

TS. NGUYỄN THẾ NINH

**PHÂN TÍCH TRUYỀN NHIỆT HÀN
VÀ ỨNG DỤNG**

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA – HÀ NỘI

MỤC LỤC

MỤC LỤC	1
GIỚI THIỆU VỀ CUỐN SÁCH VÀ TÁC GIẢ.....	1
LỜI NÓI ĐẦU.....	3
CHƯƠNG 1. CÁC QUÁ TRÌNH HÀN VÀ NGUỒN NHIỆT HÀN	5
1.1 GIỚI THIỆU.....	5
1.2 TÓM TẮT MỘT SỐ QUÁ TRÌNH HÀN CƠ BẢN.....	6
1.3 NHẬP MÔN HỒ QUANG HÀN.....	26
1.4 GIỚI THIỆU CÁC NGUỒN NHIỆT HÀN.....	30
1.5 KẾT LUẬN.....	41
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	42
CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH	43
2.1 GIỚI THIỆU.....	43
2.2 CƠ SỞ GIẢI CÁC PHƯƠNG TRÌNH TRUYỀN NHIỆT.....	43
2.3 PHƯƠNG PHÁP XẾP CHỖNG NGHIỆM CỦA CÁC NGUỒN NHIỆT ĐIỂM.....	54
2.4 KẾT LUẬN.....	56
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	56
CHƯƠNG 3. NGHIỆM GIẢI TÍCH CHO CÁC BÀI TOÁN NGUỒN NHIỆT CƠ BẢN	57
3.1 GIỚI THIỆU.....	57
3.2 NGUỒN NHIỆT ĐIỂM TRONG VẬT LỚN VÔ HẠN.....	57
3.3 NGUỒN NHIỆT DƯỜNG TRONG VẬT THỂ LỚN VÔ HẠN.....	61
3.4 NGUỒN NHIỆT MẶT PHẪNG TRONG VẬT THỂ VÔ HẠN.....	63
3.5 NGUỒN NHIỆT MẶT PHẪNG.....	64
3.6 NGUỒN NHIỆT DẠNG ĐĨA TRÒN TRÊN VẬT BÀN VÔ HẠN.....	67
3.7 NGUỒN NHIỆT DẠNG MẶT TRỤ TRONG VẬT THỂ VÔ HẠN.....	68
3.8 NGUỒN NHIỆT DẠNG MẶT CẦU TRONG VẬT VÔ HẠN.....	68
3.9 NGUỒN NHIỆT DẠNG KHỐI TRỤ TRONG VẬT THỂ VÔ HẠN.....	69
3.10 KẾT LUẬN.....	70
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	70
CHƯƠNG 4. NGHIỆM GIẢI TÍCH ĐỐI VỚI CÁC TRƯỜNG HỢP NGUỒN NHIỆT HAI CHIỀU PHÂN BỐ GAUXƠ	72
4.1 GIỚI THIỆU.....	72
4.2 NGUỒN NHIỆT PHẪNG TRONG VẬT THỂ BÀN VÔ HẠN.....	72
4.3 NGUỒN NHIỆT PHẪNG PHÂN BỐ GAUXƠ TRONG TÂM DÂY.....	79
4.4 KẾT LUẬN.....	83
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	83
CHƯƠNG 5. NGHIỆM GIẢI TÍCH CHO CÁC NGUỒN NHIỆT DẠNG KHỐI CẦU	84
5.1 GIỚI THIỆU.....	84
5.2 NGUỒN NHIỆT KHỐI CẦU TRONG VẬT THỂ BÀN VÔ HẠN.....	84
5.3 NGUỒN NHIỆT KHỐI CẦU TRONG TÂM DÂY.....	87
5.4 NGUỒN NHIỆT KHỐI CẦU TRONG VẬT HÌNH TRỤ.....	89
5.5 KẾT LUẬN.....	95
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	96
CHƯƠNG 6. NGHIỆM GIẢI TÍCH CHO NGUỒN NHIỆT CÓ MẬT ĐỘ NHIỆT NĂNG PHÂN BỐ DẠNG ELIPSOID ĐƠN	97
6.1 GIỚI THIỆU.....	97

