

## XÁC ĐỊNH MỘT SỐ THÔNG SỐ Ổ TRƯỢT DƯỚI CỦA MÁY RỬA QUẶNG HAI TRỤC VÍT CÁNH VUÔNG

ThS. Trần Ngô Huân, ThS. Vũ Đình Mạnh  
ThS. Đào Văn Oai  
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomín

Biên tập: TS. Tạ Ngọc Hải

### Tóm tắt:

Máy rửa quặng hai trục vít cánh vuông sử dụng rộng rãi trong dây chuyền tuyển quặng. Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu xác định một số thông số ổ trượt bôi trơn bằng nước của máy rửa quặng hai trục vít cánh vuông MR 2284, sử dụng để rửa quặng boxit.

### 1. Đặt vấn đề

Máy rửa quặng hai trục vít cánh vuông được sử dụng rộng rãi trong dây chuyền công nghệ tuyển quặng. Máy có nhiệm vụ đánh toại, rửa sạch quặng và tách các tạp chất ra khỏi quặng. Các sản phẩm rửa 4 cũng song song với hai trục vít xoắn. Máng được cấp nước liên tục để rửa quặng. Hai trục vít xoắn được dẫn động quay cùng vận tốc và quay ngược chiều nhau. Khi quặng cùng nước cấp vào máng, các cánh vít xoắn quay, đập vỡ, đánh toại, làm sạch quặng. Quặng đã được rửa được các trục vít xoắn vận chuyển lên trên. Các thành phần còn lại, nước bùn được chuyển đến các thiết bị công nghệ xử lý tiếp theo. Trục vít xoắn được đặt trên hai gối đỡ, gối đỡ dưới 3 và gối đỡ trên 2. Gối đỡ trên 2 lắp ổ trượt đỡ chặn, gối đỡ dưới lắp ổ trượt. Khi làm việc, gối đỡ dưới 3 ngâm trong hỗn hợp nước, bùn quặng. Chiều cao cột nước trên ổ trượt là H [9].

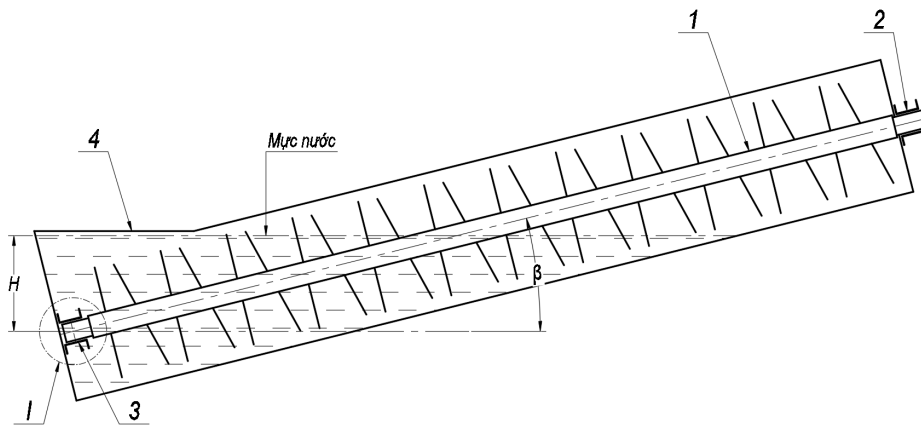
### 2. Nội dung nghiên cứu

#### 2.1. Máy rửa quặng hai trục vít cánh vuông MR2284

Sơ đồ cấu tạo máng rửa, trục vít cánh vuông và gối đỡ của máy rửa quặng hai trục vít cánh vuông

