

Ứng xử của kết cấu thép ở nhiệt độ cao và giải pháp chống cháy cho kết cấu thép

Behavior of steel structures at high temperatures and fire protection solutions for steel structures

> **TRẦN TRUNG HIẾU**

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

TÓM TẮT

Phòng cháy chữa cháy là điều cần thiết cho sự an toàn của kết cấu nói chung, và kết cấu thép nói riêng. Kết cấu thép có nhược điểm là khả năng chịu lửa kém, từ các nghiên cứu của nhiều tác giả cho thấy giới hạn chịu lửa của kết cấu thép lớn nhất có thể là 15 phút trong điều kiện cháy tiêu chuẩn. Vì vậy, kết cấu thép phải được thiết kế xây dựng sao cho duy trì được độ bền cần thiết khi xảy ra hỏa hoạn. Bài báo trình bày tổng quan về ứng xử của kết cấu thép ở nhiệt độ cao và giải pháp chống cháy cho kết cấu thép trong các công trình xây dựng tại Việt Nam.

Từ khóa: Ứng xử; kết cấu thép; nhiệt độ cao; giải pháp chống cháy...

ABSTRACT

Fire prevention is necessary for the safety of structures in general, and steel structures in particular. Steel structures have the disadvantage of weak fire resistance. Studies by experts show that the maximum fire resistance limit of steel structures can be 15 minutes under the standard of fire. Therefore, the steel structure must be designed and constructed so that it maintains the necessary durability in case of a fire. This article presents an overview of the behavior of steel structures at high temperatures and fire protection solutions for steel structures in construction projects in Vietnam.

Key words: Behavior; steel structures; high temperatures; fire protection...

1. MỞ ĐẦU

Ở Việt Nam hiện nay, kết cấu thép ngoài việc được sử dụng cho các công trình công nghiệp như nhà máy, nhà xưởng, hangar... thì còn được sử dụng trong các công trình dân dụng nhà nhiều tầng và nhà cao tầng. Bên cạnh những ưu điểm mà chúng ta đã biết như: có khả năng chịu lực lớn, trọng lượng nhẹ, độ tin cậy cao... thì kết cấu thép cũng có những hạn chế như khả năng chịu nhiệt.

Việt Nam rất coi trọng vấn đề về đảm bảo an toàn cháy đối với

nhà và công trình, minh chứng điều đó là Bộ Xây dựng đã ban hành QCVN 06:2010/BXD - Quy chuẩn quốc gia về an toàn cháy cho nhà và công trình. Trong 04 năm liên tiếp gần đây, Quy chuẩn về an toàn cháy cho nhà và công trình đã liên tục được soát xét, thay thế và ban hành sửa đổi (QCVN 06:2020/BXD, QCVN 06:2021/BXD, QCVN 06:2022/BXD và Sửa đổi 1:2023 QCVN 06/2023). Hiện nay, việc biên soạn các tiêu chuẩn, tài liệu hướng dẫn vẫn đang được triển khai. Theo QCVN 06:2022/BXD, các cấu kiện xây dựng của nhà và công trình phải đảm bảo giới hạn chịu lửa được quy định tương ứng theo các bậc chịu lửa của nhà và công trình (Bảng 1).

Bảng 1. Giới hạn chịu lửa của cấu kiện (Bảng 4 [4])

Bậc chịu lửa của nhà, công trình và khoang cháy	Giới hạn chịu lửa của cấu kiện, không nhỏ hơn						
	Tường chịu lực, cột chịu lực và các bộ phận chịu lực khác	Tường ngoài không chịu lực	Sàn tầng (bao gồm cả sàn tầng áp mái và sàn trên tầng hầm)	Kết cấu mái không có tầng áp mái		Các cấu kiện xây dựng của buồng thang bộ	
				Tấm lợp (kể cả tấm lợp có lớp cách nhiệt)	Giàn, dầm, xà gỗ	Tường trong	Bản thang và chiếu thang
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 45	R 15
V	Không quy định						

Hầu hết các vật liệu (thép, bê tông) đều giảm cường độ và mô đun đàn hồi ở nhiệt độ cao tại thời điểm xảy ra cháy. Đối với kết cấu thép, khi cấu kiện tiếp xúc với một nguồn cháy, nhiệt độ của vật liệu thép sẽ gia tăng, đồng thời cường độ và mô đun đàn hồi của vật liệu thép sẽ giảm. Điều này dẫn đến biến dạng và hư hỏng có thể xảy ra, tùy thuộc vào tải trọng tác dụng và điều kiện liên kết. Nhiệt độ thép tăng phụ thuộc vào mức độ nghiêm trọng cháy, diện tích bề mặt thép tiếp xúc với cháy và giải pháp phòng cháy chữa cháy được áp dụng.

