

Nghiên cứu khả năng xử lý chất độc CS và sản phẩm thủy phân chất độc CS bằng phương pháp đề clo hóa kết hợp thiêu đốt có sử dụng xúc tác

Phùng Khắc Huy Chú, Chu Thanh Phong, Đinh Văn Thúc,
Nguyễn Mạnh Hiếu, Trần Văn Công*, Hồ Minh Trung

Viện Hóa học Môi trường quân sự, CT03, An Phú, Hoài Đức, Hà Nội, Việt Nam.

*Email: tranvancong7902@gmail.com

Nhận bài: 04/3/2024; Hoàn thiện: 25/4/2024; Chấp nhận đăng: 12/6/2024; Xuất bản: 25/6/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.96.2024.78-84>

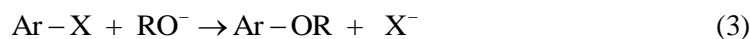
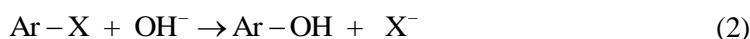
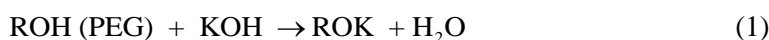
TÓM TẮT

Nghiên cứu tìm ra công nghệ xử lý chất độc CS và sản phẩm thủy phân đang đặt ra hết sức cấp thiết. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu khả năng xử lý các chất độc nói trên bằng phương pháp đề clo hóa kết hợp thiêu đốt có sử dụng xúc tác. Chất độc CS và sản phẩm thủy phân được đề clo hóa bằng dung dịch KOH/PEG. Hiệu quả đề clo hóa phụ thuộc vào nhiệt độ, thời gian, molar PEG, tỉ lệ KOH/PEG. Khảo sát tại 70 °C, thời gian 3 h, tỉ lệ khối lượng KOH/PEG400 (30%, 50%) hiệu suất đề clo hóa CS và sản phẩm thủy phân đạt được lần lượt là 94,8% và 95,4%. Sản phẩm thủy phân trước và sau khi đề clo hóa được đốt trên lò đốt với sự có mặt của xúc tác sắt oxit Fe₃O₄ tỉ lệ 0,5% tại 600 °C đạt hiệu suất chuyển hóa CO₂ lần lượt là 92,5% và 97,1%.

Từ khóa: CS; 2-chlorobenzylidene malononitrile; 2-chlorobenzaldehyde; KOH/PEG.

1. MỞ ĐẦU

Hiện nay, chất độc CS (2-chlorobenzylidene malononitrile) và sản phẩm thủy phân chất độc CS (SPTPCĐ CS) (2-chlorobenzaldehyde) là những hợp chất hữu cơ chứa clo được tìm thấy trên địa bàn một số nơi trên cả nước đặt ra vấn đề cần thiết phải xử lý. Tại Việt Nam, chất độc CS được xử lý theo phương pháp phân hủy nhiệt [1], thiêu đốt có mặt phụ gia và chất xúc tác [2], thủy phân trong môi trường kiềm [3]. Tuy nhiên, quá trình thủy phân chất độc CS tạo ra sản phẩm 2-chlorobenzaldehyde còn nguyên tử clo trong phân tử. Đối với phương pháp phân hủy nhiệt, do sự xuất hiện các hợp chất chứa clo trong mạch vòng, việc thiêu hủy không tránh khỏi sự hình thành các hợp chất dioxin và furan. Trên thế giới, việc phá hủy các hợp chất POPs có chứa clo trong phân tử được thực hiện bằng phương pháp đốt bằng lò nung [8], plasma [12] hoặc đề clo hóa sử dụng tác nhân KOH/PEG tạo ion hydroxit và alkoxit thay thế nguyên tử clo trong nhân thơm theo cơ chế (1), (2), (3) [5-9, 11]:

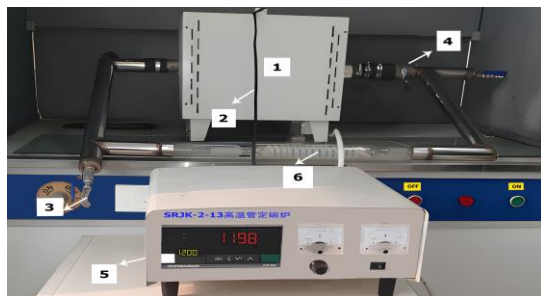


Một số nghiên cứu sử dụng xúc tác sắt oxit trộn lẫn trong khi đốt làm giảm năng lượng hoạt hóa quá trình phân hủy chất hữu cơ [3]. Để xử lý triệt để cần tiến hành đề clo hóa chất độc CS và sản phẩm thủy phân chứa clo trước khi thiêu đốt bằng cách sử dụng tác nhân KOH/PEG. Sau khi đề clo hóa, chất ô nhiễm được thiêu đốt trên lò đốt có sử dụng xúc tác Fe₃O₄ nhằm phá hủy các hợp chất ô nhiễm, ngăn chặn quá trình hình thành dioxin [10].

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết bị nghiên cứu

Lò nung SRJK-2-13, Taisite, Trung Quốc. Nhiệt độ điều khiển từ 20 - 1300 °C, sai số ± 1 °C, buồng gia nhiệt làm bằng thạch anh chịu nhiệt. Lò nung đặt trong tủ hút trong quá trình thí nghiệm.



1. Lò nung
2. Đầu đo nhiệt độ
3. Vị trí lấy mẫu khí
4. Ống dẫn khí
5. Thiết bị điều chỉnh nhiệt độ lò nung
6. Sinh hàn làm mát khí thải

Hình 1. Lò nung gia nhiệt.

Máy sắc ký khí khối phổ GC-MS 6890-5975, Agilent, Mỹ. Dùng để phân tích chất độc CS và sản phẩm thủy phân. Khối lượng hóa chất nghiên cứu được xác định trên cân phân tích Precisa, Thụy Sĩ có độ chính xác 10^{-4} g.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố nhiệt độ (30 - 100 °C); thời gian (0.5 - 4 h); loại PEG (PEG200, PEG300, PEG400, PEG600); tỉ lệ tác nhân PEG400/CS (SPTPCĐ CS) (10 - 50%); tỉ lệ tác nhân KOH/CS (SPTPCĐ CS) (10 - 50%) đến hiệu suất đề clo hóa. Lượng chất độc CS và sản phẩm thủy phân sử dụng 0,5 g mỗi loại cho từng thí nghiệm.

Xác định hiệu suất quá trình đề clo hóa chất độc CS và sản phẩm thủy phân được thực hiện bằng cách chiết trong 50 ml dung môi dichlormethane, làm khô dung dịch chiết bằng Na_2SO_4 khan, cất quay dung dịch về 1 ml. Tiến hành chạy trên máy GC-MS 6890-5975, Agilent ở điều kiện: khí mang He, cột HP5-MS 30 m, áp suất đầu cột 10,12 psi, chương trình nhiệt độ: bắt đầu 40 °C, tăng 10°C/phút đến 280 °C giữ 5 phút, thể tích bơm mẫu 1 μL . Định lượng dựa trên đường chuẩn chất độc CS và sản phẩm thủy phân.

$$\text{Tính hiệu suất đề clo hóa: } H\% = \frac{m_0 - m}{m_0} \times 100\%$$

Trong đó: m_0 : Khối lượng chất ô nhiễm trước khi đề clo hóa (g).

m : Khối lượng chất ô nhiễm còn lại sau khi đề clo hóa (g).

Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình thiêu đốt sản phẩm sau khi đề clo hóa được thực hiện trong khoảng từ 200 - 600 °C, ảnh hưởng của xúc tác sắt oxit Fe_3O_4 với % khối lượng 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5% ở 400 °C. Xác định hiệu suất chuyển hóa thành CO_2 bằng dung dịch nước vôi trong 10%. Hàm lượng CaCO_3 kết tủa đem lọc trên giấy lọc, sấy khô, cân trên cân phân tích. Làm mẫu trắng xác định lượng CO_2 trong buồng phản ứng.

$$\text{Tính hiệu suất thiêu đốt sản phẩm đề clo hóa: } H\% = \frac{\text{CO}_2\text{tt}}{\text{CO}_2\text{lt}} \times 100\%$$

Trong đó: CO_2tt : Khối lượng CO_2 tính được từ thực tế kết tủa CaCO_3 (g).

CO_2lt : Khối lượng CO_2 tính được từ lý thuyết (g).

