

Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy tuyển than huyền phù kiểu bánh xe đứng

Cao Ngọc Đầu*, Nguyễn Anh, Lê Văn Lợi

Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ, Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam

Ngày nhận bài 6/9/2017; ngày chuyển phản biện 8/9/2017; ngày nhận phản biện 9/10/2017; ngày chấp nhận đăng 18/10/2017

Tóm tắt:

Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 2 là một hạng mục đầu tư quan trọng nằm trong “Quy hoạch phát triển ngành than đến 2020, có xét triển vọng đến năm 2030”. Các thiết bị chính của Nhà máy được chế tạo ở trong nước theo Dự án KH&CN cấp quốc gia “Nghiên cứu công nghệ, thiết kế và chế tạo một số thiết bị chính cho Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 2 với công suất 2 triệu tấn/năm”. Trong khuôn khổ Dự án này, Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ (IEMM-TKV) đã được Bộ KH&CN giao thực hiện đề tài “Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy tuyển huyền phù bánh xe đứng cho Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 2”, gồm các máy MTHP-20 và MTHP-16, là những thiết bị công nghệ chính trong toàn bộ dây chuyền sản xuất. MTHP-20 và MTHP-16 đã được nghiên cứu, thiết kế theo mẫu máy CKB-20 (do Liên Xô chế tạo) với một số cải tiến và hoàn chỉnh về công nghệ, kết cấu, vật liệu chế tạo và đã được chế tạo bằng công nghệ tiên tiến hiện có trong nước với sự trợ giúp của máy CNC. Trong 2016-2017, các máy đã được lắp đặt, chạy thử có tải liên động ổn định với toàn bộ dây chuyền sản xuất và sẵn sàng cho sản xuất.

Từ khóa: Máy tuyển huyền phù bánh xe đứng, MTHP-16, MTHP-20, Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 2.

Chỉ số phân loại: 2.3

Đặt vấn đề

Quyết định số 403/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ “*Phê duyệt điều chỉnh Quy hoạch phát triển ngành than đến 2020, có xét triển vọng đến năm 2030*” đã định hướng sản lượng than thương phẩm “*Khoảng 47-50 triệu tấn/năm vào 2020; 51-54 triệu tấn/năm vào 2025 và 55-57 triệu tấn/năm vào 2030*”. Theo định hướng đó, Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) sẽ duy trì và nâng cấp các nhà máy tuyển than trung tâm và các xưởng, cụm sàng hiện có ở các mỏ, đầu tư thêm các nhà máy tuyển than mới công suất lớn, công nghệ tiên tiến. Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 2 (công suất 2 triệu tấn/năm) là một hạng mục đầu tư quan trọng trong các năm 2015-2017 thuộc quy hoạch trên. Các thiết bị chính của Nhà máy được tự lực chế tạo ở trong nước theo Dự án KH&CN cấp quốc gia “*Nghiên cứu công nghệ, thiết kế và chế tạo một*

số thiết bị chính cho Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 2 công suất 2 triệu tấn/năm”. Trong khuôn khổ Dự án này, Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ (IEMM-TKV) đã được Bộ KH&CN giao thực hiện đề tài “*Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy tuyển huyền phù bánh xe đứng cho Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 2*” gồm 2 máy MTHP-20 và MTHP-16. Đây là những máy công nghệ chủ yếu trong dây chuyền sản xuất của Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 2. Việc nghiên cứu chế tạo thành công các máy nêu trên là yếu tố hàng đầu quyết định hiệu quả của đầu tư Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 2 và khẳng định khả năng tự lực chế tạo những máy tương tự.

Phương pháp và nội dung nghiên cứu

- Tổng quan về công nghệ tuyển than huyền phù.

- Khảo sát thực tế, đánh giá ưu nhược điểm của máy CKB-20 (Liên Xô) trong suốt quá trình vận hành tại Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 1.

- Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo theo mẫu máy CKB-20: Tính toán kiểm tra các tính năng cơ bản, cân nhắc chọn lựa các giải pháp công nghệ và kết cấu, quyết định một số cải tiến và hoàn chỉnh, chọn lựa vật liệu và lập bản vẽ chế tạo các máy tuyển huyền phù bánh xe đứng MTHP-20 và MTHP-16, bảo đảm phù hợp ở mức tối đa với than nguyên liệu và yêu cầu than sản phẩm của Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 2. Sử dụng các phần mềm như Autodesk, Autocad, Autodesk Inventor... trong quá trình thiết kế.

- Chế tạo máy được thực hiện trên các thiết bị công nghệ tiên tiến hiện có trong nước với sự trợ giúp của máy CNC.

*Tác giả liên hệ: Tel: 0913201946

Research, design and manufacture of vertical wheel dense medium separators for coal

Ngoc Dau Cao*, Anh Nguyen, Van Loi Le

Institute of Energy and Mining Engineering, Vinacomin

Received 6 September 2017; accepted 18 October 2017

Abstract:

Vang Danh 2 Coal Screening Plant is an important investment item in the “Coal Industry Development Plan up to 2020 with the prospect up to 2030”. The main equipment of the plant are domestic products belonging to the National Science and Technology Project “Research, design and manufacture of main equipment for Vang Danh 2 Coal Screening Plant with the capacity of 2 million tons per year”. Within the framework of this project, Institute of Energy and Mining Mechanical Engineering (IEMM-TKV) has carried out the subproject “Research, design and manufacture of vertical wheel dense medium separators for coal dressing Vang Danh 2 Coal Screening Plant”, including MTHP-20 and MTHP-16, which are main technological machines of the production line. MTHP-20 and MTHP-16 have been researched, designed according to the prototype CKB-20 (manufactured by Soviet Union), improved and completed in terms of technology, structure, and fabrication materials, and manufactured by the advanced technologies available in Vietnam with the help of CNC system. In the period of 2016-2017, they have been installed, tested with intermittently stable load with the entire production line and are now ready for production.

Keywords: MTHP-16, MTHP-20, Vang Danh 2 Coal Screening Plant, Vertical wheel dense medium separator.

Classification number: 2.3

- Lắp đặt và chạy thử có tải liên động với toàn bộ dây chuyền sản xuất của Nhà máy.

Tổng quan về công nghệ tuyển than huyền phù

Tuyển than trong môi trường huyền phù (gọi tắt là tuyển than huyền phù) về bản chất thuộc các quá trình tuyển trọng lực trong môi trường lỏng. Môi trường lỏng ở đây bao gồm nước (H_2O), các dung dịch nặng và huyền phù. Huyền phù thường sử dụng hỗn hợp nước với các hạt mịn khoáng chất, lơ lửng dưới dạng huyền phù. Nguyên lý tuyển huyền phù là: Huyền phù tạo ra môi trường nặng, ở đó những khoáng

vật có tỷ trọng nhỏ hơn tỷ trọng huyền phù sẽ nổi lên, trong khi những khoáng vật có tỷ trọng lớn hơn tỷ trọng huyền phù sẽ chìm xuống.

Tuyển huyền phù có vị trí hàng đầu trong tuyển than, nhất là đối với các loại than khó tuyển. Huyền phù magnetite được dùng phổ biến, trên cơ sở những đặc tính sau:

- Than có khối lượng riêng trong khoảng 1.300-1.900 kg/m^3 ;

- Đá tạp có khối lượng riêng trong khoảng 2.600-3.000 kg/m^3 ;

- Nước (H_2O) có khối lượng riêng là 998,23 kg/m^3 ở 293 K (20°C), trong

khí magnetite ($FeO.Fe_2O_3$) có khối lượng riêng $\sim 5.000 kg/m^3$. Huyền phù được tạo ra bởi các hạt mịn magnetite, trộn đều và ở trạng thái lơ lửng trong nước, có khối lượng riêng tối đa 2.500 kg/m^3 .

