

Nghiên cứu quá trình trao đổi nhiệt trong lò quay reactor, nhiệt phân thải cao su lốp xe cắt nhỏ

Nguyễn Minh Ngọc^{1*}, Phan Trường Sơn², Nguyễn Xuân Trường³, Đào Văn Hạnh⁴, Nguyễn Mạnh Huân⁵, Dương Chí Trung⁶

¹Cán bộ nghiên cứu Trung tâm INNOLAB, Công ty GTS

²Công ty TNHH GTS Innolab

³Công ty GTS Vũng Tàu

⁴Trung tâm INNOLAB

⁵Viện Dầu khí Việt Nam

⁶Trường Đại học Dầu khí Việt Nam

TỪ KHOÁ

Cao su phế thải

Lốp xe

Recator

Nhiệt phân

TÓM TẮT

Với sự gia tăng về lượng cao su phế thải một loại rác khó phân hủy như hiện nay, thì việc xử lý, tận dụng cao su phế thải (CSPT) là vấn đề đã được quan tâm ngay từ khi công nghiệp cao su ra đời, vì vậy đã có nhiều biện pháp được triển khai trong thực tế để tận dụng nguồn nguyên liệu này hoặc hạn chế đến mức thấp nhất tác động của loại chất thải này đối với môi trường. Một nguồn thải khá lớn khác chính là lốp xe hư hỏng được thu gom từ các garage sửa chữa ô tô, xe máy có thể lên đến 30-50 tấn/ngày nếu thu gom trên toàn địa bàn tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu. Quá trình gia công nhiệt cho quá trình nhiệt phân bằng phương pháp đốt khí GAZ dư cho vỏ lò recator. Nhiệt lượng mà nguyên liệu thải lốp xe cao su hấp thụ phụ thuộc nhiều vào các yếu tố như nguồn nhiệt cấp, phương pháp trao đổi nhiệt (bức xạ, đối lưu và truyền dẫn nhiệt) và đặc biệt là hình dạng kích thước của lốp xe khi tăng diện tích tiếp xúc nguồn nhiệt khi được gia công cắt nhỏ. Qua các tính toán nhiệt, Trung tâm Nghiên cứu ứng dụng Vật liệu Xanh của Công ty TNHH GTS INNOLAB đã xây dựng được biểu đồ gia công nhiệt và biểu đồ cân bằng vật chất hay biểu đồ thay đổi khối lượng nạp liệu của lốp xe và bavia theo thời gian gia công nhiệt.

KEYWORDS

Waste rubber

Tire

Recator

Thermolysis

ABSTRACT

In the context of the current increase in the amount of waste rubber that is difficult to decompose, the treatment and utilization of waste rubber (WR) has been a matter of concern since the rubber industry was born, so there have been many measures implemented in practice to take advantage of this source of raw materials or minimize the impact of this type of waste on the environment. Another large source of waste is damaged tires collected from auto and motorbike repair garages, which can be up to 30-50 tons/day if collected throughout the entire Ba Ria - Vung Tau province. The heat treatment process for thermolysis is carried out by burning excess GAZ gas for the recator furnace shell. The amount of heat absorbed by the waste rubber tire material depends on many factors such as the heat source, the heat transfer method (radiation, convection and heat conduction) and especially the shape and size of the tire when increasing the contact area of the heat source when being processed and cut into small pieces. Through thermal calculations, the Green Materials Application Research Center of GTS Innolab Company Limited has built a heat treatment chart and a material balance chart or a chart of changes in the fuel mass of tires and burrs over heat treatment time.

1. Giới thiệu và luận giải cơ sở khoa học

Nhà máy DVA của công ty GTS tại Phú Mỹ, Bà Rịa Vũng Tàu dùng khí dư từ sản phẩm nhiệt phân thải lốp xe ô tô để đốt, nhiệt lượng thu được sẽ cấp cho lò recator. Nhiệt độ mặt vỏ ngoài và vỏ mặt trong lò sẽ tăng lên, nhiệt lốp thải nguyên liệu lốp xe cũng dần tăng lên, nhờ quá

trình truyền dẫn nhiệt và quá trình bức xạ. Quá trình trao đổi nhiệt, chuyển động dòng khí bốc bên trong lò sẽ ảnh hưởng nhiều đến sản lượng và chất lượng dầu khí thu được.

$$\text{Nhiệt do Cháy nhiên liệu: } q^{\text{nhl}} = G^{\text{nhl}} \cdot Q_{\text{th}}^{\text{lv}} = (\text{kcal/m}^3) \quad (1)$$

Thành phần chính của khí GAZ dư tại nhà máy DVA được nêu trong Bảng 1.

