

b. 88754



## รายงานการวิจัย

การจัดลำดับเครื่องมือตัดของชิ้นงานแบบผสมบนแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์  
Cutting Tool Scheduling of Mixed Products  
on Machining Center

จตุพร ใจดำรงค์  
ปิยวิทย์ สุวรรณ  
บรรเลง คำเกตุ

Jatuporn Jaidumrong  
Piyavit Suwan  
Bunleng Kumket

๐. ๖๗๑  
๑. ๑๗๔  
๒๕๕๑

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

กรมการวิจัย

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
งบประมาณ (เงินรายได้) ประจำปี พ.ศ. ๒๕๕๑

## การจัดลำดับเครื่องมือตัดของชิ้นงานแบบผสมบนแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

จตุพร ใจดำรงค์ ปิยวิทย์ สุวรรณ และ บรรณเลข คำเกตุ

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดด้วยวิธีการแบบใหม่ สำหรับปัญหาการผลิตชิ้นงานแบบผสมบนแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด เพื่อช่วยยืดเวลาในการบำรุงรักษาของชุดเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติ วิธีการแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นโดยจัดเรียงลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดของแต่ละชิ้นตามลำดับแบบแถว เลือกลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดโดยพิจารณาสมรรถนะแรกที่มีจำนวนเครื่องมือตัดมากที่สุด ในกรณีที่มีจำนวนเท่ากันให้เลือกเครื่องมือตัดที่ไม่มีในสมรรถนะที่สอง ผลการทดลองพบว่าวิธีการแบบใหม่พบว่าช่วยลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดลง 59.11%

คำสำคัญ : การจัดลำดับการทำงาน, แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์, เครื่องมือตัด



## Cutting Tool Scheduling of Mixed Products on Machining Center

Jatuporn Jaidumrong Piyavit Suwan and Bunleng Kumket

### Abstract

In manufacturing, the cost of maintenance and cutting tool are expensive for mixed products when machining center is applied to manage the sequence of cutting tool. Therefore this research aimed to reduce that cost and tried to use a new method, instead of a standard method for cutting tool scheduling problem. The First step of this new method arranges parts following cutting tool sequentially. The results of this research showed a new approach could reduce the number of times to 59.11% in changing cutting tool.

**Keywords :** Scheduling, Machining Center, Cutting Tool

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ งบรายจ่ายอื่น ๆ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประจำปีงบประมาณ 2559 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ขอขอบคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ เจ้าหน้าที่ประจำโครงการยุทธศาสตร์แม่พิมพ์และชิ้นส่วนอุตสาหกรรมที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการทำงานจนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

22 กรกฎาคม 2560

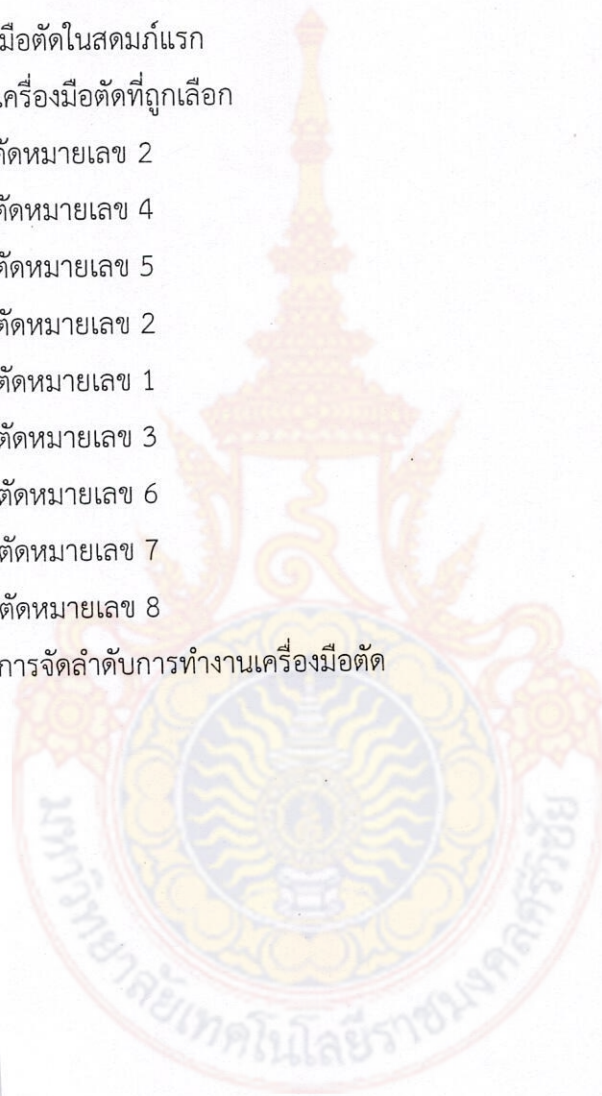


## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขต	2
1.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	7
3.1 วิธีการจัดลำดับการทำงานแบบใหม่	7
3.2 ตัวอย่างการจัดลำดับการทำงาน	7
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	14
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	16
บรรณานุกรม	17
งานวิจัย “การจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดของการผลิตชิ้นงานแบบผสม”	18

