

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT
NGÀNH: CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY

NGHIÊN CỨU VỀ NHIỆT MÀI KHÍ MÀI THÉP IIIX15
BẰNG ĐÁ MÀI CBN

NGUYỄN XUÂN VINH

THÁI NGUYÊN - 2010

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

**NGHIÊN CỨU VỀ NHIỆT MÀI KHI MÀI THÉP IX15
BẰNG ĐÁ MÀI CBN**

**Ngành: CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY
Mã số:
Học viên: NGUYỄN XUÂN VINH
Người HD khoa học: T.S. NGUYỄN TRỌNG HIẾU**

NGƯỜI HD KHOA HỌC

HỌC VIÊN

**TS. NGUYỄN TRỌNG HIẾU
BAN GIÁM HIỆU**

**NGUYỄN XUÂN VINH
KHOA SAU ĐẠI HỌC**

TS. NGUYỄN VĂN HÙNG

MỤC LỤC

	Trang
Mục lục	
Danh mục các hình vẽ, đồ thị, ảnh chụp	
Danh mục các bảng số liệu	
Lời cam đoan	1
Phần mở đầu	2
Chương 1: Tổng quan về nhiệt cắt và các phương pháp xác định nhiệt cắt khi mài.	6
1.1. Đặc điểm quá trình mài	6
1.2. Ảnh hưởng của nhiệt cắt đến chất lượng bề mặt chi tiết gia công	7
1.2.1. Nhiệt cắt trong quá trình mài	7
1.2.2. Ảnh hưởng của nhiệt cắt đến cấu trúc lớp kim loại bề mặt chi tiết gia công	8
1.2.3. Ảnh hưởng của nhiệt cắt đến ứng suất dư lớp bề mặt chi tiết gia công	10
1.2.4. Ảnh hưởng của nhiệt cắt đến độ nhám bề mặt chi tiết gia công	11
1.3. Ảnh hưởng của nhiệt cắt đến mòn và tuổi bền của đá mài.	12
1.4. Ảnh hưởng của nhiệt cắt đến độ chính xác chi tiết gia công.	13
1.5. Các phương pháp xác định nhiệt cắt trong quá trình mài	13
1.5.1. Phương pháp xác định nhiệt cắt bằng công thức thực nghiệm	13
1.5.2. Phương pháp xác định nhiệt cắt bằng thực nghiệm	14
1.5.2.1. Phương pháp đo không tiếp xúc	14
1.5.2.2. Phương pháp đo tiếp xúc	15
1.6. Kết luận chương 1	20
Chương 2: Ứng dụng phần mềm ANSYS để giải bài toán truyền nhiệt.	23

2.1. Giới thiệu chung phần mềm ANSYS	23
2.1.1 Giới thiệu chung	23
2.1.2. Các đặc điểm của phần mềm ANSYS	24
2.1.3. Các kiểu phần tử trong ANSYS	28
2.1.4. Các tham số trong ANSYS	39
2.1.5. Các mô hình vật liệu trong ANSYS	40
2.1.6. Các xử lý dùng trong ANSYS. Processors (Routines)	42
2.1.7. Các lệnh khởi động và giao diện màn hình ANSYS 10.0	43
2.1.7.1. Lệnh Start >Program > ANSYS 10.0	43
2.1.7.2. Màn hình giao diện ANSYS 10.0	43
2.2. Ứng dụng phần mềm ANSYS trong việc giải các bài toán truyền nhiệt	44
2.2.1. Bài toán cơ bản về truyền nhiệt trong vật rắn	44
2.2.1.1. Tiền xử lý: Định nghĩa các phần tử	45
2.2.1.2. Đặt tải nhiệt và giải bài toán	46
2.2.1.3. Hậu xử lý: Quan sát kết quả	47
2.2.2. Bài toán kết hợp giữa truyền nhiệt và đối lưu nhiệt (Truyền nhiệt/ đối lưu nhiệt / cách nhiệt)	47
2.2.2.1. Tiền xử lý: Định nghĩa các phần tử	48
2.2.2.2. Đặt tải nhiệt và giải bài toán	49
2.2.2.3. Hậu xử lý: Quan sát kết quả	51
2.2.3. Bài toán phân tích truyền nhiệt quá độ	51
2.2.3.1. Tiền xử lý: Định nghĩa các phần tử	52
2.2.3.2. Đặt tải nhiệt và giải bài toán	53
2.2.3.3. Hậu xử lý: Quan sát kết quả	56

2.3. Kết luận chương 2	61
Chương 3: Tính toán và mô phỏng phân bố nhiệt cắt khi mài phẳng	62
3.1. Xây dựng mô hình tính nhiệt khi mài phẳng	62
3.1.1. Động học quá trình mài	62
3.1.2. Xây dựng mô hình tính nhiệt trong quá trình mài phẳng	64
3.1.3. Xây dựng mô hình truyền nhiệt giữa bề mặt tiếp xúc và bề mặt sau gia công	68
3.2. Mô phỏng nhiệt trong quá trình mài phẳng thép IIIX15 bằng đá mài CBN	71
3.2.1. Vật liệu và máy thí nghiệm	71
3.2.1.1. Vật liệu chi tiết gia công	71
3.2.1.2. Đá mài	71
3.2.1.3. Máy thí nghiệm	72
3.2.2. Mô phỏng truyền nhiệt khi mài phẳng thép IIIX15 bằng đá mài CBN	72
3.2.2.1. Thông lượng nhiệt truyền vào chi tiết gia công q_f	74
3.2.2.2. Hệ số khuếch tán nhiệt của chi tiết gia công α	75
3.2.2.3. Thời gian tác động của nguồn nhiệt t_w	76
3.2.2.4. Mô phỏng quá trình truyền nhiệt	77
3.3. Kết luận chương 3	80
Kết luận chung	81
Tài liệu tham khảo	84

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU CHÍNH

Ký hiệu	Ý nghĩa	Đơn vị
v_f	Vận tốc của chi tiết gia công	mm/min
v_c	Vận tốc của đá mài	m/s
a	Chiều sâu cắt	mm
a_p	Chiều rộng mài	mm
b	Chiều dày đá mài	mm
l_e	Chiều dài cung tiếp xúc	mm
T_{mod}	Nhiệt độ mô phỏng	$^{\circ}\text{C}$
T_{Grenz}	Nhiệt độ giới hạn	$^{\circ}\text{C}$
T_m	Nhiệt độ mài tính theo công thức thực nghiệm	$^{\circ}\text{C}$
Q_w	Tốc độ bóc vật liệu	mm^3/s
λ	Hệ số truyền nhiệt của vật liệu gia công	(Kcal/cm.g. độ).
α	Hệ số khuếch tán nhiệt của vật liệu phôi	$\text{W}/\text{m}^2.\text{s}$
ρ	Khối lượng riêng của phôi	(Kg/m^3)
c	Nhiệt dung riêng của phôi	($\text{J}/\text{kg.K}$)
Re	Số Reynold	-
Pr	Số Prandtl	-
q_f	Thông lượng nhiệt truyền vào phôi	W
q_t	Thông lượng nhiệt toàn phần	W
q_{ch}	Thông lượng nhiệt truyền vào phôi	W
q_s	Thông lượng nhiệt ra qua dung dịch trơn nguội	W
q_c	Thông lượng nhiệt truyền vào đá mài	W
φ	Góc tiếp xúc giữa đá và phôi	$^{\circ}\text{C}$

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ

TT	Hình vẽ	Nội dung	Trang
1	1.1	Cấu trúc lớp bề mặt mài.	8
2	1.2	Cấu trúc tế vi pha Austenit của thép không gỉ AISI 304	9
3	1.3	Sự hình thành ứng suất dư bởi biến dạng do nhiệt	10
4	1.4	Sự hình thành độ nhám bề mặt mài	11
5	1.5	Ảnh bề mặt mài dưới kính hiển vi điện tử	12
6	1.6	Mô hình kỹ thuật đo nhiệt quang học	14
7	1.7	Cấu trúc tế vi sau một quá trình mài với chế độ bóc vật liệu.	16
8	1.8	Sơ đồ nguyên lý cặp nhiệt ngẫu.	16
9	1.9	Sơ đồ nối cặp nhiệt với dây dẫn thứ ba.	18
10	1.10	Cấu hình thiết lập cặp nhiệt hai cực	19
11	1.11	Sơ đồ ba cặp nhiệt đơn cực trong phôi.	20
12	1.12	Ảnh cấu trúc tế vi cháy bề mặt mài do nhiệt.	21
13	1.13	Sơ đồ tổng quát nghiên cứu về nhiệt cắt trong quá trình mài	22
14	2.1	Giao diện màn hình Ansys 10.0	44
15	2.2	Mô hình vật rắn khi phân tích nhiệt	45
16	2.3	Cửa sổ lệnh đặt tải nhiệt trên các điểm thuộc mặt trên	46
17	2.4	Mô hình nhiệt của vật rắn chịu tải nhiệt có 4 mặt dài vô hạn	47
18	2.5	Mô hình của vật rắn khi đặt tải nhiệt kết hợp giữa truyền nhiệt và đối lưu nhiệt	47
19	2.6	Cửa sổ đặt tải đối lưu nhiệt $10W/m^2 \cdot ^\circ C$	50
20	2.7	Tạo lưới trong bài toán truyền nhiệt và đối lưu nhiệt	50
21	2.8	Miền nhiệt của vật rắn có sự truyền nhiệt và đối lưu nhiệt	51

22	2.9	Mô hình vật rắn chịu tải nhiệt quá độ	51
23	2.10	Tạo lưới cho bài toán truyền nhiệt quá độ	53
24	2.11	Phương pháp phân tích bài toán	53
25	2.12	Chọn chế độ điều khiển phân tích	54
26	2.13	Chọn các chế độ phân tích	54
27	2.14	Đặt tải nhiệt cho các điểm nút trên vật khối	55
28	2.15	Đặt tải nhiệt cho các điểm nút	56
29	2.16	Định nghĩa các điều kiện nhiệt độ ban đầu của vật liệu	56
30	2.17	Kết quả mô phỏng bài toán truyền nhiệt quá độ bằng ANSYS	57
31	2.18	Định dạng contour	57
32	2.19	Thiết lập các tham biến mô phỏng theo thời gian	58
33	2.20	Biểu đồ quan hệ giữa nhiệt độ và thời gian ở trung tâm vật khối	58
34	2.21	Thiết lập thời gian tại tâm vật khối	59
35	2.22	Chọn biến thời gian cho điểm nút tâm của vật khối	59
36	2.23	Thiết lập biến thời gian cho tâm vật khối	60
37	2.24	Biểu đồ quan hệ giữa nhiệt độ và thời gian ở trung tâm vật khối	60
38	3.1	Sơ đồ động học quá trình mài phẳng	62
39	3.2	Ảnh hưởng của chiều sâu cắt đối với chiều dài cung tiếp xúc	63
40	3.3	Sơ đồ phân bố thông lượng nhiệt ở vùng tiếp xúc trong quá trình mài	64
41	3.4	Mặt phẳng cung tiếp xúc trong quá trình mài	68
42	3.5	Nhiệt độ tại bề mặt tiếp xúc và mặt sau gia công	70
43	3.6	Sơ đồ mô hình tính nhiệt theo phương pháp phần tử hữu hạn	73
45	3.7	Mô hình phối mô phỏng trên ANSYS 10.0	73
46	3.8	Mối quan hệ giữa thông lượng nhiệt q_f và chiều sâu cắt a	75
47	3.9	Quan hệ giữa thông lượng nhiệt và thời gian tác động của	76

		nguồn nhiệt	
48	3.10	Kết quả mô phỏng nhiệt khi mài thép IIX15 bằng đá mài CBN	78
49	3.11	Mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt với chiều sâu cắt và vận tốc phôi	78
50	3.12	Mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt với chiều sâu cắt và vận tốc cắt	79
51	3.13	Sơ đồ mô hình hoá quá trình mài phẳng	82
52	3.14	Ảnh hưởng của nhiệt đến chất lượng bề mặt chi tiết gia công	82

DANH MỤC CÁC BẢNG SỐ LIỆU

TT	Số bảng	Nội dung	Trang
1	1.1	Hệ số truyền nhiệt của thép phụ thuộc vào hàm lượng hợp kim trong phôi gia công	8
2	2.1	Bảng danh mục các phần tử trong ANSYS.	33
3	2.2	Bảng các tham số trong ANSYS	39
4	2.3	Bảng các mô hình vật liệu trong ANSYS	40
5	2.4	Bảng các xử lý dung trong ANSYS	41
6	3.1	Tỷ lệ các nguyên tố của thép IIX15.	71
7	3.2	Thông số lý tính của thép IIX15.	71
8	3.3	Kí hiệu tương đương mác thép IIX15 của các nước.	71

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan những kết quả có được trong luận văn là do bản thân tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn của giảng viên – **TS. Nguyễn Trọng Hiếu**. Ngoài phần tài liệu tham khảo đã được liệt kê, các số liệu và kết quả thực nghiệm là trung thực và chưa được ai công bố trong bất cứ công trình nào khác.

Thái Nguyên, tháng 9 năm 2010

Người thực hiện

Nguyễn Xuân Vinh

PHẦN MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong gia công cơ khí, mài là phương pháp gia công có khả năng đạt độ chính xác, độ nhám bề mặt cao và có khả năng gia công được các loại vật liệu có độ bền, chịu nhiệt và độ cứng cao. Vì vậy, mài được sử dụng rất phổ biến trong ngành chế tạo máy.

Mài thường được chọn là nguyên công gia công tinh lần cuối các bề mặt quan trọng. Các bề mặt cho nguyên công mài có lượng dư rất nhỏ. Vì vậy, mài ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng bề mặt chi tiết gia công cũng như độ chính xác của chi tiết gia công.

Với các phương pháp gia công cơ như tiện, phay, bào, khoan... thì nhiệt cắt được truyền chủ yếu vào dụng cụ cắt và dung dịch tron nguội, nhưng đối với phương pháp mài thì nhiệt cắt lại chủ yếu truyền vào chi tiết gia công. Do vậy, nhiệt độ vùng cắt khi mài ảnh hưởng rất lớn đến các thông số công nghệ cũng như các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật.

Nhiệt độ khi mài ảnh hưởng lớn đến chất lượng bề mặt gia công, làm thay đổi cấu trúc lớp bề mặt, làm giảm độ cứng bề mặt do lớp bề mặt bị tôi lại, gây cháy nứt, biến dạng, ứng suất dư kéo... Đặc biệt, khác với các phương pháp gia công khác, nhiệt cắt khi mài rất cao.

Ngoài ra, nhiệt cắt còn làm giảm độ chính xác kích thước cũng như độ chính xác hình dáng hình học của chi tiết gia công, giảm tuổi bền và tăng độ mòn của đá mài, lực cắt. Nhiệt độ vùng cắt khi mài còn làm biến chất dung dịch tron nguội làm ảnh hưởng đến các chỉ tiêu kinh tế. Chính vì vậy mà các nghiên cứu về nhiệt cắt trong quá trình mài là thực sự cấp thiết.

Vậy nguyên nhân nào dẫn đến làm tăng nhiệt độ vùng cắt khi mài?

- Quá trình mài là quá trình cắt gọt vật liệu bằng các hạt mài có độ cứng cao. Các hạt mài có kích thước rất nhỏ, có hình dáng rất khác nhau và phân bố lộn xộn trong chất dính kết. Đa số các hạt mài có nhiều lưỡi cắt, có góc lượn ở đỉnh và có góc cắt không thuận lợi cho điều kiện cắt gọt: góc trước γ thường âm và góc cắt β thường lớn hơn 90° .

- Tốc độ cắt khi mài rất cao ($\geq 30\text{m/s}$, mài cao tốc có thể tới 120m/s hoặc cao hơn).

- Khi mài, mỗi hạt mài tạo ra một phoi riêng biệt có kích thước rất nhỏ (vài µm đến vài chục µm), số lượng phoi được tạo ra trong một đơn vị thời gian rất lớn (hàng nghìn phoi trong

một phút) vì thế có thể coi quá trình mài là quá trình cào xước tế vi bề mặt gia công tạo ra độ nhẵn bóng và độ chính xác cao.

- Do quá trình mài coi như quá trình cào xước tế vi bề mặt gia công, do góc cắt không hợp lý, tốc độ cắt cao nên nhiệt độ ở vùng cắt khi mài rất lớn ($1000 \div 1500^{\circ}\text{C}$) làm thay đổi cấu trúc tế vi lớp kim loại bề mặt.

Do nhiệt độ khi mài là một quá trình phức tạp vì nhiệt độ ở vùng tiếp xúc giữa đá mài với chi tiết gia công rất lớn (khoảng $1000 \div 1500^{\circ}\text{C}$), thời gian tác dụng để phát sinh nhiệt rất ngắn ($1.10^{-4} \div 5.10^{-6}$ s) sau đó nhiệt lại giảm xuống nhanh chóng.

Hiện nay trên thế giới có nhiều công trình nghiên cứu khoa học nghiên cứu về các phương pháp xác định nhiệt độ mài, thường sử dụng 2 phương pháp xác định nhiệt cắt khi mài như sau:

- Phương pháp xác định nhiệt cắt bằng các công thức thực nghiệm.
- Phương pháp đo bao gồm hai phương pháp sau:
 - + Đo không tiếp xúc: Sử dụng kỹ thuật quang học, sợi quang học.
 - + Đo tiếp xúc trực tiếp: Kỹ thuật phủ lớp kim loại có điểm nóng chảy thấp, sơn cảm biến nhiệt hoặc gắn cặp nhiệt vào đá mài.

Tuy nhiên, các phương pháp xác định nhiệt mài như trên thường không đủ độ tin cậy, các kết quả đo ổn định hoặc sai khác nhiều so với các nghiên cứu lý thuyết. Do vậy, cần thiết phải có một phương pháp đo đủ độ tin cậy để có thể đánh giá một cách tương đối chính xác về ảnh hưởng của nhiệt mài.

Đá mài CBN (Cubic Boron Nitrit) được tổng hợp ở nhiệt độ $2000 - 3000^{\circ}\text{K}$ dưới áp lực $110 - 140$ bar, có độ cứng, độ bền, khả năng chịu mài mòn cao và đặc biệt giữ được cơ tính ở nhiệt độ cao. Đây là loại đá mài có nhiều ưu điểm so với các loại đá mài khác như: đá mài oxit nhôm, các bít silic.....Trên thế giới, đá mài CBN đã được nghiên cứu và ứng dụng rất hiệu quả. Tuy nhiên, ở Việt Nam các nghiên cứu ứng dụng đá mài CBN vào sản xuất chưa nhiều.

Thép IIX15 thuộc nhóm thép ổ lăn và thường được dùng để chế tạo các chi tiết máy chính xác, chịu mài mòn. Đây là mác thép được sử dụng khá phổ biến trong sản xuất và có ứng dụng rộng rãi công nghệ mài. Đá mài CBN đang được nhiều nhà máy cơ khí ở Việt Nam

sử dụng. Những nghiên cứu về mài sử dụng đá mài CBN mài thép IIIX15 sẽ cho phép áp dụng kết quả vào sản xuất góp phần nâng cao hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của nguyên công mài.

Vì vậy, đề tài “*Nghiên cứu về nhiệt mài khi mài thép IIIX15 bằng đá mài CBN*” được chọn lựa để nghiên cứu nhằm tìm ra phương pháp xác định nhiệt đủ độ tin cậy và những ảnh hưởng của nhiệt tới các thông số công nghệ mài.

2. Đối tượng và mục đích nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu về nhiệt mài khi mài thép IIIX15 bằng đá mài CBN.

2.2. Mục đích nghiên cứu

- Cho kết quả đủ độ tin cậy về ảnh hưởng của nhiệt mài tới chất lượng bề mặt chi tiết gia công khi mài thép IIIX15 bằng đá mài CBN.
- Ứng dụng vào trong sản xuất khi mài thép IIIX15 bằng đá mài CBN.
- Làm cơ sở lý thuyết trong quá trình giảng dạy về công nghệ mài.
- Làm cơ sở nghiên cứu các vấn đề về nhiệt mài khi mài các vật liệu khác.

3. Thiết bị thí nghiệm

Việc nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành với các điều kiện sau:

- Máy thí nghiệm: Máy mài phẳng 3B725.
- Vật liệu thí nghiệm: Thép IIIX15, HRC = 58 – 60 và đá mài CBN.
- Máy vi tính và phần mềm xử lý số liệu.

4. Phương pháp nghiên cứu

Dùng phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với nghiên cứu mô phỏng sử dụng phương pháp phân tử hữu hạn (FEM) thông qua việc sử dụng phần mềm ANSYS 10.0

5. Nội dung nghiên cứu

Phần mở đầu

Chương 1: Tổng quan về nhiệt cắt và các phương pháp xác định nhiệt cắt khi mài.

Chương 2: Ứng dụng phần mềm ANSYS để giải bài toán truyền nhiệt.

Chương 3: Tính toán và mô phỏng phân bố nhiệt cắt khi mài phẳng.

Kết luận chung.

6. Lời cảm ơn

Luận văn này đối với tác giả là một cơ hội lớn để rèn luyện khả năng nghiên cứu, thực hiện một đề tài khoa học. Trong thời gian thực hiện đề tài, tác giả đã nhận được sự quan tâm rất lớn của nhà trường, các khoa, các giảng viên và các đồng nghiệp.

Tác giả xin bày tỏ lời cảm ơn chân thành nhất đến **T.S. Nguyễn Trọng Hiếu** – Giảng viên Bộ môn Công nghệ chế tạo máy, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội đã tận tình hướng dẫn trong suốt quá trình thực hiện luận văn.

Tác giả xin chân thành cảm ơn Ban giám hiệu, Khoa Sau đại học Trường Đại học Kỹ thuật Công Nghiệp Thái Nguyên cũng như Ban giám hiệu, đặc biệt là thầy Phó hiệu trưởng- **T.S. Ngô Cường**, Trường Cao Đẳng Kinh Tế - Kỹ Thuật Thái Nguyên đã đóng góp những ý kiến quý báu và tạo mọi điều kiện để tác giả hoàn thành luận văn.

Tác giả mong sẽ nhận được những ý kiến đóng góp quý báu của các đồng nghiệp, các thầy cô giáo để luận văn được hoàn thiện hơn và có ý nghĩa thực tiễn hơn nữa.

Xin chân thành cảm ơn!

Thái Nguyên, ngày 30 tháng 9 năm 2010

Người thực hiện

Nguyễn Xuân Vinh

Chương 1

TỔNG QUAN VỀ NHIỆT CẮT VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP

XÁC ĐỊNH NHIỆT CẮT KHI MÀI

1.1. Đặc điểm quá trình mài

Quá trình mài là quá trình cắt gọt vật liệu bằng các hạt mài có độ cứng cao. Mài có nhiều đặc điểm khác biệt so với các phương pháp gia công cắt gọt khác:

- Đá mài là loại dụng cụ cắt có rất nhiều lưỡi cắt không liên tục đồng thời tham gia cắt, các lưỡi cắt được tạo ra bởi các hạt mài có kích thước rất nhỏ, có hình dáng rất khác nhau và phân bố lộn xộn trong chất dính kết. Đa số các hạt mài có nhiều lưỡi cắt, có góc lượn ở đỉnh và có góc cắt không thuận lợi cho điều kiện cắt gọt: góc trước γ thường âm và góc cắt β thường lớn hơn 90° .

- Tốc độ cắt khi mài rất cao (≥ 30 m/s, mài cao tốc có thể lên tới 120 m/s hoặc cao hơn).

- Do góc cắt không hợp lý, tốc độ cắt cao nên nhiệt độ ở vùng cắt khi mài rất lớn ($1000 \div 1500^\circ\text{C}$) làm thay đổi cấu trúc tế vi lớp kim loại bề mặt.

- Khi mài, mỗi hạt mài tạo ra một phoi riêng biệt có kích thước rất nhỏ, số lượng phoi tạo ra trong một đơn vị thời gian rất lớn (hàng nghìn phoi trong một phút), vì thế có thể coi quá trình mài là quá trình cào xước tế vi bề mặt gia công tạo ra độ nhẵn bóng và độ chính xác cao.

- Hạt mài có độ cứng cao, cắt gọt không liên tục nên có thể gia công được những vật liệu rất cứng mà các dụng cụ khác không cắt được như thép tôi, hợp kim cứng... nhưng lại không gia công được những vật liệu rất mềm.

- Trong quá trình cắt, đá mài có khả năng tự mài sắc: dưới tác dụng của tải trọng cơ, nhiệt các hạt mài đã mòn bật ra khỏi bề mặt đá tạo điều kiện cho những hạt mài mới tham gia vào quá trình cắt, ngoài ra một số hạt mài vỡ tạo thành những lưỡi cắt mới.

- Do hiện tượng tự mài sắc cũng như không thể chủ động thay đổi được hình dáng và vị trí của hạt mài trong đá mài cho nên việc nghiên cứu và điều khiển quá trình mài gặp nhiều khó khăn, các quy luật của quá trình mài chưa được nghiên cứu toàn diện.

Do những đặc điểm trên, đặc biệt là khả năng gia công các vật liệu có độ cứng và độ bền cao cho độ chính xác và độ nhẵn bóng bề mặt cao nên phương pháp mài có vị trí quan trọng trong gia công cơ khí hiện đại. Mặc dù được sử dụng cả trong gia công thô nhưng chỉ trong gia công tinh thì những ưu thế của phương pháp mài mới thực sự được phát huy, vì vậy mài thường được chọn là nguyên công gia công tinh lần cuối các bề mặt quan trọng [2].

1.2. Ảnh hưởng của nhiệt cắt đến chất lượng bề mặt chi tiết gia công

Trong gia công tinh lần cuối nói chung và gia công tinh lần cuối bằng phương pháp mài nói riêng thì chất lượng bề mặt gia công rất được quan tâm vì có ảnh hưởng lớn đến khả năng làm việc sau này của chi tiết máy. Chất lượng bề mặt gia công là kết quả của quá trình tương tác lý, hóa phức tạp giữa các vật liệu trong vùng gia công.

1.2.1. Nhiệt cắt trong quá trình mài

Do tốc độ cắt cao và góc cắt của các hạt mài không thuận lợi cho điều kiện cắt gọt nên nhiệt độ ở vùng tiếp xúc giữa đá mài với chi tiết gia công rất lớn (khoảng $1000 \div 1500^{\circ}\text{C}$), thời gian tác dụng để phát sinh nhiệt rất ngắn ($1.10^{-4} \div 5.10^{-6}\text{s}$) sau đó nhiệt lại giảm xuống nhanh chóng.

Bảng 1.1. Hệ số truyền nhiệt của thép phụ thuộc vào hàm lượng hợp kim [5].

