

# NGHIÊN CỨU HIỆN TƯỢNG ĐÓNG XỈ LÒ HƠI TẠI CÁC LÒ HƠI NHIỆT ĐIỆN CẬN TỚI HẠN VÀ CÁC GIẢI PHÁP KHẮC PHỤC

Vi Thị Nhung<sup>1,\*</sup>, Vũ Đình Hải<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

<sup>2</sup>Công ty Phát Điện 1

\*Email: nguyenvanan@qui.edu.vn

## TÓM TẮT

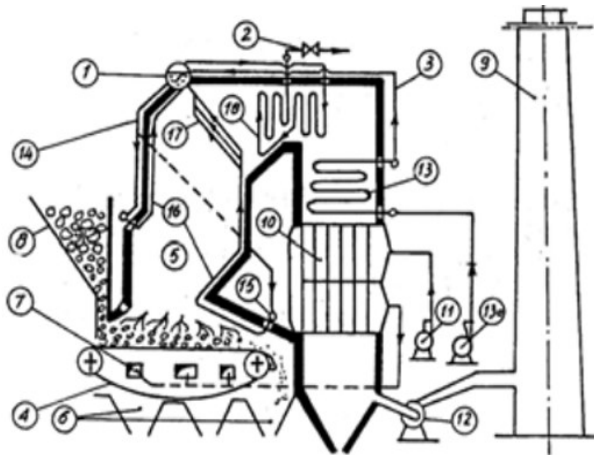
Quá trình hình thành và tích tụ tro xỉ trong khi cháy là một quá trình tự nhiên của tất cả các lò hơi đốt nhiên liệu rắn. Khi xỉ và bám tro bụi phát triển đến một mức độ nào đó thì lò hơi cần thiết phải dừng để áp dụng các giải pháp vệ sinh làm sạch sau đó khởi động lò trở lại để đảm bảo tính an toàn và hiệu quả của quá trình sản xuất. Để hạn chế thiệt hại do phải dừng lò, cần thiết phải nghiên cứu và áp dụng các giải pháp về vận hành, bảo dưỡng cũng như các phương án xử dụng tỷ lệ nhiên liệu một cách hợp lý để hạn chế thiệt hại do đóng xỉ gây ra.

**Từ khóa:** Đóng xỉ, lò hơi, nhiệt điện, tro xỉ, nhiên liệu rắn.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

### 1.1. Giới thiệu lò hơi

Các nhà máy nhiệt điện được xây dựng ở nước ta vào giữa thế kỷ XX chủ yếu vẫn sử dụng lò hơi ghi xích (hình 1).



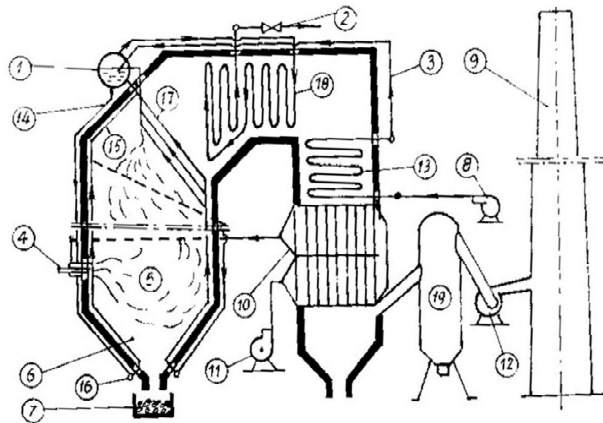
Hình 1. Sơ đồ Lò hơi ghi xích [3]

1- balông ; 2 - Van hơi chính; 3 - Đường cấp nước; 4 - Ghi lò dạng xích; 5 - Buồng lửa; 6 -Hộp tro xỉ; 7 - Hộp gió; 8 - Phễu than; 9 - Ống khói; 10 - Bộ sấy không khí; 11 - Quạt cấp gió; 12 - Quạt khói; 13 - Bộ hâm nước; 14 - Dàn ống nước xuống; 15 - Ống góp dưới; 16 - Dàn ống nước lên; 17 - Dây phestôn; 18 - Bộ quá nhiệt.

Ngay từ khi bắt đầu hoạt động, hiện tượng đóng xỉ trên bề mặt ghi lò đã được quan tâm xử lý, hiện tượng này càng thêm trầm trọng khi sử dụng các loại than có hàm lượng các oxit kim loại kiềm cao, để hạn chế hiện tượng này người ta đã phải xử dụng nhiều giải pháp như cấp thêm gió vào dưới mặt ghi cũng như bố trí thêm các dàn ống sinh hơi ở gần khu vực ghi lò để giảm nhiệt độ ra khỏi buồng đốt đến 760°C nhằm giảm khả năng đóng xỉ của lò.

Khi yêu cầu xử dụng các lò hơi với công suất ngày càng lớn để phát điện thì yêu cầu chống đóng xỉ đặt ra càng cấp thiết. Nhiều lò hơi công suất lớn với thông số áp suất và nhiệt độ cao và công suất lớn tới hàng nghìn MW đã được thiết kế và xây dựng. Do yêu cầu của phát triển công nghiệp phát điện nhiều loại than khác nhau đã được nghiên cứu xử dụng để vận hành các lò hơi phát điện thì yêu cầu chống đóng xỉ càng được chú trọng trong thiết kế và vận hành lò hơi. Ở Cộng hoà Liên bang Đức và Hợp chủng quốc Hoa Kỳ trong giai đoạn này người ta đã phát triển

các lò hơi công suất lớn xử dụng buồng đốt xyclon (hình 2).



**Hình 2. Sơ đồ lò hơi đốt phun [3]**

1 - balông; 2 - van hơi chính; 3 - đường nước cấp; 4 - vòi phun nhiên liệu; 5 - buồng lửa; 6 - phễu tro lạnh; 7 - giăng xỉ; 8 - bơm nước cấp; 9 - ống khói; 10 - bộ sấy không khí; 11 - quạt gió; 12 - quạt khói; 13 - bộ hàm nước; 14 - dàn ống nước xuống; 15 - dàn ống nước lên; 17 - dây pheston và 18 - bộ quá nhiệt.

Đối với loại buồng đốt này vấn đề hạn chế tiêu cực của đóng xỉ đã được giải quyết bằng cách nâng nhiệt độ buồng đốt đến 1600 – 2000°C, trong buồng đốt như vậy 80 - 90 % tro xỉ đã được nóng chảy và thải ra phễu xỉ vì vậy lượng tro bay thải ra các bề mặt trao đổi nhiệt đối lưu giảm đi đáng kể và đã hạn chế được tác hại của bám xỉ. Với thiết kế lò hơi kiểu này đòi hỏi rất ngặt nghèo về chủng loại và chất lượng than, chỉ những loại than có độ nhớt chảy lỏng của tro xỉ phù hợp mới được xử dụng trong các lò hơi dạng này. Trong vận hành cũng đặt ra yêu cầu rất ngặt nghèo về khống chế nhiệt độ buồng đốt để duy trì độ nhớt của tro xỉ phù hợp nhằm hạn chế rủi ro do tắc phễu xỉ. Do các yêu cầu ngặt nghèo như vậy nên dần dần các lò loại này được giảm bớt và sau những năm 1950 thì các loại lò này không còn phát triển nữa.

