

## NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÁY TUYỂN NỒI KIỂU THÙNG TRỤ TRÒN VÀ ỨNG DỤNG ĐỂ NÂNG CAO HIỆU QUẢ TUYỂN QUẶNG CHÌ KẼM MỎ CHỢ ĐIỆN, TỈNH BẮC KẠN

RESEARCH FOR DESIGNING AND MANUFACTURING TANKCELL FLOTATION MACHINE AND APPLY TO IMPROVE THE FLOTATION EFFICIENCY OF CHO DIEN LEAD- ZINC ORE PROCESSING PLANT IN BAC KAN PROVINCE

ThS. Trần Thị Hiền, ThS. Phạm Đức Phong, ThS. Nguyễn Xuân Thủy, TS. Đào Duy Anh  
Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện kim

### TÓM TẮT

Máy tuyển nổi kiểu thùng trụ tròn (tankcell) đã được nhiều quốc gia trên thế giới sử dụng trong tuyển nổi khoáng sản, đây là thiết bị được đánh giá có hiệu quả vượt trội so với thiết bị tuyển nổi hình khối vuông hay chữ nhật truyền thống đang được sử dụng phổ biến tại các nhà máy tuyển nổi khoáng sản ở Việt Nam. Bài báo trình bày sơ bộ kết quả nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thiết bị tuyển nổi tankcell 8 m<sup>3</sup> và kết quả thử nghiệm thiết bị trên dây chuyền tuyển nổi chì kẽm mỏ Chợ Điện, tỉnh Bắc Kạn. Đây là một trong những nội dung nghiên cứu của Đề tài độc lập cấp Quốc gia "Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy tuyển nổi quặng kim loại màu kiểu thùng trụ tròn (Tankcell)" mã số: ĐTLĐCN.09/20 do Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện kim chủ trì thực hiện với mục tiêu thiết kế, chế tạo thiết bị tuyển nổi tankcell nhằm nâng cao các chỉ tiêu công nghệ tuyển, hiệu quả sản xuất, góp phần thúc đẩy quá trình đổi mới công nghệ, hiện đại hóa thiết bị và làm chủ công nghệ chế tạo, sản xuất.

**Từ khóa:** Máy tuyển nổi thùng trụ tròn; Tuyển quặng chì-kẽm.

### ABSTRACT

The tankcell flotation machine has been applied for processing of non-ferrous metal ores in many countries over the world. This machine type has more efficiency compared to the traditional flotation machine, which is commonly used in mineral processing plants in Vietnam. This article presents the design and manufacture results of the tankcell flotation machine of the capacity of 8 m<sup>3</sup>. The testing results of lead-zinc ore flotation with this equipment in the Cho Dien mine, Bac Kan province were also presented. This is one of the research contents of the National Independent Project "Research, design and manufacture of non-ferrous metal ore by tankcell flotation machine" - code ĐTLĐCN.09/20, which was performed by the National Institute of Mining - Metallurgy Science and Technology. The results help to improve the criteria of recruitment technology and production efficiency, as well as to contribute to promoting the related industrial innovation, technology innovation, equipment modernization, and technique mastering.

**Keywords:** Tankcell; Lead-zinc ore processing.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy tuyển nổi tankcell được thiết kế trên cơ sở phát triển những ưu điểm của máy tuyển nổi truyền thống, tankcell được sử dụng trong các khâu tuyển chính, tuyển tinh và tuyển vớt tại các nhà máy tuyển nổi. Thiết kế độc đáo của máy tạo ra dòng khuấy trộn bùn theo hướng bán kính có động năng lớn nhằm tạo ra hai dòng bùn tuần hoàn: dòng thứ nhất tuần hoàn rất mạnh ở phía dưới bánh khuấy; dòng thứ hai tuần hoàn lên phần phía trên của máy. Các van khuếch tán đặt thẳng đứng nhằm tạo ra các dòng chảy xuyên tâm kiểu mẫu nhằm loại bỏ hoàn toàn sự quay vòng của bùn khoáng trong ngăn máy tuyển nổi. Mỗi ngăn máy tuyển nổi tự tràn được cung cấp hai máng bọt đặt nằm ngang bên trong máy nhằm tăng hiệu quả thu hồi và giảm khoảng cách vận chuyển sản phẩm bọt. Các tấm nén ép bọt có tác dụng làm giảm thời gian tuyển nổi nhằm tăng hiệu quả thu hồi khi tuyển hạt thô và ở khâu tuyển tinh [1].

Theo các số liệu nghiên cứu và thực tế sản xuất, máy tuyển nổi tankcell có những ưu điểm vượt trội so với máy tuyển nổi truyền thống, đó là:

- Tạo ra sự tiếp xúc tối đa giữa hạt khoáng và bóng khí trong ngăn máy; đảm bảo bùn quặng ở trạng thái lơ lửng trong quá trình hoạt động và dễ dàng trở lại trạng thái này sau khi tắt máy; bóng khí được phân tán đều trong toàn bộ thể tích của ngăn máy; vùng khuấy trộn thấp hơn đảm bảo bùn quặng ở trạng thái lơ lửng, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình va chạm giữa hạt khoáng và bóng khí; vùng bùn quặng phía trên yên tĩnh nhằm giảm hiện tượng hạt khoáng bị rơi khỏi bóng khí; bề mặt ngăn máy rất yên tĩnh làm giảm tối thiểu sự rửa trôi của các hạt và ngăn máy hình trụ với mức cấp bùn thấp gắn với cửa thoát để giảm thiểu sự

tuần hoàn của bùn quặng.

