

30 NĂM VẬN HÀNH AN TOÀN VÀ HIỆU QUẢ LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT

PGS.TS NGUYỄN NHỊ ĐIỀN

Viện trưởng Viện Nghiên cứu hạt nhân

Với 30 năm vận hành an toàn và khai thác có hiệu quả các trang thiết bị, công nghệ, Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt đã có những đóng góp quan trọng, đảm bảo an toàn cho mọi hoạt động của Viện Nghiên cứu hạt nhân, góp phần hình thành và mở rộng việc ứng dụng kỹ thuật hạt nhân vào các ngành kinh tế của đất nước.

Viện Nghiên cứu hạt nhân được thành lập theo Quyết định số 64-CP ngày 26.4.1976 của Thủ tướng Chính phủ, tiền thân của Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam. Cơ sở vật chất ban đầu của Viện là lò phản ứng TRIGA Mark-2 công suất 250 kW, được xây dựng từ đầu những năm 60 của thế kỷ trước và đưa vào vận hành từ tháng 3.1963. Trước ngày miền Nam được giải phóng, tất cả các bó nhiên liệu của lò TRIGA được tháo dỡ và chuyển khỏi Việt Nam trả về Hoa Kỳ, lò không còn khả năng hoạt động. Ngày 9.10.1979, hợp đồng khôi phục và nâng cấp lò phản ứng TRIGA giữa Việt Nam và Liên Xô được ký kết, và ngày 15.3.1982 công trình đã được khởi công xây dựng. Sau 20 tháng thi công, lò phản ứng với tên mới là IVV-9 (Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt) được nạp nhiên liệu có độ giàu cao (36% U-235) và đạt trạng thái tới hạn lần đầu vào lúc 19h50' ngày 1.11.1983. Ngày 20.3.1984, Lò phản ứng chính thức được đưa vào vận hành với công suất danh định 500 kW, gấp 2 lần so với lò TRIGA trước đây.

Viện Nghiên cứu hạt nhân có nhiệm vụ quản lý, vận hành an toàn và khai thác có hiệu quả Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt và các trang thiết bị khoa học khác để đẩy mạnh



các hoạt động nghiên cứu khoa học, triển khai sản xuất và dịch vụ; xây dựng và phát triển tiềm lực về cơ sở vật chất và nhân lực; bảo đảm an toàn cho mọi hoạt động của Viện và hỗ trợ kỹ thuật cho các cơ sở bức xạ trong nước theo yêu cầu; hợp tác liên doanh, liên kết với các cơ quan, tổ chức trong và ngoài nước về các lĩnh vực có liên quan đến chức năng, nhiệm vụ của Viện nhằm đẩy mạnh việc chuyển giao và trao đổi các quy trình công nghệ, các sản phẩm của Viện với các cơ sở sản xuất, tổ chức nghiên cứu và đào tạo.

Trải qua 30 năm vận hành, lò phản ứng đã có 37.800 giờ hoạt động an toàn và khai thác có hiệu quả: đã nghiên cứu và điều chế thành công khoảng 30 chủng loại đồng vị phóng xạ và được chất đánh dấu để dùng

trong y tế và một số ngành kinh tế - kỹ thuật khác; đã góp phần thúc đẩy sự phát triển nhanh của các khoa y học hạt nhân nói riêng và đẩy mạnh ứng dụng kỹ thuật hạt nhân và đồng vị phóng xạ vào các ngành kinh tế - kỹ thuật nói chung; đã xây dựng được tổ hợp các phương pháp phân tích sử dụng lò phản ứng như INAA, RNAA, PGNA hoặc có liên quan như huỳnh quang tia X, đo hoạt độ phóng xạ thấp, nhấp nháy lỏng, sắc ký lỏng, sắc ký khí, sắc ký ion, quang phổ hấp thụ nguyên tử, hệ khối phổ plasma cảm ứng, quang phổ kế vùng khả kiến và tử ngoại, quang kế ngọn lửa... Các phương pháp phân tích này cho phép phân tích đến 70 nguyên tố và chỉ tiêu khác nhau, đáp ứng tốt nhu cầu phân tích địa chất; điều tra thăm dò tài nguyên

khoáng sản, dầu khí, nông nghiệp, sinh học và môi trường...

Trong 30 năm qua, trên 77.000 mẫu các loại đã được phân tích phục vụ phát triển kinh tế - xã hội một cách thiết thực. Hiện nay, mỗi năm Viện làm dịch vụ cung cấp cho các ngành trung bình khoảng 60.000 chỉ tiêu phân tích khác nhau. Các phương pháp phân tích hạt nhân và hỗ trợ tại Viện được đánh giá là rất hữu hiệu trong nghiên cứu và cảnh báo môi trường, đặc biệt là đánh giá ô nhiễm môi trường do tác động của sản xuất công nghiệp. Các đồng vị phóng xạ môi trường (^7Be , ^{210}Pb , ^{137}Cs ...) đã được ứng dụng tốt để đánh giá các quá trình môi trường như trầm tích và bồi lắng của các hồ chứa thủy lợi, thủy điện và xói mòn đất, mất dinh dưỡng đất... Viện đã nghiên cứu hoàn thiện kỹ thuật đánh giá liều chiếu trong cơ thể; nghiên cứu chế tạo các loại liều kế cá nhân theo phương pháp nhiệt phát quang (TLD) đo các loại bức xạ khác nhau; nghiên cứu áp dụng tối ưu hóa và chuẩn hóa trong định liều neutron; nghiên cứu phát triển kỹ thuật định liều bằng phương pháp sinh học theo hiệu ứng sai hình nhiễm sắc thể tế bào lympho máu ngoại vi...

Viện cũng đã thành công trong các nghiên cứu và triển khai công nghệ bức xạ để bảo quản thực phẩm, khử trùng và biến tính vật liệu; nghiên cứu và thành công trong việc sử dụng bức xạ gamma gây đột biến tạo các loại giống cây và hoa mới. Công nghệ nhân giống in-vitro được thực hiện đối với một số cây hoa và cây trồng đặc sản quý hiếm để cung cấp giống sạch bệnh cho nông dân. Bên cạnh đó, đội ngũ cán bộ của Viện đã có trình độ và năng lực để sửa chữa và bảo dưỡng nhiều loại thiết bị điện tử, đặc biệt là thiết bị điện tử hạt nhân, bao gồm cả hệ thống điều khiển và công nghệ lò phản ứng; thiết kế, chế tạo các thiết bị điện tử hạt nhân dùng



cho y tế, địa chất, hệ điều khiển hạt nhân dùng cho công nghiệp, các khối điện tử của hệ phổ kế hạt nhân dùng cho dịch vụ, nghiên cứu và đào tạo, các máy đo tuổi vàng bằng kỹ thuật huỳnh quang tia X cho các cơ sở kinh doanh vàng bạc đá quý... Ngoài ra, Viện còn có những đóng góp nhất định vào việc xây dựng tiềm lực vật chất, kỹ thuật, đào tạo nhân lực cho sự phát triển của ngành, tạo nền tảng cần thiết để tham gia vào dự án xây dựng nhà máy điện hạt nhân đầu tiên của Việt Nam.