*Liên hệ tác giả: b1quannhan@gmail.com

Nhận ngày 22/07/2024, sửa xong ngày 16/08/2024, chấp nhận đăng ngày 23/08/2024

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2024.774>

Theo tính toán phần mềm thì tỷ trọng hỗn hợp Nhiên liệu khí trên là 0,76725 kg/m³

Vậy nhiệt lượng sinh ra từ cháy 1 m³ nhiên liệu

$$q^{nhl} = G^{nhl} \cdot Q_{th}^{lv} = 0,76725 \times 12128 \text{ kcal.m}^3 = 9305,208 \text{ kcal}$$

Thể tích khí GAZ dư của DVA dùng đốt cấp nhiệt cho lò reactor có thể cháy khí tỷ lệ không khí và khí là 25:1, do lượng gió thổi từ quạt 9000 m³/h, nên lượng khí đốt là 2m³

$$G^{nhl} = 0,76725 \text{ kg/m}^3 \times 2 \text{ m}^3 = 1,535 \text{ kg/m}^3.$$

Nhiệt lượng do khí đốt cấp

$$q^{nhl} = G^{nhl} \cdot Q_{th}^{lv} = 1,535 \times 12128 \text{ kcal.m}^3 = 18.610,416 \text{ kcal}$$

Bảng 1. Thành phần và tỷ lệ của các khí Hydrocarbon trong hỗn hợp khí không ngưng tụ.

Stt	Chỉ tiêu thử nghiệm	Đơn vị tính	Phương pháp thử (ASTM)	Kết quả
1	Thành phần khí:	% mol	D 2163-14 (2019)	
	- CH ₄			38,06
	- C ₂ H ₆			15,24
	- C ₂ H ₄			5,85
	- C ₃ H ₈			11,19
	- C ₃ H ₆			7,30
	- i C ₄ H ₁₀			1,68
	- n C ₄ H ₁₀			3,60
	- t-2 C ₄ H ₈			1,04
	- l C ₄ H ₈			2,10
	- i C ₄ H ₈			6,09
	- c-2 C ₄ H ₈			0,68
	- neo C ₅ H ₁₂			0,22
	- i C ₅ H ₁₂			0,15
	- n C ₅ H ₁₂ và các chất nặng hơn			6,80
2	Hàm lượng C tổng (tính toán từ thành phần)	% (m/m)	D 2163-14 (2019)	81,66
3	Nhiệt lượng tổng	cal/g	D 3588-98 (2017)e1	12128



Hình 1. Lò nhiệt phân -Vỏ lò bằng thép A515.

2. Tính toán nhiệt độ buồng đốt, sản phẩm khói lò, nhiệt độ vỏ lò reactor

Xác định nhiệt độ t_{calo}^o và nhiệt độ thực tế trong buồng đốt

Tính nhiệt trị

$$Q_{t}^{lt} = 30,2CO + 25,7H_2 + 85,3CH_4 + 142C_2H_4 + 152C_2H_6 + 217C_3H_8 + 283C_4H_{10} + 56H_2S (2)$$

Do lò đốt có hiệu suất sử dụng nhiệt Không cao, tạm tính $\eta = 0,7$ thì giá trị $Q_{t}^{lt} = 7604 \text{ kcal}$

Do vậy

$$t_{calo}^o = t_{max}^o = \frac{Q_{th}^{lv}}{V_{spc} C_{spc}} = 7604 / (37,1 \times 1,463 \text{ KJ} (0,235 \text{ Kcal})) = 872 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Q_{th}^{lv} - Nhiệt trị làm việc thấp : 7604 kcal/m³