Theo nguyên lý hoạt động, các thiết bị tuyển huyền phù có thể được phân thành nhóm các máy tuyển huyền phù bể (chia tách trọng lực đơn thuần) và nhóm các máy tuyển huyền phù ly tâm (kết hợp ứng dụng lực chia tách ly tâm). Các máy tuyển huyền phù tang quay và bánh xe (nghiêng và đứng) là những loại phổ biến của nhóm thứ nhất. Xoáy lốc huyền phù (cyclone) là loại phổ biến của nhóm thứ hai.

Công nghệ tuyển than huyền phù đã được ứng dụng thương mại từ những năm giữa thế kỷ XX và hiện có vai trò chủ yếu trong tuyển than trên thế giới. Trung Quốc, Mỹ, Ấn Độ, Australia, Indonesia, CHLB Nga, Nam Phi, CHLB Đức, Ba Lan, Kazakhstan là những nước có sản lượng than hàng đầu, góp phần chủ yếu vào tổng sản lượng than của thế giới ($\sim 6,9$ tỷ tấn/năm vào năm 2016 - coal and lignite) [1]. Tại các nước này, sản lượng than tuyển huyền phù chiếm $\sim 50\%$ so với 20% tuyển lắng, 15% tuyển nổi... Ở Nam Phi, tỷ lệ tuyển than huyền phù thậm chí tới trên 80%.

Ở Việt Nam, công nghệ tuyển huyền phù đã được ứng dụng tại các nhà máy tuyển than trung tâm Cửa Ông, Hòn Gai, Vàng Danh 1 và nhà máy tuyển than công ty PT.Vietmindoennergita - Indonesia với các loại máy tuyển huyền phù bánh xe (nghiêng và đứng), máy tuyển huyền phù tang quay và xoáy lốc huyền phù [2].

Khảo sát về sử dụng máy CKB-20 tại Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 1

Máy tuyển huyền phù bánh xe đứng CKB-20 (do Liên Xô chế tạo)

đã được đưa vào sử dụng tại Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 1 từ năm 1972, với công suất ban đầu 0,6 triệu tấn/năm. Cho tới nay, máy vẫn đang được sử dụng kết hợp với các máy xoáy lốc huyền phù. Thực tế nhiều năm vận hành cho thấy máy CKB-20 có những ưu việt sau:

- Mặc dù có chi phí đầu tư, chi phí sản xuất, đặc biệt là chi phí năng lượng và chi phí bảo dưỡng cao hơn tuyển lắng, nhưng máy CKB-20 cho hiệu suất thu hồi than sạch cao, có thể đạt tới 98-99% đối với than khó tuyển, trong khi tuyển lắng chỉ đạt 92-93%.

- Máy CKB-20 tương đối thích hợp với than cấp hạt lớn (10-250 mm), khó tuyển, cho năng suất tuyển cao (> 500 tấn/giờ than đầu vào), kết cấu gọn, độ bền cao, hoạt động ổn định.

- CKB-20 có những ưu việt so với máy tuyển tang quay: a) Có 2 dòng huyền phù, chảy ngang và đứng (máy tang quay chỉ có dòng chảy ngang) nên độ ổn định huyền phù tốt hơn; b) Chiều cao lớp huyền phù của CKB-20 lớn hơn nên khả năng lẫn đá tạp vào than ít hơn; c) Giới hạn trên cấp hạt của CKB-20 là 250 mm (của máy tang trống là 100 mm) cho phép lấy ra các loại than cục 1a, 1b, 1c; d) Tiêu thụ năng lượng ít hơn do không cần đập từ 250 mm xuống 100 mm và do chỉ cần quay bánh xe tháo đá trong khi máy tang quay phải quay cả thùng đầy tải; e) Cho tỷ lệ than cục cao hơn, tỷ lệ than bùn thấp hơn, giảm tải cho khâu xử lý bùn.

Tuy nhiên máy CKB-20 cũng có một số nhược điểm:

- Đá vụn ứ đọng ở đáy thùng tuyển cản trở, thậm chí làm rung lắc và dừng bánh xe đứng. Đây là nguyên nhân chính của hiện tượng kết cấu hộp bánh xe bị “vặn vò đổ”, gây quá tải, thậm chí làm cháy động

cơ dẫn động. Để khắc phục, Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 1 đã tăng công suất động cơ của CKB-20 từ 5,5 lên 11 kW, rồi tới 15 kW, máy mới có thể hoạt động ổn định.