Các kết quả trong vận hành và khai thác Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt có thể chia thành 3 giai đoạn chính. Giai đoạn 10 năm đầu (1984-1994), đội ngũ cán bộ vận hành và nghiên cứu được tiếp cận với một thiết bị nghiên cứu hiện đại, được quản lý và vận hành theo các quy phạm, quy chế nghiêm ngặt. Kết thúc giai đoạn này là việc thực hiện Dự án tổng kiểm tra đại tu sau 10 năm lò phản ứng hoạt động; tính toán xây dựng phương án và thực hiện an toàn tái nạp nhiên liệu lần thứ nhất; thực hiện thành công Dự án nâng cấp hệ điều khiển lò phản ứng lần thứ nhất; một số phòng thí nghiệm chuyên đề được xây dựng bổ sung xung quanh lò phản ứng... Giai đoạn 10 năm tiếp theo (1994-2004), đội ngũ cán bộ vận hành và nghiên cứu đã trưởng thành và có kinh nghiệm, các phòng thí nghiệm được củng cố và mở rộng, thực hiện an toàn 2 lần tái nạp nhiên liệu tiếp theo cho lò phản ứng, bắt tay vào nghiên cứu tính cần thiết xây dựng một lò phản ứng nghiên cứu công suất cao, đa mục tiêu để đáp ứng các nhu cầu ngày càng tăng và

hỗ trợ chương trình điện hạt nhân của Việt Nam. Đặc biệt giai đoạn từ 2004 đến nay, Viện Nghiên cứu hạt nhân đã thực hiện Dự án chuyển đổi nhiên liệu của lò phản ứng từ sử dụng nhiên liệu có độ giàu cao (HEU) sang nhiên liệu độ giàu thấp (LEU). Kết quả của gần 10 năm thực hiện Dự án là tất cả các bó nhiên liệu độ giàu cao được lấy ra khỏi vùng hoạt vào tháng 8.2011, lò phản ứng đạt trạng thái tới hạn lần đầu với cấu hình 72 bó nhiên liệu độ giàu thấp (19,75% U-235) vào lúc 15h35' ngày 30.11.2011, tất cả 106 bó nhiên liệu độ giàu cao đã qua sử dụng được chuyển trả về Liên bang Nga vào ngày 3.7.2013. Với việc chuyển đổi thành công Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt và chuyển trả nhiên liệu độ giàu cao đã cháy, thể hiện cam kết của Việt Nam trong việc sử dụng năng lượng nguyên tử vì mục đích hòa bình, phục vụ cho phát triển kinh tế - xã hội. Hệ điều khiển lò phản ứng được thay thế từ kỹ thuật tương tự sang kỹ thuật số, các nghiên cứu để thiết kế khái niệm một lò phản ứng nghiên cứu công suất 20 MW với sự hợp tác với các tổ chức nghiên cứu trong và ngoài nước cũng được thực hiện trong giai đoạn này.

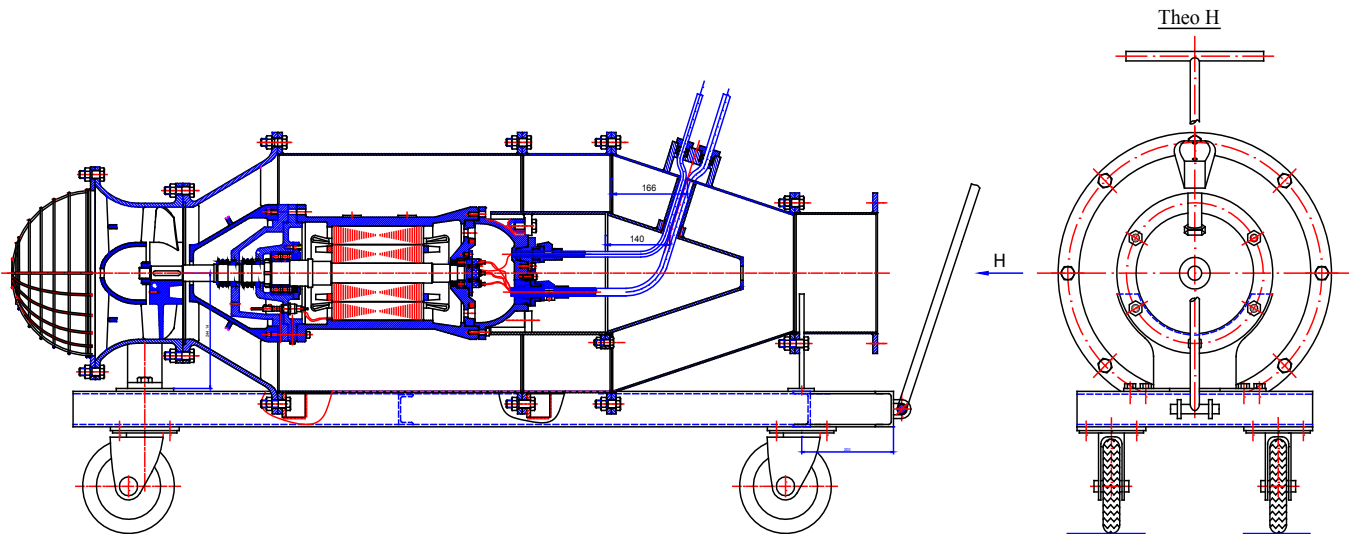
Với kinh nghiệm của 30 năm vận hành và khai thác lò phản ứng được đúc rút từ 3 chặng đường 10 năm nêu trên, với đội ngũ cán bộ được đào tạo và trưởng thành, Viện Nghiên cứu hạt nhân có niềm tin vững chắc để tham gia thực hiện Dự án xây dựng Trung tâm KH&CN hạt nhân với lò phản ứng đa mục tiêu trong thời gian tới ■

3, 4, 5

- Các phương án số lá cánh hướng dòng: $Z_2 = 5, 6, 7$.

Với số vòng quay của bơm $n = 980$ v/ph và hệ số tỷ tốc $n_s = 595$, bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) công suất $N = 7,5$ kW, $n = 980$ v/ph của dự án có kết cấu tổ máy như trình bày ở hình 1. Số lá cánh bánh công tác và số lá cánh hướng dòng được lựa chọn là $Z_1 = 4$ và $Z_2 = 7$.

bình thường mà phải chảy lệch ra ngoài bao quanh vỏ động cơ điện chìm (hình 1). Nghĩa là, chất lỏng sẽ chảy theo hình loe mở khi ra khỏi khu vực bộ phận hướng dòng. Góc loe mở có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng dòng chảy trong phần dẫn dòng máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun). Thông thường, góc loe mở của bộ phận hướng dòng trong máy bơm chìm hướng trục có trị số: $\gamma_{\text{loe, chđ}} = (50-76)^\circ$.



Hình 1: kết cấu máy bơm chìm hướng trục ngang kiểu capsun HTC370-3

Ảnh hưởng của số vòng quay máy bơm

Số vòng quay của máy bơm là một trong những yếu tố chính quyết định hệ số tỷ tốc của máy bơm. Với các hệ số tỷ tốc khác nhau sẽ xác định được kết cấu phần dẫn dòng khác nhau của bơm chìm. Để xác định ảnh hưởng của số vòng quay máy bơm đến kết cấu và đặc tính năng lượng của bơm chìm hướng trục ngang kiểu capsun, dự án tập trung nghiên cứu các phương án hệ số tỷ tốc của bơm chìm $n_s = 595, 980$ và 1.200 .

Ảnh hưởng của góc loe mở của bộ phận hướng dòng trong máy bơm hướng trục chìm (kiểu capsun)

Cũng như máy bơm chìm hướng trục đứng, dòng chảy chất lỏng sau khi ra khỏi bánh công tác sẽ chảy vào khu vực của bộ phận hướng dòng. Khi chảy ra khỏi cánh hướng dòng, dòng chất lỏng không thể chảy thẳng như trong bơm hướng trục

Đối với bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3, góc loe mở được lựa chọn là $\gamma_{\text{loe, chđ}} = 60^\circ$.

Kết quả thử nghiệm máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun)

Với công suất $7,5$ kW, số vòng quay $n = 980$ v/ph, cột nước thiết kế $H_{\text{tk}} = 3,0$ m, lưu lượng tính toán $Q = 370$ m³/h thì hệ số tỷ tốc của bơm sẽ là $n_s = 595$. Kết quả thử nghiệm đã đo được các thông số kỹ thuật. Trên cơ sở tính toán hiệu chỉnh các thông số kỹ thuật đã xác định được các thông số kỹ thuật cơ bản của máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 (bảng 1). Tổ máy bơm chìm hướng trục ngang của dự án gồm động cơ điện chìm trục ngang (kiểu capsun) công suất $7,5$ kW được sản xuất tại Công ty cổ phần chế tạo điện cơ Hà Nội, máy bơm chìm HTC370-3 được hoàn thành tại Công ty cổ phần chế tạo bơm Hải Dương.