Sản phẩm cháy khói lò

$$V_{N_2}^o = 0,79 V^o + 0,8 N^{lv} / 100 \text{ (m}^3 \cdot \text{C/kg)}$$

$$= 0,79 \times 11,69 + 0,8 \times 6,387 / 100 = 9,235 + 0,0511 = 9,286 \text{ m}^3$$

$$N_2 = 79/21 O_2 = 3,762 O_2 \text{ m}^3 \cdot \text{ch}$$

$$N^{lv} = 1,251 N_2 / [p_{kk} + (d + a) / 100]$$

$$= 1,251 \times 3,762 / (0,8063 + (50 + 5) / 100) = 6,387$$

Khối lượng riêng của khí khô: $p_{kk} = 0,8063 \text{ (kg/m}^3)$; Độ chứa hơi chất khí: $d = 50\%$; Nồng độ bụi trong chất khí: $a = 5\%$;

$$V_{RO_2} = 0,01 [CO_2 + CO + CH_4 + H_2S + \sum n C_n H_m], \text{ (m}^3 \cdot \text{C/m}^3 \text{C)}$$

$$= 0,01 (1,81 + 3 \times 5,76 + 4 \times 3,48 + 4 \times 16,02 + 5 (1,58 + 1,93 + 2,8 + 7,46 + 1,8 + 6,25 + 9,77 + 1,04 + 2,37) + 6 \times (1,76 + 1,67 + 13,76 + 1,03 + 1,1) = 0,01 (1,81 + 17,28 + 13,92 + 64,08 + 175 + 116,28) = 3,884 \text{ m}^3$$

$$V_{H_2O}^o = 0,01 (H_2S + H_2 + 2CH_4 + \sum m C_n H_m + 0,00016 d V)$$

$$= (6 \times 0,63 + 6 \times 5,76 + 10 \times 3,48 + 8 \times 16,02 + 1 \times 2,36 + 10 \times (1,58 + 7,46 + 1,8) + 12 \times 1,93 + 8 (6,25 + 1,04 + 2,37) + 1 \times 9,77 + 14 \times 1,76 + 12 \times 1,1, 67 + 1 \times 113,76 + 12 \times 1,03 + 8 \times 1,16$$

$$= 3,78 + 34,56 + 34,8 + 128 + 2,36 + 92,6 + 23,16 + 77,28 + 9,77 + 113,76 + 12 + 9,28 = 0,01 \times 541,8 = 5,42 \text{ (m}^3 \cdot \text{C/m}^3 \text{Ch)}$$

Vậy tổng thể tích sản phẩm khói lò: $\Sigma V_{kl} = 9,286 + 3,884 + 5,42 = 18,59 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{Ch}$

Thể tích khói tạo ra từ 2m³ khí GTS là 37,1 m³

Nếu tính theo Tổng nhiệt lượng, bảng 1 thì nhiệt độ buồng đốt

$$t_{max}^o = \frac{Q_c^{lt}}{V_{spc} C_{spc}} = 12128 / (37,1 \times 0,235) = 1391,06 \text{ } ^\circ\text{C}$$

trong đó:

Q_c^{lt} – Nhiệt trị cao

V_{spc} – thể tích sản phẩm cháy (bằng tổng các thể tích cháy thành phần);

C_{spc} – tỷ nhiệt của sản phẩm cháy, kCal/m³°C.

Nhiệt độ cháy thực tế

Xác định nhiệt độ cháy thực tế bằng cách tính là rất khó khăn, vì điều kiện đa dạng và phức tạp của trao nhiệt trong buồng đốt có vật liệu gia công. Người ta thường biểu diễn mối liên hệ giữa nhiệt độ calo và nhiệt độ thực tế thông qua một hệ số:

Tùy thuộc vào cấu tạo của lò, vào chế độ nhiệt hệ số η dao động trong khoảng từ 0,6 đến 0,85. Nhờ có hệ số này ta có thể chọn hoặc đánh giá sơ bộ chất lượng của nhiên liệu cần sử dụng.