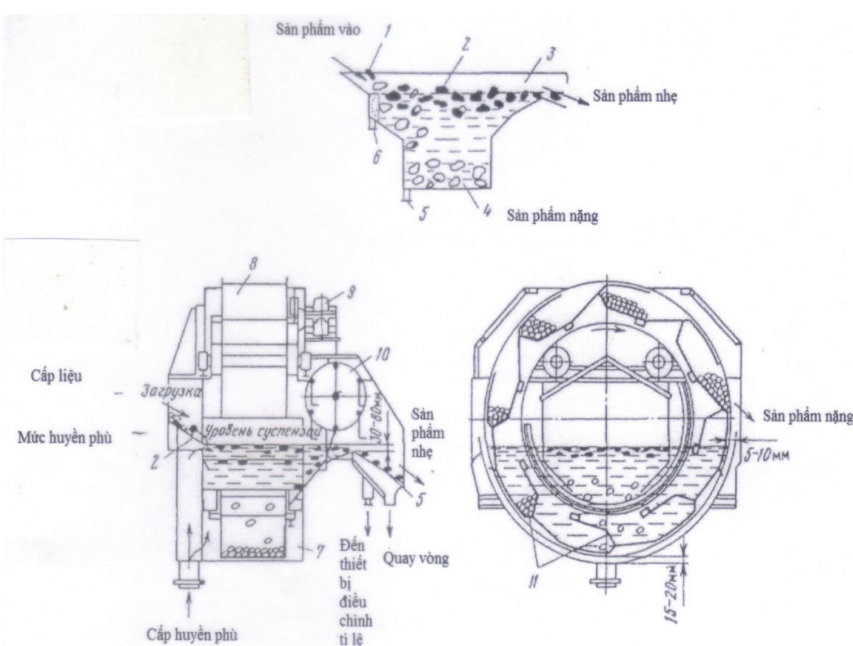
- Tiêu hao magnetite cao, khoảng 2,95 kg/tấn than sạch.

Trong suốt quá trình vận hành, máy CKB 20 đã được cải tiến và nâng cấp một số lần. Từ cuối thập kỷ 90, Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo nhiều bộ phận

và phụ tùng chủ yếu của máy CKB-20 (bánh xe thải, bộ truyền động...) [3, 4].

Thiết kế máy MTHP-20 và MTHP-16

Các máy tuyển huyền phù bánh xe đứng MTHP-20 và MTHP-16 được thiết kế theo mẫu máy CKB-20 với những cải tiến nhất định. Sơ đồ nguyên lý và kết cấu của máy được thể hiện ở hình 1 và năng suất tính toán của máy mẫu CKB-20 được thể hiện ở bảng 1.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý (trên) và kết cấu máy tuyển huyền phù bánh xe đứng (dưới).

1. Máng cấp liệu; 2. Dòng liệu; 3. Tháo sản phẩm nhẹ (nổi); 4. Tháo vật thải (chìm); 5, 6. Dòng huyền phù (đứng và ngang); 7. Thùng tuyển; 8. Bánh xe đứng (tải vật thải); 9. Bộ truyền động; 10. Bộ cánh gạt than (vật nổi); 11. Gầu tải bánh xe đứng.

Bảng 1. Năng suất tính toán của máy mẫu CKB-20.

