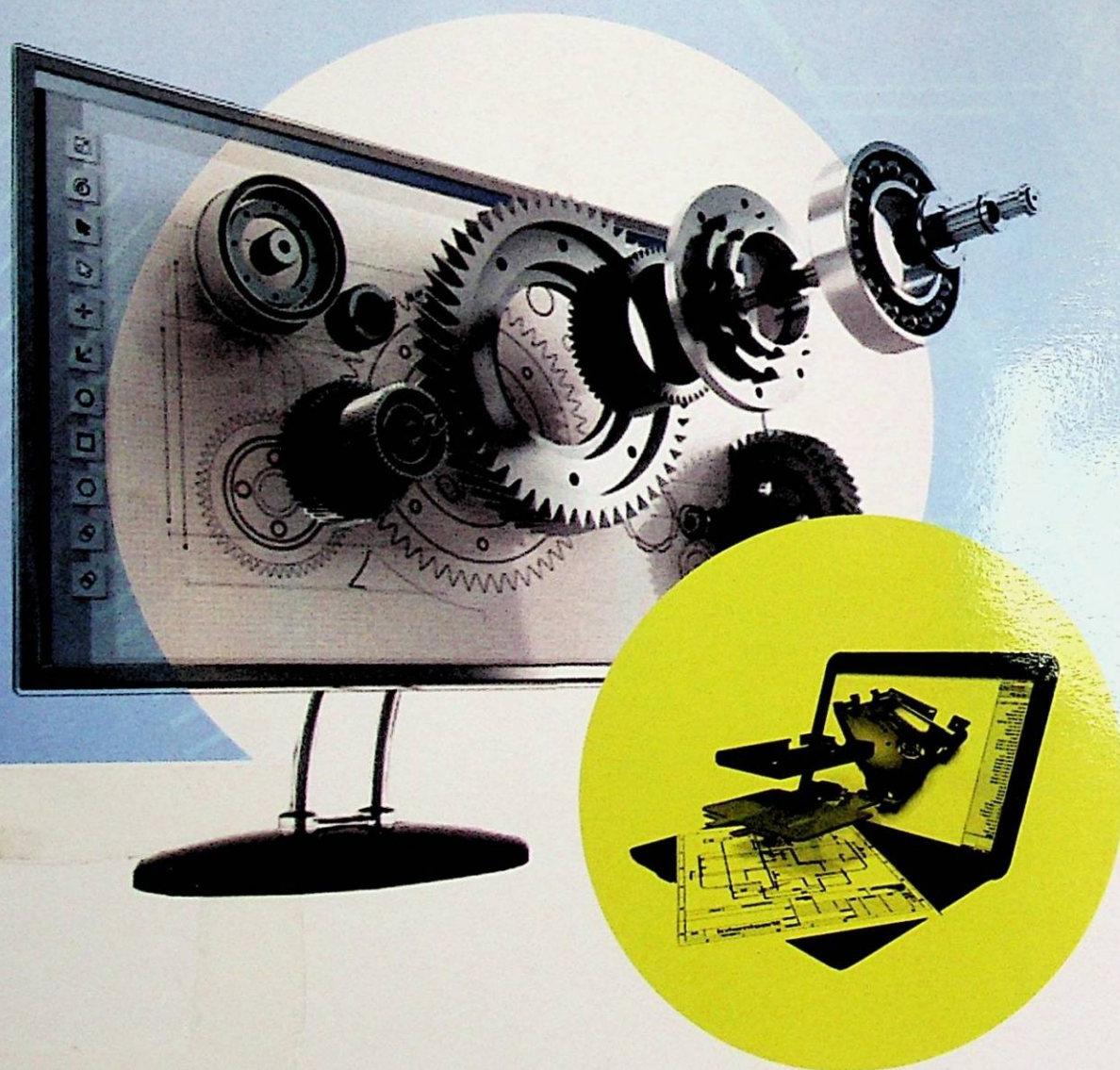


TRƯỜNG ĐẠI HỌC LÂM NGHIỆP  
TS. TRẦN VĂN TÙNG

# GIÁO TRÌNH THIẾT KẾ CƠ SỰ TRỢ GIÚP CỦA MÁY TÍNH



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TS. TRẦN VĂN TÙNG

# GIÁO TRÌNH THIẾT KẾ CÓ SỰ TRỢ GIÚP CỦA MÁY TÍNH



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT





# THƯ VIỆN

## TRƯỜNG ĐẠI HỌC LÂM NGHIỆP

# MỤC LỤC

Mục lục .....	3
Lời mở đầu .....	7

## Chương 1

### **KHÁI QUÁT VỀ TRỢ GIÚP MÁY TÍNH TRONG THIẾT KẾ CƠ KHÍ**

1.1. Chức năng cơ bản của CAD .....	9
1.2. Trợ giúp của máy tính trong xây dựng các mô hình hình học .....	10
1.3. Trợ giúp của máy tính trong tính toán, thiết kế .....	11
1.4. Một số phần mềm trong lĩnh vực CAD .....	12
1.4.1. Phần mềm 2D .....	12
1.4.2. Phần mềm 3D CAD .....	13
1.4.3. Phần mềm 3D CAD/CAM .....	14
1.4.4. Phần mềm chuyên lập trình CAM .....	15

## Chương 2

### **TRỢ GIÚP MÁY TÍNH TRONG THIẾT KẾ CÁC MÔ HÌNH 3D**

2.1. Giới thiệu về phần mềm Autodesk Inventor .....	17
2.1.1. Các tiện ích .....	18
2.1.2. Giao diện người dùng .....	19
2.2. Bản vẽ phác (Sketch) và các lệnh vẽ cơ bản .....	23
2.2.1. Giới thiệu chung .....	23
2.2.2. Các tiện ích tạo Sketch .....	25
2.2.3. Trình tự thực hiện .....	25
2.2.4. Các lệnh vẽ cơ bản trong Sketch .....	28
2.3. Thiết kế mô hình chi tiết .....	31
2.3.1. Tạo lập chi tiết mới .....	31
2.3.2. Tạo các Feature cơ sở .....	32
2.3.3. Quan sát các chi tiết .....	33

2.3.4. Chỉnh sửa các Feature.....	33
2.3.5. Bổ sung Sketch Feature .....	34
2.3.6. Bổ sung các Placed Feature .....	34
2.3.7. Tạo mảng Feature (Pattern of Feature).....	35
2.3.8. Cắt các mặt hoặc các chi tiết .....	35
2.3.9. Các công cụ tạo mô hình chi tiết .....	36
2.4. Lắp ráp và mô phỏng động học .....	39
2.4.1. Trình tự lắp ráp .....	39
2.4.2. Các công cụ lắp ráp .....	48
2.4.3. Mô phỏng động học .....	49
2.5. Tạo bản vẽ kỹ thuật .....	51
2.5.1. Trình tự thực hiện .....	51
2.5.2. Bộ công cụ vẽ .....	56

### Chương 3

## THIẾT KẾ CÁC BỘ TRUYỀN BÁNH RĂNG

3.1. Thiết kế bánh răng trụ .....	59
3.1.1. Khởi tạo chương trình.....	59
3.1.2. Thiết lập file thiết kế.....	59
3.1.3. Chọn hướng thiết kế .....	61
3.1.4. Chọn phương pháp tính .....	63
3.1.5. Thiết lập các thông số hình học của bộ truyền .....	63
3.1.6. Thiết lập các thông số về lực, tải trọng tác dụng .....	65
3.1.7. Nhập các thông số về vật liệu .....	66
3.1.8. Nhập tiêu chuẩn tính toán, các hệ số .....	67
3.1.9. Tiến hành tính toán.....	70
3.1.10. Lấy kết quả tính toán .....	71
3.2. Thiết kế bánh răng côn .....	74
3.2.1. Khởi tạo chương trình.....	74
3.2.2. Thiết lập file thiết kế.....	74
3.2.3. Chọn hướng thiết kế .....	76
3.2.4. Thiết lập các thông số hình học của bộ truyền .....	77
3.2.5. Thiết lập các thông số về lực, tải trọng tác dụng .....	79
3.2.6. Nhập các thông số về vật liệu .....	80

3.2.7. Nhập tiêu chuẩn tính toán, các hệ số .....	81
3.2.8. Tiến hành tính toán .....	84
3.2.9. Lấy kết quả tính toán .....	85
3.3. Thiết kế bộ truyền trực vít - bánh vít .....	88
3.3.1. Khởi tạo chương trình .....	88
3.3.2. Thiết lập file thiết kế .....	88
3.3.3. Chọn hướng thiết kế .....	90
3.3.4. Thiết lập các thông số hình học của bộ truyền .....	91
3.3.5. Thiết lập các thông số về lực, tải trọng tác dụng .....	92
3.3.6. Nhập các thông số về vật liệu .....	93
3.3.7. Nhập tiêu chuẩn tính toán, các hệ số .....	94
3.3.8. Tiến hành tính toán .....	95
3.3.9. Lấy kết quả tính toán .....	96

#### Chương 4

### THIẾT KẾ BỘ TRUYỀN ĐAI, XÍCH

4.1. Thiết kế bộ truyền đai thang .....	99
4.1.1. Khởi tạo chương trình .....	99
4.1.2. Thiết lập file thiết kế .....	99
4.1.3. Tab Design .....	101
4.1.4. Tab Calculation .....	104
4.1.5. Kết quả .....	106
4.2. Thiết kế bộ truyền xích .....	111
4.2.1. Khởi tạo chương trình .....	112
4.2.2. Thiết lập file thiết kế .....	112
4.2.3. Tab Design .....	113
4.2.4. Tab Calculation .....	117
4.2.5. Kết quả .....	121
4.2.6. Kết quả mô hình tính toán .....	123

#### Chương 5

### THIẾT KẾ TRỤC, Ổ BÌ, THEN

5.1. Thiết kế trục .....	124
5.1.1. Khởi tạo chương trình .....	124
5.1.2. Thiết lập file thiết kế .....	124
5.1.3. Tab Design - thiết kế trục .....	125
5.1.4. Tab Calculation - tính toán trục .....	134
5.1.5. Kết quả tính toán .....	140

5.2. Thiết kế ổ bi.....	141
5.2.1. Khởi tạo chương trình.....	141
5.2.2. Thiết lập file thiết kế.....	142
5.2.3. Tab Design - thiết kế ổ bi .....	143
5.2.4. Tab Calculation.....	144
5.2.5. Kết quả tính toán.....	147
5.3. Thiết kế then.....	148
5.3.1. Khởi tạo chương trình.....	148
5.3.2. Thiết lập file thiết kế.....	148
5.3.3. Tab Design - thiết kế .....	149
5.3.4. Tab Calculation.....	153
5.3.5. Kết quả tính toán.....	156
Tài liệu tham khảo .....	158



# *Lời mở đầu*

---

Thiết kế với sự trợ giúp của máy tính (Computer Aided Design-CAD) đã phát triển từ nhiều năm trước đây, đó là một trong các bước phát triển giáo dục hoàn thiện trong kỹ thuật. Đây là một trong những kỹ năng quan trọng mà một người làm công tác kỹ thuật hay công nghệ và nhất là các kỹ sư thiết kế phải biết để tránh gặp phải những rắc rối khi thiết kế một sản phẩm hoàn chỉnh, một quy trình sản xuất. CAD giúp chúng ta rất nhiều thời gian cũng như độ chính xác mà bằng tay con người khó có thể làm được. Máy tính là một phần quan trọng, là công cụ để thiết kế nhanh và chuẩn xác. Sự ra đời máy tính cá nhân đã giúp cho một số cán bộ kỹ thuật có điều kiện làm việc với lĩnh vực mới mẻ này.

Đối với một kỹ sư nói chung và kỹ sư ngành Kỹ thuật cơ khí, Công nghệ kỹ thuật cơ điện tử, Công nghệ kỹ thuật ô tô nói riêng thì việc có khả năng sử dụng máy tính trong việc tính toán thiết kế, giải quyết công việc là một yêu cầu bắt buộc trong giai đoạn hiện nay.

Tài liệu “*Thiết kế có sự trợ giúp của máy tính*” được viết để phục vụ đào tạo kỹ sư các ngành Kỹ thuật cơ khí, Công nghệ kỹ thuật cơ điện tử, Công nghệ kỹ thuật ô tô tại Trường Đại học Lâm nghiệp nói riêng và là tài liệu tham khảo cho các kỹ sư và những người làm trong lĩnh vực thiết kế kỹ thuật nói chung.

Tài liệu bao gồm các nội dung: Chương 1 giới thiệu khái quát về trợ giúp của máy tính trong lĩnh vực thiết kế cơ khí và giới thiệu một số phần mềm thông dụng hiện nay được sử dụng trong lĩnh vực thiết kế cơ khí; nội dung các chương 2, 3, 4, 5 là phần ứng dụng phần mềm Autodesk Inventor để thiết kế các mô hình 3D và ứng dụng phần mềm Autodesk Inventor để tính toán thiết kế nhanh một số bộ truyền chính trong cơ khí (bộ truyền bánh răng, bộ truyền đai, bộ truyền xích, tính toán thiết kế trục, then và ổ).

Mặc dù đã rất cẩn thận trong công tác biên soạn, cuốn sách vẫn không tránh khỏi những thiếu sót. Tác giả mong nhận được những góp ý chân thành của bạn đọc cho những lần xuất bản tiếp theo.

Trân trọng cảm ơn.

**Tác giả**





# *Chương 1*

## **KHÁI QUÁT VỀ TRỢ GIÚP MÁY TÍNH TRONG THIẾT KẾ CƠ KHÍ**

Hiện nay, máy tính đã trở thành một công cụ không thể thiếu được trong các ngành kinh tế, kỹ thuật khác nhau. Đặc biệt trong lĩnh vực thiết kế, sự hỗ trợ của máy tính giải quyết được hàng loạt các vấn đề mà trước đây không thể giải quyết được hoặc phải đưa vào các giả thiết để đơn giản hóa. Với sự trợ giúp của máy tính chúng ta có thể nâng cao chất lượng, hạ giá thành sản phẩm. Tất cả các yếu tố này tạo cho sản phẩm có khả năng cạnh tranh cao trong nền kinh tế thị trường. Các trợ giúp của máy tính trong ngành cơ khí tập trung vào ba lĩnh vực chính:

- Thiết kế: Computer Aided Designing (CAD);
- Phân tích, tính toán: Computer Aided Engineering (CAE);
- Điều khiển quá trình gia công: Computer Aided Manufacturing (CAM).

Trong nội dung giáo trình này, chúng tôi tập trung giới thiệu về trợ giúp của máy tính trong lĩnh vực thiết kế.

### **1.1. Chức năng cơ bản của CAD**

Khác biệt cơ bản với quy trình thiết kế theo công nghệ truyền thống, CAD cho phép quản lý đối tượng thiết kế dưới dạng mô hình hình học số trong cơ sở dữ liệu trung tâm, do vậy CAD có khả năng hỗ trợ các chức năng kỹ thuật ngay từ giai đoạn phát triển sản phẩm cho đến giai đoạn cuối của quá trình sản xuất, tức là hỗ trợ điều khiển các thiết bị sản xuất bằng điều khiển số.

Hệ thống CAD được đánh giá có đủ khả năng để thực hiện chức năng yêu cầu hay không, phụ thuộc chủ yếu vào chức năng xử lý của các phần mềm thiết kế. Ngày nay, những bộ phần mềm CAD/CAM chuyên nghiệp phục vụ thiết kế và gia công có khả năng thực hiện được các chức năng cơ bản sau:

- Thiết kế mô phỏng hình học 3 chiều (3D) những hình dạng phức tạp;
- Giao tiếp với các thiết bị đo, quét tọa độ 3D thực hiện nhanh chóng các chức năng mô phỏng hình học từ dữ liệu số;
- Phân tích và liên kết dữ liệu: tạo mặt phân khuôn, tách khuôn, quản lý kết cấu lắp ghép...;
- Tạo bản vẽ và ghi kích thước tự động: Có khả năng liên kết các bản vẽ 2D với mô hình 3D và ngược lại;

- Liên kết với các chương trình tính toán thực hiện các chức năng phân tích kỹ thuật: tính biến dạng khuôn, mô phỏng dòng chảy vật liệu, trường áp suất, trường nhiệt độ, độ co rút vật liệu...;

- Nội suy hình học, biên dịch các kiểu đường chạy dao chính xác cho công nghệ gia công điều khiển số;

- Giao tiếp dữ liệu theo các định dạng đồ họa chuẩn;

- Xuất dữ liệu đồ họa 3D dưới dạng tập tin STL để giao tiếp với các thiết bị tạo mẫu nhanh theo công nghệ tạo hình lập thể.

## 1.2. Trợ giúp của máy tính trong xây dựng các mô hình hình học

Sự trợ giúp của máy tính trong thiết kế là việc tạo ra và xử lý các mẫu thiết kế trên máy để giúp đỡ người kỹ sư trong quá trình thiết kế. CAD đã được liên tục phát triển trong hơn một nửa thế kỷ vừa qua và đã trở thành một công cụ không thể thiếu được trong việc thiết kế cũng như gia công. CAD xoay quanh việc liên kết thuộc tính tốt nhất của ba thành phần chính: phần cứng CAD, phần mềm CAD và người dùng.

Phần mềm sử dụng trong lĩnh vực CAD/CAM nói chung và trong lĩnh vực CAD nói riêng cho phép người sử dụng điều khiển phần cứng để khai thác những tính năng kỹ thuật của cả hệ thống phục vụ cho thiết kế và sản xuất. Có thể chia ra 5 tác vụ chính mà phần mềm cho phép chúng ta làm việc trong hệ thống CAD đó là:

- Chức năng nhập dữ liệu: Mỗi phần mềm được thiết kế theo một phương pháp nhập dữ liệu khác nhau. Khả năng tương tác giữa người sử dụng và máy tính nói lên rằng phần mềm đó có các chức năng nhập dữ liệu tốt;

- Chức năng hiệu chỉnh: Bao gồm các chức năng như xóa, thay thế, sửa đổi thuộc tính...;

- Chức năng biến đổi hình ảnh: Bao gồm các chức năng như di chuyển, quay, thu phóng...;

- Chức năng điều khiển màn hình bao gồm các chức năng như: Zoom, Pan, ẩn nét khuất, tô bóng, thay đổi điểm nhìn...;

- Chức năng xuất dữ liệu: Bao gồm các chức năng kết xuất dữ liệu bản vẽ. Tài liệu văn bản kỹ thuật ra máy in hay các thiết bị ngoại vi khác và khả năng xuất dữ liệu cho các phần mềm khác.

Các tác vụ trên chỉ cho chúng ta đánh giá về mặt hình thức của một phần mềm, còn phần quan trọng nhất của phần mềm là các thuật toán trong đó có tối ưu hay không? Độ tin cậy của các kết quả tính toán ra sao?

Để biểu diễn các vật thể trong máy tính việc đầu tiên là phải mô hình toán học được vật thể đó. Sau đó sử dụng kỹ thuật đồ họa máy tính để hiển thị vật thể trên màn hình.

CAD dựa vào toán học và kỹ thuật đồ họa trên máy tính để biểu diễn các vật thể không gian thiết kế gọi là các mô hình hình học của vật thể được biểu diễn.

Các hệ CAD có khả năng biểu diễn các đối tượng đồ họa trong không gian 2D, 2.5D, 3D.

- Biểu diễn 2D: Các hệ thống đầu tiên chỉ có khả năng biểu diễn 2D, đây là một nhược điểm rất lớn và nó gây ra nhiều lỗi trong quá trình sản xuất do khả năng quan sát hình ảnh kém và chất lượng thông tin không đầy đủ. Các bản vẽ 2D nói chung sử dụng hơn hai hay nhiều hình chiếu. Ví dụ: chiếu đứng, chiếu bằng, chiếu cạnh. Bộ phận sản xuất lấy thông tin để chế tạo sản phẩm dựa vào các hình chiếu đó nên phải tưởng tượng ra sản phẩm thật trong không gian, điều này gây ra những khó khăn nhất định cho quá trình sản xuất.

- Biểu diễn 2 ½ D: Đây là phương pháp biểu diễn tốt hơn 2D, các đối tượng biểu diễn được gắn thêm bề dày làm cho việc quan sát trở nên tốt hơn.

- Biểu diễn 3D: Đây là xu hướng chủ yếu của CAD/CAM. Biểu diễn 3D làm cho công việc quan sát hình ảnh trên màn hình đồ họa gần giống nhất với chi tiết thực, điều này tạo thuận lợi cho việc thiết kế và chế tạo các chi tiết. Các chi tiết được biểu diễn 3D gọi là các mô hình, hay các chi tiết được mô hình hóa. Biểu diễn 3D bao gồm hai loại: khung dây và khối rắn. Mô hình khung dây là thể hiện ít thông tin hơn mô hình khối rắn nhưng việc xử lý trên máy tính nhanh hơn và không đòi hỏi cấu hình máy phải cao lắm. Mức độ cao nhất của mô hình khung dây và biểu diễn vật thể bằng các bề mặt, hiện nay các phần mềm CAD đã đạt đến độ hoàn hảo cho công việc biểu diễn vật thể bằng bề mặt. Mô hình khối rắn là mô hình thật của chi tiết, nó chứa đựng cả thông tin bên trong và bề mặt chi tiết. Có hai xu hướng nghiên cứu mô hình khối rắn đó là:

- + Hình học khối rắn cơ bản: Phương pháp này sử dụng các khối rắn cơ bản như: Lập phương, trụ, cầu, chóp để xây dựng mô hình. Mô hình hình học loại này đòi hỏi một khối lượng tính toán lớn nhưng yêu cầu ít không gian lưu trữ dữ liệu;

- + Biểu diễn đường bao: Mô hình này sử dụng tất cả các đường bao để biểu diễn chi tiết, nó cho phép biểu diễn các chi tiết có bề mặt phức tạp. Mô hình biểu diễn đường bao cần một không gian lưu trữ lớn nhưng tính toán lại ít hơn mô hình khối rắn cơ bản.

Xu hướng hiện nay trong các phần mềm CAD là kết hợp hai phương pháp biểu diễn mô hình khối rắn cơ bản và mô hình biểu diễn đường bao để sử dụng điểm mạnh của các phương pháp biểu diễn. Với mỗi cách biểu diễn chi tiết bằng khung dây hay khối rắn các phần mềm đang phát triển mạnh mẽ theo phương pháp biểu diễn mô hình tham số hóa, các đặc điểm toán học của mô hình như tọa độ, độ cong, các vector tiếp tuyến, pháp tuyến... được gắn đặc điểm này ngay trong quá trình thiết kế.

### **1.3. Trợ giúp của máy tính trong tính toán, thiết kế**

Cho dù nhiều người còn nghĩ rằng CAD giống như một bản vẽ điện tử, các chức năng của nó đã vượt ra ngoài việc vẽ ra các bản vẽ. Các công việc tính toán, phân tích khác nhau như: phân tích các phần tử hữu hạn, tính toán sự truyền nhiệt, tính toán ứng suất, mô



phòng động lực học cơ cấu, tính toán động lực học chất lỏng..., được thực hiện ngay trong các hệ thống CAD, ở đó chúng ta có thể sử dụng ngay các mô hình đã được tạo ra một cách trực quan trên màn hình, nơi mà ta có thể dễ dàng gán cho nó các thuộc tính vật lý khác nhau như vật liệu, các lực tác dụng lên chi tiết.

Những ứng dụng của CAD trong tính toán, thiết kế bao gồm:

- Tính toán thiết kế các chi tiết máy, các mối ghép và các bộ truyền;
- Phân tích ứng suất, biến dạng của một kết cấu kim loại;
- Phân tích động học, động lực học một cơ hệ.

#### **1.4. Một số phần mềm trong lĩnh vực CAD**

Quan trọng nhất đối với kỹ sư thiết kế là tư duy, tư duy tốt mà kết hợp với công cụ phù hợp thì mọi công việc sẽ thuận lợi. Do đó, kỹ sư làm trong lĩnh vực thiết kế cần phải chọn cho mình một phần mềm phù hợp vì phần mềm giúp kỹ sư thể hiện ý tưởng, giải quyết công việc nhanh chóng, trực quan.

Hiện nay, việc thiết kế cơ khí với sự trợ giúp của máy tính có nhu cầu ngày càng cao trong các lĩnh vực sản xuất công nghiệp cũng như nghiên cứu khoa học. Nhiều phần mềm chuyên dụng đã ra đời để đáp ứng nhu cầu này. Mỗi phần mềm có những mặt mạnh riêng cũng như những hạn chế riêng. Vì vậy, người thiết kế phải biết vận dụng những ưu điểm của từng phần mềm sao cho công việc thiết kế của mình được nhanh, gọn, chính xác đạt hiệu quả tối ưu nhất.

Qua quá trình tìm hiểu trong sản xuất thực tiễn và chia sẻ của nhiều kỹ sư trong lĩnh vực thiết kế, chung quy có 4 nhóm phần mềm chính:

##### **1.4.1. Phần mềm 2D**

Đây là nhóm phần mềm chuyên thiết kế mô hình khung dây, bản vẽ dạng 2D sketch,... Có nhiều phần mềm thuộc nhóm này, có thể kể đến như: AutoCAD, ProgeCAD...

###### **a. Phần mềm AutoCAD**

AutoCAD là một phần mềm ứng dụng thương mại trên toàn cầu, được sử dụng rộng rãi trên các thiết bị máy tính chạy Window, hỗ trợ cho các kỹ sư, kiến trúc sư và các chuyên viên thiết kế khác để thiết kế 2D hoặc mô hình bề mặt 3D trên máy tính. Nó có từ năm 1982, AutoCAD hiện nay đã có mặt trên hầu hết các hệ điều hành.

AutoCAD được phát triển ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực phổ biến như: cơ khí, xây dựng, kiến trúc, điện, điện tử...

###### **b. Phần mềm ProgeCAD**

Phần mềm ProgeCAD là sản phẩm của hãng ProgeSOFT, xuất xứ từ Thụy Sĩ. Và được phát triển từ năm 1999 và phiên bản đầu tiên được phát hành vào năm 2006 cùng thời điểm với AutoCAD.

ProgeCAD professional tính năng vượt trội hơn hẳn so với AutoCAD LT và tương đương với AutoCAD full, ngoài ra ProgeCAD còn có thêm nhiều các tính năng tiện ích như: chuyển đổi ảnh sang CAD, chuyển đổi PDF sang CAD, Import và Export các định dạng file trung gian 3D, xuất file PDF 3D, thư viện CAD 2D/3D, đánh số tự động, tạo mặt cắt nâng cao...

#### **1.4.2. Phần mềm 3D CAD**

Đây là nhóm phần mềm chuyên thiết kế các sản phẩm 3D, tạo bản vẽ kỹ thuật và có khả năng xây dựng bản vẽ lắp với số lượng chi tiết rất lớn. Bên cạnh đó, nó có khả năng mô phỏng động học, động lực học cơ cấu, cụm máy...

Có rất nhiều phần mềm thuộc nhóm này, trong đó có thể kể đến: SolidWorks, Autodesk Inventor, Solid Edge...

##### **a. Phần mềm Solidworks**

Phần mềm CAD SolidWorks là sản phẩm thuộc Công ty SolidWorks. Đây là thương hiệu đã có mặt trên thị trường từ năm 1997 bởi Công ty Dassault Systèmes SolidWorks Corp (Công ty là một nhánh trực thuộc Dassault Systèmes, S. A. tại Vélizy, Pháp). Tính năng CAD ở phần mềm này được coi là tính năng trọng yếu, nổi trội đã để lại dấu ấn mạnh mẽ trong giới doanh nghiệp cũng như các kỹ sư ngành Kỹ thuật, Mỹ thuật mỗi khi nhắc đến phần mềm này.

Phần mềm Solidworks cung cấp cho người dùng những tính năng tuyệt vời nhất về thiết kế các chi tiết các khối 3D, lắp ráp các chi tiết đó để hình thành nên nhưng bộ phận của máy móc, xuất bản vẽ 2D các chi tiết đó là những tính năng rất phổ biến của phần mềm Solidworks, ngoài ra còn có những tính năng khác nữa như: phân tích động học (motion), phân tích động lực học (simulation). Bên cạnh đó phần mềm còn tích hợp modul SolidCAM để phục vụ cho việc gia công trên CNC nhờ có phay SolidCAM và tiện SolidCAM hơn nữa người sử dụng cũng có thể gia công nhiều trục trên SolidCAM, modul 3Dquickmold phục vụ cho việc thiết kế khuôn.

##### **b. Phần mềm Autodesk Inventor**

Autodesk Inventor Professional các chức năng được cải thiện của Autodesk Inventor Series với một bộ các lệnh nâng cao được thêm vào cho thiết kế, kiểm tra và thể hiện các sản phẩm cơ khí. Chỉ với một bộ phần mềm tích hợp nay đủ các sản phẩm bao gồm các chức năng của Autodesk Inventor, AutoCAD Mechanical, AutoCAD Mechanical Desktop và các thành phần ứng dụng được thêm vào, các kỹ sư cơ khí và cơ điện tử có thể thiết kế, phê chuẩn và quản lý tất cả mọi vấn đề của máy móc và tăng năng suất. Autodesk Inventor Professional giúp bạn nhanh chóng phát triển mô hình 3D hoàn chỉnh trong khi đó rút ngắn

thời gian để tiếp thị và tăng chất lượng sản phẩm. Autodesk cung cấp các chức năng đặc trưng cho công việc:

- Thiết kế 3D Tube và Pipe: Tiết kiệm thời gian và cải thiện các thiết kế tube và pipe của bạn với môi trường Tube và Pipe của Autodesk Inventor Professional;
- Thiết kế 3D Cable và Harness: Dựa trên các mẫu kim loại để chọn chiều dài dây điện bằng tay rất tốn thời gian và tiền bạc. Bạn có thể thực hiện bước này trong Autodesk Inventor Professional vì chiều dài dây điện và đường kính ống dây được tự động tính toán và xuất ra dữ liệu như danh sách dây và một bảng vật liệu tự động được tạo;
- IDF Translator: Việc sử dụng các chương trình thiết kế cơ điện tử và máy móc công nghiệp có liên quan đến độ co rút của sản phẩm và rút ngắn thời gian thiết kế. Bạn có thể tiết kiệm thời gian và nâng cao năng suất bằng cách nhập IDF 2 hoặc 3 mạch in tạo trong phần mềm thiết kế PCB kỹ thuật điện tử.

#### *c. Phần mềm Solid Edge*

Solid Edge là một sự kết hợp của các công cụ phần mềm để sử dụng có giá cả hợp lý. Nhờ vào hệ sinh thái đang phát triển của các ứng dụng, Solid Edge có khả năng xử lý tất cả các khía cạnh của quá trình phát triển sản phẩm, bao gồm thiết kế 3D, mô phỏng, chế tạo, quản lý dữ liệu và hơn nữa. Solid Edge kết hợp hài hòa yếu tố tốc độ và sự đơn giản của mô hình hóa trực tiếp (direct modeling) với yếu tố linh hoạt và kiểm soát của thiết kế tham số (parametric design) trong công nghệ thiết kế đồng bộ (synchronous technology).

#### **1.4.3. Phần mềm 3D CAD/CAM**

Đây là nhóm phần mềm tích hợp giáp pháp tổng thể PLM (vòng đời sản phẩm) từ CAD, CAM đến CAE...

Một số phần mềm nổi bật như: NX, Catia, Pro-engineer...

##### *a. Phần mềm NX*

NX là sự kết hợp của hai trong tứ đại CAD/CAM đó là Unigraphics NX và Ideas, chính vì thế NX tích hợp những công cụ mạnh mẽ rất nhiều tùy chọn, giao diện dễ dùng. Top 10 công ty hàng đầu đang sử dụng NX: Samsung, Nissan, Panasonic, Isuzu, Canon, Fujitsu, Boeing, Dyson, Roll Royce, Fiat.

##### *b. Phần mềm Catia*

CATIA được viết tắt từ cụm từ “*Computer Aided Three Dimensional Interactive Application*”, có nghĩa là “*Xử lý tương tác trong không gian ba chiều có sự hỗ trợ của máy tính*”, CATIA là một bộ phần mềm thương mại phức hợp CAD/CAM/CAE được hãng Dassault Systemes (một hãng phát triển phần mềm chuyên dùng thiết kế máy bay) phát triển và IBM là nhà phân phối trên toàn thế giới. CATIA được viết bằng ngôn ngữ lập trình

C++. Catia là viên đá nền tảng đầu tiên của bộ phần mềm quản lý toàn bộ 1 chu trình sản phẩm của hãng Dassault Systemes.

Phần mềm CATIA là hệ thống CAD/CAM/CAE 3D hoàn chỉnh và mạnh mẽ nhất hiện nay, do hãng Dassault Systemes phát triển, phiên bản mới nhất hiện nay là CATIA V5R20 (mới hơn nữa là CATIA V62009), là tiêu chuẩn của thế giới khi giải quyết hàng loạt các bài toán lớn trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: xây dựng, cơ khí, tự động hóa, công nghiệp ô tô, tàu thủy và cao hơn là công nghiệp hàng không. Nó giải quyết công việc một cách triệt để, từ khâu thiết kế mô hình CAD (Computer Aided Design), đến khâu sản xuất dựa trên cơ sở CAM (Computer Aided Manufacturing, khả năng phân tích tính toán, tối ưu hóa lời giải dựa trên chức năng CAE (Computer Aid Engineering) của phần mềm CATIA.

#### *c. Phần mềm Pro-engineer*

Pro-E là phần mềm CAD đầu tiên đưa ra lý luận Parametric và phương pháp dựng hình dựa trên cơ sở "khắc hình" nên rất mạnh về Solid, CATIA và NX là 2 phần mềm thuộc về trường phái "dán hình" nên rất mạnh về Surface để dựng mặt cong tự do trong thiết kế, design. Do đó, trong lĩnh vực thiết kế xe hơi và máy bay, Catia và Unigraphics được dùng nhiều hơn Pro-E.

#### **1.4.4. Phần mềm chuyên lập trình CAM**

Một số phần mềm điển hình trong lĩnh vực lập trình CAM có thể kể đến đó là: CATIA, Mastercam, SolidCAM, Cimcoedit...

##### *a. Phần mềm Mastercam*

Mastercam là phần mềm chuyên được sử dụng để hỗ trợ quá trình gia công (Sử dụng nhiều trong ngành cơ khí). Phần mềm cho phép người dùng thông qua việc tương tác đồ họa để tạo ra mã code gia công trên CNC, công việc này là hàng loạt những thiết lập về phôi, dao cắt, tọa độ, biến dạng, chu trình gia công, kiểu chạy dao... Ngoài khả năng lập trình gia công, Mastercam còn có thể thiết kế mô hình chi tiết 2D và 3D. Tính năng thiết kế không mạnh mẽ nên phần lớn người dùng sử dụng các phần mềm khác để thiết kế.

Các chức năng chính của phần mềm:

- Thiết lập đường chạy dao hoàn chỉnh của Mastercam bao gồm: contour, drill, pocketing, face, peel mill, engraving, surface high speed, advanced multiaxis và nhiều tính năng khác - giúp người vận hành có thể cắt chi tiết một cách nhanh và chính xác;
- Người dùng Mastercam có thể tạo và cắt các chi tiết thông qua nhiều hệ điều hành và loại máy CNC, hoặc họ có thể dùng các công cụ cao cấp của Mastercam để tạo ra các ứng dụng tùy chỉnh;



- Mastercam cũng có tính linh hoạt thông qua các ứng dụng của bên thứ 3 gọi là C-hooks, dùng cho các máy chuyên biệt và các ứng dụng riêng. Mastercam là tên kết hợp giữa master (chuyên gia) và cam là lập trình gia công.

#### *b. Phần mềm SolidCam*

Phần mềm SolidCAM như là một cầu kết nối giữa thiết kế và chế tạo với những tính năng mạnh mẽ dễ sử dụng.

