

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP.HCM**

MA VĂN VIỆT

**NGHIÊN CỨU TẠO HÌNH KIM LOẠI TÁM BẢNG CÔNG NGHỆ BIẾN
DẠNG GIA TĂNG ĐA ĐIỂM**

Chuyên ngành: KỸ THUẬT CƠ KHÍ
Mã số chuyên ngành: 9520103

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

TP. HỒ CHÍ MINH – NĂM 2022

Công trình được hoàn thành tại **Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM**

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS.TS. LÊ VĂN SỸ

Người hướng dẫn khoa học 2: PGS.TS. NGUYỄN TRƯỜNG THỊNH

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

HỘI NGHỊ QUỐC TẾ

1. Ma Van Viet, Nguyen Truong Thinh, Le Van Sy, and Svetlin Antonov “Study on the formability by tpif technology for aluminum sheet at room temperature”, E3S Web of Conferences 207, 05005 (2020) PEPM'2020, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020705005>

2. Ma Van Viet, Nguyen Truong Thinh, Le Van Sy, “Finite element simulation of the formability by tpif technology for aluminum sheet at room temperature”

3. Ma Van Viet, Nguyen Truong Thinh, Le Van Sy, “Influence of machining parameters on the TPIF formability for aluminum sheet at room temperature”

4. Ma Van Viet, Nguyen Truong Thinh, Le Van Sy, “Effect of lubrication on deforming the aluminum sheet with two points incremental forming technology”.

TẠP CHÍ QUỐC TẾ

1. Le Van Sy, Ma Van Viet, “Influence of Lubricants and Lubricating Methods on Surface Roughness in the Two-Point Incremental Sheet Forming Process”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, May 2022 <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09435-2>

TẠP CHÍ TRONG NƯỚC

1. Th S. Ma Văn Việt, PGS.TS. Lê Văn Sỹ, “Ảnh hưởng của nhiệt độ tạo hình tấm hợp kim Magie bằng phương pháp biến dạng gi tăng cụ bộ”, trang 72-78, ISSN 0866-7056, Tạp chí cơ khí Việt Nam Số 4, 2018

6.2 Kiến nghị

TPIF là một công nghệ mới đang phát triển ở Việt Nam, còn nhiều vấn đề cần phải nghiên cứu, luận án này chỉ là bước đầu nghiên cứu một phần nhỏ của công nghệ này và chưa thực sự toàn diện và hoàn chỉnh, trong tương lai còn cần bổ túc thêm nhiều vấn đề:

- Thực hiện nghiên cứu với nhiều loại vật liệu tấm hơn.
- Nghiên cứu TPIF ở nhiệt độ cao.
- Gia công những chi tiết phức tạp hơn.
- Cải thiện đồ gá phù hợp cho những chi tiết phức tạp.

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của tôi.

Các số liệu, kết quả nêu trong Luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày ... tháng 12 năm 2022

(Ký tên và ghi rõ họ tên)

LỜI CẢM ƠN

Tôi xin cảm ơn sự hướng dẫn nhiệt tình của; quý thầy cô Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Dầu khí Việt Nam; Khoa Cơ khí Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật thành phố Hồ Chí Minh, Khoa Cơ khí Trường Đại học Bách khoa thành phố Hồ Chí Minh; Phòng Thí nghiệm trọng điểm Điều khiển số và kỹ thuật hệ thống, Phòng Thí nghiệm Công nghệ thiết kế và gia công tiên tiến - Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh; Phòng Đào tạo sau Đại học - Đại học Sư Phạm Kỹ thuật thành phố Hồ Chí Minh; sự động viên từ cơ quan, bạn bè và đồng nghiệp. Đặc biệt, xin cảm ơn gia đình và người thân đã hỗ trợ tôi trong suốt quá trình làm luận án.

Xin chân thành cảm ơn.

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN	3
1.1 Tổng quan về hướng nghiên cứu	3
CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT	3
2.1 Lý thuyết biến dạng kim loại	3
2.2 Ảnh hưởng của ma sát và bôi trơn	5
2.3 Lý thuyết về quy hoạch thực nghiệm.....	6
2.4 Mô phỏng phần tử hữu hạn trong	6
2.4.1 Phương pháp tích phân tường minh (Explicit).....	6
2.4.2 Ổn định của tích phân tường minh.....	7
2.4.3 Phương pháp tích phân ẩn (Implicit)	8
2.4.4 Ổn định của tích phân ẩn	8
CHƯƠNG 3 HỆ THỐNG THỰC NGHIỆM	9
3.1 Thiết bị và đồ gá cho ISF	9
3.1.1 Máy công cụ	9
3.1.2 Dụng cụ tạo hình.....	9
3.1.3 Đồ gá.....	9
3.2 Hình dạng chi tiết khảo sát	10
3.3 Trình tự thực nghiệm	10
CHƯƠNG 4 MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH TPIF	11
4.1 PPTTH trong ISF	11
4.2 Mô hình hóa.....	11
4.3 Điều kiện biên, tạo lưới	12
4.3.1 Chi tiết	12
4.3.2 Dưỡng tạo hình	12
4.3.3 Tạo lưới.....	12

Bảng 5.11 Giá trị mô phỏng cho các trường hợp

Stt	D (mm)	Δz (mm)	V_{xy} (mm/phút)	n (vòng/p hút)	α (°) mô phỏng	α (°)thực nghiệm	Sai số %
1	18	0,8	900	1800	82	81	1,23
2	12	0,8	900	1050	81	82	1,2

CHƯƠNG 6 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

6.1 Kết luận

Luận án nghiên cứu tạo hình kim loại tấm bằng công nghệ biến dạng gia tăng đa điểm đã đạt được một số thành tựu sau:

- Luận án thiết kế và chế tạo thành công đồ gá TPIF, đảm bảo độ cứng vững, ổn định... để phục vụ công tác thực nghiệm, nghiên cứu khả năng biến dạng kim loại tấm và ảnh hưởng của tham số công nghệ đến khả năng biến dạng... bằng công nghệ biến dạng gia tăng đa điểm.

- Luận án xây dựng thành công mô hình côn nón cụt theo bậc với dải khảo sát tăng dần là 65°-85°, để khảo sát khả năng biến dạng kim loại tấm, mỗi bậc là một độ.

- Luận án nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng số công nghệ TPIF, kết quả so sánh giữa thực nghiệm và mô phỏng với sai số nhỏ hơn 3%.

- Luận án lựa chọn hợp chất bôi trơn và phương pháp bôi trơn để đạt được chất lượng bề mặt sản phẩm tốt nhất trong các loại chất bôi trơn cần nghiên cứu bằng công nghệ TPIF.

- Luận án nghiên cứu độ chính xác hình học, phân bố độ dày sau biến dạng, độ nhám bề mặt tạo hình tấm bằng TPIF.

- Nghiên cứu quy hoạch thực nghiệm, từ kết quả thực nghiệm thiết lập phương trình hồi qui thể hiện mối tương quan giữa góc tạo hình và các thông số công nghệ.

- Tìm thông số máy hợp lí từ phương trình hồi qui để đạt được khả năng biến dạng lớn nhất của tấm nhôm A1050 H14 dày 1,5 mm.

