

# Bài báo: Nghiên cứu, thiết kế công nghệ phục hồi và đưa vào vận hành van an toàn hơi chính cho lò hơi công nghệ CFB

<sup>1a</sup>Hoàng Trung Kiên, <sup>2b</sup>Hoàng Văn Gọt, <sup>3c</sup>Phạm Huy Dũng

1,2,3: Viện Nghiên cứu Cơ khí, Bộ công thương

Email: a. Kienvairo@gmail.com ; b. [gothv narime@gov.vn](mailto:gothv narime@gov.vn);

**Tóm tắt:** Bộ phận quan trọng nhất của van an toàn hơi chính là thân động và thân tĩnh với hai bề mặt tiếp xúc làm kín, chúng làm việc trong điều kiện áp suất và nhiệt độ cao. Van phải dừng làm việc khi các bề mặt làm kín bị hư hỏng và cũng kéo theo lò hơi phải dừng hoạt động. Bài báo này về việc nghiên cứu tìm pháp công nghệ chế tạo thân động và thân tĩnh van để phục hồi cụm van an toàn hơi chính.

**Từ khóa:** *Phục hồi van an toàn lò hơi*

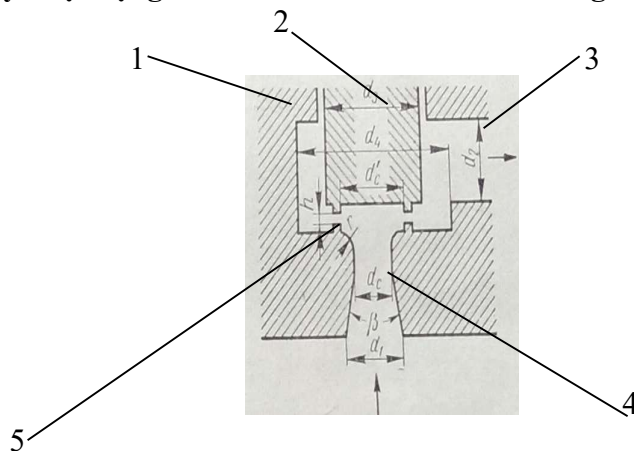
**Summary:** The Best important of all parts of safety-valve of Boiler main steam water are dynamic and static bodies of valve with air-tight rund disks, which working on high presue and temperature. Air-tight rund disks of The safety-valve are failing, boiler to have stop. The paper on researching to find technology method to manufacter dinamic and static bodies with air-tight rund disks of safety-valve of Boiler main steam water.

**Key Words:** *Restore safety-valve of Boiler*

**1. Đặt vấn đề:** Cho tới nay ở Việt nam, van an toàn vẫn hoàn toàn phải nhập ngoại, chưa có cơ sở nào nghiên cứu phục hồi và chế tạo mới. Nguồn nhập khẩu chủ yếu từ Mỹ và một số nước có nền công nghiệp tiên tiến nhưng với chi phí cao (Van lò hơi công suất 150MW giá khoảng 60.000 USD/bộ), thời gian đặt hàng nhập ngoại khoảng 8÷10 tháng, thời gian nhà máy có thể phải dừng hàng tháng không phát được điện, gây tổn thất rất lớn về kinh tế và làm mất an ninh năng lượng. Do vậy việc nghiên cứu công nghệ phục hồi van an toàn hơi chính là vấn đề cấp thiết cho các nhà máy nhiệt điện than tại Việt nam.

## 2. Nội dung:

### 2.1. Nguyên lý hoạt động của van an toàn hơi chính trong hệ thống lò hơi



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý van an toàn hơi chính [4]

1- Thân tĩnh; 2-Thân động( $d_c$ ); 3- Cửa xả hơi( $d_2$ ); 4-Cửa hơi vào van( $d_c$ ); 5- Mặt làm kín ( $h$ )

*Nguyên lý hoạt động* [4]: Trong điều kiện bình thường, áp suất trong lò hơi dưới mức tới hạn, van hoàn toàn đóng ( $h=0$ ). Khi áp suất trong lò hơi vượt quá giới hạn cho phép thì áp

