



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
PGS. TS. NGUYỄN VIỆT HÙNG
PGS. TS. NGUYỄN TRỌNG GIANG

ANSYS

& Mô phỏng số
TRONG CÔNG NGHIỆP
BẰNG PHẦN TỬ
HỮU HẠN



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

**PGS.TS. NGUYỄN VIỆT HÙNG
PGS.TS. NGUYỄN TRỌNG GIẢNG**

ANSYS

VÀ MÔ PHỎNG SỐ TRONG CÔNG NGHIỆP BẰNG PHẦN TỬ HỮU HẠN

**Giáo trình dùng cho các trường đại học, cao đẳng kỹ thuật...
thuộc các hệ đào tạo**



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI**

ANSYS và mô phỏng số trong công nghiệp bằng phần tử hữu hạn

Tác giả: PGS.TS. Nguyễn Việt Hùng
PGS.TS. Nguyễn Trọng Giảng

Chịu trách nhiệm xuất bản:

PGS. TS. Tô Đăng Hải

Biên tập:

ThS. Nguyễn Huy Tiến

Sửa bài:

Ngọc Linh

Chế bản điện tử:

KS. Bùi Hải Lê, KS. Hoàng Sĩ Tuấn, Quang Hùng

Trình bày bìa:

Hương Lan

**Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật
70 Trần Hưng Đạo - Hà Nội**

In 1.000 bản, khổ 19 x 27 cm tại Nhà máy in Sách giáo khoa Đông Anh - Hà Nội.

Giấy phép xuất bản số: 113-11 ngày 17 tháng 7 năm 2003.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 8 năm 2003.

LỜI NÓI ĐẦU

Phần mềm ANSYS, do Công ty Phần mềm ANSYS (Hoa Kỳ) phát triển, là một gói phần mềm hoàn chỉnh dựa trên Phân tích phần tử hữu hạn (Finite Element Analysis, FEA) để mô phỏng ứng xử của một hệ vật lý khi chịu tác động của các loại tải trọng khác nhau. Phần mềm ANSYS được sử dụng rộng rãi trên toàn thế giới để giải quyết các bài toán thiết kế, mô phỏng tối ưu kết cấu và các quá trình truyền nhiệt, dòng chảy, điện/ tĩnh điện, điện từ, ... và tương tác giữa các môi trường hay các hệ vật lý. Chính vì thế nên Phần mềm ANSYS đã trở thành một công cụ mô phỏng rất hữu hiệu trong các lĩnh vực công nghiệp như công nghiệp vũ trụ và hàng không, công nghiệp ô tô, y sinh, xây dựng và cầu đường, ...

Do nhận thấy thế mạnh của phần mềm ANSYS cho lĩnh vực công nghiệp, Trung tâm Bồi dưỡng và Đào tạo sau đại học cùng với Trung tâm Phát triển và Ứng dụng Phần mềm công nghiệp (Trung tâm DASI) Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã hợp tác với Công ty Phần mềm ANSYS triển khai ứng dụng và phát triển phần mềm ANSYS đáp ứng nhu cầu thực tế của công nghiệp và dân dụng ở nước ta. Để đáp ứng nhu cầu về giáo trình đào tạo sử dụng phần mềm này bằng tiếng Việt cho số độc giả tăng lên nhanh chóng trong thời gian gần đây, chúng tôi biên soạn cuốn sách "ANSYS và mô phỏng số trong công nghiệp bằng phần tử hữu hạn" này.

Tài liệu sẽ được dùng làm giáo trình chính thức cho các khóa đào tạo sử dụng phần mềm ANSYS (trình độ cơ bản) do Trung tâm DASI, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội tổ chức định kỳ tại Trung tâm hoặc theo nhu cầu cụ thể của các doanh nghiệp. Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Trung tâm Bồi dưỡng và Đào tạo sau đại học Trường ĐHBK Hà Nội, Trung tâm DASI Trường ĐHBK Hà Nội và Công ty Phần mềm ANSYS đã tạo điều kiện thuận lợi cho chúng tôi trong quá trình biên soạn cuốn sách này.

Chúng tôi cũng hy vọng đây sẽ là một tài liệu tham khảo hữu ích cho người tự học, và là tài liệu hỗ trợ giảng dạy cho các cơ sở đào tạo khác.

Cuốn sách được biên soạn dựa trên các tài liệu đào tạo nguyên bản tiếng Anh của Công ty ANSYS, kết hợp với kinh nghiệm giảng dạy, thiết kế mô phỏng của các tác giả và có sự tham khảo một số phần mềm FEA khác. Tài liệu bao gồm mười ba (13) chương, trong mỗi chương ngoài phần hướng dẫn sử dụng các công cụ thiết kế mô phỏng đều có các ví dụ minh họa để người sử dụng tiện theo dõi và thực hành ngay.

Nhân dịp này chúng tôi cũng xin chân thành cảm ơn TS. Lê Trung Dũng giảng viên Học viện Kỹ thuật Quân sự, và TS. Trần Văn Nghĩa giảng viên Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã đọc bản thảo và đóng góp cho chúng tôi những ý kiến bổ ích.

Tuy nhiên vì tài liệu gồm nhiều khối kiến thức và phải hoàn thành trong thời gian có hạn nên trong quá trình biên soạn không tránh khỏi các thiếu sót. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn những ý kiến đóng góp của bạn đọc để cuốn sách sẽ được hoàn chỉnh hơn trong lần tái bản sau. Mọi ý kiến xin gửi về địa chỉ :

Trung tâm Phát triển và Ứng dụng Phần mềm công nghiệp (DASI)
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội
Số 1, Đại Cồ Việt, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội
ĐT: 4-8 683 209, Email : dasi@mail.hut.edu.vn

Các tác giả

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
-------------------	---

Chương 1: FEA và ANSYS

1.1. FEA là gì ?	9
1.1.1. Giới thiệu :	9
1.1.2. Tại sao lại cần FEA?	10
1.2. Tổng quan về ANSYS	10
1.2.1. Phân tích kết cấu	11
1.2.2. Động lực học biến dạng lớn	12
1.2.3. Phân tích nhiệt	13
1.2.4. Phân tích điện từ	13
1.2.5. Tính toán động lực học dòng chảy (Computational Fluid Dynamics, CFD)	15
1.2.6. Phân tích tương tác giữa các trường vật lý	15
1.3. Vài thông tin về Công ty ANSYS	16

Chương 2: Các vấn đề cơ bản trong ANSYS

2.1. Yêu cầu về bộ nhớ	19
2.1.1. Giới thiệu	19
2.1.2. Các định nghĩa	19
2.1.3. Giới hạn bộ nhớ và các chỉ dẫn	19
2.2. Chế độ tương tác (<i>Interactive Mode</i>)	20
2.2.1. Khởi động ANSYS	20
2.2.2. Giao diện đồ họa người dùng (GUI)	22
2.2.3. Hiển thị đồ họa và lựa chọn đối tượng	24
2.2.4. Trợ giúp trực tuyến (On-Line Help)	29
2.2.5. Lựa chọn logic (Select Logic)	30
2.2.6. Cơ sở dữ liệu và file	34
2.2.7. Thoát khỏi ANSYS	37
2.3. Chế độ gói lệnh	37
2.3.1. File dữ liệu đầu vào	37
2.3.2. Chạy chương trình theo chế độ gói lệnh (Submitting a batch job)	39
2.4. Bài tập	40

Chương 3: Các thủ tục phân tích cơ bản

3.1. Quá trình chuẩn bị	45
3.1.1. Giới thiệu	45
3.1.2. Dùng kiểu phân tích nào?	46

3.1.3. Mô hình hoá như thế nào?	46
3.1.4. Dùng kiểu phần tử nào ?	47
3.2. Quá trình xử lý ban đầu	47
3.2.1. Tạo mô hình hình học	47
3.2.2. Tạo mô hình phần tử hữu hạn	48
3.2.3. Khai báo các thuộc tính vật liệu.....	48
3.3. Quá trình giải	49
3.3.1. Xác định các tải đặt lên mô hình.....	49
3.3.2. Giải.....	49
3.4. Quá trình xử lý kết quả	49
3.4.1. Khai thác	49
3.4.2. Kiểm tra kết quả.....	50