- Thiết kế dạng thùng tròn cho phép giảm đáng kể chi phí năng lượng so với ngăn thùng vuông. Các ngăn dạng này có chi phí năng lượng riêng giảm nhiều lần so với ngăn thùng vuông truyền thống.

- Thiết kế thùng tròn cho phép thiết kế những ngăn máy có dung tích lớn. Trong hàng chục năm trước, ngăn máy tuyển nổi chỉ tăng lên đến vài chục m<sup>3</sup>, nhưng khi chuyển sang ngăn dạng thùng trụ tròn, đến nay dung tích ngăn đã tăng đến vài trăm m<sup>3</sup>.

- Các ngăn thùng tròn với dung tích lớn cho phép giảm số lượng ngăn trong dây ngăn máy (<10) và cho phép lắp đặt phân xưởng tuyển nổi ngoài trời với mặt bằng chiếm chỗ không lớn. Điều này làm giảm đáng kể chi phí đầu tư cơ bản về xây dựng nhà xưởng cũng như chi phí vận hành, bảo dưỡng.

- Thiết kế ngăn tròn được tối ưu hóa về thủy khí động học và dễ dàng tự động hóa.

Dự kiến trong những năm tới, tại các nhà máy tuyển nổi mới có công suất lớn thì các ngăn thùng trụ tròn sẽ thay thế hoàn toàn các dây ngăn máy vuông truyền thống.

Xuất phát từ các lý do nêu trên, Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện kim đã chủ trì thực hiện Đề tài: “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy tuyển nổi quặng kim loại màu kiểu thùng trụ tròn (Tankcell)”. Đây là công trình nghiên cứu lần đầu tiên ở Việt Nam, tiến hành một cách toàn diện từ xây dựng quy trình thiết kế, chế tạo đến xác lập công nghệ tuyển nổi trên thiết bị tuyển nổi kiểu thùng trụ tròn (tankcell) và áp dụng vào thực tiễn sản xuất. Ngoài ra, với nghiên cứu tuyển nổi trên thiết bị tuyển nổi

kiểu thùng trụ tròn là hướng đi mới đang được áp dụng trên thế giới.

Đối tượng nghiên cứu thử nghiệm trên thiết bị chế tạo là quặng chì kẽm Chợ Điền thuộc Công ty Cổ phần Kim loại màu Thái Nguyên – Vimico, nhằm giải quyết những vấn đề về khoa học cũng như công nghệ, góp phần thúc đẩy quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước, mang lại hiệu quả kinh tế và hướng đến sự phát triển bền vững trong lĩnh vực chế biến khoáng sản.

## 2. NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP VÀ ĐỊA ĐIỂM NGHIÊN CỨU

### 2.1. Nội dung nghiên cứu

Một trong những nội dung chính của đề tài là nghiên cứu, thiết kế, chế tạo máy tuyển nổi tankcell lưu lượng bùn tối đa đạt 200 m<sup>3</sup>/h để tuyển quặng kẽm sunfua với các tiêu chí như sau:

- Thiết bị mang tính đồng bộ, có thể hoạt động liên tục gắn với hệ thống dây chuyền thiết bị tuyển nổi truyền thống đang hoạt động tại Nhà máy tuyển quặng chì kẽm Chợ Điền, tỉnh Bắc Kạn.

- Làm việc ổn định, thích ứng với sự thay đổi năng suất cấp liệu đầu vào.

- Thiết bị chế tạo có thể tự động hóa dòng khí cấp, đây là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến độ ổn định của quá trình tuyển.

- Thiết bị có khả năng kết hợp với dây chuyền tuyển tinh kẽm đang hoạt động tại nhà máy để thu được quặng tinh kẽm có hàm lượng  $\geq 52\%$  Zn với mức thực thu  $\geq 90\%$  Zn.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Nghiên cứu tài liệu, thu thập thông tin, phân tích, đánh giá về thiết bị tuyển nổi tankcell trên thế giới. Khảo sát, nghiên cứu thiết bị tuyển nổi tương tự nhập khẩu đang được sử dụng tại một số nhà máy tuyển ở Việt Nam.

- Các bước quá trình nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị tuyển nổi tankcell bao gồm: Nghiên cứu nguyên lý hoạt động, cấu tạo các chi tiết, các bộ phận của thiết bị sau đó tính toán lựa chọn kích thước, vật liệu chế tạo, kiểm nghiệm độ bền và xây dựng hình mô phỏng bằng phần mềm chuyên dụng trước khi chế tạo các chi tiết.

