# Tạp chí
# NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

## ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

## SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

Số 4 (92)
2025

**P. ISSN 1859-4190**
**E. ISSN 2815-553X**



Địa chỉ Tòa soạn:
Trường Đại học Sao Đỏ.
Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.
Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.
Website: http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

TẠP CHÍ
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC
ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

# TRONG SỐ NÀY

Số 4(92) 2025

## LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA



## LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

TẠP CHÍ
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC
ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

# TRONG SỐ NÀY

Số 4(92) 2025

## LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC



## NGÀNH KINH TẾ



## LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC

SCIENTIFIC JOURNAL
SAO DO UNIVERSITY

# CONTENTS

No 4(92) 2025

## TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION



## TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

SCIENTIFIC JOURNAL
SAO DO UNIVERSITY

# CONTENTS

No 4(92) 2025

# Nghiên cứu tối ưu hóa tấm phẳng hợp kim nhôm 6061-T6 theo hai phương pháp hình dạng và cấu trúc

## Research on optimizing 6061-T6 aluminum alloy flat plate using two methods shape and structure

**Nguyễn Văn Hinh**

*Tác giả liên hệ: nguyenvanhinh@gmail.com*

Trường Đại học Sao Đỏ

Ngày nhận bài: 25/9/2025
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/11/2025
Ngày chấp nhận đăng: 26/11/2025

**Tóm tắt**

Nội dung bài báo này nghiên cứu tối ưu hóa chi tiết tấm phẳng hợp kim nhôm 6061-T6 theo hai phương pháp hình dạng và cấu trúc. Kết quả nghiên cứu cho thấy tối ưu hóa cấu trúc vượt trội với khả năng giảm khối lượng cao hơn 1,22 lần, giảm ứng suất 1,23 lần, giảm chuyển vị 1,29 lần và tăng hệ số an toàn tối thiểu 1,23 lần so với phương pháp tối ưu hình dạng. Tuy nhiên, tối ưu cấu trúc tạo ra biên dạng phức tạp, đòi hỏi ứng dụng công nghệ CAD/CAE hiện đại trong gia công và kiểm soát chất lượng sản phẩm. Phương pháp tối ưu hóa cấu trúc cho thấy là giải pháp hiệu quả hơn trong thiết kế chi tiết tấm phẳng hợp kim nhôm, góp phần nâng cao hiệu quả kinh tế trong sản xuất.

***Từ khóa:*** *Tối ưu hóa hình dạng; tối ưu hóa cấu trúc; tấm phẳng; hợp kim nhôm 6061-T6; phân tích phần tử hữu hạn; tối ưu độ cứng; ứng suất lớn nhất.*

**Abstract**

The content of this article studies the optimization of the details of a flat plate made of 6061-T6 aluminum alloy using two methods: shape and structure. The research results show that structural optimization outperforms with a mass reduction capability of more than 1.22 times, a stress reduction of 1.23 times, a displacement reduction of 1.29 times, and an increase in the minimum safety factor of 1.23 times compared to the shape optimization method. However, structural optimization results in a complex profile, requiring the application of modern CAD/CAE technology in manufacturing and quality control of the product. The structural optimization method proves to be a more effective solution in the design of flat plate details made of aluminum alloy, contributing to enhanced economic efficiency in production.

***Keywords:*** *Shape optimization; structural optimization; flat plate; 6061-T6 aluminum alloy; finite element analysis; stiffness optimization; maximum stress.*

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nâng cao chất lượng, hạ giá thành sản phẩm để tăng sức cạnh tranh trên thị trường là mục tiêu của bất kỳ một nhà sản xuất nào. Đặc biệt trong giai đoạn cạnh tranh thị trường quyết liệt như hiện nay, vấn đề này mang tính sống còn cho mỗi doanh nghiệp, cùng một loại sản phẩm có chất lượng như nhau nhưng giá thành của doanh nghiệp nào rẻ hơn thì sản phẩm của doanh nghiệp đó sẽ chiếm lĩnh được thị trường. Để hạ được giá thành sản phẩm cần quan tâm đến nhiều yếu tố như: Vốn, nhân công, công nghệ, quản lý sản xuất,… ngoài ra các nhà sản xuất đặc biệt quan tâm đến chi phí về phôi liệu, cùng một loại vật liệu khi phôi có hình dạng, cấu trúc phù hợp gọn nhẹ mà vẫn giữ nguyên được tính năng sử dụng sẽ giảm được khối lượng cũng như giá thành sản xuất.

Hiện nay các chi tiết cơ khí dạng tấm phẳng bằng với vật liệu là hợp kim nhôm 6061-T6 được ứng dụng rộng rãi trong các ngành hàng không, ô tô, cơ khí chế tạo… Tuy nhiên, việc tối ưu hóa đồng thời cả độ bền, độ cứng và khối lượng vẫn là một thách thức. Vì vậy, nghiên cứu các phương pháp tối ưu hóa hình dạng và cấu trúc của tấm phẳng nhằm đạt hiệu quả cao nhất trong quá trình thiết kế và sử dụng là hết sức cần thiết.

Trên thế giới, nhiều công trình đã tập trung vào lĩnh vực tối ưu hóa hình dạng và cấu trúc. Bendsøe & Sigmund (2003) đã xây dựng nền tảng lý thuyết về

Người phản biện: 1. TS. Nguyễn Đức Hải
2. PGS. TS. Ngô Hữu Mạnh

tối ưu hóa topo trong thiết kế kỹ thuật [1], trong khi Rozvany (2009) có những đánh giá phê bình sâu sắc về các phương pháp tối ưu hóa hình dạng và cấu trúc đã được phát triển [2]. Các nghiên cứu này đã chỉ ra tiềm năng cũng như những hạn chế cần tiếp tục khắc phục.

