



ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH

Trường Đại học Bách Khoa



KHOA KỸ THUẬT GIAO THÔNG

Bộ môn Kỹ thuật Ô tô - Máy động lực



ĐỒ ÁN CHUYÊN NGÀNH

**ĐỀ TÀI: THIẾT KẾ CỤM CẢM BIẾN
MOMEN XOẮN CHO XE GO KART**

SVTH: Nguyễn Nhật Duy

MSSV: 1910088

GVHD: TS. Trần Đăng Long

TP. HỒ CHÍ MINH, THÁNG 12 NĂM 2022

ĐỒ ÁN CHUYÊN NGÀNH

Họ và tên: NGUYỄN NHẬT DUY

MSSV: 1910088

Bộ môn: **Kỹ Thuật Ô Tô – Máy Động Lực**

1. Đề tài đồ án: THIẾT KẾ CỤM CẢM BIẾN MOMEN XOẮN CHO XE GO KART

2. Nội dung thực hiện

Chương 1. Giới thiệu

Chương 2. Cơ sở lý thuyết

Chương 3. Chọn phương án thiết kế

Chương 4. Thiết kế bố trí chung

Chương 5. Thiết kế kỹ thuật

Chương 6. Kết luận

3. Thời gian thực hiện

– Ngày giao nhiệm vụ đồ án: Ngày tháng năm

– Ngày hoàn thành đồ án: Ngày tháng năm 2022

4. Họ và tên giảng viên hướng dẫn chính: TS. TRẦN ĐĂNG LONG

TPHCM, ngày tháng năm

Chủ nhiệm bộ môn

Người hướng dẫn chính

(Ký và ghi rõ họ tên)

(Ký và ghi rõ họ tên)

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting or typing. There are no margins, text, or other markings on the page.

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting practice. There are no margins, text, or other markings on the page.

LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên, em xin cảm ơn quý, đặc biệt là quý thầy cô trong khoa đã tận tình và hết lòng hướng dẫn, truyền đạt những kiến thức cho em trong suốt quá trình học tập và rèn luyện tại trường Đại Học Bách Khoa-ĐHQG TPHCM để em có thể hoàn thành đồ án chuyên ngành một cách tốt nhất.

Em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy TS. Trần Đăng Long, là người đã luôn theo sát và giúp đỡ tận tình, đưa ra gợi ý và chỉ ra những lỗi sai mà em mắc phải, giúp em sửa lỗi trong suốt quá trình thực hiện đồ án chuyên ngành.

Em cũng xin gửi lời cảm ơn đến toàn thể các bạn trong lớp, những bạn đã cùng nhau học, cùng giúp đỡ lẫn nhau trong quá trình học tập cũng như trong quá trình thực hiện đồ án này.

Và em cũng xin gửi lời cảm ơn đến Thầy phản biện và các Thầy trong bộ môn đã truyền đạt những kiến thức, đưa ra những nhận xét cũng như góp ý cho em để em có thể hoàn thiện đồ án chuyên ngành này một cách tốt nhất.

Cuối cùng, chúng em xin gửi lời kính chúc sức khỏe và thành công đến với toàn thể quý nhà trường.

LỜI NÓI ĐẦU

Có thể xem ngành công nghiệp ô tô đang là thước đo cho sự phát triển kinh tế của đất nước. Nếu như chỉ vài năm trước đây, ngành công nghiệp này được xem là “xa xỉ” ở nước ta thì giờ đây, cùng với sự phát triển nhanh chóng của đất nước, ngành công nghiệp ô tô đang bùng lên mạnh mẽ.

Việc sử dụng ô tô làm phương tiện di chuyển chính đang dần trở nên phổ biến hơn, nhất là ở các thành phố lớn và khu đông dân cư. Và trong các dòng xe ô tô đời mới hiện nay, hệ thống lái trợ lực điện được trang bị khá phổ biến. Đây là một trong những hệ thống đóng vai trò quan trọng và được ví như hệ thống tiêu chuẩn trên các dòng xe ô tô hiện đại. Một trong những cảm biến quan trọng nhất của hệ thống EPS là cảm biến mô-men xoắn trên trục lái.

Vậy nên, để góp phần vào những đề tài nghiên cứu, luận văn về hệ thống lái trợ lực điện EPS mà khoa phát triển sau này, chủ đề em chọn cho đề án lần này là “Thiết kế cụm cảm biến momen xoắn cho xe Go Kart”.

Để hoàn thành luận đồ án chuyên ngành với đề tài “Thiết kế cụm cảm biến momen xoắn cho xe Go Kart”, em đã vận dụng các kiến thức được học trong 4 năm tại trường cũng như tham khảo thêm nhiều tài liệu từ bạn bè, từ đàn anh đi trước, từ các tài liệu nước ngoài, các nghiên cứu trong nước trên báo đài, internet. Đi kèm với đó không thể không kể đến sự hướng dẫn tận tình của thầy Trần Đăng Long - là giảng viên, chủ nhiệm bộ môn Kỹ thuật ô tô. Dù đã thật sự cố gắng nhưng do điều kiện thời gian cũng như kinh nghiệm, kiến thức còn hạn chế nên không tránh khỏi những sai sót trong quá trình thực hiện, em mong nhận được sự góp ý từ phía thầy phản biện, từ bạn bè cũng như những cá nhân có đọc được bản đồ án này với nhu cầu tham khảo. Em xin cảm ơn quý thầy đã dành thời gian ra đọc, chỉnh sửa và đóng góp ý kiến để đề tài được hoàn chỉnh, làm nền tảng vững chắc cho việc thực hiện các hướng phát triển tiếp theo.

Mục lục

ĐỒ ÁN CHUYÊN NGÀNH	1
NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN.....	2
NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN PHẢN BIỆN.....	3
LỜI CẢM ƠN	4
LỜI NÓI ĐẦU.....	5
DANH SÁCH HÌNH ẢNH.....	9
DANH SÁCH BẢNG.....	11
Chương 1. Giới thiệu	12
1.1. Thể loại	12
1.2. Mục tiêu thực hiện.....	12
a. Đối tượng làm việc chính:	12
b. Điều kiện làm việc.....	12
c. Nhiệm vụ thiết kế.....	12
d. Yêu cầu kỹ thuật.....	12
e. Ý tưởng	13
1.3. Giới hạn nội dung đề tài.....	13
Chương 2. Cơ sở lý thuyết	14
2.1. Lý thuyết cơ sở.....	14
2.1.1. Lý thuyết hệ thống lái trợ lực điện EPS (EPS- Electric Power Steering) .	14
2.1.2. Lý thuyết về cảm biến momen xoắn	16
a. Công dụng	16
b. Yêu cầu chung.....	16
c. Phân loại	16

2.2. Lý thuyết về thanh xoắn.....	17
2.2.1. Xoắn thuần túy thanh trụ tròn.....	17
2.2.2. Công thức tính toán.....	18
2.2.3. Dạng phá hỏng của thanh xoắn.....	19
Chương 3. Chọn phương án thiết kế	20
3.1. Phương án kiểu loại cảm biến momen xoắn	20
3.1.1. Cảm biến momen xoắn cảm ứng.....	20
3.1.2. Cảm biến momen xoắn từ tính	21
3.1.3. Cảm biến momen xoắn kiểu strain gauge	22
3.2. Phương án chọn vật liệu thanh xoắn và mặt bích kết nối vô lăng	25
3.2.1. Thép hợp kim C45	25
3.2.2. Hợp kim nhôm	26
Chương 4. Thiết kế bố trí chung	27
4.1. Đo và xác định kích thước bố trí chung hệ thống lái xe Go Kart	27
4.2. Thiết kế sơ đồ bố trí cụm cảm biến momen	27
4.2.1 Chọn và xác định kích thước khớp nối đầu ra cảm biến với trục lái	28
4.2.2. Xác định chiều dài cụm cảm biến momen xoắn	29
4.2.3. Kết quả	30
Chương 5. Thiết kế kỹ thuật.....	31
5.1. Thiết kế cụm thanh xoắn	31
5.1.1. Thiết kế thanh xoắn.....	31
5.1.2. Tính toán trục đầu vào, trục đầu ra	32
5.1.3. Tính toán then bằng	33
5.1.4. Kết quả	36

5.2. Thiết kế cụm mặt bích.....	36
5.2.1. Chọn phương án thiết kế nối mặt bích 1 và mặt bích 2	36
5.2.2. Thiết kế mặt bích 1 và mặt bích 2	37
5.2.3. Thiết kế trục nối.....	41
5.2.4. Thiết kế mặt bích 3	42
5.3. Đo và vẽ các chi tiết phụ.....	44
5.4. Thiết kế bộ đo biến dạng bằng strain gauge	47
Chương 6. Kết luận	51
6.1. Kết quả đạt được	51
6.2. Đánh giá và hướng phát triển.....	53
a. Đánh giá.....	53
b. Hướng phát triển	53
Tài liệu tham khảo	54

DANH SÁCH HÌNH ẢNH

Hình 2.1: Ảnh minh họa hệ thống EPS	14
Hình 2.2: Cấu tạo và tín hiệu cảm biến momen xoắn cảm ứng	15
Hình 2.3: Sơ đồ nguyên lý hệ thống EPS: Cơ + Điện	15
Hình 2.4: Sự biến dạng thanh xoắn	17
Hình 2.5: Biểu diễn mặt cắt ngang khi chịu xoắn.....	18
Hình 2.6: Biến dạng góc xoắn	19
Hình 2.7: : Dạng nứt gãy của thanh xoắn	19
Hình 3.1: Cấu tạo và tín hiệu cảm biến momen xoắn cảm ứng	20
Hình 3.2: : Cấu tạo và tín hiệu cảm biến momen xoắn từ tính	21
Hình 3.3: Cấu tạo strain gauge.....	23
Hình 3.4: : Mạch cầu Wheatstone kết nối 4 strain gauge	24
Hình 3.5: Nguyên lý mạch tín hiệu cảm biến momen xoắn kiểu strain gauge.....	24
Hình 4.1: Cấu tạo hệ thống lái xe Go Kart (nguồn: Luận văn” Thiết kế xe điện Go Kart”).....	27
Hình 4.2: Kết cấu cụm cảm biến momen xoắn	28
Hình 4.3: Bản vẽ kết cấu khớp nối mềm SRJ-40	29
Hình 4.4: Sơ đồ bố trí chung cụm cảm biến momen xoắn.....	30
Hình 5.1: Kết cấu cụm thanh xoắn	31
Hình 5.2: Bản vẽ chi tiết cụm thanh xoắn	36
Hình 5.3: Phương án nối trục đĩa.....	36
Hình 5.4: Biểu diễn momen và lực tác dụng lên mặt bích 1	37
Hình 5.5: Bản vẽ chi tiết mặt bích 1	39
Hình 5.6: Bản vẽ chi tiết mặt bích 2	40
Hình 5.7: Mặt cắt vị trí ghép nối mặt bích 1 và 2	41
Hình 5.8: Mô hình 3D trục nối	42

Hình 5.9: Biểu diễn momen và lực tác dụng lên mặt bích 3	42
Hình 5.10: Bản vẽ chi tiết mặt bích 3.....	44
Hình 5.11: Bản vẽ vô lăng xe GO KART	45
Hình 5.12: Bản vẽ 2D gối đỡ bi UCP 204	45
Hình 5.13: Mô hình 3D gối đỡ bi UCP 204	46
Hình 5.14: Gối đỡ bi UCP 204 thực tế	46
Hình 5.15: Mô hình 3D gối đỡ bi UCP 204	47
Hình 5.16: Mô hình 2D và 3D bộ đỡ	47
Hình 5.17: Mô tả vị trí dán strain gauge trên thanh xoắn.....	48
Hình 5.18: Mạch cầu Wheatstone	48
Hình 5.19: Mô phỏng vị trí dán strain gauge 1 hướng nhìn	49
Hình 5.20: Sơ đồ nguyên lý mạch đo biến dạng bằng strain gauge	50
Hình 5.21: Đồ thị đặc tính cảm biến momen xoắn kiểu strain gauge (minh họa)	50
Hình 6.1: Mô hình 3D cụm cảm biến momen xoắn cho xe Go Kart.....	51
Hình 6.2: Bản vẽ tháo rời cụm cảm biến momen xoắn cho xe GO KART	52
Hình 6.3: Mô hình 3D hệ thống lái xe Go Kart khi lắp cảm biến momen xoắn	52

DANH SÁCH BẢNG

Bảng 2.1: Tổng quan về các kiểu cảm biến momen xoắn trong hệ thống EPS.....	17
Bảng 4.1: Thông số kích thước hệ thống lái xe Go Kart.....	27
Bảng 5.1: Sai lệch giới hạn trục j, k,m và n (TCVN 2245-99)	33
Bảng 5.2: Kích thước then bằng.....	34
Bảng 5.3: Miền dung sai kích thước lắp ghép b của mối ghép then bằng.....	35
Bảng 5.4: Sai lệch giới hạn của lỗ JS (TCVN 2245 – 99)	35
Bảng 5.5: Sai lệch giới hạn của lỗ M, N (TCVN 2245 – 99)	35
Bảng 5.6: Đặc điểm 2 phương án nổi mặt bích.....	37
Bảng 5.7: Sai lệch giới hạn của lỗ (TCVN 2245-99)	41
Bảng 5.8: Thông số kích thước gối đỡ bi UCP 204.....	46

Chương 1. Giới thiệu

1.1. Thể loại

Thiết kế mới: cụm cảm biến momen xoắn cho xe Go Kart.

1.2. Mục tiêu thực hiện

a. Đối tượng làm việc chính:

- Cảm biến momen xoắn cho xe Go Kart.

b. Điều kiện làm việc

- Mô hình hoạt động trong khu vực khô ráo.

c. Nhiệm vụ thiết kế

- Chọn phương án thiết kế.
- Thiết kế thanh xoắn.
- Thiết kế bộ mặt bích nối thanh xoắn và vô lăng.
- Vẽ các chi tiết như vô lăng, khớp nối, ổ đỡ bi, bệ đỡ.
- Thiết kế bộ mạch đo biến dạng bằng strain gauge.

d. Yêu cầu kỹ thuật

- Yêu cầu chức năng:

- Tầm đo: $\pm 10\text{Nm}$.
- Dễ tháo lắp, vận hành, bảo trì, bảo dưỡng, sửa chữa.
- Phù hợp với công nghệ gia công chế tạo trong nước.

- Yêu cầu hiệu suất, hiệu quả, độ bền:

- Hệ số an toàn hệ thống $a = 2,5$.
- Cảm biến đảm bảo được độ bền, chịu lực tốt khi lắp vào xe.
- Thỏa mãn về dung sai lắp ghép TCVN 2261-77 và 4218-86; TCVN 2256-99.

e. Ý tưởng

Dựa vào thông số bố trí chung hệ thống lái bao gồm đường kính, chiều dài trục lái của xe Go Kart, thiết kế cụm cảm biến momen xoắn phù hợp mà không thay đổi động học và động lực học của xe.

1.3. Giới hạn nội dung đề tài

- Mục tiêu thực hiện: thiết kế phần cơ khí cụm cảm biến momen xoắn, thiết kế bộ mạch đo biến dạng bằng strain gauge.
- Vì thời gian thực hiện đề tài có giới hạn nên phần chế tạo, gia công, lắp đặt mạch điện, thu thập và xử lý tín hiệu sẽ thực hiện trong đồ án tốt nghiệp ở kì sau.