Chương 4: Xây dựng mô hình hình học

4.1. Giới thiệu	53
4.2. Mô hình nhập vào	56
4.3. Dùng các lệnh trong ANSYS.....	61
4.3.1. Các định nghĩa	61
4.3.2. Mô hình TOP-DOWN.....	62
4.3.3. Bài tập: Thiết kế mô hình TOP-DOWN thân ổ đỡ (Pillow Block).....	70
4.3.4. Mô hình BOTTOM-UP.....	79
4.3.5. Bài tập: Mô hình BOTTOM-UP thanh truyền (Connecting Rod).....	87

Chương 5: Tạo mô hình phần tử hữu hạn

5.1. Tổng quan	95
5.2. Các thuộc tính cơ bản của phần tử.....	95
5.3. Các thuộc tính kết hợp của phần tử.....	103
5.4. Điều khiển mật độ lưới	106
5.5. Thay đổi lưới.....	111
5.6. Chia lưới có quy tắc	112
5.7. Chia lưới Hex-to-Tet.....	119
5.8. Kéo dẫn lưới (Mesh Extrusion)	122
5.9. Quét lưới (Sweep Meshing).....	124
5.10. Mô hình phần tử hữu hạn nhập vào (F.E.Imports).....	127
5.11. Bài tập	127
5.11.1. Chia lưới kết cấu thân ổ đỡ (Pillow Block)	127
5.11.2. Chia lưới thanh truyền (Connecting Rod).....	131
5.11.3. Chia lưới bánh xe (Wheel).....	134

Chương 6: Các thuộc tính vật liệu

6.1. Đơn vị đo	139
6.2. Khai báo trong ANSYS	139
6.3. Khai báo dùng GUI.....	140

Chương 7: Đặt tải

7.1. Định nghĩa tải.....	143
7.2. Hệ tọa độ nút. (Nodal Coordinate System-NCS).....	144
7.3. Các ràng buộc chuyển vị.....	145
7.4. Lực tập trung.....	146
7.5. Kiểm tra việc đặt tải.....	148

Chương 8: Giải

8.1. Các phương pháp giải (Solvers).....	149
8.2. Nhiều bước tải (Multiple Loadsteps).....	152
8.3. Bài tập.....	155
8.3.1. Áp đặt tải và giải : Dầm côngxôn 3D	155
8.3.2. Áp đặt tải và giải : Thanh truyền	158

Chương 9: Phân tích kết cấu

9.1. Xử lý ban đầu.....	161
9.1.1. Hình học.....	161
9.1.2. Chia lưới	161
9.1.3. Định nghĩa load.....	162
9.1.4. Các ràng buộc về chuyển vị.....	162
9.1.5. Lực tập trung.....	163
9.1.6. Áp lực.....	163
9.1.7. Nhiệt độ không đổi	164
9.1.8. Trọng lực.....	165
9.1.9. Thay đổi và xóa các tải đã đặt.....	165
9.2. Các tùy chọn giải	165
9.2.1. Các phân tích tĩnh và động lực học.....	165
9.2.2. Phân tích tuyến tính và phi tuyến.....	166
9.2.3. Khai thác kết quả	167
9.2.4. Kiểm tra các kết quả	169
9.3. Bài tập.....	169
9.3.1. Phân tích ứng suất : Dao tiện (Lathe Cutter)	169
9.3.2. Phân tích ứng suất : Dầm góc 2D	180

Chương 10: Phân tích nhiệt

10.1. Xử lý ban đầu.....	181
10.1.1. Hình học.....	181
10.1.2. Chia lưới	181
10.1.3. Các điều kiện tải nhiệt có thể là.....	182
10.2. Giải.....	182
10.2.1. Hệ tọa độ nút.....	182
10.2.2. Các ràng buộc về nhiệt độ.....	182
10.2.3. Dòng nhiệt tập trung (Concentrated Heat Flow).....	183

10.2.4. Thông lượng nhiệt (Heat Flux).....	183
10.2.5. Đối lưu	183
10.2.6. Sinh nhiệt.....	184
10.2.7. Các bề mặt đoạn nhiệt.....	184
10.2.8. Thay đổi và xóa các tải trọng.....	184
10.2.9. Các tùy chọn lời giải.....	185
10.3. Xử lý kết quả.....	185
10.3.1. Phân bố nhiệt độ.....	185
10.3.2. Gradient nhiệt.....	185
10.3.3. Dòng nhiệt.....	186
10.3.4. Các phân lực.....	187
10.3.5. Kiểm tra kết quả.....	187
10.4. Bài tập: Phân tích nhiệt ống đối xứng trục với phần nhánh.....	188