Ưu điểm nổi bật của phần mềm SolidCAM là dễ dàng kết hợp các tính năng mạnh mẽ của CAM với khả năng tùy biến xử lý dữ liệu, tạo ra các chương trình nguồn để thực hiện trên máy CNC. SolidCAM được sử dụng rộng rãi đặc biệt trong các ngành gia công cơ khí chế tạo ô tô, điện tử, làm các khuôn đúc và dập...

#### *c. Phần mềm CimcoEdit*

Phần mềm CimcoEdit phiên bản V7 7.0 là phiên bản mới nhất của phần mềm quản lý và biên tập NC. Đây là lựa hàng đầu dành cho những nhà lập trình CNC chuyên nghiệp bởi chúng mang đầy đủ các tính năng chuyên nghiệp, hiệu quả về chi phí.

Bên cạnh đó, phần mềm Cimico Edit V7 cũng cung cấp bộ tùy chọn mã CNC khá cụ thể và không bị giới hạn về kích thước. Ngoài ra, Cimico Edit V7 cũng rất linh hoạt, có thể thích nghi được với nhiều dạng máy CNC và trong nhiều môi trường khác nhau. Nhờ vào khả năng phân tích thông minh trước khi đưa vào gia công trong thực tế, phần mềm này đã trở thành công cụ hỗ trợ đắc lực cho các nhà lập trình CNC.

Những tính năng nổi trội của Cimico Edit V7:

- Trước hết, Cimico Edit V7 có thể quản lý được những chương trình CNC phức tạp bậc nhất hiện nay. Mặc dù vậy nhưng chúng chỉ chiếm dung lượng rất nhỏ trong bộ nhớ máy tính của bạn. Do đó, bạn không phải lo lắng về vấn đề máy chạy chậm do dung lượng phần mềm quá lớn;
- Phần Manager của phần mềm cho phép người dùng có thể lựa chọn các thông số về màu sắc, hình dạng, kích thước với giao diện tương tác hoàn toàn mới;
- Các chương trình lập trình sẽ được so sánh nhanh chóng và đầy đủ các cấu hình, cho phép người sử dụng lựa chọn phần lập trình ưng ý nhất. Ngoài ra, Cimico Edit V7 còn cung cấp phay 3D thông minh nhằm để thiết lập các chương trình CNC cho phay 3 trục và tiện 2 trục với các bước chuyển tiếp liên tục, được đồng bộ hóa với nhau;
- Tính năng NC - Assistant cho phép di chuyển con trỏ đến bất kỳ mã M và G. Chương trình sẽ tự động nhận dạng các mã và cho phép bạn sửa đổi bằng cách sử dụng giao diện tương tác. Tính năng Cycle/Macro Support giúp người dùng bổ sung, sửa chữa các chu trình phức tạp một cách nhanh chóng.

## *Chương 2*

# **TRỢ GIÚP MÁY TÍNH TRONG THIẾT KẾ CÁC MÔ HÌNH 3D**

Mô hình 3D đóng vai trò quan trọng trong quá trình thiết kế kỹ thuật. Các mô hình 3D thể hiện ý tưởng thiết kế, là môi giao tiếp giữa các thành viên trong nhóm thiết kế và giữa người tiêu dùng với các ý tưởng thiết kế. Chúng ta ứng dụng mô hình 3D trong nhiều lĩnh vực khác nhau: cơ khí, xây dựng, kiến trúc, trang trí nội thất... nghĩa là không những ứng dụng trong việc giải quyết các bài toán kỹ thuật mà ngay cả trong cuộc sống hàng ngày.

Hiện nay, việc thiết kế cơ khí với sự trợ giúp của máy tính có nhu cầu ngày càng cao trong các lĩnh vực sản xuất công nghiệp cũng như nghiên cứu khoa học. Nhiều phần mềm chuyên dụng đã ra đời để đáp ứng nhu cầu này. Mỗi phần mềm có những mặt mạnh riêng cũng như những hạn chế riêng. Vì vậy, người thiết kế phải biết vận dụng những ưu điểm của từng phần mềm sao cho công việc thiết kế của mình được nhanh, gọn, chính xác đạt hiệu quả tối ưu nhất.

Trong rất nhiều những phần mềm đã giới thiệu ở chương 1, Autodesk Inventor thể hiện các mặt mạnh của chương trình CAD từ thiết kế mô hình 3D, bản vẽ kỹ thuật, thiết kế các bộ truyền, mô phỏng động học - động lực học cơ cấu máy, phân tích ứng suất, biến dạng chi tiết máy, cụm máy... Autodesk Inventor có thể quản lý, thiết kế, lắp ráp mô hình rất lớn với hàng ngàn chi tiết... dễ dàng hiệu chỉnh, thay đổi kích thước một cách nhanh chóng mà tất cả các đối tượng liên quan thay đổi theo, có thể dễ dàng liên kết với các chương trình CAD/CAM khác như: AutoCAD, Mechanical Desktop, Mastercam, EdgeCAM, Cimatron, Pro Engineer... Trong đó, ưu điểm nổi bật của Autodesk Inventor là khả năng thiết kế mô hình 3D, xây dựng bản vẽ kỹ thuật từ mô hình 3D, thiết kế các bộ truyền cơ khí, mô phỏng động học, động lực học cơ cấu máy đồng thời nó còn có khả năng trình diễn quá trình tháo - lắp ráp cơ cấu máy...

Từ việc nghiên cứu về phần mềm, tham khảo ý kiến của các kỹ sư làm việc trong lĩnh vực thiết kế cơ khí, chúng tôi tiến hành chọn phần mềm Autodesk Inventor để giới thiệu một số tính năng trong lĩnh vực thiết kế có sự trợ giúp của máy tính.

### **2.1. Giới thiệu về phần mềm Autodesk Inventor**

Autodesk Inventor là phần mềm CAD ứng dụng trong thiết kế cơ khí với nhiều khả năng mạnh trong thiết kế mô hình 3D, có giao diện người dùng thuận tiện và trực quan.

Cấu trúc hệ thống của Autodesk Inventor tạo ra thế mạnh về thiết kế mô hình 3D, quản lý thông tin, hợp tác thiết kế và hỗ trợ kỹ thuật. Một số điểm mạnh trong cấu trúc hệ thống này là:

- Thiết kế mạch lạc, sử dụng công nghệ phát triển thông dụng (như COM và VBA);

- Tương thích với phần cứng hiện tại, như Card OpenGL và Dual Processors;
- Có khả năng xử lý hàng ngàn chi tiết và các cụm lắp lớn;
- Cung cấp giao diện lập trình ứng dụng và cấu trúc mở rộng với công nghệ COM chuẩn để tạo lập và chạy các ứng dụng thứ ba;
- Có khả năng trao đổi trực tiếp dữ liệu thiết kế với bản vẽ 2D của AutoCAD, mô hình 3D của Mechanical Desktop hoặc mô hình Step từ các hệ thống CAD khác.

### 2.1.1. Các tiện ích

#### a. Tiện ích tạo mô hình

Không giống như các công cụ tạo mô hình solid truyền thống khác, Autodesk Inventor được phát triển chuyên cho thiết kế cơ khí. Nó cung cấp những công cụ thuận tiện cho thiết kế mô hình chi tiết.

- *Derived Parts*: Tạo một chi tiết dẫn xuất từ một chi tiết khác. Dùng Derived Parts để khảo sát các bản thiết kế hay các quá trình sản xuất khác nhau.
- *Solid modeling*: Tạo các đối tượng hình học phức hợp bằng khả năng tạo mô hình lai, tích hợp các bề mặt với các Solid. Autodesk Inventor sử dụng công cụ mô hình hóa hình học mới nhất ACIS.
- *Sheet Metal*: Tạo các đối tượng và chi tiết từ kim loại tấm bằng cách sử dụng các công cụ tạo mô hình chi tiết và các công cụ chuyên cho thiết kế chi tiết từ kim loại tấm, như uốn (Bend), viền mép (Hem), gờ (Flange), mẫu phẳng (Flat pattern).
- *Adaptive Layout*: Dùng các Work Feature (mặt, trục, điểm) để lắp các “chi tiết” 2D với nhau. Nó có thể được dùng để khảo sát và hợp lý hóa cụm lắp trước khi chính thức chuyển thành mô hình 3D.
- *Design Elements*: Truy cập và lưu trữ các đối tượng trong một Catalog điện tử để có thể sử dụng lại được. Có thể định vị, chỉnh sửa chúng.
- *Collaborative engineering*: Môi trường cho nhóm có nhiều người cùng làm việc với cụm lắp. Nó cho phép giảm thời gian thiết kế mà không cần hạn chế năng lực làm việc của mỗi cá nhân.

#### b. Tiện ích quản lý thông tin

Tạo mô hình mới chỉ là bắt đầu quá trình thiết kế. Autodesk Inventor còn cung cấp các công cụ giao tiếp hiệu quả.

- *Projects*: Duy trì sự liên kết giữa các files. Tổ chức các files trước khi thiết kế, sao cho Autodesk Inventor xác định đường dẫn của các files và có thể tham chiếu đến các file đó và các file mà chúng ta tham chiếu đến.
- *Quản lý bản vẽ*: Cho phép tạo các bản vẽ nhờ các công cụ đơn giản hóa quá trình. Các bản vẽ được tạo và quản lý theo các tiêu chuẩn ANSI, BSI, DIN, GB, ISO, JIS, kể cả các tiêu chuẩn riêng của hãng.

- Design Assistant: Tìm kiếm chi tiết theo các thuộc tính như: mã số chi tiết, vật liệu. Tạo báo biểu trong và ngoài môi trường Autodesk Inventor.

- Engineer's Notebook: Truy cập và ghi chú thông tin thiết kế và gắn với các đối tượng, cho phép lưu giữ thông tin về quá trình thiết kế.

### c. Hệ thống hỗ trợ người dùng

Autodesk Inventor có hệ thống hỗ trợ người dùng phong phú, tiện lợi và hiệu quả. Hệ thống này được nhúng trực tiếp trong Autodesk Inventor, giúp cho việc truy cập nhanh chóng, chúng bao gồm:

- Hệ thống hỗ trợ người dùng (Design Support System-DSS): Một hệ thống lớn, cho phép đạt được “day-one productivity” trong thiết kế;

- Web: Từ DSS có thể liên kết với Autodesk Point A và RedSpark để tìm thông tin bổ sung trên Web, liên kết với Site của các nhà cung cấp...;

- Autodesk Online: Download phiên bản cập nhật của Autodesk Inventor và tìm thông tin về sản phẩm, hỗ trợ kỹ thuật và các thông tin khác.

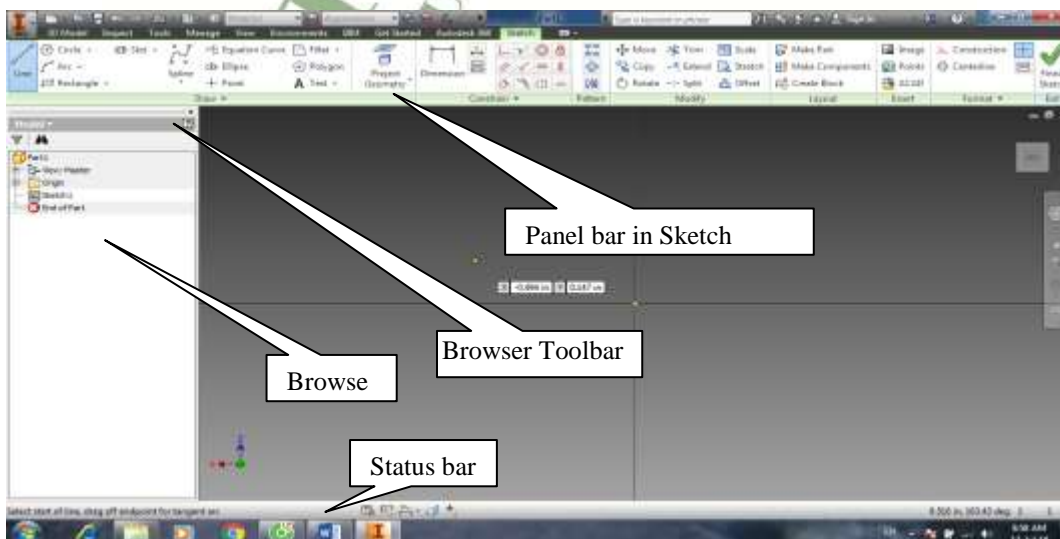
### 2.1.2. Giao diện người dùng

Giao diện người dùng của Autodesk Inventor theo chuẩn chung các ứng dụng trên Windows.

Có 2 thành phần chính trong giao diện của Autodesk Inventor:

- Cửa sổ ứng dụng xuất hiện mỗi khi Autodesk Inventor được mở ra;
- Cửa sổ đồ họa hiển thị khi một file được mở. Nếu có nhiều file được mở thì file đang làm việc sẽ nằm trên cửa sổ hiện hành.

Hình 2.1 minh họa một cửa sổ ứng dụng với file mẫu chuẩn được hiển thị trên cửa sổ đồ họa.

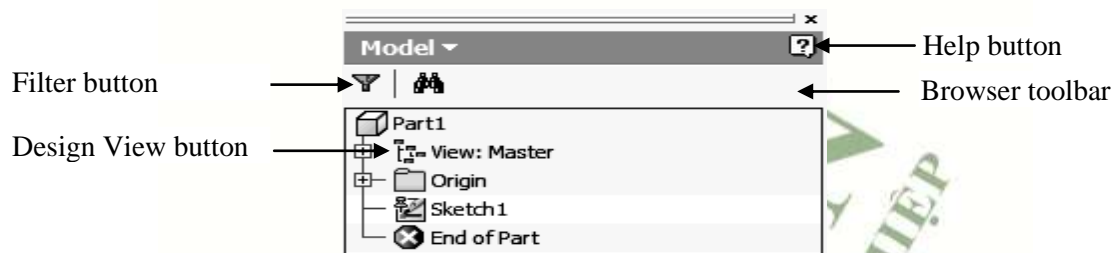


Hình 2.1. Màn hình đồ họa phần mềm Autodesk Inventor 2014



### a. Cửa sổ duyệt (Browser)

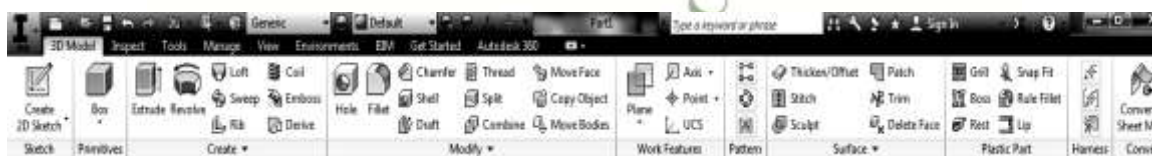
Browser hiển thị kết cấu dạng nhánh cây của các chi tiết, các cụm lắp và các bản vẽ trong file đang hoạt động. Mỗi môi trường có Browser riêng của mình. Hình 2.2 minh họa Browser trong môi trường Sketch và thanh công cụ của nó.



Hình 2.2. Hình minh họa Browser trong môi trường Sketch

### b. Các lệnh và các công cụ

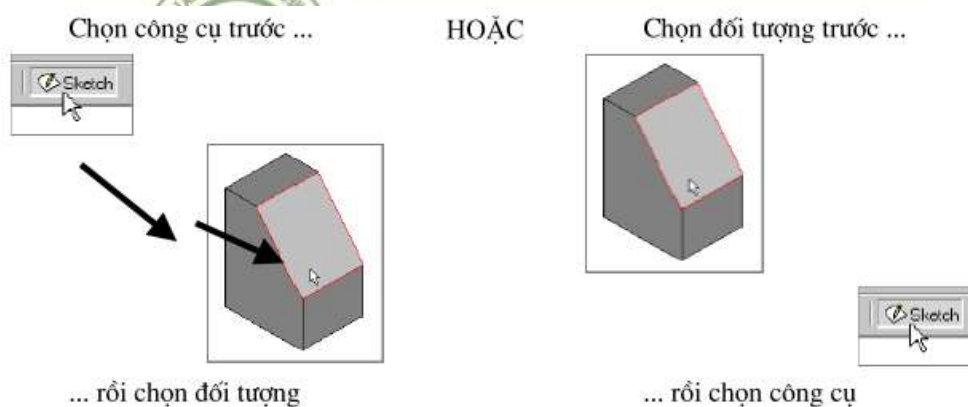
**Các thanh lệnh:** Là nơi chứa tất cả các lệnh chức năng của phần mềm, ứng với mỗi thanh lệnh sẽ xuất hiện các lệnh con tương ứng. Ví dụ: Thanh lệnh 3D Model sẽ có các lệnh con như hình 2.3.



Hình 2.3. Thanh lệnh 3D Model và các lệnh con

Để kết thúc và thoát một công cụ: Chọn công cụ tiếp theo mà ta cần dùng hoặc nhấn phím ESC. Ta cũng có thể kích chuột phải và chọn Done từ menu ngữ cảnh.

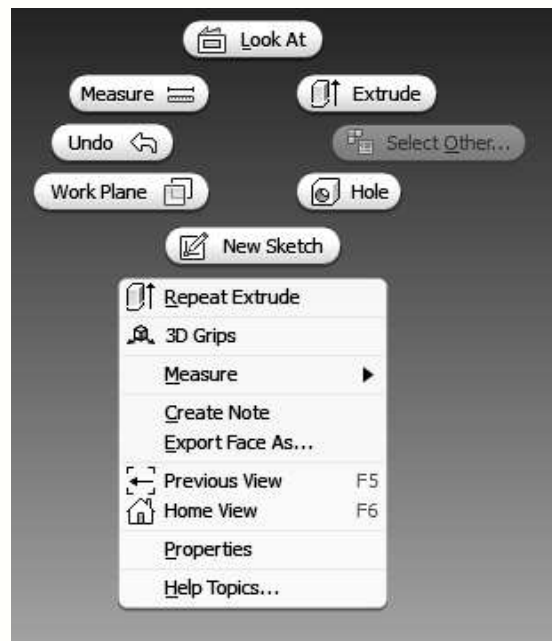
Khi làm việc với Autodesk Inventor ta có thể hoặc là chọn đối tượng trước sau đó kích chuột để chọn công cụ cần tác động lên đối tượng chọn hoặc là chọn công cụ trước, sau đó chọn đối tượng.



Hình 2.4. Phương pháp thực hiện lệnh trong Autodesk Inventor

### c. Menu ngữ cảnh

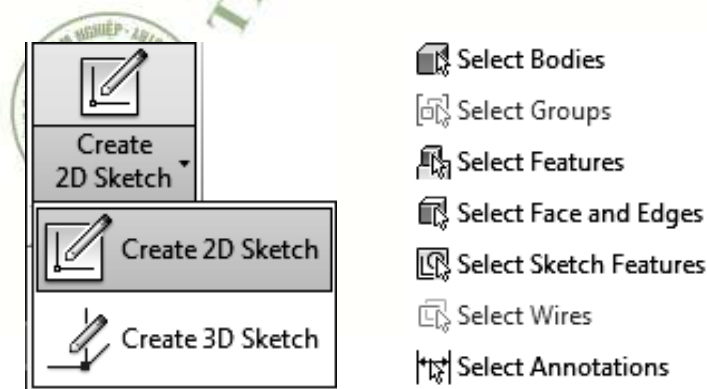
Menu ngữ cảnh được hiển thị khi kích chuột phải. Tùy thuộc vào kích chuột ở đâu và vào lúc nào mà ta có thể thấy các tùy chọn, xác định công việc đang thực hiện. Hình 2.5 là một ví dụ về menu ngữ cảnh trong môi trường Feature.



Hình 2.5. Mô tả menu ngữ cảnh trong môi trường Feature

### d. Sketch và các chế độ lựa chọn

Ta sử dụng chế độ select hay chế độ sketch để thông báo cho Autodesk Inventor biết, ta muốn chọn đối tượng hay muốn tạo biên dạng phác thảo. Khi mở file chi tiết lần đầu Autodesk Inventor tự động kích hoạt chế độ Select và chế độ phác thảo 2D. Ta có thể điều khiển chế độ Sketch và các chế độ Select bằng các nút trên thanh nút lệnh.



a. Nút chế độ sketch mở rộng      b. Nút chế độ select mở rộng

Hình 2.6. Sketch và chế độ lựa chọn

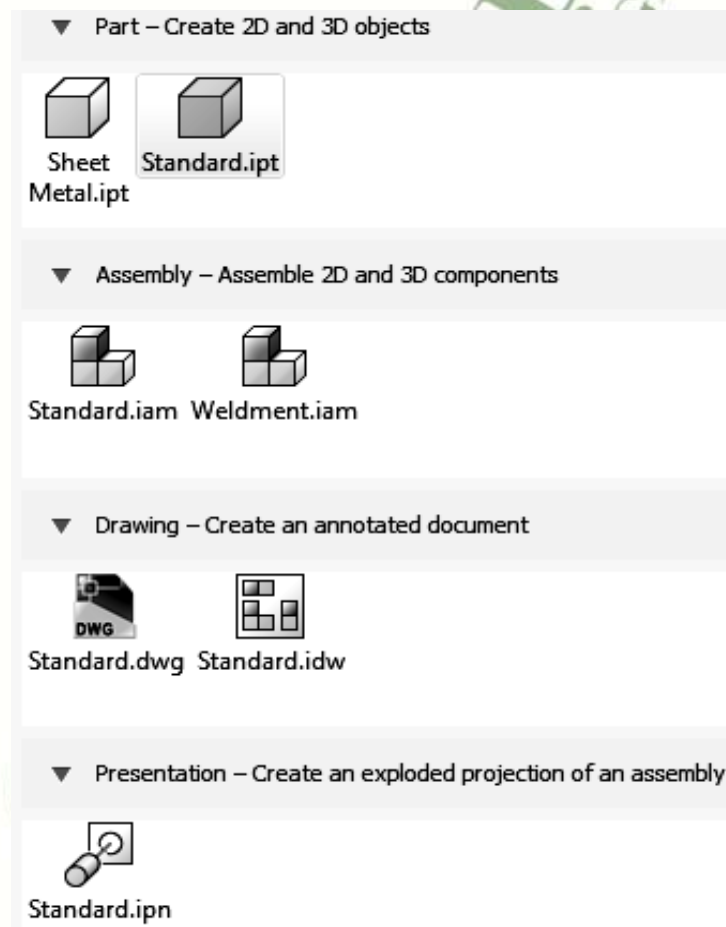
#### e. Các biểu tượng con trỏ

Khi chúng ta dùng Autodesk Inventor các biểu tượng nhỏ thường hiển thị bên cạnh con trỏ. Những biểu tượng này chỉ cho ta biết có thể làm gì đó với mô hình hay thực hiện các thao tác liên quan đến nó.

#### f. Các file mẫu (Templates)

Autodesk Inventor cung cấp các mẫu cho 4 kiểu file: Part, Assembly, Presentation và Drawing. Các file Part cũng có thể được sử dụng cho các Catalog và các chi tiết kim loại tấm (Sheet Metal).

Phần mở rộng và biểu tượng của các file này được mô tả như dưới đây:



Hình 2.7. Các loại file mẫu và phần mở rộng trong Autodesk Inventor

Mẫu cho các kiểu file khác nhau này nằm trong hộp thoại của Autodesk Inventor, nó được hiển thị khi ta kích chuột vào tùy chọn để mở một file mới. Các thẻ Default, English và Metric chứa đựng các mẫu file với đơn vị đo và tiêu chuẩn vẽ tương ứng. Đơn vị đo và tiêu chuẩn dùng trong mẫu Default được chọn khi cài đặt Autodesk Inventor.

Autodesk Inventor New File Templates		
Vị trí của file Template	Tên file Template	Mô tả
Default tab	Sheet Matel.ipt	Default Sheet Metal Part
	Standart.iam	Default Assembly
	Standart.idw	Default Drawing
	Standart.ipn	Default Presentation
	Standart.ipt	Default Part
English tab	Catalog (in).ipt	Part Catalog (in)
	Sheet Matel (in).ipt	Sheet Metal Part (in)
	Standart (in).iam	Assembly (in)
	ANSI (in).idw	Drawing (in)
	Standart (in).ipn	Presentation (in)
Metric tab	Standart (in).ipt	Standart (in)
	Catalog (mm).ipt	Part Catalog (mm)
	Sheet Matel (mm).ipt	Sheet Metal Part (mm)
	Standart (mm).iam	Assembly (mm)
	BSI.idw	Drawing (tiêu chuẩn BSI)
	DIN.idw	Drawing (tiêu chuẩn DIN)
	GB.idw	Drawing (tiêu chuẩn GB)
	ISO.idw	Drawing (tiêu chuẩn ISO)
	JIS.idw	Drawing (tiêu chuẩn JIS)
	Standart (mm).ipn	Presentation (mm)
	Standart (mm).ipt	Standart (mm)

## 2.2. Bản vẽ phác (Sketch) và các lệnh vẽ cơ bản

### 2.2.1. Giới thiệu chung

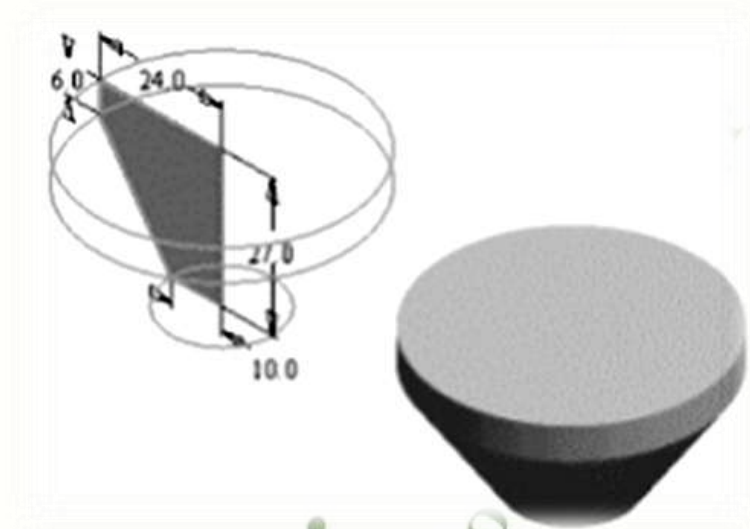
#### a. Công dụng của Sketch

Mô hình mà ta tạo ra trong Autodesk Inventor được liên kết với Sketch cơ sở của nó. Khi sửa đổi Sketch, mô hình sẽ được tự động cập nhật.



Khi muốn tạo hoặc chỉnh sửa Sketch, phải vào môi trường Sketch. Môi trường này bao gồm Sketch và các công cụ để tạo và chỉnh sửa nó.

Sketch là biên dạng của Feature và các đối tượng hình học khác (ví dụ như đường dẫn hoặc tâm quay) cần thiết để tạo Feature. Ta tạo ra mô hình 3D từ Sketch bằng cách kéo một biên dạng theo một đường dẫn hoặc quay một biên dạng quanh một tâm nào đó (hình 2.8).



Hình 2.8. Tạo chi tiết 3D bằng cách quay Sketch quanh một đường tâm

Mô hình 3D của chi tiết được tạo trên cơ sở thông tin trong Sketch và các công cụ tạo Feature. Giữa Sketch và Feature được tạo thành luôn luôn có mối liên kết. Mỗi khi sửa đổi Sketch thì Feature được tự động cập nhật. Điều này làm đơn giản quá trình thiết kế và chỉnh sửa chi tiết.

#### b. Khởi động môi trường Sketch

Đối với một số phiên bản Autodesk Inventor, mỗi khi mở một file chi tiết mới, môi trường Sketch được tự động kích hoạt. Tuy nhiên, những phiên bản mới nhất khi mở một file chi tiết mới môi trường Sketch không được tự động kích hoạt. Khi muốn kích hoạt môi trường Sketch ta kích hoạt Sketch trong Browser (cửa sổ duyệt). Sau khi tạo mô hình từ Sketch ta có thể trở lại môi trường Sketch để chỉnh sửa hoặc bổ sung thêm Sketch mới cho Feature.

Sau khi Sketch được tạo ra, biểu tượng Sketch xuất hiện trong Browser, bên trên biểu tượng Sketch tương ứng. Khi trở vào biểu tượng Sketch trong Browser, Sketch tương ứng trong cửa sổ đồ họa sẽ đổi màu. Để chỉnh sửa Sketch, kích đúp vào biểu tượng của nó trong Browser.

### 2.2.2. Các tiện ích tạo Sketch

Dynamic inference	Autodesk Inventor tìm kiếm, hiển thị và tự động gán những ràng buộc khi tạo Sketch.
Shared Sketch	Ta có thể sử dụng một Sketch để tạo nhiều Feature hoặc nhiều biên dạng (Profile) trong một mô hình chi tiết.
Constrained Drag	Ta có thể gán các ràng buộc, thay đổi kích thước của Sketch và tạo các ràng buộc mới bằng cách kéo các đối tượng hình học.
General Dimension	Ta có thể tạo các kích thước một cách nhanh chóng và trực quan bằng nút trong thanh công cụ.
Auto Dimension	Ta có thể đồng thời ghi nhiều kích thước, tạo các ràng buộc cho các Sketch trong cùng một bước bởi số thao tác ít nhất.
Hatching	Ta có thể gạch mặt cắt cho các vùng trong bản vẽ.
Direct Edge Referencing	Ta có thể chiếu các cạnh của chi tiết lên mặt phẳng Sketch để tạo ra Sketch mới.

### 2.2.3. Trình tự thực hiện

#### a. Phác thảo biên dạng

Mỗi một chi tiết đều được khởi tạo từ một Sketch. Môi trường Sketch được thiết lập để có thể vẽ, chỉnh sửa và hoàn thiện các Sketch một cách dễ dàng.

Để tạo một Sketch cho chi tiết mới ta cần thực hiện các bước sau:

- Mở file chi tiết mới (Part);
- Chọn công cụ (lệnh vẽ) trên thanh công cụ Sketch;
- Kích vào cửa sổ đồ họa để phác thảo biên dạng. Chú ý rằng các biểu tượng (như căn vuông góc hay căn thẳng đứng) sẽ xuất hiện để gợi ý các ràng buộc có thể được gán;
- Đóng kín đối tượng hình học bằng cách chọn điểm đầu. Khi di chuyển chuột đến gần điểm có thể truy bắt thì con trỏ tương ứng sẽ đổi màu;
- Nhấn phím ESC hoặc kích SELECT để kết thúc một lệnh.

#### b. Thay đổi kiểu đối tượng hình học

Có 3 kiểu đối tượng hình học Sketch: Normal, Construction và Centerline. Normal là kiểu mặc định, nó được dùng để tạo các Feature. Kiểu Construction được dùng để tạo các đối tượng hình học hỗ trợ cho phác thảo biên dạng nhưng không được dùng để tạo Feature hoặc đường dẫn, Sweep và Loft. Kiểu Centerline chỉ có thể áp dụng cho các đường. Ví dụ: Lệnh Revolve nhận đường Centerline như một trục quay.

Để thay đổi kiểu đối tượng hình học, ta kích chuột vào mũi tên bên cạnh hộp danh sách Style và chọn Normal hoặc Construction. Đối tượng hình học mới tạo ra sẽ mang kiểu này. Đối với những đối tượng hình học có sẵn trước hết phải chọn đối tượng, sau đó mới chọn kiểu. Nếu ta chọn một đoạn thẳng thì kiểu Centerline sẽ hiện ra trong danh sách Style.

#### c. Nhập chính xác các giá trị

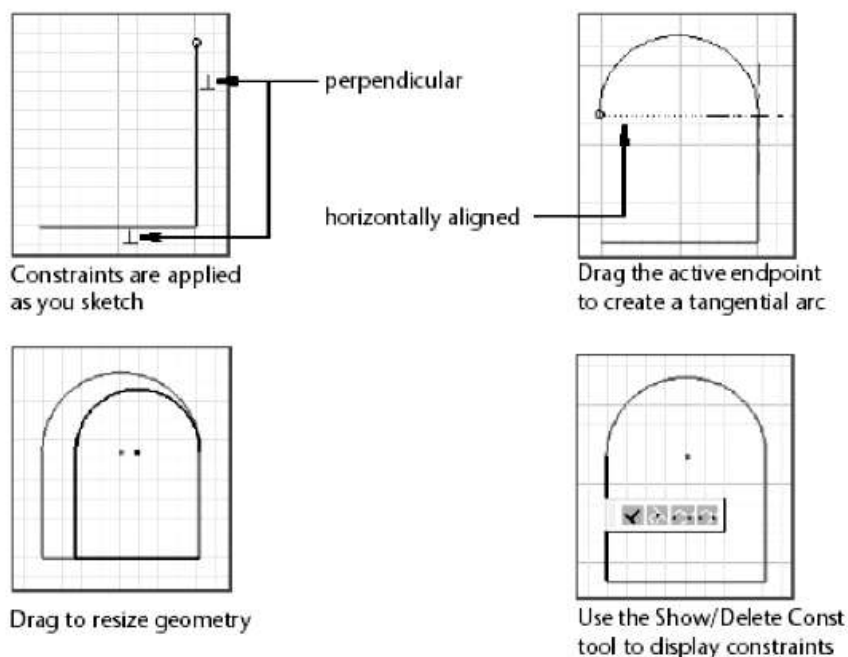
Ta có thể nhập giá trị chính xác cho các đối tượng hình học khi tạo Sketch. Điều đó có thể được thực hiện với các công cụ Sketch cần nhập tọa độ điểm. Cửa sổ nhập tọa độ có hai trường X và Y. Ta có thể nhập cả hai giá trị để định nghĩa một điểm hoặc chỉ nhập một giá trị X hoặc Y để hạn chế vị trí của điểm trên đường thẳng đứng hoặc ngang.

#### d. Chỉnh sửa các Sketch

Khi một Sketch đã được tạo ra, ta có thể thực hiện nhanh các hiệu chỉnh để hoàn thiện nó trước khi tạo Feature. Nếu đối tượng hình học của Sketch chưa bị ràng buộc hoàn toàn, ta có thể chỉnh sửa nó bằng cách kéo rê. Ta có thể định dạng các cạnh của mô hình cũng như các đường của Sketch.

Để sửa lại các đối tượng hình học bằng cách kéo, ta chọn đối tượng hình học và kéo sang vị trí mới. Các đối tượng hình học khác có liên kết với đối tượng này sẽ tự động di chuyển theo.

Để sửa nhiều đối tượng bằng cách kéo, giữ phím CTRL trong khi chọn các đối tượng cần sửa đổi. Kéo đối tượng được chọn sau cùng thì các đối tượng khác cũng di chuyển cùng với nó.



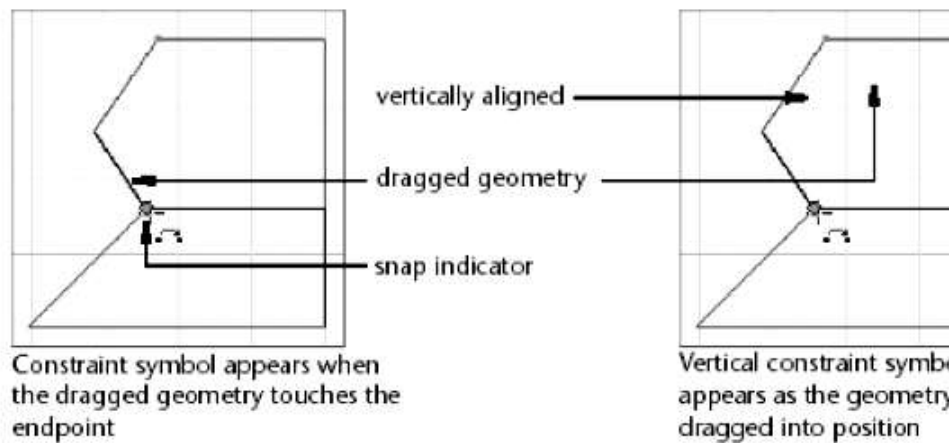
Hình 2.9. Chỉnh sửa Sketch bằng cách kéo

#### e. Thêm bớt các ràng buộc

Ta có thể định dạng Sketch bằng cách thêm vào đó những ràng buộc hình học. Những ràng buộc sẽ hạn chế khả năng biến đổi của đối tượng và xác định hình dạng của Sketch. Ví dụ: Khi đường thẳng bị ràng buộc nằm ngang, khi ta kéo điểm cuối của nó thì hoặc chiều dài của nó thay đổi hoặc nó sẽ dịch chuyển thẳng đứng nhưng góc nghiêng của nó sẽ không thay đổi.

