

Tính toán phát thải CO₂ của các loại xi măng sử dụng hàm lượng clanhke thấp

Trịnh Thị Châm^{1*}, Lưu Thị Hồng¹

¹ Viện Vật liệu xây dựng, 235 Nguyễn Trãi, P. Thanh Xuân Trung, Q. Thanh Xuân, TP. Hà Nội

TỪ KHÓA

Phát thải CO₂
Xi măng pooc lăng
Xi măng siêu sulfat
Xi măng xi
Xi măng đa cấu tử

TÓM TẮT

Trong năm 2020, Hiệp hội Xi măng và Bê tông Toàn cầu đã công bố cam kết sản xuất xi măng không phát thải CO₂ vào năm 2050. Điều này khiến xi măng trở thành ngành công nghiệp đầu tiên thiết lập một cam kết này trên toàn cầu. Bài báo này trình bày cách tính hàm lượng CO₂ phát thải trong xi măng pooc lăng và xi măng sử dụng hàm lượng clanhke thấp như: xi măng siêu sulfat, xi măng xi lò cao và xi măng đa cấu tử. Kết quả tính toán cho thấy rằng, xi măng siêu sulfat có lượng phát thải CO₂ thấp nhất trong tất cả các loại xi măng. Lượng CO₂ phát thải trong xi măng siêu sulfat giảm khoảng 10 lần so với xi măng OPC, trong khi đó xi măng xi lò cao và xi măng đa cấu tử cũng làm giảm phát thải CO₂ lần lượt là 5,4 lần và 3,6 lần.

KEYWORDS

CO₂ emission
Ordinary Portland cement
Supersulfate cement
Slag cement
Composite cement

ABSTRACT

In 2020, the Global Cement and Concrete Association (GCCA) announces roadmap to achieve groundbreaking ‘net-zero’ CO₂ emissions by 2050. This makes cement the first industry to establish such a commitment globally. This paper presents how to calculate the CO₂ content in Portland cement and some cements using low clinker content such as super sulfate cement, blast furnace slag cement and multi-component cement. Calculation results show that super sulphate cement has the lowest CO₂ emission of all calculated cements. The amount of CO₂ emission in super sulphate cement is reduced by about 10 times compared to OPC cement, while blast furnace slag cement and multi-component cement also reduce CO₂ emission by 5.4 times and 3.6 times, respectively.

1. Tổng quan

Ngành công nghiệp xi măng đang đối mặt với những thách thức chưa từng có liên quan đến năng lượng, khí thải CO₂ và sử dụng vật liệu. Trên thế giới chi phí năng lượng đang tăng lên khi nguồn nhiên liệu ngày một cạn kiệt. Ngoài ra, thuế môi trường liên quan tới lượng khí thải phát sinh có thể làm tăng gấp đôi giá xi măng vào năm 2030 [1]. Trong những năm gần đây, ngành công nghiệp xi măng đã buộc phải có sự thay đổi, các cụm từ như "nền kinh tế xanh", "giảm phát thải CO₂", "kỹ thuật số hóa", "không phát thải", "trung hòa cacbon", v.v., từng được áp dụng cho các lĩnh vực công nghiệp khác, giờ đây nó là thành phần cốt lõi trong chiến lược của bất kỳ nhà sản xuất xi măng nào. [2]

Trên thực tế, sản xuất xi măng là một trong những nguồn phát thải CO₂ đáng kể nhất và ước tính chiếm 8 % lượng khí thải CO₂ toàn cầu [2]. Các khí thải này được tạo ra một phần do quá trình cacbonat hóa đá vôi trong sản xuất clinker (chiếm 60 đến 65 %), ngoài ra quá trình đốt nhiên liệu hóa thạch cũng tạo ra lượng phát thải CO₂ đáng kể (35 đến 40 %). [2]