Chương 2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Lý thuyết cơ sở

2.1.1. Lý thuyết hệ thống lái trợ lực điện EPS (EPS- Electric Power Steering)



Hình 2.1: Ảnh minh họa hệ thống EPS

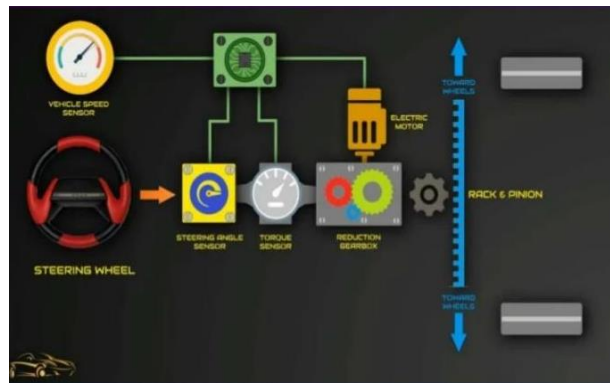
a. Công dụng

Hệ thống lái trợ lực điện EPS – Electric Power Steering có nhiệm vụ tạo ra lực hỗ trợ tác dụng lên cơ cấu dẫn động lái, để duy trì hoặc thay đổi hướng chuyển động của xe. Do đó việc điều khiển tay lái sẽ trở nên nhẹ nhàng và tính cơ động của xe cao.

b. Cấu tạo

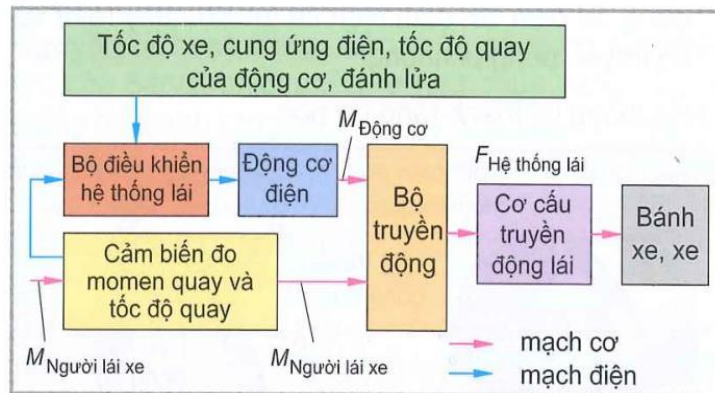
- ❖ Vô lăng: cơ cấu điều khiển nằm trên buồng lái.
- ❖ Trục lái: nối liền vô lăng và cơ cấu lái.
- ❖ Cơ cấu lái: là một hộp giảm tốc bố trí trên khung hoặc vỏ ô tô.
- ❖ Dẫn động lái: là tập hợp các kết cấu dẫn động từ cơ cấu lái đến các bánh xe dẫn hướng và các liên kết giữa các bánh xe dẫn hướng.
- ❖ Trợ lực lái điện:
 - Cảm biến momen: phát hiện sự xoay của thanh xoắn; tính toán momen tác dụng lên thanh xoắn nhờ vào sự thay đổi điện áp đặt trên đó và đưa tín hiệu điện áp đó về EPS ECU.

- Motor điện DC: Tạo ra lực trợ lực tùy vào tín hiệu từ EPS ECU.
- EPS ECU: Vận hành motor DC gắn trên trục lái để tạo ra lực trợ lực căn cứ vào tín hiệu từ các cảm biến, tốc độ xe và tốc độ động cơ.
- ECU động cơ: Đưa tín hiệu tốc độ động cơ tới EPS ECU.
- Cụm đồng hồ bảng táp-lô: Đưa tín hiệu tốc độ xe đến EPS ECU.
- Đèn cảnh báo P/S (Trên bảng đồng hồ táp-lô): Bật đèn báo khi hệ thống có hư hỏng.



Hình 2.2: Cấu tạo và tín hiệu cảm biến momen xoắn cảm ứng

c. Sơ đồ nguyên lý hệ thống EPS



Hình 2.3: Sơ đồ nguyên lý hệ thống EPS: Cơ + Điện

Hệ thống EPS hoạt động dựa trên tín hiệu của cảm biến momen nằm trong cụm trợ lực lái, khi người điều khiển ô tô tác động lên vô lăng thực hiện việc điều chuyển hướng, dưới tác động của mặt đường thông qua bánh xe, thước lái sẽ tác dụng lên thanh xoắn nằm trong cụm trợ lực điện.

Cảm biến momen lúc này sẽ bắt đầu hoạt động và tiến hành đo momen đánh lái sau đó gửi về hộp điều khiển. Bên cạnh đó, là tín hiệu về tốc độ động cơ, tốc độ xe, thời điểm đánh lửa được gửi về thông qua các cảm biến. Căn cứ vào tín hiệu được gửi, hộp điều khiển sẽ phát ra dòng điện điều khiển hoạt động của motor trợ lực với một lực đủ lớn để hỗ trợ người lái xoay trục lái theo hướng mong muốn. Cảm biến tốc độ motor truyền tín hiệu đến ECU xác nhận tình trạng hoạt động của motor.

2.1.2. Lý thuyết về cảm biến momen xoắn

a. Công dụng

Phát hiện và đo momen xoắn của thanh xoắn, chuyển đổi tín hiệu đầu vào dạng cơ học (lực) thành tín hiệu điện áp ở đầu ra và tín hiệu được gửi về EPS ECU. ECU dựa vào tín hiệu momen lái đo được để điều khiển motor trợ lực.

b. Yêu cầu chung

❖ Yêu cầu chung đối với các cảm biến momen xoắn trên hệ thống EPS hiện đại:

- Độ tin cậy cao nhất.
- Phạm vi đo mô-men xoắn hoạt động khoảng: ± 10 Nm.
- Độ phân giải tín hiệu cao và độ chính xác của phép đo.
- Xử lý tín hiệu với độ trễ ít.
- Tuổi thọ cao, không cần phải bảo dưỡng trong thời gian dài.
- Hệ thống có khả năng tự chẩn đoán, chống nhiễu với hộp ECU.
- Chống bám bụi, rung động, mài mòn.

⇒ Vì mục đích thiết kế cụm cảm biến momen xoắn cho xe Go Kart phục vụ cho mô hình nghiên cứu, dạy học trong trường nên yêu cầu kỹ thuật sẽ bị giới hạn trong phạm vi trình độ đại học.

c. Phân loại

❖ Hệ thống EPS trên nhiều dòng ô tô hiện nay sử dụng kiểu cảm biến momen xoắn được phân loại theo đặc điểm đo và phương pháp đo.

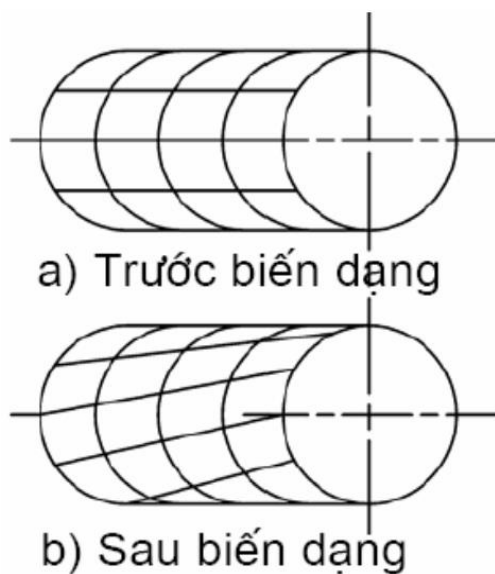
Cảm biến momen xoắn			
Đặc điểm đo	Góc xoắn	Biến dạng bề mặt	Ứng suất
Phương pháp đo	Tuyến tính	Đo sức căng	Tờ đàn hồi
	Cảm ứng	Bộ cộng hưởng LC	
	Từ tính	Bộ cộng hưởng SAW	
	Quang		

Bảng 2.1: Tổng quan về các kiểu cảm biến momen xoắn trong hệ thống EPS

2.2. Lý thuyết về thanh xoắn

2.2.1. Xoắn thuần túy thanh trụ tròn

a. Đặc điểm



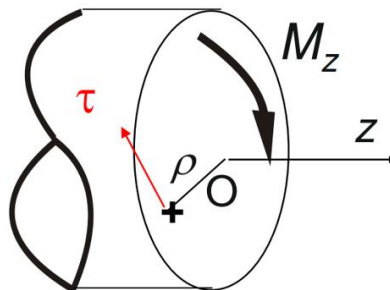
Quan sát đoạn thanh tròn trước và sau khi chịu xoắn thấy được:

- + Trục thanh vẫn thẳng.
- + Chiều dài không đổi.
- + Mặt cắt ngang ban đầu phẳng và thẳng góc với trục thanh sau khi biến dạng vẫn phẳng và thẳng góc với trục thanh, khoảng cách giữa các mặt cắt ngang không đổi.
- + Bán kính thanh không đổi.

Hình 2.4: Sự biến dạng thanh xoắn

⇒ Thanh tròn chịu xoắn xảy ra hiện tượng quay của tiết diện ngang quanh trục thanh.

⇒ Chiều dài không đổi nên mặt cắt ngang không có ứng suất pháp σ tác dụng. Và mặt cắt ngang xoay nên xuất hiện ứng suất tiếp τ .



Hình 2.5: Biểu diễn mặt cắt ngang khi chịu xoắn

2.2.2. Công thức tính toán

❖ Công thức tính ứng suất tiếp:

$$\tau = \frac{M_z}{I_p} \cdot \rho \text{ với } \tau = \text{ứng suất tiếp}$$

M_z : momen xoắn

I_p : momen quán tính cực của mặt cắt ngang

ρ : khoảng cách từ tâm trục đến điểm đang xét

❖ Ứng suất tiếp cực đại ở các điểm trên chu vi:

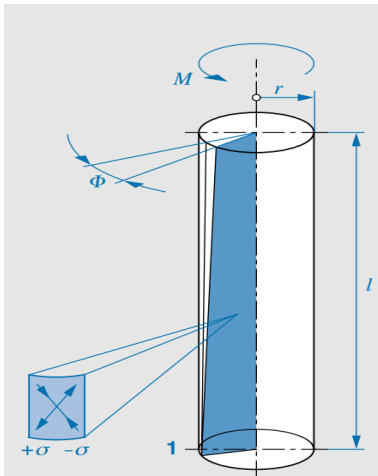
$$\tau_{max} = \frac{M_z}{I_p} \cdot R = \frac{M_z}{W_0} \quad (\rho = \text{bán kính } R)$$

trong đó: W_0 : momen chống xoắn

❖ Công thức tính biến dạng (góc xoắn)

Khi xoắn thuần túy thanh mặt cắt ngang hình tròn, góc xoắn tương đối giữa hai mặt cắt

ngang A, B cách nhau khoảng L:
$$\varphi = \frac{M \cdot l}{G \cdot I_p}$$



trong đó: φ : góc xoắn

M : momen xoắn.

l : chiều dài thanh trụ tròn.

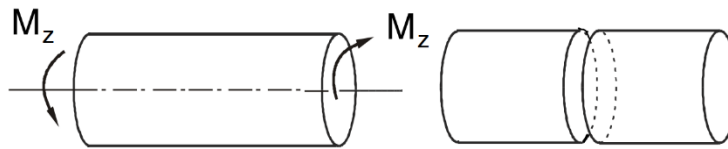
G : momen đàn hồi trượt.

I_p : momen quán tính cực của mặt cắt ngang.

Hình 2.6: Biến dạng góc xoắn

2.2.3. Dạng phá hỏng của thanh xoắn

Thanh xoắn là vật liệu dẻo (vật liệu đàn hồi) chịu kéo, chịu nén tốt nhưng chịu cắt kém, do đó một khi trục bị xoắn quá mức sẽ bị gãy theo mặt cắt ngang do ứng suất tiếp τ_{max} trên bề mặt cắt ngang tác dụng.

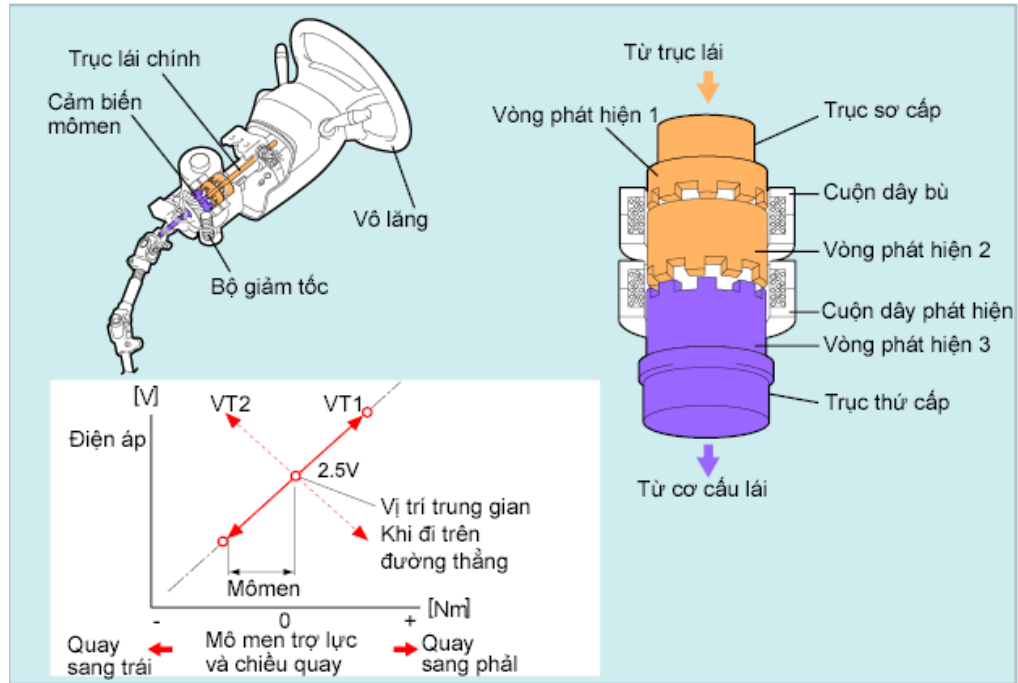


Hình 2.7: : Dạng nứt gãy của thanh xoắn

Chương 3. Chọn phương án thiết kế

3.1. Phương án kiểu loại cảm biến momen xoắn

3.1.1. Cảm biến momen xoắn cảm ứng



Hình 3.1: Cấu tạo và tín hiệu cảm biến momen xoắn cảm ứng

Thành phần cảm biến: Trục đầu vào và trục đầu ra được kết nối bằng thanh xoắn. Vòng phát hiện 1 và 2 được gắn trên trục đầu vào (được kết nối với vỏ lăng) và vòng phát hiện 3 được gắn trên trục đầu ra (kết nối với cơ chế lái). Cảm biến momen xoắn bao gồm một cuộn dây hiệu chỉnh, ba vòng phát hiện và một cuộn phát hiện.

Hoạt động cảm biến momen xoắn dựa trên phương pháp điện từ. Tín hiệu điện áp VT1, VT2 thay đổi tỉ lệ như nhau theo độ lệch răng giữa vòng phát hiện 2 và vòng phát hiện 3 và ngược hướng khi thanh xoắn xuất hiện momen xoắn.