Để tăng khả năng chịu lửa của kết cấu thép, các cấu kiện thường được chỉ định sử dụng thêm các giải pháp bảo vệ.

2. ỨNG XỬ CỦA KẾT CẤU THÉP Ở NHIỆT ĐỘ CAO

Như đã đề cập ở trên, hầu hết các vật liệu đều giảm sức kháng khi chịu nhiệt nhưng thép có thể phục hồi sức kháng khi nhiệt độ trở về trạng thái nguội. Khi bề mặt tiết diện cấu kiện kết cấu thép tiếp xúc với nguồn nhiệt, vật liệu thép hấp thụ năng lượng nhiệt; Sau một thời gian làm mát nhất định, cấu kiện kết cấu thép có thể trở lại trạng thái ổn định hoặc bị mất ổn định [5]. Trong quá trình gia nhiệt này và làm nguội các cấu kiện kết cấu thép có thể sẽ:

- Đảm bảo để sử dụng bình thường;
- Bị phá hoại do biến dạng lớn;
- Được tái sử dụng bằng cách duỗi thẳng.

Nếu kết cấu thép không được bảo vệ cách nhiệt thì chúng có

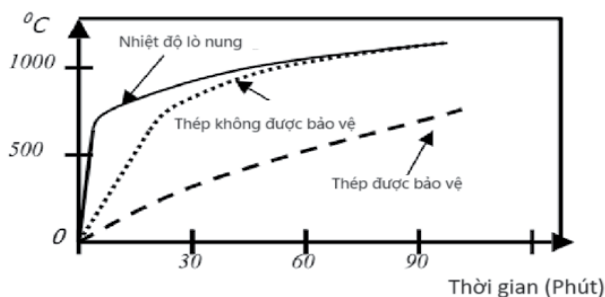
xu hướng ứng xử kém hơn trong điều kiện chịu nhiệt so với kết cấu bê tông cốt thép hoặc kết cấu gỗ, bởi vì các bộ phận trong cấu kiện thép thường mỏng hơn và vật liệu thép có độ dẫn nhiệt cao hơn so với hầu hết các vật liệu xây dựng khác. Kết cấu thép khi không được bảo vệ có thể tồn tại trong một số đám cháy nếu mức độ nghiêm trọng thấp và khi thép không bị quá nóng. Qua các thử nghiệm toàn diện và một số vụ cháy thực tế trong các tòa nhà thép lớn đã chỉ ra rằng, các kết cấu thép được thiết kế tốt có thể chống lại các đám cháy nghiêm trọng mà không bị sụp đổ, ngay cả khi một số các cấu kiện chịu lực chính không được áp dụng biện pháp bảo vệ chống cháy. Tuy nhiên, do sự giãn nở nhiệt của các cấu kiện thép lại có thể là nguyên nhân gây ra hư hỏng ở những bộ phận khác trong tòa nhà.



Hình 1. Minh họa nhà thép bị sụp đổ do tác động của cháy (nguồn figure 6.1 [6])

Các thành phần vật liệu dễ cháy là nguyên nhân tạo ra nhiệt độ trong kết cấu còn được gọi là tải trọng cháy [5]. Ngày nay trong thiết kế công trình, tỷ lệ vật liệu cháy là vấn đề cần quan tâm. Bất kỳ cấu kiện kết cấu nào cũng đều được thiết kế để chịu tải trọng cháy, nếu vượt qua giới hạn nào đó nó sẽ hư hỏng hoặc sụp đổ do giảm sức kháng.

