

KHẢ NĂNG SỬ DỤNG XỈ THÉP THAY THẾ XI MĂNG TRONG VỮA**THE POTENTIAL USE OF STEEL SLAG AS A CEMENT REPLACEMENT MATERIAL IN MORTAR***Trần Thu Hiền^{1,2}, Đỗ Hoàng Sa³, Phan Thanh Hải²*¹ Viện Nghiên cứu và phát triển công nghệ cao, Đại học Duy Tân; tranthuhien4@dtu.edu.vn² Khoa Xây dựng, Đại học Duy Tân; haixd11@gmail.com³ Khoa Sau đại học, Đại học Duy Tân; hoangsaxaydung@gmail.com

Tóm tắt – Khả năng sử dụng xỉ thép thay thế một phần xi măng trong vữa được nghiên cứu. Xỉ thép hồ quang điện được thu thập từ công ty thép Đà Nẵng, khu công nghiệp Liên Chiểu. Xỉ được nghiền mịn và sàng loại bỏ các hạt có kích thước lớn hơn 0,09 mm. Xỉ thép được dùng thay thế xi măng trong vữa theo ba tỷ lệ 10, 20 và 30%. Ảnh hưởng của xỉ thép tới thông số lưu biến, cường độ nén của vữa được đánh giá. Kết quả cho thấy, sử dụng 10% xỉ thép thay thế xi măng là tỷ lệ tối ưu. Với hàm lượng này, cường độ nén của vữa hầu như không đổi. Ngoài ra, tính chất lưu biến của vữa được cải thiện. Về mặt lợi ích môi trường, dùng 10% xỉ thay thế xi măng giúp giảm 10,53% lượng clinker cần dùng, và giảm 10,53% hàm lượng khí CO₂ phát thải khi sản xuất xi măng.

Từ khóa – xỉ thép, vữa, cường độ nén, lưu biến, hiệu quả môi trường.

Abstract – This work aims to investigate the effect of using electric arc furnace (EAF) steel slag as cement replacement material in mortar. Steel slag was collected from Da Nang Steel Company in Lien Chieu industrial zone. It was ground finely and then sieved through a 0.09 mm sieve to remove larger particles. Cement in the mortar was replaced by steel slag in three ratios of 10, 20 and 30%. The influence of steel slag on the rheological parameters and the compressive strength of mortar is assessed. The 10% replacement rate showed the best results. With this content, the compressive strength of mortar was almost unchanged. In addition, the rheological properties of mortar was improved. In terms of environmental benefits, using 10% slag in replacement of Portland cement permits to reduce 10.53% of required clinker, and 10.53% of CO₂ emissions.

Key words – steel slag, mortar, compressive strength, rheology, environmental benefits.

1. Đặt vấn đề

Xi thép là phụ phẩm của quá trình luyện sắt (gang hoặc thép phế liệu) thành thép nóng chảy trong lò luyện. Quá trình này nhằm loại bỏ các tạp chất như P, S,... để sản phẩm thép đạt được các tính chất cơ lý cần thiết. Hiện nay, trên thế giới, thép được sản xuất bằng hai công nghệ chính: công nghệ lò thổi basic oxygen (BOF) và công nghệ lò điện hồ quang (EAF-electric arc furnace). Thép sau khi được luyện qua một trong hai loại lò này sẽ được tinh luyện trong lò thùng (ladle furnace). Tùy thuộc vào nguồn gốc mà xỉ thép có nhiều loại, được gọi theo tên loại lò, gồm xỉ thép BOF, xỉ EAF, xỉ ladle [1].

Ở Việt Nam, phần lớn thép được sản xuất bằng công nghệ lò điện hồ quang – đúc liên tục. Lò điện hồ quang có ưu điểm lớn trong việc tái chế thép phế liệu nhưng kéo theo sự xuất hiện của một phụ phẩm mới, là xỉ thép lò điện hồ quang. Theo công nghệ lò điện hồ quang EAF, cứ mỗi tấn phôi thép được sản xuất sẽ phát sinh xỉ lò khoảng 80-120 kg [2]. Ước tính tại nước ta hiện nay, mỗi năm có khoảng 1-1.5 triệu tấn xỉ thép thải ra từ các nhà máy sản xuất thép lớn. Loại chất thải rắn này gây ra nhiều vấn đề nghiêm trọng về môi trường như hàm lượng bụi, kim loại nặng lớn và yêu cầu điện tích bãi chứa rất lớn. Và hơn 90% lượng xỉ này vẫn đang đổ đồng trong bãi thải tại các nhà máy hoặc chôn lấp sâu [3]. Vì vậy việc xử lý phụ phẩm này là một nhu cầu hết sức cần thiết, cả về mặt kinh tế và môi trường.