Hàm lượng hợp kim	λ
2 % Cr	0,025
12 % Cr	0,050
18 % w	0,070
2 % Mn	0,078
1,1 % C	0,102

Tỷ lệ các nguyên tố hợp kim trong vật liệu là yếu tố ảnh hưởng quyết định đến hệ số truyền nhiệt của vật liệu. Những vật liệu có số lượng và hàm lượng nguyên tố hợp kim cao thì hệ số truyền nhiệt thấp. Khi mài những loại vật liệu này nhiệt lan truyền chậm làm cho nhiệt độ vùng mài tăng cao, bề mặt chi tiết mài dễ bị cháy, nứt (bảng 1.1).

Khác với các phương pháp cắt gọt khác, nhiệt độ mài chủ yếu truyền vào chi tiết gia công ($65\% \div 84\%$), phần còn lại truyền vào đá mài ($11\% \div 12\%$), vào dung dịch trơn nguội ($4\% \div 13\%$) và vào phoi không đáng kể ($3\% \div 7\%$) [2].

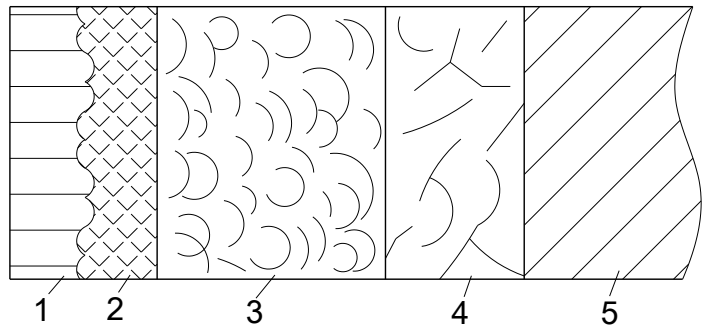
1.2.2. Ảnh hưởng của nhiệt cắt đến cấu trúc lớp kim loại bề mặt chi tiết gia công

Lực cắt khi mài không lớn so với các phương pháp cắt gọt khác nhưng do tốc độ cắt cao, góc cắt của các hạt mài không thuận lợi cho điều kiện cắt gọt, sự tham gia cắt gọt của nhiều hạt mài và sự ma sát, cào miết của các hạt mài không cắt gọt làm cho nhiệt phát sinh trong vùng tiếp xúc giữa đá mài và chi tiết gia công rất lớn ($1000 \div 1500^{\circ}\text{C}$). Nhiệt cắt khi mài

lớn làm biến dạng mạng tinh thể của vật liệu. Kiểm tra kim tương bề mặt mài của các loại thép đã tôi cho thấy có sự thay đổi cấu trúc, lượng ôstenit dư tăng lên chứng tỏ trong quá trình mài có sự tôi lại lần hai. Sự thay đổi cấu trúc lớp bề mặt chỉ xảy ra với các loại thép đã tôi cứng còn với những loại thép chưa tôi, cấu trúc lớp bề mặt không thay đổi. Kiểm tra kim tương bề mặt mài thép đã tôi cho thấy:

- Lớp 1 được nung tới tới hạn AC_3 và được làm nguội do đó lớp 1 bị tôi lại.

- Lớp 2 được nung nóng độ AC_1 đến AC_2 và được làm nguội nhanh, do đó lớp 2 được tôi lại đầy đủ.



Hình 1.1. Cấu trúc lớp bề mặt mài [2].

- Lớp 3 được nung nóng đến AC_1 nên lớp 3 được ram lại.

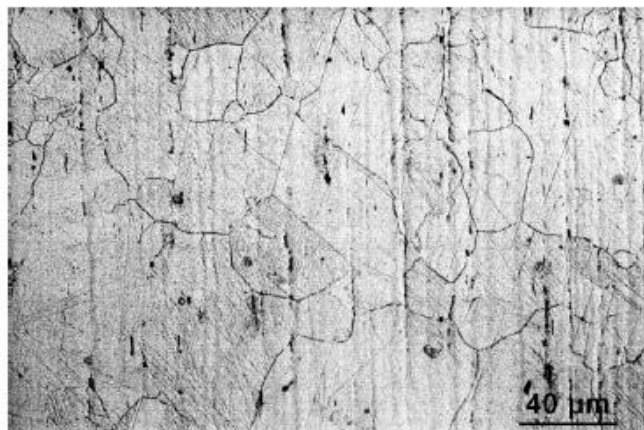
- Lớp 4 bị nung nóng nên thể tích tăng không đầy đủ (vì liên kết với lớp 5).

Kết quả:

+ Độ cứng lớp bề mặt giảm.

+ Lớp 1, 2, 3 không có ứng suất dư, lớp 4 có ứng suất dư nén, lớp 5 có ứng suất dư kéo.

Khi mài thép đã tôi sẽ xảy ra cháy bề mặt mài nếu nhiệt độ mài vượt quá AC_3 và sau đó được làm nguội nhanh. Chiều sâu lớp bị cháy có thể tới 0,2mm, độ cứng giảm nhiều và thường phát sinh vết nứt như trong hình 1.2.



Hình 1.2. Cấu trúc tế vi pha Austenit của thép không gỉ AISI 304 [14]

Trong trường hợp mài với chế độ cắt lớn, đá bị cùn thì chày sẽ xuất hiện ở bề mặt mài làm giảm độ cứng lớp kim loại bề mặt (từ $60 \div 65$ HRC xuống $45 \div 55$ HRC) đồng thời xuất hiện vết nứt trên bề mặt mài [2]. Công suất mài tại ngưỡng chày bề mặt có thể xác định theo công thức thực nghiệm [1]:

$$N_{ch} = u_0 a_p v_f a + b a_p D_e^{1/4} a^{1/4} v_c^{1/2} \quad (1.2)$$

Trong đó:

u_0, b - Các hệ số thực nghiệm;

a_p - Bề rộng mài (mm);

D_e - Đường kính tương đương của đá mài (mm);

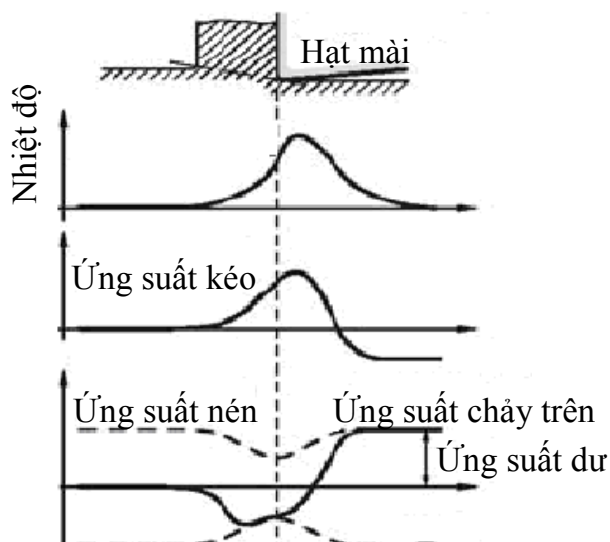
v_f - Vận tốc chi tiết (mm/min) và a - Chiều sâu mài (mm);

Cháy bề mặt mài làm giảm tuổi thọ của chi tiết gia công. Vì có ảnh hưởng lớn đến chất lượng bề mặt gia công nên các biện pháp giảm nhiệt cắt khi mài được đặc biệt quan tâm. Có thể giảm năng lượng mài bằng công nghệ tron nguội hợp lý hơn, chọn đá mềm hơn, sửa đá thô hơn để thỏa mãn điều kiện $N \leq N_{ch}$.

1.2.3. Ảnh hưởng của nhiệt cắt đến ứng suất dư lớp bề mặt chi tiết gia công

Quá trình chuyển biến về cấu trúc của lớp kim loại bề mặt mài do nhiệt cắt cũng đồng thời làm xuất hiện ứng suất dư ở lớp kim loại bề mặt. Ứng suất dư hình thành trong quá trình mài do 3 tác động sau:

- Sự co, giãn vì nhiệt.
- Sự biến đổi pha do nhiệt độ mài cao.
- Biến dạng dẻo gây ra do sự tác động qua lại của đá mài và phôi.



Các yếu tố ảnh hưởng tới ứng suất dư trong lớp bề mặt mài gồm:

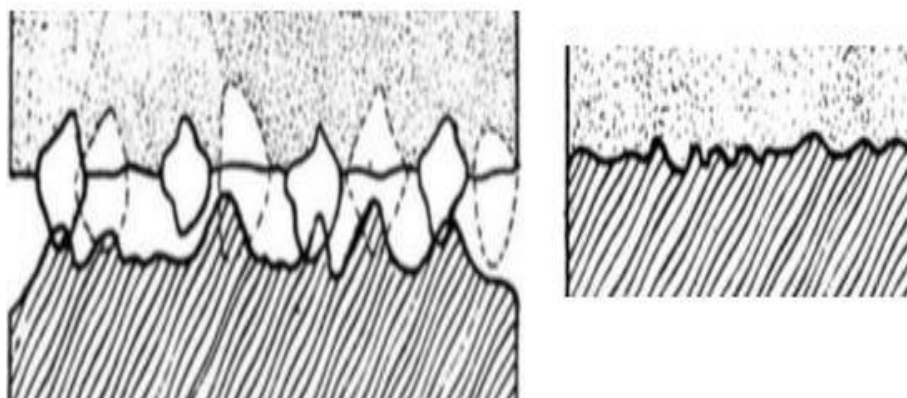
- Điều kiện cắt (chiều sâu cắt, vận tốc đá, vận tốc chi tiết gia công).
- Topography của đá mài (chế độ sửa đá, trạng thái mòn).
- Đặc điểm của đá mài (loại và kích thước hạt mài, cấu trúc đá, độ cứng đá và loại chất dính kết).
- Chế độ bôi trơn.

Sự khác nhau về đặc điểm và topography của đá ảnh hưởng đáng kể đến sự sinh nhiệt dẫn đến sự khác nhau về ứng suất dư. Vì tính chất nhiệt và tính chất cơ học của CBN tốt hơn của Al_2O_3 , sự phân chia năng lượng nhiệt vào chi tiết gia công khi sử dụng đá CBN thấp nên hư hại do nhiệt giảm, cháy rất ít xuất hiện và ứng suất dư sinh ra chủ yếu là ứng suất dư nén.

Sự tồn tại ứng suất dư bên trong chi tiết ảnh hưởng lớn đến chất lượng làm việc của chi tiết. Nếu trên bề mặt vật mài có lớp ứng suất dư nén thì chất lượng bề mặt chi tiết tốt, tăng độ bền mỏi của chi tiết. Ngược lại, nếu trên bề mặt chi tiết gia công có nhiều lớp ứng suất dư kéo, chất lượng bề mặt chi tiết gia công giảm, dễ gây ra nứt và chi tiết có thể bị phá hủy đột ngột [3].

1.2.4. Ảnh hưởng của nhiệt cắt đến độ nhám bề mặt chi tiết gia công

Độ nhám bề mặt mài hình thành chủ yếu bởi các vết cào xước chồng lên nhau của các điểm cắt có chiều cao không bằng nhau (hình 1.4).

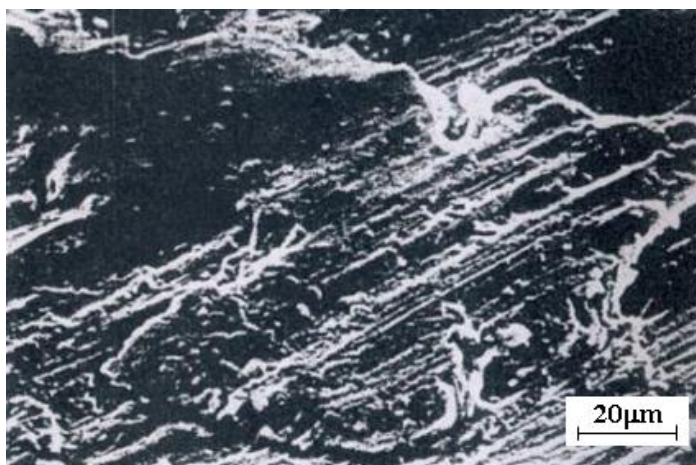


Hình 1.4. Sự hình thành độ nhám bề mặt mài [5].

Khi mài bằng đá mài thường thì độ nhám trung bình của bề mặt mài $R_a = (0,15 \div 2,5) \mu\text{m}$. Với đá mài CBN, sau khi chuẩn bị đá ban đầu (điều chỉnh và sửa đá), độ nhám bề mặt mài ban đầu có thể đạt mức tương đương với đá mài thông thường sửa đá lần cuối [5].

Bằng cách chụp ảnh tế vi bề mặt mài, các nghiên cứu cho thấy độ nhám lý thuyết của bề mặt mài tăng lên do các hiện tượng sau [2]:

- Vật liệu bị nén giãn sang hai bên đường cắt.
- Kim loại dính vào các hạt mài rồi lại dính trở lại bề mặt phôi.
- Các hạt mài bị vỡ làm cho quá trình cắt dừng đột ngột tạo ra vết lồi lõm trên bề mặt mài đồng thời tạo ra ứng suất tập trung.
- Các vết nứt trên bề mặt mài do nhiệt mài.



Hình 1.5. Ảnh bề mặt mài dưới kính hiển vi điện tử [3].

Nhiệt độ ở vùng mài càng cao thì vật liệu gia công ở lớp bề mặt càng biến dạng dẻo mạnh đồng thời còn có thể gây cháy, nứt bề mặt: công nghệ tưới nguội, hệ số truyền nhiệt của vật liệu gia công và của đá mài ảnh hưởng tới nhiệt độ ở vùng mài qua đó ảnh hưởng tới độ nhám bề mặt mài.

1.3. Ảnh hưởng của nhiệt cắt đến mòn và tuổi bền của đá mài.

Tải trọng cơ, nhiệt tác động lên hạt mài là những yếu tố ảnh hưởng nhiều đến mòn và tuổi bền của đá. Tăng S_d, v_c, a làm tăng lực cắt, nhiệt cắt do đó đá mòn nhanh cả ở dạng cơ học và hoá học. Tăng v_c thì lực cắt giảm, nhiệt độ mài tăng. Thực nghiệm cho thấy: tăng v_c thì mới đầu tuổi bền tăng sau đó lại giảm (tùy theo ảnh hưởng trội của yếu tố lực cắt hay nhiệt độ mài) [2].

Đã có nhiều công thức thực nghiệm được xây dựng để xác định tuổi bền của đá mài. Sự khác nhau nhiều giữa các công thức thực nghiệm cho thấy rằng không thể xây dựng được một công thức tổng quát để tính tuổi bền của đá mài. Tuy nhiên, nhiệt độ mài tăng lên cùng với độ mòn của đá.

1.4. Ảnh hưởng của nhiệt cắt đến độ chính xác chi tiết gia công.

Dung sai kích thước và hình dáng hình học chịu ảnh hưởng của biến dạng hệ thống công nghệ, biến dạng nhiệt của máy và chi tiết gia công, mòn đá và rung động. Để thỏa mãn ràng buộc về độ chính xác gia công thường đòi hỏi phải giảm tốc độ bóc vật liệu, do vậy giảm được nhiệt cắt trong vùng gia công. Đối với các chi tiết dạng đĩa thì ảnh hưởng của nhiệt khi mài càng lớn.

1.5. Các phương pháp xác định nhiệt cắt trong quá trình mài

Nhiệt độ là một tham số vật lý quan trọng trong kỹ thuật nói chung cũng như trong quá trình mài nói riêng. Trong gia công cơ khí, nó là tham số ảnh hưởng nhiều đến chất lượng chi tiết gia công cũng như chịu tác động của nhiều yếu tố khác. Hiện nay, yêu cầu đo chính xác nhiệt độ có ý nghĩa quan trọng trong sản xuất cũng như trong các nghiên cứu khoa học, đặc biệt trong quá trình mài.

1.5.1. Phương pháp xác định nhiệt cắt bằng công thức thực nghiệm

Nhiệt độ mài T_m có thể xác định theo công thức sau [5]:

$$T_m = \frac{k \cdot \mu \cdot p \cdot (l_e \cdot v_c)^{0.5}}{(\lambda \cdot \rho \cdot c)^{0.5}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}. \quad (1.1)$$

Trong đó:

k - Hệ số thực nghiệm.

μ - Hệ số ma sát giữa đá và vật liệu gia công.

p - Áp lực riêng ở vùng tiếp xúc (kg/m^2).

l_e - Chiều dài tiếp xúc (mm).

v_c - Vận tốc của đá mài (m/s).

λ - Hệ số truyền nhiệt của vật liệu gia công (Kcal/cm.g. độ).

ρ - Khối lượng riêng của vật liệu gia công (kg/m^3)

c - Nhiệt dung của vật liệu gia công (J/kg.độ).

Công thức (1.1) cho thấy nhiệt độ mài phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: chế độ cắt, vật liệu gia công, vật liệu hạt mài, chất dính kết, độ xốp của đá mài, dung dịch tron nguội và phương pháp tưới nguội.

1.5.2. Phương pháp xác định nhiệt cắt bằng thực nghiệm

Nhiệt độ không thể đo trực tiếp mà phải đo gián tiếp thông qua sự thay đổi tính chất của vật liệu theo nhiệt độ. Bởi vậy để đo nhiệt độ cần phải biết được quan hệ phụ thuộc của tính chất vật lý của vật đo, của môi trường đo vào nhiệt độ, những tính chất này phải phụ thuộc đơn trị vào nhiệt độ. Dưới tác động của nhiệt độ, tính chất của môi trường đo và vật đo thay đổi, thông qua xác định tính chất của môi trường đo và vật đo ta xác định được nhiệt độ của môi trường đo.

Theo nguyên tắc đo, chia ra 2 phương pháp đo: Đo không tiếp xúc và đo tiếp xúc.

1.5.2.1. Phương pháp đo không tiếp xúc

1. Các kỹ thuật quang học

Phương pháp này cung cấp hình ảnh đồ họa trường nhiệt của toàn bộ vùng gia công. Nó sử dụng một camera bức xạ hồng ngoại để chụp lại những bức xạ nhiệt của vùng gia công (hình 1.6). Hình ảnh của trường nhiệt được đem so sánh với vùng nhiệt được mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn 2D (FEM) [8].



Hình 1.6. Mô hình kỹ thuật đo nhiệt quang học [8].

Ưu điểm:

Nhiệt độ vùng gia công được đo trong thời gian thực, đọc trực tiếp trong suốt quá trình mài.

Nhược điểm:

- Camera ghi lại hình ảnh nhiệt từ phía vuông góc với vùng tiếp xúc nên không xác định được nhiệt tại vùng cắt.

- Sự có mặt của dung dịch trơn nguội làm ảnh hưởng đến bức xạ nhiệt trong vùng gia công, làm giảm sự đối lưu nhiệt giữa phôi và đá mài.

- Các tín hiệu nhiệt phải được khuếch đại để so sánh với vùng nhiệt mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn nên không đạt được độ chính xác.

Vì vậy mà phương pháp này chỉ được sử dụng trong điều kiện mài khô.

2. Kỹ thuật sợi quang học

Những nghiên cứu về cảm biến sợi quang học đã có thể giúp phát triển một kỹ thuật đo nhiệt dựa trên kỹ thuật sợi Bragg. Kỹ thuật này dựa vào sự biến thiên của bước sóng ánh sáng phản chiếu. Nó sử dụng kênh phân bước sóng (WDM), bộ ghép nối và phương pháp ghi bước sóng mật độ cao (DWDM) để phát hiện sự thay đổi trong các bước sóng. Các cảm biến được đặt dưới các bề mặt mài. Do vậy, giá trị đo nhiệt cũng là suy luận và không phải là nhiệt độ tại vùng tiếp xúc [8].

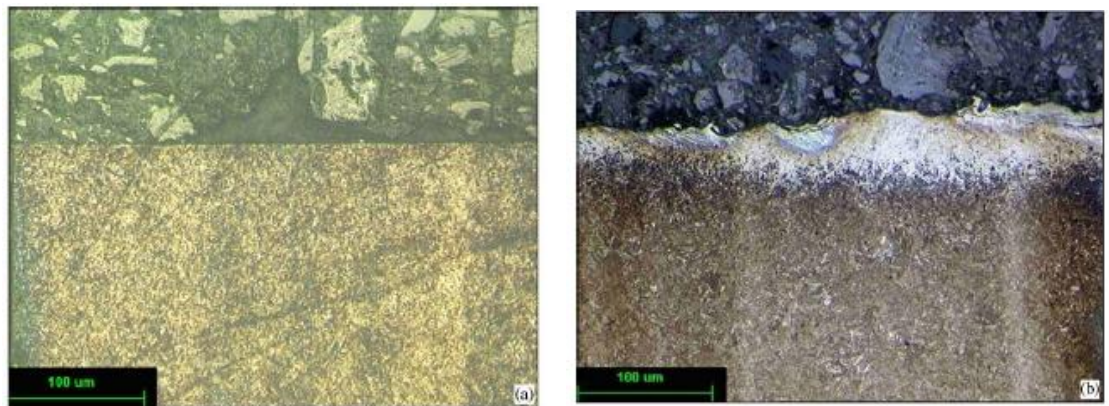
Kỹ thuật này đắt tiền, dễ hư hỏng khi lắp ráp và sử dụng nên ít được sử dụng.

1.5.2.2. Phương pháp đo tiếp xúc

1. Kỹ thuật phủ

Kỹ thuật này cho phép cung cấp nhiệt độ tối đa khi đo trực tiếp ở một vị trí cụ thể ở vùng tiếp xúc giữa phôi và đá mài. Các cảm biến cho nhiệt độ chính xác tại những vị trí của vùng tiếp xúc mà ta quan tâm. Các vật liệu có điểm nóng chảy thấp như Indium, Bismuth và lớp sơn cảm biến nhiệt đã được sử dụng để ước tính nhiệt độ trong quá trình mài. Phân tích kim tương lớp bề mặt cho ta những hiểu biết về những tác động nhiệt đối với tổn hại lớp bề mặt tiếp xúc.

Kato et al khi sử dụng kỹ thuật này để nghiên cứu những ảnh hưởng của nhiệt trong các chế độ bóc vật liệu khác nhau đã đi đến kết luận [8]:



Hình 1.7. Cấu trúc tế vi sau một quá trình mài với chế độ bóc vật liệu.

(a) $Q'_w = 5 \text{ mm}^3/\text{mms}$; (b) $Q'_w = 500 \text{ mm}^3/\text{mms}$; [8]

- Có thể dùng phương pháp này để đánh giá những tổn hại nhiệt trong lớp bề mặt ở chiều sâu cắt khác nhau.
- Nhiệt độ ước tính hiển thị tốt, do vậy nó cho kết quả đo tin cậy tại những điểm mà ta quan tâm.

Kỹ thuật phủ điểm nóng chảy thấp (PVD) cho ta những hữu ích để so sánh với các phương pháp đo nhiệt khác trong quá trình mài.

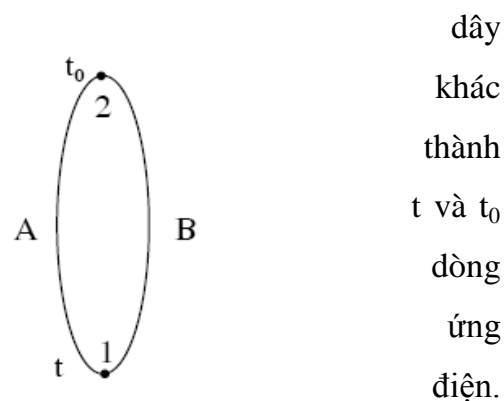
2. Kỹ thuật cặp nhiệt điện

a. Hiệu ứng nhiệt điện

Phương pháp đo nhiệt độ bằng cặp nhiệt ngẫu dựa trên cơ sở hiệu ứng nhiệt điện.

Người ta nhận thấy rằng khi hai dẫn chế tạo từ hai vật liệu có bản chất khác nhau được nối với nhau bằng mối hàn một mạch kín và nhiệt độ hai mối hàn là khác nhau thì trong mạch xuất hiện một dòng điện. Sức điện động xuất hiện do hiệu ứng nhiệt điện gọi là sức điện động nhiệt.

Nếu một đầu của cặp nhiệt ngẫu hàn nối với nhau, còn đầu thứ hai để hở thì giữa hai cực xuất hiện một hiệu điện thế.



Hình 1.8. Sơ đồ nguyên lý cặp nhiệt ngẫu

Hiện tượng trên có thể giải thích như sau: Trong kim loại luôn luôn tồn tại một nồng độ điện tử tự do nhất định phụ thuộc bản chất kim loại và nhiệt độ. Thông thường khi nhiệt độ này tăng thì nồng độ điện tử tăng.

Giả sử ở nhiệt độ t_0 nồng độ điện tử trong A là $N_A(t_0)$, trong B là $N_B(t_0)$ và ở nhiệt độ t nồng độ điện tử trong A là $N_A(t)$, trong B là $N_B(t)$, nếu $N_A(t_0) > N_B(t_0)$ thì nói chung $N_A(t) > N_B(t)$.

Xét đầu làm việc (nhiệt độ t), do $N_A(t) > N_B(t)$ nên có sự khuếch tán điện tử từ A sang B và ở chỗ tiếp xúc xuất hiện một hiệu điện thế $e_{AB}(t)$ có tác dụng cản trở sự khuếch tán. Khi đạt cân bằng $e_{AB}(t)$ sẽ không đổi.

Tương tự, tại mặt tiếp xúc ở đầu tự do (nhiệt độ t_0) cũng xuất hiện một hiệu điện thế $e_{AB}(t_0)$.

Giữa hai đầu của một dây dẫn cũng có chênh lệch nồng độ điện tử tự do, do đó cũng có sự khuếch tán điện tử và hình thành một hiệu điện thế tương tự trong A là $e_A(t, t_0)$ và trong B là $e_B(t, t_0)$.

Sức điện động tổng sinh ra do hiệu ứng nhiệt điện xác định bởi công thức sau:

$$E_{AB} = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0) + e_A(t_0, t) + e_B(t, t_0)$$

Vì $e_A(t_0, t)$ và $e_B(t, t_0)$ nhỏ và ngược chiều nhau có thể bỏ qua, nên ta có:

$$E_{AB} = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0)$$

Nếu nhiệt độ hai mối hàn bằng nhau, chẳng hạn bằng t_0 khi đó sức điện động tổng:

$$E_{AB} = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0) = 0$$

$$\text{Hay } e_{AB}(t) = -e_{BA}(t_0)$$

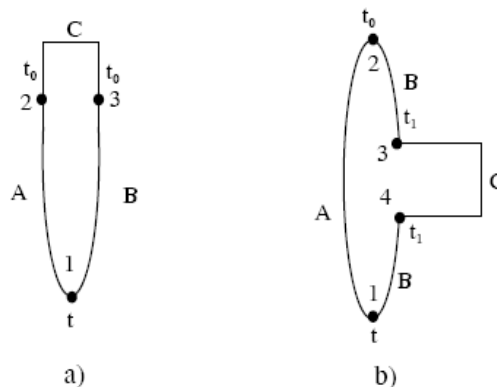
$$\text{N như vậy } E_{AB} = e_{AB}(t) + e_{AB}(t_0) \quad (1.22)$$

Phương trình (1.22) này gọi là phương trình cơ bản của cặp nhiệt ngẫu.