Vào tháng 9 năm 2020, Hiệp hội Xi măng và Bê tông Toàn cầu - bao gồm 40 công ty thành viên đại diện cho ~ 40 % sản lượng xi măng toàn cầu - đã công bố cam kết sản xuất xi măng không phát thải CO₂ vào năm 2050. Điều này khiến xi măng trở thành ngành công nghiệp đầu tiên thiết lập một cam kết này trên toàn cầu. Vào tháng 10 năm

2021, hiệp hội đã khởi động Lộ trình “Net Zero 2050”, thiết lập một lộ trình và kế hoạch thực hiện để đạt được mục tiêu này.[2]

Để đạt được mục tiêu trung hòa cacbon vào năm 2050, ngành công nghiệp xi măng đang thực hiện một loạt các biện pháp [2], bao gồm:

- Tăng cường sử dụng các nhiên liệu thay thế.
- Giảm tỷ lệ clinker/xi măng.
- Sử dụng khí đốt tự nhiên và nhiên liệu hydro.
- Sử dụng nguyên liệu thay thế.
- Thu giữ, sử dụng và lưu trữ carbon (CCUS), tức là cô lập và sử dụng CO₂ thải ra cho các ứng dụng khác.
- Sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo.
- Nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng.
- Tìm nguồn cung ứng tại chỗ.
- Sử dụng các phương pháp vận chuyển xanh.

Để góp phần đạt được mục tiêu như trên, việc tính toán, định lượng hàm lượng CO₂ phát thải trong quá trình sản xuất xi măng là rất cần thiết để có thể kiểm soát được quá trình sản xuất, dự đoán và có biện pháp để giảm hàm lượng CO₂ phát thải ra môi trường. Bài báo này trình bày cách tính toán hàm lượng phát thải CO₂ dựa trên thành phần hóa của clanhke. Đồng thời, dựa vào thành phần, bài phối liệu xi măng để tính toán lượng phát thải CO₂ của xi măng sử dụng hàm lượng clanhke thấp gồm: xi măng siêu sulfat, xi măng xi lò cao và xi măng đa cấu tử.

*Liên hệ tác giả: chamtt87@gmail.com

Nhận ngày 12/07/2022, sửa xong ngày 25/08/2022, chấp nhận đăng 08/09/2022

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.05.2022.379>

2. Vật liệu nghiên cứu

Trong nghiên cứu này sử dụng clanhke xi măng pooc lăng của xi măng Hoàng Long, xi măng Hòa Phát, đá vôi Hà Nam, tro bay nhiệt điện, thạch cao tự nhiên Oman. Thành phần hóa của các loại nguyên vật liệu được đưa trong Bảng 1 dưới đây.

Mục tiêu nghiên cứu tính toán hàm lượng CO₂ của các loại xi măng OPC Hoàng Long, xi măng siêu sulfat (SSC), xi măng xi lò cao (SC), xi măng đa cấu tử (CC) chế tạo từ các nguyên vật liệu như trong Bảng 1. Tỷ lệ của các cấu tử của các loại xi măng được đưa ra trong Bảng 2, cường độ nén của các loại xi măng thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 1. Thành phần hóa của các nguyên vật liệu sử dụng trong nghiên cứu.

Nguyên liệu	Thành phần hóa, % khối lượng									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	MKN
Xi hạt lò cao Formosa	34,00	14,53	0,83	38,50	8,06	0,07	0,12	0,24	0,31	-0,25
Clanhke Hoàng Long	19,66	5,02	3,03	63,00	1,81	1,85	0,12	0,83	0,14	3,08
Thạch cao Oman	0,14	0,04	0,03	30,94	0,20	43,98	0,02	0,03	0,02	21,19
Tro bay	55,60	21,51	4,95	3,43	0,85	0,16	2,65	2,65	0,36	9,01
Đá vôi	1,36	0,08	0,16	31,50	19,34	0,00	0,00	0,15	0,56	45,89

Bảng 2. Thành phần các loại xi măng nghiên cứu.

Tên loại xi măng	Các thành phần trong xi măng, % khối lượng							
	CLK	OPC	XLC	Tro bay	Đá vôi	Vôi bột	Th.cao dihydrat	Th.cao hemihydrat
Xi măng pooc lăng OPC	96,0						4,0	
Xi măng siêu sulfat sử dụng thạch cao dihydrat (SSC-dihydrat)	4,8		80,0				15,2	
Xi măng siêu sulfat sử dụng thạch cao hemihydrat (SSC-hemihydrat)	4,8		85,0					10,2
Xi măng xi SC		14,5	85,0			0,5		
Xi măng đa cấu tử CC		25,0	60,0	10,0	5,0			

Bảng 3. Cường độ nén của các loại xi măng sử dụng trong nghiên cứu [3].

Tên loại xi măng	R3, MPa	R7, MPa	R28, MPa	R60, MPa
Xi măng pooc lăng (OPC)	23,03	33,03	50,64	53,23
Xi măng siêu sulfat sử dụng thạch cao dihydrat (SSC-dihydrat)	13,36	19,23	33,1	34,56
Xi măng siêu sulfat sử dụng thạch cao dihydrat hemihydrat (SSC-hemihydrat)	12,85	16,88	27,54	26,55
Xi măng xi (SC)	18,56	24,05	33,52	35,61
Xi măng đa cấu tử (CC)	13,19	21,22	40,57	45,80

3. Tính toán lượng CO₂ phát thải khi sản xuất xi măng

Hiện nay, giảm lượng phát thải CO₂ là vấn đề môi trường chính cần được giải quyết trong sản xuất xi măng. Như chúng ta đã biết, để giảm phát thải CO₂ thì đầu tiên là giảm lượng sử dụng clanhke trong xi măng. Để làm rõ việc giảm lượng CO₂ phát thải, thì sẽ tính toán, so sánh lượng CO₂ phát thải khi sản xuất các loại xi măng, trong đó không tính tới cường độ của vữa.

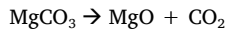
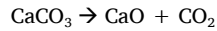
3.1 Lượng CO₂ phát sinh từ quá trình nung nguyên vật liệu để chế tạo clanhke xi măng

Thông thường, nguồn phát thải CO₂ tới từ quá trình phân hủy của nguyên vật liệu, bao gồm quá trình phân hủy của các khoáng cacbonat. Hầu hết CO₂ phát thải phát sinh từ quá trình đề cacbonat hóa CaCO₃ và MgCO₃, chuyển thành CaO và MgO. Ngoài ra, cũng tính tới lượng bụi lò nung (Cement kiln dust – CKD), không có trong clanhke cũng phát sinh CO₂ và lượng CO₂ từ phân hủy các thành phần hữu cơ trong nguyên liệu.

Từ thành phần hóa của clanhke xi măng Hoàng Long trong Bảng 2 thì hàm lượng CaO = 63,0 %, MgO = 1,81 %.

a) *Tính toán lượng CO₂ phát thải từ quá trình phân hủy đá vôi*

Quá trình phân hủy:



Lượng CO₂ phát sinh từ quá trình phân hủy đá vôi (R1), tính dựa theo thành phần của clanhke như sau:

$$R1 = [C_c \cdot M_r(\text{CO}_2) / M_r(\text{CaO}) + C_m \cdot M_r(\text{CO}_2) / M_r(\text{MgO})] \cdot 1000 \quad (1)$$

Trong đó:

+ C_c và C_m lần lượt là tỷ lệ của CaO và MgO trong clanhke;

+ M_r(CO₂), M_r(CaO), M_r(MgO) là phân tử khối của lần lượt CO₂,

CaO và MgO.

