

MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ BÁNH CÔNG TÁC BƠM LY TÂM VẬN CHUYỂN CHẤT THẢI RẮN TRONG CÁC NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN

SOME CHARACTERISTICS OF CALCULATION, DESIGN THE IMPELLER OF SOLID WASTE CENTRIFUGAL PUMPS IN THERMAL POWER PLANTS

ThS. Bùi Minh Hoàng¹, GS, TS. Nguyễn Thế Mịch², PGS, TS. Vũ Nam Ngạn¹

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

²Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Lý thuyết tính toán, thiết kế máy bơm chịu mài mòn cao phục vụ thải tro xỉ cho các nhà máy nhiệt điện và khai thác mỏ, vận chuyển bùn cát... Gắn liền với quy luật dòng chảy của các dòng chất lỏng hai pha trong phần dẫn dòng máy bơm. Đồng thời, xác định dựa trên các quy luật chung của cơ học các hỗn hợp rắn - lỏng. Trong thực tế, để thiết kế chế tạo thành công một máy bơm chịu mài mòn cao phục vụ thải tro xỉ cũng như vận chuyển bùn cát... phải kết hợp chặt chẽ giữa lý thuyết tính toán thiết kế và tiến hành thử nghiệm bơm với nhiều yếu tố ảnh hưởng khác nhau. Đặc biệt đối với phần dẫn dòng của bơm và vấn đề vật liệu chế tạo máy bơm.

Bơm ly tâm vận chuyển chất thải rắn trong các nhà máy nhiệt điện cần phải có diện tích lưu thông rộng để có thể cho qua các hạt rắn kích thước lớn. Bởi vậy, kết cấu của bơm có nhiều điểm khác biệt so với kết cấu của bơm nước thông thường.

Từ khóa: *Bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn - lỏng, bơm thải xỉ, bơm mô hình.*

ABSTRACT

Theory of calculation, design the high wear-resistant pumps serving transport ash in thermal power plants, mining... With the law of the flow of two-phase fluid flowing in the pumps. Also to be determined based on the general rule of mixtures of solid and liquid. In fact, to design and manufacture a high wear-resistant pumps, we must closely combine the theoretical design calculations and conducted experiments the pumps with many different factor. Especially for the diversion of pump and materials.

Centrifugal pumps transport solid waste in thermal power plants requiring large circulation area to be able to pass large-sized solid particles. Therefore the structure of the pump has many differences compared to the normal water pump.

Keywords: *Two-phase flow pump, mixed solid - liquid pump, pump model.*

1. GIỚI THIỆU

Bánh công tác là bộ phận quan trọng, cơ bản nhất của máy bơm nói chung và máy bơm thái tro xi nói riêng, nó làm nhiệm vụ biến đổi cơ năng trên trục quay thành năng lượng của dòng chất lưu, kết cấu bánh công tác đóng vai trò chủ đạo trong kết cấu máy bơm. Bởi vậy, bánh công tác quyết định kết cấu của máy bơm. Với máy bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn - lỏng nói riêng, các thông số về kết cấu của bánh công tác đã có nhiều nghiên cứu khi xem xét ảnh hưởng của chúng đến tính năng, hiệu quả làm việc và độ mài mòn của bơm.

2. CƠ SỞ TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ BƠM DÒNG HỖN HỢP HAI PHA RẮN - LỎNG

Khi thiết kế bánh công tác bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn - lỏng, đường kính vào (D_0) của bơm và đường kính mép vào (D_1) của cánh được xác định tương tự như bơm nước thông thường, tuy nhiên, chiều rộng mép vào (b_1) xác định khác với bơm nước thông thường. Do chiều rộng mép vào của bánh công tác bằng chiều rộng mép ra (b_2), hơn nữa, chiều rộng mép ra lại có ý nghĩa quyết định. Do đó, khi thiết kế thường xác định trước chiều rộng mép ra cánh, sau đó lấy chiều rộng mép vào bằng chiều rộng mép ra ($b_1 = b_2$) [2]. Chiều rộng mép ra b_2 được xác định theo công thức thực nghiệm:

$$b_2 = K_{b2} \sqrt[3]{Q/n} \quad (1)$$

Trong đó, hệ số K_{b2} được chọn phụ thuộc vào số cánh của bánh công tác [1]:

- Bánh công tác 2 cánh: $K_{b2} > 2,2$;
- Bánh công tác 3 cánh: $K_{b2} = 1,9 + 2,2$;
- Bánh công tác có số cánh nhiều hơn 4: $K_{b2} \div 1,6$.