Bên cạnh đó, nhiều nghiên cứu gần đây cũng đã tập trung vào các đối tượng liên quan trực tiếp đến tấm phẳng và hợp kim nhôm. Azegami et al. [3] đã đề xuất phương pháp tối ưu hóa hình dạng nhằm gia tăng tải uốn phi tuyến của tấm bằng thuật toán di truyền. Wang et al. [4] nghiên cứu tối ưu hóa hình dạng các kết cấu vỏ lưới hợp kim nhôm có nút gusset, qua đó khẳng định hiệu quả giảm ứng suất và tăng độ cứng. Xu et al. [5] tập trung vào bài toán tối ưu hóa hình dạng cột lan can hợp kim nhôm, nhấn mạnh tầm quan trọng của các ràng buộc thực tế trong thiết kế.

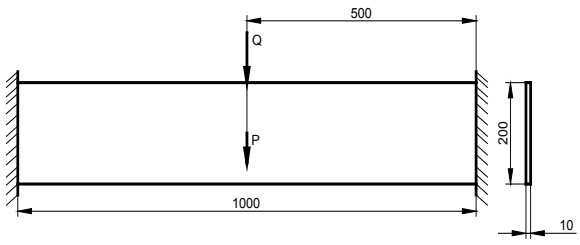
Tại Việt Nam, tác giả [6] đã nghiên cứu tối ưu hóa cấu trúc cho các bộ phận cơ khí, đặc biệt trong sản xuất bằng in 3D. Bài báo [7] đã nghiên cứu tối ưu hóa cấu trúc tấm phẳng máy theo phương pháp thiết kế sinh học (Generative Design), nghiên cứu này đã ứng dụng trí tuệ nhân tạo kết hợp với hệ thống CAD (Computer-Aided Design) để tối ưu hóa cấu trúc chi tiết trên robot, đạt hiệu quả giảm khối lượng đáng kể trong khi vẫn đảm bảo độ bền. Tuy nhiên, các nghiên cứu trong nước mới chủ yếu tập trung vào một phương pháp đơn lẻ (tối ưu hóa cấu trúc), chưa có nghiên cứu nào có sự so sánh trực tiếp giữa tối ưu hóa hình dạng với tối ưu hóa cấu trúc để đánh giá toàn diện mức độ hiệu quả.

Nội dung bài báo này tiến hành nghiên cứu song song cả hai phương pháp tối ưu hóa hình dạng và cấu trúc đối với tấm phẳng tấm phẳng hợp kim nhôm 6061-T6.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Tấm phẳng tấm phẳng ban đầu và vật liệu

Đối tượng nghiên cứu là tấm phẳng, vật liệu là hợp kim nhôm 6061-T6 có kích thước và sơ đồ đặt lực được trình bày trên Hình 1.




Hình 1. *Kích thước và sơ đồ đặt lực của chi tiết*

Trong đó:

Khối lượng của tấm phẳng $m_1$ = 5.4 kg, Lực tác dụng lên tấm phẳng Q = 20 kN = 20000 N, Trọng lượng của tấm phẳng P = $m_1$×g = 5.4×9.81 = 52.97 N.

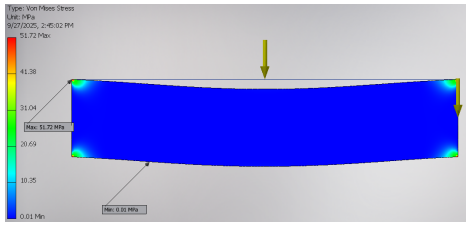
Đặc tính vật liệu hợp kim nhôm 6061-T6 được trình bày trong Bảng 1[8].

Bảng 1. *Đặc tính vật liệu hợp kim nhôm 6061-T6*

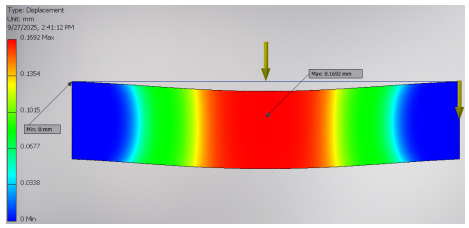
| TT | Tên thông số | Giá trị |
|---|---|---|
| 1 | E - Mô đun đàn hồi) (MPa) | $75\times10^5$ |
| 2 | Nu - Hệ số Poisson) | 0.33 |
| 3 | Density - Khối lượng riêng (kg/mm$^3$) | $2.7\times10^{-6}$ |
| 4 | Yield Stress- Giới hạn chảy (MPa) | 241.3 |
| 5 | α - Hệ số giãn nở nhiệt (/K) | $2.35\times10^{-5}$ |
| 6 | λ - Độ dẫn nhiệt (W/(mm.K)) | 0.167 |
| 7 | $C_p$ - Nhiệt dung riêng (J/(kg·K)) | 896 |

### 2.2. Phân tích phần tử hữu hạn cho tấm phẳng ban đầu

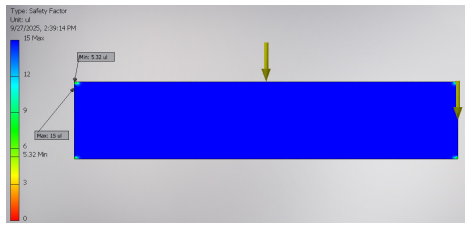
Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn [7]: Phân tích ứng suất, chuyển vị tổng hợp và hệ số an toàn cho chi tiết, kết quả phân tích được trình bày trên Hình 2 đến Hình 4.



