

NGHIÊN CỨU TÁCH SiO_2 TRONG THAN TRÁU BẰNG PHƯƠNG PHÁP CƠ HỌC

Ngô Mạnh Hà*, Nguyễn Hồng Thanh, Vũ Văn Khánh
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định

TÓM TẮT

Ở Việt Nam hàng năm thải ra môi trường khoảng 8,4 triệu tấn trấu. Vì vậy, cần nghiên cứu sử dụng vỏ trấu hiệu quả, tránh lãng phí và ô nhiễm môi trường là hết sức cần thiết. Than hóa vỏ trấu để làm vật liệu trong các dây truyền làm chất lọc nước, sản xuất etanol, chất độn, chất phụ gia, than hoạt tính, chất bán dẫn... là một hướng mới. Tuy nhiên, trong than trấu có 55% C và 45% SiO_2 vì thế cần nghiên cứu tách hai chất này để nâng cao hiệu quả ứng dụng. Khá nhiều đề tài nghiên cứu tách hai chất ra, tuy nhiên các phương pháp thường chỉ lấy được một trong hai chất, đồng thời lại thải ra môi trường một lượng lớn hóa chất khác trong quá trình tách. Nghiên cứu tách SiO_2 trong than trấu bằng phương pháp cơ học sẽ khắc phục được những nhược điểm trên. Quá trình tách bằng phương pháp cơ học bước đầu đã cho kết quả, với phần than trấu giàu C tỷ lệ SiO_2 giảm nhiều nhất là 8% và ở phần giàu SiO_2 hàm lượng C giảm nhiều nhất 11% so với thành phần than trấu ban đầu khi ở chế độ hút với lưu lượng khí $0,23\text{m}^3/\text{h}$.

Từ khóa: Tách SiO_2 ; Cacbon; Than trấu; Cơ học chất lưu; Thủy khí

Ngày nhận bài: 13/9/2019; Ngày hoàn thiện: 11/11/2019; Ngày đăng: 20/11/2019

STUDY ON SiO_2 SEPARATION IN RICE HUSK CHARCOAL BY MECHANICAL METHOD

Ngo Manh Ha*, Nguyen Hong Thanh, Vu Van Khanh
Nam Dinh University of Technology Education

ABSTRACT

In Viet Nam, about 8.4 million tons of rice husks are released into the environment every year. Therefore, it is necessary to study the effective use of rice husks, avoid waste and environmental pollution. Coal husk charcoal to make materials in the lines as a water filter, ethanol production, fillers, additives, activated carbon, semiconductors... is a new direction. In rice husk charcoal, there are 55% C and 45% SiO_2 so it is necessary to study and separate two substances to improve application efficiency. Many topics research separation process but only get one of two substances while discharging a large number of other chemicals during the separation process. The research of separating SiO_2 in rice husk charcoal by the mechanical method will overcome these disadvantages. The initial mechanical separation process has yielded results, with the rich C coal, the SiO_2 ratio has decreased the most by 8% and in the rich SiO_2 , the C content has decreased by 11% compared to the original rice husk with suction force airflow $0.23\text{ m}^3/\text{h}$.

Keywords: Separation SiO_2 ; Carbon; Rice husk coal; Fluidmechanics; Hydraulics

Received: 13/9/2019; Revised: 11/11/2019; Published: 20/11/2019

* Corresponding author. Email: manhhachkt08@gmail.com

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, vật liệu phụ phẩm nông nghiệp có nhiều tiềm năng và được sử dụng trong thực tiễn như rơm rạ, bã mía... và vỏ trấu được chế tạo ra những sản phẩm đốt thay thế cho than đá hoặc lò gas có công suất lớn tại các khu công nghiệp. Tại Việt Nam, sản lượng lúa gạo hàng năm trung bình khoảng 42 triệu tấn [1] do vậy sản lượng trấu thải ra môi trường vào khoảng trên 8,4 triệu tấn và sẽ còn tăng trong tương lai khi người nông dân áp dụng những thành tựu khoa học kỹ thuật vào nông nghiệp. Trong cấu tạo của than trấu chủ yếu là cacbon (C) và SiO_2 , nếu tách lấy cacbon sẽ có ứng dụng làm nhiên liệu đốt để sản xuất điện, chế tạo than hoạt tính làm vật liệu trong thiết bị lọc nước, khử mùi, y tế, mặt nạ phòng độc... Tách lấy SiO_2 sẽ sử dụng làm chất độn trong xi măng, kính sinh học, thu hồi silic sử dụng trong ngành công nghiệp: silicon, sản xuất SiC điện tử... Ngoài ra SiO_2 còn dùng để chế

