



NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP GIA CỐ KHUNG THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP NHẹ TRONG QUÁ TRÌNH CẢI TẠO XÂY DỰNG

RESEARCH ON SOLUTIONS FOR REINFORCING STEEL FRAME OF PREFABRICATED INDUSTRIAL BUILDINGS DURING THE CONSTRUCTION AND RENOVATION PROCESS

/ Nguyễn Tiến Thành, Nguyễn Xuân Lộc¹

Tóm tắt: Hiện nay rất nhiều nhà máy trong các khu công nghiệp có nhu cầu mở rộng diện tích sử dụng để tăng khả năng sản xuất, đáp ứng các đơn hàng của đối tác. Cách làm đơn giản nhất là xây mới thêm các nhà xưởng bên cạnh các nhà xưởng đã có. Tuy nhiên đối với nhiều công ty sẽ không có đủ diện tích để xây mới cũng như không đủ chi phí xây dựng mới thì giải pháp cải tạo nhà xưởng cũ được lựa chọn. Bài báo trình bày một số giải pháp gia cố kết cấu khung hợp lý để cải tạo nhà xưởng nhẹ nhằm tăng diện tích sử dụng, đáp ứng được nhu cầu sản xuất.

Từ khóa: Khung thép, nhà xưởng, sàn lửng, cải tạo, cột khung, kèo thép.

Abstract: Currently, many factories in industrial zones need to expand their usable area to increase production capacity and meet partners' orders. The simplest way is to build new factories adjacent to the existing ones. Nonetheless, for many companies that do not have enough construction area for new building or construction cost for new one. Therefore, the solution of renovating

old factories is chosen. This article presents some reasonable solutions for reinforcing frame structures to renovate prefabricated factories, in order to increase usable area and meet production needs.

Keywords: Steel frame, factory, mezzanine, renovation, column, rafter.

Nhận bài ngày 25/2/2024, chỉnh sửa ngày 28/3/2024, chấp nhận đăng ngày 25/4/2024.

1. Tổng quan

1.1 Nhà công nghiệp nhẹ

Nhà xưởng công nghiệp nhẹ (hay nhà xưởng tiền chế) là loại nhà được xây dựng với phần khung thép gồm cột và kèo làm từ thép tổ hợp và được lắp dựng theo bản vẽ kiến trúc kỹ thuật. Do toàn bộ kết cấu khung thép được sản xuất gia công sẵn tại nhà máy kết cấu thép theo bản vẽ kết cấu đã thiết kế trước nên việc lắp dựng tại công trường được diễn ra rất nhanh chóng.

Nhà xưởng tiền chế là loại nhà xưởng được sản xuất và lắp đặt theo các phương pháp công nghệ tiên tiến trước khi được vận chuyển đến địa điểm lắp đặt cuối cùng.

* Nhà xưởng tiền chế có các đặc điểm chính

+ Kết cấu được chuẩn hóa: Nhà xưởng tiền chế được sản xuất theo các tiêu chuẩn cụ thể và được kiểm tra chất lượng một cách nghiêm ngặt trong quá trình sản xuất. Điều này đảm bảo rằng mọi bộ phận và chi tiết của nhà xưởng đều đạt được các yêu cầu về kích thước và chất lượng.

+ Tiến độ thi công nhanh: Do mọi công đoạn từ sản xuất đến lắp đặt đều được thực hiện trong một môi trường kiểm soát và được lập kế hoạch trước, nhà xưởng tiền chế thường có thời gian thi công ngắn hơn so với phương pháp xây dựng truyền thống. Điều này giúp giảm thiểu thời gian và chi phí thi công.

+ Linh hoạt: Mặc dù được sản xuất theo mô hình chuẩn, nhưng nhà xưởng tiền chế vẫn có khả năng tùy chỉnh để phù hợp với nhu cầu cụ thể của khách hàng. Các yêu cầu về kích thước, thiết kế và tính năng đặc biệt có thể được tính toán và tích hợp vào quá trình sản xuất.

