

เครื่องปั้นดินเผาอัตโนมัติสำหรับการผลิตเปลือกหุ้มคอมพิวเตอร์

นาย อองอาจ วีระชาติยานุกุล

ศูนย์วิทยพัทยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

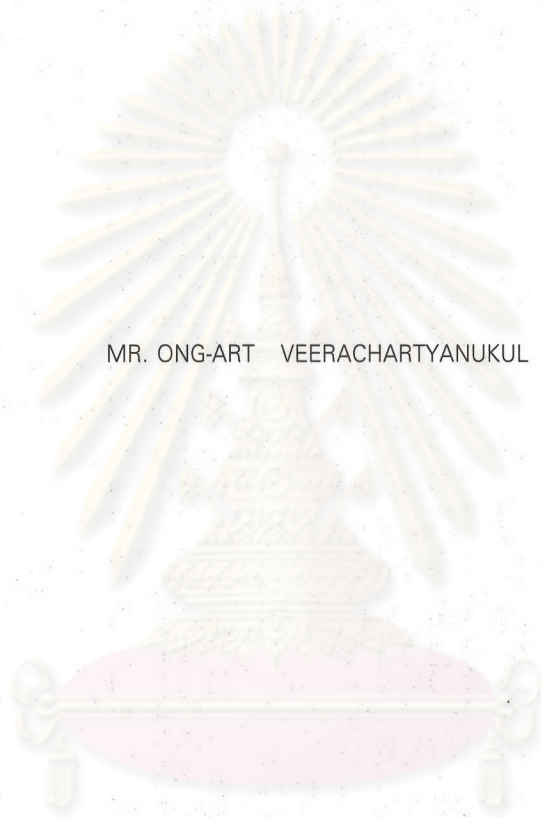
ISBN 974-632-479-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I10564546

AN AUTOMATIC LOADING MACHINE FOR COMPRESSOR CASING MANUFACTURING

MR. ONG-ART VEERACHARTYANUKUL



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Education  
Department of Mechanical Engineering

Graduate School

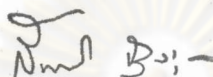
Chulalongkorn University

1995

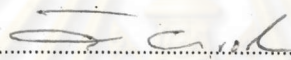
ISBN 974-632-479-9

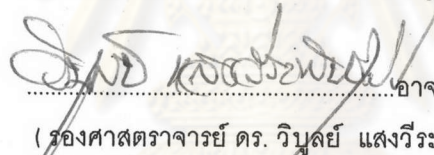
หัวข้อวิทยานิพนธ์      เครื่องปั้นดินเผาอัตโนมิติ สำหรับการผลิตเปลือกหุ้มคอมเพรสเซอร์  
โดย                              นาย อองอาจ วีระชาติยานุกูล  
ภาควิชา                         วิศวกรรมเครื่องกล  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ

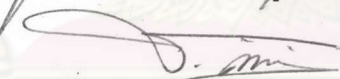
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการ  
ศึกษา ตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

  
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ฤงสูวรวงศ์ )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ )

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
( รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ )

  
.....กรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยโรจน์ คุณพนิชกิจ )

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

องอาจ วิชาद्याนุกูล : เครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการผลิตเปลือกหุ้มคอมเพรสเซอร์  
(AN AUTOMATIC LOADING MACHINE FOR COMPRESSOR CASING MANUFACTURING)

อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ, 150 หน้า. ISBN 974-632-479-9

โครงการวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการพัฒนากระบวนการควบคุมอัตโนมัติจากห้องปฏิบัติการไปสู่การใช้งานจริงในอุตสาหกรรม โดยทำการสร้างเครื่องป้อนชิ้นงาน เปลือกคอมเพรสเซอร์ดูเอ็น เข้าและออกจากเครื่องป้อนชิ้นรูป ประกอบด้วยชุดแขนเคลื่อนที่ในแนวตั้ง 4 แขน ตรงปลายมีแผ่นยางสูญญากาศ สำหรับจับชิ้นงาน วางร่วมอยู่บนแกนเคลื่อนที่แนวนอน 1 แกน ใช้เซอร์โวมอเตอร์กระแสสลับแบบไม่ใช้ แบรงถ่าน ควบคุมตำแหน่งแกนมอเตอร์ ด้วยการควบคุมแบบ พี.ไอ.ดี. เป็นชุดขับเคลื่อน ใช้ชุดควบคุม พี.แอล.ซี. ควบคุมระบบการทำงานและระบบควบคุมความปลอดภัย

เครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ จะช่วยป้องกันอุบัติเหตุ ที่อาจเกิดขึ้นต่อพนักงาน ประจำเครื่องป้อนชิ้นรูปช่วยเพิ่มการยืดหยุ่นในสายการผลิตเปลือกคอมเพรสเซอร์ เพราะการเปลี่ยนรุ่นการผลิตทำได้ทันที ด้วยการเปลี่ยนแนวทางเดินของปลายแขนโดยใช้โปรแกรม จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิต

จากการทดสอบ ค่าความผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวนอน ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ 412.5 มิลลิเมตรต่อวินาที พบว่าค่าความผิดพลาดของตำแหน่งสูงสุด ตลอดระยะทางการเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ 0.070 มม. ซึ่งความผิดพลาดส่วนใหญ่มาจาก ความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่จากการหมุนเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น และเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติสามารถผลิตเปลือกคอมเพรสเซอร์ ได้ ในเวลาเฉลี่ย 8.53 วินาทีต่อชิ้น และสามารถผลิตชิ้นงานเฉลี่ยต่อผลัดเท่ากับ 2,354 ชิ้นต่อผลัด ซึ่งน้อยกว่าเป้าหมายคือ 9.72 วินาทีต่อชิ้นและ 2,500 ชิ้นต่อผลัด ตามลำดับ โดยเวลาสูญเสียส่วนใหญ่เกิดจาก ใช้เวลาในการตั้งแม่พิมพ์ตอนเปลี่ยนรุ่นผลิตนานผิดปกติ ซึ่งจะต้องมีการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล.....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล.....

ปีการศึกษา 2537.....

ลายมือชื่อนิติดี.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##C415710 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING  
KEY WORD: AUTOMATIC MACHINE/ROBOTIC

ONG-ART VEERACHARTYANUKUL : AN AUTOMATIC LOADING MACHINE FOR  
COMPRESSOR CASING MANUFACTURING. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.  
VIBOON SANGVERAPHUNSIRI, Ph.D. 150 pp. ISBN 974-632-479-9

Development of an industrial standard automatic loading machine is studied in this thesis. An automatic loading machine for compressor casing manufacturing is used to load and unload compressor casing from press machine. It consists of 4 y-axis arms with vacuum gripper each at their ends. These 4 y-axis arms are installed in an x-axis base. The brushless AC-servo motors with PID controllers are used to control the motion in x and y directions. The sequence of the operation and the safety system are controlled by programmable logical controller (PLC)

A major consideration in designing the automatic loading machine is safety system to prevent accident cause by the press machine. Production flexibility is also increased, because the production model can be change easily by changing the moving path control program. Of course, the production cost also reduced.

From the experiments, it has been shown that the position error of the x-axis is less than 0.07 millimetre, when the path velocity is setting at the 412.5 mm/sec. The average cycle time is 8.53 sec and the production capacity is 2,345 pcs/shift. while the design criterior target is at 9.72 sec and 2,500 pcs/shift respectively. The main loss time is the die settling time is set too long. When the different production model is used the production capacity problem will be improved.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ อาจารย์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ ข้อคิดต่างๆ และความช่วยเหลือทางด้านวิชาการ

ขอขอบพระคุณบริษัท ชันโยยูนิเวอร์แซล อิเลคทริค จำกัด (มหาชน) ที่ให้ทุนสนับสนุนโครงการ คุณ ชานชัย เทียงสุรินทร์ ที่ให้โอกาส ในการพัฒนาระบบอัตโนมัติและพนักงานบริษัท ชันโยยูนิเวอร์แซล อิเลคทริค จำกัด (มหาชน) ทุกท่านที่มีส่วนช่วยกันคนละไม้คนละมือ จนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณมารดา และพี่ ๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้การสนับสนุน ผู้วิจัยในทุกๆด้านเสมอมา