2.3. Hóa chất

Chất độc CS (2-chlorobenzylidene malonitrile), Chemdirect; sản phẩm thủy phân chứa clo (2-chlorobenzaldehyde), dichlormethane (CH_2Cl_2), oxit sắt (Fe_3O_4), kali hydroxit (KOH), canxi hydroxit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), natri sunphat (Na_2SO_4) hãng Sigma-aldrich.

Polyethylene glycol (PEG): PEG200, 300, 400, 600, hãng Sigma-aldrich. PEG200: MW 180 - 220 g/mol, độ nhớt động 60 - 67 mPa s ở 20 °C. PEG300: MW 280 - 320 g/mol, độ nhớt động 88 - 96 mPa s ở 20 °C. PEG400: MW 380 - 420 g/mol, độ nhớt động 110 - 125 mPa s ở 20 °C.

PEG600: MW 570 - 630 g/mol, độ nhớt động 17 - 18 mPa s ở 20 °C.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

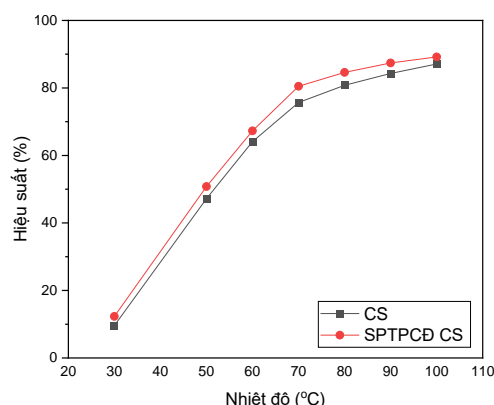
3.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu suất đề clo hóa

Kết quả nghiên cứu trong bảng 1 cho thấy nhiệt độ phản ứng có ảnh hưởng lớn tới hiệu suất đề clo hóa. Hiệu suất đạt được cao nhất tại 100 °C đối với chất độc CS và sản phẩm thủy phân lần lượt là 87,1%, 89,2%. Đồ thị hình 2 cũng cho thấy hiệu suất đề clo hóa tăng nhanh ở nhiệt độ từ 30 - 70°C, từ 70 - 100 °C, mặc dù nhiệt độ tăng lên nhưng hiệu suất đề clo hóa tăng lên không nhiều, xu hướng tăng chậm lại. Điều này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của tác giả Cafissi và cộng sự khi đề clo hóa PCB trong khoảng nhiệt độ từ 60 - 120 °C [5]. Do đó, để tiết kiệm chi phí trong quá trình đề clo hóa, chọn đề clo hóa ở 70 °C trong khảo sát cũng như trong thực tế xử lý.

Bảng 1. Nhiệt độ ảnh hưởng đến hiệu suất đề clo hóa chất độc CS và SPTPCĐ CS.

Nhiệt độ (°C)	Chất độc CS	SPTPCĐ CS
	Hiệu suất (%)	Hiệu suất (%)
30	9,6	12,3
50	47,2	50,8
60	64,1	67,3
70	75,7	80,5
80	80,8	84,6
90	84,3	87,4
100	87,1	89,2

Khối lượng 0,5 g (CS, SPTPCĐ CS), KOH 10%, PEG400 10%, 3 giờ



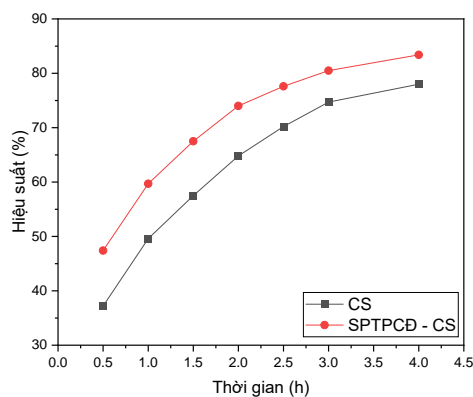
Hình 2. Nhiệt độ ảnh hưởng đến hiệu suất đề clo hóa chất độc CS và SPTPCĐ CS.

3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian đến hiệu suất đề clo hóa

Bảng 2. Thời gian ảnh hưởng đến hiệu suất đề clo hóa chất độc CS và SPTPCĐ CS.