Thay số vào công thức (1), ta có lượng CO₂ phát sinh từ quá trình phân hủy đá vôi

$$R1 = (63\% \cdot 44/56 + 1,81\% \cdot 44/40) \cdot 1000 = 514,91 \text{ kgCO}_2/\text{t CLK}$$

b) *Tính toán lượng CO₂ phát sinh trong bụi lò nung (CKD)*

Theo ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006) và Sáng kiến bền vững xi măng (CSI- Cement Sustainability Initiative, 2005), lượng bụi thải lò nung (Cement kiln dust - CKD) là khoảng 0,15 kg/t clanhke. Bằng cách tính toán, lượng CO₂ thải ra từ quá trình phân hủy bụi lò xi măng (R2) được tính theo công thức sau:

$$R2 = R1 \cdot U_e / 1000 \quad (2)$$

Trong đó: U_e là lượng bụi lò thải ra trong quá trình nung CLK

Thay vào công thức, ta có:

$$R2 = 514,91 \cdot 0,15 / 1000 = 0,077 \text{ kg CO}_2/\text{t CLK}.$$

c) *Lượng CO₂ phát sinh từ quá trình phân hủy cacbon hữu cơ trong nguyên vật liệu*

Lượng cacbon hữu cơ có thể chuyển thành CO₂ trong quá trình phân hủy nguyên vật liệu, được ký hiệu R3 theo công thức (3) [4]

$$R3 = r_a \cdot R_o \cdot 44/12 \cdot 1000 \quad (3)$$

Trong đó:

+ r_a: tỷ lệ nguyên vật liệu có thể chuyển thành clanhke xi măng, thông thường = 1,52 [4];

+ R_o: là hàm lượng cacbon hữu cơ trong nguyên vật liệu, thông thường là 0,2% [4];

+ 44/12 là tỷ lệ nguyên tử khối của CO₂ và C.

Thay vào công thức, ta có:

$$R3 = 1,52 \cdot 0,2\% \cdot 44/12 \cdot 1000 = 11,15 \text{ kg CO}_2/\text{tấn CLK}$$

Do đó, lượng CO₂ phát sinh từ quá trình nung nguyên vật liệu (R) được tính theo công thức (4) dưới đây:

$$R = R1 + R2 + R3 = 514,91 + 0,077 + 11,15 = 526,14 \text{ kg CO}_2/\text{tấn clanhke}.$$

3.2. *CO₂ phát sinh từ quá trình tiêu thụ nhiên liệu*

Nung CLK xi măng cần 1 lượng nhiên liệu, chính là quá trình đốt cháy nhiên liệu. Thông thường, than thường hay được sử dụng và đốt cháy than đá sẽ làm phát sinh 1 lượng CO₂.

Lượng CO₂ thải ra từ quá trình đốt chất than đá có thể tính toán được bằng cách nhân lượng than tiêu thụ trên một đơn vị clinker với hệ số phát thải CO₂ của than. Theo thống kê, mức tiêu thụ than trung bình cho mỗi tấn clinker xi măng sản xuất tại Việt Nam là khoảng 130 kg [5].

Phát thải CO₂ (P_f) từ quá trình đốt than trong quá trình nung clinker được tính theo công thức sau:

$$P_f = 44/12 \cdot F \cdot q \cdot k \cdot a \quad (5)$$

Trong đó:

+ F là tổng lượng than tiêu thụ, kg/tấn CLK;

+ q: giá trị nhiệt trị của than, MJ/kg. Nhiệt trị trung bình đang sử dụng tại nhà máy xi măng Hoàng Long là 5.200 kcal/kg = 21.767.200 KJ/kg = 21.767,2 MJ/kg;

+ k: hệ số phát thải của cacbon của than, khoảng 25,8*10⁻⁶ kg C/kJ; [6]

+ a: là tỷ lệ cacbon trong nhiên liệu bị oxy hóa thành CO₂ trong suốt quá trình cháy, trong sản xuất xi măng a = 1; [7]

+ 44/12 là tỷ lệ nguyên tử khối của CO₂ và C.