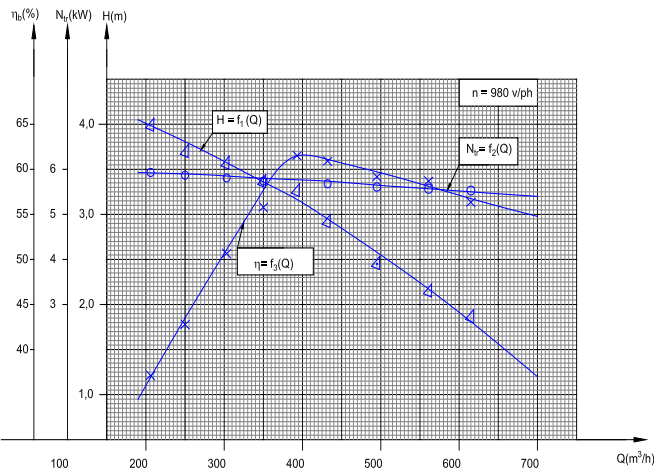
Bảng 1: thông số kỹ thuật máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 ($Z_1 = 4, Z_2 = 7, n_s = 595, \gamma_{loe, chđ} = 60^\circ$)

TT	n	Nđc	Ntr	U	I	cosφ	Q	F	V	v/2g	ΔZ	Hak	Hb	Ntl	ξ _b	
	v/ph	kW	kW	V	A	%	m ³ /h	m ³ /s	m ²	m/s	m	m	m	m	kW	%
1	980	6,50	5,53	400	14,21	0,66	615	0,171	0,071	2,42	0,30	1,54	0,02	1,86	3,11	56,36
2	980	6,55	5,57	400	14,32	0,66	561	0,156	0,071	2,21	0,25	1,54	0,35	2,14	3,27	58,70
3	980	6,58	5,59	400	14,43	0,66	495	0,138	0,071	1,95	0,19	1,54	0,72	2,45	3,31	59,16
4	980	6,61	5,62	400	14,46	0,66	432	0,120	0,071	1,70	0,15	1,54	1,22	2,91	3,42	60,91
5	980	6,68	5,68	400	14,60	0,66	393	0,109	0,071	1,55	0,12	1,54	1,60	3,26	3,49	61,52
6	980	6,75	5,74	400	14,60	0,67	350	0,097	0,071	1,38	0,10	1,54	1,72	3,36	3,20	55,80
7	980	6,83	5,81	400	14,70	0,67	303	0,084	0,071	1,19	0,07	1,54	1,95	3,56	2,94	50,66
8	980	6,91	5,87	400	14,78	0,67	250	0,069	0,071	0,98	0,05	1,54	2,10	3,69	2,51	42,79
9	980	6,98	5,93	400	14,82	0,68	206	0,057	0,071	0,81	0,03	1,54	2,35	3,92	2,20	37,12

Ghi chú:

- Đường kính ống xả và vị trí lắp đầu đo lưu lượng: $D_x = 250$ mm
- Cột nước máy bơm: $H_b = H_{ak} + \Delta Z + \alpha v^2/2g$ (m)
- Công suất động cơ điện: $N_{dc} = 3UI\cos\phi/1.000$ (kW)
- Công suất trên trục: $N_{tr} = N_{dc} \cdot \eta_{dc}$ (kW) ($\eta_{dc} = 86\%$)
- Công suất thủy lực: $N_H = 9,81 \cdot H_b \cdot Q$ (kW)
- Hiệu suất máy bơm: $\eta_b = N_H/N_{tr}$

Từ bảng 1 có thể xây dựng được đường đặc tính năng lượng của máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 (hình 2).



Hình 2: đường đặc tính năng lượng máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 ($D_x = 280$ mm, $Z_1 = 4, Z_2 = 7, n_s = 595$)

Kết luận

Đối với trường hợp máy bơm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 (công suất $N = 7,5$ kW, số vòng quay $n = 980$ v/ph và hệ số tỷ tốc $n_s = 595$),

có thể xác định phương án bộ phận dẫn dòng như sau:

+ Số lá cánh bánh công tác: $Z_1 = 4$

+ Số lá cánh bánh hướng dòng: $Z_2 = 7$

+ Góc loe mở của bộ phận hướng dòng: $\gamma_{loe, chđ} = 60^\circ$

Khi đó, các thông số kỹ thuật cơ bản của của bơm đạt trị số tối ưu tại cột nước $H_{tu} = 3,26$ m và lưu lượng $Q_{tu} = 393$ m³/h. Hiệu suất của bơm đạt cao nhất $\eta_{max} = 61,52\%$.

Sau nghiên cứu máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 với các kết quả nêu trên có thể tiếp tục nghiên cứu bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 với hệ số tỷ tốc khác ($n_s = 980$ và 1.200), số lá cánh bánh công tác $Z_1 = (3, 5)$ và số lá cánh hướng dòng $Z_2 = (5, 9)$ cũng như các góc loe mở khác $\gamma = (55 \div 76)^\circ$. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu đạt được sẽ xác định chính xác phương án kết cấu tối ưu cho các loại máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) công suất lớn hơn, đáp ứng các yêu cầu thực tế sản xuất ■

Tài liệu tham khảo

1. Lômakin A.A., *Bơm ly tâm và hướng trục*, NXB Khoa học kỹ thuật, 1976.
2. EBARA pump system engineering han book, Tokyo, 1997.
3. PGS.TS Nguyễn Văn Bày, *Báo cáo tổng kết khoa học đề tài cấp nhà nước theo Nghị định thư với nước ngoài: Hợp tác nghiên cứu chế tạo máy bơm chìm công suất lớn cho nông nghiệp*. Hà Nội, 12.2002.
4. PGS.TS Nguyễn Văn Bày, *Báo cáo tổng kết khoa học dự án sản xuất thử nghiệm cấp nhà nước: Sản xuất thử nghiệm máy bơm chìm công suất $N = 37, 55, 75$ kW phục vụ nông nghiệp*. Hà Nội, 12.2004.
5. PGS.TS Nguyễn Văn Bày, *Báo cáo tổng kết khoa học đề tài cấp cơ sở: Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và lắp đặt máy bơm chìm - động cơ điện chìm cỡ nhỏ kiểu di động có thể lắp với động cơ diezen phục vụ tưới tiêu trong nông nghiệp và chống úng ngập cục bộ ở các khu đô thị và vùng trồng cây ăn trái tập trung*. Hà Nội, 12.2010.

THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÁY PHÁT TIA X SỬ DỤNG ĐỂ CHỤP ẢNH BỨC XẠ TRONG CÔNG NGHIỆP

ĐINH CHÍ HÙNG, NGUYỄN ĐỨC HUYỀN,
NGUYỄN VĂN SƠN, VŨ TIẾN HÀ

Trung tâm Đánh giá không phá hủy
Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam

Trong khuôn khổ bài viết này, các tác giả đề cập đến việc thiết kế, chế tạo máy phát tia X sử dụng để chụp ảnh bức xạ trong công nghiệp với điện áp phát 130-260 kV, dòng không đổi 5 mA và thời gian chiếu tối đa 5 phút. Đây là loại máy thuộc thế hệ mới, sử dụng biến áp cao áp lõi ferit, làm nguội bằng khí SF₆. Tính toán lý thuyết cũng như thử nghiệm thực tế cho thấy, sản phẩm tạo ra có thể chụp ảnh bức xạ các mẫu thép thông thường có bề dày tối đa 40 mm.

Từ khóa: máy phát tia X.