tạo ra bê tông, gạch bê tông siêu nhẹ không nung sử dụng trong công nghiệp xây dựng [2]. Trong nước đã có nhiều nhóm nghiên cứu sử dụng phương pháp hóa học tách lấy hoặc cacbon hoặc SiO_2 [3]. Nhược điểm của phương pháp này là thải ra môi trường nhiều hóa chất không những gây ô nhiễm, tốn kém mà chỉ thu được một trong hai chất cacbon hoặc SiO_2 .

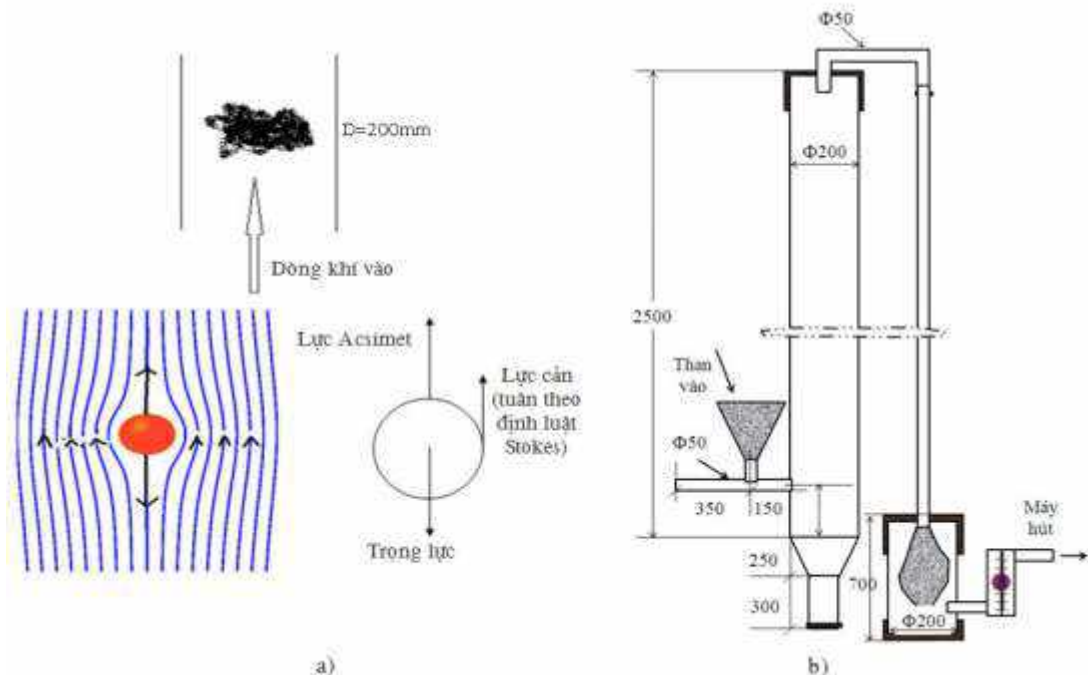
Trong bài báo này, tác giả nghiên cứu tách SiO_2 ra khỏi than trấu bằng phương pháp cơ học, đây là phương pháp hạn chế gây ô nhiễm môi trường, ít tốn kém, tận dụng triệt để các hợp chất trong than trấu.

2. Thực nghiệm

2.1. Phương pháp nghiên cứu

a. Tính toán lực hút các hạt [4].

