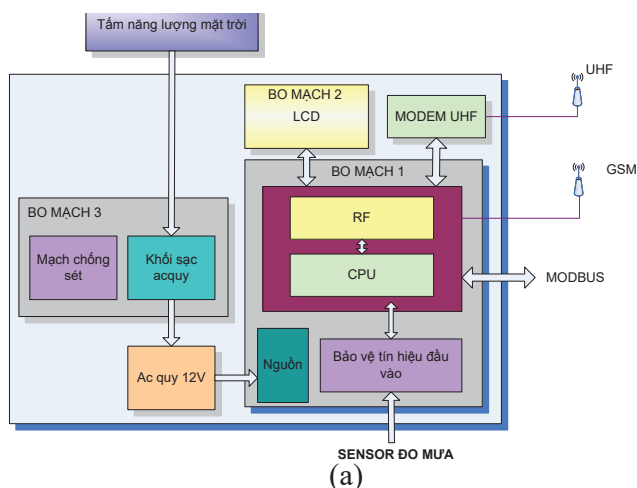
Hệ thống được xây dựng dưới dạng một hệ rút gọn, chứa đầy đủ các tính năng của hệ thống hoàn chỉnh, có tính mở để khi cần thiết trang bị thêm thiết bị khác. Khi đó chỉ việc điều chỉnh phần mềm để tích hợp thành hệ

thống đầy đủ theo yêu cầu. Các thành phần chính của hệ thống quan trắc tự động gồm:

- Trung tâm quản lý, điều khiển hoạt động của toàn hệ thống (máy chủ), tích hợp phần mềm thu nhận và chiết xuất dữ liệu cung cấp cho hệ thống điều hành và quản lý hồ thủy điện Hoà Bình. Trung tâm quản lý trao đổi dữ liệu với các trạm hiện trường qua SMS/GPRS/UHF, chuyển đổi dữ liệu thành định dạng phù hợp, sẵn sàng giao tiếp với hệ thống điều hành của Nhà máy thủy điện Hòa Bình và đài khí tượng thủy văn vùng. Phần mềm cho phép quản lý hoạt động của toàn hệ thống với nhiều chức năng như quản lý và cấu hình địa điểm đo, các thông số đo, báo cáo thống kê theo thời gian, hiển thị trực tuyến các dữ liệu và tích hợp bản đồ số.

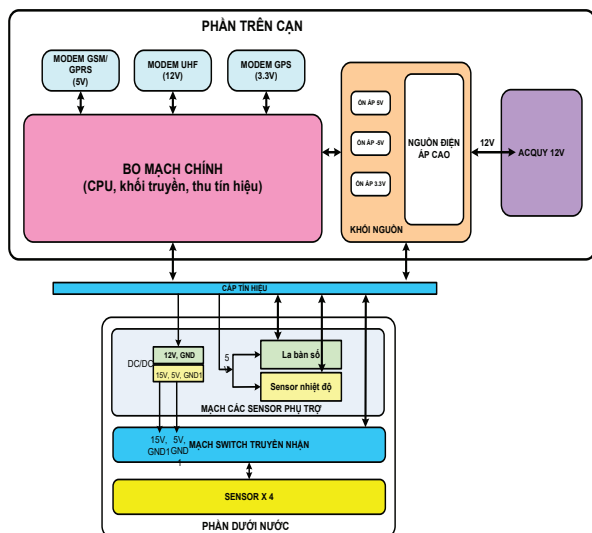
- Các trạm hiện trường gồm thiết bị đo lưu lượng dòng chảy, trạm đo mưa và trạm đo mức nước tự động, thực hiện thu thập một cách tự động liên tục các thông số như mức nước, lượng mưa tại lưu vực hồ Hòa Bình, lưu lượng dòng chảy vào hồ chứa; truyền dữ liệu tới trung tâm quản lý theo chu kỳ được thiết lập bằng các bản tin thư điện tử, tin nhắn hoặc các gói tin qua đường truyền UHF (tùy vào điều kiện cơ sở hạ tầng tại vị trí lắp đặt trạm mà sử dụng các giải pháp truyền tin phù hợp). Các trạm được sử dụng giải pháp tối ưu về năng lượng, sử dụng pin mặt trời.

Trạm đo mức nước và trạm đo lượng mưa được thiết kế và chế tạo nhỏ gọn, các tính năng đo lường, truyền tin, quản lý năng lượng thông minh đều được thực hiện trên một dòng CPU tích hợp chức năng truyền tin Q-series của Sierra. Chức năng giám sát điện áp acquy và nạp thông minh cho pin mặt trời của trạm đo cũng được thực hiện thông qua IC chuyên dụng của “Texas Instrumen”. Trạm đo mưa và trạm đo mức nước sử dụng cấu hình tương tự nhau, bao gồm các thành phần chính là: tủ trạm chứa các bo mạch nguồn, bo mạch CPU tích hợp truyền thông, bo mạch hiển thị, modem truyền UHF, khối module chức năng thực giao tiếp với cảm biến đo mưa, cảm biến đo mức nước và bảo vệ tín hiệu đầu vào cho trạm đo. Tấm pin mặt trời và các anten UHF, GSM được lắp đặt bên ngoài trạm đo. Sơ đồ thiết kế trạm đo mưa và trạm đo mức nước được trình bày ở hình 2.



Hình 2: sơ đồ thiết kế trạm tự động đo mưa (a) và đo mức nước (b)

Thiết bị đo lưu lượng dòng chảy sử dụng phương pháp quét sóng siêu âm trên hiệu ứng Doppler, có thể tham khảo trong [4]. Thiết bị đo lưu lượng gồm có 2 phần, phần dưới nước và phần trên cạn. Phần dưới nước chứa các cảm biến siêu âm, chuyển mạch thu và phát các tín hiệu siêu âm, tiền xử lý tín hiệu siêu âm thu nhận được từ môi trường nước và truyền tín hiệu vi sai tới các lối vào tương tự của phần trên cạn. Phần trên cạn chứa các khối chức năng xử lý và điều khiển trung tâm, truyền tin và nguồn acquy cấp điện cho toàn bộ thiết bị. Cấu trúc của thiết bị đo lưu lượng được mô tả ở hình 3.



Hình 3: sơ đồ thiết kế thiết bị đo lưu lượng dòng chảy

Quy trình hoạt động của hệ thống trên bao gồm:

Trạm đo mức nước thực hiện quét tín hiệu từ sensor đo mức nước với chu kỳ 30 phút/lần. Dữ liệu đo mức

nước được truyền tới trạm trung tâm theo chu kỳ 1 giờ/lần (chu kỳ này được thiết lập bởi cán bộ quản lý).

Trạm đo mưa hoạt động không theo chu kỳ mà dựa theo tín hiệu đầu vào từ cảm biến đo mưa. Khi có mưa, tín hiệu xung từ sensor đo mưa sẽ kích hoạt chức năng đo của trạm đo mưa. Dữ liệu từ trạm đo mưa được tổng hợp thành các bản tin 1 giờ/lần. Các bản tin được truyền đến trạm trung tâm thực hiện theo chu kỳ do cán bộ quản lý cài đặt (1 giờ/lần hoặc theo ôp 12 giờ/lần vào 7 giờ và 19 giờ hàng ngày).

Thiết bị đo lưu lượng dòng chảy được cán bộ của trạm thủy văn vùng thực hiện, thường là 2 lần/ngày hoặc thường xuyên hơn tùy theo yêu cầu thực tế. Dữ liệu thu thập được từ thiết bị đo lưu lượng được tự động truyền tới trạm giám sát trung tâm theo chu kỳ được cài đặt từ xa.

Trạm trung tâm liên tục nhận dữ liệu từ các trạm hiện trường, thực hiện tổng hợp dữ liệu, thực hiện hiển thị online dạng bảng hoặc đồ thị, sao lưu và báo cáo thống kê theo thời gian... và đưa ra các cảnh báo (nếu có). Các dữ liệu này giúp cán bộ quản lý có thể dự báo mức nước đổ về hồ chứa và xây dựng phương án vận hành việc trữ/xả nước một cách hợp lý, đảm bảo an toàn chống lũ và nâng cao hiệu quả phát điện của công trình.

Trạm đo mưa và trạm đo mức nước tự động (hình 4) có các tính năng kỹ thuật chính sau:

- Tính năng đo lường: đo mưa (đường kính miệng hứng: 200 mm; độ phân giải: 0,1 mm; độ chính xác: $\pm 4\%$); đo mực nước (độ chính xác: ± 2 cm; độ phân

giải: 1 cm).

- Tính năng phần cứng: hiển thị: màn hình LCD đơn sắc; lưu trữ số liệu: bộ nhớ MMC 512 Mb; truyền tin: hỗ trợ GPRS/SMS, MODBUS, UHF; hỗ trợ truyền tin dự phòng; thời gian hoạt động bằng pin mặt trời: 14 ngày; nguồn điện: 12 VDC hoặc tấm pin năng lượng mặt trời.

- Tính năng phần mềm: hỗ trợ cấu hình tại chỗ; hỗ trợ cấu hình từ xa; hỗ trợ hiệu chỉnh tham số đầu đo và AI; gửi tin báo tự động; chức năng datalog; tiết kiệm năng lượng.

- Tính năng thiết bị: chống sét: cấp 2; công suất tiêu thụ: 0,3 W; vỏ thiết bị: đạt tiêu chuẩn IP67.



Hình 4: hình ảnh trạm đo mưa và đo mức nước tự động

Các trạm đo của hệ thống đã được lắp đặt thử nghiệm song song với các thiết bị quan trắc tại các Trạm khí tượng Cò Nòi, Hát Lót và Sơn La. Qua đối chiếu và kiểm tra dữ liệu đưa về (trên cơ sở dữ liệu tại trạm trung tâm) và kết quả nhận được từ cán bộ kỹ thuật tại trạm đo, kết quả cho thấy: trạm đo hoạt động ổn định, chính xác, chất lượng truyền tin cao, ổn định và trạm đo có thể hoạt động độc lập, duy trì hoạt động tốt trong điều kiện thiếu sáng.

Hệ thống được thiết kế với các giải pháp kỹ thuật tối ưu nhất cho từng chức năng, áp dụng các công nghệ tiên tiến và phù hợp nhất trong điều kiện nghiên cứu, ứng dụng ở nước ta. Các giải pháp về truyền tin và tính

mở trong thiết kế của hệ thống đảm bảo cho hệ thống có khả năng ứng dụng cao, tương thích và sẵn sàng ghép nối với hệ thống khí tượng thủy văn quốc gia, hỗ trợ hiện đại hóa mạng lưới quan trắc hiện có. Tính năng truyền tin tự động, khả năng giám sát online của hệ thống là một hỗ trợ hữu ích, kịp thời cho công tác giám sát và vận hành an toàn hồ chứa thủy điện. Chức năng quan trắc tự động, chính xác của các trạm hiện trường có thể thay thế cho phương pháp quan trắc và thu thập dữ liệu thủ công hiện nay tại các trạm quan trắc. Các thiết bị do nhóm nghiên cứu chế tạo có thể thay thế cho các thiết bị quan trắc hiện đang phải nhập ngoại.

Kết luận

Hệ thống quan trắc lưu lượng dòng chảy và lượng mưa đã được thiết kế và chế tạo thành công dựa trên những phân tích, đánh giá thực trạng trang thiết bị của mạng lưới khí tượng thủy văn quốc gia và nhu cầu thực tế của công tác quan trắc và công tác dự báo, vận hành hồ thủy điện Hòa Bình. Hệ thống cho phép tự động quan trắc và truyền các dữ liệu quan trắc về các thông số lưu lượng dòng chảy, mức nước, lượng mưa đến trung tâm giám sát. Thông số kỹ thuật và chức năng hoạt động của các thiết bị trong hệ thống tương đương với các hệ thống quan trắc tương ứng hiện đại của các nước tiên tiến. Kết quả cho thấy, nhóm nghiên cứu có thể chế tạo các sản phẩm của hệ thống quan trắc lưu lượng dòng chảy và lượng mưa phục vụ hỗ trợ công tác điều tiết an toàn hồ chứa thủy điện. Qua đó, góp phần hiện đại hóa mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia, đảm bảo về chất lượng quan trắc, cũng như chất lượng truyền dữ liệu tự động, ổn định và tin cậy. Với việc thiết kế hiện đại và giá thành hạ, các sản phẩm do nhóm chế tạo có thể thay thế sản phẩm nhập ngoại.

Tài liệu tham khảo

- [1] Yi-Jiun Liao (2013), "Automatic hydrologic parameter measuring system for river flow and the method using the same", US 20130333463 A1.
- [2] Weimin Li, Qian Gao (2005), "Method and system to flexibly calculate hydraulics and hydrology of watersheds automatically", US6889141 B2.
- [3] Vaisala Oyj (2004), "MAWS HydroMet Systems for Meteorological and Hydrological Monitoring", DOC211898-C, www.vaisala.com.
- [4] Trần Văn Tuấn, Hồ Anh Tuấn, Trần Mạnh Thắng (2014), "Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị đo lưu lượng dòng chảy ứng dụng công nghệ ADCP", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, số 15, trang 49-52.

Ứng dụng vi xử lý ARM chế tạo thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường

Nguyễn Văn Sỹ, Phan Lương Tuấn, Nguyễn Thị Bảo Mỹ, Đặng Quang Thiệu*

Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội, Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam

Ngày nhận bài 5.11.2014, ngày chuyển phản biện 10.11.2014, ngày nhận phản biện 11.12.2014, ngày chấp nhận đăng 18.12.2014

Thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường được sử dụng trong việc giám sát, cảnh báo những sự cố bất thường của phóng xạ đối với môi trường. Thiết bị được thiết kế, chế tạo dựa trên nền tảng công nghệ vi xử lý ARM. Với những ưu việt của vi xử lý ARM giúp thiết bị có được những tính năng hiện đại, khả năng thu thập và phân tích dữ liệu liên tục, kết nối đa dạng, truyền nhận trực tuyến với trung tâm điều hành và khả năng tương tác thời gian thực. Thông qua việc thực hiện đề tài nghiên cứu cấp nhà nước, mã số KC05.16/11-15, Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội đã nghiên cứu và ứng dụng thành công vi xử lý ARM trong chế tạo thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường. Thành công này mở ra khả năng làm chủ công nghệ, giải quyết vấn đề nội địa hóa thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ, thuận lợi cho công tác quản lý, sử dụng, bảo trì và bảo dưỡng thiết bị, đồng thời góp phần vào quá trình xây dựng và phát triển mạng quan trắc cảnh báo phóng xạ của đất nước.

Từ khóa: ARM, cảnh báo phóng xạ môi trường, sự cố phóng xạ, thiết bị quan trắc, vi xử lý.

Chỉ số phân loại 2.2

APPLICATION OF ARM MICROPROCESSOR IN MANUFACTURING THE EQUIPMENT FOR MONITORING AND WARNING ENVIRONMENTAL RADIATION

Summary

The monitoring and warning equipment of environmental radiation used for monitoring and warning incidents and anomalies of environmental radiation has been designed and manufactured based on ARM microprocessor technology. With the advantages of ARM microprocessor, the equipment can have modern features, the ability to collect and analyze continuous data and diverse connections, on line with the operating center, and real-time interoperability. Through the implementation of the state-level project KC05.16/11-15, the scientists at Hanoi Irradiation Center had succeeded in the research and application of ARM microprocessor to manufacture the equipment for monitoring and warning environmental radiation. This success brings the possibility of mastering the technology, localization to manufacture this equipment, facilitate the management, usage, and maintenance of the equipment, and contribute to the process of building and developing the network of monitoring and warning radiation in Vietnam.

Keywords: ARM, microprocessor, monitoring equipment, radiation incident, warning of environmental radiation.

Classification number 2.2

Đặt vấn đề

Trong hầu hết các bài toán về thiết kế và chế tạo thiết bị cho điều khiển đo lường cũng như lưu trữ thông tin thì việc nghiên cứu và ứng dụng vi xử lý là vô cùng quan trọng, với vi xử lý tốt và mạnh thì các thiết bị được thiết kế và chế tạo sẽ phát huy tối đa những tính năng ưu việt của vi xử lý đó. Các vi xử lý cho các bài toán về tính toán và đo lường lại càng phải được lựa chọn kỹ càng với mục tiêu có được một vi xử lý hiệu quả, mạnh, khả năng kế thừa, đồng thời phải có được sự phát triển và áp dụng tốt trong tương lai.

Thông qua việc thực hiện đề tài cấp nhà nước KC05.16/11-15: Nghiên cứu chế tạo thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ, các nhà

*Tác giả chính: Tel: 0913097486; Email: dqthieu@yahoo.com

khoa học trong nước đã tìm hiểu, tiếp cận và thiết kế được các vi xử lý hiện đại, có khả năng xử lý mạnh và ứng dụng tốt trong thực tế. Trong quá trình tìm hiểu, nghiên cứu và thử nghiệm thực tế, các nhà khoa học thuộc Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội đã tiếp cận với nhiều công nghệ khác nhau, từ công nghệ vi điều khiển (với những vi điều khiển như AVR, 8051, PIC...) đến những công nghệ vi xử lý đa nhân được tích hợp nhiều tính năng hiện đại trong một hệ thống (SoC: System on Chip). Mục tiêu của nhóm nghiên cứu là chế tạo được một hệ thống vi xử lý hiện đại, có giá thành hợp lý, tiết kiệm năng lượng và phù hợp với môi trường Việt Nam.

Nội dung nghiên cứu

Vi xử lý ARM có lịch sử phát triển lâu dài, đã và đang được ứng dụng rộng rãi trên nhiều thiết bị khác nhau. Với ưu điểm là một dòng vi xử lý 32 bit mạnh, tập lệnh đơn giản và đặc biệt là tiết kiệm năng lượng, vi xử lý ARM được ứng dụng nhiều nhất trong các thiết bị có tính di động và khả năng hoạt động độc lập cao.

Trên thế giới, thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường được các nước có nhà máy điện hạt nhân hoặc lò nghiên cứu sử dụng. Các thiết bị này nằm trong một mạng lưới quan trắc và cảnh báo sự cố lò phản ứng hạt nhân được đặt xung quanh các nhà máy điện hạt nhân, hoặc xung quanh các cơ sở xử lý nhiên liệu hạt nhân, chất phóng xạ...

Hiện nay, ở Việt Nam số lượng các trạm quan trắc phóng xạ môi trường còn rất hạn chế. Các trạm này mặc dù đã có những đóng góp nhất định vào việc theo dõi và phân tích phong phóng xạ tự nhiên tại một số địa điểm trọng yếu như Hà Nội, TP Hồ Chí Minh, lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt... nhưng qua thực tế hoạt động, chúng đã bộc lộ một số nhược điểm như: các thiết bị chưa đồng bộ, khả năng kết nối và truyền số liệu trực tuyến kém... do đó dẫn đến những khó khăn trong ứng phó khi có sự cố...

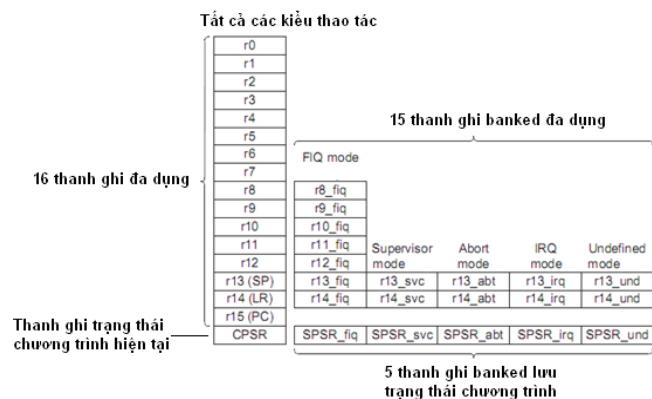
Thiết bị mà nhóm nghiên cứu chế tạo với mục tiêu đặt ra là hướng tới sản phẩm thương mại và có thể được sử dụng một cách rộng rãi, tin cậy. Thiết bị phải đạt được các mục tiêu đặt ra như: độ ổn định, độ nhạy cao để có thể cảnh báo sớm; hoạt động độc lập tốt, có thể ghép nối mạng LAN với máy tính; truyền dữ

liệu qua mạng Internet, qua mạng GSM... tạo điều kiện thuận lợi cho công tác quản lý, công tác bảo trì, bảo dưỡng thiết bị.

Nghiên cứu về ARM

Với thiết kế dựa trên nền tảng RISC nên kiến trúc cơ bản của ARM cũng có kiến trúc tương tự với RISC [1].

Thanh ghi: thiết kế của ARM về cơ bản gồm hầu hết các thanh ghi đa dụng. Các thanh ghi của ARM được mô tả trên hình 1.



Hình 1: mô hình thanh ghi

Cấu trúc load-store: cấu trúc load-store có nghĩa là tất cả các chỉ lệnh (cộng, trừ...) đều được thực hiện trên các thanh ghi. Chỉ có lệnh copy giá trị từ bộ nhớ vào thanh ghi (load) hoặc chép lại giá trị từ thanh ghi vào bộ nhớ (store) mới có ảnh hưởng tới bộ nhớ. Vì thế tất cả các lệnh của ARM có thể thực hiện một trong ba việc sau: 1) xử lý dữ liệu: chỉ thay đổi giá trị trên thanh ghi; 2) truyền dữ liệu: sao chép giá trị từ thanh ghi vào bộ nhớ và chép giá trị từ bộ nhớ vào thanh ghi; 3) điều khiển lệnh [1].

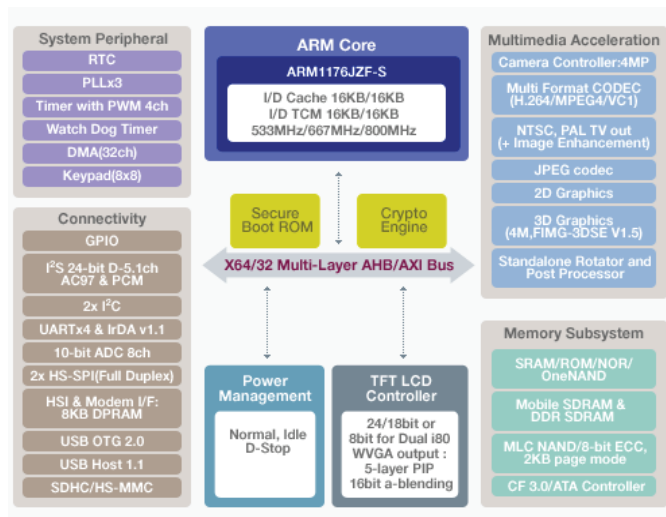
Tập lệnh: tất cả các lệnh của ARM đều là 32 bit, có cấu trúc load-store, cấu trúc lệnh định dạng 3 địa chỉ (nghĩa là địa chỉ của 2 toán hạng nguồn và toán hạng đích đều là các địa chỉ riêng biệt) [1].

Tập lệnh Thumb: là tập con của những lệnh ARM 32 bit thường được sử dụng nhất. Mỗi lệnh trong tập lệnh Thumb có độ dài 16 bit và có một lệnh ARM 32 bit tương ứng. Tập lệnh Thumb thao tác được với các thanh ghi chuẩn của ARM và tạo ra sự kết hợp những điểm tốt nhất của trạng thái ARM và Thumb. Tập lệnh

Thumb có tất cả những thuận lợi của vi xử lý 32 bit: không gian địa chỉ 32 bit, thanh ghi 32 bit, thanh ghi dịch và bộ toán học 32 bit. Do đó, tập lệnh Thumb có phạm vi cho từng thành phần dài hơn, thao tác số học mạnh và không gian địa chỉ rộng. Mã lệnh của Thumb có kích thước bằng 65% mã lệnh ARM và cung cấp 160% hiệu năng so với mã lệnh ARM khi chỉ chạy trên hệ thống 16 bit. Tập lệnh Thumb hiện tại đã được phát triển thành tập lệnh Thumb-2 với sự pha trộn giữa các tập lệnh 16 bit và 32 bit [1].

Vì xử lý ARM S3C6410

Vi xử lý S3C6410 là một dòng vi xử lý ARM thế hệ thứ 11 của hãng SAMSUNG có tốc độ 533 MHz [2].

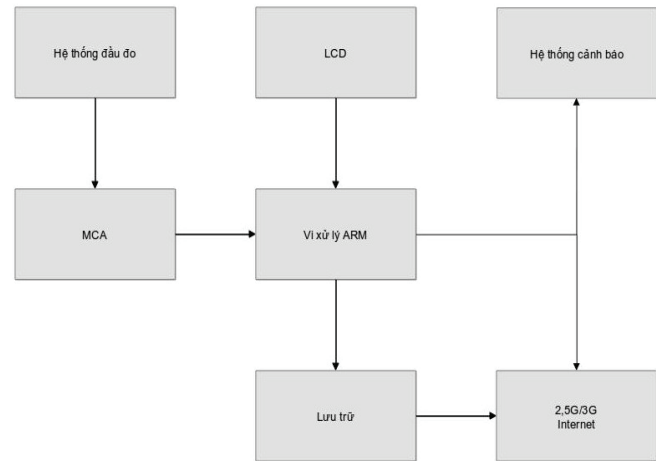


Hình 2: mô hình S3C6410

S3C6410 ngoài việc được thừa hưởng toàn bộ những tính năng ưu việt của vi xử lý họ ARM trước đó, thiết bị còn được tích hợp thêm các tính năng hiện đại của dòng ARM11: tăng tốc độ xử lý tín hiệu số; tăng tốc độ xử lý hình ảnh và đa phương tiện; có tốc độ xung nhịp nhanh (có thể lên tới 1 GHz); giảm khả năng tỏa nhiệt; các dữ liệu có thể được xử lý song song; đường truyền dữ liệu lên đến 64 bit [2].

Một số tính năng chính của vi xử lý S3C6410: tốc độ vi xử lý 533 MHz, có thể nâng cấp lên 667 MHz; đường truyền dữ liệu 32 bit, tương thích với 64 bit; hỗ trợ xử lý đồ họa 2D/3D; các kết nối có tốc độ cao như: USB, SPI, I2C, 1-Wire, GPIO...; hỗ trợ thẻ nhớ ngoài lên đến 32 GB; hỗ trợ các đầu ra chuẩn video có độ phân giải cao, TV-OUT [2].

Thiết kế, chế tạo thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường



Hình 3: sơ đồ khối thiết bị

Trung tâm của thiết bị là vi xử lý ARM cùng với 256 MB RAM, 2GB NAND Flash, vi xử lý này hỗ trợ hầu hết các chuẩn kết nối thông dụng hiện nay như USB, RS-232, GPIO, SPI, I2C... [2, 3]. Với các chuẩn kết nối đa dạng này cho phép thiết bị có thể ghép nối với nhiều thiết bị ngoại vi khác để xử lý các thông tin từ các thiết bị ngoại vi đó như ghép nối 3G để truyền số liệu, ghép nối với MCA để xử lý số liệu từ các hệ thống đầu đo, ghép nối với các màn hình chỉ thị giúp cho việc điều khiển và cảnh báo được trực quan... Hệ thống đầu đo có độ nhạy cao bằng việc sử dụng detector nhấp nháy NaI, sử dụng ống đếm GM để đo dải liều cao cho việc cảnh báo các sự cố hạt nhân. Hệ phân tích nhiều kênh MCA sẽ chuyển các thông tin cần thiết thu thập được từ các thiết bị thu nhận dữ liệu chuyên dụng (ví dụ: các đầu dò, hệ thống thu thập mẫu khí...) sang cho bộ xử lý trung tâm của thiết bị, để thiết bị có những thông số cần thiết cho việc hiển thị và gửi về trung tâm điều hành. Màn hình hiển thị LCD: hiển thị các thông số hoạt động của thiết bị, tình trạng của thiết bị, giao tiếp với người dùng bằng màn hình cảm ứng. Người dùng qua màn hình cảm ứng điều khiển được thiết bị theo các yêu cầu cụ thể, có thể thiết lập các thông số hoạt động tự động của thiết bị. Màn hình hiển thị cũng giúp cảnh báo trong một số trường hợp khẩn cấp. Bộ phận lưu trữ thông tin các dữ liệu thu thập được và đã qua xử lý: bộ phận lưu trữ sẽ lưu giữ các dữ liệu của thiết bị thu thập được trong khoảng thời gian quy định phục vụ cho việc hiển thị số liệu tại chính thiết bị, lưu trữ số liệu trong trường hợp mất kết nối với Trung tâm điều hành và sẽ tiến hành gửi lại các số liệu này khi kết nối với Trung tâm được thiết lập lại. Bộ phận này

cũng có vai trò quan trọng trong việc cập nhật thông số, nâng cấp phần mềm hệ thống cho thiết bị từ Trung tâm điều hành. Hệ thống cảnh báo sẽ được kết nối với các công cụ cảnh báo khác nhau (ví dụ: loa, đèn báo...) giúp người sử dụng có thể nhận biết dễ dàng tình trạng hiện tại của thiết bị hoặc môi trường mà thiết bị đang theo dõi. Hiện tại chúng tôi đang sử dụng hệ thống đèn LED ma trận cho việc cảnh báo phóng xạ môi trường. Với việc sử dụng bảng LED ma trận này sẽ giúp cho việc cảnh báo trực quan, các thông số hiển thị rõ ràng, có thể nhận biết từ xa... Phần kết nối thiết bị với Trung tâm điều hành, dựa trên sự phát triển mạnh mẽ của cơ sở hạ tầng mạng internet cũng như mạng viễn thông, thiết bị sẽ được thiết kế để có thể tận dụng một cách tốt nhất các cơ sở hạ tầng này. Thiết bị sẽ được tích hợp cả hai phương án kết nối là sử dụng đường truyền internet tốc độ cao (ADSL, cáp quang...) và sử dụng kết nối với mạng viễn thông 2,5G/3G.

Thiết kế phần mềm thiết bị

Phần mềm của thiết bị được phát triển bằng nhiều ngôn ngữ khác nhau như C, Bash scripting và QT trên nền tảng của hệ điều hành nhúng Linux. Hệ điều hành nhúng Linux là hệ điều hành mã nguồn mở đã được tùy biến sử dụng thích hợp với vi xử lý ARM. Với hệ điều hành nhúng Linux ta có thể có những lựa chọn thích hợp về các trình điều khiển khác nhau cho các thiết bị, đồng thời cũng dễ dàng hơn trong quá trình phát triển các trình điều khiển riêng cho các thiết bị đặc thù của hệ thống phù hợp với mục đích của bài toán đặt ra.

Kết quả thử nghiệm

Sau thời gian nghiên cứu và phát triển, hiện tại thiết bị đang được lắp đặt thử nghiệm tại Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội và đã thể hiện được những tính năng ưu việt bao gồm: tự động ghi nhận các bức xạ môi trường xung quanh để tính toán ra được các thông số môi trường với dải liều thấp (từ 0,01 $\mu\text{Sv/h}$ đến 20 $\mu\text{Sv/h}$), với các trường hợp có sự cố hạt nhân thiết bị sẽ ghi nhận với dải liều cao từ 20 $\mu\text{Sv/h}$ đến 50 $\mu\text{Sv/h}$; khoảng năng lượng bức xạ ghi nhận của thiết bị là từ 50 keV đến 3 MeV; thiết bị tự động nhận diện được một số đồng vị bức xạ; thiết bị tự động gửi thông số môi trường về Trung tâm bằng tin nhắn SMS, lưu trữ và gửi các dữ liệu ghi nhận liên tục về Trung tâm theo yêu cầu; thiết bị tự động cập nhật chương trình theo yêu cầu từ Trung tâm; thiết bị có khả năng tự chẩn đoán lỗi thông thường và gửi các dữ

liệu chẩn đoán này về Trung tâm, đồng thời gửi email cho người quản lý trong trường hợp cần thiết.

Kết luận

Thiết bị vi xử lý ARM được thiết kế, chế tạo đã thể hiện được những tính năng kỹ thuật ưu việt của mình. Quá trình ghép nối các thiết bị ngoại vi với ARM được thực hiện dễ dàng, việc xây dựng và phát triển các giao thức ghép nối cũng thuận tiện. Việc ghép nối song song trực tiếp từ bộ phân tích đa kênh với vi xử lý ARM đã giúp tăng được tốc độ truyền tải và an toàn dữ liệu, sử dụng các cổng GPIO cho ghép nối với các sensor (như sensor nhiệt, độ ẩm...), ghép nối USB với khối GSM. Với cấu trúc các câu lệnh 32 bit, việc thực thi cũng nhanh hơn và hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu khắt khe về mặt thời gian xử lý của các ADC sử dụng trong các thiết bị hạt nhân. Với khả năng tiết kiệm năng lượng vượt trội của mình, vi xử lý ARM giúp thiết bị có thời gian sử dụng pin lâu hơn, điều đó nâng cao khả năng ứng dụng của thiết bị ở những môi trường, địa điểm khó khăn, vùng xa, đi lại khó khăn.

Với những công nghệ tiên tiến và cách tiếp cận hiện đại, vi xử lý ARM ngày càng chứng tỏ được vai trò mạnh mẽ, hiệu quả cũng như kinh tế trong việc phát triển các thiết bị ứng dụng trong các lĩnh vực khác nhau. Việc ứng dụng vi xử lý ARM vào chế tạo thiết bị quan trắc và cảnh báo môi trường phóng xạ của đề tài KC05.16/11-15 đã giúp cho thiết bị có các tính năng mạnh mẽ và hiện đại, phù hợp với xu thế phát triển chung của các thiết bị nhúng. Hiện tại, thiết bị đã được chạy thử nghiệm cho thấy đáp ứng được hết các bài toán thiết kế ban đầu đặt ra. Trong thời gian sắp tới, chúng tôi sẽ lắp đặt thiết bị tại một số địa điểm để chạy thực tế và tiến hành xây dựng trung tâm điều hành, ghép nối nhiều thiết bị, hình thành mạng lưới quan trắc, góp phần vào việc phát triển các hệ quan trắc phục vụ sự phát triển ngành công nghệ hạt nhân của đất nước.

Tài liệu tham khảo

- [1] Steve Furber (2000), ARM System-on-chip Architecture, Addison-Wesley, Great Bristand.
- [2] User's Guide to Mini6410 Linux (2011), FriendlyARM Co., Ltd.
- [3] User's Manual S3C6410 (2008), SAMSUNG Electronics Co., Ltd.