6.2 NGUỒN NHIỆT ELIPSOID ĐƠN TRONG VẬT THỂ BÀN VÔ HẠN	98
6.3 NGUỒN NHIỆT ELIPSOID ĐƠN TRONG TÂM DÂY CÓ KÍCH THƯỚC HỮU HẠN.....	105
6.4 NGUỒN NHIỆT ELIPSOID LẠI TRONG LIÊN KẾT CÁC TÂM CHỮA MÔI HẠN GÓC.....	112
6.5 NGHIỆM GIẢI TÍCH CHO TRƯỜNG HỢP NGUỒN NHIỆT ELIPSOID ĐƠN TRONG VẬT THỂ DẠNG KHỐI TRỤ	121
6.6 NGUỒN NHIỆT ELIPSOID ĐƠN TRONG VẬT DẠNG KHỐI CẦU ĐẶC	129
6.7 NGUỒN NHIỆT ELIPSOID ĐƠN TRONG VẬT DẠNG KHỐI CÔN ĐẶC	136
6.8 KẾT LUẬN.....	144
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	145
CHƯƠNG 7. NGHIỆM GIẢI TÍCH CHO NGUỒN NHIỆT CÓ MẬT ĐỘ NHIỆT NĂNG DẠNG ELIPSOID KÉP.....	146
7.1 GIỚI THIỆU	146
7.2 NGUỒN NHIỆT ELLIPSOID KÉP TRONG VẬT BÀN VÔ HẠN	146
7.3 NGUỒN NHIỆT ELIPSOID KÉP TRONG TÂM DÂY CÓ KÍCH THƯỚC HỮU HẠN	149
7.4 NGUỒN NHIỆT ELIPSOID KÉP LẠI TRONG LIÊN KẾT CÁC TÂM CHỮA MÔI HẠN GÓC.....	153
7.5 NGHIỆM GIẢI TÍCH NGUỒN NHIỆT ELLIPSOID KÉP TRONG VẬT THỂ KHỐI TRỤ.....	158
7.6 NGHIỆM GIẢI TÍCH NGUỒN NHIỆT ELIPSOID KÉP TRONG VẬT THỂ KHỐI CẦU.....	161
7.7 NGUỒN NHIỆT ELIPSOID KÉP TRONG VẬT DẠNG KHỐI CÔN.....	166
7.8 NGUỒN NHIỆT ELIPSOID KÉP LẠI TRONG VẬT THỂ BÀN VÔ HẠN	170
7.8 KẾT LUẬN.....	174
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	175
CHƯƠNG 8. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH NGUỒN NHIỆT KHỐI TRONG MÔ PHÒNG HÌNH DẠNG VÙNG HẠN.....	176
8.1 GIỚI THIỆU	176
8.2 MẪU VÀ VẬT LIỆU THÍ NGHIỆM	177
8.3 PHÂN BỐ TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ CHUYỂN TIẾP	179
8.4 MÔ PHÒNG HÌNH DẠNG VÙNG HẠN	181
8.5 MÔ HÌNH ĐƠN GIẢN CHO TÍNH TOÁN HÌNH DẠNG VÙNG HẠN	194
8.6 KẾT LUẬN.....	199
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	199
CHƯƠNG 9. ỨNG SUẤT VÀ BIẾN DẠNG NHIỆT	201
9.1 GIỚI THIỆU	201
9.2 PHƯƠNG TRÌNH TỔNG QUÁT MÔ TẢ ỨNG SUẤT NHIỆT	202
9.3 ỨNG SUẤT NHIỆT TRONG VẬT LỚN VÔ HẠN	205
9.4 ỨNG SUẤT NHIỆT TRONG TÂM MỒNG.....	206
9.5 ỨNG SUẤT NHIỆT TRONG TÂM DÀY.....	210
9.6 ỨNG SUẤT NHIỆT TRONG DÂY HẠN	212
9.7 ỨNG SUẤT NHIỆT TRONG VẬT CÓ DẠNG KHỐI CẦU ĐẶC	214
9.8 BIẾN DẠNG HẠN	217
9.9 KẾT LUẬN.....	226
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	226
CHƯƠNG 10. MÔ HÌNH HÓA ỨNG SUẤT DƯ TRONG LIÊN KẾT HẠN.....	228
10.1 GIỚI THIỆU	228
10.2 ỨNG SUẤT DƯ CHO TRƯỜNG HỢP HẠN ĐÁP LÊN BỀ MẶT TÂM	231
10.3 ỨNG SUẤT DƯ TRONG LIÊN KẾT GẮN HẠN NHIỀU LỚP	235
10.4 KẾT LUẬN.....	239
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	239
CHƯƠNG 11. MÔ HÌNH HÓA TÓ CHỨC TẾ VI MÔI HẠN NÓNG CHẤY.....	242
11.1 GIỚI THIỆU	242
11.2 NHIỆT ĐỘ TỐI ĐA	248
11.3 TỐC ĐỘ NGUỘI.....	249
11.4 THỜI GIAN NGUỘI ΔT_{g5}	249