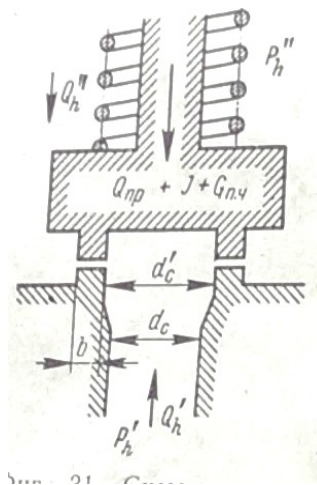
suất tại cửa 4 cao hơn lực do lò xo nén tạo ra tác động lên thân động 2 và thân động 2 nâng lên, tạo ra khe hở h giữa hai mặt làm kín. Nhờ đó hơi khí áp suất cao qua khe h đi ra cửa xả 3, khí hơi nóng áp suất cao xả mạnh cho tới khi áp suất trong lò hơi giảm tới mức cho phép, nghĩa là áp suất trong cửa 4 nhỏ hơn áp suất tạo ra từ thân động 2 bởi lò xo. Khi đó hai cửa thông nhau bị đóng lại nghĩa là h=0, lò hơi hoạt động bình thường.

## 2.2. Yêu cầu kỹ thuật các chi tiết chính của van an toàn

**2.2.1. Điều kiện làm việc của van an toàn hơi chính:** Van an toàn làm việc trong điều kiện khắc nghiệt:

2.2.1.1. Tải trọng cao: Các lực tác dụng lên bộ phận công tác của van thể hiện trên hình 2 [5, 6]

a) Sơ đồ lực trong giai đoạn van hé mở:



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý van và các lực tác dụng khi van hé mở [4]

Ở thời điểm bắt đầu hé mở van, lực làm kín bằng không và phương trình lực áp suất của dòng hơi lên van có dạng:

$$Q_{h=0} = Q_{1np} + G_{nq} ; \text{kG} \quad (1)$$

Mặt khác:

$$Q_{h=0} = \frac{\pi \cdot (d_c')^2}{4} \cdot \eta_0 \cdot (p_0 - p_2) ; \text{kG} \quad (2)$$

Ở đây  $p_0$  là áp suất bắt đầu mở van được tính theo công thức (3):

$$p_0 = p_1 + \Delta p_{h=0} ; \text{kG/cm}^2 \quad (3)$$

$$\text{Và: } \Delta p_{h=0} = \frac{Q_{y\pi l}}{\pi \cdot (d_c')^2 \cdot 4} ; \text{kG/cm}^2 \quad (4)$$

Ở giai đoạn nâng cơ cấu đóng kín, lực tác dụng lên van của môi trường  $Q_h$  lớn hơn lực căng lò xo  $Q_{np}$  theo độ lớn của lực quán tính  $J$  và trọng lượng của các thành phần chuyển động của van  $G_{nq}$ . Trong khi toàn bộ lực tác động lên van, ngoài trọng lượng, thay đổi theo phạm vi nâng của cơ cấu đóng kín (xem hình 2) có dạng (5):

$$Q_h = Q_{np} + J + G_{nq} ; \text{kG} \quad (5)$$

Độ lớn của lực căng lò xo bằng (6):

$$Q_{np} = Q_{1np} + x \cdot h = x \cdot (h_1 + h) ; \text{kG} \quad (6)$$

Ở đây:  $h$  – là chiều cao nâng của cơ cấu đóng kín cửa van là hàm số của thời gian  $t$   
 Độ lớn của lực quán tính các bộ phận chuyển động của van  $J$  bằng(7):

$$J = \frac{G_{n\eta}}{g} \cdot i \cdot \frac{d^2 h}{dt^2} ; \text{kG} \quad (7)$$

Ở đây:  $\frac{d^2 h}{dt^2}$  là gia tốc các bộ phận chuyển động của van, tính bằng  $\text{m/s}^2$ ;

$i$  – Hệ số hiệu chỉnh theo khối lượng của lò xo có tham gia vào chuyển động;  
 Giá trị của lực áp suất dòng chảy lên cơ cấu đóng kín của van (8):

$$Q_h = Q'_h - Q''_h = \frac{\pi \cdot (d'_c)^2}{4} \cdot (p'_h - p''_h) \cdot \rho ; \text{kG} \quad (8)$$