**1.2. Tình trạng đóng xỉ lò hơi tại một số nhà máy nhiệt điện**

Nhà máy nhiệt điện Ung Bì có công suất 300 MW do nhà máy chế tạo lò Krasny Katelshchik Cộng Hoà liên Bang Nga thiết kế và chế tạo. Qua khảo sát từ 2019 đến nay, Nhà máy thực hiện đốt than cám pha trộn nhập khẩu 5a.1PTNK (pha

trộn nhập khẩu) với than cám 5a.3. Sau khi sử dụng than pha trộn nhập khẩu, lò hơi có hiện tượng đóng xỉ lớn trong buồng lửa. Lò hơi đã nhiều lần phải ngừng tổ máy do xỉ tăng bám ở vách bên rơi xuống gây bục ống sinh hơi khu vực phễu lạnh.



**Hình 3a. Sập xỉ lò hơi tại nhà máy nhiệt điện Ung Bì ngày 10/12/2019**

Ngày 12/1/2020: Sập xỉ nổ ống sinh hơi vách xiên phễu lạnh bên trái phía sau bị bục ống số 2,5 (hình 3b)



**Hình 3b. Sập xỉ lò hơi tại nhà máy nhiệt điện Ung Bì ngày 12/01/2020**

Ngày 23/3/2020, sập xỉ nổ ống sinh hơi vách xiên phễu lạnh. Ống số 2,3,4 (hình 3c).



**Hình 3c. Sập xỉ lò hơi tại nhà máy nhiệt điện Ung Bì ngày 23/03/2020**

Sập xỉ ngày 8/5/2020 (hình 3d) gây nổ ống sinh hơi vách xiên phễu lạnh.



**Hình 3d. Sập xỉ lò hơi tại nhà máy nhiệt điện Uông Bí ngày 08/05/2020**

Tại công ty Nhiệt điện Nghi Sơn được lắp đặt lò hơi công suất 300 MW được thiết kế xử dụng than antraxit nội địa. Thời gian đầu sử dụng cũng thường xuyên xảy ra hiện tượng đóng xỉ lò hơi gây sập xỉ. Sau đó, nhà thầu đã tiến hành sửa đổi khắc phục bằng cách bóc bớt hơn 200m<sup>2</sup> đai đốt ở vùng phễu lạnh và hiệu chỉnh lại tiết diện vòi phun gió cấp 1 lò đã vận hành ổn định và chu kỳ vận hành lò được kéo dài không bị ảnh hưởng bởi đóng xỉ. Trong thời gian gần đây khi chất lượng than biến động, nhà máy phải chuyển sang đốt than pha trộn đã xảy ra một số lần đóng xỉ và sập xỉ giống như đã xảy ra tại công ty nhiệt điện Uông Bí.



**Hình 4. Đóng xỉ phễu lạnh lò hơi tại Công ty Nhiệt điện Nghi Sơn**

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Nghiên cứu cơ chế quá trình đóng xỉ và bám bụi trên các bề mặt chịu nhiệt của lò hơi.

Lắng đọng tro và đóng xỉ trên các bề mặt truyền nhiệt là một quá trình hóa học và vật lý rất phức tạp, bao gồm bốn giai đoạn chính như sau:

Giai đoạn 1: Giải phóng các nguyên tố tạo tro xỉ từ nhiên liệu rắn trong quá trình đốt cháy và biến đổi chất khoáng để tạo thành các hạt tro.

Giai đoạn 2: Vận chuyển các hạt tro lên bề mặt truyền nhiệt.

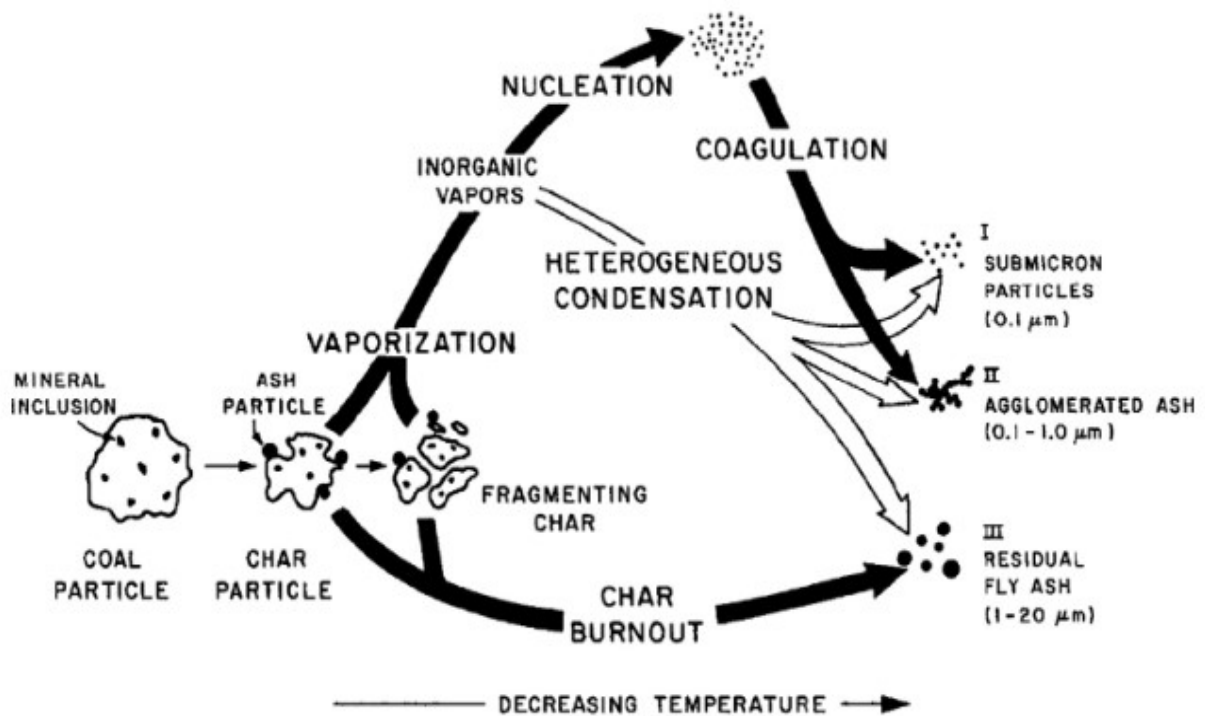
Giai đoạn 3: Dính tro xỉ lên bề mặt truyền nhiệt

Giai đoạn 4: Tích tụ dần và củng cố lớp tro xỉ.

