

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ใช้เครื่องกัดห้าแกนในกระบวนการผลิตใบพัดสำหรับอุตสาหกรรมกระดาษ

Application of Five Axis Milling Machine for Turbine Blade in Paper Industry

โดย

นายสวิต นิมเรือง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม)

พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-2496-4

สวิต นิมเรื่อง 2549: การประยุกต์ใช้เครื่องกัดห้าแกนในกระบวนการผลิตใบพัดสำหรับ
อุตสาหกรรมกระดาษา ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตทาง
อุตสาหกรรม) สาขาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โครงการสหวิทยาการระดับ
บัณฑิตศึกษา ประชานกรรมการที่ปรึกษา: อาจารย์ชนะ รักยศิริ, D.Eng. 97 หน้า
ISBN 974-16-2496-4

ในงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต เพื่อคำนวณหา
เส้นทางการเดินของมีดตัดเฉือน (Tool Path) แล้วแปลงเส้นทางการเดินของมีดตัดเฉือนให้เป็น
รหัส (G Code) เพื่อตรวจสอบค่ามุมเอียงสูงสุดของแกนหมุน A และของแกนหมุน C ซึ่งจะเป็น
ทางเลือกในการใช้เครื่องกัดสำหรับโปรแกรมนี้ โดยเลือกจากความสามารถของเครื่องกัดที่มีค่า
มุมเอียงสูงสุดไม่น้อยกว่าค่ามุมเอียงสูงสุดของแกน A และของแกน C โดยใช้โปรแกรม Power
Mill ในการจำลองดูทิศทางการเดินของมีดตัดเฉือน ในการคำนวณหาเส้นทางการเดินของมีดตัด
เฉือนจะแบ่งออกเป็น 9 โปรแกรมย่อยด้วยกัน ดังนี้ 1) โปรแกรมสำหรับกัดหยาบ (Rough Milling)
2) โปรแกรมสำหรับกัดลดขนาด (Rest Rough Milling) 3) โปรแกรมสำหรับการกัดละเอียด
(Finishing Milling) เพื่อกัดบริเวณปลายใบ 4) โปรแกรมสำหรับการกัดละเอียด (Finishing
Milling) เพื่อเจาะร่องใบพัดชั้นที่ 1 ถึง 4 8) โปรแกรมสำหรับการกัดละเอียด (Finishing Milling)
เพื่อกัดใบพัดด้านขวาและ 9) โปรแกรมสำหรับการกัดละเอียด (Finishing Milling) เพื่อกัดใบพัด
ด้านซ้าย

ในการทดสอบโปรแกรมที่ได้จากการคำนวณเส้นทางการเดินของมีดเฉือน ผู้วิจัยได้
นำเอาแบบจำลองของเครื่องกัดห้าแกนรุ่น Hermle C600U SRT450 ในการตรวจสอบทางเดินของ
มีดโดยโปรแกรม Power Mill โดยผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า โปรแกรมสำหรับการกัดละเอียด
(Finishing Milling) เพื่อกัดใบพัดด้านขวาและ โปรแกรมสำหรับการกัดละเอียด (Finishing
Milling) เพื่อกัดใบพัดด้านซ้าย มีค่าผิดพลาดในการจำลองการเคลื่อนที่โดยเห็นได้จากตัวจับยึดมีด
ตัดเฉือนโดนชิ้นงาน จึงแก้โดยการเพิ่มความยาวของตัวจับยึดมีดตัดเฉือนให้มากขึ้น

Sawit Chimruang 2006: Application of Five Axis Milling Machine for Turbine Blade in Paper Industry. Master of Engineering (Industrial Production Technology), Major Field: Industrial Production Technology, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Mr. Chana Raksiri, D.Eng. 97 pages.
ISBN 974-16- 2496-4

This Research focus to apply Computer Aided Manufacturing for Computer Aided Manufacturing Program calculating tool path routing, transformation to G Code to detect the highest inclination angle of A and C axis which suppose for the decision of the milling program considered by the performance of milling machine having highest inclination angle of A and C axis simulated by Power Mill software showing direction of mill route. In this routing having 9 sub routines are 1) Rough Milling 2) Rest Rough Milling 3) Finishing Milling for edge of turbine 4) Finishing Milling for grooving level 1 to 4 turbine 8) Finishing Milling for right side of turbine 9) Finishing Milling for left side of turbine.