Thay vào công thức (5) ta có kết quả như sau:

$$= 44/12 \cdot 130 \cdot 21.767,2 \cdot 25,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 267,693 \text{ kgCO}_2/\text{t CLK}$$

4.3. *Tiêu thụ điện*

Trong suốt quá trình sản xuất xi măng, vận hành thiết bị tiêu tốn 1 lượng lớn điện năng, chủ yếu bao gồm sản xuất clanhke và nghiền xi măng. Việc sản xuất điện bằng cách sử dụng nhiên liệu hóa thạch thải ra rất nhiều CO₂, được coi là phát thải CO₂ gián tiếp. Theo thống kê, hệ số phát thải CO₂ trung bình của lưới điện Việt Nam năm 2020 F_e là 0,8041 tCO₂/MWh [8].

a) *Lượng CO₂ phát thải từ điện tiêu thụ trong sản xuất CLK*

Theo thống kê, lượng điện tiêu thụ trung bình cho sản xuất 1 tấn CLK là khoảng: 58 kWh/t CLK [5].

Do đó, lượng CO₂ phát thải (P₁) từ quá trình tiêu thụ điện năng cho sản xuất CLK được tính theo công thức 6 dưới đây:

$$P_1 = F_e \cdot E_1 \quad (6)$$

Trong đó:

+ F_e là hệ số phát thải CO₂ của điện

+ E₁ là hệ số tiêu thụ điện năng cho 1 tấn CLK

Thay số vào công thức (6), kết quả như sau:

$$P_1 = 0,8041 \cdot 58 = 46,64 \text{ kg CO}_2/\text{tấn CLK}$$

b) *Lượng CO₂ phát thải từ điện tiêu thụ trong nghiền xi măng*

Mức tiêu thụ điện của quá trình nghiền xi măng chiếm khoảng 40 % tổng lượng điện tiêu thụ trong sản xuất xi măng [5]. Mức tiêu

thụ điện trung bình trong sản xuất xi măng tại Việt Nam là 85,12 kWh/t xi măng [9]. Phát thải CO₂ (P₂) từ quá trình nghiền xi măng được tính toán theo công thức (7) dưới đây

$$P_2 = F_e * E_2 * 40\% \quad (7)$$

Trong đó:

+ E₂ là lượng điện tiêu thụ cho sản xuất xi măng

Thay số vào công thức (7), lượng CO₂ phát thải trong quá trình nghiền xi măng như sau:

$$P_2 = 0,8041 * 85,12 * 40\% = 27,38 \text{ kg CO}_2/\text{tấn xi măng}$$

4.4 Tính toán tổng lượng CO₂ phát thải cho 1 tấn clanhke

Tổng lượng CO₂ phát thải cho mỗi tấn CLK sản xuất (P_c) là tổng của R, P_f, P₁

$$P_c = R + P_f + P_1$$

Trong đó:

P_c: Tổng lượng phát thải CO₂ cho mỗi tấn CLK, kgCO₂/tấn CLK;

R: lượng CO₂ phát sinh từ quá trình nung nguyên vật liệu, kgCO₂/tấn CLK;

P_f: Phát thải CO₂ từ quá trình đốt than trong quá trình nung clinker, kgCO₂/tấn CLK;

P₁: lượng CO₂ phát thải từ quá trình tiêu thụ điện năng cho sản xuất CLK, kgCO₂/tấn CLK.

Thay số vào công thức (8) ta có:

$$P_c = 526,14 + 267,69 + 46,64 = 840,47 \text{ kgCO}_2/\text{tấn CLK}$$

a) Lượng phát thải CO₂ cho sản xuất OPC

Xi măng OPC với cấp phối là: 96 % clanhke xi măng và 4 % thạch cao. Lượng phát thải CO₂ khi sản xuất thạch cao như sau: [10]

- Từ quá trình khai thác thạch cao là 20,7 kg/tấn
- Từ quá trình vận chuyển là 4,1 kg/tấn
- Từ quá trình đập nghiền là 21,2 kg/tấn

Do đó, lượng CO₂ phát thải khi sản xuất 1 tấn thạch cao tự nhiên như sau:

$$P_{Gyps} = 20,7 + 4,1 + 21,2 = 46 \text{ kgCO}_2/\text{tấn thạch cao}$$

Lượng CO₂ phát thải cho sản xuất 1 tấn OPC như sau:

$$P_{OPC} = 96\% P_c + 4\% * P_{Gyps} + P_2$$

Thay số vào ta có:

$$P_{OPC} = 96\% * 840,47 + 4\% * 46 + 27,38 = 836,07 \text{ kgCO}_2/\text{tấn XM}$$

b) Lượng phát thải CO₂ cho sản xuất SSC

Đối với SSC, với thành phần chủ yếu là xi lò cao (80 %). Quá trình nghiền xi cũng sẽ làm phát sinh CO₂.

* Tính toán lượng CO₂ phát thải đối với mẫu SSC sử dụng thạch cao tự nhiên với thành phần: 80 % Xi lò cao, 15 % thạch cao nguyên khai và 5 % xi măng OPC như sau:

- Lượng điện tiêu thụ để nghiền 1 tấn xi lò cao là khoảng 42 - 43 kWh/tấn sản phẩm [11], do đó lượng phát thải CO₂ để nghiền xi sử dụng trong xi măng SSC được tính theo phương trình dưới đây:

$$P_s = 80\% * F_e * 43 = 0,8 * 0,8041 * 43 = 27,66 \text{ kgCO}_2/\text{tấn SSC}$$

Trong đó: F_e hệ số phát thải CO₂ trung bình của lưới điện Việt Nam năm 2020.

Lượng CO₂ phát thải từ xi măng OPC trong thành phần của SSC là:

$$P_{opc} = 5\% * 836,07 = 41,80 \text{ kgCO}_2/\text{tấn SSC}$$

Lượng phát thải CO₂ khi sản xuất thạch cao khi khai thác, vận chuyển, đập nghiền là: 46 kg CO₂/tấn sản phẩm.

Do đó, lượng CO₂ phát thải từ thạch cao sử dụng trong SSC như sau:

$$P_{Gyps} = 15\% * 46 = 6,9 \text{ kg CO}_2/\text{tấn SSC}$$

Do đó, phát thải CO₂ của xi măng SSC sử dụng thạch cao tự nhiên

$P_{SSC} = P_s + P_{opc} + P_{Gyps} = 27,66 + 41,80 + 6,9 = 76,36 \text{ kgCO}_2/\text{tấn xi măng}$
* Lượng phát thải CO₂ đối với SSC sử dụng dạng thạch cao hemihydrat, cấp phối sử dụng: 85% Xi lò cao, 10% thạch cao hemihydrat và 5% xi măng OPC.

- Lượng CO₂ phát sinh từ quá trình nghiền xi:

$$P_s = 85\% * 0,8041 * 43 = 29,39 \text{ kgCO}_2/\text{tấn XM}$$

- Lượng CO₂ phát thải từ xi măng OPC trong thành phần của SSC là:

$$P_{opc} = 5\% * 836,07 = 41,80 \text{ kgCO}_2/\text{tấn XM}$$

- Lượng CO₂ phát thải của quá trình chế biến thạch cao, sẽ bao gồm lượng CO₂ phát sinh từ quá trình sản xuất thạch cao và phát sinh từ quá trình làm mất nước thạch cao. Theo tài liệu [11], lượng CO₂ phát sinh khi chuyển từ thạch cao dạng dihydrat sang dạng hemihydrat, sử dụng khí tự nhiên là: 76,3 kg CO₂/tấn sản phẩm.