**Giải phóng các nguyên tố hình thành tro xỉ:** Sau khi phun hỗn hợp không khí - nhiên liệu đã nghiền vào lò hơi các hạt than sẽ nóng lên nhanh chóng do bức xạ và hoà trộn với khí nóng có nhiệt độ cao tới 1600°C. Sau đó là quá trình phá hủy các chất hữu cơ trong cấu trúc nhiên liệu, các khí hữu cơ được giải phóng sẽ bắt đầu cháy, tiếp theo là đốt cháy hạt than. Đồng thời, trong quá trình phá hủy cấu trúc hạt than các mối liên kết ion, vô cơ hoặc hữu cơ (như K, Ca, P, S và Cl) được giải phóng tạo thành hơi vô cơ. Các khoáng chất còn lại, không bốc hơi sẽ trải qua một loạt các quá trình vật lý và hóa học chông chéo, chẳng hạn như biến đổi pha, phân mảnh, tan chảy và kết tụ lại. Toàn bộ quá trình đốt cháy hạt than dẫn đến sự hình thành tro bay mất ít hơn 2-3 giây. Quá trình tạo ra tro bay với sự phân bố kích thước các hạt tro được mô tả trong sơ đồ hình 5.

Sự hình thành các hạt tro lớn (với đường kính trên 1,0 micron) chủ yếu liên quan đến sự phân mảnh và kết tụ của chất khoáng trong khi hóa hơi. Và sau đó sự ngưng tụ không đồng nhất và quá trình tạo mầm đồng nhất của hơi vô cơ là tác nhân tạo ra các hạt kích thước dưới 1 μm.



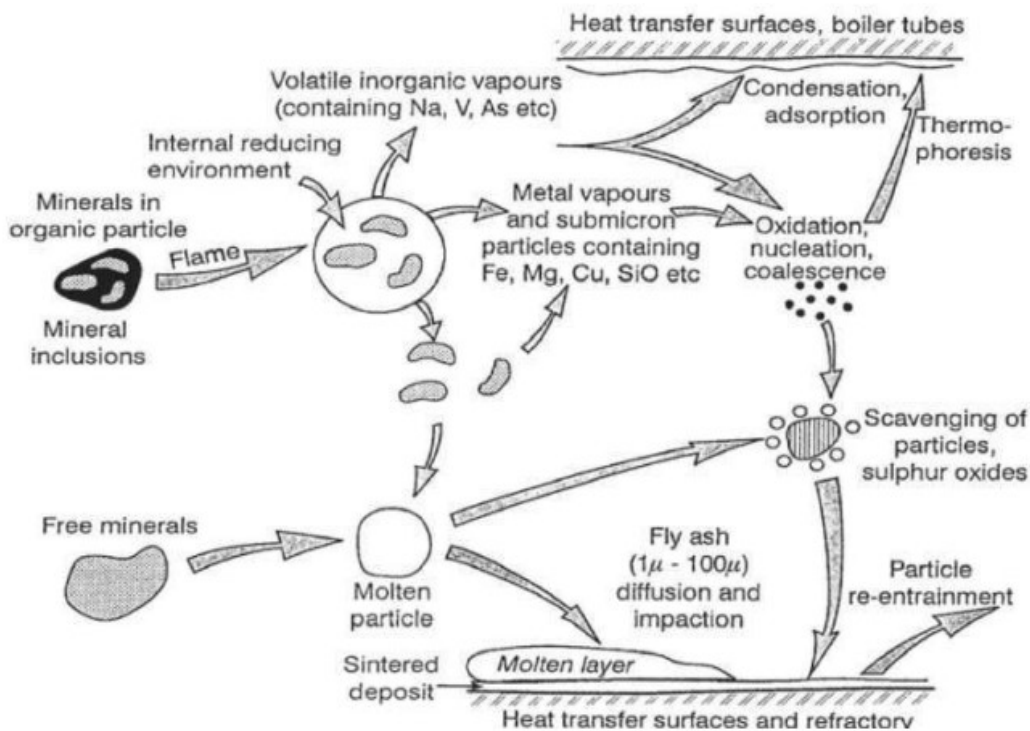


Hình 5. Mô hình hình thành tro bay trong quá trình cháy [4]

**Sự biến đổi khoáng chất và sự hình thành muối:** Các chất vô cơ quan trọng nhất đóng vai trò hình thành nên tro xỉ đó là: các khoáng chất chứa sắt, canxi, kali cũng như các hợp chất alumino-silicat chứa nhôm và silic. Ngoài ra các hợp chất chứa kim loại kiềm thổ (Ca, Mg) và các kim loại kiềm (Na, K) đóng vai trò quan trọng trong việc tăng cường quá trình bám bụi. Sắt tồn tại ở nhiều dạng khác nhau trong thành phần của khoáng sản than (như sunfua, cacbonat và oxit). Trong điều kiện đốt than,  $\text{FeS}_2$  thường bị phân hủy thành pyrrhotite ( $\text{FeS}$ ) và nhanh chóng tạo thành sunfua sắt ( $\text{Fe-O-S}$ ) dễ bị nóng chảy trước khi bị oxy hóa hoàn toàn trong điều kiện khử. Đặc biệt đối với các loại than có hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu cùng với hàm lượng  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  cao thì khả năng đóng xỉ và hình thành các khối xỉ chảy lỏng như thủy tinh vô định hình rất lớn. Các kim loại kiềm chứa trong than và nhiên liệu sinh khối thường ở dạng dễ hòa tan, do đó rất dễ phản ứng. Khi được bốc hơi

thành pha khí, các kim loại kiềm với sự hiện diện của các oxit lưu huỳnh sẽ tạo thành natri sunfat natri/kali sẽ trở thành nhân tố làm tăng tốc độ bám bẩn trong các bề mặt trao đổi nhiệt đối lưu của lò hơi đốt than phun, bằng cách tạo ra các lớp kết dính dính trên bề mặt ống và lắng đọng các hạt tro tại đó.

**Sự liên kết của các khoáng chất và sự hình thành tro:** Trong quá trình cháy tại nhiệt độ cao, các thay đổi vật lý phức tạp và tác động qua lại của các khoáng chất cũng sẽ xảy ra thêm sự biến đổi khoáng chất. Về tổng quan, quá trình biến đổi chất khoáng và hình thành tro có thể được minh họa theo hình 6. Các chất khoáng sẽ trải qua quá trình biến đổi hoặc phân hủy, nóng chảy, và đông đặc trong quá trình cháy, trong khi đó các chất khoáng trong và các phần tử liên kết hữu cơ chịu sự phân hủy, phân mảnh, bốc hơi, và ngưng tụ hình thành lên các hạt tro có các kích thước và thành phần khác nhau.



Hình 6. Quá trình biến đổi khoáng chất điển hình và quá trình hình thành tro trong quá trình đốt than [5]

**Sự lưu thông các hạt tro bay và quá trình hình thành tro xỉ, và bám xỉ, tro bụi trên các bề mặt trao đổi nhiệt đối lưu ( ống quá nhiệt , bộ hâm nước):** Do các hiệu ứng quán tính, khuếch tán và phản ứng nhiệt mà các hạt tro bụi được lưu chuyển trong lò hơi. Một khi các hạt tro va vào bề mặt ống, nó có thể dính vào bề mặt điều này dẫn đến sự hình thành lớp tro bụi dễ bám dính ở bên trong, sau đó lớp này đẩy nhanh quá trình tích tụ của các hạt khác và đập đến các dàn ống.