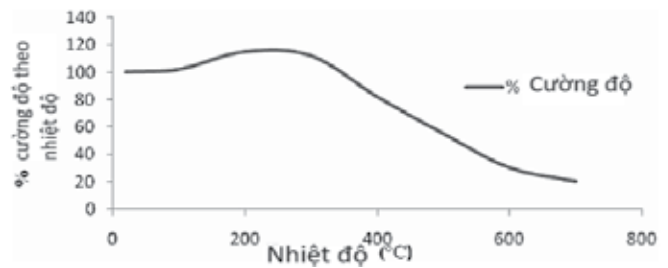
Phân hạng cháy được xác định theo mức độ an toàn cháy nổ của tòa nhà. Tải trọng cháy và phân hạng cháy có mối tương quan về vấn đề thiết kế. Phân hạng cháy tỷ lệ thuận với tải trọng cháy và nó phụ thuộc vào đặc tính dễ cháy của vật liệu và yếu tố thông gió. Hình 2 dưới đây, chứng minh cho ta thấy rằng tốc độ gia tăng nhiệt độ đối với kết cấu thép không được bảo vệ cao hơn so với kết cấu thép có sử dụng biện pháp bảo vệ.



Hình 2. Tốc độ gia tăng nhiệt độ đối với kết cấu thép [5]

Sự giãn nở nhiệt là đặc tính biểu thị thời gian gia nhiệt của kết cấu. Nó là nguyên nhân chính gây thêm áp lực cho các liên kết và tạo ra độ võng. Khi kết cấu thép nguội đi, có xu hướng quay trở lại trạng thái ban đầu và thường tạo ra độ vênh [6].

Khi tiếp xúc với nguồn nhiệt, cường độ của kết cấu thép thay đổi so với cường độ ở nhiệt độ bình thường, biểu diễn sự thay đổi được thể hiện trong Hình 3.



Hình 3. Biến thiên cường độ của kết cấu thép theo nhiệt độ cháy [6]

Theo Hình 3, khi nhiệt độ tăng thì cường độ của vật liệu giảm (ngoại trừ khi nhiệt độ trong khoảng từ 200 °C đến 350 °C, cường độ tăng trong khoảng 10%). Ở nhiệt độ 550 °C thì cường độ của vật liệu chỉ còn một nửa so với cường độ vật liệu khi ở nhiệt độ bình thường ban đầu.

Mô đun đàn hồi của thép ở nhiệt độ thông thường là 230×10^3 MPa. Khi nhiệt độ tăng thì giá trị mô đun đàn hồi giảm.

Các yếu tố ảnh hưởng đến ứng xử của kết cấu thép dưới tác động của cháy có thể kể đến bao gồm:

(1) Tải trọng: là một trong những yếu tố chính ảnh hưởng đến ứng xử của thép kết cấu. Khi giảm tải trọng tác dụng lên kết cấu, khả năng chịu cháy và chịu nhiệt độ tăng lên. Vì vậy, luôn luôn sử dụng kết cấu với tải trọng thấp hơn để tăng khả năng chống cháy [9].

(2) Mối nối: mối nối của cột với dầm trong các tòa nhà thép thường được thiết kế là các liên kết chịu cắt. Phần tử giằng đóng vai trò truyền, chịu lực. Nếu kết cấu bị biến dạng do tác động của cháy, mô men sẽ được phân phối sang liên kết để làm giảm mô men ở giữa nhịp. Do đó, khả năng chịu tải trọng và kháng cháy của dầm được tăng lên [9].

(3) Liên kết: độ võng và khả năng chịu nhiệt của kết cấu thép phụ thuộc vào liên kết (loại liên kết). Đối với cùng một nguồn nhiệt, dầm sử dụng liên kết đơn giản có thể tồn tại lâu hơn so với liên kết kiểu ngàm (khống chế chuyển vị quay) [10].

(4) Tính tương hỗ: là tác dụng giữa các phần tử khác nhau trong toàn bộ hệ kết cấu. Tương tác tạo ra sự gắn kết lớn giữa các phần tử thép và sự phá hoại của một cấu kiện không phải là vấn đề lớn trong trường hợp đó vì các bộ phận tiếp theo có thể tham gia duy trì chịu tải trọng thông qua các đường truyền tải trọng thay thế [11].

(5) Phân vùng: sự giãn nở nhiệt trong các bộ phận được làm nóng có thể phát sinh sự mất ổn định, có thể làm đổi hướng tải trọng tác dụng và làm suy yếu khả năng chịu lực của các cấu kiện [11]. Phân vùng là cách khoanh vùng đám cháy trong các tòa nhà.