Giải pháp sử dụng truyền thông trong lưới điện thông minh hạ áp của Trạm biến áp Dịch Vọng 22

Nguyễn Nhất Tùng, Phạm Thành Nam, Phạm Văn Hoà*

Khoa Hệ thống điện, Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài 12.9.2014, ngày chuyển phản biện 16.9.2014, ngày nhận phản biện 10.10.2014, ngày chấp nhận đăng 13.10.2014

Bài báo đề cập nội dung đề tài cấp nhà nước về nghiên cứu và xây dựng mô hình chuẩn cho lưới điện phân phối thông minh, có thể áp dụng rộng rãi tại Việt Nam. Lưới điện phân phối thông minh trong phạm vi của đề tài đã được cụ thể hóa ở ba mặt: 1) thiết bị đo lường/điều khiển; 2) hệ thống truyền thông và 3) trung tâm điều khiển với phần mềm và các thuật toán điều khiển thông minh lưới điện. Ở đây, các tác giả tập trung đề cập đến vấn đề truyền thông áp dụng cho lưới điện phân phối theo hướng thông minh. Các yêu cầu của lưới điện Dịch Vọng 22 phát triển theo hướng thông minh được nghiên cứu và đề cập trong phần đầu tiên, từ đó, các hệ thống truyền thông khác nhau được nghiên cứu một cách chi tiết, và cuối cùng áp dụng cho lưới điện được lựa chọn. Các kết quả nghiên cứu này là cơ sở quan trọng phục vụ cho hệ thống truyền thông đạt tiêu chuẩn, ứng dụng cho một lưới điện thông minh ở Việt Nam.

Từ khóa: điều khiển logic lập trình, giao thức điều khiển vận chuyển, hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu, mô hình tham chiếu kết nối mở.

Chỉ số phân loại 2.2

SOLUTIONS TO SMART GRID COMMUNICATION IN LOW VOLTAGE OF THE SUBSTATION DỊCH VONG 22

Summary

The article is part of the national research project on the construction and the development of the standard model for “smart distribution grid” which may be widely used in Vietnam. The smart distribution grid has been concretized through three aspects: 1) measuring device/controller, 2) communication system, and 3) control center with the software and algorithms used for this network. The authors focus on communication applied to electricity distribution networks towards intelligence. In the first part, the requirements of the grid Dịch Vong 22 towards smart development has been studied and discussed. The second part, the different communication systems has been studied in detail and finally applied to the selected grid. All of these results will be an important basis for standard communication systems and applications of smart grid in Vietnam.

Keywords: open interconnection reference model, supervisory control and data acquisition, transmission control protocol, programmable logic controller.

Classification number 2.2

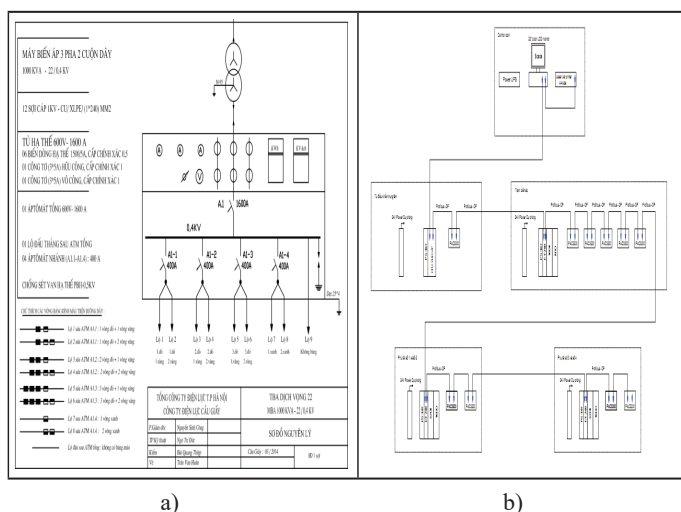
Đặt vấn đề

Các trạm biến áp (TBA) phân phối điện hạ thế tại Việt Nam đều có cấu trúc chung là được cấp điện từ đường dây 22 kV (hay 35 kV, 10 kV) hạ xuống cấp 0,4 kV, với một máy biến áp (MBA) loại ba pha hai cuộn dây. Về mặt thiết bị, phía cao áp của TBA thường chỉ dùng cầu dao phụ tải hay cầu chì; phía hạ áp sử dụng Aptomat (dòng điện định mức 600-1.600 A) và các Aptomat nhánh (dòng định mức 250-400 A) cấp điện cho các lộ đường dây hạ áp. Ngoài ra, TBA hạ thế còn dùng một số biến dòng và đồng hồ đo đếm điện năng, tiếp theo các rẽ nhánh và rẽ nhánh với cấu trúc hình tia tới các hộ tiêu thụ hạ áp (hòm công tơ). Về hệ thống bảo vệ, ở phía cao áp bằng cầu dao phụ tải và cầu chì cao thế, phía hạ áp là các Aptomat đi các lộ đường dây. Các Aptomat này có chức năng bảo vệ cho lưới: tác động cắt có thời gian khi quá tải và cắt tức thời khi ngắn mạch; ngoài ra còn có nút cắt, đóng tức thời thao tác bằng tay, không có điều khiển từ xa.

TBA Dịch Vọng 22 (hình 1a) có cấu trúc và nguyên lý vận hành đơn giản như đã nêu trên. Với MBA công suất 1.000 kVA; phía cao thế

*Tác giả chính: Tel: 0916563848; Email: phamvanhoa@bhiu.edu.vn

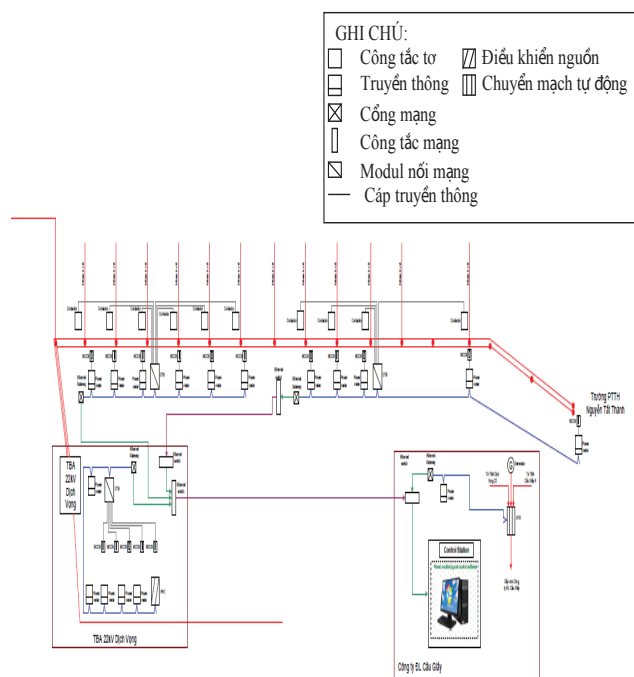
dùng cầu dao phụ tải loại 24 kV-1.000 A- 20 kA/s, cầu chì loại HRC 24 kV; phía hạ áp là Aptomat A1 600V-1.600 A, 4 Aptomat nhánh A1.1, A1.2, A1.3, A1.4 loại 600 V-400 A cấp điện cho 9 lộ đường dây điện 0,4 kV và nhiều rẽ nhánh cấp điện tới khoảng 150 hòm công tơ với gần 500 công tơ các loại. Các Aptomat này có chức năng bảo vệ cho lưới: tác động cắt có thời gian khi quá tải và cắt tức thời khi ngắn mạch; ngoài ra còn có nút cắt, đóng tức thời thao tác bằng tay, không có điều khiển từ xa. Trong 9 lộ đường dây điện có 1 lộ cấp điện cho Công ty Điện lực Cầu Giấy. Tại Công ty Điện lực Cầu Giấy tồn tại cầu dao đảo chiều, thao tác bằng tay, để có thể nhận điện hoặc từ TBA Dịch Vọng 22 hoặc từ TBA Cầu Giấy 8 (nguồn dự phòng là điện lưới).



Hình 1: TBA Dịch Vọng 22 và các khối hệ thống điều khiển

Để TBA hiện hành như Dịch Vọng 22 trở thành thông minh cần 3 yếu tố chính, đó là: 1) cơ sở hạ tầng, bao gồm các thiết bị đóng cắt (Aptomat), công tơ điện năng... phải được trang bị hiện đại có điều khiển từ xa; 2) hệ thống các thiết bị thông tin cùng SCADA; 3) các phần mềm điều khiển. Tất cả các trang bị cùng các phần mềm để lưới điện được điều khiển online, nhằm cung cấp điện tin cậy, sử dụng điện năng hiệu quả và tiết kiệm [1].

Triển khai cụ thể các nội dung “thông minh” cho lưới điện thuộc TBA Dịch Vọng 22 như đã công bố trong [2], có thể tóm tắt thành các khối điều khiển như trên hình 1b hay thể hiện dạng mặt bằng như hình 2.



Hình 2: mặt bằng hệ thống SCADA

Các khối hệ thống điều khiển bao gồm:

- 1) Khối trung tâm điều khiển đặt tại Công ty Điện lực Cầu Giấy để điều khiển từ xa toàn hệ thống.
- 2) Khối điều khiển nguồn cấp cho phụ tải quan trọng: Công ty Điện lực Cầu Giấy (đặt tại Công ty Điện lực Cầu Giấy); khối này có tích hợp nguồn điện Diesel, nguồn điện pin mặt trời.
- 3) Khối điều khiển TBA: giám sát/điều khiển từ xa việc đóng cắt tự động các Aptomat tại TBA Dịch Vọng 22.
- 4) Khối điều khiển phụ tải 1 và 2.
- 5) Khối điều khiển phụ tải 3 và 4.

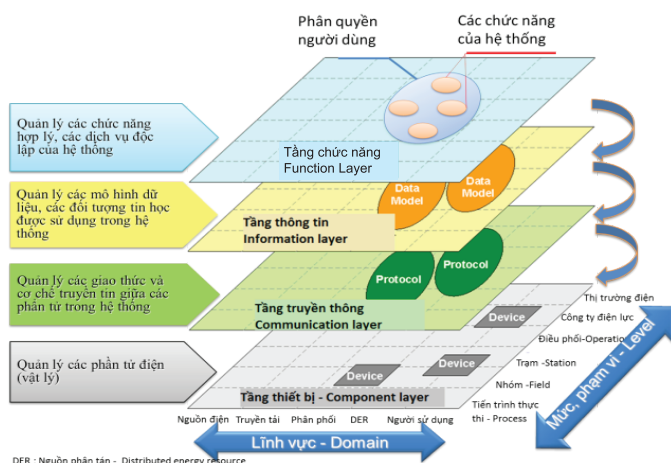
Bài báo phân tích lựa chọn giải pháp sử dụng truyền thông cho lưới phân phối thông minh nói chung, đồng thời thể hiện áp dụng cho lưới thông minh tại TBA Dịch Vọng 22.

Nội dung nghiên cứu

Mô hình lưới điện phân phối thông minh

Nhiệm vụ cơ bản và tiên quyết của đề tài đã thành công ở việc nghiên cứu kiến trúc/mô hình cho lưới điện thông minh, dựa trên sự quản lý kết hợp và phân chia các tầng chức năng từ thấp đến cao (hình 3). Tùy thuộc vào sự phát triển của từng vùng/miền, và tùy thuộc

vào sự đầu tư khác nhau mà lưới điện phân phối có thể được áp dụng đến các mức độ, phạm vi khác nhau [3].



Hình 3: mô hình kiến trúc lưới điện thông minh

Ở tầng đầu tiên của lưới điện theo hướng thông minh (thấp nhất) chính là tầng quản lý vật lý các phần tử điện trên lưới điện, quản lý từng phần tử điện (hay nhóm phần tử điện) riêng biệt. Mức độ thứ hai áp dụng cho lưới điện phân phối theo hướng thông minh chính là sự nâng cấp trong việc quản lý các phần tử trong lưới điện thông qua việc thiết lập các giao thức truyền thông và cơ chế truyền thông giữa các phần tử trên lưới, nghĩa là các phần tử đã được liên kết với nhau và thống nhất điều khiển với nhau. Khi hệ thống đo lường và truyền thông từ xa được thiết lập và thông suốt, tầng thứ 3 (tầng thông tin - information layer) có chức năng thiết lập các cơ sở dữ liệu và xây dựng các phần tử tin học (object information), mô hình hóa tham chiếu cho các thiết bị hay các nhóm thiết bị cần điều khiển và giám sát. Thông qua cơ sở dữ liệu và các mô hình tin học, các thuật toán điều khiển thông minh, các chiến lược điều khiển tối ưu và giám sát từ xa được thực hiện chính xác. Ở tầng cao nhất (tầng chức năng), các chương trình quản lý nhu cầu phụ tải điện kết hợp với các dịch vụ cho phép sự tương tác qua lại hai chiều giữa nhà cung cấp điện và các phụ tải điện sẽ được thực hiện. Ở đây chính là các chức năng quản lý độc lập và các dịch vụ độc lập, cho phép sự tham gia tích cực của hộ dùng điện vào việc quản lý và đem lại hiệu quả sử dụng cho lưới điện phân phối thông minh.

Như phân đặt vấn đề nêu trên, đề tài xây dựng một mô hình mẫu áp dụng đối với TBA hạ thế cùng toàn bộ lưới điện hạ thế của nó theo hướng thông minh, tức chỉ là một phần trong kiến trúc lưới điện thông minh như giới thiệu trên hình 3.

Các yêu cầu của truyền thông đối với lưới điện phân phối thông minh

Với quan điểm xây dựng bộ các yêu cầu cho phù hợp và có tính mở rộng, áp dụng rộng rãi, các tiêu chí cần thiết cho việc xây dựng mạng truyền thông cho lưới điện bao gồm:

- **Tính kinh tế:** tận dụng được các thiết bị đã được trang bị từ trước và xét đến khả năng kết nối với các hệ thống trung tâm cho việc điều khiển từ xa các TBA và lưới điện thuộc trạm đang xét.

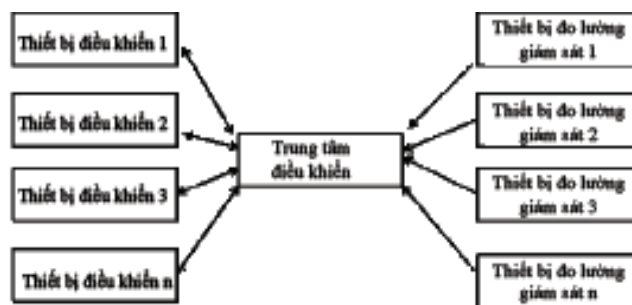
- **Hệ thống mở:** cho phép có các lựa chọn khác nhau trong các phân đoạn, đảm bảo khi triển khai ứng dụng cho các yêu cầu cụ thể một cách linh hoạt trong phạm vi cấu trúc đó. Hệ thống tuân thủ các tiêu chuẩn chính thức, như IEC, ISO, IEEE và không chính thức được sử dụng rộng rãi như DNP, Modbus... và sẵn sàng làm nền tảng cho các ứng dụng SmartGrid trong tương lai.

- **Khả năng bảo dưỡng:** hỗ trợ bảo dưỡng tại chỗ các thành phần mà không cần sự hỗ trợ của nhà cung cấp trong công tác vận hành và bảo dưỡng thường xuyên.

- **Tính bảo mật:** bảo mật thông tin lưu trữ và truyền phát là cực kỳ quan trọng đối với các nhà cung cấp điện, đặc biệt đối với mục đích thanh toán và kiểm soát lưới [4]. Để tránh các cuộc tấn công mạng, cơ chế bảo mật hiệu quả cần được phát triển, đồng thời phải đẩy mạnh những nỗ lực tiêu chuẩn hóa về sự an toàn của lưới điện.

Các giải pháp truyền thông dùng trong lưới điện phân phối thông minh

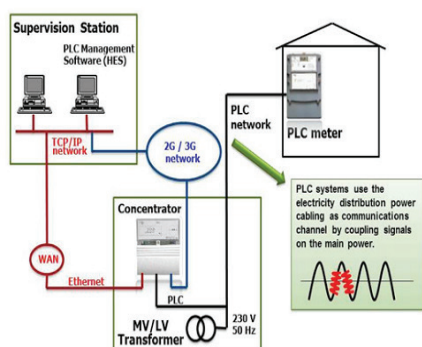
Với các phân tích cụ thể trong trường hợp áp dụng là TBA và lưới điện hạ thế, cấu trúc cho mạng truyền thông được sử dụng có thể hình dung một cách cơ bản bao gồm các thành phần như hình 4: hệ thống nhận và truyền tín hiệu từ bộ điều khiển trung tâm với máy tính chủ, hệ thống truyền tín hiệu từ các thiết bị đo lường, giám sát trên lưới.



Hình 4: sơ đồ cấu trúc liên kết trong mạng truyền thông

Về cơ bản, có hai loại cơ sở hạ tầng thông tin cần thiết cho một hệ thống lưới điện thông minh. Đầu tiên là dòng thông tin từ cảm biến và các thiết bị điện tới thiết bị đo thông minh. Thứ hai là giữa các thiết bị đo thông minh và đường dữ liệu back-haul của công ty điện. Các dòng dữ liệu loại đầu có thể được thực hiện thông qua công nghệ PLC hoặc các công nghệ không dây, như ZigBee, 6LoWPAN, Z-wave... [5, 6]; công nghệ di động hoặc Internet thường được sử dụng cho các luồng thông tin loại thứ hai.

Truyền thông có dây:



Hình 5: mô hình AMR sử dụng công nghệ PLC

Sử dụng tải ba (PLC - Power Line Carrier): hệ thống truyền thông PLC hiện nay thường sử dụng đi kèm với hệ đo đếm từ xa (ARM). Truyền thông PLC sử dụng hệ thống dây dẫn điện có sẵn để truyền dữ liệu theo thời gian thực giữa các khách hàng với một thiết bị thu thập và xử lý dữ liệu trung tâm. Đây là một hệ thống Module linh hoạt, nó chỉ đòi hỏi một sự đầu tư ban đầu rất khiêm tốn, quá trình lắp đặt dễ dàng và nhanh chóng. Thông thường, PLC được dùng để truyền thông tin trên một khoảng cách trung (từ 20-100 km) hoặc khoảng cách dài (100-500 km) [4]. Công nghệ PLC có thể được nhóm lại thành: PLC băng siêu hẹp (UNB-PLC), PLC băng hẹp (NB-PLC), hoặc PLC băng rộng (BB-PLC) [5].

Hiện nay, việc áp dụng loại hình này cho lưới điện hạ thế Việt Nam vẫn còn nhiều trở ngại vì lưới điện hạ thế Việt Nam vẫn còn lạc hậu và chưa tiêu chuẩn hóa. Đặc biệt là cấu trúc lưới điện hạ thế thường nằm trong khu dân cư phức tạp, điều này dẫn đến việc lựa chọn công nghệ PLC cần phải được xem xét kỹ hơn ở phạm vi lâu dài.

Sử dụng cáp truyền thông: sử dụng cáp truyền thông riêng có ưu điểm hơn so với mạng truyền thông trên là đường dây thông tin riêng, không phụ thuộc

vào sự ảnh hưởng của đối tượng cần điều khiển, lưới điện. Với hình thức truyền thông này, các hình thức hay được sử dụng là các mạng Modbus, Profibus hay mạng Ethernet công nghiệp. Tiêu chuẩn truyền thông dùng trong ngành điện thường là tiêu chuẩn IEC61850. Mạng Ethernet công nghiệp thích hợp cho việc tích hợp điều khiển trạm với phạm vi truyền tin khoảng 500 m; mạng Profibus có cự ly truyền tin khoảng 1 km [7]. Về cơ bản, giao thức truyền thông có thể sử dụng kiểu OSI, TCP/IP hay truy nhập Bus.

Truyền thông không dây:

Bên cạnh giải pháp truyền thông có dây (PLC hoặc cáp), các công nghệ truyền thông không dây cũng được sử dụng rộng rãi để truyền dữ liệu giữa công tơ thông minh và trạm giám sát của công ty điện lực. Tuy nhiên, về cơ bản chúng có một số hạn chế như tính chất đường truyền có thể gây ra việc suy yếu tín hiệu, gặp vấn đề về nhiễu giao thoa giữa các tần số.

Truyền thông dùng Internet:

Đối với việc sử dụng đường truyền thông tin bằng Internet, có 2 yêu cầu cơ bản cho việc sử dụng hệ thống truyền thông này, bao gồm: (i) các yêu cầu về thiết bị và tín hiệu; (ii) các hình thức, khả năng kết nối để đảm bảo sự liên kết giữa hệ thống điện thông minh và bên ngoài qua Internet. Các thiết bị trên lưới điện thông minh có thể kết nối với bên ngoài qua Internet trong kỹ thuật, nghiên cứu được gọi là các Internets of Things (IoTs). Các thiết bị IoTs là một mảng rộng lớn, bao gồm tất cả các loại thiết bị thông tin cảm ứng như thiết bị nhận dạng tần số radio (RFID), cảm biến hồng ngoại, hệ thống định vị toàn cầu (GPS), máy quét laser và Internet. Dựa trên Internet và mạng liên kết, nó sử dụng các thiết bị máy tính và hệ thống phần mềm để xử lý thông tin. Chìa khóa kỹ thuật của các IoTs là các mạng lưới cảm biến, công nghệ thông tin liên lạc không dây hoặc có dây qua Internet. Các IoTs mang nhiều ý nghĩa trong việc thu thập, cung cấp và xử lý thông tin trong các ứng dụng khu vực, chẳng hạn như các ứng dụng quân sự, giám sát môi trường, các ứng dụng trung tâm thương mại hoặc con người.

Giải pháp truyền thông cho lưới điện thông minh TBA Dịch Vọng 22

Từ việc phân tích các loại hình truyền thông có thể áp dụng trong lưới điện, áp dụng trong trường hợp lưới điện thuộc TBA Dịch Vọng 22, với cự ly truyền tin hiệu dưới 1.000 m, trong khu đô thị đông dân cư, thì

việc áp dụng một mạng lưới truyền tin sử dụng cáp truyền tin là một giải pháp hữu hiệu. Ở đây, công nghệ truyền cáp hữu tuyến (PLC) không được sử dụng mà sử dụng loại hình truyền tin bằng tải riêng, sử dụng phương thức truyền tin ProfiBus là hợp lý nhất.

Hệ thống truyền thông sử dụng trong lưới thông minh TBA Dịch Vọng 22 bao gồm:

- 1) Sử dụng bộ vi xử lý PLC S7300 để làm bộ phận phân tích/xử lý và gửi tín hiệu điều khiển.
- 2) Sử dụng hệ thống truyền thông Profibus-DP cho sự liên kết giữa các phần tử điều khiển phân tán trên lưới với nhau và với tủ điều khiển trung tâm (tủ trung tâm ở đây sử dụng bộ vi xử lý PLC).
- 3) Riêng mạng truyền thông giữa tủ trung tâm, PLC, với máy tính điều khiển, được thực hiện với chuẩn truyền thông qua mạng MPI.

Như vậy, về cấu hình truyền thông của hệ thống, các thiết bị đo hiện trường, PAC 3200, được kết nối vào mạng Profibus-DP thông qua card kết nối (PAC Profibus-DP) do ba module ET200M đảm nhận, có tác dụng như bộ nhận và phát trung gian giữa các thiết bị trường với bộ điều chỉnh trung tâm PLC S7300. Như vậy, ba module này sẽ được đặt ngay cạnh nhóm các thiết bị trường và kết nối qua Profibus-DP với trung tâm.

Kết luận

Cấu trúc của một hệ thống truyền thông cần được thiết lập ở trên 3 công đoạn: môi trường truyền tin, thiết bị truyền thông và giao thức truyền thông. Đối với phạm vi áp dụng cho lưới điện hạ thế theo hướng thông minh, các phân tích đã cho thấy các kết luận quan trọng như sau:

- 1) Tính khả thi cao của truyền thông sử dụng đường

truyền tin riêng thông qua cáp. Các giải pháp không dây đều có khả năng áp dụng nhưng do địa hình áp dụng, trình độ khoa học và công nghệ còn hạn chế, giá thành cao nên chưa thật sự thích hợp.

- 2) Việc sử dụng giao thức truyền thông Profibus-DP được sử dụng cho trường hợp lưới điện Dịch Vọng 22 do thuận lợi về cự ly đường truyền, dạng tín hiệu yêu cầu và phù hợp với tính kinh tế của nghiên cứu.

- 3) Các thiết bị truyền thông cáp trường được sử dụng là các thiết bị thông thường, bộ vi xử lý PLC S7300 dễ sử dụng và đã được áp dụng nhiều trong công nghiệp.

Tài liệu tham khảo

- [1] Phạm Văn Hoà, Nguyễn Nhật Tùng, Đặng Tiến Trung (2013), "Phân tích cách tiếp cận lưới thông minh", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Năng lượng*, số 6.
- [2] Phạm Văn Hoa, Nguyễn Quang Việt, Nguyễn Nhật Tùng (2013), "Research the structure of the smart distribution transformer station and apply to Dichvong 22 station, Caugiay distric, Hanoi", *The third international scientific conference sustainable energy development*, Hanoi.
- [3] L.T Berger, A Schwager, J.J Escudero-Garzás (2013), "Power Line Communications for Smart Grid Applications", *J. Electr. Comput. Eng.*, vol.2013, pp.1-16.
- [4] Galli A Scaglione and Z Wang (2010), "For the Grid and Through the Grid: The Role of Power Line Communications in the Smart Grid", *ArXiv10101973 Cs Math*.
- [5] Fujitsu Introduces, 802.15.4 ZigBee Wireless Kit: Fujitsu Singapore [online]. Available: <http://www.fujitsu.com/sg/news/pr/fmal;20070528.html>. [accessed: 14-Dec-2013].
- [6] Nguyễn Khắc Hải (2014), "Nghiên cứu công tơ thông minh trong trạm không người trực", *Luận văn cao học*, Trường Đại học Điện lực.
- [7] Q Yang, J.A Barria and T.C Green (2011), "Communication Infrastructures for Distributed Control of Power Distribution Networks", *IEEE Trans. Ind. Inform.*, 7(2), pp.316-327.

Nghiên cứu chế tạo bạc nano trên nền Zeolite bằng phương pháp chiếu xạ ứng dụng làm tác nhân diệt khuẩn trong nhựa

Đặng Văn Phú, Nguyễn Ngọc Duy, Nguyễn Thị Kim Lan, Võ Thị Kim Lăng, Nguyễn Quốc Hiến, Lê Anh Quốc*

Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ
Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam

Ngày nhận bài 2.1.2015, ngày chuyển phản biện 6.1.2015, ngày nhận phản biện 6.2.2015, ngày chấp nhận đăng 12.2.2015

Bằng phương pháp chiếu xạ, bạc nano đã được tổng hợp hiệu quả trên nền zeolite (Agnano/Z). Trước tiên, bạc ion được đưa vào mạng lưới zeolite bằng phản ứng trao đổi ion tạo Ag^+/Z , sau đó chiếu xạ gamma Cobalt-60 trong dung dịch etanol để tạo Agnano/Z. Các nhân tố ảnh hưởng đến quá trình tạo bạc nano như: tỷ lệ giữa Ag^+/Z và dung dịch etanol, liều xạ hấp thụ... đều được nghiên cứu và lựa chọn. Hàm lượng bạc trong Agnano/Z được xác định và các đặc trưng của chúng được phân tích bằng phổ cực tím (UV-vis), phổ nhiễu xạ tia X, ảnh chụp hiển vi điện tử TEM, SEM... Hoạt tính kháng khuẩn của Agnano/Z được nghiên cứu trên vi khuẩn *Escherichia coli* (*E. coli*). Kết quả cho thấy, có đến 98% số tế bào *E. coli* bị tiêu diệt khi lắc 0,5 g Agnano/Z trong 100 ml huyền phù chứa 10^6 tế bào *E. coli*/ml. Ngoài ra, sau khi phối trộn Agnano/Z với nhựa polypropylen (PP), sản phẩm nhựa PP/Agnano/Z có khả năng tiêu diệt hoàn toàn các tế bào *E. coli* trên bề mặt. Với kết quả đó, Agnano/Z cho thấy tiềm năng ứng dụng lớn trong lĩnh vực nhựa kháng khuẩn.

Từ khóa: bạc nano, chiếu xạ gamma, *E. coli*, nhựa kháng khuẩn, zeolite.

Chỉ số phân loại 2.5

Đặt vấn đề

Ngày nay vật liệu nhựa được sử dụng rất rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau, các loại nhựa phổ biến là polypropylen (PP), polyetylen (PE), polystyren (PS), polyvinyl chlorid (PVC)... [1]. Trong số đó, PP là polyme nhiệt dẻo được khai thác rộng rãi nhất vì nó có nhiều ưu điểm: trọng lượng nhẹ, kháng hóa chất, chi phí thấp, dễ gia công và có thể tái sử dụng [2]. Tuy nhiên, cũng như các loại nhựa khác, nhựa PP không có khả năng kháng khuẩn nên vẫn còn hạn chế ứng dụng trong một số lĩnh vực. Có rất nhiều cách để tích hợp đặc tính kháng khuẩn cho nhựa như bổ sung trực tiếp các chất diệt khuẩn bay hơi hoặc không bay hơi vào trong nhựa, phủ các chất diệt khuẩn lên bề mặt nhựa, cố định các chất diệt khuẩn lên nhựa bằng liên kết ion hoặc liên kết hóa trị... [3]. Trong đó, tác nhân diệt khuẩn từ bạc (ở dạng ion hoặc nano) thu hút được nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học do bạc có các đặc tính vượt trội như: khả năng diệt khuẩn mạnh, phổ rộng và đặc biệt là có tính bền nhiệt và hoạt lực kéo dài. Trong lĩnh vực công nghiệp nhựa, bạc ion được sử dụng phổ biến nhất so với các ion kim loại có tính

diệt khuẩn khác như đồng ion và kẽm ion [4]. Nhằm ổn định trong quá trình phối trộn vào trong nhựa, bạc ion thường được gắn trên các chất mang khác nhau, trong đó có zeolite [3, 4]. Có nhiều phương pháp khác nhau để tích hợp khả năng diệt khuẩn của bạc lên chất nền zeolite, phổ biến là: bạc ion Ag^+ được trao đổi vào trong mạng lưới zeolite [5, 6] và bạc nano được tổng hợp trực tiếp trên nền zeolite bằng phương pháp khử hóa học [6-8]...

Trong nghiên cứu này, bạc nano trên nền zeolite 4A (Agnano/Z) được chế tạo bằng phương pháp chiếu xạ tia gamma từ nguồn Co-60, hiệu quả diệt khuẩn *E. coli* của vật liệu và khả năng sử dụng như tác nhân diệt khuẩn trong nhựa PP cũng được nghiên cứu.

Nội dung nghiên cứu

Nguyên liệu và hóa chất

Bạc nitrat (AgNO_3), etanol, acid nitric, zeolite 4A và nhựa PP được sử dụng có xuất xứ từ Trung Quốc. Nước cất cũng được sử dụng trong thí nghiệm. Môi trường nuôi cấy Luria Bertani của Hãng Himedia có

*Tác giả chính: Tel: 0903837049; Email: anhquoc1704@gmail.com

STUDY ON THE FABRICATION OF SILVER NANOPARTICLES IN ZEOLITE FRAMEWORK BY GAMMA IRRADIATION FOR APPLYING AS ANTIBACTERIAL AGENT FOR PLASTICS

Summary

Using the irradiation method, silver nanoparticles have been effectively synthesised into the zeolite framework (Agnano/Z). Firstly, silver ions have been introduced into the porous zeolite framework by ion-exchange reaction for creating Ag^+/Z , then irradiated in ethanol solution by gamma Cobalt-60 for forming Agnano/Z. The conditions of the irradiation process such as: ratio of Ag^+/Z to ethanol solution, irradiation dose... have been also investigated and chosen. The silver content in Agnano/Z has been determined by ICP-AES and characterized by ultraviolet-visible spectroscopy, powder X-ray diffraction, transmission electron microscopy (TEM), scanning electron microscopy (SEM)... The antibacterial activity of the Agnano/Z has been investigated against Gram-negative bacteria *Escherichia coli* by both: quality and quantity tests. The results have shown that Agnano/Z possesses a high antibacterial property, namely the bactericide effect and can kill more than 98% of *E. coli* bacteria for shaking 0.5 g Agnano/Z in 100 ml of *E. coli* suspension containing about 10^6 CFU/ml. After mingling Agnano/Z with polypropylene plastic (PP) for the final silver content of about 100 mg/kg, PP/Agnano/Z has exhibited the ability to eliminate most of the bacteria on its surface. In conclusion, providing and maintaining the vigorously antimicrobial activity in Agnano/Z plastics is promising to be applied in antibacterial plastics.

Keywords: antibacterial plastics, *E. Coli*, gamma irradiation, silver nanoparticles, zeolite.

Classification number 2.5

xuất xứ từ Ấn Độ. Giống vi khuẩn *E. coli* ATCC 6538 được cung cấp bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Tp Hồ Chí Minh và bảo quản tại Phòng thí nghiệm vi sinh (Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ, Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam).

Phương pháp

Chế tạo zeolite có chứa bạc ion (Ag^+/Z):

Ag^+/Z được chế tạo từ bạc nitrat và zeolite 4A bằng phương pháp trao đổi ion theo quy trình của tác giả Đặng Tú Huyền [9], quy trình tóm tắt như sau: 1050 g zeolite 4A được khuấy đều trong 1,3 lít nước cất, trung hòa bằng dung dịch HNO_3 2M đến khi pH = 6. Hỗn hợp này được bổ sung từ từ 17,5 g AgNO_3 và khuấy đều ở nhiệt độ 60°C trong 2 giờ, để lắng qua đêm, thu phần lắng Ag^+/Z . Sau đó, Ag^+/Z được rửa sạch bằng nước cất và sấy khô trong tủ sấy ở 110°C để khô hoàn toàn, cuối cùng thu được bột Ag^+/Z và sử dụng cho các thí nghiệm tiếp theo.

Chế tạo bạc nano trên nền zeolite (Agnano/Z):

Ag^+/Z có hàm lượng bạc ~ 10000 mg/kg được cho vào dung dịch etanol 10% với tỷ lệ Ag^+/Z :etanol là 1:5. Hỗn hợp được chiếu xạ bằng nguồn Co-60 ở các liều xạ hấp thụ khác nhau từ 20-60 kGy, suất liều 3,2 kGy/h tại Viện Nghiên cứu Hạt nhân. Sản phẩm sau khi chiếu xạ được rửa sạch bằng nước cất, sấy khô và đo phổ UV-vis.

Phân tích đặc trưng của bạc nano trên nền zeolite:

Ảnh hưởng của liều xạ đến khả năng hình thành bạc nano trên nền zeolite được đánh giá thông qua kết quả đo phổ UV-vis. Hàm lượng bạc của Agnano/Z được phân tích bằng kỹ thuật ICP-AES. Sự hiện diện của bạc trên zeolite còn được xác định thông qua phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX). Đặc trưng hình dạng và kích thước hạt của Agnano/Z được xác định thông qua kết quả chụp ảnh SEM, TEM.

