

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHENIKAA



BÁO CÁO TỔNG KẾT

TÊN ĐỀ TÀI: Thí nghiệm kéo và uốn, đối sánh giữa tính toán lý thuyết, thực nghiệm và mô phỏng

Lĩnh vực: Cơ học

Chuyên ngành: Cơ học vật rắn

Sinh viên thực hiện chính: Ngô Thế Vinh

Nguyễn Hùng Anh

Phạm Hoàng Hải

Ngô Thị Thùy Linh

Phan Bảo Quốc

Nguyễn Duy Bình

Đặng Nguyễn Quang Huy

Người hướng dẫn chính: TS. Lê Tiên Thịnh

Người hướng dẫn phụ: TS. Nguyễn Văn Hải

Hà Nội, tháng 05 năm 2023

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHENIKAA

BÁO CÁO TỔNG KẾT

**TÊN ĐỀ TÀI: Thí nghiệm kéo và uốn, đối sánh giữa tính toán lý
thuyết, thực nghiệm và mô phỏng**

Lĩnh vực: Cơ học

Chuyên ngành: Cơ học vật rắn

Nhóm sinh viên thực hiện:

Họ và tên	Khóa - Lớp
Ngô Thế Vinh	K15 - Kỹ thuật Cơ khí
Nguyễn Hùng Anh	K16 - Kỹ thuật Cơ điện tử - 1
Phạm Hoàng Hải	K16 - Kỹ thuật Cơ điện tử - 1
Ngô Thị Thùy Linh	K16 - Kỹ thuật Cơ điện tử - 1
Phan Bảo Quốc	K16 - Kỹ thuật Cơ điện tử - 1
Nguyễn Duy Bình	K16 - Kỹ thuật Cơ điện tử - 2
Đặng Nguyễn Quang Huy	K16 - Kỹ thuật Cơ điện tử - 1

Người hướng dẫn chính: TS. Lê Tiên Thịnh

Người hướng dẫn phụ: TS. Nguyễn Văn Hải

Hà Nội, tháng 05 năm 2023

Mục lục

Mục lục.....	3
Danh sách hình vẽ.....	5
Danh sách bảng biểu.....	7
Giới thiệu thành viên và thời gian tham gia.....	8
1. Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực đề tài.....	8
2. Lý do lựa chọn đề tài.....	11
3. Mục tiêu, nội dung, phương pháp nghiên cứu của đề tài.....	12
3.1. Mục tiêu của đề tài.....	12
3.1.1. Mục tiêu tổng quát.....	12
3.1.2. Mục tiêu cụ thể.....	12
3.2. Nội dung nghiên cứu.....	13
3.3. Phương pháp nghiên cứu.....	13
3.3.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết.....	14
3.3.1.1. Thanh chịu kéo đúng tâm.....	14
3.3.1.2. Dầm chịu uốn ngang phẳng.....	17
3.3.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm.....	18
3.3.2.1. Máy gia công vụn năng để gia công mẫu.....	18
3.3.2.2. Máy thí nghiệm kéo nén uốn (testing machine) và phần mềm điều khiển.....	19
3.3.2.3. Bộ ngàm kẹp (gripping devices).....	22
3.3.2.4. Thước kẹp.....	24
3.3.2.5. Thiết bị ghi hình, chụp ảnh và các vật dụng khác.....	24
4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	25
4.1. Đối tượng nghiên cứu.....	25
4.1.1. Hợp kim nhôm 5052.....	25
4.1.2. Miêu tả mẫu thí nghiệm và nghiên cứu tham số.....	27
4.1.2.1. Mẫu kéo.....	27
4.1.2.2. Mẫu uốn.....	31
4.2. Phạm vi nghiên cứu.....	33
5. Kết quả và thảo luận.....	33
5.1. Ứng xử chịu kéo đúng tâm.....	33
5.1.1. Kết quả lý thuyết của ứng xử chịu kéo.....	33
5.1.2. Kết quả thực nghiệm của ứng xử chịu kéo.....	34

5.1.2.1. Hình ảnh thí nghiệm và mẫu chịu kéo sau thí nghiệm	34
5.1.2.2. Nghiên cứu tham số thí nghiệm kéo.....	38
5.1.2.3. Biểu đồ ứng suất-biến dạng của mẫu chịu kéo.....	41
5.1.2.4. Bảng tổng hợp kết quả của mẫu chịu kéo.....	43
5.1.3. Kết quả mô phỏng của ứng xử chịu kéo.....	44
5.2. Ứng xử chịu uốn.....	44
5.2.1. Kết quả lý thuyết của ứng xử chịu uốn.....	44
5.2.2. Kết quả thực nghiệm của ứng xử chịu uốn.....	46
5.2.2.1. Hình ảnh thí nghiệm và mẫu sau biến dạng chịu uốn.....	46
5.2.2.2. Nghiên cứu tham số thí nghiệm uốn	53
5.2.2.3. Biểu đồ ứng suất-biến dạng thí nghiệm uốn.....	57
5.2.2.4. Bảng tổng hợp kết quả thí nghiệm uốn	58
5.2.3. Kết quả mô phỏng của ứng xử chịu uốn.....	58
5.3. Đối sánh giữa kết quả thí nghiệm kéo và uốn	58
6. Kết luận	59
7. Kiến nghị.....	60
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	61

Danh sách hình vẽ

Hình 1: Giá đỡ đồ vật làm bằng khung nhôm	8
Hình 2: Khung cửa sổ bằng nhôm.....	9
Hình 3: Bảng tải có giá đỡ khung nhôm	10
Hình 4: Quan hệ (Lực-độ giãn dài) và (ứng suất σ - biến dạng dài ϵ) khi kéo mẫu [2]	14
Hình 5: Thể hiện trực quan các thớ vật liệu khi kéo [1].....	15
Hình 6: Sơ đồ dầm chịu uốn và mặt cắt ngang.....	17
Hình 7: Thể hiện trực quan các thớ vật liệu chịu uốn [1].....	18
Hình 8: Sơ đồ ứng suất trên mặt cắt ngang của dầm chịu uốn [1]	18
Hình 9: Máy phay vạn năng sử dụng để gia công mẫu thí nghiệm: (a) Tên thiết bị, (b-c-d) Hình ảnh trong quá trình gia công mẫu.....	19
Hình 10: Máy thí nghiệm kéo – uốn YM-H4502-H02 hiện đang có tại Phòng thí nghiệm Polyme – Composite, Khoa CNSH Hóa Học và Kỹ thuật môi trường, Trường ĐH Phenikaa	20
Hình 11: Bảng mã máy và hình ảnh load-cell	20
Hình 12: Giao diện phần mềm điều khiển QCTech	21
Hình 13: (a) Các đầu kẹp của máy thí nghiệm kéo và (b) sơ đồ kéo mẫu.....	23
Hình 14: (a) các đầu kẹp của máy thí nghiệm uốn 3 điểm và (b) sơ đồ uốn mẫu	24
Hình 15: Thước kẹp sử dụng trong quá trình đo	24
Hình 16: Mẫu thử kéo đã được khắc vạch	24
Hình 17: Các thiết bị ghi hình, quay phim, chụp ảnh, máy tính và phần mềm Microsoft Office Excel để xử lý dữ liệu	25
Hình 18: Bản vẽ kích thước của mẫu kéo	28
Hình 19: Hình ảnh mẫu sau khi gia công: (a) các mẫu từ A1 tới E1; (b) mẫu F1 và F2.....	29
Hình 20: Sơ đồ 11 vị trí dọc theo chiều dài để đo kích thước chiều rộng và chiều dày của mẫu kéo....	29
Hình 21: Bản vẽ kích thước mẫu uốn.....	31
Hình 22: Hình ảnh các mẫu uốn sau khi gia công.....	32
Hình 23: Hình ảnh sinh viên thực hiện thí nghiệm kéo.....	34
Hình 24: Hình ảnh các thớ bị kéo của mẫu B2 so sánh trước và sau khi bị kéo: các mũi tên chỉ các thớ tương ứng để dễ nhận biết.....	35
Hình 25: Hình ảnh mẫu trước và sau khi bị phá huỷ kéo: (a) Mẫu E1, (b) Mẫu E2, (c) Mẫu E3, (d) Mẫu F1 và (e) Mẫu F2.....	36
Hình 26: Hình ảnh mẫu trước và sau khi bị phá huỷ kéo: (a) Mẫu B2, (b) Mẫu C1, (c) Mẫu C2 và (d) Mẫu D1.....	36
Hình 27: Biểu đồ Lực-Độ giãn dài của mẫu E1, cùng với hình ảnh mẫu và các thớ tại 3 vị trí: $\Delta l \sim 0.2$ mm, $\Delta l \sim 1.2$ mm và $\Delta l \sim 2.5$ mm (video kéo mẫu xem tại: Link).	37
Hình 28: Biểu đồ Lực- Độ giãn dài của mẫu B2, cùng với hình ảnh mẫu và các thớ tại 3 vị trí: $\Delta l \sim 0$, $\Delta l \sim 5$ mm và $\Delta l \sim 10.5$ mm.	38
Hình 29: Biểu đồ Lực- Độ giãn dài của 2 mẫu B1, B2. Bảng kích thước của 2 mẫu được thể hiện.....	39
Hình 30: Biểu đồ Lực- Độ giãn dài của 2 mẫu C1, C2. Bảng kích thước của 2 mẫu được thể hiện.....	40
Hình 31: Biểu đồ Lực- Độ giãn dài của 3 mẫu E1, E2, E3. Bảng kích thước của 3 mẫu được thể hiện.....	41
Hình 32: Biểu đồ Lực- Độ giãn dài của 3 mẫu B1, D1, E2. Bảng kích thước của 3 mẫu được thể hiện.	41

Hình 33: Biểu đồ Ứng suất-Biến dạng dài của 3 mẫu B1, D1, E2. Bảng kích thước của 3 mẫu được thể hiện.....	42
Hình 34: Biểu đồ Ứng suất-Biến dạng dài của 3 mẫu E1, E2, E3. Bảng kích thước của 3 mẫu được thể hiện.....	42
Hình 35: Biểu đồ mô men uốn và lực cắt theo tính toán lý thuyết.....	44
Hình 36: Biểu đồ ứng suất theo tính toán lý thuyết.....	45
Hình 37: Hình ảnh trong quá trình thực hiện thí nghiệm uốn	46
Hình 38: Hình ảnh mẫu B1.1 và biểu đồ Lực-Độ võng lớn nhất (vị trí giữa dầm) tại vị trí $f \sim 7.5$ mm (video được đính kèm tại Link).....	47
Hình 39: Hình ảnh mẫu C2.1 và biểu đồ Lực-Độ võng lớn nhất (vị trí giữa dầm) tại vị trí $f \sim 25$ mm (video được đính kèm tại Link).....	48
Hình 40: Hình ảnh các mẫu trước và sau khi bị uốn.....	49
Hình 41: Hình ảnh mẫu C2.1 trước và sau khi uốn, thể hiện các thớ bị nén và bị kéo trong ứng xử chịu uốn.....	50
Hình 42: Hình ảnh một vài mẫu trong quá trình thí nghiệm.	51
Hình 43: Hình ảnh mẫu (a) A1.1 và (b) A1.2 trước và sau khi bị uốn. Có thể nhận thấy mẫu A1.2 đã bị uốn-xoắn-nén đồng thời	52
Hình 44: Biểu đồ Lực-Độ võng lớn nhất của mẫu C2.1, các hình ảnh tại 4 vị trí độ võng cũng được đính kèm.....	53
Hình 45: Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 2 mẫu A1.1 và A1.2, các kích thước được đính kèm	53
Hình 46: Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 3 mẫu B1.1, B1.2 và B1.3, các kích thước được đính kèm	54
Hình 47: Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 2 mẫu C3.1 và C3.2, các kích thước được đính kèm.....	55
Hình 48: Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 3 mẫu A2.1, B1.1 và C2.1, các kích thước được đính kèm	55
Hình 49: Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 3 mẫu C1.1, C2.1 và C3.1, các kích thước được đính kèm	56
Hình 50: Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 3 mẫu A1.1, A2.1 và A3.1, các kích thước được đính kèm	57
Hình 51: Biểu đồ Ứng suất-biến dạng của 3 mẫu A1.1, A2.1 và A3.1, các kích thước được đính kèm	58
Hình 52: So sánh giữa độ võng lớn nhất từ thực nghiệm và từ công thức lý thuyết với mô đun đàn hồi từ thí nghiệm kéo.....	59

Danh sách bảng biểu

Bảng 1: Nhóm sinh viên thực hiện và thời gian tham gia	8
Bảng 2: Thông tin kỹ thuật của thiết bị kéo nén uốn	21
Bảng 3: Ước tính tải trọng lớn nhất cho thí nghiệm kéo	22
Bảng 4: Ma trận kích thước mẫu thí nghiệm kéo	30
Bảng 5: Ma trận kích thước các mẫu trước khi uốn	32
Bảng 6: Bảng kết quả tải trọng lớn nhất và giới hạn bền kéo. Kích thước các mẫu thể hiện ở Bảng 4.	43
Bảng 7: Tính toán độ giãn dài tương đối và độ thắt tỉ đối	43
Bảng 8: Kết quả tính lý thuyết cho dầm đơn giản	44
Bảng 9: Bảng kết quả sau khi uốn. Kích thước các mẫu thể hiện ở Bảng 5	58

Giới thiệu thành viên và thời gian tham gia

Bảng 1: Nhóm sinh viên thực hiện và thời gian tham gia

Họ và tên	Khóa - Lớp	Tham gia đề tài từ
Ngô Thế Vinh	K15 - Kỹ thuật Cơ khí	10/2022
Nguyễn Thanh Tùng	K15 - Kỹ thuật Cơ khí	10/2022: tuy nhiên đã xin bảo lưu từ 1/2023
Nguyễn Hùng Anh	K16 - Kỹ thuật Cơ điện tử - 1	3/2023
Phạm Hoàng Hải	K16 - Kỹ thuật Cơ điện tử - 1	3/2023
Ngô Thị Thùy Linh	K16 - Kỹ thuật Cơ điện tử - 1	3/2023
Phan Bảo Quốc	K16 - Kỹ thuật Cơ điện tử - 1	3/2023
Nguyễn Duy Bình	K16 - Kỹ thuật Cơ điện tử - 2	3/2023
Đặng Nguyễn Quang Huy	K16 - Kỹ thuật Cơ điện tử - 1	3/2023

1. Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực đề tài

Ưu điểm chung của các loại vật liệu như thép, bê tông là khả năng chịu lực lớn, tuổi thọ công trình cao. Tuy nhiên, nhược điểm của nó là trọng lượng bản thân lớn, việc xây dựng và tháo dỡ tốn nhiều chi phí. Vì vậy, để hạn chế nhược điểm trọng lượng bản thân lớn thì đã có rất nhiều loại vật liệu được đưa ra sử dụng nhằm mục đích thay thế. Mà công dụng cũng như các ưu điểm chúng đem lại vẫn được giữ nguyên. Điển hình trong trường hợp này là các hợp kim nhôm. Các hợp kim này được sử dụng để sản xuất một số sản phẩm như: khung đỡ, máy móc gia dụng, tủ bếp, hàng rào... (Hình 1, Hình 2, Hình 3) [7]



Hình 1: Giá đỡ đồ vật làm bằng khung nhôm

Hợp kim nhôm là hợp chất được tạo ra từ nhôm và các nguyên tố kim loại khác như đồng, magie, silic, kẽm, sắt,... [2]. Trong đó, tỷ trọng của nhôm thường cao hơn các thành phần kim loại khác nên hợp chất này mang nhiều đặc tính của kim loại nhôm, có màu trắng bạc, ánh kim nhẹ, cấu trúc tốt, chống ăn mòn, chống oxy tốt, khối lượng nhẹ, mềm, độ cứng, độ bền cao hơn nhôm nguyên chất.

Trong nghiên cứu này, nhóm sinh viên hướng tới hợp kim nhôm 5052. Đây là một loại vật liệu dễ tìm và được sử dụng rộng rãi. Hợp kim nhôm 5052 chống ăn mòn tốt. Hợp kim nhôm 5052 là một loại hợp kim nhôm có thành phần hóa học chính gồm nhôm (Al), magie (Mg) và chromium (Cr).

Số "5052" được sử dụng để chỉ định loại hợp kim này theo tiêu chuẩn của Hiệp hội Nhôm và Hợp kim Nhôm Hoa Kỳ (Aluminum Association, USA), trong đó mỗi số đại diện cho một loại hợp kim cụ thể. Cụ thể, số "5" trong 5052 biểu thị rằng hợp kim này thuộc loại hợp kim nhôm có độ cứng trung bình, dễ uốn cong và dễ gia công. Số "0" biểu thị rằng hợp kim này chứa các thành phần chính được tạo thành từ nhôm, trong khi các số "1" đến "9" tiếp theo được sử dụng để chỉ định các thành phần phụ khác như magie, silic, đồng, kẽm, titan và vanadi. Vì vậy, hợp kim nhôm 5052 là một loại hợp kim nhôm có thành phần hóa học cụ thể, được đặt tên theo tiêu chuẩn của Hiệp hội Nhôm và Hợp kim Nhôm Hoa Kỳ [7].



Hình 2: Khung cửa sổ bằng nhôm

Hợp kim nhôm 5052 có nhiều tính chất tốt như sau:

+ Độ bền cao: Hợp kim nhôm 5052 có độ bền kéo tốt, có thể chịu được lực tác động cao và không dễ bị gãy hay vỡ.

- + Kháng ăn mòn: Nhôm 5052 có khả năng chống ăn mòn tốt, đặc biệt là chống ăn mòn hóa học, giúp tăng độ bền và tuổi thọ của sản phẩm.
- + Dễ uốn cong và gia công: Hợp kim nhôm 5052 có độ cứng trung bình, dễ uốn cong và dễ gia công, vì vậy nó được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng có hình dạng phức tạp hoặc cần thiết phải được gia công.
- + Khả năng hàn tốt: Nhôm 5052 có khả năng hàn tốt, giúp thuận tiện trong quá trình sản xuất và sửa chữa sản phẩm.
- + Khả năng chịu nhiệt tốt: Hợp kim nhôm 5052 có khả năng chịu nhiệt tốt, giúp nó được sử dụng trong các ứng dụng có nhiệt độ cao.



Hình 3: Băng tải có giá đỡ khung nhôm

So sánh giữa các vật liệu cơ bản nhôm, thép, gỗ, đồng:

- + Trong thực tế, khi so sánh cấu kiện nhôm, gỗ và thép cùng hình dáng, kích thước, thể tích, thì trọng lượng của cấu kiện thép nặng nhất rồi đến gỗ và cuối cùng là nhôm, do khối lượng riêng của thép là lớn nhất.
- + Một điểm bất lợi khác của thép và gỗ là khó gia công thành các hình dạng khác nhau so với nhôm, đặc biệt là khi cần chế tạo các hình dạng phức tạp. Điều này có thể được khắc phục phần nào bằng cách nung thép đến nhiệt độ rất cao, nhưng lại làm tăng thêm chi phí và có thể ảnh hưởng đến các đặc tính khác. Mặt khác, nhôm tương đối dễ tạo hình qua quá trình làm lạnh hoặc nung nóng và rất lý tưởng cho các quy trình sản xuất như đúc hay cán.
- + Đồng là kim loại dẫn điện tốt hơn nhôm.
- + Nhôm kháng ăn mòn tốt hơn đồng.

+ Ngoài ra, về mặt giá thành nhôm cũng có giá rẻ hơn so với sắt, đồng và gỗ. Bởi các đồ dùng được làm từ nhôm dễ gia công chế tạo hơn là từ thép và gỗ.

Vì thế với sự ra đời của hợp kim nhôm kèm tính đa dụng và các ưu điểm tuyệt vời. Với việc giữ lại được các ưu điểm từ sắt về độ bền, chịu lực và tuổi thọ, hợp kim nhôm đã cho thấy những công dụng to lớn. Với giá thành rẻ, nhẹ, độ bền lớn, dễ gia công và quy trình tạo ra sản phẩm không quá phức tạp thì hợp kim nhôm đã dần thay thế một phần công dụng của sắt thép [3].

Hiện nay, Việt Nam đã có nhiều nhà máy sản xuất hợp kim nhôm với công nghệ hiện đại, có khả năng sản xuất các loại hợp kim nhôm khác nhau, bao gồm cả hợp kim nhôm 5052. Việc sản xuất hợp kim nhôm 5052 tại Việt Nam phụ thuộc vào nhu cầu thị trường và khả năng đầu tư của các công ty sản xuất.

Đối với sinh viên các ngành Cơ khí, Cơ điện tử, cần nắm rõ các tính chất của các vật liệu kim loại như hợp kim nhôm 5052, đặc biệt là các tính chất cơ học. Do đó, trong đề tài này, đối với các sinh viên tham gia là năm 1 và năm 2 chương trình đào tạo Kỹ thuật Cơ khí và Cơ điện tử, nhóm sinh viên thực hiện nghiên cứu tính chất cơ học của hợp kim nhôm 5052. Việc nghiên cứu các tính chất này được thực hiện thông qua các bài lý thuyết trong các học phần Vật liệu học đại cương và Sức bền vật liệu, và các bài thực nghiệm sử dụng máy kéo nén uốn hiện có tại Trường ĐH Phenikaa. Các công việc lý thuyết và thực nghiệm này sẽ giúp sinh viên nắm được kiến thức môn học và vận dụng để nghiên cứu các loại vật liệu khác nhau.