Hình 2. *Trường ứng suất trên tấm phẳng ban đầu*



Hình 3. *Phân tích chuyển vị tổng hợp lớn nhất của điểm trên tấm phẳng ban đầu*



Hình 4. *Phân tích hệ số an toàn cho tấm phẳng ban đầu*

Nhận xét:

Do tiết diện của tấm phẳng có dạng đồng đều và tải trọng đặt ở vị trí mặt phẳng đối xứng nên trường ứng suất có phân bố dạng đối xứng với giá trị lớn nhất là ở vị trí ngàm. Chuyển vị tổng hợp lớn nhất nằm trên đường tác dụng của lực có giá trị lớn nhất là. Hệ số an toàn trên tấm phẳng là. Đánh giá chung cho thấy tấm

phẳng đang thừa bền, do đó cần thiết tiến hành nghiên cứu tối ưu hóa khối lượng để nâng cao hiệu quả sử dụng vật liệu mà vẫn đảm bảo an toàn làm việc.

**2.3. Cơ sở toán học của phương pháp tối ưu hóa hình dạng và cấu trúc**

Cơ sở toán học của hai phương pháp tối ưu hóa hình dạng (Shape Optimization) và tối ưu hóa cấu trúc (Structural Optimization) đều dựa trên lý thuyết tối ưu hóa và phân tích phần tử hữu hạn (FEA) để xác định trạng thái ứng suất, biến dạng và các đặc tính cơ học của tấm phẳng dưới tải trọng cho trước.

***2.3.1. Phương pháp tối ưu hóa hình dạng (Shape Optimization)***

Phương pháp này nhằm xác định hình dạng biên tốt nhất của tấm phẳng sao cho hàm mục tiêu được tối ưu, thường là giảm trọng lượng hoặc tăng độ cứng, trong khi vẫn thoả mãn các ràng buộc kỹ thuật như ứng suất không vượt quá giới hạn và chuyển vị không vượt quá giá trị cho phép.

Bài toán tối ưu hình dạng có thể được biểu diễn dưới dạng [1]:

$$\min_{\Omega} J(\Omega) \text{ với } \Omega \subset \mathbb{R}^n \quad (1)$$

Trong đó:

$\Omega$: Miền hình học của chi tiết.

$J(\Omega)$: Hàm mục tiêu (Ví dụ: Năng lượng biến dạng, trọng lượng, hoặc tỷ số độ cứng).

*Quá trình giải bao gồm các bước:*

- Giải phương trình trạng thái cơ học trên miền $\Omega$ bằng phân tích phần tử hữu hạn để thu được trường ứng suất và chuyển vị.

- Tính toán đạo hàm hình dạng (shape derivative) để biết độ nhạy của hàm mục tiêu theo biến đổi hình dạng biên giới.

- Cập nhật hình dạng biên dựa trên thông tin đạo hàm hình dạng để giảm hàm mục tiêu, đồng thời tái tạo lưới phần tử hữu hạn cho hình dạng mới.

- Lặp lại quá trình này cho đến khi đạt điều kiện hội tụ.

Phương pháp này thường sử dụng kỹ thuật đạo hàm biên đối với hàm mục tiêu, kết hợp thuật toán cập nhật gradient hoặc các giải thuật tối ưu phi tuyến.

***2.3.2. Phương pháp tối ưu hóa cấu trúc (Structural Optimization)***

Khác với tối ưu hóa hình dạng, tối ưu hóa cấu trúc tập trung vào việc phân bố vật liệu bên trong tấm phẳng sao cho đạt được đặc tính cơ học tốt nhất (tăng độ cứng, giảm khối lượng) trong khi giữ nguyên hình dạng tổng thể. Đây được coi là một dạng của bài toán tối ưu hóa topo (topology optimization).

Phương trình tối ưu cho bài toán này thường được biểu diễn như sau [2]:

$$\min_{\rho(x)} J(\rho) \text{ với } 0 \le \rho(x) \le 1, x \in \Omega \quad (2)$$
$$\text{Với } 0 \le \rho(x) \le 1, x \in \Omega$$

Trong đó:

$\rho(x)$: Biến mật độ vật liệu tại điểm;

$J(\rho)$: Hàm mục tiêu như trọng lượng hoặc năng lượng biến dạng.

Các ràng buộc bao gồm:

Ứng suất $\sigma(x)$ không vượt quá giới hạn cho phép.

Chuyển vị $\Delta(x)$ được kiểm soát trong phạm vi an toàn.

Tính khả thi về mặt thiết kế và sản xuất: Giải pháp bài toán tối ưu hóa cấu trúc thường dựa vào phương pháp mật độ vật liệu triển khai (SIMP - Solid Isotropic Material with Penalization), thuật toán bậc thang, hoặc thuật toán di truyền để điều chỉnh mật độ vật liệu sao cho hàm mục tiêu đạt giá trị tối ưu nhất.

Mô hình phân tích phần tử hữu hạn (FEA): Cả hai phương pháp đều dựa trên phân tích phần tử hữu hạn để mô phỏng và đánh giá trạng thái ứng suất, biến dạng trong từng vòng lặp tối ưu. Kết quả phân tích giúp xác định:

Các chỉ tiêu kỹ thuật quan trọng như hệ số an toàn được sử dụng để điều chỉnh hình dạng hoặc phân bố vật liệu trong bước tiếp theo của quy trình tối ưu.

So sánh và ứng dụng: Tối ưu hóa hình dạng chủ yếu điều chỉnh biên dạng bên ngoài, thích hợp cho các tấm phẳng có giới hạn về hình học sản xuất.