Cơ sở của phương pháp này là dựa trên sự chênh lệch về khối lượng riêng của SiO_2 : $2,634 \text{ g/cm}^3$ và cacbon: $1,8 \div 2,1 \text{ g/cm}^3$.



Hình 1. Nguyên lý và mô hình tách SiO_2

Do vậy cần tính toán lực hút và vận tốc dòng khí trong quá trình thực nghiệm để tách các hạt trọng lượng khác nhau. Nguyên lý và mô hình tách SiO_2 được mô tả trên Hình 1. Than trấu sau khi được nghiền nhỏ mịn, được đưa vào trong hệ thống tách qua phần than vào, máy hút được bật với một lực hút đã được tính toán. Phần than giàu cacbon có trọng lượng nhỏ sẽ được hút qua

ống vào hệ thống thu hồi than, còn các hạt có trọng lượng lớn hơn (phần than giàu SiO₂) sẽ quay trở lại hệ thống dẫn và rơi xuống đáy của thiết bị. Quá trình tính toán được thể hiện như sau:

Đối với dòng chảy qua vật cản ta có phương trình quan trọng sau đây [4]:

$$F_k = f.A.K \quad (1)$$

Trong đó:

F_k: lực cản vật hình cầu đối với dòng chảy (N)

f: là hệ số ma sát

A: là tiết diện vuông góc với dòng (m²)

K: năng lượng động học dòng chảy (kgm⁻¹s⁻²)

Đối với vật cản hình cầu thì:

$$F_k = (\pi R^2)(1/2 \rho V_\infty^2) f \quad (2)$$

Công thức Stokes xác định lực hút của vật hình cầu chuyển động với vận tốc không quá lớn:

$$F_k = 6\pi\eta R V_\infty = (\pi R^2) \left(\frac{1}{2} \rho V_\infty^2\right) \frac{24\eta}{D V_\infty \rho} \quad (3)$$

Trong đó:

R: bán kính của vật cản (m)

V_∞: vận tốc dòng chảy (m/s)

ρ: khối lượng riêng (kg/m³)

η: độ nhớt của dòng chảy (kgm⁻¹s⁻²)

Ta được hệ số ma sát đối với dòng chảy tầng qua hình cầu: $f = 24/Re$

Ở dòng chảy Stokes có số Reynolds rất thấp $Re \leq 1$ vì thế ta cần kiểm tra điều kiện này.

Ở nhiệt độ phòng có các thông số đối với dòng khí: độ nhớt $\eta \approx 1,8.10^{-3} \text{kgm}^{-1}\text{s}^{-2}$ [5]; khối lượng riêng không khí $\rho = 1,18 \text{kg/m}^3$; khối lượng riêng SiO₂: $\rho_S = 2634 \text{kg/m}^3$.

Giả sử các hạt SiO₂ có dạng hình cầu. Xét 1 hạt đang ở trạng thái lơ lửng trong ống và phương trình cân bằng được áp dụng đối với hạt này là:

$$F_k + \frac{4}{3} \pi R^3 g \rho = \frac{4}{3} \pi R^3 g \rho_S \quad (4)$$

$$\text{Suy ra: } F_k = \frac{4}{3} \pi R^3 g (\rho_S - \rho) \quad (5)$$

$$\text{Thay (5) vào (3): } V_\infty = \left(\frac{8Rg(\rho_S - \rho)}{3f\rho}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Bước tiếp theo V_∞ được xét bằng phương pháp thử đúng sai như là hàm của đối số R

thông qua Re. Ta bắt đầu xét đối với các hạt nhỏ nhất $D=2R=10^{-5} \text{m}$ và giả thiết định luật Stokes thỏa mãn:

$$f = \frac{24}{Re} = \frac{24\eta}{D\rho V_\infty} \quad (7)$$

$$\text{Thay (7) vào (6): } V_\infty = \frac{2R^2 g (\rho_S - \rho)}{9\eta} \quad (8)$$

với các dữ liệu ở trên ta được $V_\infty = 7,86.10^{-3}$, tương ứng với giá trị Reynolds ($Re = D V_\infty \rho / \eta = 5,25.10^{-3}$, phù hợp với giả thiết $Re < 1$). Tương tự đối với hạt có $D=50 \mu\text{m}$ thì cần $V_\infty = 0,197 \text{m/s}$ khi đó $Re \approx 1$. Như vậy, định luật Stokes áp dụng phù hợp với các hạt nhỏ và đạt tới kích thước $D=50 \mu\text{m}$.