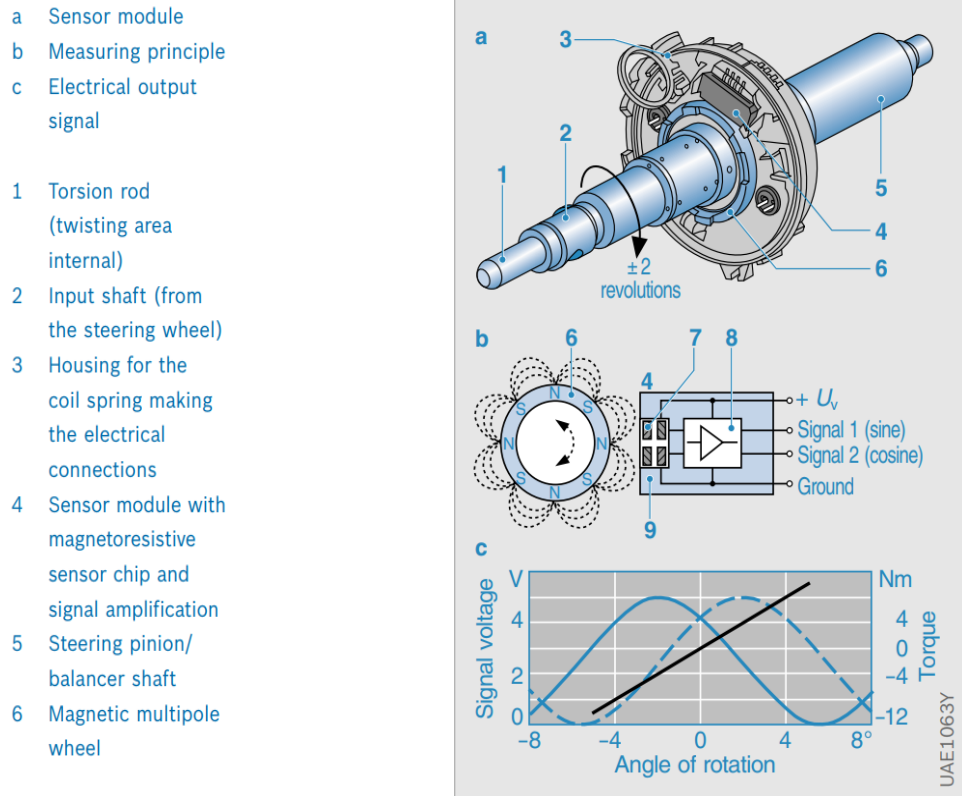
- **Ưu điểm:**

- Độ chính xác khá cao.
- Hai tín hiệu đầu ra tăng độ tin cậy.

- **Nhược điểm:**

- Kích thước khá lớn.
- Công nghệ chế tạo phức tạp, cần độ chính xác cao.
- Giá thành khá cao.
- Chỉ ứng dụng cho kiểu trợ lái điện kiểu cột lái (Column EPS).

3.1.2. Cảm biến momen xoắn từ tính



Hình 3.2: : Cấu tạo và tín hiệu cảm biến momen xoắn từ tính

Thành phần cảm biến:

- + Trục đầu vào đầu ra nối với nhau thông qua thanh xoắn.
- + Vòng nam châm vĩnh cửu được đặt ở một bên của thanh xoắn (đầu vào) và cảm biến đặt đối diện với nó và kết nối với đầu kia của thanh xoắn (đầu ra).

Hoạt động cảm biến momen xoắn: Cảm biến đo momen xoắn dựa trên nguyên lý đo góc lệch giữa hai mặt cắt. Cảm biến có 2 tín hiệu dạng analog lệch pha 90 độ.

- **Ưu điểm:**

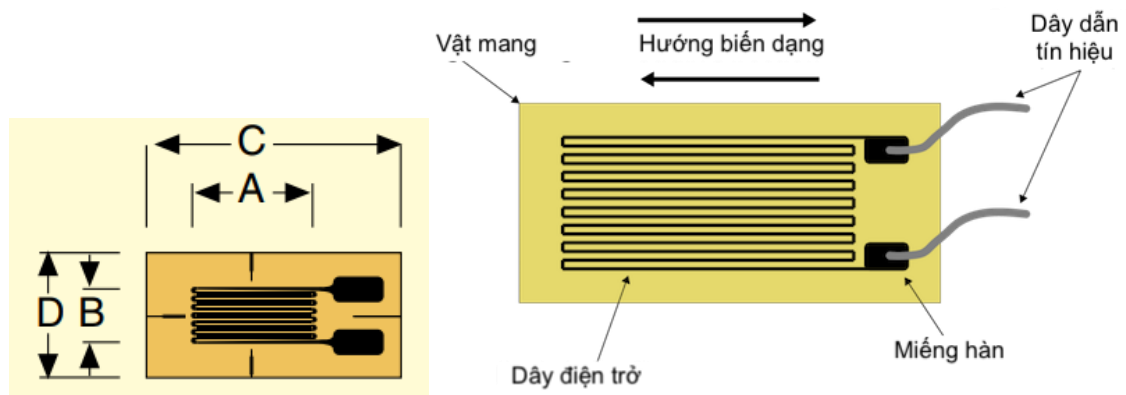
- Độ chính xác cao.
 - Hai tín hiệu đầu ra tăng độ tin cậy.
 - Kích thước nhỏ.
 - Ứng dụng được nhiều kiểu trợ lực lái điện.
 - Không cần mạch khuếch đại tín hiệu.
- **Nhược điểm:**
 - Thiết kế phức tạp.
 - Chi phí chế tạo, sản xuất cao.
 - Xử lý tín hiệu phức tạp.
 - Công nghệ chế tạo phức tạp, cần độ chính xác cao.
 - Sửa chữa dễ gây ra sai lệch tín hiệu.

3.1.3. Cảm biến momen xoắn kiểu strain gauge

Cảm biến momen xoắn kiểu strain gauge là cảm biến có thể chuyển đổi một momen xoắn, thành một tín hiệu điện bằng cách đo biến dạng các strain gauge dán trên bề mặt thanh xoắn.

Thành phần cảm biến: Các strain gauge dán trên bề mặt thanh xoắn để đo biến dạng. Giá trị tác dụng tỉ lệ với sự thay đổi điện trở cảm ứng trong, do đó trả về tín hiệu điện áp tỉ lệ.

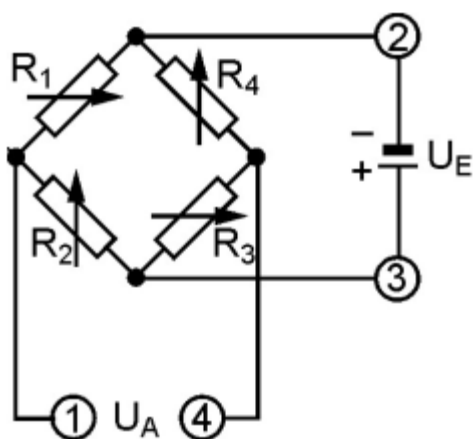
Cấu tạo strain gauge là một điện trở đặc biệt bao gồm một sợi dây kim loại mảnh đặt trên tấm cách điện đàn hồi, có điện trở thay đổi khi chịu tác dụng của lực. Điện trở thay đổi tỷ lệ thuận với chiều dài theo công thức $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$



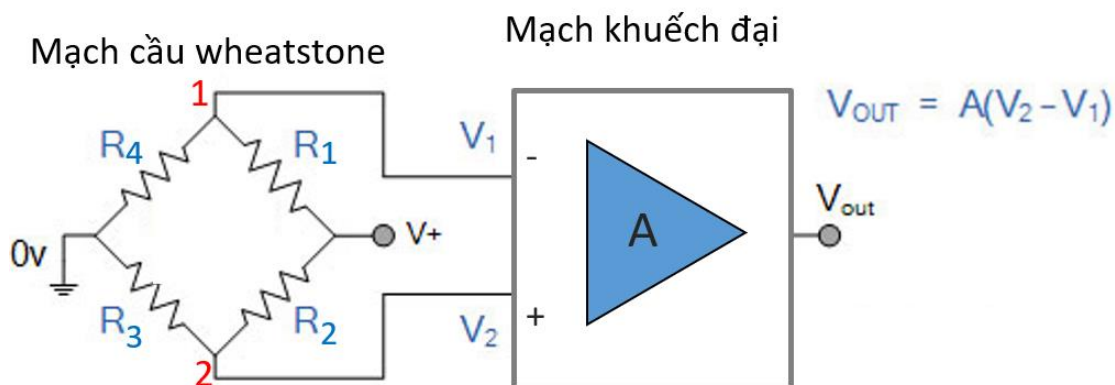
Hình 3.3: Cấu tạo strain gauge

Thông số kỹ thuật strain gauge							
Điện trở (Ω)	Kích thước vật mạng (CxD)	Kích thước lưới dây (AxB)	Hệ số k	Độ chính xác	Thay đổi theo nhiệt độ	Vật liệu	Xuất xứ

Hoạt động cảm biến momen xoắn: khi lực xoắn tác dụng lên thanh xoắn làm trục chịu xoắn, ứng suất cắt được tạo ra trên bề mặt thanh xoắn. Chúng được đo bằng cách liên kết các strain gauge đo biến dạng ở góc 45° với trục mô-men xoắn nằm ngang. Vì ứng suất cắt gây ra trong trục là như nhau trong suốt chiều dài của nó. Nên các strain gauge đo biến dạng có thể được kết dính tại bất kỳ điểm nào. Bốn strain gauge được kết nối ở theo mạch cầu Wheatstone. Sự thay đổi giá trị của các điện trở ở strain gauges dẫn đến thay đổi trong điện áp đầu ra của mạch cầu và tín hiệu này sẽ được chuyển thành số nhờ bộ khuếch đại.



Hình 3.4: : Mạch cầu Wheatstone kết nối 4 strain gauge



Hình 3.5: Nguyên lý mạch tín hiệu cảm biến momen xoắn kiểu strain gauge

Trong đó: R_1, R_2, R_3, R_4 : lần lượt là điện trở của 4 strain gauge (Ω)

V_+ : điện thế dương (V)

U_E : điện áp nguồn cấp (V)

V_1 : điện thế tại nút 1 (V)

V_2 : điện thế tại nút 2 (V)

U_A : điện áp đầu ra (V); $U_A = V_2 - V_1$

A: Hệ số khuếch đại

V_{out} : điện áp tín hiệu (V)

• **Ưu điểm:**

- Thiết kế tương đối đơn giản.
- Dễ thực nghiệm, xử lý tín hiệu.
- Dễ tháo lắp, vận hành, bảo trì, bảo dưỡng, sửa chữa.
- Chi phí gia công, chế tạo thấp.

- **Nhược điểm:**

- Tín hiệu có thể bị sai lệch khi hoạt động, độ chính xác không cao.
- Cần có mạch khuếch đại tín hiệu.
- Chưa được ứng dụng trong các dòng xe các dòng xe hiện nay.

➔ **Chọn phương án thiết kế:** Cảm biến momen xoắn kiểu strain gauge vì thỏa các yêu cầu thiết kế đặt ra.

3.2. Phương án chọn vật liệu thanh xoắn và mặt bích kết nối vô lăng

3.2.1. Thép hợp kim C45

➤ **Ưu điểm:**

- Giá thành rẻ, được sử dụng rất nhiều trong nhiều lĩnh vực trong công nghiệp dân dụng, chế tạo, cầu đường, chế tạo máy...
- Độ bền, độ dẻo, độ dai cao.
- Tính đàn hồi tốt.
- Vì có độ bền kéo cao và giới hạn chảy cao nên thép C45 có khả năng chịu được va đập tốt.
- Chịu lực ở tải trọng cao
- Tái chế tốt.

➤ **Nhược điểm:**

- Trọng lượng riêng cao hơn hợp kim nhôm.
- Chống mòn không cao.

3.2.2. Hợp kim nhôm

➤ **Ưu điểm:**

- Độ cứng và độ bền cơ học tốt.
- Dẫn nhiệt tốt
- Trọng lượng riêng nhỏ.
- Dễ gia công cơ học.
- Tái chế tốt.

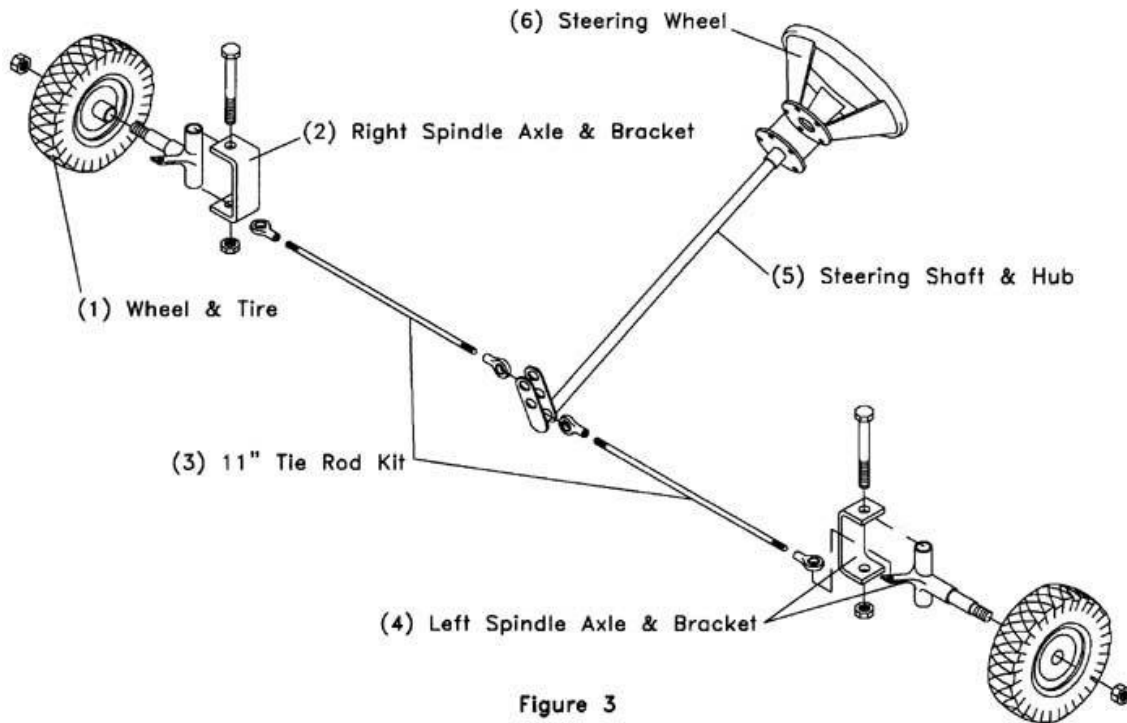
➤ **Nhược điểm:**

- Giá thành cao.
- Khó hàn hơn thép.
- Khó sửa chữa hơn thép.
- Tính đàn hồi không cao bằng thép hợp kim.