Thời gian (h)	Chất độc CS	SPTPCĐ CS
	Hiệu suất (%)	Hiệu suất (%)
0,5	37,2	47,4
1	49,6	59,7
1,5	57,5	67,5
2	64,8	74,1
2,5	70,2	77,6
3	75,7	80,5
4	79,0	83,4

Khối lượng 0,5 g (CS, SPTPCĐ CS), KOH 10%, PEG400 10%, 70 °C



Hình 3. Thời gian ảnh hưởng đến hiệu suất đề clo hóa chất độc CS và SPTPCĐ CS.

Kết quả nghiên cứu trong bảng 2 cho thấy hiệu suất đề clo hóa đối với chất độc CS và sản phẩm thủy phân tăng lên theo thời gian. Hiệu suất đề clo hóa đạt được cao nhất sau 4 giờ đối với CS và sản phẩm thủy phân lần lượt là 79,0% và 83,4%. Kết quả từ đồ thị hình 3 cũng cho thấy hiệu suất đề clo hóa tăng nhanh trong khoảng thời gian 3 giờ đầu, từ giờ thứ 3 trở đi hiệu suất đề clo hóa tăng lên không nhiều. Điều này cũng phù hợp với nghiên cứu của tác giả Toshiaki Yoshioka và cộng sự về khả năng đề clo hóa tăng nhanh trong giai đoạn đầu [11]. Do đó, trong khi tiến hành đề

clo hóa, lựa chọn thời gian trong khoảng 3 giờ nhằm tận dụng nguồn nhiệt tạo ra trong quá trình hòa tan KOH vào nước để giảm giá thành xử lý.

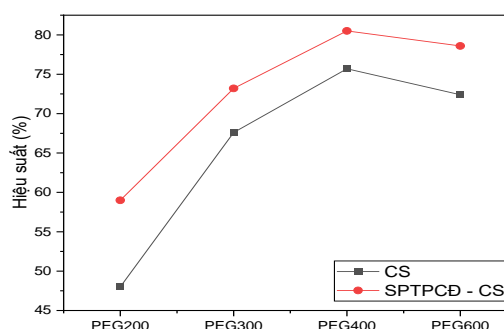
3.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của mức PEG đến hiệu suất đề clo hóa

Từ bảng 3 cho thấy, từ mức PEG200 đến mức PEG400 cho khả năng đề clo tăng lên, mức PEG400 cho hiệu suất đề clo hóa cao nhất đối với chất độc CS và SPTPCĐ CS, đạt giá trị lần lượt là 75,7% và 80,5% trong thời gian 3 giờ. Trong khi đó, sử dụng mức PEG 600 thì hiệu suất đề clo hóa lại giảm. Nguyên nhân của hiện tượng này là do mức PEG600 có độ nhớt giảm, khối lượng phân tử lớn dẫn đến sự tương tác và khuấy trộn bị hạn chế. Điều này cũng phù hợp với nghiên cứu đề clo hóa trên hợp chất PCB của tác giả Cafissi và cộng sự [5]. Do đó, lựa chọn mức PEG 400 là phù hợp cho quá trình đề clo hóa đối với chất độc CS và sản phẩm thủy phân trong thực tế.

Bảng 3. Mức PEG ảnh hưởng đến hiệu suất đề clo hóa chất độc CS và SPTPCĐ CS.

PEG (10%)	Chất độc CS	SPTPCĐ CS
	Hiệu suất (%)	Hiệu suất (%)
PEG200	48,0	59,0
PEG300	67,6	73,2
PEG400	75,7	80,5
PEG600	72,4	78,6

Khối lượng 0,5 g (CS, SPTPCĐ CS), KOH 10%, 3 giờ, 70 °C



Hình 4. Mức PEG ảnh hưởng đến hiệu suất đề clo hóa chất độc CS và SPTPCĐ CS.