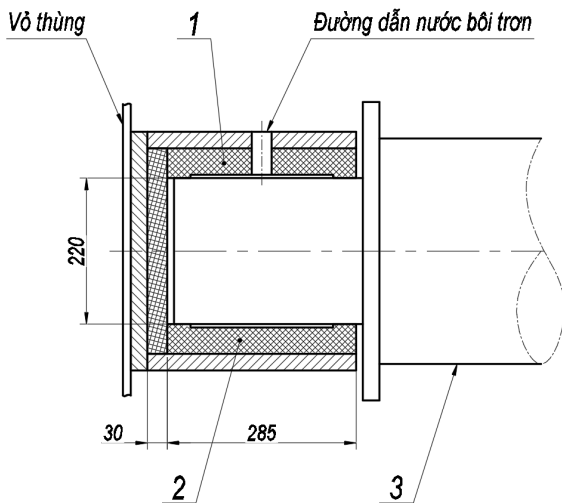
(R2VV) MR2284 thể hiện trên hình 1 và hình 2. Hai trục vít xoắn lắp cánh vuông 1 được lắp song song với nhau, nghiêng một góc  $\beta$  so với phương ngang, nằm trọn vẹn trong máng rửa 4. Đáy máng được cấp nước liên tục để rửa quặng. Hai trục vít xoắn được dẫn động quay cùng vận tốc và quay ngược chiều nhau. Khi quặng cùng nước cấp vào máng, các cánh vít xoắn quay, đập vỡ, đánh toại, làm sạch quặng. Quặng đã được rửa được các trục vít xoắn vận chuyển lên trên. Các thành phần còn lại, nước bùn được chuyển đến các thiết bị công nghệ xử lý tiếp theo. Trục vít xoắn được đặt trên hai gối đỡ, gối đỡ dưới 3 và gối đỡ trên 2. Gối đỡ trên 2 lắp ổ trượt đỡ chặn, gối đỡ dưới lắp ổ trượt. Khi làm việc, gối đỡ dưới 3 ngâm trong hỗn hợp nước, bùn quặng. Chiều cao cột nước trên ổ trượt là H [9].

Cấu tạo của gối đỡ dưới thể hiện trên hình 2.



1 - Trục vít xoắn cánh vuông; 2 - Gối đỡ trên; 3 - Gối đỡ dưới; 4 - Máng rửa

Hình 1. Sơ đồ cấu tạo máng rửa, trục vít cánh vuông và gối đỡ của máy rửa quặng hai trục vít cánh vuông MR2284



1 - Nửa bạc trên; 2 - Nửa bạc dưới;  
3 - Trục vít xoắn

Hình 2. Cấu tạo gối đỡ dưới

Gối đỡ có ổ trượt nằm trong gối đỡ. Ổ trượt gồm hai nửa bạc trên 1 và nửa bạc dưới 2, chế tạo từ nhựa Teflon. Nửa bạc trên có lỗ cấp nước sạch để bôi trơn ổ, đồng thời tạo áp lực cho nước thoát ra từ ổ lớn hơn áp lực nước bên ngoài, để ngăn chặn nước bùn và các hạt bùn, quặng mịn lọt vào ổ gây tăng ma sát và mòn, nhằm nâng cao thời gian làm việc và giảm ma sát ổ trượt.

Thông số kỹ thuật chính máy rửa quặng hai trục vít cánh vuông MR2284 trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật chính máy rửa quặng hai trục vít cánh vuông MR2284

TT	Tên gọi	Đơn vị	Thông số kỹ thuật
1	Năng suất	T/h	120
2	Trọng lượng khối của quặng	T/m <sup>3</sup>	1,4
3	Chiều rộng máng rửa	mm	2.200
4	Chiều dài máng rửa	mm	8.400
5	Góc nghiêng	độ	14
6	Tiêu hao nước rửa quặng	m <sup>3</sup> /T	1,48
7	Số lượng trục vít xoắn	trục	2
8	Vận tốc quay của trục vít xoắn	vg/min	28
9	Công suất động cơ	kW	75

### 2.2. Ổ trượt

Hiện nay, trong máy và thiết bị sử dụng ổ trượt hoặc ổ lăn. Hai loại ổ đều có những ưu và nhược điểm và phạm vi sử dụng hiệu quả. Đối với ổ trượt, một nhược điểm thường được nhắc đến là tổn thất do ma sát, yêu cầu mô men khởi động cao, cần bôi trơn liên tục.

Tuy nhiên, ổ trượt cũng có một số ưu điểm. Các ưu điểm này xác định phạm vi áp dụng hợp lý của ổ. Đó là, nhờ vào khả năng giảm chấn của màng dầu bôi trơn, ổ trượt làm việc tốt hơn trong điều kiện tải va đập và rung; ổ đỡ trượt có kích thước đường kính nhỏ hơn nhiều so với ổ lăn, có chế chế tạo từ hai nửa, cho nên có thể sử dụng cho trục có kết cấu bất kỳ và đơn giản trong tháo lắp; ổ trượt đặc biệt có thể làm việc trong môi trường nước, môi trường ăn mòn và các điều kiện khác mà ổ lăn không áp dụng được hoặc áp dụng không hợp lý. Để giảm tổn thất do ma sát, đối với ổ trượt có thể khắc phục bằng chọn chế độ làm việc để đảm bảo ma sát vừa ướt và tốt hơn là ma sát ướt cho ổ thông qua chọn các thông số gia công, động học hợp lý [2], [3], [4], [7].