Chế tạo vật liệu nhựa PP-Agnano/Z diệt khuẩn:

Agnano/Z có hàm lượng bạc ~ 8000 mg/kg (Agnano/Z 8k) được lựa chọn để phối trộn vào nhựa PP. Quá trình phối trộn được thực hiện bằng máy đùn hạt nhựa DSE 20 Brabender Germany tại Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ. Sản phẩm hạt nhựa sau khi đùn có hàm lượng bạc ~ 100

mg/kg (PP-Agnano/Z 100) được ép thành tấm và được đánh giá đặc tính kháng vi khuẩn *E. coli*.

Đánh giá hiệu quả diệt khuẩn:

Vi khuẩn *E. coli* được xem là vi sinh vật chỉ thị cho sự ô nhiễm trong nước và là vi khuẩn mô hình cho các thí nghiệm trên vi khuẩn [10]. Trong nghiên cứu này, *E. coli* ATCC 6538 được lựa chọn là đối tượng thử nghiệm trong các thí nghiệm đánh giá hiệu quả diệt khuẩn.

Khảo sát hoạt tính kháng khuẩn của Agnano/Z: hoạt tính kháng khuẩn của Agnano/Z 8k được khảo sát bởi các phương pháp: định tính và định lượng. Thí nghiệm định tính hiệu quả diệt khuẩn được tiến hành theo phương pháp vòng vô khuẩn: đĩa giấy vô trùng (ϕ 1 cm) được phủ bởi bột Agnano/Z 8k và đặt trên đĩa thạch môi trường LB đã được trải vi khuẩn *E. coli*, ủ qua đêm ở nhiệt độ 37°C và quan sát vòng vô khuẩn. Thí nghiệm tương tự được tiến hành với mẫu zeolite dùng làm đối chứng.

Trong thí nghiệm định lượng hiệu quả diệt khuẩn: 0,5 g zeolite và 0,5 g Agnano/Z 8k được tiếp xúc trực tiếp với 100 ml môi trường LB có nhiễm *E. coli* ($\sim 10^6$ CFU/ml) trong 5 phút và số tế bào *E. coli* sống sót trong môi trường được xác định bằng phương pháp trải đĩa và đếm khuẩn lạc. Ngoài ra, hoạt tính kháng khuẩn của Agnano/Z ở các liều lượng khác nhau cũng được nghiên cứu: lần lượt 0,34 g, 0,5 g và 0,68 g Agnano/Z được cho vào các bình có chứa 100 ml LB nhiễm *E. coli*, lắc trong 5 phút và xác định số vi khuẩn sống sót trong môi trường.

Hiệu suất kháng khuẩn được xác định theo công thức: $\eta(\%) = (N_0 - N) \times 100 / N_0$, trong đó N_0 , N lần lượt là số vi khuẩn *E. coli* trong môi trường trước và sau khi tiếp xúc với mẫu thí nghiệm (CFU/ml) [11].

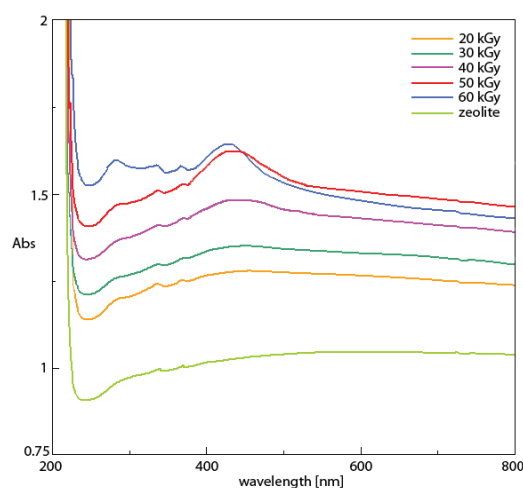
Đánh giá hoạt tính kháng khuẩn của mẫu nhựa PP-Agnano/Z 100: mẫu nhựa được khảo sát hoạt tính kháng khuẩn bằng phương pháp vòng vô khuẩn của nhóm tác giả Đặng Văn Phú và các cộng sự (2013) [12]. Mẫu nhựa PP-Agnano/Z 100 hình tròn, đường kính 1,5 cm, dày 2 mm được tiếp xúc với vi khuẩn *E. coli* (10^7 CFU/ml) và để khô ở nhiệt độ phòng trong điều kiện vô trùng, sau đó đặt lên môi trường thạch LB, ủ qua đêm ở 37°C và quan sát sự xuất hiện của

khuẩn lạc trên mẫu nhựa. Thí nghiệm tương tự được tiến hành với mẫu nhựa PP dùng làm đối chứng.

Kết quả nghiên cứu

Chế tạo bạc nano trên nền zeolite

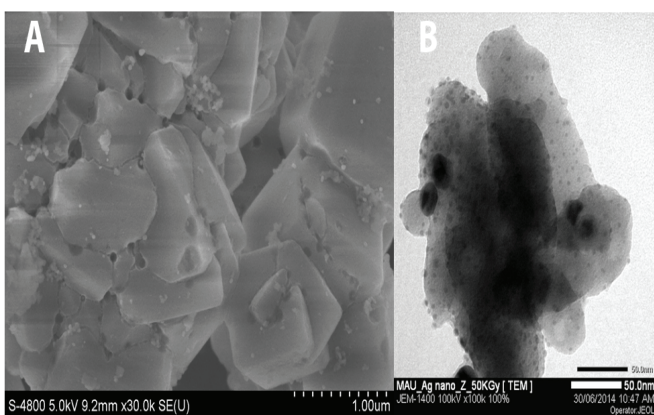
Hình 1 cho thấy, khi chiếu xạ Ag^+/Z với nồng độ $Ag^+ \sim 25$ mM trong dãy liều xạ từ 20-60 kGy, phổ UV-vis sẽ xuất hiện đỉnh hấp thu trong dãy bước sóng tương ứng 455-429 nm, hiện tượng này hoàn toàn không xảy ra ở mẫu Ag^+/Z chưa chiếu xạ. Khi liều xạ hấp thu tăng, cường độ hấp thu tại các đỉnh cũng tăng và tại liều xạ 50 và 60 kGy, cường độ hấp thu của các đỉnh gần như ổn định. Theo các công trình nghiên cứu của Ramnani và các cộng sự (2007), bạc nano sẽ cho đỉnh hấp thu đặc trưng trong khoảng bước sóng 390-450 [13]. Vì vậy, phổ UV-vis trong hình 1 đã chứng tỏ bạc nano đã được tạo thành trên nền zeolite bằng phương pháp chiếu xạ. Thông qua kết quả này, liều xạ hấp thu 50 kGy được lựa chọn để chế tạo bạc nano trên nền zeolite cho các thí nghiệm tiếp theo.



Hình 1: phổ UV-vis của mẫu Ag^+/Z được chiếu xạ ở các liều hấp thu khác nhau

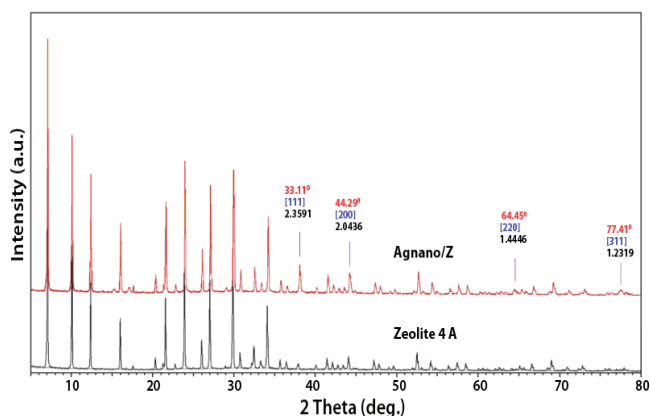
Kết quả phân tích hàm lượng bạc bằng phương pháp ICP-AES cho thấy, mẫu bạc nano Agnano/Z được chế tạo bằng con đường chiếu xạ gamma có hàm lượng bạc ~ 10000 mg/kg.

Ảnh chụp SEM, TEM của mẫu Agnano/Z được thể hiện trong hình 2. Ảnh SEM cho thấy có sự biến đổi cấu trúc bề mặt của zeolite sau khi gắn bạc nano. Từ ảnh TEM, kích thước hạt trung bình của bạc nano trong Agnano/Z được ước lượng trong khoảng 5-30 nm.



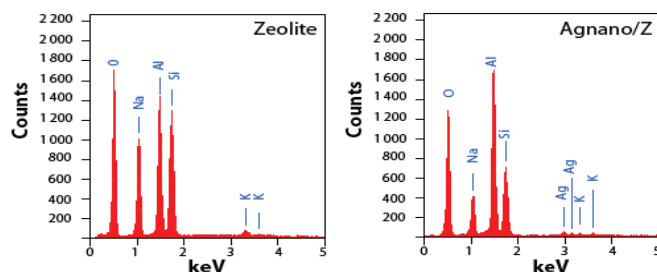
Hình 2: ảnh chụp SEM (A) và TEM (B) của Agnano/Z

Từ phổ XRD trong hình 3, kích thước hạt trung bình của Agnano/Z được tính toán bằng cách sử dụng định luật Debye-Scherrer: $t = 0,9\lambda/B \times \cos\theta$ được trình bày trong nghiên cứu của Jiang và các cộng sự (2007) [14]. Kết quả tính toán cho thấy, kích thước hạt trung bình của bạc nano trên nền zeolite là ~ 27 nm. Điều này phù hợp với kết quả ước lượng kích thước hạt trung bình của bạc nano từ ảnh chụp TEM.



Hình 3: phổ XRD của zeolite và Agnano/Z

Kết quả phân tích phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX) trong hình 4 cho thấy, thành phần cấu tạo của zeolite gồm 4 nguyên tố chính: oxy, natri, nhôm và silic, cùng một lượng nhỏ kali, nhưng hoàn toàn không có dấu vết của bạc. Trong khi đó, phổ EDX của Agnano/Z có xuất hiện đỉnh tại vị trí 3 keV, chứng tỏ có sự hiện diện của bạc trong thành phần cấu tạo của Agnano/Z. Trong nghiên cứu của Klemenčič và các cộng sự (2010) [15] và của Gusseme và các cộng sự (2010) [16], phổ EDX cũng được sử dụng để xác minh sự hiện diện của bạc nano trong các mẫu cellulose và polyvinylidene flouride.

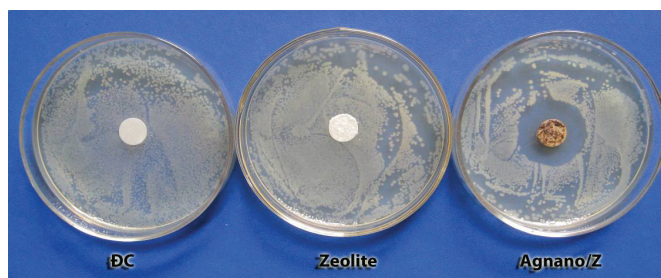


Hình 4: phổ EDX của zeolite và Agnano/Z

Hiệu quả diệt khuẩn

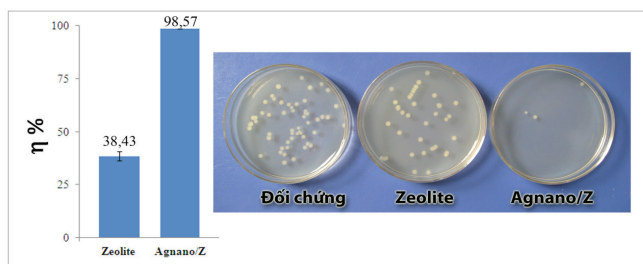
Hoạt tính kháng khuẩn của Agnano/Z:

Kết quả thử nghiệm định tính hoạt tính kháng khuẩn của Agnano/Z thể hiện trong hình 5 cho thấy, chỉ có mẫu Agnano/Z tạo được vòng vô khuẩn, trong khi mẫu đối chứng (ĐC) và mẫu zeolite đều không có. Điều này chứng tỏ Agnano/Z có hoạt tính kháng khuẩn đối với *E. coli* và hoạt tính kháng khuẩn đó là do tác dụng của bạc nano, còn zeolite hoàn toàn không có khả năng diệt khuẩn. Trong nghiên cứu của Shameli và cộng sự (2007), phương pháp vòng vô khuẩn cũng được sử dụng để định tính hiệu quả diệt khuẩn của bạc nano trên nền zeolite [7].

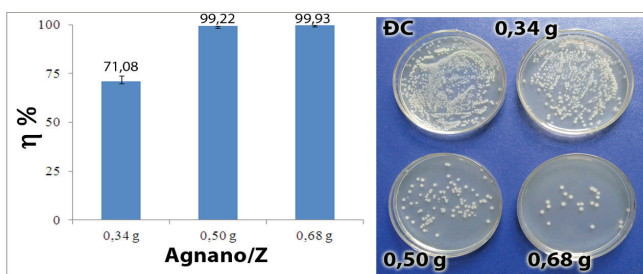


Hình 5: thử nghiệm vòng vô khuẩn của zeolite và Agnano/Z

Kết quả tính hiệu suất diệt khuẩn của Agnano/Z được thể hiện trong hình 6, 7. Kết quả cho thấy, Agnano/Z có hiệu suất diệt khuẩn cao (98,57%) và khi tăng hàm lượng Agnano/Z tiếp xúc với huyền phù *E. coli* (từ 0,34-0,68 g) thì hiệu suất diệt khuẩn cũng tăng (từ 69,64-99,21%). Ngoài ra, khi lắc zeolite với huyền phù *E. coli*, mật độ vi khuẩn sau khi lắc cũng giảm xuống đáng kể (38,43%), nguyên nhân là do zeolite có khả năng hấp phụ mạnh, trong quá trình lắc, các tế bào *E. coli* sẽ bám dính trên nền zeolite, do đó số lượng tế bào *E. coli* pha lỏng của huyền phù sẽ giảm xuống. Hiện tượng này cũng đã xảy ra khi lắc PE vải không với huyền phù *E. coli* trong công trình nghiên cứu của nhóm tác giả Đặng Văn Phú và các cộng sự (2013) [12].



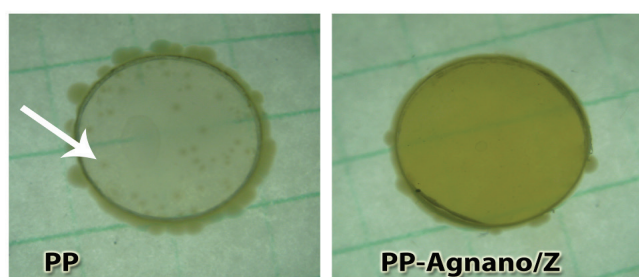
Hình 6: hiệu quả diệt khuẩn *E. coli* của Agnano/Z so với zeolite



Hình 7: hiệu quả diệt khuẩn *E. coli* của Agnano/Z ở các hàm lượng khác nhau

Hoạt tính kháng khuẩn của nhựa PP-Agnano/Z:

Kết quả thử nghiệm hoạt tính kháng khuẩn của nhựa PP-Agnano/Z bằng phương pháp vòng vi khuẩn được thể hiện trong hình 8. Kết quả cho thấy, sau khi tiếp xúc với huyền phù *E. coli*, không có khuẩn lạc nào xuất hiện bám trên bề mặt nhựa PP-Agnano/Z, trong khi trên bề mặt mẫu nhựa đối chứng PP xuất hiện rất nhiều khuẩn lạc. Điều này chứng tỏ, sau khi tiếp xúc với PP-Agnano/Z các tế bào *E. coli* trên bề mặt đã bị tiêu diệt hoàn toàn.



Hình 8: kết quả thử nghiệm vòng vi khuẩn của mẫu nhựa PP và PP-Agnano/Z

Kết luận

Bằng phương pháp chiếu xạ gamma, bạc nano đã được tổng hợp hiệu quả trên nền zeolite có kích thước hạt ~ 27 nm và hiệu suất diệt khuẩn *E. coli* (10^6 CFU/ml) đạt trên 99%. Ngoài ra, sau khi phối trộn vào nhựa PP, hoạt tính của Agnano/Z vẫn được duy trì và có khả năng diệt vi khuẩn *E. coli* hiệu quả. Bạc nano trên nền



zeolite có lợi thế là ở dạng rắn dễ dàng phối trộn vào các loại nhựa nhưng vẫn duy trì hoạt tính kháng khuẩn cao, hứa hẹn có tiềm năng ứng dụng lớn trong việc thay thế các tác nhân diệt khuẩn hiện có trong lĩnh vực công nghiệp nhựa.

Tài liệu tham khảo

- [1] J.J Wu, G.J Lee, Y.S Chen, T.L Hu (2012), "The synthesis of nano-silver/polypropylene plastics for antibacterial application", *Current Applied Physics*, **12**, pp.89-95.
- [2] E.P Moore (1996), "Polypropylene Handbook-Polymerization, Characterization, Properties, Processing, Applications", *Hanser Gardner Publications, Inc.*, Cincinnati.
- [3] C Radheshkumar, H Munstedt (2006), "Antimicrobial polymers from polypropylene/silver composites- Ag^+ release measured by anode stripping voltammetry", *Reactive & Functional Polymers*, **66**, pp.780-788.
- [4] A Jones (2009), "Choosing antimicrobial additives for plastics", *Plastics Additives and Compounding*, **11(4)**, pp.26-28.
- [5] L Ferreira, A.M Fonseca, G Botelho, C.A Aguiar, I.C Neves (2012), "Antimicrobial activity of faujasite zeolites doped with silver", *Microporous and Mesoporous Materials*, **160**, pp.126-132.
- [6] D Jiraroj, S Tungasmita, D.N Tungasmita (2014), "Silver ions and silver nanoparticles in zeolite A composites for antibacterial activity", *Powder Technology*, **264**, pp.418-422.
- [7] K Shameli, M.B Ahmad, M Zargar, W.M.Z.W Yunus, N.A Ibrahim (2011), "Fabrication of silver nanoparticles doped in the zeolite framework and antibacterial activity", *International Journal of Nanomedicine*, **6**, pp.331-341.
- [8] A Nagy, A Harrison, S Sabbani, R.S Munson Jr, P.K Dutta, W.J Waldman (2011), "Silver nanoparticles embedded in zeolite membranes: release of silver ions and mechanism of antibacterial action", *International Journal of Nanomedicine*, **6**, pp.1833-1852.
- [9] Đặng Tú Suyền (2013), "Nghiên cứu chế tạo hỗn hợp PP/

Ag⁺/Zeolite dùng để sản xuất vật liệu PP hỗn hợp kháng khuẩn bằng phương pháp trao đổi ion bạc vào cấu trúc zeolite”, *Luận văn tốt nghiệp Thạc sỹ*, Trường Đại học Bách khoa Tp Hồ Chí Minh.

[10] L.V Yaohui, H Liu, Z Wang, S Liu, L Hao, Y Sang, D Liu, J Wang, R.I Boughton (2009), “Silver nanoparticle-decorated porous ceramic composite for water treatment”, *Journal of Membrane Science*, **331**, pp.50-56.

[11] F Zhang, X Wu, Y Chen, H Lin (2009), “Application of silver nanoparticles to cotton fabric as an antibacterial textile finish”, *Fibers and Polymers*, **10(4)**, pp.496-501.

[12] D.V Phu, L.A Quoc, N.N Duy, N.Q Hien (2013), “Study of incorporation of silver nanoparticles onto PE-g-PAAc nonwoven fabric by g-irradiation for watertreatment”, *Radiation Physics and Chemistry*, **88**, pp.90-94.

[13] S.P Ramnani, J Biswal, S Sabharwal (2007), “Synthesis of silver nanoparticles supported on silica aerogel using gamma radiolysis”, *Radiation Physics and Chemistry*, **76**, pp.1290-1294.

[14] L Jiang, Z Wu, D Wu, W Yang, R Jin (2007), “Controllable embedding of silver nanoparticles on silica nanospheres using poly(acrylic acid) as a soft template”, *Nanotechnology*, **18**, pp.15603-16809.

[15] D Klemenčič, B Simončič, B Tomšič, B Orel (2010), “Biodegradation of silver functionalised cellulose fibres”, *Carbohydrate Polymers*, **80**, pp.426-435.

[16] B.D Gusseme, L Sintubin, L Baert, E Thibo, T Hennebel, G Vermeulen, M Uyttendaele, W Verstraete, N Boon (2010), “Biogenic Silver for Disinfection of Water Contaminated with Viruses”, *Applied and Environmental Microbiology*, **76**, pp.1082- 1087.

Nghiên cứu công nghệ tuyển và chế biến quặng اللي vùng La Vi, tỉnh Quảng Ngãi

Đào Duy Anh*

Viện KH&CN Mỏ - Luyện kim, Bộ Công thương

Ngày nhận bài 19.1.2015, ngày chuyển phản biện 4.2.2015, ngày nhận phản biện 6.3.2015, ngày chấp nhận đăng 2.4.2015

Mỏ khoáng sản اللي (Li) La Vi, tỉnh Quảng Ngãi có trữ lượng khoảng 1,5 triệu tấn quặng, đã được các nhà khoa học của Viện Khoa học và Công nghệ (KH&CN) Mỏ - Luyện kim nghiên cứu thành công quy trình công nghệ tuyển nổi đưa ra quặng tinh Li có hàm lượng $\text{Li}_2\text{O} > 4\%$ và quy trình công nghệ chế biến quặng tinh Li ra các sản phẩm Li_2CO_3 và LiCl có độ sạch $> 99\%$, tương đương các thương phẩm trên thị trường thế giới. Việc phát hiện khoáng sản Li ở tỉnh Quảng Ngãi và các kết quả nghiên cứu công nghệ đạt được đã mở ra tiềm năng phát triển ngành công nghiệp khai thác, chế biến khoáng sản Li tại Việt Nam, cung cấp nguyên liệu cho các ngành công nghiệp công nghệ cao như hàng không, hóa chất, thiết bị lưu trữ năng lượng...

Từ khóa: chế biến quặng اللي Quảng Ngãi, quặng اللي La Vi, tuyển quặng اللي Quảng Ngãi.

Chỉ số phân loại 2.5

RESEARCH ON TECHNOLOGY OF SIFTING AND PROCESSING LITHIUM ORE FROM LA VI, QUANG NGAI PROVINCE

Summary

Lithium (Li) mine in La Vi, Quang Ngai province which has the reserves of about 1.5 million tonnes of ore has been successfully researched by the scientists the National Institute of Mining - Metallurgy Science and Technology to make the technology process to produce the Li ore containing $> 4\%$ Li_2O and the process technology to produce Li ore into Li_2CO_3 and LiCl with the purity $> 99\%$ which have the same quality with the commercial products in the world market. The discovery of Li ore in Quang Ngai province and the positive results obtained by this research have opened the potential for Vietnam to develop the industry of mining, mineral processing and producing Li compounds to provide raw materials for high technology industries such as aerospace, chemical, battery...

Keyword: La vi lithium ore, processing Quang Ngai lithium ore, sifting Quang Ngai lithium ore.

Classification number 2.5

Đặt vấn đề

Li là nguyên tố có nhiều đặc tính quý dù ở trạng thái đơn chất (kim loại) hay hợp chất (Li_2CO_3 , LiCl...). Đây là nguyên liệu có ứng dụng trong nhiều ngành công nghiệp công nghệ cao như hàng không, hóa chất... Các ngành công nghiệp tiêu thụ nhiều Li nhất là gốm sứ, thủy tinh và hợp kim nhôm (50% sản lượng Li toàn cầu), tiếp đến là dầu mỡ bôi trơn (18%), pin-acquy (9%), cao su nhân tạo và dược phẩm (9%) và cuối cùng là các ngành công nghiệp khác (14%). Hợp kim nhôm chứa 1% Li cứng hơn 30%, trọng lượng riêng nhỏ hơn 5% và khả năng chống ăn mòn của vật liệu tăng lên đáng kể so với hợp kim nhôm thông thường không chứa Li. Li có độ dương điện lớn nhất trong tất cả các kim loại với điện thế điện cực tiêu chuẩn là 3,045 V so với 2,71 V của Na hay 0,76 V của Zn. Do đó, nó có thể sinh ra dòng điện tích lớn nhất trên một đơn vị trọng lượng hay thể tích so với bất kỳ kim loại nào, pin Li thương mại có điện thế 3,7 V (cao gấp khoảng 3 lần so với pin Ni). Hơn thế nữa, pin Li còn nhẹ hơn, có tuổi thọ cao hơn và có thể sạc bất kỳ khi nào (ngay cả khi pin chưa phóng hết điện), rất thích hợp với các thiết bị điện cầm tay như điện thoại di động, máy ảnh, máy tính xách tay... Dầu mỡ bôi trơn chứa 5÷10% hỗn hợp xà phòng Li có thể ổn định tính chất cơ, lý trong khoảng nhiệt độ từ -50 đến +200°C.

Trên thế giới, chỉ một số ít nước có nguồn tài

*Tel: 0913212668; Email: anhddao@gmail.com

nguyên quặng Li, đứng đầu là Bolivia, Chile, Achantina, Trung Quốc, Úc... [1]. Li tồn tại chủ yếu trong 2 dạng mỏ là quặng đá và trầm tích muối biển. Các khoáng sàng dạng kết tụ của muối có khả năng khai thác công nghiệp phân bố chủ yếu tại các nước Bolivia, Chile và Achantina; các mỏ quặng đá Li phân bố chủ yếu tại Trung Quốc, Hoa Kỳ, Úc...

Kết quả thăm dò tìm kiếm và đánh giá đã xác định, trữ lượng quặng Li của vùng mỏ La Vi, tỉnh Quảng Ngãi khoảng 1,5 triệu tấn quặng, hay 15000 tấn Li_2O [2], thuộc loại mỏ có trữ lượng quặng ở mức trung bình so với thế giới. Nghiên cứu công nghệ tuyển và chế biến quặng Li vùng La Vi, tỉnh Quảng Ngãi là nhiệm vụ cấp nhà nước mã số 09/HĐ-ĐT.09.12/ĐMCNKK. Nội dung nghiên cứu tập trung xác lập quy trình công nghệ tuyển phù hợp để nâng cao tối đa hàm lượng Li_2O trong quặng tinh, làm nguyên liệu cho nghiên cứu công nghệ điều chế các hợp chất của Li như Li_2CO_3 và LiCl .

Nội dung nghiên cứu

Mẫu nghiên cứu

Mẫu nghiên cứu công nghệ tuyển có khối lượng 10 tấn quặng đại diện cho các thân quặng Li mỏ La Vi, tỉnh Quảng Ngãi do Liên đoàn Địa chất Trung Trung Bộ và Viện KH&CN Mỏ - Luyện kim (VIMLUKI) lập phương án thiết kế và thi công lấy mẫu. Công tác gia công chuẩn bị mẫu cho phân tích thành phần vật chất và nghiên cứu công nghệ tuyển được tiến hành tại Phòng thí nghiệm công nghệ tuyển khoáng thuộc VIMLUKI.

Quặng nguyên khai có thành phần khoáng vật bao gồm: khoáng chứa Li là lepidolit, khoáng đi kèm chính là thạch anh, mica và fenspat. Thành phần hóa học mẫu quặng nguyên khai như trong bảng 1.

Bảng 1: thành phần hóa học quặng Li nguyên khai

Thành phần	Li_2O	TFe	Al_2O_3	SiO_2	CaO	K_2O	Na_2O	Ag (g/t)
Hàm lượng, %	0,98	0,32	18,38	68,40	0,31	3,64	1,95	< 2

Mẫu cho nghiên cứu công nghệ điều chế các hợp chất của Li là quặng tinh Li thu được sau quá trình tuyển với các điều kiện và chế độ công nghệ tuyển tối ưu được xác lập.

Phương pháp, thiết bị nghiên cứu và phân tích

- Sử dụng phương pháp thu thập, phân tích, đánh giá thông tin về tổng quan công nghệ tuyển quặng Li trong và ngoài nước.

- Sử dụng phương pháp nghiên cứu thực nghiệm trong phòng để xác định thành phần vật chất và công nghệ tuyển hợp lý nhằm thu hồi quặng tinh Li.

- Công tác nghiên cứu công nghệ tuyển được thực hiện tại Phòng thí nghiệm công nghệ tuyển khoáng trên các thiết bị như: máy đập hàm, sàng rung, máy nghiền bi, máy khuấy thuốc, máy tuyển nổi (Denver, Mekhanobr).

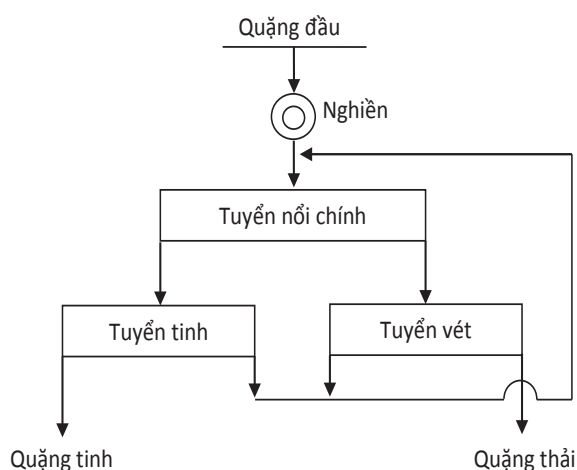
- Nghiên cứu công nghệ điều chế các hợp chất của Li được thực hiện tại Phòng thí nghiệm thủy luyện (VIMLUKI), Phòng thí nghiệm VH2 (Đại học Quốc gia Hà Nội), Phòng thí nghiệm hóa (Trung tâm Phân tích và Thí nghiệm Địa chất - Bộ Tài nguyên và Môi trường) trên các thiết bị: lò nung, máy khuấy điều khiển tốc độ, máy lọc chân không, tủ sấy chân không, hệ thống ổn nhiệt, thiết bị đo pH, máy ly tâm 4000 vòng/phút, cốc thủy tinh có dung tích 1000 ml, 3000 ml, 5000 ml và thùng 30 lít, bao nung.

- Phân tích mẫu phục vụ nghiên cứu công nghệ tuyển, điều chế các hợp chất của Li được thực hiện tại Viện Nghiên cứu Địa chất và Khoáng sản; Khoa Địa chất (Đại học Quốc gia Hà Nội); Trung tâm Phân tích hóa lý (VIMLUKI); Trung tâm Phân tích và Thí nghiệm Địa chất (Bộ Tài nguyên và Môi trường) bằng các phương pháp và thiết bị quang phổ hấp thụ nguyên tử (AAS), quang phổ phát xạ plasma cảm ứng (ICP), nhiễu xạ tia Ronghen (XRD) và kính hiển vi điện tử truyền qua kết nối với hệ thống phân tích nguyên tố bằng năng lượng tán xạ tia X (TEM-EDX).

Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Nghiên cứu công nghệ tuyển quặng Li

Thành phần khoáng chứa Li (lepidolit) và các khoáng đi kèm thuộc nhóm aluminosilicate và silicat có tính chất vật lý tương tự nhau. Do vậy, công nghệ tuyển quặng Li vùng La Vi, tỉnh Quảng Ngãi là công nghệ tuyển nổi tách khoáng mica chứa Li ra khỏi các khoáng đi kèm như thạch anh, fenspat [3-5]. Sơ đồ nguyên lý dự kiến tuyển quặng Li vùng La Vi, tỉnh Quảng Ngãi được trình bày ở hình 1.



Hình 1: sơ đồ nguyên lý tuyển nổi quặng Li vùng La Vi

Như đã nêu trên, thực chất tuyển làm giàu Li là quá trình tuyển nổi tách các khoáng nhóm mica chứa Li ra khỏi thạch anh, fenspat và đất đá đi kèm. Các yếu tố chính ảnh hưởng đến hiệu quả của quá trình tuyển nổi quặng Li gồm: độ hạt quặng đưa tuyển; pH môi trường tuyển; tỷ lệ rắn/lỏng (R/L) của bùn quặng; chi phí và thời gian khuấy tiếp xúc các loại thuốc tuyển; thời gian tuyển nổi. Nghiên cứu công nghệ tuyển đã khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố nêu trên đến hiệu quả tuyển nổi quặng Li theo phương pháp lựa chọn điều kiện cơ sở như: pH=3; tỷ lệ R/L=1/2; chi phí thuốc tập hợp 400 gam/tấn; khuấy tiếp xúc thuốc tập hợp 3 phút; tuyển nổi trong 5 phút, sau đó thay đổi giá trị yếu tố khảo sát trong khi cố định những yếu tố khác. Kết quả thí nghiệm biểu diễn sự tương quan giữa từng yếu tố ảnh hưởng chính đến hiệu suất tuyển (thông qua các chỉ số mức thu hoạch γ , hàm lượng β và tỷ lệ thực thu ϵ).

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố tác động đến hiệu quả tuyển quặng Li đã xác lập được các điều kiện và chế độ tuyển nổi tối ưu cho đối tượng quặng Li vùng La Vi, tỉnh Quảng Ngãi như sau: độ mịn nghiền: 83% cấp -0,074 mm; pH môi trường tuyển: 3-4; tỷ lệ R/L: 1/2, 3; chi phí thuốc đề chìm (thủy tinh lỏng): 300 gam/tấn; chi phí thuốc tập hợp: 500 g/tấn; khuấy tiếp xúc thuốc tập hợp (Flotigam EDA): 3-5 phút; tuyển nổi quặng Li: 5-8 phút, khâu tuyển vớt được bổ sung 100 g/tấn thủy tinh lỏng và 200 g/tấn EDA, khâu tuyển tinh 1 và tuyển tinh 2 bổ sung lần lượt là 200 g/tấn và 100 g/tấn thủy tinh lỏng.

Với các điều kiện và chế độ tuyển tối ưu đã xác lập,

thí nghiệm xác định sơ đồ tuyển đã đưa ra sơ đồ tuyển nổi hợp lý với đối tượng quặng nghiên cứu gồm: một khâu tuyển chính, một khâu tuyển vớt và 2 khâu tuyển tinh. Các điều kiện, chế độ công nghệ và sơ đồ tuyển đã xác lập ở quy mô nhỏ trong phòng thí nghiệm được dùng tuyển với khối lượng mẫu lớn ở quy mô 120 kg/h trên dây chuyền tuyển khép kín từ cấp quặng nguyên đến thu hồi quặng tinh để kiểm tra sự ổn định của quy trình công nghệ. Thí nghiệm thực hiện theo sơ đồ nguyên lý hình 1 với 2 lần tuyển tinh, kết quả được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2: các chỉ tiêu kỹ thuật tuyển quặng Li vùng La Vi

Tên sản phẩm	Thu hoạch, %	Hàm lượng Li_2O , %	Thực thu Li_2O , %
Quặng tinh Li	22,97	4,03	87,61
Quặng thải	77,03	0,17	12,39
Quặng cấp	100,0	1,06	100,0

Kết quả cho thấy, quy trình công nghệ và các điều kiện, chế độ tuyển lựa chọn hoạt động ổn định, sản phẩm quặng tinh Li sau 2 lần tuyển tinh đạt 4,03% Li_2O với mức thực thu Li_2O khâu tuyển khoáng đạt 87,61%.