11.5 CHIỀU RỘNG VÙNG ANH HƯỞNG NHIỆT	250
11.6 THỜI GIAN LƯU KIM LOẠI TẠI NHIỆT ĐỘ AUSTENIT HÓA ΔT_v	251
11.7 MÔ HÌNH HÓA SỰ TĂNG KÍCH THUỐC HẠT	252
11.8 GIẢN ĐỒ TỶ LỆ THỂ TÍCH PHA	256
11.9 ĐỘ CỨNG VÀ ĐỘ BỀN CỦA VẬT LIỆU TRONG VÙNG ANH HƯỞNG NHIỆT	257
11.10 KẾT LUẬN	260
TÀI LIỆU THAM KHẢO	260
PHỤ LỤC A – CÁC TÍNH CHẤT LÝ NHIỆT CỦA MỘT SỐ KIM LOẠI – HỢP KIM	262
TÀI LIỆU THAM KHẢO	262
PHỤ LỤC B – HÀM SAI SỐ	263
TÀI LIỆU THAM KHẢO	263
PHỤ LỤC C – MỘT VÀI CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN FORTRAN	264
1. GIỚI THIỆU	264
2. THUẬT TOÁN CHO HAI CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN TRÊN MÁY VI TÍNH	265
TÀI LIỆU THAM KHẢO	271
PHỤ LỤC D – WHEATSIM – PHẦN MỀM MÔ PHỎNG NHIỆT HÀN	272
1. CÁC DANH MỤC ẮN SAU FILE:	272
2. CÁC DANH MỤC ẮN SAU INPUT:	273
3. CÁC DANH MỤC ẮN SAU HEAT SOURCE:	273
4. CÁC DANH MỤC ẮN SAU RUN OPTION:	274
5. CÁC DANH MỤC ẮN SAU PLOT OPTION:	279
6. CÁC DANH MỤC ẮN SAU ANIMATION:	279
7. CÁC DANH MỤC ẮN SAU HELP:	280
TÀI LIỆU THAM KHẢO	281

GIỚI THIỆU VỀ CUỐN SÁCH VÀ TÁC GIẢ

Hầu hết các quá trình hàn đều liên quan đến nhiệt và biến thiên nhiệt độ trong vật hàn. Việc nghiên cứu trường nhiệt độ hàn và đưa ra các nghiệm khả thi cho những bài toán hàn khác nhau luôn là vấn đề mà giới nghiên cứu quan tâm trong hơn 60 năm qua. Trường nhiệt độ hàn có ảnh hưởng quyết định đến một loạt đặc tính kỹ thuật khác của liên kết hàn (mối hàn) như: khả năng xuất hiện ứng suất dư và biến dạng dư hàn, hình dạng và kích thước mối hàn, cấu trúc kim loại của mối hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt, v.v. Những yếu tố đó đều ảnh hưởng tới chất lượng sản phẩm hàn cũng như khả năng vận hành của chúng trong điều kiện thực tế. Do tính chất của vật liệu được hàn thay đổi theo sự biến thiên nhiệt độ và do đặc điểm phức tạp của các nguồn nhiệt hàn, các quá trình trao đổi nhiệt và vật chất khi hàn, các mô hình tính toán trường nhiệt hàn thường tìm cách đơn giản hóa một số tính chất hoặc điều kiện biên, điều kiện ban đầu của bài toán.