Xi thép lò điện hồ quang có đặc trưng khác biệt so với xỉ lò cao (granulated blast furnace slag GBFS). Loại xỉ lò cao, phụ phẩm của quá trình luyện sắt, đã được ứng dụng rất rộng rãi trong sản xuất xi măng và bê tông với nhiều ưu điểm như hạn chế nhiệt thủy hóa, cải thiện độ bền với

ăn mòn axit, phản ứng alkali. Trong khi đó, khả năng ứng dụng xỉ lò hồ quang điện trong ngành xây dựng hiện vẫn đang cần được nghiên cứu. Một số nghiên cứu đã tiến hành nhằm đánh giá hoạt tính hóa học, khả năng trương nở của xỉ EAF khi có mặt các thành phần khoáng của xi măng. Đặc biệt, xỉ thép EAF được nghiên cứu sử dụng như cốt liệu lớn, cốt liệu nhỏ trong bê tông xi măng và bê tông nhựa đường rất nhiều.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung nghiên cứu khả năng sử dụng xỉ thép EAF như một loại phụ gia hoạt tính để thay thế xi măng Portland. Sản xuất clinker xi măng vốn tiêu thụ rất nhiều năng lượng và ảnh hưởng lớn tới môi trường do phát thải các loại khí gây hiệu ứng nhà kính. Bởi vậy, việc giảm hàm lượng clinker cần dùng bằng cách sử dụng các loại vật liệu thay thế khác nhau là giải pháp được nghiên cứu rất nhiều. Bên cạnh những loại vật liệu thay thế truyền thống, nhiều loại vật liệu thay thế mới được nghiên cứu. Các vật liệu thay thế này hầu hết là phụ phẩm của các lĩnh vực sản xuất khác. Việc tận dụng chúng trong xi măng vì vậy mang lại cả hiệu quả kinh tế lẫn môi trường.

2. Phương pháp nghiên cứu**2.1. Vật liệu nghiên cứu**

Vật liệu nghiên cứu là vữa gồm các thành phần cơ bản là xi măng, cát và nước tạo thành. Hàm lượng xi măng trong vữa được thay thế lần lượt bởi 10, 20, 30% xỉ thép. Tỷ lệ cát/chất kết dính bằng 3. Tỷ lệ nước/chất kết dính (N/CKD) được giữ không đổi và bằng 0.6 trong mọi cấp phối vữa. Khi sử dụng xỉ thép thì phụ gia hóa dẻo có thể được thêm vào nhằm duy trì độ sụt của vữa không đổi, và bằng khoảng 5 cm. Thành phần cấp phối của từng loại

vừa nghiên cứu được cho trong Bảng 1.

Xi măng được sử dụng là xi măng Portland PC40. Xi thép được lấy từ nhà máy thép Đà Nẵng, nằm trên địa bàn Khu công nghiệp Liên Chiểu, Đà Nẵng. Xi thép thu thập là loại xi lò điện hồ quang, kích cỡ trải rộng từ cỡ hạt cát (0.14-0.5 cm) tới đá dăm (0.5-4 cm). Xi thép sau đó được nghiền và sàng loại bỏ các hạt nằm trên cỡ sàng 0.09 mm.

Cát được lấy từ mỏ cát tại sông Ly Ly, huyện Quế Sơn, tỉnh Quảng Nam. Trước khi sử dụng, cát được rửa sạch, phơi khô và sàng loại bỏ các hạt trên 5 mm. Đồng thời cát cũng được sàng phân loại theo từng kích thước sàng để đảm bảo khi chế tạo vữa, thành phần hạt của cát luôn không đổi. Cát có mô đun độ lớn M_{dl} bằng 3, thuộc loại cát thô, và thành phần hạt phù hợp tiêu chuẩn TCVN 7570-2006 dùng để chế tạo vữa.