- Mô phỏng quá trình công nghệ biến dạng gia tăng đa điểm.

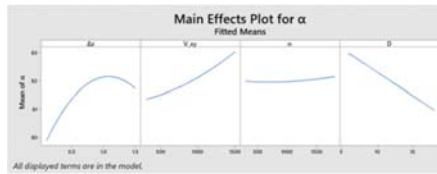
- Khả năng tạo hình của vật liệu bằng công nghệ TPIF cao hơn so SPIF.

Hình 5.5 cho thấy, thông qua phân tích phân biến thiên không do hồi quy (còn gọi là phần dư) đem lại một mô hình kiểm tra đầy đủ. Dữ liệu thực nghiệm minh chứng là phù hợp với kết quả dự đoán của mô hình được xây dựng. Biểu đồ xác suất của phần dư được dịch chuyển xấp xỉ theo một đường thẳng, cho thấy phân phối lỗi là bình thường, tất cả các giá trị nằm trong khoảng thay đổi xác định với 95%. Tóm lại, phân tích phần dư cho thấy mô hình được xây dựng phù hợp để dự đoán khả năng biến dạng, với tất cả phần dư nằm trong giới hạn kiểm soát.

Phương trình hồi quy khả năng tạo hình (góc tạo hình α)

$$\alpha = 79,17 + 7,374z + 0,0006 V_{xy} + 0,0001n - 0,0863D - 2,451 z^2 - 0,1786zD + 0,0001 V_{xy} D$$

Nhôm có khả năng tạo hình tốt vì có hằng số là 79,17.



Đồ thị 5.1 Đồ thị mối liên hệ giữa các yếu tố chính và góc biến dạng

Từ đồ thị tối ưu hóa giá trị góc biến dạng lớn nhất là $\alpha=84,46^\circ$. Tương ứng các thông số công nghệ tối ưu như bảng sau:

Bảng 5.10 Bộ thông số công nghệ hợp lý.

Δz (mm)	V_{xy} (mm/phút)	D (mm)	n (vòng/phút)	α ($^\circ$)
1,076	1500	6	300	84,46

Các ảnh hưởng tương tác của các tham số độc lập lên khả năng biến dạng chỉ ra trên biểu đồ đáp ứng bề mặt 3D. Nó dựa trên mối quan hệ giữa các tham số gia công và đáp ứng.

Tóm lại, quá trình quy hoạch thực nghiệm bậc hai Box-Benken bốn yếu tố, năm điểm ở tâm, đã xác định được mối liên hệ của bốn thông số công nghệ.

5.5 So sánh kết quả với thí nghiệm

Từ bảng ma trận thực nghiệm theo DOE ta chọn ra vài trường hợp tiêu biểu để dự đoán bằng phần mềm ABAQUS.

4.4 Thông số vật liệu trong Abaqus.....	12
4.4.1 Khả năng biến dạng (góc biến dạng).....	13
CHƯƠNG 5 KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU	14
5.1 Tổng quan	14
5.2 Vật liệu thực nghiệm và các thông số.....	14
5.3 Khảo sát ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến khả năng tạo hình TPIF.....	14
5.3.1 Các yếu tố ảnh hưởng	14
5.3.2 Ma trận thực nghiệm.....	14
5.4 Phân tích kết quả.....	15
5.4.1 Ảnh hưởng của các thông số công nghệ lên chất lượng sản phẩm (biến dạng chi tiết, độ nhám bề mặt, phân bố chiều dày).....	15
5.4.2 So sánh chiều dày giữa thực nghiệm và tính toán.....	17
5.4.3 Khả năng biến dạng (α).....	20
5.5 So sánh kết quả với thí nghiệm.....	22
CHƯƠNG 6 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	23
6.1 Kết luận.....	23
6.2 Kiến nghị	24

DANH SÁCH CHỮ VIẾT TẮT

ABAQUS	Phần mềm FEM của Dassault Systemes
A 1050 H14	Hợp kim nhôm theo tiêu chuẩn
ANOVA	Analysis Of Variance
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacture
CNC	Computer numerical control
DCSELAB	Digital Control and System Engineering laboratory

DOE	Design of Experiment
ĐH	Đại học
ĐHBK	Đại học Bách khoa
FEM	Finite Element Method
ISF	Incremental sheet forming
NC	Numerical control
PPPTHH	Phương pháp phần tử hữu hạn
PTHQ	Phương trình hồi quy
PTN	Phòng thí nghiệm
QHTN	Quy hoạch thực nghiệm
SPIF	Single point incremental forming
STT	Số thứ tự
TNT	Quy hoạch thực nghiệm yếu tố toàn
TPIF	Two point incremental forming
TRT	Quy hoạch thực nghiệm yếu tố riêng phần

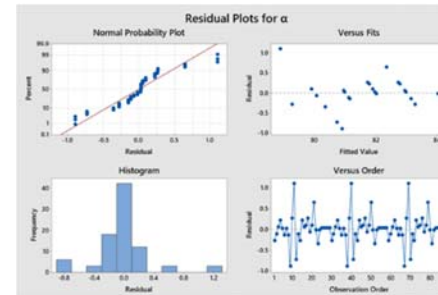
DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU

α_{max}	Góc biến dạng giới hạn tạo hình
Δz	Bước xuống dụng cụ sau mỗi lớp biến dạng (mm)
D	Đường kính dụng cụ tạo hình (mm)
E	Module đàn hồi
h	Chiều cao vết rách
K	Số yếu tố ảnh hưởng trong qui hoạch
μ	Hệ số ma sát giữa tấm dụng cụ tạo hình
ν	Hệ số Poisson của vật liệu tấm
N	Số lần thực nghiệm
n	Số vòng quay trục chính máy phay (vòng/phút)
Rz	Độ nhám bề mặt
t_1	Chiều dày chi tiết sau khi biến dạng
t_0	Chiều dày tấm phôi ban đầu
V_{xy}	Vận tốc tiến dụng cụ trong mặt phẳng ngang (mm/phút)

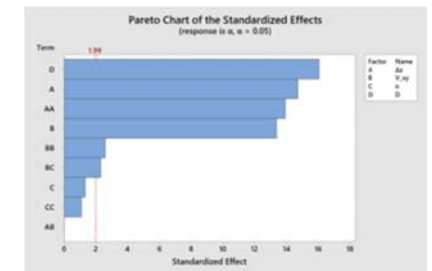
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	%
Model	8	43,1462	5,3933	64,15	0,000	
z	1	10,0833	10,0833	119,94	0,000	22,49
V_{xy}	1	8,3333	8,3333	99,13	0,000	18,59
n	1	0,0833	0,0833	0,99	0,331	0,19
D	1	12,0000	12,0000	142,74	0,000	26,77
z^*z	1	10,1462	10,1462	120,69	0,000	22,63
z^*D	1	2,2500	2,2500	26,76	0,000	5,02
Error	20	1,6814	0,0841			
Total	28	44,8276				

Bảng 5. 9 Model Summary.

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,289946	96,25%	94,75%	88,96%


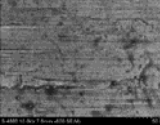
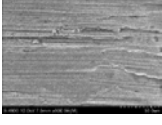
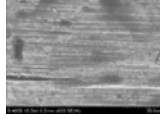
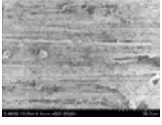

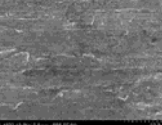
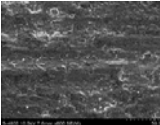


Hình 5. 5 Biểu đồ phần dư cho góc biến dạng.



Hình 5. 6 Biểu đồ Pareto ảnh hưởng của bốn thông số công nghệ đến góc biến dạng.

Từ bảng ANOVA, giá trị P của mô hình là $0 < P < 0,05$, chứng tỏ mô hình thực nghiệm phù hợp. Theo biểu đồ Pareto, ảnh hưởng của đường kính dụng cụ là lớn nhất, tiếp đến bước tiến Δz , tốc độ V_{xy} đến góc biến dạng và ảnh hưởng ít nhất là tốc độ trục chính. Tỷ lệ phần trăm ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến góc biến dạng thể hiện như sau bước tiến Δz 22,49%, Tốc độ chạy dụng cụ V_{xy} 18,59%, đường kính dụng cụ D 26,77%, tốc độ trục chính n 0,19 %, n. V_{xy} 0,56%.

AS40 Mỡ		
	Ra = 1,33 μm	Ra = 1,30 μm
Gear VG 150 oil		
	Ra = 1,21 μm	Ra = 1,32 μm
Dầu hướng dương		
	Ra = 1,85 μm	Ra = 1,35 μm
Bột than chì		
	Ra = 4,32 μm	Ra = 2,6 μm

Phương pháp bôi trơn chìm là phương pháp phù hợp nhất cho quy trình TPIF nơi màng bôi trơn có thể dễ dàng lấp đầy vùng tiếp xúc giữa dụng cụ tạo hình và bề mặt kim loại. Chất bôi trơn hỗn hợp mang lại những lợi thế tiềm năng để lưu trữ chất lượng bề mặt tốt trong quá trình TPIF. Dầu thực vật có giá trị độ nhớt thấp hơn vẫn cung cấp một cách rẻ hơn để áp dụng cho quá trình TPIF mà chất lượng bề mặt thu được khá giống với dầu máy.

5.4.3 Khả năng biến dạng (α)

Thông số nghiên cứu là góc biến dạng α . Góc biến dạng lớn nhất đạt được trong thí nghiệm đặc trưng cho khả năng tạo hình lớn nhất của nhôm tấm A 1050 H14 bằng phương pháp TPIF. Theo bảng phân tích ANOVA (bảng 5.8), giá trị của R-Squared là 0,9625 ($R^2 = 96.25\% > 80\%$) điều đó chứng tỏ rằng bốn thông số công nghệ được chọn có liên hệ chặt chẽ với nhau, tương tác nhau và có ý nghĩa thống kê. Tức là mô hình thống kê là phù hợp cho thực nghiệm.

Bảng 5. 8 Phân tích ANOVA

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài (tính cấp thiết của đề tài nghiên cứu)

Phương pháp công nghệ tạo hình vật liệu dạng tấm không dùng khuôn có thể đáp ứng tốt cho việc sản xuất các sản phẩm loạt nhỏ và vừa, mẫu mã thay đổi nhanh chóng với giá thành thấp, chất lượng sản phẩm tốt đáp ứng nhu cầu cấp bách của xã hội

2. Mục tiêu nghiên cứu

Nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển của xã hội, việc nghiên cứu tạo hình kim loại tấm bằng công nghệ biến dạng gia tăng đa điểm góp phần chỉ ra khả năng biến dạng của vật liệu nhôm tấm A 1050 H14 dày 1,5 mm, đồng thời xác định giá trị biến dạng lớn nhất. Mặt khác, luận án khảo sát quá trình bôi trơn (chất bôi trơn và phương pháp bôi trơn) ảnh hưởng đến khả năng biến dạng và chất lượng sản phẩm (độ nhám bề mặt, biến dạng sản phẩm, phân bố độ dày sản phẩm). Qua đó xác định chất bôi trơn phù hợp để đạt được chất lượng sản phẩm tốt.

3. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của luận án là khả năng biến dạng của nhôm tấm A 1050 H14 bằng công nghệ TPIF với bốn thông số công nghệ vận tốc dụng cụ V_{xy} (mm/phút), bước tiến theo phương z của dụng cụ Δz (mm), đường kính dụng cụ D (mm) và số vòng quay trục chính n (vòng/phút). Khảo sát phương pháp bôi trơn và chất bôi trơn ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt sản phẩm bằng công nghệ tạo hình TPIF thông qua bốn thông số công nghệ vận tốc dụng cụ V_{xy} (mm/phút), bước tiến theo phương z của dụng cụ Δz (mm), đường kính dụng cụ D (mm) và số vòng quay trục chính n (vòng/phút).

4. Nhiệm vụ nghiên cứu

Nghiên cứu và thiết kế và chế tạo đồ gá

Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến khả năng biến dạng Chọn chất bôi trơn và phương pháp bôi trơn phù hợp nâng cao chất lượng sản phẩm và khả năng biến dạng trong quá trình TPIF.

Thiết lập phương trình hồi quy và tìm thông số máy hợp lí.

5. Phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu khả năng biến dạng của nhôm tấm A 1050 H14 dày 1,5 mm ở nhiệt độ phòng, vận tốc dụng cụ $V_{xy} = 300, 900, 1500$ (mm/phút), bước tiến theo phương z của dụng cụ $\Delta z = 0,1; 0,8; 1,5$ (mm), đường kính dụng cụ $D = 6, 12, 18$ (mm) và số vòng quay của trục chính $n = 300, 1050, 1800$ (vòng/phút). Giả thuyết bề dày tấm đồng đều và được bôi trơn tốt với hệ số ma sát không đổi. Đầu dụng cụ hình bán cầu.

L luận án khảo sát phương pháp bôi trơn và chất bôi trơn sử dụng trong TPIF. Các chất bôi trơn sử dụng gồm nhớt bôi trơn (Gear VG 150 EP), mỡ bôi trơn công nghiệp, bột than chì, hỗn hợp bôi trơn mỡ bôi trơn và than chì với tỉ lệ 1:1, dầu hướng dương.

6. Hướng tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu tổng quan về công nghệ biến dạng gia tăng cục bộ và phân tích các nghiên cứu về TPIF.

Phân tích lý thuyết về biến dạng tấm và lý thuyết SPIF.

Phương pháp mô phỏng số sử dụng phần mềm ABAQUS nhằm mô phỏng quá trình TPIF, xác định mối quan hệ giữa các thông số công nghệ với khả năng tạo hình, ứng suất,... đánh giá kết quả giữa mô phỏng, thực nghiệm và lý thuyết.

Thực nghiệm gia công mẫu trên máy SPIF chuyên dùng của DCSELAB để kiểm chứng các kết quả mô phỏng số.