THE DESIGN AND MANUFACTURE OF X-RAY GENERATOR USED FOR INDUSTRIAL RADIOGRAPHY

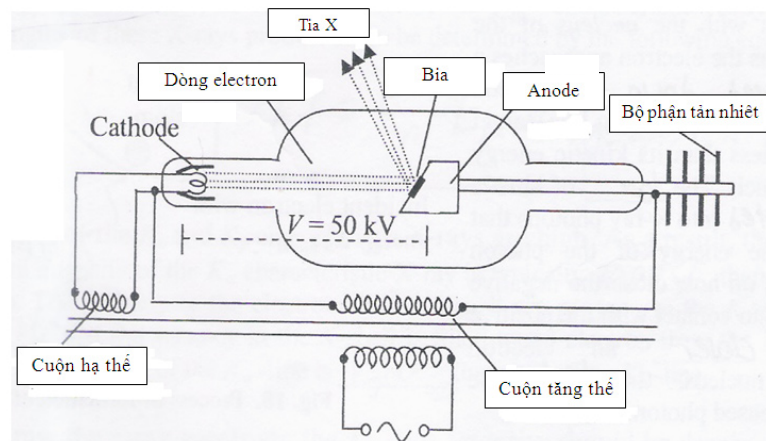
Summary

X-ray Generator used for industrial radiography is composed of a head of X-ray emission and a control unit. In the Vietnamese market, there are now many kinds of X-ray machine produced by different countries. However, in the scope of the paper, we would only focus on the machine with the main technical specification of 130-260 kV, 5 mA and exposure time upto 5 minutes and most popularly used in Vietnam. This is an upgrading generation of X-ray machine, using HV ferrite transformer and cooling by SF₆ gas. It allows to exposure a steel with the thickness of 40 mm.

Keywords: X-ray Generator.

Mở đầu

Tia X được Wilhelm Conrad Roentgen - Giáo sư tại Đại học Wuerzburg (Đức) khám phá năm 1895 trong quá trình lặp lại các thí nghiệm của Hertz và Lenard với ống Crookes, Roentgen đã phát hiện ra một loại tia mới, phát ra từ ống phát. Tia mới này có khả năng đi qua tờ giấy dày và kích thích các vật liệu lân quang trong phòng. Ông cũng thấy rằng, tia mới có thể đi qua hầu hết các vật liệu có mật độ cao, tạo ra các bóng chiếu của chúng lên kính ảnh, ông đã đặt tên cho tia mới này là tia X. Từ phát minh của Roentgen, các máy phát tia X đã ra đời và ngày càng được cải tiến, đóng góp rất nhiều lợi ích cho tất cả các lĩnh vực của đời sống - xã hội, từ y tế cho đến công nghiệp, quân sự, an ninh... Hình 1 mô tả nguyên lý hoạt động của máy phát tia X.

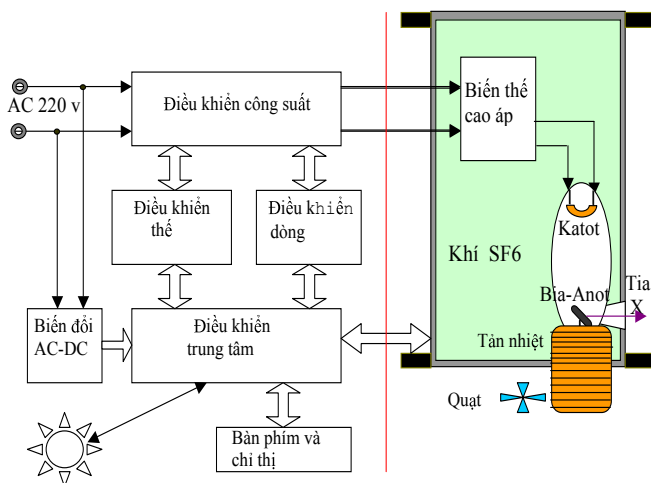


Hình 1: nguyên lý của máy phát tia X

Dựa trên nguyên lý hoạt động của máy phát tia X công nghiệp và trên cơ sở nghiên cứu, khảo sát một số thiết bị tương tự hiện có trên thị trường, chúng tôi đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công mẫu máy phát tia X xách tay với các chỉ tiêu kỹ thuật đảm bảo yêu cầu hiệu chuẩn và kiểm định, được sử dụng ổn định tại công trường. Việc chế tạo thành công thiết bị này đã góp phần nâng cao hàm lượng nội địa hóa sản phẩm, giảm giá thành, thay thế nhập khẩu và giúp làm chủ công nghệ bảo trì, sửa chữa và kiểm định/hiệu chuẩn thiết bị vốn là vấn đề nan giải của Việt Nam.

Thiết kế, chế tạo máy phát tia X

Cấu tạo, nguyên lý hoạt động của thiết bị phát tia X chụp ảnh bức xạ trong công nghiệp



Hình 2: sơ đồ khối của thiết bị phát tia X

Về cơ bản, hệ thiết bị phát tia X gồm hai phần: đầu phát tia X và hệ điều khiển.

Đầu phát tia X: gồm hai phần chức năng chính: khối biến thế cao áp tạo điện áp gia tốc điện tử và điện áp đốt cho katot ống phát; bóng phát tia X. Hai bộ phận này được đặt trong ống hợp kim nhôm hình trụ kín chứa khí cách điện SF6 áp suất 4,5-5 at. Bóng phát tia X thực chất là ống gia tốc điện tử thẳng, gồm các bộ phận chính: Katot, Anot, vỏ bóng. Vỏ bóng phát tia X có thể bằng thủy tinh hay bằng gốm, bên trong là Katot, Anot và được giữ ở độ chân không cao. Katot gồm có một điện cực (cực âm) của cao thế, sợi đốt, hệ góp electron. Anot

gồm có cực dương của cao thế gia tốc và bia W (Vonfram). Bia W được nối đất và nối với các cánh tản nhiệt phía ngoài vỏ bóng phát tia X. Khi có dòng điện qua sợi đốt, sẽ tạo ra đám mây điện tử xung quanh sợi đốt. Dưới tác dụng của cao áp UAK các điện tử này được gia tốc, đập vào bia W và phát ra bức xạ hãm, đó chính là chùm tia X.

Hệ điều khiển: gồm 6 khối chức năng.

- Bộ biến đổi AC-DC: cung cấp nguồn một chiều điện áp thấp 5 V cho mạch điều khiển trung tâm và 12 V cho mạch điều khiển thế, điều khiển dòng, bàn phím và chỉ thị.

- Bộ điều khiển trung tâm: kiểm tra các điều kiện hoạt động của hệ thiết bị như nhiệt độ, áp suất, dòng, thế và lệnh điều khiển của người sử dụng thông qua bàn phím điều khiển, đồng thời xuất ra các lệnh ON/OFF việc phát tia.

- Mạch điều khiển thế: nhận thế đặt từ người sử dụng và phát xung điều khiển mạch điều khiển công suất.

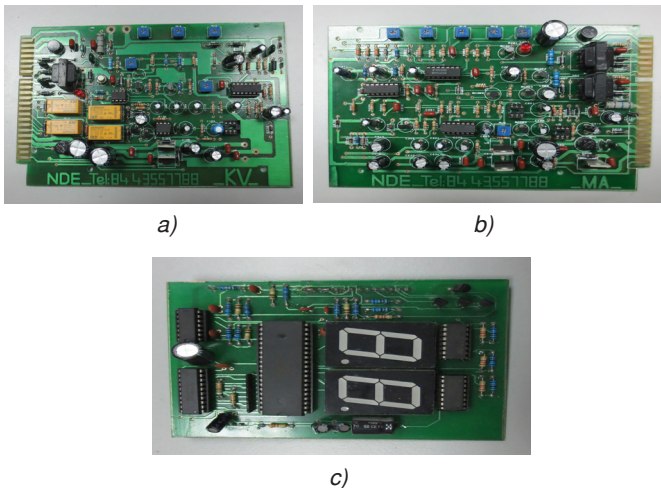
- Mạch điều khiển dòng: nhận tín hiệu phản hồi từ đầu phát tia để ổn định dòng phát tia X duy trì ổn định tại giá trị 5 mA (5%).

