

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

Chu Ngọc Hùng

**NGHIÊN CỨU KHOAN LỖ NHỎ VÀ SÂU TRÊN HỢP KIM
NHÔM CÓ TRỢ GIÚP CỦA RUNG ĐỘNG SIÊU ÂM**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Cơ khí

Mã Số: 9 52 01 03

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

PGS.TS. Nguyễn Văn Dự

THÁI NGUYÊN – NĂM 2019

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan nội dung luận án là công trình nghiên cứu của riêng tôi dưới sự hướng dẫn khoa học của PGS.TS Nguyễn Văn Dự. Những kết quả nghiên cứu được trình bày trong luận án (trừ những nội dung được trích dẫn) là hoàn toàn do bản thân tự nghiên cứu, không sao chép của bất kỳ ai hay nguồn nào.

Thái Nguyên, ngày 20 tháng 09 năm 2019

Tác giả luận án

Chu Ngọc Hùng

LỜI CẢM ƠN

Luận án này có thể chưa bao giờ được hoàn thành nếu không có sự hướng dẫn và trợ giúp của PGS.TS Nguyễn Văn Dự. Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn về tất cả sự giúp đỡ của Thầy dành cho tôi trong suốt thời gian qua.

Tôi xin gửi lời cảm ơn đến PGS.TS Trần Minh Đức, người đầu tiên mà tôi đã học được cơ khí là gì, người đã luôn dành sự quan tâm và cho tôi những lời khuyên trong suốt quá trình tôi thực hiện luận án này. Tôi cũng xin gửi lời cảm ơn đến PGS.TS Phan Quang Thế, vì sự quan tâm đặc biệt của Thầy dành cho tôi, người đã truyền cảm hứng cho tôi trong suốt quá trình học tập. Tôi không thể quên gửi lời cảm ơn đến GS.TS Nguyễn Đăng Bình, người đã định hướng cho tôi trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu. Tôi xin gửi lời cảm ơn đến TS Nguyễn Tiến Hưng, người đã giúp đỡ tôi bất cứ khi nào tôi cần. Tôi xin gửi lời cảm ơn đến PGS.TS Ngô Như Khoa, người đã tài trợ cho tôi những thiết bị đo đắt tiền, khó mua cho các thí nghiệm của tôi.

Tôi sẽ không viết những dòng này nếu không phải vì Bố Mẹ yêu quý của tôi, cảm ơn Bố Mẹ đã nuôi dưỡng tôi để tôi có được ngày hôm nay.

Tôi không thể tìm được những từ thích hợp để cảm ơn vợ của tôi, Ngô Thị Bích Ngọc và hai con gái của tôi, Chu Thúy Hiền và Chu Thảo Hiền, cảm ơn em và các con đã dành cho tôi một tình yêu vô điều kiện.

Thái Nguyên, ngày 20 tháng 09 năm 2019

Tác giả luận án

Chu Ngọc Hùng

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU.....	1
1 Tính cấp thiết.....	1
2 Mục tiêu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	3
2.1 Mục tiêu.....	3
2.2 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	4
3 Phương pháp nghiên cứu.....	4
4 Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn của đề tài.....	4
4.1 Ý nghĩa khoa học.....	4
4.2 Ý nghĩa thực tiễn.....	4
5 Những đóng góp mới của đề tài.....	5
6 Cấu trúc nội dung luận án.....	5
Chương 1 TỔNG QUAN VỀ GIA CÔNG CÓ TRỢ GIÚP CỦA RUNG ĐỘNG SIÊU ÂM.....	7
1.1 Giới thiệu.....	7
1.2 Một số khái niệm về rung động siêu âm.....	7
1.2.1 Rung động siêu âm.....	7
1.2.2 Các phương pháp tạo rung siêu âm.....	7
1.3 Ứng dụng của siêu âm trong gia công cơ.....	8
1.3.1 Gia công siêu âm.....	8
1.3.2 Gia công siêu âm quay.....	9
1.3.3 Gia công có trợ giúp của rung động siêu âm.....	9
1.4 Tổng quan các nghiên cứu thực nghiệm về UAD.....	11
1.4.1 Ảnh hưởng của UAD đến quá trình tạo phoi.....	12