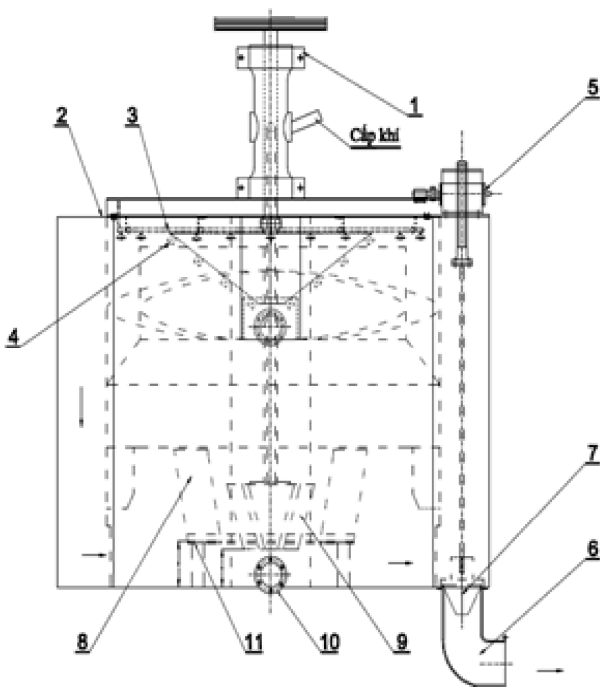
### 2.3. Địa điểm nghiên cứu

Công tác nghiên cứu, thiết kế, chế tạo được triển khai tại Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện kim; Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hoá; Công tác thực nghiệm thiết bị tankcell chế tạo được triển khai tại Nhà máy tuyển quặng chì kẽm Chợ Điền, thuộc Công ty Cổ phần Kim loại màu Thái Nguyên - Vimico.

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 3.1. Nghiên cứu chế tạo máy tuyển nổi tankcell

Hiện nay, trên thế giới có ba loại máy tuyển tankcell đang được sử dụng trong tuyển khoáng sản, được sản xuất từ các hãng Metso, Outotec, Outokumpu. Ba loại máy tuyển này cơ bản giống nhau về cấu tạo và nguyên lý làm việc, chỉ có một vài điểm khác biệt về cấu tạo hệ thống khuấy trộn và mức độ tự động hóa. Kết cấu của máy tuyển nổi thùng trụ tròn được trình bày tại Hình 1.



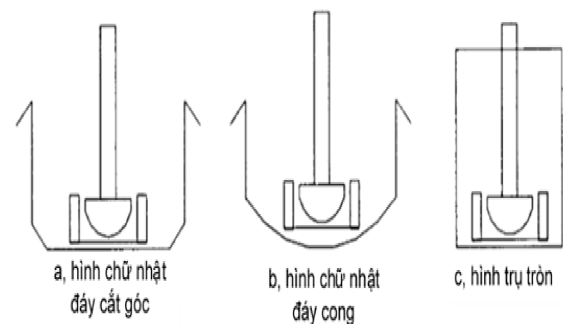
Hình 1. Kết cấu máy khuấy nổi kiểu tankcell:  
1. Thân máy; 2. Thùng máy khuấy; 3. Đường ống nước; 4. Nón tràn quặng; 5. Cơ cấu nâng hạ trục vít; 6. Ống van; 7. Quả van; 8. Cánh tĩnh; 9. Cánh động; 10. Rổn xả đáy; 11. Tấm đỡ cánh tĩnh.

Khi tính toán, thiết kế, chế tạo máy khuấy tankcell chia thành các cụm, các bộ phận riêng theo nguyên lý hoạt động và chức năng của chúng. Trong quá trình thực hiện, nhóm nghiên cứu đã chia quy trình này thành các phần riêng rẽ gồm tính toán, thiết kế, chế tạo: Thùng máy khuấy; Hệ thống cung cấp điều chỉnh khí nén; Nón tràn quặng; Ống van và quả van; Cơ cấu nâng hạ trục vít; Cánh động; Cánh tĩnh và tấm đỡ cánh tĩnh; Hệ thống điện động lực, điều khiển và tự động hóa dòng khí... Một số kết quả nghiên cứu, thiết kế, chế tạo các chi tiết điển hình như sau:

### Thiết kế thùng máy khuấy:

\* Xác định hình dạng của thùng

Hình dạng của ngăn máy ảnh hưởng lớn đến hiệu suất của quá trình khuấy trộn và năng suất. Hiện nay, các ngăn máy khuấy nổi thường có các dạng: hình chữ nhật với đáy cắt góc; hình chữ nhật với đáy cong và hình trụ tròn với đáy phẳng hoặc cong (Hình 2). Ngăn máy khuấy dạng hình chữ nhật với đáy cắt góc cho năng suất lớn nhất đến 3 m<sup>3</sup>; máy dạng hình chữ nhật đáy cong cho năng suất lớn nhất trong khoảng 38 - 45 m<sup>3</sup> và những ngăn máy khuấy dạng hình trụ tròn với đáy phẳng hoặc cong cho năng suất cao hơn các loại còn lại.



Hình 2. Hình dạng mặt cắt dọc ngăn máy khuấy điển hình

Hình dạng của ngăn máy khuấy ảnh hưởng đến hiệu quả của quá trình khuấy trộn và năng lượng cần thiết để giữ pha rắn lơ lửng trong ngăn máy khuấy. Phần đáy tròn giúp loại bỏ các góc nhọn mà bùn có thể xâm nhập vào và ngăn cản sự hình thành các vùng ứ đọng, đồng thời năng lượng để giữ cho pha rắn lơ lửng thấp hơn so với các ngăn máy có đáy dạng hình chữ nhật.