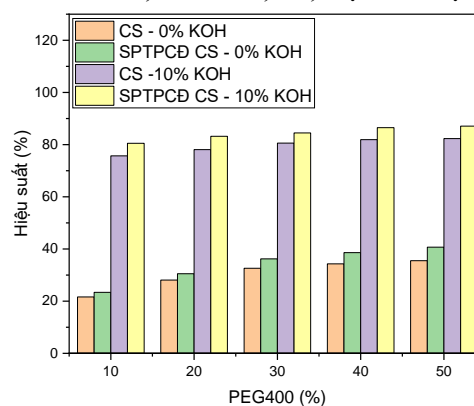
3.4. Nghiên cứu ảnh hưởng của tỉ lệ PEG đến hiệu suất đề clo hóa

Từ kết quả bảng 4 có thể thấy rằng tỉ lệ PEG400/CS (SPTPCĐ CS) ảnh hưởng tới hiệu suất đề clo hóa, khi chỉ có mặt PEG400 mà không có mặt KOH, hiệu suất đề clo hóa đạt được thấp do chỉ có phản ứng (2) xảy ra, hiệu suất đề clo hóa đạt được cao nhất là 35,5% và 40,7%, mặc dù tỉ lệ

Bảng 4. Ảnh hưởng của tỉ lệ PEG400 đến hiệu suất đề clo hóa chất độc CS và SPTPCĐ CS.

Khối lượng PEG400 (%)	Chất độc CS	SPTPCĐ CS	Chất độc CS	SPTPCĐ CS
	Hiệu suất (%)	Hiệu suất (%)	Hiệu suất (%)	Hiệu suất (%)
	0% KOH		10% KOH	
10	21,6	23,4	75,7	80,5
20	28,1	30,5	78,1	83,2
30	32,6	36,2	80,6	84,5
40	34,3	38,6	81,9	86,4
50	35,5	40,7	82,3	87,1

Khối lượng 0,5 g (CS, SPTPCĐ CS), 70 °C, 3 giờ



Hình 5. Ảnh hưởng của tỉ lệ PEG400 đến hiệu suất đề clo hóa chất độc CS và SPTPCĐ CS.

PEG400 tăng lên đến 50%. Tuy nhiên, khi có mặt KOH 10% kết hợp với PEG400 thì hiệu suất đề clo hóa tăng lên đáng kể do xảy ra đồng thời cả 3 phản ứng (1), (2), (3). Hiệu suất đề clo hóa tăng lên cùng với việc tăng tỉ lệ PEG400 từ 10 - 50%. Hiệu suất đề clo hóa đạt được cao nhất khi tỉ lệ PEG400 ở 50%, KOH 10% đối với CS và SPTPCĐ CS theo thứ tự là 82,3%, 87,1%.

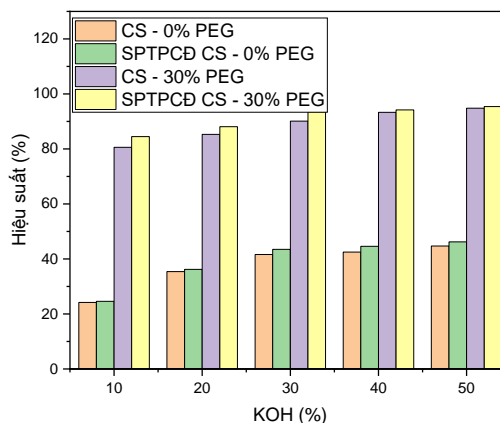
3.5. Nghiên cứu ảnh hưởng của tỉ lệ KOH đến hiệu suất đề clo hóa

Từ bảng 5 cho thấy tỉ lệ KOH/CS (SPTPCĐ CS) ảnh hưởng tới hiệu suất đề clo hóa. Khi không sử dụng PEG400, hiệu suất đề clo hóa đạt được cao nhất đối với CS và sản phẩm thủy phân là 44,7% và 46,2%. Tuy nhiên, hiệu suất đề clo hóa tăng cao khi sử dụng kèm theo PEG400 30% do các phản ứng (1), (2), (3) cùng xảy ra. Hiệu suất đề clo hóa đạt được cao nhất đối với chất độc CS và sản phẩm thủy phân lần lượt là 94,8% và 95,4% khi tỉ lệ KOH/CS (SPTPCĐ CS) là 50%, PEG400 30%. Ngoài ra, hiệu suất đề clo hóa SPTPCĐ CS luôn cao hơn chất độc CS cho thấy chất độc CS bị thủy phân đã phá vỡ cấu trúc làm cho việc đề clo hóa dễ dàng hơn.

Bảng 5. Ảnh hưởng của tỉ lệ KOH đến hiệu suất đề clo hóa chất độc CS và SPTPCĐ CS.