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 การจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด	4
3.1 การเลือกเครื่องมือตัดในสดมภ์แรก	8
3.2 การตัดรายการเครื่องมือตัดที่ถูกเลือก	8
3.3 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 2	8
3.4 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 4	8
3.5 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 5	9
3.6 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 2	9
3.7 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 1	9
3.8 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 3	9
3.9 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 6	10
3.10 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 7	10
3.11 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 8	10
4.1 ผลการทดลองการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด	14



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เวลารวมในการผลิตชิ้นงาน	4
4.1	ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย	15



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการผลิตชิ้นส่วนสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันในพื้นที่จังหวัดสงขลาและใกล้เคียงมีการนำเครื่องจักรซีเอ็นซี (CNC) เข้ามาช่วยในการทำงานเป็นจำนวนมากเนื่องจากช่วยให้การทำงานมีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดความผิดพลาดในการผลิตอันเนื่องมาจากคนงานได้อีกด้วยสำหรับเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (Machining Center) ซึ่งมีการทำงานด้วยเครื่องมือตัดจำนวนมากและมีชุดเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติ (Automatic tool change, ATC) ซึ่งช่วยลดเวลาเปลี่ยนเครื่องมือตัดแต่ในการทำงานก็ยังคงมีความสูญเปล่าอันเนื่องมาจากเส้นทางเดินของเครื่องมือตัด ลำดับขั้นตอนในการทำงานของชิ้นงานและจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดอีกด้วย

การทำงานกับชิ้นงานพร้อมกันครั้งละหลายๆชิ้น ในปัจจุบันมีการทำงานโดยการทำการตัดเผื่อชิ้นงานให้สำเร็จตามลำดับชิ้นงาน ต่อจากนั้นจึงไปทำงานกับชิ้นงานในลำดับถัดไปจนครบทุกชิ้น ซึ่งในขั้นตอนของการจัดลำดับทำงานของชิ้นงานแบบผสมทำให้เกิดการเปลี่ยนเครื่องมือตัด การเปลี่ยนของเครื่องมือตัดเพื่อทำการตัดเผื่อชิ้นงานในส่วนต่างๆจะส่งผลต่อจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด พลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการผลิต นอกจากนี้ยังส่งผลถึงค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาของชิ้นส่วนกลไกของชุดเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติของเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์อีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงขอเสนอการวิจัยเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเพื่อชุมชนและอุตสาหกรรมด้วยวิธีการลดจำนวนครั้งของการเปลี่ยนเครื่องมือตัดโดยการออกแบบวิธีการจัดลำดับขั้นตอนการผลิตชิ้นงานแบบผสมบนเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการทำงานกับชิ้นงานแบบผสมบนเครื่องแมชชีนนิ่ง
- 1.2.2 เพื่อลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดด้วยวิธีการจัดลำดับการทำงาน

#### 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1.3.1 การทำงานบนเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์
- 1.3.2 การทำงานของชิ้นงานแบบผสมหรือชิ้นงานหลายรูปแบบบนโต๊ะงานเดียวกัน
- 1.3.3 การทำงานของชิ้นงานพิจารณาถึงการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเท่านั้น



#### 1.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การทำงานกับชิ้นงานพร้อมกันครั้งละหลายๆชิ้น เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการผลิตและตอบสนองต่อความต้องการที่หลากหลายของลูกค้าในช่วงเวลาอันสั้น ซึ่งในขั้นตอนของการเปลี่ยนเครื่องมือตัดทำให้เกิดการทำงานเปลี่ยนเครื่องมือตัดและเวลาในการทำงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการทำงานของการผลิตชิ้นงานแบบผสมเพื่อลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด โดยมีแนวคิดในการจัดลำดับการทำงานของชิ้นงานทุกชิ้นที่มีการทำงานพร้อมๆกันที่มีการใช้เครื่องมือตัดเหมือนกันให้มีลำดับการทำงานต่อเนื่องกัน เพื่อลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดและเวลาในการทำงาน

#### 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.5.1 ได้วิธีการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด
- 1.5.2 ลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด
- 1.5.3 เพิ่มอายุการทำงานของชุดเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติ (ATC)
- 1.5.4 ช่วยลดต้นทุนการผลิต
- 1.5.5 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน



## บทที่ 2

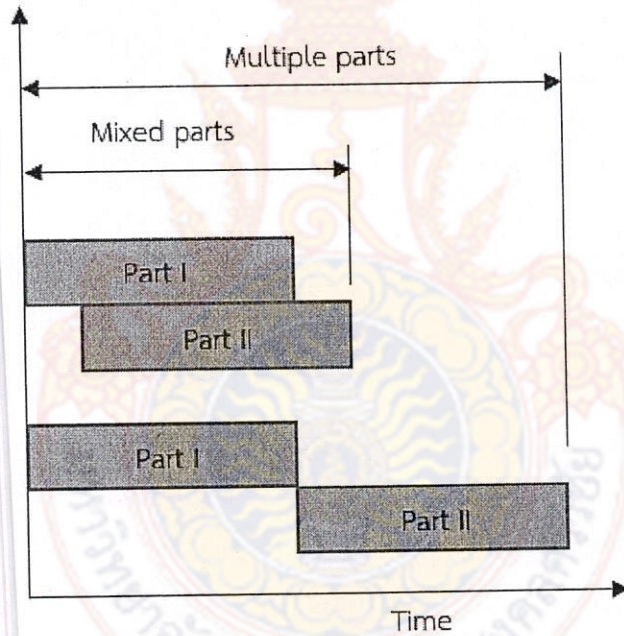
### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันการผลิตชิ้นส่วนสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันในพื้นที่จังหวัดสงขลาและใกล้เคียงมีการนำเครื่องจักรซีเอ็นซี (CNC) เข้ามาช่วยในการทำงานเป็นจำนวนมากเนื่องจากช่วยให้การทำงานมีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดความผิดพลาดในการผลิตอันเนื่องมาจากคนงานได้อีกด้วยสำหรับเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (Machining Center) ซึ่งมีการทำงานด้วยเครื่องมือตัดจำนวนมากและมีชุดเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติ (Automatic tool change, ATC) ซึ่งช่วยลดเวลาเปลี่ยนเครื่องมือตัดแต่ในการทำงานก็ยังคงมีความสูญเสียเปล่าอันเนื่องมาจากเส้นทางเดินของเครื่องมือตัด ลำดับขั้นตอนในการทำงานของชิ้นงานและจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดอีกด้วย ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมการผลิตมีการเอานำเครื่องจักรอัตโนมัติควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยใช้ในการทำงานเป็นจำนวนมากเนื่องจากช่วยให้การทำงานมีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น ยังช่วยลดความผิดพลาดในการผลิตอันเนื่องมาจากคนงานได้อีกด้วยสำหรับเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (Machining Center) ซึ่งมีการทำงานด้วยเครื่องมือตัดจำนวนมากโดยมีการเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติเพื่อช่วยลดเวลาเปลี่ยนเครื่องมือตัด แต่ในขณะที่ทำงานพบว่ามีเวลาสูญเสียเปล่าอันเนื่องมาจากรูปแบบเส้นทางเดินของเครื่องมือตัดที่มีรูปแบบแตกต่างกันซึ่งทำให้เกิดเวลาเดินกีดขวางในอากาศ [1] และการจัดลำดับขั้นตอนในการทำงานของชิ้นงานโดยการใช้เครื่องมือตัดที่มีลักษณะแตกต่างกันอีกด้วย [2] อุปกรณ์ช่วยเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติเป็นเครื่องมือเพื่อช่วยลดรอบเวลาในการทำงานในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติในระหว่างการทำงาน โดยเวลาในการทำงานของอุปกรณ์ช่วยเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติเกี่ยวข้องกับเวลาในการเปลี่ยนของเครื่องมือตัดและจำนวนของเครื่องมือตัดที่ติดตั้งบนป้อมมีดกลึง จำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือ [3] และตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดบนป้อมมีด [4] ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อรอบเวลาในการทำงานอีกด้วย นอกจากนี้ในระหว่างการทำงานจะต้องมีการเรียกใช้เครื่องมือตัดมายังตำแหน่งทำงาน ในกรณีที่การติดตั้งเครื่องมือตัดอยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมการเรียกใช้เครื่องมือตัดก็จะต้องใช้เวลามากขึ้นอีกด้วย ดังนั้นถ้าสามารถกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดที่เหมาะสมได้ก็จะช่วยลดเวลารวมในการทำงานกับชิ้นงานได้ โดยเฉพาะการผลิตชิ้นงานจำนวนมากก็必将ส่งผลต่อเวลาในการทำงานยิ่งขึ้น

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การผลิตชิ้นงานแบบผสมบนเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เพื่อลดเวลารวมในการผลิตชิ้นงานซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันจำนวนหลายชิ้นหรือเป็นแบบผสม เพื่อลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด โดยการเรียกเครื่องมือตัดที่ต้องการใช้งานมารออยู่ในตำแหน่งรอเปลี่ยนเครื่องมือตัดต่อจากนั้นจึงเรียกเครื่องมือตัดที่ใช้งานมาเปลี่ยน

การผลิตชิ้นงานบนเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ซึ่งใช้กันอยู่ในโรงงานดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยการผลิตชิ้นงานในลักษณะเป็นรุ่นการผลิต (Multiple parts) ซึ่งวิธีการแบบนี้จะทำให้เสียเวลารอคอยเนื่องจากเวลารวมในการผลิตมีมากขึ้นโดยเฉพาะในกรณีที่ชิ้นงานต้องนำไปทำการประกอบในลำดับถัดไป ดังนั้นเพื่อลดเวลารอคอยชิ้นงานในระหว่างการผลิตจึงให้ทำการผลิตชิ้นงานแบบผสม (Mixed parts)



รูปที่ 2.1 เวลารวมในการผลิตชิ้นงาน

ตารางที่ 2.1 การจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด

หมายเลข	ลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด					
ชิ้นงาน	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3			
2	1	4	2	3		
3	2	4	5	1	3	7
4	1	2	5	6	7	8