Cho đến nay, đã có rất nhiều nghiệm cho bài toán phân tích nhiệt hàn được công bố trên các tạp chí chuyên ngành. Nhưng phần lớn những nghiệm này chủ yếu giới hạn ở dạng hai chiều (2D). Thêm vào đó, chúng thường được công bố tản mạn trên các nguồn tạp chí, tài liệu khoa học khác nhau và vẫn chưa được tổng hợp lại một cách ngắn gọn và dễ hiểu trong bất cứ một quyển sách chuyên khảo nào để độc giả từ nhiều thành phần khác nhau như sinh viên, kỹ sư, các nhà nghiên cứu hoặc nghiên cứu sinh có thể dùng để tham khảo và sử dụng một cách thuận lợi cho công việc của mình.

Để góp phần khắc phục sự thiếu hụt nói trên, cuốn sách này giới thiệu các nghiệm giải tích của nhiều nguồn nhiệt tĩnh cũng như động trong các vật thể bán vô hạn, tấm dày, mỏng, trong liên kết hàn, trong vật thể hình trụ, hình cầu và hình nón, cho mô phỏng vùng hàn trong vật thể hình trụ, hình cầu và hình nón cùng với ứng dụng các nghiệm này cho mô phỏng vùng hàn, ứng suất biến dạng hàn, mô phỏng cấu trúc tế vi kim loại các vùng ảnh hưởng nhiệt, đặc biệt đối với các nguồn nhiệt 3 chiều (3D) ở trạng thái tĩnh và chuyển động đều.

Cuốn sách này bao gồm 11 chương và 4 phụ lục. Chương đầu giới thiệu tổng quan về quá trình hàn, các nguồn nhiệt hàn và những nghiệm của chúng đã được công bố trước đây. Chương 2 giới thiệu một số phương pháp tính toán có thể dùng để giải các bài toán nguồn nhiệt hàn mà sẽ được giới thiệu ở các chương tiếp theo. Chương 3 và 4 dành tập trung để giới thiệu nghiệm giải tích các nguồn nhiệt một chiều, hai chiều và nguồn nhiệt phân bố dạng Gauxơ hai chiều (2D). Chương 5 giới thiệu quá trình giải các nguồn nhiệt hình cầu trong vật thể bán vô hạn, tấm dày, tấm hàn góc, hình trụ, hình cầu và hình nón. Các phương trình nguồn nhiệt và biến thiên trường nhiệt độ theo thời gian được biểu thị trong hệ tọa độ cực đối với trường hợp nguồn nhiệt hình cầu trong các vật hàn hình trụ, hình cầu và hình nón. Nghiệm giải tích cho nguồn nhiệt khối elipsoid đơn và kép trong các vật thể bán vô hạn, hữu hạn, tấm dày, tấm hàn góc, hình trụ, hình cầu và hình nón cũng được giới thiệu trong các chương 6 và chương 7. Từ chương 8 đến 11 giới thiệu ứng dụng nguồn nhiệt hàn khối elipsoid kép trong việc mô hình hóa các vùng hàn, ứng suất biến dạng hàn và mô hình hóa cấu trúc tế vi kim loại vùng ảnh hưởng nhiệt hàn. Các bài toán tính toán ứng dụng cụ thể minh họa cho sự tiện lợi của việc dùng các nghiệm giải tích của

tích của nguồn nhiệt trong phân tích nhiệt cho các kết cấu hàn cũng được giới thiệu trong chương này.