### 2.3. Tính toán ổ trượt

Tính toán ổ trượt có các nội dung chính sau: tính toán theo các chỉ số giới hạn (quy ước) [4],[5]; tính ma sát ướt theo chiều dày màng dầu [4], [6].

Tính theo các chỉ số tới hạn:

➢ Theo điều kiện phá hủy bề mặt làm việc và ép đẩy dầu

$$p = R/dl < [p]. \quad (1)$$

Trong đó: p, [p] – Áp lực làm việc và áp lực cho phép của ổ trượt, N/m<sup>2</sup>; R - Lực tác động lên ổ, N; d, l - Đường kính và chiều dài ổ, m.

➢ Theo điều kiện mòn và bền nhiệt

$$pv < [pv]. \quad (2)$$

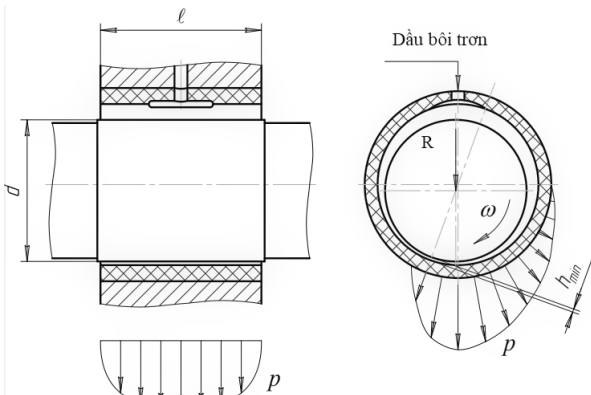
Trong đó: v - Vận tốc dài bề mặt đường kính trục, m/s;  $v = (\pi \cdot d \cdot n / 30)$ ; n - Vận tốc quay của trục, vòng/min.

➢ Theo điều kiện giới hạn vận tốc:

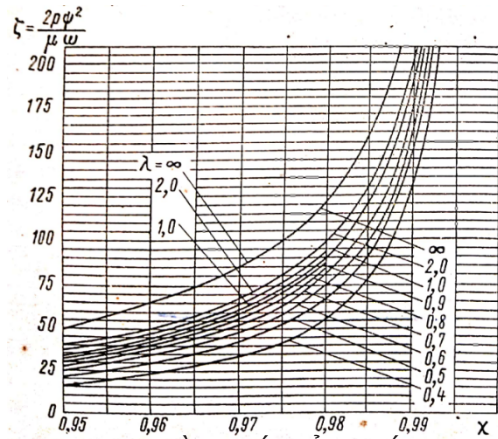
$$v < [v]. \quad (3)$$

Các giá trị của [p], [v], [pv] xác định theo các công thức kinh nghiệm và đưa ra trong [3], [6].

➢ Tính điều kiện ổ làm việc ở chế độ ma sát ướt theo chiều dày màng dầu. Một trong những vấn đề quan trọng của tính toán ổ trượt là tính toán chọn các thông số sao cho ổ làm việc trong điều kiện ma sát ướt, đảm bảo điều kiện bôi trơn thủy động, hoặc với các thông số cho trước, xác định chế độ ma sát trong ổ trượt để có các giải pháp công nghệ, kết cấu phù hợp.



Hình 3. Sơ đồ làm việc ổ trượt



Hình 4. Đồ thị biến đổi hệ số tải ζ

Bảng 2. Chiều cao nhấp nhô phụ thuộc vào cấp chính xác gia công

Cấp chính xác gia công	7	8	9	10	11	12
$R_z, \mu\text{m} (10^{-6}\text{m})$	6,3	3,2	1,6	1,8	0,4	0,2

