

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT CẤU KHUNG BĂNG TẢI MINI PHỤC VỤ ĐÀO TẠO NGÀNH CƠ ĐIỆN TỬ

TRẦN TRỌNG THẮNG¹ - TRẦN TRUNG HIẾU¹

¹Đại học Công nghiệp Hà Nội

Hanoi University of Industry

Email: thang82.hau@gmail.com

Ngày nhận bài: 25/5/2026

Ngày sửa bài: 8/6/2026

Ngày duyệt đăng bài: 22/6/2026

Tóm tắt:

Nghiên cứu nhằm thiết kế và đánh giá kết cấu khung băng tải mini phục vụ đào tạo ngành Cơ điện tử. Mô hình khung được thiết kế bằng phần mềm SolidWorks và đánh giá độ bền thông qua phân tích phần tử hữu hạn dưới các điều kiện tải trọng khác nhau. Kết quả cho thấy, kết cấu khung bảo đảm độ bền và độ cứng, đáp ứng yêu cầu sử dụng trong hoạt động đào tạo và thực hành của sinh viên. Nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở cho việc thiết kế, chế tạo các mô hình thiết bị đào tạo có tính ứng dụng cao, đồng thời nâng cao hiệu quả giảng dạy và học tập trong lĩnh vực Cơ điện tử.

Từ khóa: băng tải mini, thiết kế cơ khí, kết cấu khung, SolidWorks, phần tử hữu hạn.

Design and structural evaluation of a mini conveyor frame for mechatronics education

Abstract:

This study aims to design and evaluate the structure of a mini conveyor frame for mechatronics education. The frame model was designed using SolidWorks, and its structural strength was evaluated through finite element analysis under different loading conditions. The results indicate that the frame structure provides adequate strength and stiffness, meeting the requirements for use in student training and practical activities. The study provides a foundation for designing and manufacturing highly applicable training equipment models while contributing to improved teaching and learning effectiveness in the field of mechatronics.

Keywords: mini conveyor, mechanical design, frame structure, SolidWorks, finite element analysis.

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh đào tạo ngành Cơ điện tử ngày càng chú trọng thực hành và mô phỏng các hệ thống sản xuất tự động, mô hình băng tải mini được sử dụng rộng rãi trong giảng dạy và nghiên cứu. Băng tải là thiết bị phổ biến trong sản xuất tự động, dùng để di chuyển hàng hóa, vật liệu từ điểm A đến điểm B trên một đường dẫn xác định trước, vận chuyển nhanh chóng, chính xác và hiệu quả. Tại các trường, mô hình băng tải được sử dụng rộng rãi trong đào tạo ngành Cơ điện tử. Qua việc nghiên cứu, thiết kế và đánh giá kết cấu thì khung băng tải đóng vai trò quyết định độ ổn định hệ thống. Vì vậy, nghiên cứu tập trung thiết kế và đánh giá kết cấu khung băng tải mini nhằm tối ưu độ bền, giảm chi phí chế tạo và nâng cao hiệu quả ứng dụng trong đào tạo ngành Cơ điện tử.

2. Tổng quan nghiên cứu

Băng tải dùng trong đào tạo là các hệ thống thu nhỏ, mô phỏng dây chuyền công nghiệp. Các nghiên cứu và đề tài thường tập trung vào việc lập trình, giám sát và tích hợp thiết bị và ứng dụng phổ biến: Tích hợp điều khiển và giám sát (PLC & SCADA) hay nghiên cứu hệ thống cân băng tải định lượng liên tục, đo lường dòng nguyên liệu di chuyển trên băng tải và tích hợp biến tần để điều khiển tốc độ motor phù hợp, thiết kế nghiên cứu chế tạo bộ điều khiển tự động thay đổi tốc độ băng tải theo tải thực tế tại các nhà máy. Các mô hình này là nền tảng để học tập tại các trường đại học, các trung tâm đào tạo tự động hóa.