Phụ gia hóa dẻo sử dụng là phụ gia Sika Plastiment 96, có gốc là hỗn hợp lignosunfonat. Đây là phụ gia loại D theo phân loại của tiêu chuẩn ASTM C494, có tác dụng giảm nước và kéo dài thời gian ninh kết.

Bảng 1: Thành phần cấp phối vữa

Loại vữa	Xi măng (g)	Xi thép (g)	Cát (g)	Nước (g)	Phụ gia (%CKD)
0%	566	0	1700	340	0
10%	509	57			0
20%	453	113			0.145
30%	396	170			0.145

2.2. Phương pháp xác định độ sụt của hỗn hợp vữa

Độ sụt của vữa được xác định nhờ côn hình nón cụt có kích thước như sau: đường kính đáy dưới là 10 cm, đường kính đáy trên 5 cm và chiều cao 15 cm. Ngay sau khi trộn, hỗn hợp vữa được đổ đầy vào côn hình nón cụt. Côn này được đặt trên một khay thép. Sau khi gạt bằng mặt côn, loại bỏ vữa thừa, côn được nhắc thẳng lên và độ sụt của khối vữa được đo [4]. Độ sụt của từng loại vữa nghiên cứu là giá trị trung bình của bốn lần đo trên bốn mẻ trộn khác nhau.

2.3. Phương pháp xác định tính lưu biến của vữa

Đặc tính lưu biến của vữa được xác định nhờ một bộ thiết bị có cấu tạo như sau (Hình 1):

1. Thiết bị khuấy cơ điện tử (Heidolph RZR 2102, Đức) (a) được gắn trên giá đỡ. Thiết bị khuấy có hai hộp số tốc độ với thang tốc độ tương ứng từ 4-40 vòng/phút và 17-540 vòng/phút. Mô-men xoắn tối đa tương ứng là 7 và 8 N.m.
 2. Cánh khuấy chữ thập (b) có chiều cao 10 cm, đường kính 5 cm. Cánh chữ thập này được đảm bảo kẹp chặt vào thiết bị khuấy suốt quá trình vận hành.
 3. Thùng chứa vữa (c) có đường kính 10 cm và cao 13 cm. Mặt trong xung quanh thùng chứa được hàn thêm gờ thép để tăng sự bám dính của vữa với bề mặt thùng chứa.
 4. Thiết bị khuấy truyền động qua một máy tính (d) sử dụng phần mềm Watch & Control.
- Thí nghiệm xác định tính lưu biến được thực hiện theo

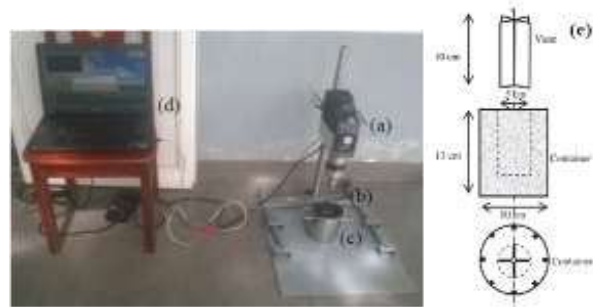
trình tự sau:

Bước 1: Thiết lập biểu đồ tốc độ quay của cánh chữ thập cố định như Hình 2. Đo mô men xoắn khi cánh khuấy quay không có vữa, thu được M_j^0 tại từng tốc độ quay Ω_j ($j = 1-9$).

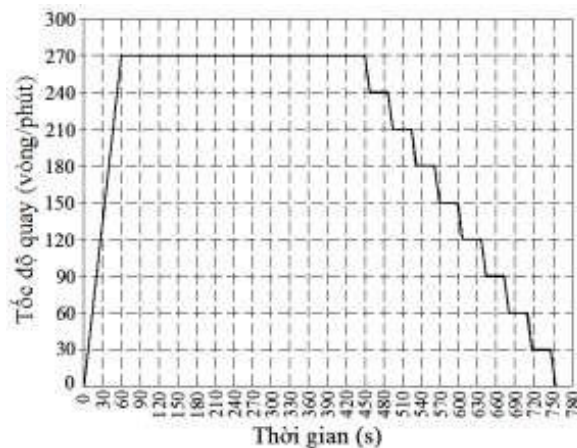
Bước 2: Đổ vữa vào thùng chứa.