From this simulation, the software of 5 axis milling machine: Hermle C600U SRT450 has been applied to verify the tool path using Power Mill. The result of this simulation is Finishing Milling for right side of turbine and Finishing Milling for left side of turbine. Error from simulation reported from clamp of mill touched to the work piece. Solved by adjust the length of clamp of mill.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ ชนะ รัชศิริ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษาและแก้ไขข้อบกพร่อง ทำวิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ที่สุด ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ศุภสิทธิ์ รอดขวัญ กรรมการสาขาวิชาเอก และ อาจารย์ ชัยยกร จันทรสุวรรณ์ กรรมการสาขาวิชาเอกและขอขอบคุณผู้แทนบัณฑิต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัชพล ชังชู ที่กรุณาให้คำปรึกษาและนำข้อคิดเห็น อันเป็นประโยชน์ รวมทั้งแก้ไขปัญหาดังกล่าว ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่กรุณาสั่งสอนเลี้ยงดูข้าพเจ้าตั้งแต่เด็ก การให้ความเข้าใจและกำลังใจ รวมทั้งให้คำปรึกษาอันสูงค่าต่อข้าพเจ้า ขอขอบคุณ คุณสุจิตรา นาคมา ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดพิมพ์เอกสาร ขอขอบคุณ คุณบุรณงค์ สุขสมบัติ กรรมการผู้จัดการ บริษัท เกลแคม (ประเทศไทย) จำกัด ขอขอบคุณ คุณคณฤฎี ธนะกำจรเกียรติ บริษัท เกลแคมและขอขอบคุณ คุณสุนทร ภูมิคอนสาร ที่กรุณาให้คำปรึกษาทางด้านโปรแกรม และขอขอบคุณ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงานและเครื่องมือวัดค่าต่างๆ

สวิต นิมเรือง

เมษายน 2549

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
การตรวจเอกสาร	3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	13
เทคโนโลยีเอ็นซีและซีเอ็นซี	13
พื้นฐานของคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและช่วยในการผลิต	36
โปรแกรม Power Mill	39
คำนวณหาทางเดินของมีดตัดเนื้อ	41
อุปกรณ์และวิธีการ	49
อุปกรณ์	49
วิธีการ	49
ผลการทดลองและวิจารณ์	51
ขั้นตอนการ Simulation	51
วิจารณ์	74
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	75
สรุปผลการวิจัย	75
ข้อเสนอแนะ	76
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	79
ภาคผนวก	81
ภาคผนวก ก. Flow Chat การคำนวณทางเดินมีดตัดเนื้อ (Tool Path)	82
ภาคผนวก ข. การจำลองเส้นทางการเดินมีดตัดเนื้อ	84

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก. ลักษณะการเดินมีดตัดเฉือน	93
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	97

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงความหมายของกลุ่มรหัส	29
2	การกำหนดลักษณะการใช้งานของตัวอักษรตามมาตรฐานของ EIS RS-274 B	35
3	คำสั่งการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง	52
4	ค่าความเร็วของวัสดุชนิดต่างๆ	56
5	ค่า UHP สำหรับวัสดุชนิดต่างๆ โดยเปรียบเทียบค่ากับงานกัด	59
6	อัตราการป้อนของวัสดุ	60
7	ตารางค่า UHP สำหรับวัสดุชนิดต่างๆ	61
8	การเดินมีดตัดเฉือน	71