Từ phương trình (1.22) nhận thấy nếu giữ nhiệt độ $t_0 = \text{const}$ thì:

$$E_{AB} = e_{AB}(t) + C = f(t) \quad (1.23)$$

Chọn nhiệt độ ở mối hàn $t_0 = \text{const}$ biết trước làm nhiệt độ so sánh và đo sức điện động sinh ra trong mạch ta có thể xác định được nhiệt độ t ở mối thứ hai. Sức điện động của cặp chúng ta nối thêm vào mạch một dây dẫn thứ ba (hình 1.9) nếu dây nhiệt độ hai đầu nối của dây thứ ba ba giống nhau.



Hình 1.9. Sơ đồ nối cặp nhiệt với dây dẫn thứ ba [7]

- Trong trường hợp a:

$$E_{ABC}(t, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0)$$

$$\text{Vì: } e_{AB}(t_0) + e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0) = 0 \text{ nên: } E_{ABC}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{CA}(t_0)$$

- Trường hợp b:

$$E_{ABC}(t, t_1, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0) + e_{BC}(t_1) + e_{CB}(t_1)$$

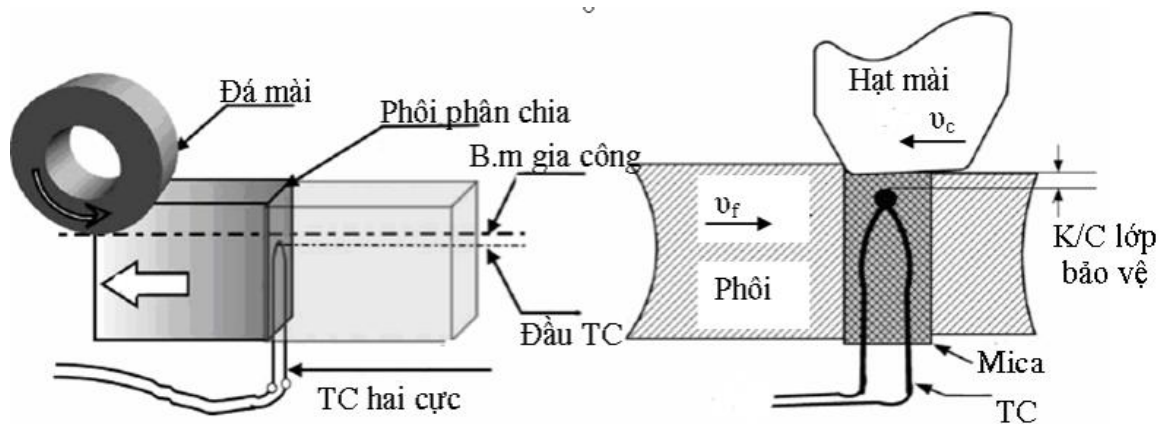
$$\text{Vì: } e_{BC}(t_1) = -e_{CB}(t_1) \text{ nên } E_{ABC}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0)$$

Nếu nhiệt độ hai đầu nối khác nhau sẽ làm xuất hiện sức điện động ký sinh.

b. Cặp nhiệt hai cực

Cặp nhiệt hai cực chèn vào phía bên dưới bề mặt phôi cung cấp một tín hiệu đo tốt. Tuy nhiên, cặp nhiệt được đặt dưới bề mặt phôi nên nhiệt độ đo được thông qua vật liệu phôi và

thông qua cách nhiệt của cặp nhiệt. Các tính chất nhiệt của các mối nối thường bị bỏ qua và đó là yếu tố làm cho kết quả đo giảm tính chính xác. Cấu hình thiết lập của cặp nhiệt và phôi được chỉ ra trong hình 1.10.

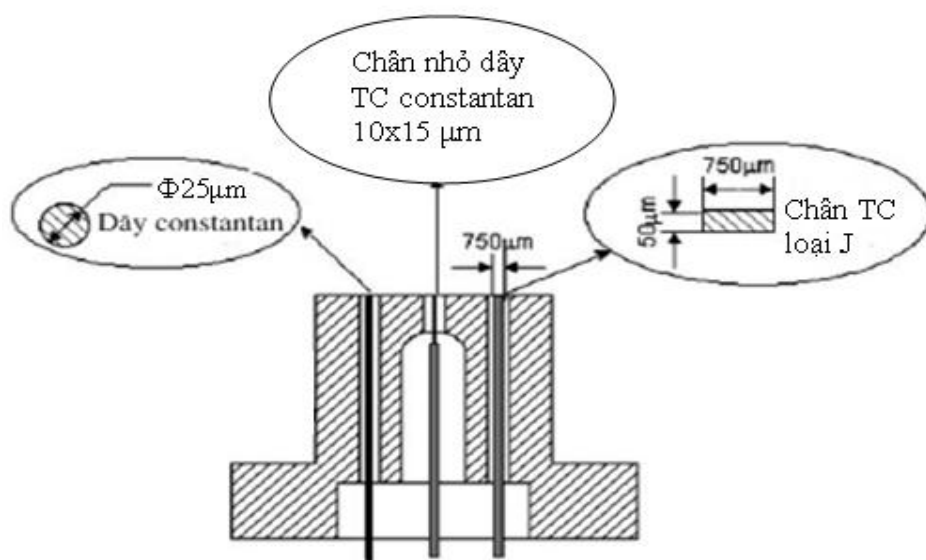


Hình 1.10. Cấu hình thiết lập cặp nhiệt hai cực [8]

cặp nhiệt dưới bề mặt phôi. Trong quá trình lắp ráp cặp nhiệt đòi hỏi các yêu cầu kỹ thuật cao về vị trí của các mối nối.

c. Cặp nhiệt đơn cực

Cặp nhiệt đơn cực có nguyên lý hoạt động tương tự như cặp nhiệt hai cực. Trong kỹ thuật này, các mối nối đầu đo được hình thành với phôi trong khi mài bởi sự bám dính của vật liệu cặp nhiệt trên phôi. Do vậy, nó đo được nhiệt độ ngay trên bề mặt tiếp xúc trong vùng cắt. Cặp nhiệt đơn cực có thể chèn trong đá mài hoặc vào phôi, nhưng thường được chèn vào phôi phân chia. Trong điều kiện mài khô thì kỹ thuật cặp nhiệt đơn cực cho kết quả chính xác hơn trong điều kiện mài ướt.



Hình 1.11. Sơ đồ ba cặp nhiệt đơn cực trong phôi [8].

thuật
thước
của
vai trò
việc

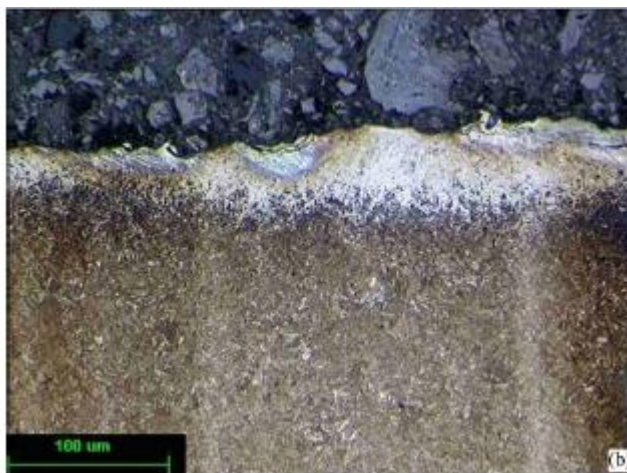
lượng của tín hiệu đo nhiệt.

Trong kỹ
cặp nhiệt, kích
mỗi nối các cực
cặp nhiệt đóng
quan trọng trong
xác định chất

1.6. Kết luận chương 1

1. Phương pháp mài có một vị trí quan trọng trong ngành cơ khí chính xác do khả năng gia công những vật liệu có độ cứng, độ bền cao, cho độ chính xác và độ bóng bề mặt cao.

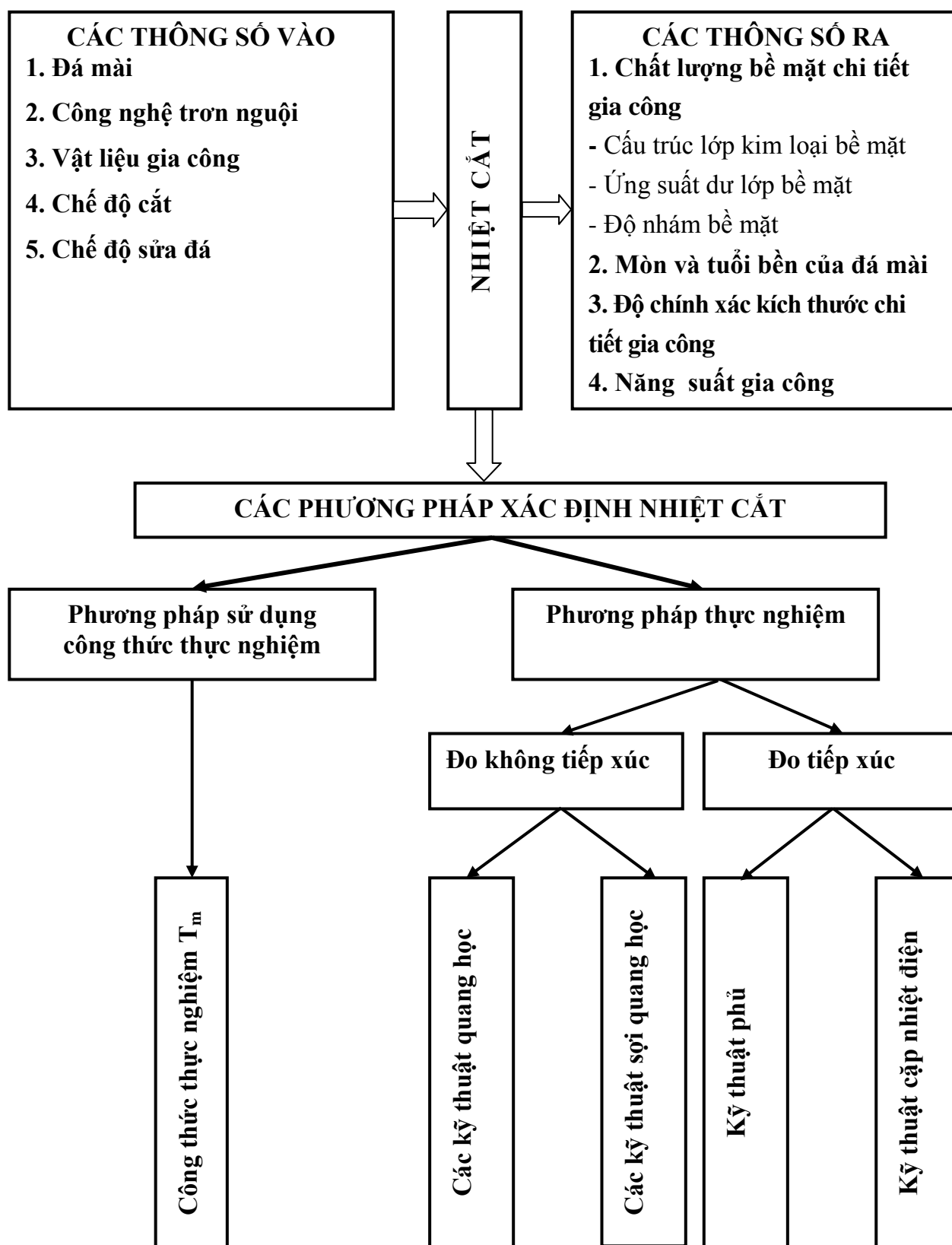
2. Nhiệt cắt có ảnh hưởng lớn đến chất lượng bề mặt chi tiết gia công trong gia công cơ nói chung và đối với phương pháp mài nói riêng. Nó gây ra những tổn hại trên bề mặt chi tiết gia công như: hình thành ứng suất dư, làm giảm độ cứng và gây cháy, nứt trên bề mặt chi tiết gia công như trong hình 1.12.



Hình 1.12. Ảnh cấu trúc tế vi cháy bề mặt mài do nhiệt($Q_w=1000\text{mm}^3/\text{mm.s}$)[8].

Mài thường được chọn là nguyên công gia công tinh lần cuối vì vậy chất lượng bề mặt mài có ảnh hưởng quan trọng đến khả năng làm việc sau này của chi tiết máy. Các nghiên cứu về nhiệt cắt đối với phương pháp mài có tính cấp thiết cao.

3. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt cắt đến chất lượng bề mặt chi tiết gia công và các phương pháp xác định nhiệt tại bề mặt tiếp xúc mài là cơ sở để tìm ra các phương pháp xác định nhiệt tại vùng tiếp xúc trong quá trình mài nhằm hạn chế những ảnh hưởng của nhiệt tới chất lượng chi tiết gia công như tong sơ đồ hình 1.13. Đồng thời tìm ra phương pháp xác định nhiệt đủ độ tin cậy trong quá trình gia công.



Hình 1.13. Sơ đồ tổng quát nghiên cứu về nhiệt cắt trong quá trình mài

Chương 2

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM ANSYS ĐỂ GIẢI BÀI TOÁN TRUYỀN NHIỆT

2.1. Giới thiệu chung phần mềm ANSYS

2.1.1 Giới thiệu chung

Giải bài toán cơ học là một việc vô cùng cần thiết nhưng rất khó khăn. Nhiều bài toán lớn, giải với mô hình đồ sộ, cần sử dụng rất nhiều biến và các điều kiện biên phức tạp, với không gian nhiều chiều, việc giải bằng tay là một việc không thể thực hiện được.

Những năm gần đây, nhờ sự phát triển của các công cụ toán cùng với sự phát triển của máy tính điện tử, để thiết lập và dần dần hoàn thiện các phần mềm công nghiệp. ANSYS là một phần mềm mạnh được phát triển và ứng dụng rộng rãi trên thế giới, có thể đáp ứng các yêu cầu nói trên của cơ học.

Trong tính toán thiết kế cơ khí, phần mềm ANSYS có thể liên kết với các phần mềm thiết kế mô hình hình học 2D và 3D để phân tích trường ứng suất, biến dạng, trường nhiệt độ, có thể xác định được độ mòn, mỏi và phá huỷ của chi tiết. Nhờ việc xác định đó, có thể tìm các thông số tối ưu cho công nghệ chế tạo.

ANSYS là một trong nhiều chương trình phần mềm công nghiệp, sử dụng phương pháp Phần tử hữu hạn (FEM) để phân tích các bài toán vật lý - cơ học, chuyển các phương trình vi phân, phương trình đạo hàm riêng từ dạng giải tích về dạng số, với việc sử dụng phương pháp rời rạc hóa và gần đúng để giải.

Nhờ ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn, các bài toán kỹ thuật về cơ, nhiệt, sau khi mô hình hoá và xây dựng mô hình toán học, cho phép giải chúng với các điều kiện biên cụ thể với số bậc tự do lớn.

Trong bài toán kết cấu (Structural), phần mềm ANSYS dùng để giải các bài toán trường ứng suất - biến dạng, trường nhiệt cho các kết cấu. Trước hết, cần chọn được kiểu phần tử, phù hợp với bài toán cần giải. Đồng thời việc chọn phần tử, ANSYS yêu cầu chọn dạng bài toán riêng cho từng phần tử. Việc tính toán còn phụ thuộc vào vật liệu. Mỗi bài toán cần đưa mô hình vật liệu, cần xác lập rõ là vật liệu đàn hồi hay dẻo, là vật liệu tuyến tính hay phi tuyến, với mỗi vật liệu, cần nhập đủ các thông số vật lý của vật liệu. ANSYS là phần mềm giải các

bài toán bằng phương pháp số, chúng giải trên mô hình hình học thực. Vì vậy, cần đưa vào mô hình hình học đúng. ANSYS có khả năng mô phỏng theo mô hình hình học với các điểm, đường, diện tích, và mô hình phần tử hữu hạn với các nút và phần tử. Hai dạng mô hình được trao đổi và thống nhất với nhau để tính toán. ANSYS là phần mềm giải bài toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH), nên sau khi dựng mô hình hình học, ANSYS cho phép chia lưới phần tử do người sử dụng chọn hoặc tự động chia lưới. Số lượng nút và phần tử quyết định đến độ chính xác của bài toán, nên cần chia lưới càng nhỏ càng tốt. Để giải một bài toán bằng phần mềm ANSYS, cần đưa vào các điều kiện ban đầu và điều kiện biên cho mô hình hình học. Các ràng buộc và các ngoại lực hoặc nội lực (lực, chuyển vị, nhiệt độ) được đưa vào tại từng nút, từng phần tử trong mô hình hình học.

Sau khi xác lập các điều kiện bài toán, để giải chúng, ANSYS cho phép chọn các dạng bài toán. Khi giải các bài toán phi tuyến, vấn đề đặt ra là sự hội tụ của bài toán. ANSYS cho phép xác lập các bước lặp để giải bài toán lặp với độ chính xác cao. Để theo dõi bước tính, ANSYS cho biểu đồ quan hệ các bước lặp và độ hội tụ. Việc xuất các dữ liệu được tính toán và lưu trữ, ANSYS có hệ hậu xử lý rất mạnh, cho phép xuất dữ liệu dưới dạng đồ thị, ảnh đồ, để có thể quan sát trường ứng suất và biến dạng, đồng thời cũng cho phép xuất kết quả dưới dạng bảng số.

Việc ANSYS có hệ hậu xử lý mạnh, đã đem lại một thế mạnh, để các phần mềm khác phải sử dụng ANSYS là một phần mềm liên kết xử lý phân tích trường ứng suất - biến dạng và các thông số vật lý khác.

2.1.2. Các đặc điểm của phần mềm ANSYS

Các thuộc tính trình diễn của **ANSYS - ANSYS Features**

Chọn chế độ phân tích

Chọn chế độ phân tích điển hình là phương pháp giải, độ cứng phần tử (stress stiffening), chọn phương pháp lặp trong bài toán phi tuyến Newton-Raphson.

Kiểu phân tích

Các kiểu phân tích được dùng trong ANSYS: Phân tích tĩnh (static), phân tích dao động riêng (modal), dao động điều hòa (harmonic), phân tích bài toán quá độ(transient),phân

tích phổ (spectrum), phân tích ổn định (eigenvalue buckling), và cấu trúc con (substructuring) và bài toán tuyến tính và phi tuyến.

Phạm vi sử dụng các sản phẩm ANSYS

Phần mềm ANSYS có các mô đun sản phẩm riêng biệt sau:

ANSYS/Multiphysics,

ANSYS/Mechanical,

ANSYS/Professional,

ANSYS/Structural,

ANSYS/LS-DYNA,

ANSYS/LinearPlus,

ANSYS/Thermal,

ANSYS/Emag,

ANSYS/FLOTRAN,

ANSYS/PrepPost,

ANSYS CFX,

ANSYS PTD,

ANSYS TASPCB,

ANSYS ICEM CFD,

ANSYS AI*Environment,

ANSYS DesignXplorer,

ANSYS DesignModeler,

ANSYS DesignXplorer VT,

ANSYS BladeModeler,

ANSYS TurboGrid, ANSYS AUTODYN

Sử dụng trợ giúp

Các thông tin trong phần trợ giúp của ANSYS được viết theo các tiêu đề, dễ tra cứu và sử dụng.

Toán tử logic Boolean

Toán tử Boolean Operations (dựa trên cơ sở đại số Boolean) cung cấp công cụ để có thể ghép các dữ liệu khi dùng các toán tử logic như: cộng, trừ, chèn, ... toán tử Boolean có giá trị khi dựng mô hình vật rắn, thể tích, diện tích, đường (volume, area, and line).

Trực tiếp tạo phần tử

Định nghĩa phần tử bằng cách định nghĩa nút.

Phạm vi ứng dụng khoa học

Có 5 lĩnh vực khoa học cụ thể giải bằng phần mềm ANSYS:

Kết cấu – cơ học (Structural),

Nhiệt (Thermal),

Điện (Electric),

Từ (Magnetic),

Thủy khí (Fluid).

Nhưng ANSYS còn cho phép giải các bài toán tương tác đa trường vật lý, do các trường vật lý thường tác dụng cặp đôi, như nhiệt độ và chuyển vị trong phân tích ứng suất nhiệt.

Chọn phần tử

Nhiều kiểu phần tử có chọn phần tử được xác định vật thể như vậy là các phần tử với các hành vi và chức năng, phần tử cho kết quả được chọn in ra.

Kiểu phần tử được dựng

Cần chỉ rõ phần tử được dùng trong bài toán. Khoảng 200 kiểu phần tử trong ANSYS. Ta có thể chọn một kiểu phần tử với các đặc tính, trong đó, xác lập số bậc tự do DOF (như chuyển vị, nhiệt độ) cho các hình đặc trưng như đường, hình tứ giác, hình khối hộp, các hình nằm trong không gian 2D hoặc 3D, tương ứng với các hệ thống tọa độ.

Các phần tử bậc cao

Phần tử với các nút bậc cao có hàm dáng tứ giác và các giá trị bậc tự do.

Đó là các phần tử gần đúng, dùng tổng các bài toán với giao diện theo bước. Thời gian được lấy thời gian của hệ thống máy tính.

Tên bài toán

Tên File được đặt riêng cho từng bài, nhưng có giá trị trong các phân tích ANSYS. Phần kiểu *Jobname.ext*, trong đó *ext* là kiểu File do ANSYS định tùy tính chất của dữ liệu được ghi. Tên File được đặt tùy yêu cầu người dùng. Nếu không đặt tên riêng ANSYS mặc định là FILE.*.

Mức độ khó

Có ba mức độ: dễ, trung bình, khó. Các bài toán khó có thể chuyển thành dễ, khi sử dụng bài toán tính theo bước. Tính chất điển hình của advanced ANSYS có dạng như các bài toán phi tuyến, macro hoặc advanced post processing.

Tham chiếu

Hộp thoại "Preferences" cho phép chọn các lĩnh vực kỹ thuật theo yêu cầu với việc chọn lọc thực đơn: Kết cấu, nhiệt, điện từ, thủy khí. Mặc định, thực đơn chọn đưa ra tất cả các lĩnh vực, các lĩnh vực không sử dụng được ẩn mờ. Việc chọn được tiến hành bằng cách đánh dấu.

Tiền xử lý

Là pha phân tích nhập mô hình hình học, vật liệu, kiểu phần tử ...

Hậu xử lý

ANSYS phân tích theo pha, ở đó ta có thể xem lại các kết quả phân tích nhờ các hình ảnh màu và các bảng số liệu. Hậu xử lý chung (POST1) được dùng phân tích kết quả tại một bước nhỏ trên toàn bộ mô hình vật thể. Hậu xử lý theo thời gian (POST26) được dùng nghiên cứu các kết quả tại các điểm đặc biệt trong mô hình trên toàn bộ thời gian các bước.

Giải

Là pha phân tích của ANSYS, trong đó xác định kiểu phân tích và chọn, đặt tải và chọn tải, khởi động giải phần tử hữu hạn. Mặc định là phân tích tĩnh

Mô hình hình học

Trước hết định nghĩa hình dáng hình học cho ANSYS, như định nghĩa một hình chữ nhật, có thể định nghĩa theo diện tích, theo 4 cạnh, theo 4 điểm.

Hằng số thực

Cung cấp bổ xung các tham số đặc trưng mặt cắt hình học cho kiểu phần tử, những thông tin không thể nhập được vào các nút. Như phần tử vỏ là chiều dày vỏ mỏng, phần tử dầm là diện tích của mặt cắt, mô men quán tính của mặt cắt. Các tính chất này được nhập tùy theo kiểu phần tử yêu cầu.

Thuộc tính vật liệu

Thuộc tính vật lý của vật liệu như mô đun đàn hồi, mật độ, luôn độc lập với các tham số hình học. Nên chúng không gắn với kiểu phần tử. Thuộc tính vật liệu quy định để giải phần tử ma trận phần tử, nên để dễ dàng chúng được gán cho từng kiểu phần tử. Tùy thuộc ứng dụng, thuộc tính vật liệu có thể là tuyến tính, phi tuyến, hoặc đẳng hướng. Cũng như kiểu phần tử và hằng số đặc trưng hình dáng, cần phải đặt thuộc tính vật liệu nhiều lần, tùy theo vật liệu.

Mặt làm việc

Là một mặt tưởng tượng với gốc tọa độ, dùng để xác lập các tham số hình học cục bộ. Trong hệ tọa độ 2D (hệ đề các hay hệ tọa độ cực), mặt làm việc được bám theo từng tham số tọa độ. Dùng để định vị một đối tượng của mô hình. Gốc tọa độ của mặt làm việc chuẩn nằm trùng với gốc tọa độ toàn cục, gốc tọa độ của các mặt làm việc tự chọn. giữa gốc tọa độ trên mặt làm việc chuẩn (toàn thể) có quan hệ với gốc tọa độ cục bộ nằm trên hệ mặt làm việc cục bộ.