Vì vậy, ở đây chỉ xét hút với những hạt có kích thước nhỏ hơn $50 \mu\text{m}$. Dựa vào sự chênh lệch về trọng lượng riêng giữa cacbon và SiO₂, ta sẽ tạo ra một lực hút đã được tính toán dựa trên khối lượng và kích thước của cacbon và SiO₂ nhằm thu được lượng cacbon nhiều nhất. Phương pháp này có thể giúp thu được SiO₂ để ứng dụng vào lĩnh vực khác.

b. Tiến hành thực nghiệm

Thực nghiệm với các bước chính sau:

+ Than hóa trấu ở các nhiệt độ.

+ Nghiền thô: Được sử dụng trên máy nghiền bi sứ, thời gian 60 phút. Trước khi nghiền thì than được đem sàng qua để loại bỏ vỏ trấu chưa cháy hết hoặc than trấu bị vón cục trong quá trình than hóa còn sót lại.

+ Nghiền mịn: Sau khi được nghiền thô, than trấu sẽ được nghiền mịn thêm với các thời gian khác nhau: 20 phút, 60 phút, 90 phút.

+ Tách SiO₂: Than sau khi nghiền nhỏ mịn, đưa vào thiết bị hút để thu được phần than chứa nhiều C và phần chứa nhiều SiO₂.

+ Xác định hàm lượng C và SiO₂ sau khi đã tách.

2.2. Thiết bị nghiên cứu

a. Máy nghiền than: Đường kính tang nghiền $D_t=500 \text{mm}$, bi có đường kính $d = 50 \text{mm}$.

b. Thiết bị hút: Than được hút nhờ lực ở máy hút thông qua ống nhựa $\varnothing 200 \times 2500 \text{mm}$.

c.Lò ống: Dùng để phân tích hàm lượng C trong than, nguồn: 220V; T_{max} : 1000°C.

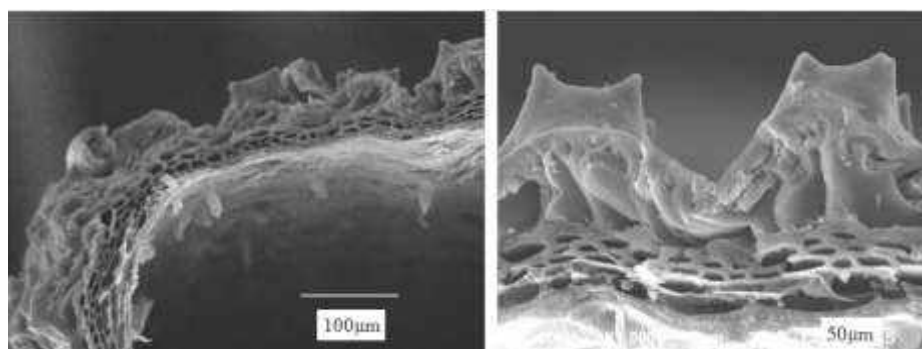
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hình thái bề mặt than khi xử lý ở các nhiệt độ khác nhau