**Cơ chế và quá trình bám, đóng xỉ tại các bề mặt trong buồng lửa:** Khi lớp tro bụi tăng lên, do hiệu ứng cách nhiệt của lớp tro bụi tạo ra gradient nhiệt độ trong suốt quá trình bám bụi. Theo thời gian, bề mặt lớp bụi bên ngoài có thể đạt đến nhiệt độ nóng chảy ban đầu. Sự hiện diện của pha lỏng làm tăng tốc quá trình thiêu kết và cố kết lớp tro bụi bám lên bề mặt ống. Lớp tro bụi phát triển cho đến khi nó đạt đến giai đoạn nóng chảy cuối cùng mà tại đó xỉ nhớt chảy xuống bề mặt chịu nhiệt (điển hình cho lớp xỉ bám trên tường lò) hoặc nếu không, các lớp tro xỉ nặng sẽ rơi

xuống do trọng lực tác động lên chúng, hoặc hệ thống thổi bụi hoạt động. Đối với dàn ống sinh hơi không đáp đại đốt nhiệt độ bề mặt ống sinh hơi thấp duy trì khoảng  $400^{\circ}\text{C}$  trong khi nhiệt độ ngọn lửa khoảng  $1600-1800^{\circ}\text{C}$ . Khi hạt tro bụi va vào ống sinh hơi nó bị làm lạnh và rơi xuống dưới mà không bị bám dính vào bề mặt ống. Đối với khu vực dàn ống sinh hơi có đáp đại đốt, nhiệt độ bề mặt ống sinh hơi khoảng  $350^{\circ}\text{C}$ , tuy nhiên nhiệt độ trên bề mặt lớp vật liệu đại đốt khoảng từ  $1400-1500^{\circ}\text{C}$  trong khi nhiệt độ tâm cháy lên tới  $1600-1800^{\circ}\text{C}$ . Khi các hạt tro đi tới bề mặt đại đốt nó bị đốt nóng đến nhiệt độ từ  $1500-1600^{\circ}\text{C}$  và dần dần bị mềm, chảy ra và bám dính vào bề mặt tường được đáp đại đốt, dần dần tích tụ thành lớp xỉ bám dày trên bề mặt dàn ống được đáp đại đốt.

## 2.2. Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình đóng xỉ, bám bụi trong lò hơi.

**Các thành phần của tro xỉ ảnh hưởng đến quá trình đóng xỉ:** Các thành phần oxit axit bao gồm  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  và  $\text{TiO}_2$ ,... thường được coi là tạo ra nhiệt độ nóng chảy cao. Những nhiệt độ

này sẽ được hạ xuống tương ứng với lượng tương đối của các oxit bazơ cơ bản của  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  và  $\text{K}_2\text{O}$ . Khoáng chất trong than

bao gồm nhiều tổ hợp các nguyên tố, các oxit và nhiệt độ nóng chảy của chúng được liệt kê trong bảng 1

**Bảng 1 - Nhiệt độ nóng chảy của các nguyên tố, các oxit trong than**

NGUYÊN TỐ	Ô XÍT	NHIỆT ĐỘ NÓNG CHẢY ( $^{\circ}\text{C}$ )	ACID - BASE	HỖN HỢP	NHIỆT ĐỘ NÓNG CHẢY ( $^{\circ}\text{C}$ )
Si	$\text{SiO}_2$	1720	Acid	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	880
Al	$\text{Al}_2\text{O}_3$	2040	Acid	$\text{K}_2\text{SiO}_3$	980
Ti	$\text{TiO}_2$	1840	Acid	$\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Na}_2\text{O}.6\text{SiO}_2$	1100
Fe	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1570	Base	$\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Na}_2\text{O}.6\text{SiO}_2$	1150
Ca	$\text{CaO}$	2520	Base	$\text{FeSiO}_3$	1140
Mg	$\text{MgO}$	2800	Base	$\text{CaO}.\text{Fe}_2\text{O}_3$	1250
Na	$\text{Na}_2\text{O}$	1280	Base	$\text{CaO}.\text{MgO}.2\text{SiO}_2$	1390
K	$\text{K}_2\text{O}$	350	Base	$\text{CaSiO}_3$	1540

Các nguyên tố trong thành phần tro xỉ của hầu hết các loại than xử dụng tại các nhà máy nhiệt điện bao gồm 10 ôxit sau:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$ . Trong đó  $\text{SiO}_2$  và  $\text{Al}_2\text{O}_3$  chiếm trên 70%; Khi tổng hàm lượng ( $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{CaO}$ ) càng cao thì khả năng đóng xỉ của lò càng cao. Khi tổng hàm lượng ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 +\text{CaO}$ ) cao hơn 10% thì nhiệt độ nóng chảy của tro xỉ sẽ giảm xuống mức 1450 – 1460 $^{\circ}\text{C}$  và chỉ số đóng xỉ của than sẽ chạm tới mức mức cao và nghiêm trọng; Hàm lượng các ôxit kim loại kiềm  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  tro xỉ cao sẽ làm tăng khả năng bám bụi các bề mặt trao đổi nhiệt đối lưu đặc biệt là bộ quá nhiệt, bộ hâm nước và bộ sấy không khí; Khi biết thành phần của tro xỉ cho phép ta tính toán và ước lượng được nhiệt độ nóng chảy của tro xỉ và các chỉ số đóng xỉ của từng loại than để tối ưu hoá chế độ cung cấp than cũng như chế độ vận hành của lò hơi để hạn chế khả năng đóng xỉ của lò.