Hiện nay, các máy khuấy nổi tankcell của các hãng Metso, Outotec... đều thiết kế dạng hình trụ tròn. Thiết kế này cho hiệu quả khuấy trộn cao hơn, năng lượng khuấy thấp hơn và năng suất của máy cao hơn. Do đó, trong đề tài chọn thiết kế máy khuấy có dạng hình trụ tròn với đáy phẳng như Hình 2c.

\* *Xác định tổng thể tích của ngăn máy tuyển:*

Thể tích của ngăn máy được tính theo công thức sau:

$$V_n = \frac{V * t}{60 * k} \quad (1)$$

Trong đó:

- $V_n$ : Thể tích ngăn máy;
- $V$ : Lưu lượng bùn bơm vào máy,  $m^3/h$ ;
- $t$ : Thời gian lưu bùn trong máy, phút;
- $k_2$ : Hệ số thông khí,  $k = 0,7 - 0,9$ .

Thùng máy có hai vùng: vùng 1 là vùng khuấy trộn bùn quặng với bóng khí; vùng 2 là vùng yên tĩnh để phân chia giữa bóng khí mang hạt khoáng với bùn quặng. Thời gian lưu bùn trong máy phụ thuộc vào thời gian tuyển nổi thực tế. Theo R.Hederia [2], thời gian tuyển nổi thực tế tuyển nổi quặng kềm bằng máy tuyển tankcell từ 8 - 12 phút. Tuy nhiên, do máy tuyển mới thiết kế chỉ có một ngăn máy và đấu nối với hệ thống tuyển tinh tại nhà máy nên chọn thời gian lưu bùn trong máy là 1,5 phút. Theo J.Hannula [3], lượng khí nén trong máy tuyển chiếm từ 10 - 30% thể tích, chọn 20% do đó  $k = 0,8$ . Lưu lượng bùn vào tuyển từ 200 - 250  $m^3/h$ . Áp dụng công thức (1), xác định được thể tích ngăn máy tuyển như sau:

$$V_n = \frac{250 * 1,5}{60 * 0,8} = 7,8 m^3$$

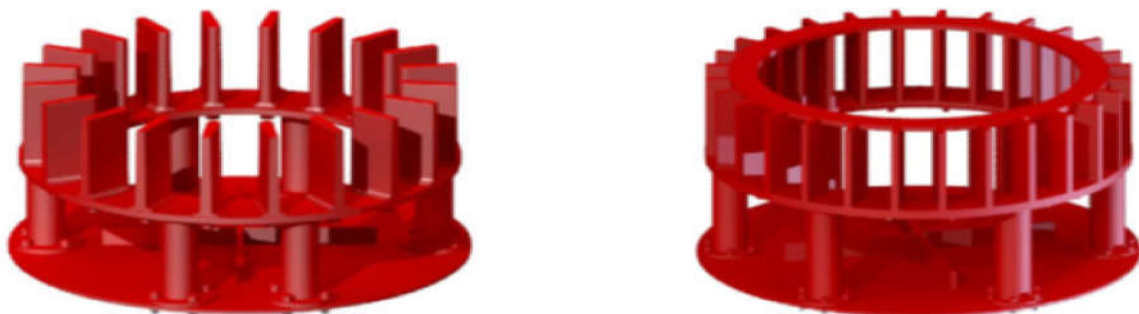
Chọn tổng thể tích ngăn máy tuyển là  $8 m^3$ .

### Xác định đường kính của cánh tĩnh (stator):

Khi rotor quay sẽ tạo dòng vuông góc với trục quay gây ra dòng xoáy trộn không muốn. Để giảm ảnh hưởng của dòng chảy hướng trục, cũng như định hướng cho dòng bùn - khí hướng ra thành máy nhằm cải thiện sự phân phối khí và làm tăng khả năng sục khí. Trong bánh khuấy của máy tuyển nổi lắp thêm stator gồm các tấm chắn hướng tâm.

Nghiên cứu của C.C. Harris [4] cho thấy: stator hầu như loại bỏ dòng xoáy do rotor gây ra. Hai loại stator được dùng phổ biến trong các máy tuyển nổi hiện nay thể hiện ở Hình 3.

Phần dưới của stator được để thoáng nhằm cho phép dòng bùn chảy tự do đến rotor. Phần mặt thoáng từ rotor đến đáy máy tuyển nổi nằm trong giới hạn  $D/6 - D/2$  ( $D$  là đường kính máy), với  $D = 2.500$  mm, chọn khoảng cách mặt thoáng là 450 mm.



Hình 3. Hai loại stator được dùng phổ biến hiện nay



Dựa theo thiết kế của hãng Metso, OK, Outotec... chọn stator có dạng như Hình 3, khoảng cách giữa rotor và stator là 60 mm, chiều cao của stator là 430 mm và chiều rộng cánh tĩnh là 150 mm với số lượng 20 cánh. Từ các giá trị trên xác định được đường kính trong và ngoài của stator như sau:

Đường kính trong của cánh tĩnh:

$$D_t = D_{rt} + 2 * 60 = 660 + 120 = 780 \text{ mm}$$

Đường kính ngoài của cánh tĩnh:

$$D_n = 780 + 2 * 150 = 1.080 \text{ mm.}$$

Chiều cao của cánh tĩnh:

$$H_{st} = 430 \text{ mm}$$

### Tính toán, thiết kế cánh động:

Bánh công tác, còn được gọi là cánh động, được coi là trái tim của máy tuyển nổi tankcell vì nó cung cấp năng lượng để thực hiện các chức năng cần thiết như sau cho quá trình tuyển nổi: Tạo huyền phù chất rắn trong tankcell; Phân tán không khí thành bọt khí; Tạo nhiễu loạn cho va chạm hạt khoáng - bóng khí hiệu quả; Hút không khí vào tankcell theo kiểu tự hút.