2.1.3. Các kiểu phần tử trong Ansys

Các kiểu phần tử

STRUCTURE: Phần tử cấu trúc

SPAR: Phần tử thanh

BEAM: Phần tử dầm

PIPE: Phần tử ống

2D SOLIDS: Phần tử khối đặc 2D

3D SOLID: Phần tử khối đặc 3D

SHELL: Phần tử tấm vỏ

SPECLTY: Phần tử đặc biệt

CONTACT: Phần tử tiếp xúc

SPAR Phần tử thanh

2D-SPAR: Phần tử thanh 2D: LINK1

3D-SPAR: Phần tử thanh 3D: LINK8

BILINEAR: Phần tử thanh phi tuyến LINK10

BEAM: Phần tử dầm

2D-ELAST: Phần tử dầm đàn hồi 2D đối xứng BEAM3

3D- ELAST: Phần tử dầm đàn hồi 3D, 2~3 nút BEAM4

2D- TAPER: Phần tử dầm thon 2 nút đàn hồi 2D BEAM54

3D-TAPER: Phần tử dầm thon 2 nút không đối xứng, 3D BEAM44

2D-PLAST: Phần tử dầm dẻo 2D 2 nút BEAM23

THIN WALL: Phần tử thanh mỏng 3 nút dầm dẻo BEAM24

PIPE: Phần tử ống

STRAIGHT: Phần tử ống thẳng 3D 2 nút đàn hồi PIP16

TEE: Phần tử ống Tê 3D, 4 nút đàn hồi PIP17

ELBOW: Phần tử ống cong 3D 3 nút đàn hồi PIP18

PLASTSTR: Phần tử ống thẳng dẻo 3D, 2 nút PIP20

PLASTELBOW: Phần tử ống cong dẻo 3D 3 nút PIP60

IMMORSED: Phần tử ống mềm hoặc cáp PIP59

2D-SOLID: Phần tử khối đặc 2D

2D-ELAST: Phần tử khối đặc 2D đàn hồi

8NodQuad: Phần tử 2D, 8 nút kết cấu tứ diện PLANE82

4NodQuad: Phần tử 2D, 4 nút kết cấu, tứ diện PLANE42

Triangle: Phần tử 2D, 6 nút, kết cấu tam giác PLANE2

HYPER Siêu đàn hồi

8 NodMixd: Phần tử 2D, 8 nút, siêu đàn hồi HYPER74

4NodMixd: Phần tử 2D, 4 nút, siêu đàn hồi HYPER6

8NodQuad: Phần tử 2 D, 8 nút tứ diện, siêu đàn hồi HYPER84

VISCO Nhót

8NodQuad Phần tử 2D, 8 nút tứ diện, nhót VISCO88

8NodPlas Phần tử 2D, 8 nút, tứ diện dẻo nhót VISCO108

4NodPlas Phần tử 2D, 4 nút, tứ diện dẻo nhót VISCO106

HARMONIC Phần tử 2D Điều hoà

8NodQuad Phần tử 8 nút, đối xứng, điều hoà tứ diện PLANE83

4NodQuad Phần tử 4 nút, cấu trúc đối xứng trục PLANE25

3D-SOLID Phần tử vật đặc 3D

GENERAL Phần tử 3D

20NodBri: Phần tử khối 3D, 20 nút, hộp, cấu trúc SOLID95

Brick: Phần tử khối 3D, 8 nút, hộp, cấu trúc SOLID45

Tetrahed: Phần tử khối 3D, 10 nút, chóp, cấu trúc SOLID92

RotBrick: Phần tử khối 3D, 8 nút, hộp có DOF quay SOLID92

RotTetra: Phần tử khối 4 nút, chóp quay SOLID72

HYPER: Siêu đàn hồi

Mixbri: Phần tử 3D, 8 nút khối hộp, siêu đàn hồi HYPER58

Brick: Phần tử 3D, 8 nút, khối hộp, siêu dẻo HYPER86

VISCO: nhót

PlasBrck: Phần tử khối hộp đặc siêu dẻo VISCO107

ANISOTRP: Khối không đồng nhất

AnisoBri: Phần tử khối không đồng nhất 3D, 8 nút, hộp SOLID64

ReinBri: Phần tử khối hộp, bê tông được gia cố SOLID65

LayerBri: Phần tử khối 3D, 8 nút, hộp, cấu trúc lớp SOLID46

SHELL: Phần tử dạng tấm- vỏ

8NodQuad: Phần tử tấm điện- từ, 8 nút, đàn hồi SHELL93

4NodQuad: Phần tử tấm điện từ, 4 nút, dẻo SHELL63

PlastQua: Phần tử tấm điện từ, 4 nút, dẻo SHELL43

MemBrame: Phần tử mỏng, điện từ, 4 nút SHELL41

ShearPnl: Phần tử tấm, điện từ, 4 nút, Panel, uốn/xoắn SHELL28

SPECTLY: Phần tử hỗn hợp

PINJIONT: Phần tử 3D, 5 nút, liên kết khớp COMBIN7

ACTUATOR: Phần tử kích động LINK11

FLUIDCPL: Phần tử cặp đôi, 2 nút, dòng chảy động FUID38

MATRIX: Phần tử 2 nút, cứng hộp, cân, ma trận MATRIX27

MASS: Phần tử 1 nút, khối lượng, cấu trúc MASS21

CONTACT: Phần tử tiếp xúc

2DPtSurf: Phần tử tiếp xúc điểm - mặt 2D CONTAC48

3DPtSuf: Phần tử tiếp xúc điểm- mặt 3D CONTAC49

2DPntPnt: Phần tử tiếp xúc điểm - điểm 2D, ma sát CONTAC12

3DPntPnt: Phần tử tiếp xúc điểm - điểm 3D CONTAC52

RigidSur: Phần tử tiếp xúc mặt cứng CONTAC26

THERMAL Phần tử nhiệt

LINK Phần tử nhiệt với truyền nhiệt giữa 2 điểm

2DCnDuct Phần tử thanh dẫn nhiệt 2D LINK32

3DCnDuct Phần tử thanh dẫn nhiệt 3D LINK33

CONVert Phần tử 2 nút đối lưu LINK34

Radiate Phần tử bức xạ nhiệt LINK31

2D SOLID Phần tử nhiệt đặc 2D

8Nod Quad Phần tử 2D, 8 nút, tứ giác PLANE77

4 Nod Quad Phần tử 2D, 4 nút, tứ giác PLANE55

Triangle Phần tử 2D, 6 nút, tam giác PLANE78

NodHarm Phần tử 8 nút, đối xứng trục điều hoà PLANE78

4NodHarm Phần tử 4 nút, đối xứng trục điều hoà PLANE75

3D SOLID Phần tử đặc 3 D

20NodBri Phần tử 3D, 20 nút, hộp đặc SOLID90

Brick Phần tử 3D, 8 nút, hộp đặc SOLID70

Tetrahed Phần tử 3D, 10 nút hộp đặc khối chóp SOLID87

FLUID Phần tử chất lỏng

2D Quad Phần tử 2D, 4 nút, tứ diện dòng chảy FLUID79

3D Brick Phần tử 3D, 8 nút khối hộp FLUID80

HARMONIC Phần tử 4 nút đối xứng, điều hoà, dòng chảy FLUID81

2D FLOW Phần tử 2D, đẳng tham số, khối đặc, nhiệt- lỏng FLUID15

PIPE Flow Phần tử 3D, 4 nút, truyền nhiệt - truyền khối FLUID66

2D Acoust Phần tử 2D, 4 nút, dòng chảy, dưới âm FLUID29

3D Acoust Phần tử 3D, 8 nút, dòng chảy, dưới âm FLUID30

MAGNETIC Phần tử từ

3D SOLID Phần tử 3D cặp đôi điện - từ SOLID96

8NodQuad Phần tử 2D, 8 nút, cặp đôi điện - từ PLANE53

2DBound Phần tử 2D, biên vô hạn INFIN9

3DBound Phần tử 3D, biên vô hạn INFIN47

SurSourc Phần tử nguồn bề mặt SOURC36

Other Phần tử phân tích từ, tại các điểm khác nhau

MULTIFLD Phần tử đa trường

3D-LINK Phần tử 3D, 2 nút cặp đôi, điện - nhiệt, 1 chiều LINK68

MultQuad Phần tử 2D đặc, cặp đôi, nhiệt- điện PLAN13

ThElQuad Phần tử 2D, 4 nút, đặc, cặp đôi nhiệt- điện PLAN67

MultBrck Phần tử 3D, 8 nút, đặc, cặp đôi SOLID5

ThElBrck Phần tử 3D, 8 nút, đặc, cặp đôi nhiệt- điện SOLID69

Tetrahed Phần tử 10 nút, chóp, từ- nhiệt- cấu trúc- điện SOLID98

GENERAL Mô hình phần tử tổ hợp

SprngDmp Phần tử 2 nút, lò xo, cản dọc/xoắn COMBIN14

Combinat Phần tử 3D, 2 nút, khối lượng- cản- GAP COMBIN40

ForcDefl Phần tử 2 nút, phi tuyến, lực tập trung- uốn- lò xo COMBIN39

Control Phần tử điều khiển COMBIN37

2DSurf Phần tử 2D hiệu ứng bề mặt SURF19

3DSurf Phần tử 3D hiệu ứng bề mặt SURF22

Substruc Phần tử cấu trúc con và siêu phần tử MATRIX50

Bảng 2.1. Bảng danh mục các phần tử trong ANSYS

Danh mục phần tử theo vắn
BEAM3 - 2-D Elastic Beam
BEAM4 - 3-D Elastic Beam
BEAM23 - 2-D Plastic Beam
BEAM24 - 3-D Thin-walled Beam
BEAM44 - 3-D Elastic Tapered Unsymmetric Beam
BEAM54 - 2-D Elastic Tapered Unsymmetric Beam
BEAM161 - Explicit 3-D Beam
BEAM188 - 3-D Finite Strain Beam
BEAM189 - 3-D Finite Strain Beam
CIRCU94 - Piezoelectric Circuit
CIRCU124 - General Circuit
CIRCU125 - Common or Zener Diode
COMBIN7 - Revolute Joint
COMBIN14 - Spring-Damper
COMBIN37 - Control
COMBIN39 - Nonlinear Spring

COMBIN40 - Combination
COMBI165 - Explicit Spring-Damper
CONTAC12 - 2-D Point-to-Point Contact
CONTAC26 - 2-D Point-to-Ground Contact
CONTAC48 - 2-D Point-to-Surface Contact
CONTAC49 - 3-D Point-to-Surface Contact
CONTAC52 - 3-D Point-to-Point Contact
CONTA171 - 2-D 2-Node Surface-to-Surface Contact
CONTA172 - 2-D 3-Node Surface-to-Surface Contact
CONTA173 - 3-D 4-Node Surface-to-Surface Contact
CONTA174 - 3-D 8-Node Surface-to-Surface Contact
CONTA178 - 3-D Node-to-Node Contact
FLUID29 - 2-D Acoustic Fluid
FLUID30 - 3-D Acoustic Fluid
FLUID38 - Dynamic Fluid Coupling
FLUID79 - 2-D Contained Fluid
FLUID80 - 3-D Contained Fluid
FLUID81 - Axisymmetric-Harmonic Contained Fluid
FLUID116 - Thermal-Fluid Pipe
FLUID129 - 2-D Infinite Acoustic
FLUID130 - 3-D Infinite Acoustic
FLUID141 - 2-D Fluid-Thermal
FLUID142 - 3-D Fluid-Thermal
HF118 - 2-D High-Frequency Quadrilateral Solid

HF119 - 3-D Tetrahedral High-Frequency Solid
HF120 - 3-D Brick/Wedge High-Frequency Solid
HYPER56 - 2-D 4-Node Mixed U-P Hyperelastic Solid
HYPER58 - 3-D 8-Node Mixed U-P Hyperelastic Solid
HYPER74 - 2-D 8-Node Mixed U-P Hyperelastic Solid
HYPER84 - 2-D Hyperelastic Solid
HYPER86 - 3-D Hyperelastic Solid
HYPER158 - 3-D 10-Node Tetrahedral Mixed U-P
Hyperelastic Solid
INFIN9 - 2-D Infinite Boundary
INFIN47 - 3-D Infinite Boundary
INFIN110 - 2-D Infinite Solid
INFIN111 - 3-D Infinite Solid
INTER115 - 3-D Magnetic Interface
INTER192 - 2-D 4-Node Linear Interface
INTER193 - 2-D 6-Node Linear Interface
INTER194 - 3-D 16-Node Quadratic Interface
INTER195 - 3-D 8-Node Linear Interface
LINK1 - 2-D Spar (or Truss)
LINK8 - 3-D Spar (or Truss)
LINK10 - Tension-only or Compression-only Spar
LINK11 - Linear Actuator
LINK31 - Radiation Link
LINK32 - 2-D Conduction Bar

LINK33 - 3-D Conduction Bar
LINK34 - Convection Link
LINK68 - Thermal-Electric Line
LINK160 - Explicit 3-D Spar (or Truss)
LINK167 - Explicit Tension-Only Spar
LINK180 - 3-D Finite Strain Spar (or Truss)
MASS21 - Structural Mass
MASS71 - Thermal Mass
MASS166 - Explicit 3-D Structural Mass
MATRIX27 - Stiffness, Damping, or Mass Matrix
MATRIX50 - Superelement (or Substructure)
MESH200 - Meshing Facet
PIPE16 - Elastic Straight Pipe
PIPE17 - Elastic Pipe Tee
PIPE18 - Elastic Curved Pipe (Elbow)
PIPE20 - Plastic Straight Pipe
PIPE59 - Immersed Pipe or Cable
PIPE60 - Plastic Curved Pipe (Elbow)
PLANE2 - 2-D 6-Node Triangular Structural Solid
PLANE13 - 2-D Coupled-Field Solid
PLANE25 - Axisymmetric-Harmonic 4-Node Structural Solid
PLANE35 - 2-D 6-Node Triangular Thermal Solid
PLANE42 - 2-D Structural Solid
PLANE53 - 2-D 8-Node Magnetic Solid

PLANE55 - 2-D Thermal Solid
PLANE67 - 2-D Thermal-Electric Solid
PLANE75 - Axisymmetric-Harmonic 4-Node Thermal Solid
PLANE77 - 2-D 8-Node Thermal Solid
PLANE78 - Axisymmetric-Harmonic 8-Node Thermal Solid
PLANE82 - 2-D 8-Node Structural Solid
PLANE83 - Axisymmetric-Harmonic 8-Node Structural Solid
PLANE121 - 2-D 8-Node Electrostatic Solid
PLANE145 - 2-D Quadrilateral Structural Solid p-Element
PLANE146 - 2-D Triangular Structural Solid p-Element
PLANE162 - Explicit 2-D Structural Solid
PLANE182 - 2-D 4-Node Structural Solid
PLANE183 - 2-D 8-Node Structural Solid
PRETS179 - 2-D/3-D Pre-tension
SHELL28 - Shear/Twist Panel
SHELL41 - Membrane Shell
SHELL43 - 4-Node Plastic Large Strain Shell
SHELL51 - Axisymmetric Structural Shell
SHELL57 - Thermal Shell
SHELL61 - Axisymmetric-Harmonic Structural Shell
SHELL63 - Elastic Shell
SHELL91 - Nonlinear Layered Structural Shell
SHELL93 - 8-Node Structural Shell
SHELL99 - Linear Layered Structural Shell

SHELL143 - 4-Node Plastic Small Strain Shell
SHELL150 - 8-Node Structural Shell p-Element
SHELL157 - Thermal-Electric Shell
SOLID69 - 3-D Thermal-Electric Solid
SOLID70 - 3-D Thermal Solid
SOLID87 - 3-D 10-Node Tetrahedral Thermal Solid
SOLID90 - 3-D 20-Node Thermal Solid
SOLID95 - 3-D 20-Node Structural Solid
SOLID96 - 3-D Magnetic Scalar Solid
SOLID97 - 3-D Magnetic Solid
SOLID117 - 3-D 20-Node Magnetic Solid
SOLID185 - 3-D 8-Node Structural Solid
SOLID186 - 3-D 20-Node Structural Solid
SURF151 - 2-D Thermal Surface Effect
SURF152 - 3-D Thermal Surface Effect

2.1.4. Các tham số trong ANSYS

Bảng 2.2. Bảng các tham số trong ANSYS

Nhãn	Thứ nguyên	Ý nghĩa
EX	Lực / Diện tích	Mô đun đàn hồi theo hướng x của phần tử
EY		Mô đun đàn hồi theo hướng y của phần tử
EZ		Mô đun đàn hồi theo hướng z của phần tử
GXY	Lực / Diện tích	Mô đun trượt trên mặt x-y
GYZ		Mô đun trượt trên mặt y-z

GXZ		Mô đun trượt trên mặt x-z
ALPX	Biến dạng / Nhiệt độ	Hệ số dẫn nở nhiệt theo hướng x của phần tử
ALPY		Hệ số dẫn nở nhiệt theo hướng y của phần tử
ALPZ		Hệ số dẫn nở nhiệt theo hướng z của phần tử
REFT	Nhiệt độ	Nhiệt độ tham chiếu làm gốc
MU	Không	Hệ số ma sát (FLUID29 và FLUID30)
DAMP	Thời gian	Ma trận hãm
DENS	Khối lượng/Thể tích	Mật độ khối
KXX	Nhiệt *Chiều dài/T.gian*D.tích* Nhiệt độ	Hệ số dẫn nhiệt theo hướng x của phần tử
KYY		Hệ số dẫn nhiệt theo hướng y của phần tử
KZZ		Hệ số dẫn nhiệt theo hướng z của phần tử
C	Nhiệt / Khối lượng * Nhiệt độ	Nhiệt dung
ENTH	Nhiệt / Thể tích	Enthalpy
HF	Nhiệt/(T.gian*D.tích* Nhiệt độ)	Hệ số đối lưu
EMIS	Không	Hệ số thẩm thấu
QRATE	Nhiệt/ t.gian	Tốc độ sinh nhiệt (dùng phần tử MASS71)
VISC	Lực * Th. Gian/ (chiều dài) ²	Độ nhớt
SONIC	Chiều dài/ T.gian	Tốc độ âm (FLUID29, FLUID30)
MGXX	Tải/ (Chiều dài*Thời gian)	Sức từ kháng theo phương x của phần tử
MGYY		Sức từ kháng theo phương y của phần tử
MGZZ		Sức từ kháng theo phương z phần tử
RSVX	Điện trở*Diện tích / Chiều dài	Điện trở suất theo phương x
RSVY		Điện trở suất theo phương y
RSVZ		Điện trở suất theo phương z

PERX	Tải ² /(Lực*Chiều dài ²)	Hệ số điện môi theo phương x
PERY		Điện trở suất theo phương y
PERZ		Điện trở suất theo phương z
LSST	Không	Tang tổn thất cách điện

2.1.5. Các mô hình vật liệu trong ANSYS

Bảng 2.3. Bảng các mô hình vật liệu trong ANSYS

Mô hình	Liên kết với	Kiểu liên kết	Lệnh, nhãn	Kết nối ví dụ
Plasticity	Combined Hardening	Bilinear	TB, BISO + TB, CHAB	BISO và CHAB, Ví dụ
Plasticity	Combined Hardening	Multilinear	TB, MISO + TB, CHAB	MISO và CHAB, Ví dụ
Plasticity	Combined Hardening	Nonlinear	TB, NLISO+ TB, CHAB	NLISO và CHAB Ví dụ
Viscoplasticity	Isotropic Hardening	Bilinear	TB, BISO + TB, RATE	BISO và RATE Ví dụ
Viscoplasticity	Isotropic Hardening	Multilinear	TB, MISO + TB, RATE	MISO và RATE Ví dụ
Viscoplasticity	Isotropic Hardening	Nonlinear	TB, NLISO+ TB, RATE	NLISO và RATE Ví dụ
Plasticity and Creep(Implicit)	Isotropic Hardening	Bilinear	TB, BISO + TB, CREEP	BISO và CREEP, Ví dụ
Plasticity and Creep(Implicit)	Isotropic Hardening	Multilinear	TB, MISO + TB, CREEP	MISO và CREEP, Ví dụ
Plasticity and Creep(Implicit)	Isotropic Hardening	Nonlinear	TB, NLISO+ TB, CREEP	NLISO và CREEP, Ví dụ
Plasticity and	Kinematic	Bilinear	TB, BKIN +	BKIN và

Creep(Implicit)	Hardening		TB, CREEP	CREEP, Ví dụ
Anisotropic Plasticity	Isotropic Hardening	Bilinear	TB, HILL + TB, BISO	HILL và BISO, Ví dụ
Anisotropic Plasticity	Isotropic Hardening	Multilinear	TB, HILL + TB, MISO	HILL và MISO, Ví dụ
Anisotropic Plasticity	Isotropic Hardening	Nonlinear	TB, HILL + TB, NLSIO	HILL và NLISO, Ví dụ
Anisotropic Plasticity	Kinematic Hardening	Bilinear	TB, HILL + TB, BKIN	HILL và BKIN, Ví dụ
Anisotropic Plasticity	Kinematic Hardening	Chaboche	TB, HILL + TB, CHAB	HILL và CHAB, Ví dụ
Anisotropic Plasticity	Combined Hardening	Bilinear Isotropic and Chaboche	TB, HILL + TB, BISO + TB, CHAB	HILL và BISO và CHAB, Ví dụ
Anisotropic Plasticity	Combined Hardening	Nonlinear Isotropic và Chaboche	TB, HILL + TB, NLISO+ TB, CHAB	HILL và NLISO và CHAB, Ví dụ

2.1.6. Các xử lý dùng trong ANSYS. Processors (Routines)

Bảng 2.4. Bảng các xử lý dùng trong ANSYS

Xử lý	Hàm	Đường dẫn	Lệnh
PREP7	Thiết lập mô hình hình học và thuộc tính vật liệu	Main Menu> Preprocessor	/PREP7
SOLUTION	Đặt tải và giải	Main Menu>Solution	/SOLU
POST1	Xuất kết quả đối với đối tượng tại thời điểm khảo sát	Main Menu>General Postproc	/POST1

POST26	Xuất kết quả tại một thời điểm trong mô hình với hàm thời gian	Main Menu>TimeHist Postpro	/POST26
OPT	Hoàn thiện bản vẽ ban đầu	Main Menu>Design Opt	/OPT
PDS	Định lượng hiệu quả phân tán và ngẫu nhiên với biến nhập vào của phần tử đối với kết quả phân tích	Main Menu>Prob Design	/PDS
AUX2	Các File nhị phân dạng đọc được Dump binary	Utility Menu>File>List>BinaryFiles Utility>Menu> ist>Files>Binary	/AUX2
AUX12	Tính các hệ số bức xạ, tạo ma trận bức xạ của bài toán nhiệt	Main>Menu>Radiation>Matrix	/AUX12
AUX15	Chuyển File CAD Hoặc chương trình FEA	Utility>Menu>File>Import	/AUX15

2.1.7. Các lệnh khởi động và giao diện màn hình ANSYS 10.0

2.1.7.1. Lệnh Start >Program > ANSYS 10.0

Sau khi khởi động Windows, ta có thể khởi động ANSYS như sau:

Vào các lệnh: Start > Program > Ansys 10 để chọn các chức năng khởi động, để chọn các mô đun chức năng.

Mỗi chức năng có thể khởi động riêng biệt:

ANS_Admin: dùng nhập các thiết bị quản lý.

ANSYS System Help: dùng khởi động trợ giúp hệ thống.

CMAP Utility: Dùng khởi động chương trình thiết kế bản đồ màu.

DISPLAY Utility: dùng khởi động các chương trình xem ảnh đồ và hình vẽ được ANSYS tạo ra kiểu *.GRP và ảnh động *.AVI;

Help System: khởi động trợ giúp và tra cứu.

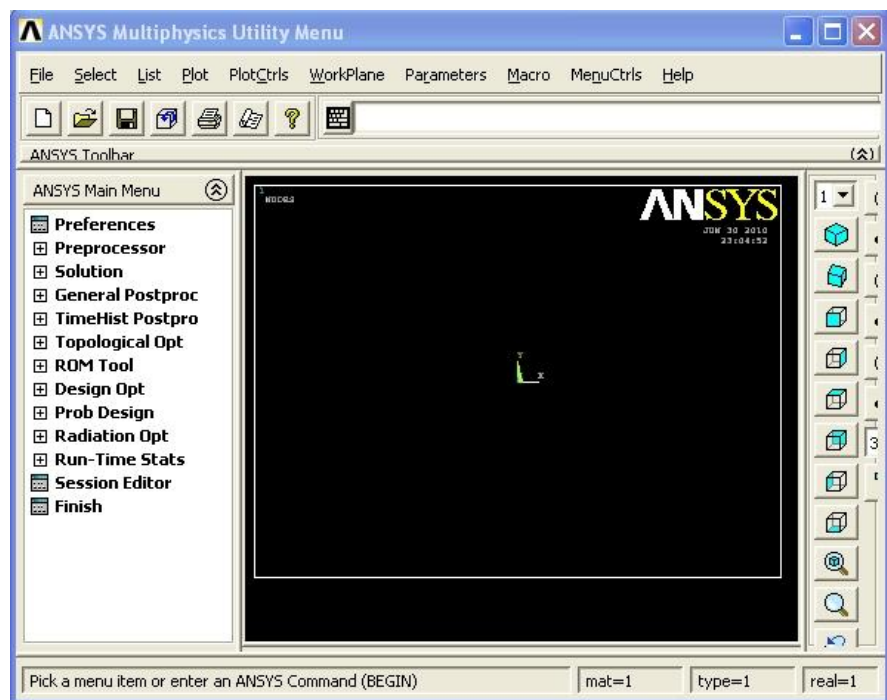
INTERACTIVE: khởi động chương trình ANSYS chính, trong đó hộp thoại điều khiển, cần chọn các tham số theo yêu cầu hộp thoại.

RUN INTERACTIVE NOW: khởi động ANSYS mặc định.

INTERACTIVE thiết lập môi trường làm việc cho ANSYS, gồm:

Đường dẫn làm việc và môi trường đồ họa, tên file sẽ dung, đặt dung lượng vùng làm việc, đọc file START.ANS, định nghĩa tham số, chọn ngôn ngữ. Sau khi thiết lập, chọn Run. Hộp các hướng xuất hiện, đọc làm theo hoặc mặc định. Chọn Ok để khởi động tiếp.

2.1.7.2. Màn hình giao diện ANSYS 10.0



Hình 2.1: Giao diện màn hình Ansys 10.0

ANSYS Menu Utility: Thanh Menu tiện ích, chứa các tiện ích bổ sung các lệnh phụ trợ, kiểm soát các thiết lập và nhập xuất dữ liệu.

ANSYS Main Menu: Menu chính, chứa các lệnh chính của ANSYS.

ANSYS input: cửa sổ nhập lệnh từ bàn phím.

ANSYS Graphic: cửa sổ đồ họa.

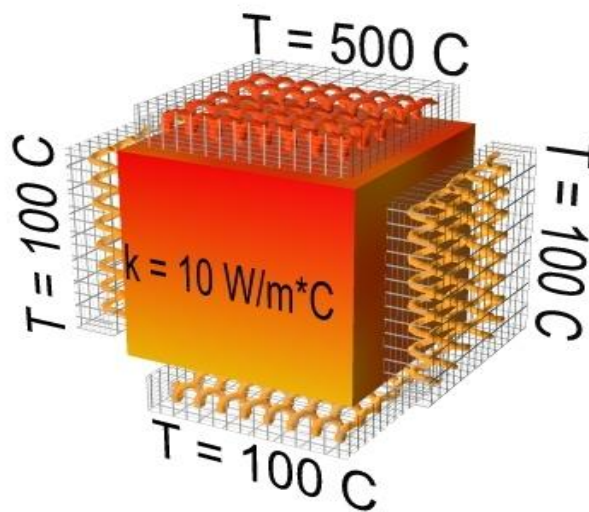
ANSYS Toolbar: các thanh chức năng ghi lưu trữ dữ liệu, thoát, chế độ đồ họa và các thiết lập do người dùng tạo ra.

ANSYS Output: cửa sổ ghi lại toàn bộ các việc làm của ANSYS và các kết quả tính toán phân tích.

2.2. Ứng dụng phần mềm ANSYS trong việc giải các bài toán truyền nhiệt

2.2.1. Bài toán cơ bản về truyền nhiệt trong vật rắn

Giả sử vật liệu của vật rắn có hệ số truyền nhiệt $K = 10 \text{ W/m} \cdot \text{C}$ và vật rắn được coi như dài vô hạn. Nhiệt độ tại các bề mặt cho như hình 2.2.