Tối ưu hóa cấu trúc cho phép thay đổi phân bố vật liệu bên trong, khai thác tối đa việc giảm khối lượng mà vẫn đảm bảo cấu trúc chắc chắn.

Việc nghiên cứu đồng thời hai phương pháp giúp đánh giá toàn diện hiệu quả tối ưu hóa, đặc biệt phù hợp với chi tiết dạng tấm phẳng hợp kim nhôm 6061-T6 trong nghiên cứu này để đạt được cân bằng tối ưu giữa độ cứng, ứng suất, chuyển vị và khối lượng.

**2.4. Ứng dụng phần mềm tối ưu hóa**

***2.4.1. Ứng dụng phần mềm tối ưu hóa hình dạng tấm phẳng***

Theo [10] các bước thực hiện tối ưu hóa hình dạng tấm phẳng trên phần mềm Autodesk Inventor bao gồm:

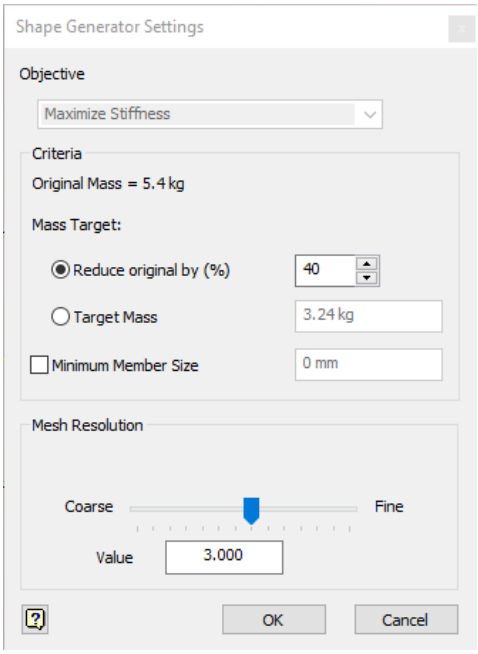
Tạo mô hình & gán vật liệu (Aluminium 6061-T6).

Khởi tạo Shape Generator.

Khai báo ràng buộc (Fixed, Pin, Frictionless).

Áp tải trọng (Force, Pressure, Moment).

Đặt mục tiêu: Giảm khối lượng %, giới hạn ứng suất/ độ võng, Preserve Region, Symmetry.




Hình 5. *Thiết lập mục tiêu tối ưu hóa hình dạng*

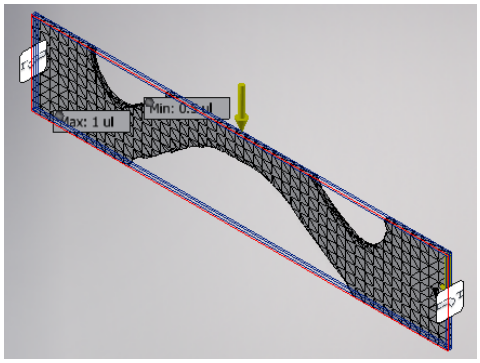
Chia lưới (Mesh).

Chạy tính toán → Generate Shape.

Xuất kết quả (Promote Shape).

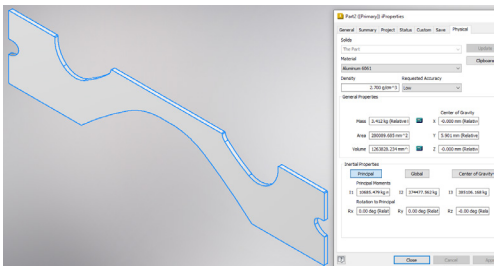
Kiểm chứng lại bằng phân tích ứng suất/độ võng và hệ số an toàn.

Hình 5 trình bày thiết lập tối ưu hóa hình dạng với mục tiêu tối đa hóa độ cứng cho tấm phẳng có khối lượng ban đầu 5.4 kg. Giá trị giảm khối lượng được thiết lập ở mức 40%, tương đương khối lượng tối ưu là 3.24 kg. Độ phân giải lưới mô phỏng chọn ở mức trung bình (giá trị 3.0), giúp cân bằng giữa độ tấm phẳng và thời gian tính toán. Các thiết lập này đảm bảo quá trình tối ưu vừa đạt hiệu quả giảm khối lượng, vừa duy trì độ cứng cần thiết cho tấm phẳng hợp kim nhôm 6061-T6. Kết quả tối ưu hóa hình dạng được trình bày trên Hình 6.



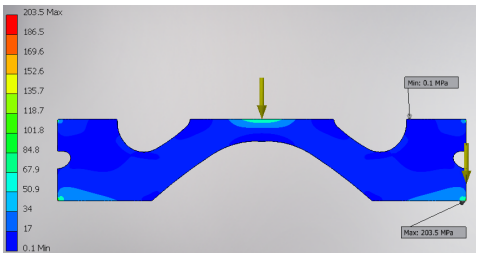

Hình 6. *Mô hình đám mây điểm của tấm phẳng sau khi tối ưu hóa hình dạng*

Sử dụng phần mềm thiết kế ngược Geomagic Design thiết kế mô hình vật lý cho tấm phẳng sau khi tối ưu hóa hình dạng được kết quả trình bày trên Hình 7.