Trên hình 3 thể hiện sơ đồ làm việc của ổ trượt. Quá trình biến đổi chế độ làm việc, lý thuyết bôi trơn của ổ được nêu chi tiết trong [5],[6],[8]. Khi vận tốc góc đạt tới một giá trị nhất định, áp lực dầu p sẽ nâng trục lên. Giữa bề mặt trục và bạc sẽ có khe hở. Khe hở nhỏ nhất là  $h_{\min}$ . Điều kiện để bề mặt trục và bạc không tiếp xúc nhau là:

$$h_{\min} > \Sigma R_z \quad (4)$$

Trong đó:  $\Sigma R_z = (R_{z_t} - R_{z_b})$  - Tổng chiều cao nhấp nhô trung bình của bạc ổ trượt và trục,  $\mu\text{m}$ ;  $R_{z_t}$ ,  $R_{z_b}$  - Chiều cao nhấp nhô trung bình do gia công của bề mặt tiếp xúc trục và bạc ổ trượt,  $\mu\text{m}$ .

Chiều cao  $R_z$  phụ thuộc vào cấp chính xác gia công cơ nêu trong bảng 2.

Khe hở  $h_{\min}$  xác định theo công thức [4]:

$$h_{\min} = 0,5\psi \cdot d \cdot (1 - \chi) \quad (5)$$

Trong đó: d - Đường kính trục, m;  $\psi$  - Khe hở tương đối giữa bề mặt trục và bạc;  $\psi = \Delta/d$ ;  $\chi$  - Độ lệch tâm tương đối;  $\chi = 2 \cdot e/\Delta$ ; e - Độ lệch tâm, m;  $\Delta$  - Khe hở giữa bề mặt trục và bạc, m;  $\Delta = d_b - d_r$ ;  $d_b$  - Đường kính trong của bạc ổ trượt, m;  $d_r$  - Đường kính trục, m.

Độ lệch tâm tương đối  $\chi$  phụ thuộc vào hệ số mang tải  $\zeta$  và hệ số  $\lambda = l/d$ . Hệ số  $\chi$  xác định theo công thức [4]:

$$\chi = (2\rho\psi^2)/(\omega\mu) \quad (6)$$

Trong đó:  $\mu$  - Độ nhớt động lực (tuyệt đối) dầu bôi trơn,  $\text{Ns/m}^2$ ;  $\omega$  - Vận tốc góc của trục,  $\text{rad/s}$ ;  $\omega = (2\pi n/60)$ .

Quan hệ  $\chi = f(\zeta, \lambda)$  thể hiện trên hình 4 [5].

Bỏ qua lực đẩy Ác-si-mét tác động lên phần trục vít xoắn ngâm trong nước bùn, lực tác động lên ổ trượt gối đỡ dưới xác định theo công thức  $R = 0,5 \cdot P \cdot \cos\beta$ . (7)

Sử dụng các công thức (5),(6) và đồ thị trên hình H.4 có thể xác định được  $h_{\min}$ . So sánh với giá trị  $\Sigma R_z$  tương ứng với cấp chính xác gia công bề mặt có thể đánh giá ổ trượt có khả năng làm việc ở chế độ ma sát ướt hay không.

➤ Theo điều kiện làm mát. Tính toán điều kiện làm mát theo điều kiện cân bằng nhiệt: Nhiệt lượng phát ra do tổn thất ma sát phải cân bằng với nhiệt lượng làm mát và nhiệt độ giới hạn của gối đỡ.

#### 2.4. Tính toán ổ trượt bôi trơn bằng nước của máy rửa quặng hai trục vít cánh vuông MR 2284

Phân tích các nội dung tính toán ổ trượt trong 2.2 có thể thấy, đối với R2VV MR2284 tính toán theo điều kiện làm mát không cần quan tâm. Lý do là toàn gối đỡ được ngâm trong nước. Lượng nước được bổ xung liên tục để rửa quặng với lưu lượng lớn, đến  $177 \text{ m}^3/\text{h}$ . Nước được cấp với nhiệt độ  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Các tính toán quy ước là các tính toán đơn giản. Thực tế sử dụng ổ trượt chế tạo từ nhựa Teflon đã chứng tỏ điều này. Để nghiên cứu nâng cao chất lượng, điều kiện làm việc cần tính toán: xác định cấp chính xác gia công bề mặt trục và bạc cần thiết để ổ làm việc ở chế độ ma sát ướt; xác định áp lực cần thiết của nước bôi trơn.