Mặc dù ta có thể sử dụng những Sketch không bị ràng buộc đầy đủ, nhưng những Sketch được ràng buộc đầy đủ khi cập nhật sẽ cho hình dạng mong muốn. Mặc dù công cụ tự động ghi kích thước hạn chế dùng cho Sketch nhưng vẫn có thể sử dụng nó để gán ràng buộc. Nhưng quá trình sẽ kết thúc khi Sketch bị ràng buộc hoàn toàn.

Để thêm một ràng buộc, ta kích chuột vào công cụ Constraint trên thanh công cụ Sketch, sau đó chọn đối tượng hình học cần thêm ràng buộc. Ta cũng có thể tạo ra những ràng buộc bằng cách kéo đối tượng hình học cho đến khi tại vị trí con trỏ xuất hiện ký hiệu của ràng buộc mong muốn. Autodesk Inventor sẽ tự động nhận biết ràng buộc đó là ràng buộc gì khi ta kéo rê đối tượng hình học vào vị trí tương ứng (hình 2.10).



Hình 2.10. Tự nhận biết ràng buộc

Để xem hoặc xóa bỏ ràng buộc, ta kích Show → Delete Constraint trên thanh công cụ Sketch và di con trỏ lên Sketch. Các ràng buộc sẽ hiển thị trong hộp ràng buộc. Dùng con trỏ vào một ký hiệu ràng buộc thì đối tượng hình học tương ứng sẽ đổi màu. Muốn xóa một ràng buộc, kích phải chuột vào biểu tượng tương ứng và chọn Delete hoặc di con trỏ vào biểu tượng ràng buộc và ấn Delete.

Để di chuyển hộp ràng buộc, ta kích vào Grip và kéo hộp ràng buộc tới vị trí mong muốn.

Để xem tất cả ràng buộc cùng một lúc, ta kích chuột phải và chọn Show All Constraints trên menu ngữ cảnh. Chọn Hide All Constraint cũng trên menu này để ẩn toàn bộ các hộp ràng buộc hoặc chọn nút Close trên hộp ràng buộc.

Ta có thể gán giá trị số cụ thể cho một kích thước. Những kích thước như vậy được gọi là kích thước tham số. Khi sửa đổi kích thước số, ta có thể nhập biểu thức gồm một hoặc nhiều tham số.

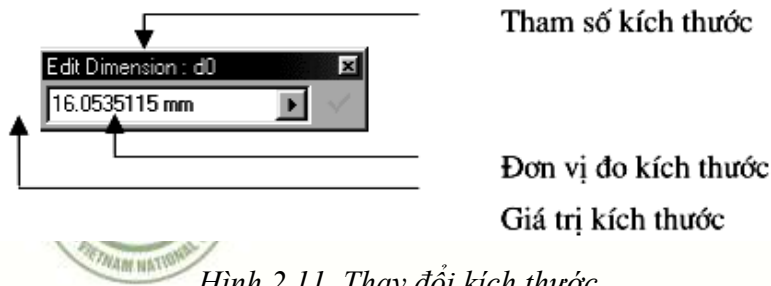
Ta có thể gán kích thước suy diễn (Driven Dimension). Kích thước suy diễn hiển thị độ lớn của đối tượng hình học nhưng ta không thể thay đổi trực tiếp giá trị của nó. Kích thước suy diễn được sử dụng để hiển thị các kích thước dẫn đến ràng buộc thừa và điều khiển tính thích nghi của Sketch.

Để gán kích thước, ta kích vào General Dimension trên thanh công cụ Sketch. Chọn đối tượng cần ghi kích thước và di chuyển con trỏ tới vị trí đặt kích thước. Kích chuột một lần nữa để đặt vị trí ghi kích thước. Ta có thể kích chọn 2 điểm và di chuyển con trỏ để tạo kích thước ngang, đứng hoặc nghiêng. Chọn 2 đoạn thẳng để ghi kích thước góc.

Để chuyển một kích thước thành kích thước suy diễn, ta kích vào công cụ General Dimension hoặc chọn kích thước có sẵn. Sau đó kích vào hộp danh sách Style và chọn Driven. Giá trị của kích thước này sẽ hiển thị trong ngoặc đơn.

Để tự động gán kích thước ràng buộc thừa, ta chọn Tool → Application Options. Sau đó chọn thẻ Sketch, đánh dấu Apply Driven Dimension. Nếu đánh dấu vào hộp Warn of Overconstrained Condition thì một hộp thoại sẽ xuất hiện, hỏi có muốn cập nhập các kích thước thừa như là các kích thước Driven hay không hoặc hủy bỏ lệnh.

Để cài đặt chế độ cho phép nhập giá trị ghi kích thước, kích Tool → Application Options. Tiếp theo chọn thẻ Sketch và đánh dấu vào Edit Dimension When Created. Khi gán kích thước ta nhập giá trị của nó vào hộp Edit Dimension. Nhấn phím CTRL trong khi gán kích thước sẽ bỏ qua cài đặt này.
















Hình 2.11. Thay đổi kích thước




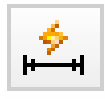







Để thay đổi kích thước, kích vào kích thước nếu công cụ General Dimension đang hoạt động hoặc kích đúp vào kích thước cần thay đổi trong chế độ Select. Ta nhập giá trị mới hoặc nhập biểu thức toán học trong hộp thoại Edit Dimension.

#### 2.2.4. Các lệnh vẽ cơ bản trong Sketch

Bộ công cụ Sketch bao gồm các công cụ Sketch và các biểu tượng ràng buộc.



Nút	Lệnh vẽ	Cài đặt/tùy chọn	Chỉ dẫn đặc biệt
 Line	Line	Vẽ đoạn thẳng	Chọn Normal hoặc Construction trong menu Style
 Spline	Spline	Vẽ đường Spline	
 Circle Center Point  Circle Tangent	Circle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vẽ đường trong biết tâm và bán kính</li> <li>- Vẽ đường tròn tiếp xúc với 3 đối tượng</li> </ul>	Chọn Normal hoặc Construction trong menu Style
 Ellipse	Ellipse	- Vẽ Ellipse	Chọn Normal hoặc Construction trong menu Style
 Arc Three Point  Arc Tangent  Arc + Center Point	Arc	Vẽ cung tròn: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Đi qua 3 điểm</li> <li>- Biết tâm và 2 điểm cuối</li> <li>- Tiếp xúc với đoạn thẳng hoặc đường cong tại điểm cuối đoạn thẳng</li> </ul>	Chọn Normal hoặc Construction trong menu Style
 Rectangle Two Point  Rectangle Three Point	Rectangle	Vẽ hình chữ nhật: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Qua 2 góc đối diện</li> <li>- Qua 3 đỉnh</li> </ul>	
 Fillet	Fillet	Vẽ tròn góc của Sketch	Hộp thoại nhắc nhập bán kính
 Chamfer	Chamfer	Vát góc của Sketch	Định nghĩa kiểu vát trong hộp thoại
 Point	Point, Hole Center	Tạo tâm lỗ hoặc một điểm Sketch	Chọn tâm lỗ (mặc định) hoặc điểm Sketch từ menu Style

Nút	Lệnh vẽ	Cài đặt/tùy chọn	Chỉ dẫn đặc biệt
	Mirror	Đôi xứng đối tượng và gán ràng buộc đối xứng	
	Offset	Tạo đường thẳng hoặc cong song song và cách một khoảng cho trước	
	General Dimension	Gán kích thước cho Sketch	
	Auto Dimension	Gán kích thước tự động đồng thời ràng buộc hoàn toàn một Sketch	Trước hết phải gán kích thước không muốn ghi tự động
	Extend	Kéo dài đoạn thẳng hoặc đường cong tới giao điểm với đoạn thẳng, cong hoặc điểm gần nhất	Nhấn phím Shift để tạm thời chuyển sang chế độ Trim. Kích hoạt chế độ Trim từ menu ngữ cảnh
	Trim	Cắt bỏ một phần đối tượng	Nhấn phím Shift để tạm thời chuyển sang chế độ Extend từ menu ngữ cảnh
	Move	Di chuyển hoặc copy các đối tượng được nhập từ AutoCAD hoặc các đối tượng Sketch	
	Rotate	Quay hoặc copy các đối tượng được nhập từ AutoCAD hoặc đối tượng Sketch	
	Add Constraint	Tạo ràng buộc vuông góc	
		Tạo ràng buộc song song	
		Tạo ràng buộc tiếp xúc của đoạn thẳng (cong) với đường cong	

Nút	Lệnh vẽ	Cài đặt/tùy chọn	Chỉ dẫn đặc biệt
		Tạo ràng buộc trùng khớp giữa các đoạn thẳng, cong hoặc các điểm	
		Tạo ràng buộc đồng tâm giữa 2 đường cong	
		Tạo ràng buộc thẳng hàng giữa 2 đoạn thẳng hoặc 2 trục	
		Tạo ràng buộc nằm ngang của các đoạn thẳng, căn các điểm theo phương ngang	
		Tạo ràng buộc thẳng đứng, căn các điểm theo phương thẳng đứng	
		Tạo ràng buộc chiều dài bằng nhau của các đoạn thẳng hoặc bán kính	
		Tạo ràng buộc cố định cho các điểm, đoạn thẳng hoặc đường cong trong hệ tọa độ của Sketch	
	Show Constraints	Hiển thị các ràng buộc đã gán	Đưa con trỏ đến ràng buộc ấn phím Delete để xóa
	Project Geometry	Chiếu đối tượng hình học lên Sketch khác	
	Project Cut Edges	Chiếu tất cả các cạnh của chi tiết đã chọn lên mặt phẳng Sketch. Các cạnh này phải giao với mặt phẳng Sketch	
	Insert AutoCAD file		

## 2.3. Thiết kế mô hình chi tiết

### 2.3.1. Tạo lập chi tiết mới

Khi ta tạo lập một chi tiết mới ta có thể chọn từ một số biểu mẫu (Template) có sẵn với đơn vị đo được định nghĩa trước. Một biểu mẫu có thể chứa các thông tin về thuộc tính có sẵn như các thuộc tính về vật liệu, các thông tin về dự án.

Các biểu mẫu được lưu trữ trong mục "C:\Users\Public\Public Documents\Autodesk\Inventor2014\Templates" hoặc trong các thư mục con English hoặc Metric. Các thư mục con trong thư mục Templates được hiển thị như các nút Tabs trong hộp thoại New.

Để tạo một chi tiết mới: Ta chọn một biểu mẫu tạo chi tiết từ hộp thoại New hoặc kích chuột vào mũi tên cạnh nút New sau đó chọn Part từ menu mở rộng. Để mở hộp thoại New có thể chọn New từ cửa sổ Getting Started hoặc kích vào nút New trên thanh công cụ chuẩn hoặc chọn File sau đó chọn New.

Chú ý: Nếu chọn Part từ menu mở rộng bên trong nút New biểu mẫu Part chuẩn sẽ được mở. Nếu file Standard.ipt không có trong thư mục C:\Users\Public\Public Documents\Autodesk\Inventor2014\Templates thì hộp thoại thông báo lỗi sẽ xuất hiện.

Cách tạo một biểu mẫu (Template): Mở một file chi tiết (Part) và sửa lại những thông tin cần thiết sau đó chọn File, chọn Save Copy As để ghi vào trong thư mục Template. Nếu tạo một Folder mới trong thư mục Templates thì thư mục đó sẽ xuất hiện như là một nút Tab trong hộp thoại New.

Định nghĩa các thuộc tính cho chi tiết: Chọn File → Properties. Nhập các thông tin diễn tả định nghĩa chi tiết như các dữ liệu về dự án và chi tiết, các thuộc tính về vật liệu, đơn vị đo, tình trạng chi tiết... Những thông tin trên các Tab Summary, Project, Status và Custom cũng có ở bên ngoài Autodesk Inventor thông qua Design Assistant hoặc Microsoft Windows Explorer.

Bổ sung màu cho Feature: Trong cửa sổ duyệt kích chuột phải vào một Feature và chọn Properties. Trong Feature Color chọn một màu mới.

### **2.3.2. Tạo các Feature cơ sở**

Sau khi lập kế hoạch thứ tự các bước, ta quyết định cách tạo chi tiết cơ sở. Có thể dùng hai cách cơ bản là Extrude và Revolve. Ta có thể dùng Extrude để tạo các mặt như là khi ta dùng nó để tạo các Solid. Ta cũng có thể dùng Loft, Sweep hoặc là Coil.

- Extrude: Là đùn một tiết diện dọc theo một đường thẳng.
- Revolve: Là quay liên tục một tiết diện quanh một trục.
- Loft: Là tạo dựng một Feature bằng cách đùn qua các tiết diện thay đổi. Ta có thể tạo các phác thảo trên nhiều mặt làm việc. Loft tạo mô hình được đùn từ một biên dạng với một biên dạng tiếp theo. Loft có thể đùn theo một đường cong.
- Sweep: Là đùn một tiết diện không đổi theo một đường cong.
- Coil: Là đùn một tiết diện không đổi theo một đường xoắn ốc.

Để tạo một Feature cơ sở:

- Mở trực tiếp một file Part mới hoặc tạo một Part trong file lắp ráp;

- Tạo ra một phác thảo bao gồm phác thảo tiết diện và đường dẫn nếu cần;
- Chọn công cụ tạo Feature thích hợp. Hộp thoại yêu cầu nhập các tham số định nghĩa cho Feature. Autodesk Inventor chọn biên dạng kín. Nếu có nhiều biên dạng kín, kích chọn biên dạng mô tả tiết diện cần đùn. Nếu không thực hiện lệnh Extrude thì cần chọn thêm đường dẫn hoặc trục quay;
- Kích OK để kết thúc việc tạo mô hình. Thay đổi chế độ hiển thị từ 2D sang mô hình 3D.

Ta có thể tạo Work Plane khi tạo chi tiết cơ sở.

Tạo các Work Feature: Kích chuột vào nút Work Plane, Work Axis hoặc Work Point. Chọn một đối tượng hình học hoặc hệ tọa độ mặc định. Autodesk Inventor có thể tạo ra Work Feature từ đối tượng hình học đã chọn.

Ví dụ: Nếu muốn tạo một trục làm việc chỉ cần chọn mặt đầu của một hình trụ khi đó trục làm việc được tạo ra qua đường tâm của hình trụ.

### **2.3.3. Quan sát các chi tiết**

Có một số cách quan sát chi tiết, cách quan sát mặc định là vuông góc với biên dạng phác thảo. Khi kích chuột phải vào cửa sổ đồ họa và chọn Isometric View từ menu thì vector quan sát sẽ thay đổi theo hướng đó. Ta cũng có thể chọn Previous View từ menu hoặc ấn phím F5 để trở lại mô hình của lần quan sát trước.

Các lệnh dùng để quan sát được đặt trên thanh công cụ chuẩn. Xem “Viewing Tools”.

Ta có thể xoay hướng quan sát theo 3 chiều, quanh một hoặc các trục tọa độ. Công cụ Common View là một “glass box” và các vector quan sát trên mỗi mặt và góc.

Sử dụng công cụ quay: Trên thanh công cụ chuẩn kích chuột vào Rotate, biểu tượng quay 3D được hiển thị trên mô hình. Kích chuột vào mô hình để chọn điểm quay cho vector quan sát. Di chuyển chuột bên trong biểu tượng quay để quay theo 3 chiều, di chuyển chuột bên ngoài biểu tượng quay để quay theo một trục. Kích chuột ra bên ngoài vùng biểu tượng để kết thúc lệnh quay. Ta cũng có thể ấn phím F4 để kích hoạt lệnh này.

Sử dụng công cụ Common View: Trên thanh công cụ chuẩn, kích chuột vào Rotate để kích hoạt lệnh Common View, ấn phím Spacebar. Khi Rotate được kích hoạt, kích chuột vào một mũi tên mô hình sẽ quay cho đến khi góc thẳng hướng quan sát.

### **2.3.4. Chỉnh sửa các Feature**

Để chỉnh sửa một Feature: Thay đổi các tham số trong lệnh tạo Feature hoặc biên dạng phác thảo. Kích chuột phải vào Feature cần sửa trong trình duyệt sau đó chọn Edit Feature, Edit Sketch hoặc Show Dimensions. Edit Feature sẽ mở hộp thoại của lệnh tạo



Feature đó. Edit Sketch kích hoạt Sketch của Feature. Show Dimensions hiển thị kích thước Sketch. Từ đó ta có thể chỉnh sửa chúng trong môi trường mô hình chi tiết.

Để thoát khỏi chế độ Sketch: Kích chuột vào nút Update, Feature được cập nhật và chương trình thoát khỏi chế độ Sketch.

### **2.3.5. Bổ sung Sketch Feature**

Mối quan hệ cha con giữa các Feature nghĩa là một Feature điều khiển các Feature khác. Feature cơ sở là cha của tất cả các Feature khác. Có nhiều cấp độ liên hệ cha/con. Feature con tạo ra sau Feature cha và Feature cha phải có sẵn trước. Ví dụ: Ta có thể tạo một vấu lồi trên vật đúc, có thể có hoặc không có lỗ khoan (Feature con) trên nó tùy theo từng ứng dụng. Cầu lồi (Feature cha) có thể có sẵn hoặc không có lỗ khoan (Feature con), nhưng lỗ khoan thì không tồn tại nếu không có vấu lồi.

Bổ sung một Sketch Feature: Cũng giống như khi tạo Feature cơ sở. Nhưng ở đây có 2 điểm khác là:

- Thứ nhất ta phải chỉ ra Sketch;
- Thứ 2 là ở trường hợp này số lượng tùy chọn để tạo Feature nhiều hơn.

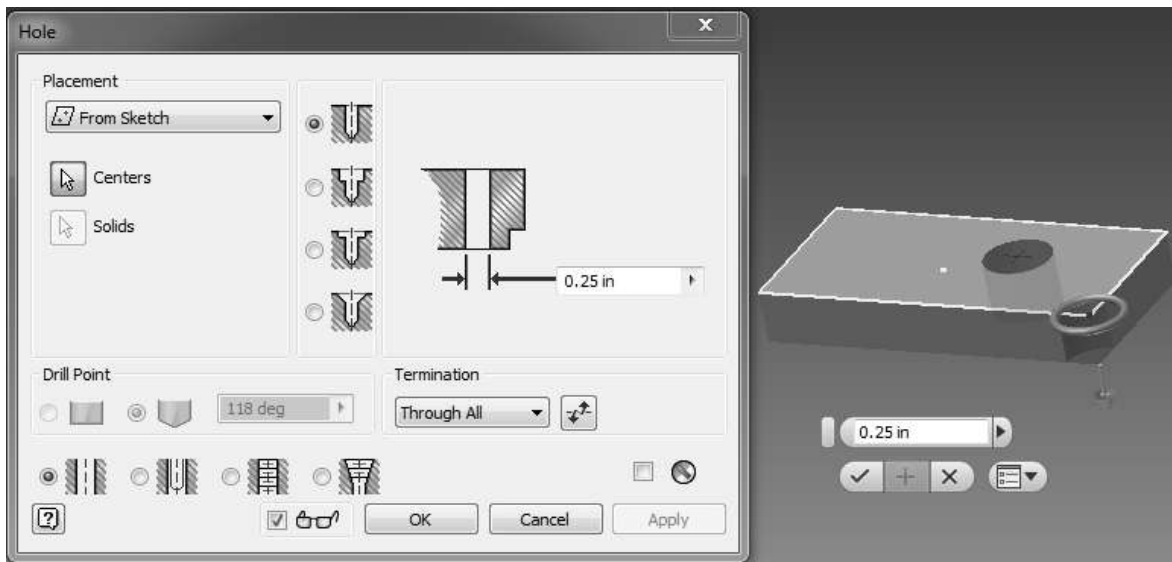
Tạo một phác thảo mới: Kích chuột vào nút Sketch và kích chuột vào một mặt trên mô hình chi tiết. Biên dạng phác thảo được định nghĩa trên mặt lưới. Nếu muốn dựng Feature trên mặt cong hoặc một mặt nghiêng trước tiên ta phải dựng một mặt làm việc (Work Plane).

### **2.3.6. Bổ sung các Placed Feature**

Các Placed Feature không yêu cầu Sketch cho riêng nó. Ví dụ: Ta chỉ cần xác định một cạnh để bổ sung một Chamfer (vát góc). Dùng công cụ tạo Chamfer để định nghĩa các tham số cho Chamfer.

Các Placed Feature chuẩn là: Shell, Fillet hoặc Round, Chamfer và Face draft.

- Shell: Tạo chi tiết rỗng với độ dày xác định của thành chi tiết.
- Fillet: Vê trong các cạnh.
- Chamfer: Vát mép các góc.
- Face Draft: Tạo mặt vát trên các mặt. Ta cần chọn mặt cơ sở và hướng vát.
- Bổ sung Placed Feature: Kích chuột vào nút Placed Feature sau đó chọn Feature cần bổ sung.
- Bổ sung một lỗ (Hole): Tạo các điểm tâm lỗ. Ta có thể tạo điểm trên bề mặt hoặc dùng điểm cuối của đường thẳng làm tâm lỗ. Trên thanh công cụ Feature kích chuột vào công cụ Hole sau đó chọn tâm lỗ, dùng hộp thoại Hole để định nghĩa lỗ.

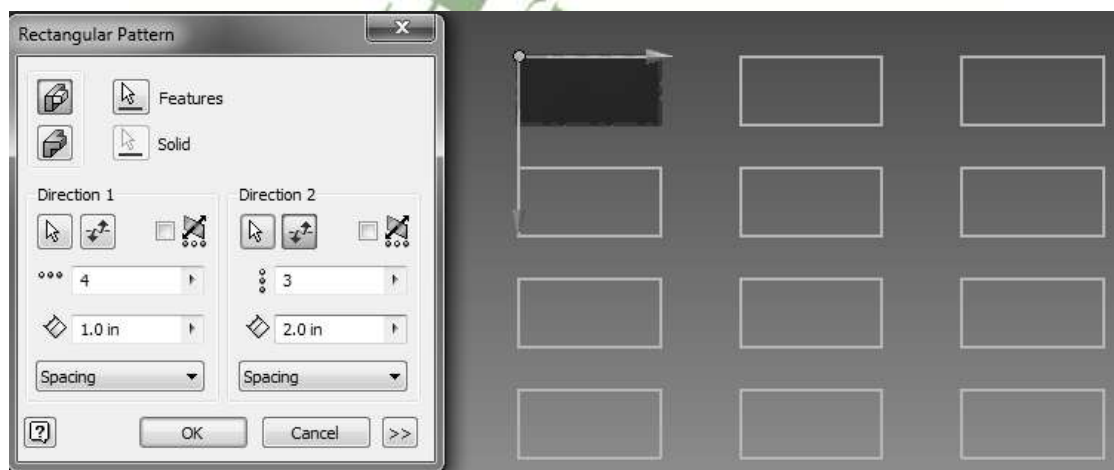


Hình 2.12. Tạo các điểm tâm lỗ và hộp thoại Hole

### 2.3.7. Tạo mảng Feature (Pattern of Feature)

Một Feature đơn hoặc một nhóm các Feature có thể được nhân bản hoặc sắp xếp trong các mảng. Các công cụ tạo mảng yêu cầu có một đối tượng hình học tham chiếu để định nghĩa mảng. Ta có thể tạo các mảng bằng cách sử dụng công cụ Rectangular và Circular Pattern hoặc công cụ Mirror Feature.

Ví dụ: Dùng công cụ Rectangular để tạo một mảng gồm 4 hàng 3 cột.



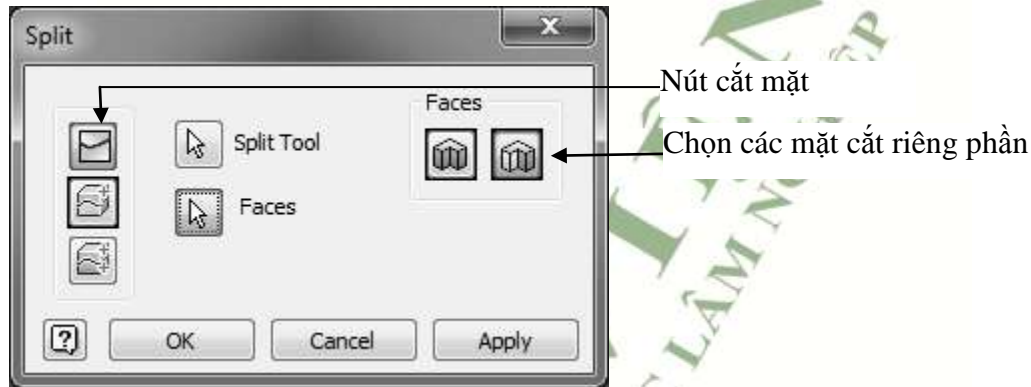
Hình 2.13. Công cụ Rectangular

### 2.3.8. Cắt các mặt hoặc các chi tiết

Công cụ Split dùng phác thảo các đối tượng hình học để cắt các mặt hoặc các chi tiết. Sử dụng các đối tượng hình học phác thảo để tạo các đường cắt đứt. Khi cắt một mặt, hệ

thống sẽ chia mặt có sẵn theo đường cắt đứt. Khi cắt một chi tiết, hệ thống sẽ cắt qua chi tiết theo đường cắt đứt và loại bỏ một nửa chi tiết.

- Cắt các mặt: Tạo mặt phác thảo và phác thảo đường cắt đứt. Ta có thể dùng các đối tượng hình học có nhiều phần để tạo đường cắt đứt. Kích chuột vào công cụ Split trên thanh công cụ Feature. Sau đó kích chuột vào nút Split Face. Chọn đường cắt và các mặt cần cắt. Nếu muốn cắt tất cả các mặt trên chi tiết, kích chuột vào nút Part. Nếu đường cắt không hoàn toàn cắt các mặt cần cắt thì hệ thống sẽ tự động kéo dài đến giao nhau.



Hình 2.14. Công cụ Split Face

- Cắt chi tiết: Tạo mặt phẳng phác thảo và phác thảo đường cắt. Ta có thể dùng các đối tượng hình học có nhiều phần để tạo đường cắt. Kích chuột vào công cụ Split trên thanh công cụ Feature. Kích chuột vào nút Split Part. Chọn đường cắt và phần cắt bỏ. Nếu đường cắt không giao với các mặt cắt cần cắt thì hệ thống sẽ tự động kéo dài đến giao nhau.

















Hình 2.15. Công cụ Split Part


### 2.3.9. Các công cụ tạo mô hình chi tiết

Tập hợp các công cụ tạo mô hình chi tiết bao gồm các công cụ tạo Feature trên thanh công cụ Feature và các công cụ quan sát trên thanh công cụ chuẩn.

- Các công cụ tạo Feature:

Một số công cụ Feature có nhiều lựa chọn. Mũi tên bên cạnh nút công cụ chỉ cho ta có thể mở rộng nút để có thể nhìn thấy lựa chọn nhiều hơn.

Nút	Công cụ	Chức năng	Ghi chú
 Extrude	Extrude	Đùn một biên dạng theo phương vuông góc với phác thảo để tạo một khối rắn hoặc mô hình mặt	Có thể dùng tạo Feature cơ sở
 Revolve	Revolve	Quay liên tục một biên dạng quanh một trục	Có thể dùng tạo Feature cơ sở
 Hole	Hole	Tạo một lỗ trong chi tiết	Dùng điểm cuối của một đường thẳng hoặc tâm lỗ làm đường tâm lỗ
 Shell	Shell	Khoét rỗng chi tiết	Placed Feature
 Rib	Rib	Tạo một gân cho chi tiết	Placed Feature
 Loft	Loft	Tạo một Feature có tiết diện thay đổi, có thể theo một đường dẫn cong	Yêu cầu có nhiều mặt phẳng làm việc
 Sweep	Sweep	Đùn một phác thảo biên dạng theo một đường dẫn cong	Có thể dùng để tạo chi tiết cơ sở
 Coil	Coil	Đùn một biên dạng theo một đường dẫn xoắn ốc	Có thể dùng để tạo Feature cơ sở
 Thread	Thread	Tạo đường ren trong hoặc ren ngoài chi tiết	
 Fillet	Fillet	Vê tròn các cạnh	Placed Feature
 Chamfer	Chamfer	Vát mép các cạnh	Placed Feature
 Draft	Face Draft	Tạo khối vát trên cạnh đã chọn	Placed Feature
 Split	Split	Cắt các mặt theo đường cắt hoặc cắt chi tiết theo đường cắt	
 Derive	Derived Component	Tạo một chi tiết mới từ chi tiết cơ sở	

Nút	Công cụ	Chức năng	Ghi chú
	Rectangular Pattern	Tạo một ma trận chữ nhật Feature	
	Circular Pattern	Tạo một Feature theo đường tròn	
	Mirror Feature	Tạo một ảnh đối xứng qua một mặt, một đường thẳng, một trục	
	Work Plane	Tạo một mặt làm việc	
	Work Axis	Tạo một trục làm việc	
	Work Point	Tạo một điểm làm việc	

- Các công cụ quan sát: Bảng này diễn tả các công cụ dùng để thay đổi hướng quan sát. Có thể dùng các công cụ này trong tất cả các môi trường.

Nút lệnh	Công cụ	Chức năng	Ghi chú
	Zoom all	Hiển thị toàn bộ các chi tiết trong cửa sổ đồ họa	
	Zoom Window	Hiển thị kín màn hình vùng được chọn	
	Zoom	Di chuột để phóng to hoặc thu nhỏ	
	Pan	Di chuyển vị trí mô hình trong cửa sổ đồ họa	
	Zoom selected	Hiển thị màn hình đối tượng hình học được chọn	
	Rotate	Thay đổi hướng quan sát mô hình	
	Look at	Thay đổi hướng quan sát sao cho nó vuông góc với đối tượng hình học được chọn	



## 2.4. Lắp ráp và mô phỏng động học

Trong nội dung này ta sẽ tìm hiểu về các công cụ lắp ráp và trình tự làm việc để tạo các lắp ráp. Ta cũng sẽ tìm hiểu một số kỹ thuật để mô phỏng động học cụm chi tiết, cơ cấu máy.

### 2.4.1. Trình tự lắp ráp

#### a. Lập kế hoạch làm việc

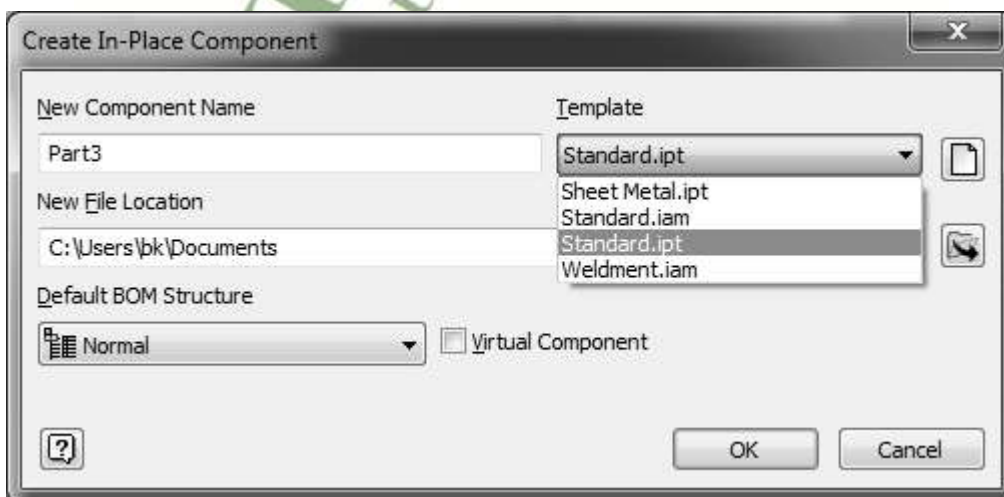
Thứ tự tạo các chi tiết và các cụm lắp phụ thuộc vào việc ta trả lời các câu hỏi sau ra sao:

- Ta chỉnh sửa một lắp ráp có sẵn hay bắt đầu một lắp ráp mới?
- Ta có thể đập vỡ một lắp ráp lớn thành các cụm lắp con được không?
- Ta có thể dùng các chi tiết có sẵn và các phần tử thiết kế không?
- Ràng buộc nào sẽ ảnh hưởng đến chức năng của thiết kế?

#### b. Tạo hoặc chèn thành phần lắp ráp đầu tiên

Chọn một chi tiết hoặc một cụm lắp cơ sở (ví dụ như một khung hoặc tấm kim loại) làm thành phần lắp ráp đầu tiên của lắp ráp. Ta có thể chèn một thành phần lắp ráp có sẵn hoặc tạo mới một thành phần lắp ráp mới trong lắp ráp. Thành phần lắp ráp đầu tiên này cần được gán cố định (tất cả các bậc tự do đều bị hạn chế). Góc tọa độ và các trục tọa độ của nó được căn theo gốc và các trục tọa độ của lắp ráp.

- Tạo một thành phần lắp ráp: Chọn Assemble → Create. Trong hộp thoại Create In-Place Component ta nhập tên file mới và kiểu file. Khi đó sẽ tạo ra thành phần lắp ráp đầu tiên.



Hình 2.16. Hộp thoại Create In-Place Component

- Chèn một thành phần lắp ráp có sẵn: Chọn Assemble → Place. Duyệt qua các file cần mở trong hộp thoại Open. Kích chuột vào cửa sổ đồ họa để chèn thành phần lắp ráp, có thể chèn nhiều bản một lúc, kết thúc kích chuột phải và chọn Ok. Các bản chèn không có các ràng buộc lắp ráp.

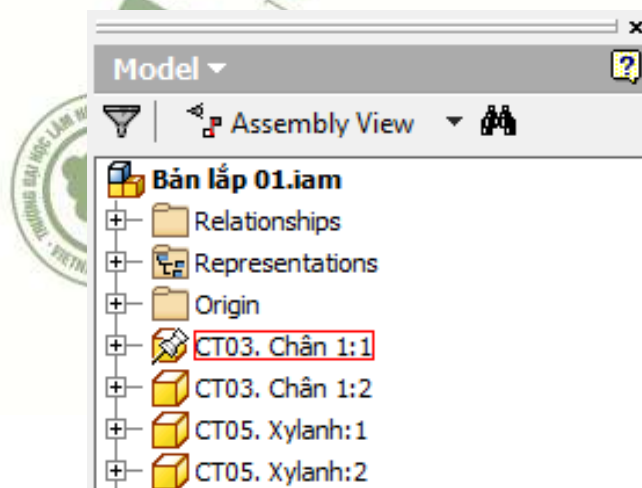
*c. Định vị các thành phần lắp ráp*

Có nhiều cách để di chuyển các thành phần lắp ráp. Nếu một thành phần lắp ráp không phải là cố định hoặc không bị ràng buộc hoàn toàn, ta có thể di chuyển nó trong vùng lắp ráp. Các ràng buộc sẽ xóa một vài bậc tự do của thành phần lắp ráp này. Có thể dịch chuyển một thành phần lắp ráp theo các bậc tự do còn lại.