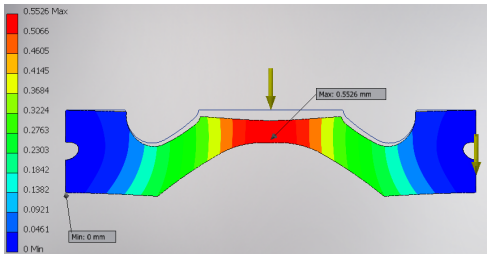


Hình 7. *Mô hình vật lý của tấm phẳng sau khi tối ưu hóa hình dạng có khối lượng $m_1$ = 3.412 kg*

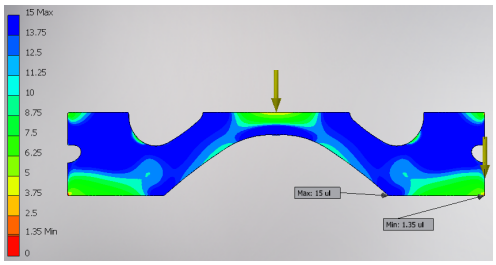
Kết quả kiểm nghiệm tấm phẳng sau khi tối ưu hóa hình dạng được trình bày trên Hình 8 đến Hình 10.




Hình 8. *Trường ứng suất trên sau khi tối ưu hóa hình dạng*




Hình 9. *Phân tích chuyển vị tổng hợp lớn nhất của điểm trên tấm phẳng sau khi tối ưu hóa hình dạng*




Hình 10. *Phân tích hệ số an toàn của tấm phẳng sau khi tối ưu hóa hình dạng*

Nhận xét:

Do tải trọng đặt ở vị trí mặt phẳng đối xứng nên trường ứng suất có phân bố dạng đối sứng với giá trị lớn nhất là ở vị trí ngàm. Chuyển vị tổng hợp lớn nhất nằm trên đường tác dụng của lực có giá trị lớn nhất làHệ số an toàn trên tấm phẳng là . Đánh giá chung cho thấy tấm phẳng đảm bảo các điều kiện về độ bền, độ cứng và an toàn khi làm việc.

### *2.4.2. Ứng dụng phần mềm tối ưu hóa cấu trúc tấm phẳng*

Theo [11] các bước thực hiện tối ưu hóa cấu trúc tấm phẳng trên phần mềm Altair Inspire bao các bước

như sau:

Xác định mục tiêu tối ưu (Ví dụ: Giảm khối lượng hoặc tăng độ cứng) và giới hạn thiết kế.

Chuẩn bị mô hình CAD, thiết lập vật liệu và điều kiện biên (liên kết, tải trọng).

Xác định vùng thiết kế và vùng giữ nguyên vật liệu.

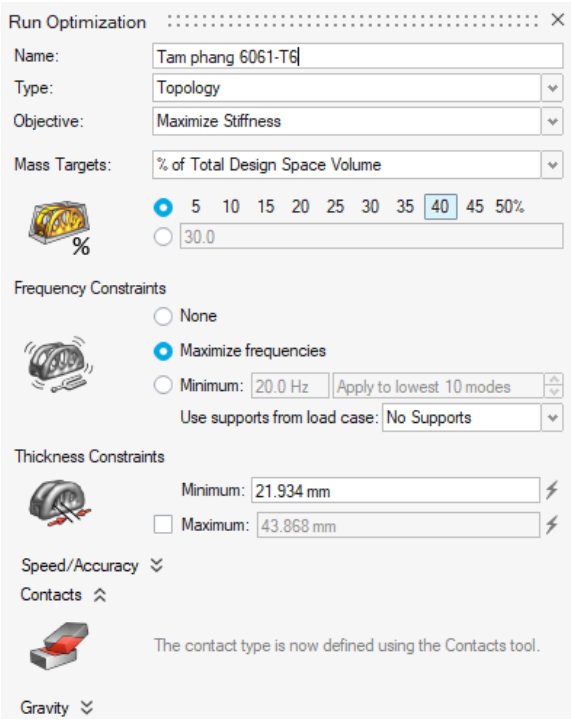
Lựa chọn thuật toán tối ưu hóa topo và cài đặt tham số (mục tiêu khối lượng, kích thước tối thiểu, độ phân giải lưới).

Thực hiện chạy tối ưu, theo dõi tiến trình và kết quả ứng suất, chuyển vị.

Đánh giá và tinh chỉnh kết quả, lặp lại nếu cần.

Xuất và áp dụng mô hình tối ưu vào các bước thiết kế tiếp theo.

Quy trình trên giúp giảm trọng lượng tấm phẳng trong khi vẫn giữ được hiệu suất cơ học và tính khả thi khi chế tạo.



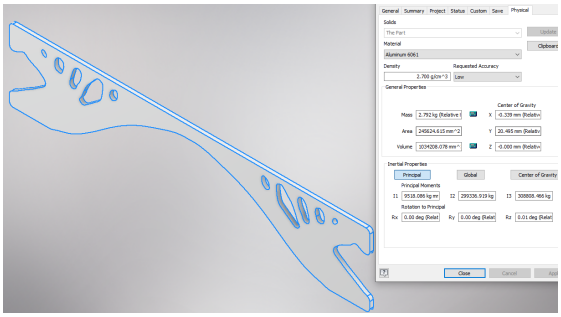

Hình 11. *Thiết lập mục tiêu tối ưu hóa cấu trúc*

Như vậy, quá trình tối ưu hóa cấu trúc tấm phẳng trên phần mềm Altair Inspire theo được thực hiện qua các bước chính bao gồm: Xác định mục tiêu tối ưu (tối đa hóa độ cứng và giảm khối lượng), chuẩn bị mô hình CAD với chất liệu và điều kiện biên phù hợp, lựa chọn vùng thiết kế và giới hạn vật liệu, cài đặt thuật toán tối ưu hóa topo với mục tiêu giảm khối lượng đi 40% thể tích ban đầu, giới hạn chiều dày từ 21.934 mm đến 43.868 mm và điều kiện ràng buộc về tần số dao động nhằm tăng độ bền động (Hình 11).