Bước 3: Đặt cánh chữ thập ở chính giữa thùng chứa. Mặt trên của cánh khuấy ngang mặt vữa và mặt thùng chứa. Mặt vữa được gạt bằng phẳng.

Bước 4: Đo mô-men xoắn M_j^1 cho từng tốc độ quay Ω_j của cánh chữ thập.



Hình 1: Thiết bị đo lưu biến của vữa



Hình 2: Biểu đồ tốc độ quay áp đặt theo thời gian

Mô men xoắn cần thiết để làm quay cánh chữ thập trong vữa M_j tại từng tốc độ quay Ω_j là hiệu của M_j^1 và M_j^0 . Mô men xoắn và tốc độ quay có quan hệ tuyến tính.

$$M = M_0 + k\Omega \quad (1)$$

Trong đó: M (N.m) là mômen xoắn; M_0 (N.m) là mô men xoắn ban đầu; k (N.m.s) là hệ số góc thu được từ đường quan hệ giữa mô men xoắn và tốc độ quay của cánh chữ thập; Ω (vòng/s) là tốc độ quay của cánh chữ thập.

Bước 5: Tham số lưu biến τ_0 và μ được tính từ đường biểu diễn quan hệ của ứng suất cắt τ (Pa) theo tốc độ cắt $\dot{\gamma}$ (1/s). Trong nghiên cứu này, ứng xử lưu biến của vữa sử dụng mô hình Bingham có phương trình như sau:

$$\tau = \tau_0 + \mu\dot{\gamma} \quad (2)$$

Trong đó: τ (Pa) là ứng suất cắt tại tốc độ cắt $\dot{\gamma}$ (1/s); τ_0 (Pa) là ngưỡng trượt; μ (Pa.s) là hằng số nhớt.

Tại mỗi tốc độ quay và mô men xoắn tương ứng đo

được, ứng suất cắt và tốc độ cắt được xác định theo Dalod và cộng sự [5]. Cụ thể như sau:

$$\tau = \frac{M}{2\pi h R_1^2} \quad (3)$$

Nếu một phần khối vữa giữa cánh quay và thùng chứa bị cắt hay $\tau_2 < \tau_0 < \tau_1$.

$$\dot{\gamma}_I = 2M \frac{d\Omega}{dM} \quad (4)$$

Nếu toàn bộ khối vữa giữa cánh quay và thùng chứa bị cắt hay $\tau_2 > \tau_0$.

$$\dot{\gamma}_{II} = \frac{2M \frac{d\Omega}{dM}}{1 - \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2} - \frac{\Omega - M(d\Omega - dM)}{\ln(R_1/R_2)} \quad (5)$$

Trong đó: h là chiều cao cánh khuấy chữ thập; R_1 là bán kính cánh khuấy; R_2 là bán kính thùng chứa vữa; τ_1, τ_2 lần lượt là ứng suất cắt tại mặt ranh giới cánh khuấy (R_1) và tại mặt thùng chứa (R_2).

2.4. Chuẩn bị và bảo dưỡng mẫu

Hỗn hợp vữa được trộn trong một thùng 5 L, sử dụng hai tốc độ quay (nhẹ và chậm). Quy trình trộn như sau với tất cả các loại vữa: trộn hỗn hợp khô (xi măng, cát và xi thép nếu có) trong 1 phút ở tốc độ thấp, sau đó thêm 2/3 lượng nước vào hỗn hợp khô và tiếp tục trộn trong 2 phút ở tốc độ thấp, thêm 1/3 lượng nước còn lại đã được hòa trước với phụ gia nếu có và tiếp tục trộn đều tất cả trong 2 phút ở tốc độ cao.

Mẫu vữa có kích thước 4x4x16 cm, được chế tạo theo tiêu chuẩn TCVN 3121-11:2003. Mẫu sau khi tháo khuôn được bảo dưỡng ở 27±2 °C và 95±5 % độ ẩm cho đến thời điểm thí nghiệm uốn và nén. Cường độ nén của mỗi loại vữa được xác định trên sáu mẫu vữa thu được sau khi uốn gãy ba mẫu vữa 4x4x16 cm. Quy trình thực hiện uốn, nén và xử lý số liệu được thực hiện như TCVN 3121-11:2003.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tính chất lưu biến

Các thông số lưu biến của bốn loại vữa nghiên cứu được tập hợp trong Bảng 2 và biểu diễn trên Hình 3. Ngoài ra, độ sụt của bốn mẫu vữa cũng được biểu diễn trên Hình 4.