Các thông số dùng để tính toán ổ trượt của

máy R2VV MR 2284 như sau: trọng lượng 01 trục vít xoắn:  $P=22100$  N; góc nghiêng trục vít xoắn:  $\beta=14^\circ$ ; kích thước ổ:  $d=0,22$  m,  $l=0,285$  m; chất bôi trơn là nước có các thông số: nhiệt độ trung bình  $t=30^\circ\text{C}$ , độ nhớt động lực tương đương với nhiệt độ  $30^\circ\text{C}$   $\mu=0,798 \cdot 10^{-3}\text{Ns/m}^2$ . Theo công thức (1), (7) xác định được  $p=0,1709 \cdot 10^{-6}$  N/m<sup>2</sup>. Từ các thông số hình học ổ trượt có  $\lambda=l/d=1,29$ ;  $\omega=(2\pi n/60)=0,104 \cdot n$ .

Về lắp ghép ổ trượt: Lắp ghép các loại ổ trượt được đúc kết bằng lý thuyết và trên thực tế. Các lắp ghép sau là thích hợp đối với ổ trượt: H7/f7; H8/f7; H8/f8 [4], [5], [7]. Căn cứ TCVN 2245:1999 (ISO 286-2:1988) có thể tính toán ra khe hở giữa bề mặt trục và bạc  $\Delta$ .

Vận tốc quay của trục: Theo lý thuyết và phân tích các công thức (5), (6) và đồ thị trên hình 4,  $h_{\min}$  tăng khi vận tốc quay tăng, nghĩa là khả năng làm việc ở chế độ ma sát ướt hoặc nửa ướt tăng. Tuy nhiên, đối với máy R2VV, tốc độ quay của vít xoắn với lực va đập của cánh khuấy tỷ lệ thuận, mà độ lớn của lực va đập ảnh hưởng trực tiếp tới kết quả đập vỡ quặng chứa trong bùn. Nâng cao tốc độ có thể gây tác động khuấy mạnh. Tuy nhiên, nếu tốc độ cao, thì do vận tốc tiếp tuyến của chu vi vít xoắn vượt quá lực ma sát giữa quặng với vít xoắn, làm quặng bay khỏi trục. Thậm chí sẽ khiến cho bùn

và hạt quặng tương đối nhỏ bay ra khỏi máng, dẫn đến tiêu hao năng lượng vô ích, làm bản thân công nghiệp và mất an toàn. Số vòng quay vít xoắn  $n$  với vận tốc vòng tỷ lệ thuận, tức vận tốc vòng nhất thiết phải trong phạm vi nhất định, vượt quá thì sẽ sinh ra kết quả không mong muốn [9]. Đối với máy rửa hai trục vít xoắn cánh vuông, tiến hành khảo sát với vận tốc quay trục trong khoảng 28÷45 vg/min.

Kết quả tính toán  $h_{\min}$  ổ trượt gối đỡ dưới phụ thuộc vận tốc quay trục và lắp ghép trình bày trong bảng 3.

Kết quả tính toán thể hiện trên hình 5 và hình 6. Nước bôi trơn cần điều kiện về áp lực và lưu lượng. Lưu lượng nước bôi trơn xác định theo công thức [8]:

$$Q=0,005 \cdot d \cdot l \cdot n \quad (8)$$

Áp lực nước bôi trơn phải thỏa mãn điều kiện để nước bùn không lọt vào ổ trượt

$$p_n \geq 9,8 \cdot 10^{-3} \cdot k \cdot \gamma \cdot H, \text{ MPa.} \quad (9)$$

Trong đó:  $k$  - Hệ số dự trữ áp lực;  $k=5$ ;  $H$  - Chiều cao cột áp nước bùn,  $m$ ;  $H=0,725$  m;  $\gamma$  - Tỷ trọng nước bùn quặng,  $\gamma=1,45$ .

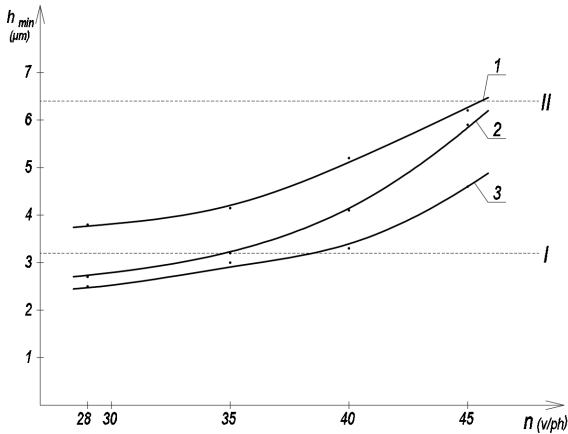
Theo các công thức (8), (9) xác định được  $Q=3,135$  l/min (0,188 m<sup>3</sup>/h),  $p_n \geq 0,052$  MPa.