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลตัวอย่างของการผลิตชิ้นงานจำนวน 4 รูปแบบพร้อมๆกันบนโต๊ะงานของเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ เช่น ชิ้นงานหมายเลข 1 มีการทำงานกับเครื่องมือตัดหมายเลข 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ชิ้นงานหมายเลข 4 มีการทำงานกับเครื่องมือตัดหมายเลข 1, 2, 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ สำหรับการผลิตชิ้นงานแบบผสมซึ่งใช้วิธีการแบบเก่า (Old method) ในโรงงาน พบว่ามีการผลิตชิ้นงานตามลำดับ 1, 2, 3, และ 4 โดยการผลิตชิ้นงานที่ 1 ก็จะมีการผลิตตามลำดับของเครื่องมือตัดจนสำเร็จเรียบร้อยต่อจากนั้นจึงไปทำงานกับชิ้นงานที่ 2, 3 และ 4 จนสำเร็จตามลำดับของเครื่องมือตัด พบว่าการผลิตชิ้นงานผสมดังแสดงในตารางที่ 1 ด้วยวิธีการแบบเก่ามีการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเท่ากับจำนวนเครื่องมือตัดของทุกชิ้นงานรวมกันลบด้วยหนึ่งซึ่งมีจำนวนในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเท่ากับ 18 ครั้ง

งานวิจัยนี้ขอเสนอวิธีการฮิวริสติกแบบใหม่สำหรับการจัดลำดับการทำงานเครื่องมือตัดของการผลิตชิ้นงานแบบผสมเพื่อลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด โดยลักษณะของปัญหาและวิธีการแบบเก่าซึ่งใช้กันอยู่ในโรงงานได้ถูกอธิบายในหัวข้อที่ 2 และหัวข้อที่ 3 ได้อธิบายและแสดงตัวอย่างวิธีการจัดลำดับการทำงานเครื่องมือตัดแบบใหม่ สำหรับหัวข้อที่ 4 แสดงการทดลองและผลของการศึกษา หัวข้อสุดท้ายเป็นสรุปผลการวิจัย

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อลดเวลาสูญเสียไปในการทำงานกับเครื่องซีเอ็นซีพบว่า Kenneth Castellino, et al. [1] ทำการออกแบบวิธีการสร้างเส้นทางเดินเครื่องมือเพื่อลดระยะเส้นทางเดินของเครื่องมือในช่วงที่ไม่มีการกัดชิ้นงานหรือเรียกว่าเวลาเดินในอากาศเพื่อให้มีเวลารวมในการกัดชิ้นงานน้อยที่สุด สำหรับ M. Selim Akturk, et al. [2] ได้ทำการพัฒนากระบวนการจัดลำดับการทำงานของชิ้นงานบนเครื่องจักรเครื่องเดียวด้วยวิธีการจัดเรียงงานที่ใช้เวลาน้อยไปหา มาก ซึ่งพิจารณาเวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือด้วย และ Dehua Xu, et al. [3] ได้ทำการพัฒนาวิธีการวางแผนการผลิตชิ้นงาน โดยพิจารณาจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือเพื่อให้มีเวลารวมในการทำงานน้อยที่สุด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดตำแหน่งของเครื่องมือตัดบนป้อมมีดของเครื่องกลึงและเครื่องกัดโดย M. Velmurugan and M. Victor Raj. [4] ทำการออกแบบวิธีการกำหนดตำแหน่งการติดตั้งของเครื่องมือตัดบนชุดเก็บเครื่องมือตัดของเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ เมื่อกำหนดเครื่องมือตัดและการทำงานของชิ้นงานด้วยเทคนิควิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization, PSO) โดยพิจารณาระยะในการเคลื่อนที่ระหว่างตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดหรือปัญหาการเดินทาง (Traveling Salesman Problem, TSP) โดย A. Gopala Krishna and K. Kallikarjuna Rao [5] ได้พัฒนาวิธีการกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดบนชุดเก็บเครื่องมือตัด

ด้วยเทคนิควิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดวิธีการอนานิคมมด (Ant colony algorithm) พบว่าวิธีการที่พัฒนาขึ้นจะช่วยลดเวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการผลิตชิ้นงานปริมาณเพิ่มมากขึ้น สำหรับ Bing-Hai Zhou, Li-Feng Xi and Yong-Shang Cao [6] ได้พัฒนาวิธีการกำหนดตำแหน่งโดยเทคนิควิธีการค้นหาด้วยลำแสง (Beam-search-based algorithm) พบว่าวิธีการนี้ช่วยลดจำนวนในการหมุนเปลี่ยนเครื่องมือตัดและเวลาในการค้นหาคำตอบอีกด้วย สำหรับงานของ M. Selim Akturk and Selcuk Avci [7] และ Selcuk Avci and M. Selim Akturk [8] พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดบนเครื่องกลึงซีเอ็นซีและพิจารณาถึงสถานะในการตัดเฉือนให้เหมาะสมที่สุดอีกด้วย



### บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

การผลิตชิ้นงานแบบผสมบนเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เพื่อลดเวลารวมในการผลิตชิ้นงาน โดยการผลิตชิ้นงาน 1, 2, 3 และ 4 พร้อมๆกันบนโต๊ะงานของเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ และจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดด้วยวิธีการแบบใหม่

#### 3.1 วิธีการจัดลำดับการทำงานแบบใหม่

ขั้นตอนที่ 1 เรียงลำดับการทำงานของชิ้นงานตามจำนวนเครื่องมือตัดที่ใช้จากน้อยไปหามาก

ขั้นตอนที่ 2 เรียงลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาในสดมภ์แรกของทุกการทำงาน

3.1 เลือกเครื่องมือตัดจำนวนมากที่สุดในสดมภ์แรกที่ไม่มีในสดมภ์ที่สอง หรือ

3.2 เลือกเครื่องมือตัดจำนวนน้อยที่สุดในสดมภ์แรกเมื่อมีในสดมภ์ที่สอง หรือ

3.3 เลือกเครื่องมือตัดในลำดับแรกก่อนในกรณีที่เครื่องมือตัดมีจำนวนเท่ากันในสดมภ์แรก และไม่มีในสดมภ์ที่สอง

ขั้นตอนที่ 4 ตัดรายการเครื่องมือตัดที่ถูกเลือกตามข้อ 3.

ขั้นตอนที่ 5 ถ้ายังมีเครื่องมือตัดอยู่ในรายการทำงาน ดำเนินการเลื่อนลำดับเครื่องมือตัดทั้งหมด และกลับไปทำข้อ 3.

แต่ถ้าไม่มีรายการให้จบการทำงาน

#### 3.2 ตัวอย่างการจัดลำดับการทำงาน

ขั้นตอนที่ 1 เรียงลำดับการทำงานของชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 2 เรียงลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาในสดมภ์แรกของทุกการทำงาน โดยเลือกเครื่องมือตัดที่มีจำนวนมากที่สุดมาทำงานก่อน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเลือกเครื่องมือตัดในสตมภ์แรก

ชั้นงานที่ 1	1	2	3			
ชั้นงานที่ 2	1	4	2	3		
ชั้นงานที่ 3	2	4	5	1	3	7
ชั้นงานที่ 4	1	2	5	6	7	8

ขั้นตอนที่ 4 ตั้รายการเครื่องมือตัดที่ถูกเลือกตามขั้นตอนที่ 3. ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การตัดรายการเครื่องมือตัดที่ถูกเลือก

ชั้นงานที่ 1		2	3			
ชั้นงานที่ 2		4	2	3		
ชั้นงานที่ 3	2	4	5	1	3	7
ชั้นงานที่ 4		2	5	6	7	8

ขั้นตอนที่ 5 เลือกเครื่องมือตัดจำนวนมาก ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 2

ชั้นงานที่ 1	2	3				
ชั้นงานที่ 2	4	2	3			
ชั้นงานที่ 3	2	4	5	1	3	7
ชั้นงานที่ 4	2	5	6	7	8	

ขั้นตอนที่ 6 เลือกเครื่องมือตัดจำนวนมาก ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 4

ชั้นงานที่ 1	3					
ชั้นงานที่ 2	4	2	3			
ชั้นงานที่ 3	4	5	1	3	7	
ชั้นงานที่ 4	5	6	7	8		

ขั้นตอนที่ 7 เลือกเครื่องมือตัดที่มีจำนวนมาก ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 5

ชิ้นงานที่ 1	3					
ชิ้นงานที่ 2	2	3				
ชิ้นงานที่ 3	5	1	3	7		
ชิ้นงานที่ 4	5	6	7	8		

ขั้นตอนที่ 8 เลือกเครื่องมือตัดลำดับแรกที่ไม่ใช่ในสตมภ์ที่สอง ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 2

ชิ้นงานที่ 1	3					
ชิ้นงานที่ 2	2	3				
ชิ้นงานที่ 3	1	3	7			
ชิ้นงานที่ 4	6	7	8			

ขั้นตอนที่ 9 เลือกเครื่องมือตัดที่มีลำดับแรก ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 1

ชิ้นงานที่ 1	3					
ชิ้นงานที่ 2	3					
ชิ้นงานที่ 3	1	3	7			
ชิ้นงานที่ 4	6	7	8			

ขั้นตอนที่ 10 เลือกเครื่องมือตัดที่มีจำนวนมาก ดังแสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 3

ชิ้นงานที่ 1	3					
ชิ้นงานที่ 2	3					
ชิ้นงานที่ 3	3	7				
ชิ้นงานที่ 4	6	7	8			



ขั้นตอนที่ 11 เลือกเครื่องมือตัดลำดับแรกที่ไม่มีในสตมภ์ที่สอง ดังแสดงในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 6

ชั้นงานที่ 1						
ชั้นงานที่ 2						
ชั้นงานที่ 3	7					
ชั้นงานที่ 4	6	7	8			

ขั้นตอนที่ 12 เลือกเครื่องมือตัดที่มีจำนวนมาก ดังแสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 7

ชั้นงานที่ 1						
ชั้นงานที่ 2						
ชั้นงานที่ 3	7					
ชั้นงานที่ 4	7	8				

ขั้นตอนที่ 13 เลือกเครื่องมือตัดตัวสุดท้าย ดังแสดงในตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 8