Khối lượng KOH (%)	Chất độc CS		SPTPCĐ CS	
	Hiệu suất (%)	Hiệu suất (%)	Hiệu suất (%)	Hiệu suất (%)
	0% PEG400		30% PEG400	
10	24,2	24,6	80,6	84,5
20	35,4	36,2	85,3	88,1
30	41,6	43,5	90,1	93,5
40	42,5	44,6	93,3	94,2
50	44,7	46,2	94,8	95,4

Khối lượng 0,5 g (CS, SPTPCĐ CS), 70 °C, 3 giờ



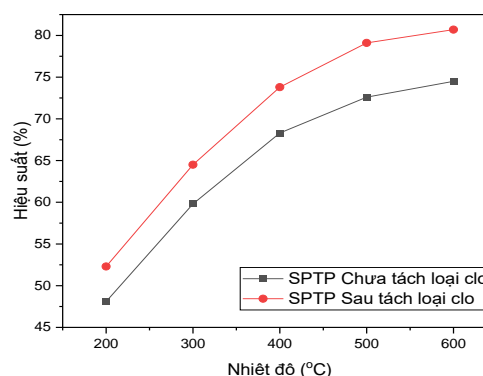
Hình 6. Ảnh hưởng của tỉ lệ KOH đến hiệu suất đề clo hóa đối với chất độc CS và SPTPCĐ CS.

3.6. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ và xúc tác đến hiệu quả quá trình thiêu đốt sản phẩm sau khi đề clo hóa

Kết quả bảng 6 cho thấy trong khoảng nhiệt độ 200 - 500 °C, hiệu suất cháy tăng nhanh, tăng chậm lại tại vùng 600 °C. Hiệu suất cháy của sản phẩm đề clo hóa cao hơn so với sản phẩm chưa đề clo hóa. Nguyên nhân của hiện tượng trên có thể do sau khi đề clo hóa, hợp chất tạo thành chất hữu cơ dễ bắt cháy hơn.

Bảng 6. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình thiêu đốt sản phẩm.

Nhiệt độ (°C)	1 g SPTPCĐ CS chưa tách loại clo			1 g SPTPCĐ CS sau tách loại clo		
	CO ₂ tt	CO ₂ lt	Hiệu suất (%)	CO ₂ tt	CO ₂ lt	Hiệu suất (%)
200	1,92	4,0	48,1	0,68	1,3	52,3
300	2,39	4,0	59,8	0,84	1,3	64,5
400	2,73	4,0	68,3	0,96	1,3	73,8
500	2,90	4,0	72,6	1,03	1,3	79,1
600	2,98	4,0	74,5	1,05	1,3	80,7



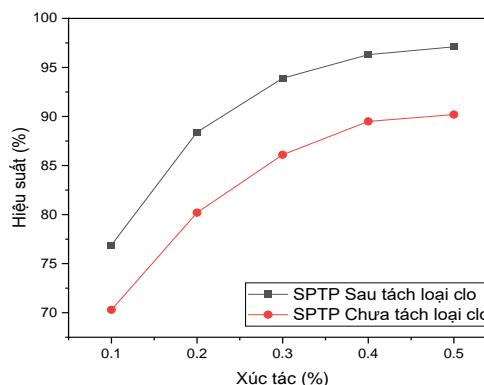
Hình 7. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình thiêu đốt sản phẩm.

Một số nghiên cứu sử dụng Fe₃O₄ để tăng khả năng oxi hóa các chất nhiễm, ngăn chặn quá trình hình thành dioxin và giảm nhiệt độ trong quá trình thiêu đốt nhằm tiết kiệm chi phí [3]. Kết

qua nghiên cứu trong bảng 7 cho thấy hiệu suất chuyển hóa thành CO₂ khi có mặt xúc tác oxit sắt Fe₃O₄ tăng lên khi tỉ lệ phần trăm xúc tác tăng. Từ hình 8 có thể thấy khi tỉ lệ xúc tác Fe₃O₄ ở 0,3% thì hiệu suất chuyển hóa đạt giá trị gần với giá trị lớn nhất, tiếp theo mặc dù tỉ lệ xúc tác tăng lên nhưng hiệu suất chuyển hóa tăng lên không đáng kể. Hiệu suất quá trình đốt cháy sản phẩm đề clo hóa ở 600 °C khi có mặt xúc tác Fe₃O₄ ở tỉ lệ 0,5% đạt tới giá trị 97,1%.