Khi một chi tiết hoặc một cụm lắp ráp được cố định nó sẽ được cố định trong hệ tọa độ lắp ráp. Chi tiết cố định này sẽ được mô tả bằng một biểu tượng riêng trên cửa sổ duyệt. Bất kỳ thành phần lắp ráp nào trong một lắp ráp cũng có thể được cố định. Thành phần lắp ráp đầu tiên của lắp ráp được tự động cố định tuy nhiên ta có thể hủy bỏ trạng thái cố định của nó.

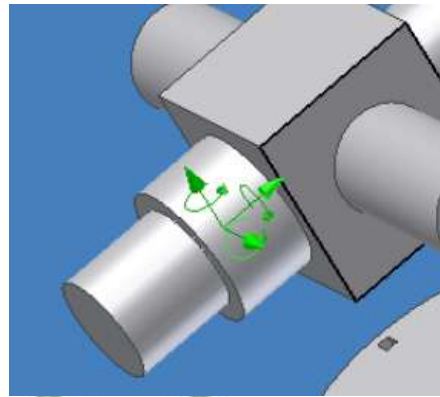
Một thành phần lắp ráp cố định thì không giống như các thành phần lắp ráp ràng buộc khác. Một thành phần lắp ráp cố định được cố định vào hệ trục tọa độ lắp ráp. Một thành phần lắp ráp ràng buộc thì có quan hệ với các thành phần lắp ráp khác mà định nghĩa vị trí của nó. Đây là sự tác động lẫn nhau giữa các thành phần lắp ráp. Ví dụ: Nếu ta dùng công cụ Move hoặc Rotate để tạm thời định vị lại một thành phần lắp ráp được ràng buộc khi Update, thành phần lắp ráp này sẽ trở lại vị trí ràng buộc của nó.

Khi dịch chuyển một thành phần lắp ráp cố định bằng công cụ Move hoặc Rotate, bất kỳ thành phần lắp ráp nào mà có ràng buộc tới nó sẽ cùng dịch chuyển tới vị trí mới của thành phần lắp ráp cố định.



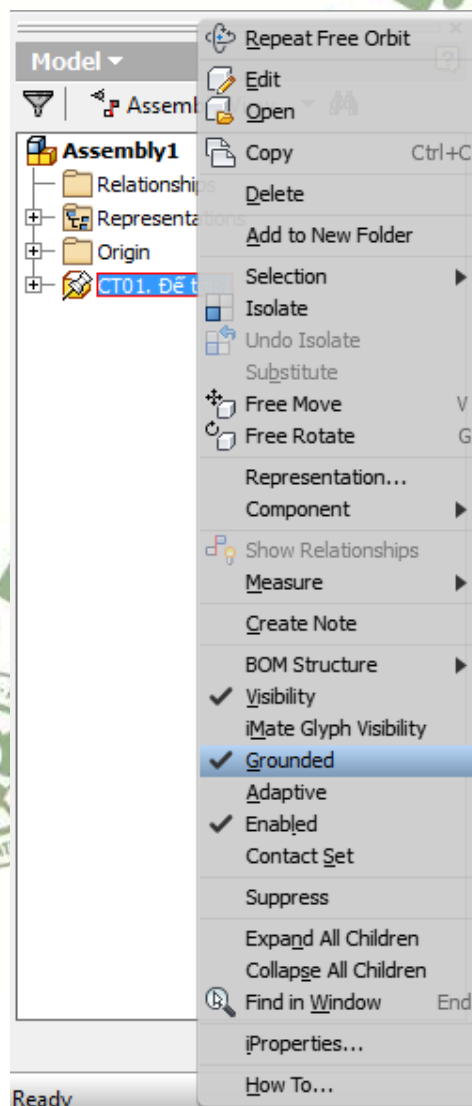
Hình 2.17. Biểu tượng chi tiết định vị trên cửa sổ duyệt

- Hiện thị các bậc tự do có sẵn: Kích chuột phải vào chi tiết trong cửa sổ duyệt hoặc cửa sổ đồ họa sau đó chọn Properties. Trong hộp hội thoại Properties chọn nút Occurrence, đánh dấu vào hộp kiểm Degrees of Freedom sau đó kích chuột OK. Để tắt chế độ hiển thị bậc tự do ta bỏ đánh dấu trong hộp kiểm trên. Ta cũng có thể sử dụng tùy chọn Degrees of Freedom trong menu View.



Hình 2.18. Chế độ Degrees of Freedom OnS

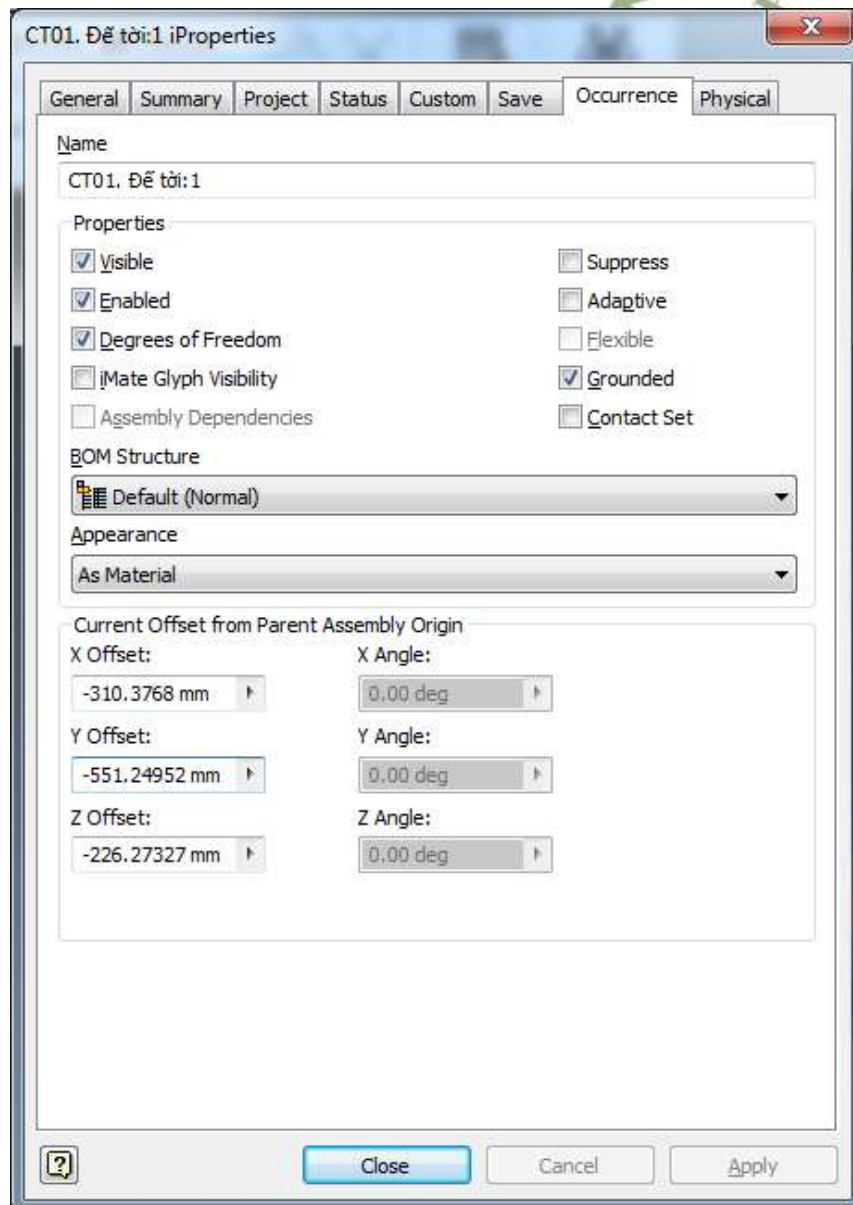
- Thay đổi trạng thái cố định của một thành phần lắp ráp: Kích chuột phải vào chi tiết trên cửa sổ duyệt sau đó chọn hoặc bỏ đánh dấu vào Grounded.



Hình 2.19. Thay đổi trạng thái cố định của một thành phần lắp ráp

- Di chuyển hoặc quay thành phần lắp ráp cố định: Kích chuột vào công cụ Move Component hoặc Rotate Component trên thanh công cụ Assembly. Sau đó, kéo rê thành phần lắp ráp cố định tới vị trí mới. Khi kích chuột vào Update bất kỳ các thành phần lắp ráp ràng buộc nào sẽ được định vị lại tới vị trí mới.

- Di chuyển một thành phần lắp ráp với một khoảng cách xác định: Kích chuột phải vào thành phần lắp ráp cần di chuyển sau đó chọn Properties → Occurrence. Ta có thể nhập số cho các giá trị dịch chuyển theo các trục tọa độ X, Y, Z. Ta cũng có thể bật tắt trạng thái cố định của thành phần lắp ráp cố định.



Hình 2.20. Di chuyển một thành phần lắp ráp với khoảng cách xác định

- Di chuyển hoặc quay tạm thời các thành phần lắp ráp ràng buộc: Kích chuột vào công cụ Move Component hoặc Rotate Component trên thanh công cụ Assembly. Dùng các công cụ này để di chuyển hoặc quay tạm thời các thành phần lắp ráp mà không xóa mất ràng buộc. Thành phần lắp ráp ràng buộc sẽ trở thành vị trí ban đầu của nó khi ta kích chuột vào Update.

#### *d. Bổ sung thành phần lắp ráp*

Trong môi trường lắp ráp ta có thể tạo một cụm lắp, một chi tiết mới hoặc chèn một chi tiết hay một cụm lắp có sẵn. Khi tạo một Component In-Place mới ta có thể gán mặt phác thảo trong mặt quan sát hiện hành hay ràng buộc nó tới một mặt của thành phần lắp ráp có sẵn. Ta có thể chèn nó vào vùng lắp ráp sau đó bổ sung các ràng buộc.

Khi một thành phần lắp ráp được kích hoạt thì các thành phần lắp ráp còn lại sẽ bị mờ đi trong cửa sổ duyệt. Chỉ có một thành phần lắp ráp có thể được kích hoạt tại một thời điểm. Bộ phận lắp ráp tự nó phải được kích hoạt khi tạo hoặc chèn một thành phần lắp ráp.

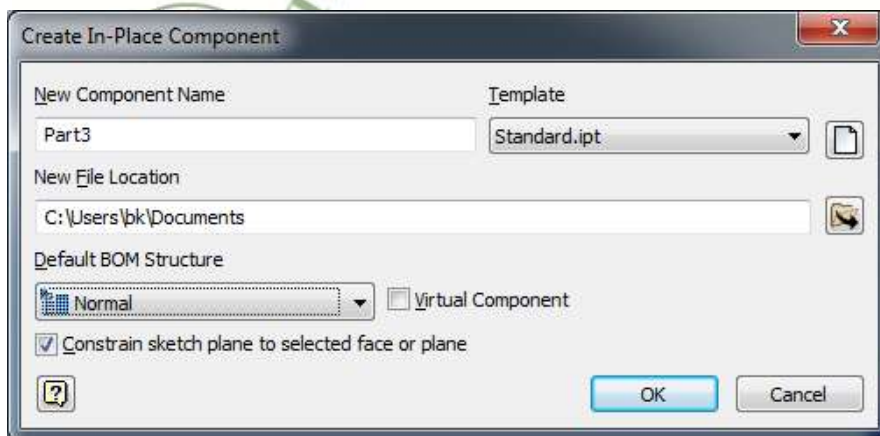
- Kích hoạt chi tiết: Kích đúp vào tên chi tiết trong cửa sổ duyệt. Các chi tiết còn lại sẽ bị mờ đi.

- Kích hoạt một cụm lắp: Kích đúp vào tên của cụm lắp ráp trong cửa sổ duyệt hoặc kích chuột phải trong cửa sổ đồ họa và chọn Finish Edit.

Chú ý: Finish Edit sẽ bị ẩn trên menu ngữ cảnh trong khi đối tượng hình học được chọn trong cửa sổ đồ họa.

- Tạo một Component In-Place: Kích chuột vào công cụ Create Component. Nếu cần tạo ràng buộc giữa mặt phác thảo và một mặt của chi tiết có sẵn thì chọn Constrain Sketch Plane to Selected Face trong hộp thoại Create In-Place Component.

Cách khác có thể kích chuột vào một vị trí trong cửa sổ đồ họa để xác định mặt phác thảo.



*Hình 2.21. Hộp thoại Create In-Place Component*



- Tạo một chi tiết hoặc một cụm lắp dẫn xuất: Duyệt và mở file Part (.ipt) đối với Feature cơ sở. Trong thanh công cụ Feature kích chuột vào nút Derived Component. Xác định hệ số tỷ lệ, mặt đối xứng và kích OK. Nếu ta chỉnh sửa Feature của chi tiết dẫn xuất kích chuột phải và chọn Update Derived Feature. Để phá hủy liên kết và không cập nhật sự thay đổi của chi tiết gốc, kích chuột phải vào Feature dẫn xuất trong cửa sổ duyệt và kích chuột vào Break link.

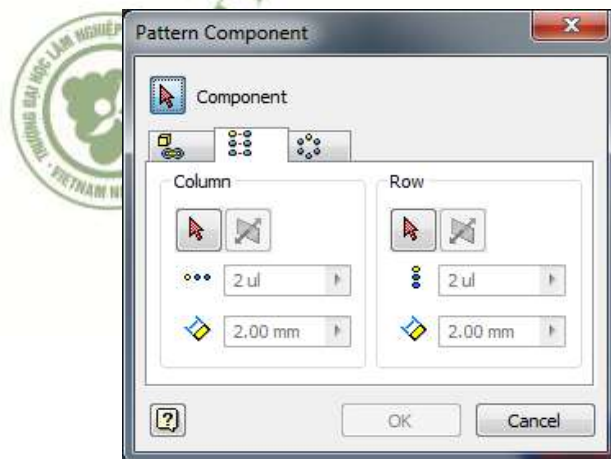
- Chèn một chi tiết hoặc một cụm lắp: Kích chuột vào công cụ Place Component sau đó chỉ rõ file cần chèn. Kích chuột vào cửa sổ đồ họa để định vị thành phần lắp ráp khi chèn. Mỗi lần kích chuột vào cửa sổ đồ họa sẽ chèn một bản của chi tiết hoặc cụm chi lắp cần chèn. Không có ràng buộc nào được gán khi dùng công cụ Place Component.

*e. Tạo mảng các thành phần lắp ráp*

Bạn có thể tạo mảng chi tiết, nhóm chi tiết, cụm lắp. Các thành phần lắp ráp được tạo mảng có thể bao gồm các ràng buộc và là các đối tượng lắp ráp duy nhất với các đặc tính không có trong các thành phần lắp ráp chèn thông thường. Ta có thể tạo các thành phần lắp ráp được tạo mảng và có liên kết tới mảng các Feature chi tiết. Ví dụ: Một mảng các lỗ có thể tồn tại cùng các bulong mà có mối liên hệ với mảng các lỗ. Nếu số lỗ thay đổi thì số bulong cũng thay đổi theo.

Để tạo mảng các thành phần lắp ráp: Kích chuột vào công cụ Pattern Component sau đó chọn nút Rectangular hoặc Circular. Ta có thể chọn các thành phần lắp ráp cần tạo mảng trong cửa sổ duyệt hoặc trong cửa sổ đồ họa. Sau đó, chọn các cạnh của thành phần lắp ráp, các trục làm việc hoặc các trục tọa độ để xác định hướng của các hàng và các cột hoặc trục quay. Nhập số phần tử và khoảng cách giữa các phần tử.

Chú ý: Mỗi lần chèn một thành phần lắp ráp hoặc tạo một mảng từ một thành phần lắp ráp, Autodesk Inventor liên kết nó tới tất cả các cá thể khác của thành phần lắp ráp đó. Thay đổi một mô hình đơn sẽ làm thay đổi tất cả các cá thể khác. Để tạo một thành phần lắp ráp mới dựa trên thành phần lắp ráp khác, ghi phiên bản với tên chi tiết và chèn phiên bản vào trong lắp ráp.



*Hình 2.22. Hộp thoại Pattern Component*

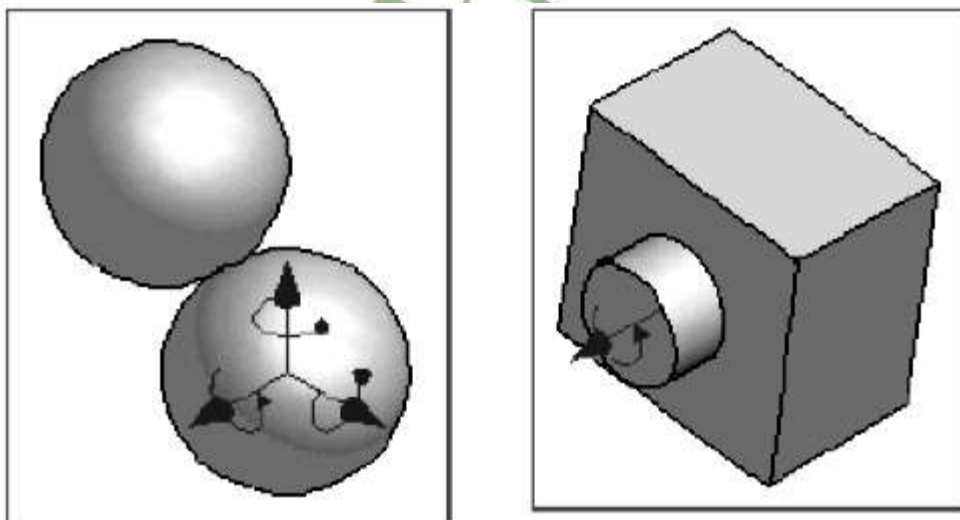
#### *f. Thay đổi các thành phần lắp ráp*

Việc các nhà thiết kế thay đổi một chi tiết trong lắp ráp là việc thường xuyên diễn ra. Autodesk Inventor chèn chi tiết mới với các trục tọa độ của nó được căn theo các trục tọa độ của chi tiết có sẵn. Ta phải gán bất kỳ ràng buộc nào cho nó.

Để thay đổi một thành phần lắp ráp: Kích chuột vào công cụ Replace Component trên thanh công cụ Assembly sau đó chọn thành phần lắp ráp cần thay đổi sau đó tìm đến thành phần lắp ráp mới. Tất cả các ràng buộc trên thành phần lắp ráp có sẵn sẽ bị mất trong khi thay đổi.

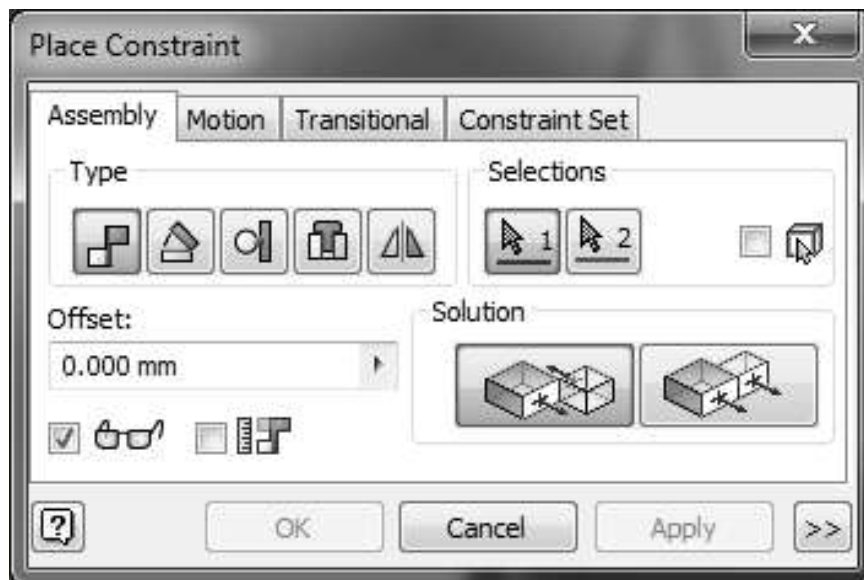
#### *h. Bổ sung các ràng buộc tới các thành phần lắp ráp*

Ta có thể bổ sung 4 kiểu ràng buộc tới các thành phần lắp ráp: mate, angle, tangent và insert. Mỗi kiểu của ràng buộc có nhiều phương án. Các phương án được định nghĩa bởi hướng của các vector vuông góc với thành phần lắp ráp. Ta có thể Mate các thành phần lắp ráp bằng cách nhấn phím Alt và kéo rê chi tiết vào vị trí Mate. Phương pháp này thì nhanh bởi vì không cần nhập lệnh tạo ràng buộc. Một số bậc tự do sẽ bị mất khi ta thêm các ràng buộc. Các bậc tự do có thể vẫn có sẵn nhưng bị hạn chế. Ví dụ: Nếu ta gán một ràng buộc Tangent tới 2 quả cầu thì tất cả sáu bậc tự do vẫn còn nhưng ta không thể dịch chuyển một quả cầu dù chỉ là theo một hướng. Thử dựng một vài chi tiết để xem các ràng buộc hạn chế chuyển động của chúng như thế nào.



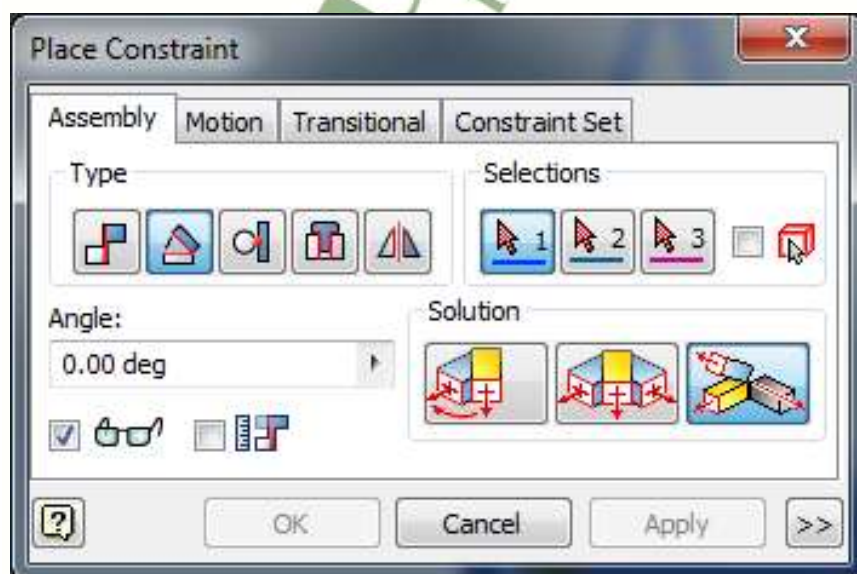
*Hình 2.23. Gán ràng buộc cho các chi tiết lắp ráp*

- Tạo ràng buộc 2 mặt, cạnh, điểm hoặc các Work Feature với nhau: Trong hộp thoại Place Constraint kích chuột vào Mate. Ta có hai phương án trong lệnh Mate là Mate và Flush như minh họa hình 2.24. Nếu ta muốn các mũi tên vuông góc hướng vào nhau thì ta chọn Mate. Nếu ta muốn các đối tượng hình học đặt cạnh nhau và các mũi tên theo cùng một hướng ta chọn Flush. Nếu muốn tạo khe hở nhập giá trị hở vào hộp offset.



Hình 2.24. Ràng buộc Mate trong hộp thoại Place Constraint

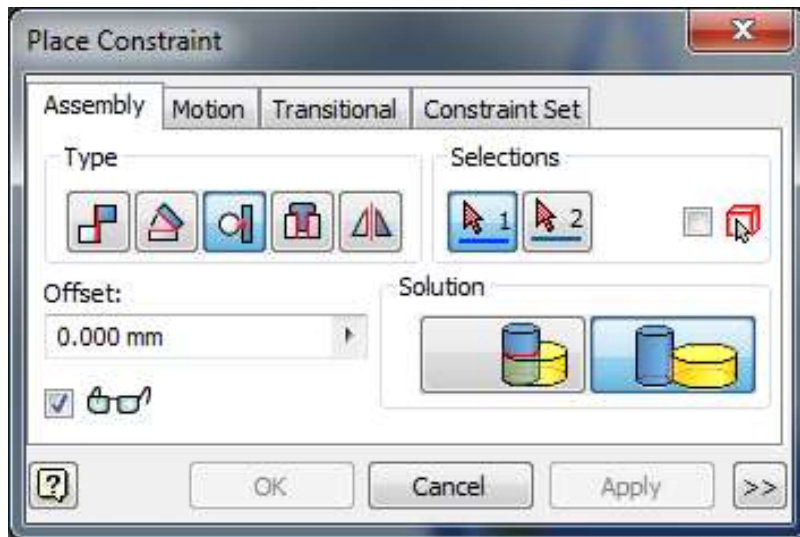
- Tạo ràng buộc hai mặt hoặc hai cạnh hợp với nhau một góc nhất định: Trong hộp thoại Place Constraint kích chuột vào Angle. Ta có thể chọn các vector vuông góc với các mặt hoặc các cạnh riêng. Có 4 giải pháp cho mỗi cặp lắp ráp. Các mặt được lựa chọn của chi tiết sẽ được ràng buộc theo góc.



Hình 2.25. Ràng buộc Angle trong hộp thoại Place Constraint

- Tạo ràng buộc của một mặt cong với một mặt phẳng hoặc một mặt cong khác:

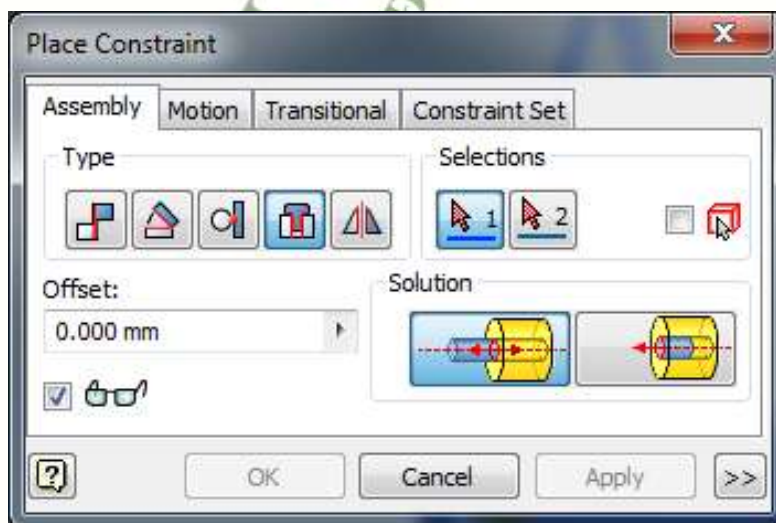
Trong hộp thoại Place Constraint kích chuột vào Tangent. Trong trường hợp này ta có hai phương án là tiếp xúc trong và tiếp xúc ngoài như hình dưới đây:



Hình 2.26. Ràng buộc Tangent trong hộp thoại Place Constraint

- Tạo ràng buộc ngang bằng giữa lỗ và mặt trụ: Trong hộp thoại Place Constraint kích chuột vào Insert. Lệnh này sẽ gán đồng tâm của các cung tròn hoặc đường tròn được chọn để tạo ràng buộc. Để gán ràng buộc ta chọn đường tròn trên hình trụ và trên lỗ mà ta muốn ràng buộc.

Chú ý: Các ràng buộc Insert được hạn chế bởi các bề mặt phẳng mà vuông góc với đường trục của hình trụ và của lỗ.



Hình 2.27. Ràng buộc Insert trong hộp thoại Place Constraint

#### i. Bỏ sung ràng buộc cho các chi tiết thích nghi

Có thể tạo các chi tiết đặt dưới sự ràng buộc mà được thích nghi theo ràng buộc đó trong lắp ráp. Bằng cách này, chức năng thiết kế sẽ điều khiển hình dạng của các thành



phần lắp ráp. Ví dụ, ta có thể tạo một miếng đệm và gán ràng buộc sao cho nó sẽ kéo dẫn hoặc thu nhỏ để điền đầy khe hở giữa hai chi tiết.





Một số yêu cầu để thích nghi:

- Phác thảo phải được ràng buộc đúng cả về hình học và kích thước. Nếu phác thảo đã bị gán toàn bộ các kích thước thì Autodesk Inventor sẽ không thể thay đổi kích thước. Nếu có nhiều kích thước còn thiếu thì Autodesk Inventor có thể thay đổi sai đối tượng hình học;
- Chi tiết phải được gán thích nghi trong lắp ráp. Kích chuột phải vào chi tiết trong cửa sổ duyệt của lắp ráp sau đó chọn Adaptive;
- Feature phải được đặt thích nghi trong file chi tiết. Kích hoạt chi tiết sau đó kích chuột phải vào Feature trong cửa sổ duyệt và chọn Adaptive;
- Chỉ có một cá thể của chi tiết có thể được thích nghi. Nếu một chi tiết đã được thích nghi thì tùy chọn Adaptivity sẽ bị mờ đi trên menu ngữ cảnh.





Các ràng buộc thích nghi được gán sau khi thành phần lắp ráp đã được ràng buộc về vị trí. Trước tiên Autodesk Inventor định vị lại chi tiết để đảm bảo theo ràng buộc. Nếu thành phần lắp ráp không thể dịch chuyển, hệ thống sẽ thích nghi chi tiết đó để điều chỉnh khoảng trống. Nếu thành phần lắp ráp đã bị ràng buộc hoàn toàn, dòng nhắc nhắc ta đang tạo các ràng buộc thừa trên chi tiết.

#### 2.4.2. Các công cụ lắp ráp

Khi tạo hoặc chỉnh sửa một chi tiết trong lắp ráp, thanh công cụ lắp ráp không được kích hoạt trong khi thanh công cụ Part Model được kích hoạt.

Nút lệnh	Công cụ	Chức năng
 Place	Place Component	Chèn một chi tiết hoặc một cụm lắp có sẵn
 Create	Create Component	Tạo một cụm lắp hoặc một chi tiết mới trong môi trường lắp ráp
 Pattern	Pattern Component	Tạo mảng các chi tiết lắp ráp
 Constrain	Place Constraint	Gán ràng buộc giữa các mặt, các cạnh hoặc các Work Feature. Các ràng buộc có thể được thích nghi



Nút lệnh	Công cụ	Chức năng
 Replace ▾	Replace Component	Thay một chi tiết trong một lắp ráp bằng một chi tiết khác
 Replace All	Replace All	Thay nhiều chi tiết trong lắp ráp bằng một chi tiết khác
 Free Move	Move Component	Cho phép dịch chuyển tạm thời một thành phần lắp ráp đã được ràng buộc. Thành phần lắp ráp sẽ trở lại vị trí cũ khi ta Update
 Free Rotate	Rotate Component	Cho phép quay tạm thời một thành phần lắp ráp đã được ràng buộc. Thành phần lắp ráp sẽ trở lại vị trí cũ khi ta Update

### 2.4.3. Mô phỏng động học

#### a. Sử dụng các ràng buộc động

Sau khi ta ràng buộc một thành phần lắp ráp ta có thể mô phỏng quá trình chuyển động cơ học bằng cách thay đổi giá trị của ràng buộc. Công cụ Drive Constraint đặt lại vị trí một chi tiết qua từng bước theo giá trị ràng buộc. Ta có thể quay một thành phần lắp ráp.

Công cụ Drive Constraint được giới hạn tới một ràng buộc. Ta có thể điều khiển các ràng buộc bổ sung bằng cách sử dụng công cụ Parameters để tạo các quan hệ số học giữa các ràng buộc.

- Điều khiển ràng buộc:

Kích chuột phải vào ràng buộc trong cửa sổ duyệt sau đó chọn Drive Constraint. Nhập vào giá trị đầu và giá trị cuối và thời gian dừng giữa các bước. Kích chuột vào nút More để đặt khoảng dịch chuyển cho từng bước, số lần lặp lại và định nghĩa chu kỳ. Chọn Start/End dịch chuyển sẽ tăng dần từ điểm đầu đến điểm cuối, sau đó trở lại vị trí ban đầu trước khi bắt đầu một chu kỳ mới.

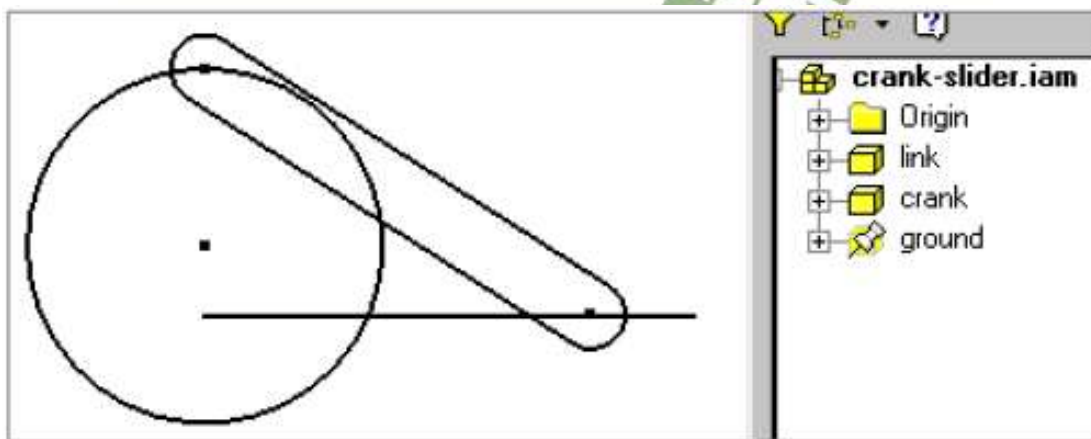
Start/End/Start dịch chuyển tăng dần từ điểm đầu đến điểm cuối sau đó dịch chuyển giảm dần về điểm đầu trước khi lặp lại. Kích chuột vào các nút Forward, Rewind hoặc Stop để điều khiển hoạt động.

#### b. Tạo các sơ đồ bố trí 2D

Tất cả các kỹ thuật dùng để tạo các chi tiết có thể được gán tới sơ đồ 2D. Ta có thể dựng một sơ đồ 2D bằng cách tạo các chi tiết và phác thảo hình dáng bề ngoài của chúng

như các đường phác thảo và các điểm tâm, không tạo các Feature. Ví dụ: Ta có thể tạo một cơ cấu phác thảo 2D, sau đó ràng buộc các điểm với nhau và điều khiển các ràng buộc để quan sát chuyển động. Ta có thể thay đổi kích thước của chi tiết một cách đơn giản bằng cách kéo rê phác thảo của chúng. Sau khi định rõ được mối quan hệ, hoàn thiện hình dáng và tạo các Feature.

Mô tả dưới đây là cơ cấu tay quay con trượt được dựng từ các chi tiết 2D. Các Work Feature được bổ sung sao cho các ràng buộc lắp ráp có thể được gán. Tất cả các thay đổi có thể được chỉnh sửa dễ dàng. Chi tiết có thể chỉnh sửa bằng cách kéo rê. Ta có thể thay đổi khoảng cách giữa tâm của tay quay và chi tiết đế cố định bằng cách sửa lại ràng buộc Mate.