1.4.2	Ảnh hưởng của UAD đến lực dọc trục khi khoan	13
1.4.3	Ảnh hưởng của UAD đến mô men khi khoan	16
1.4.4	Ảnh hưởng của UAD đến nhiệt cắt	18
1.4.5	Ảnh hưởng của UAD đến chất lượng gia công	19
1.4.6	Ảnh hưởng của UAD đến tuổi bền dụng cụ	21
1.4.7	Ảnh hưởng của UAD đến năng suất gia công	23
1.5	Tổng quan các nghiên cứu lí thuyết về UAD	23
1.6	Một số vấn đề về gia công hợp kim nhôm	25
1.6.1	Tính gia công của hợp kim nhôm	25
1.6.2	Tính gia công của hợp kim nhôm khi khoan	26
	Kết luận chương	28
	Chương 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH KHOAN CÓ TRỢ GIÚP CỦA RUNG ĐỘNG SIÊU ÂM.....	30
2.1	Giới thiệu	30
2.2	Khoan có trợ giúp của rung động siêu âm.....	30
2.2.1	Nguyên tắc	30
2.2.2	Cơ chế của quá trình khoan có trợ giúp của rung động siêu âm	31
2.2.3	Động học quá trình khoan có trợ giúp của rung động siêu âm.....	33
2.2.4	Cơ chế giảm lực cắt trong khoan có trợ giúp của rung động siêu âm	34
2.3	Lực dọc trục và mô men khi khoan	35
2.3.1	Lực dọc trục và mô men độc lập với độ sâu lỗ khoan	35
2.3.2	Lực dọc trục và mô men phụ thuộc độ sâu lỗ khoan	38
	Kết luận chương	42
	Chương 3 THIẾT KẾ, CHẾ TẠO HỆ THỐNG THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM.....	44

3.1. Giới thiệu	44
3.2 Các thành phần chính của hệ thống rung siêu âm	44
3.2.1 Máy phát điện siêu âm	45
3.2.2 Bộ chuyển đổi siêu âm.....	45
3.2.3 Đầu khuếch đại biên độ	48
3.3 Thiết kế hệ thống khoan có trợ giúp của rung động siêu âm	51
3.3.1 Thiết kế cấu trúc	51
3.3.2 Thiết kế chi tiết	53
3.4 Chế tạo, lắp ráp và hiệu chỉnh hệ thống	57
3.4.1 Chế tạo, lắp ráp hệ thống	57
3.4.2 Đo kiểm bằng thiết bị phân tích trở kháng	57
3.4.3 Đo kiểm bằng thiết bị hiện sóng số	59
3.4.4 Đo biên độ rung động	64
3.4.5 Thực nghiệm đánh giá hệ thống rung siêu âm trợ giúp khoan	67
3.5 Xây dựng hệ thống thí nghiệm	67
3.5.1 Mục đích và phương pháp thí nghiệm	67
3.5.2 Thiết bị thí nghiệm.....	68
3.5.3 Dụng cụ đo và thiết bị thu thập dữ liệu	70
Kết luận chương	74
Chương 4 NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM KHOAN LỖ SÂU CÓ TRỢ GIÚP CỦA RUNG ĐỘNG SIÊU ÂM.....	75
4.1 Giới thiệu	75
4.2 Tiến hành thí nghiệm.....	76
4.2.1 Thí nghiệm với lực tiến dao không đổi.....	76

4.2.2	Thí nghiệm với tốc độ tiến dao không đổi.....	78
4.3	Một số ưu việt của UAD khi khoan lỗ sâu với lực tiến dao không đổi.....	80
4.3.1	Tốc độ tiến dao	80
4.3.2	Độ sâu lỗ đạt được	83
4.3.3	Mô men và nhiệt độ chi tiết khi khoan	84
4.3.4	Luận giải ưu việt của UAD.....	86
4.4	Một số ưu việt của UAD khi khoan lỗ sâu với tốc độ tiến dao không đổi....	100
4.4.1	Lực dọc trục và mô men khi khoan	100
4.4.2	Mô men cắt khi khoan	102
4.4.3	Độ sâu an toàn của lỗ khoan	104
4.5	Lựa chọn bộ thông số gia công.....	106
	Kết luận chương	116
Chương 5 PHÁT TRIỂN MÔ HÌNH MÔ TẢ MÔ MEN KHI KHOAN LỖ SÂU		118
5.1	Giới thiệu.....	118
5.2	Một số mô hình đã có	118
5.3	Mô hình đề xuất.....	122
5.3.1	Mô men cắt	123
5.3.2	Mô men thoát phoi.....	123
5.3.3	Mô men trượt gián đoạn	128
	Kết luận chương	130
KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT.....		132
	Kết luận chung.....	132
	Đề xuất nghiên cứu tiếp theo.....	133
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....		134