Chọn giá trị η tùy thuộc vào cường độ tỏa nhiệt (hay tốc độ cháy) của nhiên liệu (tốc độ cháy càng lớn giá trị η càng cao), công suất của lò và tốc độ dòng khí nóng. Do quạt thổi có công suất 9000 m³/h và quạt hút mạnh nên chúng ta lấy $\eta = 0,63$, nhiệt độ thực tế hay nhiệt độ bề mặt ngoài lò sẽ tính như sau:

Vậy nhiệt độ thực tế:

$$t_{tt}^o = t_{max}^o \times \eta = 1391,06 \times 0,63 = 876,368 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Từ khái niệm về nhiệt độ calo chúng ta có thể tính được nhiệt của sản phẩm khói lò:

$$Q_{spc} = t_{tt}^o \cdot C_{spc} \cdot V_{spc}, \text{ kCal/kg(m}^3) = 876,368 \times 37,1 \times 0,325 = 10.566,805 \text{ kcal}$$

trong đó Q_{spc} - nhiệt lý của sản phẩm cháy của một đơn vị nhiên liệu tạo ra.

Biết nhiệt độ mặt ngoài vỏ lò, chúng ta có thể tính nhiệt độ mặt trong vỏ lò

$$Q = (\lambda \times F \times \Delta T \times \tau) / a = (\lambda \times F \times (T_{ng} - T_{tr} \times \tau) / a \quad (2)$$

Trong đó

Q- Nhiệt lượng cung cấp của khối lò, kcal

λ -Hệ số dẫn nhiệt của thép A515, dày mm

F – Diện tích tiếp xúc, m²

ΔT - Chênh lệch nhiệt độ trong và ngoài vỏ lò, °C

τ - Thời gian nhiệt truyền qua, h

a- Độ dày vỏ lò reactor, 22 mm

Chúng ta có thể tính theo công thức 3:

$$Q = C \times m \times (T_{ng} - T_{tr}) \quad (3)$$

+ Khối lượng vỏ lò reactor: M thò = 10600 kg

+ Q-Nhiệt lượng được cấp = 10.566,805 kcal

+ Cth - Nhiệt dung riêng của sắt là 460 J/kg.K (1 j hay 0,107 kcal)

+ (T tr) – Nhiệt độ trong lò

+ Tng – Nhiệt độ ngoài lò

10.566,805 = 10600 x0,107 (872 – Ttr)= 1134,2 (872-Ttr)

872 - Ttr = 10.566,05 /1134,2 >>> Ttr = 872 – 9,316 = 862,683 °C

Như vậy

Nhiệt độ bề mặt trong của lò nhiệt phân đạt cao nhất: 86,683 °C, Khi mặt ngoài đạt nhiệt độ 872 °C. Do nhiệt lượng do đốt khí dư Không đều, nên nhiệt độ mặt trong lò thường lấy 650 – 880 °C.

3. Khí động học của dòng khí bốc

Dòng khí bên trong reactor Không phải là sản phẩm khối như khối lò mà là các chất bốc C-H với các nguyên tố sinh ra từ nhiệt phân nguyên liệu cao su. Khí động học về sự chuyển động của dòng khí nóng trong lò chủ yếu do nhẹ, tách dần ra khỏi khối cao su và bốc lên. Giai đoạn đầu khí bốc lơ lửng trong khoảng không của lò reactor như của nhà máy Nhiệt phân lốp xe ô tô DVA, có thể tích

$$\begin{aligned} \text{Thể tích lò} &= \pi R^2 h \text{ (lò có hình trụ } R=1,5\text{m, } h=7\text{m)} \\ &= 3.14 \times 1,5^2 \times 7 = 49.455 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

Dòng khí bốc tiếp nhận nhiệt lượng bức xạ từ mặt trong vỏ lò và lượng nhiệt đó cũng 1 phần được truyền vào bề mặt lớp nguyên liệu cao su. Do lực hút cưỡng bức từ quạt hút, dòng khí bốc sẽ dịch chuyển ra ngoài vào thiết bị ngưng tụ, tạo dầu.

Dòng khí trong thiết bị nhiệt phân chuyển động được nhờ tác dụng của nội và ngoại lực.