Hình 2.28. Mô phỏng hoạt động bằng Sketch 2D

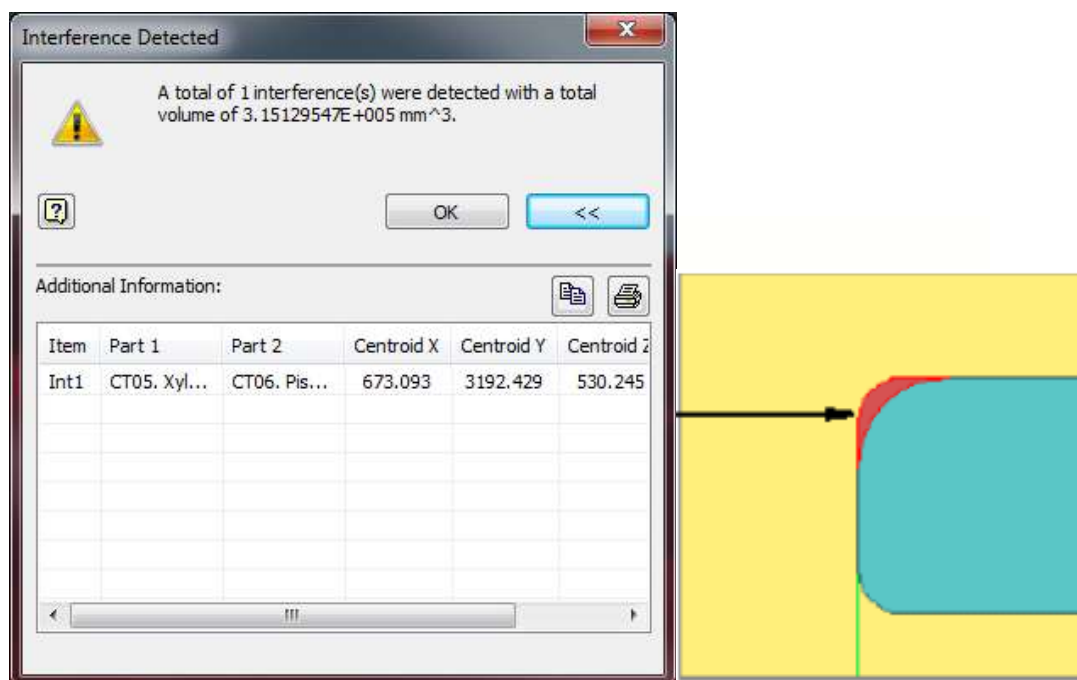
### c. Kiểm tra va chạm

Autodesk Inventor có thể kiểm tra va chạm giữa các tập hợp của các thành phần lắp ráp và các thành phần lắp ráp trong một tập hợp. Để kiểm tra nhanh ta có thể chọn thành phần lắp ráp ta cần kiểm tra. Ví dụ: Nếu ta sửa một chi tiết trong lắp ráp ta có thể giới hạn việc kiểm tra va chạm của các thành phần lắp ráp đó khi chịu tác động của sự thay đổi.

- Để kiểm tra va chạm của các thành phần lắp ráp:

Chọn Inspect → Analyze Interference. Để kiểm tra va chạm giữa các tập hợp của các thành phần lắp ráp, chọn thành phần lắp ráp cho tập hợp đầu tiên sau đó chọn tập hợp thứ hai và kích chuột vào OK. Nếu có va chạm, Autodesk Inventor hiển thị va chạm như là một solid và hiển thị khối lượng, trọng tâm trong hộp thoại. Để kiểm tra va chạm trong một tập hợp, chọn tất cả các thành phần lắp ráp trong tập hợp đó. Tất cả các chi tiết trong tập hợp kiểm tra sẽ được tính toán lại dựa vào nhau và va chạm sẽ được hiển thị bằng màu đỏ.

Va chạm giữa hai chi tiết được hiển thị theo diễn tả dưới đây. Khối lượng và dữ liệu vị trí được hiển thị khi ta kích vào More trong hộp thoại.



Hình 2.29. Kiểm tra va chạm bằng công cụ *Analyze Interference*

## 2.5. Tạo bản vẽ kỹ thuật

Autodesk Inventor liên kết mô hình chi tiết và cụm lắp với bản vẽ. Mọi thay đổi của mô hình sẽ được cập nhật vào bản vẽ. Ngược lại, bạn có thể thay đổi mô hình chi tiết và cụm lắp bằng cách sửa kích thước mô hình ngay trong bản vẽ. Mỗi quan hệ 2 chiều này đảm bảo cho bản vẽ luôn luôn phản ánh các thông số thiết kế mới nhất của mô hình.

### 2.5.1. Trình tự thực hiện

#### a. Khởi tạo bản vẽ mới

File bản vẽ mới sẽ được khởi tạo khi bạn chọn menu File → New hoặc kích phím New trên thanh công cụ Standard, chọn Drawing template từ một trong các thẻ Default, English hoặc Metric. Default là một trang giấy trống có viền và khung tên, bạn có thể sửa đổi chúng nếu cần. Các thẻ English hoặc Metric chứa các bản vẽ mẫu theo đơn vị đo tương ứng.

#### b. Tạo các hình chiếu

Autodesk Inventor cho phép tạo và xử lý nhiều hình chiếu. Place View có các công cụ hiệu dụng, kể cả khả năng kéo, thả để chuyển hình chiếu giữa các trang bản vẽ.

Để tạo một Design View, kích phím Base View trên thanh công cụ Place View, dùng chức năng Component trong hộp thoại Drawing View để tìm file mô hình chi tiết hoặc cụm lắp cần xuất ra bản vẽ, chọn loại hình chiếu trong danh sách View và xác định tỷ lệ (scale). Đặt con trỏ đến vị trí thích hợp trên giấy vẽ để đặt hình chiếu đầu tiên.

Để tạo một hình chiếu, kích phím Projected View, chọn một hình chiếu và di chuột. Nếu di chuột theo phương nằm ngang hay thẳng đứng thì sẽ tạo được một hình chiếu vuông góc. Nếu di theo một góc thì tạo được một hình chiếu trục đo. Mỗi khi chọn được vị trí vừa ý thì nhấn phím trái chuột để xác nhận. Sau khi đặt đủ hình chiếu cần thiết thì nhấn phím phải, chọn Create trong menu.

Để tạo một hình chiếu phụ: Vì hình chiếu phụ được tạo từ một hình chiếu chính nên trước hết phải tạo ra hình chiếu chính. Kích phím Auxiliary View trên thanh công cụ Place View. Trong hộp thoại Auxiliary View, nhập tên (label), tỷ lệ cho hình chiếu nhưng chưa nhấn OK. Chọn một đường thẳng trên hình chiếu chính, di chuột theo phương song song hoặc vuông góc với đường thẳng đứng để định vị hình chiếu phụ, sau đó nhấn phím trái chuột để kết thúc lệnh.

Để tạo một hình cắt, chọn Section View, chọn một hình chiếu và vẽ trên đó một đường cắt. Khi vẽ xong, nhấp phím phải để hiện menu và chọn Continue. Nhập tên (label) và tỷ lệ trong hộp thoại Section View. Di con trỏ theo phương chiếu để chọn vị trí và nhấn phím trái chuột. Autodesk Inventor tự động ghi nhãn cho đường cắt, gạch mặt cắt và ghi nhãn cho hình cắt.

Để tạo một hình chiếu riêng phần, chọn Detail View, chọn một hình chiếu làm hình chiếu chính. Một hộp thoại xuất hiện để nhập nhãn (label), tỷ lệ (scale) và kiểu (style) vùng chiếu. Kiểu mặc định là vòng tròn. Nếu muốn kiểu chữ nhật thì kích phím phải chuột và chọn Rectangular Fence. Nhấn chuột để chọn vị trí tâm vòng tròn, xong di chuột để xác định kích thước. Chọn vị trí đặt hình chiếu. Hình chiếu và vùng chọn được tự động tạo ra và gắn nhãn.

#### *c. Quay hình chiếu*

Bạn có thể quay hình chiếu theo cạnh hay theo góc. Khi quay hình chiếu, quan hệ hình học giữa các đối tượng trên đó được duy trì. Tùy theo tiêu chuẩn hiện dùng, Autodesk Inventor có thể bổ sung thông tin để ghi chú rằng hình chiếu đã được quay khỏi vị trí bình thường của nó.

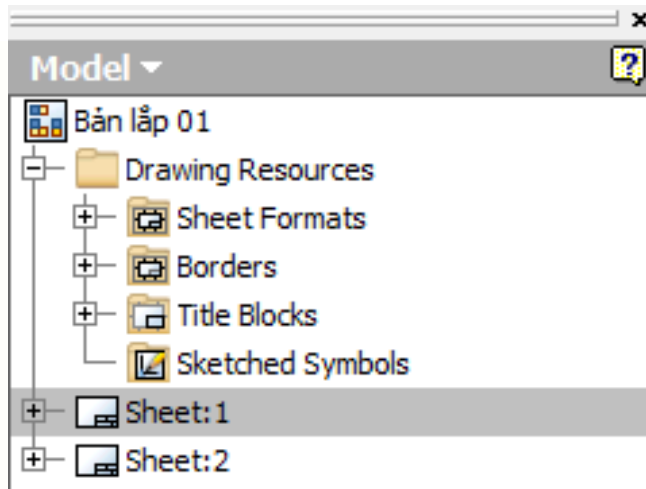
Để quay hình chiếu, chọn hình chiếu cần quay, xong nhấn phím phải và chọn Rotate View trong menu vừa hiện ra. Chọn phương pháp quay theo cạnh hay theo góc, nhập các thông tin cần thiết. Nhấn OK để cập nhật hình chiếu.

#### *d. Thêm tờ giấy vẽ*

Một file bản vẽ (Drawing) có thể chứa nhiều tờ giấy vẽ (Sheet). Bạn có thể thêm một hay nhiều tờ giấy vẽ vào file. Tại mỗi thời điểm chỉ có một tờ giấy vẽ hoạt động, nghĩa là có thể điều khiển được. Các tờ giấy vẽ khác không hoạt động và bị bôi xám. Thư mục Drawing Resources luôn luôn hoạt động.

Để thêm một tờ giấy vẽ, kích phím New Sheet trên thanh công cụ Place View.

Để tạo một tờ giấy vẽ với dạng đặc biệt, mở rộng Drawing Resources → Sheet Formats trong Browser. Kích phải chuột vào một trong những Sheet Format và chọn New Sheet. Dùng Drawing Resources để chèn khung viền và khung tên.



Hình 2.30. Tạo tờ giấy vẽ với dạng đặc biệt

Để kích hoạt một tờ giấy vẽ, kích đúp vào tên nó trong Brower. Tờ giấy vẽ đó được kích hoạt, các tờ khác bị mờ đi.

Để chuyển một hình chiếu giữa các tờ giấy vẽ, kích hoạt tờ giấy vẽ nguồn (chứa hình chiếu cần chuyển đi). Chọn tên hoặc biểu tượng hình chiếu, kéo nó sang tờ đích. Con trỏ phải hiện trên tên hoặc biểu tượng của tờ đích mới thả hình chiếu vào được.

Để copy một hình chiếu sang tờ giấy vẽ khác, kích hoạt tờ giấy vẽ nguồn (chứa hình chiếu cần chuyển đi). Kích phải tên hoặc biểu tượng hình chiếu, chọn Copy trong menu. Kích phải tên hoặc biểu tượng hình chiếu, chọn Past trong menu. Tờ giấy đích sẽ tự kích hoạt và bạn sẽ thấy hình chiếu xuất hiện trên đó.

#### e. Sử dụng kích thước mô hình

Bạn có thể cho hiện kích thước mô hình trong bản vẽ. Chỉ kích thước nào song song với mặt phẳng chiếu mới được hiện lên. Nếu bạn cài đặt Autodesk Inventor với tùy chọn, cho phép sửa đổi mô hình từ trong bản vẽ thì bạn có thể thay đổi mô hình bằng cách sửa kích thước mô hình trong bản vẽ. Bạn có thể thay đổi kiểu kích thước mô hình như với kích thước bản vẽ.

Để hiện kích thước mô hình trong bản vẽ, kích phải một hình chiếu và chọn Get Model Dimensions trong menu vừa hiện lên. Các kích thước mô hình song song với mặt phẳng chiếu sẽ hiện lên trong hình chiếu.

Để xóa kích thước mô hình khỏi hình chiếu, kích phải lên kích thước cần xóa rồi chọn Delete trong menu vừa hiện lên.



Để chuyển kích thước mô hình sang hình chiếu khác, xóa kích thước trong hình chiếu nguồn, xong kích phải lên hình chiếu đích và chọn Get Model Dimensions trong menu vừa hiện lên.

Để sửa một kích thước mô hình, kích phải lên kích thước cần sửa, chọn Edit Model Dimension trong menu vừa hiện lên. Nhập giá trị mới vào hộp thoại Edit Dimension, xong kích vào dấu check để thực hiện.

#### *f. Tạo kích thước trong bản vẽ*

Muốn ghi kích thước bản vẽ phải chuyển sang môi trường Drawing Annotation. Mọi thủ tục ghi kích thước về cơ bản giống như trong môi trường thiết kế. Khi bạn chọn một đối tượng hay các đối tượng quan hệ thì Autodesk Inventor sẽ tạo kích thước nằm ngang, thẳng đứng, hoặc nghiêng tùy theo phương di chuyển con trỏ. Chế độ Snap giúp phân bố các kích thước theo tiêu chuẩn. Có thể điều khiển sự hiển thị kích thước theo các kiểu khác nhau.

Để tạo kích thước mới, chọn công cụ General Dimension. Chọn đối tượng và di chuột để tạo kích thước. Khi chuyển con trỏ, tại mỗi vị trí phù hợp với khoảng cách (Offset) quy định thì đường kích thước và đường giống chuyển từ nét liền sang nét đứt, gợi ý người dùng chọn vị trí đặt đường kích thước.

Để giống một kích thước mới theo kích thước có trước, giữ phím chuột, di con trỏ qua kích thước có trước thì dấu Snaps hiện lên khi hai kích thước đã được giống với nhau.

#### *g. Thay đổi kích thước*

Autodesk Inventor cho phép thay đổi kiểu dung sai, giá trị danh định, dung sai và lắp ghép. Khi chọn kiểu dung sai, bạn có thể xem trước kích thước với kiểu ghi dung sai mới.

Để thay đổi kích thước, kích đúp lên kích thước cần sửa để mở hộp thoại Dimension Tolerance. Nhập giá trị danh định mới và xác định cấp chính xác.

Để thay đổi kiểu mũi tên, chọn kích thước, di con trỏ lên một trong các mũi tên, kích đúp để mở hộp thoại Change Arrowhead và chọn kiểu mũi tên trong danh sách.

#### *h. Ghi chú trong bản vẽ*

Autodesk Inventor cung cấp đủ các loại ký hiệu ghi trên bản vẽ phù hợp với tiêu chuẩn hiện dùng. Ngoài ra, khi cần vẫn có thể tạo ra các ký hiệu theo mục đích riêng.

Để hiện thanh công cụ Drawing Annotation, chọn menu View → Toolbar → Drawing Annotation hoặc mở rộng Panel Drawing Management và chọn Drawing Annotation.

Để tạo một chú thích, chọn phím Text hoặc Leader Text. Chọn vị trí đặt chú thích trong vùng bản vẽ và nhập nội dung của nó. Công cụ text của Autodesk Inventor dùng bộ xử lý ký tự đơn giản nên bạn có thể định dạng text, như font, bold, các ký tự đặc biệt. Leader text được gắn lên đối tượng hình học và sẽ di chuyển theo hình chiếu.

Để tạo một ký hiệu, chọn ký hiệu cần thiết trong menu. Chọn đối tượng hình học cần gắn ký hiệu, kích chuột để tạo leader. Kích phải và chọn Continue để hiện hộp thoại và điền các thông số cần thiết cho ký hiệu.

Để tạo dấu tâm, chọn phím Center Mark trên thanh công cụ Drawing Annotation. Chọn cung tròn hay vòng tròn, dấu tâm được tự động tạo ra.

Để tạo đường tâm hay đường đối xứng, kích mũi tên bên cạnh phím Center Mark, chọn Center line, Autodesk Inventor cung cấp 3 kiểu ghi đường tâm: theo phân giác (Center line bisector), theo chuỗi vòng (Centered Pattern) và theo 2 điểm (Center line). Chọn kiểu ghi thích hợp rồi chọn đối tượng để ghi. Đối với kiểu Centered Pattern, sau khi chọn kiểu ghi phải chọn tâm chung của chuỗi, sau đó chọn mỗi vòng tròn trong dãy một lần, nhấn phải chuột, chọn Create. Đến đây, vòng tròn tâm chưa kín. Phải kết thúc lệnh, sau đó kéo điểm cuối vòng tròn đến điểm đầu để đóng kín vòng tròn.

#### *i. Tạo danh mục chi tiết*

Trong Autodesk Inventor, bạn có thể tạo danh mục chi tiết trong cụm lắp. Trong dữ liệu có chứa tính chất chủ yếu của các chi tiết, như số liệu, tên, vật liệu, số lượng... Bạn có thể xác định thông số nào cần đưa vào trong danh mục.

Để tạo danh mục, nhấn Part List, sau đó chọn một hình chiếu để chọn cụm lắp. Trong hộp thoại Part List - Item Numbering, có thể cho hiện toàn bộ chi tiết (All) hay một số (Item) trong danh mục. Khi chọn Items, bạn phải chọn từng chi tiết trong hình chiếu. Số hiệu các chi tiết được chọn sẽ hiện lên khung trong hộp thoại. Xong nhấn OK để kết thúc và xác định vị trí đặt bản danh mục.

Để sửa danh mục, kích đúp vào đó (hoặc kích phải rồi chọn Edit Parts List trong menu) để mở hộp thoại Edit Parts List. Có thể thêm bớt các cột (Column Chooser), sắp xếp (Sort), xuất dữ liệu (Export) ra các form khác nhau, như Excel, Access, dBase, file Text...

Đánh số chi tiết, kích vào phím Balloon (để đánh số từng chi tiết) hoặc Balloon All (để đánh số toàn bộ). Khi đánh số từng chi tiết, trước hết chọn điểm đầu (là một điểm trên chi tiết), rồi điểm cuối để đặt quả bóng.

#### *j. Vẽ thêm vào bản vẽ*

Bạn có thể dùng chức năng Sketch Overlay để vẽ thêm đối tượng hình học, text vào bản vẽ mà không gây ảnh hưởng đến các hình chiếu. Muốn vậy, nhấn phím Sketch Overlay. Lưới Sketch xuất hiện và thanh công cụ Sketch được kích hoạt, cho phép vẽ như bình thường.

#### *k. In bản vẽ*

Drawing Manager của Autodesk Inventor sử dụng hộp thoại điều khiển máy in và máy vẽ tương tự chương trình ứng dụng khác của Windows. Bạn có thể chọn máy in, tỷ lệ, số bản in hoặc chọn tờ để in.


Muốn in, chọn menu File → Print. Xác định vùng in, tỷ lệ, số bản in... Có thể chọn các tờ để không in. Kích phải vào Sheet trong Browser, chọn Edit Sheet trong menu → chọn Exclude Sheet from Printing.

### 2.5.2. Bộ công cụ vẽ

Bộ công cụ vẽ gồm các thanh công cụ Drawing Management (quản lý bản vẽ), Drawing Annotation (chú giải) và Sketch (vẽ).















#### a. Thanh công cụ Drawing Management

Thanh này chứa các công cụ tạo ra các hình chiếu và thêm tờ giấy vẽ mới.

Phím	Tên	Công dụng	Ghi chú
 Base	Base View	Liên kết một mô hình chi tiết với bản vẽ và tạo hình chiếu đầu tiên	
 Projected	Projected View	Tạo một hình chiếu vuông góc	
 Auxiliary	Auxiliary View	Tạo hình chiếu phụ	Chọn một cạnh làm phương chiếu
 Section	Section View	Tạo hình cắt	Vẽ vết cắt
 Detail	Detail View	Tạo hình chiếu riêng phần	
 New Sheet	New Sheet	Thêm tờ giấy vẽ	
 Draft	Draft View	Tạo Draft View	

#### b. Thanh công cụ Drawing Annotation

Thanh này chứa các công cụ để điền kích thước, ký hiệu, số hiệu chi tiết và danh mục chi tiết.

Phím	Tên	Công dụng	Ghi chú
 Dimension	General Dimension	Ghi kích thước giữa 2 điểm, đường thẳng hoặc đường cong	Kích đúp lên kích thước để chọn kiểu ghi dung sai và cấp chính xác
 Ordinate	Ordinate Dimension	Ghi kích thước theo tọa độ	
 Hole and Thread	Hole/Thread Notes	Ghi chú lỗ, ren với đường dẫn	Chỉ có giá trị với lỗ được tạo bởi công cụ Hole trong Parts
	Center Mark	Tạo dấu tâm	
		Tạo đường tâm	
		Tạo phân giác của góc	
		Tạo đường tâm cho chuỗi đường tròn	
 Surface	Surface Texture Symbol	Ghi kí hiệu độ nhám bề mặt	
 Welding	Weld Symbol	Ghi ký hiệu mối hàn	
 Text	Text	Tạo khối chữ	
 Leader Text	Leader Text	Tạo chữ với đường dẫn	
 Balloon	Balloon	Ghi số hiệu chi tiết	Autodesk Inventor tự xác định số hiệu chi tiết
 Auto Balloon	Balloon Auto	Tự động ghi số hiệu cho tất cả chi tiết trong cụm lắp	
 Parts List	Parts List	Tạo bảng danh mục chi tiết	





## Chương 3

### THIẾT KẾ CÁC BỘ TRUYỀN BÁNH RĂNG

Để thiết kế bộ truyền bánh răng, cần biết trước: Công dụng và chế độ làm việc của bộ truyền, công suất, số vòng quay trong một phút của trục dẫn và trục bị dẫn (một số trường hợp biết trước cả vật liệu làm bánh răng).

Cần chọn vật liệu (nếu chưa cho trước), xác định kích thước bánh răng, số răng, modul, góc nghiêng của răng (đối với răng nghiêng hoặc răng chữ V), khoảng cách trục (hoặc chiều dài nón của bộ truyền bánh răng nón).

Ứng dụng Design trong phần mềm Autodesk Inventor cho phép người dùng thiết kế nhanh các bộ truyền với đầy đủ các tính năng thiết kế và các phương án lựa chọn khác nhau.

#### 3.1. Thiết kế bánh răng trụ

Truyền động bánh răng trụ răng thẳng, nghiêng hoặc răng chữ V, ăn khớp ngoài hoặc ăn khớp trong, dùng để truyền động giữa các trục song song.

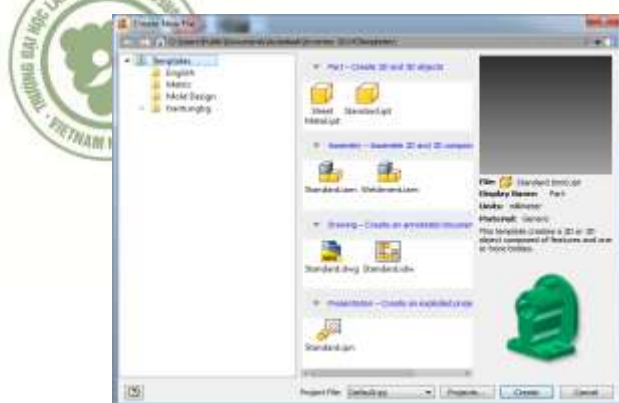
Để ứng dụng modul Design trong Autodesk Inventor thiết kế nhanh bộ truyền bánh răng trụ, ta thực hiện theo các bước sau:

##### 3.1.1. Khởi tạo chương trình

Cũng như những phần mềm chạy trên Window khác, ta có thể khởi động phần mềm bằng cách kích đúp chuột vào biểu tượng của phần mềm trên desktop hoặc vào Start/Program/Autodesk/Autodesk Inventor 2014.

##### 3.1.2. Thiết lập file thiết kế

Sau khi khởi động phần mềm ta thực hiện lệnh *New*, vào file *standard.iam* để khởi tạo môi trường làm việc của cụm lắp ghép.



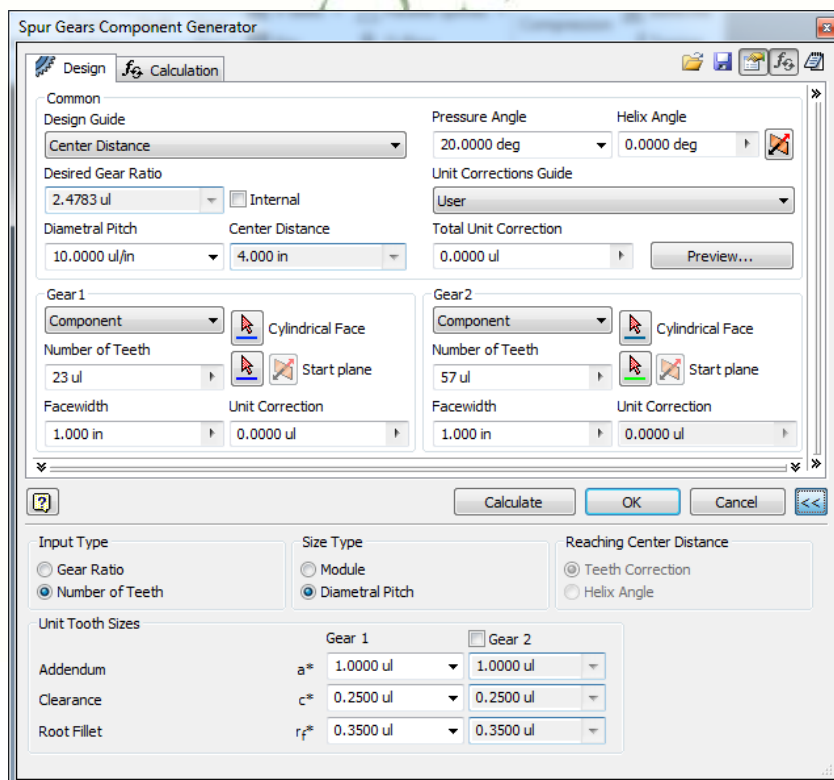
Hình 3.1. Chọn file thiết kế

Trong môi trường lắp ghép cụm, ta chọn tab *Design* sau đó chọn *Spur Gear* để tiến hành thiết kế bộ truyền bánh răng trụ.



Hình 3.2. Chọn thiết kế bánh răng trụ

Sau khi chọn mục *Spur Gear*, lựa chọn tên thư mục lắp ghép và vị trí lưu thư mục đó sẽ ra một hộp thoại *Spur Gear Component Generator* để lựa chọn các phương án thiết kế.



Hình 3.3. Hộp thoại *Spur Gear Component Generator*

### 3.1.3. Chọn hướng thiết kế

Tab *Calculation* trong hộp thoại *Bevel Gear Component Generator* cho phép ta chọn hướng thiết kế, phương pháp nhập dữ liệu đầu vào và tính toán bộ truyền.

The screenshot shows the 'Bevel Gears Component Generator' software window. The 'Calculation' tab is active. The 'Method of Strength Calculation' is set to 'ISO 6336:1996'. The 'Loads' section shows input for Gear 1 (Power: 1.000 kW, Speed: 1000.00 rpm, Torque: 9.549 N m) and Gear 2 (Power: 0.980 kW, Speed: 403.51 rpm, Torque: 23.192 N m). The 'Material Values' section includes input for Bending Fatigue Limit ( $\sigma_{Flim}$ ), Contact Fatigue Limit ( $\sigma_{Hlim}$ ), Modulus of Elasticity ( $E$ ), Poisson's Ratio ( $\mu$ ), and Heat Treatment. The 'Required Life' is set to 10000 hr. The 'Results' panel on the right displays calculated values for forces ( $F_t$ ,  $F_n$ ,  $F_{r1}$ ,  $F_{r2}$ ,  $F_{a1}$ ,  $F_{a2}$ ), stresses ( $S_H$ ,  $S_F$ ,  $S_{Hst}$ ,  $S_{Fst}$ ), and efficiency ( $\eta$ ). The 'Type of Load Calculation' is set to 'Power, Speed --> Torque'. The 'Type of Strength Calculation' is set to 'Check Calculation'. The 'Minimal Factor of Safety' is set to 1.200 for Contact and 1.300 for Bending.

Hình 3.4. Tab Calculation

Chọn hướng thiết kế: Có ba hướng thiết kế.

The screenshot shows the 'Bevel Gears Component Generator' software window. The 'Calculation' tab is active. The 'Type of Strength Calculation' dropdown menu is open, showing three options: 'Check Calculation', 'Material Design', and 'Geometry Design'. The 'Type of Load Calculation' is set to 'Power, Speed --> Torque'. The 'Minimal Factor of Safety' is set to 1.200 for Contact and 1.300 for Bending.

Hình 3.5. Lựa chọn hướng thiết kế

Check Calculation: Kiểm tra bền.

Material Design: Tính toán chọn vật liệu.

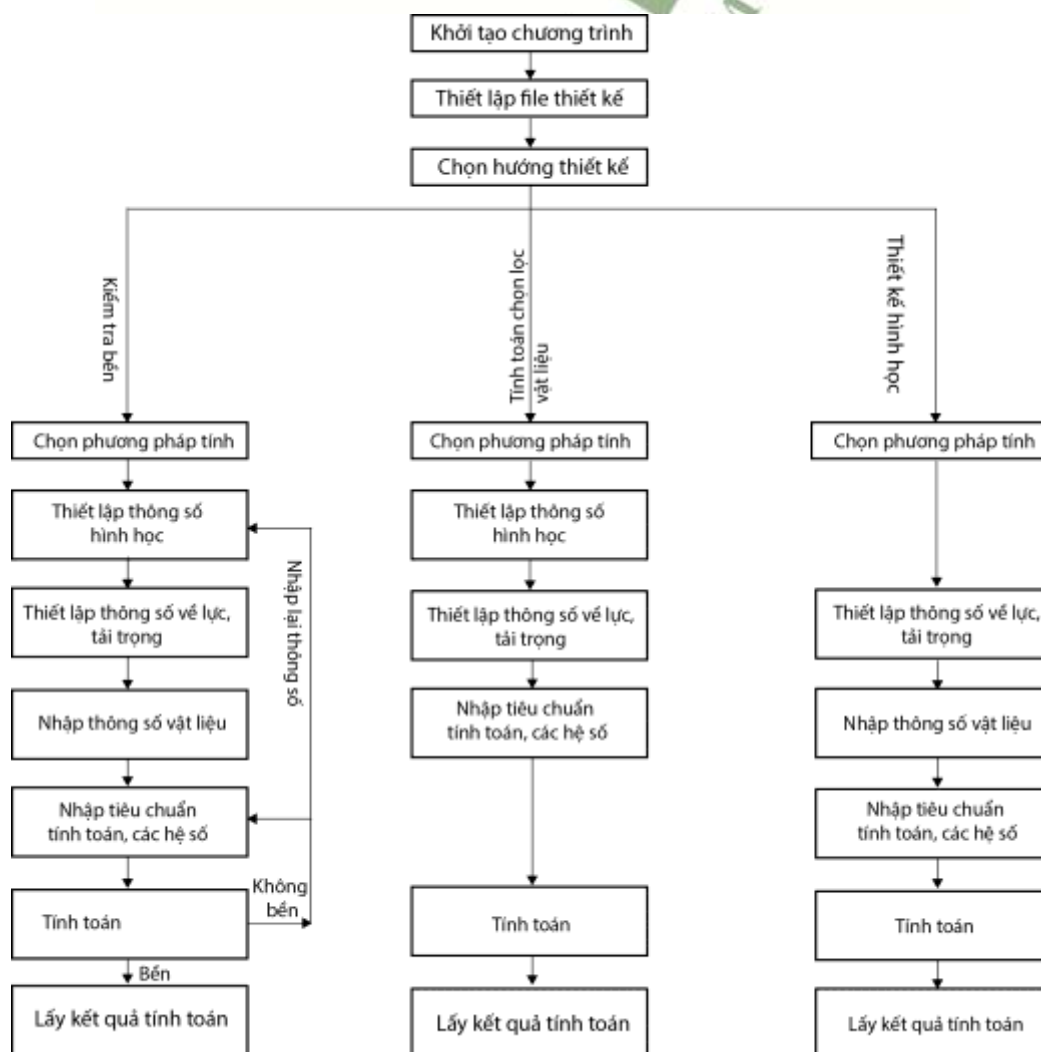
Geometry Design: Thiết kế hình học.

- *Kiểm tra bền*: Chọn kích thước hình học, khai báo thông số về lực, tải trọng, vật liệu và tiến hành kiểm tra bền. Trường hợp không đảm bảo độ bền ta phải chọn lại vật liệu hoặc kích thước hình học.

- *Tính toán chọn vật liệu*: Chọn kích thước hình học, khai báo thông số về lực, tải trọng và tiến hành tính toán xác định loại vật liệu phù hợp.

- *Thiết kế hình học*: Khai báo các giá trị về lực, tải trọng, chọn vật liệu và tiến hành tính toán tối ưu kích thước hình học.

Sơ đồ cụ thể các bước tiến hành.



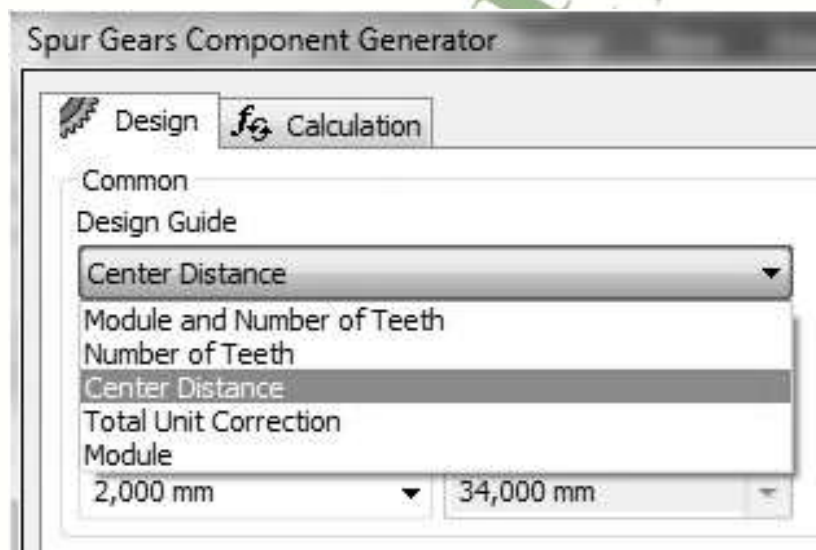
Hình 3.6. Sơ đồ các bước thiết kế bộ truyền bánh răng trụ

Trong nội dung của cuốn sách này, chúng tôi giới thiệu hướng kiểm tra bền.

#### 3.1.4. Chọn phương pháp tính

Các phương pháp tính toán thông số hình học được lựa chọn trong mục Design Guide của hộp hội thoại Spur Gears Component Generation, bao gồm:

- Center Distance: Khoảng cách hai trục của bánh răng;
- Module and Number of Teeth: Modul và số răng;
- Number of Teeth: Số răng;
- Total Unit Correction: Tổng các đơn vị dịch chỉnh;
- Module: Modul.



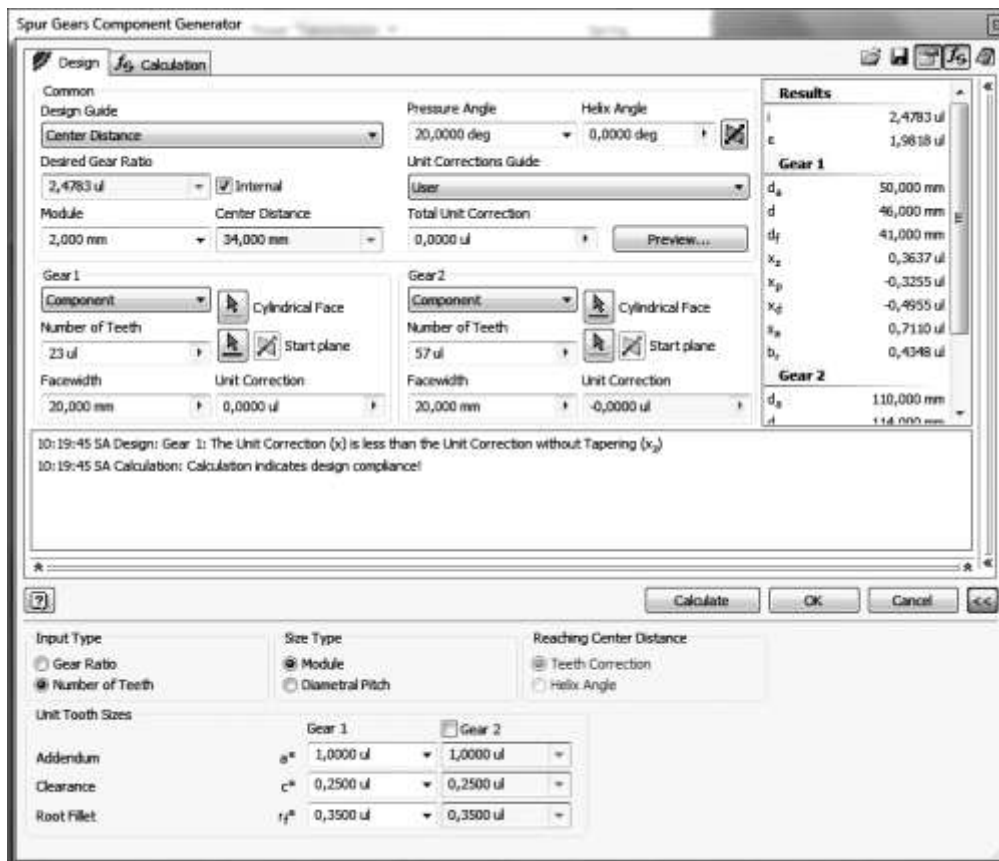
Hình 3.7. Lựa chọn phương pháp tính toán thông số hình học

Ở mục này các hướng thiết kế được chọn sẽ là các thông số được phần mềm tính toán sau khi có đầy đủ các thông số đầu vào (có nghĩa là thông số nào chưa biết thì sẽ chọn hướng thiết kế để tìm ra thông số đó).