(6) Lực kéo: xảy ra trong các cấu kiện liên hợp của tòa nhà khung thép, khi phần tiết diện thép chịu tải trọng, vết nứt bắt đầu xuất hiện trong phần bê tông. Nó cải thiện sức kháng của hệ kết cấu, hình thành một đường tải trọng thay thế và cũng giảm thiểu yêu cầu về phòng cháy chữa cháy [10].

(7) Phân bố nhiệt độ: chủ yếu là thay đổi nhiệt độ theo mặt cắt ngang của tiết diện hoặc dọc theo chiều dài của cấu kiện. Cấu kiện có phân bố nhiệt độ khác nhau trong mặt cắt có khả năng chống chịu tốt hơn so với cấu kiện có nhiệt độ phân bố đồng đều [11].

3. GIẢI PHÁP CHỐNG CHÁY CHO KẾT CẤU THÉP

3.1 Khái quát chung

Điều cơ bản của thiết kế đảm bảo an toàn cháy cho kết cấu nhà và công trình là đảm bảo đủ thời gian để thoát người trước khi có sự cố về kết cấu. Có hai phương pháp thiết kế đảm bảo an toàn cháy cho kết cấu thép:

- Phương pháp thứ nhất, tiết diện là yếu tố được xét đến ở nhiệt độ bình thường, xem xét với kết cấu cần thiết đảm bảo chống cháy để đảm bảo tính toàn vẹn kết cấu. Bằng cách xem xét yếu tố tiết diện, có thể xác định được tốc độ hấp thụ nhiệt và xác định được hệ số mặt cắt, tỷ lệ của phần diện tích tiếp xúc với cháy so với diện tích mặt cắt ngang của cấu kiện. Cấu kiện có giá trị H_p/A thấp có khả năng chống cháy cao và cấu kiện có H_p/A cao hơn có khả năng chống cháy thấp hơn. Hệ số mặt cắt cho biết có cần biện pháp chống cháy hay không và cũng xác định được các yêu cầu về cấp độ phòng cháy chữa cháy. Thí dụ, cấu kiện được coi là đạt R8 theo QCVN 06:2022/BXD nếu $A_m/V \leq 250 \text{ m}^{-1}$.

- Phương pháp thứ hai, các vật liệu có tính chống cháy cao được đưa vào sử dụng. Khi đó, ở nhiệt độ cao thì cũng có thể không cần biện pháp bảo vệ. Phương pháp thứ hai này chủ yếu được áp dụng đối với dầm nếu như khả năng chịu mô men vượt qua mô men theo tính toán, dầm có khả năng chịu cháy.

Bên cạnh việc sử dụng hai phương pháp thiết kế trên, để tăng cường tính chống cháy cho kết cấu thép có thể sử dụng các giải pháp hệ thống phòng cháy chữa cháy chủ động hoặc giải pháp chống cháy động.

3.2 Sử dụng hệ thống phòng cháy chữa cháy chủ động

Hệ thống phòng cháy chữa cháy chủ động (PCCC) là hệ thống chủ động hoạt động khi có cháy xảy ra. Là hệ thống phát hiện, báo động hoặc hệ thống phun nước để giảm ảnh hưởng của đám cháy. Chức năng của nó là khống chế đám cháy nhỏ hoặc là các bước khởi đầu để kiểm soát đám cháy trước khi lực lượng cứu hỏa tiếp cận và hành động. Việc sử dụng hệ thống này có thể tạo ra một khoản tiết kiệm kinh tế lớn và an toàn cho sinh mạng. Nguyên nhân chính gây tử vong khi xảy ra hỏa hoạn là “khói” và vấn đề quan trọng nhất về hiệu quả chi phí là của tòa nhà.

Hiện nay, hệ thống phòng cháy chữa cháy chủ động được thiết kế phù hợp với hầu hết với mọi công trình, từ tòa chung cư, nhà hàng, nhà máy, nhà kho, quán Bar... Hệ thống PCCC không chỉ là hệ thống an ninh có nhiệm vụ bảo vệ tài sản và tính mạng khi có sự cố hỏa hoạn xảy ra mà còn được thiết kế phù hợp với công trình thi công của khách hàng. Do vậy, các thiết bị phòng cháy chữa cháy phải được lắp đặt cùng với nhau có chức năng riêng biệt trong hệ thống PCCC được hoàn thiện và hoạt động hiệu quả hơn. Đây cũng là giá trị cốt lõi tạo nên chất lượng của hệ thống PCCC chuyên nghiệp.