⇒ **Chọn vật liệu là thép hợp kim C45**

Chương 4. Thiết kế bố trí chung

4.1. Đo và xác định kích thước bố trí chung hệ thống lái xe Go Kart



Hình 4.1: Cấu tạo hệ thống lái xe Go Kart (nguồn: Luận văn ” Thiết kế xe điện Go Kart ”)

Chú thích:

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| 1-Bánh xe; | 2-Trục phải; | 3-Thanh kéo; |
| 4-Trục trái; | 5-Trục lái; | 6-Vô lăng; |

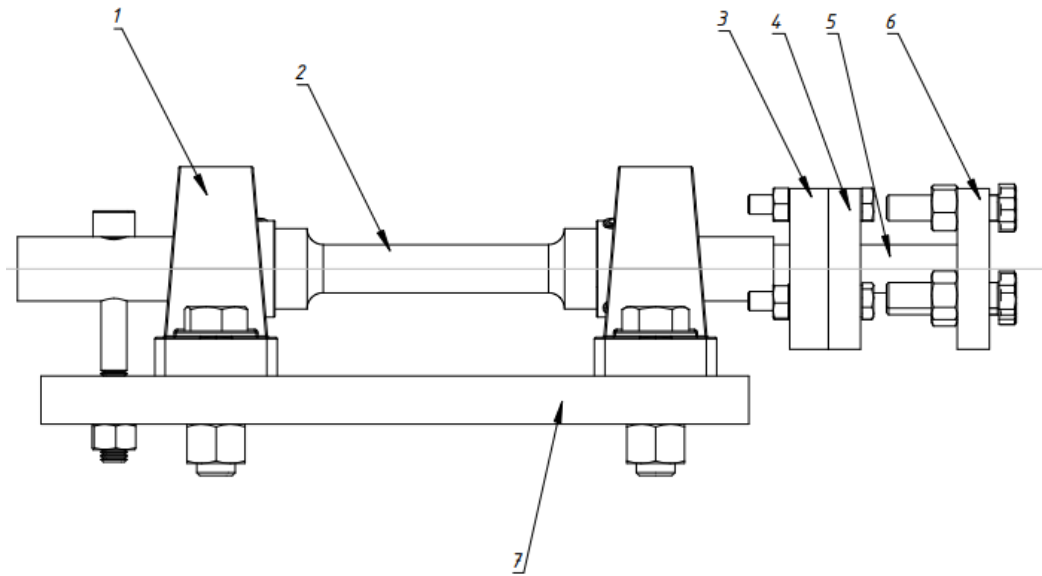
Thông số	Giá trị
Đường kính (d_{tl})	20 mm
Chiều dài trục (L_{tl})	600mm
Chiều dài từ vô lăng đến thanh kéo (L_{gh})	397mm

Bảng 4.1: Thông số kích thước hệ thống lái xe Go Kart

✱ Kết luận: Đường kính trục đầu vào và đầu ra bằng đường kính trục lái = 20mm

$$d_{in} = d_{out} = 20\text{mm}$$

4.2. Thiết kế sơ đồ bố trí cụm cảm biến momen



Hình 4.2: Kết cấu cụm cảm biến momen xoắn

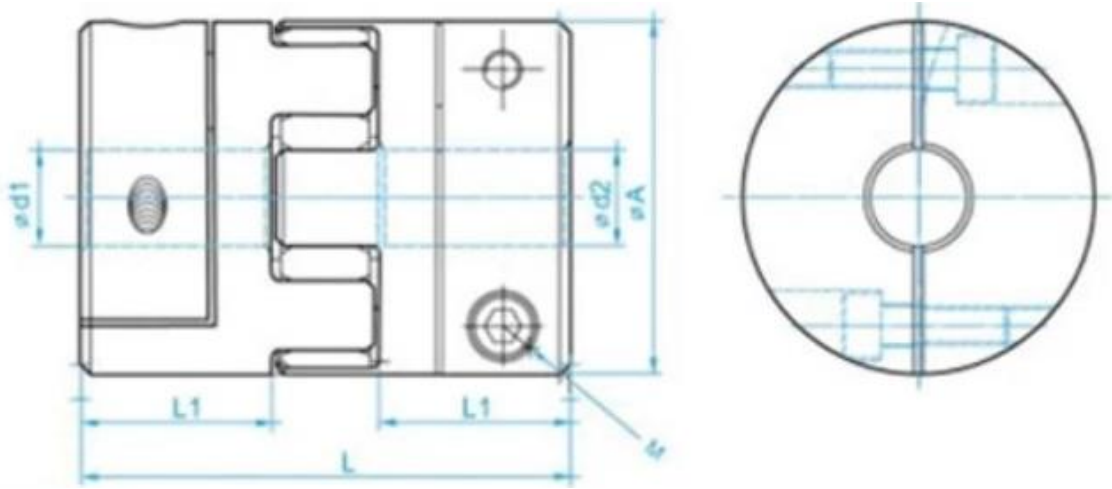
1. Ổ đỡ bi; 2. Cụm thanh xoắn; 3. Mặt bích 1; 4. Mặt bích 2; 5. Trục nối; 6. Mặt bích 3;
7. Bộ đỡ

❖ **Nguyên tắc thiết kế bố trí chung:** cụm cảm biến xoắn có thể tháo rời trực lái, vô lăng dễ dàng.

- Mặt bích 1 và mặt bích 2 được lắp ghép với nhau qua buloong đai ốc.
- Mặt bích 1 lắp với trục đầu vào cụm cảm biến qua then và bulông để đảm bảo đồng trục và tránh hiện tượng trượt dọc trục.
- Kết cấu mặt bích 3 phải phù hợp để lắp ghé vô lăng đã khoan lỗ sẵn.

4.2.1 Chọn và xác định kích thước khớp nối đầu ra cảm biến với trực lái

Chọn khớp nối mềm SRJ-40 C vì có thể thay thế đầu nối dễ dàng, chịu được lực truyền momen lớn, dễ dàng lắp đặt, tháo, dễ bảo trì, chống ăn mòn tốt.



Hình 4.3: Bản vẽ kết cấu khớp nối mềm SRJ-40

Model	A	L	L1	dmax	d1 x d2		M
					d1	d2	
SRJ-40	40	66	25	22	20		M5

Bảng 4.2: Thông số kỹ thuật khớp nối mềm SRJ-40

⇒ Đường kính lỗ khớp nối $d_1 = d_2 = 20\text{mm}$.

Chiều dài khớp nối là $L_{kn} = L = 66\text{mm}$ và $L_1 = 25\text{mm}$.

4.2.2. Xác định chiều dài cụm cảm biến momen xoắn

- ✱ Thiết kế cảm biến momen xoắn trong giới hạn chiều dài từ vô lăng đến thanh kéo để đảm bảo động học mô hình không đổi.
- ✱ Thiết kế cơ cấu giữ cố định trục đầu ra (dùng bulong khóa) để thử nghiệm tín hiệu momen xoắn khi tác dụng lực lên vô lăng.

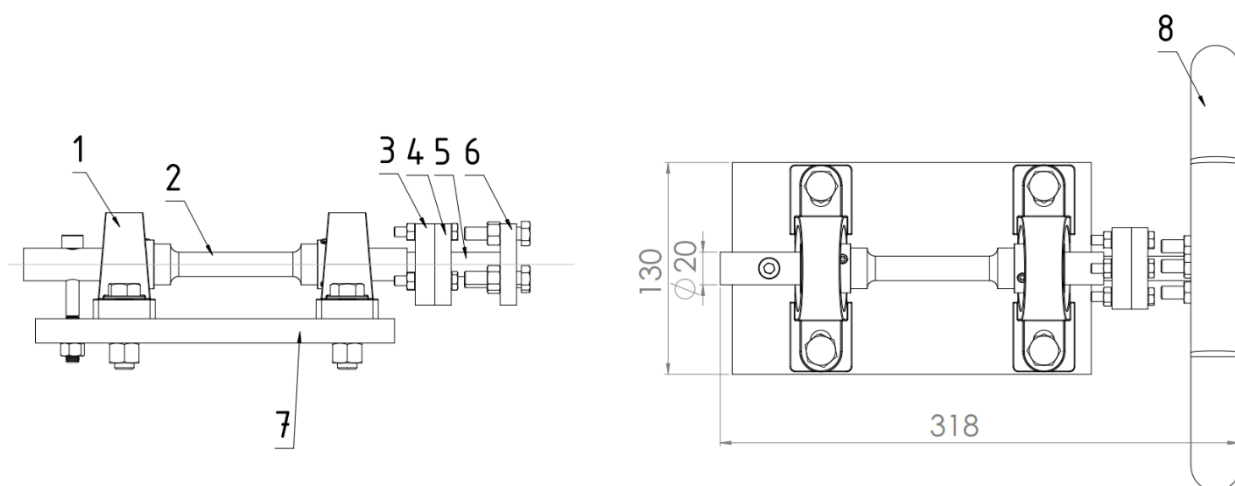
$$L_{cb} < L_{gh} - L_{kn} = 397 - 66 = 331 \text{ mm}$$

Chọn $L_{cb} = 318 \text{ mm}$.

và $d_{in} = d_{out} = 20\text{mm}$.

⇒ Chọn ổ đỡ bi đường kính lỗ M20.

4.2.3. Kết quả

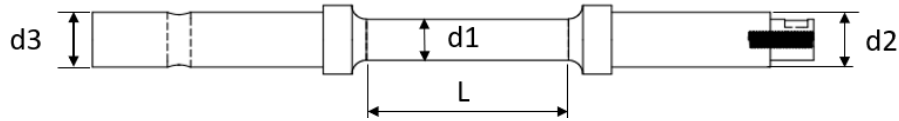


Hình 4.4: Sơ đồ bố trí chung cụm cảm biến momen xoắn

1. Ổ đỡ bi; 2. Cụm thanh xoắn; 3. Mặt bích 1; 4. Mặt bích 2; 5. Trục nối; 6. Mặt bích 3;
7. Bệ đỡ; 8. Vô lăng

Chương 5. Thiết kế kỹ thuật

5.1. Thiết kế cụm thanh xoắn



Hình 5.1: Kết cấu cụm thanh xoắn

d_1 : đường kính thanh xoắn; d_2 : đường kính trục đầu vào; d_3 : đường kính trục đầu ra; L : chiều dài thanh xoắn

5.1.1. Thiết kế thanh xoắn

a. Tính toán đường kính

Vật liệu thanh xoắn: thép C45

❖ Xét yêu cầu thiết kế, hệ số an toàn $a = 2,5$ và momen truyền $M = 10\text{Nm} = 10000\text{ Nmm}$.

$$\Rightarrow M_{\max} = M \cdot 2,5 = 10000 \cdot 2,5 = 25000\text{ Nmm}.$$

Ứng suất uốn cho phép: $[\sigma] = 80\text{ MPa}$ (trục có góc lượn).

Ta chọn ứng suất xoắn cho phép: $[\tau] = 0,5 \cdot [\sigma] = 0,5 \cdot 80 = 40\text{ MPa}$.

Momen chống xoắn thanh xoắn: $W_o = 0,2 \cdot d_1^3$ (trục đặc)

Ứng suất tiếp cực đại:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_o} = \frac{M_{\max}}{0,2 \cdot d_1^3} \leq [\tau]$$

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{5 \cdot M_{\max}}{[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 25000}{40}} = 14,62\text{ mm}.$$

\Rightarrow Chọn $d_1 = 15$ đảm bảo độ bền theo hệ số an toàn đã đặt ra.

b. Tính toán chiều dài

- Chọn góc xoắn $\varphi = 0,1$ độ tương ứng momen truyền $M = 10\text{Nm}$.

- Khi xoắn thuần túy thanh mặt cắt ngang hình tròn, góc xoắn tương đối giữa hai mặt cắt ngang A, B cách nhau khoảng L:

$$\varphi = \frac{M \cdot L}{G \cdot I_p} \text{ với } I_p = \frac{\pi d_0^4}{32} \text{ (momen quán tính cực của mặt cắt ngang trục đặc)}$$

$$G = 81000 \text{ N/mm}^2 \text{ (modun đàn hồi trượt của thép)}$$

→ Chiều dài thanh xoắn:

$$L = \frac{\varphi \cdot G \cdot I_p}{M} = \frac{\varphi \cdot G \cdot \frac{\pi d_0^4}{32}}{M} = \frac{0,1 \cdot \pi \cdot 81000 \cdot \frac{\pi 15^4}{32}}{10000} \approx 70 \text{ mm}$$

Vậy chiều dài thanh xoắn là 70 mm.

5.1.2. Tính toán trục đầu vào, trục đầu ra

- Tính toán đường kính trục đầu vào và đầu ra $d_2 = d_3 = d'$

- Vật liệu: thép C45.

- ❖ Xét yêu cầu thiết kế, hệ số an toàn $a = 2,5$ và momen truyền $M = 10 \text{ Nm} = 10000 \text{ Nmm}$.

$$\Rightarrow M_{max} = M \cdot 2,5 = 10000 \cdot 2,5 = 25000 \text{ Nmm}.$$

Ứng suất uốn cho phép: $[\sigma] = 90 \text{ MPa}$ (chi tiết lắp lên trục với độ dốc không lớn).

Ta chọn ứng suất xoắn cho phép: $[\tau] = 0,5 \cdot [\sigma] = 0,5 \cdot 90 = 45 \text{ MPa}$.

Momen chống xoắn lên trục: $W_o = 0,2 \cdot d'^3$ (trục đặc)

Ứng suất tiếp cực đại:

$$\tau_{max} = \frac{M_{max}}{W_o} = \frac{M_{max}}{0,2 \cdot d_1^3} \leq [\tau]$$

$$d' \geq \sqrt[3]{\frac{5 \cdot M_{max}}{[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 25000}{45}} = 14,06 \text{ mm}$$

⇒ Chọn $d_2 = d_3 = 15 \text{ mm}$ đảm bảo độ bền theo hệ số an toàn đã đặt ra.