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ซ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. การทำงานของเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ.....	3
3. ระบบการควบคุมมอเตอร์และส่วนประกอบเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ.....	11
4. การควบคุมพี . ไอ . ดี.....	24
5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์และภาระ.....	31
6. การออกแบบค่าเกินของชุดควบคุม.....	39
7. ระบบความปลอดภัยและแผนภาพแสดงการทำงานเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ.....	47
8. ผลการทดสอบเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ.....	64
9. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	69
รายการอ้างอิง.....	71
ภาคผนวก.....	72
ประวัติผู้เขียน.....	150

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงความสูงของชิ้นงานเปลือกคอมเพรสเซอร์บนแม่พิมพ์แต่ละรุ่น.....	11
2.1 แสดงความสูงของชิ้นงานเปลือกคอมเพรสเซอร์บนแม่พิมพ์แต่ละรุ่น.....	39
8.1 ผลการทดสอบความแม่นยำของตำแหน่งแกน X.....	66
8.2 เวลา 1 รอบ การผลิตชิ้นงาน.....	68
8.3 ยอดผลิตชิ้นงานจริงต่อผลัด.....	68



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 เครื่องบ่มขึ้นรูปขนาด 350 ตัน.....	4
2.2 ชี้นงานและแม่พิมพ์ต่างๆ.....	5
2.3 แผนภาพแสดงการทำงานโดยใช้คนบ่อนขึ้นงาน.....	6
2.4 แผนภาพแสดงการทำงานโดยใช้เครื่องบ่อนขึ้นงานอัตโนมัติ.....	6
2.5 แผนภาพทางเดินและเวลาของแขนเครื่องบ่อนขึ้นงาน 1 แขน.....	9
2.6 แผนภาพความเร็วแบบทราไปโซเดียล ( TRAPOSODIAL ).....	9
2.7 แผนภาพความเร็วแกน Y.....	10
2.8 แผนภาพความเร็วแกน X.....	10
2.9 แสดงรายละเอียดของแม่พิมพ์ทั้งสามขบวนการ.....	12
3.1 , 3.2 มอเตอร์แบบใช้แปร่งถ่าน เปรียบเทียบมอเตอร์แบบไม่ใช้แปร่งถ่าน.....	13
3.3 ตัวบ่อนกลับแบบรีไซเคิลเวอร์ของมอเตอร์แบบไม่ใช้แปร่งถ่าน.....	14
3.4 หลักการทำงานของรีไซเคิลเวอร์.....	14
3.5 การแปลงสัญญาณจากรีไซเคิลเวอร์เป็นดิจิตอล.....	14
3.6 ชุดขับมอเตอร์แบบไม่ใช้แปร่งถ่าน แบบ 2 เฟส.....	15
3.7 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบ พี. ไอ. ดี. ที่มีการบ่อนไปข้างหน้า ของความเร็ว.....	15
3.8 โหมดควบคุมตำแหน่ง.....	16
3.9 โหมดควบคุมความเร็ว.....	17
3.10 โหมดควบคุมแรงบิด.....	17
3.11 ตัวอย่างคำสั่งโปรแกรมชุดควบคุมทางเดินมอเตอร์.....	18
3.12 มอเตอร์กระแสสลับแบบไม่ใช้แปร่งถ่านที่ใช้เครื่องบ่อนขึ้นงานอัตโนมัติ.....	19
3.13 ส่วนประกอบของบอลสกรู.....	19
3.14 ประสิทธิภาพของสกรู.....	20
3.15 ค่าพารามิเตอร์ในการระบุค่าความแม่นยำของบอลสกรู.....	20
3.16 บอลสกรูที่ใช้ในเครื่องบ่อนขึ้นอัตโนมัติ.....	20
3.17 การคำนวณแรงบิดและโมเมนต์แรงเฉื่อยของบอลสกรู.....	21
3.18 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของรางเลื่อนแบบลูกปืน.....	22

สารบัญภาพ ( ต่อ )