- Mạch điều khiển công suất: nhận tín hiệu từ các mạch điều khiển thế, điều khiển dòng để điều khiển biến thế cao áp tạo ra điện áp cao áp, dòng phát tia và dòng sợi đốt.

- Bàn phím và chỉ thị: nhận lệnh điều khiển từ người sử dụng như thời gian phát tia, giá trị cao áp (kVp) và ON/OFF; đồng thời hiển thị trạng thái phát tia như giá trị dòng phát, đếm lùi thời gian phát tia, các lỗi trạng thái hoạt động (quá dòng, quá áp, quá nhiệt...).

Thiết kế, chế tạo

Trong quá trình thiết kế, chế tạo, điều quan trọng nhất là chọn lựa mô hình thiết kế phù hợp, từ đó đặt mua các linh kiện mà Việt Nam chưa sản xuất được như bóng đèn phát tia X, biến thế cao áp, cũng như hình thành giải pháp gia công, chế tạo phù hợp với điều kiện của Việt Nam. Chẳng hạn, chúng tôi đã thiết kế và làm chủ công nghệ chế tạo các mạch điện tử như hình 3.



Hình 3: mạch điều khiển dòng (a), mạch điều khiển cao áp (b), mạch điều khiển trung tâm (c)

Để điều khiển được dòng, cao thế và toàn bộ quá trình hoạt động của máy phát theo mong muốn, chương trình điều khiển được viết trên ngôn ngữ lập trình KEIL C51 theo lưu đồ thuật toán như hình 4.

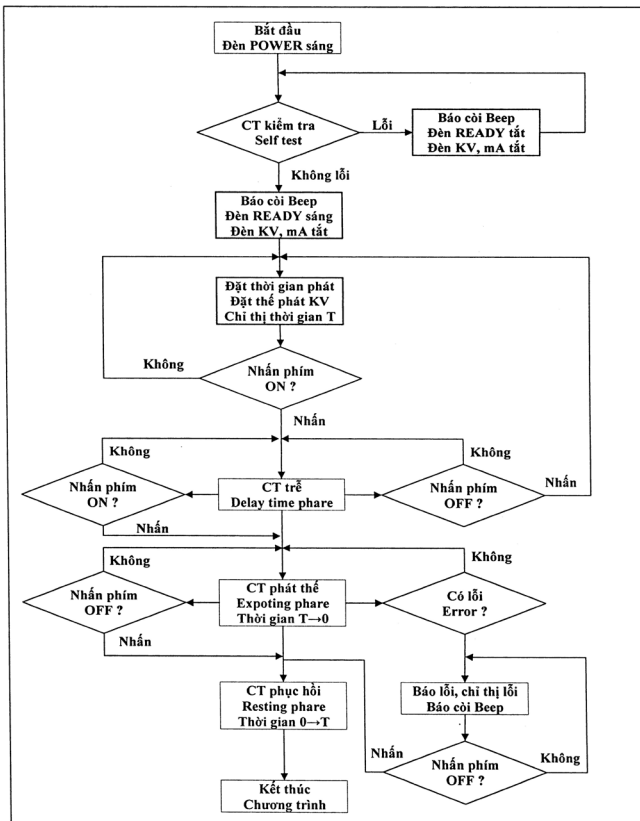


Figure 7 : Thuật toán chương trình chính

Hình 4: lưu đồ thuật toán điều khiển hệ thiết bị phát tia X công nghiệp

Chế tạo và lắp ráp đầu phát tia X

Một trong các vấn đề quan trọng là độ kín của thân đầu phát, bên trong cần đảm bảo môi trường sạch, khô, đảm bảo độ cách điện để giảm thiểu hiện tượng phóng điện làm hư hỏng cuộn cao áp và các linh kiện bên trong đầu phát... Để giải quyết các vấn đề này, cần có một buồng sạch, thiết bị hút chân không, nạp khí argon làm khô và sạch môi trường trong đầu phát và nạp đầy khí SF6 tạo ra môi trường cách điện bảo vệ các bộ phận bên trong.

Thử nghiệm, kiểm định/hiệu chuẩn thiết bị

Bất cứ một sản phẩm công nghiệp nào từ khâu chế tạo đến khi đưa vào thương mại hóa đều cần phải qua các bước thử nghiệm, hiệu chuẩn và kiểm định để đảm bảo sự hoạt động tin cậy, ổn định. Hệ thiết bị phát tia X ngoài các tiêu chí đánh giá về chất lượng sản phẩm thông thường, còn một tiêu chí quan trọng nữa là phải đảm bảo về an toàn bức xạ theo quy định của Luật Năng lượng nguyên tử. Lô sản xuất đầu tiên gồm 3 máy đã được hiệu chuẩn, kiểm định và thử nghiệm tại phòng thí nghiệm, tại công trường với các chế độ làm việc khác nhau trong dải năng lượng cho phép... Kết quả cho thấy, hệ thiết bị được chế tạo, lắp ráp với quy trình công nghệ hoàn toàn đáp ứng tính ổn định về thông số kỹ thuật theo yêu cầu kỹ thuật của một thiết bị chụp ảnh bức xạ ion hóa.

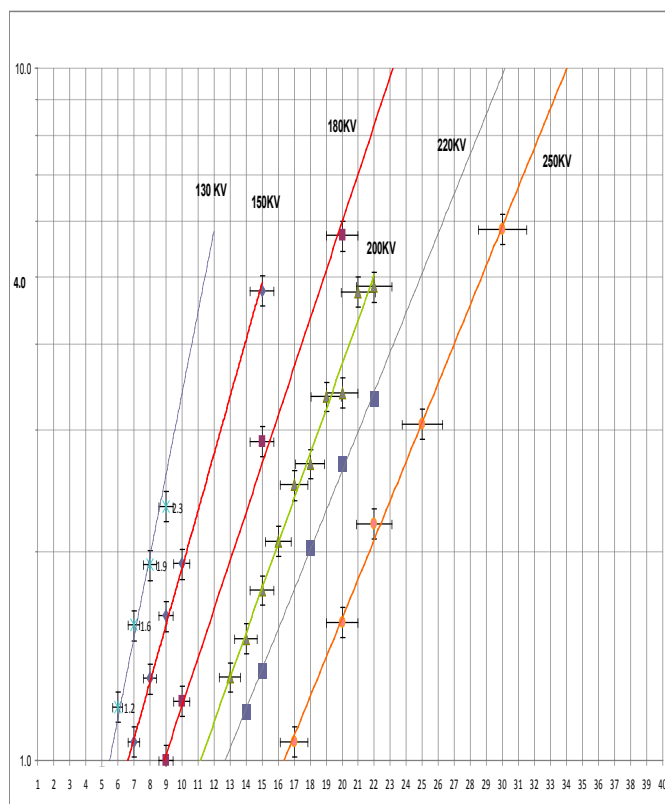


Hình 5: máy phát tia X hoàn chỉnh

Máy phát tia X sử dụng chụp ảnh bức xạ trong công nghiệp do chúng tôi thiết kế, chế tạo (hình 5) có các tính năng đáp ứng yêu cầu kỹ thuật và thực tế sử dụng tại hiện trường. Máy có model: X-ray Generator-NDE; số Serie: 001/NDE; cao thế (HV): 130-250 kV; dòng phát: 5 mA cố định.