- Chọn dung sai lắp ghép: H7/k6 (TCVN 2245-99)

- + Dung sai lỗ: H7
- + Dung sai trục: k6

Sai lệch tính theo micromet

Kích thước danh nghĩa (mm)		j				k					
Trên	Đến và bao gồm	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8
–	3	± 2	+ 4 – 2	+ 6 – 4	+ 8 – 6	+ 2 0	+ 3 0	+ 4 0	+ 6 0	+ 10 0	+ 14 0
3	6	+ 3 – 2	+ 6 – 2	+ 8 – 4		+ 3 0	+ 5 + 1	+ 6 + 1	+ 9 + 1	+ 13 + 1	+ 18 0
6	10	+ 4 – 2	+ 7 – 2	+ 10 – 5		+ 3 0	+ 5 + 1	+ 7 + 1	+ 10 + 1	+ 16 + 1	+ 22 0
10	18	+ 5 – 3	+ 8 – 3	+ 12 – 6		+ 3 0	+ 6 + 1	+ 9 + 1	+ 12 + 1	+ 19 + 1	+ 27 0
18	30	+ 5 – 4	+ 9 – 4	+ 13 – 8		+ 4 0	+ 8 + 2	+ 11 + 2	+ 15 + 2	+ 23 + 2	+ 33 0

Bảng 5.1: Sai lệch giới hạn trục j, k, m và n (TCVN 2245-99)

❖ d = 15 mm (trong khoảng 10-18mm)

- Sai lệch trên trục: + 0,012 mm
- Sai lệch dưới trục: + 0,001 mm

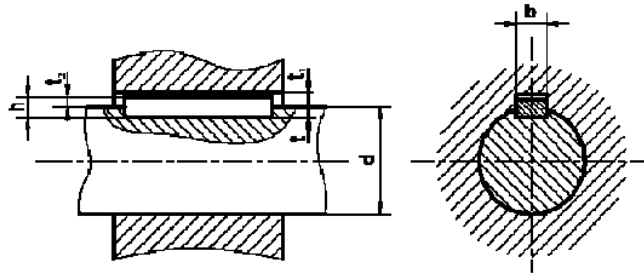
5.1.3. Tính toán then bằng

a. Công dụng:

Ghép bằng then bằng dùng để truyền momen giữa mặt bích 1 và cụm thanh xoắn.

b. Chọn kích thước then bằng và vẽ 3D

- Theo TCVN 2261-77 và 4218-86:



Đường kính trục d , mm	Kích thước then		Chiều sâu rãnh then và bán kính góc lượn			
	b	h	Trục t_1	Mayơ t_2	r (hoặc mép vát $S_1 \times 45^\circ$)	
					Nhỏ nhất	Lớn nhất
6...8	2	2	1,2	1	0,08	0,16
8...10	3	3	1,8	1,4		
10...12	4	4	2,5	1,8		
12...17	5	5	3,0	2,3	0,16	0,25
17...22	6	6	3,5	2,8		
22...30	8	7	4,0	3,3		
30...38	10	8	5,0	3,3	0,25	0,4
38...44	12	8	5,0	3,3		
44...50	14	9	5,5	3,8		
50...58	16	10	6,0	4,3		
58...65	18	11	7,0	4,4		
65...75	20	12	7,5	4,9	0,4	0,6
75...85	22	14	9,0	5,4		
85...95	25	14	9,0	5,4		
95...110	28	16	10	6,4		

Bảng 5.2: Kích thước then bằng

Chọn kích thước theo đường kính trục đầu vào cụm thanh xoắn $d_2 = 15\text{mm}$:

$$\begin{cases} b = h = 5 \text{ mm} \\ t_1 = 3 \text{ mm} \\ t_2 = 2,3 \text{ mm} \\ L = 8 \text{ mm} \end{cases}$$

c. Chọn kiểu lắp then

- Mối ghép bình thường bạc cô định trên trục:
 - + Lắp cô định trên trục và lắp chặt rãnh trục có độ dôi nhỏ : JS9/h9.
 - + Then lắp có độ dôi lớn với trục lắp: N9/h9.

Yếu tố lắp ghép	Miền dung sai kích thước b					
	Mối ghép bạc xê dịch tự do		Mối ghép bình thường		Mối ghép chắc (độ dôi lớn)	
	Trên bạc	Trên trục	Trên bạc	Trên trục	Trên bạc	Trên trục
	Rãnh	D10	H9	JS9	N9	P9
Then	h9					

Bảng 5.3: Miền dung sai kích thước lắp ghép b của mối ghép then bằng

d. Chọn dung sai lắp ghép

- ✓ Miền dung sai của then kích thước b là h9
- ✓ Miền dung sai của rãnh trục là N9
- ✓ Miền dung sai kích thước b của rãnh bạc là JS9

Kích thước danh nghĩa (mm)		JS								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Trên	Đến và bao gồm	Sai lệch theo μm								
–	3	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$	± 1	$\pm 1,5$	± 2	± 3	± 5	± 7	$\pm 12,5$
3	6	$\pm 0,5$	$\pm 0,75$	$\pm 1,25$	± 2	$\pm 2,5$	± 4	± 6	± 9	± 15
6	10	$\pm 0,5$	$\pm 0,75$	$\pm 1,25$	± 2	± 3	$\pm 4,5$	$\pm 7,5$	± 11	± 18
10	18	$\pm 0,6$	± 1	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	± 4	$\pm 5,5$	± 9	$\pm 13,5$	$\pm 21,5$
18	30	$\pm 0,75$	$\pm 1,25$	± 2	± 3	$\pm 4,5$	$\pm 6,5$	$\pm 10,5$	$\pm 16,5$	± 26
30	50	$\pm 0,75$	$\pm 1,25$	± 2	$\pm 3,5$	$\pm 5,5$	± 8	$\pm 12,5$	$\pm 19,5$	± 31
50	80	± 1	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	± 4	$\pm 6,5$	$\pm 9,5$	± 15	± 23	± 37

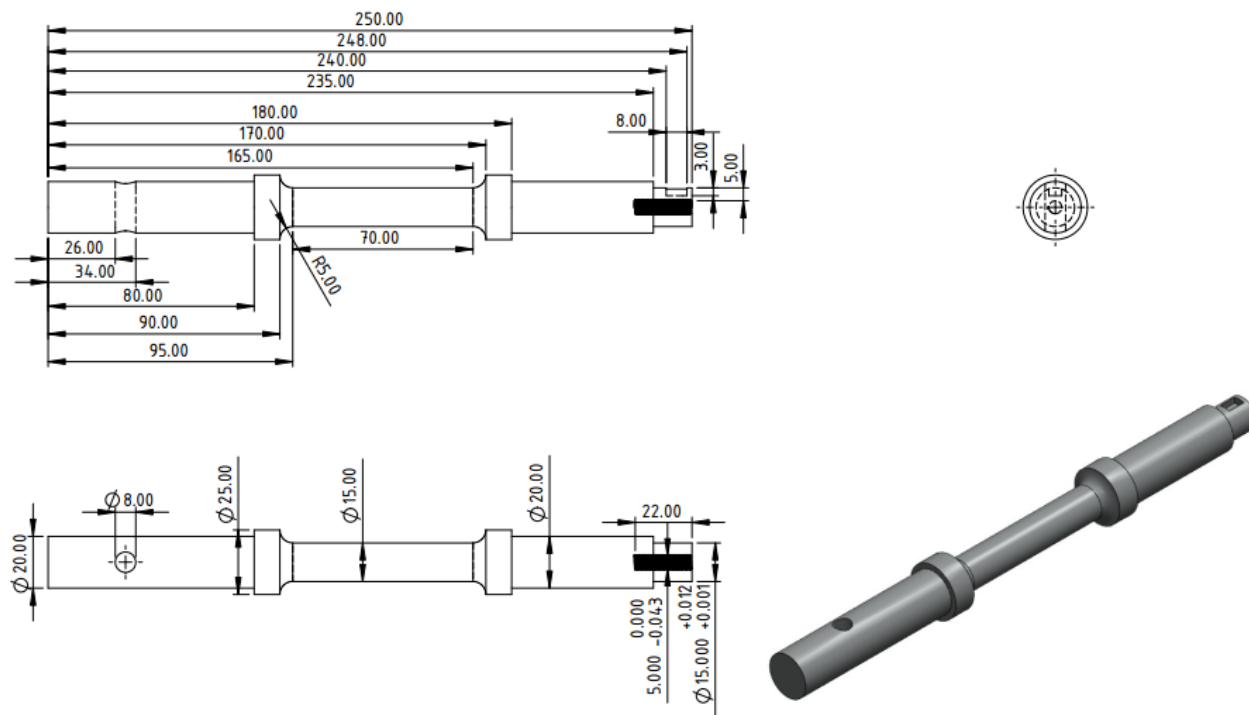
Bảng 5.4: Sai lệch giới hạn của lỗ JS (TCVN 2245 – 99)

Trị số sai lệch cơ bản tính bằng micromet

Kích thước danh nghĩa (mm)		M			N								
Trên	Đến và bao gồm	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	11
–	3	– 2 – 16	– 2 – 27	– 2 – 42	– 4 – 6	– 4 – 7	– 4 – 8	– 4 – 10	– 4 – 14	– 4 – 18	– 4 – 29	– 4 – 44	– 4 – 64
3	6	+ 2 – 16	– 4 – 34	– 4 – 52	– 7 – 9,5	– 6,5 – 10,5	– 7 – 12	– 5 – 13	– 4 – 16	– 2 – 20	0 – 30	0 – 48	0 – 75
6	10	+ 1 – 21	– 6 – 42	– 6 – 64	– 9 – 11,5	– 8,5 – 12,5	– 8 – 14	– 7 – 16	– 4 – 19	– 3 – 25	0 – 36	0 – 58	0 – 90
10	18	+ 2 – 25	– 7 – 50	– 7 – 77	– 11 – 44	– 10 – 15	– 9 – 17	– 9 – 20	– 5 – 23	– 3 – 30	0 – 43	0 – 70	0 – 110
18	30	+ 4 – 29	– 8 – 60	– 8 – 92	– 13,5 – 17,5	– 13 – 19	– 12 – 21	– 11 – 24	– 7 – 28	– 3 – 36	0 – 52	0 – 84	0 – 130

Bảng 5.5: Sai lệch giới hạn của lỗ M, N (TCVN 2245 – 99)

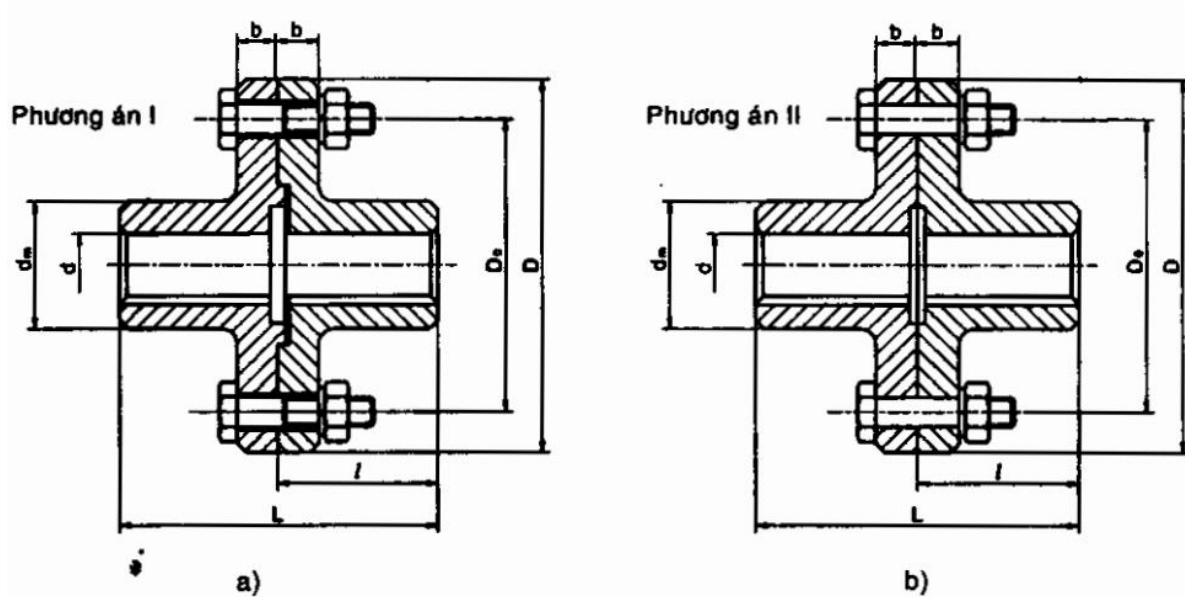
5.1.4. Kết quả



Hình 5.2: Bản vẽ chi tiết cụm thanh xoắn

5.2. Thiết kế cụm mặt bích

5.2.1. Chọn phương án thiết kế nối mặt bích 1 và mặt bích 2



Hình 5.3: Phương án nối trực đĩa

a) Phương án 1: Bulong được lắp có khe hở

b) Phương án 2: Bulong được lắp không khe hở

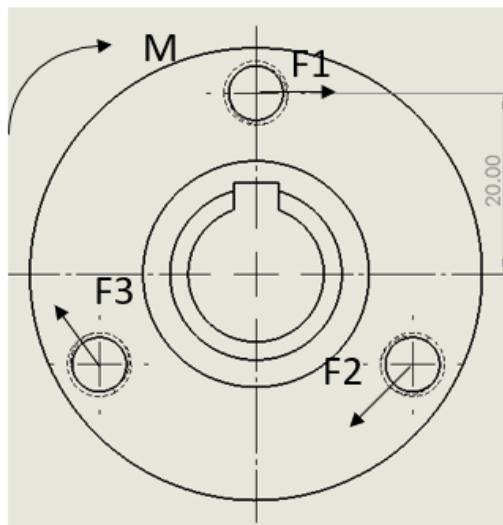
	Phương án 1	Phương án 2
Đặc điểm	<ul style="list-style-type: none"> - Momen xoắn truyền qua 2 đĩa nhờ lực ma sát sinh ra trên bề mặt ghép 2 đĩa do lực xiết các bulong gây nên. - Không cần phải gia công chính xác lỗ, đường kính bulông lớn hơn. 	<ul style="list-style-type: none"> - Momen xoắn truyền trực tiếp qua bulong, bulong chịu ứng suất cắt và ứng suất đập. - Cần phải gia công chính xác lỗ, đường kính bulông nhỏ hơn - Dùng bulong ren lửng để lắp ghép

Bảng 5.6: Đặc điểm 2 phương án nối mặt bích

❖ **Nhận xét:**

Chọn thiết kế kiểu mặt bích theo phương án 2 (bulong được lắp không khe hở) vì mô hình có momen xoắn cần truyền trực tiếp qua bulong, giảm tối đa lực ma sát lên mặt tiếp xúc 2 mặt bích đảm bảo yêu cầu về an toàn hệ thống.