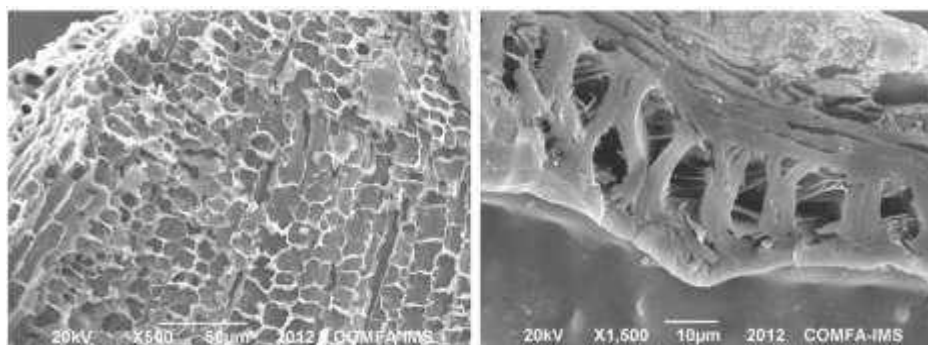
Trong quá trình phân tích xác định bằng phương pháp đốt, cho thấy tổng lượng SiO₂ và các oxit không cháy khác cho giá trị khoảng 45%, lượng cacbon trong than trấu chiếm khoảng 55%. Trong quá trình xử lý nhiệt, các chất bốc thoát khỏi trấu sẽ để lại các lỗ xốp (hình 2).

Theo kết quả phân tích mapping cả O và Si đều tập trung ở các ụ lõi trên bề mặt than, kết quả phân tích các điểm trắng nhỏ trên bề mặt than cho thấy đó là SiO₂. Chúng được tích tụ từ vỏ trấu tập trung thành các ụ. Các ụ này ngừng phát triển là khi hạt thóc già, lượng SiO₂ chưa kịp tích tụ thành ụ sẽ nằm rải rác khắp mọi nơi trong vỏ trấu với kích thước nhỏ hơn và nằm sâu bên dưới lớp biểu bì (hình 3).

Như vậy, khi tiến hành nghiền vỏ than trấu sẽ làm phá vỡ mối liên kết và tạo ra những hạt tập trung nhiều cacbon, những hạt tập trung nhiều SiO₂.



Hình 2. Mặt cắt ngang của vỏ than trấu xử lý ở 600°C



Hình 3. Mặt cắt ngang của vỏ than trấu xử lý ở 850°C

3.2. Kết quả quá trình nghiền than

Bảng 1. Cấp hạt than sau khi được nghiền thô và tinh

Kích thước hạt (mm)	1mm	0,63	0,43	0,32	0,25	0,16	0,10	0,085	0,05	<0,05	Tổng
Nghiền thô (60 phút), %	2,47	9,28	6,18	23,92	1,42	20,44	7,50	18,52	4,43	5,84	100,0
Nghiền tinh (20 phút), %	0,13	8,30	4,42	21,75	2,35	22,64	8,82	10,31	8,76	12,52	100,0
Nghiền tinh (60 phút), %	0,00	4,86	3,38	20,41	0,57	24,71	10,52	9,67	10,54	15,34	100,0
Nghiền tinh (90 phút), %	0,11	0,91	0,29	2,44	0,04	6,36	5,87	10,15	18,67	55,07	100,0

Vỏ trấu được than hóa ở nhiệt độ 500- 600°C, sau đó được nghiền nhỏ nhằm phá vỡ các mối liên kết giữa C và SiO₂. Kết quả các cấp hạt nhận được ở chế độ nghiền thô và nghiền tinh được thể hiện ở bảng 1.

Nhìn vào bảng cấp hạt ta thấy khi nghiền thêm 60 phút thì tỷ lệ cấp hạt 1mm không còn nữa. Cấp hạt 0,25 mm còn rất ít 0,57%, cấp hạt 0,32 mm và 0,16 mm không giảm đáng kể. Tỷ lệ than trấu ở cấp hạt <0,1 mm đã tăng trên 35%. Như vậy, nhận thấy cấp hạt than trấu phụ thuộc vào thời gian nghiền. Thời gian nghiền thêm càng dài thì cấp hạt nhận được càng nhỏ mịn. Tuy nhiên, nhận thấy rõ cấp hạt chia làm 4 loại chính là: 0,32 mm; 0,16 mm; 0,085 mm; <0,05 mm. Thời gian nghiền càng dài thì cấp hạt 0,32 mm; 0,16 mm; 0,085 mm càng giảm và cấp hạt <0,05

mm tăng lên. Đặc biệt, thấy rõ khi nghiền thêm 90 phút thì kích thước hạt tập trung nhiều ở dưới 0,05 mm.