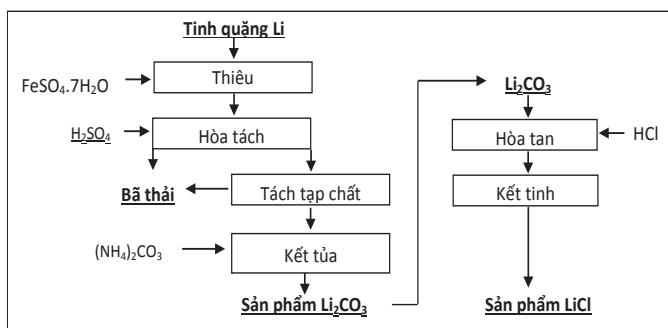
Nghiên cứu công nghệ điều chế các hợp chất của Li

Sơ đồ công nghệ nguyên lý điều chế Li_2CO_3 và LiCl như hình 2. Mẫu nghiên cứu công nghệ điều chế các hợp chất của Li như Li_2CO_3 và LiCl là quặng tinh Li thu được sau quá trình tuyển với sơ đồ tuyển cùng các điều kiện và chế độ công nghệ tuyển tối ưu. Thành phần hóa học mẫu nghiên cứu điều chế Li_2CO_3 và LiCl như trong bảng 3. Các khoáng chính trong mẫu gồm: Lepidolit+Muscovit - $\text{K}(\text{Al},\text{Li})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$, Thạch Anh- SiO_2 , Plagioclas - $(\text{Ca},\text{Na})\text{Al}(\text{Al},\text{Si})\text{Si}_2\text{O}_8$.

Bảng 3: thành phần hóa học quặng tinh Li

Thành phần	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	K_2O	MgO	MnO	P_2O_5	TiO_2	SiO_2	Li	Sc
Hàm lượng (%)	23,38	0,20	0,25	0,05	<0,01	0,50	0,10	0,01	46,76	19500 ppm	<5 ppm

Nghiên cứu công nghệ điều chế Li_2CO_3 và LiCl từ quặng gồm các bước: 1) hòa tách Li từ quặng vào dung dịch; 2) loại bỏ các tạp chất trong dung dịch chứa Li; 3) kết tinh Li_2CO_3 từ dung dịch đã làm sạch chứa Li và điều chế LiCl từ Li_2CO_3 sạch đã thu được.



Hình 2: sơ đồ nguyên lý điều chế Li_2CO_3 và LiCl từ quặng Li ở Việt Nam

Kết quả thí nghiệm đã xác lập được các điều kiện và chế độ tối ưu cho từng khâu như sau:

Quá trình hòa tách Li từ quặng vào dung dịch gồm các bước: thiêu quặng ở 850°C trong thời gian 150 phút, tốc độ tăng nhiệt khi thiêu là $150^\circ\text{C}/\text{h}$, tỷ lệ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /quặng là 10%, cỡ hạt đưa thiêu là 0,074 mm, hòa tách thiêu phẩm trong dung dịch H_2SO_4 nồng độ 70 g/l trong thời gian 150 phút tại 100°C , khuấy 120 vòng/phút.

Điều kiện tách tạp chất ra khỏi dung dịch chứa Li: tách sắt trong dung dịch hòa tách với tác nhân là $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 20%, pH quá trình thủy phân là 6, nhiệt độ quá trình thủy phân: 50°C trong thời gian 90 phút; tốc độ khuấy khi thủy phân: 120 vòng/phút; tách Ca bằng $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, theo tỷ lệ mol $\text{Ca}^{2+}/\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ là 0,94; nồng độ dung dịch $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$: 20 g/l; nhiệt độ phản ứng 40°C ; tốc độ khuấy 120 vòng/phút; thời gian phản ứng kết tủa canxi: 60 phút; tách Mg ở điều kiện nhiệt độ 50°C , tốc độ khuấy 90 vòng/phút, pH ở mức 9, thời gian phản ứng 120 phút.

Điều kiện kết tủa Li_2CO_3 : nồng độ Li trong dung dịch: 13 g/l, tỷ lệ mol $\text{Li}^{2+}/\text{CO}_3^{2-}$ là 2,1, nhiệt độ quá trình kết tủa: 50°C , thời gian phản ứng: 60 phút, tốc độ khuấy: 120 vòng/phút. Sấy sản phẩm Li_2CO_3 kết tinh tại 105°C , trong 240 phút và đảo vật liệu sấy 20 phút/lần.

Điều kiện điều chế LiCl : hòa tan Li_2CO_3 bằng dung dịch HCl 38% ở nhiệt độ 45°C trong 30 phút. Kết tinh $\text{LiCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ở nhiệt độ dung dịch 20°C trong thời gian 50 phút. Sấy sản phẩm $\text{LiCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ kết tinh ở 180°C trong 16 h.

Với những điều kiện và chế độ công nghệ điều chế hợp chất của Li như trên, thí nghiệm đã thu được sản phẩm Li_2CO_3 có hàm lượng 99,05% với mức thực thu đạt 82,97%; sản phẩm LiCl có hàm lượng 99,02% với mức thực thu đạt 85,77%. Thành phần hóa học các sản phẩm Li_2CO_3 và LiCl như trong bảng 4.

Bảng 4: thành phần hóa học của sản phẩm Li_2CO_3 và LiCl

Sản phẩm	Hàm lượng (%)				
	Fe	Mg	Ca	Li_2CO_3	LiCl
Sản phẩm Li_2CO_3	< 0,01	< 0,01	0,02	99,05	-
Sản phẩm LiCl	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	99,02

Kết luận và kiến nghị

Với trữ lượng ước tính khoảng 1,5 triệu tấn quặng, Việt Nam là nước có tiềm năng quặng Li hàng trung bình so với các nước có nguồn tài nguyên này. Ở quy mô phòng thí nghiệm cũng như pilot đã nghiên cứu thành công quy trình công nghệ tuyển quặng Li vùng La Vi, tỉnh Quảng Ngãi, xác lập được các điều kiện và chế độ tuyển nổi tối ưu cho đối tượng quặng này. Quy trình công nghệ tuyển hoạt động ổn định, khẳng định phương pháp tuyển nổi phù hợp và có hiệu quả đối với đối tượng quặng Li vùng La Vi, tỉnh Quảng Ngãi. Quặng tinh Li nhận được có hàm lượng Li_2O là 4,03% với thực thu là 87,61%, chỉ còn khoảng 12% Li có trong quặng nguyên khai bị mất mát theo quặng thải.

Nghiên cứu công nghệ điều chế các hợp chất của Li đã thành công với việc xác lập được quy trình, các điều kiện và chế độ công nghệ phù hợp để điều chế ra các sản phẩm Li_2CO_3 và LiCl có độ sạch > 99%, tương đương các sản phẩm thương mại cùng loại trên thị trường quốc tế. Cần thực hiện các nghiên cứu ở quy mô lớn và chi tiết hơn để đảm bảo tính khả thi khi ứng dụng công nghệ vào sản xuất, cũng như những nghiên cứu ứng dụng các sản phẩm từ Li vào các ngành công nghiệp khác nhau.

Tài liệu tham khảo

- [1] Tahil W (2007), "Implications of future PHEV production for Lithium demand", *Meridian International Research*.
- [2] Mai Kim Vinh và nnk (2003), "Phát hiện khoáng sản thiếc và kim loại hiếm (lithium, beryllium) tại vùng Đồng Rầm - La Vi", *Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Nam*.
- [3] Bulatovic S.M (2007), *Handbook of flotation Reagents*, Elsevier.
- [4] Cho M.S (1961), "Floation test on the lepidolite ore from Ulchin mine", *Kangwondo. Geol. Survey Korea, Tech paper*, **3**, pp.302-303.
- [5] Nguyễn Văn Hạnh và nnk (2009), "Báo cáo kết quả nghiên cứu mẫu kỹ thuật tuyển Li vùng La Vi, tỉnh Quảng Ngãi", *Viện Khoa học Vật liệu*.

Một số kết quả nghiên cứu chế tạo sơn vạch đường polyurea

Đỗ Văn Tài¹, Trần Hải Ninh², Nguyễn Đăng Khoa³
Lê Ngọc Lý⁴, Cao Công Ánh⁴, Nguyễn Thị Bích Thủy^{4*}

¹Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải

²Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

³Viện Khoa học và Công nghệ Xây dựng

⁴Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

Ngày nhận bài 1.10.2014, ngày chuyển phản biện 7.10.2014, ngày nhận phản biện 3.11.2014, ngày chấp nhận đăng 6.11.2014

Vạch sơn kẻ đường là yếu tố góp phần quan trọng vào sự an toàn của người và phương tiện khi tham gia giao thông. Đã có nhiều loại vật liệu kẻ đường mới được áp dụng mà gần đây nhất là loại vật liệu kẻ đường polyurea. Với các tính năng phản quang cao, bền với thời gian, vật liệu kẻ đường polyurea đã được sử dụng rộng rãi ở các sân bay, đường cao tốc tại Mỹ, châu Âu... Bài báo giới thiệu một số kết quả bước đầu nghiên cứu chế tạo vật liệu kẻ đường polyurea với công thức: tỷ lệ nhựa/chất đóng rắn (1,3/1 pkl), hàm lượng bột màu, bột độn chiếm 42% khối lượng, 10% bi phản quang, các phụ gia lưu biến, phụ gia phân tán tạo vật liệu sơn có tính năng vượt trội (độ phản quang > 260 mcd/m²/lux).

Từ khóa: độ phản quang, polyurea, vật liệu kẻ đường.

Chỉ số phân loại 2.5

SOME RESULTS OF THE STUDY AND PRODUCTION OF POLYUREA PAVEMENT MARKING PAINT

Summary

Pavement markings have an important contribution to the safety of people and vehicles on the roads. Many types of pavement marking materials have been used; and recently, the polyurea material has been used as binder in pavement marking paint. This type of paint has high retroreflection and high durability, so it has been widely applied at the airports and highways in America, Europe... This article introduces some initial results of study and production of polyurea pavement marking paint with the formula: binder/hardener ratio(1.3/1 pkl), 42% of pigment and filler, 10% of reflective balls, rheological additive, and dispersive additive to create outstanding features (retroreflection > 260 mcd/m²/lux).

Keywords: pavement marking material, polyurea, retroreflection.

Classification number 2.5

Đặt vấn đề

Vạch chỉ dẫn giao thông phản quang có vai trò quan trọng trong việc hướng dẫn giao thông. Các vạch sơn trên mặt đường bao gồm đường tâm sọc, đường phân chia làn đường, đánh dấu khu vực có chướng ngại vật, nơi dừng, dấu mở rộng đường, đánh dấu đường đi bộ... Yêu cầu của sơn kẻ đường bao gồm độ bền, thời gian khô và các vấn đề liên quan tới môi trường [1, 2].

Hiện nay ở Việt Nam, sơn vạch đường phản quang hệ dung môi trên cơ sở nhựa alkyd hoặc styren acrylic thường được sử dụng trong lĩnh vực giao thông. Hệ sơn này có khả năng chống rửa trôi cao do kỵ nước và thích hợp hơn với các tính chất ứng dụng. Tuy nhiên, sơn tín hiệu phản quang trên cơ sở nhựa alkyd và dung môi không mang lại khả năng quan sát tốt cho người đi đường cả ban ngày và ban đêm so với sơn tín hiệu phản quang trên cơ sở nhựa nhiệt rắn. Sơn alkyd khi bị oxy hóa sẽ bị giòn và dẫn đến không bám dính lên mặt đường cũng như các hạt thủy tinh có trong sơn. Bên cạnh đó, sơn tín hiệu phản quang hệ dung môi còn chứa nhiều chất hữu cơ dễ bay hơi (VOC) không thích hợp cho việc sử dụng, vận chuyển cũng như hủy bỏ.

*Tác giả chính: Tel: 0913037755; Email: thuygiaothong@gmail.com

Sơn vạch đường phản quang trên cơ sở nhựa nhiệt dẻo cũng đang được sử dụng rộng rãi hiện nay cho đường cao tốc, quốc lộ, đường thành phố và sân bay. Tuy nhiên, với đường cao tốc, đường thành phố và đặc biệt với đường sân bay, khả năng chịu mài mòn và phản quang của hệ sơn này còn nhiều vấn đề bất cập, dẫn đến chi phí duy tu sửa chữa thường xuyên khá lớn, không hiệu quả và chưa đảm bảo an toàn giao thông [1, 2].

Sơn vạch đường elastome polyurea hai thành phần là công nghệ mới được ứng dụng trong lĩnh vực giao thông hiện nay. Sơn polyurea có một số đặc điểm giống như sơn polyuretan biến tính hai thành phần, nhưng sơn polyurea thực sự là một công nghệ sơn đặc thù, khác với sơn polyuretan [3].

Sơn polyurea hai thành phần được thi công bằng thiết bị phun chuyên dụng với áp suất cao, thời gian khô rất nhanh, đạt được độ bám dính tối ưu. Đặc điểm khô nhanh được giữ trong khoảng rộng nhiệt độ môi trường xung quanh và không bị ảnh hưởng bởi độ ẩm. Thời gian khô nhanh của loại sơn này dẫn đến thời gian đưa sản phẩm vào sử dụng nhanh chóng hơn. Sơn polyurea tạo ra độ ổn định màu sắc, chịu mài mòn và bám dính với tất cả các bề mặt. Đặc biệt, vạch kẻ đường phản quang polyurea có độ phản quang cao và duy trì theo thời gian. Vật liệu polyurea được khẳng định là có tuổi thọ tới 5 năm [4, 5].

Mặc dù đã xuất hiện ở nhiều nơi trên thế giới, nhưng sơn polyurea vẫn chưa được ứng dụng rộng ở Việt Nam, đặc biệt trong lĩnh vực giao thông vận tải. Trong nghiên cứu này, với mục đích làm chủ công nghệ và bước đầu tìm kiếm ứng dụng sơn polyurea trong điều kiện nước ta, vật liệu kẻ đường trên cơ sở elastome loại polyurea đã được nghiên cứu lựa chọn các thành phần cơ bản như: tỷ lệ chất đóng rắn, hàm lượng chất độn, phụ gia phân tán, phụ gia lưu biến, hàm lượng bi thủy tinh...

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu nghiên cứu: chất tạo màng là loại nhựa NDT1 - Desmophen của Hãng Bayer (chỉ số axit: 190 mg KOH/g, độ nhớt ở 25°C: 1000 mPa.s, khối lượng riêng ở 20°C: 1,06 g/ml); chất đóng rắn Desmodur VP LS 2371 polyizocyanat/Bayer (Đức); bột màu titan oxit, bột vàng hữu cơ, bột độn canxi cacbonat và bột talc của Trung Quốc; phụ gia phân tán gồm: phụ gia phân tán DP-1 của Hãng BYK (dung dịch

của copolyme với các nhóm axit, chỉ số axit: 53 mg KOH/g, khối lượng riêng: 1,03 g/ml, hàm lượng chất không bay hơi: 52%), phụ gia phân tán DP-2 của Hãng Cognis (muối trung hòa của axit polycarbonic với polyamin, khối lượng riêng: 0,88-0,90 g/cm³, chỉ số axit: 50 mg KOH/g); phụ gia lưu biến gồm: phụ gia lưu biến FS-1 (hợp chất silica có bề mặt ưa nước của Hãng Aerosil, bề mặt riêng: 200 m²/g, kích thước hạt trung bình: 12 nm, hàm lượng SiO₂: 99%), phụ gia lưu biến FS-2 của Hãng Elements (dẫn xuất hữu cơ của hectorit clay, dạng bột mịn, khối lượng riêng: 1,8 g/cm³); bi thủy tinh của Hãng DPI loại I theo tiêu chuẩn AASHTO M247.

Phương pháp nghiên cứu: xác định tính chất của sơn theo các chỉ tiêu: độ nhớt KU, độ mịn, độ phát sáng, độ bền va đập, độ chịu dầu, độ chịu muối, độ chịu kiềm, độ phản quang, độ mài mòn, độ bám dính theo các phương pháp thử nghiệm quy định trong tiêu chuẩn TCVN 8787:2011.

Kết quả và thảo luận

Khảo sát tỷ lệ nhựa/chất đóng rắn

Qua nghiên cứu tổng quan và các tiêu chuẩn quy định về vật liệu kẻ đường polyurea, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn các thông số kỹ thuật cho sơn vạch đường polyurea như sau [3-5]:

- Sơn có hàm lượng chất rắn là 100%.

- Tỷ lệ pha trộn giữa các thành phần A và thành phần B là 2: 1 tới 3:1 theo đơn vị thể tích.

- Hàm lượng bột màu, bột độn lớn hơn 15%.

Từ đó, tiến hành khảo sát các yếu tố ảnh hưởng tới tính chất của sơn vạch đường polyurea. Sử dụng nhựa amin NDT1 và nhựa izocyanat Desmodur VP LS 2371 để tiến hành chế tạo sơn polyurea. Các thành phần được phối trộn theo công thức ở bảng 1.

Bảng 1: thành phần sơn polyurea được khảo sát

	% theo khối lượng		
	Mẫu 01	Mẫu 02	Mẫu 03
Thành phần A			
Nhựa amin NDT1	30	37	45
Bột titan oxit	15	15	12
Bột độn	27	20	17
Phụ gia lưu biến FS-1	1	1	1
Phụ gia phân tán DP-1	1	1	1
Thành phần B			
Nhựa Desmodur VP LS 2371	28	28	28

Sau đó, tạo mẫu và tiến hành khảo sát các thuộc tính của sơn bao gồm: thời gian khô (phút), độ mài mòn (g), độ bám dính và độ phản quang. Kết quả được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2: thời gian khô, độ bám dính, mài mòn của màng sơn

Thuộc tính	Thời gian khô (phút)	Độ bám dính (MPa)	Độ mài mòn (g)
Mẫu 01	5	3,5	0,08
Mẫu 02	8	3,0	0,07
Mẫu 03	12	4,0	0,06

Qua kết quả nghiên cứu, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn loại sơn có tỷ lệ nhựa/đóng rắn là 1,3/1 để thực hiện các khảo sát tiếp theo.

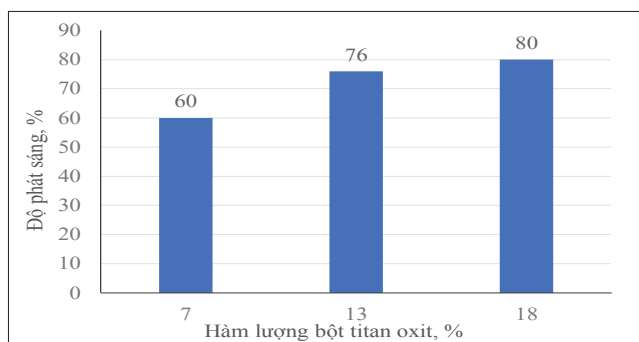
Khảo sát ảnh hưởng của bột màu tới tính chất của sơn

Độ sáng của vạch kẻ đường có ảnh hưởng lớn tới khả năng nhận biết vạch kẻ đường của lái xe. Thông thường, bột màu titan oxit loại rutil được sử dụng với mục đích làm tăng độ sáng của sơn. Với các hợp chất amin NDT1 và chất đóng rắn izocyanat, nhóm nghiên cứu đã tiến hành chế tạo mẫu sơn có hàm lượng bột titan oxit thay đổi: 7, 10, 13% theo khối lượng.

Bảng 3: chế tạo sơn theo các hàm lượng titan oxit khác nhau

	% theo khối lượng		
	Mẫu 01	Mẫu 02	Mẫu 03
Thành phần A			
Nhựa amin NDT1	37	37	37
Bột titan oxit	7	13	18
Bột độn	28	22	17
Phụ gia lưu biến FS-1	1	1	1
Phụ gia phân tán DP-1	1	1	1
Thành phần B			
Nhựa Desmodur VP LS 2371	28	28	28

Sau đó chế tạo mẫu thử và tiến hành đo độ sáng của sơn. Kết quả được thể hiện ở hình 1.



Hình 1: ảnh hưởng của hàm lượng titan oxit tới độ phát sáng của sơn

Kết quả cho thấy, khi tăng hàm lượng titan oxit thì độ sáng của màng sơn tăng lên. Cụ thể, với 7% (theo khối lượng) bột titan, độ sáng của sơn là 60%; tiếp tục tăng lên 13 và 18% (theo khối lượng) thì độ sáng tương ứng là 76 và 80%. Từ đó, lựa chọn hàm lượng titan oxit trong sơn polyurea màu trắng ít nhất là 13% theo khối lượng. Sơn polyurea màu vàng được chế tạo với công thức như sau:

Bảng 4: công thức sơn polyurea màu vàng

	% theo khối lượng
Thành phần A	
Nhựa amin NDT1	37
Bột titan oxit	8
Bột màu vàng	5
Bột độn	22
Phụ gia lưu biến FS-1	1
Phụ gia phân tán DP-1	1
Thành phần B	
Nhựa Desmodur VP LS 2371	28

Kết quả thử nghiệm đo độ phát sáng của vạch sơn thu được là 55% và phù hợp với tiêu chuẩn màu vàng của vạch kẻ đường.

Khảo sát ảnh hưởng của phụ gia tới tính chất của sơn

Khảo sát ảnh hưởng của 2 loại phụ gia phân tán DP-1 và DP-2 tới tính chất của sơn với cùng hàm lượng 1,0% theo khối lượng thu được kết quả như bảng 5.

Bảng 5: ảnh hưởng của phụ gia phân tán tới tính chất của sơn

Chất phân tán	Ngoại quan	Độ mịn (μm)
DP-1	Sơn đồng nhất. Bề mặt sơn bình thường	25
DP-2	Bề mặt sơn xuất hiện một vài vị trí nứt gãy nhỏ	30

Kết quả ở bảng 5 cho thấy, sử dụng chất phân tán DP-1 có tác dụng phân tán bột màu và bột độn tốt hơn so với chất phân tán DP-2.

Khảo sát ảnh hưởng của phụ gia lưu biến FS-1 và FS-2 tới tính chất của sơn với cùng hàm lượng 1,0% theo khối lượng thu được kết quả ở bảng 6.

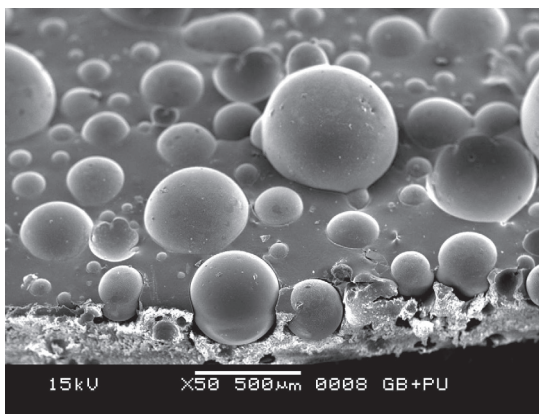
Bảng 6: tính chất của sơn khi sử dụng phụ gia lưu biến

Loại phụ gia	Khả năng chảy	Độ chống lắng
FS-1	Sơn không bị chảy	Sơn không bị lắng
FS-2	Sơn bị chảy	Bị lắng nhẹ
Không sử dụng	Sơn bị chảy	Sơn bị lắng

Kết quả cho thấy, khi sử dụng phụ gia lưu biến FS-1, thành phần hợp chất silica làm tăng độ nhớt của sơn, khi thi công sơn, lớp sơn không bị chảy. Do đó, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn phụ gia lưu biến FS-1 cho sơn.

Khảo sát ảnh hưởng của bi thủy tinh tới độ phản quang của sơn

Để khảo sát ảnh hưởng của bi phản quang đến độ phản quang của màng sơn, chúng tôi đã chế tạo sơn theo các kết quả khảo sát ở trên. Sau đó, tạo màng sơn và rải bi thủy tinh loại I lên vạch sơn theo các hàm lượng khác nhau 5, 10 và 15% so với tổng khối lượng sơn. Hình 2 là kết quả ảnh chụp bề mặt sơn đã phủ bi thủy tinh bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM). Kết quả cho thấy, phần diện tích của bi thủy tinh tiếp xúc với nền sơn phụ thuộc rất lớn vào đường kính của bi thủy tinh. Với bi thủy tinh có đường kính nhỏ hơn 250 μm , bi thủy tinh chìm xuống đến 3/4 đường kính bi. Trong khi đó, với bi thủy tinh có đường kính lớn hơn 500 μm thì chỉ có 1/3 đường kính bi bị chìm vào trong nền sơn. Yêu cầu để bi thủy tinh tạo ra độ phản quang tốt nhất cho sơn và vẫn đảm bảo độ bền liên kết tốt với nền sơn thì phần chìm trong sơn của bi thủy tinh khoảng 2/3. Với những bi thủy tinh có đường kính trong khoảng 250-500 μm là phù hợp yêu cầu này.



Hình 2: ảnh SEM bề mặt sơn phản quang polyurea

Kết quả đo độ phản quang của màng sơn có phủ bi thủy tinh sau khi khô hoàn toàn được thể hiện ở bảng 7.

Bảng 7: ảnh hưởng của hàm lượng bi thủy tinh tới độ phản quang của vạch kẻ đường polyurea

Hàm lượng (% theo khối lượng)	Độ phản quang ($\text{mcd/m}^2/\text{lux}$)
5	175
10	260
15	300

Kết quả cho thấy, khi tăng hàm lượng bi thủy tinh trong sơn thì độ phản quang của vạch kẻ đường polyurea tăng lên và đều lớn hơn 100 $\text{mcd/m}^2/\text{lux}$. Tuy nhiên, để đảm bảo độ phản quang của vạch kẻ đường theo thời gian nên lựa chọn hàm lượng bi rải lên vạch kẻ tối thiểu là 10% theo khối lượng.

Qua quá trình nghiên cứu, chúng tôi xin đưa ra công thức tối ưu cho việc chế tạo sơn vạch đường loại elastome polyurea như bảng 8.

Bảng 8: thành phần sơn kẻ đường polyurea (% khối lượng)

	Sơn màu trắng	Sơn màu vàng
Thành phần A		
Nhựa amin NDT1	37	37
Bột titan oxit	13	8
Bột màu vàng	-	5
Bột độn	22	22
Phụ gia lưu biến FS-1	1	1
Phụ gia phân tán DP-1	1	1
Thành phần B		
Nhựa izocyanat	28	28

Đánh giá chất lượng sơn kẻ đường loại elastome polyurea

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành chế tạo mẫu sơn theo công thức tối ưu, sau đó kiểm tra các tính chất của sơn như: độ nhớt, độ mịn, thời gian khô, độ bám dính... Kết quả được thể hiện ở bảng 9.

Bảng 9: đánh giá chất lượng sơn vạch đường polyurea

	Đơn vị	Yêu cầu	Kết quả
Màu sắc	-	$\geq Y 35$	Y 35
Độ ổn định		≥ 8	8
Độ nhớt	KU	60-80	80
Thời gian khô	phút	≤ 15	≤ 8
Độ phát sáng:			
Sơn trắng	%	≥ 75	≥ 76
Sơn vàng	%	≥ 50	≥ 55
Độ uốn	mm	≤ 12	4
Độ bám dính:			
Nền bê tông xi măng	%	≥ 90	95
Nền bê tông asphalt	%	≥ 80	92
Độ chống loang màu	%	≤ 3	≤ 3
Độ bền va đập	-	Bề mặt nền không bị lộ qua màng sơn	Bề mặt nền không bị lộ qua màng sơn
Độ chịu dầu			
Độ chịu muối			
Độ chịu nước			
Độ chịu kiềm		Màng sơn không bị bong tróc hoặc phồng rộp	Màng sơn không bị bong tróc hoặc phồng rộp

Bên cạnh đó, nhóm nghiên cứu cũng đã tiến hành thi công thử nghiệm tại hiện trường, vạch sơn có độ phản quang đạt trên 260 mcd/m²/lux, độ bám dính trên nền đường bê tông xi măng đạt 3 MPa... Kết quả cho thấy, chất lượng vật liệu sơn đạt, thậm chí là vượt yêu cầu quy định theo TCVN 8787:2011.



Vạch sơn polyurea (màu trắng) thử nghiệm tại Trạm thu phí Quốc lộ 2 (Vĩnh Phúc)

Kết luận

Qua nghiên cứu, chế tạo và thử nghiệm sơn vạch đường polyurea, chúng tôi xin rút ra một số kết luận sau:

- Thành phần thích hợp để chế tạo sơn vạch đường trên cơ sở elastome polyurea gồm: nhựa amin NDT1 37%, bột titan oxit 13% (sơn trắng) và 8% (sơn vàng), bột màu vàng hữu cơ 5%, bột độn 22%, phụ gia phân tán DP-1 1%, phụ gia lưu biến FS-1 1%, nhựa izocyanat 28%, bì thủy tinh rải lên vạch kẻ đường là

10% theo khối lượng sơn.

- Sơn vạch đường phản quang polyurea có thời gian khô nhanh (nhỏ hơn 8 phút); độ bám dính lớn hơn 3 MPa trên nền bê tông; độ phản quang lớn hơn 260 mcd/m²/lux trong điều kiện tiêu chuẩn... phù hợp sử dụng cho sân bay và đường cao tốc tại Việt Nam.

Vật liệu kẻ đường phản quang trên cơ sở polyurea được chế tạo không những đáp ứng được các chỉ tiêu kỹ thuật quy định tại TCVN 8787: 2011 mà còn có nhiều ưu điểm vượt trội, đặc biệt là độ bám dính với mặt đường bê tông (3 MPa, lớn hơn quy định là 1,2 MPa) và độ mềm dẻo cao, giữ được bì thủy tinh nên có độ phản quang bền lâu. Với những ưu điểm của mình, hệ vật liệu kẻ đường phản quang polymer elastome trên cơ sở polyurea sẽ nâng cao được tuổi thọ và khả năng phản quang cao, góp phần trong công tác bảo đảm an toàn giao thông.

Tài liệu tham khảo

- [1] Pavement marking handbook (2004), Texas Department of Transportation.
- [2] US 6790880B2 (2004), Liquid pavement marking compositions, Mark D. Purgett.
- [3] Polyurea Paint marking material study (2006), U.S Department of Transportation.
- [4] EPOPLEX, General Application Specification - Polyurea Pavement Markings.
- [5] <http://news.3m.com/press-release/company/3m-introduces-next-generation-liquid-pavement-marking>.

Nghiên cứu áp dụng phương pháp đo nhanh hàm lượng kim loại nặng trong bụi đường ở Việt Nam bằng thiết bị huỳnh quang tia X cầm tay

Lương Mai Ly¹, Nguyễn Thế Hùng¹, Vũ Văn Anh¹, Phạm Minh Chính², Thái Khánh Phong³, Thái Hà Phi^{4*}

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội

²Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

³Đại học Queensland (Australia)

⁴Trường Đại học Giao thông Vận tải

Ngày nhận bài 28.1.2015, ngày chuyển phản biện 4.2.2015, ngày nhận phản biện 12.3.2015, ngày chấp nhận đăng 26.3.2015

Bài báo trình bày tóm tắt một số kết quả của đề tài Nafosted mã số 105.08-2013.18. Trên cơ sở tìm hiểu các phương pháp xác định kim loại nặng trong bụi đường, các tác giả đã đánh giá và lựa chọn phương pháp đo nhanh hàm lượng kim loại nặng bằng thiết bị huỳnh quang tia X cầm tay để sử dụng trong nghiên cứu ở Việt Nam. Các tác giả cũng công bố các kết quả bước đầu trong việc ứng dụng phương pháp đo nhanh hàm lượng kim loại nặng trong bụi đường bằng thiết bị huỳnh quang tia X cầm tay tại một số địa điểm ở Việt Nam.

Từ khóa: bụi đường, kim loại nặng, phương pháp đo nhanh, thiết bị huỳnh quang tia X cầm tay.

Chỉ số phân loại 2.7

APPLYING THE RAPID MEASUREMENT METHOD FOR HEAVY METALS IN ROAD DUST IN VIETNAM USING PORTABLE XRF DEVICE

Summary

The paper presents some results of the Nafosted's project coded 105.08-2013.18. Based on the review of several methods to identify heavy metals in road dust, the authors have evaluated and selected the rapid method to measure heavy metals using portable X-ray Fluorescent (XRF) device for the purpose of research in Vietnam. They have also provided some preliminary outcome in applying this method for road dust samples collected from several locations in Vietnam.

Keywords: heavy metals, portable X-ray Fluorescent device, rapid method, road dust.

Classification number 2.7

Đặt vấn đề

Quá trình đô thị hóa và công nghiệp hóa ở Việt Nam đã cải thiện đáng kể đời sống người dân nhưng cũng làm tăng tương ứng mức độ ô nhiễm môi trường, trong đó có vấn đề ô nhiễm bụi đường (đặc biệt là ở các thành phố lớn trên cả nước). Bụi đường rất dễ bị khuấy động bởi các hoạt động giao thông để trở thành bụi lơ lửng, từ đó xâm nhập vào cơ thể người qua đường hô hấp hoặc tiêu hóa. Phơi nhiễm bụi đường sẽ dẫn đến những rủi ro về sức khỏe con người không chỉ bởi các tác hại về mặt vật lý (do hạt bụi gây ra cho đường hô hấp) mà bởi cả sự có mặt của các kim loại nặng chứa trong bụi. Bên cạnh đó, bụi đường cũng dễ dàng bị rửa trôi vào hệ thống thoát nước và có thể là nguồn ô nhiễm kim loại nặng đối với nước mặt và nước ngầm. Trên thế giới, đã có nhiều nghiên cứu đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng trong bụi đường tại các nước phát triển như Mỹ, Canada, Italia và Pháp [1-4]. Trung Quốc cũng đã có nhiều nghiên cứu về vấn đề này do ô nhiễm bụi đường đã trở nên nghiêm trọng sau quá trình công nghiệp hóa và đô thị hóa trong vài thập kỷ qua [5-7].

Ở Việt Nam, vấn đề ô nhiễm bụi đường do các hoạt động giao thông gây ra đã được biết đến từ nhiều năm nay. Tại Hội thảo khoa học về “Nâng cao chất lượng

*Tác giả chính: Tel: 0903228964; Email: thaihaphigtvt@gmail.com

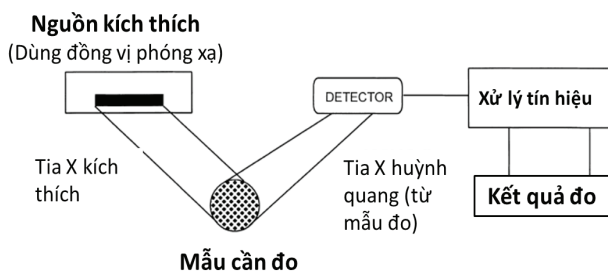
môi trường không khí và giao thông đô thị” được tổ chức tại Hà Nội năm 2012, Hà Nội được đánh giá là thành phố bị ô nhiễm không khí nặng nhất trong các nước Đông Nam Á, với mức độ ô nhiễm bụi ở mức nghiêm trọng. Tình hình ở các thành phố hoặc thị trấn khác cũng không có nhiều khác biệt do tác động mạnh từ quá trình công nghiệp hóa và đô thị hóa diễn ra trên khắp cả nước. Do đó, yêu cầu đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng từ nguồn bụi đường là hết sức cần thiết, nhằm cung cấp thông tin cơ bản cho việc đề xuất những chính sách góp phần giảm thiểu những tác động của ô nhiễm bụi đường ở Việt Nam.