Phương pháp quy hoạch thực nghiệm (DOE) để thiết kế thí nghiệm và phân tích ANOVA, để phân tích ảnh hưởng của các thông số công nghệ lên khả năng biến dạng kim loại tấm nghiên cứu thực nghiệm để xác định được các thông số công nghệ ảnh hưởng đến yếu tố khả năng biến dạng, mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố, đưa ra được phương trình hồi quy và tìm thông số máy hợp lý.

7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài nghiên cứu

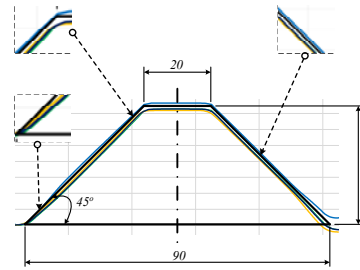
Thiết kế & chế tạo đồ gá cho công nghệ TPIF và dụng cụ tạo hình phục vụ công tác thí nghiệm.

Xác định khả năng tạo hình (góc tạo hình) của vật liệu nhôm tấm A 1050 H14, dày 1,5 mm bằng công nghệ biến dạng gia tăng đa điểm (TPIF).

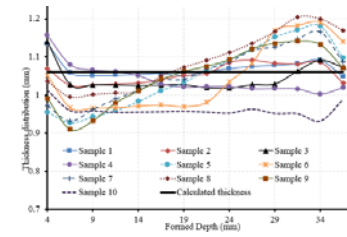
Xây dựng mô hình khảo sát để khảo sát khả năng biến dạng của vật liệu tấm bằng công nghệ biến dạng gia tăng đa điểm.

Thiết lập mối quan hệ giữa các thông số công nghệ ($\Delta z, V_{xy}, D, n$) với khả năng tạo hình, vật liệu tiêu biểu nhôm tấm A 1050 H14 dựa trên mô phỏng số và thực nghiệm.

Tìm thông số máy hợp lý. các thông số công nghệ theo hàm mục tiêu là các thông số đầu ra mong muốn.



Hình 5.3 Biện dạng CAD



Hình 5.4 Phân bố độ dày chi tiết

Độ chính xác hình học cao được tìm thấy cho cả bột than chì nguyên chất và chất bôi trơn hỗn hợp với sai số 0,02 mm trong vùng tường. Kết quả này là rất quan trọng vì graphit là chất bôi trơn rắn rẻ tiền, thích hợp cho việc tạo hình kim loại ở khía cạnh thực hành và giá thành. Sử dụng chất bôi trơn hỗn hợp (50% graphit) đã tránh được sự phát tán của bụi graphit ra môi trường. Mỡ và dầu máy trong hỗn hợp bôi trơn giúp các hạt than chì bám và lấp đầy các rãnh nhỏ trên bề mặt kim loại. Do đó, hiệu quả bôi trơn tốt hơn so với bột than chì nguyên chất. Độ chính xác hình học của dầu nhớt hỗn hợp là khoảng 0,02 mm. Ngoài ra, dầu máy (Gear VG 150 EP) cũng mang lại độ chính xác hình học tốt.

Bảng 5.7 Thể hiện Chất bôi trơn, phương pháp bôi trơn và kết quả độ nhám và cấu trúc tế vi

Chất bôi trơn	phương pháp phun/phủ	phương pháp nhúng chìm
Tấm nhôm phôi		
	Ra = 0,52 μm	
Bôi trơn hỗn hợp		
	Ra = 1,46 μm	Ra = 0,65 μm

Từ kết quả thực nghiệm và tính toán, cho thấy sai số là rất bé. Độ dày biến dạng gia tăng đa điểm tuân theo định luật sin.

Trường hợp 2

Sử dụng năm chất bôi trơn khác nhau và hai phương pháp bôi trơn, tính chất vật lý chất bôi trơn thể hiện qua *bảng 5.5*

Bảng 5.5 Thông tin chất bôi trơn và tính chất vật lý

Chất bôi trơn	Trạng thái	Độ nhớt (mm ² /s)	Khối lượng riêng (kg/m ³)
Bột than chì	Rắn	-	1800
AS40 grease Mỡ	Đẻo	-	1760
VG 150 EP oil	Lỏng	150	872
Dầu hướng dương	Lỏng	48,6	920
Hỗn hợp bôi trơn	Đẻo	-	-

Chi tiết sau biến dạng được đo độ nhám bề mặt và độ chính xác hình học bằng cách đo biên dạng và giá trị độ nhám bề mặt. Cấu trúc tế vi của các bề mặt chi tiết tạo hình cũng được quan sát bằng cách sử dụng kính hiển vi điện tử (SEM- Scanning Electronic Microscope)

Các thông số chính cho quá trình TPIF là: bước sâu 0,2 mm/s, đường kính dao 12 mm, tốc độ tiến dao 800 mm/phút, tốc độ trục chính 1000 vòng/phút, dụng cụ tạo hình lăn không trượt trên bề mặt tấm

Bảng 5.6 Ma Trận chất bôi trơn và phương pháp bôi trơn

Chất bôi trơn	Phun	Phủ	Nhúng chìm
Bột than chì		X	X
AS40 grease Mỡ		X	
Lubrication oil (Gear VG 150 EP)	X		X
Vegetable oil (Dầu hướng dương)	X		X
Hỗn hợp bôi trơn		X	X

Độ chính xác hình học và sự phân bố độ dày

Chọn hợp chất bôi trơn và phương pháp bôi trơn trong công nghệ tạo hình TPIF.

8. Cấu trúc của luận án

MỞ ĐẦU

Chương 1 TỔNG QUAN

Chương 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Chương 3 HỆ THỐNG THÍ NGHIỆM

Chương 4 MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH TPIF

Chương 5 THÍ NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

Chương 6 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN

1.1 Tổng quan về hướng nghiên cứu

Năm 1967, Edward Leszak đã phát minh ra công nghệ biến dạng gia tăng (ISF-Incremental Sheet Forming) tạo hình không khuôn từ vật liệu tấm. Công nghệ này phù hợp với sản xuất nhỏ, đơn chiếc, linh hoạt, đa dạng hóa sản phẩm, kích thước mẫu mã hình dáng sản phẩm thay đổi linh hoạt, phù hợp tạo mẫu nhanh, giá thành thấp, chất lượng sản phẩm cao, hiệu quả kinh tế cao.

Phương pháp tạo hình biến dạng gia tăng cục bộ từ vật liệu tấm ISF được chia thành hai loại:

Single Point Incremental Forming (SPIF): biến dạng gia tăng đơn điểm, phương pháp này không dùng dũa tạo hình, dụng cụ tạo hình tác dụng trên một mặt của tấm, mặt còn lại biến dạng tự do.

Two Point Incremental Forming (TPIF): biến dạng gia tăng đa điểm, phương pháp này dùng dũa tạo hình bên dưới vật liệu tấm, lực tạo hình tác dụng trên hai mặt tấm. Luận án này tập trung nghiên cứu phương pháp TPIF, do phương pháp này có nhiều ưu điểm hơn SPIF.

CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 Lý thuyết biến dạng kim loại

Biến dạng dẻo kim loại có các dạng biến dạng sau: biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo và phá hủy.

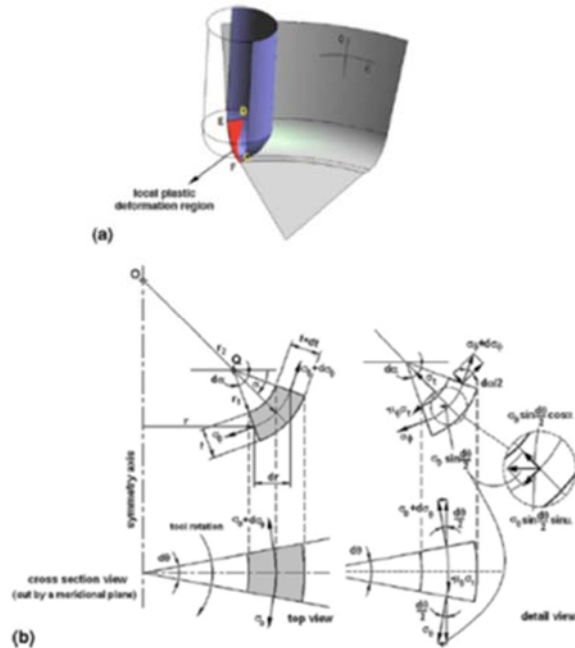
Cơ sở lý thuyết trong tài liệu [23] được xem là nền tảng cơ sở lý thuyết tạo hình ISF, được tóm lược như sau:

Ứng suất tại một điểm bất kỳ được mô tả trong hình 2.2.

Ứng suất khối

Theo các nghiên cứu cho thấy ứng suất khối ảnh hưởng quan trọng đến biến dạng dẻo của vật liệu trước khi mặt gãy dẻo xuất hiện.

$$\eta = \frac{\sigma_h}{\bar{\sigma}} \quad (2.1)$$

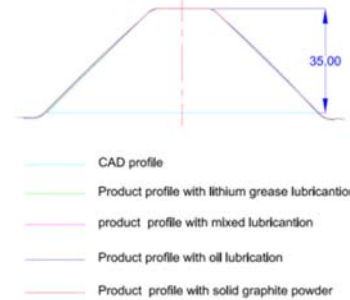


Hình 2.1 Sơ đồ tính ứng suất tại một điểm bất kỳ [23].

Ứng suất tại một điểm bất kỳ theo tài liệu [23] thể hiện qua bảng sau:

bề mặt sản phẩm là mịn; sau đó độ nhám bề mặt sản phẩm tăng dần lên do ma sát và tăng nhiệt.

Sau khi gia công chi tiết bằng công nghệ biến dạng gia tăng đa điểm, Sản phẩm sau khi tạo hình bằng bốn loại chất bôi trơn khác nhau với cùng thông số máy và cách bôi trơn, được đo biên dạng bằng máy đo tọa độ tại phòng thí nghiệm đo lường cơ khí, khoa Cơ khí, trường đại học Bách khoa Tp HCM, để khảo sát biên dạng chi tiết.



Hình 5.2 Tích hợp biên dạng CAD và thực nghiệm.

Từ đồ thị cho thấy biên dạng CAD và biên dạng sản phẩm gần như trùng nhau. Điều đó cho thấy rằng, bôi trơn gần như không ảnh hưởng đến biên dạng sản phẩm.

5.4.2 So sánh chiều dày giữa thực nghiệm và tính toán

Chiều dày chi tiết sau biến dạng tính theo công thức sau:

$$t_1 = t_0 \sin(90 - \alpha) = t_0 \cos(\alpha) \quad [45]$$

Trong đó:

α : Góc hợp bởi phương ngang và cạnh chi tiết

Sau khi gia công biến dạng gia tăng bằng công nghệ biến dạng gia tăng đa điểm chi tiết bị biến dạng. Ta tiến hành đo chiều dày mẫu bằng thước panme với độ chính xác $\pm 0,001 \text{ mm}$. Giá trị đo như bảng 5.4.

$$t_1 = t_0 \cos 70^\circ = 1,5 \times 0,3426 = 0,51 \text{ mm}, \quad t_1 = 0,51 \text{ mm}$$

Phần trăm sai số là $\Delta t = (t_0 - t_1) \times 100 / t_0 = (0,51 - 0,509) \times 100 / 0,51 = 0,196\%$.

Bảng 5.4 Giá trị đo chiều dày

stt	Chiều dày (mm)
1	0.512
2	0.505
3	0.51
4	0.511
5	0.507
Trung bình	0.509

Trường hợp 1 Chọn hợp chất bôi trơn

Chất bôi trơn được khảo sát với bốn loại chất bôi trơn là nhớt bôi trơn, mỡ bôi trơn công nghiệp, bột than chì và hỗn hợp bôi trơn gồm than chì mỡ bôi trơn với tỉ lệ 1: 1 và nhớt bôi trơn làm kết dính hỗn hợp lại với nhau. Phương pháp bôi trơn được nhúng đầu dụng cụ tạo hình trong chất bôi trơn như *bảng 5.3*

Bảng 5.3 Thông số máy và chất bôi trơn.

STT	Bôi trơn		Thông số thực nghiệm				Độ nhám mặt ngoài (μm)
	Chất bôi trơn	Phương pháp bôi trơn	Bước tiến theo phương z (Δz) mm	Tốc độ dụng cụ (V_{xy}) (mm/ph)	Đường kính dụng cụ (D) mm	Tốc độ trục chính (vòng/phút) (n)	
1	Bột than chì	Bôi trơn nhúng chìm đầu dụng cụ tạo hình	0.2	800	12	1000	3.82
2	Dầu bôi trơn	Bôi trơn nhúng chìm đầu dụng cụ tạo hình	0.2	800	12	1000	0.95
3	Mỡ bôi trơn	Bôi trơn nhúng chìm đầu dụng cụ tạo hình	0.2	800	12	1000	1.94
4	Hỗn hợp bôi trơn	Bôi trơn nhúng chìm đầu dụng cụ tạo hình	0.2	800	12	1000	0.94

Khảo sát độ nhám bề mặt

Sản phẩm sau khi tạo hình bằng bốn loại chất bôi trơn khác nhau với cùng thông số máy và cách bôi trơn. Chi tiết được đo độ nhám tại phòng thí nghiệm đo lường cơ khí-khoa Cơ khí, trường đại học Bách khoa Tp HCM. Giá trị đo *bảng 5.3*.