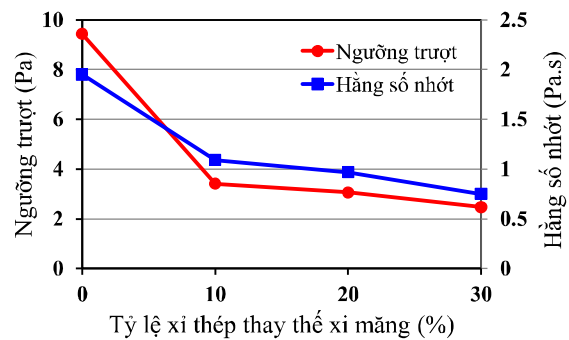
Ta thấy rằng, tất cả các loại vữa nghiên cứu có độ sụt tương tự nhau, và bằng 4,6÷5,2 cm. Trong khi đó, ngưỡng trượt và độ nhớt của mẫu vữa không chứa xi thép là lớn nhất. Khi thêm 10% xi thép, độ sụt của vữa gần như không đổi nhưng các thông số lưu biến giảm đáng kể. Cụ thể, ngưỡng trượt giảm 63% và hằng số nhớt giảm 45%. Sự cải thiện tính chất lưu biến cũng được quan sát đối với các phụ gia khoáng khác như vôi bột, xi lò cao. Nguyên nhân là do: các loại phụ gia khoáng này có đặc tính thủy lực thấp và chậm hơn so với xi măng. Ngoài ra, phụ gia khoáng nếu có sự phân bố kích thước hạt trải rộng và mịn hơn xi măng có thể lấp đầy lỗ trống giữa các hạt xi măng, khiến lượng nước cần dùng cho việc này giảm. Kết quả là với cùng một tỷ lệ N/CKD sử dụng, hàm lượng nước tự do trong trường hợp có phụ gia khoáng lớn hơn vì vậy tạo lớp nước bao bọc quanh các hạt, làm tăng độ chảy lỏng hay giảm ngưỡng trượt và hằng số nhớt của vữa.

Khi hàm lượng xi thép thay thế tăng lên 20% và 30%,

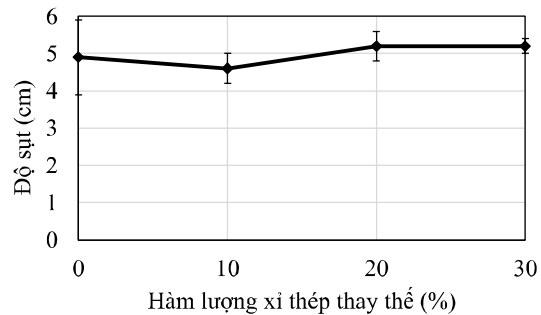
để giữ độ sụt không đổi, phụ gia hóa dẻo được thêm vào với cùng hàm lượng khoảng 0.15% so với khối lượng chất kết dính. So sánh đặc tính lưu biến của hai mẫu vữa này, ta thấy ngưỡng trượt và hằng số nhớt giảm khi hàm lượng xi thép tăng lên. Tuy nhiên, khi tăng hàm lượng xi thép từ 20% lên 30%, ngưỡng trượt và hệ số nhớt chỉ giảm tương ứng 19 và 23%; nghĩa là ít hơn 2 hoặc 3 lần so với khi tăng xi thép từ 0 lên 10%. Nếu so sánh với mẫu vữa chứa 10% xi, mẫu vữa chứa 20% và 30% xi, độ sụt hầu như không đổi nhưng các thông số lưu biến thay đổi. Đây là tác động tổng hợp của cả phụ gia hóa dẻo và hàm lượng phụ gia khoáng sử dụng

Bảng 2: Bảng giá trị τ_0 và μ của các loại vữa

Loại vữa	τ_0 (Pa)	μ (Pa.s)
Vữa chuẩn 0% xi	9,44	1,95
Vữa chứa 10% xi	3,41	1,09
Vữa chứa 20% xi	3,06	0,97
Vữa chứa 30% xi	2,47	0,75



Hình 3: Ảnh hưởng của xi thép tới ngưỡng trượt và hằng số nhớt của vữa



Hình 4: Độ sụt của các loại vữa

Có thể nói rằng, hàm lượng xi thép 10% là ngưỡng sử dụng nhạy cảm đối với tính công tác của vữa. Khi dùng xi thép nhiều hơn 10%, độ sụt của mẫu vữa giảm, và đặc tính lưu biến không cải thiện nhiều.