รูปที่	หน้า
3.19 ส่วนประกอบของรางเลื่อนแบบลูกปืน.....	22
3.20 โฟโตอิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่างๆ.....	23
3.21 วงจรสัญญาณขาออกของ โฟโตอิเล็กทรอนิกส์.....	23
3.22 การทำงานของพธอกซิมิต์สวิทช์.....	24
3.23 วงจรสัญญาณขาออกของพธอกซิมิต์สวิทช์.....	24
3.24 แผนภาพแสดงการทำงานขาเข้าขาออก ของโปรแกรม มาเบล โลจิคอล คอนโทรลเลอร์....	25
3.25 ภาพประกอบของเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ.....	26
4.1 ระบบควบคุมแบบ พี ที่มีแรงบิดรบกวน N(s).....	27
4.2 แสดงการตอบสนองของระบบควบคุมต่อแรงบิดรบกวนที่ค่าเกน $K_p$ ต่าง ๆ.....	28
4.3 ระบบควบคุมแบบ พี.ไอ. ที่มีแรงบิดรบกวน.....	29
4.4 ระบบการควบคุมแบบเปิด และ ระบบการควบคุมแบบปิด.....	30
4.5 การควบคุมแบบ พี.ดี. สำหรับระบบอันดับสอง.....	31
4.6 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมแบบ พี. ไอ. ดี .....	33
5.1 บล็อกไดอะแกรมของมอเตอร์และภาระ.....	34
5.2 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบ พี ของมอเตอร์.....	35
5.3 การตอบสนองต่ออินพุทแบบยูนิตสเตป ของระบบภายใต้แดมป์.....	36
5.4 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อยูนิตสเตปอินพุท ของระบบ ภายใต้แดมป์.....	37
5.5 บล็อกไดอะแกรมของมอเตอร์และภาระ.....	40
6.1 แผนภาพแสดงความเร็วเชิงเส้น ของภาระที่เวลา 0 ถึง 1 วินาที.....	41
6.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบ พี.ไอ.ดี. ....	42
6.3 โบดีพลอตของระบบควบคุมเปิดแบบพี ( $K = 537$ ) และระบบควบคุมแบบ ไอ และ ดี.....	44
6.4 โบดีพลอตของระบบควบคุมแบบ พี . ไอ . ดี. ....	45
6.5 การตอบสนองของระบบภายใต้การควบคุมแบบ พี. ไอ. ดี ต่ออินพุทแบบสเตปของแบบ จำลองทางคณิตศาสตร์ เปรียบเทียบกับ การตอบสนองของระบบจริง.....	46
6.6 กราฟแสดงตำแหน่งและความผิดพลาดของตำแหน่งแกนมอเตอร์ ของระบบจริง เปรียบเทียบกับตำแหน่งอ้างอิง.....	47

สารบัญภาพ ( ต่อ )

รูปที่	หน้า
6.7 กราฟแสดงความเร็วและความผิดพลาดของความเร็วแกนมอเตอร์ ของระบบจริง เปรียบเทียบกับความเร็วอ้างอิง.....	48
7.1 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์ความปลอดภัย.....	49
7.2 แสดงตำแหน่งตรวจสอบความสูง ของชิ้นงานที่วางบนแม่พิมพ์.....	50
7.3 แสดงตำแหน่งสวิทช์ลำแสงป้องกันบริเวณทำงานของเครื่องปั๊มขึ้นรูป.....	50
7.4 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบควบคุมความปลอดภัย ของชุดป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ.....	51
7.5 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบควบคุมความปลอดภัย ของเครื่องปั๊มขึ้นรูป.....	52
7.6 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบควบคุมความปลอดภัย เครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ.....	53
7.7 แผนภูมิแสดงการทำงานของเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ.....	54
7.8 แผนภูมิแสดงการหาตำแหน่งเริ่มต้น.....	55
7.9 แผนภูมิแสดงการทำงานการป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ.....	56
7.10, 7.11 แผนภูมิแสดงการทำงานของชุดป้อนแผ่นเหล็กกลมอัตโนมัติ.....	57
7.12 แผนภูมิแสดงการทำงานของชุดป้อนอัตโนมัติ.....	59
7.13 แผนภูมิแสดงการทำงาน การควบคุมด้วยมือ.....	62
7.14 แผนภูมิแสดงลำดับการทำงาน การควบคุมการทำงานด้วยมือ ของแกน X.....	63
7.15 แผนภูมิแสดงลำดับการทำงาน การควบคุมการทำงานด้วยมือ ของแกน X.....	64
8.1 ความผิดพลาดของตำแหน่งเชิงเส้น และเชิงมุมของแกน X.....	67
8.2 ความผิดพลาดของตำแหน่งเชิงเส้นรวม ของแกน X.....	67

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย