

# THIẾT KẾ BỘ LÀM KÍN HAI NỬA CHO TUA BIN THỦY ĐIỆN

## DESIGN AND MANUFACTURE OF STEPLESS CENTERING CLAMPS FOR CYLINDRICAL PARTS

Ngô Xuân Cường<sup>1,\*</sup>, Lê Thu Quý<sup>1</sup>, Trần Văn Dũng<sup>2</sup>, Đinh Khắc Mác<sup>1</sup>, Đỗ Quang Chiến<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Phòng Thí nghiệm trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí

<sup>2</sup>Trung tâm Thiết bị Công nghiệp, Viện Nghiên cứu Cơ khí

### TÓM TẮT

*Trong báo cáo này, nhóm tác giả giới thiệu về thiết kế bộ làm kín hai nửa tháo lắp nhanh dùng trong buồng áp lực thủy điện.*

*Đây là bộ làm kín có tính năng: Làm kín động; Bù khe hở và điều chỉnh cân bằng áp lực tại mặt làm kín động; Áp dụng cho các tổ máy thủy điện đứng và ngang; Tháo lắp, thay thế nhanh.*

**Từ khóa:** Bộ làm kín; Phốt thủy điện; Gioăng làm kín thủy điện; Làm kín hai nửa.

### ABSTRACT

*In this report, the authors introduce the design of a quick-release double-half seal used in a hydroelectric pressure chamber.*

*This is a seal that features: Dynamic sealing; Clearance compensation and pressure equalization at the dynamic sealing face; Applicable to vertical and horizontal hydroelectric power plants; Quick disassembly and replacement.*

**Keywords:** Sealing kit; Hydroelectric seals; Hydroelectric Seal; Double Seal.

## 1. GIỚI THIỆU

Ngành thủy điện nước ta đang phát triển mạnh mẽ kể cả về quy mô và kỹ thuật. Sản lượng điện do thủy điện chiếm tỷ trọng không nhỏ, đáp ứng nhu cầu điện cho sản xuất và sinh hoạt trong nước. Trong nhà máy thủy điện, các thiết bị chính đều phải nhập ngoại. Chúng ta đang từng bước chủ động từ nguồn lực trong nước, nghiên cứu, thiết kế chế tạo, cải tiến kỹ thuật để cung cấp cho thị trường trong việc xây dựng, lắp đặt, thay thế sửa chữa cho

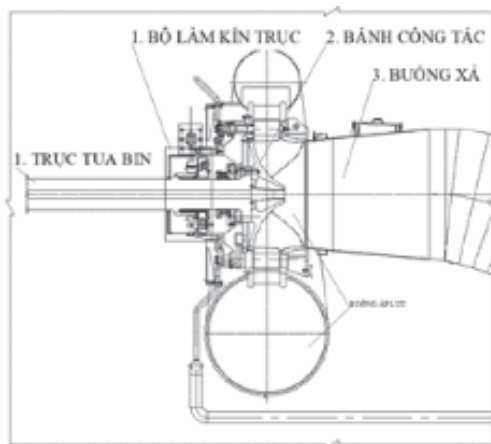
các nhà máy thủy điện nhằm: tăng tỷ lệ nội địa hóa, giảm tỷ lệ nhập ngoại. Việc nghiên cứu, thiết kế bộ làm kín hai nửa cho tua bin thủy điện cũng không ngoài mục đích đó.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO

### 2.1. Xây dựng mô hình thiết kế

Hình 1 là sơ đồ khu vực buồng xoắn áp lực và trục tua bin của tổ máy thủy điện. 

Trục tua bin thủy điện là trục nối bánh công tác và trục máy phát. Bánh công tác nằm trong buồng nước áp lực. Như vậy, giữa trục tua bin và buồng nước áp lực cần phải được làm kín thông qua bộ làm kín động. Việc làm kín này thường chọn cặp 2 mặt gương ma sát. Cặp mặt đĩa phẳng này: 1 tĩnh, 1 động luôn chuyển động không có khe hở với nhau khi trục tua bin làm việc. Để đảm bảo khe hở kín và bù mòn mặt đĩa luôn ma sát với nhau ở điều kiện nhất định. Như vậy, cặp đĩa của mặt phẳng làm kín là chi tiết chịu mòn và được thay thế ngắn hạn hoặc đột xuất. Để thuận lợi cho quá trình sửa chữa, thay thế và tháo lắp mà không cần phải tháo cả tổ máy, tác giả chọn kết cấu hai nửa để chế tạo bộ làm kín.



Hình 1. Sơ đồ vị trí bộ làm kín trục tua bin thủy điện

Trên hình 2 là kết cấu bộ làm kín:

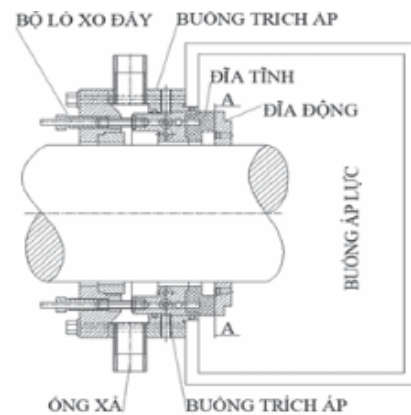
- Kết cấu hai nửa.
- Mặt làm kín A-A bao gồm: Đĩa tĩnh và đĩa động.

Đĩa động lắp ghép cố định với trục tua bin, được chế tạo bằng vật liệu chịu mòn độ cứng cao. Đĩa tĩnh lắp ghép với thân di chuyển dọc và vỏ bộ làm kín hai nửa tạo thành cặp làm kín động qua mặt A-A. Đĩa tĩnh làm bằng vật

liệu PTFE: giảm ma sát, có tính chịu mòn và là đĩa hy sinh và thay thế định kỳ.

- Cơ cấu bù khe hở: Hệ thống lò xo và buồng trích áp đẩy thân di chuyển dọc để đảm bảo khe hở mặt A-A luôn luôn kín.

- Ống xả: Xả nước rò.



Hình 2. Kết cấu bộ làm kín

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu thiết kế

### 2.2.1. Phân tích mặt làm kín A-A

A-A là mặt làm kín trong quá trình làm việc của tua bin với chức năng không cho nước từ buồng áp lực theo trục tua bin vào tổ máy. Mặt làm kín A-A được quy định bởi đĩa động (lắp ghép cố định với trục) và mặt tĩnh (lắp ghép với vỏ), mặt làm kín này phải đạt được các yếu tố kỹ thuật:

- Độ bóng cần thiết 1.25;
- Độ phẳng cần < 0.05;
- Độ vuông góc cần < 0.05;
- Cặp vật liệu có độ chịu mòn và hệ số ma sát thấp.

Từ đó chọn vật liệu cho cặp làm kín: HKC – PTFE. PTFE làm tiết hy sinh cần thay thế định kỳ.

- Đĩa động dùng thép chịu mòn độ cứng cao > 55HRC;

- Đĩa tĩnh dùng vật liệu PTFE với các đặc tính ưu việt:

- + Áp suất bề mặt cho phép:  $24 \div 35 \text{ Mpa}$ ;
- + Hệ số ma sát: 0,04;
- + Nhiệt độ làm việc:  $-180 \sim 260^\circ\text{C}$ ;
- + Nhiệt độ nóng chảy:  $330^\circ\text{C}$ .

Bài toán đặt ra là duy trì độ kín của mặt A-A và tính toán độ mòn của đĩa tĩnh PTFE sẽ quyết định chất lượng đối với bộ làm kín. Việc duy trì độ kín mặt A-A được hệ lò xo đẩy và bộ cân bằng áp có điều chỉnh thực hiện.

Tính toán mòn cho đĩa tĩnh PTFE: Căn cứ theo [7], dựa trên phương trình tính tốc độ hao mòn:

$$V_i = k_i \cdot F \cdot s$$

Trong đó: F là tải trọng, s là khoảng cách trượt,  $V_i$  là khối lượng mài mòn và  $k_i$  là hệ số tốc độ mài mòn cụ thể.

Chỉ số i xác định bề mặt được xem xét. Giá trị k được tính bằng  $\text{mm}^2/\text{N}$  (hoặc  $\text{mm}^3/\text{Nm}$ ).

Theo quan điểm thiết kế, chiều sâu mòn thuận tiện hơn V. Với  $h_i = V_i/A$ , áp suất tiếp xúc  $p = F/A$  với A là diện tích chịu mài mòn thì:  $h_i = k_i \cdot p \cdot s$ .

Khoảng cách trượt s có thể được thay thế bằng  $s = v \cdot t$  trong đó v là giá trị trung bình của tốc độ trượt và t là thời gian chạy.

Bởi vì giá trị k phụ thuộc giống như hệ số ma sát vào rất nhiều tham số nên hệ số này phải được tìm ra bằng thực nghiệm.

Đối với PTFE:  $k = 2.5 \times 10^{-6} [\text{mm}^2/\text{Nm}]$ .