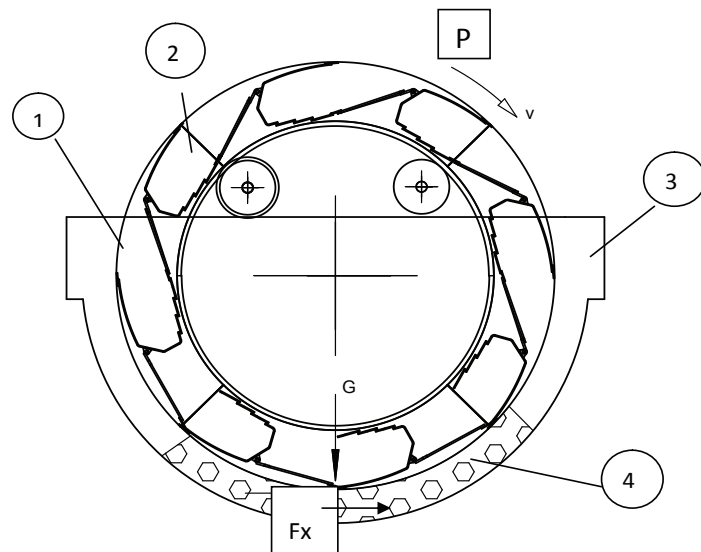
Cỡ hạt	Năng suất (tấn/giờ)	
	Huyền phù 1.500 kg/m ³	Huyền phù 2.000 kg/m ³
6-25	135	150
13-100	150	165
13-200	155	170
25-100	155	170
25-300	170	190

Trong thiết kế, vấn đề được tập trung giải quyết là khắc phục hiện tượng kết cấu hộp bánh xe bị “vặn vò đổ”, gây quá tải, có thể làm cháy động cơ dẫn động. Các giải pháp cụ thể được đề xuất là: Tăng tần suất làm sạch đá thải lắng ở đáy thùng tuyển ít nhất 2 ngày 1 lần, thay vì 1 tuần 2 lần; đặt hệ thống riêng có thể xả đá vụn định kỳ ở đáy thùng tuyển, mà không cần phải xả huyền phù; thiết lập chế độ bảo vệ động cơ quá tải phù hợp với ngưỡng cho phép lượng đá lắng ở đáy thùng tuyển để xả đá kịp thời. Nội dung thiết kế cải tiến chủ yếu là thay vì dùng 1 bộ dẫn động 15 kW được lắp ở 1 bên, nay dùng 2 bộ dẫn động giống nhau 2x7,5 kW được đặt cân đối ở 2 bên bánh xe đứng. Căn cứ của cải tiến này là sự tác động lẫn nhau của lực cản bánh xe F_x (do đá tích tụ ở đáy thùng tuyển) và lực dẫn động bánh xe đứng P (hình 2). Giá trị F_x phụ thuộc vào ma sát của loại đá thải:

$$F_x = f \cdot G$$

Trong đó, f là hệ số ma sát giữa đá và thép; G là tổng lực bánh xe tác động lên lớp đá đáy thùng tuyển, tạo ra bởi tổng khối lượng của bánh xe và khối lượng của đá thải chứa trong các gàu tải đá.

Lực cản F_x tác động ngược với lực dẫn động bánh xe đứng P. Trong trạng thái làm việc quá tải, các lực P và F_x (có giá trị tuyệt đối bằng nhau) gây ra momen xoắn cho 2 thành bên bánh xe. Khi bánh xe được dẫn động cân đối cả từ 2 bên, giá trị P ở mỗi bên chỉ còn một nửa. Khi lớp đá vụn đáy thùng đầy tạo ra lực cản F_x lệch một bên, nó sẽ bị lực dẫn động cùng phía, ngược chiều, triệt tiêu một nửa. Khi đó, giá trị momen xoắn các bên thành bánh xe cũng giảm đi một nửa và làm giảm khả năng gây ra, thậm



Hình 2. Sơ đồ lực cản chuyển động bánh xe đứng do đá vụn ở đáy thùng tuyển gây ra.

1. Bánh xe đứng; 2. Gàu tải; 3. Thùng máy tuyển; 4. Lớp đá vụn ở đáy thùng tuyển.

chí triệt tiêu hiện tượng “vặn vò đổ”.

Một cải tiến khác là gần như toàn bộ thùng tuyển, bánh xe đứng được làm bằng thép không nhiễm từ SUS 304 (thay vì bằng thép thường như của CKB-20), nhằm chống sự bám dính của magnetite vào thành thùng tuyển và bánh xe.