Một trong những nguyên nhân làm hạn chế nghiên cứu về kim loại nặng trong bụi ở Việt Nam là mức chi phí và thời gian cho việc phân tích kim loại nặng trong bụi bằng các phương pháp truyền thống (phương pháp hấp thụ nguyên tử - AAS hay phương pháp plasma khối phổ - ICP-MS). Trong khi đó, một nghiên cứu đã chỉ ra, việc sử dụng thiết bị phân tích huỳnh quang tia X (X Ray Fluorescence - XRF) để phân tích nhanh hàm lượng kim loại nặng sẽ tiết kiệm và hiệu quả hơn nhiều so với các phương pháp thông thường khác [8]. Ở Việt Nam, cũng đã có nghiên cứu sử dụng kỹ thuật XRF với các thiết bị lớn, đặt cố định trong phòng thí nghiệm [9, 10]. Tuy nhiên, cho đến nay không thấy có các thông tin liên quan đến việc sử dụng thiết bị XRF cầm tay trong các nghiên cứu môi trường ở Việt Nam. Mục đích của bài báo này là giới thiệu, đánh giá việc sử dụng thiết bị phân tích huỳnh quang tia X (XRF) trong phân tích nhanh thành phần kim loại nặng của bụi đường, nhằm phục vụ việc nghiên cứu về môi trường kim loại nặng trong môi trường ở Việt Nam trên diện rộng.

Nội dung nghiên cứu

Nguyên lý đo

Nguyên lý đo của một thiết bị XRF được trình bày theo sơ đồ sau:



Sơ đồ nguyên lý đo bằng phương pháp phân tích huỳnh quang tia X

Nguồn kích thích (ống tia X hoặc đồng vị phóng xạ) sẽ chiếu tia X vào mẫu cần phân tích. Chùm tia X kích thích này sẽ làm các nguyên tố cần đo có trong mẫu chuyển sang trạng thái năng lượng cao không bền, tiếp đó phát ra các tia X huỳnh quang (tia X thứ cấp). Chùm tia X huỳnh quang này đặc trưng cho từng nguyên tố và được thu nhận bởi detector có trong thiết bị XRF. Bộ phận xử lý tín hiệu sẽ so sánh chùm tia X huỳnh quang đo được với thư viện phổ huỳnh quang chuẩn để cho ra kết quả cần đo.

Thiết bị XRF

Thiết bị được sử dụng trong nghiên cứu này là thiết bị XRF xách tay Niton XL3t (Hãng Thermo Scientific, Hoa Kỳ) với ống tia X có mức năng lượng 50 kV. Thiết bị này có khả năng phân tích nhanh (không phá hủy) hàm lượng các nguyên tố kim loại trong mẫu bụi/đất bằng cách phóng tia X năng lượng cao vào mẫu, sau đó đo mật độ các tia X thứ cấp đặc trưng cho mỗi loại nguyên tố có trong mẫu đo.

Thiết bị XRF được kiểm tra và hiệu chỉnh theo đúng trình tự quy định trước mỗi lần đo. Tùy theo điều kiện thực tế, thiết bị có thể được cầm tay (trong trường hợp đo tại thực địa - hình 1a) hoặc gắn trên giá đỡ tiêu chuẩn (trong trường hợp đo tại phòng thí nghiệm - hình 1b). Thời gian thực hiện mỗi phép đo là > 60 giây [11].



Hình 1: phân tích mẫu trực tiếp tại hiện trường (a) và tại phòng thí nghiệm (b)

Mẫu chuẩn, mẫu kiểm chứng

Hai mẫu chuẩn (Standard Reference Material) chuyên dùng cho thiết bị XRF được cung cấp bởi Thermo Scientifics (Hoa Kỳ). Hai mẫu kiểm chứng (Certified Standard Material) được cung cấp bởi Hội đồng Nghiên cứu Canada (National Research Council Canada). Mẫu chuẩn và mẫu kiểm chứng đều có bản chất là đất/bụi giống như mẫu kiểm nghiệm và có nồng độ như trong bảng 1.

Bảng 1: nồng độ một số kim loại nặng trong mẫu chuẩn và mẫu kiểm chứng

Ký hiệu mẫu	Nồng độ (ppb hay mg/kg)		
	Chì (Pb)	Asen (As)	Cadimi (Cd)
Mẫu chuẩn Till-4	50	111	Không chứng nhận
Mẫu chuẩn RCRA STD	500	500	500
Mẫu kiểm chứng MESS 3	21,1 ± 0,7	21,2 ± 1,1	0,24 ± 0,01
Mẫu kiểm chứng PACS 2	183 ± 8	26,2 ± 1,5	2,11 ± 0,15

Lấy mẫu thử nghiệm và chuẩn bị mẫu thử nghiệm

Mẫu thử nghiệm là mẫu đất bụi được lấy ven đường tại thành phố Hà Nội. Dụng cụ lấy mẫu được làm bằng vật liệu nhựa để tránh gây nhiễm chéo các kim loại cần phân tích. Sau khi lấy, mẫu được xử lý sơ bộ để loại bỏ các tạp chất như gạch, đá, tơ bụi; sau đó, mẫu được đóng vào túi nilong có khóa zip để bảo quản. Khối lượng tối thiểu của mỗi mẫu phải là 3 g để đảm bảo được độ chính xác của phép đo.

Chuẩn thiết bị XRF và tiến hành đo mẫu

Trước khi tiến hành đo, thiết bị XRF được đặt vào chế độ đo mẫu đất/bụi và được cho tự hiệu chỉnh theo phần mềm đã cài đặt sẵn trong máy (System check). Sau đó, thiết bị được chuẩn bằng bộ mẫu chuẩn (Till-4 và RCRA STD). Nhờ tính chất đo nhanh của thiết bị XRF, người sử dụng có thể biết được độ chính xác và giới hạn đo của thiết bị sau khi tiến hành đo với mẫu chuẩn (60 giây/phép đo). Mẫu kiểm chứng và mẫu thử nghiệm được đo sau khi thiết bị XRF đã được chuẩn. Khi tiến hành đo mẫu thử nghiệm, mẫu phải được đặt sao cho đảm bảo độ dày tối thiểu của khối mẫu tại điểm đo là 1 cm.

Kết quả và bàn luận

Độ ổn định của thiết bị XRF

Thiết bị được tự hiệu chỉnh trước mỗi lần sử dụng để đảm bảo kết quả đo theo tiêu chuẩn của nhà sản xuất. Kết quả đo mẫu chuẩn sau khi tiến hành tự hiệu chỉnh được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2: nồng độ chì, asen và cadimi trong mẫu chuẩn đo bằng thiết bị XRF

Nồng độ trong mẫu chuẩn		Nồng độ đo được bằng thiết bị XRF									Độ lệch chuẩn (%)	Sai số thực (%)
		Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 4	Lần 5	Lần 6	Lần 7	Lần 8	Trung bình		
Pb	50 ppm	46,3	41,7	26,9	38,3	40,2	40,5	38,3	46,3	39,5	14,6	-12,6
	500 ppm	471,9	434,8	486,9	526,7	469,2	467,4	481,7	471,9	474,1	5,6	-5,1
As	111 ppm	105,1	114,8	129,2	123,8	112,1	111,4	117,7	109,3	115,4	6,9	-1,5
	500 ppm	457,1	502,4	429,9	450,1	490,2	478,0	465,7	470,2	467,9	4,9	-6,4
Cd	k.c.*	<GH	<GH	<GH	<GH	<GH	<GH	<GH	<GH	<GH	k.c.*	k.c.*
		492,5	487,7		494,5	530,2	509,7	510,1	504,4	504,1	2,9	0,8

* không có

< GH: nhỏ hơn giới hạn phát hiện

Kết quả cho thấy, thiết bị XRF có độ ổn định (độ lặp lại) giữa các phép đo cao với độ lệch chuẩn tương đối có giá trị trung bình < 10%, trừ trường hợp các phép đo chì ở nồng độ thấp (14,6%). Cũng dễ nhận thấy là, các phép đo ở nồng độ chuẩn cao sẽ có độ ổn định cao hơn các phép đo ở nồng độ thấp. Trong các nguyên tố được nghiên cứu thì phép đo chì có độ ổn định thấp nhất, tiếp theo là asen và cadimi. Với độ lệch chuẩn tương đối có giá trị < 15%, các phân tích của thiết bị XRF này hoàn toàn thỏa mãn yêu cầu về đảm bảo chất lượng phép đo (QA/QC). Độ chính xác của phép đo (accuracy) cũng đạt yêu cầu về đảm bảo chất lượng với sai số trung bình tối đa là 12,6% (cho phép đo của chì). Phép đo cadimi ở nồng độ 500 ppm là có độ chính xác cao nhất (sai số 0,8%). Tuy nhiên, cũng cần lưu ý là ở phép đo chì và asen thiết bị XRF cho sai số hệ thống âm, tức là nồng độ đo thiết bị đo được có giá trị nhỏ hơn giá trị nồng độ thật có trong mẫu.

Giới hạn phát hiện của thiết bị XRF

Giới hạn phát hiện trong các phân tích bằng thiết bị XRF phụ thuộc vào từng loại nguyên tố cần phân tích và thành phần của mẫu (matric). Giới hạn phát hiện của thiết bị XRF còn phụ thuộc vào thời gian tiến hành phép đo. Thời gian đo càng dài thì giới hạn phát hiện càng thấp. Vì vậy, tuy việc sử dụng thiết bị XRF cho kết quả nhanh hơn các thiết bị phân tích truyền thống như AAS, ICP, nhưng việc kéo dài thời gian đo mẫu để có giới hạn phát hiện thấp cũng có thể ảnh hưởng đến số lượng mẫu có thể phân tích trong một khoảng thời gian nhất định.

Bảng 3: giới hạn phát hiện chì, asen và cadimi (mg/kg) bằng thiết bị XRF theo thời gian đo theo nghiên cứu của Kalnicky và Singhvi [12]

Nguyên tố	Thời gian đo (giây)					
	15	30	60	120	240	480
Pb	61	41	42	22	12	11
As	94	42	52	30	36	17
Cd	319	242	105	88	93	46

Nồng độ kim loại nặng trong mẫu kiểm chứng và mẫu thực

Kết quả đo mẫu kiểm chứng và mẫu thực được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4: nồng độ chì, asen và cadimi (mg/kg) trong một số mẫu thực

Nguyên tố	Kết quả đo trên mẫu					
	PACS 2	MESS 3	Hà Nội 1	Hà Nội 2	Hà Nội 3	Hà Nội 4
Pb	172,4	< GH	66,9	77,7	24,3	15,3
As	< GH	28,5	< GH	< GH	< GH	< GH
Cd	< GH	< GH	< GH	< GH	< GH	< GH

< GH: nhỏ hơn giới hạn phát hiện

Kết quả cho thấy, ngoài nguyên tố chì thì nồng độ của asen và cadimi trong mẫu kiểm chứng lẫn mẫu thực tế đều thấp (nằm dưới giới hạn phát hiện của thiết bị). Những chỉ tiêu không đo được bằng thiết bị XRF của mẫu kiểm chứng (PACS 2 và MESS 3) đều có nồng độ thực tế rất thấp. Các mẫu thực được lấy xung quanh thành phố Hà Nội để làm minh họa trong nghiên cứu này, kết quả cho thấy, nồng độ của asen và cadimi trong bụi đường tại Hà Nội thấp hơn so với giới hạn phát hiện của thiết bị XRF. Điều đó cho thấy khả năng của thiết bị XRF thích hợp với việc đo nồng độ chì trong bụi đường. Mức nồng độ chì trong các mẫu bụi thực thu được trong nghiên cứu này cũng không quá cao so với các nghiên cứu khác trên thế giới (ví dụ như ở Trung Quốc [6]). Mức nồng độ chì tại một số điểm (HN3, HN4) cũng gần với mức nồng độ có trong đất nông nghiệp tại Hà Nội [13] nên có thể cho rằng, phần lớn nguồn ô nhiễm chì trong bụi đường tại Hà Nội là do đất bụi (như vận chuyển đất cát, xe cộ giao thông) chứ không do các nguồn ô nhiễm khác (như khói bụi từ các khu công nghiệp).

Kết luận

Trong khuôn khổ bài báo, nhóm tác giả đã nghiên cứu các phương pháp xác định kim loại nặng trong bụi đường và đã lựa chọn phương pháp đo nhanh hàm lượng kim loại nặng trong bụi đường ở Việt Nam bằng thiết bị huỳnh quang tia X cầm tay. Thiết bị XRF có khả năng đo được nhanh nồng độ nhiều kim loại nặng cùng lúc nhưng giới hạn phát hiện của thiết bị khá cao. Thiết bị XRF ít có khả năng đo được các thành phần kim loại nặng có nồng độ thấp như asen và cadimi trong bụi đường của Việt Nam nhưng có giới hạn phát hiện tương đối thấp và kết quả đo có độ chính xác cao đối với thành phần chì trong bụi đường nên có thể dùng trong các nghiên cứu khoa học cũng như trong công việc đo đạc, kiểm tra chất lượng môi trường phục

vụ mục đích quản lý ô nhiễm chì.

Lời cảm ơn

Các kết quả nghiên cứu được trình bày trong bài báo này là một phần nội dung của Đề tài “Đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng trong bụi đường và ảnh hưởng của nó đến mức độ phơi nhiễm của người dân”, mã số 105.08-2013.18 do Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia tài trợ. Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Quỹ đã giúp đỡ một cách có hiệu quả trong quá trình thực hiện đề tài.

Tài liệu tham khảo

- [1] Apeagyei E, Bank M.S and Spengler J.D (2011), “Distribution of heavy metals in road dust along an urban-rural gradient in Massachusetts”, *Atmospheric Environment*, **45**(13), pp.2310-2323.
- [2] Manno E, Varrica D and Dongarrar G (2006), “Metal distribution in road dust samples collected in an urban area close to a petrochemical plant at Gela, Sicily”, *Atmospheric Environment*, **40** (30), pp.5929-5941.
- [3] Nazzal Y, Rosen M.A and Al-Rawabdeh A.M (2013), “Assessment of metal pollution in urban road dusts from selected highways of the Greater Toronto Area in Canada”, *Environmental Monitoring and Assessment*, **185**(2), pp.1847-1858.
- [4] Waterlot C, Bidar G, Pelfreene A, Roussel H, Fourrier H and Douay F (2013), “Contamination, Fractionation and Availability of Metals in Urban Soils in the Vicinity of Former Lead and Zinc Smelters, France”, *Pedosphere*, **23**(2), pp.143-159.
- [5] Shi G, Chen Z, Bi C, Wang L, Teng J, Li Y and Xu S (2011), “A comparative study of health risk of potentially toxic metals in urban and suburban road dust in the most populated city of China”, *Atmospheric Environment*, **45**(3), 764-771.
- [6] Wei B and Yang L (2010), “A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China”, *Microchemical Journal*, **94**(2), pp.99-107.
- [7] Zhang J, Deng H, Wang D, Chen Z and Xu S (2013), “Toxic heavy metal contamination and risk assessment of street dust in small towns of Shanghai suburban area, China”, *Environmental Science and Pollution Research*, **20**(1), pp.323-332.
- [8] Higuera P, Oyarzun R, Iraizoz J.M, Lorenzo S, Esbrí J.M and Martínez-Coronado A (2012), “Low-cost geochemical surveys for environmental studies in developing countries: Testing a field portable XRF instrument under quasi-realistic conditions”, *Journal of Geochemical Exploration*, **113**, pp.3-12.
- [9] Brauer H, Wagner A, Boman J and Viet Binh D (2001), “Use of total-reflection X-ray fluorescence in search of a biomonitor for environmental pollution in Vietnam”, *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, **56**(11), pp.2147-2155.
- [10] Wagner A, Pettersson J.B.C. and Boman J (2007), “Elemental concentrations in air, water, and aquatic biota in two rural provinces in northern Vietnam”, *Chemistry and Ecology*, **23**(1), pp.63-72.
- [11] NITON XL3t 600 Analyzer, User’s Guide, Version 6.4, Thermo Scientific.
- [12] Kalnicky D.J and Singhvi R (2001), “Field portable XRF analysis of environmental samples”, *Journal of Hazardous Materials*, **83**(1-2), pp.93-122.
- [13] Tra H.T.L and Egashira K (2001), “Status of heavy metals in agricultural soils of Vietnam”, *Soil Science and Plant Nutrition*, **47**(2), pp.419-422.

Sinh hấp phụ của các ion Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} trong hệ đơn và đa kim loại bởi hạt bùn hiếu khí đã được xử lý

Ning Ping¹, Nguyễn Đình Trung^{2*}

¹Học viện Công nghiệp và Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Bách khoa Côn Minh, Trung Quốc

²Viện Nghiên cứu Môi trường, Trường Đại học Đà Lạt

Ngày nhận bài 4.2.2015, ngày chuyển phản biện 10.2.2015, ngày nhận phản biện 19.3.2015, ngày chấp nhận đăng 23.3.2015

Hạt bùn hiếu khí (aerobic granule sludge) được nghiên cứu làm chất hấp phụ kim loại nặng, hạt bùn này sau khi được xử lý với ion canxi tạo ra dạng Ca-biomass, được dùng như tác nhân hấp phụ các ion chì, đồng và cadimi. Kết quả nghiên cứu, đánh giá khả năng hấp phụ của Ca-biomass trong cả hai hệ là đơn và đa ion kim loại cho thấy, Ca-biomass có khả năng loại bỏ các ion Pb^{2+} , Cu^{2+} và Cd^{2+} ra khỏi dung dịch nghiên cứu một cách rất hiệu quả. Khả năng hấp phụ các ion kim loại nặng của Ca-biomass cao gấp 6 lần so với carbon hoạt tính, đặc biệt là Ca-biomass có khả năng hấp phụ rất cao đối với Cd^{2+} .

Trong hệ hỗn hợp nhiều ion kim loại thì có sự cạnh tranh hấp phụ giữa các kim loại. Khả năng hydrat hóa và độ âm điện của các ion có vai trò quan trọng ảnh hưởng đến khả năng cạnh tranh hấp phụ của các ion kim loại lên tác nhân hấp phụ. Trong hệ gồm 3 ion Pb^{2+} , Cu^{2+} và Cd^{2+} thì trật tự cạnh tranh hấp phụ giữa các ion kim loại bởi Ca-biomass tuân theo quy luật $Pb^{2+} > Cu^{2+} > Cd^{2+}$. Khi trong hệ mà sinh khối là chất hấp phụ được sử dụng dư thì quá trình hấp phụ chỉ phụ thuộc vào bản chất của chất hấp phụ. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mô hình Langmuir mô tả quá trình hấp phụ các ion kim loại nặng bởi Ca-biomass tốt hơn mô hình Freundlich. Vậy sản phẩm phụ trong quá trình xử lý nước thải bằng phương pháp hiếu khí là hạt bùn hiếu khí sau khi được xử lý thành dạng Ca-biomass có thể sử dụng như một chất hấp phụ rẻ tiền và là tác nhân xử lý kim loại nặng hiệu quả trong xử lý nước thải công nghiệp.

Từ khóa: aerobic granule, Cd^{2+} , Cu^{2+} , hấp phụ cạnh tranh, Pb^{2+} , sinh hấp phụ.

Chỉ số phân loại 2.7

Mở đầu

Việc áp dụng hạt bùn hiếu khí trong xử lý nước thải với nồng độ ô nhiễm các hợp chất chứa: nitơ, photpho, các chất độc hữu cơ cao là công nghệ đã và đang được áp dụng [1]. Trong vòng vài năm gần đây, có rất nhiều công trình nghiên cứu về loại hạt bùn này được công bố [1-3]. So sánh với bùn hoạt hóa bình thường thì hạt bùn hiếu khí này có nhiều ưu điểm như khả năng lắng nhanh, cấu trúc nhiều lỗ xốp bền vững. Với những đặc tính này cho thấy, đây là một vật liệu có nhiều hứa hẹn cho việc xử lý kim loại nặng trong nước thải chứa nhiều các hợp chất khác nhau. Không giống với kỹ thuật tạo hạt bùn kỵ khí, hạt bùn hiếu khí được nuôi trong thiết bị SBRs (sequencing batch reactors) với thời gian ngắn, nguồn cung cấp dinh dưỡng có thể là glucose, acetate, ethanol, phenol, nước thải nhân tạo và nước thải thật [1]. Trong hệ thống xử lý nước tuần

hoàn SBRs, ngoài việc xử lý được nước thải có nồng độ các chất hữu cơ, vô cơ nồng độ cao thì hạt bùn hiếu khí còn có khả năng hấp phụ kim loại nặng rất tốt, đặc biệt là có thể loại bỏ hoàn toàn các kim loại nặng ra khỏi nước thải.

Ô nhiễm kim loại nặng là vấn đề được quan tâm trên toàn cầu, vì các kim loại nặng không bị phân giải và chúng đặc biệt nguy hại đối với sức khỏe con người cũng như hệ sinh thái [4, 5]. Các ion kim loại Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} được thải vào môi trường nhiều nhất từ các nhà máy sản xuất axit quỳ chì, khai khoáng, nước thải từ các làng nghề đúc đồng, tái chế rác thải công nghiệp... Việc xử lý, tái thu hồi các kim loại này trong nước thải trước khi đưa vào xử lý sinh học là vấn đề được quan tâm trong những năm gần đây.

Những nghiên cứu hiện nay hướng tới dùng các vật liệu là phế phẩm sinh học, hay các vật liệu sinh học

*Tác giả chính: Email: nguyendinhtrungpv@gmail.com

BIOSORPTION OF LEAD(II), COPPER(II) AND CADMIUM(II) IONS IN SINGLE AND MULTI-METAL SYSTEMS BY PRETREATED AEROBIC GRANULE SLUDGE

Summary

Heavy metals are present in nature and industrial wastewater; due to their mobility in natural water ecosystems and toxicity, the presence of heavy metals in surface water and ground water has become a major inorganic contamination problem. Discharge and treatment of industrial wastewater containing heavy metals are important issues in environmental protection, if unrecognized or inappropriately treated, heavy-metal toxicity can result in serious hazards.

The paper describes the study on the biosorption of Lead (II), Copper (II) and Cadmium (II) ions from single component and multi-component systems in the equilibrium system and in batch sorption experiment using pretreated aerobic granular sludge. The results have shown that Ca-biomass has been an efficient biosorbent for the removal of Pb^{2+} , Cu^{2+} and Cd^{2+} ions from an aqueous solution. The single-metal sorption capacity of the aerobic granules for Pb^{2+} has been inhibited by the presence of Cd^{2+} and Cu^{2+} ion; the decreasing affinity of aerobic granular sludge for the three metal ions has been established as: $Pb^{2+} > Cu^{2+} > Cd^{2+}$. Factors such as hydration effect and electronegative charge may contribute to the competitive sorption results. The metal removal capacities of Ca-biomass have been six times higher than those of activated carbon, especially the Cd^{2+} removal capacity. The Langmuir model has been better than the Freundlich model in regard of describing the Pb^{2+} , Cu^{2+} and Cd^{2+} ion biosorption based on raw biomass and Ca-biomass; the maximum capacity Q_{max} determined by the Langmuir model has fitted to the experimental data.

Keywords: *aerobic granule, biosorption, Cd^{2+} , competitive sorption, Cu^{2+} , Pb^{2+} .*

Classification number 2.7

làm chất hấp phụ kim loại nặng trong xử lý nước thải công nghiệp, vì giá thành rẻ, thời gian vận hành ngắn, có thể kết hợp và đồng thời có thể tái sử dụng lại tốt [6-8].

Hấp dung của dạng hạt bùn hiếu khí “đã chết” (dead biomass) thường là thấp hơn khi chúng “còn sống” (viable cells). Tuy nhiên, khi dùng dạng hạt bùn hiếu khí qua xử lý rồi làm chất hấp phụ có ưu điểm là chất hấp phụ này không bị “ngộ độc” bởi nồng độ quá cao của các kim loại có trong nước thải. Chất hấp phụ dạng này có thể được giải hấp, thu hồi các kim loại nặng và tái sử dụng cho quá trình hấp phụ tiếp theo, loại chất hấp phụ này có thể lưu trữ và áp dụng dễ dàng trong quá trình xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng [9]. Theo Yan và Viraraghavan, việc tiền xử lý các hạt bùn hiếu khí cũng có khả năng làm tăng khả năng hấp phụ của cơ chất, do việc xử lý này làm lộ ra các tâm hấp phụ và làm sạch bề mặt của chất hấp phụ, giúp cho quá trình hấp phụ xảy ra nhanh chóng [10].

Nhiều công trình nghiên cứu quá trình hấp phụ kim loại nặng bởi hạt bùn hiếu khí đã được xuất bản, trong số đó có các công trình chỉ nghiên cứu trên đối tượng là hấp dung và động học hấp phụ của hạt bùn hiếu khí đối với hệ đơn ion kim loại [8, 11-13]. Ngoài ra, cũng có một số nghiên cứu về cơ chế hấp phụ [8, 13, 14]. Tác giả Sun và cs [15] đã nghiên cứu quá trình hấp phụ cạnh tranh khi có nhiều ion kim loại. Số lượng các công trình nghiên cứu quá trình hấp phụ của hạt bùn hiếu khí trên hệ hấp phụ là đa kim loại còn giới hạn, tuy nhiên trong thực tế thì nước thải chứa rất nhiều nguyên tố. Vì vậy, đề tài được thực hiện nhằm nghiên cứu hấp dung của hạt bùn hiếu khí đối với 3 ion kim loại (Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+}) trong hệ hấp phụ là đơn nguyên tố, đa nguyên tố và cơ chế trong quá trình hấp phụ cạnh tranh cũng như so sánh khả năng hấp phụ của hạt bùn hiếu khí với những chất hấp phụ khác đã được công bố trong điều kiện hấp phụ tương đồng.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu

Bùn hoạt tính dùng cho nghiên cứu được lấy từ phòng thí nghiệm của Viện Công nghệ Môi trường, Trường Đại học Bách khoa Côn Minh, Trung Quốc. Các hạt bùn hiếu khí này được nuôi dưỡng bằng đường glucose như nguồn cung cấp carbon trong hệ

thống SBRs trong vòng 2 tháng, với tỷ lệ protein/polysaccharide (PN/PS) là 4,5. Hạt bùn hiếu khí sau khi thu được rửa sạch bằng nước cất 3 lần, đem ly tâm ở tốc độ 2.000 vòng/phút, loại bỏ phần nước bên trên, phần cặn còn lại được cho vào chai thủy tinh đầy kín bảo quản ở nhiệt độ 4°C. Đây được coi là sinh khối sống (viable biomass). Sinh khối thô (raw biomass) được điều chế bằng cách sấy khô sinh khối ở nhiệt độ 60°C cho đến khi trọng lượng không đổi, sau đó nghiền mịn bằng máy nghiền bi sứ.

Sinh khối H (H-biomass) được điều chế bằng cách cho sinh khối sống vào 2 lít dung dịch HCl 0,02M ngâm trong 3 giờ, sau đó gạn bỏ lớp axit bên trên, phần còn lại được rửa bằng nước cho đến khi trung tính, sau đó ly tâm, sấy khô ở nhiệt độ 60°C cho đến khi trọng lượng không đổi và nghiền mịn bằng máy nghiền bi sứ.

Sinh khối K (K-biomass) và sinh khối Ca (Ca-Biomass) được điều chế tương tự H-biomass nhưng thay thế HCl 0,02M bằng dung dịch KOH 0,02M hay Ca(OH)₂ 0,01M tương ứng giá trị pH trong dung dịch khoảng 11,5. Dung dịch chuẩn của các ion kim loại (1.000 mg/l) được pha từ các muối Pb(NO₃)₂, Cu(NO₃)₂.3H₂O, Cd(NO₃)₂.5H₂O tương ứng vào nước cất hai lần, hóa chất của Merk.

Dung dịch NaOH 0,1M và HNO₃ 0,1M được dùng để chỉnh pH. Xác định các ion kim loại Pb²⁺, Cu²⁺ và Cd²⁺ bằng máy AAS (Varian Model 240FS, England). Xác định các ion Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ bị hoán đổi trong quá trình hấp phụ bằng máy Inductively Coupled Plasma (ICP) (IRIS Intrepid II XSP, American). Đo pH trên máy Martini Mi 150. Xác định protein và polysaccharide bằng trắc phổ Hach DR 5000. Máy ly tâm Universal 20.000 vòng/phút và các dụng cụ thủy tinh khác.

Phương pháp nghiên cứu

Hệ hấp phụ động đơn nguyên tố (batch biosorption single-metal): thí nghiệm hấp phụ đẳng nhiệt được thực hiện trong bình tam giác có nút mài 500 ml ở nhiệt độ 25°C cho hệ đơn ion kim loại Pb²⁺, Cu²⁺ và Cd²⁺ ở pH = 5 trong suốt quá trình. Cho 0,2 g khô các loại sinh khối cần nghiên cứu vào 200 ml dung dịch chứa các ion kim loại tương ứng, theo dãy nồng độ từ 25-500 mg/l, lắc với tốc độ 120 lần/phút trong 24 giờ, mẫu thử được lấy từ dung dịch ly tâm 7.500 vòng/phút và lọc qua màng

lọc cellulose-acetate 0,45 μm, nồng độ của các ion kim loại nặng được đo bằng AAS. Các ion kim loại bị hoán đổi, thải ra trong quá trình hấp phụ như Ca²⁺, Mg²⁺ và K⁺ cũng được xác định, pH của dung dịch sau khi đạt cân bằng hấp phụ cũng được đo. Lượng ion kim loại nặng bị hấp phụ bởi chất hấp phụ sau khi đạt cân bằng được đo bằng cách hủy mẫu bằng nước cường thủy rồi đo trên AAS.

Hệ hấp phụ động đa nguyên tố (batch biosorption multi-metals): thí nghiệm hấp phụ đa nguyên tố được thiết lập trong hệ gồm các ion Pb²⁺, Cu²⁺ và Cd²⁺ ở pH = 5, nhiệt độ 25°C. Các hệ hấp phụ được thiết lập từng cặp hai nguyên tố và 3 nguyên tố như: Pb²⁺-Cu²⁺, Pb²⁺-Cd²⁺, Cu²⁺-Cd²⁺, Pb²⁺-Cu²⁺-Cd²⁺. Cho 0,2 g khô các sinh khối vào bình tam giác chứa 200 ml dung dịch với nồng độ tương ứng 1 mmol/l cho mỗi kim loại, lắc với tốc độ 120 lần/phút, sau 24 giờ mẫu thử được lấy và xử lý như phần trên. Phân tích các ion kim loại cũng giống như mô tả ở phần hấp phụ động đa nguyên tố.

Lý thuyết hấp phụ:

Phương trình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir như sau:

$$q_e = \frac{Q_{\max} b C_e}{1 + b C_e}$$

Trong đó: $Q_{\max}$ là hấp dung cực đại trong hệ hấp phụ đơn kim loại (mg/g); b là hằng số liên quan đến quá trình hấp phụ; C_e là nồng độ của chất bị hấp phụ trong dung dịch ở trạng thái cân bằng (mg/l).

Phương trình hấp phụ đẳng nhiệt Freundlich như sau:

$$q_e = K C_e^{1/n}$$

Trong đó: K là hằng số cân bằng biểu thị hấp dung; n là hằng số hấp phụ cân bằng.

Kết quả và thảo luận

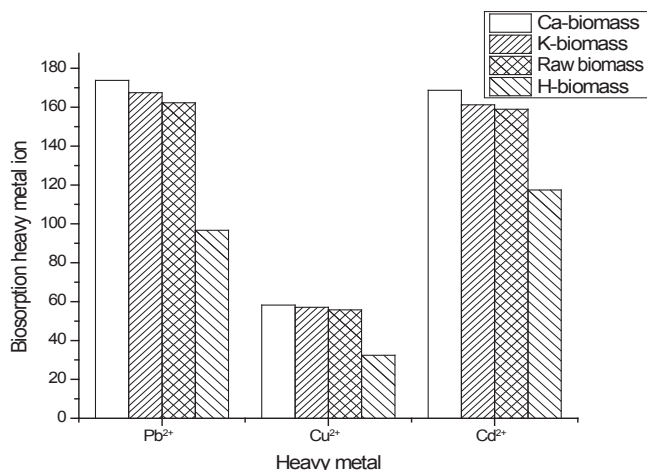
Ảnh hưởng chất hấp phụ khác nhau lên quá trình hấp phụ các ion kim loại

Các nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng, các vật liệu hấp phụ sinh học cũng giống như các nhựa trao đổi ion, chúng có thể điều chế dưới nhiều dạng ion khác nhau như K⁺, Ca²⁺, H⁺... bằng cách xử lý chúng bằng các axit vô cơ, các dung dịch muối hay dung dịch bazơ.

Bảng 1: hấp dung cực đại của các chất hấp phụ khác nhau đối với các ion kim loại

Ion kim loại	Raw biomass	Ca-biomass	K-biomass	H-biomass
Pb ²⁺	162,33	173,72	167,44	96,71
Cu ²⁺	55,77	58,24	57,05	32,44
Cd ²⁺	158,93	168,69	161,23	117,45
Hấp dung mg/g sinh khối khô				

Kết quả nghiên cứu khả năng hấp phụ các ion kim loại nặng đối với các chất hấp phụ khác nhau với hệ hấp phụ là động, đơn nguyên tố. Ca-biomass có hấp dung cực đại là cao nhất đối với 3 ion kim loại nặng được nghiên cứu (hình 1). K-biomass có hấp dung cực đại đối với 3 ion kim loại nghiên cứu không nhiều hơn đáng kể so với dạng sinh khối không xử lý (Raw-biomass). Tuy nhiên, dạng sinh khối xử lý với HCl (H-biomass) có hấp dung cực đại lại thấp hơn nhiều so với dạng chất hấp phụ chưa xử lý.



Hình 1: hấp dung cực đại của các chất hấp phụ khác nhau đối với các ion kim loại

Trong quá trình hấp phụ, đối với chất hấp phụ là K, Ca-biomass giá trị pH không thay đổi trong suốt quá trình. Trường hợp đối với chất hấp phụ là H-biomass thì giá trị pH của dung dịch sau khi đạt cân bằng hấp phụ giảm xuống đến 3, ở giá trị pH này đã làm giảm khả năng hấp phụ của các ion kim loại lên cơ chất nêu trên. Giá trị pH giảm do quá trình hấp phụ theo cơ chế trao đổi ion nên H⁺ bị loại ra trong dung dịch, khi

lượng H⁺ tăng thì giá trị pH giảm. Từ kết quả trên, chúng tôi chọn Ca-biomass cho bước nghiên cứu so sánh tiếp theo.