Thiết kế của một bánh công tác thay đổi theo loại tankcell. Hầu hết các thiết kế bánh công tác có một đĩa tròn phẳng với các hình dạng khác nhau của cánh động hoặc chốt định vị được gắn vào đĩa đồng tâm với phần dưới của đĩa. Hình dạng của cánh động hoặc chốt định vị thay đổi từ hình trụ đến hình nón (nửa hình cầu).

\* *Xác định đường kính của cánh động*

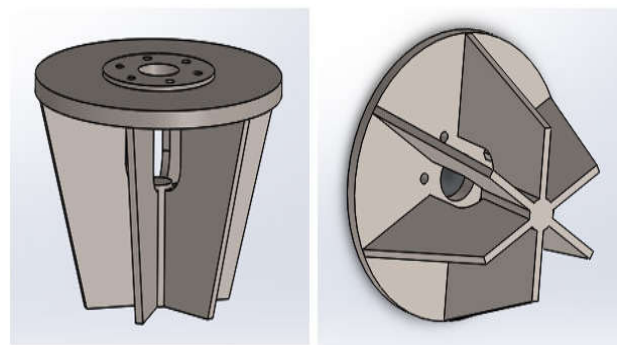
Theo J.Hannula [3], để đảm bảo tốc độ dòng khí bề mặt  $J_g$  trong máy tuyển tankcell là 0,015 m/s cần tốc độ dài của bánh khuấy nằm trong khoảng 5-7 m/s; chọn tốc độ dài ( $V_d$ ) của bánh khuấy là 6 m/s. Đồng thời, tốc độ quay của các bánh khuấy trong các máy công nghiệp nhỏ hơn 200 v/p, chọn  $n = 196$  v/p. Khi đó, bán kính của bánh khuấy được tính theo công thức (2).

$$r = \frac{30 * V_d}{n * \pi}, \text{ m} \quad (2)$$

Thay các giá trị vào công thức (2), ta được  $r = 0,29$  m. Do ảnh hưởng của hiệu suất truyền nên để đảm bảo tốc độ dài của cánh động, chọn đường kính mặt trên của cánh động ( $D_{rt}$ ) là 0,33 m, tương ứng 660 mm.

Đồng thời, theo C.C.Harris [4], tỷ lệ giữa đường kính cánh động với chiều cao máy ( $D_{rt}/I$ ) nằm trong khoảng 0,25 - 0,35. Với  $D_{rt} = 660$  mm và  $I = 2.430$  mm, ta có tỷ lệ này là 0,27 nằm trong giới hạn cho phép.

Vậy, chọn  $D_{rt} = 660$  mm.



Hình 4. Hình phối cảnh của cánh động trong máy tuyển Tankcell

\* *Xác định chiều cao cánh động*

Theo Wilson [5], tỷ lệ giữa đường kính cánh động và chiều cao nằm trong giới hạn

1 - 10. Theo nghiên cứu của Diego Mesa [6], máy tuyển nổi khí nén thường có tỷ lệ này nằm trong khoảng 1 - 2. Do đó, chọn tỷ lệ đường kính cánh động/chiều cao cánh động là 1,5.

$D_{rt}/H_{rt} = 1,5$ . Suy ra  $H_{rt} = D_{rt}/1,5 = 660/1,5 = 440$  mm. Chọn chiều cao của cánh động:  $H_{rt} = 440$  mm.

*\* Xác định đường kính đáy của cánh động*

Cánh động của máy tuyển nổi có dạng hình nón cụt, hai cạnh bên thường tạo với nhau một góc từ 30 - 50°, chọn góc nghiêng là 35°. Bằng phương pháp hình học, xác định đường kính đáy nhỏ của cánh động là 400 mm.

*\* Xác định chiều rộng của cánh động*

Theo Tatterson, 1991, chiều rộng của cánh động  $w = (1/4 - 1/6) D_{rt}$ , chọn chiều rộng của cánh động  $W = D_{rt}/4 = 660/4 = 165$  mm.

Theo Diego Mesa [6], chọn cánh động bao gồm 6 cánh, mỗi cánh có dạng 1/2 hình elip và đặt hướng tâm.

**Tính toán hệ thống cung cấp, điều chỉnh khí nén:**

*\* Xác định tốc độ bề mặt của khí trong bồn quặng*

Tốc độ bề mặt của dòng khí cũng chính là lưu lượng khí đi qua tiết diện của ngăn máy được xác định theo công thức sau:

$$J_g = \frac{Q_a}{A} \tag{3}$$

Trong đó:

$J_g$  – Tốc độ bề mặt của dòng khí, m/s;

$Q_a$  – Lưu lượng khí nén qua ngăn máy, m<sup>3</sup>/s;

$A$  – Tiết diện của ngăn máy, m<sup>2</sup>.