Chế tạo, lắp đặt

Trong năm 2016, các máy MTHP-20 và MTHP-16 đã được tự lực chế tạo trọn bộ, với năng suất và các thông số kỹ thuật theo đúng yêu cầu của dự án đầu tư Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 2 (bảng 2). Quá trình chế

Bảng 2. Đặc tính kỹ thuật thực tế của các máy được chế tạo.

TT	Thông số	Đơn vị	Máy mẫu CKB-20	Máy được thiết kế	
				MTHP-20	MTHP-16
1	Bề rộng thùng tuyển (đòng sản phẩm nổi)	mm	2.000	2.000	1.600
2	Năng suất (than vào, 15-200 mm)	tấn/giờ	190-240	190-240	150-180
3	Bánh xe đứng (guồng tải đá)	Chiếc	1	1	1
	Đường kính ngoài	mm	3.860	3.860	3.460
	Rộng (trong)	mm	1.200	1.200	1.200
	Số gàu tải	Gàu	8	8	8
	Tốc độ quay	v/ph	2	2	2
4	Bộ dẫn động bánh xe đứng	Bộ	1	2	2
	Hộp giảm tốc	Hộp	1	2	2
	Động cơ điện	kW	1x15	2x7,5	2x5,5
5	Bộ gạt than	Bộ	1	1	1
	Đường kính bánh gạt	mm	1.200	1.200	1.200
	Bề rộng bánh gạt	mm	1.968	1.968	1.530
	Tốc độ quay	v/ph	13,5	13,5	13,5
	Động cơ điện	kW	1x2,2	1x2,2	1x2,2
6	Kích thước bao (DxRxH)	m	~ 5x5x4,5	~ 5x5x4,5	~ 4,8x4,2x3,6
7	Khối lượng toàn máy	kg	16.000	17.277	16.290

tạo được thực hiện tại Nhà máy Chế tạo máy - mô thuộc Viện Cơ khí Năng lượng và Mô kết hợp với Công ty Môi trường công nghệ, Công ty Cơ khí Việt - Hàn, Công ty Cơ điện Đại Dương và Công ty Máy điện Việt - Hung, ứng dụng công nghệ tiên tiến hiện có trong nước với sự trợ giúp của máy CNC. Các máy đã được lắp đặt đồng bộ với toàn bộ dây chuyền sản xuất của Nhà máy sàng tuyển Vàng Danh 2 (hình 3).



Hình 3. Máy MTHP-20 do IEMM-TKV thiết kế, chế tạo được lắp đặt tại Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 2.

Bảng 3. Phân tích độ tro trong than nguyên liệu (lò giếng Cánh Gà, Vàng Danh) [5].

Cấp hạt (mm)	+100	50-100	35-50	15-35	6-15	3-6	1-3	0-1	Tổng
Tỷ phần (%)	11,59	12,92	9,22	13,85	11,44	12,04	11,04	17,9	100
Độ tro A_k (%)	40,63	42,98	39,54	38,49	35,73	25,34	26,78	28,46	34,43

Bảng 4. Các đợt chạy thử và độ tro A_k của sản phẩm.

N	Các đợt chạy thử	1	2	3	4	Yêu cầu
1	Số giờ chạy có tải		88		61	
2	Lượng than vào (tấn)		33.565		17.473	
3	Độ tro A_k SP (%)					
	Than sạch	6,95-9,36	6,98-9,26	7,80-9,92	6,19-7,98	1-10
	Than trung gian	27,78-32,18	27,70-43,31	32,26-39,66	31,04-40,84	~31
	Đá thải	77,52-82,34	76,78-82,69	78,34-80,27	79,90-82,21	≥ 77

Chạy thử có tải

Trong 6 tháng đầu năm 2017, các máy đã chạy thử có tải liên động với toàn bộ dây chuyền sản xuất, gồm 4 đợt: 3 đợt đầu, mỗi đợt trong ~30 giờ và đợt 4 trong 61 giờ. Than đầu vào được lấy từ mỏ Vàng Danh (bảng 3), với tổng lượng mẫu là 51.000 tấn. Sử dụng huyền phù magnetite với khối lượng riêng 1.960-2.000 kg/m³.