### 3. Kết quả

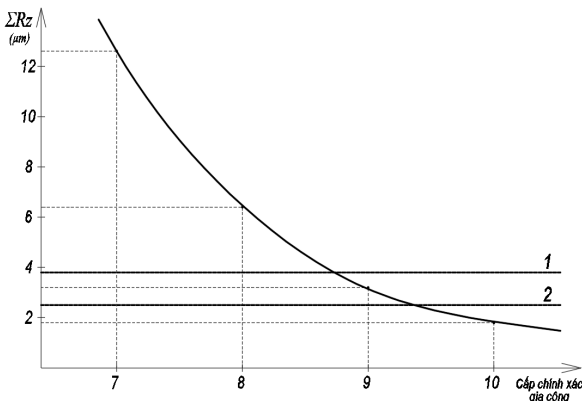
Qua kết quả nghiên cứu và tính toán có thể

**Bảng 3. Kết quả tính toán  $h_{\min}$  phụ thuộc vận tốc quay trục và lắp ghép**

Lắp ghép	n, vg/min	Sai lệch kích thước, $\mu\text{m}$		$\zeta$	$\chi$	$h_{\min}, \mu\text{m}$
		Bạc	Trục			
H7/f7	28	+46 +0	-50 -96	27,7	0,92	38
H7/f7	35	"	"	22,22	0,915	41
H7/f7	40	"	"	19,45	0,905	52
H7/f7	45	"	"	17,26	0,87	62
H8/f7	28	+72 +0	-50 -96	35,8	0,95	27
H8/f7	35	"	"	28,6	0,94	32
H8/f7	40	"	"	25	0,925	41
H8/f7	45	"	"	22,26	0,89	59
H8/f8	28	+72 +0	-50 -122	44,9	0,958	25
H8/f8	35	"	"	36	0,95	30
H8/f8	40	"	"	31,53	0,945	33
H8/f8	45	"	"	28	0,925	46



1 - Lắp ghép H7/f7; 2 - Lắp ghép H8/f7; 3 - Lắp ghép H8/f8;  $\Sigma R_z$  Tổng chiều cao nhấp nhô trung bình (I - Cấp chính xác 9; II - Cấp chính xác 8)  
 Hình 5. Đồ thị quan hệ  $h_{min}$  và vận tốc quay trục và lắp ghép ổ trượt R2VV MR2284



1-  $h_{min}$  đối với lắp ghép H7/f7; 2-  $h_{min}$  đối với lắp ghép H8/f8

Hình 6. Đồ thị quan hệ tổng chiều cao nhấp nhô trung bình của bạc ổ trượt và trục  $\Sigma R_z$  với cấp chính xác gia công ( $n=28\text{vg/min}$ );

thấy:

➢ Đối với lắp ghép ổ H8/f8, H8/f7, H7/f7, khi vận tốc quay trục tăng từ 28 vg/min đến 45 vg/min, khe hở nhỏ nhất giữa bạc và trục tăng từ  $(25 \div 38) \mu\text{m}$  lên  $(46 \div 62) \mu\text{m}$ . Trong khoảng vận tốc quay khảo sát: đối với cấp chính xác 8, cả ba lắp ghép đều không đảm bảo điều kiện (4) ( $h_{min} > \Sigma R_z$ ); đối với cấp chính xác 9, lắp ghép H7/f7 thỏa mãn trong toàn khoảng khảo sát, lắp ghép H8/f7 khi  $n \geq 35 \text{ vg/min}$  và lắp ghép H8/f8 khi  $n \geq 38 \text{ vg/min}$  mới thỏa mãn;

➢ Với cùng một vận tốc quay của trục, khe hở nhỏ nhất giữa bạc và trục của lắp ghép H7/f7 lớn

hơn lắp ghép H8/f7, của lắp ghép H8/f7 lớn hơn lắp ghép H8/f8;