- Nội lực: lực này xuất hiện ngay chính là các sản phẩm khí bốc của quá trình nhiệt phân. Nó có được do sự chênh lệch về trọng lượng riêng của khí

- Ngoại lực: lực nhân tạo tác dụng từ bên ngoài, lực này tạo nên áp lực hoặc chân không bắt dòng khí chuyển động mà không cần có sự chênh lệch trọng lượng riêng.

Dòng khí chuyển động trong lò nhiệt phân, (khí o quạt hút):

- Ở vùng nóng, khí bốc được đốt nóng nhờ tiếp xúc truyền nhiệt và từ bức xạ, tạo áp suất thế năng của dòng khí hình thành và khí nóng chuyển động lên cao và bị đẩy ra ngoài. Tại đỉnh lò áp suất thế năng chuyển thành áp suất tĩnh, dư

- Nếu ta tác động vào dòng khí một ngoại lực

Như vậy, nếu Không có ngoại lực nào đặt vào khối khí bốc thì khối khí chuyển động hướng lên đỉnh lò, còn tường và lớp lò là vách không khí. Trong môi trường Không có Không khí như lò nhiệt phân, chúng ta nên đặt ở giữa lớp lò để đẩy khí bốc ra, sự chuyển động của dòng khí được tăng tốc khi có quạt hút

Nhiệt lượng của khối Nguyên liệu cao su cắt thành miếng nhỏ, sẽ hấp thụ và làm tăng nhiệt độ lên dần đến 500 °C, theo đúng biểu đồ nhiệt phân Hình 1 và biểu đồ hiệu suất sản phẩm nhiệt phân hình 2

Quá trình truyền nhiệt từ bề mặt trong của vỏ lò cho khối than cao su, thể hiện nhờ 3 dạng chính:

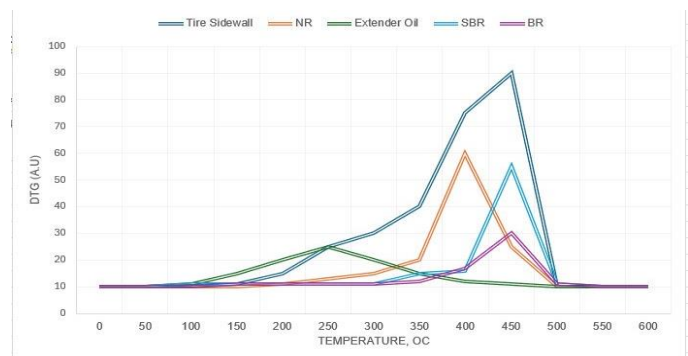
Dạng thứ nhất: từ bề mặt trong lò nhiệt phân có nhiệt độ 650-880 °C nhờ quá trình truyền nhiệt, các hạt cao su nhỏ nhận nhiệt lượng, nóng dần và truyền cho các hạt khác phía trên. Do lò chuyển động quay, các hạt như được đảo rang nhiều lần và quá trình đó tiếp diễn

Dạng thứ hai: nhiệt của khối cao su bầm nhỏ nhận được từ bề mặt trong vòm tròn phía trên của lò nhiệt phân, cũng do nhiệt độ cao đến 880 °C, do các tia bức xạ truyền thẳng đến. Đây là dạng truyền nhiệt lớn nhất, hiệu quả nhất

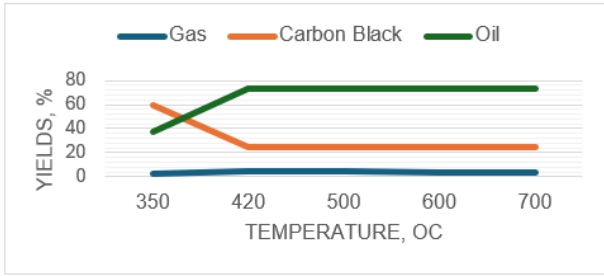
Dạng thứ 3: Dạng khí bốc chứa hợp chất CH, ở giai đoạn đầu khí chỉ vừa tạo thành từ nguyên liệu cao su bầm có nhiệt độ 500 °C, nhưng trong lò nhiệt phân kín nhiệt độ (Tmax) có thể đạt trên 800 °C và khí đó nhiệt độ khí bốc cũng tăng và dòng khí đó sẽ chuyển động hướng đi lên và được hút dần ra ngoài. Còn lại cũng có 1 lượng khí đó đi lẫn theo vít tải Các bon đen ra ngoài. Nhiệt lượng của dòng khí này cũng truyền nhiệt ngược lại vào khối nguyên liệu cao su mịn.