#### 3.1.5. Thiết lập các thông số hình học của bộ truyền

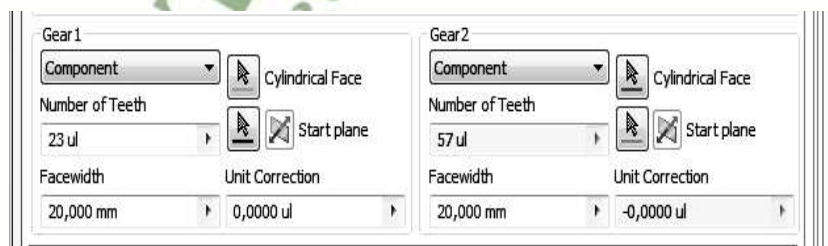
Chọn tab *Design* của hộp thoại *Spur Gear Component Generator* để nhập các thông số vào của bộ truyền, tính toán kích thước cơ bản của bộ truyền.





Hình 3.8. Cửa sổ Spur Gear Component Generator trong thiết kế bộ truyền bánh răng trụ

Để phần mềm tính toán thiết kế được ta cần phải nhập thông số đầu vào (tỉ số truyền, số răng, khoảng cách trục, modun răng...) ta chỉ cần nhập 3 thông số, phần mềm sẽ tính toán các thông số còn lại theo công thức:



Hình 3.9. Nhập các thông số hình học đầu vào

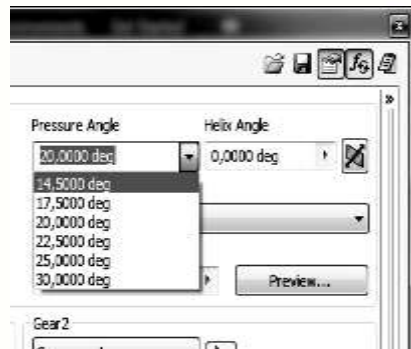
Trong đó:

- Desired gear ratio: Nhập vào tỉ số truyền;
- Module: Nhập vào modun;
- Center distance: Nhập vào khoảng cách trục  $a$ ;

- Nuber of teeth: Nhập vào số răng (bánh răng 1 và bánh răng 2);
- Facewidth: Nhập vào bề dày bánh răng (bánh răng 1 và bánh răng 2);
- Mục Internal để thiết kế cặp bánh răng ăn khớp trong.

Với mỗi lựa chọn từ hướng thiết kế ta sẽ chỉ nhập được một số thông số vào hộp thoại còn các thông số khác phần mềm sẽ tự tính, và ta không thể nhập số liệu vào đó.

Mục Pressure Angle để chọn góc áp lực ăn khớp (giá trị mặc định  $20^0$ ).



Hình 3.10. Nhập vào góc áp lực ăn khớp và góc nghiêng  $\beta$  của răng

Mục Helix Angle để nhập vào góc nghiêng  $\beta$  của răng trên bánh răng (thiết kế bánh răng trụ răng nghiêng)  $\beta = (8 - 20)^0$ .

### 3.1.6. Thiết lập các thông số về lực, tải trọng tác dụng

Để kiểm tra độ bền khi làm việc của cặp bánh răng này cần thiết phải có các yếu tố về lực tác động lên bộ truyền; đặc tính của vật liệu (các giới hạn bền mỏi, bền mòn, modul đàn hồi, độ cứng...) chế tạo nên cặp bánh răng của bộ truyền, và tiêu chuẩn để kiểm nghiệm bền.

Tab Calculation của hộp thoại Spur Gear Component Generator ta tiến hành khai báo các thông số về lực và tải trọng tác dụng cho bộ truyền.

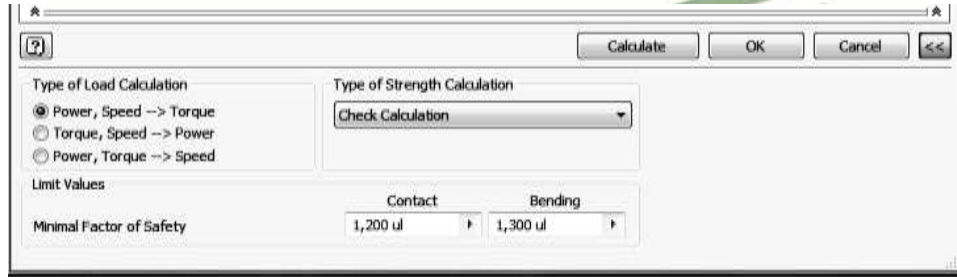
Loads		Gear 1		Gear 2	
Power	P	1,000 kW	▶	0,980 kW	
Speed	n	1000,00 rpm	▶	403,51 rpm	
Torque	T	9,549 N m	▶	23,192 N m	
Efficiency		$\eta$ 0,980 ul		▶	

Hình 3.11. Đặt tải trọng cho bộ truyền để kiểm tra

Đặt tải trọng cho bộ truyền:

- Power: Công suất đặt vào trục bánh răng;
- Speed: Tốc độ quay của trục bánh răng;
- Torque: Mômen xoắn trên trục;
- Efficiency: Hiệu suất của bộ truyền.

Giá trị hiệu suất được mặc định mức thông thường cho từng bộ truyền, và ta cần nhập vào 2 trong 3 thông số còn lại: công suất, tốc độ, hoặc mômen xoắn bằng cách lựa chọn ở mục Type of Load Calculation.



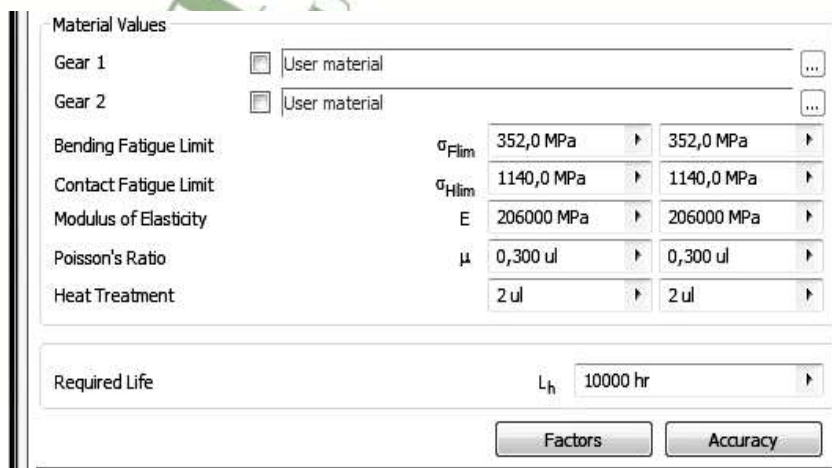
Hình 3.12. Lựa chọn thông số đầu vào để kiểm tra bền

- Power, Speed → Torque: Nhập vào công suất và tốc độ, phần mềm tính mômen xoắn.
- Torque, Speed → Power: Nhập vào mômen xoắn và tốc độ, phần mềm tính công suất.
- Power, Torque → Speed: Nhập vào công suất và mômen xoắn, phần mềm tính tốc độ.

### 3.1.7. Nhập các thông số về vật liệu

Các thông số về vật liệu có thể nhập trực tiếp hoặc chọn loại vật liệu có sẵn trong thư viện của phần mềm hoặc thư viện do người dùng tạo ra.

Mục Material Values để thiết lập về vật liệu chế tạo bánh răng.



Hình 3.13. Thiết lập thông số vật liệu chế tạo bánh răng

- Bending Fatigue Limit: Giới hạn bền uốn.

- Contact Fatigue Limit: Giới hạn bền tiếp xúc.
- Modulus of Elasticity: Modul đàn hồi.
- Poisson's Ratio: Hằng số Poisson.
- Heat Treatment: Phương pháp xử lý nhiệt.

Cần phải nhập đầy đủ các giá trị về độ bền mỏi, bền uốn, bền tiếp xúc, modul đàn hồi... cho cả hai bánh răng.

Nếu không có giá trị của vật liệu thì ta có thể chọn trực tiếp vật liệu để chế tạo bánh răng bằng cách tích vào ô User Material để chọn loại vật liệu (phần mềm có bảng các vật liệu thông dụng và sẽ tự tra cho ta các thông số để kiểm nghiệm bền).

### 3.1.8. Nhập tiêu chuẩn tính toán, các hệ số

Trang Calculation trong hộp hội thoại Spur Gears Component Generator cho phép ta nhập tiêu chuẩn tính toán và các hệ số.

The screenshot shows the 'Spur Gears Component Generator' software window. The 'Calculation' tab is active. The 'Method of Strength Calculation' is set to 'ISO 6336:1996'. The 'Loads' section includes input fields for Power (1.000 kW), Speed (1000.00 rpm), Torque (9.549 N m), and Efficiency (0.980 ul). The 'Material Values' section includes input fields for Bending Fatigue Limit ( $\sigma_{Flim}$ ), Contact Fatigue Limit ( $\sigma_{Hlim}$ ), Modulus of Elasticity (E), Poisson's Ratio ( $\mu$ ), and Heat Treatment. The 'Results' panel on the right displays calculated values for forces ( $F_t$ ,  $F_r$ ,  $F_a$ ,  $F_n$ ), velocity (v), input speed ( $n_{E1}$ ), and safety factors ( $S_H$ ,  $S_F$ ,  $S_{Hst}$ ,  $S_{Fst}$ ) for both Gear 1 and Gear 2. The 'Required Life' is set to 10000 hr. Buttons for 'Factors', 'Accuracy', 'Calculate', 'OK', and 'Cancel' are visible at the bottom.

Hình 3.14. Trang Calculation trong hộp hội thoại Spur Gears Component Generator

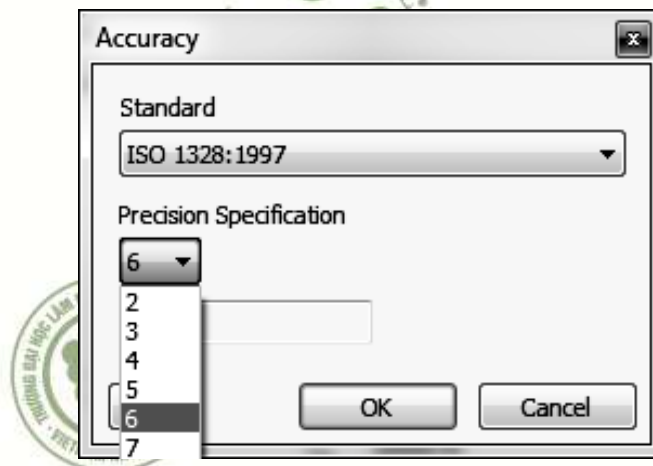
- Method of Strength Calculation: Chọn phương pháp tính toán.

Phương pháp tính toán chọn tại mục Method of Strength Calculation, giá trị mặc định trong mục này là ISO 6336:1996.



Hình 3.15. Chọn tiêu chuẩn tính toán kiểm tra bền

- Required Life: Nhập thời gian làm việc (đơn vị là giờ).
- Accuracy: Chọn cấp chính xác.
- Standard: Chọn tiêu chuẩn.
- Precision Specification: Đặc điểm độ chính xác.



Hình 3.16. Cấp chính xác

- Factors: Hệ số.



**Factors**

Factors of additional Load		Contact	Bending
Application Factor		$K_A$ 1,200 ul	
Dynamic Factor	$K_{Hv}$	1,086 ul	1,086 ul
Face Load Factor	$K_{H\beta}$	2,342 ul	1,802 ul
Transverse Load Factor	$K_{H\alpha}$	1,487 ul	1,591 ul
One-time Overloading Factor		$K_{AS}$ 1,000 ul	

Factors for Contact		Gear 1	Gear 2
Zone Factor		$Z_H$ 2,495 ul	
Contact Ratio Factor		$Z_\epsilon$ 0,820 ul	
Single Pair Tooth Contact Factor	$Z_B$	1,000 ul	1,000 ul
Life Factor	$Z_N$	1,000 ul	1,000 ul
Lubricant Factor		$Z_L$ 0,962 ul	
Roughness Factor		$Z_R$ 1,000 ul	
Velocity Factor		$Z_v$ 0,961 ul	
Helix Angle Factor		$Z_\beta$ 1,000 ul	
Size Factor	$Z_X$	1,000 ul	1,000 ul
Work Hardening Factor		$Z_W$ 1,000 ul	

Factors for Bending			
Form Factor	$Y_{Fa}$	2,710 ul	2,062 ul
Stress Correction Factor	$Y_{Sa}$	1,590 ul	2,529 ul
Teeth with Grinding Notches Factor	$Y_{Sag}$	1,000 ul	1,000 ul
Helix Angle Factor		$Y_\beta$ 1,000 ul	
Contact Ratio Factor		$Y_\epsilon$ 0,628 ul	
Alternating Load Factor	$Y_A$	1,000 ul	1,000 ul
Production Technology Factor	$Y_T$	1,000 ul	1,000 ul
Life Factor	$Y_N$	1,000 ul	1,000 ul
Notch Sensitivity Factor	$Y_\delta$	1,208 ul	1,390 ul
Size Factor	$Y_X$	1,000 ul	1,000 ul
Tooth Root Surface Factor		$Y_R$ 1,000 ul	

**Results**

$Z_E$  189,812 ul

**Gear 1**

$S_H$  2,454 ul

$S_F$  4,046 ul

$S_{Hst}$  2,218 ul

$S_{Fst}$  8,369 ul

**Gear 2**

$S_H$  2,454 ul

$S_F$  3,846 ul

$S_{Hst}$  2,218 ul

$S_{Fst}$  6,918 ul

☐ User Factors

OK Cancel



Hình 3.17. Bảng các hệ số

Trong bảng này gồm có ba nhóm hệ số:

Nhóm hệ số của tải trọng:

- Application Factor: Hệ số lực;
- Dynamic Factor: Hệ số động;
- Face Load Factor: Hệ số lực bề mặt;
- Transverse Load Factor: Hệ số lực ngang;

- One-time overloading factor: Hệ số quá tải tức thời.

Nhóm hệ số tiếp xúc:

- Zone Factor: Hệ số khu vực;
- Contact Ratio Factor: Hệ số tỉ số tiếp xúc;
- Single Pair Tooth Contact Factor: Hệ số tiếp xúc từng cặp răng đơn;
- Life Factor: Hệ số tuổi thọ;
- Lubricalt Factor: Hệ số bôi trơn;
- Roughness Factor: Hệ số nhám;
- Velocity Factor: Hệ số tốc độ;
- Helix Angle Factor: Hệ số góc xoắn;
- Size Factor: Hệ số kích thước;
- Work Hardening Factor: Hệ số độ cứng làm việc.

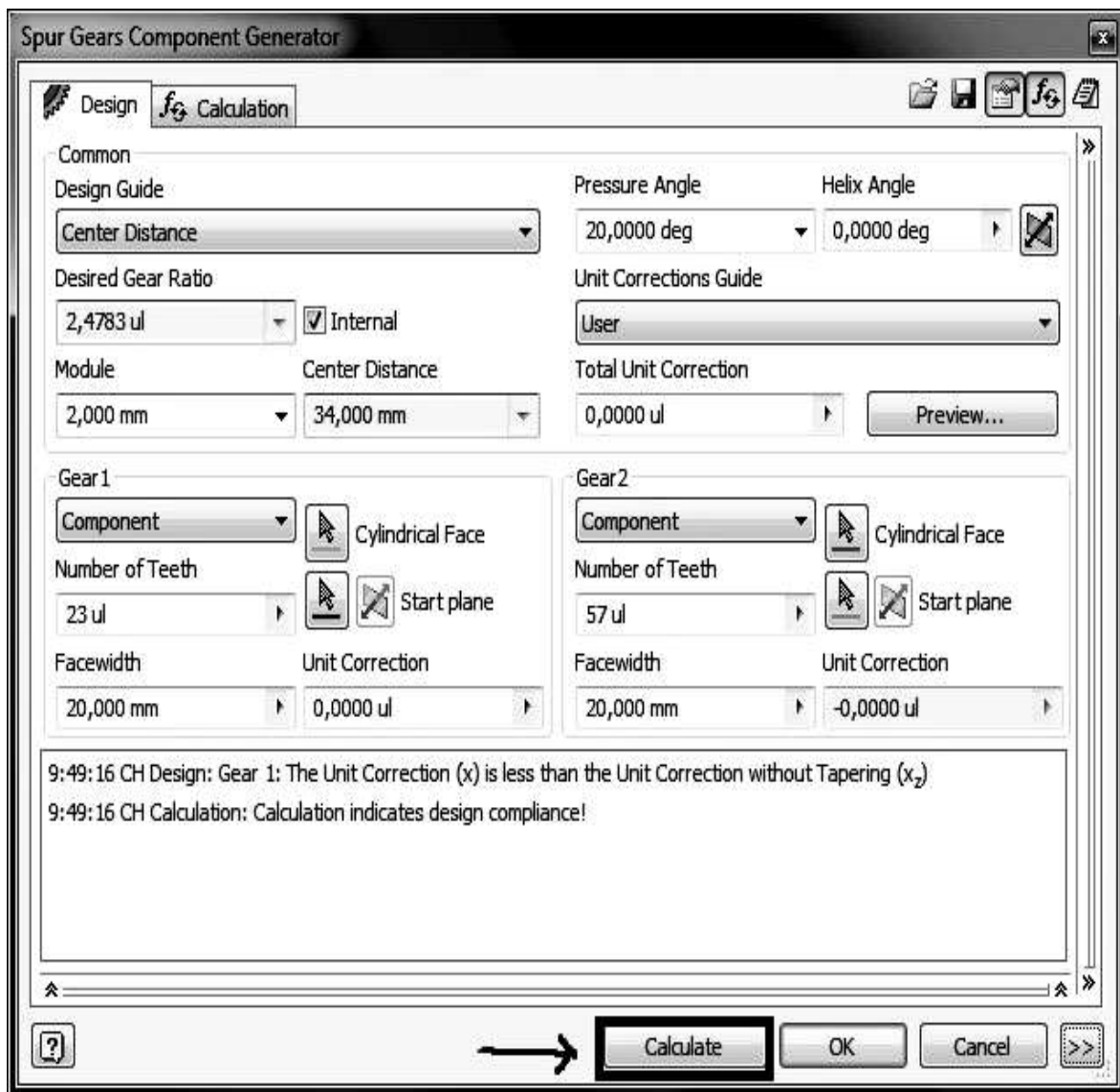
Nhóm hệ số uốn:

- Form Factor: Hệ số hình dạng;
- Stress Correction Factor: Hệ số ứng suất dịch chỉnh;
- Teeth With Grinding Notches Factor: Hệ số mài mòn rãnh răng;
- Helix Angle Factor: Hệ số góc xoắn;
- Contact Ratio Factor: Hệ số tỉ số tiếp xúc;
- Alternating Load Factor: Hệ số tải trọng chuyển đổi;
- Production Technology Factor: Hệ số sản sinh công nghệ;
- Life Factor: Hệ số tuổi thọ;
- Notch Sensitivity Factor: Hệ số nhạy cắt rãnh;
- Size Factor: Hệ số kích thước;
- Tooth Root Surface Factor: Hệ số bề mặt chân răng.

Các hệ số này đã được mặc định theo tiêu chuẩn, ta có thể nhập trực tiếp các hệ số theo tính toán thực tế (tra trong các tiêu chuẩn hoặc các tài liệu tính toán thiết kế cơ khí).

### **3.1.9. Tiến hành tính toán**

Khi đã lựa chọn các phương pháp nhập số liệu vào và phương thức kiểm tra bền thì ta bấm nút *Calculation* để phần mềm tiến hành tính toán.



Hình 3.18. Tiến hành tính toán

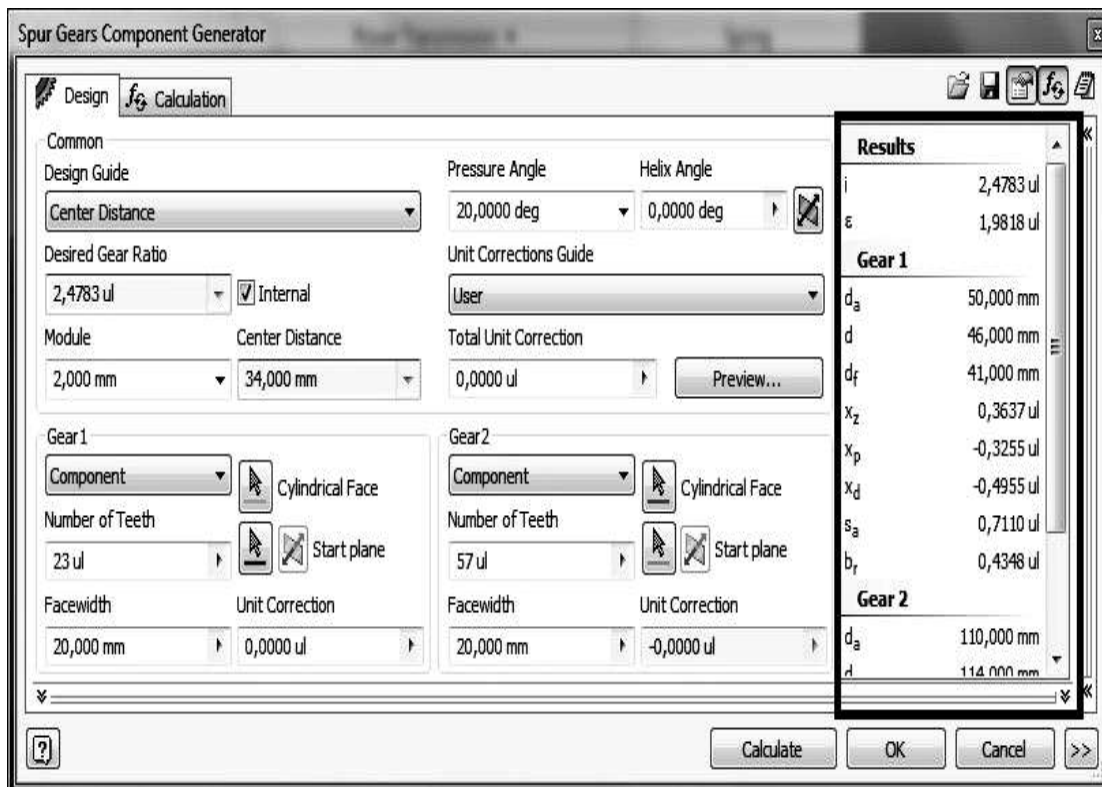
Sau khi bấm *Calculate* ta sẽ được kết quả tính toán.

- Trường hợp đủ bền (có thể là thừa bền) phần mềm sẽ báo: Calculation indicates design compliance!
- Trường hợp không đủ bền phần mềm sẽ báo lỗi: Calculation indicates design failure!

Khi kết quả tính toán có lỗi, ta quay lại các bước tính (sơ đồ hình 3.4).

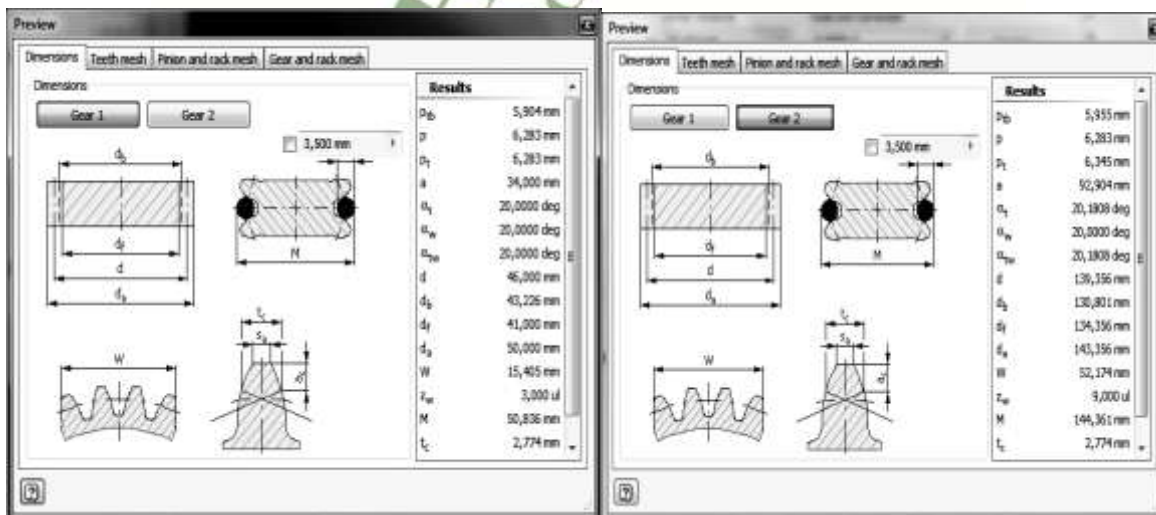
### 3.1.10. Lấy kết quả tính toán

Sau khi tiến hành tính toán, phần mềm đưa ra cho ta các kết quả về hình học và tải trọng. Mục Result ở tab Design cho các giá trị về hình dạng của bộ truyền vừa thiết kế. Như đường kính đỉnh răng, đường kính chân răng, đường kính vòng chia... của từng bánh răng.



Hình 3.19. Kết quả thông số hình học

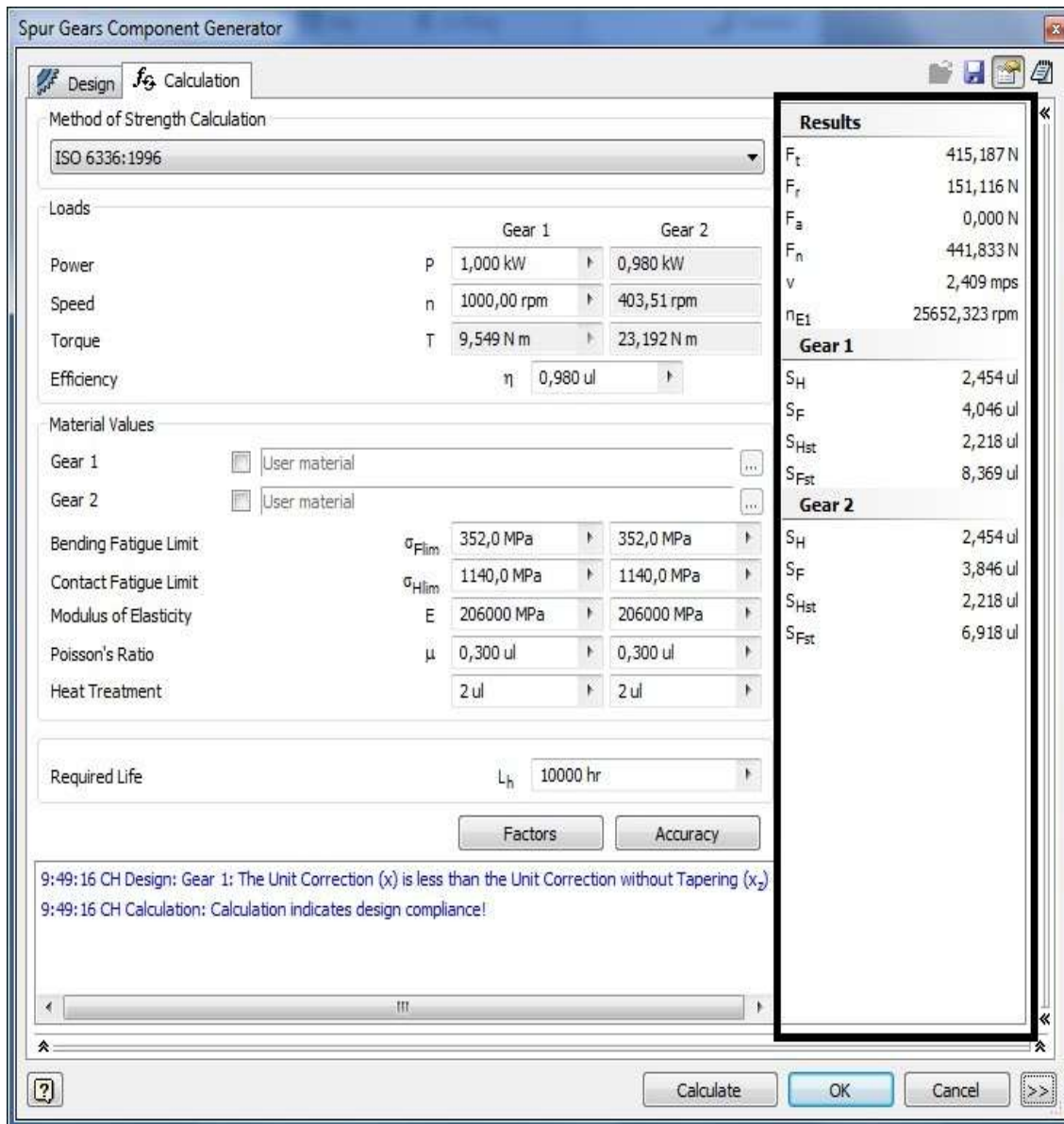
Các giá trị này được biểu thị qua hình ảnh minh họa thông qua việc bấm vào nút Preview...



Hình 3.20. Kết quả thông số hình học

Trong bảng này có tất cả các thông số về hình học của cặp bánh răng trong bộ truyền và được minh họa trên hình.

Ở tab Calculation thì mục này cho ta giá trị của các thành phần lực tác dụng lên cặp bánh răng.



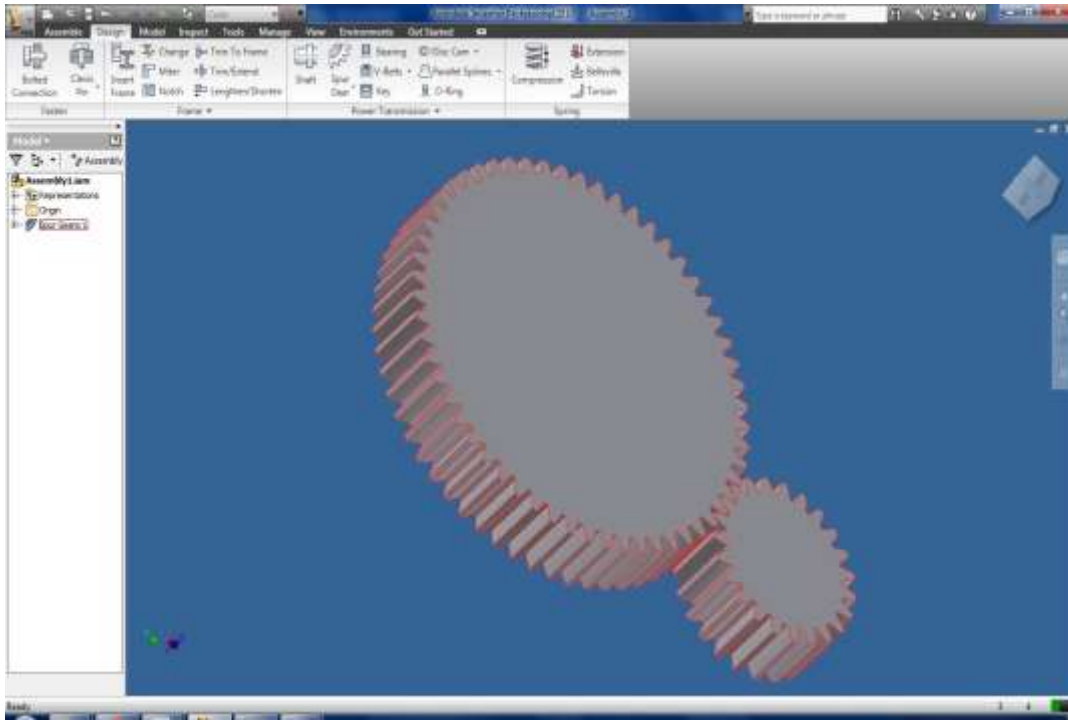
Hình 3.21. Kết quả các thông số về lực và tải trọng

Các thành phần lực bao gồm lực tiếp tuyến, lực hướng tâm, lực dọc... trực tác dụng lên cả hai bánh răng trong bộ truyền.

Các kết quả này để dùng làm cơ sở cho việc tính toán thiết kế trục và các chi tiết có liên quan khác sau này.

Sau khi tính toán thiết kế xong ta bấm nút OK. Phần mềm sẽ tự vẽ ra một mô hình 3D về cặp bánh răng với các thông số đã được tính toán và thông số đưa vào.





Hình 3.22. Mô hình 3D của bộ truyền

## 3.2. Thiết kế bánh răng côn

### 3.2.1. Khởi tạo chương trình

Kích đúp biểu tượng phần mềm trên màn hình desktop hoặc vào Start/Program /Autodesk/Autodesk Inventor 2014.

### 3.2.2. Thiết lập file thiết kế

Sử dụng lệnh New, vào file Standard.iam và chọn tab Design sau đó chọn *Bevel Gear* để tiến hành thiết kế bộ truyền bánh răng côn.



Hình 3.23. Chọn file thiết kế



Hình 3.24. Chọn thiết kế bánh răng côn trong mục Design của file lắp ghép \*.iam

Sau khi chọn mục Spur Gear, lựa chọn tên thư mục lắp ghép và vị trí lưu thư mục đó sẽ xuất hiện hộp thoại Bevel Gear Component Generator.

