

Liên bang Nga: kéo dài tuổi thọ của lò phản ứng

Thùng lò phản ứng là trung tâm của một nhà máy điện hạt nhân (NMDHN). Vai trò chính của thùng lò nhằm ngăn chặn sự rò rỉ các sản phẩm phóng xạ ra bên ngoài. Tình trạng của thùng lò là điều kiện tiên quyết cho hoạt động an toàn của một lò phản ứng và do đó quyết định thời gian vận hành NMDHN. Mới đây, các nhà khoa học Liên bang Nga đã nghiên cứu thành công phương pháp tăng độ bền và kéo dài tuổi thọ của thùng lò.

Theo số liệu của Hội hạt nhân thế giới (World Nuclear Association) mới công bố ngày 29.8.2013, sản lượng điện hạt nhân của Liên bang Nga năm 2012 là khoảng 170 tỷ kWh, chiếm 16,5% tổng sản lượng điện của nước này. Hiện tại Nga có 33 lò phản ứng đang vận hành với tổng công suất 24.164 MWe (bảng 1).

Phần lớn các lò phản ứng này đều được vận hành từ những năm 70, 80 của thế kỷ trước. Vì thế mà từ nay đến năm 2025 sẽ có khoảng 25 lò phản ứng phải ngừng hoạt động do hết giới hạn tuổi thọ theo thiết kế, vì trước kia thiết kế tuổi thọ của Nga chỉ có từ 25 đến 30 năm.

Tuy nhiên, việc chấm dứt hoạt động của một lò phản ứng năng

lượng không hề đơn giản mà phải trải qua quy trình thủ tục và các hoạt động kỹ thuật rất phức tạp, lâu dài và tốn kém, đặc biệt là các công việc như tháo dỡ, tẩy xạ, xử lý chất thải phóng xạ... Ước tính chi phí bỏ ra cho việc chấm dứt hoạt động của một lò phản ứng hạt nhân ít nhất phải bằng 1/3 chi phí cho việc xây dựng một lò mới. Vì vậy, các nhà khoa học luôn tìm cách kéo dài tuổi thọ của lò phản ứng. Mới đây, các nhà khoa học Liên bang Nga đã nghiên cứu thành công phương pháp “trẻ hóa” và kéo dài tuổi thọ của lò phản ứng thêm hàng chục năm so với thiết kế, mà không cần đưa ra khỏi chế độ vận hành.

Tuổi thọ của một lò phản ứng phụ thuộc rất nhiều vào độ bền của thùng lò. Thùng lò (hay còn gọi là vỏ lò) trong một lò phản ứng năng lượng là một kết cấu có thể chịu được áp lực, chứa vùng hoạt và chất tải nhiệt. Thùng lò gồm hai bộ phận chính: thân thùng và đầu thùng. Thân thùng là bộ phận lớn nhất được thiết kế để chứa chất tải nhiệt và bộ lắp ráp thanh nhiên liệu. Thân thùng lò thường có dạng hình trụ hoặc hình quả bầu lớn, được mở phía trên đỉnh để cho phép nạp thanh nhiên liệu vào. Đầu thùng lò được gắn phía trên đỉnh thân thùng. Qua đầu thùng bộ lái thanh điều khiển được xuyên qua để gắn

Bảng 1: các lò phản ứng năng lượng đang vận hành của Nga

Lò phản ứng	Kiểu lò V=PWR	Công suất mỗi lò (MW)	Thời điểm vận hành thương mại	Thời điểm dự kiến đóng cửa
Balakovo 1-2	V-320	988, 1028	5/86, 1/88	2015, 2017 (đang được gia hạn)
Balakovo 3-4	V-320	988	4/89, 12/93	2018, 2023
Beloyarsk 3	BN600 FBR	560	11/81	2025
Bilibino 1-4	LWGR EGP-6	11	4/74-1/77	2019-2021
Kalinin 1-2	V-338	950	6/85, 3/87	2014, 2016 (đang được gia hạn)
Kalinin 3	V-320	988	11/05	2034
Kalinin 4	V-320	950	9/12	2042
Kola 1-2	V-230	432, 411	12/73, 2/75	2018, 2019
Kola 3-4	V-213	411	12/82, 12/84	2026, 2029
Kursk 1-2	RBMK	1020, 971	10/77, 8/79	2021, 2024
Kursk 3	RBMK	971	3/84	2013
Kursk 4	RBMK	925	2/86	2015
Leningrad 1	RBMK	925	11/74	2018
Leningrad 2	RBMK	971	2/76	2020
Leningrad 3	RBMK	971	6/80	2024
Leningrad 4	RBMK	925	8/81	2025
Novovoronezh 3-4	V-179	385	6/72, 3/73	2016, 2017
Novovoronezh 5	V-187	950	2/81	2035
Smolensk 1-2	RBMK	925	9/83, 7/85	2022, 2015
Smolensk 3	RBMK	925	1/90	2020
Rostov 1	V-320	990	3/01	2030
Rostov 2	V-320	990	10/10	
Tổng cộng: 33				



với các thanh điều khiển bên trong thùng lò. Ống đo mức chất tải nhiệt cũng được đưa vào bên trong qua đầu thùng lò. Ngoài các bộ phận chính của thùng lò chịu áp nêu trên, các phần khác được lắp đặt trong thùng lò là bộ lắp ráp thanh nhiên liệu và vành phản xạ. Mục đích của vành phản xạ là bảo vệ cho thùng lò không bị phá hủy do neutron nhanh gây ra.