5.2.2. Thiết kế mặt bích 1 và mặt bích 2



Hình 5.4: Biểu diễn momen và lực tác dụng lên mặt bích 1

a. Tính toán chọn bulong

Yêu cầu đặt ra: vị trí lắp bulong đảm bảo hệ số an toàn hệ thống $a = 2,5$ và momen truyền $M = 10\text{Nm}$.

$$M_{max} = 25000\text{Nmm}.$$

Nhận xét: Bulong 1,2,3 chịu lực như nhau do cùng khoảng cách tâm.

$$r_1 = r_2 = r_3 = 20 \text{ mm}$$

$$F_1 = F_2 = F_3 = \frac{M_{max} \cdot r_1}{\sum_1^3 r_i^2} = \frac{25000 \cdot 20}{3 \cdot 20^2} = 416,67 \text{ N}$$

Ứng suất kéo cho phép $[\sigma_k] = 60 \text{ Mpa}$ (thép C45)

Ứng suất chảy cho phép $[\sigma_{ch}] = 360 \text{ MPa}$

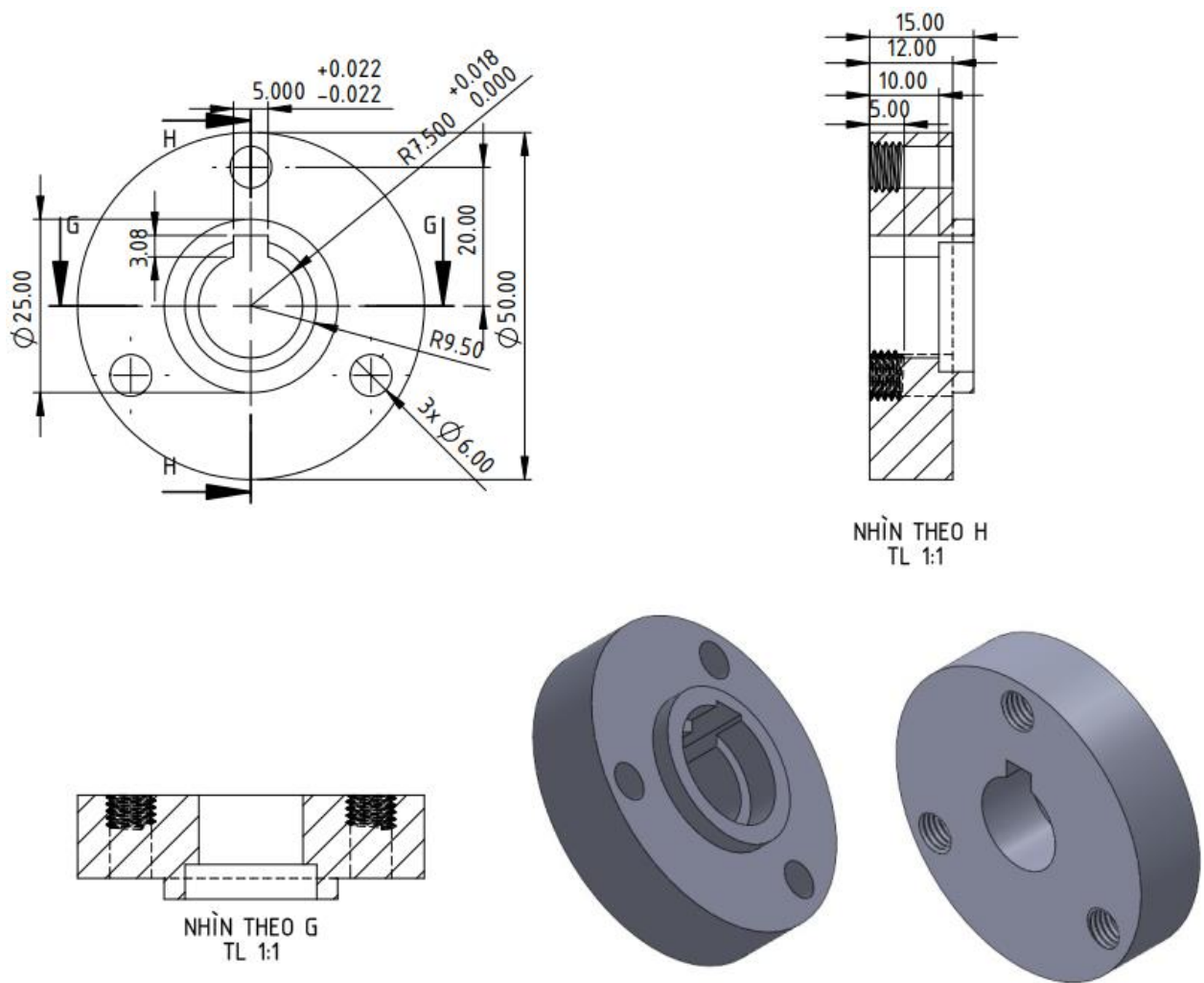
Ứng suất cắt cho phép $[\tau_c] = 0,3 \cdot 360 = 108 \text{ MPa}$ (tải trọng thay đổi)

Đường kính thân ren do

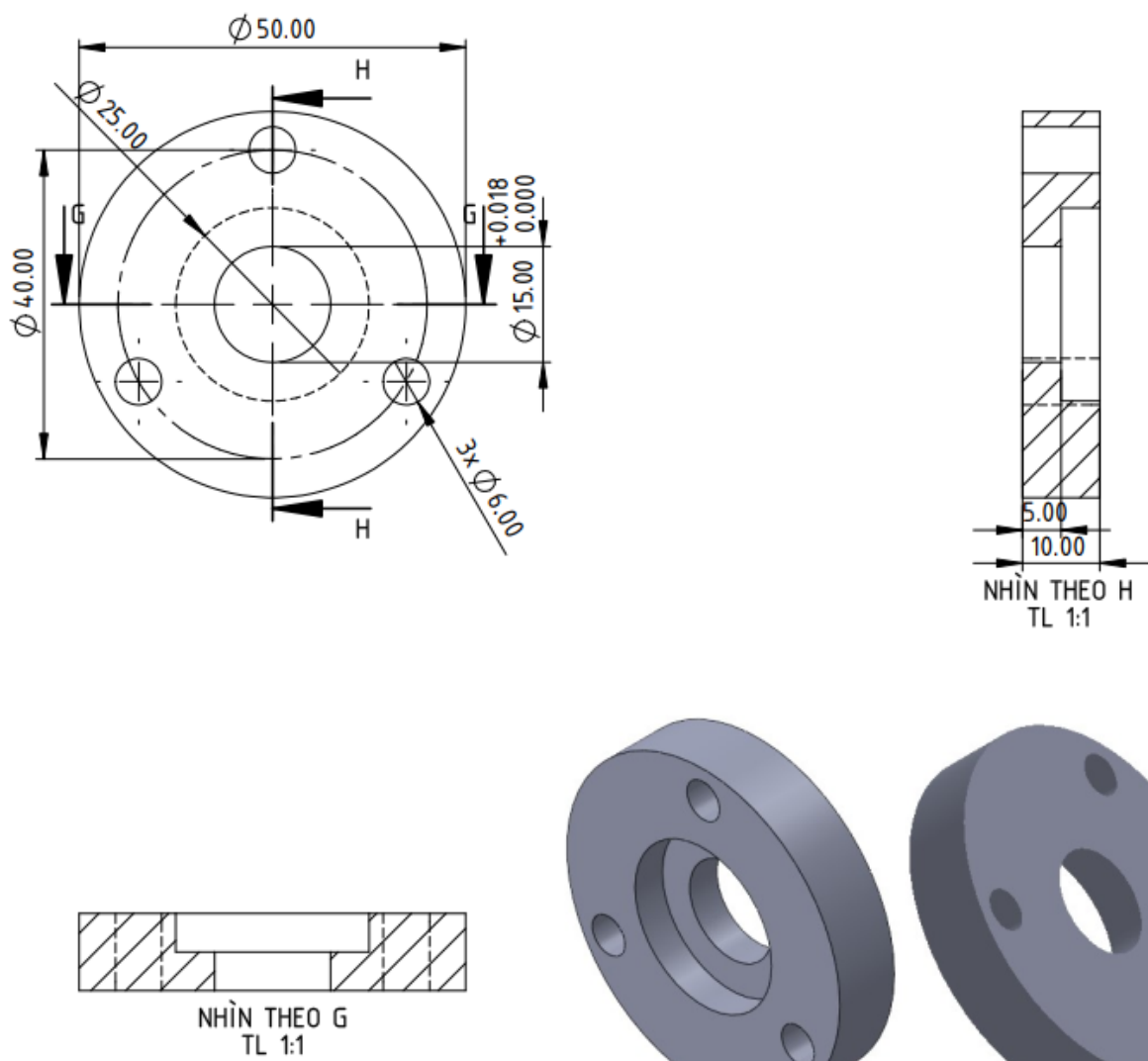
$$d_o \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_c}{\pi \cdot [\tau_c]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 416,67}{\pi \cdot 108}} = 2,22 \text{ mm}$$

Chọn bulong ren lửng M6, chiều dài $L = 35 \text{ mm}$

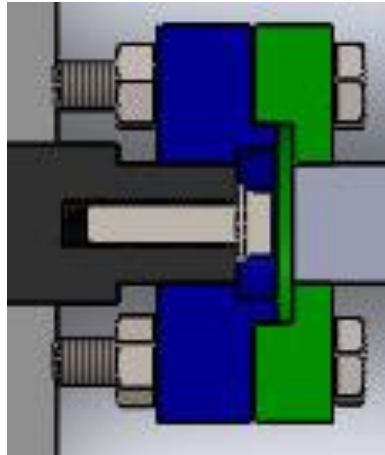
b. Kết quả



Hình 5.5: Bản vẽ chi tiết mặt bích 1



Hình 5.6: Bản vẽ chi tiết mặt bích 2



Hình 5.7: Mặt cắt vị trí ghép nối mặt bích 1 và 2

❖ Dung sai lắp ghép lỗ H7

Kích thước danh nghĩa (mm)		H										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Trên	Đến và bao gồm	Sai lệch theo μm										
–	3	+0,8 0	+1,2 0	+2 0	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0
3	6	+1 0	+1,5 0	2,5 0	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0
6	10	+1 0	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0
10	18	+1,2 0	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0
18	30	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0
30	50	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0

Bảng 5.7: Sai lệch giới hạn của lỗ (TCVN 2245-99)

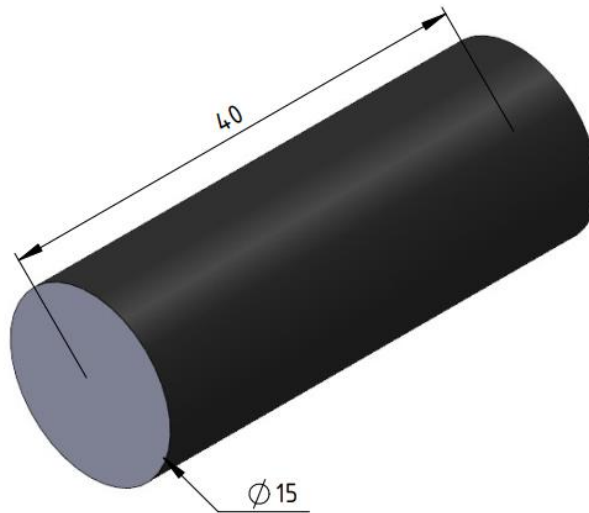
Với $d = 15 \text{ mm}$ (trong khoảng 10-18mm):

- Sai lệch trên trục: $+ 0,018 \text{ mm}$
- Sai lệch dưới trục: $+ 0 \text{ mm}$

5.2.3. Thiết kế trục nối

Chọn đường kính trục $d = 15 \text{ mm}$ (thỏa điều kiện bền hệ thống)

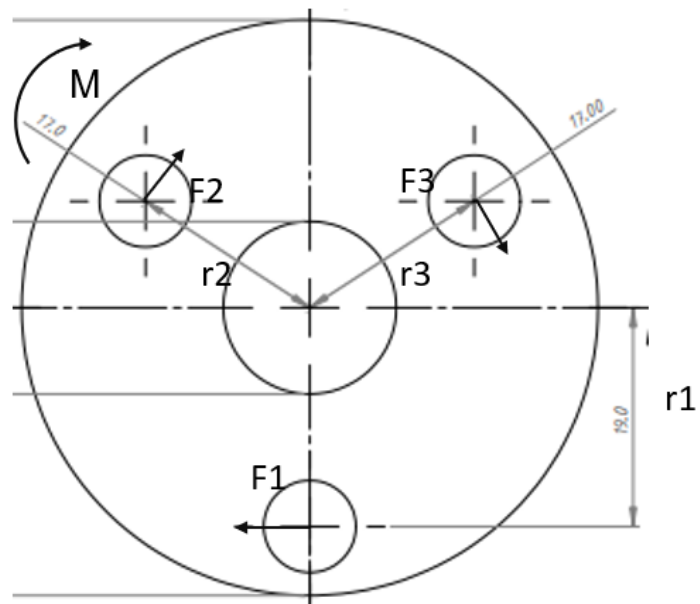
Chiều dài trục nối $L = 40 \text{ mm}$



Hình 5.8: Mô hình 3D trực nối

❖ Chọn dung sai lắp ghép trục: k6 (TCVN 2245-99)

5.2.4. Thiết kế mặt bích 3



Hình 5.9: Biểu diễn momen và lực tác dụng lên mặt bích 3

a. Tính toán chọn bulong

Yêu cầu đặt ra: vị trí lắp bulong đảm bảo hệ số an toàn hệ thống $a = 2,5$ và momen truyền $M = 10\text{Nm}$.

$$M_{max} = 25000 \text{ Nmm.}$$

$$r_1 = 19 \text{ mm}$$

$$r_2 = r_3 = 17 \text{ mm}$$

Nhận xét: Bulong 1 chịu lực lớn nhất do cùng khoảng cách tâm lớn nhất

⇒ Tính toán trên bulong 1

$$F_1 = \frac{M_{max} \cdot r_1}{\sum_1^3 r_i^2} = \frac{25000 \cdot 19}{2 \cdot 17^2 + 1 \cdot 19^2} = 505,86 \text{ N}$$

Ứng suất kéo cho phép $[\sigma_k] = 60 \text{ MPa}$ (thép C45)

Ứng suất chảy cho phép $[\sigma_h] = 360 \text{ MPa}$

Ứng suất cắt cho phép $[\tau_c] = 0,3 \cdot 360 = 108 \text{ MPa}$ (tải trọng thay đổi)

Đường kính thân ren

$$d_o \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_c}{\pi \cdot [\tau_c]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 505,86}{\pi \cdot 108}} = 2,44 \text{ mm}$$

Theo lỗ có sẵn trên vỏ lăng có đường kính $d = 8 \text{ mm}$ (thỏa điều kiện)

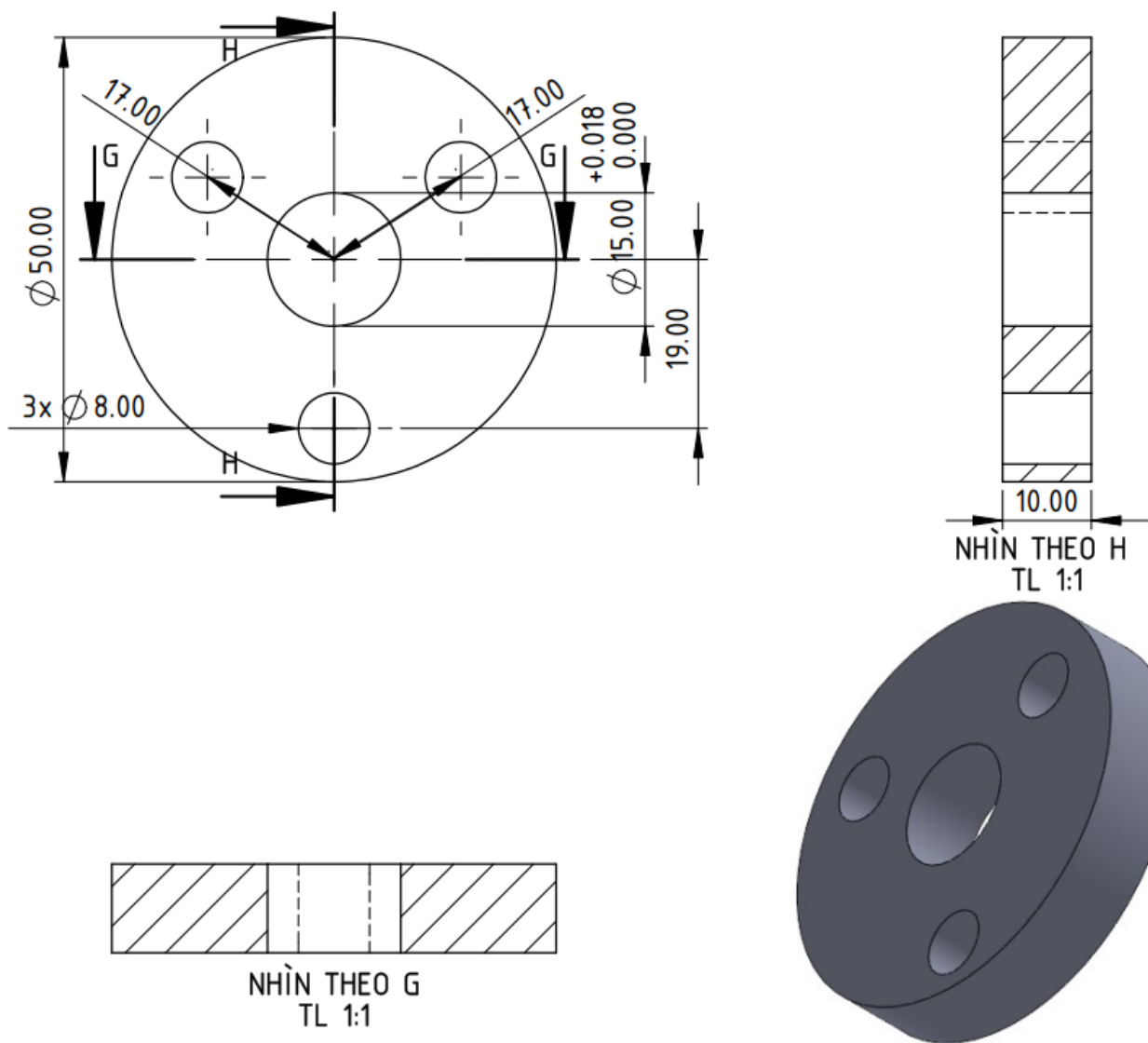
⇒ **Chọn bulong ren lửng M8**

❖ Dung sai lắp ghép lỗ H7

Với $d = 15 \text{ mm}$ (trong khoảng 10-18mm)

- Sai lệch trên trục: $+ 0,018 \text{ mm}$
- Sai lệch dưới trục: $+ 0 \text{ mm}$

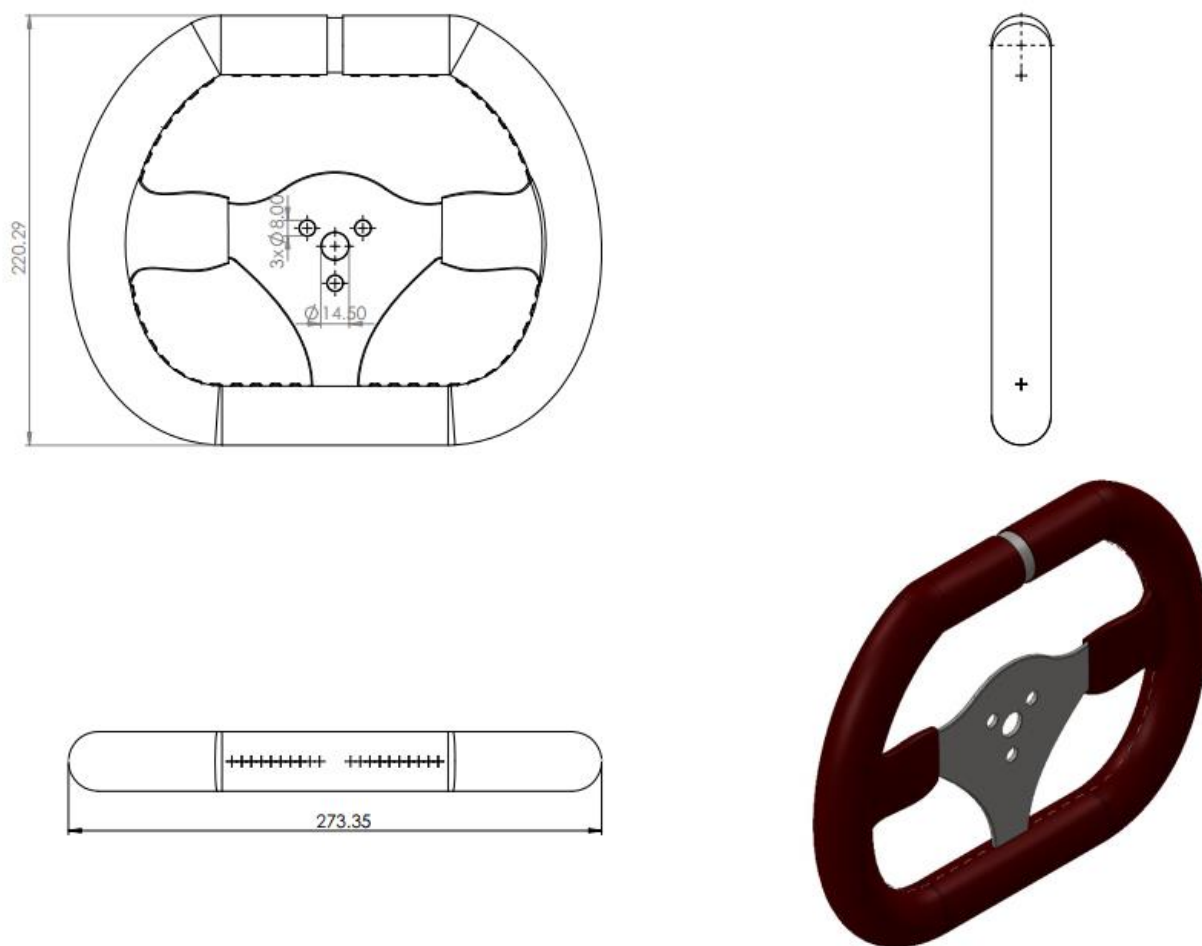
b. Kết quả



Hình 5.10: Bản vẽ chi tiết mặt bích 3

5.3. Đo và vẽ các chi tiết phụ

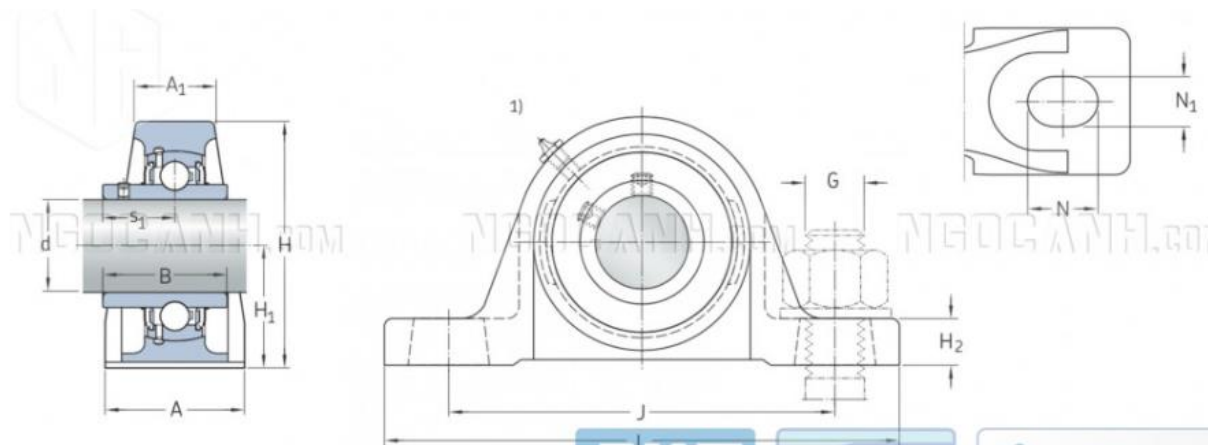
❖ Vô lăng



Hình 5.11: Bản vẽ vô lăng xe GO KART

❖ Gối bi đỡ

- Chọn gối đỡ bi UCP 204



Hình 5.12: Bản vẽ 2D gối đỡ bi UCP 204

Ký hiệu gối	Đường kính trục	Rộng chân	Dài trục bi	Cao tâm trục	Dày chân	Cao tổng	Tâm lỗ ốc	Dài chân	Lỗ ốc rộng	Lỗ ốc dài	Trọng lượng
UCP	D (mm)	A (mm)	B (mm)	H (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	J (mm)	L (mm)	N (mm)	N1 (mm)	Kg
UCP 204	20	34	31	33.3	13.5	64.5	95	127	13	18	0.6

Bảng 5.8: Thông số kích thước gối đỡ bi UCP 204



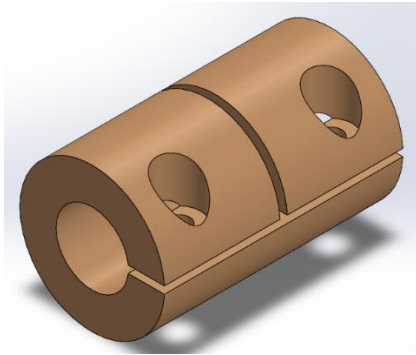
Hình 5.13: Mô hình 3D gối đỡ bi UCP 204

❖ Khớp nối mềm

- Chọn khớp nối mềm SRJ-40C

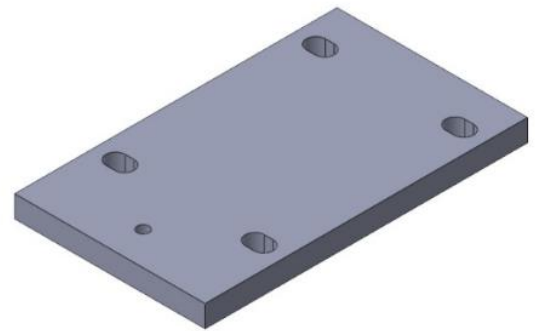
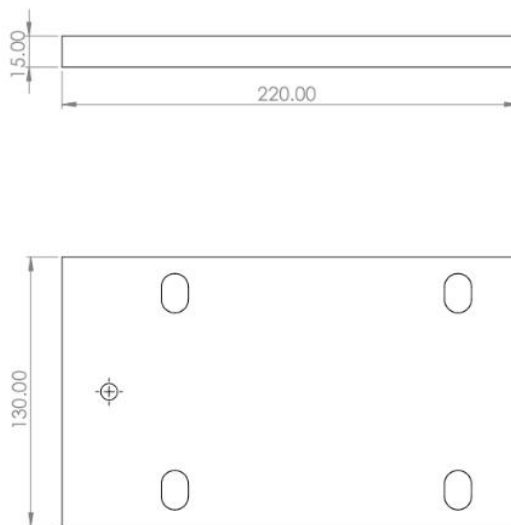


Hình 5.14: Gối đỡ bi UCP 204 thực tế



Hình 5.15: Mô hình 3D gối đỡ bi UCP 204

❖ **Bộ đỡ**



Hình 5.16: Mô hình 2D và 3D bộ đỡ

5.4. Thiết kế bộ đo biến dạng bằng strain gauge

❖ **Mục tiêu:**

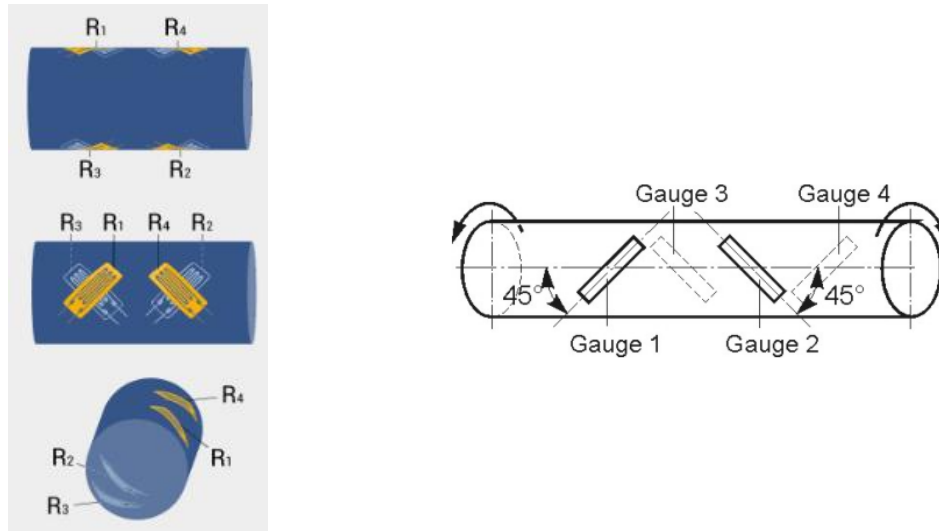
- Độ lớn tín hiệu điện áp thay đổi tuyến tính theo momen xoắn.s

❖ **Đặc điểm:**

- Độ lớn ứng suất tiếp tại mặt cắt ngang trên thanh biến đều như nhau. Vì vậy, mọi điểm trên thanh xoắn biến dạng như nhau.

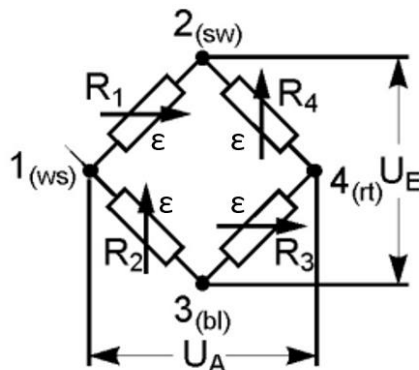
❖ **Phương pháp:**

- Chọn 4 strain gauge giống nhau (có điện trở ban đầu bằng nhau và hệ số thay đổi điện trở như nhau).
- Bố trí cặp strain gauge 1 và 3 đối xứng qua trục dọc và chiều dọc điện trở lệch trục dọc thành xoắn 45 độ theo chiều xoắn cùng chiều kim đồng hồ.
- Bố trí cặp strain gauge 2 và 4 đối xứng qua trục dọc và chiều dọc điện trở lệch trục dọc thành xoắn 45 độ theo chiều xoắn ngược chiều kim đồng hồ).



Hình 5.17: Mô tả vị trí dán strain gauge trên thanh xoắn

- ⇒ Khi momen xoắn xuất hiện, một cặp strain gauge sẽ dãn ra (dãn theo chiều biến dạng xoắn), cặp strain gauge còn lại sẽ co lại (co theo chiều ngược chiều biến dạng xoắn).
- ⇒ Sự thay đổi điện trở theo biến dạng. Điện trở mỗi strain gauge trong từng cặp tăng thêm hoặc giảm bớt ΔR như nhau.