Hình 2.2. Mô hình vật rắn khi phân tích nhiệt

2.2.1.1. Tiền xử lý: Định nghĩa các phần tử

1. Mô hình hóa hình học

Preprocessor > Modeling > Create > Areas > Rectangle > By 2 Corners >

X= 0, Y = 0, Width = 1, Height = 1, BLC4,0,0,1,1

2. Khai báo kiểu phần tử

Preprocessor > Element Type > Add/Edit/Delete... > click 'Add' > Select Thermal Mass Solid, Quad 4Node 55

ET,1,PLANE55

Trong bài toán này, chúng ta sẽ sử dụng PLANE55 (thermal solid, quad4 node55). Phần tử này chứa 4 điểm nút và nhiệt độ đơn nhất trên các nút (DOF temperature). PLANE55 chỉ có thể sử dụng khi cho bài toán phân tích tĩnh hai chiều (2 dimensional steady - state) hoặc phân tích nhiệt Transient.

3. Khai báo thuộc tính vật liệu

Preprocessor > Material Props > Material Models > Thermal > conductivity > Isotropic > KXX = 10 (Thermal conductivity)

MP,KXX,1,10

4. Kích thước lưới

Preprocessor > Meshing > Size Cntrl > ManualSize > Areas > All Areas > 0.05
AESIZE,ALL,0.05

5. Tạo lưới

Preprocessor > Meshing > Mesh > Areas > Free > Pick All

AMESH, ALL

2.2.1.2. Đặt tải và giải bài toán

1. Khai báo kiểu phân tích

Solution > Analysis Type > New Analysis > Steady-State
ANTYPE,0

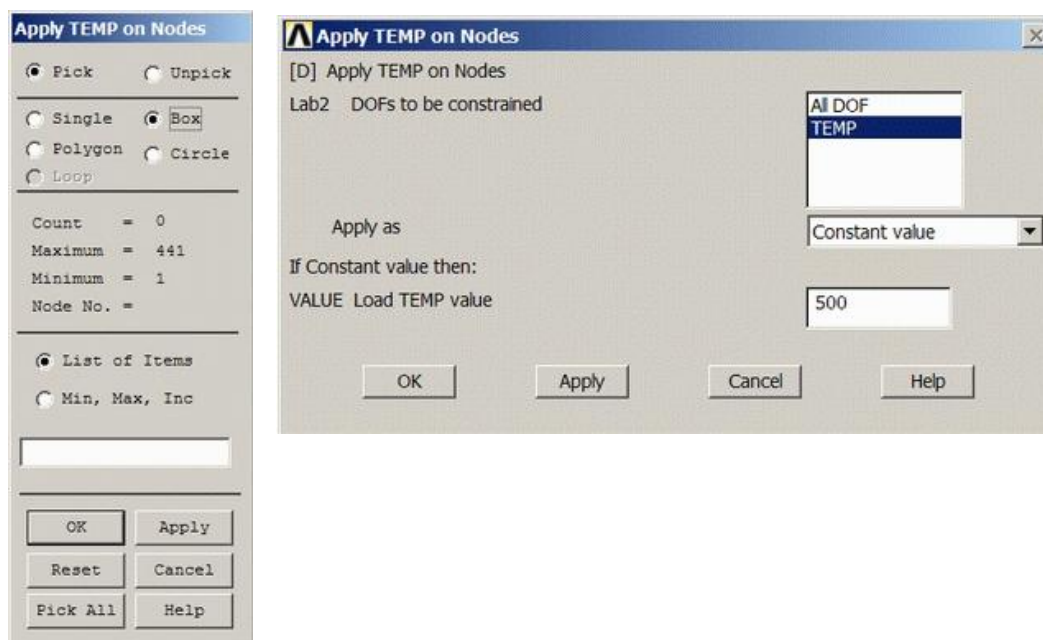
2. Đặt tải nhiệt

Đối với các vấn đề về nhiệt, những khó khăn có thể xuất phát từ dạng nhiệt độ, dòng nhiệt, sự đối lưu nhiệt, thông lượng nhiệt, dạng nguồn nhiệt hoặc sự bức xạ. Đối với bài toán này, cả 4 mặt của vật rắn đều được đặt nhiệt độ.

+ Solution > Define Loads > Apply

+ Thermal > Temperature > On Nodes

Lựa chọn Box và chọn tất cả các điểm nút thuộc đường thẳng trên cùng sau đó cửa sổ sau sẽ xuất hiện.



Hình 2.3. Cửa sổ lệnh đặt tải nhiệt trên các điểm thuộc mặt trên
Điền vào giá trị nhiệt độ 500°C như thực hiện trong cửa sổ, sau đó chọn Apply.

+ Thực hiện các bước chọn các điểm nút tương tự như mặt trên đối với 3 mặt còn lại.
Tuy nhiên, giá trị tải nhiệt được chọn là 100°C .

3. Giải bài toán

Solution > Solve > Current

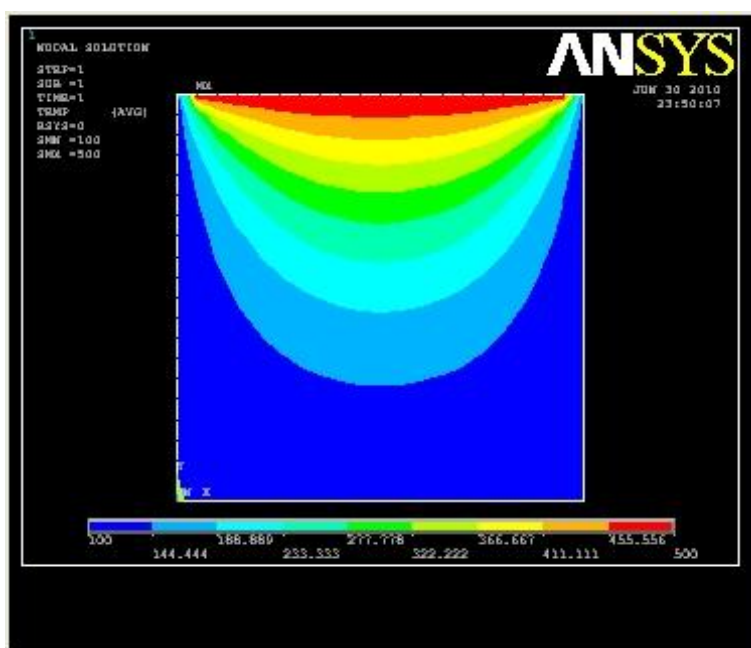
LS SOLVE

2.2.1.3. Hậu xử lý: Quan sát kết quả

Plot Temperature

General Postproc > Plot Results > Contour Plot > Nodal Solu ...> DOF solution,
Temperature

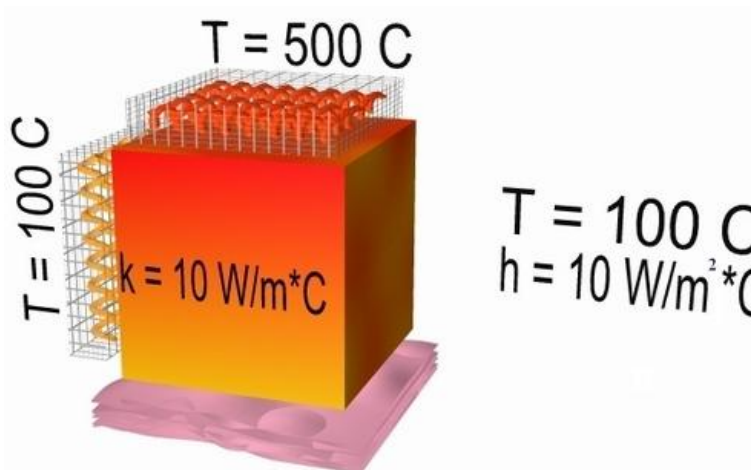
TEMP



Hình 2.4. Mô hình nhiệt của vật rắn chịu tải nhiệt có 4 mặt dài vô hạn ($K=10 \text{ W/m.C}$)

2.2.2. Bài toán kết hợp giữa truyền nhiệt và đối lưu nhiệt (Truyền nhiệt/ đối lưu nhiệt / cách nhiệt)

Phân tích hiện tượng truyền nhiệt đơn giản cũng như các vấn đề về sự kết hợp của truyền nhiệt, đối lưu nhiệt và cách nhiệt sẽ được làm rõ. Bài toán tổng hợp về truyền nhiệt, đối lưu nhiệt và cách nhiệt được chỉ ra trong hình vẽ sau:



Hình 2.5. Mô hình của vật rắn khi đặt tải nhiệt kết hợp giữa truyền nhiệt và đối lưu nhiệt

2.2.2.1. Tiền xử lý: Định nghĩa các phần tử

1. Mô hình hóa hình học

Preprocessor > Modeling > Create > Areas > Rectangle > By 2 Corners > X= 0, Y= 0,
Width = 1, Height = 1

BLC4,0,0,1,1

2. Khai báo loại phần tử

Preprocessor> Element Type> Add/Edit/Delete...> click 'Add' > Select Thermal Mass
Solid, Quad 4Node 55

ET,1,PLANE55

Tương tự như bài toán cơ bản về truyền nhiệt trên, chúng ta cũng sẽ sử dụng PLANE55 (thermal Solid, Quad 4node 55). Phần tử này có 4 điểm nút và chỉ có một bậc tự do (nhiệt độ) trên mỗi nút. PLANE55 chỉ có thể sử dụng đối với hai thông số tĩnh hoặc phân tích nhiệt tĩnh.

3. Khai báo thuộc tính vật liệu

Preprocessor> Material Props> Material Models> Thermal> Conductivity > Isotropic >
KXX = 10

MP,KXX,1,10

Điều này sẽ là đặc biệt với hệ số truyền nhiệt $K = 10\text{W/m.C}$

4. Kích thước lưới

Preprocessor> Meshing > Size Cntrls > ManualSize > Areas > All Areas > 0.05
AESIZE, ALL, 0.05

5. Chọn dạng chia lưới

Preprocessor > Meshing > Mesh > Areas > Free > Pick All

AMESH, ALL

2.2.2.2. Đặt tải nhiệt và giải bài toán

1. Khai báo kiểu phân tích

Solution > Analysis Type > New Analysis > Steady- State

ANTYPE, 0

2. Đặt tải truyền nhiệt

Trong bài toán này, cả hai mặt của vật rắn đều đặt tải nhiệt, trong khi đó sẽ đặt điều kiện đối lưu nhiệt trong hai mặt còn lại.

- * Solution > Define Loads > Apply > Thermal > Temperature > On Lines

- * Chọn đường thẳng trên cùng và đặt giá trị nhiệt bằng 500°C .

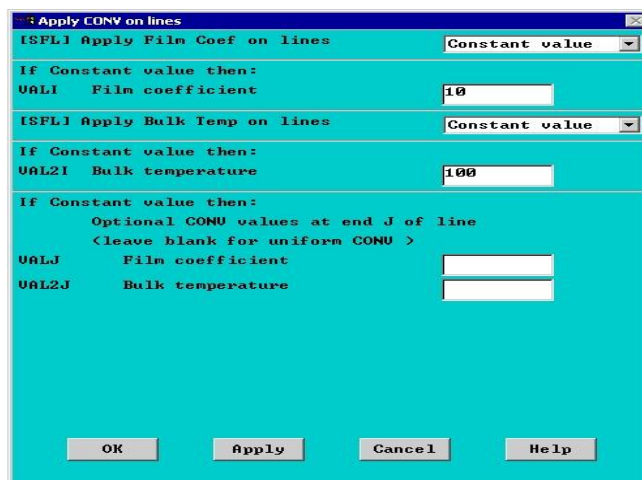
- * Thực hiện tương tự đối với mặt trái của khối và đặt tải nhiệt bằng 100°C .

3. Đặt điều kiện đối lưu nhiệt

- * Solution > Define Loads > Apply > Thermal > Convection > On Lines

- * Chọn mặt bên phải của vật khối, khi đó thì cửa sổ sau sẽ xuất hiện (hình 2.6)

- * Điền các giá trị vào như trên hình 2.5. Nhiệt độ là 100°C , hệ số đối lưu nhiệt $10\text{W/m}^2\cdot\text{C}$. Chú ý rằng VALJ và VAL2J đã được bỏ trống bởi vì hệ số đối lưu nhiệt truyền ngang qua các đường thẳng.



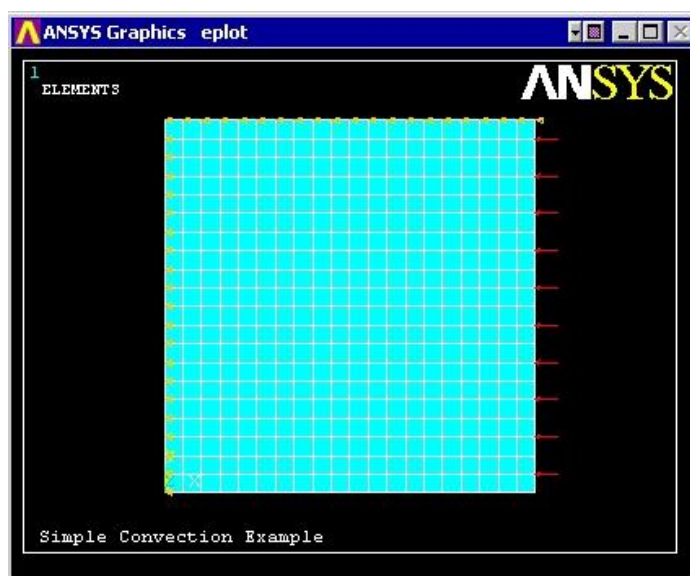
Hình 2.6. Cửa sổ đặt tải đối lưu nhiệt $10\text{W/m}^2\cdot\text{C}$

4. Đặt các điều kiện cách nhiệt

- * Solution > Define Loads > Apply > Thermal > Convection > On Lines

- * Chọn mặt trên của vật khối

- * Nhập một giá trị VALI là 0. Điều này sẽ khử được sự đối lưu nhiệt xuyên qua các bề mặt, khi đó mô hình chung thành một bức tường cản nhiệt.



Hình 2.7. Tạo lưới trong bài toán truyền nhiệt và đối lưu nhiệt

5. Giải bài toán

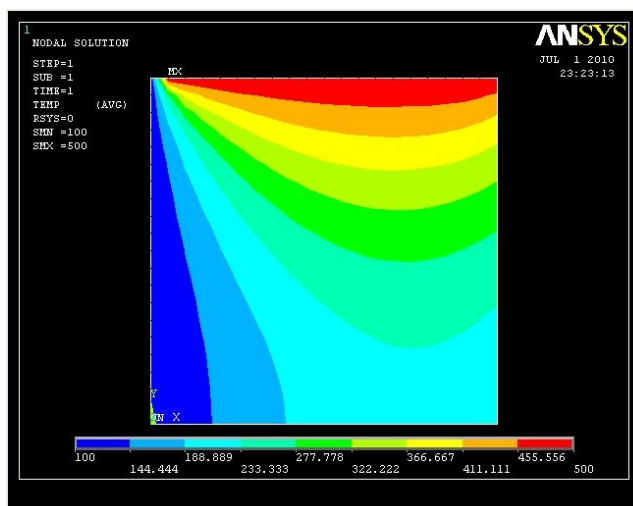
Solution > Solve > Current

LS SOLVE

2.2.2.3. Hậu xử lý: Quan sát kết quả

Plot Temperature

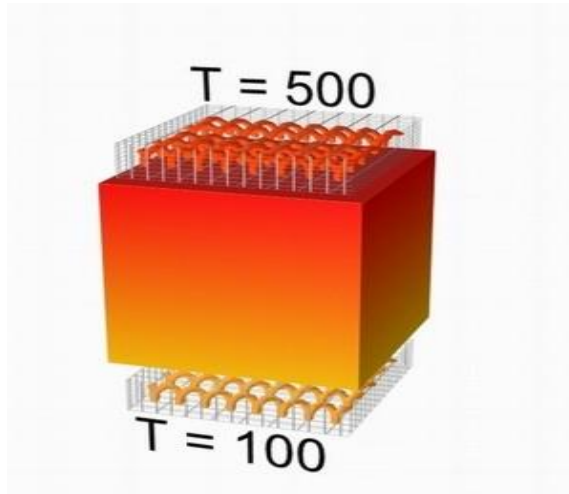
General Postproc > Plot Results > Contour Plot > Nodal Solu ...> DOF solution, Temperature TEMP



Hình 2.8. Miền nhiệt của vật rắn có sự truyền nhiệt và đối lưu nhiệt

2.2.3. Bài toán phân tích truyền nhiệt quá độ

Chúng ta hoàn toàn có thể giải quyết các vấn đề phân tích truyền nhiệt quá độ bằng phần mềm ANSYS. Mô hình nhiệt được quan sát trong hình 2.9. Hệ số dẫn nhiệt K của vật liệu là $5 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ và vật khối là dài vô hạn. Trọng lượng riêng của vật liệu là 920 kg/m^3 và nhiệt dung (C) là $2040 \text{ KJ/kg}^{\circ}\text{K}$.



Hình 2.9. Mô hình vật rắn chịu tải nhiệt quá độ

2.2.3.1. Tiền xử lý: Định nghĩa các phần tử

1. Ghi tên cho bài toán

Utility Menu > File > Change Title...

/Title, Transient Thermal Conduction

2. Mở menu tiền xử lý

ANSYS Main Menu > Preprocessor

/PREP7

3. Mô hình hóa hình học

Preprocessor > Modeling > Create > Areas > Rectangle > By 2 Corners

X= 0, Y= 0, Width= 1, Height= 1

BLC4, 0, 0, 1, 1

4. Khai báo kiểu phần tử

Preprocessor > Element Type > Add/Edit/Delete...> click 'Add' > Select Thermal Mass

Solid, Quad 4Node 55

ET,1,PLANE55

Trong bài toán này, ta sử dụng phần tử PLANE55 (Thermal Solid, Quad 4 node 55).
Phần tử này có 4 điểm nút và mỗi nút có nhiệt độ riêng biệt.

5. Đặc tính vật liệu của phần tử

Preprocessor > Material Props > Material Models > Thermal > Conductivity > Isotropic
> KXX = 5 (Thermal conductivity)

MP,KXX,1,10

Preprocessor> Material Props > Material Models > Thermal> Specific Heat > C = 2.04

MP,C,1,2.04

Preprocessor > Material Props > Material Models > Thermal > Density > DENS = 920

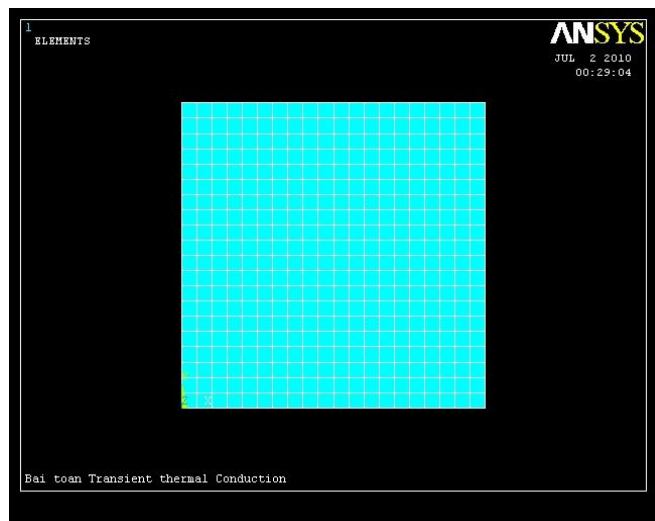
MP,DENS,1,920

6. Kích thước lưới

Preprocessor> Meshing > Size Cntrls > ManualSize > Areas > All Areas > 0.05
AESIZE,ALL,0.05

7. Tạo lưới

Preprocessor > Meshing > Mesh > Areas > Free > Pick All AMESH,ALL



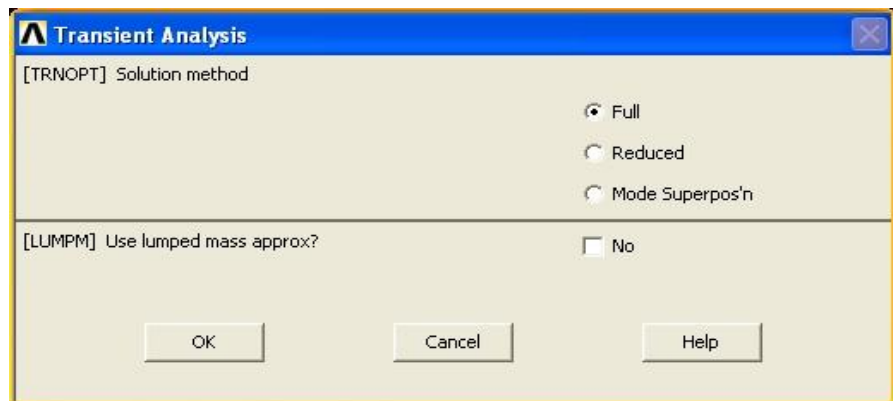
Hình 2.10: Tạo lưới cho bài toán truyền nhiệt quá độ

2.2.3.2. Đặt tải nhiệt và giải bài toán

1. Khai báo kiểu phân tích

Solution > Analysis Type > New Analysis > Transient

ANTYPE,4

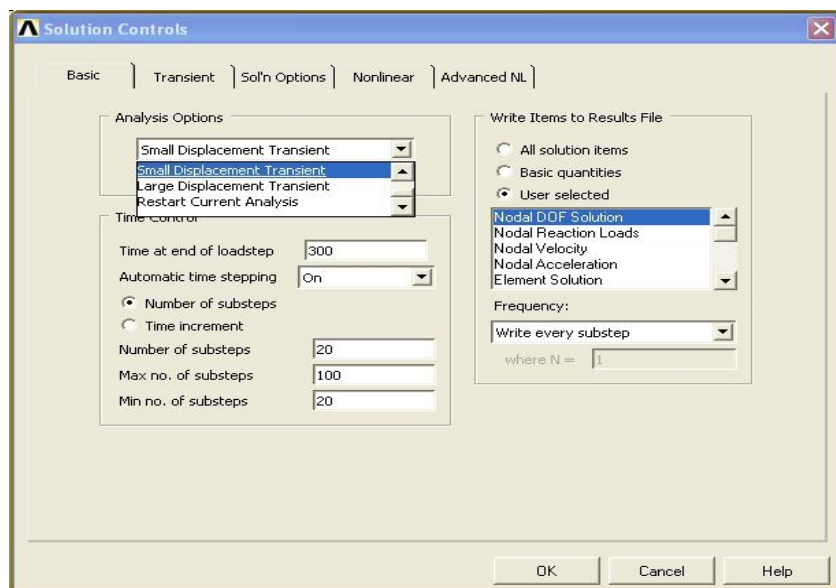


Hình 2.11: Phương pháp phân tích bài toán

2. Thiết lập chế độ điều khiển

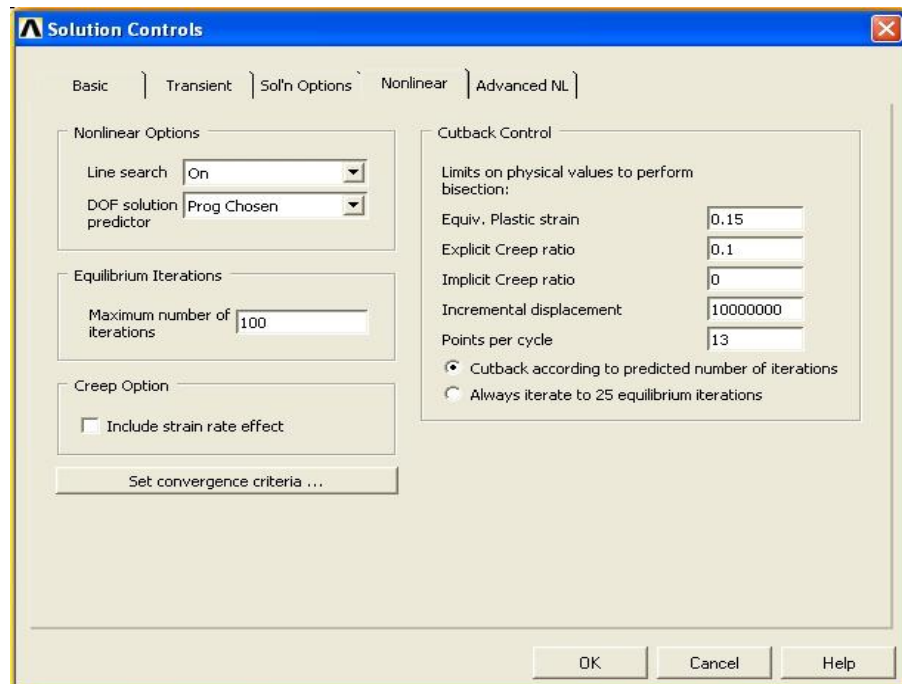
Solution > Analysis Type > Sol'n Controls

Khi đó xuất hiện cửa sổ thoại sau:



Hình 2.12: Chọn chế độ điều khiển phân tích

Chọn và ghi các thông số như trong hình 2.12 và 2.13.



Hình 2.13. Chọn các chế độ phân tích

Mô tả đầy đủ về các lựa chọn như trong hình 2.11; 2.12; 2.13 có thể tham khảo các tập tin trợ giúp. Về cơ bản, thời gian đặt tải cuối phân tích trong bao lâu phụ thuộc vào các bước đặt tải. Bằng cách viết dữ liệu cho từng bước thực hiện, ta có thể chạy mô phỏng động theo thời gian và các tùy chọn khác giúp vấn đề hội tụ được nhanh chóng.

3. Những vấn đề khi đặt tải nhiệt

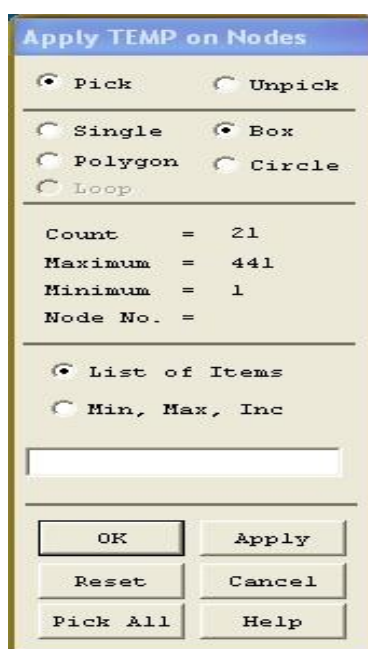
Đối với các vấn đề truyền nhiệt, những khó khăn có thể là nhiệt độ, dòng nhiệt, đối lưu nhiệt, truyền nhiệt, bản chất nguồn nhiệt hoặc bức xạ. Trong bài toán này, 2 mặt của vật khối được đặt tải nhiệt và hai mặt còn lại cách nhiệt.

* Solution > Define Loads > Apply

Chú ý rằng các chọn lựa về phân tích cấu trúc không được chọn. Điều này được thực hiện khi định nghĩa phần tử chọn cho bài toán là PLANE 55.