Động học hấp phụ đẳng nhiệt ở 25°C và pH = 5

Khi nghiên cứu quá trình động học hấp phụ, trong điều kiện hấp phụ động, đẳng nhiệt ở nhiệt độ 25°C dùng hai mô hình mô tả quá trình hấp phụ, kết quả phân tích hồi quy bằng phần mềm Originlab 8.0 được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2: so sánh các thông số của hai mô hình mô tả động học hấp phụ Langmuir và Freundlich

Ion kim loại	Dạng sinh khối	Langmuir model		R ²	Freundlich model		R ²	Q _{max} TN
		Q _{max}	b		K	1/n		
Pb ²⁺	Raw biomass	161,31	0,02	0,94	15,37	0,421	0,85	162,33
	Ca-biomass	173,70	0,02	0,96	11,39	0,489	0,92	173,72
	Granule	185,80	0,02	0,87	7,40	0,601	0,94	186,13
Cu ²⁺	Raw biomass	55,74	0,07	0,95	18,30	0,208	0,95	55,77
	Ca-biomass	58,10	0,05	0,96	18,19	0,209	0,96	58,24
	Granule	59,32	0,07	0,90	18,2	0,227	0,91	59,71
Cd ²⁺	Raw biomass	158,97	0,02	0,94	12,95	0,460	0,93	158,93
	Ca-biomass	168,71	0,02	0,96	13,14	0,456	0,92	168,69
	Granule	172,81	0,02	0,81	8,80	0,564	0,90	173,12

Ghi chú: Q_{max} là hấp dung cực đại mg/g khô;
Q_{max} TN là hấp dung cực đại thí nghiệm

Hấp dung cực đại thí nghiệm xác định bằng cách cho chất hấp phụ vào dung dịch chứa dư lượng chất bị hấp phụ, sau khi đạt trạng thái cân bằng, phân hủy chúng bằng nước cường thủy, sau đó đo trên máy AAS. Granule là dạng hạt bùn hiếu khí sau khi nuôi dưỡng xong lấy ra rửa sạch không qua bất kỳ quá trình xử lý nào. Khi nghiên cứu hai phương trình mô tả động học hấp phụ của các ion Pb²⁺, Cu²⁺ và Cd²⁺ lên các chất hấp phụ là Raw biomass, Ca-biomass (các thông số thể hiện ở bảng 2).

Từ các thông số mô tả quá trình hấp phụ đẳng nhiệt của các ion kim loại nặng lên hai dạng sinh khối đã được xử lý là Raw biomass, Ca-biomass cho thấy, các giá trị R² của phương trình Langmuir là khá cao (từ 0,94 đến 0,96) đối với 3 kim loại; giá trị R² của phương trình Freundlich cũng khá cao (trừ trường hợp đối với ion Pb²⁺). Từ những thông số nêu trên cho thấy, hai phương trình mô tả động học hấp phụ Langmuir và

Freundlich là phù hợp cho việc mô tả quá trình hấp phụ của các ion kim loại Pb^{2+} , Cu^{2+} và Cd^{2+} lên các chất hấp phụ Raw biomass và Ca-biomass. Tuy nhiên, giá trị R^2 của phương trình Langmuir là cao hơn so với R^2 của phương trình Freundlich, điều đó có thể thấy, quá trình hấp phụ các ion kim loại nặng lên các chất hấp phụ đã được xử lý là đơn lớp (monolayer sorption).

Khi so sánh các giá trị hấp dung cực đại (Q_{max}) theo tính toán của phương trình và giá trị hấp dung cực đại thực nghiệm (Q_{max} TN) cho thấy, sự sai lệch không đáng kể, vì vậy có thể kết luận mô hình Langmuir dùng để mô tả quá trình hấp phụ các ion kim loại Pb^{2+} , Cu^{2+} và Cd^{2+} lên các chất hấp phụ Raw biomass, Ca-biomass là phù hợp. Từ kết quả thể hiện ở bảng 2 có thể rút ra nhận xét: hấp dung cực đại (Q_{max}) của hạt bùn hiếu khí Granule cao hơn các dạng sinh khối đã được xử lý có thể do dạng sinh khối sống (viable aerobic biomass) ngoài việc hấp phụ đơn thuần trên bề mặt chất này, còn có hiện tượng các ion kim loại thẩm thấu qua màng tế bào.

Khi so sánh hấp dung cực đại (mmol/g) của hai vật liệu hấp phụ là Raw biomass và Ca-biomass với các vật liệu nghiên cứu là carbon hoạt tính (activated carbon), nhựa trao đổi ion thương mại (commercial resins), tảo nâu (brown algae), sinh khối nấm (fungus) và các vật liệu khác (selected solid waste) trong điều kiện hấp phụ là tương đồng về nhiệt độ và pH.

Để thuận tiện cho việc so sánh có tính đồng nhất, các giá trị được chuyển đổi từ mg/g thành mmol/g. Từ bảng so sánh cho thấy, hấp dung cực đại của Ca-biomass cao hơn gấp 6 lần than hoạt tính, riêng hấp dung cực đại đối với ion kim loại Cd^{2+} là cao nhất đến (1,5 mmol/g), cao gần bằng hạt bùn hiếu khí của công trình nghiên cứu của nhóm tác giả Liu (2003) [11]. Khi so sánh với vật liệu hấp phụ là hạt bùn hiếu khí của nhóm tác giả Liu thì vật liệu hấp phụ nghiên cứu có hấp dung thấp hơn, tuy nhiên khi dùng vật liệu làm chất hấp phụ là vật liệu “chết” (non-viable aerobic biomass) thì có nhiều thuận lợi khi sử dụng, trong quá trình tiến hành cũng như ứng dụng vào thực tế [9]. Một cách tổng quát, hấp dung cực đại của Raw biomass và Ca-biomass đối với ion kim loại Cd^{2+} là rất cao so với các vật liệu hấp phụ khác đã được nghiên cứu. Đây là một vật liệu mới, đầy tiềm năng, giá rẻ, có thể xử lý hiệu quả vấn đề nước ô nhiễm Cd^{2+} (bảng 3).

Bảng 3: so sánh hấp dung cực đại của vật liệu hấp phụ nghiên cứu với các vật liệu hấp phụ của các công trình nghiên cứu đã công bố

Vật liệu hấp phụ		Pb^{2+}	Cu^{2+}	Cd^{2+}	pH	Tham khảo
Activated carbon (AC)	Granular AC	0,08	0,08	0,03	5,0	An và cs (2001)
	Powder AC	0,13	0,07	0,03	5,0	An và cs (2001)
Commercial resins	Duolite GT-73	0,59	0,97	0,94	4,8	Vaughan và cs (2001)
	Amberlite IRC-718	1,40	2,00	2,30	4,8	Vaughan và cs (2001)
Brown algae	Lewatit TP207	0,96	1,34			Brown và cs (2000)
	Ascomyllum nodosum	1,31		1,18	3,5	Thomas và cs (2003)
	Sargassum natans	1,22		1,17	3,5	Thomas và cs (2003)
Fungus	Penicillium chrysogenum	0,59	0,14	0,50		Volesky, Holan (1995)
	Rhizopus arrhizus	0,44	0,16	0,24		Volesky, Holan (1995)
	Sugar beet pulp	0,36	0,33	0,22	5,5	Reddad và cs (2002)
Waste sorbents	Anaerobic biomass	1,25	0,87	0,53	5,0	Hawari và cs (2006)
	Aerobic biomass		0,94	1,54	4,0	Liu và cs (2003)
	Raw biomass	0,78	0,88	1,41	5,0	Vật liệu nghiên cứu
	Ca-biomass	0,84	0,92	1,50	5,0	Vật liệu nghiên cứu

Ghi chú: khoảng trống là những công trình không thể hiện

Hấp phụ hệ đa ion kim loại bởi Raw biomass và Ca-biomass

Đối với nghiên cứu này, hệ hấp phụ là 2 và 3 ion kim loại được chia ra từng cặp như sau: Pb^{2+} - Cu^{2+} , Pb^{2+} - Cd^{2+} , Cu^{2+} - Cd^{2+} , Cu^{2+} - Cd^{2+} - Pb^{2+} . Kết quả nghiên cứu thể hiện ở bảng 4.

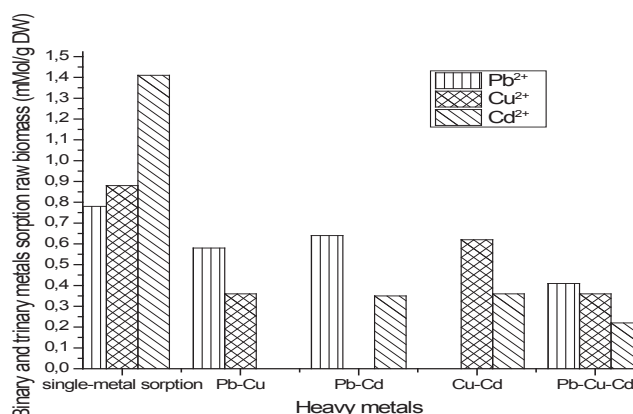
Bảng 4: hấp phụ của Raw biomass, Ca-biomass đối với hệ đa ion kim loại

Ion kim loại	Raw biomass mmol/g DW	Ca-biomass mmol/g DW	Hấp dung tổng kim loại	
			Raw biomass	Ca-biomass
Pb^{2+}	0,78	0,84		
Cu^{2+}	0,88	0,92		
Cd^{2+}	1,41	1,50		
Pb^{2+} - Cu^{2+}				
Pb^{2+}	0,58	0,59	0,94	0,95
Cu^{2+}	0,36	0,36		
Pb^{2+} - Cd^{2+}				
Pb^{2+}	0,64	0,66	0,99	1,02
Cd^{2+}	0,35	0,36		
Cu^{2+} - Cd^{2+}				
Cu^{2+}	0,62	0,65	0,98	1,02
Cd^{2+}	0,36	0,37		
Cu^{2+} - Cd^{2+} - Pb^{2+}				
Pb^{2+}	0,41	0,43	0,99	1,05
Cu^{2+}	0,36	0,38		
Cd^{2+}	0,22	0,24		

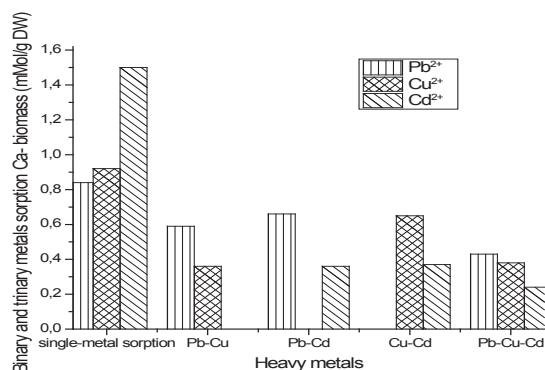
Đối với hệ hấp phụ Pb^{2+} - Cu^{2+} , Pb^{2+} - Cd^{2+} và Cu^{2+} - Cd^{2+} khi có ion Cu^{2+} thì hấp dung cực đại đối với Pb^{2+} giảm đi đáng kể, trong khi đó trong hệ nghiên cứu có ion Cd^{2+} thì hấp dung cực đại của Pb^{2+} giảm đi không nhiều đối với cả hai chất hấp phụ là Raw biomass, Ca-biomass. Điều này cho thấy, trong hệ có sự cạnh tranh

hấp phụ mạnh mẽ của ion đồng và chì, trong hệ hấp phụ mà có 2 ion kim loại Cu^{2+} - Cd^{2+} thì ion Cu^{2+} cạnh tranh mạnh hơn ion Cd^{2+} . Trong hệ hấp phụ có 3 ion Cu^{2+} - Cd^{2+} - Pb^{2+} thì có sự cạnh tranh hấp phụ và trật tự hấp phụ được thiết lập sau khi đạt cân bằng là $\text{Pb}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$.

Khi so sánh khả năng hấp phụ của ba ion Pb^{2+} , Cu^{2+} và Cd^{2+} lên trên hai chất hấp phụ Raw biomass và Ca-biomass thể hiện trên hình 2 và 3 cho thấy, khi hệ hấp phụ là đơn chất thì hấp dung đối với ion cadimi là cao nhất, kế đến là ion đồng, nhưng khi hệ có đồng thời có 3 ion kim loại thì trật tự này thay đổi. Riêng đối với trường hợp chất bị hấp phụ là Cd^{2+} trong hệ đơn ion kim loại thì kim loại này bị hấp phụ mạnh nhất so với hai ion kim loại là Pb^{2+} và Cu^{2+} (mặc dù 3 ion kim loại nêu trên có cùng hóa trị II). Điều này có thể lý giải là do trên bề mặt chất hấp phụ có những tâm hấp phụ, hay những nhóm chức đóng vai trò quan trọng trong việc thích ứng hấp phụ những chất nào mạnh hơn.



Hình 2: hấp phụ cạnh tranh của các ion kim loại trên chất hấp phụ là Raw biomass



Hình 3: hấp phụ cạnh tranh của các ion kim loại trên chất hấp phụ là Cabiomass

Khi so sánh hấp dung cực đại 3 ion kim loại trên hai chất hấp phụ, trật tự cạnh tranh hấp phụ giữa ba ion kim loại này là giống nhau đối với cả Raw biomass và Ca-biomass. Khi so sánh tổng lượng hấp dung cực đại (cột cuối cùng của bảng 4) thì hấp dung tổng lượng cao hơn so với hấp dung riêng lẻ từng kim loại (đơn vị mmol/g) đối với trường hợp của ion đồng và chì, riêng đối với ion cadimi thì tổng lượng hấp dung lại thấp hơn. Vậy quá trình hấp phụ là đa kim loại có hiện tượng cạnh tranh hấp phụ trong hệ và khi có sự cạnh tranh hấp phụ thì cũng có hiện tượng tăng hay giảm hấp dung tổng thể, điều này cho thấy trong hệ hấp phụ ngoài việc có mặt các ion cạnh tranh hấp phụ còn lệ thuộc nhiều về bản chất của vật liệu hấp phụ.

Cơ chế hấp phụ

Để đánh giá cơ chế hấp phụ của 3 ion kim loại trên chất hấp phụ là Raw biomass phải phân tích được các kim loại nhẹ bị trao đổi thải loại ra trong dung dịch nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, lượng ion Ca^{2+} được thải loại vào trong dung dịch là lớn nhất so với các ion kim loại khác như Mg^{2+} và K^{+} , tỷ lệ tổng các ion kim loại được loại ra trong dung dịch so với lượng ion kim loại bị hấp phụ là 74,01; 71,03 và 62,97% tương ứng với Pb^{2+} , Cu^{2+} và Cd^{2+} . Việc loại các ion kim loại nhẹ ra dung dịch đồng thời với việc hấp phụ các ion kim loại nặng đã minh chứng rằng, quá trình hấp phụ diễn ra đúng với cơ chế trao đổi ion. Tuy nhiên, tổng hàm lượng ion kim loại bị hấp phụ cao hơn tổng ion kim loại nhẹ thải ra, vậy ngoài việc hấp phụ theo cơ chế trao đổi ion còn có cơ chế hấp phụ khác như có sự cộng kết, kết tinh trên bề mặt chất hấp phụ, hay có sự thâm thấu qua màng, nhưng cơ chế hấp phụ trao đổi ion là chủ lực. Theo Hawari và cs [9] khi nghiên cứu quá trình hấp phụ của các ion Pb^{2+} , Cu^{2+} và Cd^{2+} trên hạt bùn yếm khí, tỷ lệ tổng ion kim loại được loại ra trong dung dịch so với lượng ion kim loại bị hấp phụ là 77; 82 và 50% đối với Pb^{2+} , Cu^{2+} và Cd^{2+} , tác giả khẳng định cơ chế chính của quá trình hấp phụ là trao đổi ion. Với nhóm tác giả Xu và Liu [14] khi nghiên cứu quá trình hấp phụ các ion kim loại lên hạt bùn hiếu khí, tỷ lệ tổng ion kim loại được loại ra trong dung dịch so với lượng ion kim loại bị hấp phụ là 75,5; 71,3 và 82,4% đối với Cd^{2+} , Cu^{2+} và Ni^{2+} . Trong khi đó, nhóm tác giả Tsezos và Volesky [16] lại cho rằng, quá trình hấp phụ các ion kim loại nặng phụ thuộc nhiều vào polysaccharit trên bề mặt các chất hấp phụ. Vậy, cơ chế chính của quá trình hấp phụ các ion kim loại Pb^{2+} ,

Cu^{2+} và Cd^{2+} của cơ chất là cơ chế trao đổi ion.

Khi nghiên cứu quá trình hấp phụ cạnh tranh thấy rằng, có một số kim loại tạo liên kết với những tâm hấp phụ “cứng” là phân cực, một số thì chịu ảnh hưởng của những tâm hấp phụ là không phân cực (gọi là những tâm “mềm”) và số còn lại thì liên kết với cả hai tâm hấp phụ. Những tâm hấp phụ cứng là các nhóm chức carbonate, phosphate, sulfate, carboxylate và hydroxyl, trong khi đó tâm hấp phụ mềm là các nhóm chức sulfhydryl và các nhóm amino [17]. Đối với các kim loại cũng được chia ra làm 3 nhóm là “cứng” (non-polarizable or ‘hard’), “mềm” (polarizable or ‘soft’) và trung gian (borderline) [18]. Ion Pb^{2+} và Cu^{2+} được phân loại vào nhóm trung gian, trong khi đó Cd^{2+} được xếp vào nhóm “mềm” [19]. Các kim loại thuộc nhóm cứng thì liên kết bền vững hơn đối với nhóm hấp phụ là “mềm”, trong khi đó các ion kim loại thuộc nhóm “mềm” lại liên kết bền vững với nhóm hấp phụ “cứng” [20]. Vì thành phần của hạt bùn hiếu khí được dùng làm vật liệu hấp phụ trong nghiên cứu có tỷ lệ protein/polysaccharide là 4,5, nghĩa là trong cấu tạo của hạt bùn các nhóm chức amino chiếm đa số so với những nhóm chức khác, cho nên trong hệ hấp phụ là đơn ion kim loại thì loại vật liệu này phù hợp hơn cho việc hấp phụ Cd^{2+} , đó chính là nguyên nhân dẫn đến kết quả là trong hệ hấp phụ đơn chất, hấp phụ đối với ion Cd^{2+} là cao nhất. Đối với hệ hấp phụ là đa ion kim loại cơ chế hấp phụ không chỉ phụ thuộc vào các ion kim loại có trong dung dịch có bán kính ion, có bán kính hydrat hóa, độ phân cực, độ âm điện, năng lượng liên kết của từng kim loại, mà còn phụ thuộc vào cấu tạo bề mặt chất hấp phụ.

Bảng 5: tính chất và khả năng liên kết của các ion

Ion	Hóa trị, z^+	Bán kính ion $r_{\text{ion}} (\text{\AA})$	Bán kính hydrat $r_{\text{hyd}} (\text{\AA})$	Pauling electronegativity	Thông số liên kết hóa trị $x^2(r_{\text{ion}} + 0,85) (\text{\AA})$
Pb^{2+}	2	1,19	4,01	2,33	7,18
Cu^{2+}	2	0,74	4,19	1,90	6,41
Cd^{2+}	2	0,95	4,26	1,69	5,53

(Alloway B.J, 1990) (Nieboer E, 1973) (Jain M.K, 1970)

Bán kính hydrat hóa của các ion Pb^{2+} , Cu^{2+} và Cd^{2+} tương ứng là 4,01; 4,19 và 4,26 Å, cho nên ion Pb^{2+} tiếp cận nhanh trên bề mặt cũng như các cực hấp phụ của chất hấp phụ so với các ion Cu^{2+} và Cd^{2+} . Vì vậy,

trật tự hấp phụ cạnh tranh trên bề mặt chất hấp phụ là $\text{Pb}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$. Khi xem xét chỉ số liên kết hóa trị từ bảng 5, trật tự cạnh tranh cũng không thay đổi khi xét về độ âm điện thì ion Pb^{2+} là cao nhất, cuối cùng là ion Cd^{2+} , từ đó cho thấy Pb^{2+} bị hấp phụ mạnh nhất. Vậy trong một hệ hấp phụ, nếu hệ là đơn ion kim loại thì bản chất hấp phụ chỉ phụ thuộc vào chất hấp phụ, nếu hệ hấp phụ là đa ion kim loại thì quá trình hấp phụ trước tiên phụ thuộc vào các ion kim loại có mặt trong hệ hấp phụ, sau đó mới phụ thuộc vào chất được làm vật liệu hấp phụ.

Kết luận

Hấp dung của dạng hạt bùn hiếu khí khi xử lý thành dạng Ca-biomass cao hơn K-biomass và H-biomass. Hấp dung cực đại của Ca-biomass (mmol/g dạng khô) đối với từng ion tương ứng 0,84 Pb^{2+} , 0,92 Cu^{2+} và 1,50 Cd^{2+} . Khả năng hấp phụ các ion kim loại nặng của Raw-biomass và Ca-biomass nhiều gấp 6 lần so với carbon hoạt tính, đặc biệt là chúng có khả năng hấp phụ rất cao đối với ion cadimi.

Trong hệ hấp phụ đa ion kim loại có sự cạnh tranh hấp phụ giữa các kim loại. Khả năng hydrat hóa và độ âm điện của các ion kim loại có vai trò quan trọng, ảnh hưởng đến khả năng cạnh tranh hấp phụ của các ion đó lên tác nhân hấp phụ. Trong hệ gồm 3 ion Pb^{2+} , Cu^{2+} và Cd^{2+} , trật tự cạnh tranh hấp phụ giữa các ion kim loại bởi Raw biomass và Ca-biomass tuân theo quy luật $\text{Pb}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$; khi trong hệ có dư sinh khối là chất hấp phụ thì sự hấp phụ chỉ phụ thuộc vào bản chất của chất hấp phụ. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình Langmuir mô tả quá trình hấp phụ các ion kim loại nặng bởi Raw biomass và Ca-biomass tốt hơn mô hình Freundlich.

Tài liệu tham khảo

- [1] Adav S.S, Lee D.J, Show K.Y, Tay J.H (2008), “Aerobic granular sludge: recent advances”, *J Biotechnol, Adv*, **26**, pp.411-423.
- [2] Liu Y, Tay J.H (2004), “State of the art of biogranulation technology for wastewater treatment”, *J Biotechnol, Adv*, **22**, pp.533-563.
- [3] Kreuk M.K, Kishida N, Van Loosdrecht M.C.M (2007), “Aerobic granular sludge-state of the art”, *J Water Sci*, **55**, pp.75-81.
- [4] Karvelas M, Katsoyiannis A, Samara C (2003), “Occurrence and fate of heavy metals in the wastewater treatment process”, *J Chemosphere*, **53**, pp.1201-1210.
- [5] Srivastava N.K, Majumder C.B (2008), “Novel biofiltration methods for the treatment of heavy metals from industrial wastewater”, *J Hazard Mater*, **151**, pp.1-8.

- [6] Wang J.L, Chen C (2006), "Biosorption of heavy metals by *Saccharomyces cerevisiae*: a review", *J Biotechnol Adv*, **24**, pp.427-451.
- [7] Volesky B (2007), "Biosorption and me", *J Water Res*, **41**, pp.4017-4029.
- [8] Yao L, Ye Z.F, Tong M.P, Lai P, Ni J.R (2009), "Removal of Cr^{3+} from aqueous solution by biosorption with aerobic granules", *J Hazard Mater*, **165**, pp.250-255.
- [9] Hawari A.H, Mulligan Catherine N (2006), "Biosorption of Lead (II), Cadmium (II), Copper (II) and nickel (II) by anaerobic granular biomass", *J Bioresource Technol*, **97**, pp.692-700.
- [10] Zubair A, Bhatti H.N, Hanif M.A, Shafqat F (2008), "Kinetic and equilibrium modeling for Cr(III) and Cr(VI) removal from aqueous solutions by citrus reticulata waste biomass J", *Water Air Soil Pollut*, **191**, pp.305-318.
- [11] Liu Y, Xu H, Yang S.F, Tay J.H (2003), "A general model for biosorption of Cd^{2+} , Cu^{2+} and Zn^{2+} by aerobic granules", *J Biotechnol*, **102(3)**, pp.233-239.
- [12] Zhang L.L, Feng X.X, Xu F, Xu S, Cai W.M (2005), "Biosorption of rare earth metal ion on aerobic granules", *J Environ Sci Health*, **40(4)**, pp.857-867.
- [13] Nancharaiah Y.V, Joshi H.M, Mohan T.V.K, Venugopalan V.P, Narasimhan S.V (2006b), "Aerobic granular biomass novel biomaterial efficient uranium removal", *J Current Science*, **91(4)**, pp.503-509.
- [14] Xu H, Liu Y (2008), "Mechanisms of Cd^{2+} , Cu^{2+} and Ni^{2+} biosorption by aerobic granules", *J Sep Purif Technol*, **58(3)**, pp.400-411.
- [15] Sun X.F, Wang S.G, Liu X.W, Gong W.X, Bao N, Gao B.Y (2008), "Competitive biosorption of zinc(II) and cobalt(II) in single- and binary-metal systems by aerobic granules", *J Coll Interf Sci*, pp.324:1-8.
- [16] Tsezos M, Volesky B (1981), "Biosorption of uranium and thorium", *J Biotechnol Bioeng*, **23**, pp.583-604.
- [17] Bell C.F (1977), "Principles and applications of metal chelation", Oxford, UK:Clarendon.
- [18] Williams C.J, Aderhold D, Edyvean R.G.J (1998), "Comparison between biosorbents for the removal of metal ions from aqueous solutions", *J Water Res*, **32**, pp.216-224.
- [19] Sen Gupta A.K (2002), "Environmental separation of heavy metals", USA: Lewis Publishers.
- [20] Buffle J (1988), Complexation reactions in aquatic systems: an analytical approach.

Đánh giá tiềm năng ứng dụng công nghệ MBR cho xử lý nước thải nhiễm dầu ở Việt Nam

Đỗ Khắc Uẩn¹, Chu Xuân Quang², Trần Hùng Thuận^{2*}

¹ Viện KH&CN Môi trường, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

² Trung tâm Công nghệ Vật liệu, Viện Ứng dụng Công nghệ, Bộ KH&CN

Ngày nhận bài 16.1.2015, ngày chuyển phản biện 20.1.2015, ngày nhận phản biện 27.2.2015, ngày chấp nhận đăng 3.4.2015

Nước thải nhiễm dầu (NTND) phát sinh từ nhiều hoạt động khác nhau như khai thác dầu, tinh chế dầu, công nghiệp hóa dầu, gia công kim loại, hoặc sửa chữa, vệ sinh các phương tiện cơ giới... Loại nước thải này là một trong những nguồn thải có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường lớn do có chứa nhiều thành phần chất ô nhiễm khó phân hủy. Bên cạnh đó, do dầu mỡ trong nước thải thường ảnh hưởng không có lợi đối với vi sinh vật nên các phương pháp sinh học thông thường không đạt được hiệu quả xử lý cao. Trong những năm gần đây, công nghệ màng lọc sinh học (MBR) đã được áp dụng rộng rãi để xử lý nước thải của nhiều lĩnh vực công nghiệp. Do vậy, việc phân tích, đánh giá những ưu điểm và hạn chế của công nghệ này thông qua các công trình nghiên cứu đã được công bố sẽ góp phần thúc đẩy phát triển công nghệ để xử lý NTND phù hợp điều kiện Việt Nam. Nội dung chính của bài báo tập trung vào các vấn đề về vận hành hệ thống, nguy cơ tắc nghẽn màng lọc trong quá trình vận hành và các biện pháp kiểm soát hiện tượng này, cũng như vấn đề chi phí liên quan đến công nghệ MBR.

Từ khóa: chất thải nguy hại, công nghệ sinh học kết hợp lọc màng, nước thải nhiễm dầu.

Chỉ số phân loại 2.7

THE MBR TECHNOLOGY FOR TREATMENT OF OILY WASTEWATER: APPLICATION FEASIBILITY IN VIETNAM

Summary

Oily wastewater generated from many popular activities such as crude oil exploitation, oil refining, metal processing, washing mechanized vehicles, etc., is one of the sources of serious environmental pollution. Treatment of oily wastewater using the activated sludge process only is not really effective due to its toxic and refractory characteristics. Recently, membrane bioreactor (MBR) technology has been widely applied in treating various kind of industrial wastewater and promises to be a potential solution. In this paper, the feasibility of applying the MBR technology to treat oily wastewater has been analysed. The discussions are mainly focused on the operational characteristics, fouling characteristics, fouling control strategies, and costs of the MBR technology in the treatment of these types of wastewater. It is expected to provide useful information for researchers and engineers in development of this novel technology in Vietnam, especially to treat oily wastewater.

Keywords: hazardous waste, membrane bioreactor technology, oily wastewater.

Classification number 2.7

Đặt vấn đề

NTND có thành phần rất phức tạp và có nồng độ các chất khó phân hủy sinh học như dầu mỡ, amin, phenol, hydro cacbon mạch vòng và các dẫn xuất rất cao [1-3]. Loại nước thải này phải được xử lý trước khi thải vào môi trường, nếu không các thành phần của chúng sẽ gây ô nhiễm nặng cho các nguồn tiếp nhận như nước biển, sông, hồ và đất [4, 5].

Các phương pháp thông dụng để xử lý NTND như phân tách bằng phương pháp trọng lực, tuyển nổi, đông keo tụ, hấp phụ... đều có hạn chế như hiệu suất thấp, chi phí vận hành cao và có thể gây ăn mòn [6, 7]. Ngoài ra, hầu hết các phương

*Tác giả chính: Tel: 04.35545023; Email: ththuan@most.gov.vn

pháp thông thường này không tách được các hạt dầu phân tán ở dạng kích thước cỡ micromet. Quá trình bùn hoạt tính truyền thống (BHT) thường được sử dụng để phân hủy các hợp chất hữu cơ trong nước thải do phương pháp này rẻ tiền và đạt hiệu quả tương đối cao. Hiện nay, NTND cũng đã được xử lý bằng quá trình BHT có kèm theo công đoạn tiền xử lý phân tách dầu [8]. Tuy nhiên, NTND thường có hàm lượng N và P thấp, nên quá trình BHT không thể vận hành hiệu quả và vấn đề bùn nổi trong hệ thống cũng thường xảy ra [9]. Bên cạnh đó, hàm lượng muối cao trong NTND còn có thể gây ảnh hưởng đến hoạt động của BHT và có thể làm tăng khả năng tự phân hủy của bùn. Ở Việt Nam, NTND cũng thường được xử lý theo các phương pháp truyền thống như đông keo tụ, lắng, hoặc tuyển nổi, sau đó qua xử lý sinh học yếm khí, hiếu khí. Nhìn chung, hiệu quả xử lý của các công nghệ này đạt mức thấp [10, 11].

Trong những năm gần đây, công nghệ MBR đã thu hút được nhiều nghiên cứu và ứng dụng trong xử lý nước thải [12-14]. Công nghệ MBR có nhiều ưu điểm so với công nghệ BHT, đó là chất lượng nước sau xử lý rất tốt, có thể tái sử dụng; diện tích mặt bằng của trạm xử lý nhỏ; lượng bùn thải thấp và rất linh động trong quá trình nâng cấp, mở rộng các hệ thống sẵn có [1, 14]. Cho đến thời điểm này, công nghệ MBR đã được ứng dụng để xử lý nhiều loại nước thải công nghiệp như chế biến thực phẩm, giấy và bột giấy, dệt nhuộm, thuộc da, nước rỉ rác và nước thải được phẩm [15-18]. Trong khi đó, thông tin về xử lý NTND bằng công nghệ MBR mới bắt đầu được công bố và bước đầu đã cho thấy có những ưu điểm so với một số phương pháp xử lý khác [19-21]. Tuy nhiên, ứng dụng công nghệ MBR để xử lý nước thải nói chung và xử lý NTND nói riêng còn khá mới mẻ ở Việt Nam. Vì vậy, việc so sánh, phân tích các nghiên cứu hiện nay trên thế giới về ứng dụng công nghệ này để xử lý NTND là rất cần thiết, nhằm rút ra các thông tin quan trọng để từng bước áp dụng công nghệ MBR cho xử lý NTND ở nước ta trong tương lai. Bài báo được thực hiện nhằm cung cấp các thông tin tổng quan về công nghệ MBR dùng cho xử lý NTND, các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình xử lý, khả năng ứng dụng, các điều kiện vận hành và các chi phí liên quan đến công nghệ MBR cũng được tập trung trình bày và thảo luận.

Nội dung nghiên cứu

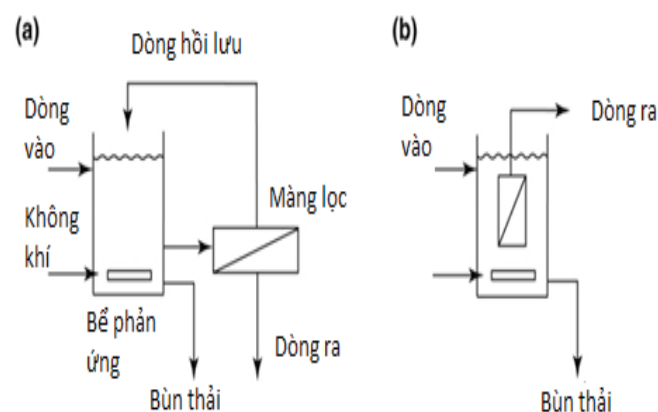
Trong nghiên cứu này, phương pháp phân tích tổng quan đã được sử dụng để đánh giá tiềm năng ứng dụng công nghệ MBR xử lý NTND ở Việt Nam dựa trên các tài liệu nghiên cứu kỹ thuật, công nghệ được lựa chọn:

- Các bài báo đăng tải trên các tạp chí chuyên ngành và sách tham khảo điển hình về công nghệ MBR nói chung và ứng dụng MBR để xử lý NTND nói riêng.
- Các tài liệu tham khảo được thu thập, cập nhật theo tiến trình thời gian và tổng hợp, phân tích theo cơ sở lý luận về đặc trưng nguồn thải, điều kiện xây dựng hệ thống xử lý, các thông số vận hành cơ bản...
- Tổng hợp, phân tích và so sánh góp phần cung cấp các luận chứng khoa học cần thiết cho việc nghiên cứu định hướng ứng dụng công nghệ MBR để xử lý NTND trong điều kiện kinh tế - kỹ thuật ở Việt Nam.

