

TRÍCH YẾU LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Họ và tên của nghiên cứu sinh: **Nguyễn Thái Sơn**

Tên đề tài của luận án: *“Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến chất lượng chi tiết in 3D - SLM từ vật liệu Ti6Al4V”.*

Ngành: Kỹ thuật cơ khí

Mã ngành: 9520103

Họ và Tên cán bộ hướng dẫn khoa học

1. PGS.TS. Trần Ngọc Hiền
2. PGS.TS. Nguyễn Chí Sáng

Cơ sở đào tạo: Viện Nghiên cứu Cơ khí – Bộ Công Thương

TÓM TẮT NHỮNG KẾT LUẬN MỚI CỦA LUẬN ÁN

1. Đối tượng, mục tiêu nghiên cứu của đề tài

1.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- **Đối tượng nghiên cứu:** Nghiên cứu ảnh hưởng của 3 tham số đầu vào bao gồm công suất nguồn laser (U), vận tốc in (V), chiều dày lớp in (t) tới độ chính xác hình dạng (D), độ nhám bề mặt (R_a) và độ xốp khi in 3D kim loại.
- **Phạm vi nghiên cứu:** Công nghệ in 3D vật liệu kim loại áp dụng cho chế tạo chi tiết từ vật liệu bột hợp kim titan Ti6Al4V với kích thước bột trung bình 43 μm theo phương pháp in laser nóng chảy chọn lọc (Selective Laser Melting -SLM).

1.2. Mục tiêu nghiên cứu

- Xây dựng mô hình toán thể hiện mối liên hệ giữa bộ thông số công nghệ in với các chỉ tiêu chất lượng sản phẩm in.
- Xác định bộ thông số công nghệ in tối ưu thỏa mãn các chỉ tiêu đầu ra.

2. Phương pháp nghiên cứu

Với mục tiêu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu trên, các bước tiến hành nghiên cứu được thể hiện trên sơ đồ với sự kết hợp của các phương pháp nghiên cứu lý thuyết, mô phỏng và thực nghiệm.

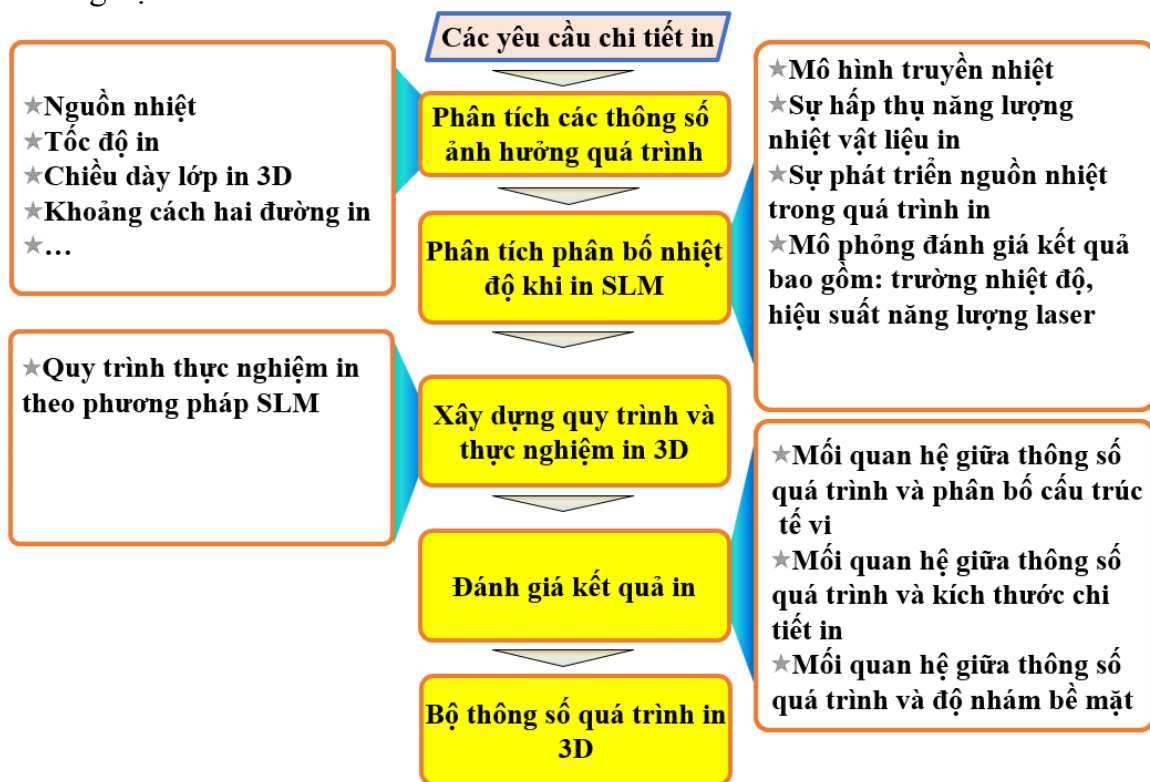
2.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

- Cơ chế của quá trình in laser nóng chảy chọn lọc với bột kim loại Ti6Al4V.

- Thông số thuộc tính nhiệt của vật liệu Ti6Al4V và trạng thái chuyển đổi pha.
- Xây dựng phương trình truyền nhiệt có xét tới thông số công nghệ in và thuộc tính nhiệt của vật liệu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu mô phỏng

- Ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn xác định trường nhiệt độ khi in vật liệu Ti6Al4V.
- Xác định mô hình nguồn năng lượng laser.
- Xác định bộ thông số công nghệ in thay cho các thí nghiệm khảo sát nhằm xác định phạm vi giới hạn bộ thông số công nghệ để phục vụ nghiên cứu thực nghiệm.