Hình 12. *Mô hình đám mây điểm của tấm phẳng sau khi tối ưu hóa cấu trúc*

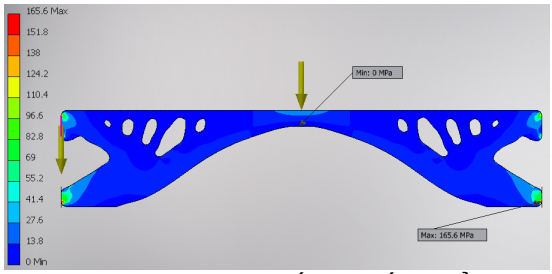
Hình 13 là kết quả quá trình tối ưu được chạy và theo dõi dựa trên các tiêu chí ứng suất, chuyển vị và khối lượng, sau đó kết quả được đánh giá và tinh chỉnh để có thiết kế tối ưu cuối cùng.

Sử dụng phần mềm thiết kế ngược Geomagic Design thiết kế mô hình vật lý cho tấm phẳng sau khi tối ưu hóa hình dạng được kết quả trình bày trên Hình 13.

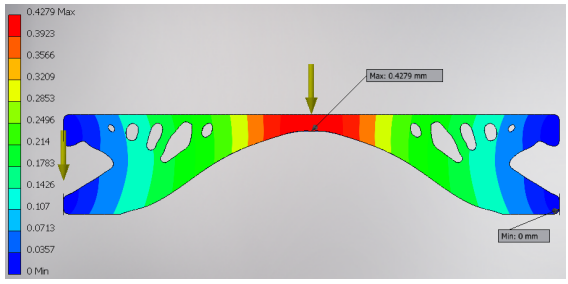


Hình 13. *Mô hình vật lý của tấm phẳng sau khi tối ưu hóa hình dạng có khối lượng* $m_1 = 2.792$ *kg*

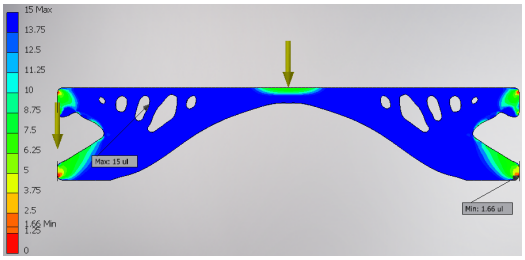
Kết quả kiểm nghiệm tấm phẳng sau khi tối ưu hóa hình dạng được trình bày trên Hình 14 đến Hình 16.




Hình 14. *Trường ứng suất trên tấm phẳng sau khi tối ưu hóa cấu trúc*




Hình 15. *Phân tích chuyển vị tổng hợp lớn nhất của điểm trên tấm phẳng sau khi tối ưu hóa cấu trúc*

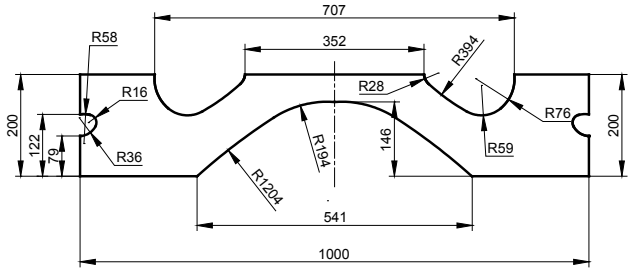


Hình 16. *Phân tích hệ số an toàn của tấm phẳng sau khi tối ưu hóa cấu trúc*

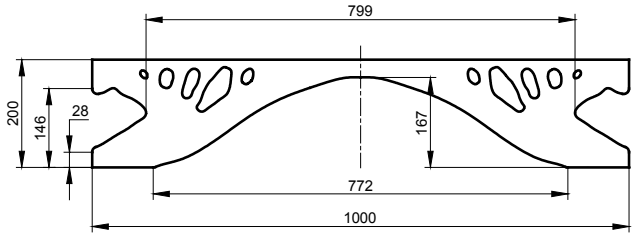
Nhận xét:

Do tải trọng đặt ở vị trí mặt phẳng đối xứng nên trường ứng suất có phân bố dạng đối xứng với giá trị lớn nhất là ở vị trí ngàm. Chuyển vị tổng hợp lớn nhất nằm trên đường tác dụng của lực có giá trị lớn nhất làHệ số an toàn trên tấm phẳng là. Đánh giá chung cho thấy tấm phẳng đảm bảo các điều kiện về độ bền, độ cứng và an toàn khi làm việc.

Kết cấu của tấm phẳng sau khi được tối ưu hóa hình dạng và cấu trúc được trình bày trên Hình 17 và Hình 18.




*Hình 17. Kết cấu của tấm phẳng sau khi được tối ưu hóa hình dạng*




*Hình 18. Kết cấu của tấm phẳng sau khi được tối ưu hóa cấu trúc*

Từ Hình 17 và Hình 18, có thể thấy rõ sự khác biệt về hình dạng và kết cấu của tấm phẳng sau tối ưu bằng hai phương pháp. Phương pháp tối ưu hóa hình dạng (Hình 17) cho biên dạng mượt mà, các kích thước và đường cong được ghi rõ, thuận tiện cho gia công và kiểm tra, đồng thời giữ lại các vùng chịu lực chính, đảm bảo độ cứng tổng thể.