3.2. Cường độ nén

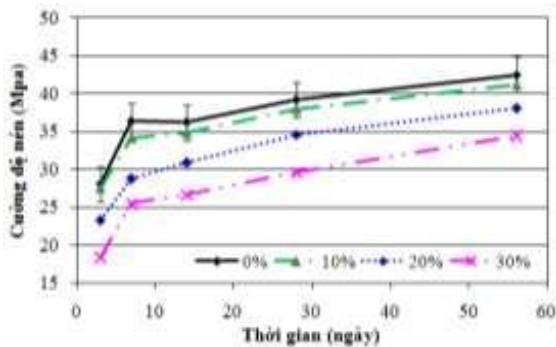
Cường độ nén của bốn loại vữa tại các ngày tuổi khác nhau được biểu diễn trên đồ thị Hình 5. Giống như mẫu vữa chỉ chứa xi măng Portland, tất cả các mẫu chứa xi thép đều tăng khả năng chịu nén ở tuổi dài ngày.

Mẫu vữa chứa 10% xi, nếu xét tới độ lệch chuẩn, có cường độ tương tự mẫu chuẩn ở mọi thời điểm. Các mẫu

vữa chứa xi nhiều hơn (20, 30%), khả năng chịu nén thấp hơn so với mẫu chuẩn tại tất cả các ngày tuổi. Hàm lượng xi được sử dụng càng tăng thì khả năng chịu nén của vữa càng giảm nhiều so với mẫu chuẩn. Kết quả này phù hợp với kết quả thu được trong nhiều nghiên cứu khác (Nguyễn và cộng sự, Kourounis và cộng sự). Cường độ thấp của các mẫu xi măng chứa xi thép cũng được ghi nhận bởi nhiều nhóm tác giả khác (Shi và Quian 2000). Theo nhóm tác giả này, nguyên nhân là do hàm lượng C₃S trong xi thép ít hơn nhiều so với trong xi măng Portland.

Ngoài ra, sự giảm cường độ của các mẫu chứa xi so với mẫu chuẩn có xu hướng nhỏ lại khi tuổi bảo dưỡng mẫu tăng. Thật vậy, ở 7 ngày tuổi, cường độ của mẫu vữa chứa 10%, 20%, 30% xi đạt lần lượt 94%, 79%, 70% cường độ của mẫu chuẩn. Và tại thời điểm 56 ngày, các mẫu xi này có cường độ chịu nén lần lượt bằng 97%, 90%, 81% so với mẫu chuẩn không chứa xi.

Tại những ngày tuổi ban đầu, sự phát triển cường độ của mẫu chứa xi chịu tác động chủ yếu bởi sự thủy hóa của xi măng Portland. Ở tuổi dài ngày, sự phát triển cường độ phụ thuộc vào cả sự thủy hóa của xi măng và các phản ứng thủy lực chậm của xi. Sự đóng góp vào cường độ muộn của xi có nguồn gốc từ cấu trúc và kích cỡ của các tinh thể C₂S chứa trong xi. Nhóm tác giả Kourounis và cộng sự [6] đã quan sát bằng kính hiển vi quang học và nhận thấy các tinh thể có kích thước lớn hơn 70 μm và đặc trưng bởi các cluster có dạng hình ngón tay chứ không phải dạng tinh thể tròn. C₂S tồn tại ở dạng như vậy là do tốc độ nguội chậm của xi khi ra khỏi lò.