Vật liệu dùng để chế tạo thùng lò thường là thép không gỉ hoặc hợp kim cao. Yêu cầu phát triển vật liệu của thùng lò chịu áp là: có cường độ ứng suất cao thích hợp để làm giảm chiều dày của kết cấu; và giới hạn nhiệt độ vận hành cao. Trong quá trình vận hành của các lò phản ứng, kim loại hàn thay đổi về đặc tính lý - hóa do tác động của quá trình phóng xạ neutron; điều này làm hạn chế tuổi thọ hoạt động an toàn của thùng lò. Qua thời gian, từ vật liệu hợp kim đồng nhất đã phân ly thành vô số hạt nhỏ và nó trở nên mỏng manh; gây ra nguy cơ nứt vỡ. Các đặc tính của kim loại có thể được phục hồi bằng cách xử lý nhiệt của thùng lò theo một chế độ cụ thể. Trong quá trình này, thùng lò được làm nóng từ từ đến nhiệt độ quy định và được giữ nóng trong một khoảng thời gian dài, sau đó được làm mát từ từ.

Các nhà khoa học tại Viện Nghiên cứu khoa học công nghệ và chế tạo máy Matxcova (CNIITMASH) đang thiết kế một thiết bị như một chiếc pin (hay một lò nướng bánh) khổng lồ có chiều cao bằng một tòa nhà 3 tầng, nặng 38 tấn. Thiết bị này có khả năng

làm tăng độ dẻo của kim loại và nhờ đó kéo dài tuổi thọ của thùng lò. Trong quá trình bảo dưỡng định kỳ, khi các tổ máy ngừng hoạt động và rút nhiên liệu để bảo dưỡng, một chiếc van đặc biệt được đưa vào bên trong thùng lò. Các thiết bị làm nóng ép vào thành thùng lò và sẽ đốt nóng vỏ kim loại trong vòng 120 giờ đến nhiệt độ cần thiết, làm tan chảy những hạt phân ly không mong muốn và làm cho kim loại “trẻ hóa”, trở nên mềm dẻo. Toàn bộ quy trình kéo dài khoảng 10 ngày. Phương pháp này cho phép kéo dài thời gian hoạt động an toàn của một thùng lò phản ứng thêm tối thiểu là 20 năm; sau đó quy trình này có thể được thực hiện lại từ đầu.

Ưu điểm của phương pháp này là không cần chấm dứt hoặc làm gián đoạn chế độ vận hành của nhà máy. Mọi công việc sẽ được tiến hành mà không cần tháo rời thùng lò. Công nghệ này được sử dụng để xử lý các lò phản ứng VVER-440 được sản xuất tại Nga. Đối với các lò phản ứng VVER-1000, CNIITMASH cùng hợp tác với Công ty ThermIKS thiết kế các thiết bị xử lý nhiệt.

Mặc dù có trọng lượng lên tới 38 tấn, nhưng thiết bị có thể vận chuyển dễ dàng từ nhà máy này đến nhà máy khác. Dự kiến vào năm 2017, các thiết bị sẽ bắt đầu được sử dụng tại NMDHN Balakovskaya và sau đó tại NMDHN Rostovskaya. Theo ông Yaroslav Shtrombakh, Giám đốc Trung tâm Công nghệ hạt nhân Kurchatov, tất cả các lò phản ứng của NMDHN tại Nga sẽ được kiểm tra mẫu để phát hiện sự

biến dạng và gãy vỡ kim loại.

Phản ứng của kim loại trong suốt quá trình hoạt động phần lớn phụ thuộc vào trạng thái ban đầu của kim loại đó, được quyết định bởi sự có mặt của tạp chất trong kim loại và công nghệ sản xuất. Vì vậy, cần dự báo được các đặc điểm của kim loại ngay từ khâu sản xuất để cải thiện chất lượng của nó. Các nhà khoa học Nga đang áp dụng mô hình máy tính trong việc nghiên cứu công nghệ dự báo phản ứng của kim loại, đặc biệt đối với sự đồng đặc, biến dạng và xử lý nhiệt. Dự báo này cho phép xác định được các thay đổi của kim loại từ giai đoạn đầu tiên của chu trình công nghệ để điều chỉnh giải pháp công nghệ nhằm đạt được các giá trị cần thiết đối với các đặc tính liên quan đến chất lượng kim loại.

Giới hạn 30 năm mà ban đầu các nhà thiết kế ấn định cho chu trình vận hành lò phản ứng trong NMDHN đã được vượt qua. Những NMDHN mới sẽ hoạt động không dưới một thế kỷ? Điều đó có thể thành hiện thực vì gần đây các nhà khoa học tại Viện Nghiên cứu khoa học “Prometheus” ở Saint-Peterburg đã tạo ra được một loại thép có thể giữ nguyên đặc tính đồng nhất trong toàn bộ chiều dày của lá thép trong một thời gian dài. Đó là hợp kim với độ chịu bức xạ cao được bổ sung thêm crom, molybden, vanadium và niken.

Chờ đợi để được “trẻ hóa” sẽ là các lò phản ứng đã vận hành được hơn 25 năm. Các nhà khoa học cam kết sẽ kéo dài tuổi thọ lên đến 50-60 năm. Còn ở NMDHN Nizhny Novgorod, theo kế hoạch sẽ xuất hiện kiểu lò phản ứng mà dự kiến tuổi vận hành lên đến 100 năm ■

Đinh Ngọc Quang (tổng hợp)