**Bevel Gears Component Generator**

**Design** **Calculation**

Method of Strength Calculation: ISO 6336:1996

**Loads**

	Gear 1	Gear 2
Power P	1.000 kW	0.980 kW
Speed n	1000.00 rpm	403.51 rpm
Torque T	9.549 N m	23.192 N m
Efficiency $\eta$	0.980 ul	

**Material Values**

Gear 1: ☐ User material

Gear 2: ☐ User material

	Gear 1	Gear 2
Bending Fatigue Limit $\sigma_{Flim}$	352.0 MPa	352.0 MPa
Contact Fatigue Limit $\sigma_{Hlim}$	1140.0 MPa	1140.0 MPa
Modulus of Elasticity E	206000 MPa	206000 MPa
Poisson's Ratio $\mu$	0.300 ul	0.300 ul
Heat Treatment	2 ul	2 ul

Required Life  $L_h$ : 10000 hr

Buttons: Factors, Accuracy, Calculate, OK, Cancel

**Results**

$F_t$	310.465 N
$F_n$	330.390 N
$v$	3.221 mps
$n_{g1}$	18200.907 rpm
<b>Gear 1</b>	
$F_{r1}$	104.791 N
$F_{r2}$	104.791 N
$F_{a1}$	42.284 N
$F_{a2}$	42.284 N
$S_H$	2.537 ul
$S_F$	6.358 ul
$S_{Hst}$	2.277 ul
$S_{Fst}$	13.383 ul
<b>Gear 2</b>	
$F_{r1}$	42.284 N
$F_{r2}$	42.284 N
$F_{a1}$	104.791 N
$F_{a2}$	104.791 N
$S_H$	2.700 ul
$S_F$	6.782 ul
$S_{Hst}$	2.423 ul
$S_{Fst}$	13.886 ul

**Type of Load Calculation**

☒ Power, Speed --> Torque

☐ Torque, Speed --> Power

☐ Power, Torque --> Speed

**Type of Strength Calculation**

Check Calculation

**Limit Values**

Minimal Factor of Safety

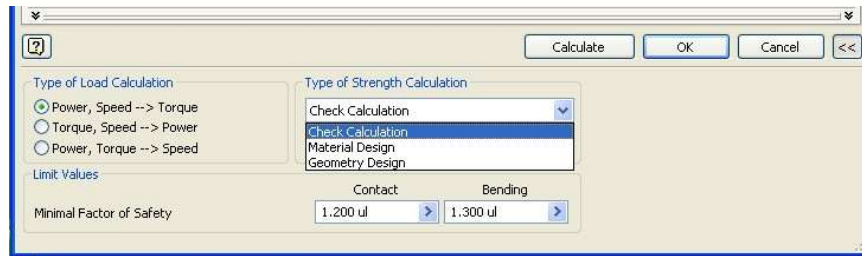
	Contact	Bending
Minimal Factor of Safety	1.200 ul	1.300 ul

Hình 3.25. Tab Calculation

### 3.2.3. Chọn hướng thiết kế

Tab Calculation trong hộp thoại Bevel Gear Component Generator cho phép ta chọn hướng thiết kế, phương pháp nhập dữ liệu đầu vào và tính toán bộ truyền.

Chọn hướng thiết kế: Có ba hướng thiết kế.



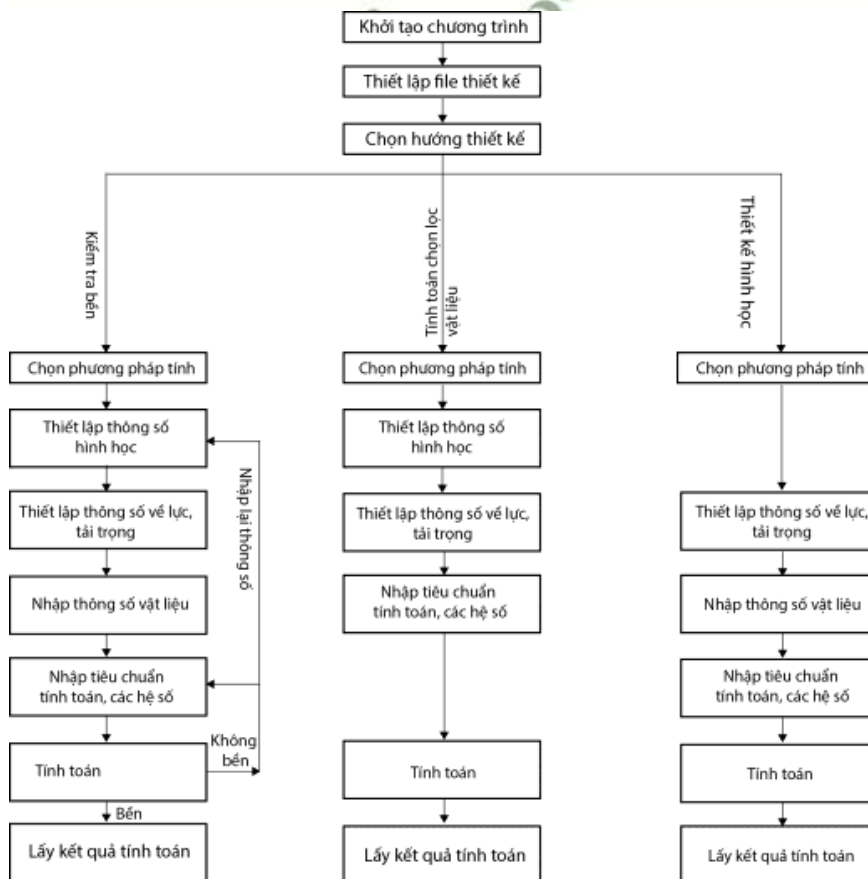
Hình 3.26. Lựa chọn hướng thiết kế

Check Calculation: Kiểm tra bền.

Material Design: Tính toán chọn vật liệu.

Geometry Design: Thiết kế hình học.

Sơ đồ hình 3.27 cụ thể các bước tiến hành thiết kế:

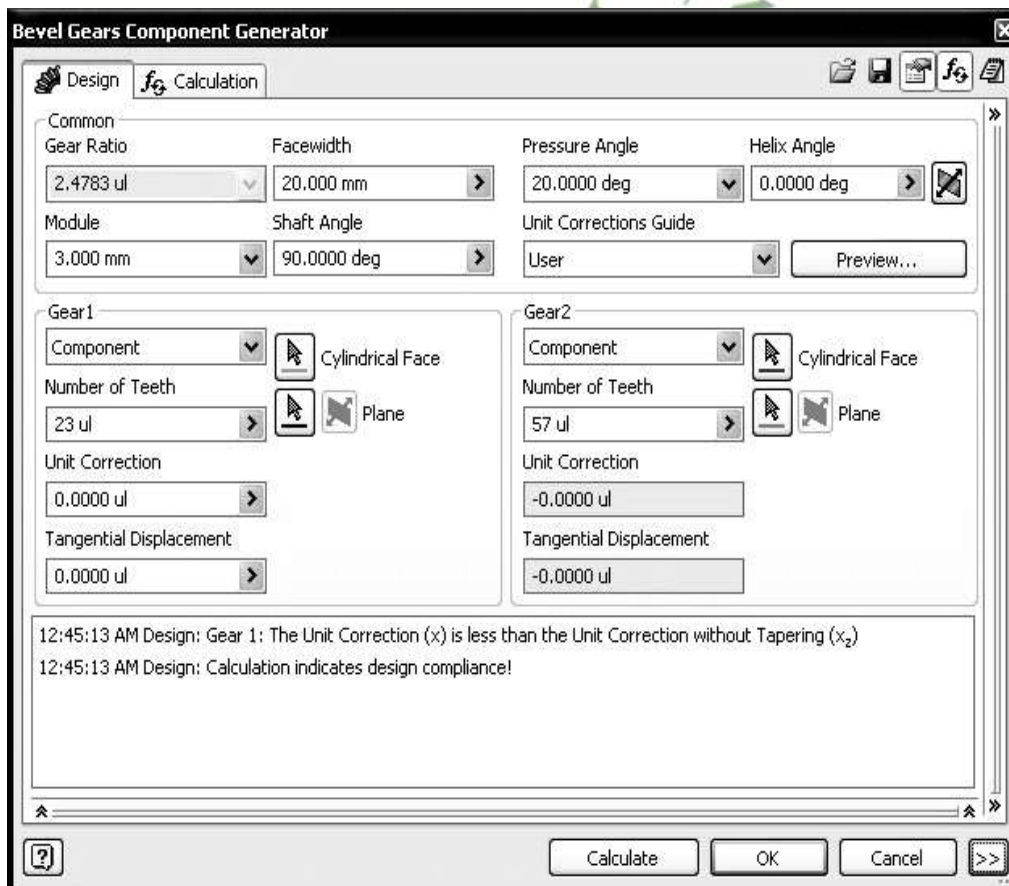


Hình 3.27. Sơ đồ các bước thiết kế bộ truyền bánh răng côn

- Kiểm tra bền: Chọn kích thước hình học, khai báo thông số về lực, tải trọng, vật liệu và tiến hành kiểm tra bền. Trường hợp không đảm bảo độ bền ta phải chọn lại vật liệu hoặc kích thước hình học.
- Tính toán chọn vật liệu: Chọn kích thước hình học, khai báo thông số về lực, tải trọng và tiến hành tính toán xác định loại vật liệu phù hợp.
- Thiết kế hình học: Khai báo các giá trị về lực, tải trọng, chọn vật liệu và tiến hành tính toán tối ưu kích thước hình học.

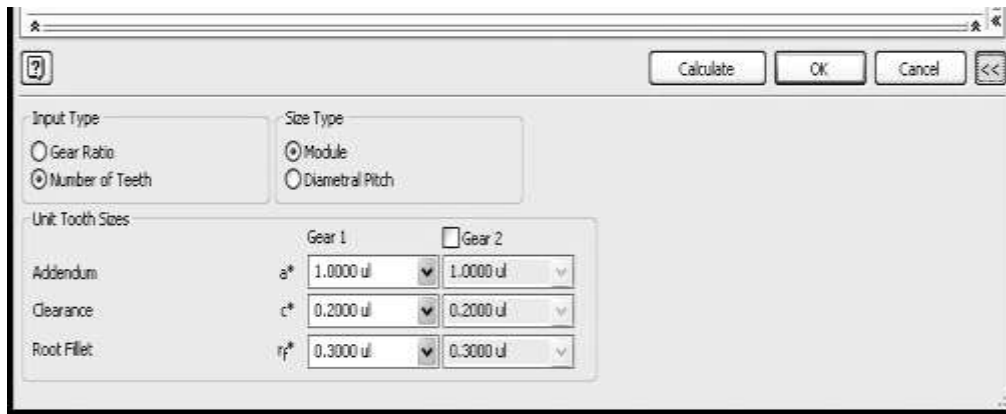
#### 3.2.4. Thiết lập các thông số hình học của bộ truyền

Chọn tab Design của hộp thoại Bevel Gears Component Generator để nhập các thông số vào của bộ truyền, tính toán kích thước cơ bản của bộ truyền.



Hình 3.28. Cửa sổ Bevel Gears Component Generator

Để lựa chọn thông số đầu vào cần phải chọn ở phần mở rộng của tab Design:



Hình 3.29. Phần mở rộng của tab Design

Lựa chọn Input Type và Size Type với những thông số đã có:

- Gear Ratio: Tỷ số truyền;
- Nuber of Teeth: Số răng;
- Module: Modul;
- Diametral Pitch: Đường kính bánh răng;

Lựa chọn Unit Tooth Sizes (đơn vị kích thước răng);

- Addendum: Chiều cao đầu răng;
- Clearance: Khe hở;
- Root Fillet: Cung lượn chân răng;

Lựa chọn Unit Correction Guide - Phân bố dịch chỉnh;

- User: Theo người dùng;
- In Gear Ratio: Trong tỷ số ăn khớp;
- In Inverse Ratio: Trong tỷ số ăn khớp đảo chiều;
- With Comp. of Slips: Có bù trượt tương đối;
- According to Merrit: Theo phương pháp Me-rít.

Sau khi đã thiết lập các thông số đầu vào ta tiến hành nhập số liệu vào: Tỷ số truyền, modul, bề rộng răng, góc giữa hai trục (thông thường thiết kế bánh răng côn truyền động giữa hai trục vuông góc  $90^\circ$ ).

Lựa chọn góc ăn khớp (Pressure Angle) và góc nghiêng của răng (Helix Angle). Thông thường góc ăn khớp được mặc định bằng  $20^\circ$  và bánh răng côn răng thẳng thì góc nghiêng bằng  $0^\circ$  và ta có thể thay đổi hướng nghiêng bằng cách bấm vào icon bên cạnh mục Helix Angle.



The image shows the 'Design' tab of the Bevel Gear Component Generator. It contains two main sections: 'Common' and 'Gear1'/'Gear2'. The 'Common' section includes fields for Gear Ratio (2.4783 ul), Facewidth (20.000 mm), Pressure Angle (20.0000 deg), Helix Angle (0.0000 deg), Module (3.000 mm), Shaft Angle (90.0000 deg), and Unit Corrections Guide (User). The 'Gear1' section includes fields for Component (Cylindrical Face), Number of Teeth (23 ul), Unit Correction (0.0000 ul), and Tangential Displacement (0.0000 ul). The 'Gear2' section includes fields for Component (Cylindrical Face), Number of Teeth (57 ul), Unit Correction (-0.0000 ul), and Tangential Displacement (-0.0000 ul). A 'Preview...' button is located at the bottom right of the Common section.

Hình 3.30. Phần để nhập các thông số trên tab Design

Ta có thể nhập số răng của từng bánh răng vào mục Number of teeth.

### 3.2.5. Thiết lập các thông số về lực, tải trọng tác dụng

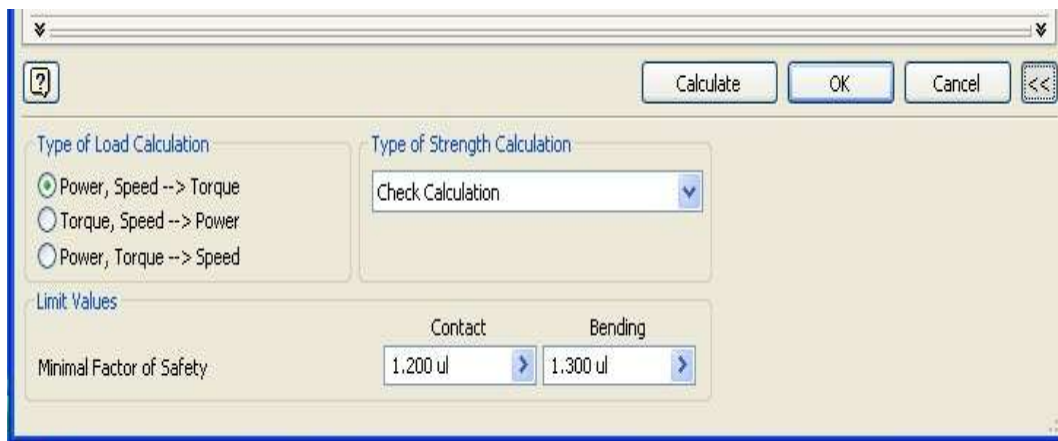
Tab Calculation trong hộp thoại Bevel Gear Component Generator để khai báo các thông số về lực và tải trọng cho bộ truyền.

The image shows the 'Calculation' tab of the Bevel Gear Component Generator. It contains a 'Loads' section with input fields for Power (1.000 kW), Speed (1000.00 rpm), Torque (9.549 N m), and Efficiency (0.980 ul). The 'Gear1' and 'Gear2' sections include input fields for Power (P), Speed (n), and Torque (T). The values for Gear1 are 1.000 kW, 1000.00 rpm, and 9.549 N m. The values for Gear2 are 0.980 kW, 403.51 rpm, and 23.192 N m.

Hình 3.31. Nhập các thông số về lực và tải trọng

- Power: Công suất;
- Torque: Mômen xoắn;
- Speed: Tốc độ;
- Efficiency: Hiệu suất của bộ truyền.

Giá trị hiệu suất được mặc định mức thông thường cho từng bộ truyền, ta cần nhập vào 2 trong 3 thông số còn lại: công suất, tốc độ hoặc mômen xoắn bằng cách lựa chọn ở mục Type of Load Calculation.



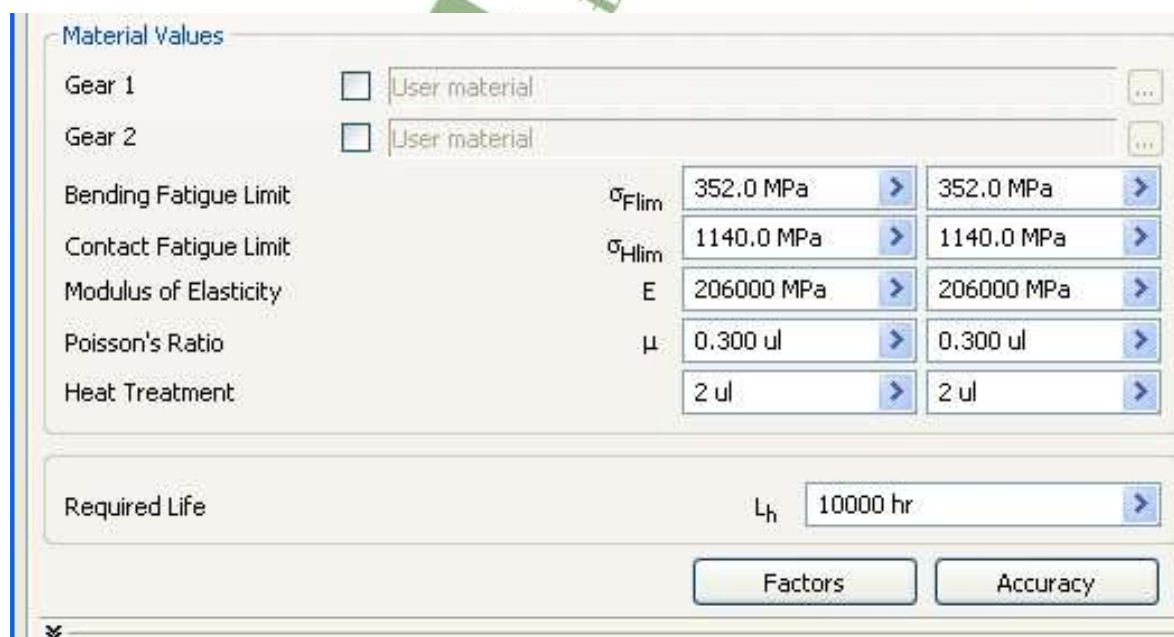
Hình 3.32. Phần mở rộng để hiệu chỉnh loại thông số đầu vào

- Power, Speed → Torque: Nhập vào công suất và tốc độ, phần mềm tính mômen xoắn.
- Torque, Speed → Power: Nhập vào mômen xoắn và tốc độ, phần mềm tính công suất.
- Power, Torque → Speed: Nhập vào công suất và mômen xoắn, phần mềm tính tốc độ.

### 3.2.6. Nhập các thông số về vật liệu

Các thông số về vật liệu có thể nhập trực tiếp hoặc chọn loại vật liệu có sẵn trong thư viện của phần mềm hoặc thư viện do người dùng tạo ra.

Vào mục Material Values để thiết lập về vật liệu chế tạo bánh răng:



Hình 3.33. Nhập thông số vật liệu

- Bending Fatigue Limit: Giới hạn bền uốn;
- Contact Fatigue Limit: Giới hạn bền tiếp xúc;
- Modulus of Elasticity: Modul đàn hồi;
- Poisson's Ratio: Hằng số Poisson;
- Heat Treatment: Phương pháp xử lý nhiệt.

Cần phải nhập đầy đủ các giá trị về độ bền mỏi, bền uốn, bền tiếp xúc, modul đàn hồi... cho cả hai bánh răng.

Nếu không có giá trị của vật liệu thì ta có thể chọn trực tiếp vật liệu để chế tạo bánh răng bằng cách tích vào ô user material để chọn loại vật liệu và phần mềm sẽ tự tra cho ta các thông số để kiểm nghiệm bền.

### 3.2.7. Nhập tiêu chuẩn tính toán, các hệ số

Trang Calculation trong hộp hội thoại Bevel Gears Component Generator cho phép ta nhập tiêu chuẩn tính toán và các hệ số.

**Bevel Gears Component Generator**

Design | **Calculation**

Method of Strength Calculation: ISO 6336:1996

**Loads**

	Gear 1	Gear 2
Power	P 1.000 kW	0.980 kW
Speed	n 1000.00 rpm	403.51 rpm
Torque	T 9.549 N m	23.192 N m
Efficiency	$\eta$ 0.980 ul	

**Material Values**

Gear 1: ☐ User material

Gear 2: ☐ User material

Bending Fatigue Limit	$\sigma_{Flim}$ 352.0 MPa	352.0 MPa
Contact Fatigue Limit	$\sigma_{Hlim}$ 1140.0 MPa	1140.0 MPa
Modulus of Elasticity	E 206000 MPa	206000 MPa
Poisson's Ratio	$\mu$ 0.300 ul	0.300 ul
Heat Treatment	2 ul	2 ul

Required Life:  $L_h$  10000 hr

Factors Accuracy

**Results**

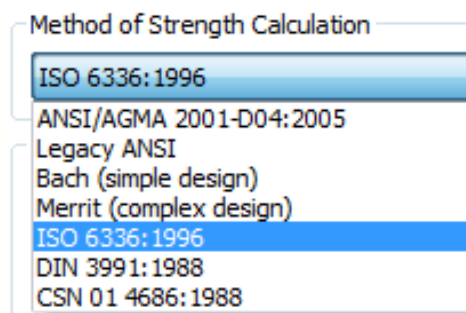
$F_t$	310.465 N
$F_n$	330.390 N
$v$	3.221 mps
$n_{E1}$	18200.907 rpm
<b>Gear 1</b>	
$F_{r1}$	104.791 N
$F_{r2}$	104.791 N
$F_{a1}$	42.284 N
$F_{a2}$	42.284 N
$S_H$	2.537 ul
$S_F$	6.358 ul
$S_{Hst}$	2.277 ul
$S_{Fst}$	13.383 ul
<b>Gear 2</b>	
$F_{r1}$	42.284 N
$F_{r2}$	42.284 N
$F_{a1}$	104.791 N
$F_{a2}$	104.791 N
$S_H$	2.700 ul
$S_F$	6.782 ul
$S_{Hst}$	2.423 ul
$S_{Fst}$	13.886 ul

Calculate OK Cancel

Hình 3.34. Trang Calculation trong hộp hội thoại Spur Gears Component Generator

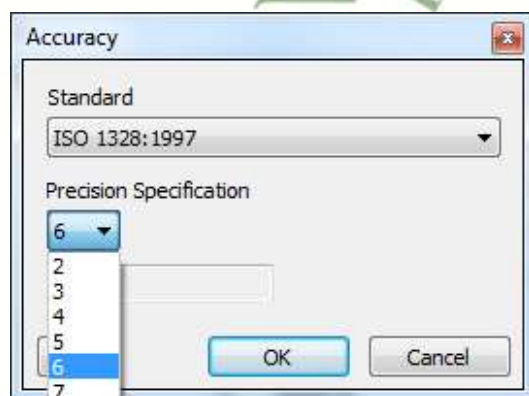
- Method of Strength Calculation: Chọn phương pháp tính toán.

Phương pháp tính toán chọn tại mục Method of Strength Calculation, giá trị mặc định trong mục này là ISO 6336:1996.



Hình 3.35. Chọn tiêu chuẩn tính toán kiểm tra bền

- Required Life: Thời gian làm việc (đơn vị là giờ).
- Accuracy: Chọn cấp chính xác.



Hình 3.36. Nhập cấp chính xác

- Standard: Chọn tiêu chuẩn.
- Precision Specification: Đặc điểm độ chính xác.
- Factors: Hệ số.

**Factors**

Factors of additional Load		Contact	Bending
Application Factor		$K_A$ 1.200 ul	
Dynamic Factor	$K_{Hv}$ 1.116 ul		1.116 ul
Face Load Factor	$K_{H\beta}$ 2.426 ul		1.938 ul
Transverse Load Factor	$K_{H\alpha}$ 1.334 ul		1.474 ul
One-time Overloading Factor		$K_{A5}$ 1.000 ul	

Factors for Contact		Gear 1	Gear 2
Zone Factor		$Z_H$ 2.495 ul	
Contact Ratio Factor		$Z_\epsilon$ 0.866 ul	
Single Pair Tooth Contact Factor	$Z_B$ 1.064 ul		1.000 ul
Life Factor	$Z_N$ 1.000 ul		1.000 ul
Lubricant Factor		$Z_L$ 0.962 ul	
Roughness Factor		$Z_R$ 1.000 ul	
Velocity Factor		$Z_v$ 0.967 ul	
Helix Angle Factor		$Z_\beta$ 1.000 ul	
Size Factor	$Z_X$ 1.000 ul		1.000 ul
Bevel Gear Factor		$Z_k$ 0.850 ul	

Factors for Bending		Gear 1	Gear 2
Form Factor	$Y_{Fa}$ 2.647 ul		2.157 ul
Stress Correction Factor	$Y_{Sa}$ 1.649 ul		1.951 ul
Teeth with Grinding Notches Factor	$Y_{Sag}$ 1.000 ul		1.000 ul
Helix Angle Factor		$Y_\beta$ 1.000 ul	
Contact Ratio Factor		$Y_\epsilon$ 0.678 ul	
Alternating Load Factor	$Y_A$ 1.000 ul		1.000 ul
Production Technology Factor	$Y_T$ 1.000 ul		1.000 ul
Life Factor	$Y_N$ 1.000 ul		1.000 ul
Notch Sensitivity Factor	$Y_\delta$ 1.188 ul		1.221 ul
Size Factor	$Y_X$ 1.000 ul		1.000 ul
Tooth Root Surface Factor		$Y_R$ 1.000 ul	
Bevel Gear Factor		$Y_k$ 1.000 ul	

☐ User Factors

**Results**

$Z_E$  189.812 ul

**Gear 1**

$S_H$  2.537 ul

$S_F$  6.358 ul

$S_{Hst}$  2.277 ul

$S_{Fst}$  13.383 ul

**Gear 2**

$S_H$  2.700 ul

$S_F$  6.782 ul

$S_{Hst}$  2.423 ul

$S_{Fst}$  13.886 ul

OK Cancel

Hình 3.37. Bảng các hệ số

Trong bảng này gồm có ba nhóm hệ số:

Nhóm hệ số của tải trọng:

- Application Factor: Hệ số lực;
- Dynamic Factor: Hệ số động;
- Face Load Factor: Hệ số lực bề mặt;
- Transverse Load Factor: Hệ số lực ngang;



- One-time Overloading Factor: Hệ số quá tải tức thời.

Nhóm hệ số tiếp xúc:

- Zone Factor: Hệ số khu vực;
- Contact Ratio Factor: Hệ số tỉ số tiếp xúc;
- Single Pair Tooth Contact Factor: Hệ số tiếp xúc từng cặp răng đơn;
- Life Factor: Hệ số tuổi thọ;
- Lubricant Factor: Hệ số bôi trơn;
- Roughness Factor: Hệ số nhám;
- Velocity Factor: Hệ số tốc độ;
- Helix Angle Factor: Hệ số góc xoắn;
- Size Factor: Hệ số kích thước;
- Work Hardening Factor: Hệ số độ cứng làm việc.

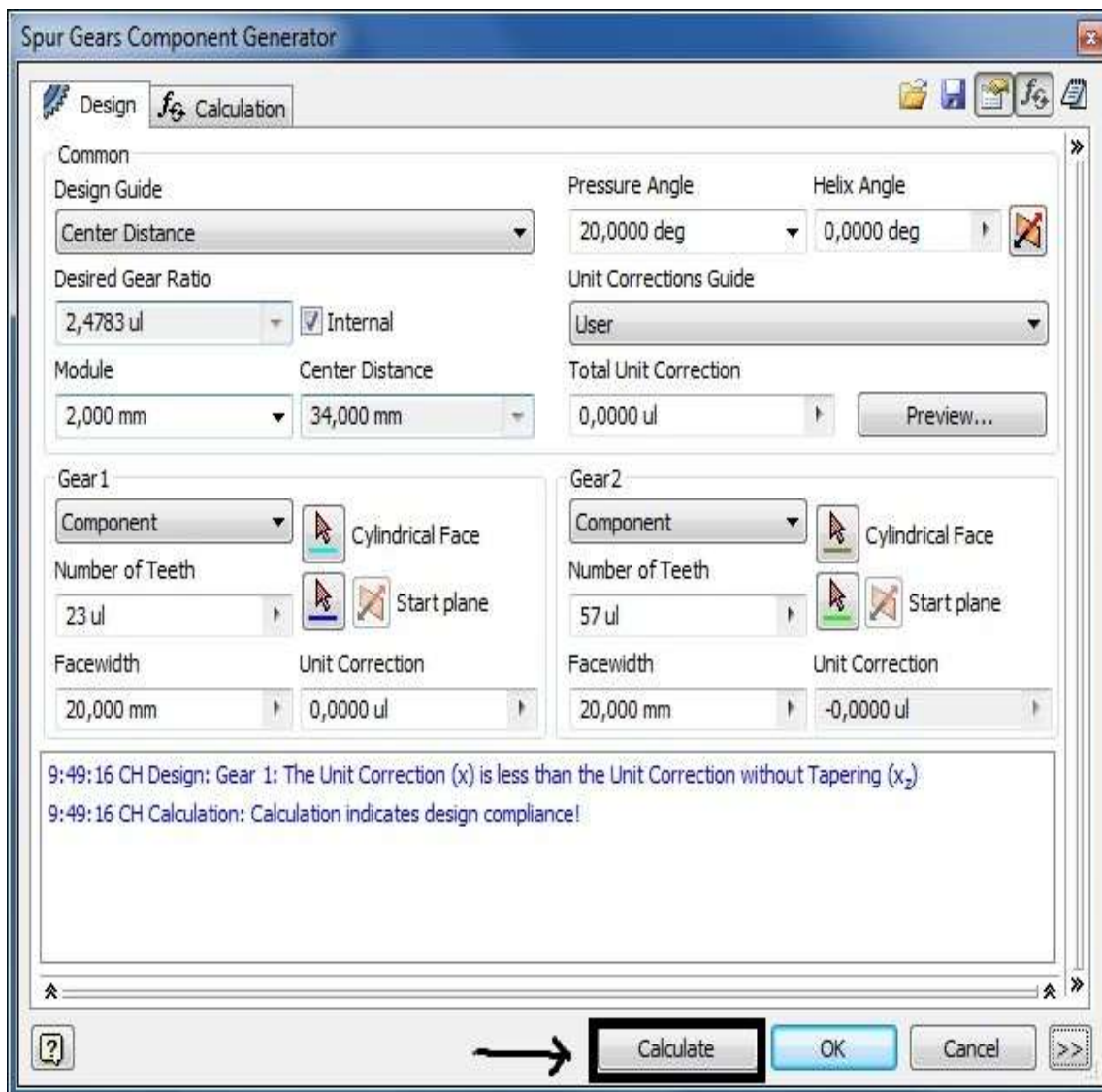
Nhóm hệ số uốn:

- Form Factor: Hệ số hình dạng;
- Stress Correction Factor: Hệ số ứng suất dịch chỉnh;
- Teeth with Grinding Notches Factor: Hệ số mài mòn rãnh răng;
- Helix Angle Factor: Hệ số góc xoắn;
- Contact Ratio Factor: Hệ số tỉ số tiếp xúc;
- Alternating Load Factor: Hệ số tải trọng chuyển đổi;
- Production Technology Factor: Hệ số sản sinh công nghệ;
- Life Factor: Hệ số tuổi thọ;
- Notch Sensitivity Factor: Hệ số nhạy cắt rãnh;
- Size Factor: Hệ số kích thước;
- Tooth Root Surface Factor: Hệ số bề mặt chân răng.

Các hệ số này đã được mặc định theo tiêu chuẩn, ta có thể nhập trực tiếp các hệ số theo tính toán thực tế (tra trong các tiêu chuẩn hoặc các tài liệu tính toán thiết kế cơ khí).

### **3.2.8. Tiến hành tính toán**

Khi đã lựa chọn các phương pháp nhập số liệu vào và phương thức kiểm tra bền thì ta bấm nút Calculate để phần mềm tiến hành tính toán.



Hình 3.38. Tiến hành tính toán

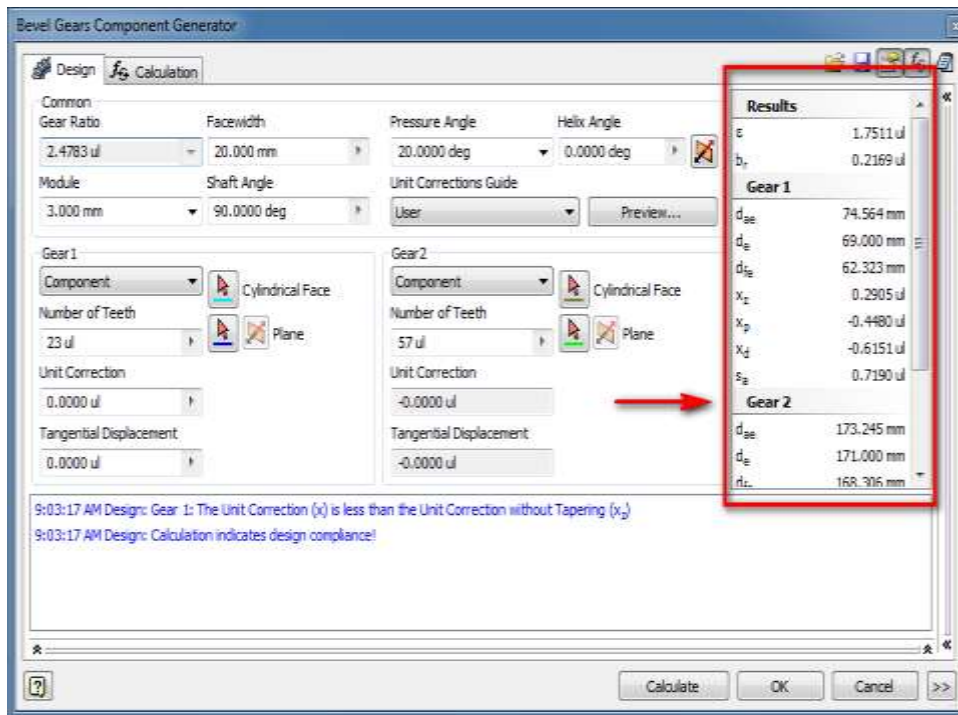
Sau khi bấm *Calculate* ta sẽ được kết quả tính toán.

- Trường hợp đủ bền (có thể là thừa bền) phần mềm sẽ báo: Calculation Indicates Design Compliance!

- Trường hợp không đủ bền phần mềm sẽ báo lỗi: Calculation Indicates Design Failure!

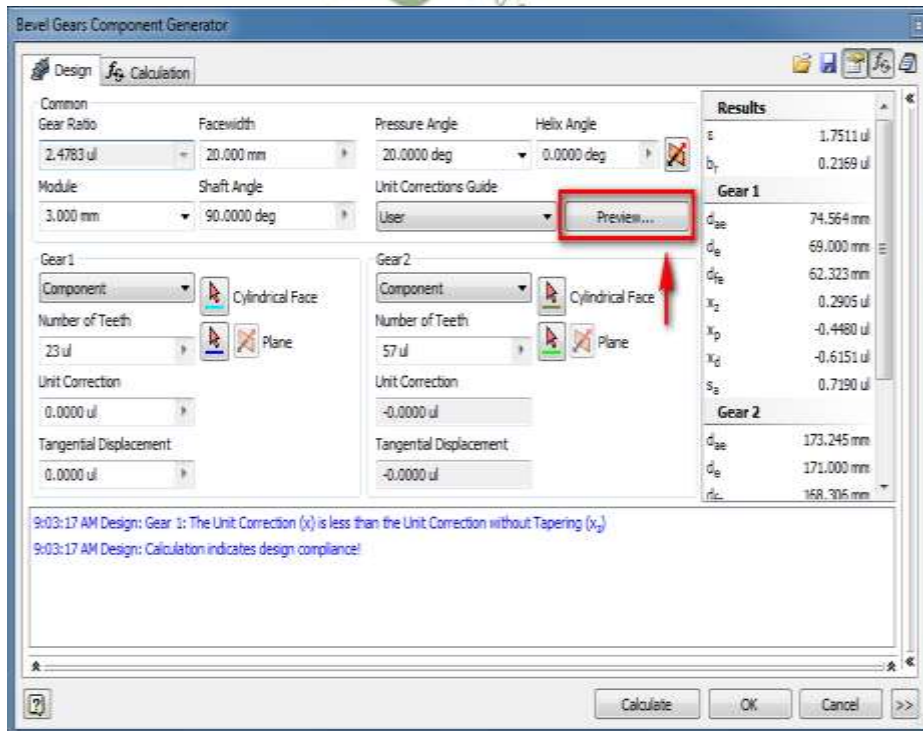
### 3.2.9. Lấy kết quả tính toán

Sau khi tiến hành tính toán, phần mềm đưa ra cho ta các kết quả về hình học và tải trọng. Mục Result ở tab design cho các giá trị về hình dạng của bộ truyền vừa thiết kế. Như đường kính đỉnh răng, đường kính chân răng, đường kính vòng chia... của từng bánh răng.