Sau khi xác định được chiều rộng b_1 , ta xác định lại vận tốc dòng vào C_{m1} , vận tốc

trước khi vào lá cánh C_{m1} và góc đặt cánh ở cửa vào β_1 . Đối với bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn - lỏng, góc đặt cánh ở cửa vào thường có giá trị $\beta_1 = 28^\circ + 40^\circ$. Góc $\Delta\beta$ có giá trị trong khoảng rộng hơn so với bơm nước thông thường $\Delta\beta = 3^\circ + 20^\circ$ [3].

Góc đặt cánh ở cửa ra β_2 của bơm có giá trị trong khoảng $\beta_2 = 17^\circ + 35^\circ$ [3]. Để đảm bảo giá trị này của góc β_2 cần tính đường kính ra D_2 của cánh bánh công tác theo góc β_2 theo quan hệ sau:

$$D_2 = \frac{2U_2}{\omega} = \frac{C_{m2}}{2tg\beta_2} + \sqrt{\left(\frac{C_{m2}}{2tg\beta_2}\right)^2 + gH_b} \quad (2)$$

Trong đó:

U_2 - Vận tốc vòng (vận tốc theo) ở cửa ra của bánh công tác;

C_{m2} - Vận tốc kinh tuyến ở cửa ra của bánh công tác;

g - Gia tốc rơi tự do;

H_{th} - Cột áp lý thuyết của bơm;

$H_{th} = H/\eta_H$;

η_H - Hiệu suất thủy lực của bơm.

Khi xác định được các kích thước lá cánh ở mép vào và ra cần xác định lại hệ số chênh dòng K_1 và K_2 và xác định lại góc đặt cánh. Số lá cánh ít sẽ có ảnh hưởng đáng kể tới cột áp. Bởi vậy, cần tính ảnh hưởng của số cánh hữu hạn tới cột áp của bơm.

Tính tới ảnh hưởng của số cánh hữu hạn cột áp thực sẽ có giá trị bằng [1]:

$$H = \eta_H \frac{1}{1+p} U_2 C_{m2} = \eta_H \varepsilon U_2 C_{m2} \quad (3)$$

Trong đó:

p - Hệ số kể tới ảnh hưởng của số cánh hữu hạn được xác định theo công thức của Phlaydere:

$$P = \frac{2\psi}{Z} \frac{1}{1 - (R_1/R_2)^2} \quad (4)$$

$\psi = (0,55 + 0,68) + 0,6\sin\beta_2$;

Z - Số lá cánh của bánh công tác;

R_1, R_2 - Bán kính ở cửa vào và cửa ra của

ánh công tác;

ε - Hệ số kể tới ảnh hưởng của số cánh hữu hạn xác định theo công thức của Stodola:

$$\varepsilon = 1 - \frac{U_2}{C_{u2}} \frac{\pi}{Z} \sin \beta_2 \quad (5)$$

C_{u2} - Vận tốc xoáy (vận tốc tuyệt đối chiếu theo phương vận tốc vòng) ở cửa ra cánh công tác.

Để đảm bảo cột áp thực H của bơm và giữ góc ra β_2 không đổi cần phải thay đổi đường kính ở cửa ra D_2 của cánh công tác. Việc tính toán được tiến hành tới khi sai số đường kính D_2 trong hai lần tính kế nhau sai khác không quá $3 + 5\%$ [1]:

$$\Delta D_2 = \frac{D_2^* - D_2}{D_2} < 3 + 5\% \quad (6)$$

D_2 - Đường kính cửa ra của lá cánh trong lần tính toán trước;

D_2^* - Đường kính cửa ra của lá cánh trong lần tính toán kế sau.

Kết quả tính toán lý thuyết, nhận được một số mẫu cánh bơm mô hình như sau:

Thông số mẫu cánh	Mẫu 01- BX-1	Mẫu 02- BX-2	Mẫu 03- BX-3
Số vòng quay đặc trưng n_s (v/ph)	59,5	59,5	59,5
Đường kính bánh công tác D (mm)	$D_1 = 140$; $D_2 = 400$	$D_1 = 140$; $D_2 = 400$	$D_1 = 140$; $D_2 = 380$
Góc đặt cánh ($^\circ$)	$\beta_1 = 28^\circ$; $\beta_2 = 30^\circ$	$\beta_1 = 28^\circ$; $\beta_2 = 34^\circ$	$\beta_1 = 28^\circ$; $\beta_2 = 30^\circ$
Chiều rộng rãnh bánh công tác h (mm)	$b_1 = b_2 = 60$	$b_1 = b_2 = 60$	$b_1 = b_2 = 60$
Số lá cánh bánh công tác Z	4	5	5
Chiều dày lá cánh δ (mm)	15	15	15

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BƠM THẢI XI MÔ HÌNH

Dựa trên một số luận điểm đã nêu, tác giả đã tính toán thiết kế bánh công tác của bơm vận tải xi trong nhà máy nhiệt điện trên cơ sở bơm nước sạch, với các thông số đầu vào như sau:

Công suất động cơ điện: $N_{dc} = 55$ (kW);

Số vòng quay: $n = 1450$ (v/ph);

Hiệu suất động cơ điện ở chế độ định

mức: $\eta_{dc} = 0,89$;

Cột áp thiết kế của máy bơm: $H_{bph} = 57$ (mH₂O);

Lưu lượng tính toán: $Q_{dm} = 185$ (m³/h);

Hiệu suất chung sơ bộ của bơm: $\eta_{bdk} = 0,65$.

Nồng độ thể tích của xi trong hỗn hợp:

$C_v = 30\%$ (thực tế $C_v \leq 40\%$) [3];

Khối lượng riêng của xi than: $\rho_h = 750$ (kg/m³);

Kích thước hạt trung bình: $d_{tb} = 50$ (mm).

Như vậy, trong quá trình tính toán lấy khối lượng hỗn hợp (nước - tro xi) theo quan hệ [3]:

$$C_v = \frac{\gamma_{hh} - \gamma_n}{\gamma_h - \gamma_n}$$

Từ đó xác định: $\rho_{hh} = 925$ (kg/m³).

Đối với bom thái xi có $n = 59,5 < 100$, lá cánh bánh công tác có dạng mặt trụ cong theo một chiều đơn giản [1]. Vì vậy, chỉ cần xây dựng biên dạng của một đường dòng trung bình của chiều cong cánh bánh công tác là được. Các lá cánh vuông góc với các đĩa bánh công tác, hình chiếu của các lá cánh bánh công tác trên mặt phẳng vĩ tuyến chỉ là một đường cong.

Để thuận tiện cho việc xây dựng biên dạng cánh của bom mô hình, ta chọn phương pháp xây dựng biên dạng cánh bằng phương pháp tích phân hình học.

Kết quả tính toán được trình bày cụ thể tại các bảng 1, 2 và 3.

Bảng 1. Kết quả tính toán xây dựng cánh bánh công tác BX-1 bằng phương pháp điểm:

r_1	$r_2 = \frac{2\pi r_1}{Z}$	δ_1	$\frac{\delta_2}{t_1}$	C'_{m1}	W_1	$\frac{C'_{m2}}{W_2}$	$\sin\beta_1$	β_1	$\cos\beta_1$	$B_1 = \frac{1}{r_1 \cdot \cos\beta_1}$	$\frac{B_1 + B_{1+1}}{2}$	$\theta_1^2 = \sum_{i=1}^n \frac{B_i + B_{i+1}}{2}$
m	m	m	m/s	m/s			độ	độ				
0	0,07	0,110	0,015	0,136	3,383	10,196	0,333	0,469	27,996	0,531	26,889	0
1	0,083	0,130	0,015	0,115	3,116	9,307	0,335	0,450	26,751	0,504	25,916	25,402
2	0,096	0,151	0,015	0,100	2,849	8,447	0,337	0,437	25,911	0,486	21,454	22,685
3	0,109	0,171	0,015	0,088	2,582	7,588	0,340	0,428	25,347	0,473	19,378	20,416
4	0,122	0,192	0,015	0,078	2,315	6,728	0,344	0,422	24,994	0,466	17,595	18,486
5	0,135	0,212	0,015	0,071	2,047	5,869	0,349	0,420	24,825	0,462	16,022	16,807
6	0,148	0,232	0,015	0,065	1,780	5,009	0,355	0,420	24,846	0,463	14,601	15,311
7	0,161	0,253	0,015	0,059	1,513	4,150	0,365	0,424	25,102	0,468	13,266	13,933
8	0,174	0,273	0,015	0,055	1,246	3,290	0,379	0,434	25,714	0,483	11,941	12,604
9	0,187	0,294	0,015	0,051	0,979	2,431	0,403	0,454	27,009	0,509	10,497	11,639
10	0,2	0,314	0,015	0,048	0,712	1,571	0,453	0,501	30,079	0,579	8,638	12,306