Kết quả

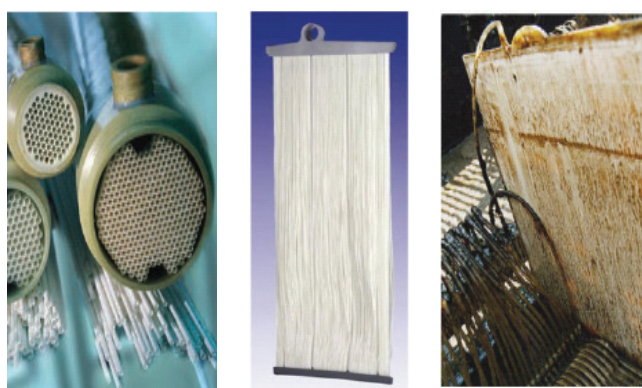
Hệ thống MBR

Hình 1 biểu diễn 2 dạng lắp đặt chính của hệ thống MBR. Hình 1a là hệ thống MBR có màng lắp bên ngoài bể xử lý sinh học. Hỗn hợp bùn - nước thải được bơm qua đơn nguyên màng lọc, một phần nước trong sẽ được đưa ra ngoài và một phần bùn sẽ tuần hoàn lại bể. Hình 1b biểu diễn hệ thống MBR có màng lọc đặt nhúng chìm bên trong bể xử lý sinh học. Trong hệ thống này, hệ thống phân phối khí được lắp đặt bên dưới đơn nguyên màng nhằm thực hiện hai nhiệm vụ cung cấp oxy cho quá trình xử lý sinh học và đảo trộn hỗn hợp nước thải để giảm hiện tượng tắc màng [16]. Hiện nay, hệ thống MBR màng lọc đặt nhúng chìm thường được lựa chọn để xử lý nước thải [13, 15].



Hình 1: các dạng lắp đặt hệ thống MBR: (a) màng đặt ngoài (b) màng đặt nhúng chìm

Màng vi lọc (MF) và siêu lọc (UF) thường được dùng trong công nghệ MBR xử lý nước thải công nghiệp. Các loại màng có thể ở dạng ống, dạng sợi rỗng hoặc dạng tấm phẳng (hình 2). Vật liệu chế tạo màng có thể được chia làm ba nhóm chính: polyme, kim loại, vô cơ (gốm xốp). Màng chế tạo bằng kim loại và gốm xốp có độ bền cao và có thể rửa ngược để giảm hiện tượng tắc màng [22]. Tuy nhiên, loại màng này đắt hơn các loại màng polyme như polyvinylidene fluoride (PVDF), polyethersulfone (PES), polyethylene (PE) và polysulfone (PSf). Cho nên, hiện nay các loại màng polyme được dùng phổ biến nhất. Kích thước lỗ của màng thường nằm trong khoảng 0,01 đến 0,45 μm [23]. Trong quá trình vận hành, MBR thường sử dụng hai phương thức: vận hành lọc liên tục và vận hành gián đoạn. Phương thức vận hành gián đoạn cho thấy có ưu việt hơn so với vận hành liên tục trong việc kiểm soát hiện tượng tắc màng lọc [24]. Năng suất lọc thường dao động trong khoảng 25 đến 140 $\text{l/m}^2/\text{h}$ đối với dạng màng lọc lắp bên ngoài và khoảng từ 3,7 đến 85 $\text{l/m}^2/\text{h}$ đối với màng lọc đặt nhúng chìm.



Hình 2: các dạng màng dùng trong hệ thống MBR:
(a) dạng ống, (b) dạng sợi rỗng, (c) dạng tấm phẳng

Đặc trưng của NTND

Mặc dù NTND có thành phần phức tạp, nhưng đặc trưng của chúng có thể được biểu diễn thông qua các thông số cơ bản như COD, BOD, SS, NH_4^+-N , TN, TP, kim loại nặng, pH, độ màu, độ đục... Các đặc trưng cơ bản của NTND được tổng hợp và trình bày trong bảng 1.

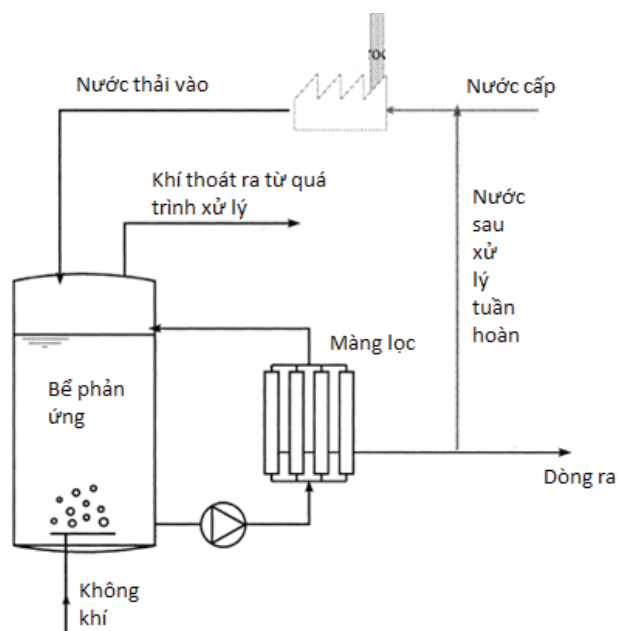
Bảng 1: các đặc trưng cơ bản của các nguồn NTND [1, 6, 25-30]

Thông số	Đơn vị	Các nguồn nước thải nhiễm dầu (tham khảo từ nhiều nguồn tài liệu)							
		[1]	[6]	[25]	[26]	[27]	[28]	[29]	[30]
pH	-	-	6,5-6,8	2,5-2,7	7,8-8,8	-	-	-	11,5
Nhu cầu oxy hóa học (COD)	(mg/l)	72-296	500-1000	55000-60000	250-613	4345-6864	124	280-215	22250
Nhu cầu oxy sinh học (BOD)	(mg/l)	90-188	-	30000-32000	-	919-1360	52	112-119	-
Cặn rắn lơ lửng (SS)	(mg/l)	245-950	90-300	20-300	108-159	253-889	60	-	613
Amoni (NH_4^+-N)	(mg/l)	12,1-19,8	-	-	56,0-125,0	-	-	13,5-19,0	-
Tổng photpho (TP)	(mg/l)	0,8-3,0	-	102,0-227,0	0,5	-	-	5,0	-
Dầu mỡ	(mg/l)	20-87	400-1000	360	35-55	-	78	17	641

Bảng 1 cung cấp các thông tin hữu ích để tham khảo cho việc tính toán thiết kế hệ thống MBR. Các thông số cho thấy NTND có mức độ ô nhiễm rất cao, đặc biệt chứa thành phần các hợp chất hydrocacbon và dầu mỡ lớn. Các thành phần này có đặc tính khó phân hủy sinh học và có thể gây ức chế vi sinh vật trong hệ thống xử lý. Các phương pháp xử lý nước thải truyền thống thường không thể xử lý triệt để các hợp chất hydrocacbon khó phân hủy sinh học này [31]. Do đó, việc nghiên cứu và phát triển các phương pháp xử lý tiên tiến sẽ đóng vai trò quan trọng để xử lý NTND. Yêu cầu ngày càng khắt khe về tiêu chuẩn nước thải sau xử lý cũng là một yếu tố thúc đẩy việc ứng dụng công nghệ MBR xử lý NTND, đảm bảo dòng sau xử lý đạt chất lượng cao.

Xử lý NTND bằng công nghệ MBR

Bản chất của công nghệ MBR chính là dạng cải tiến của công nghệ BHT, trong đó quá trình bùn hoạt tính được thực hiện theo nguyên tắc thông thường và sinh khối được tách bằng màng lọc. Do hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm cao và giữ lại hoàn toàn sinh khối trong bể nên công nghệ MBR sẽ có tiềm năng rất lớn để ứng dụng cho các mục đích xử lý nước thải công nghiệp nói chung và NTND nói riêng [31]. Hệ thống MBR (hình 3) dùng trong nghiên cứu này là dạng màng lọc (UF, dạng ống) đặt bên ngoài bể xử lý sinh học.



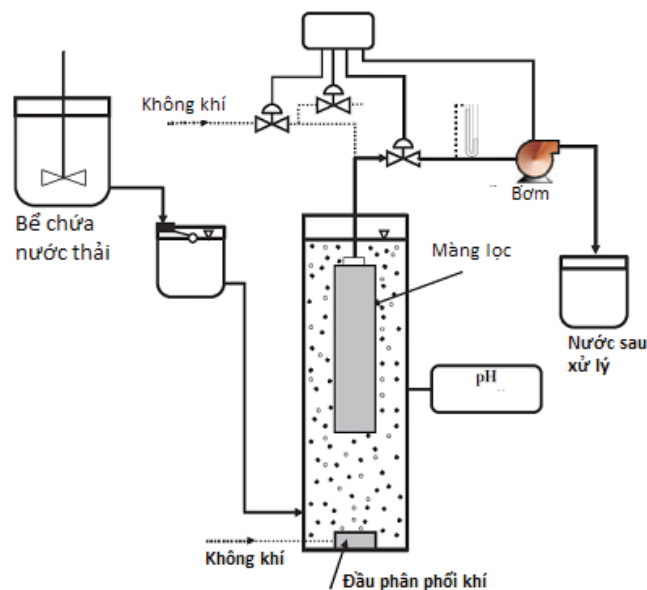
Hình 3: sơ đồ hệ thống MBR xử lý NTND [31]

Trong nghiên cứu này, hiệu quả xử lý dầu đạt 99,9% ở điều kiện thời gian lưu (HRT) là 13,3 giờ, COD dòng vào 500-1000 mg/l. Chất lượng nước sau xử lý rất cao nên có thể tái sử dụng cho các mục đích khác nhau. Các kết quả cho thấy, công nghệ MBR làm tăng quá trình phân hủy sinh học các chất ô nhiễm và cải thiện chất lượng nước sau xử lý.

Nguồn nước thải từ trạm tinh chế khí có thành phần dầu cao và thường tách không triệt để nếu dùng phương pháp trọng lực thông thường. Một nghiên cứu đã tiến hành xử lý nước thải này bằng công nghệ MBR [32]. Hình 4 biểu diễn sơ đồ thí nghiệm trong nghiên cứu này. Các kết quả thu được cho thấy, hệ thống MBR có thể đạt hiệu quả xử lý cao và rất ổn định cho dù dòng vào có sự biến động lớn. Các điều kiện vận hành tối ưu xác định được từ nghiên cứu này với HRT 4 giờ và tải trọng xử lý dầu đạt 1,8 kg/m³/ngày.

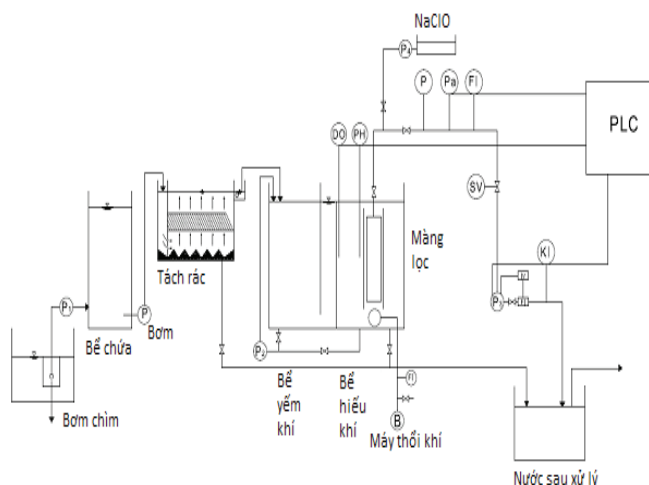
Một nghiên cứu quan trọng khác là sử dụng công nghệ MBR để xử lý NTND từ nhà máy chế tạo động cơ ô tô [27]. Sau quá trình xử lý, hiệu suất xử lý COD, dầu, phenol thu được đều đạt trên 90%. Mặc dù hầu hết các nghiên cứu áp dụng công nghệ xử lý hiếu khí MBR và cho thấy hiệu suất xử lý COD rất cao, nhưng việc ứng dụng công nghệ yếm khí MBR cũng có những ưu việt nhất định [33]. Ví dụ, tải trọng hữu cơ (OLR) có thể lên đến 25 kg/m³/ngày và COD trong dòng ra

thường thấp hơn 500 mg/l, tương ứng với hiệu suất xử lý COD đạt trên 97%. Trong khi đó, OLR đối với quá trình hiếu khí thường chỉ khoảng 0,5-3 kg/m³/ngày.



Hình 4: sơ đồ hệ thống MBR dùng trong nghiên cứu

Quá trình lai ghép giữa công nghệ yếm khí, hiếu khí với MBR cũng đã được nghiên cứu để xử lý NTND [1]. Sơ đồ thí nghiệm được biểu diễn trên hình 5. Các kết quả thu được cho thấy, hiệu suất xử lý COD, BOD rất ổn định và trung bình đạt trên 92%. Hiệu suất xử lý NH₄⁺-N, dầu, độ đục lần lượt đạt 93,7%, 75,3% và 94,6%. Hiệu quả xử lý TP, TSS, SS và phenol đạt lần lượt trên 98,5%, 97,9%, 93,8% và 99,9%. Các kết quả chứng tỏ rằng, công nghệ MBR có thể xử lý NTND đạt hiệu quả rất cao.



Hình 5: sơ đồ hệ thống A/O MBR dùng trong nghiên cứu

Điều kiện về thời gian lưu thủy lực và thời gian lưu bùn

Nhìn chung, NTND chứa hàm lượng các chất hữu cơ rất cao nên hệ thống MBR cũng cần phải kéo dài HRT để đảm bảo đạt hiệu quả xử lý cao. Đối với việc xử lý NTND bằng yếm khí MBR, giá trị HRT thường được duy trì từ 2-10 ngày, còn đối với hệ thống hiếu khí MBR, giá trị HRT thường từ 0,5-3 ngày [1]. Thời gian lưu bùn (SRT) cũng là một thông số vận hành quan trọng. Hệ thống MBR thường được vận hành với SRT lớn và tỷ lệ cơ chất/sinh khối (F/M) thấp để giảm bùn thải phát sinh. Tuy nhiên, khi tăng SRT sẽ làm tăng hỗn hợp bùn - nước thải (MLSS) trong bể và có thể gây ảnh hưởng đến vấn đề tắc màng lọc và có thể làm giảm hoạt tính của bùn [18]. Khoảng SRT thích hợp đối với hệ thống MBR thường từ 20-50 ngày. Các giá trị này cũng phụ thuộc vào HRT và đặc trưng của dòng vào. Đối với hệ thống MBR, hàm lượng MLSS thường được duy trì trong khoảng 12000-15000 mg/l [17].

Điều kiện về pH và nhiệt độ vận hành

Hầu hết các hệ thống MBR đều vận hành ở khoảng pH trung tính. Tuy nhiên, từ bảng 1 cho thấy, pH của các loại NTND có thể dao động khá lớn. Do đó, để xử lý đạt hiệu quả thì cần phải có quá trình ổn định và trung hòa pH của nước thải. Đối với hệ thống BHT khi pH > 12 có thể gây ảnh hưởng lớn đến hoạt động của sinh khối [28]. Do vậy, khoảng giá trị pH này cũng có khả năng ảnh hưởng lớn đến hoạt động của vi khuẩn trong các hệ thống MBR. Các hệ thống MBR hiếu khí thường vận hành ở khoảng nhiệt độ thường (20-30°C), trong khi đó các hệ thống MBR yếm khí lại thường vận hành ở nhiệt độ cao hơn, từ 30-40°C. Nhiệt độ tăng có thể ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý các chất hữu cơ. Tuy nhiên, các hệ thống MBR vận hành ở khoảng nhiệt độ cao lại cho thấy có sự suy giảm về năng suất lọc do năng suất lọc có mối quan hệ tỷ lệ nghịch với độ nhớt của hỗn hợp nước thải [18, 29]. Do đó, cần lưu ý đến việc tăng năng suất lọc khi vận hành hệ thống ở khoảng nhiệt độ cao.

Phương thức kiểm soát hiện tượng tắc nghẽn màng lọc

Hiện tượng tắc màng lọc là một trong những nhược

điểm lớn nhất ngăn cản việc áp dụng công nghệ MBR trong xử lý nước thải. Về cơ bản, hiện tượng tắc màng có thể gây ra bởi các lỗ mao quản bị bít kín bởi các hạt keo, bởi sự hấp phụ của các hợp chất hòa tan và các vi khuẩn, sự bám dính của bùn trên bề mặt màng lọc [30]. Tất cả các thông số liên quan đến thiết kế và vận hành hệ thống MBR đều có thể ảnh hưởng đến vấn đề tắc màng. Các thông số này có thể chia làm bốn nhóm đặc trưng: dòng thải, bùn hoạt tính, màng lọc và điều kiện vận hành [31]. Việc tối ưu quá trình thiết kế thiết bị cũng giúp ích cho việc kiểm soát hiện tượng tắc màng, ví dụ tối ưu quá trình sục khí, các bọt khí mịn và thô có khả năng kiểm soát vấn đề tắc màng [32].

Chi phí cho hệ thống MBR

Chi phí chung cho hệ thống MBR là tổng chi phí đầu tư, vận hành và bảo dưỡng. Chi phí đầu tư chủ yếu bao gồm chi phí cho màng lọc, xây dựng bể phản ứng, thiết bị máy móc. Chi phí vận hành bao gồm năng lượng tiêu tốn, xử lý bùn thải và hóa chất dùng để rửa màng lọc. Chi phí bảo dưỡng chủ yếu liên quan đến việc thay thế màng lọc. Chi phí liên quan đến năng lượng tiêu tốn, xử lý và thải bỏ bùn thải đối với hệ thống MBR lần lượt có thể lên đến 79,6%, 17,9% và 2,5% tổng chi phí vận hành [33]. Năng lượng tiêu tốn ước tính khoảng 0,2-2,4 kWh/m³ và riêng năng lượng cho quá trình sục khí có thể chiếm đến 80% tổng năng lượng tiêu tốn [17]. Tốc độ sục khí và năng suất lọc màng ảnh hưởng rất lớn đến chi phí vận hành [21]. Do vậy, việc nghiên cứu tối ưu giữa năng suất lọc và quá trình sục khí là một yêu cầu cơ bản cho quá trình thiết kế và vận hành hệ thống MBR. Màng lọc cũng chiếm một tỷ lệ chi phí lớn trong các hệ thống MBR. Chi phí đầu tư màng có thể chiếm 25-50% tổng chi phí đầu tư, trong đó, chi phí thay thế màng chiếm khoảng 25-33% tổng chi phí vận hành và bảo dưỡng màng lọc [18]. Nhìn chung, do phải đầu tư thêm màng lọc nên chi phí của công nghệ MBR thường cao hơn so với các công nghệ BHT. Tuy nhiên, tuổi thọ của màng có thể lên đến 11 năm [32] nên chi phí thay thế màng sẽ giảm đáng kể. Ngoài ra, giá thành màng lọc có xu hướng giảm trong thập kỷ gần đây. Năm 1992, giá màng lọc ước tính khoảng 400 USD/m², đến năm 2005, giá màng lọc giảm xuống còn dưới 50 USD/m² [33]. Giá thành

màng lọc giảm là một yếu tố quan trọng để mở rộng ứng dụng công nghệ MBR cho xử lý nước thải.

Kết luận

Dựa vào các thông tin đánh giá từ nhiều nguồn tài liệu khác nhau cho thấy, công nghệ MBR là một công nghệ có tiềm năng và triển vọng lớn áp dụng cho xử lý NTND. Quá trình xử lý có thể thực hiện bằng hệ thống MBR lắp đặt màng bên ngoài hoặc nhúng chìm trong bể phản ứng. Sử dụng công nghệ MBR xử lý NTND hoàn toàn có khả năng đảm bảo nước sau xử lý đạt chất lượng rất cao, đáp ứng được yêu cầu ngày càng khắt khe của các quy định và tiêu chuẩn thải. Tuy nhiên, công nghệ MBR vẫn còn phải đối mặt với nhiều trở ngại khi áp dụng để xử lý NTND. Trong đó, việc áp dụng các biện pháp kiểm soát vấn đề tắc màng lọc sẽ kéo theo các chi phí và các vấn đề phát sinh liên quan đến vận hành, tiêu tốn năng lượng của hệ thống MBR. Vì vậy, để có thể mở rộng khả năng ứng dụng của công nghệ MBR dùng cho xử lý NTND, việc tối ưu hóa các thông số kỹ thuật và hiệu quả vận hành của hệ thống cần tiếp tục được nghiên cứu. Ngoài ra, hiện nay có rất ít nghiên cứu đánh giá về khía cạnh kinh tế khi áp dụng công nghệ MBR xử lý NTND, cho nên đây cũng là một vấn đề cần được đầu tư để thúc đẩy việc ứng dụng công nghệ MBR trong xử lý NTND.

Tài liệu tham khảo

- [1] Zhidong L, Na L, Honglin Z and Dan L (2009), "Study of an A/O Submerged MBR for Oil Refinery Wastewater Treatment", *Petroleum Sci Tech*, **27**, pp.1274-1285.
- [2] Selivanovskaya S.Y, Petrov A.M, Egorova K.V and Naumova R.P (1997), "Protozoan and metazoan communities treating a simulated petrochemical industry wastewater in a rotating disc biological reactor", *World J Microb Biotech*, **13**, pp.511-517.
- [3] Ting W.P, Huang Y.H and Lu M.C (2007), "Catalytic treatment of petrochemical wastewater by Fenton technologies", *React Kinet Catal Lett*, **92**, pp.41-48.
- [4] Zhao X, Wang Y, Ye Z and Ni J (2006), "Oil field wastewater treatment in BAF by immobilized microorganisms", *Process Biochem*, **41**, pp.1475-1483.
- [5] Alinezhad K, Hosseini M, Movagarnejad K and Salehi M (2010), "Experimental and modeling approach to study separation of water in crude oil emulsion under non-uniform electrical field", *Korean J Chem Eng*, **27**, pp.198-205.
- [6] Zeng Y, Yang C, Zhang J and Pu W (2007), "Feasibility investigation of oily wastewater treatment by combination of zinc and PAM in coagulation/flocculation", *J Hazard Mat*, **147**, pp.991-996.
- [7] Stringfellow W.T and Alvarez Cohen L (1999), "Evaluating the relationship between the sorption of PAHs to bacterial biomass", *Water Res*, **33**, pp.2535-2544.
- [8] Tellez G.T, Nirmalakhandan N and Gardea Torresdey J.L (2002), "Performance evaluation of an activated sludge system for removing petroleum hydrocarbons from oilfield produced water", *Adv Env Res*, **6**, pp.455-470.
- [9] Kargi F and Dincer A.R (1996), "Effect of salt concentration on biological treatment of saline wastewater by fed-batch operation", *Enz Microb Tech*, **19**, pp.529-537.
- [10] Tổng cục Môi trường (2011), *Báo cáo quan trắc và phân tích môi trường biển phía Bắc*.
- [11] Brindle K and Stephenson T (1996), "The application of membrane biological reactors for the treatment of wastewaters", *Biotech Bioeng*, **49**, pp.601-610.
- [12] Llop A, Pocurull E and Borrull F (2009), "Evaluation of the Removal of Pollutants from Petrochemical Wastewater Using A MBR Treatment Plant, Water, Air", *Soil Pol*, **197**, pp.349-359.
- [13] Mourato D, Thompson D and Penny J (2006), *Immersed membrane bioreactor for wastewater reclamation and reuse. in Membrane Technology for Wastewater Reclamation and Reuse Conference*, Tel Aviv, Israel, September 9-13.
- [14] Melin T, Jefferson B, Bixio D, Thoeye C, De Wilde W, De Koning J, van der Graaf J and Wintgens T (2006), "Membrane bioreactor technology for wastewater treatment and reuse", *Desal*, **187**, pp.271-282.
- [15] Fakhru'l-Razi A, Alireza P, Luqman C.A, Dayang R.A.B, Sayed S.M, Zurina Z.A (2009), "Review of technologies for oil and gas produced water treatment. Review of technologies for oil and gas produced water treatment", *Journal of Hazardous Materials*, **170**, pp.530-551.
- [16] Judd S (2008), "The status of membrane bioreactor technology", *Trends in Biotech*, **26**, pp.109-116.
- [17] Ersu C.B and Ong S.K (2008), "Treatment of wastewater containing phenol using a tubular ceramic membrane bioreactor", *Env Tech*, **29**, pp.225-234.
- [18] Bacchin P, Aimar P and Field R.W (2006), "Critical and sustainable fluxes: Theory, experiments and applications", *J Mem Sci*, **281**, pp.42-69.
- [19] Patel H and Madamwar D (2002), "Effects of temperatures and organic loading rates on biomethanation of acidic petrochemical wastewater using an anaerobic upflow fixed-film reactor", *Biores Tech*, **82**, pp.65-71.
- [20] Xianling L, Jianping W, Qing Y and Xueming Z (2005), "The pilot study for oil refinery wastewater treatment using a gas-liquid-solid three-phase flow airlift loop bioreactor", *Biochem Eng J*, **27**, pp.40-44.
- [21] Kim B.R, Anderson J.E, Mueller S.A, Gaines W.A, Szafranski M.J, Bremmer A.L, Yarema G.J, Guciardo C.D, Linden S and Doherty T.E (2006), "Design and Startup of a Membrane-Biological-Reactor System at a Ford-Engine Plant for Treating Oily Wastewater", *Water Env Res*, **78**, pp.362-371.

- [22] Salahi A, Abbasi M and Mohammadi T (2010), "Permeate flux decline during UF of oily wastewater: Experimental and modeling", *Desal*, **251**, pp.153-160.
- [23] Cao C.Y and Zhao Y.H (2012), "The Comparison of MBBR and ASP for Treatment on Petrochemical Wastewater", *Petroleum Sci Tech*, **30**, pp.1461-1467.
- [24] Ahmadi S, Sardari E, Katal R and Sefti M (2012), "Removal of oil from biodiesel wastewater by electrocoagulation method", *Korean J Chem Eng*, pp.1-8.
- [25] Scholz W and Fuchs W (2000), "Treatment of oil contaminated wastewater in a membrane bioreactor", *Water Res*, **34**, pp.3621-3629.
- [26] Tri P.T, Visvanathan C and Jegatheesan (2006), "Biological treatment of oily wastewater from gas stations by membrane bioreactor", *J Env Eng Sci*, **5**, pp.309-316.
- [27] P.J Van Zyl M.C.W, G.A Ekama and K.J Riedel (2008), "Design and start-up of a high rate anaerobic membrane bioreactor for the treatment of a low pH, high strength, dissolved organic waste water", *Water Sci Tech*, **57**, pp.291-295.
- [28] Han S.S, Bae T.H, Jang G.G and Tak T.M (2005), "Influence of sludge retention time on membrane fouling and bioactivities in membrane bioreactor system", *Process Biochem*, **40**, pp.2393-2400.
- [29] Chong N.M, Pai S.L and Chen C.H (1997), "Bioaugmentation of an activated sludge receiving pH shock loadings", *Biorese Tech*, **59**, pp.235-240.
- [30] Visvanathan C, Choudhary M.K and Jegatheesan V (2007), "Landfill leachate treatment using thermophilic membrane bioreactor", *Desal*, **204**, pp.8-16.
- [31] Yun M.A, Yeon K.M, Park J.S, Lee C.H, Chun J and Lim D.J (2006), "Characterization of biofilm structure and its effect on membrane permeability in MBR for dye wastewater treatment", *Water Res*, **40**, pp.45-52.
- [32] Hwang B.K, Lee W.N, Yeon K.M, Drews A and Kraume M (2008), "Correlating TMP Increases with Microbial Characteristics in the Bio-Cake on the Membrane Surface in a Membrane Bioreactor", *Env Sci Tech*, **42**, pp.3963-3968.
- [33] Santos A and Judd S (2010), "The Commercial Status of Membrane Bioreactors for Municipal Wastewater", *Sep Sci Tech*, **45**, pp.850-857.

Đánh giá hiệu quả hệ thống cung cấp nước nóng dùng bộ thu năng lượng mặt trời kết hợp với bơm nhiệt

Tạ Văn Chương, Nguyễn Nguyên An*

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Ngày nhận bài 29.1.2015, ngày gửi phản biện 4.2.2015, ngày nhận phản biện 16.3.2015, ngày chấp nhận đăng 27.3.2015

Bài báo trình bày việc xây dựng một phương pháp đánh giá hiệu quả của hệ thống sản xuất nước nóng dùng bộ thu năng lượng mặt trời (NLMT) kết hợp với bơm nhiệt (lắp đặt tại khách sạn Thế giới xanh, TP Nha Trang) dựa trên các số liệu hoạt động của hệ thống. Trên cơ sở phân tích hoạt động của hệ thống đã xác định được các đại lượng cần đo và xây dựng được một hệ thống đo, thu thập số liệu tự động. Thông qua các số liệu thu thập được, các chỉ tiêu đặc trưng cho hiệu quả sử dụng của hệ thống như: mức độ tiêu thụ năng lượng, phân bố năng lượng, khả năng tiết kiệm năng lượng, mức độ giảm phát thải CO_2 ... đã được xác định. Đây là cơ sở để phát triển và tối ưu hóa các hệ thống sản xuất nước nóng tương tự trong tương lai.

Từ khóa: bộ thu năng lượng mặt trời, bơm nhiệt, năng lượng, nhiệt độ, phát thải CO_2 .

Chỉ số phân loại 2.11

EVALUATION OF THE EFFECTS OF HOT WATER PRODUCTION SYSTEM USING SOLAR COLLECTOR COMBINED WITH HEAT PUMP

Summary

The paper presents the development of a method to evaluate the effect of hot water production system using solar collector combined with heat pump (at Green World hotel, Nha Trang) based on the operation data of the system. On the basis of analysing the system operation, the parameters to be measured in the system have been determined, and a measuring and data collecting system has been built. Through the collected data, the indicators characterising the efficiency of the system such as energy consumption, energy distribution, energy saving capability, CO_2 emissions reduction, and so on of the system have been determined. These results provide a basis to develop and optimise other similar hot water production systems in the future.

Keywords: CO_2 emission, energy, heat pump, solar collector, temperature.

Classification number 2.11

Bảng các ký hiệu sử dụng

$C_{p, hp}$	Nhiệt dung riêng đẳng áp của nước qua bơm nhiệt	kJ/kg.K
$C_{p, sol}$	Nhiệt dung riêng đẳng áp của nước qua bộ thu NLMT	kJ/kg.K
$C_{p, sd}$	Nhiệt dung riêng đẳng áp của nước đưa đi sử dụng	kJ/kg.K
$EF_{CO_2, e}$	Hệ số phát thải CO_2 trong sản xuất điện	kg/kWh
G_{CO_2}	Khối lượng CO_2	kg/ngày
P_e	Công suất tiêu thụ điện của hệ thống	kWh/ngày
Q_{sd}	Nhiệt lượng dùng sản xuất nước nóng	kWh/ngày
Q_{hp}	Nhiệt lượng cung cấp bởi bơm nhiệt	kWh/ngày
Q_{sol}	Nhiệt lượng cung cấp bởi NLMT	kWh/ngày
$t_{hp, in}$	Nhiệt độ nước vào bơm nhiệt	$^{\circ}\text{C}$
$t_{hp, out}$	Nhiệt độ nước ra khỏi bơm nhiệt	$^{\circ}\text{C}$
$t_{hp, tb}$	Nhiệt độ trung bình của nước qua bơm nhiệt	$^{\circ}\text{C}$
t_{nc}	Nhiệt độ nước lạnh cấp vào hệ thống	$^{\circ}\text{C}$
t_{sd}	Nhiệt độ nước nóng đi sử dụng	$^{\circ}\text{C}$
t_{tb}	Nhiệt độ trung bình của nước qua hệ thống	$^{\circ}\text{C}$
$t_{sol, in}$	Nhiệt độ nước vào bộ thu NLMT	$^{\circ}\text{C}$
$t_{sol, out}$	Nhiệt độ nước ra khỏi bộ thu NLMT	$^{\circ}\text{C}$
$t_{sol, tb}$	Nhiệt độ trung bình của nước qua bộ thu NLMT	$^{\circ}\text{C}$
V_{hp}	Thể tích nước qua bơm nhiệt	$\text{m}^3/\text{ngày}$
V_{sol}	Thể tích nước qua bộ thu NLMT	$\text{m}^3/\text{ngày}$
V_{sd}	Thể tích nước nóng sử dụng	$\text{m}^3/\text{ngày}$
$\rho_{n, hp}$	Khối lượng riêng của nước qua bơm nhiệt	kg/m^3
$\rho_{n, sol}$	Khối lượng riêng của nước qua bộ thu NLMT	kg/m^3
$\rho_{n, sd}$	Khối lượng riêng của nước đưa đi sử dụng	kg/m^3

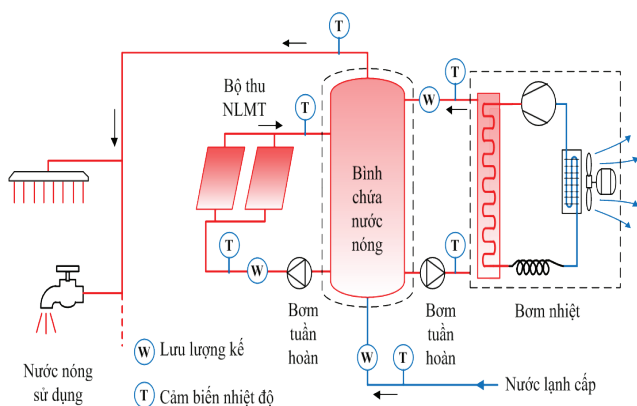
*Tác giả chính: Email: an.nguyennghien@hust.edu.vn

Đặt vấn đề

Năng lượng dùng cho sản xuất nước nóng luôn chiếm tỷ lệ lớn trong các tòa nhà cũng như các hộ dân cư [1, 2]. Vì vậy, việc sử dụng năng lượng hiệu quả trong sản xuất nước nóng có đóng góp không nhỏ trong việc giải quyết vấn đề an ninh năng lượng và rộng hơn là vấn đề biến đổi khí hậu. Có nhiều phương pháp nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trong sản xuất nước nóng đang được áp dụng hiện nay. Trong đó, nổi bật nhất là phương pháp sử dụng bộ thu NLMT kết hợp với bơm nhiệt vừa được nghiên cứu và đang áp dụng thử nghiệm tại khách sạn Thế giới xanh, TP Nha Trang. Đây là một khách sạn 4 sao với quy mô 201 phòng nghỉ khách sạn và 27 căn hộ du lịch cao cấp được bố trí trong một tòa nhà cao 21 tầng tọa lạc tại số 44, đường Nguyễn Thị Minh Khai, TP Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa [3]. Để tạo cơ sở cho việc phát triển và nhân rộng hệ thống sản xuất nước nóng theo phương pháp vừa nêu, những đánh giá, phân tích khoa học về hiệu quả của hệ thống đang thử nghiệm là cần thiết.