Hình 5: Sự phát triển cường độ nén của các mẫu vữa theo thời gian

Altun và Yilmaz [8] nghiên cứu xi măng hỗn hợp chứa 15÷30% xi và đạt được 66÷83% cường độ của xi măng đơn thuần tại 28 ngày tuổi. Còn Kourounis và cộng sự [6], với cùng tỷ lệ thay thế đạt được 72÷88% tại 28 ngày tuổi và 80÷92% tại 90 ngày tuổi so với cường độ của mẫu xi măng đơn thuần. Kourounis và cộng sự [6] đã tuyển lựa sử dụng xi có kích thước hạt từ 0÷5 mm, sau đó đem nghiền đến khi đạt diện tích bề mặt riêng khoảng 3000 cm²/g. So với kết quả của nhóm Altun và Yilmaz [8], việc tuyển lựa và nghiền xi cải thiện đặc tính của xi măng hỗn hợp do độ mịn lớn hơn, hàm lượng các hợp chất có tính thủy lực nhiều hơn và các oxit kim loại ít hơn so với nguyên liệu xi thô. Kết quả thu được trong nghiên cứu này hoàn toàn tương đương với kết quả của nhóm tác giả Kourounis và cộng sự [6]. Điều đó cho thấy việc

tuyển lựa xi có thể mở rộng tới các hạt có kích cỡ khoảng 4 cm.

3.3. Hiệu quả môi trường

Kết quả thực nghiệm cho thấy, thay thế 10% xi măng bằng xi thép không làm ảnh hưởng tới khả năng chịu nén của mẫu vữa. Đồng thời, đặc tính lưu biến của vữa được cải thiện. Ngoài ra, với hàm lượng xi thép sử dụng này, để đảm bảo độ sụt của vữa, không cần dùng phụ gia hóa dẻo. Sau đây, lợi ích về mặt tiết kiệm nguyên liệu và giảm khí phát thải khi sử dụng xi măng hỗn hợp 10% xi thép EAF Đà Nẵng sẽ được đánh giá.

3.3.1. Tiết kiệm nguyên liệu thô khi sản xuất xi măng

Để tính toán sơ bộ mức độ bảo vệ nguồn tài nguyên thiên nhiên, một số giả thiết sau được sử dụng:

- Phối liệu thô ban đầu gồm 80% đá vôi và 20% đất sét. Tỷ lệ phối liệu thô và clinker thu được là 1,6:1, và 60% khối lượng hao hụt sau quá trình nung luyện.

- Tỷ lệ clinker sử dụng và xi măng thu được là 0,95:1 do trộn thêm 5% thạch cao để khống chế sự thủy hóa nhanh của các pha aluminates, điều chỉnh thời gian đông kết của xi măng.

Trên cơ sở những giả thiết này, Bảng 3 sẽ tổng hợp vật liệu được dùng để sản xuất hai loại xi măng: Portland và hỗn hợp Portland-xi thép có cùng cường độ.

Bảng 3: Vật liệu sử dụng để sản xuất xi măng Portland và xi măng hỗn hợp Portland - xi thép (tấn/1 tấn xi măng)

		Xi măng Portland	Xi măng Portland-xi thép
Sản phẩm cuối cùng (tấn)	Clinker	0,95	0,85
	Thạch cao	0,05	0,05
	Xi thép	0	0,1
Khai thác (tấn)	Đá vôi	1,216	1,088
	Đất sét	0,304	0,272

Như vậy, nguồn tài nguyên bảo vệ được khi sản xuất 1 triệu tấn xi măng hỗn hợp xi thép có cùng cường độ với xi măng Portland là 128000 tấn đá vôi và 32000 tấn đất sét, tương đương 10,53% (Bảng 4).

Bảng 4: Vật liệu tiết kiệm được/1 triệu tấn xi măng

	Đá vôi	Đất sét	Xi thép sử dụng
Tấn	128000	32000	100000
%	10,53	10,53	10

3.3.2. Hàm lượng khí CO₂ phát thải giảm

Bảng 5 tổng hợp hàm lượng các khí phát thải khi sản xuất 1 tấn xi măng trong giai đoạn nung luyện theo tài liệu của hiệp hội xi măng Portland (PCA) [9].

Khi sử dụng 10% xi thép thay thế xi măng, hàm lượng

clinker giảm được 10,53%. Vậy, lượng khí thải giảm khi sản xuất 1 triệu tấn xi măng loại này được tính và cho trong Bảng 6.