Ngược lại, phương pháp tối ưu hóa cấu trúc (Hình 18) tạo ra biên dạng phức tạp hơn với các vùng rỗng, lỗ nhẹ hóa nhằm giảm tối đa khối lượng nhưng vẫn đảm bảo độ cứng. Một số vùng chuyển tiếp và đường cong tự do không thể định kích thước tiêu chuẩn mà chỉ lấy được từ dữ liệu phần mềm, gây khó khăn trong gia công và kiểm soát chất lượng theo phương pháp truyền thống.

Về ứng dụng, Hình 18 cho thấy hiệu quả giảm khối lượng vượt trội của tối ưu cấu trúc, nhưng cần lưu ý đến kiểm soát kích thước, khả năng gia công và quản lý chất lượng sản phẩm. Giải pháp khắc phục có thể là sử dụng dữ liệu CAD và kiểm soát theo tọa độ điểm.

Tổng hợp so sánh kết quả phân tích phần tử hữu hạn cho 2 phương pháp tối ưu được trình bày trên Bảng 2.

Bảng 2. *Tổng hợp so sánh kết quả phân tích phần tử hữu hạn*

| TT | Thông số | Chi tiết ban đầu | Tối ưu hóa hình dạng | Tối ưu hóa cấu trúc | So sánh (2) với (1) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | (0) | (1) | (2) | |
| 1 | Khối lượng m(kg) | 5.4 | 3.412 | 2.792 | Giảm 1.23 lần |
| 2 | Ứng suất lớn nhất | 51.72 | 203.5 | 165.6 | Giảm 1.29 lần |
| 3 | Chuyển vị tổng hợp | 0.1692 | 0.553 | 0.4279 | Giảm 1.23 lần |
| 4 | Hệ số an toàn nhỏ nhất $SF_{min}$ | 5.32 | 1.35 | 1.66 | Tăng 1.22 lần |

## 3. KẾT LUẬN

- Nghiên cứu đã so sánh hai phương pháp tối ưu hóa hình dạng và cấu trúc trên tấm phẳng hợp kim nhôm 6061-T6 dưới tải trọng tập trung và giới hạn kích thước. Chi tiết ban đầu có khối lượng 5.4 kg, ứng suất cực đại 51.72 MPa, chuyển vị tối đa 0.1692 mm, hệ số an toàn từ 5.32 đến 15.

- Phương pháp tối ưu hóa hình dạng giảm khối lượng còn 3.412 kg nhưng ứng suất và chuyển vị tăng lên (203.5 MPa và 0.553 mm), hệ số an toàn giảm còn 1.35 đến 15. Trong khi đó, tối ưu hóa cấu trúc đạt khối lượng thấp hơn (2.792 kg), đồng thời giữ ứng suất và chuyển vị nhỏ hơn (165.6 MPa và 0.4279 mm), với hệ số an toàn cao hơn (1.66 đến 15).

- Phân tích tổng thể cho thấy cả hai phương pháp đảm bảo điều kiện làm việc, nhưng tối ưu hóa cấu trúc hiệu quả hơn với: Giảm khối lượng cao hơn 1.22 lần, giảm ứng suất cực đại 1.23 lần, giảm chuyển vị 1.29 lần và tăng hệ số an toàn nhỏ nhất 1.23 lần so với tối ưu hóa hình dạng.

- Tối ưu hóa cấu trúc tạo ra biên dạng phức tạp hơn, nhưng đem lại hiệu quả tiết kiệm vật liệu tốt hơn, vì vậy

sẽ tăng thách thức về gia công và kiểm soát kích thước. Việc ứng dụng các công nghệ CAD/CAE hiện đại trong quản lý dữ liệu và kiểm soát sản xuất là cần thiết để tận dụng triệt để ưu điểm của phương pháp này.

- Tối ưu cấu trúc là giải pháp ưu việt hơn cho thiết kế chi tiết tấm phẳng hợp kim nhôm 6061-T6, giúp cân bằng tối ưu giữa độ cứng, độ bền và khối lượng, nâng cao hiệu quả sản xuất giảm giá thành và khối lượng nguyên liệu đầu vào.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1]. Martin Philip Bendsøe & Ole Sigmund (2003), *Topology Optimization: Theory, Methods and Applications*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, ISBN: 978-3-540-42992-1.

[2]. Rozvany, G. I. N. A (2009), *Critical review of established methods of structural topology optimization*, Structural and Multidisciplinary Optimization, vol. 37, no. 3, pp. 217–237.

[3]. S. Azegami, T. Shimoda, and H. Harada (2021), *Shape optimization for non-linear buckling load of plates using genetic algorithms*, Composite Structures, vol. 256, 113093.

[4]. Y. Wang, J. Li, and Z. Wang (2023), *Shape optimization of aluminium alloy spherical reticulated shells with gusset joints*, Frontiers of Structural and Civil Engineering, vol. 17, pp. 154–168.

[5]. L. Y. Xu, K. Ogawa, and Y. Ohsaki (2017), *Study on shape optimization of aluminum-alloy railing post, in Proc. Int. Conf*, Advances in Materials and Processing Technologies (AMPT).

[6]. T. A. Nguyen, X. Q. Nguyen and T. T. Tran (2024), *Topology optimization design for additive manufacturing*, Engineering, Technology & Applied Science Research, vol. 14, no. 2, pp. 12809–12814.

[7]. Mạc Văn Giang, Tạ Hồng Phong, Mạc Thị Nguyên, Trịnh Văn Cường (2024), *Nghiên cứu tối ưu hóa cấu trúc tấm phẳng máy theo phương pháp thiết kế sinh học*, Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ, Số 4 (87).

[8]. https://2024.help.altair.com/2024/inspire/en_us/index.htm.