Ở đây:  $p'_h$  và  $p''_h$  là áp suất trước và sau van thay đổi phụ thuộc vào chiều cao nâng của van, tính bằng  $\text{kG/cm}^2$ ;

$$p'_h = p_o + \Delta p'_h = p_1 + \Delta p_{h=0} + \Delta p'_h \quad (9)$$

Giá trị của  $p_1$  và  $\Delta p_{h=0}$  là thường xuyên và không thay đổi, nó không phụ thuộc vào độ nâng. Giá trị của  $\Delta p_h$  thay đổi phụ thuộc vào độ nâng;  $\rho$  là hệ số lực nâng của van, nó tính đến độ sai lệch thực tế của lực áp suất môi trường, tác động lên đĩa van vào phía nâng lên. Lực được tính toán bằng hiệu số áp suất tĩnh trước và sau van, tác dụng lên đĩa van theo diện tích có đường kính  $d'_c$ . Hệ số  $\rho$  có tính đến áp suất  $p_h$  và  $p''_h$  tác dụng lên các diện tích khác nhau. Sự phân bố áp suất  $p'_h$  trên diện tích đĩa là liên tục và áp lực động của phản ứng dòng chảy tác dụng lên đĩa.

Giá trị của  $Q_h$  theo phạm vi độ nâng của van, nó liên tục thay đổi do sự thay đổi của hệ số lực nâng  $\rho$  và áp suất trước van  $p'_h$  từ áp suất ban đầu  $p_o$  đến áp suất cực đại  $p_{h1}$ . Giá trị của đối áp  $p''_h$  để đơn giản hóa chúng ta chấp nhận áp suất  $p''_h$  không đổi và bằng  $p_2$ . Bởi vì sự thay đổi của nó so với giá trị của áp suất  $p'_h$  là không lớn. Áp suất thay đổi trước van  $p'_h$  sẽ được biểu thị qua  $p$  sẽ là (10):

$$Q_h = \frac{\pi \cdot (d'_c)^2}{4} \cdot (p - p_2) \cdot \rho ; \text{kG} \quad (10)$$

Với sự tính toán bằng các phương trình (6) ÷ (9) phương trình độ nâng của van được trình bày dưới dạng (11):

$$\frac{\pi \cdot (d'_c)^2}{4} \cdot (p_1 - p''_h + \Delta p_{h=0} + \Delta p'_h) \cdot \rho = x \cdot (h_1 + h) + \frac{G_{n\eta}}{g} \cdot i \cdot \frac{d^2 h}{dt^2} + G_{n\eta} ; \text{kG} \quad (11)$$

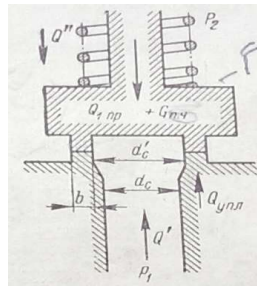
Ở giai đoạn nâng của van, giá trị của biến số, phụ thuộc vào thời gian, là độ nâng cao  $h$ , hệ số nâng  $\rho$ , sự tăng áp suất  $\Delta p'_h$  và gia tốc của các bộ phận chuyển động  $\frac{d^2 h}{dt^2}$ .

Đối với giai đoạn nâng của van, phù hợp với phương trình (11) độ cứng  $x$  của lò xo có ý nghĩa quan trọng. Hệ số lực nâng  $\rho$  và khối lượng của van  $\frac{G_{n\eta}}{g}$ , van sẽ được mở

nhANH hơn và với sự tăng ít hơn của áp suất, ít hơn độ cứng của lò xo, ít hơn khối lượng của các bộ phận chuyển động của van và lớn hơn hệ số lực nâng  $\rho$ . Trong trường hợp ngược lại, đòi hỏi sự tăng nhiều hơn của lực  $\Delta p'_h$  trong hệ thống sau thời kỳ mở đối với việc này, để khắc phục thắng được lực ý và lực của lò xo. Từ phương trình (11) cần phải tăng áp sau van  $p''_h$ , cần kèm theo sự tăng áp suất  $\Delta p'_h$  và sự tăng áp suất trong hệ thống  $p_h$

Từ giai đoạn nâng của van, sự quan tâm lớn là thời điểm đạt tới việc nâng hoàn toàn, lúc này  $h = h_{\max}$ . Độ cứng cần thiết của lò xo cần tìm kiếm từ phương trình đối với việc nâng hoàn toàn của van; khi chuyển động của cơ cấu đóng kín. Trong khi cần biết độ lớn của hệ số lực nâng khi nâng cao hoàn toàn  $p_{\max}$ . Nếu van không có độ nâng cao hạn chế, thì gia tốc ở cuối quá trình nâng bằng không 0. Điều đáng lưu ý ở trạng thái hé mở vận tốc hơi qua cửa van rất cao khoảng 300m/s.,

b) Sơ đồ lực trong giai đoạn van đóng kín (hình 3):