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงลำดับขั้นตอนของการทำงานวิจัย	3
2	แสดงอุปกรณ์จับลำแสงของเลเซอร์ภายในกล้องวิดีโอในหัวสแกนเลเซอร์	6
3	ลักษณะการจับลำแสงของเลเซอร์ด้วยกล้องวิดีโอในหัวสแกนเลเซอร์	7
4	แขนจับยึดชุดตรวจวัดพิกัดและหัวสแกนเลเซอร์	7
5	แสดงลักษณะของก้อนหั่นดินกำลังที่เสียหายเพื่อนำมาเก็บค่าพิกัดจุด (Clouds of Points)	8
6	แสดงการใช้อุปกรณ์เก็บค่าพิกัดสามมิติระบบแสงเลเซอร์ (3D Laser Scanner) กลุ่มพิกัดจุด (Clouds of Points) ของดินแบบก้อนหั่นดินกำลัง	8
7	ตัวอย่างกลุ่มพิกัดจุด (Clouds of Points) ของดินแบบก้อนหั่นดินกำลัง	9
8	ตัวอย่างองค์ประกอบชิ้นงานจริง (Final Clean Clouds)	9
9	ตัวอย่างโครงสร้างพื้นผิวของใบพัดของก้อนหั่นดินกำลัง	10
10	ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติใบพัดของก้อนหั่นดินกำลัง	10
11	ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติที่สมบูรณ์ของก้อนหั่นดินกำลัง	11
12	ส่วนประกอบหลักของเครื่องเอ็นซีและซีเอ็นซี	14
13	แสดงลักษณะการเคลื่อนที่แบบเดินในแนวแกน	15
14	แสดงลักษณะการเคลื่อนที่แบบเดินเป็นเส้นตรงทำมุม 45°	16
15	แสดงลักษณะการเคลื่อนที่แบบเดินเชิงเส้น	16
16	แสดงลักษณะการเคลื่อนที่แบบระบบต่อเนื่อง	17
17	แสดงลักษณะการประมาณค่าแบบเชิงเส้น	18
18	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นต่าง ๆ	19
19	เครื่องกัด 5 แกนที่มีการเคลื่อนที่ในแกน (X, Y, Z) และการหมุนในแกน A และ B	19
20	ตัวอย่างชิ้นงานที่เมชชีนโดยใช้เครื่องกัด 5 แกน	20
21	การประมาณค่าแบบเชิงวงกลมในระนาบต่าง ๆ	20
22	แสดงลักษณะการประมาณค่าแบบเชิงเกลียว	21

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	แสดงลักษณะการประมาณค่าแบบเชิงพาราโบลิก	21
24	เครื่องกัดซีเอ็นซีแบบตั้งในระบบพิกัดฉาก	23
25	การขึ้นรูปชิ้นงานในลักษณะต่าง ๆ	25
26	ระบบพิกัดฉากแบบ 3 แกน	26
27	ตำแหน่งของระบบโคออร์ดิเนตแบบ Polar	26
28	ระบบพิกัดเชิงขั้วแบบ 3 แกน หรือระบบพิกัดทรงกระบอก	27
29	การกำหนดตำแหน่งแบบสมบูรณ	27
30	การกำหนดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง	28
31	แสดงตำแหน่งจุดศูนย์หรือจุดอ้างอิงของเครื่อง	31
32	การกำหนดจุดอ้างอิงของโปรแกรม	32
33	ตัวอย่างการกำหนดจุดอ้างอิงสำหรับงานกัด	33
34	ตัวอย่างภาพที่วาดขึ้นจากแบบจำลองโครงกลวด	36
35	ตัวอย่างการแบบจำลองรูปผิวจะมีรายละเอียดที่สมบูรณ	37
36	ภาพแสดงรูปภาพที่วาดขึ้นจากแบบจำลองโซลิด	38
37	การกัดงาน 5 แกนแบบต่อเนื่อง	39
38	ตัวอย่างภาพจำลองการกัดงานใบพัดด้วยเครื่อง 5 แกน	40
39	การ Postprocessor ด้วยโปรแกรม Power Mill	42
40	การเขียน NC Program	42
41	สายส่ง RS-232	43
42	แผนภูมิขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	44
43	ลักษณะการกัดหยาบ (Rough Milling)	45
44	ลักษณะการกัดลดขนาด (Rest Rough Milling)	45
45	ลักษณะการกัดละเอียด (Finishing Milling) โดยกัดปลายใบพัด	46
46	ลักษณะการกัดละเอียด (Finishing Milling) เพื่อเจาะร่องใบพัด 4 ครั้ง	47
47	ลักษณะการกัดละเอียด (Finishing Milling) เพื่อกัดใบพัดด้านขวา	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
48	ลักษณะการกัดละเอียด (Finishing Milling) เพื่อกัดใบพัดด้านซ้าย	48
49	แบบจำลอง Solid Modeling ในรูปของ CAD File	49
50	ทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งบนระนาบต่าง ๆ	53
51	ความลึกและความกว้างของมิดตัดเฉือน	58
52	ภาพแสดงแบบชิ้นงาน	63
53	ใบแสดงรายละเอียดของโปรแกรม	64
54	แสดงภาพการจับยึดชิ้นงานกัด พร้อมทั้งจะทำการกัด	66
55	แสดงภาพการกัดหยาบผิวชิ้นงาน (Rough Milling)	66
56	แสดงภาพการกัดลดขนาด (Rest Rough Milling)	67
57	แสดงภาพการกัดละเอียดในร่อง (Finishing Milling)	67
58	แสดงภาพการกัดละเอียดใบ 2 ด้าน (Finishing Milling)	68
59	การกัดหยาบ (Rough Milling)	68
60	การกัดลดขนาด (Rest Rough Milling)	69
61	การกัดละเอียดปลายใบ (Finishing Milling)	69
62	การกัดละเอียดในร่อง 4 ครั้ง (Finishing Milling)	70
63	การกัดละเอียดใบ 2 ด้าน (Finishing Milling)	70
64	การกัดละเอียดใบ 2 ด้าน (Finishing Milling)	71
ภาพผนวกที่		
ข1	ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเฉือนของโปรแกรม สำหรับงานกัด ขณะเริ่มต้น	85
ข2	ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเฉือนของโปรแกรมสำหรับงานกัด ในขณะกำลังกัดงาน	85
ข3	ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเฉือนของโปรแกรมสำหรับงานกัดลด ขนาด	86