Bôi trơn giúp giảm độ nhám bề mặt. Tuy nhiên, độ nhám bề mặt sản phẩm là khác nhau tùy thuộc vào chất bôi trơn. Bôi trơn bằng hỗn hợp bôi trơn có độ nhám bề mặt thấp nhất và bôi trơn bằng bột than chì rắn có độ nhám bề mặt cao nhất. Bôi trơn dầu và bôi trơn hỗn hợp có độ nhám bề mặt sản phẩm gần bằng nhau. Mặt khác, trao đổi nhiệt của dầu bôi trơn rất tốt do dầu ở trạng thái lỏng. Do đó, bề mặt sản phẩm rất mịn và sáng. Bôi trơn bột than chì, đầu tiên, độ nhám

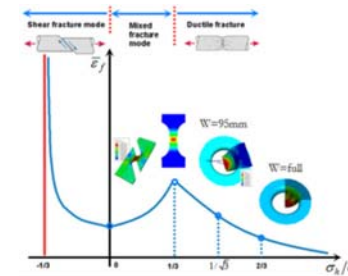
Mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng trong SPIF và TPISF dạng đối xứng			
Giả thuyết	Trạng thái ứng suất	Trạng thái biến dạng	Ứng suất thủy tĩnh
SPIF	Điều kiện biến dạng trong mặt phẳng $d\epsilon_\theta = -d\epsilon_r > 0$ $d\epsilon_\phi = 0$ $d\epsilon_z < 0$	$\sigma_\theta = \sigma_r = \frac{\sigma_y r_{inout}}{r_{inout} + t} > 0$ $\sigma_\phi = \sigma_z = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3)$ $\sigma_r = \sigma_z = -\frac{\sigma_y t}{r_{inout} + t} < 0$	$\sigma_m = \frac{\sigma_y (r_{inout} - t)}{2(r_{inout} + t)}$
TPISF	Điều kiện biến dạng trong mặt phẳng $d\epsilon_\theta = -d\epsilon_r > 0$ $d\epsilon_\phi = 0$ $d\epsilon_z < 0$	$\sigma_\theta = \sigma_r = \frac{\sigma_y r_{inout} - \sigma_b^h t}{r_{inout} + t} > 0$ $\sigma_\phi = \sigma_z = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3)$ $\sigma_r = \sigma_z = -\frac{(\sigma_y + \sigma_b^h)t}{r_{inout} + t} < 0$	$\sigma_m = \frac{\sigma_y (r_{inout} - t) - 2\sigma_b^h t}{2(r_{inout} + t)}$

$$\sigma_h = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \quad (2.2)$$

Trong đó

σ_h : ứng suất trung bình (ứng suất thủy tĩnh), $\bar{\sigma}$ là ứng suất thực Von Mises,

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$: ứng suất chính, $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$.



Hình 2. Ứng suất khối so với đại lượng biến dạng [5].

2.2 Ảnh hưởng của ma sát và bôi trơn

Ma sát làm tăng trở lực biến dạng và công biến dạng; mài mòn dụng cụ và tăng nhiệt độ tiếp xúc. Khi gia công biến dạng gia tăng chuyển động tương đối giữa bề mặt dao và tấm vật liệu có chất bôi trơn thì sinh ra chuyển động tương đối giữa hai phần tử chất bôi trơn tiếp xúc với dao và tấm vật liệu làm lực ma sát giảm.

2.3 Lý thuyết về quy hoạch thực nghiệm

Quy hoạch thực nghiệm bậc hai

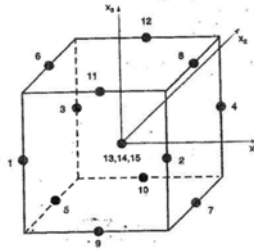
Theo [41], TNT và TNR thu được phương trình hồi quy tuyến tính phụ thuộc giữa đáp ứng và các nhân tố thay đổi. Khi phân tích chi tiết thì phương trình này cho ta các sai số lớn và không thích hợp để mô tả thực nghiệm. Do đó, cần tiến hành quy hoạch thực nghiệm bậc hai, phương trình hồi quy bậc hai có dạng tổng quát sau:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{i,j=1}^k b_{ij} x_i x_j$$

với $i < j$

Số hệ số hồi quy của phương trình là $p = 1 + 2k + k(k-1)/2 = \frac{(k+1)(k+2)}{2}$

Số thực nghiệm N phải lớn hơn số hệ số p: $N \geq p$. Quy hoạch Box-Behnken là quy hoạch thực nghiệm bậc hai độc lập không chứa các quy hoạch TNT hoặc TRT. Các điểm thực nghiệm là điểm giữa các cạnh của không gian quy hoạch và tại điểm tâm (hình 2.3).



Hình 2.3 Quy hoạch Box-Behnken ba nhân tố.

2.4 Mô phỏng phân tử hữu hạn trong

Phương pháp phân tử hữu hạn (PPPTH) là phương pháp số để giải các bài toán cơ học trong môi trường liên tục trong đó các yếu tố cơ học như chuyển vị, biến dạng, ứng suất, được mô tả bởi các phương trình vi phân riêng phần cùng với các điều kiện biên cụ thể.

2.4.1 Phương pháp tích phân tường minh (Explicit)

Xét phương trình vi phân [35],[36]:

$$\dot{x} = f(x, t) \quad (2.2)$$

Nếu t là tập các giá trị rời rạc: $t = t_0, t_0 + \Delta t, t_0 + 2\Delta t, \dots, t_0 + n\Delta t$

Bảng 5.2 Ma trận thực nghiệm

STT	$\Delta z(\text{mm})$	$V_s(\text{mm/minute})$	$n(\text{rpm})$	$D(\text{mm})$	$\alpha(^{\circ})$
1	0.1	300	1050	12	79
2	1.5	300	1050	12	81
3	0.1	1500	1050	12	81
4	1.5	1500	1050	12	83
5	0.8	900	300	6	83
6	0.8	900	1800	6	83
7	0.8	900	300	18	81
8	0.8	900	1800	18	81
9	0.1	900	1050	6	80
10	1.5	900	1050	6	83
11	0.1	900	1050	18	80
12	1.5	900	1050	18	80
13	0.8	300	300	12	81
14	0.8	1500	300	12	83
15	0.8	300	1800	12	82
16	0.8	1500	1800	12	83
17	0.1	900	300	12	80
18	1.5	900	300	12	82
19	0.1	900	1800	12	80
20	1.5	900	1800	12	82
21	0.8	300	1050	6	83
22	0.8	1500	1050	6	84
23	0.8	300	1050	18	80
24	0.8	1500	1050	18	82
25	0.8	900	1050	12	82
26	0.8	900	1050	12	82
27	0.8	900	1050	12	82
28	0.8	900	1050	12	82
29	0.8	900	1050	12	82

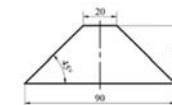
5.4 Phân tích kết quả

5.4.1 Ảnh hưởng của các thông số công nghệ lên chất lượng sản phẩm (biên dạng chi tiết, độ nhám bề mặt, phân bố chiều dày)

Mô hình khảo sát là côn nón với góc nghiêng 45° như hình.



a. Mô hình CAD.



b. Biên dạng côn nón.

Hình 5.1 Mô hình côn nón khảo sát chất lượng bề mặt chi tiết bằng công nghệ TPIF.

Stt	Đường kính dụng cụ (mm)	Bước tiến theo trục z (mm)	Tốc độ chạy dụng cụ V_{xy} (mm/phút)	Tốc độ trục chính (Vòng/phút)	Góc tạo hình α ($^\circ$) mô phỏng
1	18	0,8	900	1800	82
2	12	0,8	900	1050	81

CHƯƠNG 5 KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

5.1 Tổng quan

Trong chương này, chúng tôi tiến hành thí nghiệm thực nghiệm tạo hình biên dạng hình côn nón dốc từ 65° đến 85° , mỗi bậc tăng 1° ; theo quy hoạch thực nghiệm bậc hai Box-Benken bốn yếu tố, năm điểm ở tâm. Chọn hợp chất bôi trơn và phương pháp bôi trơn, xét ảnh hưởng của bôi trơn lên chất lượng bề mặt chi tiết.

5.2 Vật liệu thực nghiệm và các thông số

Module đàn hồi trung bình: $E=68.916 \text{ MPa}$, hệ số Poisson $\nu=0,33$; độ bền kéo trung bình: $\sigma_0=131,74 \text{ MPa}$.

5.3 Khảo sát ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến khả năng tạo hình TPIF

5.3.1 Các yếu tố ảnh hưởng

Bảng 5. 1 Mức của các yếu tố

TT	Yếu tố	Kí hiệu	Đơn vị	Mức		
				Mức thấp	Trung bình	Mức cao
1	Bước tiến theo phương	Δz	mm	0,1	0,8	1,5
2	Tốc độ dụng cụ	V_w	mm/phút	300	900	1500
3	Tốc độ trục chính	n	vòng/phút	300	1050	1800
4	Đường kính dụng cụ	D	mm	6	12	18

5.3.2 Ma trận thực nghiệm

Ma trận thực nghiệm được chạy từ phần mềm Minitab 19 với quy hoạch thực nghiệm bậc 2 Box-Benken, 4 yếu tố đầu vào, 5 điểm ở tâm, số lần lặp là 3, mỗi yếu tố có 3 mức, yếu tố đầu ra là góc tạo hình α .

Mặt khác, đạo hàm \dot{x}_n có thể viết

$$\begin{aligned} \dot{x}_n &= f(x_n, t_n) \\ \dot{x}_n &= \frac{(x_{n+1} - x_n)}{\Delta t} \\ \frac{(x_{n+1} - x_n)}{\Delta t} &= f(x_n, t_n) \\ x_{n+1} &= x_n + \Delta t \cdot f(x_n, t_n) \end{aligned}$$

$$\begin{cases} x_1 = x_0 + \Delta t \cdot f(x_0, t_0) \\ x_2 = x_1 + \Delta t \cdot f(x_1, t_1) \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{cases}$$

x_{n+1} phụ thuộc vào x_n và bước thời gian Δt .

2.4.2 Ổn định của tích phân tường minh

Xét phương trình:

$$\dot{x} = \lambda \cdot x(t) \quad (2.3)$$

Nếu $x(0) = c$ thì phương trình có nghiệm chính xác là

$$x(t) = c \cdot e^{\lambda t}$$

Nghiệm ổn định khi $\lambda \leq 0$

$$x_{n+1} = \lambda \Delta t x_n + x_n = (1 + \lambda \Delta t) x_n = (1 + \lambda \Delta t)^2 x_{n-1} = \dots = (1 + \lambda \Delta t)^{n+1} x_0$$

Khi n tăng thì x_{n+1} không tăng nếu

$$|1 + \lambda \Delta t| \leq 1 \text{ hay } \Delta t \leq \frac{2}{\lambda}$$

Vì vậy, mặc dù cách tính x_{n+1} ở mỗi bước là đơn giản nhưng bước thời gian Δt phải đủ nhỏ để đảm bảo ổn định.

Phương pháp tường minh bắt đầu bằng phương trình vi phân của nút tại $t=0$. Vị trí của nút tại $t=\Delta t$ được nội suy qua vị trí nút ban đầu và gia tốc.

Phương pháp tường minh ổn định có điều kiện, nghĩa là lời giải sẽ không khác thực tế, cung cấp độ rộng của Δt phải luôn bé hơn giá trị giới hạn. Giá trị này phụ thuộc vào kích thước nhỏ nhất của phần tử, thông số đàn hồi (modun đàn hồi E , hệ số Poisson) và khối lượng riêng. Giá trị này luôn rất nhỏ, trong

khoảng 10-7s, nên sẽ tạo ra số lượng lớn Δt trước khi kết thúc mô phỏng. Tuy nhiên, việc tính toán gia tốc nút ban đầu không yêu cầu giải bất kì hệ phương trình nào. Do vậy, mỗi bước Δt sẽ được tính rất nhanh.

Nói tóm lại, kích thước của hệ phương trình có thể giảm xuống, khi đó, giới hạn Δt sẽ lớn hơn mà vẫn không mất độ chính xác cao giúp cho động năng luôn nhỏ hơn nội năng, khoảng nhỏ hơn 5-10%. Thủ thuật này được gọi là mass-scaling. Thủ thuật tương đương được gọi là time-scaling được dùng để tăng tốc độ của dụng cụ.

2.4.3 Phương pháp tích phân ẩn (Implicit)

\dot{x}_n cũng có thể được tính như sau: (2.4)

$$\begin{aligned} \dot{x}_n &= \frac{(x_n - x_{n-1})}{\Delta t} \\ \frac{(x_n - x_{n-1})}{\Delta t} &= f(x_n, t_n) \\ x_n &= \Delta t \cdot f(x_n, t_n) + x_{n-1} \\ x_{n+1} &= \Delta t \cdot f(x_{n+1}, t_{n+1}) + x_n \end{aligned} \quad (2.4-1)$$

$$\begin{cases} x_1 = x_0 + \Delta t \cdot f(x_1, t_1) \\ x_2 = x_1 + \Delta t \cdot f(x_1, t_{11}) \\ \vdots \\ \vdots \end{cases}$$

2.4.4 Ổn định của tích phân ẩn

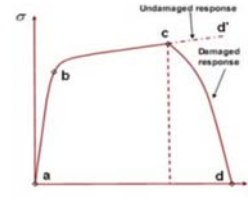
Cũng từ phương trình: $\dot{x} = \lambda \cdot x(t)$ (2.5)

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= \lambda \Delta t x_{n+1} + x_n \\ x_{n+1} - \lambda \Delta t x_{n+1} &= x_n \\ (1 - \lambda \Delta t) x_{n+1} &= x_n \\ x_{n+1} &= \frac{x_n}{(1 - \lambda \Delta t)} = \frac{x_{n-1}}{(1 - \lambda \Delta t)^2} = \dots = \frac{x_0}{(1 - \lambda \Delta t)^{n+1}} \end{aligned}$$

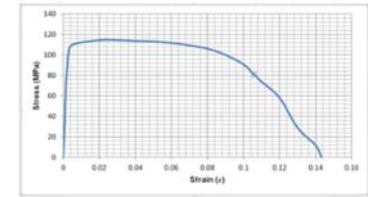
Rạn nứt và phá hủy cho kim loại dẻo trong ABAQUS

Đối với kim loại dẻo, ABAQUS cho hai tùy chọn để dự đoán phá hủy với các loại khác nhau của các tiêu chuẩn rạn nứt. Tiêu chuẩn rạn nứt của rạn nứt kim loại và các tiêu chuẩn rạn nứt cho sự không ổn định co thắt của tấm kim loại. Các tiêu chuẩn rạn nứt theo phương pháp tiếp cận tương minh (ABAQUS/Explicit).