2. Lý do lựa chọn đề tài

Việc nghiên cứu ứng xử vật liệu kim loại chịu kéo và uốn, đối sánh giữa tính toán lý thuyết, thực nghiệm và mô phỏng nhằm mục đích kiểm tra sức bền của kim loại. Qua đó giúp chúng ta kiểm chứng và thấy được tính chất của nó. Ngoài ra trong suốt quá trình thực hành và làm việc đã giúp chúng em tiếp cận được với rất nhiều điều thú vị, kèm theo với đó chính là việc chúng em đã học được thêm rất nhiều kiến thức mới và mở mang nhiều hơn về ngành khoa học vật liệu.

Khi lựa chọn đề tài này chúng em hướng đến việc học tập và làm việc nhóm nhằm phát triển thêm các kỹ năng để hỗ trợ cho bản thân. Hơn hết khi thực hiện nghiên cứu sẽ đưa chúng ta tới với những thí nghiệm thú vị. Mỗi bước của nghiên cứu lại đưa thêm cho chúng em những kỹ năng những mảng kiến thức riêng về từng phần như: khi chuẩn bị nguyên liệu chúng ta cần phải chọn lựa và mua nguyên liệu một cách phù hợp và gia công sao cho hợp lý, đến lúc thực hành thí nghiệm thì được học hỏi thêm về kỹ năng thao tác máy và trước đó là được học thêm về cách tính toán và sử lý số liệu của thí nghiệm để có thể hoàn thành nghiên cứu một cách hoàn chỉnh và chuẩn xác nhất. Không

chỉ như thế thì khi chúng em chọn chủ đề này cốt nhất vẫn là mong kiểm chứng được các tính chất của các vật liệu cũng như độ bền của vật liệu. Hơn hết đó chính là những điều có thể xảy ra với vật liệu sau khi bị tác động lực kéo hay uốn. Như thế chúng ta có thể đưa ra được lời nhận xét về vật liệu được chọn để làm nghiên cứu.

Ngoài việc học ở trên lớp để có thêm kiến thức thì khi tham gia vào hoạt động nghiên cứu này cũng giúp trau dồi thêm những kỹ năng mềm khác như hoạt động và làm việc nhóm khi mà mỗi người trong nhóm phải tương tác trao đổi qua lại để giúp đỡ nhau và hoàn thiện nghiên cứu. Ngoài ra còn giúp chúng ta hoàn thiện kỹ năng sử dụng Powerpoint, Word, Excel, Matlab để có thể khai thác và sử dụng các ứng dụng một cách tối ưu nhằm hỗ trợ ta trong công việc và học tập dù ở đâu. Khi thực hành cũng cho ta thấy được những điều thú vị đến từ khoa học từ thí nghiệm, đồng thời cũng cải thiện khả năng thao tác và sử dụng máy móc để tiến hành thí nghiệm. Cách sử dụng thước kẹp để đo và tính toán bề dày, độ rộng của vật liệu. Khi sử dụng máy chúng ta cũng sẽ được học về phương pháp lập trình làm sao cho máy chạy đúng như những gì mà chúng ta muốn để khi thực hành cho ra được kết quả tốt nhất mà ta mong muốn.

Với tính chất công việc của nghiên cứu thì em thấy rất phù hợp với các bạn sinh viên năm nhất. Vì nó giúp chúng em được tiếp cận sớm với các thiết bị để học hỏi thêm nhiều kiến thức sau khi nghiên cứu. Đưa bọn em tiếp cận gần hơn tới công việc và ngành nghề do chính mình chọn thông qua đó hiểu hơn về những gì mình phải làm trong tương lai. Thông qua nghiên cứu trên đã giúp bọn em tham gia thêm nhiều vào các chuyến đi thực tế để thấy được phương thức hoạt động và cách thức vận hành của thí nghiệm.

3. Mục tiêu, nội dung, phương pháp nghiên cứu của đề tài

3.1. Mục tiêu của đề tài

3.1.1. Mục tiêu tổng quát

Mục tiêu tổng quát của đề tài là giúp sinh viên thực hành các bài thí nghiệm ứng xử cơ học nằm trong nội dung của hai học phần là Vật liệu học đại cương (Học kỳ 3) và Sức bền vật liệu (Học kỳ 4). Các bài thực hành đó giúp sinh viên có cái nhìn trực quan và nắm được các công thức tính toán các đặc trưng cơ học của vật liệu kim loại.

3.1.2. Mục tiêu cụ thể

- Sinh viên thực hành lên kế hoạch chuẩn bị cho một bài thí nghiệm hoàn chỉnh, xây dựng ma trận thí nghiệm;
- Sinh viên thực hành vẽ bản vẽ gia công và gia công cắt gọt mẫu thí nghiệm từ phôi;
- Sinh viên thực hành các thiết bị đo như thước kẹp;
- Sinh viên thực hành các thiết bị ghi hình, chụp ảnh quá trình thí nghiệm;

- Sinh viên thực hành xử lý dữ liệu sử dụng các phần mềm Office;
- Sinh viên có cái nhìn trực quan về ứng xử cơ học của vật liệu kim loại, cụ thể là hợp kim nhôm 5052, khi chịu kéo đúng tâm và chịu uốn 3 điếm;
- Sinh viên xác định đặc trưng ứng xử cơ học của vật liệu hợp kim nhôm 5052, khi chịu kéo đúng tâm và chịu uốn 3 điếm;
- Sinh viên tổng hợp kết quả thí nghiệm, lập bảng biểu, hình vẽ;
- Sinh viên lập luận, nhận xét các kết quả thu được;
- Sinh viên nắm được kiến thức lý thuyết môn học.

3.2. Nội dung nghiên cứu

Để đạt được các mục tiêu tổng quát cũng như cụ thể như đã nêu ở trên, các nội dung nghiên cứu sẽ bao gồm các Gói công việc sau:

Gói công việc 1 - thí nghiệm kéo đúng tâm:

- Tính toán lý thuyết;
- Lấy thông số thiết bị thí nghiệm (tải trọng lớn nhất);
- Xây dựng ma trận thí nghiệm từ thông số thiết bị, phục vụ nghiên cứu tham số;
- Mua phôi;
- Bản vẽ kích thước mẫu và gia công mẫu;
- Đo đạc kích thước thực tế, kiểm tra cong vênh;
- Đặt lịch sử dụng thiết bị;
- Hướng dẫn sử dụng thiết bị;
- Thực hiện thí nghiệm;
- Thu thập dữ liệu, hình ảnh, bảng biểu;
- Xử lý dữ liệu;
- Phân tích, đánh giá, nhận xét, đối sánh kết quả thu được.

Gói công việc 2 - thí nghiệm uốn 3 điếm: gói công việc này bao gồm các công việc tương tự như đã trình bày cho Gói công việc thí nghiệm kéo.

Gói công việc 3 - hoàn thiện báo cáo:

Đối với gói công việc này, các sinh viên trong nhóm đã dựa vào mẫu báo cáo được hướng dẫn bởi thầy hướng dẫn, để cùng nhau xây dựng các mục của báo cáo.

3.3. Phương pháp nghiên cứu

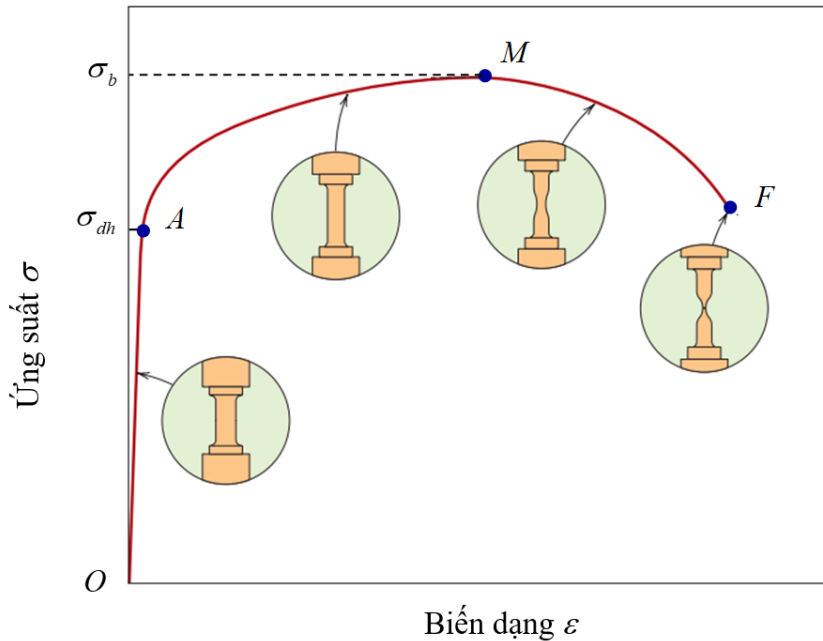
Đối với đề tài này, các phương pháp nghiên cứu sau đây đã được đề ra và áp dụng:

3.3.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

3.3.1.1. Thanh chịu kéo đúng tâm

Các kiến thức lý thuyết về thanh chịu kéo đúng tâm được học trong học phần Vật liệu học đại cương [2], chương 4, và học phần Sức bền vật liệu [1], chương 3.

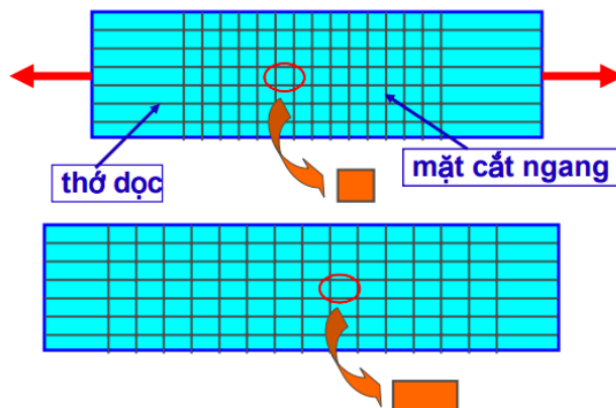
Các giai đoạn làm việc: đồ thị biểu diễn:



Hình 4: Quan hệ (Lực-độ giãn dài) và (ứng suất σ – biến dạng dài ε) khi kéo mẫu [2]

Các giai đoạn biến dạng trên Hình 4 [1]:

- Biến dạng đàn hồi: mất ngay khi bỏ tải (đoạn OA).
- Biến dạng dẻo: còn giữ lại khi bỏ tải (đoạn AM).
- Phá hủy: khi vật liệu bị tách đứt (đoạn MF).



Hình 5: Thể hiện trực quan các thử vật liệu khi kéo [1]

Biến dạng đàn hồi [7]:

Biến dạng đàn hồi là biến dạng mà sau khi ngoại lực thôi tác dụng, vật tự trở lại hình dạng và kích thước ban đầu. Biến dạng đàn hồi xảy ra khi ứng suất tác dụng còn nhỏ, $\sigma \leq \sigma_{dh}$, với σ_{dh} được gọi là *giới hạn đàn hồi* (hay *giới hạn tỉ lệ*). Trong giai đoạn biến dạng đàn hồi, quan hệ giữa ứng suất và biến dạng là tuyến tính, tuân theo định luật Hooke ($\sigma = E \varepsilon$) cho kéo, nén. Quá trình biến dạng đàn hồi đã được khảo sát kỹ trong môn Sức bền vật liệu.

Biến dạng dẻo [5]:

Khi ứng suất vượt quá một giá trị nào đó (giới hạn chảy σ_c), vật liệu bị biến dạng dẻo, tức là khi ngoại lực không còn tác dụng, vật không tự trở lại hình dạng và kích thước ban đầu, vẫn còn một phần biến dạng dư.

Nhờ có biến dạng dẻo, ta có thể thay đổi hình dạng, kích thước kim loại, tạo nên nhiều chủng loại phong phú, đáp ứng tốt nhu cầu sử dụng.

Đối với các vật liệu không có giá trị σ_c rõ ràng (không có đoạn nằm ngang), người ta sử dụng $\sigma_{0,2}$ là giới hạn chảy quy ước, là giao điểm của đoạn thẳng song song với đường đàn hồi đi 0,2% trên trục hoành với biểu đồ kéo.

Phá hủy

Tiếp tục tăng ứng suất đến giá trị cao nhất σ_b (điểm M), lúc đó trong kim loại xảy ra biến dạng cục bộ (hình thành cổ thắt), tải trọng giảm đi mà biến dạng vẫn tăng (cổ thắt hẹp lại) dẫn đến phá hủy và đứt ở điểm F.

Một chi tiết bị phá hủy dẫn tới dừng hoạt động của chi tiết, của cả máy móc hoặc có thể gây hậu quả nghiêm trọng (máy bay, bình áp lực). Do vậy, để thiết kế các chi tiết máy, tính toán bền của chúng, bên cạnh việc hiểu biết ứng xử của vật liệu khi có ngoại lực tác dụng gây biến dạng, cần phải nắm rõ được các điều kiện phát sinh phá hủy. Hầu hết các thử nghiệm để theo dõi ứng xử của kim loại trong các điều kiện gia tải khác nhau cho đến khi phá hủy.

Các đặc trưng cơ tính của vật liệu khi chịu kéo [2]

Độ bền tĩnh:

- *Giới hạn đàn hồi* σ_{dh} là ứng suất lớn nhất tác dụng lên mẫu mà khi bỏ tải trọng, mẫu không bị thay đổi hình dạng và kích thước.

$$\sigma_{dh} = \frac{F_{dh}}{S_0} [\text{MPa}]$$

trong đó: F_{dh} là lực kéo lớn nhất để vật liệu không bị biến dạng dẻo [N], S_0 là diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu [mm^2].

- *Giới hạn chảy vật lý* σ_{ch} là ứng suất tại đó vật liệu bị “chảy”, tức là ứng suất bé nhất bắt đầu gây nên biến dạng dẻo, thường được xác định ứng với đoạn nằm ngang trên biểu đồ kéo. Đối với đa số kim loại và hợp kim thường không có đoạn nằm ngang này nên thường dùng giới hạn chảy quy ước.

- *Giới hạn chảy quy ước* $\sigma_{0,2}$ là ứng suất mà dưới tác dụng của nó, sau khi bỏ tải trọng, mẫu bị biến dạng dư là 0,20% chiều dài ban đầu của mẫu.

$$\sigma_{0,2} = \frac{F_{0,2}}{S_0} [\text{MPa}]$$

trong đó: $F_{0,2}$ là lực kéo ứng với tạo ra độ biến dạng dư là 0,20% của chiều dài ban đầu của mẫu [N].

- *Giới hạn bền* σ_b là ứng suất cao nhất gây ra biến dạng cục bộ rồi dẫn đến phá hủy

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} [\text{MPa}]$$

trong đó: F_b là lực kéo cao nhất trên biểu đồ kéo, tại thời điểm phá hủy [N].

Qua các chỉ tiêu này, có thể xác định được khả năng làm việc của vật liệu dưới tác dụng của tải trọng kéo đã cho. Như giới hạn đàn hồi rất quan trọng đối với lò xo, nhíp vì khi làm việc quá σ_{dh} vật liệu không còn đàn hồi hoàn toàn, giới hạn chảy rất quan trọng với các chi tiết lắp ghép không cho phép làm việc quá $\sigma_{0,2}$ vì vật liệu bị biến dạng dẻo, các kết cấu thông thường được tính toán trên cơ sở của σ_b chỉ với yêu cầu không bị gãy, vỡ.

Độ dẻo:

Độ dẻo là tập hợp các chỉ tiêu cơ tính phản ánh biến dạng dư của vật liệu khi bị phá hủy dưới dạng tải trọng tĩnh, nó quyết định khả năng chịu biến dạng dẻo, gia công công áp lực của vật liệu như dập, dát mỏng, kéo sợi, ... Khả năng chịu biến dạng dẻo là tính công nghệ quan trọng bậc nhất của vật liệu, nhờ đó vật liệu mới dễ tạo hình ở dạng dài với các profile khác nhau thích hợp cho vận chuyển, lắp ráp và sử dụng.

Người ta đánh giá độ dẻo cùng với độ bền khi thử kéo bằng đo sự thay đổi tương đối của độ dài và tiết diện mẫu sau khi bị phá hủy qua hai chỉ tiêu: độ giãn dài tương đối và độ thắt tỉ đối.

Độ giãn dài tương đối δ % và độ thắt tỉ đối ψ % được xác định

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% ; \quad \psi = \frac{F_1 - F_0}{F_0} \times 100\%$$

trong đó: l_0, F_0 là chiều dài và diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu thử; l_1, F_1 là chiều dài và diện tích mặt cắt ngang sau khi đứt của mẫu thử.

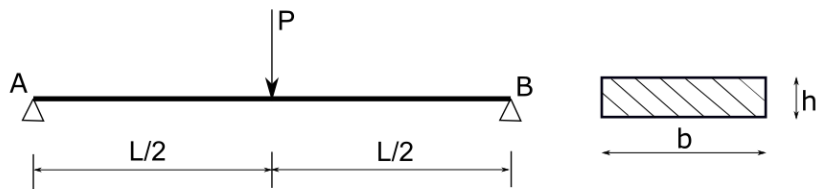
3.3.1.2. Dầm chịu uốn ngang phẳng

Các kiến thức lý thuyết về dầm chịu uốn được học trong học phần Sức bền vật liệu, chương 1, 6 [1][4][10].

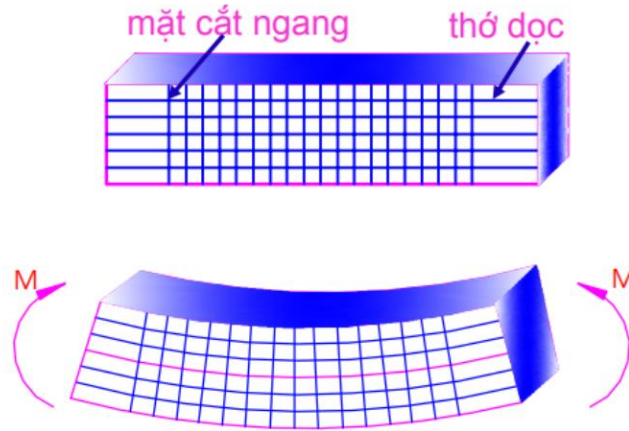
Một thanh chịu uốn là thanh có trục bị uốn cong dưới tác dụng của ngoại lực. Những thanh chịu uốn gọi là dầm. Ví dụ về thanh chịu uốn: dầm cầu, trục bánh xe ô tô... Ngoại lực gây uốn: lực tập trung, lực phân bố có phương vuông góc với trục của dầm, các ngẫu lực nằm trong mặt phẳng chứa trục của dầm.

Trong thực tế, dầm chịu uốn thường có mặt cắt ngang có ít nhất một trục đối xứng. Mặt phẳng đối xứng này cũng chính là mặt phẳng quán tính chính trung tâm và tải trọng cũng nằm trong mặt phẳng đối xứng đó. Trục dầm sau khi biến dạng vẫn nằm trong mặt phẳng này nên người ta gọi là thanh chịu uốn phẳng. Ví dụ: Mặt cắt ngang chữ nhật, chữ I, chữ T, chữ U, tròn. Dưới tác dụng của ngoại lực trên mặt cắt ngang của dầm: các thành phần nội lực gồm có mô men uốn M (nằm trong mặt phẳng chứa trục thanh) và lực cắt Q .

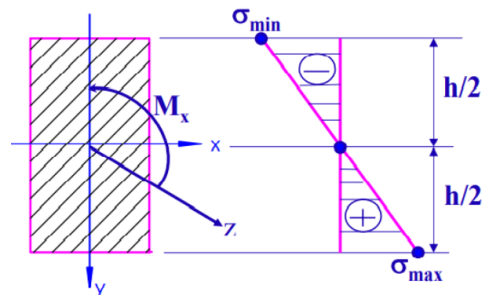
Trong phạm vi nghiên cứu của đề tài này, nhóm sinh viên tập trung vào dầm tựa trên 2 gối đơn chịu lực tập trung P tại vị trí chính giữa dầm (uốn 3 điểm). Dầm có mặt cắt ngang không đối hình chữ nhật như Hình 6. Bằng các biểu thức lý thuyết, biểu đồ nội lực mô men uốn M và lực cắt Q có thể được tính theo giá trị của lực P và chiều dài L của dầm. Ngoài ra, để minh họa trực quan, thể hiện trực quan các thứ vật liệu chịu uốn trên Hình 7. Sơ đồ ứng suất phân bố trên mặt cắt ngang được thể hiện trên Hình 8.



Hình 6: Sơ đồ dầm chịu uốn và mặt cắt ngang.



Hình 7: Thể hiện trực quan các thớ vật liệu chịu uốn [1]



Hình 8: Sơ đồ ứng suất trên mặt cắt ngang của dầm chịu uốn [1]

3.3.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

Để thực hiện các thí nghiệm kéo và uốn mẫu vật liệu kim loại, các dụng cụ và thiết bị thí nghiệm sau đã được sử dụng:

Danh sách dụng cụ và thiết bị thí nghiệm đã được sử dụng:

- Máy gia công vạn năng để gia công mẫu;
- Máy thí nghiệm kéo nén uốn (testing machine) và phần mềm điều khiển;
- Bộ ngàm kẹp (gripping devices);
- Thước kẹp;
- Dụng cụ có đầu nhọn kẻ vạch trên mẫu thử;
- Các thiết bị ghi hình, quay phim, chụp ảnh;
- Máy tính và phần mềm Microsoft Office Excel để xử lý dữ liệu;
- Các vật dụng khác.