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข4 ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเนียนของโปรแกรม สำหรับงานกัดลดขนาดในขณะกำลังกัดงาน	86
ข5 ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเนียนของโปรแกรม สำหรับงานกัดละเอียด แบบ 5 แกนบริเวณปลายใบ	87
ข6 ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเนียนของโปรแกรม สำหรับงานกัดละเอียด แบบ 5 แกนบริเวณปลายใบในขณะกำลังกัดงาน	87
ข7 ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเนียนของโปรแกรม สำหรับงานกัดบริเวณร่องใบขณะเริ่มต้น	88
ข8 ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเนียนของโปรแกรม สำหรับงานกัดบริเวณร่องใบโดยมีความลึก 0.5 มม ขณะกำลังกัดงานครั้งที่ 1	88
ข9 ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเนียนของโปรแกรม สำหรับงานกัดบริเวณร่องใบโดยมีความลึก 0.5 มม ขณะกำลังกัดงานครั้งที่ 2	89
ข10 ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเนียนของโปรแกรม สำหรับงานกัดบริเวณร่องใบโดยมีความลึก 0.5 มม ขณะกำลังกัดงานครั้งที่ 3	89
ข11 ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเนียนของโปรแกรม สำหรับงานกัดบริเวณร่องใบโดยมีความลึก 0.5 มม ขณะกำลังกัดงานครั้งที่ 4	90
ข12 ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเนียนของโปรแกรม สำหรับงานกัดบริเวณขอบใบด้านขวาในขณะเริ่มต้นกัดงาน	90
ข13 ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเนียนของโปรแกรม สำหรับงานกัดบริเวณขอบใบด้านขวาในขณะกำลังกัดงาน	91
ข14 ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเนียนของโปรแกรม สำหรับงานกัดบริเวณขอบใบด้านซ้ายในขณะเริ่มต้นกัดงาน	91
ข15 ภาพการจำลองเส้นทางเดินของมิดตัดเนียนของโปรแกรม สำหรับงานกัดบริเวณขอบใบด้านซ้ายในขณะกำลังกัดงาน	92
ค1 ภาพลักษณะการเดินมิดตัดเนียนแบบ Offset AreaClear Model	93

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ก2	ภาพลักษณะการเดินมีดตัดเฉือนแบบ Offset AreaClear Model	93
ก3	ภาพลักษณะการเดินมีดตัดเฉือนแบบ Projection Surface Finiting	94
ก4	ภาพลักษณะการเดินมีดตัดเฉือนแบบ Projection Surface Finiting	94
ก5	ภาพลักษณะการเดินมีดตัดเฉือนแบบ Swarf Finiting	95
ก6	ภาพลักษณะการเดินมีดตัดเฉือนแบบ Swarf Finiting	95
ก7	ภาพลักษณะผิวของใบพัด Projection surface	96