Phần lớn tốc độ bề mặt của khí nằm trong khoảng 0,013 đến 0,018 m/s, tốc độ khí nằm trong khoảng từ 0,0075 đến 0,025 m/s, bao gồm hai vùng chính từ 0,0075 đến 0,0125 m/s và từ 0,0175 đến 0,025 m/s. Nói chung, tốc độ khí cao dùng để tuyển thô và tốc độ khí thấp để tuyển tinh. Các giá trị tốc độ khí trên 0,03 m/s sẽ làm vùng yên tĩnh bị khuấy trộn mạnh, không ổn định. Nếu ở dưới 0,01 m/s, lưu lượng khí không đủ cho máy tuyển. Từ những lý do trên chọn tốc độ dòng khí bề mặt là 0,015 m/s. Áp dụng công thức (3) để xác định lưu lượng khí cần thiết qua máy tuyển.

$$Q_a = J_g * A = 0,015 * 3,14 * 1,3 * 1,3 = 0,08 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ tương ứng } 4,8 \text{ m}^3/\text{ph}.$$

Chọn giá trị tối đa 5 m<sup>3</sup>/ph, tương đương 83 l/s.

*\* Xác định đường kính ống dẫn khí nén*

Đường kính ống dẫn khí nén được xác định theo công thức (4):

$$d = \sqrt[5]{\frac{450 * Q_a^{1,85} * L}{\Delta P * P_{\max}}} \tag{4}$$

Trong đó:

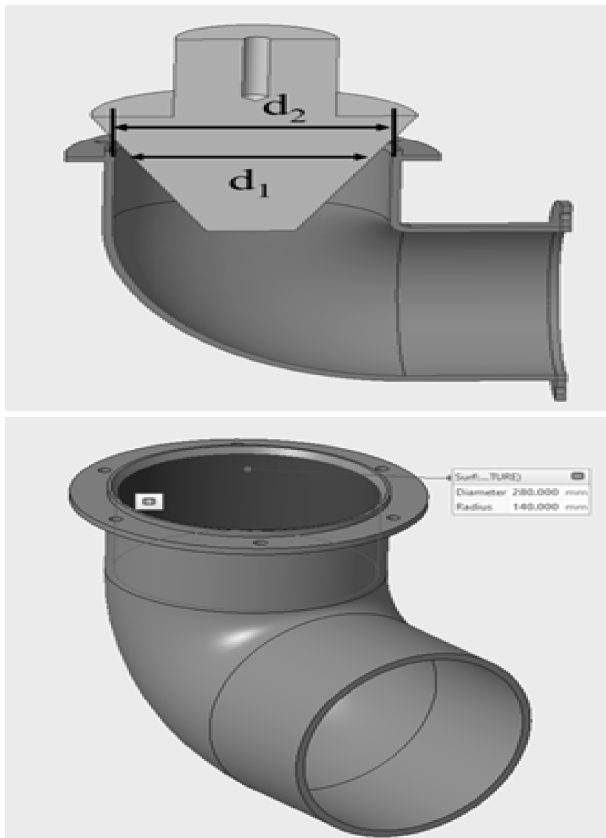
- $d$  – Đường kính ống cấp khí nén, mm;
- $Q_a$  – Lưu lượng khí cần cấp vào máy, l/s;
- $L$  – Chiều dài đường ống dẫn khí, m;
- $P_{\max}$  – Áp lực cấp khí lớn nhất, bar;
- $\Delta P$  – Độ sụt áp cho phép, chọn  $\Delta P = 0,1$  bar.

Dựa vào đầu bài, ta có:  $Q_a = 83$  l/s;  $P_{\max}$

= 0,15 bar; L = 10 m; thay các giá trị trên vào công thức (4), tính được  $d = 57,69$  mm, chọn đường kính trong của đường ống tiêu chuẩn gần nhất là 65 mm.

### Tính toán kích thước van, đường ống:

Để có thể thay đổi được tiết diện lưu thông của dung dịch qua đường ống, cơ cấu đóng mở van được lựa chọn là con trượt hình nón. Tại vị trí trung gian, lưu lượng yêu cầu qua tiết diện  $Q = 200$  m<sup>3</sup>/h. Ứng với vị trí này, đường kính quả van là  $d_1$ , đường kính ống được chọn  $d_2$  (Hình 5).



Hình 5. Mặt cắt tiết diện quả van-đường ống

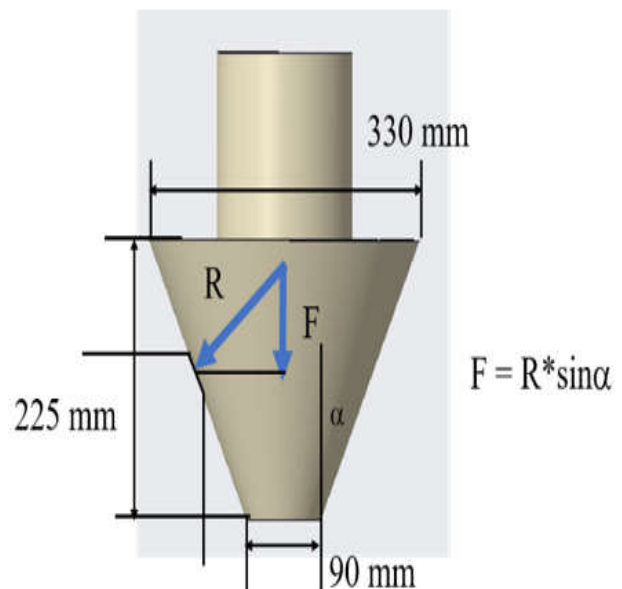
Diện tích giữa quả van và ống được xác định:

$$S = \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$$

Kích thước  $d_1$ ,  $d_2$  phụ thuộc lẫn nhau, chọn đường kính ống  $d_2 = 280$  mm như Hình 5. Do đó, đường kính  $d_1$  được xác định như sau:

$$d_1 = \sqrt{\frac{d_2^2 - 4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{280^2 - 4 \cdot 9800}{3,14}} = 111,7 \text{ mm}$$

Để đóng hoàn toàn van, đường kính lớn nhất của quả van phải lớn hơn đường kính  $d_2 = 280$  mm. Van hình nón cụt, kích thước cơ bản được thể hiện trên Hình 6.