3.3.2.1. Máy gia công vạn năng để gia công mẫu

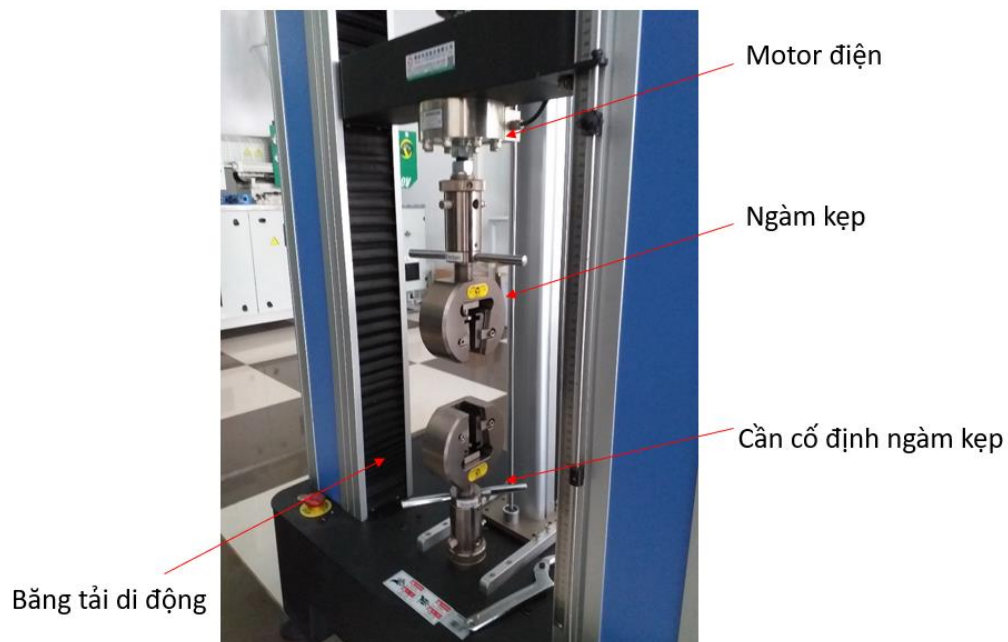
Máy gia công vạn năng tại phòng B4.103, Trường ĐH Phenikaa đã được sử dụng để gia công mẫu thí nghiệm từ bản vẽ gia công (Hình 9).



Hình 9: Máy phay vạn năng sử dụng để gia công mẫu thí nghiệm: (a) Tên thiết bị, (b-c-d) Hình ảnh trong quá trình gia công mẫu

3.3.2.2. Máy thí nghiệm kéo nén uốn (testing machine) và phần mềm điều khiển

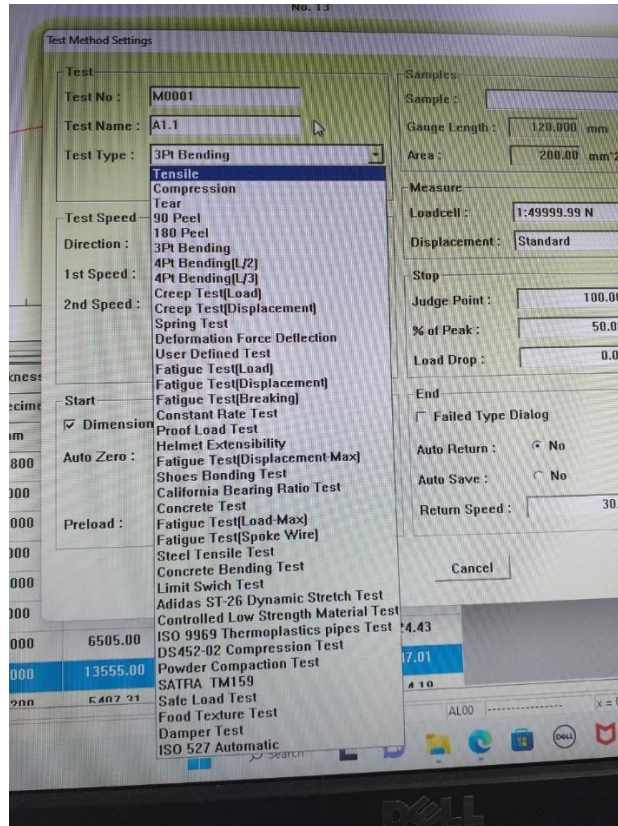
Với mục tiêu và dự kiến sản phẩm, đề tài SV NCKH đề xuất sử dụng Máy thí nghiệm kéo YM-H4502-H02 (Hình 10) hiện đang có tại Phòng thí nghiệm Polyme – Composite, Khoa CNSH Hóa Học và Kỹ thuật môi trường, Trường ĐH Phenikaa. Thông tin kỹ thuật của thiết bị kéo nén uốn được thể hiện ở Bảng 2. Bảng mã máy và hình ảnh load-cell được thể hiện ở Hình 11. Giao diện phần mềm điều khiển QCTech được thể hiện ở Hình 12.



Hình 10: Máy thí nghiệm kéo – uốn YM-H4502-H02 hiện đang có tại Phòng thí nghiệm Polyme – Composite, Khoa CNSH Hóa Học và Kỹ thuật môi trường, Trường ĐH Phenikaa



Hình 11: Bảng mã máy và hình ảnh load-cell



Hình 12: Giao diện phần mềm điều khiển QCTech

Bảng 2: Thông tin kỹ thuật của thiết bị kéo nén uốn

MODEL	H45
Capacity (kN)	50
Load Resolution	1/200,000
Load Precision	± 0.5%
Stroke (mm)	800 /1,100
Space ø (mm)	425
Stroke resolution (mm)	0.00004
Motor	AC Servo motor
Speed (mm/min)	600
Speed Precision (% mm/min)	± 0.5%
Width (mm)	940
Depth (mm)	610/520
Height (mm)	2,050/2,000
Weight (kgf)	300/350
Sampling Rate (Hz)	500 (Max.)
Power Supply	200 – 240 (1ø)
Current (A)	10

Protection Device	Up and down limit, emergency stop, software setup
-------------------	---

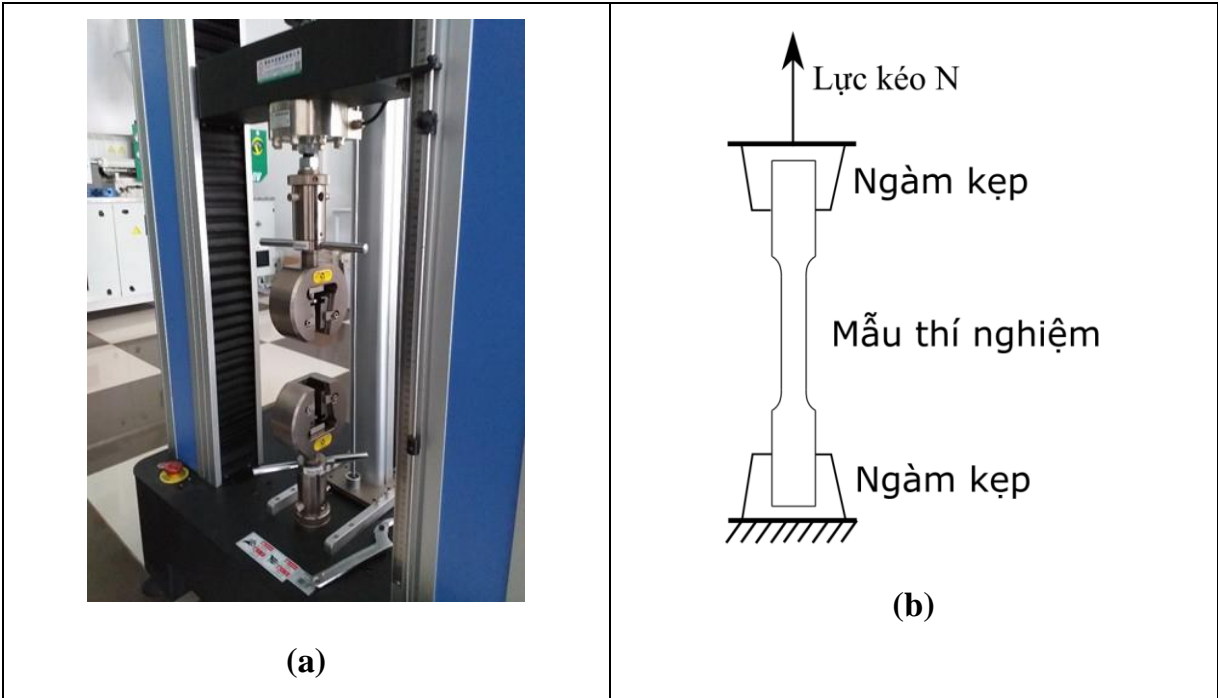
Có thể nhận thấy ở Bảng 2 rằng tải trọng lớn nhất của máy là 50,000 N. Tuy nhiên, để đảm bảo an toàn của load-cell, thì tải trọng lớn nhất được xem xét là 20,000 N. Với thông số này, nhóm đã ước tính trước kích thước của mẫu thí nghiệm để phù hợp với tải trọng của máy. Các thông số cụ thể được trình bày trong Bảng 3. Với các ước tính này, đặc biệt quan trọng là bề dày và bề rộng mặt cắt ngang mẫu, các phôi đã được mua sẵn dưới dạng thanh chữ nhật đặc, chuẩn bị cho quá trình gia công mẫu tiếp theo.

Bảng 3: Ước tính tải trọng lớn nhất cho thí nghiệm kéo

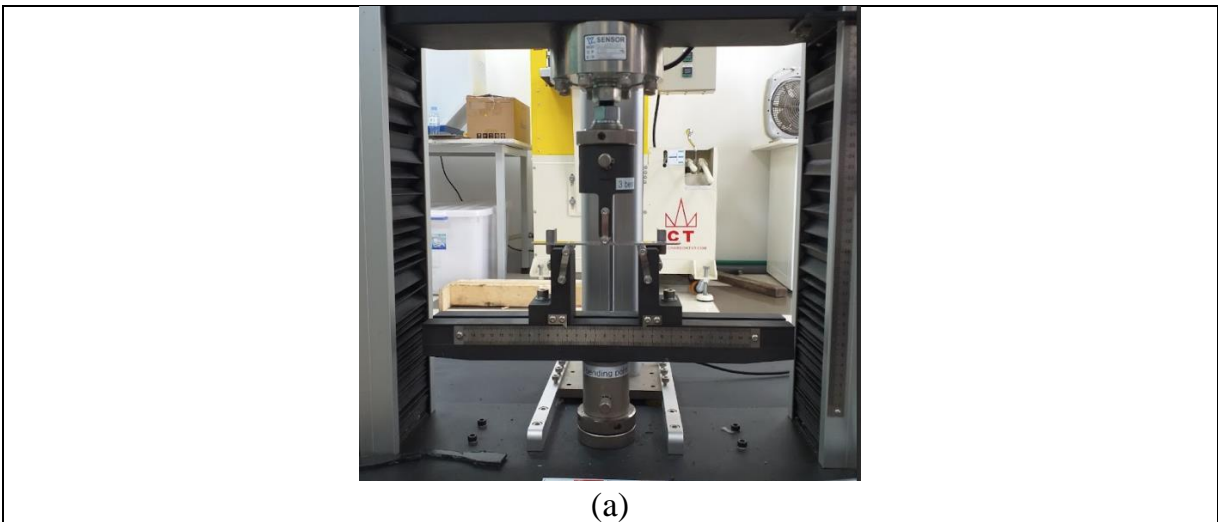
S T T	Dạng mặt cắt ngang	Vật liệu	Chiều dài (mm)	Bề dày (mm)	Chiều rộng (mm)	Cong vênh ban đầu	Modu n đàn hồi (GPa)	Hệ số Poiss on	Mô đun cắt (GPa)	Khối lượng riêng (kg/m ³)	Giới hạn bền kéo (MPa)	Tải trọng lớn nhất ước tính (N)
1	chữ nhật đặc	nhôm hợp kim 5052	200	2	10	Không	72	0.33	28	2770	200	4,000
2	chữ nhật đặc	nhôm hợp kim 5052	200	2	20	Không	72	0.33	28	2770	200	8,000
3	chữ nhật đặc	nhôm hợp kim 5052	200	2	30	Không	72	0.33	28	2770	200	12,000
4	chữ nhật đặc	nhôm hợp kim 5052	200	2	40	Không	72	0.33	28	2770	200	16,000
5	chữ nhật đặc	nhôm hợp kim 5052	200	2	50	Không	72	0.33	28	2770	200	20,000
6	chữ nhật đặc	nhôm hợp kim 5052	200	3	10	Không	72	0.33	28	2770	200	6,000
7	chữ nhật đặc	nhôm hợp kim 5052	200	3	20	Không	72	0.33	28	2770	200	12,000
8	chữ nhật đặc	nhôm hợp kim 5052	200	3	30	Không	72	0.33	28	2770	200	18,000

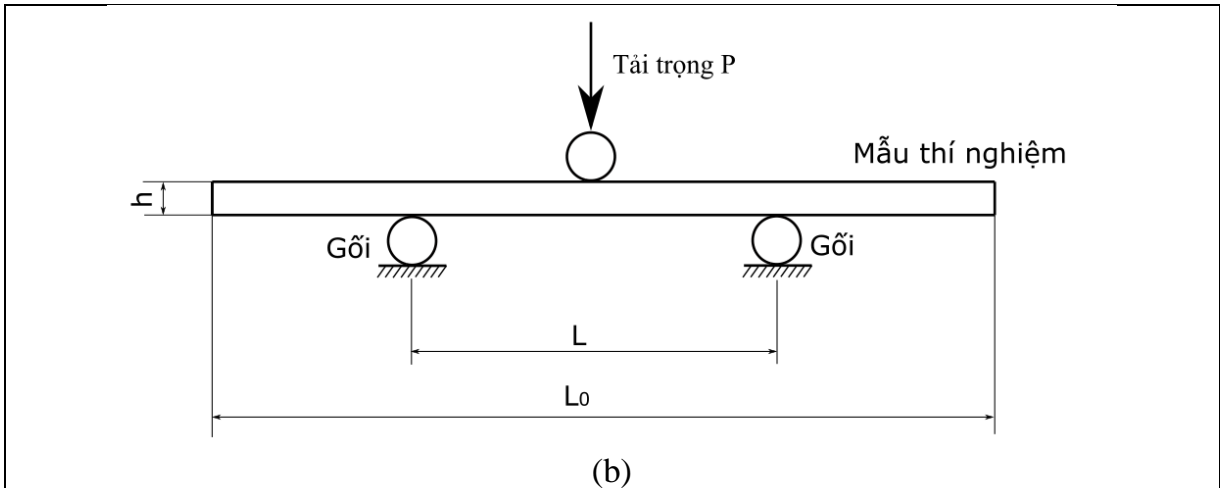
3.3.2.3. Bộ nắm kẹp (gripping devices)

Hình 13 thể hiện các đầu kẹp của thí nghiệm kéo và sơ đồ kéo mẫu. Hình 14 thể hiện các đầu kẹp của thí nghiệm uốn 3 điểm và sơ đồ uốn mẫu.



Hình 13: (a) Các đầu kẹp của máy thí nghiệm kéo và (b) sơ đồ kéo mẫu

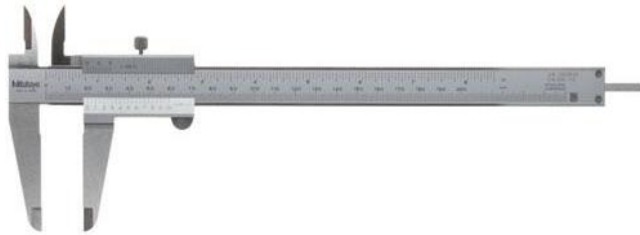




Hình 14: (a) các đầu kẹp của máy thí nghiệm uốn 3 điểm và (b) sơ đồ uốn mẫu

3.3.2.4. Thước kẹp

Thước kẹp độ chính xác 0.02 mm đã được sử dụng trong quá trình đo đạc.



Hình 15: Thước kẹp sử dụng trong quá trình đo

3.3.2.5. Thiết bị ghi hình, chụp ảnh và các vật dụng khác

Để minh họa trực quan các thớ vật liệu trong quá trình thí nghiệm, dụng cụ có đầu nhọn đã được sử dụng để kẻ vạch trên mẫu thử. Hình 16 thể hiện mẫu kéo đã được khắc vạch.



Hình 16: Mẫu thử kéo đã được khắc vạch

Ngoài ra, các thiết bị ghi hình, quay phim, chụp ảnh cũng đã được sử dụng để lưu dữ liệu trong quá trình thực hiện thí nghiệm.



Hình 17: Các thiết bị ghi hình, quay phim, chụp ảnh, máy tính và phần mềm Microsoft Office Excel để xử lý dữ liệu

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

4.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài này là vật liệu kim loại, cụ thể là hợp kim nhôm 5052. Các mục dưới đây sẽ giới thiệu chi tiết về loại hợp kim này.

4.1.1. Hợp kim nhôm 5052

Nhôm là vật liệu được sử dụng với số lượng lớn sau sắt thép. Có nhiều loại hợp kim nhôm, trong đó 5052 là hợp kim nhôm biến dạng không hóa bền được sử dụng phổ biến nhờ ưu điểm trọng lượng nhẹ, bề mặt sáng, không bị oxy hóa và dễ gia công nên được ứng dụng trong dân dụng và công nghiệp [3].

- Tính chất hóa học

Nhôm 5052 là hợp kim Al, Mg và Cr, trong đó Mg là yếu tố chính giúp gia tăng ưu điểm chống ăn mòn. Nhôm 5052 có độ bền vừa phải nhưng vượt trội về khả năng chống ăn mòn ngoài ra còn dễ hàn, độ dẻo cao, khả năng gia công tốt

Tỉ lệ giữa các nguyên tố cấu thành hợp kim nhôm 5052 là nhôm chiếm 97,2%, magie chiếm 2,5%, crom chiếm 0,25%. Trên thị trường nhôm 5052 có các độ cứng phổ biến là H32 và H34, độ dày đa dạng từ 1.5mm đến 60mm.

- Tính chất vật lý:

Nhôm 5052 là hợp kim nhạy cảm với nhiệt độ cao và lý tưởng ở nhiệt độ thấp. Cụ thể, ở nhiệt độ 200⁰C– 250⁰C, hợp kim mất dần sức mạnh về cơ và lý vốn có nhưng khi ở nhiệt độ âm lại ngược lại. Nhôm có tính dẫn điện bằng khoảng 33% so với độ dẫn điện của đồng và nhiệt độ sôi ở 650^oC. Tính chống ăn mòn cao, đặc biệt với môi trường nước mặn.

- Tính chất cơ lý:

Khả năng gia công và tạo hình: Trong các loại nhôm thì 5052 được xem là loại có tính tạo hình thích hợp nhất và có thể diễn ra ở nhiệt độ phòng bằng cách dập trên khuôn hoặc kéo sợi. Khả năng gia công có giới hạn nhưng sẽ dễ gia công trong trạng thái cứng

Xử lý nhiệt: A5052 xử lý nhiệt kém. Để tăng cứng 5052, phải trải qua quá trình gia công nguội chứ không xử lý nhiệt như các loại vật liệu khác.

Khả năng hàn: Mặc dù xử lý nhiệt kém nhưng nhôm 5052 lại dễ hàn thông qua các phương pháp thông thường. Trong đó, phương pháp hàn điện cực và hồ quang khí được sử dụng phổ biến nhất.

Khả năng rèn: Hợp kim A5052 có thể rèn ở nhiệt độ từ 510⁰C xuống 260⁰C.

- Ứng dụng:

Nhờ cấu tạo thành phần chủ yếu là Magie (trung bình chiếm 2,5%) nên hợp kim A5052 có độ bền cao nhất trong số các hợp kim nhôm không hóa bền. Dạng nhôm được sử dụng phổ biến nhất là nhôm tấm, thích hợp để gia công và tạo hình và ứng dụng được đa dạng trong nhiều lĩnh vực đời sống.

Trong dân dụng: Nhôm 5052 được dùng để sản xuất tủ bếp, dụng cụ nhà bếp, lan can, hàng rào, thang kéo....

Trong công nghiệp: Nhôm 5052 có độ cứng tốt, khả năng chống ăn mòn cao nên được ứng dụng làm các chi tiết máy gia công, phụ kiện ngành tàu biển, ống thủy lực, ống máy bay, ống dẫn dưới biển...

Trong ngành công nghiệp thực phẩm, nhôm 5052 được dùng để sản xuất các dụng cụ, thiết bị chế biến thực phẩm, bộ phận trong dây chuyền nhà máy, bể chứa, thùng sữa, thùng nước, máy làm đá...

Giao thông vận tải: Bộ phận, khung sườn và vỏ của các phương tiện giao thông như ô tô, tàu thuyền, máy bay...

Ngoài ra, nhôm 5052 còn được sử dụng để làm trục điện tử, biển báo hay bơm... trong ngành công nghiệp hóa chất.

- Giá thành:

Giá nhôm 5052 phụ thuộc vào yếu tố kích thước, độ dày ... độ dày từ 1mm, 1,2mm, 1,5mm, 2mm, ... đến 100mm giá 70.000/kg.