Chương 11: Phân tích tương tác giữa các trường vật lý

11.1 Tổng quan	195
11.2. Phương pháp nối tiếp	196
11.3. Phương pháp trực tiếp.....	197
11.4. Bài tập	198
11.4.1. Phân tích tương tác nhiệt-ứng suất bằng phương pháp nối tiếp : Ống đối xứng trục với phần nhánh.	198
11.4.2. Phân tích tương tác nhiệt-ứng suất bằng phương pháp trực tiếp : Ống đối xứng trục với phần nhánh.	205

Chương 12: Xử lý kết quả

12.1. Các lựa chọn	213
12.2. Hệ tọa độ kết quả	214
12.3. Lựa chọn kết quả theo đường hoạt động (<i>Path Operation</i>).....	215
12.4. Đánh giá sai số.....	217
12.5. Kết hợp các trường hợp tải	219
12.6. Dụng cụ hiển thị các kết quả (Results Viewer).....	221
12.7. Công cụ hiển thị biến (Variable Viewer).....	224
12.8. Tạo văn bản báo cáo (Report Generator).....	225
12.9. Bài tập: Xử lý kết quả cho thanh truyền (Connecting Rod)	228

Chương 13: Một vài tiện ích

13.1. Thanh công cụ và lệnh rút gọn (<i>Toolbar and Abbreviations</i>).....	239
13.2. File khởi động (Start File).....	240
13.3. Thiết kế tham số trong ANSYS	241
13.4. Bài tập	245
13.4.1. Tầm có lỗi ở giữa (dùng *ABBR).....	245
13.4.2. Cơ sở APDL : Dầm 2D sử dụng tham số.....	246

Chương 1

FEA và ANSYS

1.1. FEA là gì ?

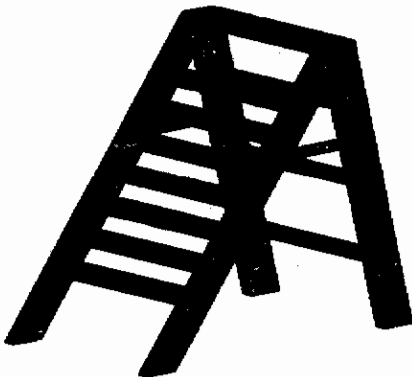
1.1.1. Giới thiệu

- *Phân tích bằng phần tử hữu hạn* (Finite Element Analysis, FEA) là một phương pháp số dùng để mô phỏng các điều kiện tải trọng trên một hệ vật lý và xác định ứng xử của hệ.
- Hệ vật lý được mô hình hóa bằng các phần tử rời rạc (elements).
 - ✓ Mỗi phần tử có các phương trình chính xác mô tả ứng xử của nó với một tải xác định.
 - ✓ “Tổng” ứng xử của tất cả các phần tử trong mô hình sẽ cho ta ứng xử chung của hệ vật lý.
 - ✓ Các phần tử có số lượng ẩn hữu hạn, do đó chúng là các *phần tử hữu hạn* (finite elements).

Đôi điều về lịch sử của FEA:

- ✓ Phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích kết cấu đã được nghiên cứu từ những năm 50, 60 của thế kỷ 20.
- ✓ Lý thuyết cơ bản đã có từ hơn 100 năm nay, và đã là cơ sở cho tính toán đánh giá cầu treo và nồi hơi bằng *giấy-bút* (pen-and-paper).

- Mô hình phần tử hữu hạn có số ẩn hữu hạn nên chỉ có thể mô phỏng gần đúng ứng xử của hệ vật lý (có vô hạn số ẩn).
 - ✓ Vì thế sẽ nảy sinh câu hỏi: Độ chính xác của nghiệm xấp xỉ ?
 - ✓ Câu hỏi này không dễ trả lời. Nó phụ thuộc hoàn toàn vào cách mô phỏng và công cụ được sử dụng để mô phỏng. Giáo trình này sẽ cố gắng hướng dẫn các bạn tiếp cận vấn đề này một cách tốt nhất.



Hệ vật lí



Mô hình phần tử hữu hạn