3.3 Sử dụng giải pháp chống cháy thụ động

Vật liệu chống cháy được sử dụng để bảo vệ các kết cấu quan trọng (chẳng hạn như kết cấu thép và khe hở) khỏi tác động của đám cháy. Mục tiêu của áp dụng giải pháp chống cháy thụ động là duy trì an toàn tính mạng con người. Việc này thực hiện bằng cách duy trì tính toàn vẹn kết cấu trong một thời gian cháy và hạn chế sự lan truyền cháy và các hiệu ứng của cháy (ví dụ, nhiệt và khói). Bảo vệ tài sản và tính liên tục của các hoạt động là mục tiêu thứ hai.

Vật liệu chống cháy có thể là: phun màng mỏng chống cháy, vật liệu cách nhiệt dựa trên thạch cao và xi măng, bông khoáng chất và băng kéo chống cháy, lớp phủ chống cháy hoặc dùng kết cấu bê tông... Ở Việt Nam hiện nay đang sử dụng chủ yếu 03 giải pháp đó là: bọc thạch cao chuyên dụng chống cháy, phun vữa chống cháy và sơn chống cháy:

a) Giải pháp bọc thạch cao chuyên dụng

Tấm thạch cao chống cháy được bọc xung quanh kết cấu thép cần bảo vệ bằng một hệ clip và khung thép chuyên dụng, không cần phải khoan vít làm ảnh hưởng đến cường độ kết cấu thép. Đây là cách đạt hiệu quả và đã được sử dụng nhiều ở Việt Nam.



Hình 4. Bọc thạch cao chuyên dụng bảo vệ kết cấu thép

Tùy theo giới hạn thời gian chống cháy cho cột thép R90, R120, R150, chúng ta sẽ áp dụng chiều dày của tấm cụ thể như:

- + Chống cháy 60 phút đến 90 phút, 120 phút dùng duy nhất 1 hoặc 2 lớp tấm thạch , không cần lớp cách nhiệt;
- + Chống cháy 150 phút có thể dùng 2 lớp tấm thạch cao dày 15mm.

Phụ lục F - QCVN 06/2020/BXD đưa ra chỉ dẫn cụ thể cho việc áp dụng biện pháp này nên việc áp dụng và thi công trong thực tế tương đối thuận lợi.

Bảng 2. Giới hạn chịu lửa danh định của dầm bằng thép được bọc bảo vệ (khối lượng dầm trên 1 m dài không nhỏ hơn 30 kg) - Trích Bảng F9[2]

TT	Kết cấu và vật liệu bảo vệ	Chiều dày nhỏ nhất, mm, của lớp bảo vệ để đảm bảo giới hạn chịu lửa					
		R 240	R 180	R 120	R 90	R 60	R 30
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
A Lớp bảo vệ dạng đặc ¹⁾ (không trát)							
1	Bê tông cốt liệu tự nhiên có cấp phối không ít xi măng hơn 1 : 2 : 4						
	a) Bê tông không tham gia chịu lực, có cốt thép ²⁾ b) Bê tông có tham gia chịu lực có cốt thép	75 75	50 75	25 50	25 50	25 50	25 50
2	Phun bọc bằng vermiculite – xi măng với chiều dày bằng:	-	-	38	32	19	12,5
B Lớp bảo vệ dạng rỗng ³⁾							
1	Latê thép						
	a) Trát xi măng – vôi với chiều dày bằng:	-	-	38	25	19	12,5
	b) Trát thạch cao với chiều dày bằng:	-	-	22	19	16	12,5
c) Trát thạch cao – vermiculite hoặc thạch cao – perlitê với chiều dày bằng:	32	-	12,5	12,5	12,5	12,5	
2	Tấm ốp hoàn thiện bằng thạch cao buộc bằng sợi thép 1.6 mm với khoảng cách 100 mm						
	a) Tấm ốp hoàn thiện dày 9,5 mm, trát thạch cao với chiều dày bằng: b) Tấm ốp hoàn thiện dày 19 mm, trát thạch cao với chiều dày bằng:	- -	- -	- 12,5	- 10	12,5 7	12,5 7

Ưu điểm của giải pháp

- Thi công tương đối dễ dàng với các cấu kiện có hình dạng góc cạnh phẳng;
- Có thể sử dụng trên các cấu kiện không cần phải xử lý bề mặt;
- Là vật liệu khô nên không ảnh hưởng đến các cấu kiện khác khi thi công;
- Chất lượng của tấm được đảm bảo vì được sản xuất tại nhà máy;
- Khả năng chống cháy đảm bảo tiêu chuẩn yêu cầu (lên đến 03 giờ);
- Sau khi bọc, kết cấu được sơn bả bình thường, độ thẩm mỹ công trình vẫn đảm bảo. Có thể sử dụng làm trang trí;
- Giá thành thấp hơn so với các giải pháp khác.