ชั้นงานที่ 1						
ชั้นงานที่ 2						
ชั้นงานที่ 3						
ชั้นงานที่ 4	8					

ผลการทดลองของตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 3.1 สำหรับการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดของการผลิตชั้นงานแบบผสมจำนวน 4 ชั้น โดยเปรียบเทียบจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดด้วยวิธีการแบบเก่าซึ่งใช้กันอยู่ในโรงงานพบว่าการเปลี่ยนเครื่องมือตัดจำนวน 18 ครั้ง สำหรับวิธีการแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นพบว่าจะมีการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด 1, 2, 4, 5, 2, 1, 3, 6, 7 และ 8 รวมจำนวนในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดจำนวน 9 ครั้ง โดยแสดงขั้นตอนการทำงานดังแสดงตารางที่ 3.2 ถึง 3.11

#### บทที่ 4

#### ผลการดำเนินงาน

การทดลองเปลี่ยนเครื่องมือตัดบนเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์โดยทดลองผลิตชิ้นงานแบบผสม ซึ่งมีจำนวนชิ้นงาน เครื่องมือตัด โดยมีการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดที่แตกต่างกันจำนวน 20 กรณี ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าวิธีการแบบเก่าซึ่งใช้กันอยู่ในโรงงานปัจจุบันมีการเปลี่ยนเครื่องมือตัดรวม 261 ครั้ง ค่าเฉลี่ยจำนวน 13.45 ครั้ง และวิธีการฮิวริสติกแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นมีการเปลี่ยนเครื่องมือตัดรวมจำนวน 111 ครั้งมีค่าเฉลี่ยจำนวน 5.5 ครั้ง ซึ่งมีจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดลดลง 150 ครั้ง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการจัดลำดับการทำงานเครื่องมือตัด

ลำดับการทดลอง	การเปลี่ยนเครื่องมือตัด (จำนวนครั้ง)	
	วิธีการแบบเก่า	วิธีการแบบใหม่
1	8	5
2	8	6
3	6	5
4	6	4
5	6	4
6	9	4
7	12	6
8	12	7
9	12	5
10	16	7
11	15	6
12	17	6
13	20	8
14	13	6
15	13	5
16	17	4
17	17	4

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการจัดลำดับการทำงานเครื่องมือตัด (ต่อ)

ลำดับการทดลอง	การเปลี่ยนเครื่องมือตัด (จำนวนครั้ง)	
	วิธีการแบบเก่า	วิธีการแบบใหม่
18	22	7
19	21	6
20	19	6
รวม	261	111
ค่าเฉลี่ย	13.45	5.5

การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab 14.0 โดยผลค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดดังแสดงในรูปที่ 4.1 มีค่าอยู่ระหว่าง 5.50944 ถึง 10.29056 ด้วยความเชื่อมั่น 95% และจากผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ T-test ของการเปรียบเทียบแบบคู่ พบว่าทั้งสองวิธีคือ วิธีแบบเก่า และวิธีแบบใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยค่า P-value เท่ากับ 0.00 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และจากการทดสอบสมมติฐานเบื้องต้นของข้อมูลพบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยของวิธีการแบบเก่า (Old Method) เท่ากับ 13.45 และวิธีการแบบใหม่ (New Method) เท่ากับ 5.55

### Two-Sample T-Test and CI: Old method, New method

Two-sample T for Old method vs New method

	N	Mean	StDev	SE Mean
Old method	20	13.45	5.15	1.2
New method	20	5.55	1.19	0.27

Difference =  $\mu$  (Old method) -  $\mu$  (New method)  
 Estimate for difference: 7.90000  
 95% CI for difference: (5.50944, 10.29056)  
 T-Test of difference = 0 (vs not =):  
 T-Value = 6.69 P-Value = 0.000 DF = 38  
 Both use Pooled StDev = 3.7343

รูปที่ 4.1 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาวิธีการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดในการผลิตชิ้นงานแบบผสมบนเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ โดยวิธีการแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นเพื่อลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดโดยการจัดลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือตัด ซึ่งคาดว่าจะลดการสึกหรอและการบำรุงรักษาของชุดเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติ ผลการวิจัยโดยการเปรียบเทียบค่าจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดของวิธีการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดแบบเก่าและวิธีการแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นใหม่ พบว่าวิธีการแบบใหม่มีจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีแบบเก่า  $((13.45 - 5.5) / 13.45) \times 100 = 59.11\%$

นอกจากนี้วิธีการแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นมีขั้นตอนไม่ซับซ้อนสามารถทำงานได้ง่าย ดังนั้นวิธีการแบบใหม่จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจัดลำดับการทำงานของการผลิตชิ้นงานแบบผสมเพื่อช่วยลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาชุดเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติอีกด้วย

ข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้ควรพัฒนาวิธีการจัดลำดับการทำงานโดยพิจารณาถึงระยะทางรวมในการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด นอกจากนี้ควรพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยให้การทำงานมีความรวดเร็วในกรณีที่มีการทำงานกับชิ้นงานและเครื่องมือตัดจำนวนมากอีกด้วย