Cuốn sách được viết chủ yếu dành cho độc giả là sinh viên cơ khí, sinh viên chuyên ngành hàn tại các trường đại học, cao đẳng kỹ thuật, các sinh viên cao học, các kỹ sư cơ khí, xây dựng đang công tác làm việc trong các lĩnh vực có liên quan đến hàn các kết cấu kim loại trong các ngành năng lượng, hoá chất, dầu khí, đóng tàu và lắp đặt máy móc thiết bị nói chung. Đặc biệt đối với các nhà nghiên cứu giải quyết các vấn đề có liên quan đến ứng suất biến dạng kết cấu hàn, thiết kế các kết cấu hàn hoặc mô hình hoá cấu trúc tế vi kim loại vùng ảnh hưởng nhiệt hàn, nghiên cứu lập trình tự động hoá và tối ưu hoá các chu trình hàn hoặc các vấn đề khác liên quan thì cuốn sách này có thể chính là một trong những cuốn cẩm nang không thể bỏ qua. Ngoài ra, sách này sẽ có thể là một cuốn sách tham khảo rất hữu ích cho các kỹ sư phần mềm ứng dụng trong công nghệ hàn dùng để mô phỏng các quá trình hàn, ứng suất biến dạng hàn, cấu trúc tế vi kim loại hàn cũng như các hệ thống điều khiển robot hàn trong công nghiệp sản xuất tự động hoá.

Đĩa CD kèm theo sách gồm một phần mềm mang tên *WHEATSIM (Weld HEAT SIMulation)* do tác giả viết bằng Visual Basics nhằm giới thiệu tới độc giả qua mô phỏng hình họa các nghiệm của nhiều nguồn nhiệt khác nhau và ứng dụng của chúng để tính toán trường nhiệt độ trong các tấm hàn kích thước hữu hạn với thông số hàn tùy chọn khác nhau. Một số chương trình Fortran do tác giả viết để phục vụ cho tính toán sẽ được nhà xuất bản cung cấp cho của độc giả.

Đây cũng là lần đầu tiên, một cuốn sách chuyên khảo có giá trị về hàn do một chuyên gia Việt Nam viết được dịch ra tiếng Việt và xuất bản ở trong nước. Tác giả, tiến sĩ Nguyễn Thế Ninh tốt nghiệp kỹ sư chuyên ngành công nghệ hàn năm 1985 tại Đại học Kỹ thuật Slovakia (Tiệp Khắc cũ), tham gia giảng dạy tại Bộ môn Hàn và công nghệ kim loại, Đại học Bách khoa Hà Nội từ 1985 đến 1990, tốt nghiệp Thạc sĩ năm 1993 tại Viện công nghệ châu Á (AIT), tốt nghiệp Tiến sĩ tại Đại học Adelaide, Australia năm 1996. Tác giả đã làm nghiên cứu sau bậc tiến sĩ tại Viện Khoa học Vật Liệu Quốc Gia Nhật Bản, và Đại học Sydney, Australia.

Hiện nay tác giả là chuyên gia chính của công ty HRL Technology, Australia trong lĩnh vực đánh giá tuổi thọ và khả năng làm việc của các kết cấu vận hành trong điều kiện chịu tải phức tạp ở nhiệt độ cao, đặc biệt là các kết cấu nhà máy nhiệt điện. Tác giả đã có hơn 50 công trình công bố tại các hội nghị quốc tế và trên các tạp chí chuyên ngành có uy tín như *Welding Journal* của Hội hàn Hoa Kỳ (AWS), *Journal of Society of Materials Science of Japan* (Nhật Bản), *Welding in the World* của Viện Hàn Quốc tế (IIW), *Journal of Materials Processing Technology* (Elsevier Science). Năm 1999, tác giả đã được trao tặng giải thưởng cho bài báo nghiên cứu khoa học hay nhất năm 1999 về mặt công trình nghiên cứu khoa học có nhiều sáng tạo và ứng dụng cho lĩnh vực hàng hải mang tên "*Arsham Amerikian Memorial Maritime Welding*" tại hội nghị và triển lãm các sản phẩm hàn toàn quốc hàng năm của hiệp hội hàn Hoa Kỳ tổ chức tại Chicago, Hoa Kỳ năm 2000.

PGS.TS. Nguyễn Thúc Hà
Trưởng Bộ môn Hàn và Công nghệ Kim loại
Đại học Bách khoa Hà Nội