Bảng 1: thông số kỹ thuật của máy X-Ray Generator-NDE

Chỉ tiêu	Thông số
Nguồn nuôi	AC20 ± 10%, 50 Hz
Công suất tiêu thụ	> 2,5 kW
Cao thế ống phóng	130 - 250 kV
Dòng ống phóng (cố định)	5 mA ± 5%
Tiêu điểm (mm)	2,0 x 2,0
Trọng lượng máy phát (kg)	35
Trọng lượng hộp điều khiển (kg)	12
Góc chùm tia bức xạ	40°
Độ dày xuyên tia cực đại thép A ₃ (mm)	40
Cách điện	Khí SF ₆
Nhiệt độ làm việc	10°C - 42°C
Độ ẩm	> 85%
Điều kiện làm việc	Khoảng cách FFD: 700 mm Thời gian chiếu tối đa: 5 phút
Áp lực an toàn của khí FS ₆	0,3 - 0,5 mPa



Hình 6: biểu đồ liều chiếu của máy phát X-Ray Generator-NDE

Kết luận

Sau hai năm nghiên cứu, trong khuôn khổ của dự án sản xuất thử nghiệm: Nghiên cứu chế tạo máy phát tia X chụp ảnh bức xạ trong công nghiệp thuộc đề án Phát triển ứng dụng bức xạ và đồng vị phóng xạ trong công nghiệp đến 2020, các nhà khoa học thuộc Trung tâm Đánh giá không phá huỷ đã thiết kế, chế tạo và lắp ráp thành công thế hệ máy phát tia X chụp ảnh bức xạ trong công nghiệp. Thiết bị đã qua thử nghiệm, hiệu chuẩn và kiểm định cho thấy, hệ máy hoạt động đáp ứng yêu cầu kỹ thuật, đảm bảo an toàn bức xạ và ổn định. Tính toán sơ bộ cho thấy, tỷ lệ nội địa hóa đạt 57% (tính theo giá thành sản phẩm bán ra). Việc chế tạo thành công thiết bị này đã giúp cho Trung tâm mở rộng được hướng dịch vụ mới trong lĩnh vực kiểm định/hiệu chuẩn thiết bị đánh giá không phá huỷ phù hợp với tiêu chuẩn ISO/IEC 17025:2005 (việc hiệu chuẩn và kiểm định máy phát tia X trong công nghiệp hiện chưa có đơn vị nào ở Việt Nam thực hiện một cách bài bản và nghiêm túc) ■

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Phúc, Nguyễn Văn Sĩ... *Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thử nghiệm máy chụp X quang công nghiệp*, Hội nghị khoa học và công nghệ hạt nhân IX, 2011.
2. *Nondestructive Testing Handbook, Vol.4 Radiographic Testing, ASNT.*
3. *X-ray Radiographic Film systems, GE sensing & inspection technologies, ©2008 General Electric Company.*
4. Robert H. Bishop, *The Mechatronics Handbook.*

TỐI ƯU HÓA QUÁ TRÌNH BIẾN TÍNH NHỰA ĐƯỜNG BẰNG CAO SU PHẾ THẢI

TS ĐẶNG VIỆT HÙNG

Trung tâm Nghiên cứu Vật liệu Polyme - Compozit
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

PGS.TS NGUYỄN THỊ BÍCH THỦY, THS ĐỖ VĂN TÀI, THS LƯU NGỌC LÂM

Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải

Biến tính nhựa đường bằng cao su phế thải đã được nghiên cứu và tối ưu hóa bằng quy hoạch thực nghiệm dựa trên độ kim lún, nhiệt độ hóa mềm và độ đàn hồi. Kết quả cho thấy, để đạt được nhựa đường biến tính đáp ứng tiêu chuẩn làm đường và sân bay, hàm lượng cao su phế thải cần khoảng 24-28%, khuấy ở tốc độ lớn hơn 1.000 vòng/phút, phản ứng ở nhiệt độ 190°C, thời gian 90 phút.

Từ khóa: biến tính nhựa đường, tối ưu hóa, độ kim lún, nhiệt độ hóa mềm, độ đàn hồi.

OPTIMIZATION OF MODIFICATION OF BITUMEN BY RECYCLED RUBBER

Summary

Optimization of modification of bitumen by recycled rubber has been studied based on the output: penetration, softening point and elastic recovery using experiment planning. Conditions for modification to achieve technical requirements for rubber asphalt for road and airport application: include recycled rubber content of 24-28% and stirring speed minimum of 1000 rpm at temperature 190°C in 90 minutes.

Keywords: crumb rubber modified asphalt, optimization, penetration, softening point, elastic recovery.

Đặt vấn đề

Atphan (nhựa đường) là hỗn hợp bao gồm các hydrocacbon dạng aliphatic, aromatic và naphthenic; một lượng nhỏ các axit, bazơ hữu cơ; các thành phần dị vòng chứa nitơ, oxy, lưu huỳnh và một vài kim loại [1]. Các thành phần của atphan thường được nhóm thành 2 loại chính: asphanten và manten. Manten được phân loại sâu hơn thành các loại: no, thơm và nhựa. Không những thành phần mà cả cấu trúc của atphan cũng chưa được làm sáng tỏ. Tuy vậy, atphan thường được coi là hợp chất có đặc tính keo, cấu thành từ các mixel asphanten được ổn định bởi các nhựa phân cực bao bọc xung quanh, phân tán hoặc hòa tan trong môi trường manten có tính dầu [1]. Hiệu quả biến tính chịu ảnh hưởng bởi một số yếu tố bao gồm: thành phần của bitum, nhiệt độ và thời gian trộn, phần trăm và loại cao su tái sinh và phương pháp nghiên cứu. Với atphan sử dụng ở những nơi nhiệt độ thấp, thường chỉ dùng 18-22% hàm lượng cao su. Các nghiên cứu về tiếng ồn cho thấy sử dụng cao su tái sinh từ lốp phế thải làm giảm tiếng ồn ít nhất là 50%. Các hạt cao su với nhiều kích thước khác nhau sẽ hấp thụ âm tốt hơn. Lợi ích của việc sử dụng cao su atphan là kéo dài tuổi thọ của mặt đường. Với 15% cao su trong atphan biến tính thì việc phát triển vết nứt giảm 5-6 lần so với atphan thông thường, hơn nữa hỗn hợp cao su atphan còn thể hiện sự vượt trội ở khuyết tật bề mặt, ứng suất bề mặt và chiều sâu vết lún. Để sản xuất cao su atphan thì giá thành thường tăng từ 50-100% so với atphan thông thường. Tuy nhiên, phân tích giá thành sử dụng theo tuổi thọ của đường đã cho thấy hiệu quả giá thành của việc sử dụng nhựa đường cao su, xét trong giai đoạn 30-40 năm, gồm

cả phí sửa chữa, bảo trì.

Sử dụng cao su biến tính nhựa đường có hai cách khác nhau: cách thứ nhất là hòa tan cao su tái sinh vào bitum (được gọi là phương pháp ướt) và cách thứ hai là thay thế một phần các tập hợp aggregat mịn bằng cao su nghiền, cao su này không tương tác hoàn toàn với bitum (được gọi là phương pháp khô). Trong phương pháp ướt, bột cao su tái sinh (kích cỡ hạt 0,15-0,6 mm) được trộn với bitum trong khoảng thời gian ít nhất là 45 phút ở nhiệt độ cao và thường trong khoảng 18-30% khối lượng bitum. Phân đoạn nhẹ của bitum sẽ khuếch tán vào hạt cao su làm cho cao su trương nở và đồng thời làm cho bitum cứng lại. Điều đó giúp làm giảm rạn nứt do nhiệt và rạn nứt uốn, nâng cao độ bền hỗn hợp (kháng ẩm, chống oxy hóa và mỏi). Trong phương pháp khô, cao su bột (0,85-6,4 mm) được sử dụng để thay thế các hạt nhỏ trong asphan, khoảng 1-3%. Các thử nghiệm về thất thoát chất bẩn cho thấy hàm lượng nitrat trong nước ngầm giảm một nửa so với thông thường [2].

Khi đưa cao su phế thải từ lốp ô tô làm tăng cả mô đun dự trữ và độ nhớt ở nhiệt độ sử dụng cao. Để đạt được hiệu quả biến tính cao thì cao su tái sinh cần có kích thước nhỏ hơn 0,35 mm và phải có độ xé cao khi sản xuất. So với phương pháp ướt, phương pháp khô ít phổ biến hơn khi biến tính bằng cao su tái sinh. Nguyên nhân là do vấn đề tương hợp của hỗn hợp. Polyme dùng để biến tính nhựa đường thường là polyme khối styren butadien styren (SBS) hoặc cao su tái sinh (CR). Ngưỡng có tác dụng của SBS là 4% khối lượng, còn CR là 9% khối lượng. CR làm cho nền bitum có góc lệch pha thấp hơn so với SBS với cùng modun phức ở tần số thấp. Độ nhớt của hỗn hợp đạt giá trị 3.000 cP với hàm lượng SBS 6% và CR 10,5%. Độ kết dính của hỗn hợp 3% SBS và 6% CR tương đương nhau. Các kết quả thử mỗi cho thấy khi có CR 8% cho kết quả tốt hơn 2, 3 và 4% SBS và tạo được số chu kỳ chịu tải lớn gấp 5 lần hỗn hợp ban đầu. 8% CR có tính chất tương tự SBS 4% nhưng có độ cứng lớn hơn 50% so với nhựa nền [3].

Trong nghiên cứu này, tối ưu hóa quá trình biến tính nhựa đường bằng cao su phế thải theo phương pháp ướt đã được nghiên cứu.

Nội dung nghiên cứu

Thực nghiệm

Nguyên liệu: lượng các nguyên liệu và hóa chất đưa ra trong bảng 1 dùng để chế tạo 100 kg nhựa

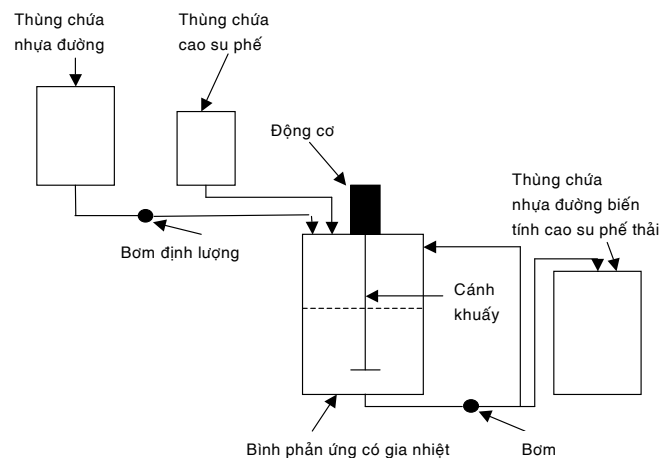
đường biến tính cao su phế thải. Khi chế tạo một lượng cần thiết khác, ta cần tính toán các nguyên liệu tương ứng theo tỷ lệ đã cho.

Bảng 1: nguyên liệu và hóa chất

TT	Nguyên liệu	Chất lượng	Khối lượng (kg)
1	Nhựa đường	60/70 (TCVN 7493: 2005)	75
2	Cao su phế thải	Cao su phế thải từ lốp ô tô, kích thước hạt từ 0,2-0,8 mm	25

Phương pháp thực nghiệm

Sơ đồ quy trình chế tạo nhựa đường biến tính cao su từ cao su phế thải được thể hiện trên hình 1. Tốc độ thay đổi từ 800-1.200 vòng/phút; hàm lượng cao su phế thải từ 12-28%; nhiệt độ trộn 190°C và thời gian trộn 90 phút.



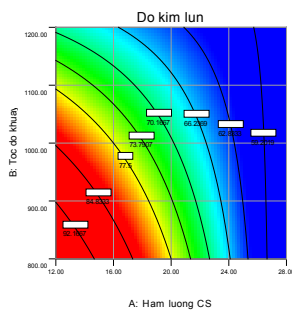
Hình 1: sơ đồ khối quy trình chế tạo nhựa đường biến tính cao su phế thải

Tối ưu hóa theo các biến: tốc độ khuấy trộn và hàm lượng cao su phế thải với đầu ra là độ kim lún, nhiệt độ hóa mềm và độ đàn hồi. Sử dụng phần mềm Design Expert để tối ưu hóa. Xác định các tính chất: độ kim lún, nhiệt độ hóa mềm và độ đàn hồi.

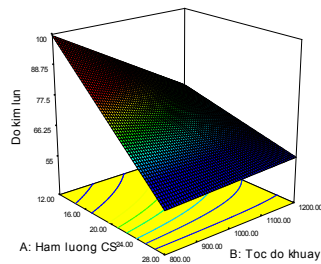
Kết quả và thảo luận

Tối ưu hóa độ kim lún

Độ kim lún được tối ưu hóa theo hai yếu tố: hàm lượng cao su phế thải và tốc độ khuấy. Khoảng biến thiên của hàm lượng cao su phế thải: 12-28% và tốc độ khuấy từ 800-1.200 vòng/phút. Các yếu tố khác được giữ không đổi: nhiệt độ 190°C, thời gian 90 phút.



Hình 2: đường đồng mức của độ kim lún



Hình 3: đồ thị phụ thuộc 3D của độ kim lún

Trên hình 2 là đường đồng mức của độ kim lún theo hai yếu tố ảnh hưởng: hàm lượng cao su phế thải và tốc độ khuấy. Cả hai thông số này đều ảnh hưởng đến độ kim lún nhưng mức độ ảnh hưởng khác nhau. Hàm lượng cao su ảnh hưởng lớn hơn và rõ ràng hơn ở cả tốc độ khuấy thấp lẫn tốc độ khuấy cao. Ngược lại, tốc độ khuấy ảnh hưởng chủ yếu ở hàm lượng cao su thấp. Khi hàm lượng cao su cao, lớn hơn 24%, tốc độ khuấy lại ảnh hưởng ít đến độ kim lún.

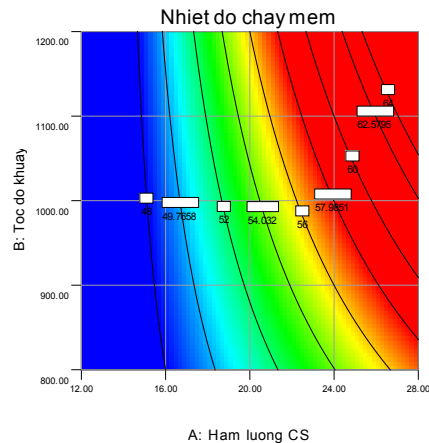
Điều này được thể hiện rõ hơn trên đồ thị 3 chiều hình 3. Ở hàm lượng cao su cao 28%, độ kim lún hầu như không thay đổi khi tốc độ khuấy thay đổi từ 800-1.200 vòng/phút. Từ đường đồng mức có thể thấy rằng, để đạt được yêu cầu của nhựa đường biến tính polyme về độ kim lún từ 40-70, hàm lượng cao su cần nằm trong khoảng 16-28% và tốc độ khuấy phải từ 1.000 vòng/phút với hàm lượng cao su nhỏ và tốc độ khuấy có thể thấp đến 800 vòng/phút nếu hàm lượng cao su lớn

Tối ưu hóa nhiệt độ hóa mềm

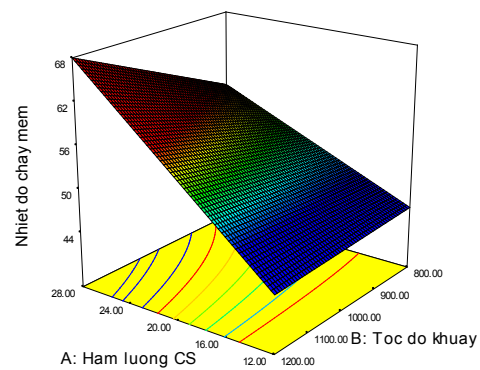
Nhiệt độ hóa mềm cũng được tối ưu hóa theo hai yếu tố: hàm lượng cao su phế thải và tốc độ khuấy. Khoảng biến thiên của hàm lượng cao su phế thải: 12-28% và tốc độ khuấy từ 800-1.200 vòng/phút. Các yếu tố khác được giữ không đổi: nhiệt độ 190 °C, thời gian 90 phút.