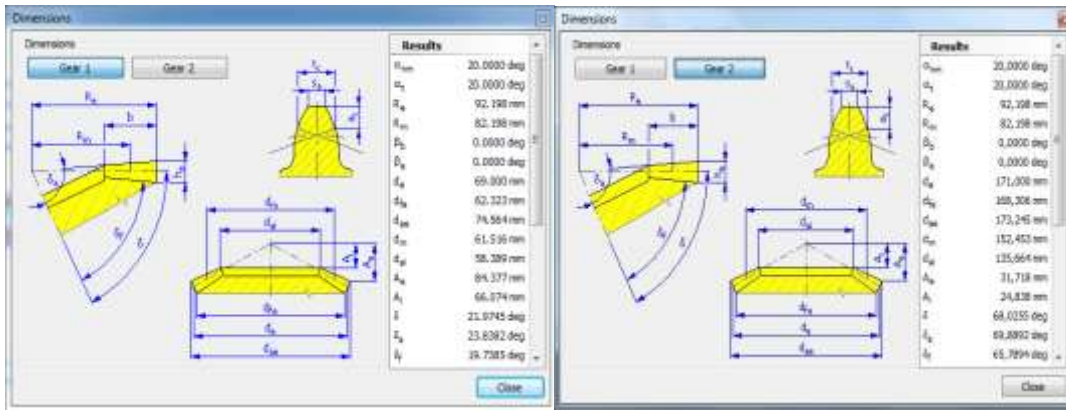


Hình 3.39. Kết quả thông số hình học

Các giá trị này được biểu thị qua hình ảnh minh họa thông qua việc bấm vào nút Preview...

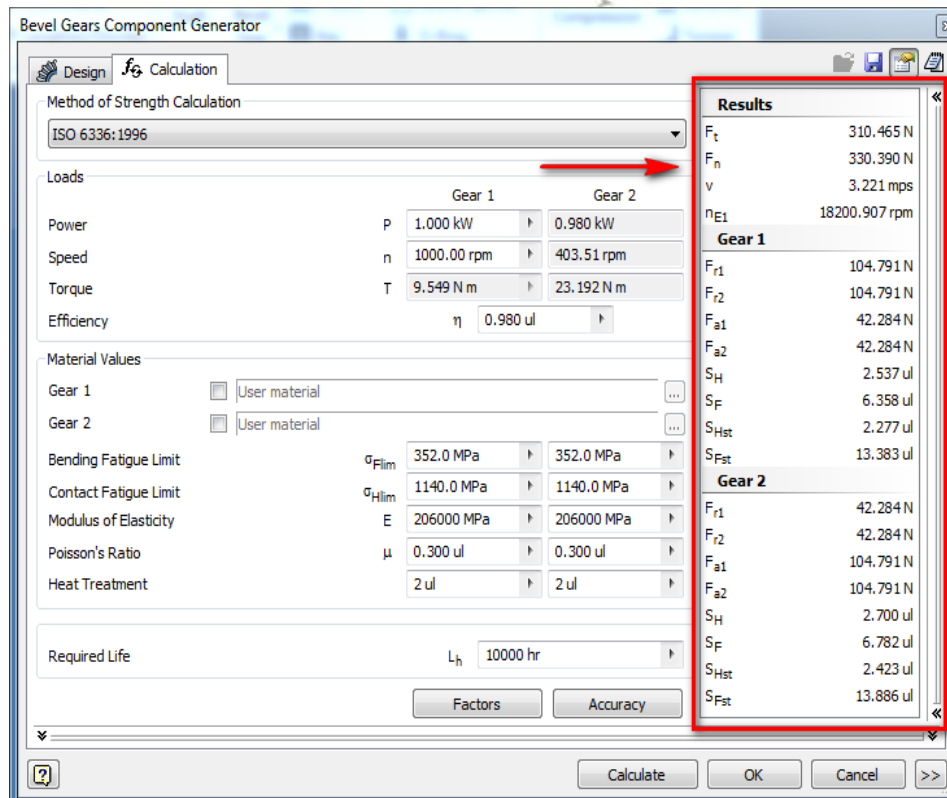


Hình 3.40. Xem kích thước trên hình mô tả



Trong bảng này có tất cả các thông số về hình học của cặp bánh răng trong bộ truyền và được minh họa trên hình.

Ở tab Calculation thì mục này cho ta giá trị của các thành phần lực tác dụng lên cặp bánh răng.

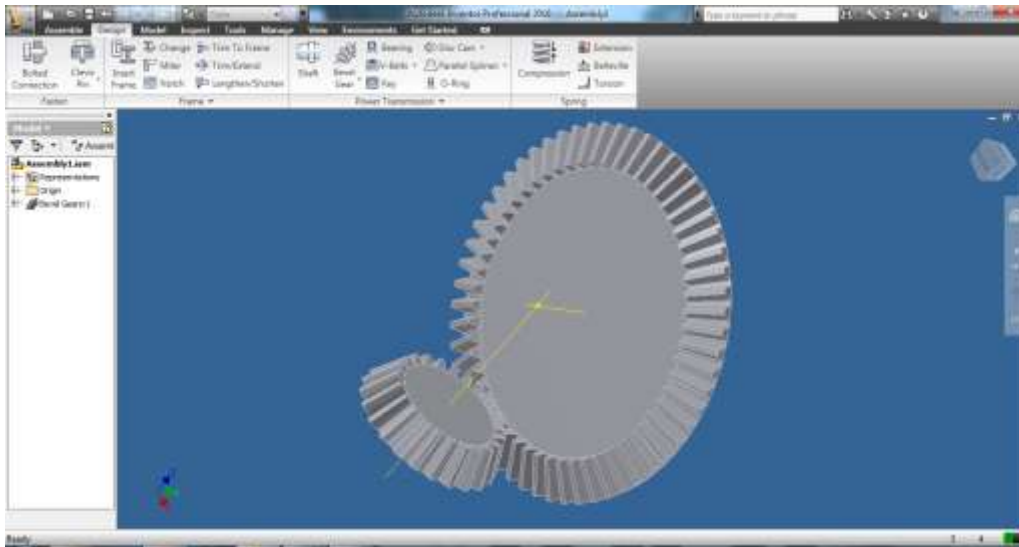


Hình 3.42. Kết quả về lực và tải trọng

Các thành phần lực bao gồm lực tiếp tuyến, lực hướng tâm, lực dọc... trực tác dụng lên cả hai bánh răng trong bộ truyền.

Các kết quả này để dùng làm cơ sở cho việc tính toán thiết kế trục của bộ truyền và các chi tiết có liên quan khác sau này.

Sau khi tính toán thiết kế xong ta bấm nút OK. Phần mềm sẽ tự vẽ ra một mô hình 3D về cặp bánh răng với các thông số đã được tính toán và thông số đưa vào.



Hình 3.43. Mô hình 3D

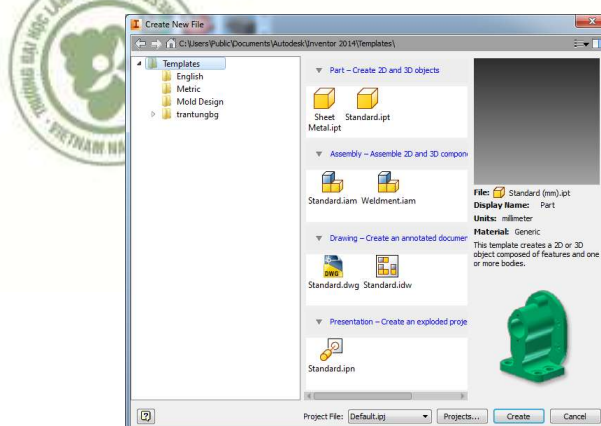
### 3.3. Thiết kế bộ truyền trục vít - bánh vít

#### 3.3.1. Khởi tạo chương trình

Kích đúp biểu tượng phần mềm trên màn hình Desktop hoặc vào Start/Program/Autodesk/Autodesk Inventor 2014.

#### 3.3.2. Thiết lập file thiết kế

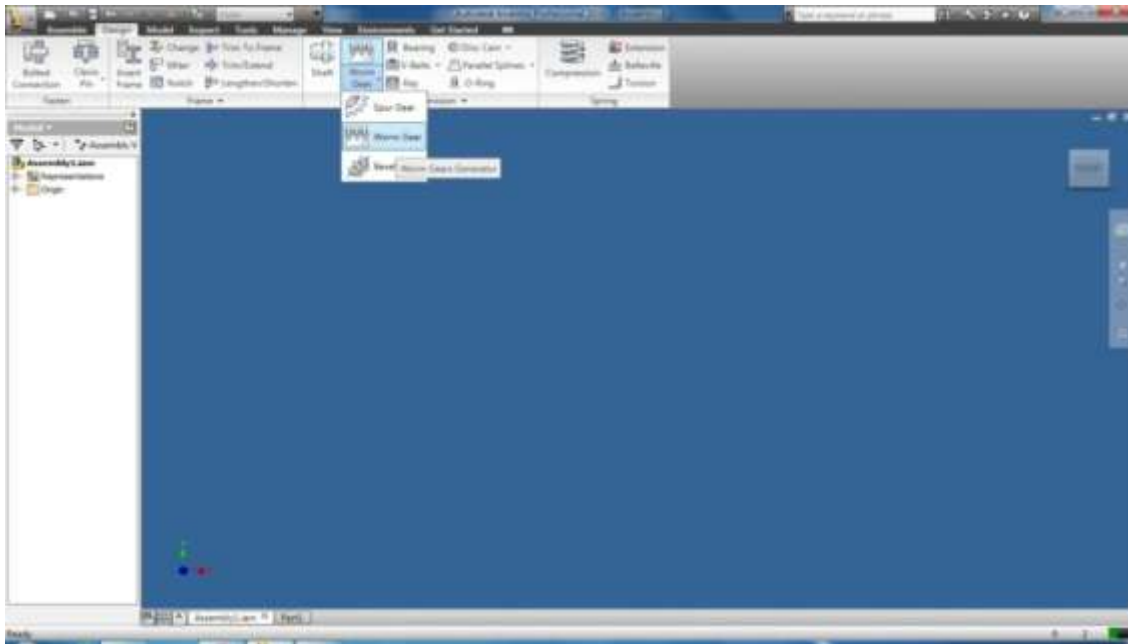
Sau khi khởi động phần mềm ta thực hiện lệnh New, vào file Standard.iam để khởi tạo môi trường làm việc của cụm lắp ghép.



Hình 3.44. Chọn file thiết kế

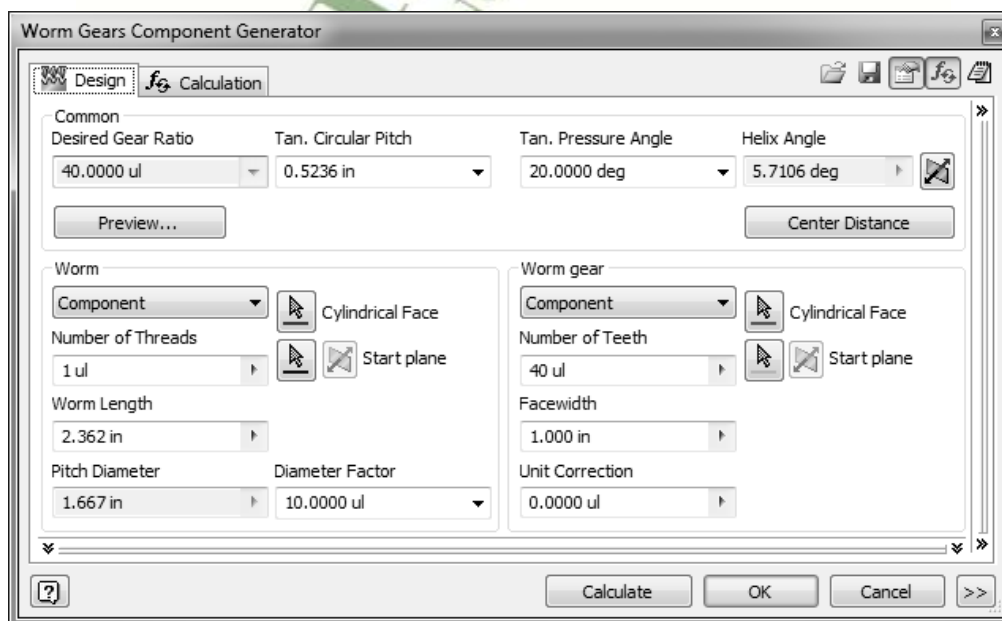


Trong môi trường lắp ghép cụm, ta chọn tab Design sau đó chọn Worm gear để thiết kế bộ truyền trục vít - bánh vít.



Hình 3.45. Chọn thiết kế trục vít- bánh vít

Sau khi chọn mục Worm Gear, lựa chọn tên thư mục lắp ghép và vị trí lưu thư mục đó sẽ ra một hộp thoại Worm Gears Component Generator để lựa chọn các phương án thiết kế.

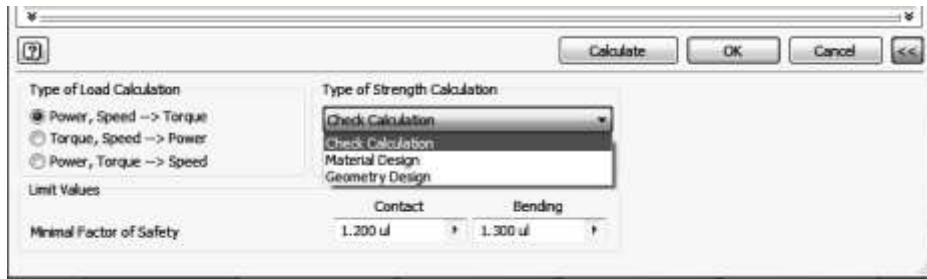


Hình 3.46. Hộp thoại Worm Gears Component Generator

### 3.3.3. Chọn hướng thiết kế

Tab Calculation trong hộp thoại Worm Gear Component Generator cho phép ta chọn hướng thiết kế, phương pháp nhập dữ liệu đầu vào và tính toán bộ truyền.

Chọn hướng thiết kế: Có ba hướng thiết kế.



Hình 3.47. Chọn hướng thiết kế

Check Calculation: Kiểm tra bền;

Material Design: Tính toán chọn vật liệu;

Geometry Design: Thiết kế hình học.

Sơ đồ cụ thể như hình 3.48 các bước tiến hành.



Hình 3.48. Sơ đồ các bước thiết kế bộ truyền bánh răng trụ

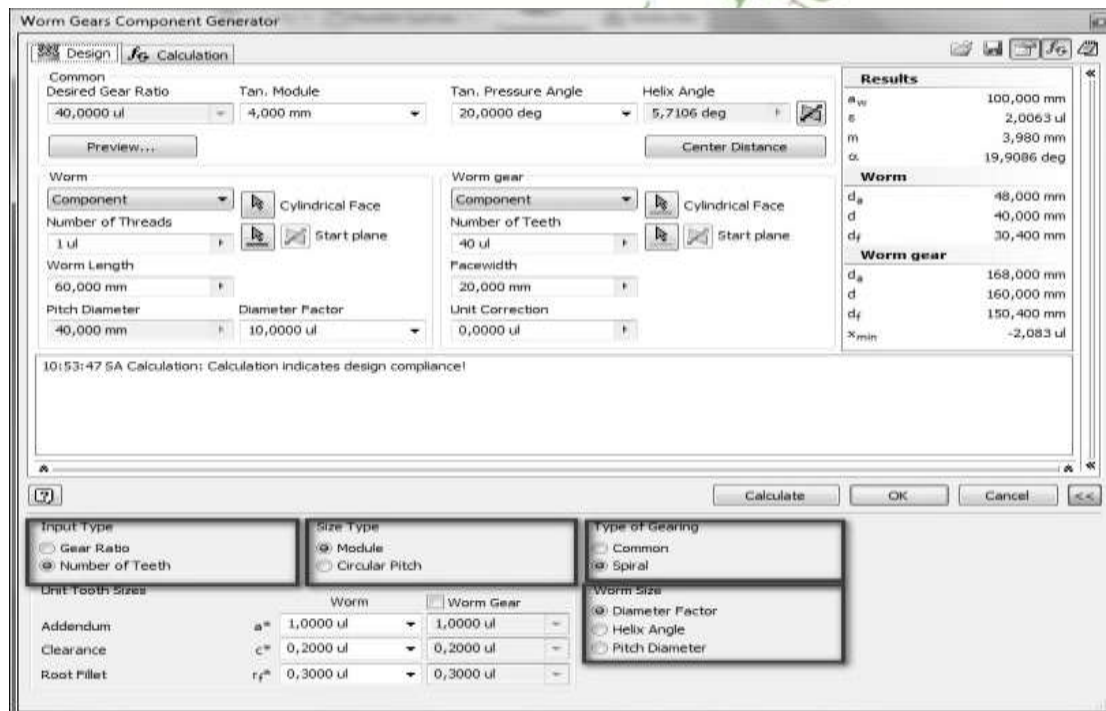
- *Kiểm tra bền*: Chọn kích thước hình học, khai báo thông số về lực, tải trọng, vật liệu và tiến hành kiểm tra bền. Trường hợp không đảm bảo độ bền ta phải chọn lại vật liệu hoặc kích thước hình học.

- *Tính toán chọn vật liệu*: Chọn kích thước hình học, khai báo thông số về lực, tải trọng và tiến hành tính toán xác định loại vật liệu phù hợp.

- *Thiết kế hình học*: Khai báo các giá trị về lực, tải trọng, chọn vật liệu và tiến hành tính toán tối ưu kích thước hình học.

### 3.3.4. Thiết lập các thông số hình học của bộ truyền

Chọn tab Design của hộp thoại Worm Gears Component Generator để nhập các thông số vào của bộ truyền, tính toán kích thước cơ bản của bộ truyền.



Hình 3.49. Tab Design của hộp thoại Worm Gears Component Generator

- Nhóm Type of Gearing: Kiểu ăn khớp:

Common: Ăn khớp bình thường.

Spiral: Ăn khớp kiểu xoắn ốc.

- Nhóm Driving Part: Chi tiết chủ động.

Worm: Trục vít.

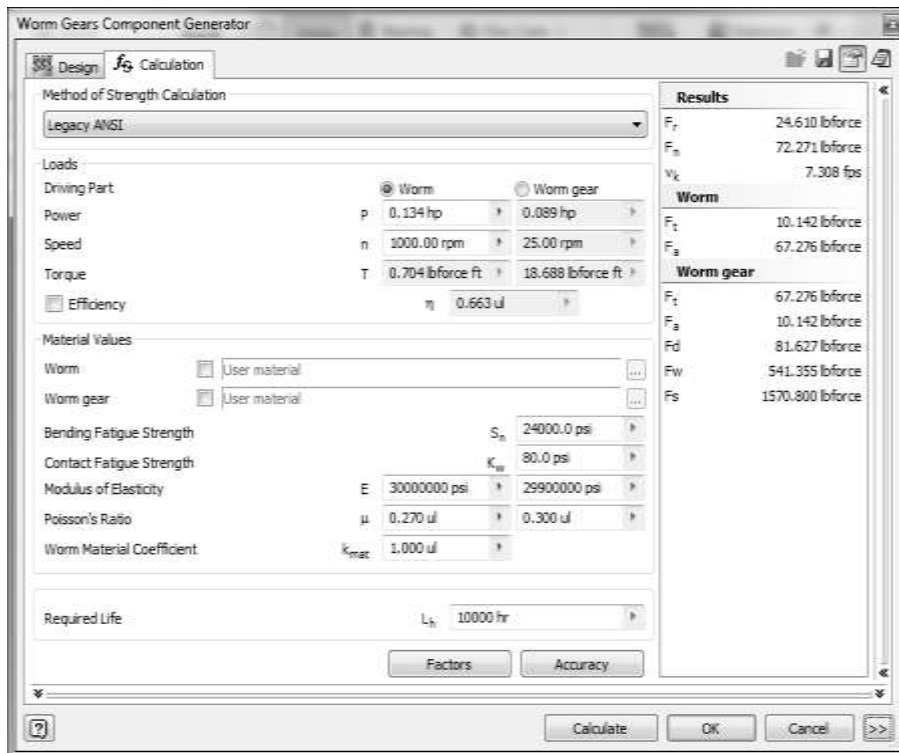
Worm gear: Bánh vít.

- Nhóm Input Type: Kiểu số liệu vào.  
 Gear Ratio: Tỷ số truyền.  
 Number of Teeth: Số răng của bánh vít và số đầu mỗi ren trục vít.
- Nhóm Size Type: Kiểu kích thước:  
 Modul: Nhập modul.  
 Circular Pitch: Bước ren.
- Nhóm Worm Size: Kích thước trục vít:  
 Diameter Factor: Hệ số đường kính.  
 Helix Angle: Góc xoắn vít.  
 Pitch Diameter: Đường kính vòng chia.
- Nhóm Type of Load Calculation: Kiểu tải trọng tính toán:  
 Power, Speed → Torque: Công suất, tốc độ → Mômen xoắn.  
 Torque, Speed → Power: Mômen xoắn, tốc độ → Công suất.  
 Power, Torque → Speed: Công suất, mômen xoắn → Tốc độ.
- Nhóm Type of Strength Calculation: Phương thức kiểm tra bền:  
 Check Calculation: kiểm tra bền.  
 Material Design: tính toán chọn vật liệu.  
 Geometry Design: thiết kế thông số hình học.

### **3.3.5. Thiết lập các thông số về lực, tải trọng tác dụng**

Tab Calculation trong hộp thoại Worm Gears Component Generator để khai báo các thông số về lực và tải trọng cho bộ truyền.

- Nhóm Loads: Tải trọng:  
 Driving Part: Bánh chủ động (lựa chọn trục vít hoặc bánh vít là bánh chủ động).  
 Power: Công suất.  
 Speed: Tốc độ quay.  
 Torque: Mômen xoắn.

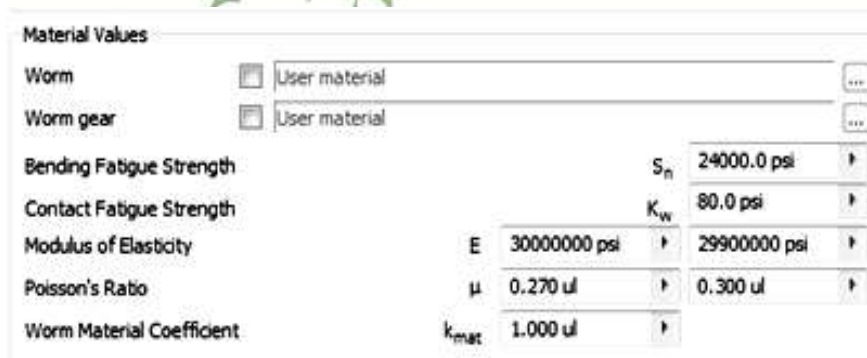


Hình 3.50. Nhập các thông số về lực và tải trọng

### 3.3.6. Nhập các thông số về vật liệu

Các thông số về vật liệu có thể nhập trực tiếp hoặc chọn loại vật liệu có sẵn trong thư viện của phần mềm hoặc thư viện do người dùng tạo ra.

Vào mục *Material Values* để thiết lập về vật liệu chế tạo bánh răng:



Hình 3.51. Nhập thông số vật liệu

Bending Fatigue Strength:  $S_n$  - Độ bền uốn giới hạn.

Contact Fatigue Strength:  $K_w$  - Độ bền tiếp xúc giới hạn.

Modulus of Elasticity:  $E$  - Modul đàn hồi.



Poisson's Ratio:  $\mu$  - Hằng số Poisson.

Required Life:  $L_h$  - Thời gian sử dụng.

Nếu không có giá trị của vật liệu thì ta có thể chọn trực tiếp vật liệu để chế tạo bánh răng bằng cách tích vào ô *User material* để chọn loại vật liệu và phần mềm sẽ tự tra cho ta các thông số để kiểm nghiệm bền.

### 3.3.7. Nhập tiêu chuẩn tính toán, các hệ số

Trang Calculation trong hộp hội thoại Worm Gears Component Generator cho phép ta nhập tiêu chuẩn tính toán và các hệ số.

- Method of Strength Calculation: Chọn phương pháp tính toán.

Phương pháp tính toán chọn tại mục Method of Strength Calculation, giá trị mặc định trong mục này là Legacy ANSI.

Worm Gears Component Generator

Design Calculation

Method of Strength Calculation

Legacy ANSI

Legacy ANSI

CSN

Driving Part

Worm

Worm gear

Power

P 0.134 hp

0.089 hp

Speed

n 1000.00 rpm

25.00 rpm

Torque

T 0.704 lbforce ft

18.688 lbforce ft

Efficiency

$\eta$  0.663 ul

Material Values

Worm

User material

Worm gear

User material

Bending Fatigue Strength

$S_n$  24000.0 psi

Contact Fatigue Strength

$K_w$  80.0 psi

Modulus of Elasticity

E 30000000 psi

29900000 psi

Poisson's Ratio

$\mu$  0.270 ul

0.300 ul

Worm Material Coefficient

$k_{mat}$  1.000 ul

Required Life

$L_h$  10000 hr

Factors Accuracy

Calculate OK Cancel >>

Results

$F_r$  24.610 lbforce

$F_n$  72.271 lbforce

$V_k$  7.308 fps

Worm

$F_t$  10.142 lbforce

$F_a$  67.276 lbforce

Worm gear

$F_t$  67.276 lbforce

$F_a$  10.142 lbforce

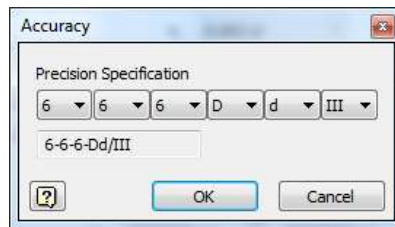
$F_d$  81.627 lbforce

$F_w$  541.355 lbforce

$F_s$  1570.800 lbforce

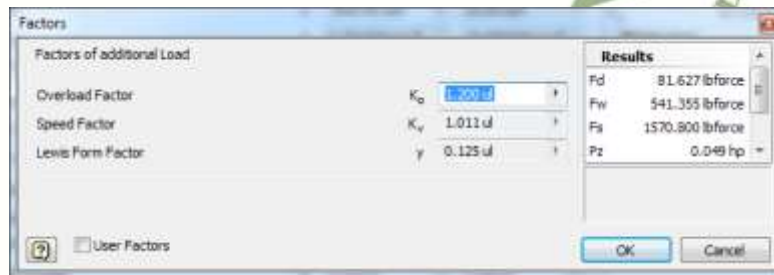
Hình 3.52. Chọn tiêu chuẩn tính toán kiểm tra bền

- Required Life: Thời gian làm việc (đơn vị là giờ).
- Accuracy: Chọn cấp chính xác.



Hình 3.53. Cấp chính xác

- Factors: Hệ số.

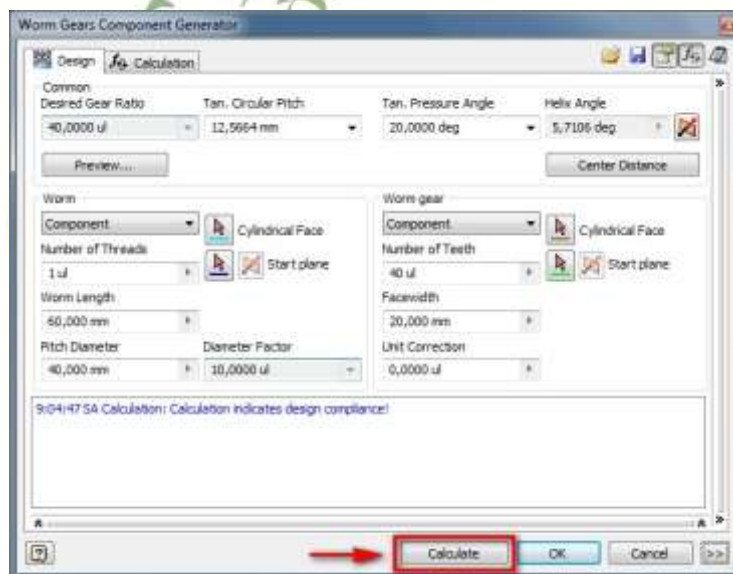


Hình 3.54. Nhập các hệ số

- Overload Factor: Hệ số quá tải.
- Speed Factor: Hệ số tốc độ.
- Lewis Form Factor: Yếu tố hình thức Lewis.

### 3.3.8. Tiến hành tính toán

Sau khi lựa chọn các phương pháp nhập số liệu vào và phương thức kiểm tra bền thì ta bấm nút Calculate để phần mềm tiến hành tính toán.



Hình 3.55. Tiến hành tính toán

Sau khi bấm *Calculate* ta sẽ được kết quả tính toán.

- Trường hợp đủ bền (có thể là thừa bền) phần mềm sẽ báo: Calculation Indicates Design Compliance!
- Trường hợp không đủ bền phần mềm sẽ báo lỗi: Calculation Indicates Design Failure!

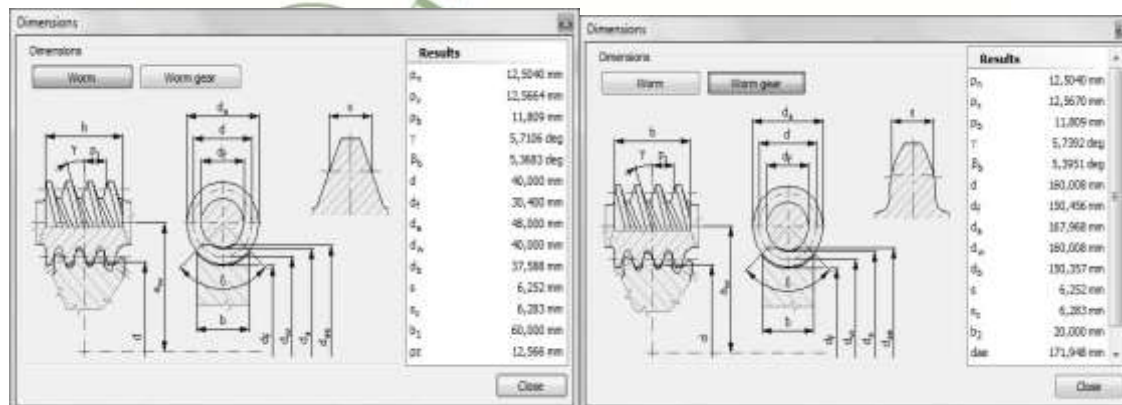
### 3.3.9. Lấy kết quả tính toán

Sau khi tiến hành tính toán, phần mềm đưa ra cho ta các kết quả về hình học và tải trọng. Mục Result ở tab design cho các giá trị về hình dạng của bộ truyền vừa thiết kế. Như đường kính đỉnh răng, đường kính chân răng, đường kính vòng chia... của từng bánh răng.



Hình 3.56. Kết quả các thông số hình học

Các giá trị này được biểu thị qua hình ảnh minh họa thông qua việc bấm vào nút Preview...



Hình 3.57. Cửa sổ Preview

Trong bảng này có tất cả các thông số về hình học của cặp bánh răng trong bộ truyền và được minh họa trên hình.

Ở tab Calculation thì mục này cho ta giá trị của các thành phần lực tác dụng lên cặp bánh răng.

**Worm Gears Component Generator**

Method of Strength Calculation: Legacy ANSI

**Loads**

Driving Part: ☒ Worm ☐ Worm gear

Power:  $P$  0.100 kW | 0.066 kW

Speed:  $n$  1000.00 rpm | 25.00 rpm

Torque:  $T$  0.955 N m | 25.337 N m

Efficiency:  $\eta$  0.663 ul

**Material Values**

Worm: ☐ User material

Worm gear: ☐ User material

Bending Fatigue Strength:  $S_n$  165.0 MPa

Contact Fatigue Strength:  $K_w$  0.6 MPa

Modulus of Elasticity:  $E$  206700 MPa | 206000 MPa

Poisson's Ratio:  $\mu$  0.270 ul | 0.300 ul

Worm Material Coefficient:  $k_{mat}$  1.000 ul

Required Life:  $L_h$  10000 hr

**Results**

$F_r$  115.855 N

$F_n$  340.231 N

$v_k$  2.105 mps

**Worm**

$F_t$  47.746 N

$F_a$  316.718 N

**Worm gear**

$F_t$  316.718 N

$F_a$  47.746 N

$F_d$  384.042 N

$F_w$  1948.872 N

$F_s$  5183.628 N

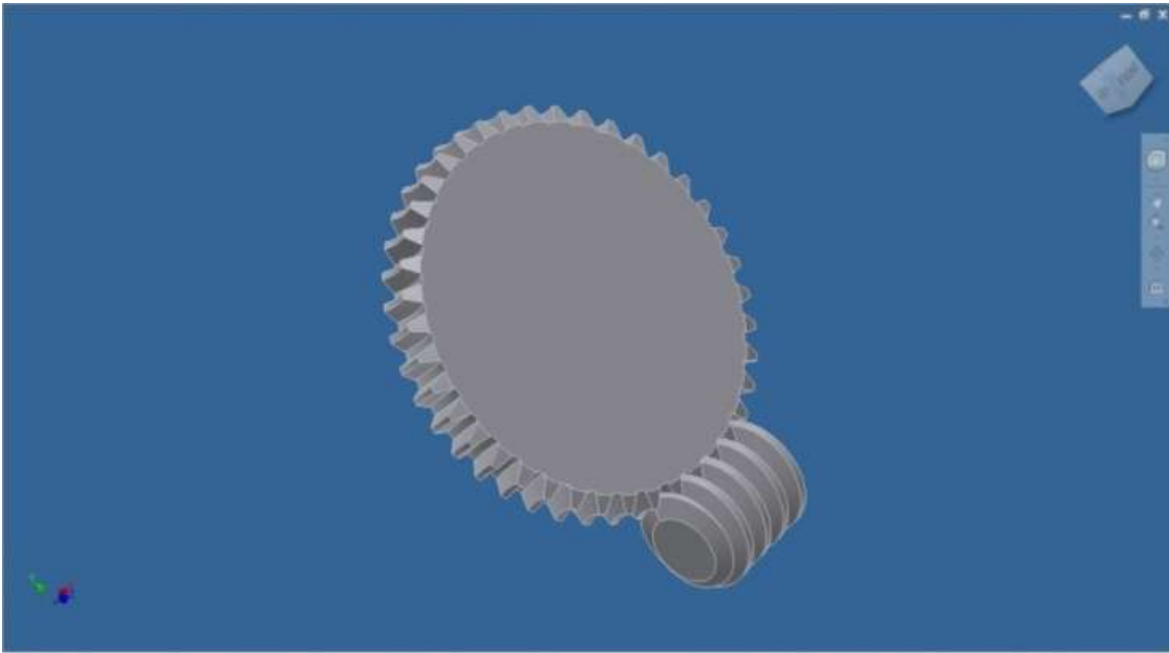
Buttons: Factors, Accuracy, Calculate, OK, Cancel, >>

Hình 3.58. Kết quả tính toán

Các thành phần lực bao gồm lực tiếp tuyến, lực hướng tâm, lực dọc... trực tác dụng lên cả hai bánh răng trong bộ truyền.

Các kết quả này để dùng làm cơ sở cho việc tính toán thiết kế trục của bộ truyền và các chi tiết có liên quan khác sau này.

Sau khi tính toán thiết kế xong ta bấm nút *ok*. Phần mềm sẽ tự vẽ ra một mô hình 3D về cặp bánh răng với các thông số đã được tính toán và thông số đưa vào.



Hình 3.59. Mô hình 3D