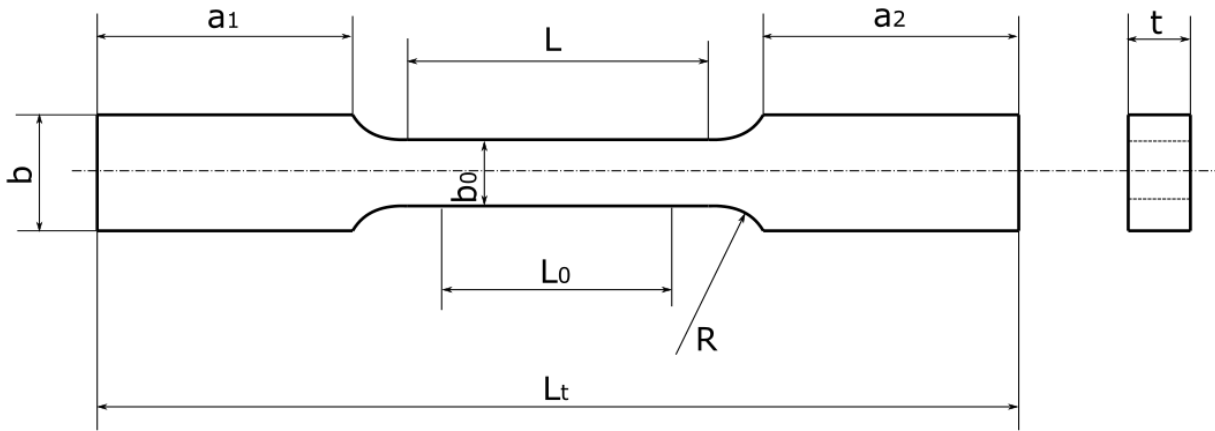
4.1.2. Miêu tả mẫu thí nghiệm và nghiên cứu tham số

4.1.2.1. Mẫu kéo

Đối với thí nghiệm kéo, do vật liệu sử dụng là hợp kim nhôm 5052 không đổi, nên đề tài đề xuất thí nghiệm với nhiều mẫu có nhiều kích thước khác nhau, để xét tới ảnh hưởng của các yếu tố này. Các mẫu có hình dạng hình xương chó với các kích thước danh nghĩa như trên Hình 18. Hình dạng xương chó này được khuyến cáo để mẫu sẽ bị đứt ở giữa. Tuy nhiên, để đảm bảo được điều này thì các điều kiện gia công mẫu cũng cần hết sức chính xác để mẫu đối xứng qua đường tâm dọc trục. Trong nghiên cứu này, nhóm sinh viên cũng đã thử thiết kế mẫu *không* đối xứng, để kiểm tra vị trí đứt mẫu có đúng như dự đoán hay không.

Ma trận kích thước thí nghiệm được xây dựng để xem xét ảnh hưởng của các yếu tố sau:

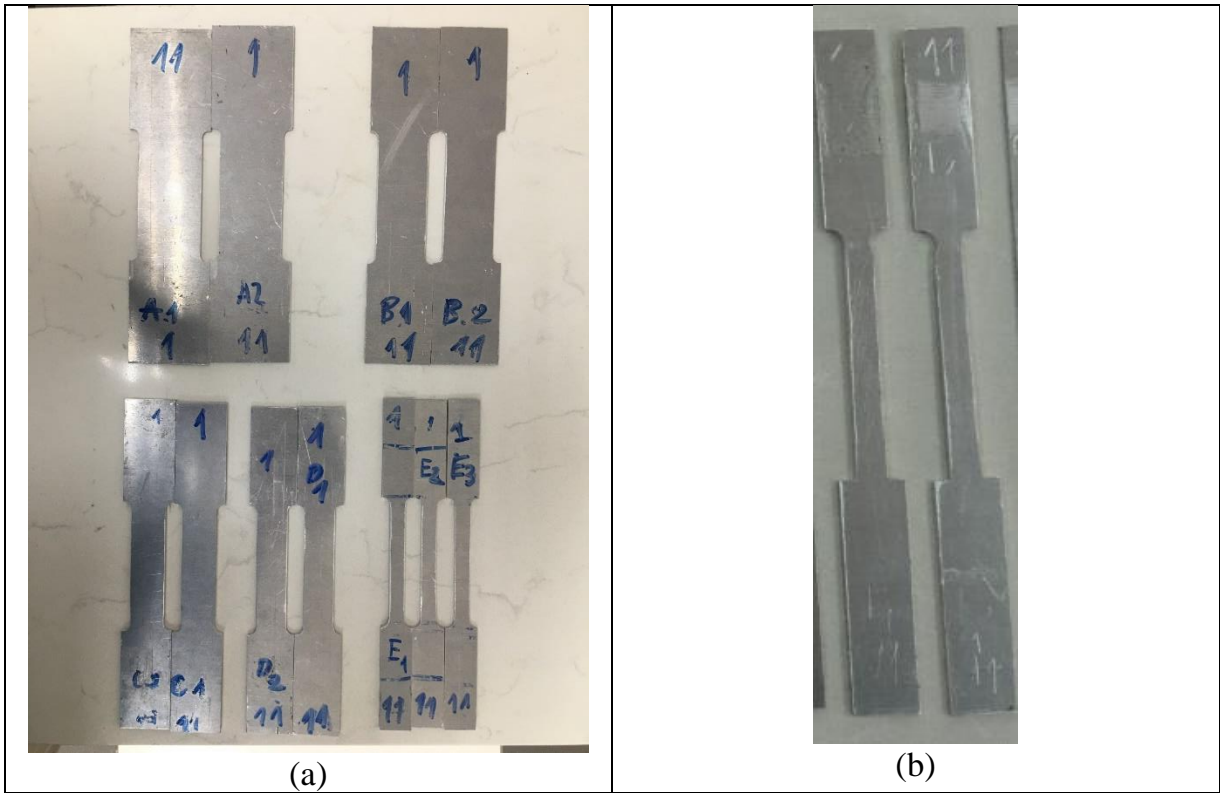
- Sự lặp lại của thí nghiệm cho 2 mẫu có kích thước danh nghĩa giống nhau;
- Sự ảnh hưởng của kích thước mặt cắt ngang, cụ thể là chiều rộng và chiều dày;
- Sự ảnh hưởng của gia công;



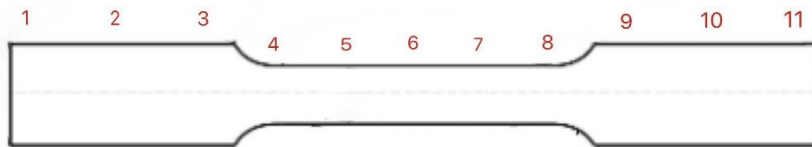
Hình 18: Bản vẽ kích thước của mẫu kéo

Hình ảnh mẫu sau khi gia công được thể hiện trên Hình 19. Sau khi gia công các mẫu được mài nhẹ bằng dũa để lược bỏ các bavaria trên các cạnh. Cần lưu ý rằng các kích thước danh nghĩa và thực tế sau gia công sẽ khác nhau. Do đó nhóm sinh viên đã thực hiện lại đo đạc kích thước các mẫu tại 11 vị trí dọc theo chiều dài của mẫu, như sơ đồ trên hình Hình 20. Từ đó, các kích thước danh nghĩa, và kích thước đo đạc (giá trị trung bình) được xây dựng và thể hiện trong Ma trận kích thước mẫu thí nghiệm kéo ở Bảng 4. Có thể nhận thấy rằng có sự sai khác nhất định giữa kích thước danh nghĩa và kích thước thực tế. Như đã ước tính trước, các mẫu này đảm bảo không vượt quá tải trọng tới hạn của thiết bị là 20,000 N.

Cần lưu ý rằng cung tròn $R=4.5$ mm cho tất cả các mẫu. Việc đo đạc lại cung tròn bằng thước kẹp đã không được thực hiện. Lưu ý đối với mẫu F1 và F2, việc gia công cung tròn R đã chỉ được thực hiện cho một phía, khiến mẫu không đối xứng và sẽ phục vụ mục đích kiểm tra vị trí đứt của mẫu (xem Hình 19). Cuối cùng, tất cả các mẫu không có độ cong vênh ban đầu.



Hình 19: Hình ảnh mẫu sau khi gia công: (a) các mẫu từ A1 tới E1; (b) mẫu F1 và F2.



Hình 20: Sơ đồ 11 vị trí dọc theo chiều dài để đo kích thước chiều rộng và chiều dày của mẫu kéo

Bảng 4: Ma trận kích thước mẫu thí nghiệm kéo

STT	Mẫu	Chiều rộng b và b ₀ trung bình									Chiều dài L _t trung bình (mm)			Chiều dày t trung bình (mm)		
		Vị trí 1-3 (mm) (b)			Vị trí 4-8 (mm) (b ₀)			Vị trí 9-11 (mm) (b)			Danh nghĩa	Đo thước kẹp	Sai lệch	Danh nghĩa	Đo thước kẹp	Sai lệch
		Danh nghĩa	Đo thước kẹp	Sai lệch	Danh nghĩa	Đo thước kẹp	Sai lệch	Danh nghĩa	Đo thước kẹp	Sai lệch						
1	A1	50	49.29	0.71	40	38.67	1.33	50	49.35	0.65	200	207.4	-7.4	2	2.22	-0.22
2	A2	50	49.2	0.8	40	38.53	1.47	50	49.48	0.52	200	216.5	-16.5	2	2.28	-0.28
3	B1	40	40.07	-0.07	30	29.96	0.04	40	40	0	200	213.4	-13.4	2	2.15	-0.15
4	B2	40	40.16	-0.16	30	30.06	-0.06	40	40.34	-0.34	200	209.5	-9.5	2	2.24	-0.24
5	C1	30	31.12	-1.12	20	20.72	-0.72	30	30.93	-0.93	200	201.67	-1.67	3	3.07	-0.07
6	C2	30	31.22	-1.22	20	20.76	-0.76	30	30.93	-0.93	200	202.05	-2.05	3	3.09	-0.09
7	D1	30	28.71	1.29	20	18.64	1.36	30	28.7	1.3	200	200.1	-0.1	2	2.13	-0.13
8	D2	30	28.39	1.61	20	18.66	1.34	30	28.75	1.25	200	199.61	0.39	2	2.06	-0.06
9	E1	20	19.07	0.93	10	9.22	0.78	20	19.15	0.85	200	202.05	-2.05	3	3.02	-0.02
10	E2	20	19.41	0.59	10	9.19	0.81	20	19.18	0.82	200	194.1	5.9	2	2.04	-0.04
11	E3	20	19.1	0.9	10	9.38	0.62	20	19.41	0.59	200	207.9	-7.9	2	2.09	-0.09
12	F1**	20	19.06	0.94	10	8.48	1.52	20	19.3	0.7	200	202.02	-2.02	3	3.03	-0.03
13	F2**	20	19.01	0.99	10	8.42	1.58	20	19.28	0.72	200	202.13	-2.13	3	3	0

* Cung tròn R=4.5mm cho tất cả các mẫu. Việc đo đặc lại cung tròn bằng thước kẹp đã không được thực hiện.

** Lưu ý đối với mẫu F1 và F2, việc gia công cung tròn R đã chỉ được thực hiện cho một phía, khiến mẫu không đối xứng và sẽ phục vụ mục đích kiểm tra vị trí đứt của mẫu (xem Hình 19).

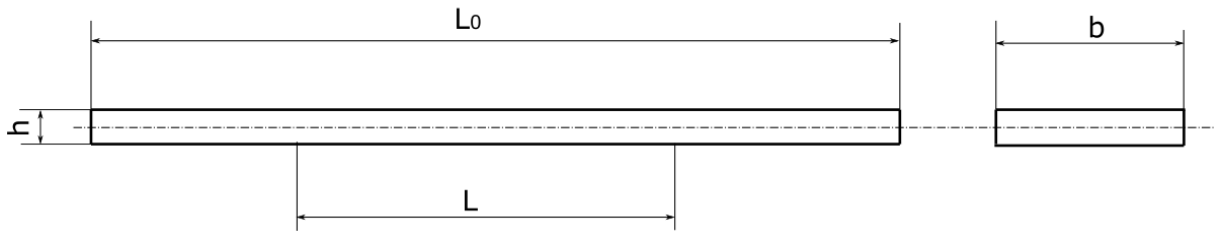
*** Tất cả các mẫu không có độ cong vênh ban đầu.

4.1.2.2. Mẫu uốn

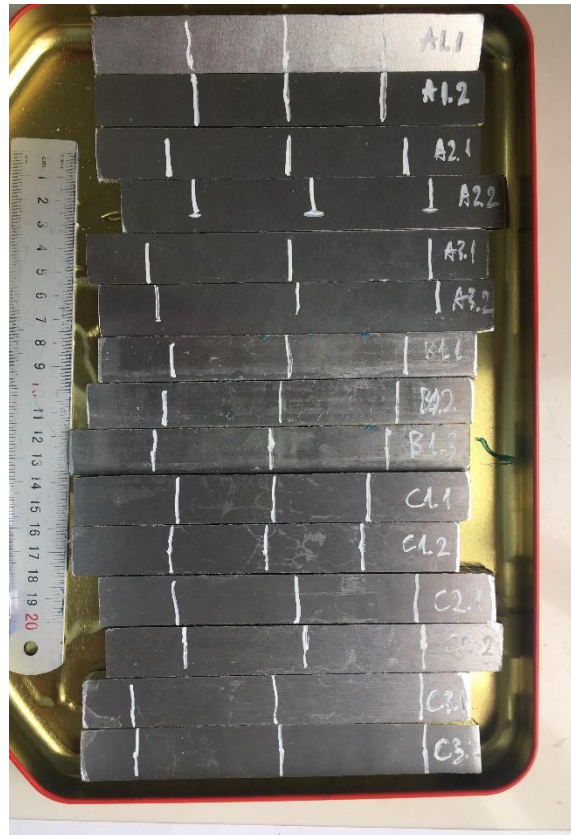
Tương tự như thí nghiệm kéo, do vật liệu thực hiện là không đổi, nên các mẫu đã được gia công với các kích thước khác nhau để xem xét ảnh hưởng khi bị uốn. Sơ đồ kích thước mẫu uốn được thể hiện trên Hình 21. Đối với mẫu đơn giản thanh chữ nhật đặc, việc gia công tương đối dễ dàng hơn so với mẫu thí nghiệm kéo. Cần lưu ý rằng việc gia công mẫu bằng máy cắt có thể gia nhiệt làm biến đổi vật liệu, tuy nhiên khoảng cách từ vết cắt tới gối là đủ xa để bỏ qua ảnh hưởng này. Hình 22 thể hiện hình ảnh các mẫu uốn sau khi gia công. Do các mẫu uốn chỉ là hình hộp chữ nhật đặc, nên các kích thước thực tế đo bằng thước đã được sử dụng trực tiếp. Bảng 5 thể hiện ma trận các kích thước mẫu uốn. Như đã ước tính trước, các mẫu này đảm bảo không vượt quá tải trọng tới hạn của thiết bị là 20,000 N.

Ma trận thí nghiệm uốn được xây dựng để xem xét ảnh hưởng của các yếu tố sau:

- Sự lặp lại của thí nghiệm cho 2 mẫu có kích thước danh nghĩa giống nhau;
- Sự ảnh hưởng của kích thước L ;
- Sự ảnh hưởng của kích thước b ;
- Sự ảnh hưởng của kích thước h ;



Hình 21: Bản vẽ kích thước mẫu uốn



Hình 22: Hình ảnh các mẫu uốn sau khi gia công

Bảng 5: Ma trận kích thước các mẫu trước khi uốn

STT	Mẫu	Chiều dài toàn dầm L_0 (mm)	Khoảng cách giữa 2 gối L (mm)	Chiều rộng mặt cắt ngang b (mm)	Chiều cao mặt cắt ngang h (mm)
1	A1.1	165	80	21.8	2
2	A1.2	165	80	2	21.8
3	A2.1	165	100	21.8	2
4	A2.2	165	100	2	21.8
5	A3.1	165	120	21.8	2
6	A3.2	165	120	2	21.8
7	B1.1	165	100	19	5
8	B1.2	165	100	5	19
9	B1.3	165	100	19	5
10	C1.1	165	80	20	10
11	C1.2	165	80	10	20
12	C2.1	165	100	20	10
13	C2.2	165	100	10	20
14	C3.1	165	120	20	10

15	C3.2	165	120	10	20
----	------	-----	-----	----	----

4.2. Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu của đề tài này nằm trong giới hạn nội dung môn học Vật liệu đại cương và Sức bền vật liệu, chủ yếu xoay quanh ứng xử cơ học của vật liệu hợp kim nhôm 5052 khi chịu kéo đúng tâm và chịu uốn 3 điểm dưới tải trọng được coi là tĩnh (2 mm/phút). Ngoài ra, các yếu tố nhiệt độ, hóa học, vật lý, ăn mòn ... sẽ không được xem xét tới. Hơn nữa, ảnh hưởng của phương pháp gia công sử dụng máy phay vạn năng tới cấu trúc vật liệu nhôm cũng sẽ không được xem xét tới.

5. Kết quả và thảo luận

5.1. Ứng xử chịu kéo đúng tâm

5.1.1. Kết quả lý thuyết của ứng xử chịu kéo

Để tính toán kết quả lý thuyết khi thực hiện quá trình kéo mẫu nhôm, ta cần biết các thông số vật lý của vật liệu nhôm, bao gồm độ chịu kéo (cường độ kéo) và độ dẻo dai (đo bằng giá trị module đàn hồi). Độ chịu kéo là khả năng của vật liệu chịu sức kéo mà không bị vỡ. Nó được tính bằng cách chia lực kéo (trong đơn vị N) cho diện tích tiết diện của mẫu (trong đơn vị mm²).

Các thông số vật lý của mẫu nhôm cần được đo đạc trước khi thực hiện quá trình kéo. Độ dày của mẫu nhôm được đo bằng cách đo độ dày của mẫu bằng một thiết bị đo độ dày. Chiều dài của mẫu nhôm được đo bằng một thiết bị đo chiều dài. Diện tích tiết diện của mẫu nhôm được tính bằng cách lấy độ dày nhân với chiều rộng của mẫu.

Sau khi biết các thông số vật lý của mẫu nhôm, ta có thể tính toán kết quả lý thuyết khi thực hiện quá trình kéo đứt mẫu nhôm. Độ giãn dài tương đối là tỷ lệ phần trăm giữa chiều dài gia tăng của mẫu và chiều dài ban đầu của mẫu, độ thắt tỉ đối là tỷ lệ phần trăm diện tích thu nhỏ của mẫu và diện tích ban đầu của mẫu. Cả hai được tính bằng công thức sau:

$$\text{Độ giãn dài tương đối} = \frac{L-L_0}{L_0} \cdot 100\%$$

Trong đó, L là chiều dài hiện tại của mẫu và L_0 là chiều dài ban đầu của mẫu.

$$\text{Tính độ thắt tỉ đối} : \Psi = \frac{F_0-F}{F_0} \cdot 100\%$$

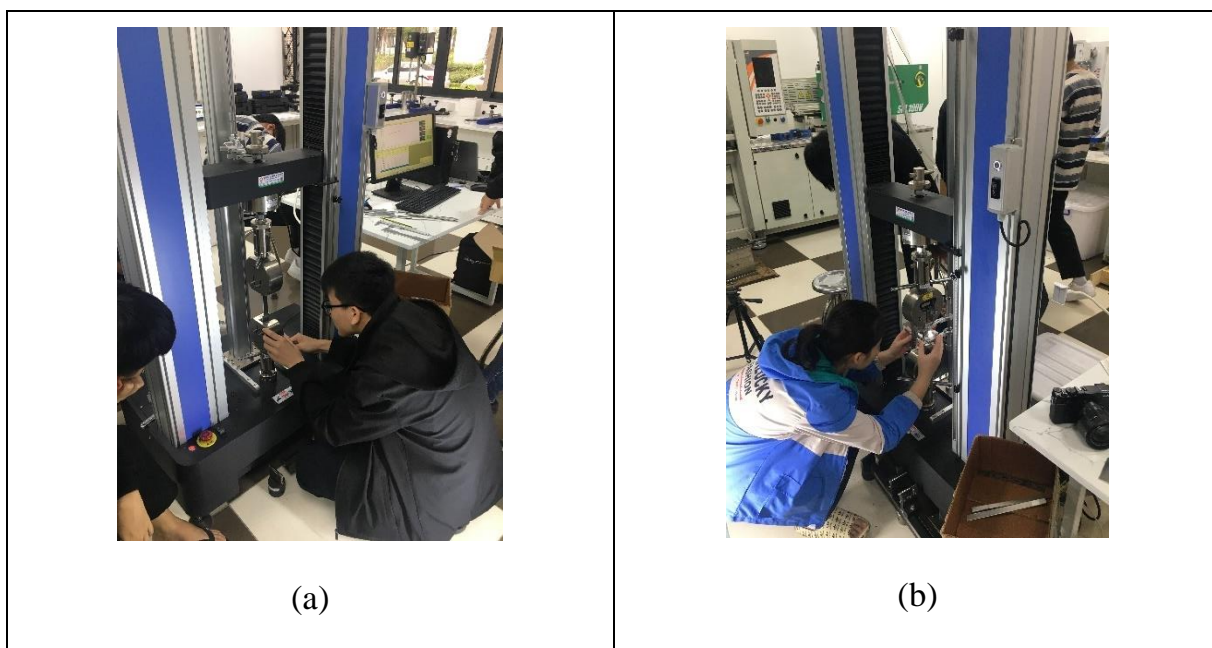
Trong đó, F_0 là diện tích ban đầu của mẫu, F là diện tích của mẫu sau khi kéo. Và nó được tính bằng cách lấy chiều rộng của mẫu nhân với độ dày của mẫu trước và sau khi kéo.

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng các giá trị này chỉ là ước tính và có thể chênh lệch với kết quả thực tế. Việc thực hiện quá trình kéo đứt mẫu cần phải được thực hiện đúng quy trình và đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng để đạt được kết quả chính xác và có giá trị thực tế cao.

5.1.2. Kết quả thực nghiệm của ứng xử chịu kéo

5.1.2.1. Hình ảnh thí nghiệm và mẫu chịu kéo sau thí nghiệm

Hình ảnh sinh viên thực hiện thí nghiệm kéo được thể hiện trên Hình 23.