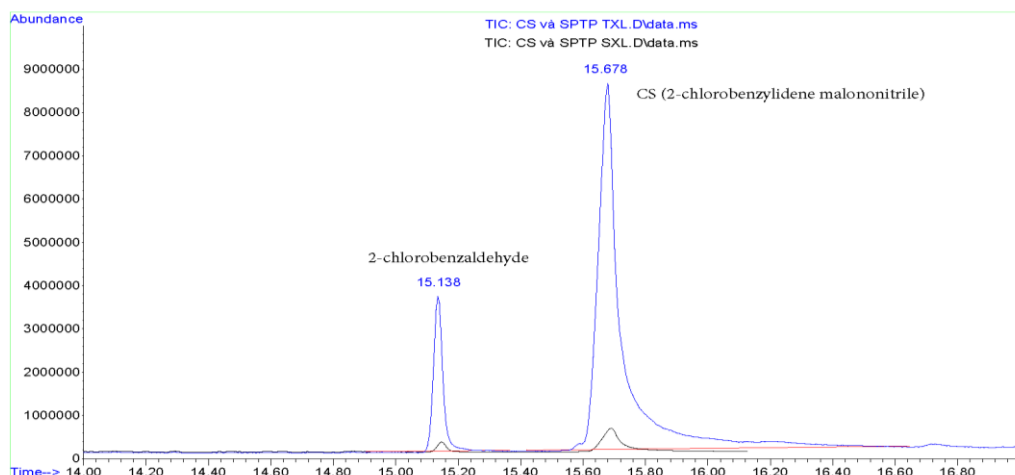
Bảng 7. Ảnh hưởng của xúc tác đến quá trình thiêu đốt sản phẩm.

Xúc tác (%)	1 g SPTPCĐ CS chưa tách loại clo			1 g SPTPCĐ CS sau tách loại clo		
	CO ₂ tt	CO ₂ lt	Hiệu suất (%)	CO ₂ tt	CO ₂ lt	Hiệu suất (%)
0,1	2,81	4,0	70,3	0,99	1,3	76,9
0,2	3,21	4,0	80,2	1,15	1,3	88,4
0,3	3,44	4,0	86,1	1,22	1,3	93,9
0,4	3,58	4,0	89,5	1,25	1,3	96,3
0,5	3,70	4,0	92,5	1,26	1,3	97,1



Hình 8. Ảnh hưởng của xúc tác đến quá trình thiêu đốt sản phẩm.

```
File       : D:\Data\Mr Thuc CS\CS và SPTP SXL.D
Operator   : D.HUNG
Acquired   : 30 Oct 2022   9:30   using AcqMethod OPCW PT.M
Instrument : GC-MS
Sample Name : CS và SPTP SXL
Misc Info  : Mau Mr Thuc
Vial Number : 1
No Update
```



Hình 9. Phổ GC-MS của CS và sản phẩm thủy phân trước và sau khi đề clo hóa ở điều kiện 70 °C, thời gian 3 h, tỉ lệ khối lượng KOH/PEG400 (30%, 50%).

4. KẾT LUẬN

Quá trình xử lý chất độc CS và sản phẩm thủy phân đã kết hợp được đồng thời hai phương pháp xử lý có tính chất khoa học là phương pháp đề clo hóa trước khi đốt nhằm làm giảm độc tính cũng như ngăn chặn quá trình tái tổ hợp dioxin. Tiếp theo sử dụng phương pháp thiêu đốt kết hợp sử dụng xúc tác oxi hóa Fe₃O₄ nhằm giảm nhiệt độ và tăng hiệu suất quá trình phá hủy các hợp chất hữu cơ. Quá trình thiêu đốt sản phẩm thủy phân chất độc CS sau khi đề clo hóa kèm theo xúc tác Fe₃O₄ đạt được mức chuyển hóa hoàn toàn thành CO₂ là 97,1% cao hơn so với sản phẩm khi chưa

đề clo hóa là 92,5%. Như vậy, có thể thấy rằng, việc xử lý chất độc CS và sản phẩm thủy phân cho hiệu quả cao, có tính khả thi khi kết hợp giữa phương pháp đề clo hóa và phương pháp thiêu đốt kết hợp xúc tác oxi hóa Fe_3O_4 .