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA LUẬN ÁN	149
PHỤ LỤC.....	151

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1 Quĩ đạo rung trong gia công có trợ giúp của rung động siêu âm [36].....	11
Bảng 1.2 Một số giải pháp công nghệ cải thiện quá trình khoan hợp kim nhôm	27
Bảng 2. 1 Một số công thức tính mô men và lực dọc trục khi khoan	35
Bảng 2. 2 Kết quả tính lực dọc trục và mô men.....	37
Bảng 3. 1 Thông số của bộ chuyển đổi siêu âm.....	53
Bảng 3.2 Đặc tính cơ học và đặc tính truyền âm của đầu khuếch đại, ống kẹp, mũi khoan	53
Bảng 3. 3 Thông số kĩ thuật của thiết bị phân tích trở kháng	58
Bảng 3.4 Thông số của thiết bị hiện sóng số PicoScope.....	59
Bảng 3.5 Tần số cộng hưởng của cơ cấu rung khi độ dài mũi khoan (L) thay đổi...63	
Bảng 3. 6 Thông số kĩ thuật của đầu đo biên độ siêu âm kĩ thuật số.....	65
Bảng 3.7 Thông số rung trong một số công bố cùng lĩnh vực	66
Bảng 3. 8 Các thông số cơ bản của máy gia công.....	68
Bảng 3. 9 Bảng thông số mũi khoan	69
Bảng 3. 10 Thành phần hóa học của vật liệu mẫu thí nghiệm	69
Bảng 3. 11 Thông số máy phát điện siêu âm	70
Bảng 3. 12 Các thông số cơ bản của đầu đo lực cắt 3 thành phần	71
Bảng 3.13 Các thông số cơ bản của Load cell	72
Bảng 3. 14 Các thông số cơ bản của cảm biến đo mô men.....	72
Bảng 3. 15 Thông số của cảm biến nhiệt độ	73
Bảng 3. 16 Bảng thông số của cảm biến dịch chuyển.....	73

Bảng 3. 17 Bảng thông số của bộ thu thập dữ liệu	73
Bảng 4. 1 Các thông số thí nghiệm với lực tiến dao không đổi.....	78
Bảng 4. 2 Các thông số thí nghiệm với tốc độ tiến dao không đổi	80
Bảng 4. 3 Ký hiệu và giá trị các thông số thí nghiệm	80
Bảng 4.4 Số liệu thống kê năng suất gia công trung bình.....	82
Bảng 4.5 Giá trị mô men cắt	102
Bảng 4. 6 Kết quả so sánh mô men cắt theo cặp.....	103
Bảng 4.7 Độ sâu an toàn (L_{MAX}) đạt được	105
Bảng 4. 8 Các thông số thí nghiệm	107
Bảng 4. 9 Kết quả thực nghiệm.....	110
Bảng 4. 10 Tỉ số S/N của các chỉ tiêu và chuẩn hóa trong khoảng [0-1].....	111
Bảng 4. 11 Hệ số quan hệ xám và độ xám trung bình	113
Bảng 4. 12 Mức độ ảnh hưởng của các thông số gia công đến độ xám.....	113
Bảng 4. 13 Bảng kết quả thực nghiệm	116
Bảng 5.1 Các biến và mức thí nghiệm hồi quy	122
Bảng 5.2 Kết quả hồi quy hệ số C của mô men cắt	123
Bảng 5.3 Kết quả hồi quy hệ số A trong mô hình mô men thoát phoi	124
Bảng 5.4 Kết quả so sánh theo cặp các hệ số A.....	126
Bảng 5.5 Kết quả hồi quy các hệ số $a_i, i=1 \dots 3$	128
Bảng 5.6 Kết quả so sánh theo cặp	130