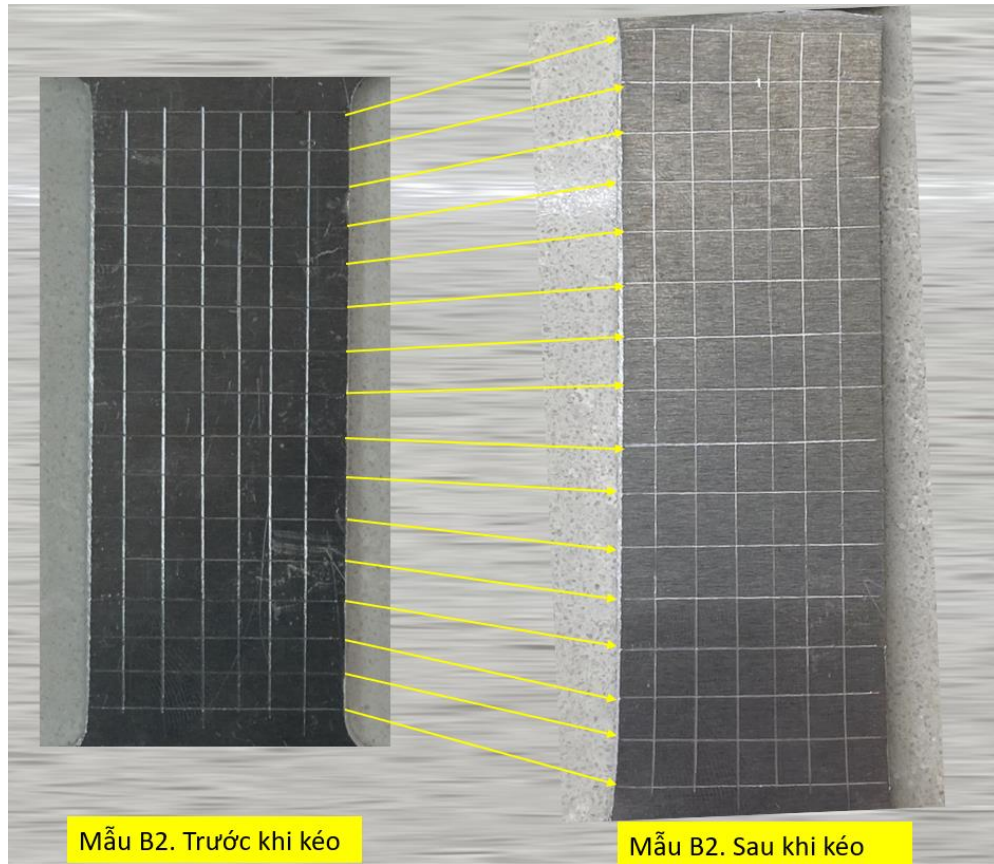


Hình 23: Hình ảnh sinh viên thực hiện thí nghiệm kéo

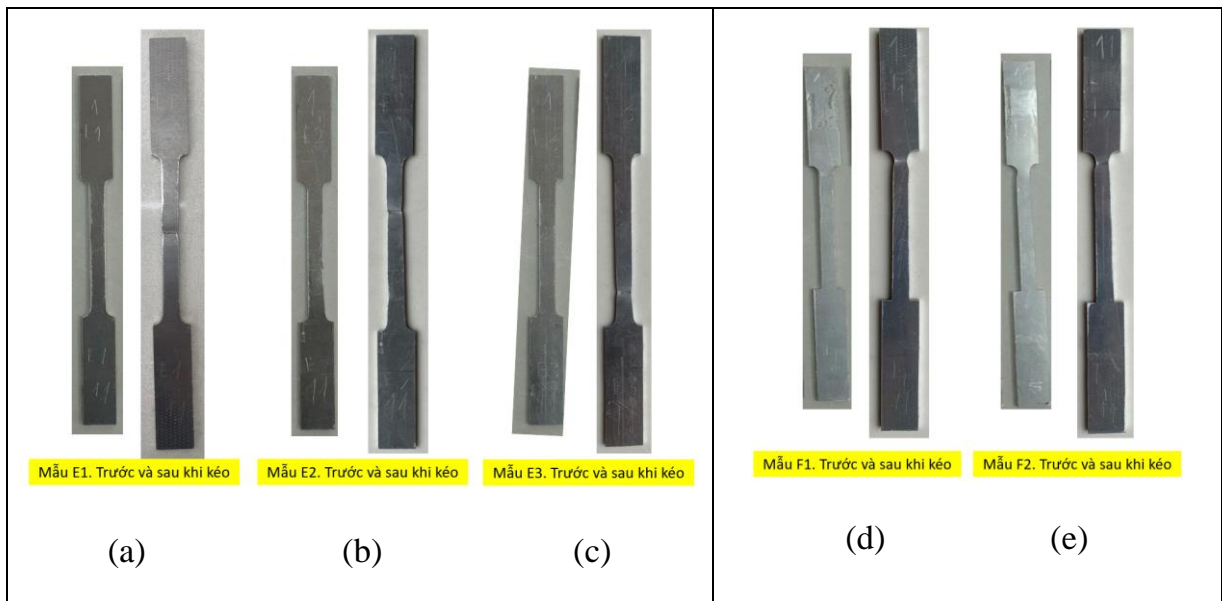
Hình ảnh các thớ bị kéo của mẫu B2 so sánh trước và sau khi bị kéo được thể hiện trên Hình 24. Có thể nhận thấy rằng sau khi bị kéo, các thớ vật liệu bị kéo giãn ra, và các nhận xét sau có thể rút ra:

- Trong quá trình biến dạng kéo đúng tâm, mặt cắt ngang của thanh luôn phẳng và vuông góc với trục của thanh;
- Trong quá trình biến dạng kéo, các thớ dọc không ép lên nhau, cũng không tách xa nhau, và luôn giữ song song với trục của thanh;

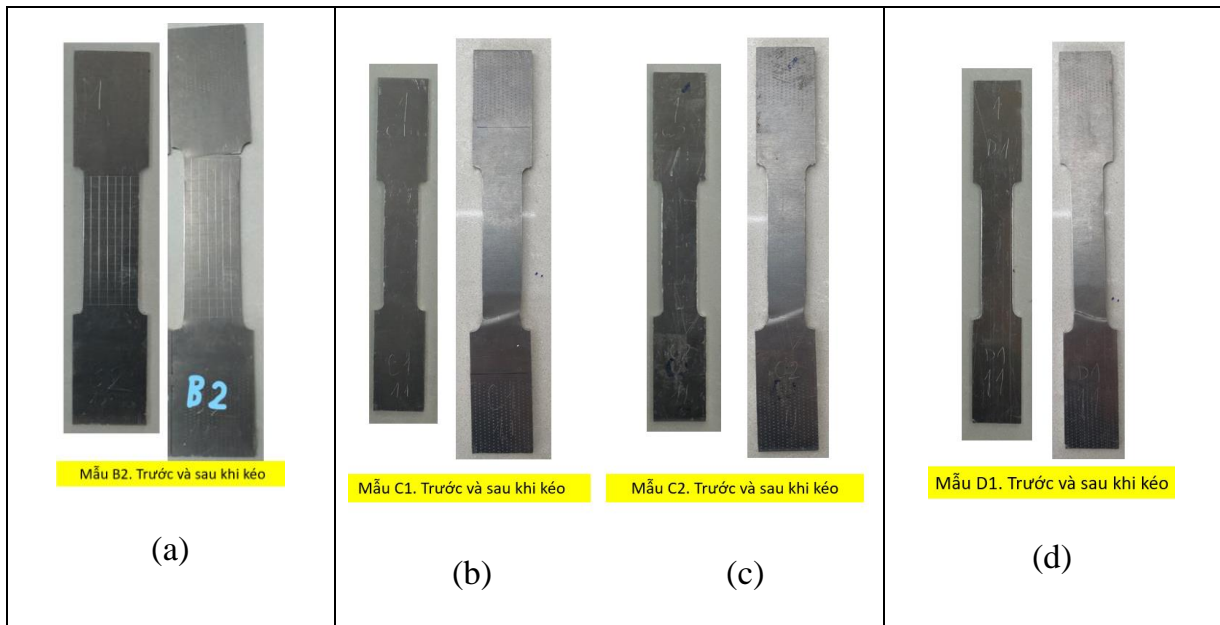
Các nhận xét này hoàn toàn trùng khớp với các giả thiết kéo thanh đúng tâm của lý thuyết Sức bền vật liệu [1]. Tuy nhiên cần lưu ý rằng, việc tính toán hệ số Poisson không nằm trong phạm vi nghiên cứu của đề tài này.



Hình 24: Hình ảnh các thử bị kéo của mẫu B2 so sánh trước và sau khi bị kéo: các mũi tên chỉ các thử tương ứng để dễ nhận biết



Hình 25: Hình ảnh mẫu trước và sau khi bị phá hủy kéo: (a) Mẫu E1, (b) Mẫu E2, (c) Mẫu E3, (d) Mẫu F1 và (e) Mẫu F2

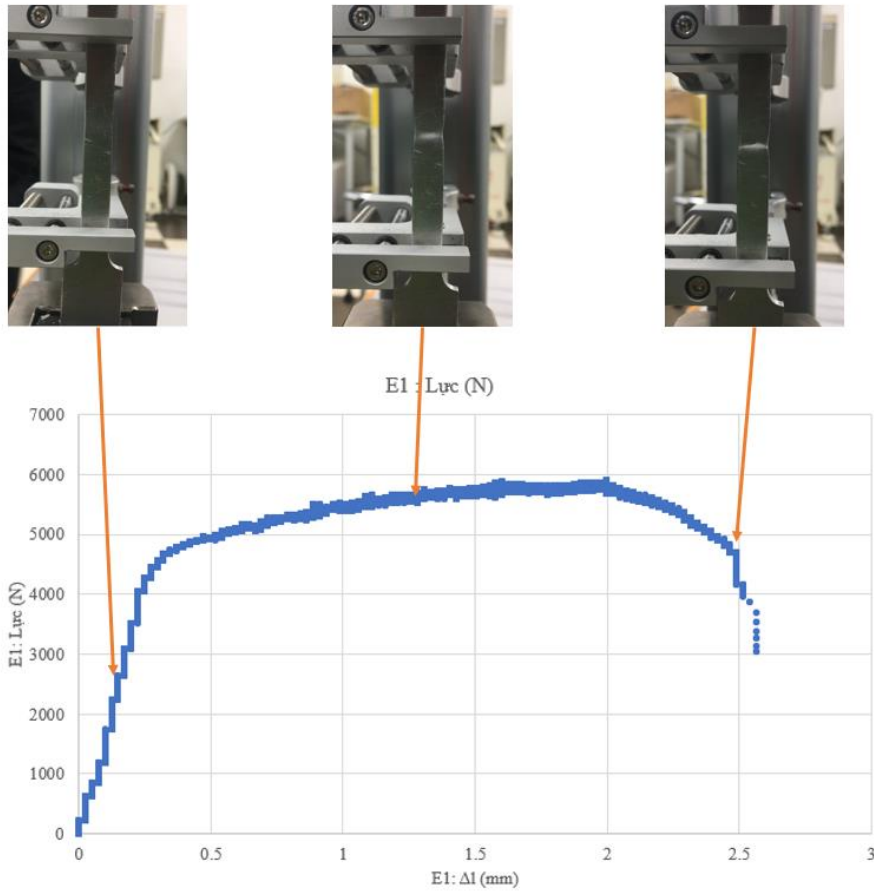


Hình 26: Hình ảnh mẫu trước và sau khi bị phá hủy kéo: (a) Mẫu B2, (b) Mẫu C1, (c) Mẫu C2 và (d) Mẫu D1.

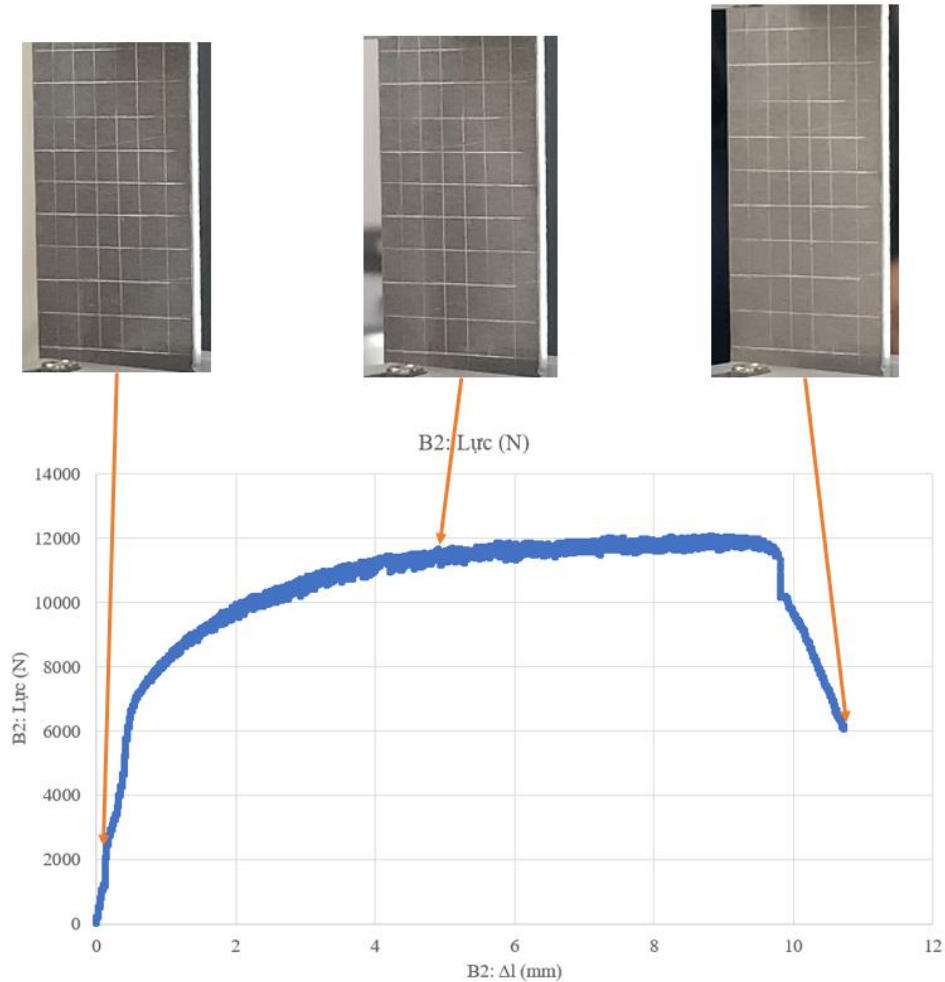
Hình ảnh các mẫu trước và sau khi bị phá hủy kéo được thể hiện trên Hình 26 và Hình 25, cùng với các vị trí bị đứt mẫu. Có thể nhận thấy rằng đối với mẫu F1 và F2, vị trí bị đứt đã đúng như ước tính (vị trí có mặt cắt ngang nhỏ nhất). Đối với các mẫu E1, E2 và E3, vị trí đứt nằm trong khoảng mong muốn. Tuy nhiên, đối với các mẫu B2, C1, C2 và D1, có bề rộng lớn hơn, vị trí đứt mẫu nằm ở gần cung tròn R chứ không nằm ở khoảng giữa mẫu. Điều này cho thấy rằng có sự tập trung ứng suất lớn tại các vị trí này, gây ra đứt mẫu tại đây. Do đó, việc thiết kế mẫu đối với các bề rộng lớn cần xem xét lại. Tuy nhiên, giai đoạn đàn hồi khi thí nghiệm vẫn được xem xét đối với các mẫu này.

Hình 27 thể hiện biểu đồ Lực-Độ giãn dài của mẫu E1, cùng với hình ảnh mẫu và các thớ tại 3 vị trí: $\Delta l \sim 0.2$ mm, $\Delta l \sim 1.2$ mm và $\Delta l \sim 2.5$ mm. Đối với biểu đồ lực này, so sánh với biểu đồ lý thuyết ở Hình 4, có thể nhận thấy rằng có sự tương đồng rất lớn. Các giai đoạn làm việc đàn hồi, chảy dẻo, phá hủy đều được ghi nhận trong thí nghiệm.

Hình 28 thể hiện biểu đồ Lực- Độ giãn dài của mẫu B2, cùng với hình ảnh mẫu và các thớ tại 3 vị trí: $\Delta l \sim 0$, $\Delta l \sim 5$ mm và $\Delta l \sim 10.5$ mm.



Hình 27: Biểu đồ Lực-Độ giãn dài của mẫu E1, cùng với hình ảnh mẫu và các thớ tại 3 vị trí: $\Delta l \sim 0.2$ mm, $\Delta l \sim 1.2$ mm và $\Delta l \sim 2.5$ mm (video kéo mẫu xem tại: [Link](#)).



Hình 28: Biểu đồ Lực- Độ giãn dài của mẫu B2, cùng với hình ảnh mẫu và các thớ tại 3 vị trí: $\Delta l \sim 0$, $\Delta l \sim 5$ mm và $\Delta l \sim 10.5$ mm.

Từ thí nghiệm, tải trọng lớn nhất, giới hạn đàn hồi, giới hạn bền kéo của tất cả các mẫu được thể hiện ở Bảng 6. Các so sánh với kết quả tham khảo cũng được trình bày ở bảng này. Từ các mẫu sau khi đứt, độ giãn dài tương đối và độ thắt tỉ đối được tính toán và thể hiện ở Bảng 7.

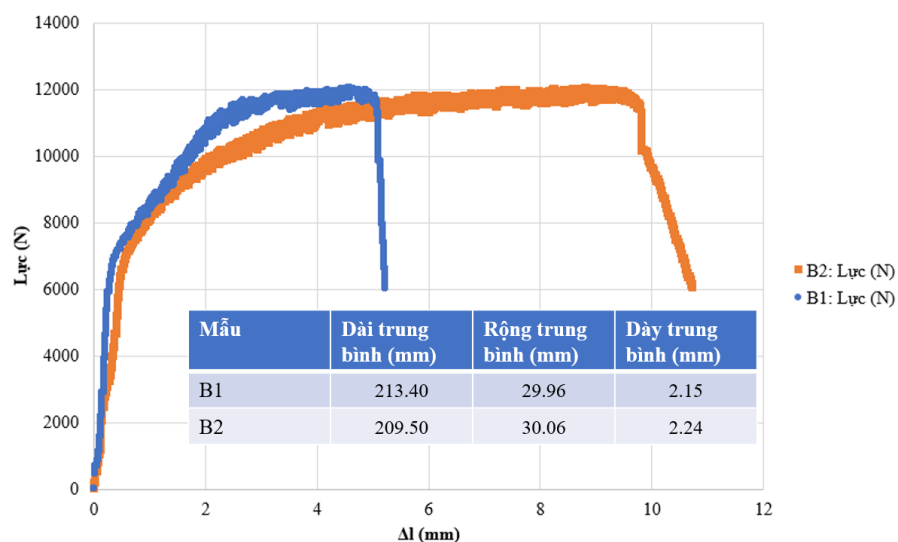
5.1.2.2. Nghiên cứu tham số thí nghiệm kéo

Sự lặp lại của thí nghiệm:

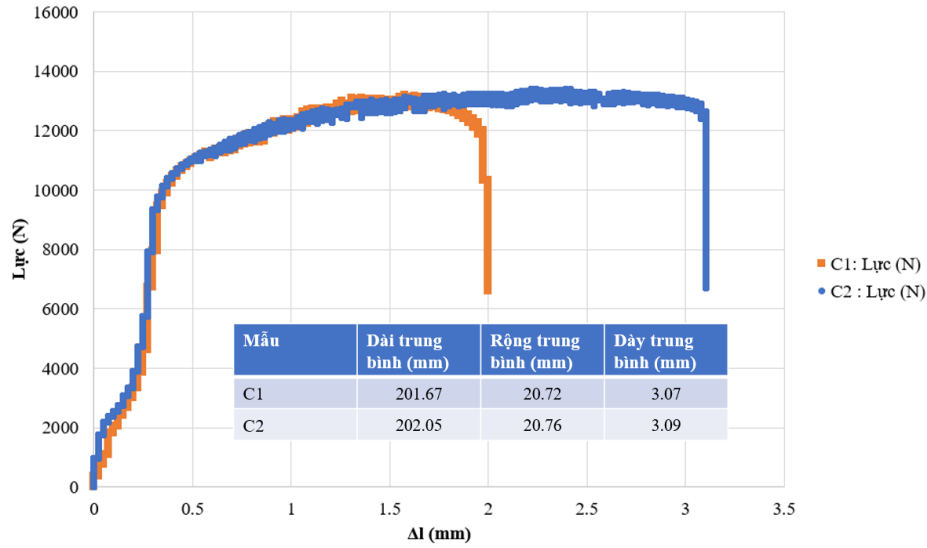
Hình 31 thể hiện biểu đồ Lực- Độ giãn dài của 3 mẫu E1, E2, E3. Bảng kích thước của 3 mẫu được thể hiện trên hình. Đầu tiên xem xét mẫu E2 và E3, hai mẫu này có kích

thước danh nghĩa tương đồng, và được thí nghiệm để quan sát sự lặp lại. Kết quả cho thấy các giai đoạn đàn hồi, chảy dẻo, tái bền của hai mẫu là rất tương đồng nhau. Chúng chỉ khác nhau một chút ở giai đoạn phá hủy, khi mẫu E2 phá hủy tại $\Delta l=5$ mm còn E3 phá hủy tại $\Delta l=4.2$ mm. Cũng cần chú ý rằng kích thước thực tế của hai mẫu cũng là khác nhau như Hình 31 (bề rộng trung bình và bề dày trung bình).

Khi quan sát sự lặp lại của hai cặp mẫu B1 B2 (Hình 29) và cặp C1 C2 (Hình 30), có thể nhận thấy sự tương đồng giữa các mẫu trong cùng một cặp. Các giai đoạn làm việc cũng khá tương đồng nhau. Các kích thước của các mẫu cũng được đính kèm trên hình vẽ. Tuy nhiên, có thể nhận thấy đối với cặp mẫu C1, C2, giai đoạn đàn hồi không hợp lý (không phải là đường thẳng). Điều này cho thấy rằng có thể đã có lỗi xảy ra trong quá trình gá lắp mẫu, thí nghiệm, hoặc do thiết kế gia công mẫu.



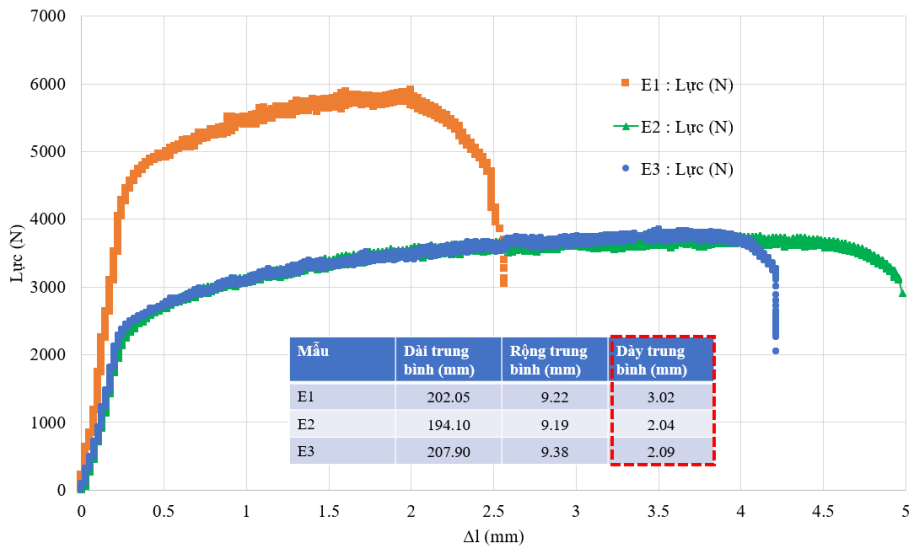
Hình 29: Biểu đồ Lực- Độ giãn dài của 2 mẫu B1, B2. Bảng kích thước của 2 mẫu được thể hiện.



Hình 30: Biểu đồ Lực- Độ giãn dài của 2 mẫu C1, C2. Bảng kích thước của 2 mẫu được thể hiện.

Ảnh hưởng của chiều dày mặt cắt ngang mẫu:

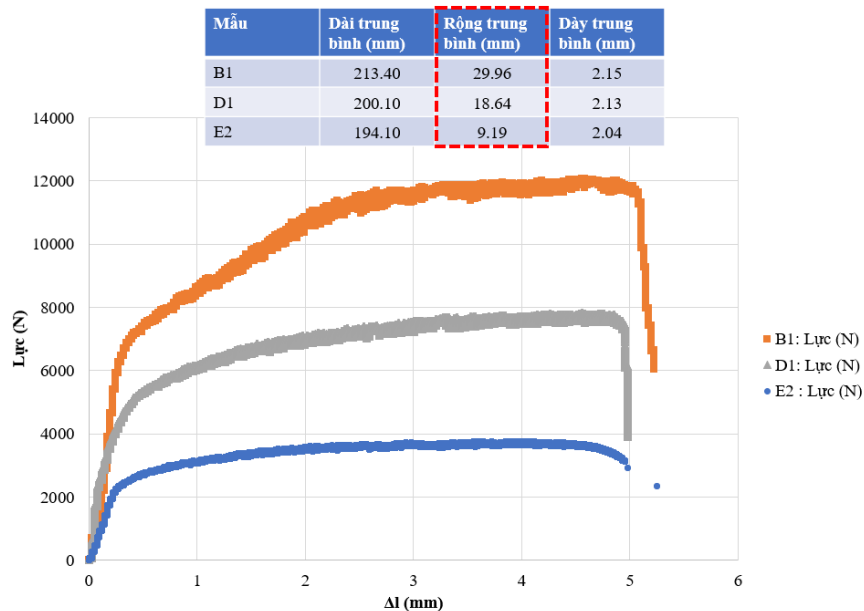
Tiếp theo, khi quan sát mẫu E1 với E2, chúng ta thấy được ảnh hưởng của bề dày mẫu khi tăng từ 2.04 mm cho mẫu E2 lên 3.02 mm cho mẫu E1, bề rộng trung bình được coi là không đổi. Chúng ta thấy rằng đối với mẫu E1 dày hơn, cần tác dụng một lực là 5000 N để có được độ giãn dài 0.5 mm. Trong khi đối với mẫu E2, chỉ cần 2700 N để kéo dãn mẫu 0.5 mm. Lực lớn nhất mà mẫu E1 chịu được là 5915 N, còn đối với E2 chỉ là 3760 N.



Hình 31: Biểu đồ Lực- Độ giãn dài của 3 mẫu E1, E2, E3. Bảng kích thước của 3 mẫu được thể hiện.

Ảnh hưởng của chiều rộng mặt cắt ngang mẫu:

Tiếp theo, để nghiên cứu ảnh hưởng của bề rộng trung bình của mẫu, Hình 32 thể hiện biểu đồ Lực- Độ giãn dài của 3 mẫu B1, D1, E2. Bảng kích thước của 3 mẫu được thể hiện. Có thể nhận thấy rằng với chiều dày và chiều dài coi như không đổi, bề rộng trung bình tăng lên từ 9.19 mm, 18.64 mm cho tới 29.96 mm cho mẫu E2, D1 và B1. Kết quả thí nghiệm cho thấy càng tăng bề rộng mẫu, thì tải trọng lớn nhất càng cao. Cụ thể là 3760 N, 7820 N và 12070 N lần lượt cho mẫu E2, D1 và B1.

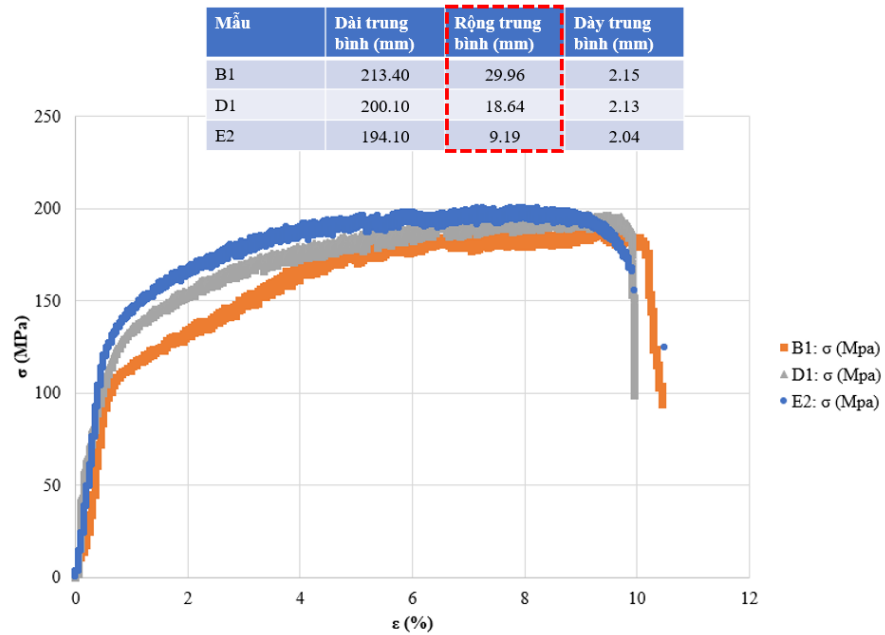


Hình 32: Biểu đồ Lực- Độ giãn dài của 3 mẫu B1, D1, E2. Bảng kích thước của 3 mẫu được thể hiện.

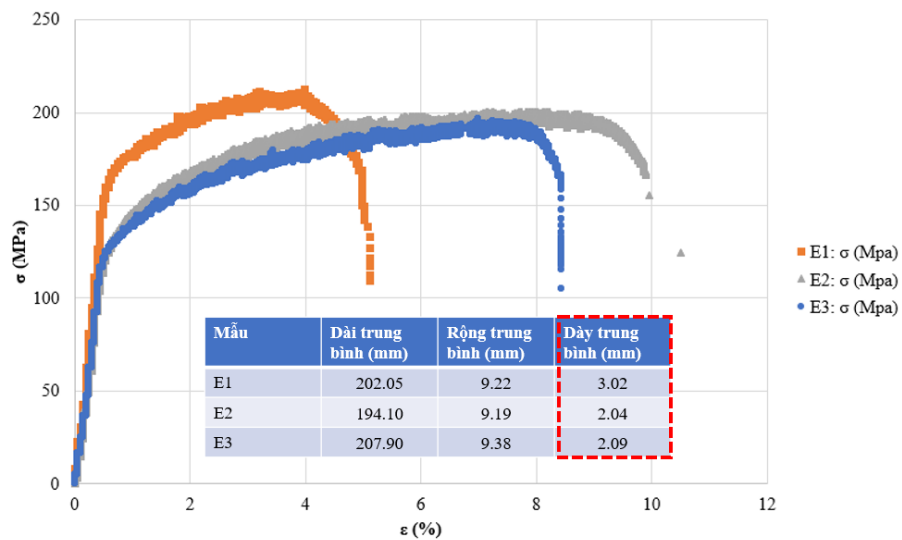
5.1.2.3. Biểu đồ ứng suất-biến dạng của mẫu chịu kéo

Tại mục này, nhóm đã chuyển biểu đồ từ Lực-Độ giãn dài sang ứng suất-biến dạng dài để xác định giới hạn bền kéo. Việc chuyển đổi được thực hiện như sau: ứng suất thu được bằng lực chia diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu. Biến dạng dài thu được bằng độ giãn dài chia cho chiều dài ban đầu của mẫu, $L_0 = 50$ mm. Có thể nhận thấy rằng giới hạn bền kéo của các mẫu khá tương đồng nhau, cụ thể trình bày trong Bảng 6. Hơn nữa, giai đoạn đàn hồi của các mẫu khá tương đồng nhau. Điều này hoàn toàn phù

hợp với lý thuyết. Tuy nhiên, ở trạng thái chảy dẻo, tái bền và phá hủy thì chưa tương đồng do có một số mẫu được gia công chưa phù hợp.



Hình 33: Biểu đồ Ứng suất-Biến dạng dài của 3 mẫu B1, D1, E2. Bảng kích thước của 3 mẫu được thể hiện.



Hình 34: Biểu đồ Ứng suất-Biến dạng dài của 3 mẫu E1, E2, E3. Bảng kích thước của 3 mẫu được thể hiện.

5.1.2.4. Bảng tổng hợp kết quả của mẫu chịu kéo

Bảng 6: Bảng kết quả tải trọng lớn nhất và giới hạn bền kéo. Kích thước các mẫu thể hiện ở Bảng 4.

STT	Mẫu	Tải trọng lớn nhất (N)	Giới hạn bền kéo		
			thực nghiệm (MPa)	tham khảo * (MPa)	sai lệch (MPa)
1	A1	-	-	-	-
2	A2	-	-	-	-
3	B1	12070	187	209	-22
4	B2	12055	179	209	-30
5	C1	13200	207	209	-2
6	C2	13400	208	209	-1
7	D1	7820	196	209	-13
8	D2	-	-	-	-
9	E1	5915	212	209	3
10	E2	3760	200	209	-9
11	E3	3860	196	209	-13
12	F1	5915	-	-	0
13	F2	4530	179	209	-30

* <https://doi.org/10.3390/met8100761>

Bảng 7: Tính toán độ giãn dài tương đối và độ thất tỉ đối

STT	Mẫu	Rộng tại vị trí bị đứt (mm)	Dày tại vị trí bị đứt (mm)	Chiều dài trung bình sau khi đứt (mm)	Diện tích ban đầu tại vị trí bị đứt (mm ²)	Diện tích tại vị trí bị đứt (mm ²)	Độ giãn dài tương đối (%)	Độ thất tỉ đối (%)
1	A1	-	-	-	-	-	-	-
2	A2	-	-	-	-	-	-	-
3	B1	28.70	2.05	215.50	64.41	58.84	0.98	8.78

4	B2	28.40	2.34	215.50	67.33	66.46	2.86	1.13
5	C1	19.00	2.60	207.70	63.61	49.40	2.99	22.31
6	C2	18.70	2.80	209.55	64.15	52.36	3.71	18.25
7	D1	17.00	1.58	211.42	39.70	26.86	5.66	32.24
8	D2	-	-	-	-	-	-	-
9	E1	8.80	2.80	204.75	27.84	24.64	1.34	11.4
10	E2	7.16	1.20	209.23	18.75	8.59	7.79	54.14
11	E3	7.52	1.30	210.30	19.60	9.78	1.15	50.13
12	F1	6.70	2.50	204.21	25.69	16.75	1.08	34.75
13	F2	6.30	2.28	204.15	25.26	14.36	1.00	43.1

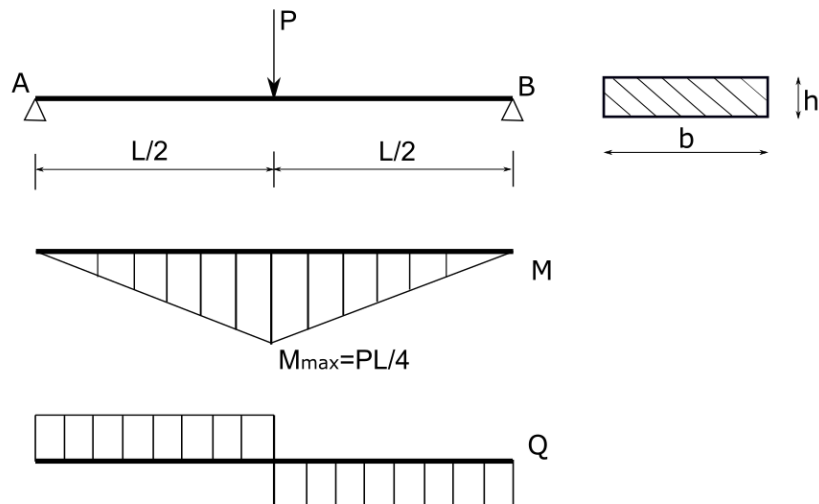
5.1.3. Kết quả mô phỏng của ứng xử chịu kéo

Sinh viên mới chỉ có thể tiếp cận sử dụng phần mềm Matlab tính toán đơn giản các bài toán ma trận, phần mềm Solidworks dựng các khối hình học đơn giản như khối trụ. Do đó, các tính toán mô phỏng phần tử hữu hạn đã chưa được thực hiện.

5.2. Ứng xử chịu uốn

5.2.1. Kết quả lý thuyết của ứng xử chịu uốn

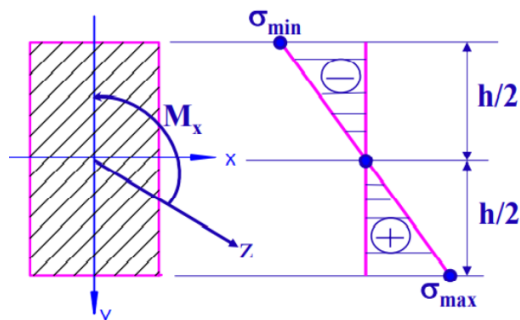
Đối với dầm tựa trên 2 gối đơn chịu lực ở chính giữa dầm, các tính toán lý thuyết được thể hiện như dưới đây:



Hình 35: Biểu đồ mô men uốn và lực cắt theo tính toán lý thuyết.

Bảng 8: Kết quả tính lý thuyết cho dầm đơn giản

STT	Thông số	Tính toán chi tiết
1	Lực cắt và phản lực gối tựa	Phản lực tại A bằng tại B và bằng $P/2$ Lực cắt $Q = \pm \frac{P}{2}$
2	Mô men uốn	Khi $x \leq \frac{L}{2}$, $M = \frac{Px}{2}$ Khi $x \geq \frac{L}{2}$, $M = \frac{P(L-x)}{2}$
3	Độ võng	Độ võng lớn nhất tại $x = \frac{L}{2}$: $f_{\max} = \frac{PL^3}{48EJ} = \frac{PL^3}{4Ebh^3}$ $J = \frac{bh^3}{12}$
4	Ứng suất pháp	Mặt cắt nguy hiểm tại $x = \frac{L}{2}$: $\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{3PL}{2bh^2}$ $\sigma_{\min} = -\sigma_{\max}$
5	Biến dạng uốn	$\varepsilon = \frac{6f_{\max}h}{L^2}$
6	Mô đun đàn hồi	$E = \frac{L^3}{4bh^2} \frac{\Delta P}{\Delta f} = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon}$

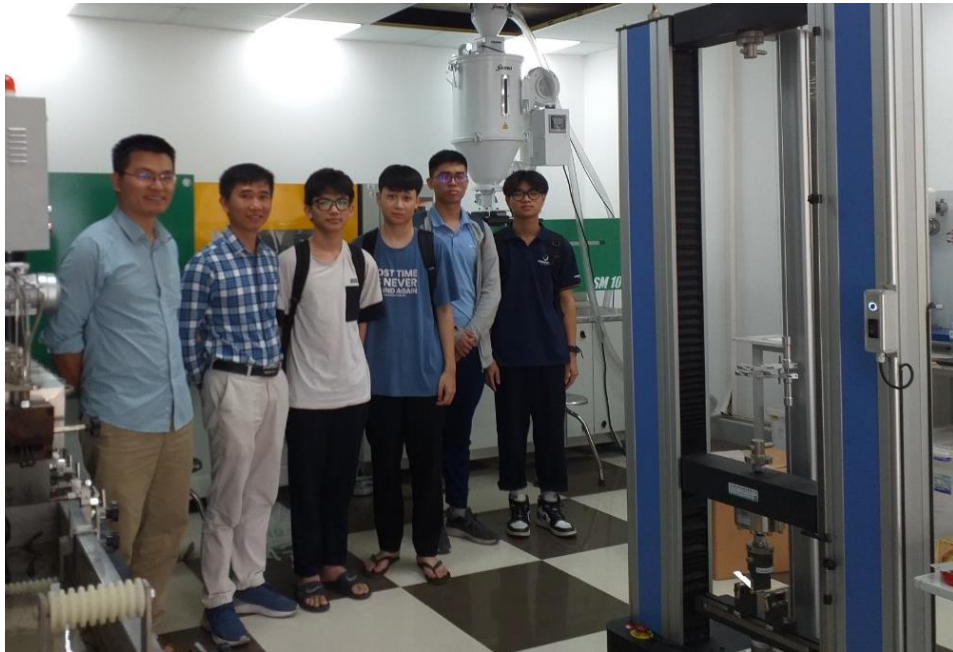


Hình 36: Biểu đồ ứng suất theo tính toán lý thuyết.

5.2.2. Kết quả thực nghiệm của ứng xử chịu uốn

5.2.2.1. Hình ảnh thí nghiệm và mẫu sau biến dạng chịu uốn

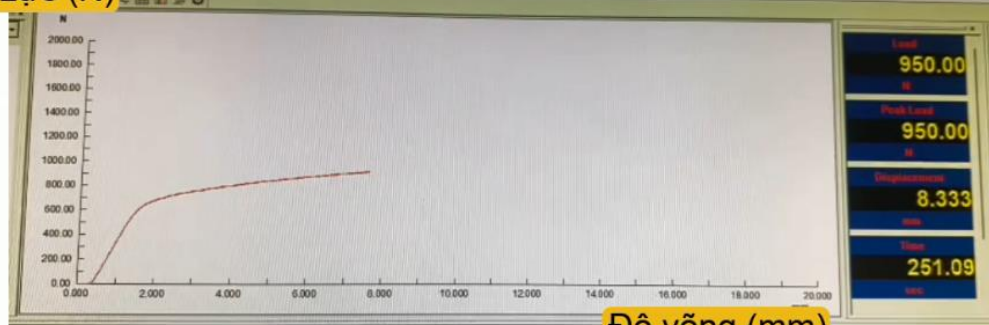
Hình ảnh nhóm sinh viên thực hiện thí nghiệm uốn được thể hiện trên Hình 37. Hình 38 và Hình 39 thể hiện lần lượt video quá trình uốn 2 mẫu B1.1 và C2.1, đường dẫn tới video được đính kèm. Video thể hiện quá trình thí nghiệm, biến dạng mẫu, cùng các giá trị tức thời của lực, lực lớn nhất, độ võng lớn nhất, thời gian, tốc độ thực ... Qua video thí nghiệm có thể nhận thấy rõ các giai đoạn làm việc của mẫu khi chịu uốn theo thời gian. Cần lưu ý rằng tốc độ 2mm/phút được chọn để đảm bảo quá trình là tĩnh. Nhóm đã không thể thực hiện được thí nghiệm với các tốc độ gia tải khác nhau.