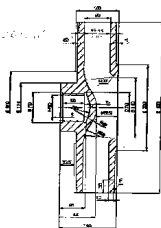
Bảng 2. Kết quả tính toán xây dựng cánh bánh công tác BX-2 bằng phương pháp điểm:

r_1	$r_2 = \frac{2\pi r_1}{Z}$	δ_1	$\frac{\delta_2}{t_1}$	C'_{m1}	W_1	$\frac{C'_{m2}}{W_2}$	$\sin\beta_1$	β_1	$\cos\beta_1$	$B_1 = \frac{1}{r_1 \cdot \cos\beta_1}$	$\frac{B_1 + B_{1+1}}{2}$	$\theta_1^2 = \sum_{i=1}^n \frac{B_i + B_{i+1}}{2}$
m	m	m	m/s	m/s			độ	độ				
0	0,07	0,088	0,006	0,068	3,383	8,436	0,401	0,469	27,998	0,531	26,886	0
1	0,083	0,104	0,006	0,058	3,109	7,713	0,403	0,461	27,444	0,519	25,214	25,050
2	0,096	0,121	0,006	0,050	2,836	6,991	0,406	0,455	27,105	0,512	20,364	34,888
3	0,109	0,137	0,006	0,044	2,562	6,268	0,409	0,453	26,923	0,508	18,076	49,203
4	0,122	0,153	0,006	0,039	2,289	5,546	0,413	0,452	26,876	0,507	16,183	61,962
5	0,135	0,170	0,006	0,035	2,015	4,823	0,418	0,453	26,962	0,508	14,570	73,416
6	0,148	0,186	0,006	0,032	1,742	4,101	0,425	0,457	27,206	0,514	13,151	83,790
7	0,161	0,202	0,006	0,030	1,468	3,378	0,435	0,464	27,675	0,524	11,850	93,051
8	0,174	0,219	0,006	0,027	1,194	2,655	0,450	0,477	28,521	0,543	10,582	101,405
9	0,187	0,235	0,006	0,026	0,921	1,933	0,476	0,502	30,145	0,580	9,214	108,778

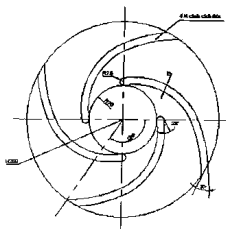
Bảng 3. Kết quả tính toán xây dựng cánh bánh công tác BX-3 bằng phương pháp điểm:

r_1	$r_2 = \frac{2\pi r_1}{Z}$	δ_1	$\frac{\delta_2}{t_1}$	C'_{m1}	W_1	$\frac{C'_{m2}}{W_2}$	$\sin\beta_1$	β_1	$\cos\beta_1$	$B_1 = \frac{1}{r_1 \cdot \cos\beta_1}$	$\frac{B_1 + B_{1+1}}{2}$	$\theta_1^2 = \sum_{i=1}^n \frac{B_i + B_{i+1}}{2}$
m	m	m	m/s	m/s			độ	độ				
0	0,07	0,089	0,006	0,068	3,383	8,436	0,401	0,469	27,998	0,531	26,886	0
1	0,082	0,103	0,006	0,058	3,113	7,736	0,402	0,461	27,443	0,519	22,498	25,192
2	0,094	0,118	0,006	0,051	2,843	7,035	0,404	0,455	27,070	0,511	20,828	32,599
3	0,106	0,133	0,006	0,045	2,572	6,335	0,406	0,451	26,830	0,506	18,662	46,135
4	0,118	0,148	0,006	0,040	2,302	5,635	0,409	0,449	26,658	0,503	16,861	58,347
5	0,13	0,163	0,006	0,037	2,032	4,934	0,412	0,449	26,667	0,502	15,325	69,411
6	0,142	0,179	0,006	0,034	1,762	4,234	0,416	0,450	26,745	0,504	13,983	79,487
7	0,154	0,195	0,006	0,031	1,492	3,533	0,422	0,453	26,964	0,508	12,772	88,685
8	0,166	0,208	0,006	0,029	1,222	2,833	0,431	0,460	27,400	0,518	11,629	97,073
9	0,178	0,224	0,006	0,027	0,952	2,133	0,446	0,473	28,242	0,537	10,463	110,468
10	0,19	0,239	0,006	0,025	0,681	1,432	0,476	0,501	30,069	0,579	9,096	111,393

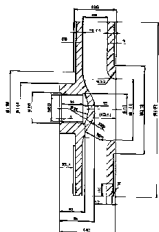
Từ kết quả tính toán cho các mẫu cánh bánh công tác được trình bày trên các bảng 1, 2, 3 ta xây dựng được biên dạng và kết cấu của từng loại bánh công tác tương ứng thể hiện trên các hình 1, 2, 3, 4, 5 và 6.