### 2.2.2. Cơ cấu bù khe hở

Mặt làm kín A-A luôn phải chịu áp lực thường xuyên của cột nước tác dụng lên bề mặt đĩa tĩnh. Muốn A-A tồn tại thì khe hở giữa đĩa tĩnh và đĩa động luôn phải kín. Điều này chỉ có thể khi đĩa tĩnh và đĩa động lắp ở vị trí cố định, nhưng không khắc phục được quá trình mòn khi thiết bị làm việc. Để khắc phục vấn đề này, trong quá trình thiết kế, tác giả thiết kế cụm đĩa tĩnh có thể di chuyển dọc trục để bù khe hở nhờ kết hợp giữa bộ lò xo đẩy và áp lực cột nước trích ra đẩy đĩa tĩnh sát với đĩa động.

Vận dụng [3], kết cấu bộ làm kín thiết kế một buồng trích áp có điều chỉnh áp lực nhờ van áp suất để giảm áp lực ma sát trên mặt A-A tới mức cho phép. Nghĩa là sử dụng áp lực đẩy:  $< 24 \text{ Mpa}$  (Đối với PTFE, áp suất cho phép  $24 \div 35 \text{ Mpa}$ ). Khi đó, tốc độ mòn diễn ra ổn định ở mức thấp.

### 2.2.3. Yêu cầu thiết kế

Trên cơ sở [4], [5], [6], thiết kế chi tiết bộ làm kín hai nửa phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật:

- Độ đồng tâm;
- Độ vuông góc;
- Độ song song;
- Độ phẳng;
- Đĩa động dùng vật liệu SKD61 hoặc phủ lớp hợp kim cứng WC bề mặt, độ bóng đạt 0.32. Đĩa tĩnh dùng PTFE độ bóng đạt 0.63;
- Có đường xả nước rò;
- Có bộ lò xo kết hợp thủy lực điều chỉnh áp suất đẩy tấm tĩnh;
- Làm kín các bộ phận tĩnh và di chuyển dọc bằng gioăng cao su;

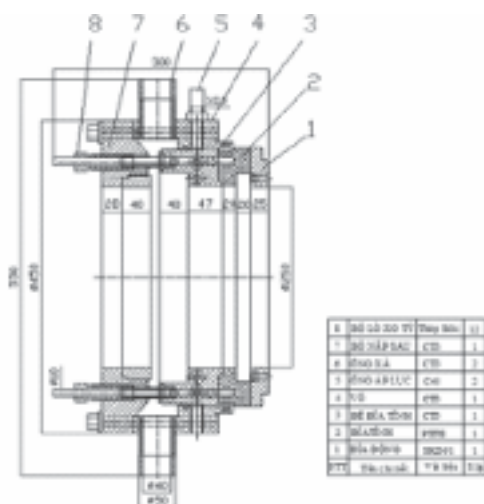


- Kích thước phù hợp với đường kính trục tua bin và không gian lắp ghép cụ thể;

- Tháo lắp đơn giản, dễ dàng.

## 2.2.4. Thiết kế bộ làm kín hai nửa cho trục tua bin đường kính 250mm

Từ các tài liệu [1], [2] đã thiết kế được bản vẽ cho các bộ làm kín có cỡ trục 250mm và 465mm (Hình 3), bản vẽ chung 2D bộ làm kín hai nửa cho trục tua bin đường kính 250mm.



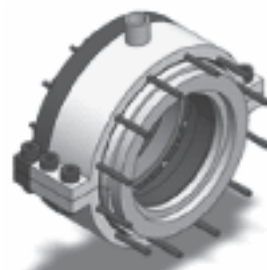
Hình 3. Bản vẽ 2D bộ làm kín hai nửa cho trục tua bin đường kính 250mm

### Nguyên lý làm việc của bộ làm kín:

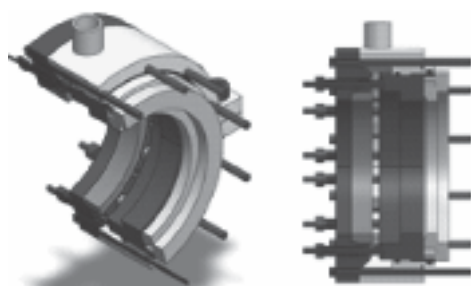
Khi máy nghỉ hoặc vận hành, mặt tiếp xúc giữa đĩa động 1 và đĩa tĩnh 2 luôn kín do lực đẩy của hệ lò xo và buồng trích áp ngăn không cho nước từ buồng áp lực theo trục tua bin vào tổ máy. Quá trình mòn đĩa tĩnh 2 theo thời gian luôn được buồng trích áp và điều chỉnh hệ lò xo tác động đẩy để làm kín khe hở A-A. Điều chỉnh áp lực nước trong buồng trích áp, cho ra lực đẩy hợp lý tối ưu nhằm giảm thiểu nhất độ hao mòn đĩa tĩnh mà vẫn đảm bảo kín.