➢ Để đảm bảo khả năng cao để ổ trượt có điều kiện khe hở đảm bảo làm việc ở chế độ ma sát ướt, nghĩa là khe hở nhỏ nhất giữa bạc và trục càng lớn càng tốt, thì lắp ghép H7/f7 phù hợp nhất đối với ổ trượt gối đỡ dưới máy R2VV MR2284;

➢ Từ điều kiện để bề mặt trục và bạc không tiếp xúc nhau (công thức (4)), trên đồ thị trên hình H.6 cho thấy, đối với vận tốc quay  $n=28 \text{ vg/min}$  của máy, độ chính xác gia công bề mặt cần bằng cấp chính xác từ 9 trở lên đối với lắp ghép H7/h7 để đảm bảo  $h_{min} > \Sigma R_z$ , đồng nghĩa với thỏa mãn điều kiện khe hở có khả năng đảm bảo ổ làm việc ở chế độ bôi trơn ma sát ướt;

➢ Lưu lượng nước bôi trơn  $Q=0,188 \text{ m}^3/\text{h}$ , áp lực  $p_n \geq 0,052 \text{ MPa}$ . Áp lực này cũng phù hợp với số liệu trong tài liệu [8];

➢ Kết quả nghiên cứu tính toán trên mới tính đến chiều cao nhấp nhô bề mặt tiếp xúc ma sát của bạc ổ trượt và trục. Để có số liệu chính xác hơn cần nghiên cứu ảnh hưởng của lắp ráp, biến dạng trục, gối đỡ,... đến khe hở  $h_{min}$  khi làm việc.

#### 4. Kết luận

➢ Ổ trượt gối đỡ dưới máy rửa quặng hai trục vít cánh vuông làm việc trong điều kiện ngâm trong nước bùn quặng và bôi trơn bằng nước. Trong khi làm việc phải tính toán cấp nước với áp lực đảm bảo ngăn nước bùn quặng thâm nhập vào ổ làm tăng ma sát, mòn, tổn thất ma sát và giảm tuổi thọ của ổ;

➢ Lắp ghép làm việc hợp lý của ổ trượt gối đỡ dưới máy rửa quặng hai trục vít cánh vuông MR2284 là lắp ghép H7/f7, cần cấp chính xác gia công đạt từ cấp 9 trở lên để ổ có điều kiện khe hở có khả năng làm việc ở chế độ ma sát ướt nhằm giảm tổn thất ma sát và tăng tuổi thọ;

➢ Để có số liệu đánh giá chính xác hơn cần nghiên cứu ảnh hưởng của lắp ráp, biến dạng trục, gối đỡ,... đến khe hở làm việc.

#### Tài liệu tham khảo:

[1]. Robert L. Mott, P.E. (1992), *Machine Element in Mechanical Design*, University of Dayton, Maxwell Macmillan Canada, Toronto.

[2]. Robert L. Norton (1997), *Machine Design- An Integrated Approach*, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, Massachusetts.

[3]. Дмитриев В.А. (1970), *Детали машин*, Издательство Судостроение, Ленинград.

[4]. Жильников Е.П., Тукмаков В.П. (2015), *Расчёт гидродинамического подшипника*



скольжения, Самарский государственный аэрокосмический университет, Самара.

[5]. Михин М.Н., Мичугин Д.В. (2003), *К вопросу повышения работоспособности радиальных подшипников скольжения*, Вестник ОГУ 7-2003, стр. 202÷209.

[6]. Чернавский С.А. (1963), *Подшипники скольжения*, Государственное научно-техническое издательство

машиностроительной литературы, Москва.

[7]. Федулов А.А. (2015), *Условие эксплуатации и смазка подшипниковых опор*, Уральский федеральный университет, Екатеринбург.

[8]. 黄慕礼 (2002), *双螺旋槽式洗矿机设计参数的确定和传动功率计算*, 长沙黑色冶金矿山设计研究院.

---

## Research to determine some parameters of the water-lubricated plain bearing of square-wing double-screw ore washing machine

MSc. Tran Ngo Huan, MSc. Vu Dinh Manh, MSc. Dao Van Oai  
*Vinacomin – Institute of Mining Science and Technology*

### Abstract:

*Square wing double screw ore washing machine is widely used in the ore sorting technology line. The paper presents results of the research to determine some parameters of the water-lubricated plain bearing of MR 2284 square-wing double-screw ore washing machine, used for washing bauxite ore.*