Trên hình 4 là đường đồng mức của nhiệt độ hóa mềm theo hai yếu tố ảnh hưởng: hàm lượng cao su phế thải và tốc độ khuấy. Cũng tương tự như độ kim lún, cả hai thông số này đều ảnh hưởng đến nhiệt độ hóa mềm nhưng mức độ ảnh hưởng khác nhau. Hàm lượng cao su ảnh hưởng lớn hơn và rõ ràng hơn ở cả tốc độ khuấy thấp lẫn tốc độ khuấy cao. Tuy nhiên, trái với trường hợp độ kim lún, tốc độ khuấy chỉ có ảnh hưởng lớn khi hàm lượng cao su đủ cao. Tốc độ khuấy ảnh hưởng lớn khi hàm

lượng cao su cao. Khi hàm lượng cao su thấp, nhỏ hơn 20%, tốc độ khuấy lại ảnh hưởng ít đến nhiệt độ hóa mềm.



Hình 4: đường đồng mức của nhiệt độ hóa mềm



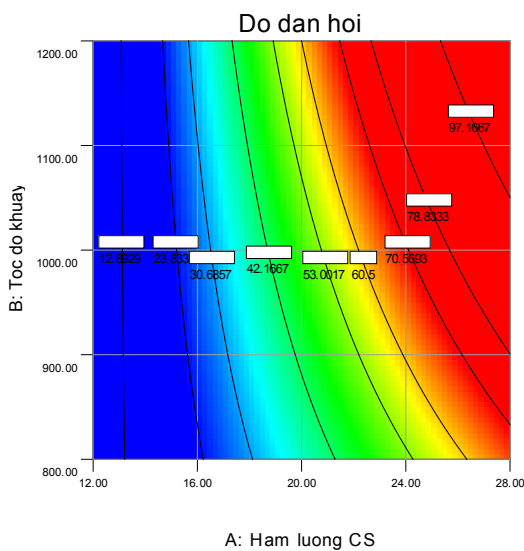
Hình 5: đồ thị phụ thuộc 3D của nhiệt độ hóa mềm

Điều này cũng được thể hiện rõ hơn trên đồ thị 3 chiều hình 5. Ở hàm lượng cao su cao 12%, nhiệt độ hóa mềm hầu như không thay đổi khi tốc độ khuấy thay đổi từ 800-1.200 vòng/phút. Từ đường đồng mức có thể thấy rằng, để đạt được yêu cầu về nhiệt độ hóa mềm của nhựa đường biến tính polyme tối thiểu 60°C, hàm lượng cao su phải nằm trong khoảng 24-28% và tốc độ khuấy phải lớn hơn 1.000 vòng/phút.

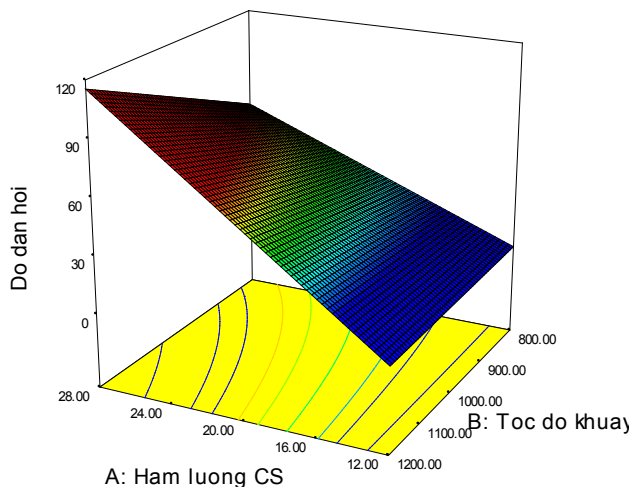
Tối ưu hóa độ đàn hồi

Độ đàn hồi cũng được tối ưu hóa theo hai yếu tố: hàm lượng cao su phế thải và tốc độ khuấy. Khoảng biến thiên của hàm lượng cao su phế thải: 12-28% và tốc độ khuấy từ 800-1.200 vòng/phút. Các yếu tố khác được giữ không đổi: nhiệt độ 190°C, thời gian 90 phút.

Trên hình 6 là đường đồng mức của độ đàn hồi theo hai yếu tố ảnh hưởng: hàm lượng cao su phế thải và tốc độ khuấy. Cũng tương tự như nhiệt độ hóa mềm, cả hai thông số này đều ảnh hưởng đến độ đàn hồi nhưng mức độ ảnh hưởng khác nhau. Hàm lượng cao su ảnh hưởng lớn hơn và rõ ràng hơn ở cả tốc độ khuấy thấp lẫn tốc độ khuấy cao. Tuy nhiên, cũng như trường hợp nhiệt độ hóa mềm, tốc độ khuấy chỉ có ảnh hưởng lớn khi hàm lượng cao su đủ cao. Tốc độ khuấy ảnh hưởng lớn khi hàm lượng cao su cao. Khi hàm lượng cao su thấp, nhỏ hơn 24%, tốc độ khuấy lại ảnh hưởng ít đến độ đàn hồi.



Hình 6: đồ thị đường đồng mức của độ đàn hồi



Hình 7: đồ thị phụ thuộc 3D của độ đàn hồi

Điều này cũng được thể hiện rõ hơn trên đồ thị 3 chiều ở hình 7. Ở hàm lượng cao su cao 12%, nhiệt độ hóa mềm hầu như không thay đổi khi tốc độ khuấy thay đổi từ 800-1.200 vòng/phút. Từ đường đồng mức có thể thấy rằng, để đạt được yêu cầu của nhựa đường biến tính polyme độ đàn hồi tối thiểu 60%, hàm lượng cao su phải nằm trong khoảng 24-28% và tốc độ khuấy phải lớn hơn 1.000 vòng/phút. Từ các tối ưu hóa đối với độ kim lún, nhiệt độ hóa mềm và độ đàn hồi, có thể thấy được rằng, để đạt được các thông số này nằm trong khoảng cho phép của nhựa đường biến tính polyme, hàm lượng cao su phế thải phải nằm trong khoảng từ 24-28% và tốc độ khuấy tối thiểu 1.000 vòng/phút.

Kết luận

Đã tối ưu hóa quá trình biến tính nhựa đường bằng cao su phế thải căn cứ trên các biến đầu ra: độ kim lún, nhiệt độ hóa mềm và độ đàn hồi bằng quy hoạch thực nghiệm. Đã xác định điều kiện biến tính nhựa đường bằng cao su phế thải để đạt được các thông số kỹ thuật theo tiêu chuẩn nhựa đường polyme dùng cho đường bộ và sân bay: hàm lượng cao su phế thải 24-28% và tốc độ khuấy tối thiểu 1.000 vòng/phút, nhiệt độ 190°C, thời gian 90 phút ■

Tài liệu tham khảo

- [1] Giovanni Polacco, Jiri Stastna, Dario Biondi, Ludovit Zanzotto, Relation between polymer architecture and nonlinear viscoelastic behavior of modified asphalts, Current Opinion in Colloid & Interface Science 11 (2006) 230-245.
- [2] Y. Huang et al. A review of the use of recycled solid waste materials in asphalt pavements/ Resources, Conservation and Recycling 52 (2007) 58-73.
- [3] Baha Vural KÖk, Hakan Çolak, Laboratory comparison of the crumb-rubber and SBS modified bitumen and hot mix asphalt, Construction and Building Materials 25 (2011) 3204-3212.