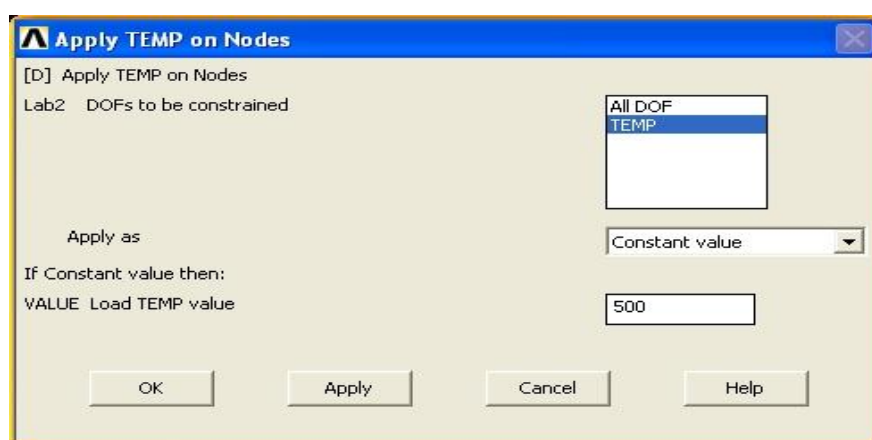
* Thermal > Temperature > On Nodes

* Chọn Box để chọn các điểm nút của đường thẳng trên cùng của vật khối, sau đó chọn OK.



Hình 2.14. Đặt tải nhiệt cho các điểm nút trên vật khối

Sau đó, cửa sổ thoại sau sẽ xuất hiện



Hình 2.15. Đặt tải nhiệt cho các điểm nút

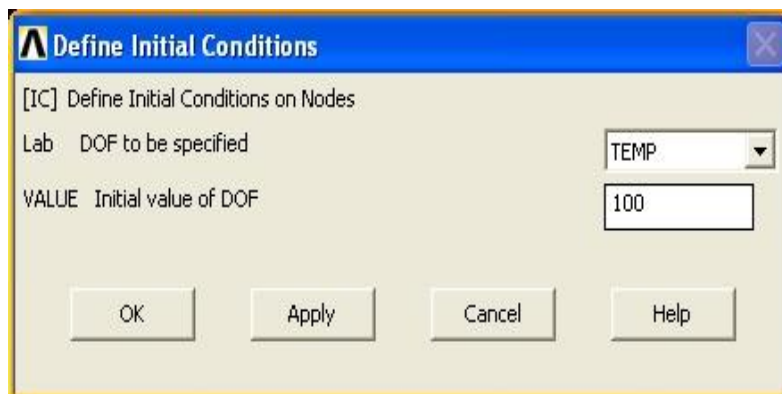
* Điền vào cửa sổ giá trị nhiệt cho các điểm nút trên đường thẳng trên cùng của vật khối giá trị nhiệt là 500 K.

* Thực hiện tương tự cho các điểm nút trên đường thẳng dưới cùng của vật khối giá trị nhiệt là 100 K

4. Thiết lập điều kiện ban đầu

Solution > Define Loads > Apply > Initial Condit'n > Define > Pick All

Điền vào trong cửa sổ IC sau các giá trị nhiệt độ ban đầu của vật liệu là 100 K



Hình 2.16. Định nghĩa các điều kiện nhiệt độ ban đầu của vật liệu

5. Giải bài toán

Solution > Solve > Current

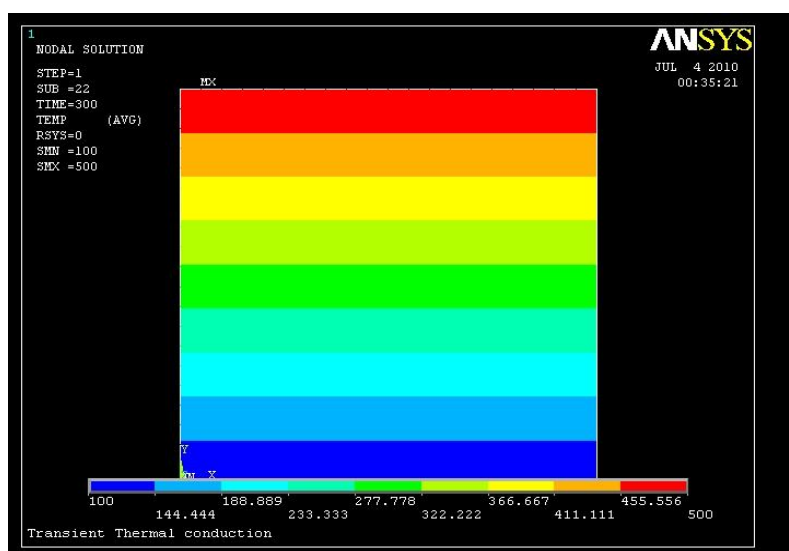
LS SOLVE

2.2.3.3. Hậu xử lý: Quan sát kết quả

1. Kết quả khi sử dụng ANSYS

Plot Temperature

General Postproc > Plot Results > Contour Plot > Nodal Solu ...> DOF solution, Temperature TEMP



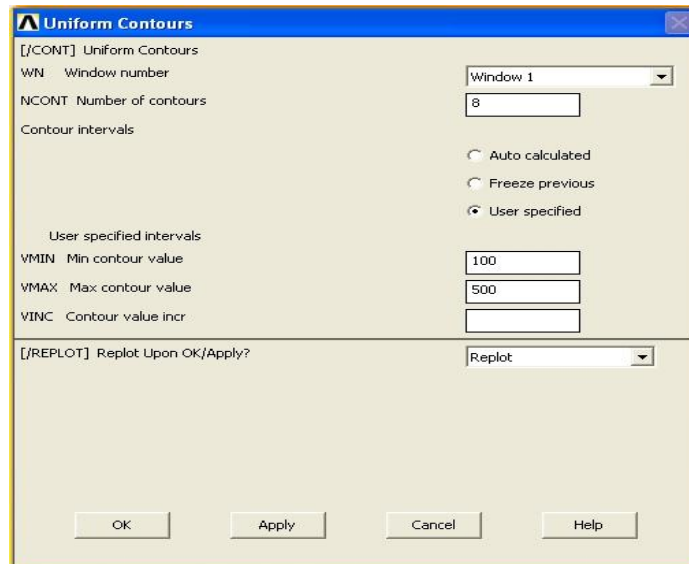
Hình 2.17. Kết quả mô phỏng bài toán truyền nhiệt quá độ bằng ANSYS

Kết quả mô phỏng theo thời gian

* Trước hết, chọn dạng contour.

Utility Menu > PlotCtrls > Style > Contours > Uniform Contours...

Điền vào cửa sổ sau, với 8 contour, thấp nhất là 100 đến 500.

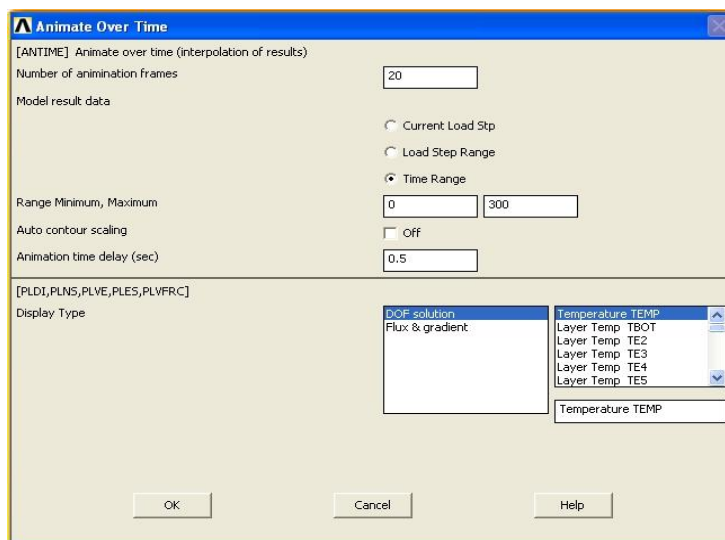


Hình 2.18. Định dạng contour

* Sau đó, nhập các dữ liệu mô phỏng động

Utility Menu > PlotCtrls > Animate > Over Time...

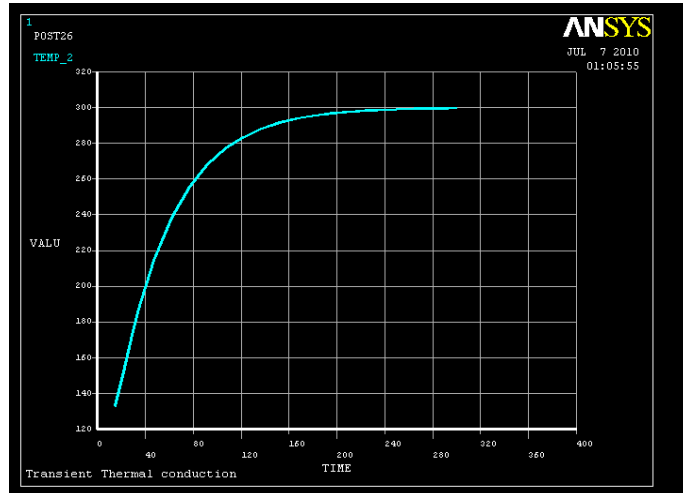
Điền vào cửa sổ sau với các tham biến như trong hình vẽ 2.19.



Hình 2.19. Thiết lập các tham biến mô phỏng theo thời gian

Chúng ta có thể quan sát được sự biến thiên nhiệt độ theo thời gian. Các dòng nhiệt ở mức cao đến mức thấp đều được mô tả. Tuy nhiên, chúng ta cũng có thể chỉ ra nhiệt độ đạt

trạng thái cân bằng trong khoảng 20 giây. Dưới đây là biểu đồ phân tích bằng ANSYS mối quan hệ giữa nhiệt độ và thời gian đối với trung tâm của vật khối. Như quan sát thấy, các đường cong thực là như nhau, điều này chứng minh được hiệu lực mô phỏng của ANSYS.

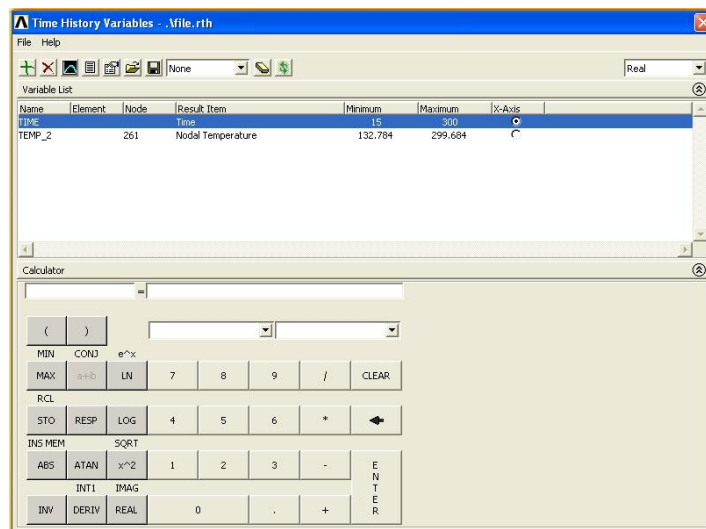


Hình 2.20. Biểu đồ quan hệ giữa nhiệt độ và thời gian ở trung tâm vật khối


2. Quan sát kết quả dưới dạng biểu đồ

a. Thiết lập biểu đồ quan hệ nhiệt độ và thời gian

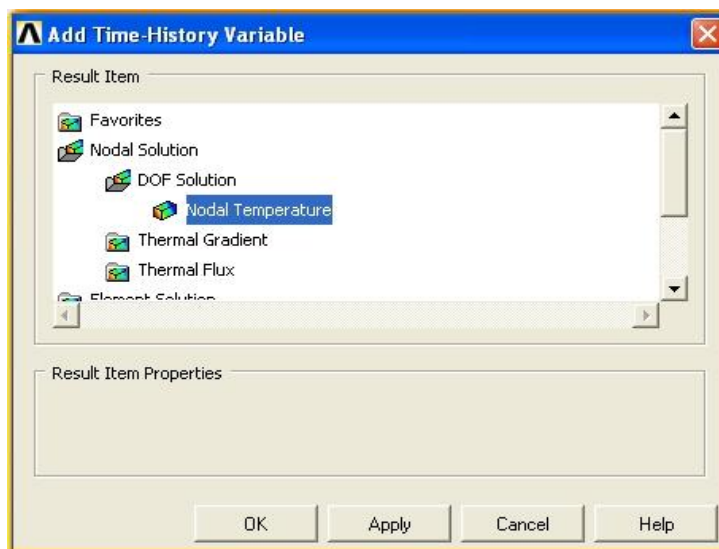
* Chọn Main Menu > TimeHist Postpro. Cửa sổ sau sẽ tự động mở ra.



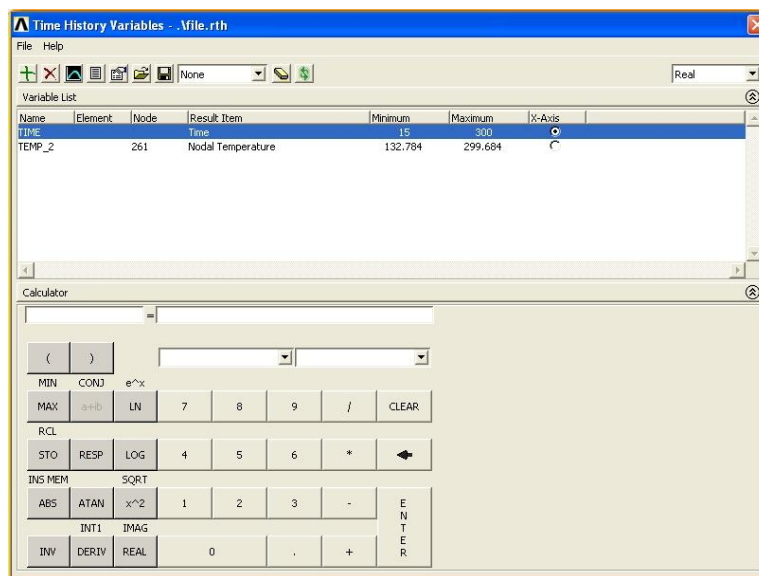
Hình 2.21. Thiết lập thời gian tại tâm vật khối

* Chọn nút  ở góc trên của cửa sổ.

* Chọn Nodal Solution > DOF Solution > Temperature và kích OK. Kích vào giữa của vật khối trên lưới đã tạo ra, điểm nút 261 và kích OK.



Hình 2.22. Chọn biến thời gian cho điểm nút tâm của vật khối
Biến thời gian sẽ được hiện ra như trong cửa sổ sau:



Hình 2.23. Thiết lập biến thời gian cho tâm vật khối

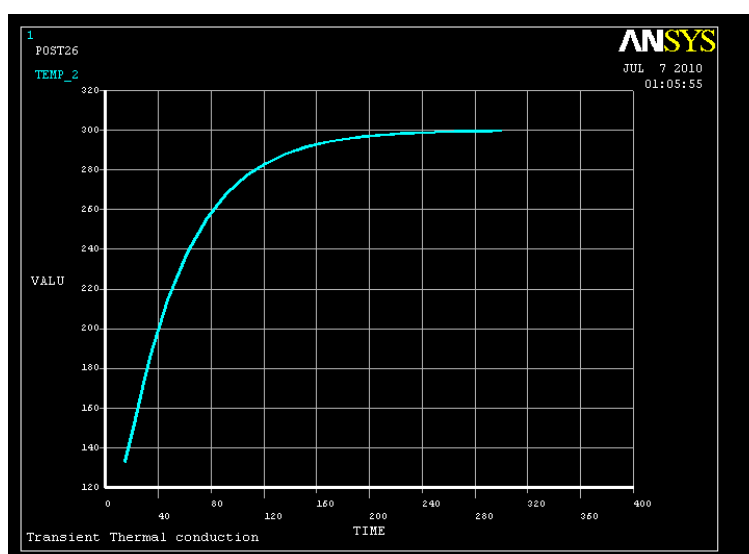
b. Biểu đồ kết quả theo thời gian

* Tham biến TEM_2 trong cửa sổ Time History Variable hiện sáng.

* Kích vào biểu tượng graph  trong cửa sổ Time History Variable.

* Chúng ta có thể thay đổi các trục của biểu đồ theo ý muốn, thực hiện như sau: Utility

Menu > Plot Ctrls > Style > Graphs > Modify Axes



Hình 2.24. Biểu đồ quan hệ giữa nhiệt độ và thời gian ở trung tâm vật khối

Sự biến thiên trong biểu đồ phải phù hợp với biến thiên nhiệt mà bài toán đặt ra. Một vài nguyên nhân làm cho bài toán không hội tụ. Để bài toán được hội tụ có thể thực hiện các biện pháp sau: Giảm kích thước các mắt lưới hoặc tăng số lượng các bước phân tích. Kinh nghiệm cho thấy, tăng các mắt lưới ít được sử dụng. Do vậy, người ta đã tăng số lượng các bước phân tích từ 2 ÷ 30 bước. Điều này sẽ làm tăng thời gian tính toán.

2.3. Kết luận chương 2

1. ANSYS là một trong nhiều chương trình phần mềm công nghiệp, sử dụng phương pháp Phần tử hữu hạn để phân tích, giải các bài toán vật lý - cơ học. Nhờ ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn, các bài toán kỹ thuật về cơ, nhiệt, thủy khí, điện từ, sau khi mô hình hoá và xây dựng mô hình toán học, cho phép giải chúng với các điều kiện biên cụ thể với số bậc tự do lớn.

2. Trong các bài toán truyền nhiệt trong cơ khí, phần mềm ANSYS đã giải quyết triệt để các vấn đề mà bài toán đặt ra. Do vậy, có thể ứng dụng phần mềm này để nghiên cứu về nhiệt cắt trong quá trình mài.

3. Hiện nay, các nghiên cứu về nhiệt trong quá trình mài bằng đá mài CBN chưa nhiều, tại Việt Nam thì chưa có công trình nào được công bố. Để sử dụng đá mài CBN một cách hiệu quả cần có nhiều nghiên cứu hơn nữa về vấn đề này.

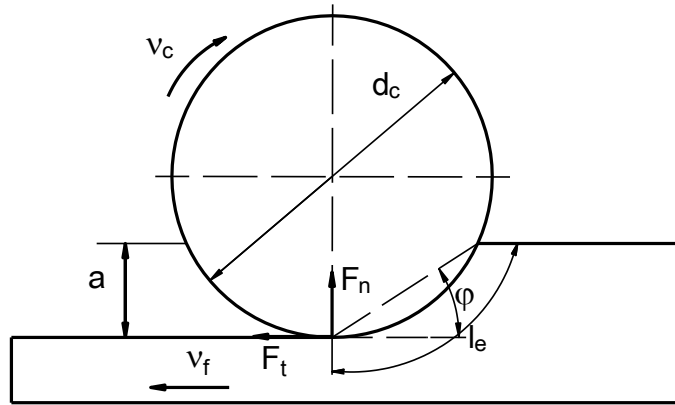
Chương 3

TÍNH TOÁN VÀ MÔ PHỎNG PHÂN BỐ NHIỆT CẮT KHI MÀI PHẪNG

3.1. Xây dựng mô hình tính nhiệt khi mài phẳng

3.1.1. Động học quá trình mài

Để dự đoán chính xác nhiệt độ mài bằng cách sử dụng các mô hình nhiệt động phải nghiên cứu động học quá trình mài. Hình 3.1 cho thấy rõ các thông số của sơ đồ động học quá trình mài.



Hình 3.1. Sơ đồ động học quá trình mài phẳng

Đá mài với đường kính d_c quay với vận tốc v_c , phôi chuyển động với vận tốc v_f , chiều sâu cắt a , chuyển động cắt tạo ra các lực tiếp tuyến F_t , lực pháp tuyến F_n và công suất mài có ích P . Chiều dài cung tiếp xúc l_e phụ thuộc vào cả động học và sự tiếp xúc cơ học của quá trình mài. Nếu sự biến dạng của đá và phôi trong quá trình mài được bỏ qua thì thông lượng nhiệt đi vào vùng mài sẽ tập trung và kết quả đo sẽ được đánh giá cao. Như vậy, sơ đồ động học trong quá trình mài (Marinescu et al, 2004) được sử dụng để tính toán chiều dài cung tiếp xúc trong quá trình mài.

$$l_e = \sqrt{\frac{8R_r^2 P d_c}{\pi \mu E^* v_c a_p} + a d_c} \quad (3.1)$$

Trong đó, R_r là hệ số độ nhám bề mặt xác định bởi hệ số của nhám trên chiều dài cung tiếp xúc (Marinescu et al, 2004) và μ là hệ số lực được xác định bởi:

$$\mu = \frac{F_t}{F_n} \quad (3.2)$$

Và E^* là modun đàn hồi tương đương của đá mài và phôi được xác định như sau:

$$\frac{1}{E^*} = \frac{1-\nu_f^2}{E_f} + \frac{1-\nu_c^2}{E_c} \quad (3.3)$$

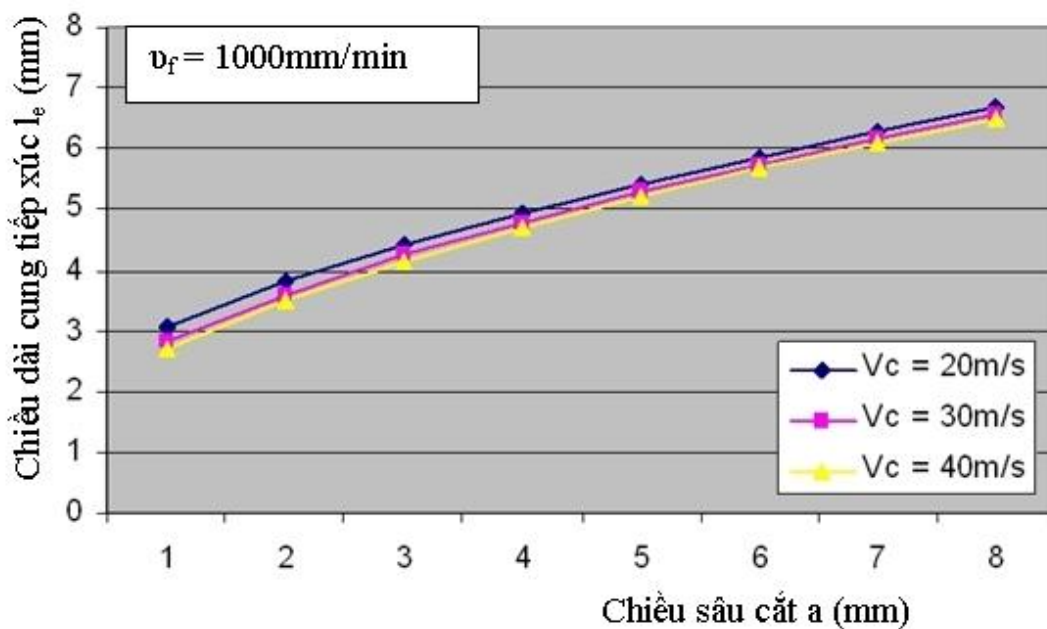
Trong đó:

ν - Hệ số Poisson

E_f - Modun đàn hồi của phôi.

E_c - Modun đàn hồi của đá mài.

Phương trình 3.1 cho thấy, chiều dài cung tiếp xúc l_e phụ thuộc vào nhiều yếu tố như : Công suất P, chiều rộng mài a_p , đường kính đá mài và chiều sâu cắt a. Dựa vào công thức 3.1 có thể tính toán biểu diễn được mối quan hệ giữa l_e và a như ở hình 3.2.



Hình 3.2. Ảnh hưởng của chiều sâu cắt đối với chiều dài cung tiếp xúc

Từ hình 3.2 có thể thấy rõ ràng rằng khi chiều sâu cắt tăng lên thì chiều dài cung tiếp xúc cũng tăng lên. Vận tốc cắt cũng ảnh hưởng tới chiều dài cung tiếp xúc. Tuy nhiên ảnh hưởng của vận tốc cắt nhỏ hơn ảnh hưởng của chiều sâu cắt a .

Lượng bóc tách vật liệu trong một đơn vị thời gian Q được gọi là tốc độ bóc vật liệu, được xác định như sau:

$$Q = av_f a_p \quad (3.4)$$

Trong đó:

v_f – Vận tốc của chi tiết (mm/min).

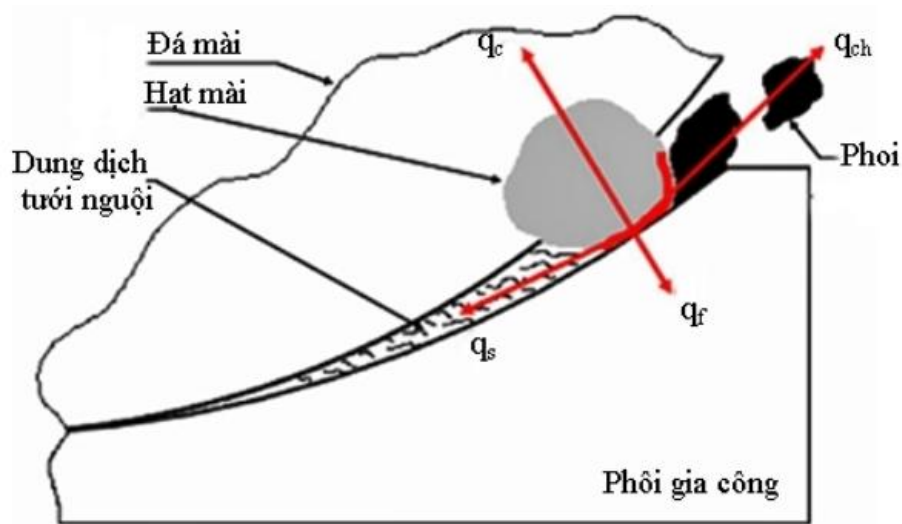
a_p – Chiều rộng mài (mm).

a – Chiều sâu cắt (mm).

Các mối quan hệ động học trong quá trình mài là những thành phần thiết yếu để hình thành nên các mô hình tính toán mô phỏng nhiệt cắt của quá trình mài một cách chính xác.

3.1.2. Xây dựng mô hình tính nhiệt trong quá trình mài phẳng

Năng lượng mài chủ yếu chuyển thành nhiệt tại vùng tiếp xúc giữa đá và chi tiết gia công.



Hình 3.3. Sơ đồ phân bố thông lượng nhiệt trong quá trình mài

Thông lượng nhiệt toàn phần q_t được phân chia đến phôi gia công là q_f và q_c là năng lượng vào đá mài, q_s là năng lượng thoát ra ngoài bởi dung dịch trơn nguội và qua phôi là q_{ch} .