Do đó lượng CO₂ phát thải từ sản xuất thạch cao hemihydrat trong SSC là:

$$P_{hemihydrat} = 10\% * (46 + 76,3) = 12,23 \text{ kg CO}_2/\text{tấn XM}$$

Do đó, phát thải CO₂ của xi măng SSC sử dụng thạch cao dạng mất nước hemihydrat

$$P_{SSC} = P_s + P_{opc} + P_{hemihydrat} = 29,39 + 41,80 + 12,23 = 83,42 \text{ kgCO}_2/\text{tấn SSC}$$

c) Lượng phát thải CO₂ cho sản xuất xi măng xi (SC) với cấp phối: 14,5 % OPC; 85 % xi lò cao; 0,5 % vôi bột

- Lượng phát thải CO₂ từ xi lò cao trong xi măng SC được tính theo phương trình dưới đây:

$$P_s = 85\% * 0,8041 * 43 = 29,39 \text{ kgCO}_2/\text{tấn SC}$$

- Lượng CO₂ phát thải từ xi măng OPC trong thành phần của SC là:

$$P_{opc} = 14,5\% * 836,07 = 121,23 \text{ kgCO}_2/\text{tấn SC}$$

- Cứ 1 tấn đá vôi khi nung sẽ phát thải ra là 440 kgCO₂ và tạo ra 560 kg vôi bột, nên lượng CO₂ phát thải từ vôi bột sử dụng trong SSC như sau:

$$P_{vôi bột} = 0,5\% * 440/560 = 0,004 \text{ kg CO}_2/\text{tấn SC}$$

Lượng phát thải CO₂ của xi măng SC sử dụng như sau:

$$P_{SC} = P_s + P_{opc} + P_{vôi bột} = 29,39 + 121,23 + 0,004 = 150,62 \text{ kgCO}_2/\text{tấn SC}$$

d) Lượng phát thải CO₂ cho sản xuất xi măng đa cấu tử (CC) với cấp phối 15 % OPC, 70 % xi lò cao, 5 % đá vôi, 5 % tro bay.

- Lượng phát thải CO₂ từ xi lò cao trong xi măng CC được tính theo phương trình dưới đây:

$$P_s = 75\% * 0,8041 * 43 = 25,93 \text{ kgCO}_2/\text{tấn CC}$$

- Lượng CO₂ phát thải từ xi măng OPC trong thành phần của CC là:

$$P_{opc} = 15\% * 836,07 = 125,41 \text{ kgCO}_2/\text{tấn CC}$$

Phát thải CO₂ của đá vôi coi như không đáng kể, còn tro bay là phế thải công nghiệp, theo tài liệu [63], lượng CO₂ phát sinh trong

quá trình thu gom tro bay là 0,006 kgCO₂/tấn tro bay, coi như rất nhỏ.

Lượng phát thải CO₂ của xi măng CC sử dụng như sau:

$$P_{CC} = P_s + P_{opc} + P_{\text{đá vôi}} + P_{FA} = 25,93 + 125,41 = 151,34 \text{ kgCO}_2/\text{tấn CC}$$

Từ các kết quả tính toán đã trình bày ở phía trên, ta có bảng tập hợp các số liệu về phát thải CO₂ của các loại xi măng như trong Bảng dưới đây.

Bảng 4. Bảng tổng hợp lượng phát thải CO₂ để sản xuất 1 tấn xi măng.

STT	Tên xi măng	Lượng phát thải CO ₂ (kg CO ₂ /tấn xi măng)	Lượng CO ₂ tiết kiệm được so với sử dụng OPC, (kg CO ₂ /tấn xi măng)
1	Xi măng pooc lăng OPC	836,07	
2	Xi măng siêu sulfat SSC (sử dụng thạch cao tự nhiên)	76,36	759,71
3	Xi măng siêu sulfat SSC (sử dụng thạch cao hemihydrat)	83,42	752,65
4	Xi măng xi lò cao SC	150,62	685,45
5	Xi măng đa cấu tử CC	151,34	684,73

Từ Bảng 4 nhận thấy rằng xi măng siêu sulfat giảm phát thải CO₂ khoảng 10 lần so với xi măng OPC, xi măng xi lò cao và xi măng đa cấu tử cũng làm giảm phát thải khoảng 5,5 lần so với xi măng OPC.