Hình 3. Sơ đồ lực tác dụng lên cơ cấu van an toàn trạng thái đóng kín [4]

Để đảm bảo độ kín của cơ cấu đóng kín cửa van, các lực tác dụng vào đĩa van động ở trạng thái cân bằng, ta có phương trình (12):

$$Q' - Q'' + Q_{y_{\text{m}}\text{t}} = Q_{1np} + G_{\text{nv}} \quad ; \text{kG} \quad (12)$$

Trong đó :

$Q_{y_{\text{m}}\text{t}}$  – là độ lớn của lực làm kín tác dụng vào vành khăn làm kín trên mặt cửa van, phải đảm bảo điều kiện sau:

$$Q_{y_{\text{m}}\text{t}} \geq \pi \cdot (d'_c + b) \cdot b \cdot p_{\text{min}} \quad ; \text{kG} \quad (13)$$

Ở đây:

$d'_c$  – là đường kính cửa ra của ghế van, cm

$b$  – là chiều rộng của bờ làm kín tính bằng cm;

$p_{\text{min}}$  – là áp suất riêng nhỏ nhất tác dụng lên vành khăn làm kín cửa van, tính bằng  $\text{kG/cm}^2$ ;

Độ lớn của lực căng lò xo  $Q_{1np}$  khi đóng van, tức là sức căng sơ bộ của lò xo được tính bằng (14):

$$Q_{1np} = x \cdot h_1 \quad ; \text{kG} \quad (14)$$

Ở đây:

$x$  là độ cứng của lò xo, tính bằng  $\text{kG/cm}^2$ ;

$h_1$  là độ võng của lò xo khi van đóng lại tính bằng cm;

Độ lớn của lực tác động từ môi trường lên van, là sự chênh lệch:  $Q' - Q''$  có thể được biểu diễn dưới dạng phương trình (15) sau:

$$Q_1 = Q' - Q'' = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} \cdot (p_1 - p_2) \cdot \eta \quad ; \text{kG} \quad (15)$$

Trong công thức này:

$d_c$  – là đường kính của đế van dạng vòi phun, cm;

$\eta$  – là hệ số truyền áp suất của môi trường theo chiều ngang của cửa van;

$p_1$  – Áp suất khí làm việc trong hệ thống,  $\text{kG/cm}^2$ ;

$p_2$  – Áp suất cửa xả của van (áp suất sau van an toàn),  $\text{kG/cm}^2$ ;

**Nhận xét:** Từ phân tích hệ lực tác dụng lên van trong trạng thái “van hé mở” và “van đóng kín” cho thấy: Khi đóng kín áp lực hơi tác dụng lên van rất lớn ( $\leq 187 \text{ kg/cm}^2$ ) và lực lò xo còn lớn hơn áp lực hơi để đảm bảo đóng kín. Các lực này làm ảnh hưởng đến độ bền mỏi của lò xo và bề mặt làm kín, gây bong tróc bề mặt làm việc của vành làm kín. Nhưng khi van hé mở thì vận tốc hơi thoát rất lớn 300m/s, điều này có thể gây lên sự xói mòn bề mặt làm kín.

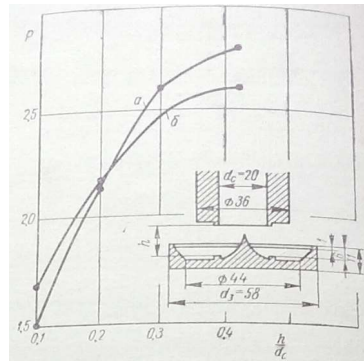
#### 2.2.1.2. Điều kiện làm việc của van an toàn:

- Van làm việc ở điều kiện áp suất và nhiệt độ cao: Áp suất lớn nhất  $P_{\max} \leq 187 \text{ kg/cm}^2$ , nhiệt độ hơi  $t=528^\circ\text{C}$ ;
- Yêu cầu kín tuyệt đối khi đóng van;
- Bề mặt làm kín chịu mài mòn do ma sát tiếp xúc;
- Độ nhám hai bề mặt tiếp xúc yêu cầu rất thấp tương đương độ bóng cấp 10;

#### 2.2.2. Yêu cầu kỹ thuật: Van an toàn có yêu cầu kỹ thuật rất cao

- Độ kín khí hơi là tuyệt đối làm việc ở nhiệt độ cao và áp suất cao  $P_{\max} \leq 187 \text{ kg/cm}^2$ , nhiệt độ hơi  $t=528^\circ\text{C}$ ;
- Độ đồng tâm của thân động và thân tĩnh rất cao  $\leq 0,03\text{mm}$  nhằm đảm bảo hai bề mặt làm kín tiếp xúc đúng tâm và lực nén của thân động đúng tâm với thân tĩnh;
- Yêu cầu độ nhám hai bề mặt tiếp xúc thấp yêu cầu  $\leq 0,16\mu\text{m}$ ;
- Yêu cầu hai bề mặt làm kín chịu mài mòn cao do ma sát tiếp xúc, độ cứng bề mặt 48-50HRC;
- Thân động và thân tĩnh chịu độ bền nén cao;
- Lò xo chịu bền mỏi cao.