Sơ đồ trình tự nghiên cứu

2.3. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

Phương pháp nghiên cứu là kết hợp lý thuyết với thực nghiệm để kiểm chứng. Nội dung khái quát như sau:

- Nghiên cứu thực nghiệm để xác định bộ thông số ảnh hưởng (các thông số đầu vào) gồm: công suất nguồn laser (U), vận tốc in (V), chiều dày lớp in (t) đến chỉ tiêu chất lượng sản phẩm in 3D gồm: độ chính xác hình dạng (D), độ nhám bề mặt (R_a) và độ xốp khi in 3D. Trong đó xây dựng hàm đơn và đa mục tiêu mô tả

mối quan hệ giữa bộ thông số công nghệ in SLM và các chỉ tiêu đầu ra về chất lượng.

- Quá trình thực nghiệm được thực hiện trên mô hình thí nghiệm với sử dụng trang thiết bị đo lường tiên tiến.

3. Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu tổng quan về phương pháp sản xuất bồi đắp và tập trung vào phương pháp in SLM. Nghiên cứu cơ sở lý thuyết của phương pháp in 3D SLM từ đó xác định ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến các chỉ tiêu đầu ra về chất lượng sản phẩm in. Căn cứ vào phân tích cơ chế và cơ sở lý thuyết của các công trình nghiên cứu trước để xác định mô hình chuyển pha của kim loại Ti6Al4V khi in và mô hình truyền nhiệt khi in SLM.
- Tiến hành mô phỏng quá trình truyền nhiệt khi in SLM, so sánh với vùng nhiệt nóng chảy của kim loại Ti6Al4V để xác định giá trị giới hạn của nguồn nhiệt. Kết hợp với các nghiên cứu đã công bố từ đó khoanh vùng được các giá trị giới hạn của bộ 3 thông số đầu vào cần nghiên cứu bao gồm công suất nguồn laser (U), vận tốc in (V) chiều dày lớp in (t), đối tượng đầu ra cần đánh giá bao gồm độ chính xác hình dạng (D), độ nhám bề mặt (R_a) và độ xốp khi in 3D.
- Từ đó xây dựng mô hình thực nghiệm và hệ thống thí nghiệm. Trên cơ sở đó lựa chọn thiết bị in, xử lý sau in và thiết bị đo để tiến hành thu thập kết quả và phân tích đánh giá.
- Sau khi thu được kết quả thực nghiệm, tiến hành phân tích số liệu để đánh giá ảnh hưởng của các thông số đầu vào đến các thông số đầu ra.
- Xây dựng bài toán tối ưu hóa đơn mục tiêu và đa mục tiêu.

4. Các kết quả đạt được của luận án

Từ nội dung và kết quả đạt được của luận án, có thể rút ra các kết luận sau:

1-Với đặc tính vật liệu, trường nhiệt thay đổi trạng thái pha của vật liệu đã được phân tích làm cơ sở xác định bộ thông số công nghệ phù hợp để đạt được nhiệt độ nóng chảy vật liệu Ti6Al4V là trên 1877 K và nhỏ hơn nhiệt độ bay hơi là 3533 K; mặt khác các tính chất nhiệt của vật liệu như nhiệt dung, hệ số dẫn nhiệt thay đổi theo nhiệt độ và trạng thái chuyển đổi pha cũng đã được xác định.

2-Với phương pháp in SLM, cơ chế in SLM đã được phân tích để xác định các ứng xử cơ – nhiệt – hóa của vật liệu trong quá trình in. Xây dựng mô hình truyền nhiệt với các thông số chính bao gồm đặc tính vật liệu (nhiệt dung, hệ số dẫn nhiệt); chế độ in

(vận tốc in, nguồn laser). Mặt khác, xác định được mô hình nhiệt và năng lượng nhiệt tổn hao.

3-Với điều kiện in, các xử lý trước in (gia nhiệt bột in lên 200⁰C), các xử lý sau in (ủ cả mẫu in và tấm nền) đã được áp dụng nhằm giảm ứng suất dư do nhiệt.

4-Với chế độ công nghệ in, bộ thông số công nghệ in bao gồm công suất nguồn laser, chiều dày lớp in, vận tốc in đã được nghiên cứu để xác định ảnh hưởng của bộ thông số công nghệ này tới độ nhám bề mặt; độ chính xác hình dạng, và đặc điểm cấu trúc tế vi. Với chế độ công nghệ in trong mối liên hệ với các chỉ tiêu chất lượng, các kết quả đạt được bao gồm:

- Thiết lập được phương trình truyền nhiệt khi in theo phương pháp in SLM, trong đó nguồn năng lượng tiêu hao đã được xác định. Phương trình truyền nhiệt với mô hình nguồn laser theo phân bố Gauss đã được sử dụng để sinh trường nhiệt độ khi in. Giá trị của trường nhiệt độ rất quan trọng, làm cơ sở để xác định năng lượng laser E và bộ thông số công nghệ in phù hợp.

- Thiết lập được mô hình toán thể hiện mối liên hệ giữa độ sai lệch hình dạng (D), độ nhám bề mặt (R_a) và độ xốp với các thông số công nghệ in gồm công suất nguồn laser U; vận tốc in V (mm/s) và chiều dày lớp in t (mm).

- Xác định được bộ thông số công nghệ in tối ưu thảo mãn bài toán tối ưu đơn mục tiêu và đa mục tiêu và đạt được đồng thời độ sai lệch hình dạng nhỏ nhất, độ nhám nhỏ nhất và độ xốp nhỏ nhất.

Hà Nội, ngày tháng năm 2026

Ý kiến của tập thể người hướng dẫn khoa học

Nghiên cứu sinh

PGS.TS. Trần Ngọc Hiền PGS.TS. Nguyễn Chi Sáng

Nguyễn Thái Sơn