## บรรณานุกรม

- [1] Kenneth Castelino, Roshan D' Souza and Paul K. Wright. 2004. Tool-path Optimization for Minimization Airtime during Machining. Mechanical Engineering Dept., University of California at Berkeley, Berkeley, California, USA Journal of Manufacturing Systems; DOI: 10.1016/S0278-6125(03)90018-5
- [2] M. Selim Akturk, et al. 2004. Scheduling with tool changes to minimize total completion time: Basic results and SPT performance. European Journal of Operational Research, 157: 784–790.
- [3] Dehua Xu, et al. 2013. Scheduling tool changes and special jobs on a single machine to minimize makespan. Omega, 41: 299–304.
- [4] M. Velmurugan and M. Victor Raj. 2013. Optimal Allocation of index position on tool magazines using particles swarm optimization algorithm. International Journal of Artificial Intelligence and Mechatronics. Vol. 1, Issue 5. ICEA-2013, ISSN 2320–5121: 4-8.
- [5] A. Gopala Krishna and K. Kallikarjuna Rao. 2006. Optimal allocation of index positions on tool magazines using an ant colony algorithm. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 30: 717-721.
- [6] Bing-Hai Zhou, Li-Feng Xi and Yong-Shang Cao. 2005. A beam-search-based algorithm for the tool switching problem on flexible machine. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 25: 876-882.
- [7] M. Selim Akturk and Selcuk Avci. 1996. Tool allocation and machining conditions optimization for CNC machines. European Journal of Operational Research, 94: 335-348.
- [8] Selcuk Avci and M. Selim Akturk. 1996. Tool magazine arrangement and operations sequencing on cnc machines. Computers Operation Research, 23(11): 1069-1081.

## การจัดลำดับการทำงานเครื่องมือตัดของการผลิตชิ้นงานแบบผสม Scheduling of Cutting Tool for Mixed Parts Production

จตุพร ใจดำรง<sup>1\*</sup> ปิยวิทย์ สุวรรณ<sup>2</sup> บรรเลง คำเกตุ<sup>3</sup> สิริรัตน์ พึ่งชมพู<sup>4</sup>

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

E-mail: <sup>1</sup>jatuporn1974@gmail.com\*, <sup>2</sup>suwan\_cnc@hotmail.com, <sup>3</sup>lengpe@hotmail.com, <sup>4</sup>siriratt\_dao@hotmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดด้วยวิธีการแบบใหม่ สำหรับปัญหาการผลิตชิ้นงานแบบผสมบนแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด เพื่อช่วยยืดเวลาในการบำรุงรักษาของชุดเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติ วิธีการแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นโดยจัดเรียงลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดของแต่ละชิ้นตามลำดับแบบแถว เลือกลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดโดยพิจารณาสมรรถนะแรกที่มีจำนวนเครื่องมือตัดมากที่สุด ในกรณีที่จำนวนเท่ากันให้เลือกเครื่องมือตัดที่ไม่มีในสมรรถนะที่สอง ผลการทดลองพบว่าวิธีการแบบใหม่พบว่าช่วยลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดลง 59.11%

คำสำคัญ: การจัดลำดับการทำงาน, แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์, เครื่องมือตัด

### Abstract

In manufacturing, the cost of maintenance and cutting tool are expensive for mixed products when machining center is applied to manage the sequence of cutting tool. Therefore this research aimed to reduce that cost and tried to use a new method, instead of a standard method for cutting tool scheduling problem. The First step of this new method arranges parts following cutting tool sequentially. The results of this research showed a new approach could reduce the number of times to 59.11% in changing cutting tool.

Keywords: Scheduling, Machining Center, Cutting Tool

### 1. คำนำ

ปัจจุบันการผลิตชิ้นส่วนสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันในพื้นที่จังหวัดสงขลาและใกล้เคียงมีการนำเครื่องจักรซีเอ็นซี (CNC) เข้ามาช่วยในการทำงานเป็นจำนวนมากเนื่องจากช่วยให้การทำงานมีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดความผิดพลาดในการผลิตอันเนื่องมาจากคนงานได้อีกด้วยสำหรับเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (Machining Center) ซึ่งมีการทำงานด้วยเครื่องมือตัดจำนวนมากและมีชุดเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติ (Automatic tool change, ATC) ซึ่งช่วยลดเวลาเปลี่ยนเครื่องมือตัดแต่ในการทำงานก็ยังคงมีความสูญเสียอันเนื่องมาจากเส้นทางเดินของเครื่องมือตัด ลำดับขั้นตอนในการทำงานของชิ้นงานและจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดอีกด้วยในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมการผลิตมีการเอานำเครื่องจักรอัตโนมัติควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยใช้ในการทำงานเป็นจำนวนมากเนื่องจากช่วยให้การทำงานมีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น ยัง