4. Xây dựng biểu đồ gia công nhiệt và biểu đồ thay đổi hiệu suất sản phẩm nhiệt phân

Như vậy xét theo biểu đồ Hình 1, thì nhiệt độ tối ưu của dòng khí bên trong reactor 300 -500 °C sẽ cho lượng khí dầu nhiều nhất.

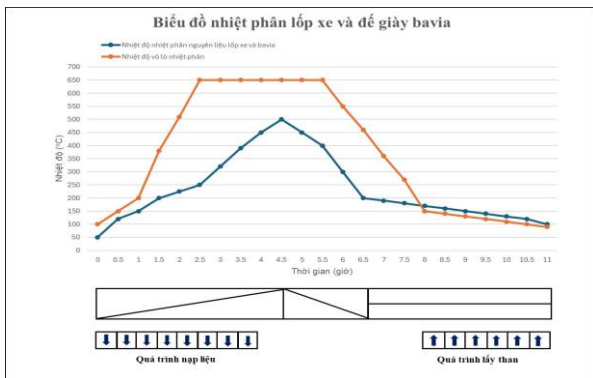


Hình 1. Biểu đồ nhiệt phân các thành phần của lốp xe theo nhiệt độ (theo Yang, J., Kaliaguine, S., and Roy, C., *Rubber Chem. Technol.*, 66 (1993) 213-229).



Hình 2. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi hiệu suất của sản phẩm nhiệt phân theo nhiệt độ (theo C.Roy, A.Chaala, H.Darmstadt, B. deCaumia, H. Pakdel, and J. Yang, *Conversion of used tires to carbon black and oil by pyrolysis*).

Dựa vào các thông số tính toán, chúng tôi đã xây dựng biểu đồ gia công nhiệt (Hình 5).

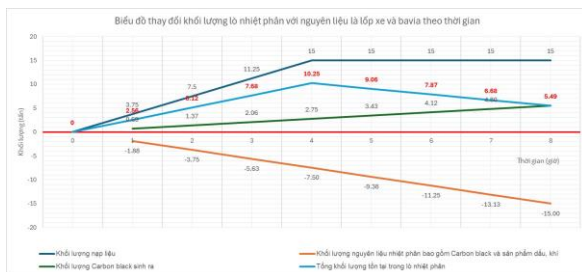


Hình 5. Biểu đồ đường cong nhiệt độ vỏ lò và nhiệt độ nguyên liệu.

T_{mt} - Nhiệt độ mặt trong thành vỏ lò; t_{-vi} Nhiệt độ nguyên liệu
 Tổng chu kỳ nhiệt phân: $\Sigma T = 11h$ (Thời gian gia công nhiệt là 8 h, thời gian thổi than ra-3 h)

Qua thử nghiệm thăm dò, bài toán tính cân bằng vật chất hay thay đổi khối lượng nạp liệu của lốp xe và bavia theo thời gian gia công nhiệt, thể hiện qua biểu đồ Hình 6:

- Khối lượng Nguyên liệu đưa vào lò: 15.000 kg
- Khối lượng dầu: 48,7 % - 7.305 kg
- Khối lượng thải Carbon black: 36,6 % - 5490 kg
- Lượng khí gas Không ngưng tụ: 14,7 %- 2205 kg



Hình 6. Biểu đồ thay đổi khối lượng nạp liệu của lốp xe và bavia theo thời gian gia công nhiệt.