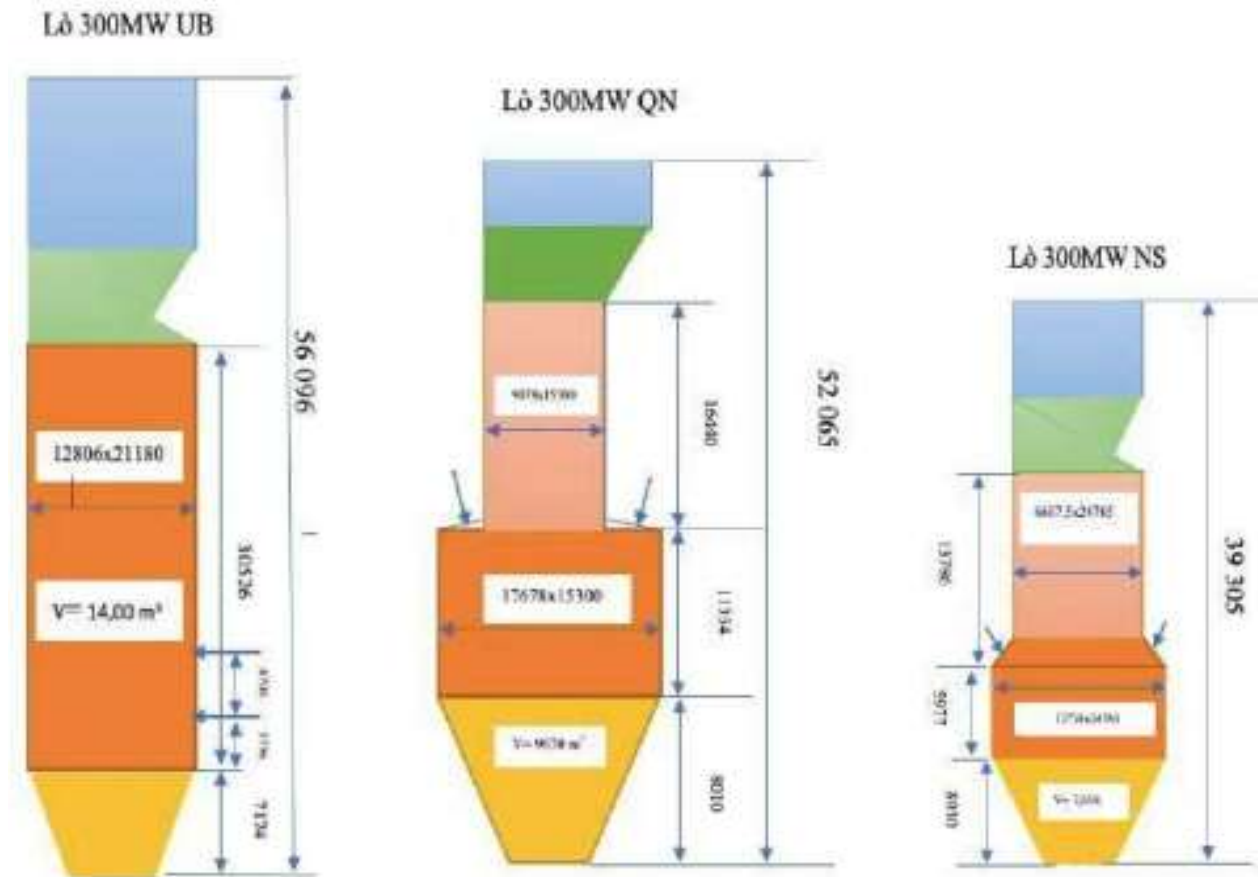
#### ***Đặc điểm thiết kế và cấu tạo của lò hơi ảnh hưởng đến hiện tượng đóng xỉ và bám bụi trong lò hơi.***

Hiện tại các lò hơi trong các nhà máy nhiệt điện chia thành các loại chủ yếu như sau:

- Các lò hơi xử dụng than nội địa có hai loại kết cấu buồng lửa chủ yếu đó là lò hơi có buồng lửa thiết kế theo dạng ngọn lửa hình chữ L có vòi phun dạng xoáy bố trí tại tường trước và tường sau do Cộng hoà liên bang Nga chế tạo và lò hơi có buồng lửa thiết kế theo dạng ngọn lửa hình chữ W với vòi phun phân tách dòng đậm và dòng loãng bố trí tại mặt nghiêng của tường trước và tường sau.

- Các lò hơi xử dụng than nhập khẩu buồng lửa được thiết kế theo kết cấu ngọn lửa có dạng hình chữ L có các vòi phun thẳng bố trí ở tường trước và tường sau của lò.

Đặc điểm thiết kế và cấu tạo lò hơi của một số các nhà máy nhiệt điện được thể hiện qua hình 7.



Hình 7. Sơ đồ cấu tạo lò hơi tại một số nhà máy nhiệt điện

Lò hơi 300 MW tại nhà máy nhiệt điện Ung Bí được thiết kế với thể tích buồng lửa khoảng 14000m<sup>3</sup> chiều cao buồng lửa từ phễu lạnh đến nóc buồng lửa là 56 m và tiết diện ngang của lò 12806 x 21180m. Nhiệt độ không khí nóng ở công suất định mức là 400°C. Vì than Ung Bí – Vàng Danh là loại than chất bốc thấp, khó cháy, rất nhạy cảm với hiện tượng đóng xỉ nên nhà thiết kế đã áp dụng các giải pháp để hạn chế các nhược điểm của than này như: tăng đáng kể chiều cao của buồng lửa, dùng 2 tầng vòi phun xoáy bố trí ở tường trước và tường sau để phân bổ đồng đều phụ tải nhiệt tại tâm buồng lửa. Với tiết diện ngang của lò cố định theo chiều cao buồng lửa với chiều sâu buồng lửa 12 m và chiều rộng 21 m là tương đối nhỏ so với tất cả các lò 300 MW hiện có, với đặc điểm này nên khả năng đóng xỉ ở hai tường bên của lò là rất cao vì với vòi phun xoáy khi biến đổi về khí động và tốc độ gió ra khỏi vôn phun sẽ gây ra hiện tượng ngọn lửa dễ bị tấp vào hai tường bên cộng với đặc tính

nhạy cảm với đóng xỉ của than lò 300 MW rất nhạy cảm với hiện tượng đóng xỉ và sập xỉ. Thực tế mới đưa vào vận hành với tỷ lệ than đốt là 100 than Vàng Danh – Ung Bí chu kỳ vận hành lò rất ngắn chỉ vận hành khoảng 20-30 ngày phải dừng lò để chọc xỉ. Do hiện tượng đóng xỉ nghiêm trọng khi đốt 100% than Vàng Danh nên Từ năm 2015 công ty đã chuyển sang đốt than pha trộn 50% than Vàng Danh và 50% than Mạo Khê và từ đó chu kỳ vận hành của lò đã được kéo dài không phải dừng lò để chọc xỉ, tuy nhiên nguy cơ đóng xỉ và sập xỉ của lò này vẫn còn rất cao.

Nhà máy điện Nghi Sơn được lắp đặt lò 300 MW được thiết kế để đốt than antraxite Việt Nam với thể tích buồng lửa khoảng 7630 m<sup>3</sup> chiều cao buồng lửa từ phễu lạnh đến nóc buồng lửa là 39 m và tiết diện ngang của lò 12774 x 24665 m. Kết cấu buồng lửa có dạng ngọn lửa hình chữ W. Với kết cấu ngọn lửa hình chữ W đã kéo dài đáng kể thời gian đốt cháy của hạt than nhằm nâng cao hiệu suất của lò trong buồng lửa và với tiết diện



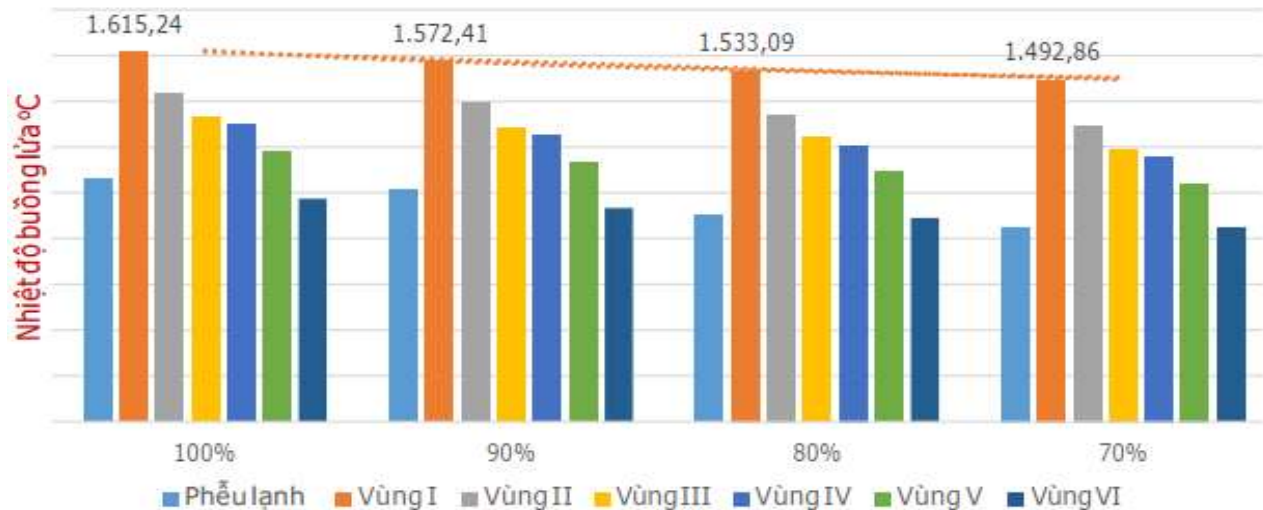
ngang buồng lửa tại vùng tâm cháy mở rộng đáng kể nên đã hạn chế được hiện tượng đóng xỉ và sập xỉ trong lò. Lò hơi của Nhà máy điện Nghi Sơn được thiết kế với nhiệt thể tích buồng lửa nhỏ nên rất nhạy cảm với hiện tượng đóng xỉ đặc biệt khi chất lượng than thay đổi và chế độ khí động, tốc độ gió ra khỏi vòi phun cũng như tâm ngọn lửa thay đổi nhiều. Trong giai đoạn đầu khi mới hiệu chỉnh đưa lò vào vận hành đã xảy ra nhiều lần đóng xỉ gây bị thiếu lạnh phải ngừng lò lâu dài để chọc xỉ, nhà thầu đã phải tiến hành sửa đổi thiết kế như bóc bớt đai đốt phần thiếu lạnh cũng như chỉnh sửa lại vòi phun để khắc phục, hiện nay lò đã khắc phục được hiện

tượng đóng xỉ tuy nhiên nguy cơ đóng xỉ vẫn còn cao đặc biệt nếu chất lượng than thay đổi lớn.

Qua việc phân tích đặc điểm thiết kế cho thấy đặc điểm thiết kế buồng lửa lò hơi của một số lò hơi ảnh hưởng đến khả năng đóng xỉ của lò, lò có thiết kế với nhiệt thể tích buồng lửa cao dễ xảy ra khả năng đóng xỉ, bố trí vòi phun không hợp lý cũng như diện tích đai cháy không hợp lý làm tăng khả năng đóng xỉ của lò.

#### **Ảnh hưởng của các yếu tố vận hành đến quá trình đóng xỉ trong lò hơi:**

- *Ảnh hưởng của phụ tải nhiệt:* Kết quả thí nghiệm về ảnh hưởng của phụ tải nhiệt tại lò hơi nhà máy điện Uông Bí được thể hiện trên hình 8.



**Hình 8. Phụ tải nhiệt của lò (% phụ tải định mức)**

Từ đồ thị cho thấy rằng khi phụ tải lò tăng ở 100% công suất nhiệt độ khói tại vùng ra khỏi vòi phun có thể đạt tới 1615<sup>o</sup> C và nhiệt khói vào bộ quá nhiệt cấp II đạt tới 1200<sup>o</sup> C. Khi phụ tải tăng giảm 20-30% nhiệt độ khói tại vùng trung tâm buồng lửa tăng giảm từ 70-100<sup>o</sup>C. Với việc vận hành liên tục ở phụ tải cao kéo theo nhiệt độ trung tâm buồng lửa được duy trì ở nhiệt độ cao lâu dài trong khoảng 1550-1600<sup>o</sup>C sẽ làm tăng nguy cơ đóng xỉ của lò, đặc biệt đối với loại than có chỉ số đóng xỉ cao.

- *Chế độ vận hành:* Chế độ vận hành không hợp lý làm tăng khả năng đóng xỉ của lò. Khi lò vận hành với hệ số không khí thừa thấp làm tăng nhiệt độ tâm cháy buồng lửa sẽ làm tăng khả năng đóng xỉ lò, phụ tải nhiệt lò càng cao thì khả

năng đóng xỉ càng tăng, khi phụ tải các vòi phun phân bố không đồng đều cũng làm tăng nhiệt độ cục bộ trong vùng tâm cháy và tăng khả năng đóng xỉ của lò.

- *Thổi bụi:* Khi lò vận hành lâu dài không được thổi bụi làm sạch các bề mặt sẽ làm tăng khả năng đóng xỉ lò.

### **3. KẾT QUẢ**

#### **3.1. Giải pháp chống đóng xỉ lò hơi**

Như đã đề cập ở trên, sự lắng đọng tro có liên quan đến chất khoáng trong than, điều kiện vận hành và thiết kế lò hơi. Trên quy mô lớn, hiểu được vấn đề lắng đọng tro sẽ cung cấp hướng dẫn cho việc thiết kế lò hơi, và quản lý và kiểm soát lượng tro lắng đọng ở mức độ có thể chấp



nhận được để các lò hơi được vận hành một cách kinh tế và hiệu quả. Để đạt được những điều này, người ta đã nỗ lực rất nhiều trong việc quản lý và giảm thiểu sự lắng đọng tro bằng các phương pháp khác nhau, bắt đầu từ việc thay đổi các khoáng chất chính trong than, và tối ưu hóa các điều kiện vận hành và thiết kế lò hơi. Các cách tiếp cận này bao gồm tối ưu hóa phân bố nhiệt độ trong buồng lửa, và đặc biệt quan tâm, thay đổi các tính chất của nhiên liệu thông qua trộn than, bổ sung phụ gia vào than, và rửa than.

**Một là, chống đóng xỉ bằng việc pha trộn than**

Việc phối trộn than đã được sử dụng rộng rãi trên thực tế tại các nhà máy điện vì lợi ích kinh tế (giá, vận tải, nguồn cung), môi trường (sự phát thải NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, bụi) và kỹ thuật (sự bám bẩn và đóng xỉ).

**Hai là, chống đóng xỉ bằng cách nghiên cứu các chỉ số đóng xỉ và bám bụi của than dựa trên việc phân tích các thành phần hoá học của tro xỉ**

Các chỉ số sử dụng để đánh giá khả năng đóng xỉ của các loại nhiên liệu rắn đã được sử dụng từ những năm 1960. Chỉ số này được xây dựng dựa trên việc phân tích các nhiệt độ nóng chảy, độ nhớt cũng như các thành phần hoá học của tro xỉ. Các chỉ số chính dùng để đánh giá được cho trong bảng 2. Căn cứ các chỉ số cho trong bảng 2 cho phép ta dự đoán được khả năng đóng xỉ của các loại than khác nhau để có giải pháp phòng ngừa khi thiết kế và vận hành lò hơi.

**Ba là, chống đóng xỉ bằng việc cho phụ gia vào than:** Bổ sung các chất phụ gia là một phương pháp khác để thay đổi tính chất tro và quản lý sự lắng đọng tro. Phương pháp này cho phép bổ sung các chất phụ gia gốc silicat nhôm (kaolinit, thạch anh, bôxít) và các chất phụ gia gốc canxi (canxit, vôi và Ca(OH)<sub>2</sub>) vào than để thay đổi chất khoáng trong than, sự chuyển hóa và tương tác giữa các khoáng chất và quá trình lắng đọng.