Hình 5.18: Mạch cầu Wheatstone

U_E : Điện áp nguồn (V)

U_A : Điện áp đầu ra (V)

R_1, R_2, R_3, R_4 : lần lượt là điện trở của 4 strain gauge (Ω)

$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$: hệ số tỉ lệ biến dạng chiều dài strain gauge

Ta có:
$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \frac{R_1 \cdot R_3 - R_2 \cdot R_4}{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)} \quad (1)$$

với $\frac{U_A}{U_E} = 0$ nếu $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_0$

Giả sử momen xoắn theo chiều cùng kim đồng hồ:

Ta có mối quan hệ tỉ lệ biến dạng điện trở theo chiều dài:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = k \cdot \frac{\Delta L}{L_0} = k \cdot \varepsilon \quad (\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}; \text{ hệ số } k = 2.1)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} R_1 = R_3 = R_0 + \Delta R \\ R_2 = R_4 = R_0 - \Delta R \end{cases} \quad (2) \quad (\Delta R > 0)$$

Từ (1) và (2):

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{(R_0 + \Delta R)^2 - (R_0 - \Delta R)^2}{2R_0 \cdot 2R_0} = \frac{4R_0 \Delta R}{4R_0^2} = \frac{\Delta R}{R_0}$$

Vậy điện áp đầu ra bằng $U_A = \frac{\Delta R}{R_0} \cdot U_E = k \cdot \varepsilon \cdot U_E$

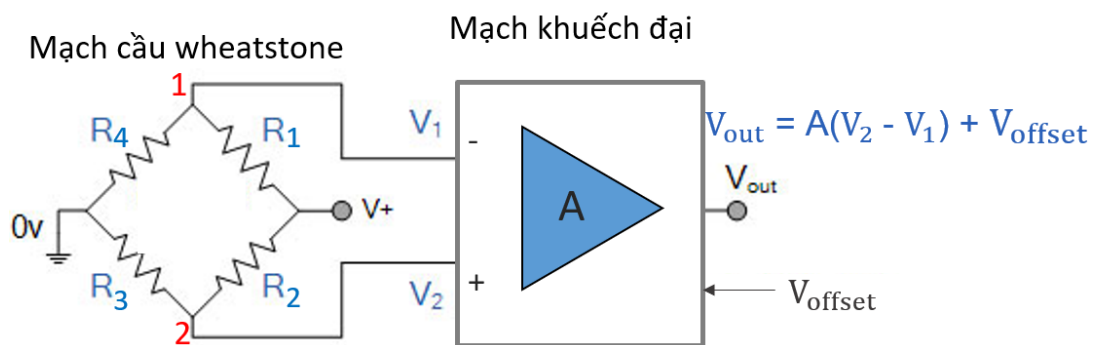
❖ Kết luận: tín hiệu điện áp đầu ra thay đổi tuyến tính theo phương trình:

$$U_A = k \cdot U_E \cdot \varepsilon$$

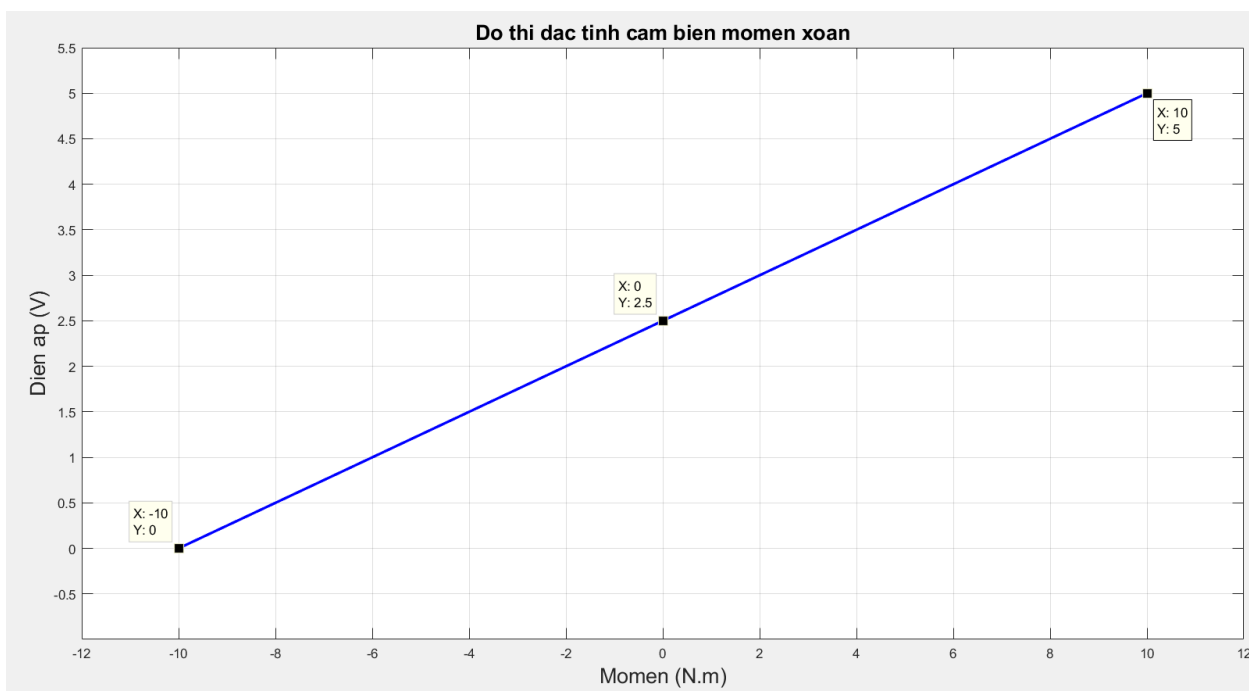


Hình 5.19: Mô phỏng vị trí dán strain gauge 1 hướng nhìn

❖ Điện áp tín hiệu sau khi khuếch đại:



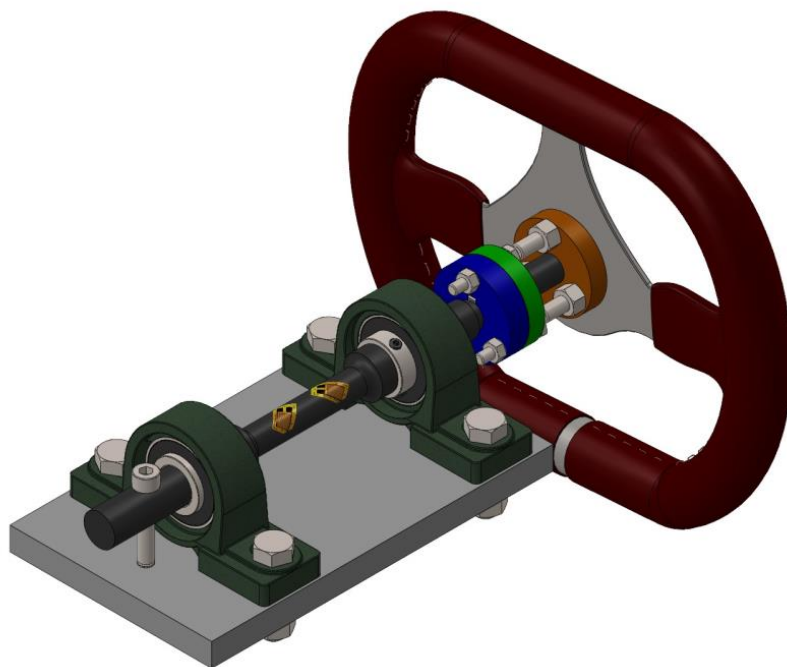
Hình 5.20: Sơ đồ nguyên lý mạch đo biến dạng bằng strain gauge



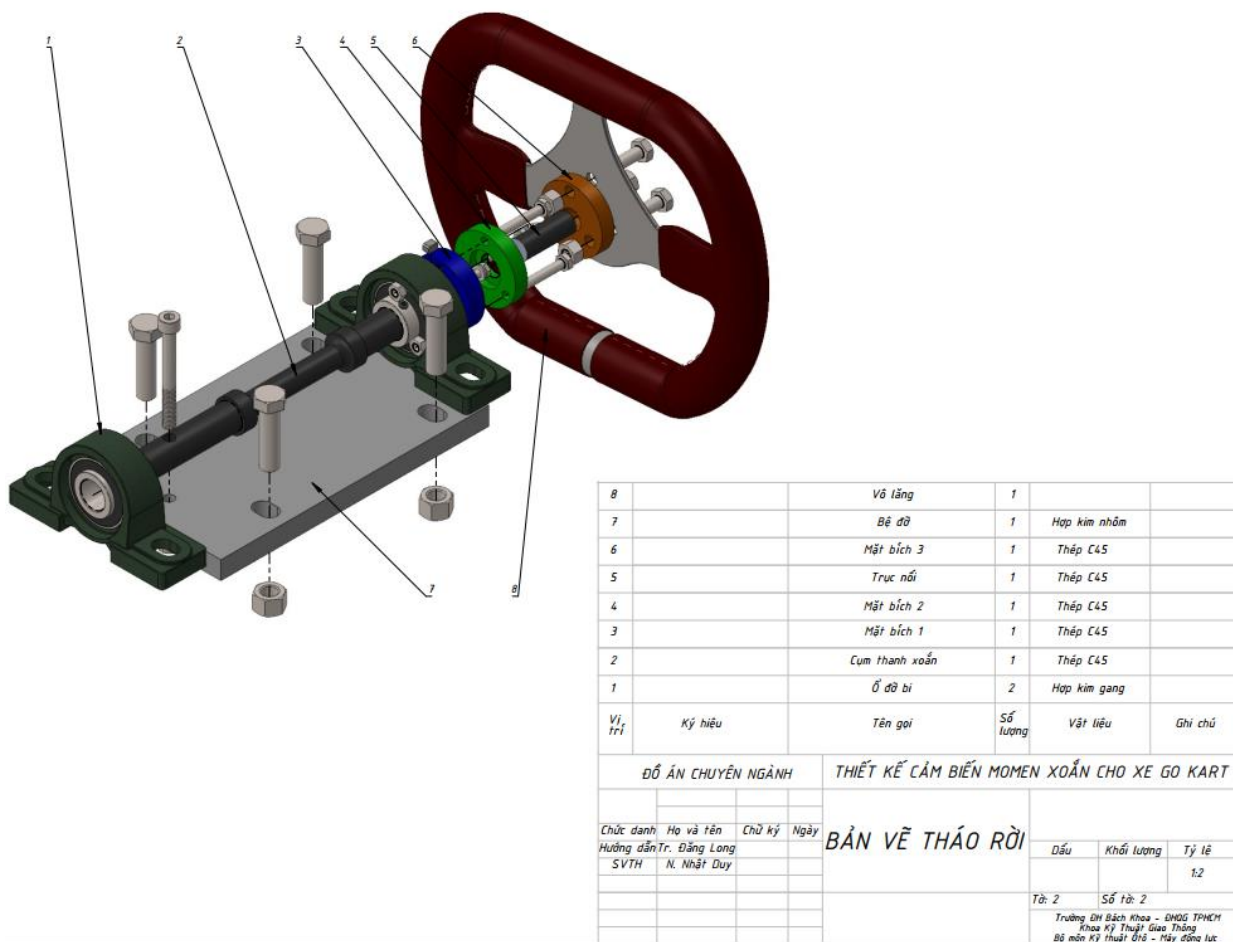
Hình 5.21: Đồ thị đặc tính cảm biến momen xoắn kiểu strain gauge (minh họa)

Chương 6. Kết luận

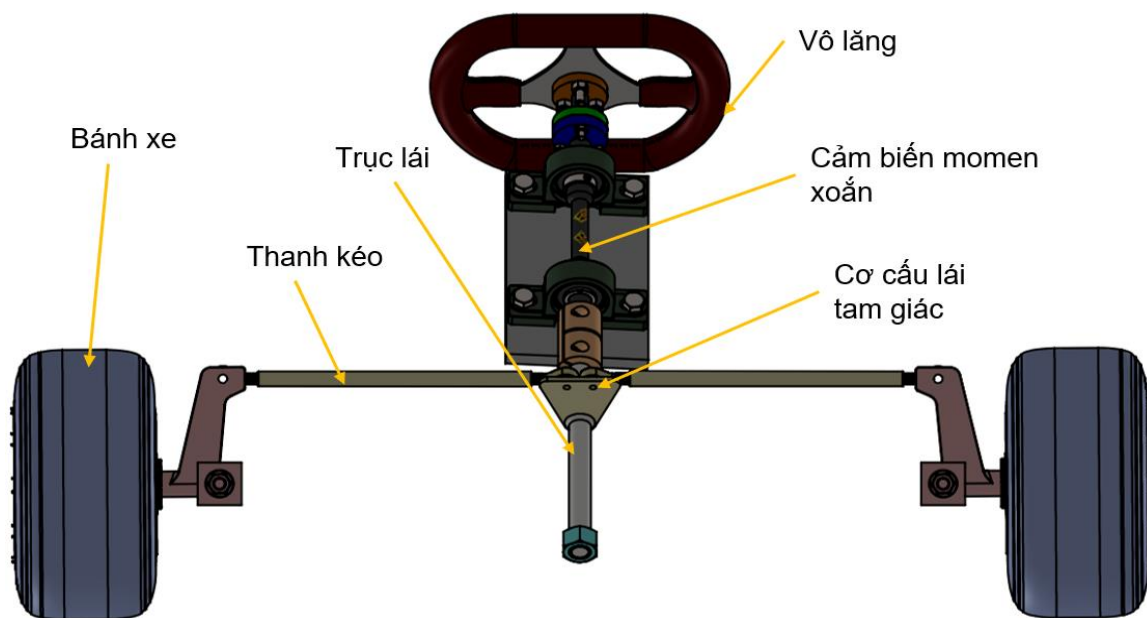
6.1. Kết quả đạt được



Hình 6.1: Mô hình 3D cụm cảm biến momen xoắn cho xe Go Kart



Hình 6.2: Bản vẽ tháo rời cụm cảm biến momen xoắn cho xe GO KART



Hình 6.3: Mô hình 3D hệ thống lái xe Go Kart khi lắp cảm biến momen xoắn

6.2. Đánh giá và hướng phát triển

a. Đánh giá

Cụm cảm biến momen xoắn cho xe GO KART đã thỏa mãn yêu cầu thiết kế và nội dung đã đặt ra.

- **Yêu cầu chức năng:**

- Tầm đo: $\pm 10\text{Nm}$.
- Dễ tháo lắp, vận hành, bảo trì, bảo dưỡng, sửa chữa.
- Phù hợp với công nghệ gia công chế tạo trong nước.

- **Yêu cầu hiệu suất, hiệu quả, độ bền:**

- Hệ số an toàn hệ thống $a = 2,5$.
- Cảm biến đảm bảo được độ bền, chịu lực tốt khi lắp vào xe.
- Thỏa mãn về dung sai lắp ghép TCVN 2261-77 và 4218-86; TCVN 2256-99.

b. Hướng phát triển

☐ **Phần cơ khí:**

- ✓ Chế tạo, thử nghiệm cụm cảm biến.

☐ **Phần điện:**

- ✓ Tạo nhiều dạng tín hiệu: analog output, serial, CAN, LIN.
- ✓ Đọc, xử lý tín hiệu và tạo giao diện GUI hiển thị tín hiệu.

Tài liệu tham khảo

- [1] PGS. TS. Trịnh Chất, TS. Lê Văn Uyển. Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí (tập một) – Nhà máy xuất bản Giáo Dục.
- [2] PGS. TS. Trịnh Chất, TS. Lê Văn Uyển. Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí (tập hai) – Nhà máy xuất bản Giáo Dục.
- [3] Ts. Liêu Xuân Quý. Chương 9: Xoắn thuần túy.
- [4] Lê Vũ Quốc Tuấn, Phạm Lý Minh Tuấn, Nguyễn Thanh Tùng, Trần Nguyễn Quang Trí. Luận văn tốt nghiệp “Thiết kế xe điện Go Kart”.
- [5] Karl Hoffmann. Applying Wheatstone Bridge Circuit.
- [6] The Wheatstone Bridge Circuit, truy cập từ
<https://www.hbm.com/en/7163/wheatstone-bridge-circuit/>
- [7] Manfred Harrer, Peter Pfeffer. Steering Handbook.
- [8] Konrad Reif. Automotive Mechatronics-Bosh Professional Automotive Information.
- [9] Quỹ Thời báo Kinh tế Sài Gòn, Ủy ban Tương trợ người Việt Nam tại CHLB Đức. Chuyên ngành Kỹ thuật Ô tô và Xe máy hiện đại.
- [10] Lê Hoàng Lâm. Bảng tra dung sai lắp ghép- Bộ Công Thương _Trường Cao Đẳng Kỹ thuật Cao Thắng_Bộ môn Cơ Khí.