Bảng 5: Hàm lượng khí phát thải khi sản xuất 1 tấn xi măng

Khí	SO ₂	NO _x	CO	CO ₂	THC
kg	2,5028	2,5019	0,4464	813,1407	0,0616

Bảng 6: Lượng khí phát thải giảm được khi sản xuất 1 triệu tấn xi măng xi thép

Khí	SO ₂	NO _x	CO	CO ₂	THC
kg	263541	263541	47004	85623716	6491

THC: total hydrocarbons

Chỉ xét riêng hàm lượng khí CO₂, trung bình 1 tấn xi măng sản xuất phát thải 813,1407 kg CO₂. Việc dùng 10% xi thép thay thế xi măng cho phép giảm 10,53% hàm lượng khí CO₂ phát thải, hay 85,62 kg/1 tấn xi măng.

Giả thiết rằng, khí CO₂ phát thải từ việc đốt nhiên liệu và phân hủy đá vôi, mỗi loại chiếm 50%. Nếu hàm lượng khí thải này giảm nhờ nâng cao hiệu suất nhiệt (chỉ từ nguồn chất đốt) thì hiệu suất đốt phải tăng 21,06 %, một giải pháp không thể khả thi.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu khả năng sử dụng xi thép thu thập trên địa bàn thành phố Đà Nẵng làm phụ gia khoáng hoạt tính cho xi măng. Ảnh hưởng của hàm lượng xi thép sử dụng tới các tính chất khác nhau của vữa, gồm tính chất lưu biến và cường độ nén được đánh giá. Kết quả cho thấy, với 10% xi thép sử dụng, cường độ nén của vữa hầu như không đổi. Khi tiếp tục tăng hàm lượng xi thép thay thế, cường độ nén của vữa giảm. Hàm

lượng xi thép càng cao, khả năng chịu nén của vữa càng giảm. Việc sử dụng xi thép cải thiện đáng kể tính chất lưu biến của vữa, đặc biệt với hàm lượng 10% xi thép. Đây là tỷ lệ sử dụng tối ưu đối với xi thép được thu thập và gia công trong nghiên cứu này. Khi thay thế 10% xi măng bằng xi thép, sẽ giúp giảm được 10,53% hàm lượng clinker sử dụng, đồng thời giảm 10,53% hàm lượng khí phát thải, đặc biệt là khí CO₂.

Tài liệu tham khảo

- [1] Yildirim, I.Z., Prezzi, M., 2011. Chemical, mineralogical, and morphological properties of steel slag. *Advances in Civil Engineering*, 13 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2011/463638>
- [2] Delbecq, M., 2010. Steel Slags as Cementitious Materials, Arcelor Mital Report.
- [3] Nguyễn, V.P., Lê, T.D.H., Huỳnh, N.M., Lê, M.S., Nguyễn, T.H., Nguyễn, K.S., 2014. Tái chế xi thép lò hồ quang điện làm thành phần phụ gia khoáng xi măng, *Tạp chí KHCN Xây dựng* 2, 49-57.
- [4] Adjoudj, M., Ezziane, K., Hadj, E., Ngo, T.T., Kaci, A., 2014. Evaluation of rheological parameters of mortar containing various amounts of mineral addition with polycarboxylate superplasticizer, *Construction and Building Materials* 70, 549-559.
- [5] Estellé P., Lanos C., Perrot A., 2008. Processing the Couette viscometry data using a Bingham approximation in shear rate calculation, *J Non-Newtonian Fluid Mech* 154(1), 31-38.
- [6] Kourounis S., Tsivilis S., Tsakiridis P. E., Papadimitriou G. D., Tsibouki Z., 2007. Properties and hydration of blended cements with steelmaking slag, *Cement and Concrete Research* 37, 815-822.
- [7] Shi C., Qian J., 2000. High performance cementing materials from industrialslags—a review, *Resour. Conserv. Recycl.* 29(3), 195-207.
- [8] Altun I. A., Yilmaz I., 2002. Study on steel furnace slags with high MgO as additive in Portland cement, *Cement and Concrete Research* 32 (8), 1247-1249.
- [9] Nisbet A., 1996. The reduction of resource input and emissions achieved by addition of limestone to Portland cement. *Portland Cement Association Report*, 10 pages.

(BBT nhận bài: 01/09/2016, phản biện xong: 30/10/2016)