3.3. Kết quả tách SiO₂ trong than

Mẫu than trấu sau khi được nghiền mịn với cỡ hạt ≤ 50μm, hàm lượng SiO₂ trong than trấu chiếm 45%. Tiến hành cho mẫu than trấu vào thiết bị bút với các lưu lượng khác nhau. Cách xác định kích thước hạt theo lưu lượng dựa theo công thức (9):

$$V_{\infty} = \frac{Q}{A} = \frac{2R^2 g(\rho_x - \rho)}{9\eta} \quad (9)$$

Với Q: lưu lượng khí (m³/h), A: tiết diện ngang của đường ống (m²), R: bán kính của hạt (μm), ρ_x: khối lượng riêng của C hoặc SiO₂ (kg/m³). Từ đó ta có bảng 2 chế độ hút thực nghiệm như sau:

Bảng 2. Các chế độ thí nghiệm tách SiO₂

Chế độ hút	1		2		3	
Lưu lượng khí (m ³ /h)	0,23		0,5		1	
Kích thước hạt trung bình thu được (μm)	SiO ₂	C	SiO ₂	C	SiO ₂	C
	2,5	3,1	3,75	4,5	5,3	6,37

Khi hút với cùng với một lưu lượng khí, do trọng lượng riêng của cacbon nhỏ hơn SiO₂ nên sẽ thu được hai sản phẩm: phần hút lên (phần giàu Cacbon) được ta ký hiệu là M₁; phần ở lại (phần giàu SiO₂) ký hiệu là M₂.

3.3.1. Phần giàu cacbon (M₁)

Bảng 3. Khối lượng phần nhẹ M₁

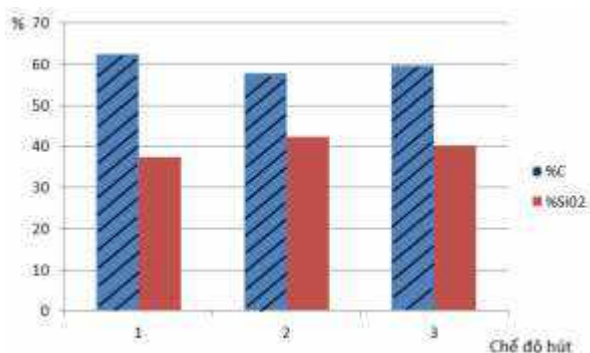
Chế độ hút	1	2	3
Khối lượng đầu vào (g)	100		
Tỷ lệ thu được (%)	18	21	23

Bảng 3 cho ta thấy tỷ lệ than trấu thu được khi sử dụng 3 chế độ hút khác nhau như sau: với lưu lượng 0,23m³/h lượng than trấu thu được là 18g/100g và với tỷ lệ 1m³/h thì tỷ lệ than thu được chỉ đạt 23g/100g than trấu. Như vậy, khi lưu lượng khí hút tăng lên thì hiệu quả thu được than trấu đã tách tăng nhưng không đáng kể.

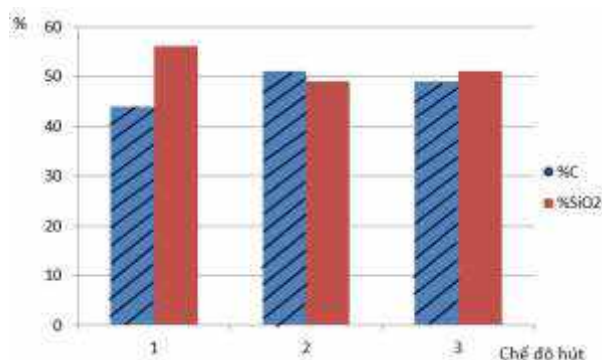
Bảng 4. Tỷ lệ Cacbon và SiO₂ trong phần nhẹ M₁