**Bảng 2. Các chỉ số đánh giá đóng xỉ và bám bụi của than**

CHỈ SỐ	KHUYNH HƯỚNG ĐÓNG XỈ			
	THẤP	TRUNG BÌNH	CAO	NGHIÊM TRỌNG
Acid – base	< 0,4 hoặc > 0,7		0,4 – 0,7	
Hệ số đóng xỉ B/A*sunphua trong than (%)	< 0,6	0,6 – 2,0	2,0 - 2,6	> 2,6
Tỷ số Sắt/Canxi	< 0,3 > 3,0	0,3 – 3,0		
Tổng Sắt + Canxi	< 10			
Chỉ số đóng xỉ	> 1340	1230-1340	1150-1230	< 1150
Phần trăm silica	72 – 80	65 – 72		50- 65
	Khuynh hướng bám bụi			
Hệ số bám bụi B/A.Na <sub>2</sub> O	< 0,2	0,2- 0,5	0,5 – 1,0	> 1,0
Hàm lượng chất solium Na <sub>2</sub> O	< 0,5	0,5 – 1,0	1,0 – 2,5	> 2,5

**Bốn là, chống đóng xỉ bằng việc áp dụng các kỹ thuật loại bỏ xỉ:** Làm sạch bề mặt trao đổi nhiệt là quá trình loại bỏ cặn, nơi các mảnh cặn được tách ra khỏi bề mặt truyền nhiệt. Tàn suất bong tróc tự nhiên có thể được tăng lên bởi các kỹ thuật khác nhau được kết hợp trong vận hành lò hơi như thổi bụi, làm sạch bằng sóng siêu âm, sóng kích nổ, làm sạch vết bẩn và bánh răng cào. Thổi bụi: Các cặn tro, hình thành trên bề mặt truyền nhiệt đối lưu, thường được loại bỏ bằng máy thổi bụi sử dụng nước, không khí hoặc hơi nước có áp suất cao, tác động vào cặn bẩn và dẫn đến đứt gãy. Hạn chế chính của phương pháp làm sạch này là nó gây mài mòn và xói mòn ống lò hơi, đồng thời tiêu thụ một lượng lớn hơi nước áp cao.

**Năm là, giải pháp vận hành:** Nguyên tắc chung của giải pháp này là: với lò hơi đã cho, cần thiết lựa

chọn loại than có đặc tính tro xỉ để nhiệt độ  $T_{1000}$  và  $T_{250}$  cao; giảm nhiệt độ ngọn lửa ở gần tường lò và tạo môi trường cháy đủ oxy.

### 3.2. Kết quả thực nghiệm một trong các giải pháp chống đóng xỉ lò hơi tại nhà máy nhiệt điện Uông Bí.

Nhiều biện pháp nhằm khắc phục hiện tượng đóng xỉ lò hơi đã và đang được thực hiện tại nhà máy nhiệt điện Uông Bí, trong đó có giải pháp vận hành với việc điều chỉnh nhiệt độ ngọn lửa tại lò hơi đã được thực nghiệm.

Dựa trên việc xác định phản ứng tổng hợp của tro bằng cách đo độ nhớt của tro xỉ và nhiệt độ của độ nhớt tới hạn (250 poise (25 Pa.s) độ trong điều kiện oxy hóa và 1000 poise (100 Pa.s) trong điều kiện khử). Các số liệu quan sát vận hành tại lò hơi nhiệt điện Uông Bí sử dụng than Vàng Danh, Mạo Khê, Mông Dương, Indonesia sub, 5a.1 PTNK, Nhập khẩu từ Australia được trình bày trong bảng 3.

**Bảng 3. Nhiệt độ của một số loại than theo độ nhớt**

Loại than	Đơn vị	Vàng Danh	Mạo Khê	Mông Dương	Indô	5a1PTNK	NK Úc
$T_{250}$	°C	1451	1441	1455	1223	1465	1468
$T_{1000}$	°C	1342	1330	1348	1112	1359	1364

Kết quả tính toán nhiệt độ tại  $T_{250}$  và  $T_{1000}$  cho thấy, khả năng các hạt tro có thể bám dính vào tường buồng lửa xuất hiện tại nhiệt độ ngọn lửa  $1342^{\circ}\text{C}$  (đối với than Vàng Danh).

Các kết quả đo nhiệt độ ngọn lửa tại lò hơi Uông Bí 300MW cho thấy, nhiều khu vực có nhiệt độ cao hơn  $1450^{\circ}\text{C}$ , xác xuất đóng xỉ và hình thành các khối xỉ lớn tại các khu vực này rất cao (nhiệt độ bề mặt đai đốt cao, tro xỉ có lực bám dính cao với bề mặt đai đốt). Các kết quả quan sát tình trạng đóng xỉ lò hơi từ ngày 01/10/2021 đến ngày 15/10/2021 được trình bày trong bảng 4.

Trên cơ sở số liệu quan trắc tại tổ máy 300 MW nhiệt điện Uông Bí, thấy rằng việc sử dụng giá trị nhiệt độ  $T_{1000}$  theo mô hình của Senior and Srinivasachar là tương đối phù hợp với thực tế

vận hành. Các khu vực có nhiệt độ khói dưới  $1330^{\circ}\text{C}$  gần như không quan sát thấy hiện tượng bám xỉ. Khu vực có nhiệt độ khói từ  $1330-1375^{\circ}\text{C}$  chỉ tồn tại lớp xỉ mỏng (điều này xảy ra có thể do tại nhiệt độ khói này, nhiệt độ bề mặt lớp đai đốt còn thấp ( $790^{\circ}\text{C}$ ) pha lỏng hình thành chưa nhiều và góc dính ướt giữa xỉ và bề mặt lớn (lực bám dính với tường thấp) và sẽ rơi phểu lạnh. Với khu vực có nhiệt độ ngọn lửa nhỏ hơn  $T_{1000}$  ( $1360^{\circ}\text{C}$ ) sử dụng than 5a.1 PTNK, tỷ lệ pha lỏng có trong hạt tro thấp và nhiệt độ bề mặt đai đốt khoảng  $750^{\circ}\text{C}$ , xác xuất hạt tro dính vào bề mặt là thấp và nếu hạt tro bám dính vào bề mặt đai đốt thì lực dính kết giữa hạt tro với bề mặt đai đốt cũng rất nhỏ. Khi quá trình tích tụ tro xỉ tăng lên, dưới tác dụng của trọng lực lớp xỉ dễ dàng tách khỏi bề mặt đai đốt.