Để xây dựng biểu đồ gia công nhiệt lốp xe cho nhà máy Nhiệt Phân Nhật Minh, Hình 5, Ban Giám đốc GTS và Trung tâm INNOLAB đã dựa theo các tài liệu khoa học, các biểu đồ Hình 1,2 và tính toán theo nhiệt độ khói lò, nhiệt độ mặt ngoài và mặt trong lò reactor Chu kỳ gia công nhiệt phụ thuộc rất nhiều vào các yếu tố như: nhiệt lượng cung cấp, thời gian tốc độ gia nhiệt, kích thước và hình dạng nguồn nguyên liệu lốp xe

Kích thước viên cao su làm thay đổi tỷ diện tích bề mặt, hình dạng của nó làm thay đổi khả năng chiếm chỗ theo thể tích trong không gian lò nhiệt phân (của nhà máy DVA gần 50m³). Kết quả đã làm thay đổi sản lượng đầu vào, giảm thời gian gia công nhiệt

5. Ảnh hưởng Gia công cơ học, cắt nhỏ nguyên liệu lốp xe

Các thông số cơ bản là sự thay đổi về kích thước các hạt được gia công cơ học- băm nhỏ lốp xe thành các viên 2-4 mm.

Diện tích tiếp xúc của lốp	Diện tích tiếp xúc của 1 hạt nguyên	Diện tích tiếp xúc của 991971/764407/772 viên	Thể tích lốp	Thể tích viên	1 Lốp có thể chứa được
1606778,27	16,22	36089764,34	5624473,9	5,67	991971
mm2	mm2	mm2	mm3	mm3	viên

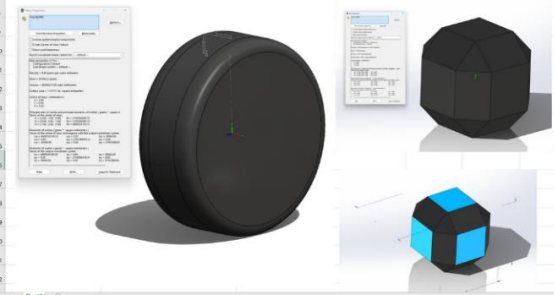
lốp 215/40R13



Hình 3. Lốp xe được cắt thành các viên nhỏ.

Diện tích tiếp xúc của lốp	Diện tích tiếp xúc của 1 hạt nguyên	Diện tích tiếp xúc của 991971/764407/772 viên	Thể tích lốp	Thể tích viên	1 Lốp có thể chứa được
1177757,86	16,22	244181708,6	8558217,5	5,67	15054359
mm2	mm2	mm2	mm3	mm3	viên
1518477					

lốp 215/40R13



Hình 4. Thể tích chiếm chỗ của lốp xe và các viên.

Hình 3,4 là các loại lốp xe được băm nhỏ 2-4 mm, đã tạo ra các điều đặc biệt sau:

- Số viên nhỏ: 991.971 viên
- Diện tích của lốp xe trước khi băm: 1.656.778,27 mm²

- Tổng Tỷ diện tích của các viên nhỏ: 160.889.764,884 mm² (tăng hơn diện tích bề mặt 1 lớp là -97,1 lần)

Thể tích 1 viên: 5,67 mm³ >>> Tổng thể tích 991.971 viên là: 5.624.475,57 mm³

- Thể tích 1 lớp: 85.358.217,5 mm³ (lớn hơn tổng thể tích của 991.971 viên là -15,176 lần)

Như vậy thể tích chiếm chỗ lớp xe băm nhỏ hơn 15 lần, làm tăng khả năng tiếp nhận Nguyên liệu

Nhận xét

Khi tỷ diện tích của các viên băm tăng hơn 97 lần, quá trình truyền nhiệt, hấp thụ nhiệt cũng sẽ tăng lên nhiều, thời gian nhiệt phân cho 1 chu kỳ sẽ giảm đi

- Nhiệt lượng thu được của các viên băm: Q 1.truyền, hấp thụ = (λ x F1 x ΔT x T) / d

- Nhiệt lượng thu được của lớp xe, Không cắt băm: Q 2.truyền, hấp thụ = (λ x F2 x ΔT x T) / d