Chế độ	Ban đầu [%]		M ₁ [%]	
	C	SiO ₂	C	SiO ₂
1			62,5	37,5
2	55	45	57,72	42,28
3			59,7	40,3

Từ số liệu được thể hiện trong bảng 4, hình 4 và hình 5 cho thấy sau quá trình tách, lượng SiO₂ có giảm so với trước thấp nhất là 3% ở chế độ 2, với lưu lượng là 0,5 m³/h. Tỷ lệ SiO₂ giảm nhiều nhất là 8% ở chế độ 1, với lưu lượng là 0,23 m³/h. Như vậy, hạt càng nhỏ mịn khi hút với lực hút đã tính toán thì lượng than trấu thu được sau khi tách SiO₂ càng hiệu quả hơn.



Hình 4. Tỷ lệ SiO₂ và C phần nhẹ M₁



Hình 5. Tỷ lệ SiO₂ và C phần nặng M₂

3.3.2. Phân giàu SiO₂ (M₂)

Bảng 5. Bảng tỷ lệ phần nặng M₂

Chế độ	Ban đầu [%]		M ₂ [%]	
	C	SiO ₂	C	SiO ₂
1			44	56
2	55	45	51	49
3			49	51

Bảng 5 cho ta thấy tỷ lệ SiO₂ ở các chế độ hút đều tăng so với mẫu than trấu chưa tách, điều này chứng tỏ quá trình tách bước đầu đã đạt hiệu quả. Nhận thấy, ở chế độ hút 1 (0,23 m³/h) thì mẫu than trấu nhận được giàu SiO₂ đạt được cao nhất (56%), còn ở chế độ hút 2 và 3 thì mẫu than trấu thu được tỷ lệ SiO₂ chênh lệch nhau không đáng kể.

Từ những kết quả thử nghiệm trên nhận thấy, với than trấu đã được tách SiO₂ thì ở lưu lượng 0,5 m³/h hàm lượng SiO₂ còn lại 42,28% so với mức than trấu chưa tách. Ở lưu lượng 0,23 m³/h, sau khi kiểm tra lượng SiO₂ ta thấy hàm lượng SiO₂ chiếm 37,5% giảm đáng kể so với than trấu ban đầu là 45%. Như vậy, khi kích thước hạt than trấu càng nhỏ, thì hạt SiO₂ và C sẽ ít nằm xen kẽ với nhau nữa, khi đó quá trình tách đạt hiệu quả cao, thu được hạt SiO₂ và C có độ sạch cao.

4. Kết luận

- Tính toán chế độ hút phù hợp với kích thước hạt có đường kính nhỏ hơn 50 μm.

- Quá trình tách đã đạt hiệu quả, với phần than tách SiO₂, tỷ lệ SiO₂ giảm nhiều nhất là 8% ở chế độ 1 với lưu lượng là 0,23 m³/h.
 - Ở phần giàu SiO₂ nhận thấy khi hút ở chế độ lưu lượng 0,23 m³/h, hàm lượng SiO₂ chiếm 56% tăng đáng kể so với than ban đầu là 45%.
 - Khi kích thước hạt càng nhỏ mịn (<50 μm) với lực hút tính toán thì quá trình tách đạt hiệu quả cao hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) năm 2018.
 [2]. Taik Nam Kim, Nguyễn Văn Tư, Nguyễn Ngọc Minh, “Nghiên cứu chế tạo than hoạt tính từ vỏ trấu Việt Nam”, *Tạp chí KH&CN Kim loại*, số 38 (10), tr. 21-23, 2011.
 [3]. Nguyễn Văn Tư, Vũ Văn Khánh, “Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến công nghệ chế tạo than thô từ trấu”, *Tạp chí KH&CN Kim loại*, số 45 (12), tr. 39-43, 2012.
 [4]. Hoàng Bá Chư, *Cơ học chất lưu*, Nxb Bách khoa HN, 2011.
 [5]. Nguyễn Hữu Chí, *1000 Bài toán thủy khí động lực*, Nxb Giáo dục, 1998.