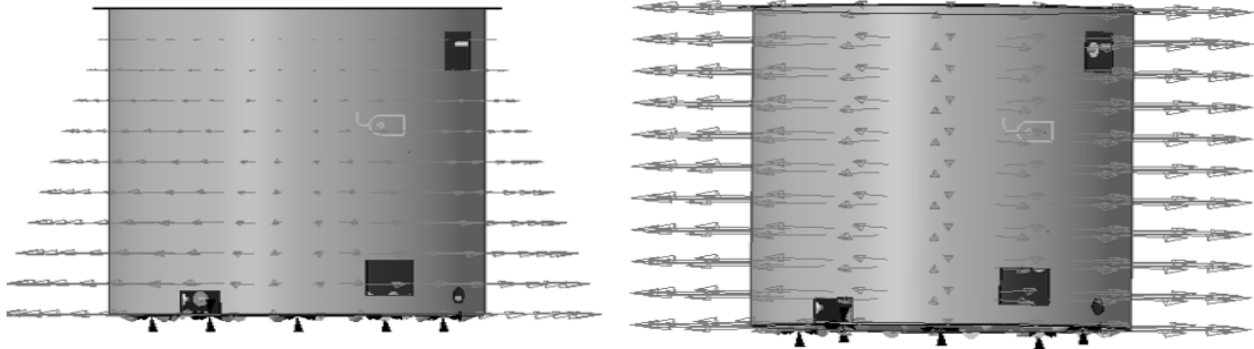


Hình 6. Kích thước cơ bản của quả van

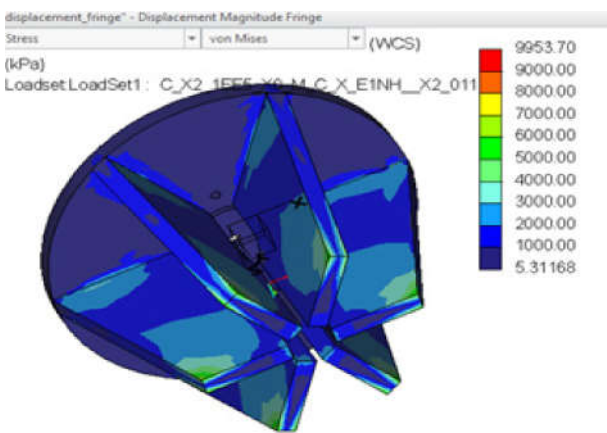
Trong quá trình thiết kế, để lượng tiêu hao kim loại, khối lượng gia công và lắp ráp thấp nhất đồng thời đảm bảo độ bền của các chi tiết hoặc sản phẩm, nhóm nghiên cứu đã sử dụng phần mềm thiết kế ANSYS Academic Research CFD, CREO PARAMETRICS cho phép mô phỏng, tính toán động lực học chất lỏng, tính toán, thiết kế kết cấu và mô phỏng để tối ưu hóa thiết bị chế tạo.

Một số hình ảnh kiểm nghiệm các chi tiết chế tạo bằng phần mềm mô phỏng:

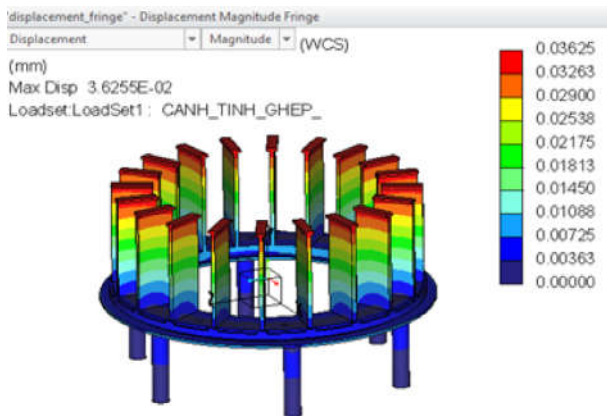




Hình 7. Khai báo áp suất tĩnh và áp suất động lên thành vỏ máy khuấy



Hình 8. Ứng suất trên cánh khuấy động



Hình 9. Chuyển vị của cánh tĩnh và tấm đỡ dưới tác dụng áp suất từ cánh động

Quy trình công nghệ chế tạo các chi tiết được thực hiện theo các bước như:

Nghiên cứu, đọc và tìm hiểu về bản vẽ chi tiết (thể hiện các yêu cầu kỹ thuật về kích thước, vật liệu, độ nhám bề mặt, sai số hình học...); phân loại chi tiết; chọn phôi và phương pháp chế tạo phôi; tính toán và tra bảng lượng dư; vạch thứ tự các nguyên công; thiết kế hoặc chọn đồ gá chuyên dùng cho từng nguyên công; chọn máy, dao cắt, xác định chế độ cắt hợp lý; xác định cấp bậc thợ...