¹ Khoa Công trình, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email: thanhnt.ctt@vimaru.edu.vn

+ Tái sử dụng: Do được lắp đặt từ các thành phần được sản xuất tách biệt và sau đó được lắp ráp tại địa điểm xây dựng cuối cùng, nhà xưởng tiền chế có thể dễ dàng di chuyển hoặc tái sử dụng nếu cần thiết. Điều này tạo ra tính linh hoạt cao trong việc sử dụng và tái sử dụng các cấu trúc nhà xưởng.

+ Chi phí: Nhà xưởng tiền chế thường có hiệu suất cao và chi phí thấp hơn so với phương pháp xây dựng truyền thống do quy trình sản xuất được tối ưu hóa và lợi ích từ quy mô sản xuất lớn.



Hình 1. Nhà xưởng công nghiệp 2 tầng

1.2 Nhà xưởng có sàn lửng

Khi quỹ đất xây dựng trong các khu công nghiệp ngày càng hạn chế trong khi nhu cầu xây dựng và mở rộng nhà xưởng ngày càng tăng thì nhà xưởng có sàn lửng là một trong những giải pháp được nhiều chủ đầu tư quan tâm và lựa chọn để tối ưu chi phí đầu tư.



Hình 2. Nhà xưởng công nghiệp có sàn lửng

* Đặc điểm của nhà xưởng có sàn lửng

Công trình nhà xưởng được xây thêm một sàn lửng trong không gian tầng trệt của nhà xưởng và sàn lửng không được coi là một tầng độc lập của nhà xưởng.

Diện tích sàn lửng của tầng lửng thường chiếm không quá 65% diện tích sử dụng của tầng ngay dưới hoặc với một số nhà xưởng diện tích tầng lửng có thể cao hơn 65% diện tích sàn một chút nhưng không được vượt nhiều quá. Sàn lửng nhà xưởng có thể sử dụng gỗ, gạch, xi măng hay những vật liệu xây dựng nhẹ... tùy thuộc vào nhu cầu của chủ đầu tư (dùng

để làm kho chất hàng hoặc bố trí văn phòng làm việc).

Trong công trình nhà xưởng, chủ đầu tư có thể thiết kế và xây dựng nhiều sàn lửng trong cùng một tầng nhà xưởng. Khoảng cách giữa các tầng gác lửng phải đảm bảo chiều cao tối thiểu, đồng thời chất lượng sàn, cột cũng cần phải chú ý để đảm bảo chất lượng.

* Ưu điểm của nhà xưởng có sàn lửng

Tăng diện tích và không gian sử dụng của nhà xưởng: Thay vì chỉ có thể sử dụng không gian sàn tầng trệt, việc xây thêm sàn lửng sẽ giúp doanh nghiệp có thêm diện tích sử dụng ngay trên diện tích xây dựng nhà xưởng ban đầu.

Tiết kiệm chi phí đầu tư: Việc xây dựng nhà xưởng có sàn lửng sẽ giúp chủ đầu tư có thêm không gian sử dụng mà không tốn thêm chi phí thuê mặt bằng nhà xưởng, chi phí bảo hiểm, chi phí xây tường bao quanh,...

Dễ dàng điều chỉnh, tháo dỡ và di chuyển: Thông thường sàn lửng của nhà xưởng thường được cấu tạo từ những xà gỗ, thanh sắt và sàn gỗ hoặc tấm bê tông nhẹ vì vậy chúng có thể dễ dàng tháo dỡ để di chuyển hoặc cơ sở.

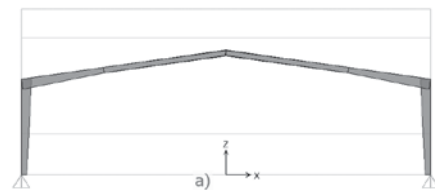
1.2 Các giải pháp cải tạo khung thép khi cần bố trí thêm sàn lửng

Để có một công trình nhà xưởng có sàn lửng đẹp, kiên cố, vững chắc, tối ưu công năng và tiết kiệm chi phí đầu tư thì khi thiết kế và thi công nhà xưởng có sàn lửng chủ đầu tư cần có kế hoạch rõ ràng, xác định rõ mục đích sử dụng, chiều cao nhà xưởng...