Các loại xi măng này cần được sử dụng rộng rãi hơn để có thể góp phần đạt được mục tiêu tới năm 2050, ngành công nghiệp xi măng sẽ “không phát thải CO₂”.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày cách tính lượng CO₂ phát thải từ xi măng pooc lăng và xi măng sử dụng hàm lượng clanhke thấp. Kết quả tính toán cho thấy : xi măng siêu sulfat có lượng phát thải CO₂ thấp nhất trong nhóm xi măng được quan tâm trong nghiên cứu này. Lượng CO₂ phát thải trong xi măng siêu sulfat giảm khoảng 10 lần so với xi măng OPC, trong khi đó xi măng xi lò cao và xi măng đa cấu tử cũng làm giảm phát thải CO₂ khoảng 5,5 lần so với xi măng OPC.

Tài liệu tham khảo

- [1]. OECD/IEA and World Business Council for Sustainable Development, 2009.
- [2]. Promoting performance in low clinker cement, world cement, available on <https://www.worldcement.com/special-reports/16032022/promoting-performance-in-low-clinker-cement/>
- [3]. Trịnh Thị Châm, nnk, Báo cáo tổng kết đề tài “Nghiên cứu công nghệ chế tạo xi măng siêu ít clanhke”, đề tài cấp Bộ Xây dựng, RD 93-20, 2022.
- [4]. Wang, L., 2011. Review of the calculation method of CO₂ emissions of cement production. China Cement (8), 52-55.
- [5]. Báo cáo kết quả chương trình thử nghiệm xử lý rác thải, bùn thải và tro, xi làm nguyên liệu, nhiên liệu thay thế trong sản xuất xi măng, VICEM 2022
- [6]. Hoàng Tùng, nnk, Kiểm kê khí nhà kính cho lĩnh vực năng lượng của Việt Nam năm 2014 theo cách tiếp cận từ trên xuống, tạp chí khoa học biến đổi khí hậu số 6- tháng 6/2018, p.45-57.
- [7]. Qingyong Wu, Qingzong Xue, Zhuqing Yu, Research status of super sulfate cement, Journal of Cleaner Production 294 (2021) 126228.
- [8]. Công văn số 1316/BDKH-TTBVTOD ngày 31/12/2021 về kết quả tính toán hệ số phát thải của lưới điện Việt Nam năm 2020 của Cục biến đổi khí hậu, Bộ tài nguyên và môi trường.
- [9]. Báo cáo tóm tắt kết quả Benchmarking năng lượng trong ngành sản xuất xi măng tại Việt Nam, 2018, available on: <https://ttkhuvencong.bacgiang.gov.vn/tiet-kiemnang-luong/bao-cao-tom-tat-ket-qua-benchmarking-nang-luong-trong-nganh-san-xuat-xi-mang>
- [10]. Jan Fort, Robert Cerný, Carbon footprint analysis of calcined gypsum production in the Czech Republic, Journal of Cleaner Production 177 (2018) 795-802.
- [11]. Doanh nghiệp thép tìm cách tối đa nguồn thu, available on: <https://www.tinnhanhchungkhoan.vn/doanh-nghiep-thep-tim-cach-toi-da-nguonthu-post197859.html>
- [12]. Kate R. O'Brien^{1*}, Julien Ménaché², and Liza M. O'Moore, Impact of fly ash content and fly ash transportation distance on embodied greenhouse gas emissions and water consumption in concrete, Int J LCA-Revisions Submitted 14 May 2009.