Chất lượng máy đã được minh



chứng bằng các đợt chạy thử liên động. Kết quả như sau:

- Năng suất dây chuyền đạt 95-98% (mặc dù độ ẩm than đầu vào > 12%, cao hơn quy định do bị ảnh hưởng mưa). Năng suất máy hoàn toàn đáp ứng yêu cầu.

- Độ tro A_k của sản phẩm tuyển đạt yêu cầu (bảng 4).

- Không có hiện tượng rung lắc, dừng bánh xe, dẫn tới việc bánh xe bị quá tải, “vặn vò đổ”. Việc sử dụng vật liệu thép không rỉ SUS 304 không bị nhiễm từ đã làm tăng tính chống mài mòn của thiết bị, giảm lượng magnetite bám dính vào thùng tuyển và bánh xe.

- Một số tồn tại: Tỷ lệ than cục dưới cỡ còn cao (không phải lỗi máy tuyển mà do giải pháp vận chuyển chưa thực sự hợp lý làm than bị vỡ vụn); mức độ tách dăm gỗ chưa thật tốt, bởi tỷ trọng của gỗ dăm bị thay đổi do thời gian ngâm nước.

Như vậy, tính năng công nghệ của các máy được chế tạo hoàn toàn có thể đáp ứng yêu cầu dây chuyền sản xuất theo thiết kế: Tuyển than cấp 15-200 mm bằng MTHP-20 để loại đá trước, sau đó qua sàng tách huyền phù, rồi qua MTHP-16, cho 2 sản phẩm là than sạch và trung gian. Than trung gian để cấp cho nhiệt điện. Than sạch được tách, rửa huyền phù và qua sàng phân loại ra các sản phẩm cám tuyển, than cục 1a, 2a, cục 4a, và cục 5.

Kết luận

- Thiết kế và chế tạo thành công các máy tuyển than huyền phù bánh xe đứng MTHP-20 và MTHP-16 đã khẳng định một hướng đi đúng đắn để phát triển bền vững công nghệ tuyển

than huyền phù ở Việt Nam.

- Tự lực ở mức có thể để chế tạo các thiết bị tuyển than huyền phù thay thế thiết bị nhập ngoại. Ngành cơ khí mỏ Việt Nam nói chung và Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ nói riêng đã minh chứng khả năng thực tế của mình trong việc cung cấp các máy tuyển huyền phù, cũng như một số máy tuyển và máy phụ trợ khác như tuyển từ, lọc chân không, thiết bị vận chuyển... cho ngành than và ngành khai khoáng.

- Những thiết bị tự lực chế tạo có

chất lượng đáp ứng yêu cầu sản xuất và giá thành thường thấp hơn nhập ngoại. Tuy nhiên cần có chính sách khuyến khích và tạo đầu ra cho các thiết bị nội và tiếp tục đầu tư nghiên cứu để nâng cao chất lượng và thương hiệu của chúng.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin trân trọng cảm ơn sự ủng hộ của Bộ KH&CN, Bộ Công thương trong quá trình thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Công ty CP Giám định - TKV (2007), Báo cáo "Phân tích đặc tính cơ lý hoá, tính khả tuyển than nguyên khai dự kiến cấp vào Nhà máy tuyển than Vàng Danh 2".

[2] В.М. Авдохин (2006), Основы обогащения полезных ископаемых, Издательство Московского Государственного Университета, Москва.

[3] Mauritz Lundt (2014), A Proven Technology, Dense Media Separation.

[4] Global Energy Statistical Yearbook 2017.

[5] Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ (2016), Báo cáo kết quả đề tài "Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy tuyển huyền phù bánh xe đứng cho Nhà máy sàng tuyển than Vàng Danh 2".