Hạn chế của giải pháp

- Thời gian thi công và lắp dựng lâu;
- Khó áp dụng với hệ kết cấu phức tạp;
- Phát sinh khối lượng cho kết cấu.

b) Giải pháp phun vữa chống cháy

Vữa chống cháy cho kết cấu thép được phun lên bề mặt thép để tạo lớp bọc theo yêu cầu thiết kế xây dựng, để tăng giới hạn chịu lửa cho kết cấu thép như: tường, mái,... cung cấp khả năng chống cháy cho nhiều tòa nhà, mái nhà, dầm thép, cột thép, hệ thống ống

thông gió... Vữa chống cháy dùng cho kết cấu thép là dạng bột vữa siêu nhẹ, sản xuất từ vật liệu chống cháy cách nhiệt vô cơ, hoàn toàn không gây kích ứng và an toàn để sử dụng. Đây là một trong những giải pháp hiệu quả giúp chống cháy, cách nhiệt và dễ thi công.



Hình 5. Phun vữa chống cháy bảo vệ kết cấu thép

Ở Việt Nam, có một số loại vữa chống cháy thường được sử dụng: Bê tông xi măng Pumice, Thạch cao Vermiculite, Vermiculite xi măng, Bê tông xi măng Pumice...

Phụ lục F - QCVN 06/2020/BXD đưa ra chỉ dẫn cụ thể cho việc áp dụng giải pháp này, việc áp dụng và thi công trong thực tế tương đối thuận lợi. Thí dụ, theo Bảng F8 - Phụ lục F [2], dầm bằng thép được bọc bảo vệ (khối lượng dầm trên 1 m dài không nhỏ hơn 30 kg) sẽ có giới hạn chịu lửa danh định là R90 nếu chiều dày lớp bọc Vermiculite xi măng là 32 mm.

Ngày 15/11/2021, Bộ Xây dựng cũng đã có công văn số 4727/BXD-KHCN hướng dẫn áp dụng sản phẩm vữa chống cháy GLC phun bọc bảo vệ kết cấu thép đạt giới hạn chịu lửa danh định.

Ưu điểm của giải pháp

- Ứng dụng dễ dàng với cả các khung phức tạp;
- Có thể sử dụng ở bên ngoài trời;
- Không yêu cầu sự chuẩn bị về bề mặt;
- Giá cả thấp hơn so với sơn chống cháy.

Nhược điểm của giải pháp

- Thường chỉ sử dụng ở những nơi không nhìn thấy vì bề mặt không thẩm mỹ;
- Có ảnh hưởng đến quá trình thi công do nó ở dạng ướt;
- Cần phải có biện pháp che chắn trong quá trình phun;
- Phát sinh khối lượng cho kết cấu.

c) Giải pháp sơn chống cháy

Theo giải pháp này, kết cấu thép được bọc bởi lớp sơn chống cháy trương nở (intumescent). Thông thường, sơn chống cháy sẽ có các thành phần chính bao gồm: Acrylic, vỏ trấu, Epoxy và các phụ gia hóa chất khác.



Hình 6. Sơn chống cháy bảo vệ kết cấu thép

Khi gặp nhiệt độ cao, màng sơn sẽ phồng, nở. Sự kết hợp này có tác dụng làm cho quá trình chống cháy được kéo dài hơn, nhằm bảo vệ kết cấu thép ở bên trong lớp sơn không bị biến dạng và sụp đổ kết cấu khi nhiệt độ lên tới 1000 °C, đủ đảm bảo về thời gian cho xe cứu hỏa tới dập

lửa. Từ đó có thể hạn chế những tổn thất không đáng có. Cơ chế hoạt động chung của sơn chống cháy cho kết cấu thép:

- Khi xảy ra hỏa hoạn, sơn chống cháy cho kết cấu thép sẽ xảy ra phản ứng và tạo ra chất Acid Phosphoric ở nhiệt độ 150 °C;
- Nhiệt độ 300°C, sơn chống cháy sinh ra các chất khí không bắt lửa, và các lớp phồng rộp có tác dụng cách nhiệt bảo vệ kết cấu thép;
- Khi nhiệt độ lên 500 °C, sơn chống cháy tạo thành một lớp trương phồng, xốp bám trên bề mặt kết cấu thép;
- Nhiệt độ đạt đến 1000 °C, sơn được giãn nở ra đến mức tối đa, giữ lại khí CO₂ và ngăn sự tác động của lửa đến kết cấu thép.

Nước ta hiện nay cũng có rất nhiều nhà sản xuất sơn chống cháy. Thời gian bảo vệ kết cấu thép từ 60; 90 hoặc 120 phút tùy thuộc vào độ dày màng sơn. Một số dòng sơn được mang đi kiểm định đốt mẫu tại lò thì đạt giới hạn chịu lửa lên tới 150 phút, và sơn chống cháy 180 phút.

Ưu điểm của phương pháp

- Dễ dàng cho việc thi công với cả kết cấu phức tạp;
- Giữ được hình dáng gốc;
- Khả năng bảo vệ các chi tiết tốt;
- Cơ bản không phát sinh khối lượng kết cấu.

Nhược điểm của phương pháp

- Chi phí cao;
- Đây cũng là phương pháp bán ướt nên đòi hỏi điều kiện thời tiết khi thi công;
- Khả năng chống cháy phụ thuộc vào kỹ thuật;
- Cần có thí nghiệm kiểm định.

4. KẾT LUẬN

Bài báo này đã trình bày tổng quan về ứng xử của kết cấu thép ở nhiệt độ cao và một số giải pháp chống cháy cho kết cấu thép.

Đối với kết cấu thép, khi tiếp xúc với nguồn nhiệt, nhiệt độ của thép sẽ gia tăng đồng thời cường độ và mô đun đàn hồi của thép sẽ giảm. Điều này dẫn đến biến dạng và hư hỏng có thể xảy ra, tùy thuộc vào tải trọng tác dụng và điều kiện liên kết. Có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chống cháy của kết cấu thép.

Để tăng khả năng chịu nhiệt, khả năng chống cháy, kết cấu thép thường được chỉ định sử dụng thêm các giải pháp bảo vệ. Đã có một số giải pháp bảo vệ phổ biến đang được áp dụng tại Việt Nam và mang lại hiệu quả như đã được nêu ra trong mục 3 của bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bilotta, A., de Silva, D. and Nigro, E., 2016. Tests on intumescent paints for fire protection of existing steel structures. *Construction and Building Materials*, 121, pp. 410-422.
- [2] Liu, T.C.H., Fahad, M.K. and Davies, J.M., 2002. Experimental investigation of behaviour of axially restrained steel beams in fire. *Journal of Constructional Steel Research*, 58(9), pp. 1211-1230.
- [3] Liu, T.C.H., 1996. Finite element modelling of behaviours of steel beams and connections in fire. *Journal of Constructional Steel Research*, 36(3), pp. 181-199.
- [4] QCVN 06:2010/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia An toàn cháy cho nhà và công trình.
- [5] QCVN 06:2020/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia An toàn cháy cho nhà và công trình.
- [6] QCVN 06:2021/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia An toàn cháy cho nhà và công trình.
- [7] QCVN 06:2022/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia An toàn cháy cho nhà và công trình.
- [8] Sửa đổi 1:2023 QCVN 06:2022/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia An toàn cháy cho nhà và công trình.
- [9] Wald, F., Chlouba, J., Uhlir, A., Kallerova, P. and Štujberová, M., 2009. Temperatures during fire tests on structure and its prediction according to Eurocodes. *Fire safety journal*, 44(1), pp. 135-146.
- [10] Wickström, U., 1985. Temperature analysis of heavily-insulated steel structures exposed to fire. *Fire Safety Journal*, 9(3), pp. 281-285.
- [11] Wang, J. and Wang, G., 2014. Influences of montmorillonite on fire protection, water and corrosion resistance of waterborne intumescent fire retardant coating for steel structure. *Surface and Coatings Technology*, 239, pp. 177-184.