Thông lượng nhiệt toàn phần là tỷ số của công suất mài có ích P cung cấp cho trực chính trên một đơn vị diện tích tiếp xúc $a_p.l_e$.

$$q_t = \frac{P}{a_p.l_e} = \frac{F_t.v_c}{a_p.l_e} \quad (3.5)$$

Trong đó:

a_p – Chiều rộng mài (mm);

l_e – Chiều dài cung tiếp xúc (mm);

F_t – Lực mài tiếp tuyến (N);

v_c – Vận tốc của đá mài (m/s)

$$q_t = q_f + q_s + q_{ch} + q_c \quad (3.6)$$

Một thông lượng nhiệt có thể được biểu thị như một hệ số đối lưu nhiệt h và một nhiệt độ T.

$$\text{Thông lượng nhiệt truyền đến phôi gia công: } q_f = h_f \cdot T_{\max} \quad (3.7)$$

$$\text{Thông lượng nhiệt truyền đến đá mài: } q_c = h_c \cdot T_{\max} \quad (3.8)$$

$$\text{Thông lượng nhiệt truyền đến dung dịch tưới nguội: } q_s = h_s \cdot T_{\max} \quad (3.9)$$

$$\text{Thông lượng nhiệt truyền đến phoi: } q_{ch} = h_{ch} \cdot T_{mp} \quad (3.10)$$

Thông lượng nhiệt truyền vào phôi có thể được biểu thị trong điều kiện nhiệt tối đa trên bề mặt tiếp xúc như:

$$q_f = \frac{\beta_f}{C} \sqrt{\frac{l_e}{v_f}} T_{\max} \quad (3.11)$$

Hệ số phôi đối lưu được suy ra là:

$$h_f = \frac{\beta_f}{C} \sqrt{\frac{v_f}{l_e}} \quad (3.12)$$

Trong đó:

C - hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc vào số tham biến Peclet có thể được tính gần đúng như sau (Rowe,2001):

Nếu $P_e > 10$ thì $C = 1.06$

$$\text{Nếu } 0.2 < P_e < 10 \text{ thì } C = \frac{0.95}{\pi} \sqrt{2\pi + \frac{P_e}{2}} \quad (3.13)$$

Nếu $P_e < 0.2$ thì $C = 0.76$

Hệ số Peclet P_e là một hệ số không thứ nguyên quan trọng được sử dụng để mô tả quá trình mài. Nó liên quan đến sự đối lưu cưỡng bức của một hệ thống để truyền nhiệt (Incropera và Dewitt, 2002) và được xác định như sau (Rowe, 2001):

$$P_e = \frac{v_f l_e}{4\alpha} \quad (3.14)$$

Trong đó: α – Hệ số khuếch tán nhiệt của phôi, được xác định theo công thức sau:

$$\alpha = \left(\frac{\lambda}{\rho \cdot c} \right)_f \quad (3.15)$$

Về cơ bản, sự đối lưu cưỡng bức của quá trình mài chính là lưu lượng khối lượng các phoi thoát ra khỏi vùng mài trong khi đó sự truyền nhiệt của quá trình mài lại là sự truyền nhiệt đến phôi và đá mài.

β_f - Hệ số đặc tính nhiệt của vật liệu.

$$\beta_f = \left(\sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} \right)_f \quad (3.16)$$

λ - Hệ số dẫn nhiệt của phôi (W/m.K);

ρ - Khối lượng riêng của phôi (Kg/m³);

c - Nhiệt dung riêng của phôi (J/kg.K);

Nhiệt phát sinh trong phoi tăng đến một giá trị nằm giữa nhiệt độ biến dạng và điểm nóng chảy. Nó có thể không cao hơn điểm nóng chảy. Do đó, nhiệt của các điểm nóng chảy T_{mp} khoảng 1250⁰C. Thông lượng nhiệt thoát ra ngoài qua phoi là:

$$q_{ch} = T_{mp} \cdot \rho \cdot c \cdot a \cdot \frac{v_f}{l_e} \quad (3.17)$$

Phôi và các hạt mài tiếp xúc có thể coi như một hệ thống con. Hệ thống này chia sẻ một thông lượng nhiệt là:

$$q_{fc} = q_f + q_c \quad (3.18)$$

Việc phân vùng nhiệt giữa phôi và đá được đánh giá bằng việc sử dụng các khái niệm Hahn của một hạt mài trượt trên phôi. Phân vùng năng lượng giữa phôi và đá được xác định như sau:

$$R_f = \frac{q_f}{q_f + q_c} = \frac{h_f}{h_f + h_c} = \left[1 + \frac{0.97k_g}{\beta_f \sqrt{r_0 \cdot v_c}} \right]^{-1} \quad (3.19)$$

Trong đó:

k_g - Hệ số dẫn nhiệt của các hạt mài;

r_0 - Hệ số ảnh hưởng của sự mài mòn bán kính của các hạt mài.

Do vậy, hệ số nhiệt đối lưu nhiệt của đá mài tính theo công thức sau:

$$h_c = h_f \left[\frac{1}{R_f} - 1 \right] \quad (3.20)$$

Nhiệt độ tối đa T_{\max} trong vùng mài có thể được ước tính từ các giá trị của hệ số đối lưu tính theo các công thức trên. Do vậy, nhiệt độ tối đa T_{\max} tại vùng mài được xác định như sau:

$$T_{\max} = \frac{q_t - q_{ch}}{\frac{h_f}{R_f} + h_s} \quad (3.21)$$

Trong đó:

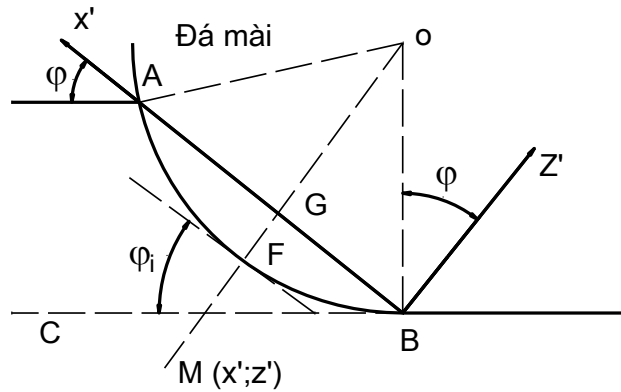
h_s - Hệ số nhiệt đối lưu của dung dịch trơn nguội.

Trong điều kiện mài khô và bôi trơn tối thiểu thì hệ số nhiệt đối lưu của dung dịch trơn nguội là không đáng kể. $h_s = 0 \div 290000 \text{ W/m}^2\text{K}$ đối với dung dịch trên nền nước. Nó phụ thuộc vào loại dung dịch và hiệu quả của việc tưới nguội. Hệ số h_s có thể được tính gần với giả thuyết theo công thức sau:

$$h_s = 0.94\beta_s \sqrt{\frac{v_c}{l_e}} \quad (3.22)$$

3.1.3. Xây dựng mô hình truyền nhiệt giữa bề mặt tiếp xúc và bề mặt sau gia công

Vùng tiếp xúc trong mài được biểu diễn như một nguồn nhiệt cung tròn, hình 3.4. Nguồn nhiệt trên bề mặt mài có thể được xem như một tập hợp của vô số các dòng nhiệt chuyển dịch được sắp đặt xung quanh một cung tròn có bán kính R, đồng thời nó cũng tạo nên một nguồn nhiệt liên tục.



Hình 3.1. Mặt phẳng cung tiếp xúc trong quá trình mài phẳng [8]

Mỗi dòng nhiệt chuyển dịch được coi là có hiệu quả theo hướng trục y dài vô hạn và vi phân đối với chiều rộng của cung tròn.

Dòng nhiệt được đặt trong một hệ tọa độ di động $x'z'$ mà nó chuyển dịch với vận tốc v_s như trong hình 3.4. Góc tiếp xúc φ biến thiên từ 0 đến 2φ , giá trị thực của φ_i là φ . Một nguồn dòng đơn, dl_i tại điểm F (x'_i, z'_i) chuyển dịch với vận tốc v . Chiều dài cung BF là l_i . Nhiệt độ tăng tại điểm M (x', z') trong phôi, chịu ảnh hưởng của nguồn nhiệt chuyển dịch với chiều rộng dl_i tại điểm F. Sự gia tăng nhiệt độ tức thời sau thời gian t có thể được phát triển từ giải pháp đối với nguồn nhiệt dịch chuyển dựa trên cách tiếp cận của Carslaw and Jaeger [15].

$$dT = \frac{q_i \cdot dl_i}{\pi \cdot \lambda} \cdot \exp\left(-\frac{(x' - x'_i)v_x + (z' - z'_i)v_z}{2 \cdot \alpha}\right) \cdot \lambda_t \left[\frac{v \cdot r_i}{2 \cdot \alpha}\right] \quad (3.24)$$

Trong đó:

$$r_i = \sqrt{(x' - x'_i)^2 + (z' - z'_i)^2} \quad (3.25)$$

$$v_x = v \cos \varphi; v_z = v \sin \varphi; \varphi_i = \frac{l_i}{R} \quad (3.26)$$

Trong đó: α - Hệ số khuếch tán nhiệt và λ –Hệ số dẫn nhiệt của phôi.

Hàm λ_t được định nghĩa như sau:

$$\lambda_t[u] = \frac{1}{2} \int_0^\infty \exp\left(-\omega - \frac{u^2}{4\omega}\right) \frac{d\omega}{\omega} - \frac{1}{2} \int_p^\infty \exp\left(-\omega - \frac{u^2}{4\omega}\right) \frac{d\omega}{\omega} \quad (3.27)$$

Trong đó:

$$\omega = \frac{v^2 \tau}{4\alpha}; \tau = t - t_i; 0 \leq t_i \leq t; \quad (3.28)$$

Và $p = \frac{v^2 t}{4\alpha}$ là giới hạn trên của biến lấy tích phân ω .

Nhiệt độ gia tăng tại điểm M (x' , z') toàn bộ chiều dài l_e , được đánh giá bằng cách tích phân phương trình 3.24 dọc theo chiều dài của nguồn nhiệt.

$$T = \frac{1}{\pi \lambda} \int_0^{l_e} q \cdot \exp\left(-\frac{(x' - x_i) \cdot v_x + (z' - z'_i) v_z}{2\alpha}\right) \cdot \lambda_t\left[\frac{v \cdot r_i}{2\alpha}\right] dl_i \quad (3.29)$$

Trong đó thông lượng nhiệt q được xác định như sau:

$$q = \bar{q} \cdot (n+1) \left(\frac{l_i}{l_e}\right)^n \quad (3.30)$$

Nếu $n = 0$ tương ứng với dòng nhiệt đồng nhất

Nếu $n = 1$ ứng với dòng nhiệt hình tam giác

\bar{q} là giá trị trung bình của thông lượng nhiệt đối với bề mặt tròn của cung AFB như trong hình 3.3.

Phương trình 3.29 có thể biểu thị dưới dạng không thứ nguyên khi đặt:

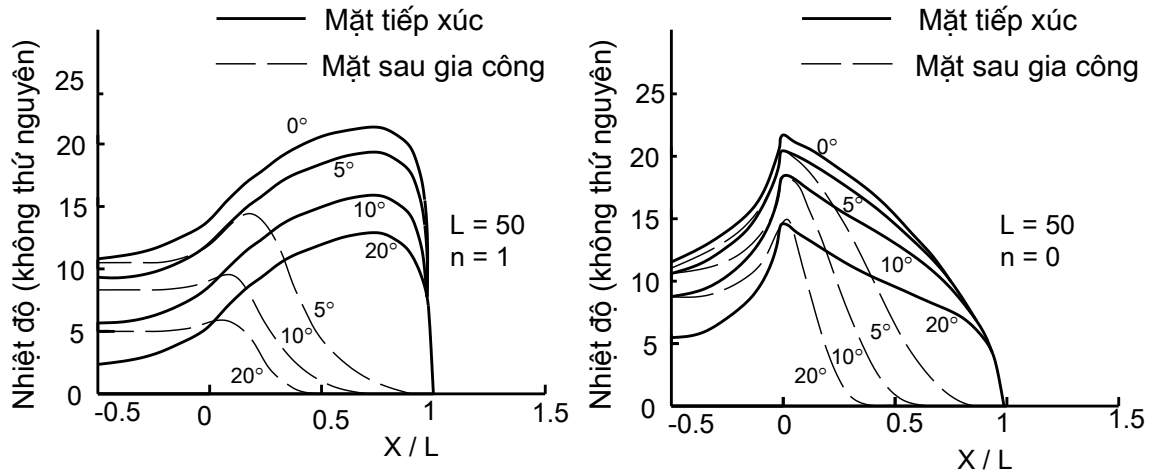
$$X = \frac{v \cdot x'}{4\alpha}; \quad Z = \frac{v \cdot z'}{4\alpha}; \quad L = \frac{v \cdot l_e}{4\alpha}$$

$$\text{Suy ra: } \bar{T} = \frac{\pi \cdot \lambda \cdot v}{2 \cdot \alpha \cdot q} \quad (3.31)$$

Phương trình 3.29 cung cấp nhiệt độ dọc theo bề mặt tiếp xúc AFB và dọc theo bề mặt sau gia công BC.

Phương trình 3.29 cũng là lời giải gần đúng, trong đó thời gian mài được giả định là tương đối ngắn. Lời giải này sẽ đạt tới giá trị ổn định khi L_p lớn hơn rất nhiều so với chiều dài cung tiếp xúc. Điều này phụ thuộc vào giá trị của số Peclet L , trong đó:

$$L = \frac{v_c \cdot a}{l_e} = \frac{p}{L} \quad (3.32)$$



Hình 3.5. Nhiệt độ tại mặt tiếp xúc và mặt sau gia công [8]

Dựa vào công thức tính toán (3.29) đến (3.31) có thể biểu diễn được trạng thái phân bố ổn định của nhiệt độ (không thứ nguyên) trong vùng mài. Dựa theo kết quả tính toán biểu diễn ở hình 3.5, có thể thấy rõ rằng với giá trị $L = 50$ thì nhiệt độ (không thứ nguyên) của cả mặt tiếp xúc và mặt không gia công đều giảm đi khi góc tiếp xúc φ tăng lên.

Hình 3.5 cũng cho thấy rõ rằng nhiệt độ tại mặt sau gia công luôn thấp hơn nhiệt độ của mặt tiếp xúc.

3.2. Mô phỏng nhiệt trong quá trình mài phẳng thép IIX15 bằng đá mài CBN

3.2.1. Vật liệu và máy thí nghiệm

3.2.1.1. Vật liệu chi tiết gia công

Vật liệu nghiên cứu là thép IIX15 nhiệt luyện đạt độ cứng HRC = 58 ÷ 60. Bảng 3.1 và 3.2 là tỷ lệ các nguyên tố (theo %) của thép IIX15 và kí hiệu mác thép tương đương với thép IIX15 của các nước.

Bảng 3.1. Tỷ lệ các nguyên tố của thép IIX15.

Tỷ lệ các nguyên tố (%)							
C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
0,95÷1,05	0,2÷0,4	0,17÷0,37	1,30÷1,65	0,3	0,25	0,2	0,27

Bảng 3.2. Thông số lý tính của thép IIX15.

$\lambda = 25\text{W/m.K}$	$\rho = 7700 \text{ kg/m}^3$	$c = 460\text{J/kg.K}$
----------------------------	------------------------------	------------------------

Bảng 3.3. Kí hiệu tương đương mác thép IIX15 của các nước.

Việt Nam (TC VN)	Nga (TC ГОСТ)	Mỹ (TC SAE)	Nhật (TC JIS)
OL 100Cr 1,5	IIX15	52100	SUJ2

Thép IIX15 được sử dụng phổ biến để chế tạo các chi tiết chính xác và chịu mài mòn như vòng bi, vít me bi, bạc, đĩa ma sát...

3.2.1.2. Đá mài

Đá mài CBN của hãng EHWA (Korea) có kí hiệu:

RB- 1A1, 250D-20T-2X-75H, SL80N100BI

Các thông số cơ bản của đá là:

RB - vật liệu hạt mài là CBN.

1A1 - kiểu đá mài.

250D - đường kính ngoài của đá mài.

20T - bề rộng của đá mài.

2X - chiều dày lớp hạt mài CBN.

75H - đường kính lỗ của đá mài.

SL - kí hiệu riêng của nhà sản xuất.

80 - độ hạt (số mắt sàng có trong một tấn Anh).

N - độ cứng của đá mài.

100 - nồng độ hạt mài (trong 1mm^3 đá mài CBN có 0,878 mg hoặc 0.00439 cara hạt mài CBN).

BI - chất dính kết là nhựa tổng hợp.

3.2.1.3. Máy thí nghiệm

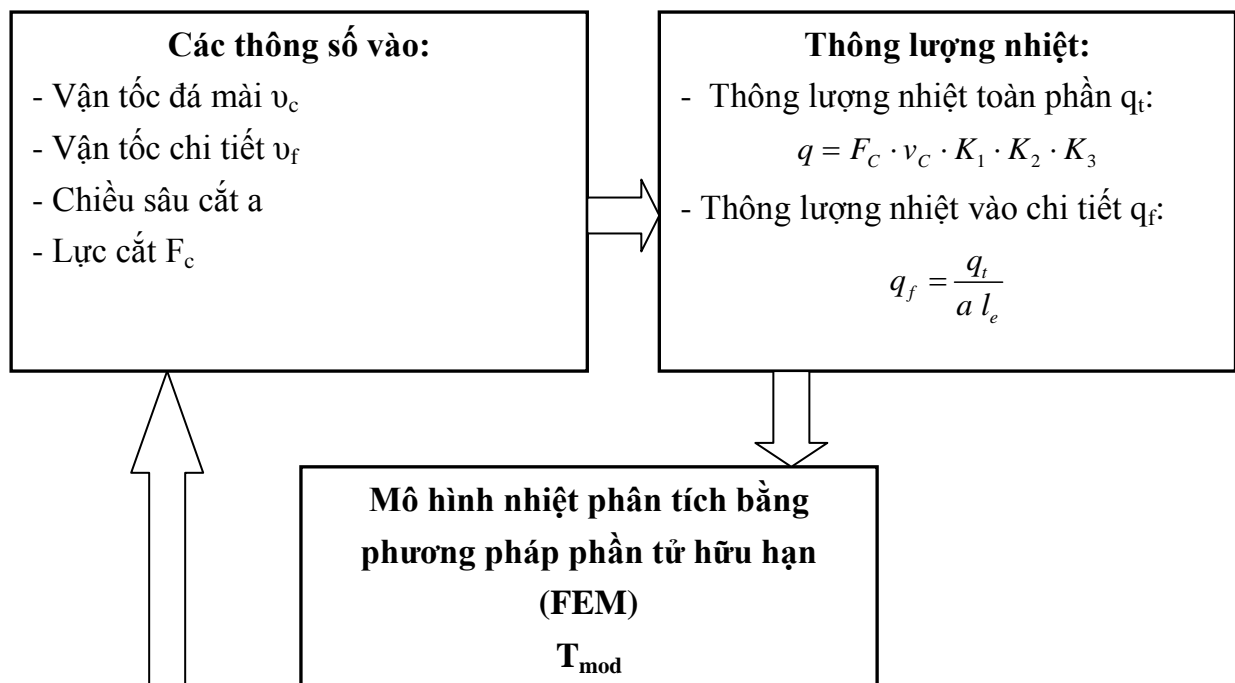
Thí nghiệm trên máy mài phẳng 3B725, các đặc tính kỹ thuật chính của máy:

- Công suất động cơ trục chính : 2,8 kw.
- Số vòng quay của trục đá mài : 2860 vòng/ph.
- Tốc độ chuyển động dọc của bàn máy : $0 \div 22$ (m/ph).
- Chạy dao ngang của bàn máy/1 hành trình dọc của bàn máy: $0,2 \div 2$ (mm).

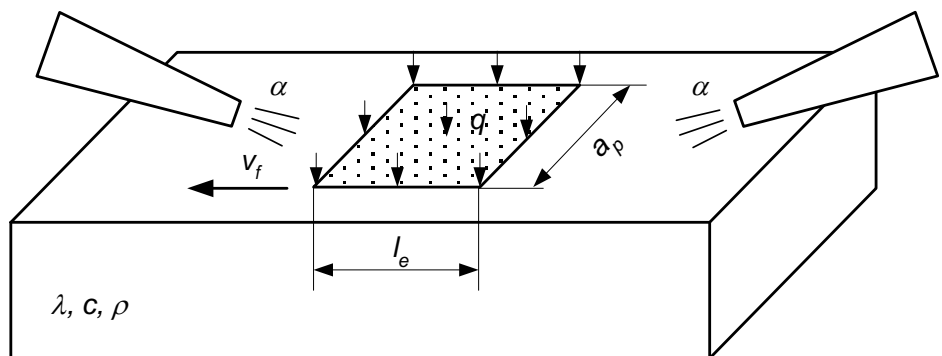
3.2.2. Mô phỏng truyền nhiệt khi mài phẳng thép IIX15 bằng đá mài CBN

Các mô hình số được sử dụng để ước tính nhiệt độ trong vùng tiếp xúc trong quá trình mài. Các thông số của mô hình nhiệt trong vùng tiếp xúc được xác định từ các mô hình truyền nhiệt trong quá trình mài, sau đó được thiết lập trong ANSYS 10.0 và cho chúng ta có một cách tiếp cận nhiệt một cách chính xác hơn.

Sơ đồ quá trình thực hiện mô phỏng được thực hiện như sau:



Mô hình chi tiết mô phỏng có kích thước 250x150x20 mm được biểu diễn như hình 3.5.



Hình 3.7. Mô hình phôi mô phỏng trên ANSYS 10.0

3.2.2.1. Thông lượng nhiệt truyền vào chi tiết gia công q_t

Theo [17] ta có thể xác định thông lượng nhiệt toàn phần q_t theo công thức sau:

$$q_t = F_c v_c K_1 K_2 K_3 \quad (3.34)$$

Trong đó:

F_c – Lực cắt (N)

v_c – Vận tốc của đá mài (m/s)

K_1 – Hệ số điều chỉnh để xác định công suất khi mài chuyển thành nhiệt, theo [17] thì $K_1=0.8$

K_2 – Hệ số phân bố nhiệt vào chi tiết gia công, theo [17] thì $K_2=0.9$

K_3 – Hệ số phân bố nhiệt vào chi tiết gia công và truyền qua phoi, được xác định theo công thức sau:

$$K_3 = \frac{1}{1 + a \sqrt{\frac{4v_f}{\pi l_e a_p}}} \quad (3.35)$$

Trong đó:

a – Chiều sâu cắt (mm)

v_f – Vận tốc của chi tiết gia công (mm/min)

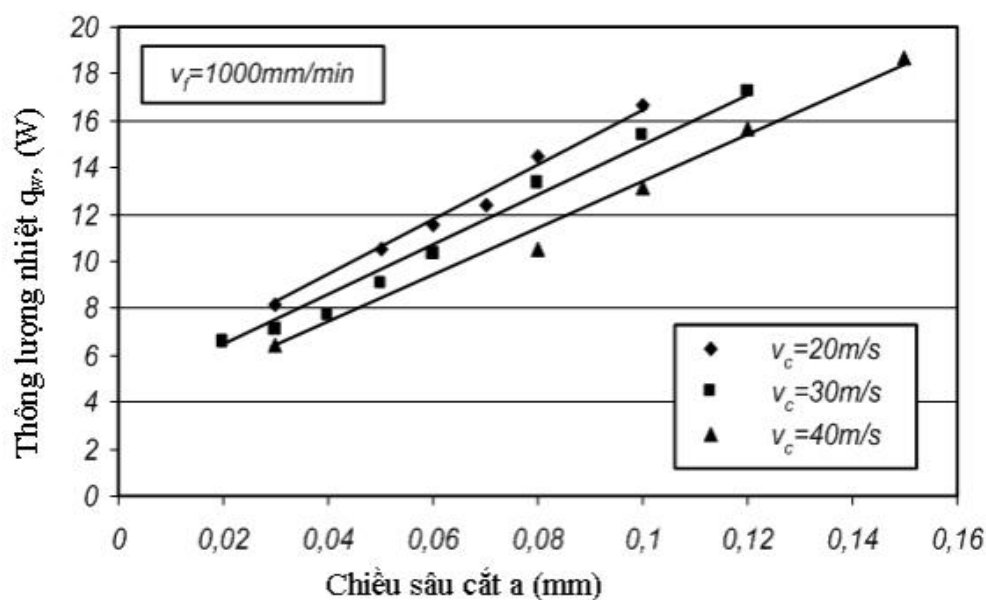
a_p – Chiều rộng khi mài (mm)

l_e – Chiều dài cung tiếp xúc khi mài, được xác định theo công thức 3.1.

Thông lượng nhiệt truyền vào chi tiết gia công được xác định theo công thức:

$$q_f = \frac{q_t}{a l_e} \quad (3.36)$$

Từ phương trình 3.36 có thể tính toán xác định được quan hệ giữa thông lượng nhiệt truyền vào chi tiết gia công ứng với các chiều sâu cắt khác nhau. Các kết quả tính toán này được thể hiện ở hình 3.7.



Hình 3.8. Mối quan hệ giữa thông lượng nhiệt và chiều sâu cắt

Hình 3.8 cho thấy khi chiều sâu cắt tăng lên thì thông lượng nhiệt truyền vào chi tiết gia công cũng tăng lên tương ứng. Hiện tượng này cũng gắn liền với sự tăng lên của lực cắt khi mài. Tuy nhiên có một điều lý thú là vận tốc cắt có tác động ngược lại lên thông lượng nhiệt. Khi vận tốc cắt tăng lên sẽ dẫn đến lực cắt giảm đi cũng như thông lượng nhiệt giảm đi. Đây cũng là cơ sở lý thuyết của mài cao tốc, giúp tăng năng suất khi mài.