ABAQUS cung cấp nhiều tiêu chuẩn phá hủy; có thể thiết lập cho nhiều vật liệu được đưa ra. Trong trường hợp nhiều tiêu chuẩn rạn nứt được thiết lập cho cùng một vật liệu thì chúng được xử lý độc lập. Khi tiêu chuẩn ban đầu cụ thể được thỏa mãn, thì độ bền của vật liệu sẽ bị giảm theo định luật về sự thay đổi phá hủy được thiết lập cho tiêu chuẩn đó.



Đồ thị 4. 2 Ứng suất và biến dạng của vật liệu [23]



Đồ thị 4. 1 Ứng suất và biến dạng thực của hợp kim nhôm tấm A 1050 H14 [54].

Đồ thị 4.1 chia theo bốn giai đoạn: (a-b-c-d'). a-b là vùng biến dạng đàn hồi, b-c là vùng biến dạng dẻo. Điểm c bắt đầu phá hủy. c-d là vùng phá hủy thay đổi theo quy luật, điểm d là vật liệu bị phá hủy hoàn toàn. Sự phá hủy vật liệu khi vật liệu mất hoàn toàn khả năng chịu tải dẫn đến sự sụt giảm của độ bền vật liệu. Quá trình suy giảm độ bền của vật liệu được mô hình hoá bằng cơ học phá hủy.

4.4.1 Khả năng biến dạng (góc biến dạng)

Từ kết quả thực nghiệm và mô phỏng ta có kết quả được tổng hợp như bảng 4.2.

Từ bảng ma trận thực nghiệm theo DOE ta chọn ra vài trường hợp tiêu biểu để dự đoán bằng phần mềm ABAQUS.

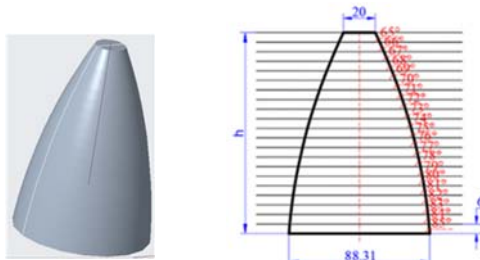
Bảng 4. 2 Giá trị mô phỏng cho các trường hợp

Chất bôi trơn làm giảm ma sát, trong thí nghiệm này sử dụng hỗn hợp gồm mỡ GADUS V220, nhớt (Gear VG 150 EP) và than chì trộn đều với tỷ lệ pha trộn mỡ : than chì như sau 1:1, nhớt để làm hỗn hợp đủ dẻo nhằm giảm ma sát xuống thấp nhất.

3.2 Hình dạng chi tiết khảo sát

Trong luận án này, chúng tôi khảo sát khả năng biến dạng vật liệu thông qua góc tạo hình của vật liệu, góc tạo hình vật liệu tăng dần nằm trong vùng khảo sát $65^\circ - 85^\circ$ mỗi bậc tăng 1° , phù hợp với vật liệu nhôm tấm A 1050 H14. Mẫu khảo sát là mẫu côn dốc tròn xoay, mẫu có hình nón cụt có độ dốc tăng mỗi bậc là 1° (hình 3.3). Với mẫu này, góc tạo hình tăng từ $65^\circ - 85^\circ$, phù hợp với dải biến dạng tăng dần cho vật liệu nhôm tấm nói trên, hơn nữa với hình dáng này, mẫu cho phép tính được giá trị góc biến dạng thông qua độ cao từ vết rách đến đỉnh côn.

Mô Hình CAD



Hình 3.3 Mô hình CAD được khảo sát khả năng biến dạng của vật liệu tấm.

Mô hình CAM

Đường chạy dao

Đường chạy dao là quỹ tích điểm mà dụng cụ sẽ đi qua trong quá trình tạo hình. Đường chạy dao xoắn ốc (Helical): là dạng đường xoắn liên tục, mọi điểm trên đường cong có chiều cao z khác nhau. Đường chạy dao thực nghiệm TPIF ở thí nghiệm này là đường xoắn ốc vì chất lượng bề mặt tốt hơn và khả năng gia công cao hơn đường chạy dao bậc thang.

Chương trình NC

Chương trình NC được thiết lập bằng modul Manufacturing của Creo 6.0

3.3 Trình tự thực nghiệm

Trình tự thí nghiệm được tóm lược như sau: Chúng tôi gá đặt phôi lên đồ gá, gá dụng cụ tạo hình lên máy, khởi động máy SPIF, set tâm. Chúng tôi mở

chương trình NC, chạy chương trình, luôn bôi trơn để đảm bảo giảm ma sát, đến khi xuất hiện vết rách trên chi tiết dừng chương trình. Tháo chi tiết ra khỏi đồ gá, chi tiết được vệ sinh để đo đạt cao độ vết rách.

CHƯƠNG 4 MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH TPIF

4.1 PPPTH trong ISF

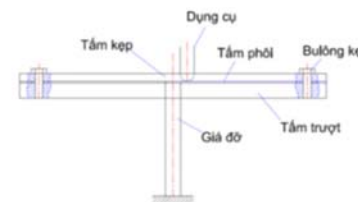
Phương pháp phần tử hữu hạn (PPPTH) là phương pháp số để giải các bài toán cơ học trong môi trường liên tục trong đó các yếu tố cơ học như chuyển vị, biến dạng, ứng suất, nhiệt độ, ... được mô tả bởi các phương trình vi phân riêng phần cùng với các điều kiện biên cụ thể. Phần mềm ABAQUS được sử dụng để mô phỏng

- Góc giới hạn tạo hình tại vị trí mẫu bị rách trong mô phỏng là do tại đó ứng suất vượt quá giá trị giới hạn.

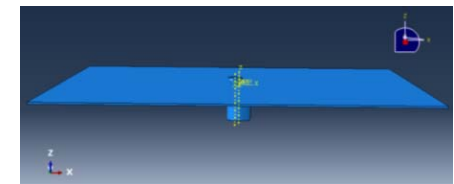
4.2 Mô hình hóa

Để giải bài toán từ mô hình thật từ thí nghiệm Hình 4.1, chi tiết được kẹp chặt bốn cạnh biên, phía dưới phôi tấm được đỡ bởi dướng tạo hình. Mô hình thật được mô hình hóa (Hình 4.1). Trong đó, tấm kim loại được cố định bốn biên, tiếp xúc với dướng tạo hình. Dướng tạo hình cùng với dụng cụ được định nghĩa là cứng tuyệt đối. Dụng cụ chuyển động theo ba phương x , y và z .

Các nghiên cứu trước, xem biến dạng của chi tiết có hình dạng đối xứng trong biến dạng gia tăng là quá trình đối xứng rồi chỉ khảo sát 1/4 mô hình chi tiết. Nhưng theo [5] thì quá trình TPIF là bất đối xứng, mặc dù hình dạng hình học của chi tiết khảo sát là đối xứng. Tác giả tài liệu [5] đã chứng minh được tại mỗi thời điểm, ứng suất và biến dạng của tấm là khác nhau.



Hình 4.2 Mô hình thực và mô hình hóa của TPIF



Hình 4.1 Mô hình 3D dự đoán trong Abaqus