Quá trình chế tạo đã sử dụng các thiết bị, máy móc hiện đại như: máy tiện Moriseki SL15, máy khoan CNC TC-710Plus, máy cưa vòng KM-700N... đặc biệt, quá trình cắt được lập trình và điều khiển trên máy cắt plasma CNC EMC 2060E đảm bảo độ chính xác cao, giúp quá trình gia công thuận lợi.



Hình 10. Thiết bị tuyển nổi tankcell 8 m<sup>3</sup> chế tạo được lắp đặt tại dây chuyền tuyển nổi chì kẽm Chợ Điền, tỉnh Bắc Kạn

**3.2. Kết quả thí nghiệm tuyển quặng chì kẽm Chợ Điền, tỉnh Bắc Kạn trên thiết bị tuyển nổi tankcell chế tạo**

Thiết bị tankcell đã chế tạo được lắp đặt ở khâu tuyển tinh kẽm II trong dây chuyền tuyển quặng chì kẽm Chợ Điền, tỉnh Bắc Kạn. Kết quả thử nghiệm đã thu được sản phẩm quặng tinh kẽm đạt hàm lượng 52,35% Zn, thực thu toàn bộ đạt 92,06% Zn (Bảng 1). So sánh các chỉ tiêu công nghệ tuyển khi chưa sử dụng và sau khi lắp đặt thiết bị tankcell trong dây chuyền tuyển, bước đầu đạt được những kết quả khả quan: Hàm lượng kẽm bình quân tăng từ 52,19% lên 52,35%, thực thu bình quân tăng từ 91,50% lên 92,06%.

*Bảng 1. Kết quả thử nghiệm tuyển nổi quặng kẽm trên thiết bị tankcell chế tạo:*

Tên sản phẩm	Thu hoạch, %		Hàm lượng, %		Thực thu, %	
	Bộ phận	Toàn bộ	Zn	Pb	Zn	Pb
Sản phẩm quặng tinh kẽm	87,04	12,89	52,35	0,98	92,06	10,71
Trung gian tuyển tinh 2 kẽm	12,96	1,92	11,23	0,46	2,94	0,75
Quặng cấp (bọt tuyển tinh 1 kẽm)	100,00	14,81	47,02	0,91	95,00	11,45

**4. KẾT LUẬN**

Kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy tuyển nổi tankcell có ý nghĩa khoa học và thực tiễn, nâng cao tính chủ động, hạn chế lệ thuộc vào thiết bị nhập khẩu của các nhà máy

tuyển khoáng, thiết bị giúp nâng cao hiệu quả trong hoạt động chế biến khoáng sản. Kết quả nghiên cứu có thể phát triển rộng trong các doanh nghiệp cơ khí chế tạo và các nhà máy tuyển khoáng do thiết kế, chế tạo thiết bị không quá phức tạp, vì vậy, khả năng ứng dụng rộng rãi cao, thúc đẩy phát triển ngành công nghiệp khai thác, chế biến khoáng sản theo hướng bền vững, tận thu tối đa tài nguyên khoáng sản, giảm thiểu nguồn chất thải có nguy cơ gây ô nhiễm, suy thoái môi trường.

Kết quả nghiên cứu đã chế tạo thành công máy tuyển nổi tankcell với các thông số kỹ thuật chính như: Dung tích làm việc: 8 m<sup>3</sup>; lưu lượng theo bùn: đến 200 m<sup>3</sup>/giờ; lưu lượng khí nén: 4,3 m<sup>3</sup>/phút; áp suất khí nén: 25 kPa; công suất động cơ: 22 kW.

Kết quả thử nghiệm sử dụng thiết bị tankcell được chế tạo trên dây chuyền tuyển nổi quặng chì kẽm mỏ Chợ Điền, tỉnh Bắc Kạn đã cho kết quả khả quan, các chỉ tiêu công nghệ tuyển đạt được trên máy tankcell chế tạo cao hơn so với tuyển trên thiết bị tuyển nổi hiện nay tại nhà máy. ❖

Ngày nhận bài: **02/12/2021**  
 Ngày phản biện: **15/12/2021**

**Tài liệu tham khảo:**

[1]. <http://www.vampro.vn/Chi-tiet-tin/Thiet-bi-cong-nghe/11754/may-tuyen-noi-dang-thung-don-tankcell-voi-dung-tich-lon>.  
 [2]. Rommel Heredia. 2012. Basics in Minerals Processing, Metso Corporation.  
 [3]. Juho Hannula. 2016. Mixing mechanism in a pilot scale flotation cell. Master’s thesis, University of Oulu Faculty of Technology.  
 [4]. C.C Harris. 1974. Impeller speed, air, and power requirements in flotation machine scale – up. International Journal of Mineral Processing.  
 [5]. Wilson. 1979. Flotation machine with mixing and aeration impeller and method. US Patent.  
 [6]. Diego Mesa, Angus J. Morrison1, Pablo R. Brito-Parada. 2020. The effect of impeller-stator design on bubble size Implications for froth stability and flotation performance. Minerals Engineering 157.