### 3. Giải pháp kỹ thuật nhằm đáp ứng yêu cầu làm việc của van an toàn



Hình 4. Sự phụ thuộc của  $\rho$  vào  $\frac{h}{d_c}$  [4]

#### 3.1. Lựa chọn kết cấu bộ phận làm kín:

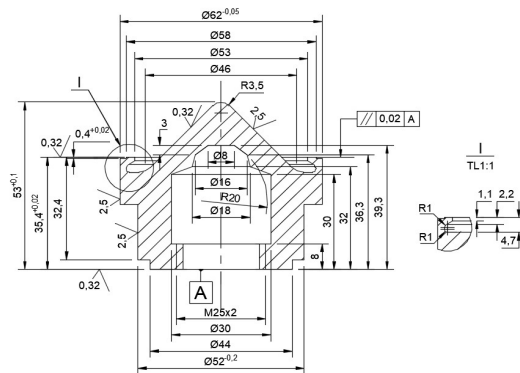
Theo tài liệu [4,5], bề mặt bộ phận bề mặt làm kín có kết cấu hình côn tại trung tâm cải thiện lực nâng. Đồ thị hình 4 cho thấy khi tỷ lệ tối ưu của đường chiều cao nâng và đường kính khí vào van  $h/d_c = 0,4$  thì phương án a) có chóp côn trung tâm có hệ số nâng  $\rho$  cải thiện cao hơn 7% so với phương án b) không có chóp côn trung tâm. Từ kết quả thực nghiệm trên, đề tài đã chọn kết cấu có chóp côn trung tâm, hệ số  $h/d_c = 0,4$  và như vậy chiều cao nâng hợp lý chọn  $h/d_c = 0,4$ .  $d_c = 53$  thì  $h = 20\text{mm}$ .

#### 3.2. Lựa chọn vật liệu

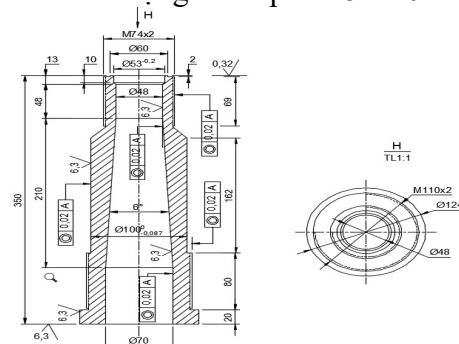
Theo tài liệu [1,4] thì nhóm thép chế tạo thân van: để chế tạo thân van an toàn hơi chính thường dùng thép chế tạo nồi hơi, bao hơi có điều kiện làm việc phổ biến là: nhiệt độ hơi nước khoảng 540°C với áp suất 25 MPa và ít bị xói mòn với tốc độ hơi quá nhiệt cao đến 300m/s. Vật liệu này là thép hợp kim carbon thấp loại peclit như: 12CrMo, Cr18Ni10Mo2, nếu nhiệt độ làm việc cao hơn đến 560°C thì phải dùng thép hợp kim cao hơn 15Cr12WniMoV hoặc 12Cr15Cr11MoV. Từ phân tích trên đề tài lựa chọn thép hợp kim Cr18Ni10Mo2 để chế tạo hai chi tiết chính thân động và thân tĩnh.