## 3. KẾT QUẢ

Bản vẽ 3D thiết kế tổng thể (hình 4) và mặt cắt qua tâm (hình 5) của bộ làm kín hai nửa lắp ghép phù hợp với trục tua bin của tổ máy phát Thủy điện Nậm Chim (đường kính trục tua bin Ø250).

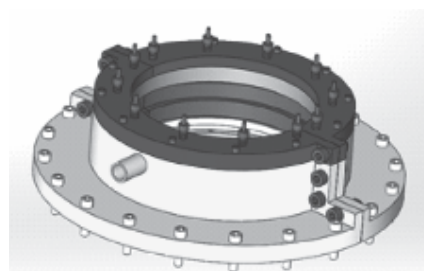


Hình 4. Bản vẽ 3D bộ làm kín hai nửa đường kính trục Ø250



Hình 5. Mặt cắt 3D bộ làm kín hai nửa cho trục Ø250

Trên hình 6 là bản vẽ mặt cắt 3D bộ làm kín hai nửa lắp ghép phù hợp với trục tua bin của tổ máy phát Thủy điện Sông Bạc có trục đường kính trục tua bin Ø465.



Hình 6. Bản vẽ 3D bộ làm kín hai nửa đường kính trục Ø465

#### 4. THẢO LUẬN

1) Bộ làm kín hai nửa lắp ghép phù hợp với trục tua bin của tổ máy phát thủy điện với các đường kính trục tua bin Ø250 và Ø465 đảm nhiệm được chức năng làm kín và giải quyết được sự cố tràn nước vào tổ máy từ nhiều năm nay, được khách hàng tin tưởng, đánh giá cao và đặt hàng chế tạo.

2) Bộ làm kín hai nửa trên cơ sở kết cấu hợp lý, phối hợp các tính năng cơ lý, áp dụng vật liệu phù hợp và đạt được các tính năng kỹ thuật:

- Làm kín nước giữa cổ trục tua bin và buồng áp lực;
- Lắp ghép vào tổ máy đơn giản, không cần tháo tổ máy;
- Điều chỉnh áp lực làm kín;
- Dễ sử dụng, điều chỉnh trong khi máy đang chạy;
- Làm việc ổn định.

3) Cơ cấu bù mòn bằng hệ lò xo đẩy và bộ cân bằng áp suất giúp bộ làm kín làm việc ổn định và kéo dài tuổi thọ.

4) Có thể đăng ký đề tài khoa học công nghệ trong lĩnh vực kỹ thuật cơ khí thủy công.

5) Có thể đăng ký sở hữu trí tuệ.

#### 5. KẾT LUẬN

Thiết kế, chế tạo bộ làm kín hai nửa cho tua bin thủy điện theo nguyên lý, kết cấu này là mẫu sản phẩm mới có thể áp dụng cho tất cả các tổ máy thủy điện (Thủy điện Nậm Chim với đường kính trục tua bin Ø250; Thủy điện Sông Bạc, tổ máy có đường kính trục tua bin Ø465). Sản phẩm được nghiên cứu thiết kế bằng các

vật liệu lắp ghép, kết cấu phù hợp nhằm giảm giá thành chế tạo, tăng thời gian sử dụng và giảm chi phí cho những vật liệu đắt tiền.

\*Ký hiệu, chữ viết tắt:

P (Mpa): Áp suất;

D (mm): Đường kính;

HKC: Hợp kim cứng;

PTFE: Nhựa teflon;

HRC: Độ cứng Rokwell;

SKD61: Thép do NIPON sản xuất theo tiêu chuẩn JIS của Nhật Bản.

#### Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được hỗ trợ của Viện Nghiên cứu Cơ khí, Phòng Thí nghiệm trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt. Tác giả xin cảm ơn các nhà máy: Thủy điện Nậm Chim, Thủy điện Sông Bạc, đã tạo điều kiện về cơ sở vật chất và hiện trường áp dụng cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **08/8/2023**

Ngày phản biện: **27/10/2023**

#### Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Văn Tiến; *Đồ gá cơ khí hoá và tự động hoá*, 1999.
- [2]. Trần Văn Địch; *Sổ tay và Atlas đồ gá*. NXB. Khoa học Kỹ thuật, 2000.
- [3]. Nguyễn Văn Huyền; *Cơ cấu tương tác Cơ – Điện – Thủy khí*. NXB. Xây Dựng, 2019.
- [4]. Trần Văn Địch, Nguyễn Đắc Lộc; *Sổ tay công nghệ chế tạo máy*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
- [5]. Trần Thế San, Nguyễn Ngọc Minh; *Vật liệu cơ khí hiện đại*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
- [6]. Ninh Đức Tồn; *Dung sai*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2000.
- [7]. Archard, J. F., Aug. 1953. *Contact and Rubbing of Flat Surfaces*. Journal of Applied Physics 24.