Chiều cao nhà xưởng là một trong các yếu tố để giúp công trình nhà xưởng sàn lửng được thẩm mỹ và cân đối. Tuy nhiên, đối với công trình nhà xưởng sàn lửng thì chiều cao nhà xưởng còn ảnh hưởng đến sự thông thoáng cũng như thuận tiện trong quá trình di chuyển và lưu trữ hàng hóa trong nhà xưởng hay bảo quản hàng hóa tránh tình trạng ẩm mốc. Do đó, chủ đầu tư cần phải cân nhắc chiều cao nhà xưởng phù hợp.

Việc cải tạo xây dựng để bố trí thêm hệ sàn lửng vào khung thép nhà xưởng đã có sẵn thường gặp khó khăn khi chiều cao từ sàn lửng đến nóc khung (Điểm thấp nhất vì kèo) còn rất nhỏ, không đảm bảo không

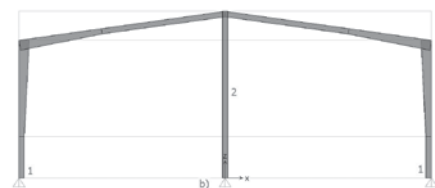
gian sử dụng. Lúc này cần nghiên cứu việc nâng cao nhà xưởng để đảm bảo yêu cầu đặt ra của chủ đầu tư.



Hình 3. Khung thép hiện hữu

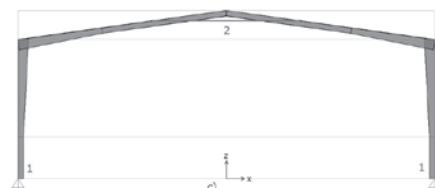
Dưới đây là một số phương án mà nhóm tác giả đề xuất nâng nhà xưởng lên cao để đảm bảo chiều cao nhà xưởng, mà vẫn tận dụng được khung thép hiện hữu. Điều này giúp giảm được chi phí xây dựng cho chủ đầu tư.

* **Phương án 1:** Giữ nguyên khung thép hiện hữu, nâng đến cao độ mặt sàn lửng mới; phần cột còn thiếu nối bằng cột thép I tổ hợp (Phần cột này được làm mới - số 1) và bố trí thêm cột thép mới ở giữa (số 2).



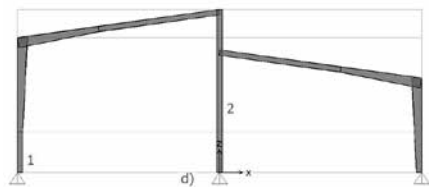
Hình 4a. Phương án 1

* **Phương án 2:** Giữ nguyên khung thép hiện hữu, nâng đến cao độ mặt sàn lửng mới; phần cột còn thiếu nối bằng cột bê tông cốt thép đổ bê tông tại chỗ (số 1) và bố trí thêm thanh nối ở đỉnh kèo (số 2).



Hình 4b. Phương án 2

* **Phương án 3:** Chia khung thép thành 2 nửa và vẫn giữ nguyên được cột và một số đoạn kèo của khung thép hiện hữu, nâng một nửa khung lên đến cao độ sàn lửng, một nửa khung vẫn để tại mặt đất. Một nửa khung nâng lên – cột được nối bằng cột thép I tổ hợp 9 (số 1); một nửa khung còn lại được giữ nguyên tại mặt đất; đồng thời bố trí thêm cột thép mới ở giữa (số 2).



Hình 4c. Phương án 3

2. Cơ sở tính toán

Khung thép nhà công nghiệp được tính toán theo các tiêu chuẩn hiện hành [1]; [2]; [3]

2.1. Tải trọng tác dụng

Tải trọng tác dụng lên nhà thép công nghiệp nhẹ bao gồm: Tĩnh tải, hoạt tải mái và hoạt tải gió; các giá trị tải trọng này được xác định theo [1]

2.1.1. Tải trọng thường xuyên

Tải trọng thường xuyên (tĩnh tải) tác dụng lên khung ngang bao gồm:

- Trọng lượng bản thân kết cấu
- Trọng lượng các lớp mái (tôn, xà gồ, giằng, các lớp cách nhiệt...):

$$g_{tt} = \gamma_g \cdot g_{tc} \cdot B \quad (1)$$

Trong đó:

γ_g là hệ số độ tin cậy, lấy bằng 1,05

g_{tc} là trọng lượng các lớp mái (tôn, xà gồ, giằng, các lớp cách nhiệt...) lấy bằng $0,3 \text{ KN/m}^2$

B là bước khung

2.1.2. Hoạt tải mái

Hoạt tải mái tác dụng lên khung ngang:

$$p_{tt} = n \cdot p_{tc} \cdot B \quad (2)$$

Trong đó:

γ_p là hệ số vượt tải, lấy bằng 1,3

p_{tc} là trọng lượng các lớp mái (tôn, xà gồ, giằng, các lớp cách nhiệt...) lấy bằng $0,3 \text{ KN/m}^2$

2.1.3. Tải trọng gió

Tải trọng gió tác dụng vào khung ngang gồm 2 thành phần là gió tác dụng vào cột và gió tác dụng lên mái.

Tải trọng tác dụng lên phần thứ i của khung nhà xác định theo công thức:

$$q_i = n \cdot W_o \cdot k_{cei} \cdot B \quad (\text{KN/m}) \quad (3)$$

Trong đó:

n: là hệ số vượt tải trọng của tải trọng gió, $n=1,2$;

W_o : là áp lực gió tiêu chuẩn, phụ thuộc vào phân vùng gió (địa điểm xây dựng);

k: là hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao, phụ thuộc vào dạng địa hình;

c_{ei} : Hệ số khí động tác dụng lên phần thứ i của nhà.

2.2 Kiểm tra cột thép

2.2.1. Kiểm tra bền

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M}{W_n} \leq f \gamma_c \quad (4)$$

Trong đó:

M, N là mômen uốn quanh trục tính toán;

A_{xn} là mô men uốn thực của tiết diện;

W_{xn} là mô men uốn thực của tiết diện;

2.2.2. Kiểm tra ổn định tổng thể

$$\sigma_c = \frac{N}{\varphi_c A} \leq f \gamma_c \quad (5)$$

$$\sigma_c = \frac{N}{\varphi_{cp} A} \leq f \gamma_c \quad (6)$$

Trong đó:

φ_c là hệ số uốn dọc của cấu kiện nén lệch tâm;

φ_y là hệ số uốn dọc của cấu kiện nén đúng tâm;

c là hệ số xét đến ảnh hưởng của mô men uốn và hình dạng của tiết diện;

2.2.3. Kiểm tra ổn định cục bộ

- Bản cánh:

$$\frac{b_0}{t_f} \leq \left[\frac{b_0}{t_f} \right] \quad (7)$$

Trong đó:

b_0 là bề rộng tính toán của bản cánh;

t_f là bề rộng tính toán của bản cánh;

$\left[\frac{b_0}{t_f} \right]$ là độ mảnh giới hạn của bản cánh cột;

- Bản bụng:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \left[\frac{h_w}{t_w} \right] \quad (8)$$

Trong đó:

b_0 là bề rộng tính toán của bản cánh;

t_f là bề rộng tính toán của bản cánh;

là độ mảnh giới hạn của bản bụng cột;

2.2.4. Kiểm tra chuyển vị đầu cột

Chuyển vị ngang đỉnh cột nhà công nghiệp được khống chế như sau:

$$\Delta_x \leq \frac{H}{100} \quad (9)$$

Trong đó:

Δ_x là Chuyển vị ngang đỉnh cột nhà công nghiệp gây ra bởi tải trọng gió tiêu chuẩn;

H là chiều cao cột;

$\frac{H}{100}$ là chuyển vị ngang cho phép với kết cấu tường bao che bằng tôn;

2.3. Kiểm tra kèo thép

2.3.1. Kiểm tra bền

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M}{W_n} \leq f \gamma_c \quad (10)$$

Trong đó:

M, N là mômen uốn quanh trục tính toán;

A_{xn} là mô men uốn thực của tiết diện;

W_{xn} là mô men uốn thực của tiết diện;

2.3.2. Kiểm tra ổn định tổng thể

Do bố trí khoảng cách xà gồ không lớn nên điều kiện ổn định tổng thể của vì kèo thường không cần kiểm tra.