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lâm Vĩnh Ánh, “Đề tài nghiên cứu tiêu hủy chất độc quân sự CS bằng phương pháp phân hủy nhiệt”, Bộ Quốc phòng, (1999).
- [2]. Lâm Vĩnh Ánh, “Nghiên cứu xử lý một số hợp chất clo hữu cơ bằng xúc tác đồng oxit”, Luận án tiến sĩ hoá học, Viện khoa học và Công nghệ quân sự, Bộ Quốc phòng, (2010).
- [3]. Lâm Vĩnh Ánh, Phạm Văn Âu, Trần Văn Công, “Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình giải hấp chất da cam dioxin trong đất nhiễm bằng công nghệ giải hấp nhiệt kết hợp xúc tác oxi hóa nano $Fe_3O_4.CaO$ ”, Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ quân sự, Số 40, tr.133-139, (2015).
- [4]. Nguyễn Văn Minh và cộng sự, “Đề tài quy trình công nghệ thu gom, xử lý chất độc CS tồn lưu sau chiến tranh”, Bộ Quốc phòng, (2002).
- [5]. Cafissi, S. Beduschi, V. Balacco, B. Sacchin, “Chemical dechlorination of polychlorinated biphenyls from dielectric oils”, Environ Chem Lett, 5, pp.101-106, (2007).
- [6]. D.J.Brunelle, D.A.Singleton, “Destruction/removal of polychlorinated biphenyls from non-polar media. Reaction of PCB with poly (ethylene glycol)/KOH”, Chemosphere, Vol.12, No 2, pp.183-196, (1983).
- [7]. D.J.Brunelle, D.A.Singleton, “Chemical reaction of polychlorinated biphenyls on soils with poly (ethylene glycol)/KOH”, Chemosphere, Vol.14, No 2, pp.173-181, (1985).
- [8]. Hu X, Zhu J, Ding Q, “Environmental life-cycle comparisons of two polychlorinated biphenyl remediation technologies: incineration and base catalyzed decomposition”, J Hazard Mater, 191, pp.258-268, (2011).
- [9]. Keon Sang Ryoo, Jong-Ha Choi, and Yong Pyo Hong, “Treatment of PCB-Laden Transformer Oil with Polyethylene Glycols and Alkaline Hydroxide”, Bull. Korean Chem. Soc, Vol.36, pp.1082-1088, (2015).
- [10]. Otto Hutzinger, Ghulam Ghaus Choudhry, Brock G, “Formation of Polychlorinated Dibenzofurans and Dioxins during Combustion”, Environmental Health Perspectives, Vol.60, pp.3-9, (1985).
- [11]. Yoshioka T, Kameda T, Imai S, Noritsune M, Okuwaki A, “Dechlorination of poly (vinylidene chloride) in NaOH/ethylene glycol as a function of NaOH concentration, temperature, and solvent”. Polym Degrad Stab 93, pp.1979-1984, (2008).
- [12]. Yaojian Li Zhiqin Huang, Yongxiang Xu, and Hongzhi Sheng, “Plasma-Arc Technology for the Thermal Treatment of Chemical Wastes”, Environmental engineering science, Vol.26, No 4, pp.731-737, (2009).

ABSTRACT

Studying the ability to treat toxic CS compounds and hydrolysis products of toxic CS compounds using the dechlorination method combined with treating heat using catalysts

Studying and finding techniques to treat CS compounds is an extremely urgent task. This article presents the results of research on the treatment process of CS and hydrolysis products of CS by incineration technology combined with oxidation catalysts. The CS and hydrolysis products of CS are removed from the chlorine atom by KOH/PEG solution to prevent dioxin formation before burning. The results showed that the effectiveness of the removal of chlorine for CS and hydrolysis product of CS depends on temperature, time, PEG grade and KOH/PEG mass proportion. The survey at a temperature of 70°C, after 3 hours, the mass proportion of KOH/PEG400 (30%, 50%) and the removal efficiency of chlorine for CS and hydrolysis product of CS were 94.8% and 95.4%, respectively. The hydrolysis product without removing chlorine and after removing chlorine was burned on a furnace system in the presence of Fe_3O_4 catalyst proportion was 0.5% and at a temperature was 600 °C, the conversion efficiency into CO_2 achieving 92.5% and 97.1%, respectively.

Keywords: CS; 2-chlorobenzylidene malononitrile; 2-chlorobenzaldehyde; KOH/PEG.