3.2.2.2. Hệ số khuếch tán nhiệt của chi tiết gia công α

Hệ số khuếch tán nhiệt là một tham số để ước tính tỉ lệ truyền nhiệt giữa nguồn nhiệt và vật hấp thụ nhiệt. Hệ số này là một thông số quan trọng trong nghiên cứu truyền nhiệt nói chung và trong các nghiên cứu về nhiệt mài nói riêng. Hệ số này phụ thuộc số Reynold (Re), số Prandtl (Pr) và được xác định theo hàm Nusselt (Incropera và Dewitt, 2002):

$$\text{Hàm Nussel } Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} = \frac{-(dT/ds)}{\Delta T/d} \quad (3.37)$$

$$Nu = \frac{0.037 Re^{0.8} Pr}{1 + 2.443 Re^{-0.1} (Pr^{2/3} - 1)} \quad (3.38)$$

Khi thay các giá trị của số Pr và Re thì giá trị hàm Nussel có giá trị là

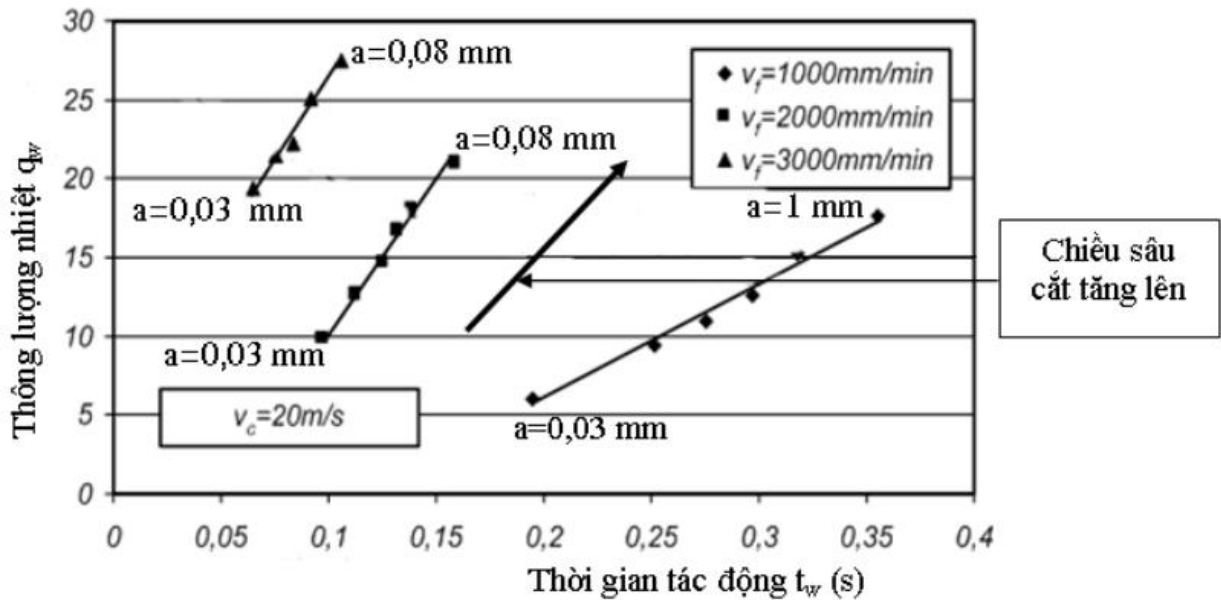
$Nu = 3645$. Thay vào công thức 3.38 ta có: $\alpha = 4775 \text{ W/m}^2 \cdot \text{s}$.

3.2.2.3. Thời gian tác động của nguồn nhiệt t_w

Thời gian tác động của nguồn nhiệt t_w cho ta thấy rõ ràng tốc độ di chuyển của thông lượng nhiệt trên chiều dài cung tiếp xúc. Xác định chính xác được tham số này cho ta xác định được thời điểm xảy ra những tổn hại về nhiệt truyền trong chi tiết gia công ứng với các thông số công nghệ khác nhau. Nó được xác định theo phương trình 3.39.

$$t_w = \frac{l_e}{v_f} \quad (3.39)$$

Kết quả tính toán thông lượng nhiệt như là một hàm của thời gian tác động, nguồn nhiệt, vận tốc chi tiết gia công v_f và chiều sâu cắt a được thể hiện ở hình 3.9.



Hình 3.9. Quan hệ giữa thông lượng nhiệt và thời gian tác động của nguồn nhiệt

tốc chi tiết gia công cũng như chiều sâu cắt tăng lên thì thông lượng nhiệt sẽ tăng lên.

- Thông lượng nhiệt chuyển di chuyển rất nhanh trong khoảng thời gian rất ngắn. Điều này rất có ý nghĩa đối với quá trình mài thực tế do mỗi loại vật liệu khi mài chỉ có thể tiếp nhận được một lượng nhiệt truyền vào nhất định trong một khoảng thời gian xác định. Mặt khác đối với mỗi vật liệu khác nhau thì đều có các nhiệt độ chuyển biến pha và khả năng hấp thụ nhiệt. Do vậy, nếu vượt quá giới hạn nói trên sẽ dẫn đến sự thay đổi cấu trúc pha austenit và gây ra những tổn hại nhiệt cho chi tiết gia công.

- Các đặc tính vật lý của vật liệu chi tiết gia công là rất quan trọng trong quá trình này như: nhiệt dung riêng, hệ số khuếch tán nhiệt, ...đảm bảo cho sự dẫn nhiệt ở các lớp vật liệu dưới lớp bề mặt tiếp xúc.

3.2.2.4. Mô phỏng quá trình truyền nhiệt

Mục tiêu của mô hình hóa quá trình truyền nhiệt ở bề mặt tiếp xúc trong quá trình mài thép IIX15, là để xác định nhiệt độ tối đa trên bề mặt tiếp xúc cũng như thông lượng nhiệt truyền xuống các lớp tiếp theo trên bề mặt chi tiết gia công, từ đó xác định khả năng xảy ra các

tổn hại về nhiệt đối với lớp bề mặt chi tiết. Xây dựng chương trình mô phỏng thực hiện theo trình tự sau:

- Mô hình hình học của chi tiết gia công có kích thước 250x150x20mm như trên hình vẽ 3.5, chọn dạng phôi đối xứng để giảm thời gian xử lý số liệu của máy tính mà vẫn đảm bảo tính chính xác của các kết quả cần đạt được.

- Các đặc tính vật lý của phôi cũng như các thành phần hóa học được chỉ ra trong bảng 3.1 và bảng 3.2.

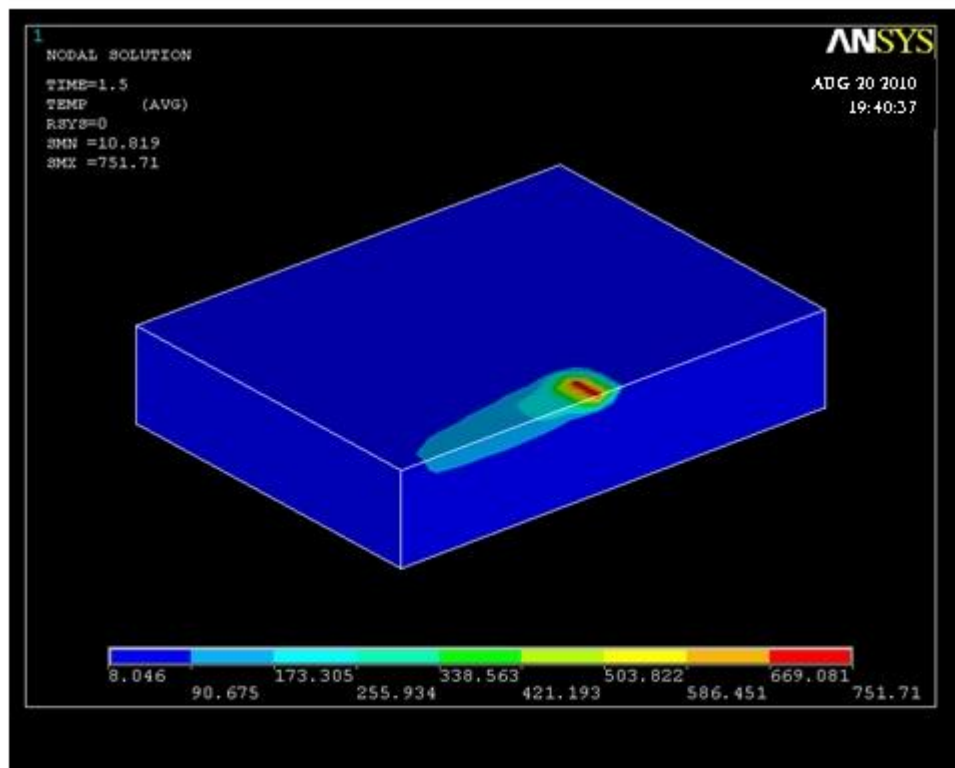
- Thiết lập dạng lưới kiểu phần tử khối SOLID90, với 20 điểm nút, phần tử nhiệt (SOLID90 – 3D, 20 Nod thermal Solid).

- Thiết đặt tải ban đầu (môi trường làm mát, nhiệt của chất làm mát...).

- Thiết lập các điều kiện biên (chiều dài cung tiếp xúc, thông lượng nhiệt vào chi tiết gia công, diện tích tiếp xúc).

- Xây dựng quy trình mô phỏng, xác định các kết quả (Các lĩnh vực nhiệt, nhiệt độ tối

đa trên bề mặt).



Khi

thực hiện

các bước

cho quá

trình mô

phỏng thì ta

nhận được

kết quả

phân bố

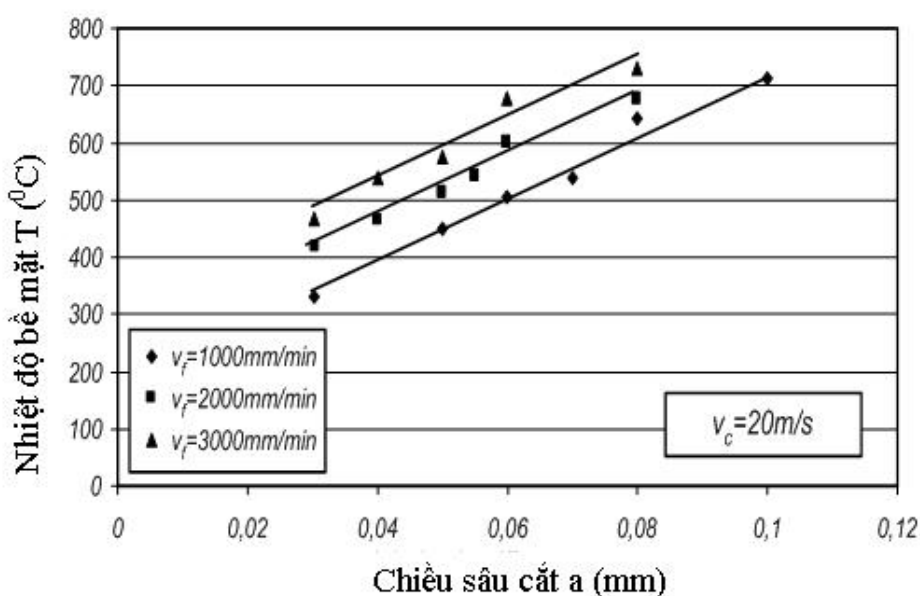
nhiệt như

trong hình

3.10.

Hình 3.10. Kết quả mô phỏng nhiệt khi mài IIIX15 bằng đá mài CBN

Từ kết quả của quá trình mô phỏng ta có thể biểu diễn được mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt với chiều sâu cắt và vận tốc chi tiết gia công như ở hình 3.11.



Hình 3.11. Mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt với chiều sâu cắt và vận tốc phôi

Qua hình vẽ 3.11 cho thấy: khi chiều sâu cắt cũng như vận tốc chi tiết gia công tăng lên thì nhiệt độ bề mặt tăng lên. Ảnh hưởng của chiều sâu cắt gắn liền với sự tăng lên của lực cắt. Ảnh hưởng của vận tốc phôi gắn liền với 2 yếu tố đó là sự tăng lên của lực cắt và thời gian tác động ngắn.

Nhiệt độ bề mặt trong quá trình mô phỏng có thể biểu diễn dưới dạng là một hàm của thông lượng nhiệt q_f và thời gian tác động t_w , được xác định theo công thức sau:

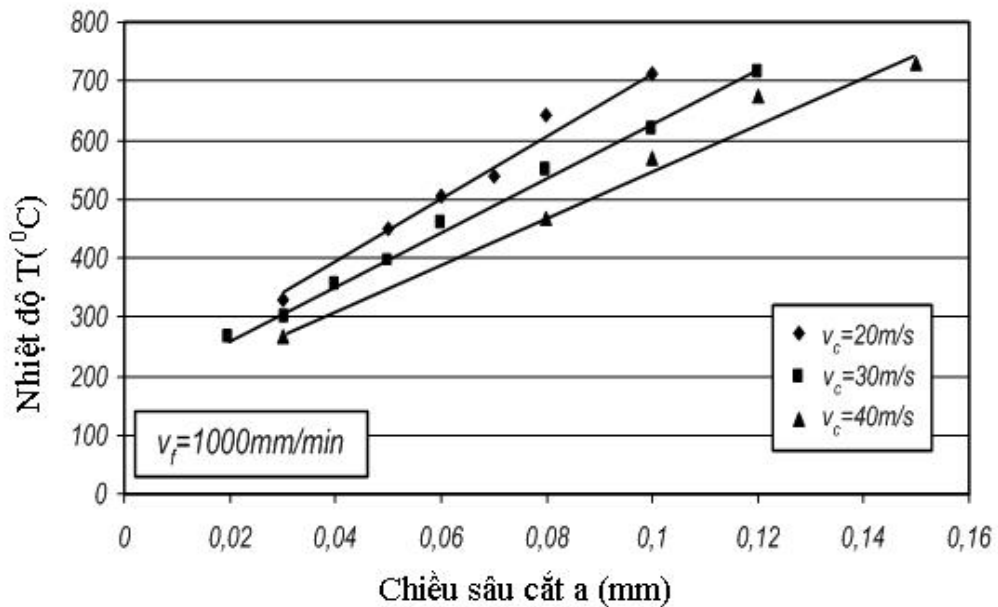
$$T_{\text{mod}} = f(q_f, t_w) = A_w q_f^{B_{w1}} t_w^{B_{w2}} \quad (3.40)$$

Trong đó, các hệ số A_w , B_{w1} , B_{w2} được xác định nhờ vào quá trình mô phỏng, kết quả xác định các hệ số này được thể hiện ở bảng sau:

A_w	B_{w1}	B_{w2}
127,67365	0,6526478	0,173

Từ kết quả xác định các hệ số này có thể thấy rõ ràng ảnh hưởng của thông lượng nhiệt lên nhiệt độ bề mặt lớn hơn ảnh hưởng của thời gian tác động lên nhiệt độ bề mặt.

Kết quả của quá trình mô phỏng cũng cho biểu diễn được mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt với chiều sâu cắt ở các vận tốc cắt khác nhau như ở hình 3.12.



Hình 3.12. Mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt với chiều sâu cắt và vận tốc cắt

Hình 3.12 cho thấy khi chiều sâu cắt tăng lên thì lực cắt tăng lên và nhiệt độ bề mặt cũng tăng lên. Trong khi đó khi vận tốc cắt tăng lên thì lực cắt giảm đi và dẫn đến nhiệt độ bề mặt giảm đi.

3.3. Kết luận chương 3

1. Đã xây dựng được mô hình tính thông lượng nhiệt trong quá trình mài phẳng. Mô hình cho phép đánh giá mức độ ảnh hưởng của các thông số công nghệ cũng như các đặc tính vật lý của vật liệu đá mài, phôi và dung dịch tron nguội đến thông lượng nhiệt trong quá trình mài.

2. Đã xây dựng được mô hình toán xác định được thông lượng nhiệt trên bề mặt tiếp xúc truyền đến bề mặt sau gia công và là cơ sở để xác định khả năng truyền nhiệt của vật liệu gia công trong quá trình mài phẳng. Mô hình này làm cơ sở cho quá trình mô phỏng truyền nhiệt khi sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn bằng phần mềm ANSYS 10.0.

3. Mô phỏng được sự truyền nhiệt khi mài thép IIX15 bằng đá mài CBN bằng phần mềm ANSYS 10.0. Đánh giá được ảnh hưởng của tốc độ cắt, vận tốc phôi và chiều sâu cắt đến

hiệu độ bề mặt của chi tiết khi mài. Đây là các kết quả rất quan trọng nó giúp cho tối ưu hóa quá trình mài thông qua việc điều khiển các thông số của quá trình mài .

KẾT LUẬN CHUNG

1. Nhiệt cắt trong quá trình mài làm ảnh hưởng tới chất lượng bề mặt chi tiết gia công như làm thay đổi ứng suất dư, gây cháy nứt, thay đổi cấu trúc tế vi lớp bề mặt...

2. Các thông số công nghệ đều ảnh hưởng tới nhiệt cắt trong quá trình mài với mức độ khác nhau trong đó chiều sâu cắt và vận tốc cắt có ảnh hưởng lớn nhất. Như vậy, trong quá trình mài cần đặc biệt ưu tiên điều chỉnh các thông số này.

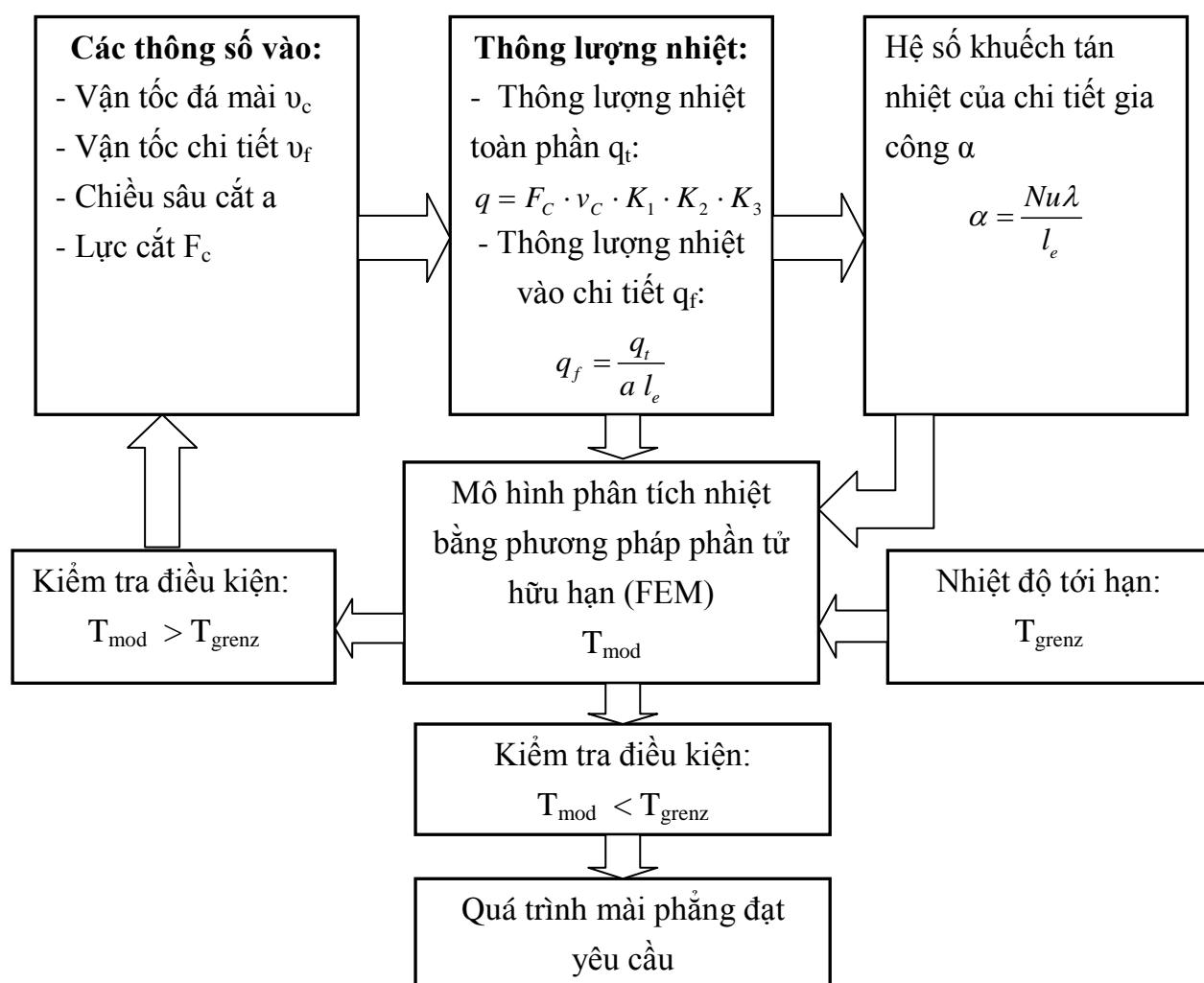
3. Các mô hình toán để mô phỏng quá trình truyền nhiệt trong quá trình mài phẳng cũng được đề cập. Mô hình này là cơ sở cho để nghiên cứu về nhiệt cắt trong các quá trình mài khác như mài tròn ngoài....

4. Xây dựng chương trình mô phỏng nhiệt trong quá trình mài cho phép đánh giá được những vùng nhiệt và là cơ sở để điều khiển quá trình mài để hạn chế những tổn hại về nhiệt đối với bề mặt chi tiết gia công. Nó kết hợp với các nghiên cứu thực nghiệm về nhiệt mài để cho ta những hiểu biết hoàn thiện hơn về tổn hại nhiệt trong quá trình mài.

*** Hướng nghiên cứu tiếp theo:**

1. Có thể đi sâu nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến nhiệt cắt trong quá trình mài nói chung cũng như trong mài phẳng nói riêng. Từ đó tối ưu hoá các thông số này về nhiệt trong quá trình mài, tránh hiện tượng cháy bề mặt khi mài.

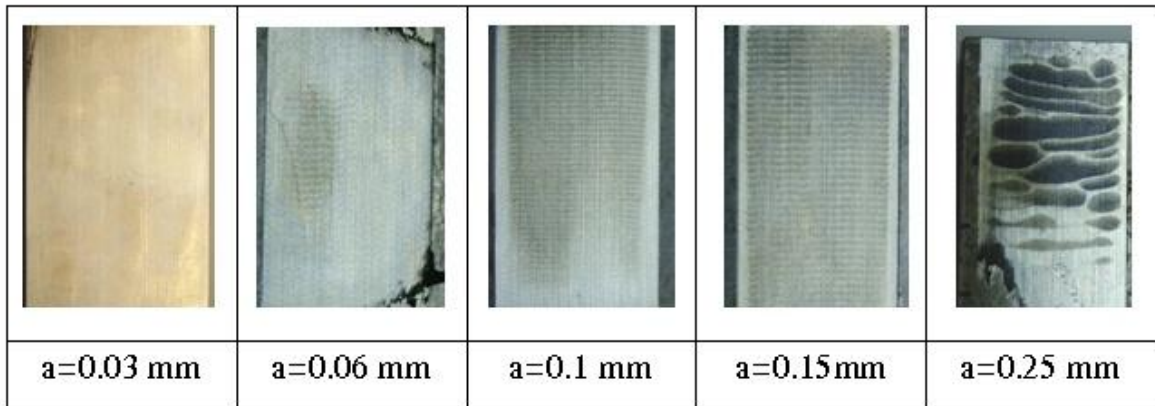
2. Đề tài này có thể phát triển thêm theo hướng xây dựng một mô hình mài an toàn nhiệt tránh hiện tượng cháy bề mặt như ở hình 3.13.



Hình 3.13. Sơ đồ mô hình hóa quá trình mài phẳng

Thông qua thực nghiệm có thể xác định được nhiệt độ tới hạn T_{grenz} mà khi nhiệt độ bề mặt chi tiết khi mài lớn hơn nhiệt độ này sẽ xảy ra hiện tượng cháy bề mặt như ở hình 3.1.4.

Khi nhập nhiệt độ tới hạn này vào chương trình mô phỏng nhiệt khi mài có thể xác định



Hình 3.14. Ảnh hưởng nhiệt đến chất lượng bề mặt chi tiết gia công [14]
($v_f = 2000\text{mm/min}$; $v_c = 30\text{m/s}$)

hiện tượng cháy bề mặt khi mài.

được
miền
các
thông số
công
nghệ an
toàn
đảm bảo
không
xảy ra

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Văn Địch, Nguyễn Trọng Bình, Nguyễn Thế Đạt, và các tác giả (2003), *Công nghệ chế tạo máy* - NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
2. Ngô Cường (2007), “*Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến một vài thông số đặc trưng cho quá trình cắt khi mài tinh thép IIIX15 và X12M bằng Đá mài Hải Dương trên máy mài tròn ngoài*” Luận án tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.
3. Nguyễn Thị Linh (2009), “*Nghiên cứu chất lượng bề mặt gia công khi mài thép SUJ2 bằng đá mài CBN trên máy mài phẳng*” Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Kỹ thuật Công Nghiệp Thái Nguyên.
4. Trần Minh Đức (2001), *Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ khi sửa đá đến tuổi bền của đá mài khi mài tròn ngoài*, Luận án tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.
5. Nguyễn Văn Tính (1978), *Kỹ thuật mài*, NXB Công nhân kỹ thuật, Hà Nội.
6. Đinh Bá Trụ , Hoàng Văn lợi (2003) “*Hướng dẫn sử dụng ANSYS Phần I, II, III*”, Học viện Kỹ thuật Quân Sự.

7. Hoàng Dương Hùng (2004) *Giáo trình Đo lường nhiệt*, Trường Đại Học Đà Nẵng., Đà Nẵng.
8. A.D. Batako*, W.B. Rowe, M.N. Morgan (2005), “*Temperature measurement in high efficiency deep grinding*”, Liverpool John Moores University, pp.1231-1240
9. H.K. Tonshoff, T. Freimuth, J.C. Becker (2002), “*Process monitoring in grinding*”, Institute of Production Engineering and Machine Tools, University of Hannover, Germany, pp. 1–21.
10. C.E. Black, W.B. Rowe, B. Mills, H.S. Qi (1994) “*Experimental energy partitioning in grinding*”, University of Udine, Italy, pp. 94 – 97.
11. D. Anderson, A. Warkentin, R. Bauer (2008), “*Experimental validation of numerical thermal models for dry grinding*”, Department of Mechanical Engineering, Dalhousie University, Nova Scotia, Canada, pp. 269 - 278.
12. I.M. Walton_, D.J. Stephenson, A. Baldwin (2005), “*The measurement of grinding temperatures at high specific material removal rates*”, School of Industrial and Manufacturing Science, Cranfield University, Cranfield, Bedfordshire, UK, pp. 1617 – 1625.
13. D. Anderson, A. Warkentin, R. Bauer (2008), “*Comparison of numerically and analytically predicted contact temperatures in shallow and deep dry grinding with infrared measurements*”, Department of Mechanical Engineering, Dalhousie University, Canada, pp. 320-328
14. Tan Jin *, W. Brian Rowe, David McCormack (2002), “*Temperatures in deep grinding of finite workpieces*”, School of Engineering, Liverpool John Moores University, Liverpool, UK, pp. 53-59
15. Hoffmeister, H.W., Illenseer, S., Weber, T. (2000), “*Qualitätssicherung smaßnahmen beim Schleifen. Sensorik und Simulation optimieren Fertigungsprozess*”. VDI-Z Integrierte Produktion, pp. 34-36.
16. Weber, T., Hoffmeister, H.W (1997), “*Wärmephysikalische Vorgänge und ihre Simulation beim Schleifen* „, Schleifen, Honen, Läppen und Polieren, Verfahren und Maschinen, pp. 2-12.

17. Meiljboom, L.H.M (1979), *“Erhöhung der Wirtschaftlichkeit beim Wälzschleifen durch Verbesserung des Zahnspanvorganges* „, Dissertation, RWTH Aachen, 1979.