**Bảng 4. Tình trạng xỉ lò hơi nhà máy Nhiệt điện Uông Bí 300MW**

Ngày		01/10.	xỉ	05/10.	xỉ	08/10.	xỉ	12/10.	xỉ	15/10.	xỉ	
Tầng 2	Phải	Trước	1125	Không	1150	Không	1155	Không	1160	Không	1165	Không
		Giữa trước	1335	Xốp, mỏng	1365	Xốp, mỏng	1335	Xốp, mỏng	1350	Xốp, mỏng	1365	Xốp, mỏng
		Giữa sau	1420	Cứng, 12cm	1480	Đẻo, 10cm	1450	Xốp, 20cm	1420	Đẻo, 15cm	1400	Đẻo, 15cm
		Sau	1185	Không	1180	Không	1180	Không	1130	Không	1185	Không
	Trái	Trước	1065	Không	1145	Không	1100	Không	1200	Không	1155	Không
		Giữa trước	1300	Xốp, mỏng	1375	Xốp, mỏng	1340	Xốp, mỏng	1405	Cứng, 10cm	1325	Xốp, mỏng
		Giữa sau	1350	Xốp, mỏng	1405	Xốp, mỏng	1365	Xốp, mỏng	1410	Cứng, 10cm	1360	Xốp, mỏng
		Sau	1160	Không	1240	Không	1225	Không	1275	Không	1215	Không
Tầng 3	Phải	Trước	1355	Xốp 10-15cm	1375	Không	1335	Không	1370	Không	1370	Không
		Giữa trước	1430	Cứng, 10cm	1490	Cứng, 15cm	1475	Cứng, 10cm	1445	Cứng, 10cm	1475	Cứng, 10cm
		Giữa sau	1490	Cứng, 10cm	1500	Đẻo, mỏng	1440	Cứng, 10cm	1425	Cứng, 10cm	1475	Cứng, 10cm
		Sau	1345	Không	1345	Không	1385	Không	1300	Không	1370	Không
	Trái	Trước	1315	Không	1340	Không	1295	Không	1300	Không	1310	Không
		Giữa trước	1435	Cứng, 15cm	1485	Cứng, 15cm	1410	Xốp, mỏng	1420	Cứng, 10cm	1425	Cứng, 10cm
		Giữa sau	1490	Cứng, 10cm	1510	Đẻo, mỏng	1420	Cứng, 10cm	1500	Cứng, 10cm	1450	Cứng, 10cm
		Sau	1380	Xốp, mỏng	1395	Không	1375	Không	1430	Không	1375	Cứng, 10cm

#### 4. KẾT LUẬN

Đóng xỉ và bám bụi lò hơi luôn là vấn đề cần đặc biệt quan tâm đối với các nhà máy nhiệt điện đặc biệt là các nhà máy nhiệt điện cận tới hạn. Giải quyết được vấn đề này sẽ giảm thiệt hại do việc phải dừng lò để xử lý tro bụi. Cần nghiên cứu áp dụng đồng thời các giải pháp giảm thiểu hiện tượng đóng xỉ và bám bụi để đạt kết quả tối ưu.

Bài báo đã trình bày các cơ chế, nguyên nhân và biện pháp hạn chế sự hình thành tro xỉ trong lò hơi của các lò hơi nhiệt điện, trong đó đưa

ra một giải pháp trong vận hành đã được thực nghiệm là mô hình tính toán độ nhớt của than và sử dụng tiêu chí  $T_{250}$  và  $T_{1000}$  để dự báo khả năng bám xỉ và đóng xỉ than trong lò hơi là tương đối phù hợp với thực tế sử dụng than tại các lò hơi sử dụng than trong nước.

#### 5. LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn chân thành tới các nhà máy Nhiệt điện (Uông Bí, Nghi Sơn) đã cung cấp số liệu, hình ảnh để hoàn thành bài báo này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chân, Đ. N. & Đồng, H. N. (2015). *Lò Hơi Và Thiết Bị Đốt*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
2. Đồng, H.N.(2014) *Tính Nhiệt Thiết Bị Lò Hơi*, NXB Xây Dựng, Hà Nội.
3. <https://dichvulohoi.com/lo-hoi-noi-hoi-ghi-xich-cau-tao-va-nguyen-ly-hoat-dong/>
4. Ulrich Kleinhans ,Christoph Wieland (2018). Ash formation and deposition in coal and biomass fired combustion systems: Progress and challenges in the field of ash particle sticking and rebound behavior. *Progress in Energy and Combustion Science* 68, 65-168.
5. Bryers, R. W. (1996). Fireside slagging, fouling, and high-temperature corrosion of heat-transfer surface due to impurities in steam-raising fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*.
6. Xuebin Wang (2018). The Ash Deposition Mechanism in Boilers Burning Zhundong Coal with High Contents of Sodium and Calcium: A Study from Ash Evaporating to Condensing.

**Thông tin của tác giả:****ThS. Vi Thị Nhung**

Khoa Cơ khí – Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh  
Điện thoại: +(84).966973888 - Email: [vithinhung@qui.edu.vn](mailto:vithinhung@qui.edu.vn)

**Th.S. Vũ Đình Hải**

Công ty Phát Điện 1  
Điện thoại: +(84).982342125 - Email: [Hai.vudinh@gmail.com](mailto:Hai.vudinh@gmail.com)

## STUDY PHENOMENA SLAG OF BOILER AT THE THEROELECTRIC BOILERS OLD AND SOLUTIONS

**Information about authors:**

**Vi Thi Nhung**, M.Eng., Department of Mechanical engineering - Dynamics, Quang Ninh University of Industry, email: [vithinhung@qui.edu.vn](mailto:vithinhung@qui.edu.vn)

**Vu Dinh Hai**, M.Eng., Power Generation Company 1.

**ABSTRACT:**

*The formation and accumulation of ash during combustion is a natural process of all solid fuel fired boilers. When slag and ash accumulation has reached a certain extent, it is necessary to stop the boiler to apply cleaning solutions and then restart the boiler to ensure the safety and efficiency of the process produce. In order to limit the damage caused by stopping the boiler, it is necessary to research and apply solutions on operation, maintenance as well as plans to use the fuel ratio in a reasonable way to limit the damage caused by slag deposition.*

**Keywords:** Slag, boiler, thermolectric, ash, solid fuel.

**REFERENCES**

1. Dao. N.C. & Hoang, N.Đ. (2015). *The boiler and combustion equipment*, science and technics publishing house, Ha Noi.
2. Hoang, N.Đ.(2014). *Boiler equipment temperature calculation*, The building publishing house, Ha Noi
3. <https://dichvulohoi.com/lo-hoi-noi-hoi-ghi-xich-cau-tao-va-nguyen-ly-hoat-dong/>
4. Ulrich Kleinhans ,Christoph Wieland (2018). Ash formation and deposition in coal and biomass fired combustion systems: Progress and challenges in the field of ash particle sticking and rebound behavior. *Progress in Energy and Combustion Science* 68, 65-168.
5. Bryers, R. W. (1996). Fireside slagging, fouling, and high-temperature corrosion of heat-transfer surface due to impurities in steam-raising fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*.
6. Xuebin Wang (2018). The Ash Deposition Mechanism in Boilers Burning Zhundong Coal with High Contents of Sodium and Calcium: A Study from Ash Evaporating to Condensing.

**Ngày nhận bài:** 17/5/2023;

**Ngày gửi phản biện:** 22/5/2023;

**Ngày nhận phản biện:** 23/6/2023;

**Ngày chấp nhận đăng:** 26/6/2023.