Mô tả hệ thống

Hình 1 là sơ đồ nguyên lý của hệ thống sản xuất nước nóng dùng bộ thu NLMT kết hợp với bơm nhiệt (sau đây được gọi là hệ thống), được xây dựng phục vụ cho nghiên cứu này. Trong đó, hệ thống gồm 2 phần chính (kết nối song song với bình chứa nước nóng 30 m³), là các bộ thu NLMT cấu tạo từ các ống hấp thụ NLMT kiểu chân không và phần các bơm nhiệt dự phòng. Ngoài ra, các thiết bị khác như: bơm nước, van một chiều, van chặn, cảm biến nhiệt độ, lưu lượng kế đã được lắp đặt để đảm bảo hệ thống hoạt động.



Hình 1: sơ đồ nguyên lý hệ thống sản xuất nước nóng dùng bộ thu NLMT kết hợp với bơm nhiệt

Về nguyên lý hoạt động, khi có bức xạ mặt trời, nhiệt năng hấp thụ được tại các bộ thu NLMT của hệ thống sẽ làm tăng nhiệt độ của nước. Khi độ tăng nhiệt độ đủ lớn, các bơm nước tuần hoàn của hệ thống NLMT sẽ hoạt động, nhờ đó nhiệt năng hấp thụ được ở các bộ thu NLMT sẽ được tích vào trong bình chứa nước nóng. Trường hợp nhiệt năng thu được từ NLMT không đáp ứng đủ cho nhu cầu sử dụng, các bơm nhiệt sẽ được kích hoạt và nhiệt năng mà nó tạo ra cũng được tích vào bình chứa nước nóng để đáp ứng nhu cầu sử dụng. Với nguyên lý hoạt động nêu trên, hệ thống có khả năng cung cấp nước nóng trong mọi điều kiện thời tiết với các thông số kỹ thuật như ở bảng 1.

Bảng 1: thông số kỹ thuật của hệ thống sản xuất nước nóng dùng bộ thu NLMT kết hợp với bơm nhiệt

TT	Thiết bị	Thông số	Giá trị
1	Bộ thu NLMT	Loại ống hấp thụ	Kiểu thủy tinh chân không
		Kích cỡ ống	Φ 58 mm, L1750 mm
		Số lượng ống hấp thụ	1350 ống
		Số lượng bộ thu NLMT	27 bộ
		Diện tích bề mặt hấp thụ tương đương	179 m ²
2	Bơm nhiệt	Công suất	20 kW
		Số lượng	5 cái
3	Bình chứa nước nóng	Dung tích	30 m ³
		Cách nhiệt	Polyurethal, khối lượng riêng 30 kg/m ³ , dày 90 mm

Quá trình hoạt động của hệ thống phụ thuộc trực tiếp vào điều kiện thời tiết (như: nhiệt độ môi trường, cường độ bức xạ mặt trời...). Tùy theo điều kiện thời tiết và nhiệt độ của nước trong bình chứa nước nóng mà hệ thống có thể hoạt động trong các trạng thái sau: các bộ thu NLMT và bơm nhiệt cùng hoạt động, chỉ các bộ thu NLMT hoạt động hoặc chỉ các bơm nhiệt hoạt động. Khi vận hành thực tế, cả 3 trạng thái hoạt động của hệ thống nêu trên đều có thể xảy ra, trong đó trạng thái chỉ các bộ thu NLMT hoạt động thường gặp khi trời nắng, còn trạng thái chỉ các bơm nhiệt hoạt động thường xảy ra về đêm hoặc sáng sớm khi nhiệt độ nước nóng trong hệ thống thấp mà NLMT không có.

Phương pháp đánh giá

Năng lượng nhiệt cần thiết để sản xuất nước nóng

đáp ứng nhu cầu sử dụng của hộ tiêu thụ được xác định thông qua thể tích nước sử dụng và nhiệt độ vào - ra của nước theo công thức (1).

$$Q_{sd} = V_{sd} \cdot \rho_{n,sd} \cdot C_{p,sd} (t_{sd} - t_{nc}) \quad (1)$$

Trong đó, thể tích nước nóng sử dụng V_{sd} và nhiệt độ nước lạnh cấp vào hệ thống t_{nc} cũng như nước nóng đi sử dụng t_{sd} là những đại lượng có thể đo đạc trực tiếp thông qua hệ thống thí nghiệm, còn khối lượng riêng $\rho_{n,sd}$ và nhiệt dung riêng đẳng áp $C_{p,sd}$ của nước đã sử dụng là những đại lượng vật lý phụ thuộc vào nhiệt độ. Một cách gần đúng có thể xác định $\rho_{n,sd}$ và $C_{p,sd}$ theo nhiệt độ trung bình của nước qua hệ thống theo công thức (2).

$$t_{tb} = \frac{t_{nc} + t_{sd}}{2} \quad (2)$$

Mặt khác, theo phân tích hoạt động của hệ thống, năng lượng nhiệt dùng để sản xuất nước nóng này là tổng hợp của nhiệt năng thu được từ hoạt động của các bộ thu NLMT và các bơm nhiệt xác định theo công thức (3).

$$Q_{sd} = Q_{sol} + Q_{hp} \quad (3)$$

Trong công thức (3), năng lượng nhiệt cung cấp bởi bộ thu NLMT được xác định bởi công thức (4).

$$Q_{sol} = V_{sol} \cdot \rho_{n,sol} \cdot C_{p,sol} (t_{sol,out} - t_{sol,in}) \quad (4)$$

Q_{hp} là phần năng lượng cung cấp bởi bơm nhiệt, nó có thể được tính dựa trên cơ sở cân bằng năng lượng trong thiết bị ngưng tụ giữa nước và môi chất lạnh về phía nước theo công thức (5).

$$Q_{hp} = V_{hp} \cdot \rho_{n,hp} \cdot C_{p,hp} (t_{hp,out} - t_{hp,in}) \quad (5)$$

Tương tự như trên, ta cũng xác định được nhiệt độ trung bình của nước qua bộ thu NLMT và qua bơm nhiệt theo công thức (6) và (7) tương ứng.

$$t_{sol,tb} = \frac{t_{sol,in} + t_{sol,out}}{2} \quad (6)$$

$$t_{hp,tb} = \frac{t_{hp,in} + t_{hp,out}}{2} \quad (7)$$

Một trong những ưu điểm nổi bật của hệ thống là khả năng giảm phát thải CO_2 , một loại khí có hại đối với môi trường. Phát thải CO_2 của hệ thống có thể xác định được dựa trên lượng điện năng tiêu thụ của hệ thống và hệ số phát thải CO_2 trong sản xuất điện theo công thức (8).

$$G_{co_2} = P_e \cdot EF_{CO_2,e} \quad (8)$$

Trong đó, $EF_{CO_2,e}$ là hệ số phát thải CO_2 trong sản xuất điện. Theo [4], trong ngành năng lượng nước ta, các nhà máy điện than đóng góp 54% phát thải CO_2 , các nhà máy điện khí đóng góp 40% và trung bình mỗi kWh điện phát thải 0,62 kg CO_2 . Một điểm quan trọng là hoạt động của hệ thống sản xuất nước nóng dùng bộ thu NLMT kết hợp với bơm nhiệt luôn thay đổi phụ thuộc vào điều kiện môi trường. Để đánh giá hiệu quả hoạt động của hệ thống một cách chính xác cần phải có nhiều số liệu thực nghiệm ứng với các trạng thái hoạt động khác nhau của hệ thống. Do đó, các số liệu thực nghiệm cần được đo đạc và lưu giữ để xử lý. Để làm được điều này, toàn bộ các thiết bị đo, như bố trí tại hình 1, được kết nối với một hệ thống tự ghi số liệu, cho phép ghi nhận sự thay đổi của các thông số làm việc như: nhiệt độ nước lạnh cấp vào hệ thống t_{nc} , nhiệt độ nước nóng đi sử dụng t_{sd} , nhiệt độ nước vào bộ thu NLMT $t_{sol,in}$, nhiệt độ nước ra khỏi bộ thu NLMT $t_{sol,out}$, nhiệt độ nước vào bơm nhiệt $t_{hp,in}$, nhiệt độ nước ra khỏi bơm nhiệt $t_{hp,out}$, thể tích nước nóng sử dụng V_{sd} , thể tích nước qua bộ thu NLMT V_{sol} và thể tích nước qua bơm nhiệt V_{hp} với tần suất 10 s/lần.

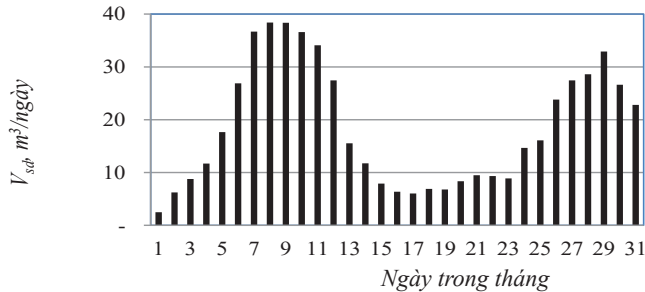
Kết quả

Trên cơ sở phân tích và tính toán các số liệu thực nghiệm từ hệ thống đo và tự ghi số liệu, một số đặc tính làm việc thể hiện hiệu quả làm việc của hệ thống đã được xác định:

Tiêu thụ năng lượng của hệ thống

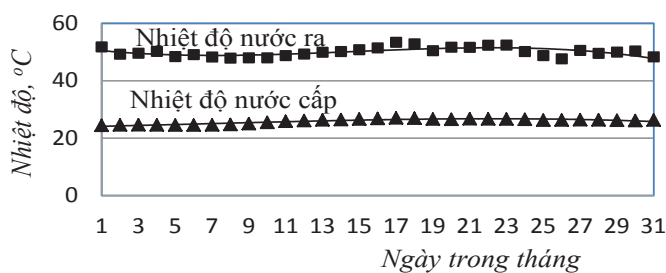
Theo công thức (1), để tính toán tiêu thụ năng lượng của hệ thống cần có các thông số: thể tích nước nóng sử dụng V_{sd} , nhiệt độ nước lạnh cấp vào hệ thống t_{nc} , và nhiệt độ nước nóng đi sử dụng t_{sd} . Yêu cầu quan trọng đối với hệ thống sản xuất nước nóng là phải đáp ứng đủ 100% nhu cầu của hộ tiêu thụ, do đó sản lượng nước nóng của hệ thống cũng chính là lượng nước nóng mà

hệ tiêu thụ sử dụng. Lượng nước này thay đổi theo nhu cầu sử dụng từng ngày và được thể hiện ở hình 2. Theo đó, trong thời gian khảo sát, sản lượng nước nóng của hệ thống đạt giá trị cực đại là $38,4 \text{ m}^3/\text{ngày}$ và cực tiểu là $2,48 \text{ m}^3/\text{ngày}$.



Hình 2: sản lượng nước nóng của hệ thống trong tháng 1.2014

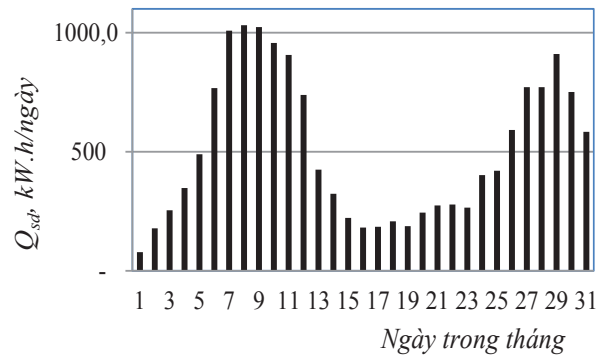
Sau khi thu thập và xử lý các số liệu, ta xác định được nhiệt độ trung bình của nước cấp và nước ra của hệ thống theo từng ngày. Kết quả các giá trị nhiệt độ này được biểu diễn ở hình 3.



Hình 3: nhiệt độ trung bình của nước cấp và nước nóng đưa đi sử dụng trong tháng 1.2014

Theo hình 3, nhiệt độ trung bình của nước lạnh cấp theo ngày ít thay đổi (thấp nhất là 24°C và cao nhất là 27°C). Có điều này là do nhiệt độ môi trường tại TP Nha Trang tương đối ổn định. Nhiệt độ trung bình nước lạnh cấp tính trong cả tháng là $25,9^\circ\text{C}$. Nhiệt độ nước nóng đầu ra đưa đi sử dụng phụ thuộc vào nhu cầu sử dụng, thời tiết và chế độ điều khiển và có giá trị trung bình trong tháng là 50°C .

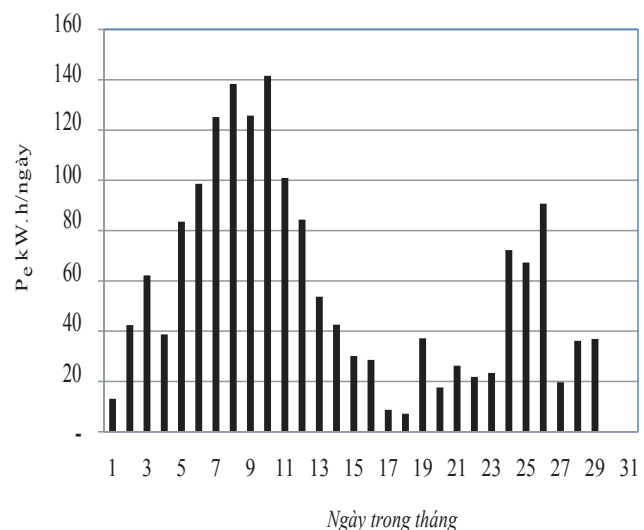
Sử dụng các kết quả về lưu lượng nước nóng sử dụng V_{sd} , nhiệt độ nước lạnh cấp vào hệ thống t_{nc} và nhiệt độ nước nóng đi sử dụng t_{sd} như trên, công thức (1) giúp ta tính được tiêu thụ năng lượng của hệ thống sản xuất nước nóng. Kết quả tính toán trong tháng 1.2014 được biểu diễn ở biểu đồ (hình 4).



Hình 4: tiêu thụ năng lượng của hệ thống trong tháng 1.2014

Công suất tiêu thụ điện của hệ thống

Công suất tiêu thụ điện là một thông số kỹ thuật quan trọng của hệ thống và là cơ sở để so sánh, đánh giá mức độ tiết kiệm năng lượng của hệ thống. Công suất tiêu thụ điện của hệ thống sản xuất nước nóng chính là công suất tiêu thụ điện của hệ thống bơm nhiệt và có thể xác định thông qua số chỉ của công tơ điện ghi lại. Thời gian hoạt động của bơm nhiệt trong hệ thống thay đổi theo từng ngày phụ thuộc nhu cầu tiêu thụ nước nóng và điều kiện thời tiết, do đó công suất tiêu thụ điện của hệ thống cũng thay đổi theo từng ngày (hình 5). Theo số liệu thu thập được, công suất tiêu thụ điện dùng để sản xuất nước nóng của hệ thống lớn nhất là 140 kW.h/ngày và nhỏ nhất là 0 kW.h/ngày , ứng với ngày NLMT đủ đáp ứng nhu cầu sử dụng.

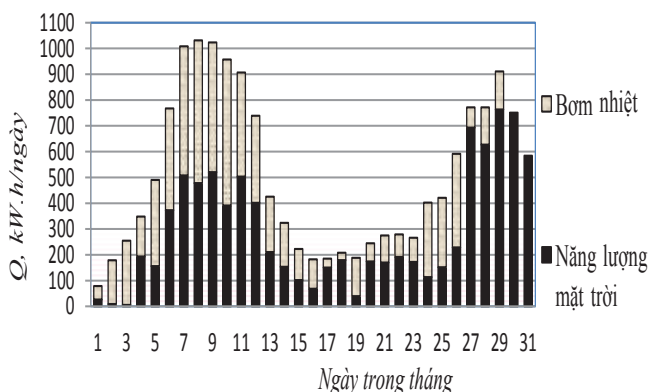


Hình 5: công suất tiêu thụ điện thực tế của hệ thống trong tháng 1.2014

Phân bố năng lượng sử dụng trong hệ thống

Đặc trưng của hệ thống là năng lượng dùng để sản xuất nước nóng được cung cấp bởi hai nguồn, đó là các bộ thu NLMT và hệ thống bơm nhiệt. Việc xác định chính xác từng thành phần là cơ sở để đánh giá mức độ tiêu thụ điện cũng như các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật, môi trường khác của hệ thống.

Theo (1), tiêu thụ năng lượng của toàn bộ hệ thống đã được xác định. Do đó, ta chỉ cần xác định phần năng lượng được cung cấp từ các bộ thu NLMT hoặc bơm nhiệt. Theo công thức (5) và sử dụng các số liệu thực nghiệm thu thập được trong quá trình hoạt động của hệ thống ta có thể xác định phần năng lượng cung cấp từ bơm nhiệt, từ đó dễ dàng xác định phần năng lượng cung cấp từ NLMT. Kết quả phân bố năng lượng này được thể hiện ở hình 6.



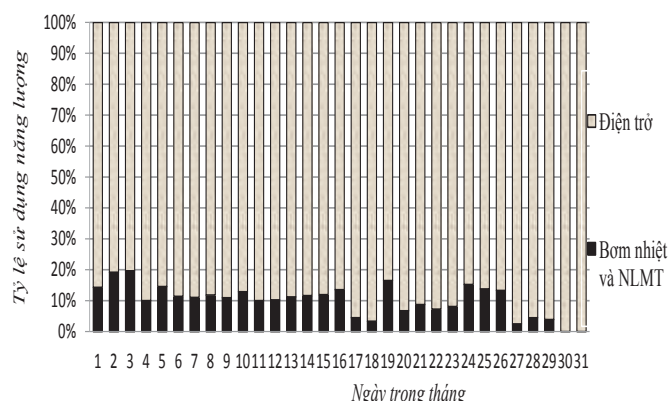
Hình 6: phân bố năng lượng sử dụng trong hệ thống trong tháng 1.2014

Hình 6 thể hiện phân bố NLMT và năng lượng bơm nhiệt trong hệ thống cấp nước nóng trong tháng 1.2014. Trong tháng này, tỷ lệ NLMT để gia nhiệt nước nóng là 53,75%. Với những ngày nhiều nắng (ngày 30, 31), tỷ lệ này là 100%, có nghĩa là hệ thống bơm nhiệt không cần hoạt động cũng đảm bảo nhu cầu sử dụng nước nóng của hộ tiêu thụ.

Khả năng tiết kiệm năng lượng của hệ thống

Ưu điểm chính của hệ thống là khả năng tiết kiệm năng lượng. Vì vậy, trong quá trình hoạt động của hệ thống cần tính toán, phân tích, đánh giá chi tiết về chi tiêu tiết kiệm năng lượng của hệ thống, làm cơ sở để so sánh với các hệ thống sản xuất nước nóng khác. Để đánh giá mức độ tiết kiệm năng lượng của hệ thống, ta

so sánh hệ thống với phương án sản xuất nước nóng thay thế thông dụng khác là phương án dùng điện trở. Hiện nay, phương án này vẫn được sử dụng rộng rãi do có ưu điểm là chi phí đầu tư tương đối thấp. Trong phương án sử dụng điện trở, khi giả thiết hiệu suất biến đổi điện thành nhiệt là 100% thì công suất điện cần thiết cũng chính bằng công suất nhiệt của hệ thống. Kết quả so sánh giữa hai phương án được thể hiện ở hình 7.

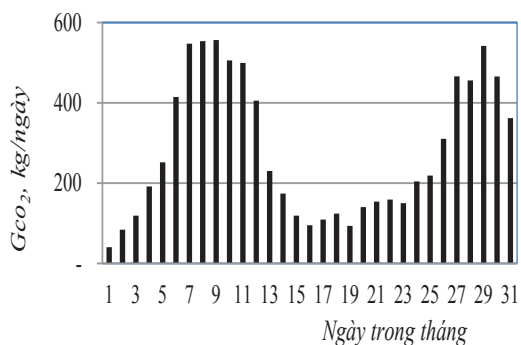


Hình 7: so sánh mức tiêu thụ năng lượng của hệ thống với phương án cấp nhiệt bằng điện trở, tháng 1.2014

Theo hình 7, tiêu thụ điện trung bình của hệ thống sản xuất nước nóng dùng bộ thu NLMT kết hợp với bơm nhiệt chỉ bằng 10,6% phương án sử dụng điện trở. Và trong ngày tiêu thụ điện cao nhất, tỷ lệ này cũng chưa tới 20%. Từ đây có thể thấy khả năng tiết kiệm năng lượng lớn của hệ thống.

Mức độ giảm phát thải CO₂ so với dùng phương pháp truyền thống

Việc sản xuất và sử dụng các nguồn năng lượng truyền thống như điện luôn kèm theo việc phát thải ra khí CO₂ gây hiệu ứng nhà kính. Hệ thống sản xuất nước nóng sử dụng NLMT kết hợp với bơm nhiệt tiêu thụ ít năng lượng điện đồng nghĩa với việc phát thải ít CO₂. Theo công thức (8), lượng phát thải CO₂ trong hệ thống tỷ lệ thuận với điện năng tiêu thụ, do đó hình 7 cũng thể hiện tỷ lệ CO₂ mà hệ thống phát thải so với dùng phương pháp điện trở truyền thống. Ngoài ra, sử dụng công thức (8) ta dễ dàng xác định được lượng giảm phát thải CO₂ của hệ thống. Kết quả lượng giảm phát thải CO₂ này được thể hiện trên hình 8.



Hình 8: lượng giảm phát thải CO₂ của hệ thống so với dùng phương án truyền thống, tháng 1.2014

Theo kết quả tính toán thể hiện trên hình 8, trong tháng khảo sát, lượng giảm phát thải CO₂ của hệ thống là 8744,5 kg.

Kết luận

Các tác giả đã xây dựng được một hệ thống đo và tự ghi số liệu cho hệ thống sản xuất nước nóng bằng NLMT kết hợp với bơm nhiệt. Trên cơ sở phân tích, xử lý các số liệu thực nghiệm thu được, các tác giả đã tiến hành đánh giá hiệu quả của hệ thống sản xuất nước nóng sử dụng bộ thu NLMT kết hợp với bơm nhiệt trên một số chỉ tiêu như: mức độ tiêu thụ năng lượng, phân bố năng lượng, khả năng tiết kiệm năng lượng, giảm phát thải CO₂... Kết quả thu được, khi so sánh với phương án sản xuất nước nóng bằng điện trở, tiêu thụ điện trung bình của hệ thống giảm còn 10,6% và lượng giảm phát thải CO₂ của hệ thống là 8744,5

kg/tháng. Qua đó cho thấy ưu điểm về sử dụng năng lượng một cách hiệu quả cũng như khía cạnh bảo vệ môi trường của hệ thống sản xuất nước nóng sử dụng bộ thu NLMT kết hợp với bơm nhiệt.

Đặc trưng của hệ thống sản xuất nước nóng dùng bộ thu NLMT kết hợp với bơm nhiệt là hoạt động của nó phụ thuộc vị trí địa lý, mùa, điều kiện môi trường... Để kết quả nghiên cứu thực nghiệm có ý nghĩa ứng dụng cao thì thời gian thực nghiệm, thu thập số liệu phải đủ lớn, tối thiểu là 1 năm. Do đó, cần tiếp tục duy trì hệ thống đo và tự ghi số liệu để thu thập thêm số liệu làm cơ sở dữ liệu thực nghiệm để mở rộng phạm vi nghiên cứu sau này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Lu Aye, W.W.S Charters and C Chaichana (2002), "Solar heat pump systems for domestic hot water", *Solar Energy*, **73**, 169-175.
- [2] T.T Chow, G Pei, K.F Fong, Z Lin, A.L.S Chan, M He (2010), "Modeling and application of direct-expansion solar-assisted heat pump for water heating in subtropical Hong Kong", *Applied Energy*, **87**, 643-649.
- [3] Nguyễn Nguyên An (2013), "Xây dựng hệ thống cung cấp nước nóng gia dụng kết hợp bộ thu NLMT và bơm nhiệt", *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số **1+24**.
- [4] Tổng cục Năng lượng, Bộ Công thương (2012), *Nghiên cứu, xây dựng hệ số phát thải (EF) của lưới điện Việt Nam*.

QUY ĐỊNH VỀ BÀI VIẾT ĐĂNG TẢI TRÊN TẠP CHÍ

Yêu cầu chung

Bài viết gửi đăng trên Tạp chí phải là bài viết nguyên thủy (chưa được công bố trước đó). Tác giả không được gửi đăng bài viết trên các tạp chí khác cho đến khi có quyết định xét duyệt của Ban Biên tập.

Bài báo dài không quá 10 trang (bao gồm cả bảng biểu, ghi chú, tài liệu tham khảo và phụ lục); font chữ: Times New Roman; cỡ chữ 13; khổ giấy A4, lề trên 2 cm, lề dưới 2 cm, lề trái 3 cm, lề phải 2 cm.

Bài viết gửi về Tòa soạn dưới dạng file mềm và bản in; có thể gửi trực tiếp đến Tạp chí (Phòng 507, số 113 Trần Duy Hưng, Cầu Giấy, Hà Nội) hoặc qua hòm thư điện tử, địa chỉ: khcnvn@most.gov.vn.

Tên bài báo

- Tên bài báo được viết bằng tiếng Việt và tiếng Anh, trên trang đầu của bài báo, không gạch chân hay viết nghiêng.

- Tên bài báo phải ngắn gọn, rõ ràng và phù hợp với nội dung bài báo.

- Phía dưới tên bài báo là tên tác giả không viết chức danh và học hàm, học vị. Nếu có nhiều tác giả làm việc ở các cơ quan khác nhau thì tên tác giả được đánh số (^{1,2...}) ở phía trên. Dấu hoa thị (*) chỉ tác giả liên hệ, được viết ở cuối trang đầu tiên của bài báo.

Tóm tắt

Tóm tắt bằng tiếng Việt và tiếng Anh. Nêu được mục đích, phương pháp nghiên cứu chính, kết quả nghiên cứu và kết luận chủ yếu. Từ khoá bằng cả tiếng Việt và tiếng Anh theo thứ tự alphabet. Chỉ số phân loại (theo hướng dẫn).

Dẫn nhập/đặt vấn đề

Định nghĩa vấn đề, tóm lược vấn đề nghiên cứu đã được công bố trong và ngoài nước, nêu mục tiêu nghiên cứu và giải thích sự lựa chọn đề tài và mục tiêu nghiên cứu để thấy được tính thời sự, tính khoa học và sự cần thiết của vấn đề nghiên cứu.

Đối tượng và phương pháp

Đối tượng nghiên cứu cần trình bày tiêu chuẩn lựa chọn, đặc điểm đối tượng nghiên cứu.

Phương pháp nghiên cứu cần nêu rõ cách tiếp cận nghiên cứu, loại hình nghiên cứu, phương pháp đo lường, công thức tính cỡ mẫu, phương pháp xử lý số liệu, mô tả kỹ các kỹ thuật tiến hành trong nghiên cứu; các quan điểm, lập luận, ý kiến tranh luận, các dẫn chứng...

Kết quả

Trình bày đầy đủ, khách quan các kết quả thu được sau nghiên cứu, các kết quả này phải phục vụ cho mục tiêu nghiên cứu. Các số liệu phải chính xác và khớp với nhau.

Phần kết quả nghiên cứu chỉ trình bày các kết quả nghiên cứu của đề tài, không giải thích, so sánh và bàn luận.

Bàn luận

Chủ yếu bàn luận các vấn đề liên quan đến mục tiêu đề tài.

Nhận xét, đánh giá một cách khách quan các kết quả nghiên cứu, có so sánh với các tác giả khác để khẳng định hoặc phủ định những hiểu biết đã có, qua đó nêu được những điểm mới và đóng góp của đề tài.

Dự báo hướng nghiên cứu tiếp và khả năng ứng dụng các kết quả nghiên cứu vào thực tiễn.

Kết luận

Nêu kết quả nghiên cứu chủ yếu của đề tài có tính khái quát liên quan đến mục tiêu nghiên cứu, đề xuất các vấn đề tiếp tục nghiên cứu.

Chú thích và tài liệu tham khảo

Chú thích được đánh số theo thứ tự xuất hiện (^{1,2,3...}) và được trình bày ngay ở cuối trang viết (footnote). Các tài liệu tham khảo được đánh số theo thứ tự xuất hiện để chỉ dẫn chúng được trích dẫn ở đâu trong bài báo. Số thứ tự được đánh trong ngoặc vuông, ví dụ: [3] với 1 hoặc [2, 5, 7-9] với nhiều số chỉ dẫn.

Tác giả (Năm xuất bản), "Tên tài liệu được trích dẫn", *Tên nguồn*, **tập (số)**, pp<trang đầu-trang cuối>

Tác giả: là tác giả/các tác giả của tài liệu được tham khảo, trích dẫn.

Năm xuất bản: năm xuất bản của tài liệu được tham khảo, trích dẫn.

Tên tài liệu được trích dẫn: là tên bài báo, chương/phần sách...

Tên nguồn có thể là tên tạp chí, tên sách, hay tên tài liệu gốc của tài liệu được trích dẫn (phần này được in nghiêng).

Tập (số): dành cho nguồn trích là tạp chí, sách hoặc các xuất bản phẩm khác (phần này in đậm).

Trang đầu-trang cuối là số thứ tự các trang phản ánh nơi cư trú của tài liệu được trích dẫn trong tài liệu nguồn.

Chú ý: nếu có ≥ 2 tài liệu tham khảo do cùng 1 tác giả/nhóm tác giả, cùng năm công bố, thì các tài liệu tham khảo này cần được đánh dấu a, b... sau năm xuất bản (ví dụ: 1986a).

Nếu có một số tài liệu tham khảo trong cùng 1 bài báo được trích dẫn có số trang khác nhau thì cần trích dẫn thêm số trang, ví dụ: Kitchen (1982, p 39).

Các yêu cầu khác

- Bài viết không đạt yêu cầu, Tòa soạn không trả lại bản thảo.

- Bài viết chỉ được đăng khi phản biện nhận xét về chất lượng bài báo đồng ý cho đăng.

- Bản quyền: tác giả đồng ý trao bản quyền bài viết (bao gồm cả phần tóm tắt) cho Ban Biên tập Tạp chí.

PHÂN LOẠI LĨNH VỰC KHOA HỌC

1. Khoa học tự nhiên

- 1.1. Toán học và thống kê
- 1.2. Khoa học máy tính và thông tin
- 1.3. Vật lý
- 1.4. Hóa học
- 1.5. Khoa học trái đất và môi trường
- 1.6. Khoa học sự sống
- 1.7. Khoa học nano
- 1.8. Khoa học tính toán
- 1.9. Các lĩnh vực khác của khoa học tự nhiên

2. Khoa học kỹ thuật và công nghệ

- 2.1. Kỹ thuật dân dụng: kỹ thuật kiến trúc; kỹ thuật xây dựng; kỹ thuật kết cấu và đô thị; kỹ thuật giao thông vận tải; kỹ thuật thủy lợi; kỹ thuật địa chất công trình
- 2.2. Kỹ thuật điện, kỹ thuật điện tử, kỹ thuật thông tin
- 2.3. Kỹ thuật cơ khí, chế tạo máy
- 2.4. Kỹ thuật hóa học
- 2.5. Kỹ thuật vật liệu và luyện kim
- 2.6. Kỹ thuật y học
- 2.7. Kỹ thuật môi trường
- 2.8. Công nghệ sinh học công nghiệp
- 2.9. Công nghệ nano
- 2.10. Kỹ thuật thực phẩm và đồ uống
- 2.11. Các lĩnh vực khác của khoa học kỹ thuật và công nghệ

3. Khoa học y - dược

- 3.1. Y học cơ sở
- 3.2. Y học lâm sàng
- 3.3. Y học dự phòng
- 3.4. Dược học
- 3.5. Các lĩnh vực khác của Y - dược học

4. Khoa học nông nghiệp

- 4.1. Trồng trọt
- 4.2. Chăn nuôi
- 4.3. Thú y
- 4.4. Lâm nghiệp
- 4.5. Thủy sản
- 4.6. Công nghệ sinh học trong nông nghiệp, thủy sản
- 4.7. Các lĩnh vực khác của khoa học nông nghiệp

5. Khoa học xã hội và nhân văn

- 5.1. Tâm lý học
- 5.2. Kinh tế và kinh doanh
- 5.3. Khoa học giáo dục
- 5.4. Xã hội học
- 5.5. Pháp luật
- 5.6. Khoa học chính trị
- 5.7. Địa lý kinh tế và xã hội
- 5.8. Thông tin đại chúng và truyền thông
- 5.9. Lịch sử và khảo cổ học
- 5.10. Ngôn ngữ học và văn học
- 5.11. Triết học, đạo đức và tôn giáo
- 5.12. Nghiên cứu về khu vực và quốc tế
- 5.13. Các lĩnh vực khác của khoa học xã hội và nhân văn

- 1 A study on the effects of micro steel fiber content on characteristics of ultra-high performance concrete (UHPC).**
Tran Ba Viet, Le Xuan Lam
- 7 Liquefaction of Red river sand subjected to undrained cyclic load.**
Ngo Thi Ngoc Van, Nguyen Hong Nam
- 12 Research and development of discharge and rainfall monitoring system to support the safety of Hoa Binh hydropower reservoir.**
Tran Manh Thang, Ho Anh Tuan...
- 16 Application of ARM microprocessor in manufacturing the equipment for monitoring and warning environmental radiation.**
Nguyen Van Sy, Phan Luong Tuan...
- 20 Solutions to smart grid communication in low voltage of the substation Dich Vong 22.**
Nguyen Nhat Tung, Pham Thanh Nam...
- 25 Study on the fabrication of silver nanoparticles in zeolite framework by gamma irradiation for applying as antibacterial agent for plastics.**
Dang Van Phu, Nguyen Ngoc Duy...
- 31 Research on technology of sifting and processing lithium ore from La Vi, Quang Ngai province.**
Dao Duy Anh
- 35 Some results of the study and production of polyurea pavement marking paint.**
Do Van Tai, Tran Hai Ninh...
- 40 Applying the rapid measurement method for heavy metals in road dust in Vietnam using portable XRF device.**
Luong Mai Ly, Nguyen The Hung...
- 44 Biosorption of lead(II), copper(II) and cadmium(II) ions in single and multi-metal systems by pretreated aerobic granule sludge.**
Ning Ping, Nguyen Dinh Trung
- 52 The MBR technology for treatment of oily wastewater: application feasibility in Vietnam.**
Do Khac Uan, Chu Xuan Quang...
- 59 Evaluation of the effects of hot water production system using solar collector combined with heat pump.**
Ta Van Chuong, Nguyen Nguyen An