2.3.2. Kiểm tra ổn định cục bộ

- Bản cánh:

$$\frac{b_0}{t_f} \leq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{E}{f}}$$

Trong đó:

b_0 là bề rộng tính toán của bản cánh chịu nén;

E, f là mô đun đàn hồi và cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép;

- Bản bụng:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{f}{E}} \leq 3,2$$

Trong đó:

là độ mảnh quy ước của bản bụng;

2.2.4. Kiểm tra chuyển vị đỉnh kèo

Chuyển vị đúng đỉnh cột nhà công nghiệp được khống chế như sau:

$$\Delta_d \leq \frac{L}{400}$$

Trong đó:

$\bar{\lambda}_w$ là Chuyển vị ngang đỉnh cột nhà công nghiệp gây ra bởi tải trọng gió tiêu chuẩn;

L là nhịp ngang nhà xưởng;

3. Kết quả tính toán, so sánh phương án

Để có cơ sở so sánh, nhóm tác giả tiến hành tính toán một công trình nhà xưởng với các phương án cải tạo đã trình bày ở trên, từ kết quả tính toán đưa ra những kết luận cần thiết.

3.1. Số liệu xuất phát

- Nhà xưởng cũ có kích thước:

+ Nhịp xưởng: $L=30\text{m}$;

+ Bước cột: $B=6\text{m}$; chiều dài nhà 72m

+ Chiều cao mép mái: $H=6,9\text{m}$

+ Độ dốc mái: 15%

+ Kích thước cột: $I(420 \sim 720) \times 220 \times 10 \times 8$

+ Kích thước kèo: $I(720 \sim 420 \sim 720) \times 220 \times 10 \times 8$

$\times 220 \times 10 \times 8$

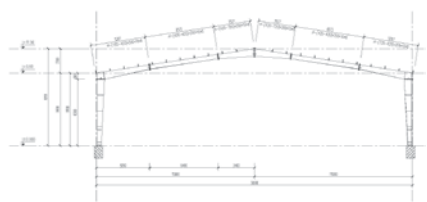
+ Địa điểm xây dựng: Khu công nghiệp

An Dương – Hải Phòng

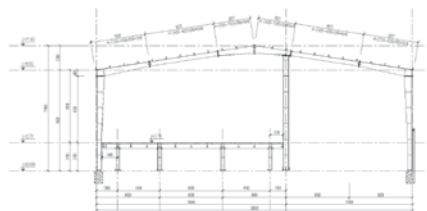
- Yêu cầu tải tạo:

+ Bố trí sàn lửng tại cao độ 2,7m (ở một bên xưởng trên suốt chiều dài nhà).

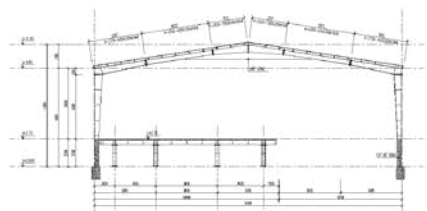
+ Cần nâng cao xưởng để đảm bảo dây chuyền sản xuất



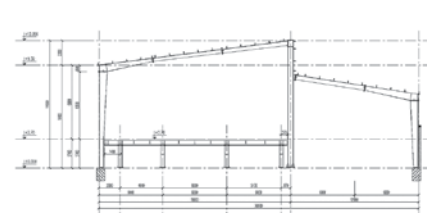
Hình 5. Khung nhà xưởng hiện hữu



Hình 6. Phương án cải tạo 1



Hình 7. Phương án cải tạo 2



Hình 8. Phương án cải tạo 3

3.2. Kết quả tính toán minh họa

Quá trình tính toán được thực hiện bằng các phần mềm xây dựng, với kết quả tổng hợp như bảng sau:

Kích thước cột	Kích thước kèo	Chuyển vị ngang đầu cột		Chuyển vị ngang đầu cột	
		Theo tính toán	Cho phép	Theo tính toán	Cho phép
1. Khung hiện hữu tại mặt nền (cột 0.00)					
Cột tiết diện thay đổi: I(420~720)x200x10x8	Kèo tiết diện thay đổi: + Đoạn kèo 1: I(720~420)x200x10x8 + Đoạn kèo 2: I(420~420)x200x10x8 + Đoạn kèo 3: I(420~720)x200x10x8				
2. Các phương án cải tạo khung					
2.1 Phương án 1					
Cột hiện hữu;	Kèo hiện hữu	1,3	9,6	3,2	3,75
Cột thép nối chân: I420x200x10x8					
Cột thép giữa: I50x200x10x8					
2.2 Phương án 2					
Cột hiện hữu;	Kèo hiện hữu	2,3	9,6	2,51	3,75
Cột bê tông cốt thép nối chân: btx=250x500					

Kích thước cột	Kích thước kèo	Chuyển vị ngang đầu cột		Chuyển vị ngang đầu cột	
		Theo tính toán	Cho phép	Theo tính toán	Cho phép
Thanh giằng nối đỉnh kèo: 2L100x100					
2.2 Phương án 2					
Cột hiện hữu;	Kèo hiện hữu				
I(420~720)x200x10x8		4,3	9,6	2,05	3,75
Cột thép nối chân:		4,9	12,3	2,16	3,75

4. Kết luận

Qua nghiên cứu các giải pháp gia cố khung thép, cơ sở tính toán và kết quả tính toán minh họa, có thể thấy:

Để tăng diện tích nhà xưởng có thể bố trí thêm sàn lửng trong xưởng. Tuy nhiên khi bố trí sàn lửng thường gặp khó khăn với chiều cao xưởng hạn chế, do đó cần nối dài cột khung để đảm bảo chiều cao khi khai thác sử dụng (mà vẫn tận dụng được khung thép hiện hữu). Đây là giải pháp hiệu quả, tiết kiệm được chi phí đầu tư.

Trong các phương án nối dài cột khung để xuất ở trên, thông qua kết quả tính toán đều đạt yêu cầu kỹ thuật, đảm bảo khả năng chịu lực khi được gia cố. Tuy nhiên, mỗi phương án đều có ưu, nhược điểm riêng:

+ Phương án 1 (Nối dài khung bằng cột thép): Phương án này có ưu điểm là tận dụng được khung thép hiện hữu, bu lông neo móng, kết cấu móng giữ nguyên; thi công đơn giản chỉ cần nối dài cột đến cao độ sàn lửng; thi công đơn giản. Tuy nhiên, phương án này cần gia cố khung bằng cách thêm cột giữa.

+ Phương án 2 (Nối dài khung bằng cột bê tông cốt thép): Phương án này có ưu điểm là tận dụng được khung thép hiện hữu, không cần bổ sung cột giữa nhà; thi công đơn giản; chỉ cần nối dài cột bê tông cốt thép đến cao độ sàn lửng sau

đó đặt bu lông neo chân cột mới;. Phương án này cần gia cố khung bằng cách bố trí thêm cột giữa.

+ Phương án 3 (Nối dài một nửa khung bằng cột thép): Phương án này có ưu điểm là tận dụng được cột thép hiện hữu, cần nối dài cột thép ở một phía của nhà đến cao độ sàn lửng, chân cột phía còn lại vẫn giữ nguyên như khung hiện hữu sau đó đặt bu lông neo chân cột mới; Tuy nhiên, phương án này cần gia cố khung bằng cách thêm cột giữa và gia công lại đoạn đỉnh kèo.

Tùy vào quy mô nhà xưởng, kích thước khung hiện hữu và chiều cao sàn lửng theo yêu cầu sản xuất để lựa chọn phương án gia cố cho phù hợp, đáp ứng được yêu cầu của chủ đầu tư.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT23-24.77

Tài liệu tham khảo

- TCVN2737-2023: Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế
- TCVN5575-2012: Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế.
- TCVN5574-2018: Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế.
- TS Phạm Minh Hà, TS Đoàn Tuyết Ngọc: Thiết kế khung thép nhà công nghiệp một tầng một nhịp - Nhà xuất bản Xây dựng, 2010.
- TS Trịnh Kim Đạm, TS Lê Bá Huế: Khung thép nhà công nghiệp một tầng một nhịp - Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, 2006.
- <https://vietmysteel.com>