### 3.3. Lựa chọn giải pháp công nghệ chế tạo

- Từ phân tích trên đã cho thấy hai chi tiết chính là thân động và thân tĩnh có yêu cầu kỹ thuật cao về độ chính xác chế tạo, độ nhám bề mặt làm kín rất nhỏ  $\leq 0,16\mu\text{m}$ , độ cứng bề mặt làm việc cao 48-50HRC. Do vậy quy trình công nghệ chế tạo cần có một số giải pháp chính như sau [1,2,6]:
- Vật liệu là hợp kim Cr18Ni10Mo2;
- Tạo phôi bằng rèn khuôn và ủ để đảm bảo cải thiện tổ chức;
- Gia công tiện trên máy tiện CNC có độ chính xác cao nhằm tạo chuẩn gia công cho các bước tiếp theo;
- Thấm Ni bề mặt chi tiết và tôi trong lò điện trở để nâng cao tính chất cơ lý và ram để cải thiện cấu trúc của lớp bề mặt và chi tiết;
- Gia công các bề mặt làm kín bằng máy mài có độ chính xác cao về độ đồng tâm của thân tĩnh và thân động  $\leq 0,03\text{mm}$
- Mài rà có bột mài siêu mịn nhằm đạt độ nhám  $\leq 0,16\mu\text{m}$ ;
- Thử kín tuyệt đối van ở điều kiện áp suất cao 15,8 Mpa và 528°C trong thực tiễn lò hơi.



Hình 4. Thân van động từ thép Cr18Ni10Mo2



Hình 5. Thân van tĩnh Cr18Ni10Mo2

#### 4. Kết quả chạy thử trong điều kiện thực tiễn của lò hơi

- Van sau khi chế tạo hai chi tiết chính là thân tĩnh và thân động cùng nhiều chi tiết khác, đã được tổ hợp thành cụm van để kiểm định kín và khả năng chịu áp lực cao trong điều kiện áp suất 15,8 Mpa và điều kiện thực tiễn của lò hơi ( $P_{\max} \leq 187 \text{ kg/cm}^2$  và  $t = 528^\circ\text{C}$ );
- Kết quả sau khi chạy liên tục có tải của lò hơi 150MW, thời gian 4000 giờ, van làm việc ổn định và đã được công ty Cổ phần Nhiệt điện Cẩm phả-TKV nghiệm thu, chính thức đưa vào vận hành, phục vụ sản xuất.

#### 5. Bàn luận khoa học

- Như vậy hai chi tiết quan trọng nhất là chính là thân tĩnh và thân động có vành làm kín của van đã chế tạo và đưa vào vận hành thành công. Đây là cơ sở quan trọng để nghiên cứu chế tạo cả cụm van. Các bộ phận còn lại của van là: Thân ngoài để lắp thân tĩnh, thân động và lò xo nén. Thân ngoài chế tạo từ thép mác thấp hơn có thể là 12CrMo hoặc gang cầu. Hai loại vật liệu này tại Việt nam có thể đúc được, lò xo nén chủng loại dùng cho van an toàn có thể mua dễ dàng;
- Tại sao giá nhập ngoại lại rất cao như vậy, loại van của đề tài nhập từ Mỹ khoảng 60.000 USD/bộ?. Lý do thân tĩnh và thân động có vành làm kín van có yêu cầu độ chính chế tạo rất cao, vật liệu tại Việt nam chưa làm chủ được và lý do thương mại khác.

#### Kết luận

1. Đã phân tích được điều kiện làm việc của van an toàn hơi chính lò hơi là áp lực cao và nhiệt độ cao. Từ đó xác định được yêu cầu kỹ thuật cho thiết kế thân tĩnh và thân động có vành làm kín dạng phẳng;
2. Đã xây dựng được quy trình công nghệ chế tạo, kiểm tra và kiểm định có tính khoa học và phù hợp tại Việt nam;
3. Đã phục hồi thành công van an toàn hơi chính cho lò hơi CEB, tạo được cơ sở quan trọng để nghiên cứu phục hồi các loại van khác và chế tạo mới cả cụm van an toàn hơi chính tại Việt nam.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. Trần Văn Địch, Ngô Trí Phúc - *Sổ tay thép thế giới* - NXB khoa học và kỹ thuật - năm 5/2006
- [2]. Nguyễn Đắc Lộc, Lê Văn Tiến, Ninh Đức Tôn, Trần Xuân Việt - *Sổ tay nhiệt luyện* - NXB khoa học và kỹ thuật- 2007
- [3]. TCVN 2735-1978, *Thép chống ăn mòn và bền nóng*, Mác và yêu cầu kỹ thuật, năm 2006
- [4]. П.Л.СУРИС, Предохранительные и обратные клапаны паротурбинных установок, МОСКВА ЭНЕРГОИЗДАТ 1982.
- [5]. Pentair pressure relief valve engineering handbook, 2017
- [6]. А.Н.МАЛОВ,Справочник технолога машиностроителя, ТОМ 2. Изд. “машиностроение” Москва 1973г.