Phân tích phần tử hữu hạn (Finite Element Analysis - FEA) là phương pháp số giải các phương trình vật lý trên mô hình rời rạc, được ứng dụng rộng rãi trong các nghiên cứu cơ học vật rắn, xây dựng và chế tạo nhằm xác định trường ứng suất và biến dạng. Các nghiên cứu khoa học hiện nay về phân tích kết cấu bằng FEA thường tập trung vào các hướng sau: Ứng dụng mô phỏng tổng thể và chi tiết. Nghiên cứu cách thiết lập mô hình cho các cấu trúc thực tế (như dầm, cột, sàn, liên kết) làm bằng vật liệu thép hay bê tông cốt thép. Tuy nhiên, các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào các kết cấu công nghiệp hoặc công trình quy mô lớn, trong khi việc ứng dụng FEA để thiết kế và đánh giá kết cấu khung băng tải mini phục vụ đào tạo còn khá hạn chế. Đặc biệt, chưa có nhiều nghiên cứu đánh giá đồng thời độ bền, độ cứng và khả năng đáp ứng yêu cầu sử dụng của các mô hình băng tải trong môi trường đào tạo. Đây là khoảng trống mà nghiên cứu này hướng tới.

2.1. Mục tiêu nghiên cứu

Thiết kế mô hình khung băng tải mini đòi hỏi sự kết hợp giữa khung cơ khí vững chắc, hệ thống truyền động và dây băng tải. Dưới đây tóm tắt quy trình thiết kế và chế tạo tối ưu nhất:

Các thành phần cấu tạo chính:

- *Khung băng tải:* Dùng thanh nhôm định hình (ví dụ: 20×20 hoặc 20×40) để dễ dàng tháo lắp, trọng lượng nhẹ, chống gỉ sét.

- *Dây belt:* Sử dụng dây PVC nhám hoặc PU trơn (dày 2mm) chống mài mòn, bám dính tốt.

- *Hệ thống rulo (con lăn):* Rulo chủ động (kết nối motor) và Rulo bị động. Cần thiết kế bộ phận tăng đỡ để chỉnh độ căng của dây.

- *Động cơ:* Thường dùng motor giảm tốc mini DC 12V hoặc 24V tích hợp điều khiển tốc độ.

Để đánh giá độ bền kết cấu và xác định khả năng chịu tải của băng tải mini, ta cần tính toán độ bền của khung sườn, công suất động cơ, độ giãn của dây băng tải và khả năng chịu tải của vòng bi. Xác định các thông số đầu vào, đánh giá độ bền kết cấu khung sườn, xác định khả năng chịu tải và kiểm tra độ bền dây băng tải

Thử tải tĩnh - động và kiểm tra nhiệt độ:

Khả năng chịu tải của băng tải mini được quyết định bởi độ cứng vững của khung sườn (chống võng) và mô-men xoắn của động cơ (chống kẹt). Băng tải mini thông dụng dùng nhôm định hình 20×40 và motor giảm tốc 25W - 40W, khả năng tải tối ưu thường dao động từ 5kg đến 15kg phân bố đều trên mặt băng.

2.2. Cơ sở thiết kế

Yêu cầu đối với băng tải đào tạo

Để phục vụ hiệu quả cho mục đích đào tạo và giảng dạy, băng tải mini cần đáp ứng các tiêu chuẩn nghiêm ngặt về tính an toàn, tính trực quan, khả năng mở rộng kết nối và thiết kế nhỏ gọn, chi phí thấp, dễ lắp ráp và đủ độ cứng, đủ khả năng kết nối và điều khiển linh hoạt, tích hợp hệ thống cảm biến và cơ cấu chấp hành. Không chỉ đơn thuần là một mô hình vận chuyển cơ học mà là giáo cụ trực quan giúp sinh viên thực hành lập trình, tự động hóa và cơ điện tử.

Lựa chọn vật liệu

Thép hộp CT3:

Thuộc tính Giá trị

Giới hạn chảy	235 MPa
Khối lượng riêng	7850 kg/m ³
Mô đun đàn hồi	210 GPa

Thông số giá trị thiết kế:

Dài: 800 mm

Rộng: 300 mm

Cao: 500 mm

2.3. Thiết kế mô hình khung băng tải

2.3.1. Phương án kết cấu:

Dưới đây là thuyết minh phương án thiết kế kết cấu chi tiết cho mô hình băng tải mini sử dụng vật liệu khung thép hộp, được tối ưu cho các công đoạn gia công

Kết cấu khung chính & chân đỡ (Main Frame & Legs):

Khung chính (Thân băng tải): Sử dụng thép hộp 20x20mm dày 1.4mm để vừa nhẹ vừa dễ hàn. Kết cấu gồm 2 thanh thép dài chạy dọc hai bên, liên kết với nhau bằng các thanh giằng ngang cách đều 20 - 30cm một thanh, để chống xoắn khung.

Chân đỡ: Dùng thép hộp 20x20mm hàn thành dạng chữ H hoặc chữ A để đảm bảo độ vững chắc, chống rung lắc. Dùng bản mã bắt bu lông thay vì hàn chết. Cách này giúp bạn dễ dàng tháo rời để vận chuyển hoặc điều chỉnh độ dốc của băng tải khi cần.

Dưới đáy chân: Hàn thêm ê-cu (đai ốc) để lắp chân đế cao su tăng chính độ cao, giúp băng tải đứng vững trên các bề mặt không phẳng.

2.3.2. Giá đỡ động cơ (Motor Mount)

Vật liệu: Dùng thép tấm dày 2mm - 3mm để cắt, uốn thành giá đỡ hình chữ L hoặc chữ U.

Vị trí lắp đặt: Đặt ở phía cuối hành trình của băng tải (đầu xả hàng). Giá đỡ này sẽ được hàn chặt hoặc bắt bu lông trực tiếp vào khung chính của băng tải.

Thiết kế rãnh trượt (Slot): Trên mặt giá đỡ nơi bắt vít vào động cơ, hãy dập/phay 4 rãnh dài (rãnh elip) thay vì đục lỗ tròn cố định. Thiết kế này giúp bạn có thể dịch chuyển tịnh tiến động cơ để kéo căng dây xích hoặc dây đai truyền động từ động cơ vào trục chủ động.

2.3.3. Giá đỡ con lăn (Roller Mounts & Take-up Frames)

Giá đỡ con lăn chủ động (Đầu ra): Dùng 2 miếng thép tấm dày 3mm hàn cố định vào hai bên thành khung thép hộp. Khoan lỗ để bắt cố định gối đỡ vòng bi (thường dùng gối bi mini dạng gối Omega KP08 hoặc gối mặt bích KFL08 tùy đường kính trục).

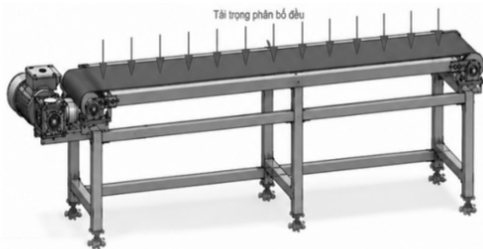
Giá đỡ con lăn thụ động + Cơ cấu tăng sức (Đầu vào): Đây là cụm chi tiết important nhất để chống lệch băng. Không được hàn chết gối đỡ này.

Thiết kế: Hàn 2 thanh dẫn hướng (hoặc tạo rãnh trượt dài) hai bên thành khung. Gối đỡ vòng bi của con lăn thụ động sẽ trượt dọc trên rãnh này.

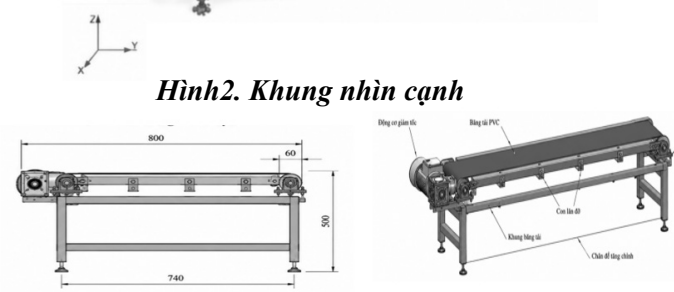
Cơ cấu tăng: Dùng một bu lông dài (M6 hoặc M8) tì vào gối đỡ. Khi vặn bu lông, gối đỡ sẽ bị đẩy ra ngoài, giúp kéo căng con lăn và điều chỉnh được góc nghiêng của con lăn để dây băng không bị chạy lệch sang hai bên.

2.4. Mô hình CAD (Hình 1, Hình 2)

Hình 1. Mô hình tổng thể



Hình 2. Khung nhìn cạnh



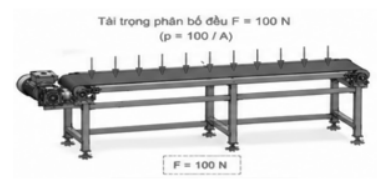
THÔNG TIN MÔ PHỎNG	
Phần mềm	SolidWorks Simulation 2024
Loại phân tích	Static Analysis
Vật liệu	Thép CT3
Điều kiện biên	Fixed Geometry (4 chân đế)
Tải trọng	Tải phân bố đều trên mặt khung
Các trường hợp tải	100 N, 200 N, 300 N

3. Phân tích kết cấu bằng phần tử hữu hạn

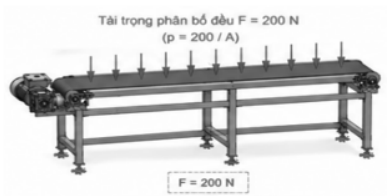
3.1. Thiết lập mô phỏng

Các trường hợp tải trọng mô phỏng trên khung băng tải

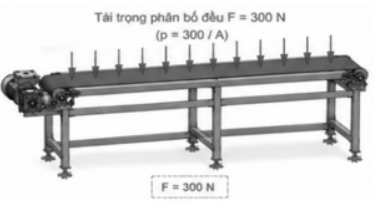
(Hình 3, Hình 4, Hình 5)



Hình 3. Trường hợp 1



Hình 4. Trường hợp 2



Hình 5. Trường hợp 3

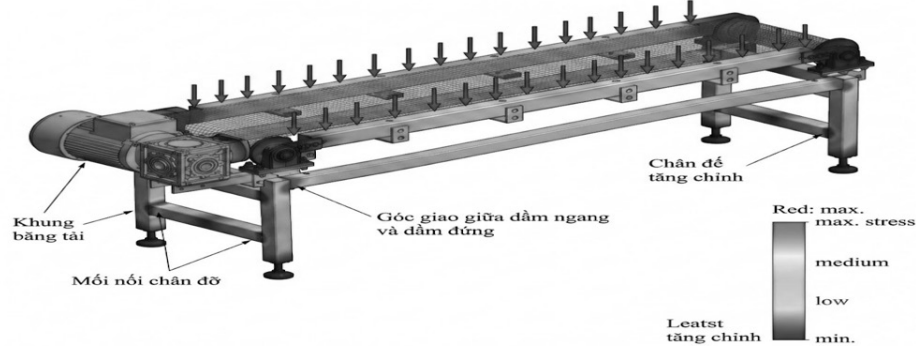
Thông số: **p:** Áp lực phân bố đều (N/m²)
A: Diện tích mặt đặt tải

Tải được phân bố đều trên toàn bộ mặt đỡ băng tải.
Bỏ qua khối lượng băng và con lăn (chỉ xét tải trọng tác dụng lên khung).

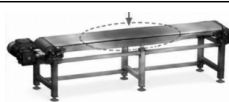
Ghi chú: Hướng mũi tên màu đỏ trên các hình minh họa biểu thị chiều tác dụng của tải trọng (theo phương thẳng đứng, hướng từ trên xuống).

3.2. Kết quả ứng suất (Hình 6)

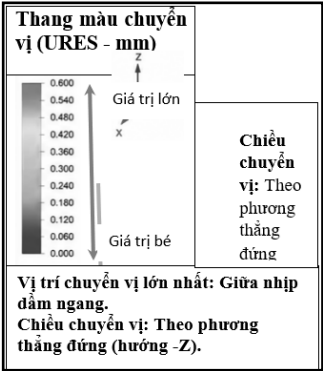
Hình 6. Phân bố ứng suất Von Mises với tải trọng 100 N



Bảng 1. Kết quả ứng suất Von Mises:

Trường hợp 1: Tải trọng 100N	Trường hợp 2: Tải trọng 200N	Trường hợp 3: Tải trọng 300N
Tải phân bố đều $F = 100\text{ N}$ ($p = 100 / A$)	Tải phân bố đều $F = 200\text{ N}$ ($p = 200 / A$)	Tải phân bố đều $F = 300\text{ N}$ ($p = 300 / A$)
Vị trí chuyển vị lớn nhất (Giữa nhịp dầm ngang)	Vị trí chuyển vị lớn nhất (Giữa nhịp dầm ngang)	Vị trí chuyển vị lớn nhất (Giữa nhịp dầm ngang)
		
URESmax = 0.18 mm	URESmax = 0.36 mm	URESmax = 0.55 mm
Hình chiếu (nhìn từ mặt trước)	Hình chiếu (nhìn từ mặt trước)	Hình chiếu (nhìn từ mặt trước)
		

THÔNG TIN MÔ PHỎNG	
Phần mềm	SolidWorks Simulation 2024
Loại phân tích	Static Analysis
Vật liệu	Thép CT3
Điều kiện biên	Fixed Geometry (4 chân đế)
Tải trọng	Tải phân bố đều trên mặt khung
Các trường hợp tải	100 N; 200 N; 300 N
Đơn vị	mm



Trường hợp tải	Tải trọng phân bố đều F (N)	Áp lực phân bố p (N/m ²)	Chuyển vị lớn nhất URESmax (mm)	Vị trí chuyển vị lớn nhất	Chiều chuyển vị
TH1	100	100 / A	0.18	Giữa nhịp dầm ngang	Thẳng đứng xuống (-Z)
TH2	200	200 / A	0.36	Giữa nhịp dầm ngang	Thẳng đứng xuống (-Z)
TH3	300	300 / A	0.55	Giữa nhịp dầm ngang	Thẳng đứng xuống (-Z)

3.4. Hệ số an toàn

Tải trọng	Hệ số an toàn	Tiêu chí	Kết quả
100 N	18.9	Độ cứng	Tốt
200 N	9.5	Khả năng chịu tải	Đạt
300 N	6.3	Khả năng ứng dụng	Cao

Nhận xét: Khi tải trọng tăng từ 100 N -> 200 N -> 300 N, chuyển vị lớn nhất tăng gần tuyến tính và luôn xảy ra tại giữa nhịp dầm ngang.

4. Kết quả nghiên cứu

Kết quả phân tích phần tử hữu hạn cho thấy kết cấu khung băng tải đáp ứng yêu cầu về độ bền dưới cả 3 mức tải trọng khảo sát. Ở tải trọng 100 N, ứng suất và biến dạng của kết cấu ở mức thấp, hệ thống làm việc ổn định. Khi tải trọng tăng lên 200 N, ứng suất trong các vị trí chịu lực tăng theo quy luật nhưng vẫn thấp hơn giới hạn cho phép của vật liệu, bảo đảm hệ số an toàn trong quá trình vận hành. Tại tải trọng lớn nhất 300 N, kết cấu vẫn duy trì khả năng chịu lực, không xuất hiện nguy cơ mất ổn định hay phá hủy, chứng tỏ phương án thiết kế đáp ứng yêu cầu sử dụng trong mô hình băng tải phục vụ đào tạo.

5. Kết luận

Trong quá trình thực hiện việc thiết kế và đánh giá kết cấu khung băng tải mini, tác giả đã tiến hành khảo sát yêu cầu kỹ thuật, lựa chọn phương án kết cấu phù hợp và thiết kế thành công mô hình khung băng tải mini đáp ứng các tiêu chí về độ bền, tính ổn định và khả năng chế tạo thực tế và đã xây dựng mô hình 3D trên SolidWorks cho phép mô phỏng chính xác hình dạng, kích thước và quá trình lắp ghép các chi tiết. Thông qua phân tích và mô phỏng kết cấu, các giá trị ứng suất, chuyển vị và hệ số an toàn của khung đều nằm trong giới hạn cho phép, chứng tỏ kết cấu có khả năng làm việc ổn định dưới tải trọng thiết kế.

Kết quả của việc nghiên cứu cũng cho thấy, khung băng tải mini đáp ứng tốt yêu cầu sử dụng trong các mô hình đào tạo, thực hành cơ điện tử và các hệ thống vận chuyển vật liệu quy mô nhỏ. Trong thời gian tới, đề tài có thể được phát triển theo hướng tối ưu hóa khối lượng kết cấu, giảm chi phí chế tạo, đồng thời tích hợp hệ thống điều khiển tự động và cảm biến thông minh nhằm nâng cao hiệu quả vận hành và tính ứng dụng trong thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Nguyễn Văn Khang (2018), Cơ học kết cấu, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- Trịnh Chất và Lê Văn Uyển (2017), Chi tiết máy - Tập 1, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.
- Dassault Systèmes (2024), SolidWorks Simulation User Guide.
- Kumar, A., Sharma, P. (2022), "Finite Element Analysis of Conveyor Support Structure", Journal of Mechanical Design and Analysis, Vol. 14, No. 2, pp. 102–110.
- Paul Kurowski (2023), Engineering Analysis with SolidWorks Simulation, SDC Publications.
- Rulmeca Corporation (2022), Bulk Handling Handbook.