Khi F1 > F2 - 97,1 lần, thì Q1 > Q2 97,1 lần

Nhiệt độ vỏ lò trong, ngoài sẽ giảm được hàng 100 °C, tạo điều kiện cho quá trình đốt gián tiếp, giảm độ ăn mòn cho vỏ lò

6. Tính nhiệt cung cấp và nhiệt tiêu thụ

6.1. Nhiệt lượng do vỏ lò cấp

Nhiệt lượng của vỏ lò từ 100-650 °C, sau 2,5 h:

$$Q_c = c \times m \times \Delta t = 239 \times 10600 \times 550 = 1.393.370.000 \text{ kcal}$$

Nhiệt lượng vỏ lò cấp trong 2,5-6,5 h (4 tiếng):

$$1.393.370.000 \times 4 = 5.573.480.000 \text{ kcal}$$

$$\text{Tổng: } 6.966.850.000 \text{ kcal}$$

6.2. Nhiệt lượng tiêu tốn cho quá trình nhiệt phân

Nhiệt lượng nâng nhiệt: 30-100 °C: Q1 = cm (T2-T1) = 239 x 15.000 (100 -30) = 250.950.000 kcal

Nhiệt lượng nâng nhiệt: 100-200 °C: Q2 = cm (T2-T1) = 239 x 15.000 (200 -100) = 358.500.000 kcal

Nhiệt lượng nâng nhiệt: 200-350 °C: Q3 = cm (T2-T1) = 239 x 15.000 (350 -200) = 537.750.000 kcal

Nhiệt lượng nâng nhiệt: 350-450 °C: Q4 = cm (T2-T1) = 239 x 15000 (450 -350) = .358.500.000 kcal

Nhiệt lượng nâng nhiệt: 450-500 °C: Q5 = cm (T2-T1) = 239 x 15.000 (500 -450) = 179.250.000

Nhiệt thất toát bị mất do các Thành phần khí và carbon black mang đi -45 %

$$\text{Tổng } \Sigma Q_{tt} = 1.684.950 \times 1,45 = 2.443.178 \text{ kcal}$$

Nhận xét:

Nhiệt cấp vẫn lớn hơn nhiệt tiêu tốn cho quá trình nhiệt phân

7. Kết luận

1. Như vậy nhiệt độ tối ưu của dòng khí bên trong reactor 300 - 500 °C sẽ cho lượng khí dầu nhiều nhất.

2. Nhiệt phân lớp xe và bavia ở dạng thiết bị mẻ thì nhiệt độ tối ưu nhất là 500 °C, tốc độ gia nhiệt khoảng 3-5 °C/phút và thời gian lưu tầm 8h.

3. Tổng chu kỳ nhiệt phân: ΣT = 11 h (Thời gian gia công nhiệt cho nhựa là 8h, thời gian thổi than ra-3h).

4. Nếu cắt nhỏ lớp xe kích thước 2-4 mm, có thể < 1mm thì quá trình trao đổi nhiệt sẽ nhanh hơn và giai đoạn nhiệt độ tối ưu (có thể 250-450 °C) để tạo khí dầu cao nhất có thể giảm, chu kỳ nhiệt phân sẽ giảm theo.

5. Nhiệt độ bắt đầu nhiệt phân có thể bắt đầu sớm, từ 2h sau đốt lò. Kết quả là lượng khí bốc sẽ san đều hơn trong thời gian 3h, sẽ bớt gây tích tụ khí bên trong nguồn thải C đen.

Tài liệu tham khảo

[1]. Bùi Hải, Trần Thế Sơn. Kỹ thuật nhiệt. NXB Khoa học Kỹ thuật, năm 2015
 [2]. Hoàng Ngọc Đồng, Thái Ngọc Sơn, Kỹ thuật nhiệt, NXB Xây dựng, 2015, ISBN 978-604-82-1469-2
 [3]. Vũ Công Hòe. Thiết bị nhiệt. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 2009
 [4]. Nguyễn Kim Huân, Bạch Đình Thiên. Thiết bị nhiệt trong sản xuất vật liệu xây dựng. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 1996
 [5]. Sadhan K. De , Avraam I. Isayev, Klementina Khait. Rubber Recycling. Taylor & Francis Group, 2005