[9]. AAMA (2014), *TIR A9-14 Design guide for metal cladding fasteners*, Schaumburg, IL: American Architectural Manufacturers Association.

[10]. https://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2023/ENU/.

[11]. https://2025.help.altair.com/2025/inspire/en_us/index.htm.

**AUTHOR INFORMATION**

**Nguyen Van Hinh**

*Corresponding author: nguyenvanhinh@gmail.com*

Sao Do University.

# THỂ LỆ GỬI BÀI
# TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

**Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ (P. ISSN 1859-4190, E. ISSN 2815-553X),** thường xuyên công bố kết quả, công trình nghiên cứu khoa học và công nghệ của các nhà khoa học, cán bộ, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, sinh viên ở trong và ngoài nước.

1. Tạp chí xuất bản 01 số/quý bằng hai ngôn ngữ tiếng Việt và tiếng Anh. Tạp chí nhận đăng các bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực: Điện - Điện tử - Tự động hóa; Cơ khí - Động lực; Kinh tế; Triết học - Xã hội học - Chính trị học; Các lĩnh vực khác gồm: Công nghệ thông tin; Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Ngôn ngữ học; Toán học; Vật lý; Văn hóa - Nghệ thuật - Thể dục thể thao...
2. Bài nhận đăng là những công trình nghiên cứu khoa học chưa công bố trong bất kỳ ấn phẩm khoa học nào.
3. Tòa soạn chỉ nhận bài báo gửi online trên website http://tapchikhcn.saodo.edu.vn. Bài báo gửi về toà soạn dưới dạng file điện tử (*.doc *.docx và *.pdf); cuối bài báo, tác giả ghi rõ thông tin địa chỉ liên hệ, số điện thoại, email và cập nhật thông tin trên website. Bài báo phải được trình bày đúng định dạng, rõ ràng; Trường hợp bài báo phải chỉnh sửa theo thể lệ hoặc theo yêu cầu của Phản biện thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phản biện sẽ do tòa soạn mời. Tòa soạn không gửi lại bài nếu không được đăng.
4. Các công trình thuộc đề tài nghiên cứu có Cơ quan quản lý cần kèm theo giấy phép cho công bố của cơ quan (Tên đề tài, mã số, tên chủ nhiệm đề tài, cấp quản lý,...).
5. Tên bài báo trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 14, in đậm, căn giữa.
6. Tên tác giả (không ghi học hàm, học vị), font Arial, cỡ chữ 10, in đậm, căn lề phải; cơ quan công tác của các tác giả, font Arial, cỡ chữ 9, in nghiêng, căn lề phải.
7. Chữ "Tóm tắt" in đậm, font Arial, cỡ chữ 10; Nội dung tóm tắt của bài báo không quá 10 dòng, trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 10, in thường.
8. Chữ "Từ khóa" in đậm, nghiêng, font Arial, cỡ chữ 10; Có từ 03÷05 từ khóa, font Arial, cỡ chữ 10, in nghiêng, ngăn cách nhau bởi dấu chấm phẩy, cuối cùng là dấu chấm.
9. Nội dung bài báo viết bằng tiếng Việt hoặc tiếng Anh; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Việt: Tiêu đề tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Tóm tắt tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Từ khóa tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Anh: Tiêu đề tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Tóm tắt tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Từ khóa tiếng Anh trước, tiếng Việt sau.
10. Bài báo được đánh máy trên khổ giấy A4 (21 × 29,7cm) có độ dài không quá 8 trang, font Arial, cỡ chữ 10, giãn dòng At least 12pt, Before 3pt, After 3pt; căn lề trên 2.5cm, dưới 2.5cm, trái 3cm, phải 2cm; hình vẽ phải rõ ràng, đủ nét và được định dạng dưới dạng file ảnh (*.jpg); Phương trình, công thức phải soạn thảo bằng Mathtype hoặc Equation; Phần nội dung bài báo được chia thành 02 cột, khoảng cách cột là 1cm; Trong trường hợp hình vẽ, hình ảnh có kích thước lớn, bảng biểu có độ rộng lớn hoặc công thức, phương trình dài thì cho phép trình bày dưới dạng 01 cột.
11. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự tài liệu được trích dẫn trong bài báo.

    - Nếu là sách/luận án: Tên tác giả (năm), Tên sách/luận án/luận văn, Nhà xuất bản/Trường/Viện, lần xuất bản/tái bản.

    - Nếu là bài báo/báo cáo khoa học: Tên tác giả (năm), Tên bài báo/báo cáo, Tạp chí/Hội nghị/Hội thảo, Tập/Kỷ yếu, số, trang.

    - Nếu là trang web: Phải trích dẫn đầy đủ tên website và đường link, ngày cập nhật.
12. Định dạng mẫu bài báo tham khảo tại địa chỉ http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format_paper

    Bài báo sau khi xuất bản sẽ được công bố trên http://tapchikhcn.saodo.edu.vn.

## THÔNG TIN LIÊN HỆ:

**Ban Biên tập Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ**

Phòng 203, Tầng 2, Nhà B1, Trường Đại học Sao Đỏ.

Địa chỉ: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: http://tapchikhcn.saodo.edu.vn

Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

**Địa chỉ:**
- **Số 1:** Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Số 2:** Số 72, đường Nguyễn Thái Học, quốc lộ 37, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Điện thoại:** (0220) 3882 269 **Fax:** (0220) 3882 921 **Website:** http://saodo.edu.vn **Email:** info@saodo.edu.vn

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

Số 4 (92)
2025

Địa chỉ Tòa soạn:
Trường Đại học Sao Đỏ
Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.
Website: http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.