Hình 37: Hình ảnh trong quá trình thực hiện thí nghiệm uốn



Lực (N)



Tải trọng theo
thời gian thực (N)

Lực lớn nhất (N)

Độ võng
lớn nhất (mm)

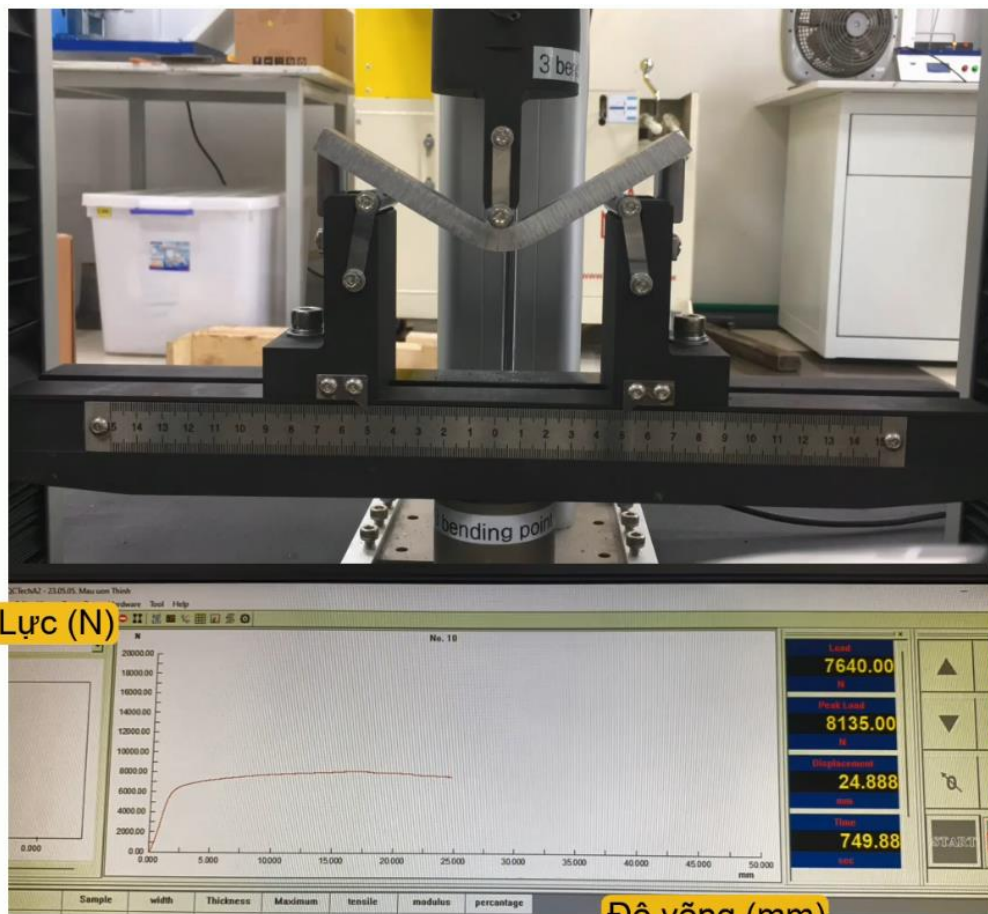
Thời gian thực (s)

Độ võng (mm)

Mẫu B1.1
Tốc độ thực tế 2 mm/min
Video đã được tua nhanh

KAPWING

Hình 38: Hình ảnh mẫu B1.1 và biểu đồ Lực-Độ võng lớn nhất (vị trí giữa dầm) tại vị trí $f \sim 7.5$ mm (video được đính kèm tại [Link](#)).



Lực (N)

Tải trọng theo thời gian thực (N)

Lực lớn nhất (N)

Độ võng lớn nhất (mm)

Thời gian thực (s)

Độ võng (mm)

Mẫu C2.1
 Tốc độ thực tế 2 mm/min
 Video đã được tua nhanh

KAPWING

Hình 39: Hình ảnh mẫu C2.1 và biểu đồ Lực-Độ võng lớn nhất (vị trí giữa dầm) tại vị trí $f \sim 25$ mm (video được đính kèm tại [Link](#)).



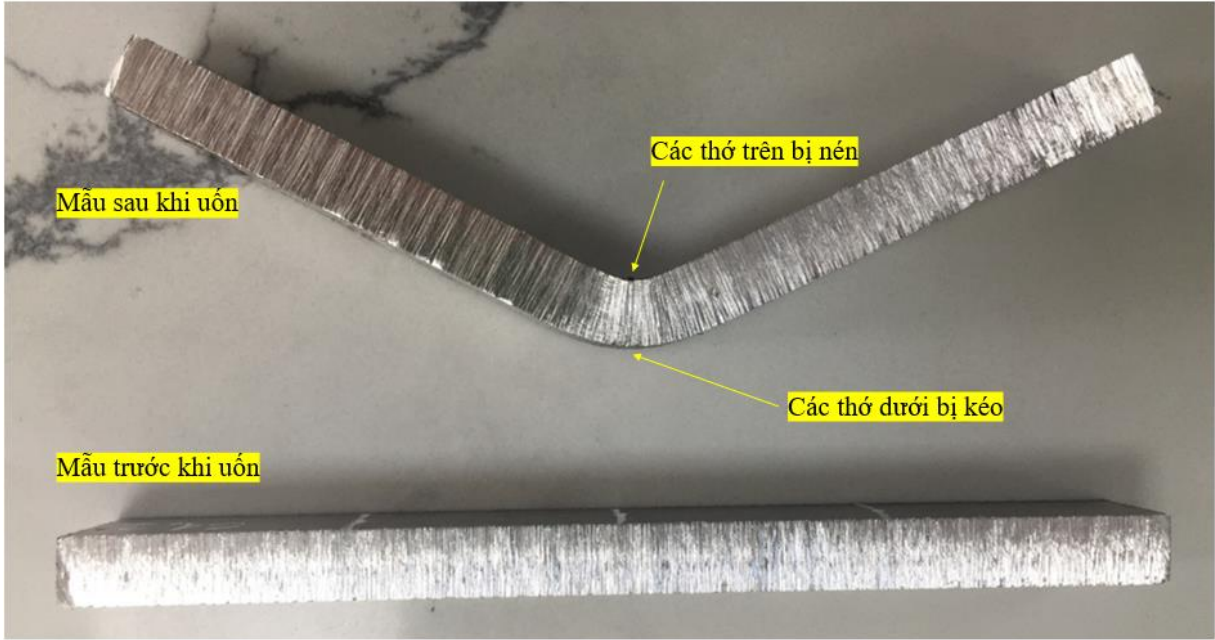
Hình 40: Hình ảnh các mẫu trước và sau khi bị uốn

Hình ảnh các mẫu trước và sau thí nghiệm được thể hiện trên Hình 40. Quan sát mẫu C2.1 trước và sau thí nghiệm ở Hình 41, có thể nhận thấy:

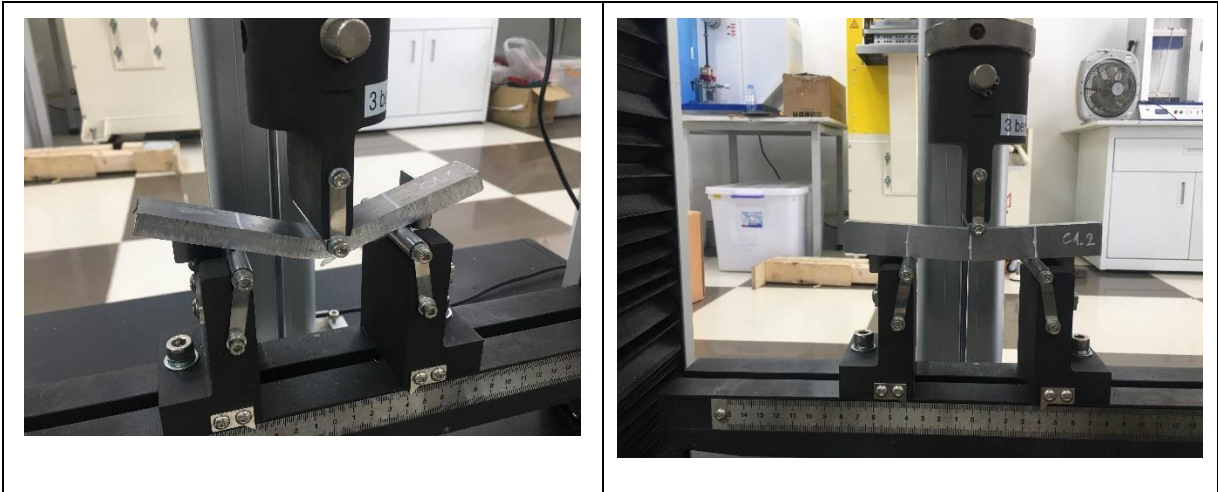
- Ban đầu: các đường thẳng song song với trục thanh;
- Đường cong song song với trục trục, khoảng cách giữa các đường cong kề nhau không đổi;
- Các đường thẳng vuông góc với trục thanh vẫn thẳng và vuông góc với trục thanh;
- Các thớ phía trên bị co (chịu nén), các thớ dưới bị giãn (chịu kéo).

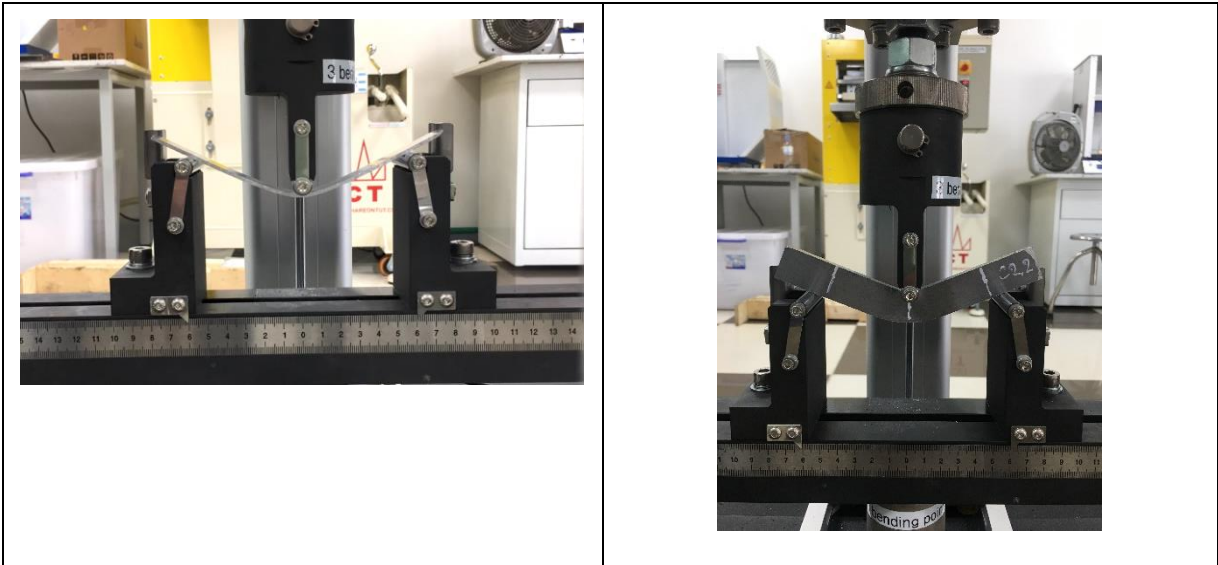
Các quan sát trên hoàn toàn phù hợp với các giả thiết được nêu ra trong môn học Sức bền vật liệu, chương Uốn ngang phẳng, cụ thể là [1]:

- Mặt cắt ngang trước biến dạng là phẳng và vuông góc với trục thanh thì sau biến dạng vẫn phẳng và vuông góc với trục của thanh;
- Giả thiết về các thớ dọc: trong quá trình biến dạng các lớp vật liệu dọc trục không có áp dụng tương hỗ với nhau;
- Tồn tại lớp trung hòa: gồm các thớ dọc không bị giãn, cũng không bị co.



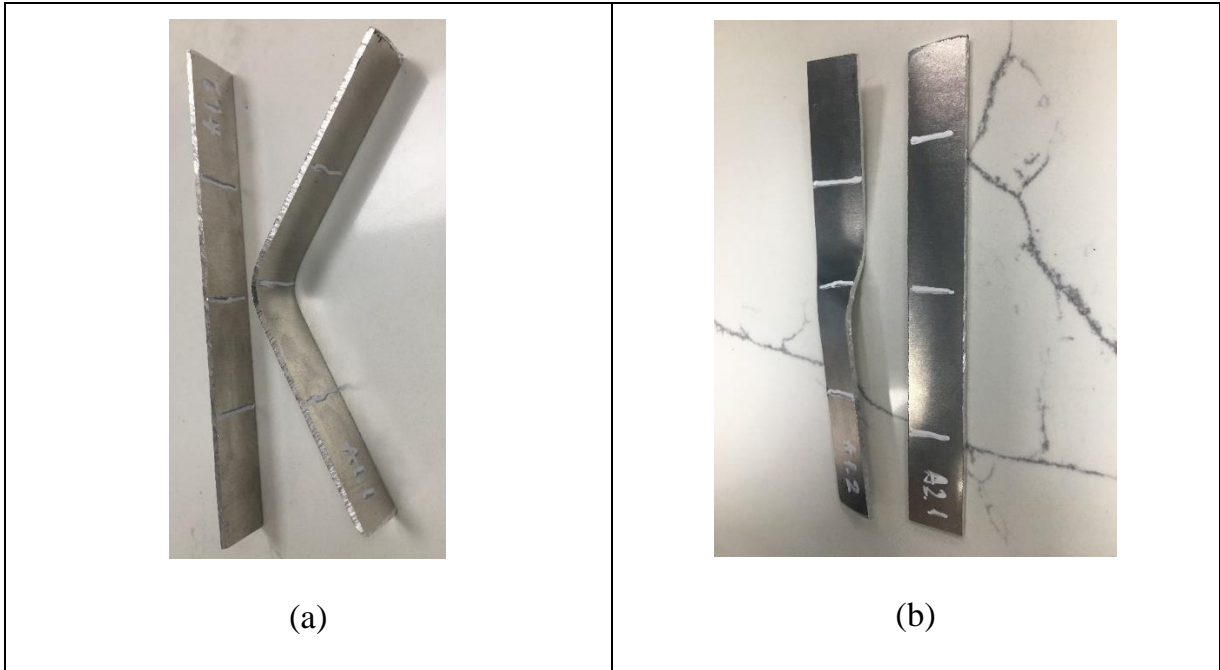
Hình 41: Hình ảnh mẫu C2.1 trước và sau khi uốn, thể hiện các thớ bị nén và bị kéo trong ứng xử chịu uốn





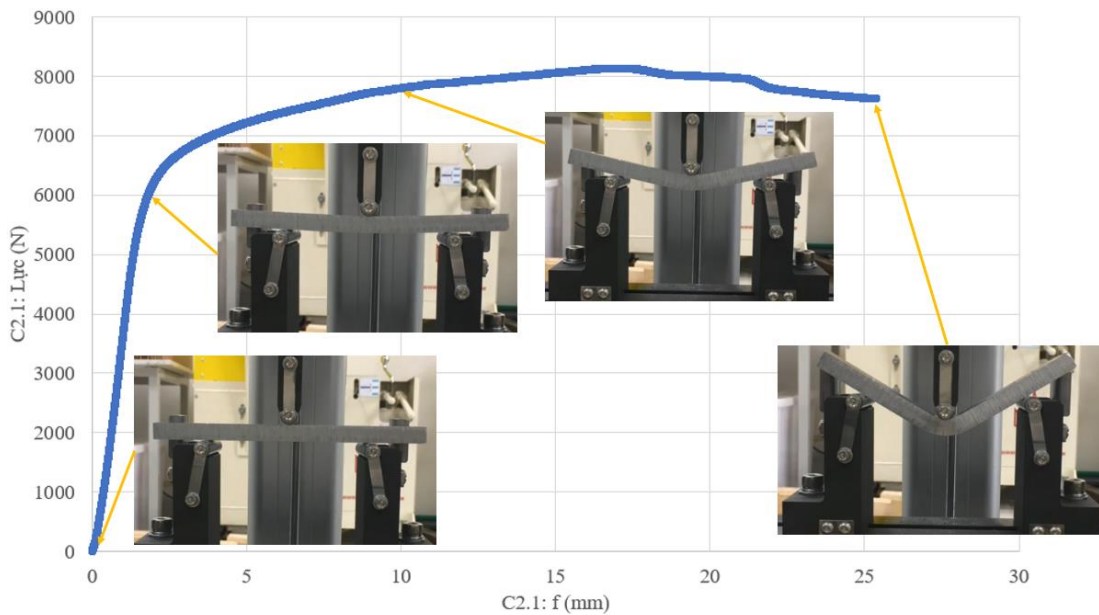
Hình 42: Hình ảnh một vài mẫu trong quá trình thí nghiệm.

Hình ảnh mẫu A1.1 và A1.2 trước và sau khi bị uốn được thể hiện trên Hình 43 (Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 2 mẫu A1.1 và A1.2 được thể hiện trên Hình 45). Cần chú ý rằng với hai mẫu này, các kích thước b và h của mặt cắt ngang đã được đảo cho nhau để quan sát ảnh hưởng của hai thông số này. Một quan sát rất thú vị đã được thấy trên mẫu A1.2 ở Hình 43. Có thể nhận thấy mẫu A1.2 đã bị uốn-xoắn-nén đồng thời khi nhìn vào hình ảnh mẫu sau biến dạng. Đây là một trường hợp chịu lực phức tạp, hay xảy ra cho các trường hợp dầm có tỉ lệ h/b lớn và giá trị của bề rộng b của mặt cắt ngang nhỏ. Cụ thể trong trường hợp này $h/b = 10.9$ và $b = 2$ mm. Các tính toán lý thuyết về dầm chịu lực phức tạp sẽ được trình bày trong học phần Sức bền vật liệu, chương 8, cũng như các kiến thức về mất ổn định.



Hình 43: Hình ảnh mẫu (a) A1.1 và (b) A1.2 trước và sau khi bị uốn. Có thể nhận thấy mẫu A1.2 đã bị uốn-xoắn-nén đồng thời

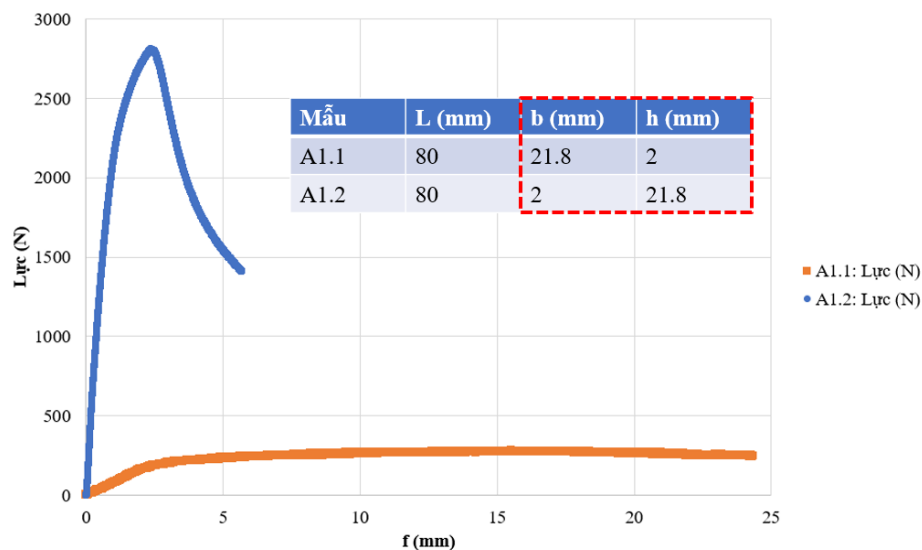
Hình 44 thể hiện biểu đồ Lực-Độ võng lớn nhất (tại vị trí giữa dầm) của mẫu C2.1, các hình ảnh tại 4 vị trí độ võng cũng được đính kèm. Có thể nhận thấy rõ ràng các giai đoạn làm việc của dầm khi chịu uốn. Ban đầu là giai đoạn đàn hồi, sau đó là giai đoạn chảy dẻo, tái bền và dẫn tới phá hủy.



Hình 44: Biểu đồ Lực-Độ võng lớn nhất của mẫu C2.1, các hình ảnh tại 4 vị trí độ võng cũng được đính kèm.

5.2.2.2. Nghiên cứu tham số thí nghiệm uốn

Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 2 mẫu A1.1 và A1.2 được thể hiện trên Hình 45, các kích thước tương ứng được đính kèm. Hình ảnh mẫu A1.1 và A1.2 trước và sau khi bị uốn được thể hiện trên Hình 43. Có thể nhận thấy rằng với khoảng cách L không đổi, khi đổi chỗ hai giá trị kích thước của mặt cắt ngang, thì khả năng chịu lực của dầm thay đổi hoàn toàn. Trong trường hợp này, mẫu A1.1 chịu được lực lớn nhất là khoảng 230 N, trong khi đó mẫu A1.2 chịu được lực lớn nhất là khoảng 2700 N, lớn hơn gấp hơn 10 lần. Tuy nhiên, như đã quan sát ở Hình 43 cho hình ảnh mẫu sau biến dạng, thì mẫu A1.2 đã chịu cả uốn-nén-xoắn đồng thời. Tuy nhiên, trong giai đoạn làm việc đàn hồi đầu tiên, mẫu chỉ chịu tải trọng uốn.