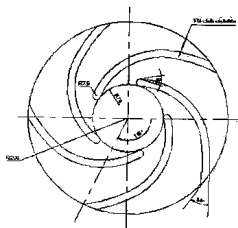
Hình 1. Mặt cắt kinh tuyến của BCT mẫu BX-1



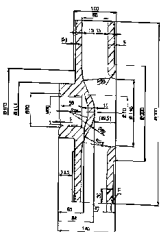
Hình 2. Mặt cắt vĩ tuyến của BCT mẫu BX-1



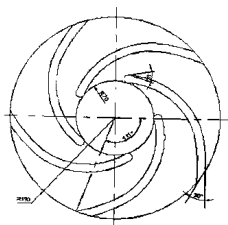
Hình 3. Mặt cắt kinh tuyến BCT mẫu BX-2



Hình 4. Mặt cắt vĩ tuyến của BCT mẫu BX-2



Hình 5. Mặt cắt kinh tuyến BCT mẫu BX-3



Hình 6. Mặt cắt vĩ tuyến của BCT mẫu BX-3

4. KẾT LUẬN

Kết quả các công trình nghiên cứu về máy bơm ly tâm dùng cho dòng hỗn hợp rắn - lỏng của các nhà nghiên cứu, cho thấy:

+ Máy bơm ly tâm làm việc trong môi trường hỗn hợp 2 pha rắn - lỏng tương đối phức tạp. Trong quá trình làm việc, tính năng, hiệu quả làm việc, độ mài mòn của máy bơm chịu ảnh hưởng tổng hợp bởi tính chất hỗn hợp vận chuyển và các thông số về hình dạng, kết cấu và điều kiện vận hành của máy bơm.

+ Việc nghiên cứu, thiết kế máy bơm ly tâm dùng cho dòng hỗn hợp 2 pha rắn - lỏng về cơ bản vẫn phải dựa vào lý thuyết tính toán thiết kế máy bơm nước sạch để áp dụng tính toán thiết kế cho máy bơm dòng hỗn hợp 2 pha rắn - lỏng. Trong quá trình tính toán thiết kế, những ảnh hưởng và tác động của dòng hỗn hợp rắn - lỏng và các thông số về hình dạng, kết cấu tới tính năng, hiệu quả làm việc và khả năng chịu mài mòn của máy bơm được xem xét để điều chỉnh trong việc thiết kế máy bơm.

+ Việc tính toán lựa chọn các thông số hình dạng, kết cấu và chế độ làm việc của máy bơm phù hợp với mỗi loại hỗn hợp nhất định

(được đặc trưng bằng các thông số; Cv,dh,yh...) nhằm hạn chế tổn thất áp suất, hiệu suất làm việc của bơm, giảm bớt độ hao mòn hư hỏng của các chi tiết.

Trên cơ sở lý thuyết tính toán thiết kế máy bơm nước sạch kết hợp với các đặc trưng nói riêng của bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn - lỏng, tác giả đã đưa ra được 03 mẫu bánh công tác phục vụ công tác khảo sát các đặc tính sau này. ❖

Ngày nhận bài: 22/01/2017

Ngày phản biện: 20/02/2017

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Danh Liên; *Bơm, quạt cánh dẫn*, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2011.
- [2]. Lê Danh Liên, Nguyễn Văn Bảy, Đỗ Huy Cương; *Một số đặc điểm tính toán thiết kế bánh công tác và buồng xoắn bơm ly tâm vận chuyển hỗn hợp nước với hạt rắn kích thước lớn*, Hội nghị Khoa học "Cơ học Thủy khí toàn quốc năm 2003".
- [3]. Vũ Nam Ngạn; *Máy và thiết bị thủy khí vận chuyển dòng hỗn hợp rắn - lỏng*, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 2012.
- [4]. Karelin V. Ia; *Sự mài mòn trong bơm cánh dẫn Moscova*, NXB. Chế tạo Máy (1978).