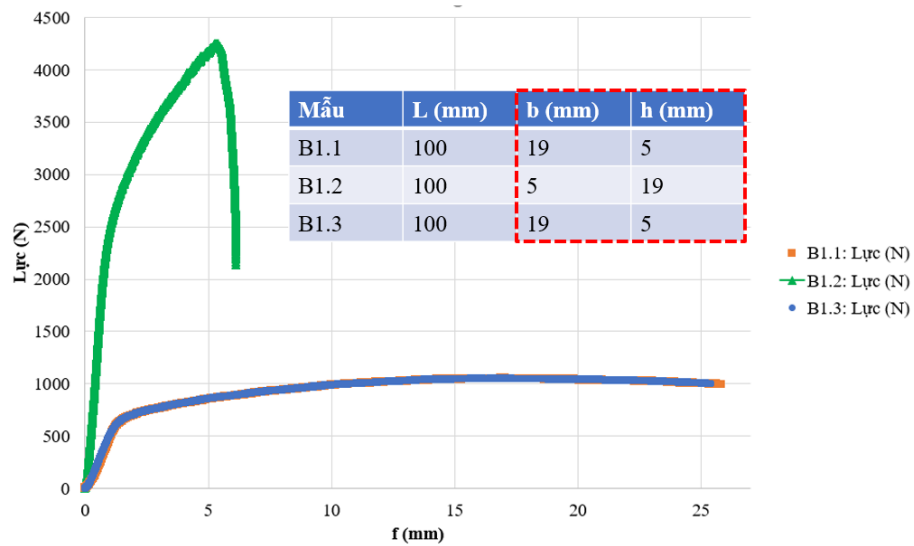


Hình 45: Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 2 mẫu A1.1 và A1.2, các kích thước được đính kèm

Sự lặp lại của thí nghiệm:

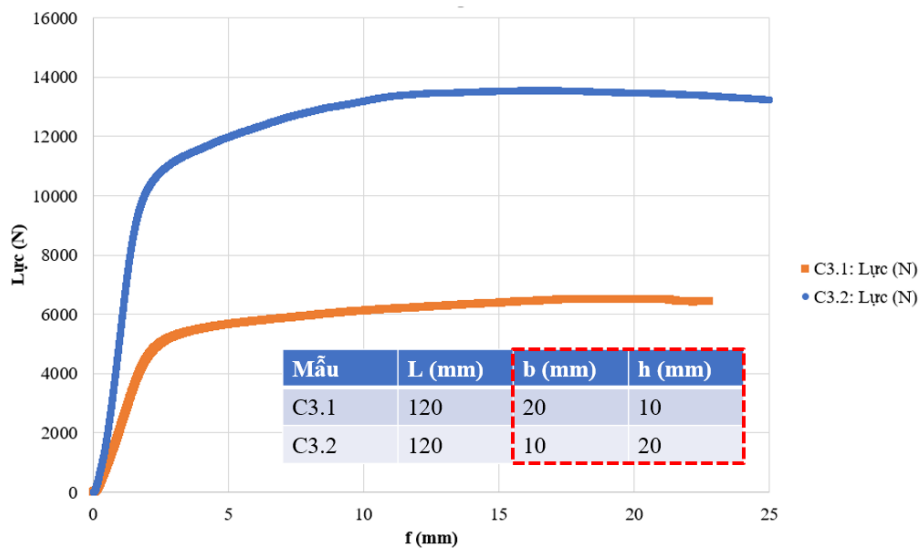
Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 3 mẫu B1.1, B1.2 và B1.3 được thể hiện trên Hình 46, các kích thước được đính kèm. Đầu tiên, khi quan sát hai mẫu B1.1 và B1.3 có kích thước danh nghĩa giống nhau, chúng ta nhận thấy đường cong Lực-độ võng lớn nhất là rất tương đồng. Điều này cho thấy sự lặp lại trong quá trình thí nghiệm.

Tiếp theo, khi quan sát mẫu B1.1 và B1.2, khi đổi chỗ giá trị bề rộng và chiều cao mặt cắt ngang, thì khả năng chịu lực của hai mẫu đã khác nhau hoàn toàn. Mẫu B1.1 chỉ chịu được lực lớn nhất là 1000 N, còn mẫu B1.2 chịu được lực lớn nhất là 4200 N.



Hình 46: Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 3 mẫu B1.1, B1.2 và B1.3, các kích thước được đính kèm

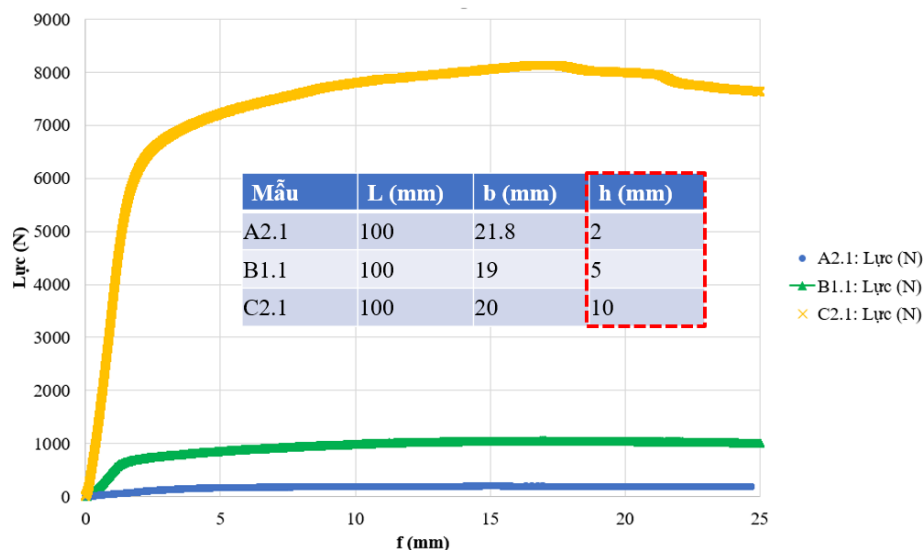
Các nhận xét tương tự có thể được rút ra khi quan sát Hình 47 cho biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 2 mẫu C3.1 và C3.2, các kích thước được đính kèm.



Hình 47: Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 2 mẫu C3.1 và C3.2, các kích thước được đính kèm

Ảnh hưởng của chiều cao mặt cắt ngang:

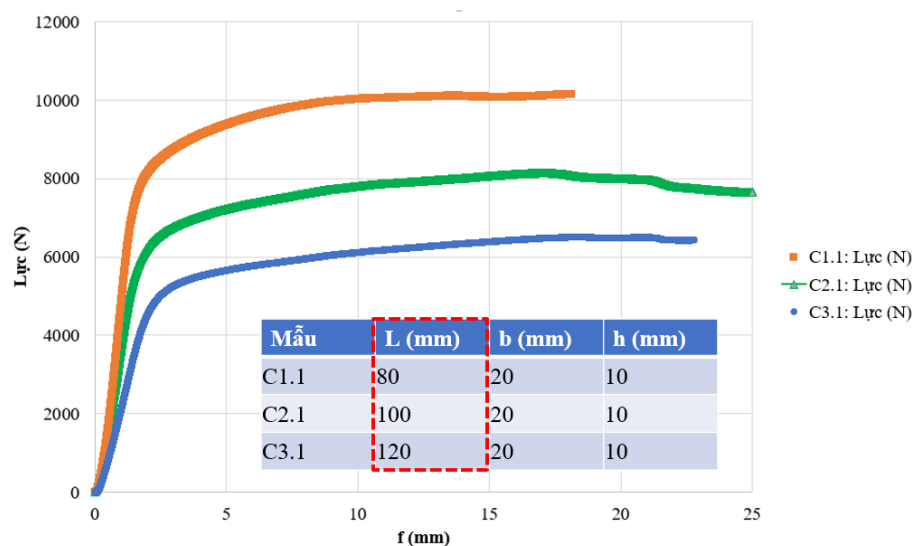
Hình 48 thể hiện biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 3 mẫu A2.1, B1.1 và C2.1, các kích thước được đính kèm. Trong trường hợp này, các kích thước khoảng cách hai gối và bề rộng mặt cắt ngang được xem xét là tương đương nhau. Còn kích thước chiều cao mặt cắt ngang thay đổi từ 2, 5 tới 10 mm lần lượt cho mẫu A2.1, B1.1 và C2.1. Có thể nhận thấy rằng tải trọng lớn nhất đã thay đổi rất nhiều khi tăng giá trị của chiều cao h. Cụ thể, mẫu A2.1, B1.1 và C2.1 có tải trọng lớn nhất lần lượt khoảng 100 N, 1000 N và 8000 N. Điều này chứng tỏ ảnh hưởng của chiều cao của mặt cắt ngang đảm đóng một vai trò rất quan trọng. Cần chú ý rằng theo lý thuyết uốn ngang phẳng, mô men quán tính của mặt cắt ngang chữ nhật phụ thuộc vào hàm bậc 3 của chiều cao h. Hơn nữa, mô men chống uốn của mặt cắt ngang chữ nhật phụ thuộc vào hàm bậc 2 của chiều cao h. Các kết quả thí nghiệm thu được trên đây hoàn toàn trùng khớp với các xu hướng đặt ra trong bài toán lý thuyết.



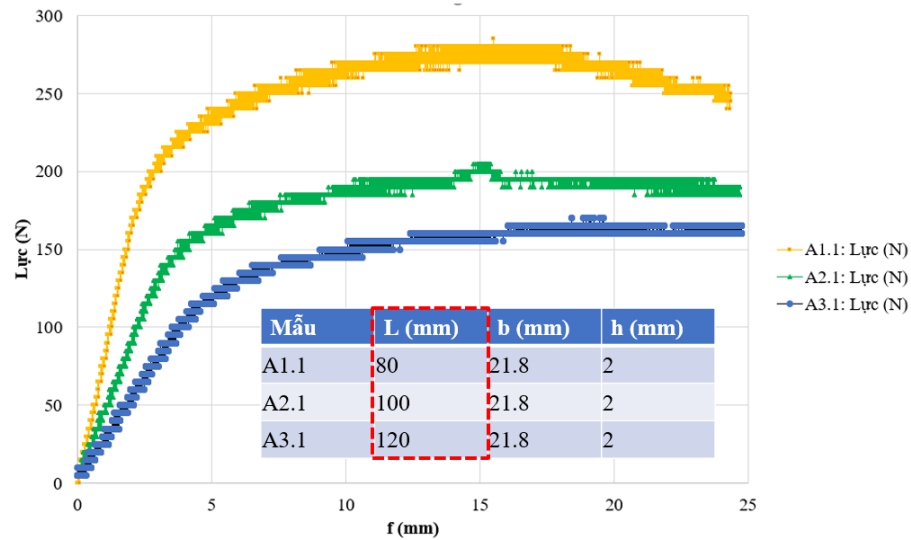
Hình 48: Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 3 mẫu A2.1, B1.1 và C2.1, các kích thước được đính kèm

Ảnh hưởng của khoảng cách giữa hai gối đỡ:

Hình 49 thể hiện biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 3 mẫu C1.1, C2.1 và C3.1, các kích thước được đính kèm. Trong trường hợp này, 3 mẫu đều có cùng kích thước mặt cắt ngang. Tuy nhiên, khoảng cách giữa 2 gối đỡ đã được thay đổi từ 80, 100 tới 120 mm cho lần lượt mẫu C1.1, C2.1 và C3.1. Có thể nhận thấy, càng tăng giá trị của khoảng cách giữa hai gối đỡ, thì tải trọng lớn nhất giảm. Cụ thể, mẫu C1.1, C2.1 và C3.1 có tải trọng lớn nhất lần lượt là 10000 N, 8000 N và 6100 N. Các nhận xét tương tự cũng được rút ra khi quan sát Hình 50 cho biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 3 mẫu A1.1, A2.1 và A3.1.



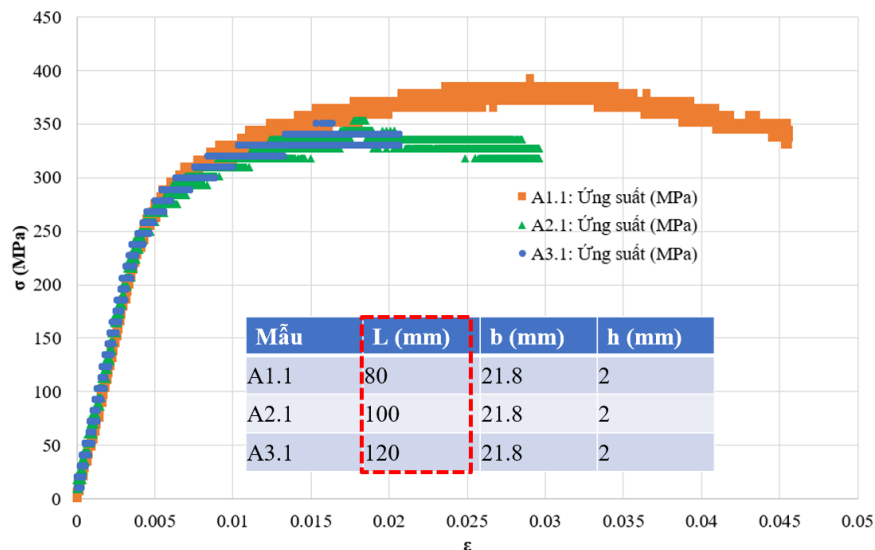
Hình 49: Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 3 mẫu C1.1, C2.1 và C3.1, các kích thước được đính kèm



Hình 50: Biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 3 mẫu A1.1, A2.1 và A3.1, các kích thước được đính kèm

5.2.2.3. Biểu đồ ứng suất-biến dạng thí nghiệm uốn

Hình 51 thể hiện biểu đồ Ứng suất-biến dạng của 3 mẫu A1.1, A2.1 và A3.1, các kích thước được đính kèm. Các công thức tính ứng suất và biến dạng theo Bảng 8. Hình 50 cho biểu đồ Lực-độ võng lớn nhất của 3 mẫu A1.1, A2.1 và A3.1. Có thể nhận thấy rằng mặc dù khoảng cách giữa hai gôi là khác nhau, nhưng vì mặt cắt ngang có kích thước giống nhau, nên đường cong ứng suất-biến dạng của ba trường hợp là khá tương đương nhau, đặc biệt là ở giai đoạn đàn hồi.



Hình 51: Biểu đồ Ứng suất-biến dạng của 3 mẫu A1.1, A2.1 và A3.1, các kích thước được đính kèm

5.2.2.4. Bảng tổng hợp kết quả thí nghiệm uốn

Bảng 9: Bảng kết quả sau khi uốn. Kích thước các mẫu thể hiện ở Bảng 5.

STT	Mẫu	Tải trọng lớn nhất (N)
1	A1.1	284
2	A1.2	2814
3	A2.1	205
4	A2.2	2114
5	A3.1	170
6	A3.2	-
7	B1.1	1055
8	B1.2	4250
9	B1.3	1054
10	C1.1	10149
11	C1.2	20000
12	C2.1	8134
13	C2.2	-
14	C3.1	6504
15	C3.2	13554

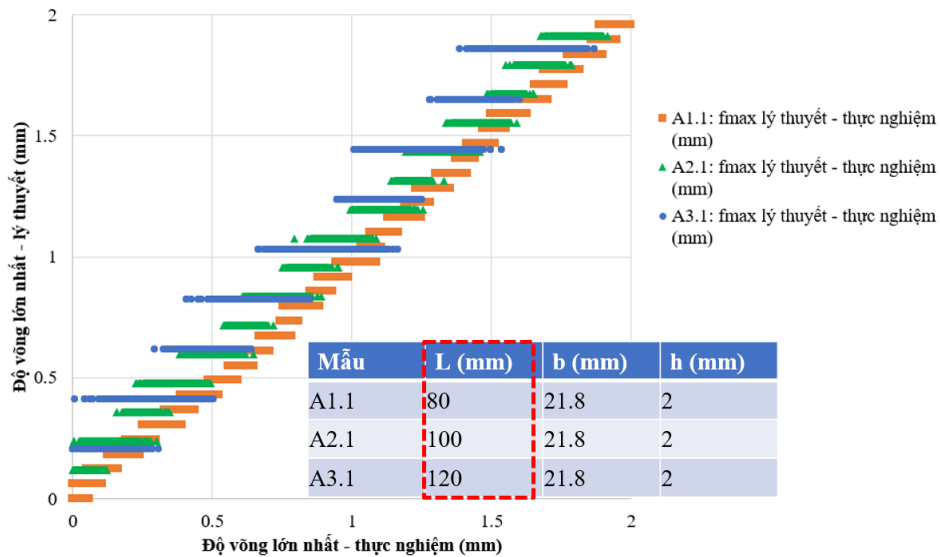
5.2.3. Kết quả mô phỏng của ứng xử chịu uốn

Sinh viên mới chỉ có thể tiếp cận sử dụng phần mềm Matlab tính toán đơn giản các bài toán ma trận, phần mềm Solidworks dựng các khối hình học đơn giản như khối trụ. Do đó, các tính toán mô phỏng phần tử hữu hạn đã chưa được thực hiện.

5.3. Đối sánh giữa kết quả thí nghiệm kéo và uốn

Hình 52 thể hiện so sánh giữa độ võng lớn nhất từ thực nghiệm uốn 3 điểm và từ công thức lý thuyết (Bảng 8) với mô đun đàn hồi từ thí nghiệm kéo. Có thể nhận thấy rằng hai phương án đều cho ra giá trị độ võng lớn nhất (vị trí giữa dầm) là khá tương đương nhau (đường chéo chính). Điều này cho thấy giá trị mô đun đàn hồi thu được từ thí nghiệm kéo áp dụng cho việc tính toán ứng xử chịu uốn là hoàn toàn phù hợp với các

công thức lý thuyết. Tuy nhiên, các tính toán vẫn chưa hoàn chỉnh cho tất cả các mẫu. Nhóm cần thực hiện tính toán chi tiết hơn cho các mẫu còn lại và đưa ra nhận xét.



Hình 52: So sánh giữa độ võng lớn nhất từ thực nghiệm và từ công thức lý thuyết với mô đun đàn hồi từ thí nghiệm kéo

Tuy nhiên nghiên cứu này vẫn còn nhiều khiếm khuyết. Đặc biệt khâu gia công mẫu còn nhiều khó khăn dẫn đến kết quả không hoàn toàn phù hợp với lý thuyết. Hơn nữa, tốc độ tải trọng mới chỉ được xét đến ở 2 mm/phút. Các tốc độ khác chưa được xem xét. Ngoài ra, thí nghiệm gia tải-bỏ tải chưa được thực hiện. Bên cạnh đó, các mô phỏng phần tử hữu hạn chưa được tính toán và thực hiện, dẫn đến việc kiểm chứng là chưa đầy đủ. Cuối cùng, việc so sánh với các kết quả đã thực hiện trong các tài liệu đã công bố cần được thực hiện rõ ràng hơn trong các đề tài sau.

6. Kết luận

Qua tính toán lý thuyết và thực hành thí nghiệm thực tế chúng em đã đưa ra kết luận sau:

- Nhóm đã có điều kiện thực hiện các thí nghiệm kéo đúng tâm và uốn 3 điểm với vật liệu kim loại hợp kim nhôm;
- Sinh viên trực tiếp thực hiện các thí nghiệm từ khâu chuẩn bị mẫu cho tới thực hành;

- Các thí nghiệm kéo và uốn cho phép quan sát trực quan các giả thiết lý thuyết về mặt cắt ngang và các thứ được học trong học phần Vật liệu học đại cương và Sức bền vật liệu;
- Các tính toán lý thuyết phù hợp với các xu hướng quan sát được trong thực nghiệm, tuy nhiên do nhiều lý do khác nhau dẫn đến có những sai lệch;

Chúng em còn học được nhiều kiến thức mới trong ngành:

- Quy trình vận hành của các thiết bị;
- Các phần mềm điều khiển máy thí nghiệm;
- Tính toán các công thức lý thuyết;
- Sử dụng các dụng cụ và máy móc thí nghiệm;
- Sử dụng các phần mềm soạn thảo văn bản và trang tính;

Đồng thời chúng em còn trải nghiệm các kỹ năng trong công việc cũng như đời sống:

- Làm việc nhóm ;
- Thuyết trình đề tài;
- Viết báo cáo tổng kết;

7. Kiến nghị

Chúng em kiến nghị các vấn đề sau cho các đề tài sắp tới:

- Cần xác định rõ các yếu tố làm sai lệch kết quả thí nghiệm, làm giảm thiểu nhỏ nhất có thể (ví dụ khâu gia công cần cải thiện);
- Chúng em muốn được làm về kéo (uốn) cho vật liệu khác như thép, gang;
- Chúng em muốn được thực hành nhiều hơn về Solidworks để vẽ khối và mô phỏng;
- Chúng em mong được trải nghiệm và tìm hiểu nhiều hơn về những thiết bị trong ngành Cơ khí - Cơ điện tử;
- Chúng em muốn được thực hành máy phay vạn năng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Như Hiếu (2022), *Bài giảng Sức bền vật liệu*, Trường ĐH Phenikaa
- [2] Trần Ngọc An (2022), *Bài giảng Vật liệu học đại cương*, Trường ĐH Phenikaa
- [3] Nghiêm Hùng (2007), *Vật liệu học cơ sở*, NXB Khoa học và Kỹ thuật
- [4] Thái Thế Hùng (2009), *Sức bền vật liệu*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [5] Lê Công Dưỡng (2000), *Vật liệu học*, NXB Khoa học và Kỹ thuật
- [6] Thái Thế Hùng (chủ biên) (2008), *Bài tập Sức bền vật liệu*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [7] Phạm Đình Sùng (2016), *Giáo trình vật liệu cơ khí*, NXB Xây dựng
- [8] Lê Quang Minh (chủ biên) (2002), *Sức bền vật liệu - Tập 1*, Nhà xuất bản Giáo dục.
- [9] Bộ môn Công nghệ vật liệu (2016), *Bài giảng Vật liệu kỹ thuật*, Trường Đại học Hàng Hải Việt Nam
- [10] Nhữ Phương Mai (2009), *Lý thuyết và bài tập Sức bền vật liệu*, Nhà xuất bản Giáo dục.
- [11] Nguyễn Văn Vượng (1997), *Bài tập Sức bền vật liệu*, Nhà xuất bản Giáo dục.