ช่วยลดความผิดพลาดในการผลิตอันเนื่องมาจากคนงานได้อีกด้วยสำหรับเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (Machining Center) ซึ่งมีการทำงานด้วยเครื่องมือตัดจำนวนมากโดยมีการเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติเพื่อช่วยลดเวลาเปลี่ยนเครื่องมือตัด แต่ในขณะที่ทำงานพบว่ามีความสูญเสียอันเนื่องมาจากรูปแบบเส้นทางเดินของเครื่องมือตัดที่มีรูปแบบแตกต่างกันซึ่งทำให้เกิดเวลาเดินกีดขวางชิ้นงานในอากาศ [1] และการจัดลำดับขั้นตอนในการทำงานของชิ้นงานโดยการใช้เครื่องมือตัดที่มีลักษณะแตกต่างกันอีกด้วย [2] อุปกรณ์ช่วยเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติเป็นเครื่องมือเพื่อช่วยลดรอบเวลาในการทำงานในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติในระหว่างการทำงาน โดยเวลาในการทำงานของอุปกรณ์ช่วยเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติเกี่ยวข้องกับเวลาในการเปลี่ยนของเครื่องมือตัดและจำนวนของเครื่องมือตัดที่ติดตั้งบนป้อมมีดกลึง จำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือ [3] และตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดบนป้อมมีด [4] ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อรอบเวลาในการ

\* Corresponding author: E-mail: jatuporn1974@gmail.com

<sup>1,2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

<sup>3,4</sup> อาจารย์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

ทำงานอีกด้วย นอกจากนี้ในระหว่างการทำงานจะต้องมีการเรียกใช้เครื่องมือตัดมายังตำแหน่งทำงาน ในกรณีที่การติดตั้งเครื่องมือตัดอยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมการเรียกใช้เครื่องมือตัดก็จะต้องใช้เวลาเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย ดังนั้นถ้าสามารถกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดที่เหมาะสมได้ก็จะช่วยลดเวลารวมในการทำงานกับชิ้นงานได้ โดยเฉพาะการผลิตชิ้นงานจำนวนมากก็จะยิ่งส่งผลต่อเวลาในการทำงานยิ่งขึ้น

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อลดเวลาสูญเสียเปล่าในการทำงานกับเครื่องซีเอ็นซีพบว่า Kenneth Castelino, et al. [1] ทำการออกแบบวิธีการสร้างเส้นทางเดินเครื่องเพื่อลดระยะเส้นทางเดินของเครื่องมือในช่วงที่ไม่มีการกัดชิ้นงานหรือเรียกว่าเวลาเดินในอากาศ เพื่อให้มีเวลารวมในการกัดชิ้นงานน้อยที่สุด สำหรับ M. Selim Akturk, et al. [2] ได้ทำการพัฒนากระบวนการจัดลำดับการทำงานของชิ้นงานบนเครื่องจักรเครื่องเดียวด้วยวิธีการจัดเรียงงานที่ใช้เวลาน้อยไปมากที่สุดซึ่งพิจารณาเวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือด้วย และ Dehua Xu, et al. [3] ได้ทำการพัฒนาวิธีการวางแผนการผลิตชิ้นงาน โดยพิจารณาจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือเพื่อให้มีเวลารวมในการทำงานน้อยที่สุด

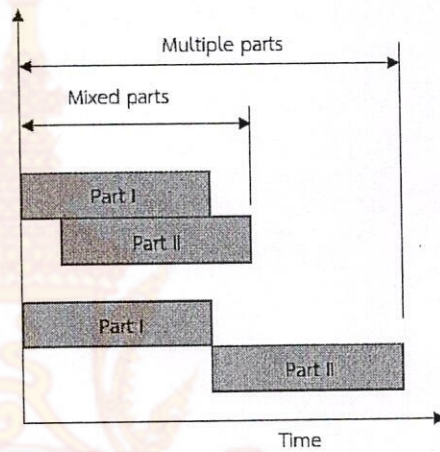
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดตำแหน่งของเครื่องมือตัดบนป้อมมิตของเครื่องกลึงและเครื่องกัดโดย M. Velmurugan and M. Victor Raj. [4] ทำการออกแบบวิธีการกำหนดตำแหน่งการติดตั้งของเครื่องมือตัดบนชุดเก็บเครื่องมือตัดของเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ เมื่อกำหนดเครื่องมือตัดและการทำงานของชิ้นงานด้วยเทคนิควิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization, PSO) โดยพิจารณาระยะเวลาในการเคลื่อนที่ระหว่างตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดหรือปัญหาการเดินทาง (Traveling Salesman Problem, TSP) โดย A. Gopala Krishna and K. Kallikarjuna Rao [5] ได้พัฒนาวิธีการกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดบนชุดเก็บเครื่องมือตัดด้วยเทคนิควิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดวิธีการอนานิคมมด (Ant colony algorithm) พบว่าวิธีการที่พัฒนาขึ้นจะช่วยลดเวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการผลิตชิ้นงานปริมาณเพิ่มมากขึ้น สำหรับ Bing-Hai Zhou, Li-Feng Xi and Yong-Shang Cao [6] ได้พัฒนาวิธีการกำหนดตำแหน่งโดยเทคนิควิธีการค้นหาด้วยลำแสง (Beam-search-based algorithm) พบว่าวิธีการนี้ช่วยลดจำนวนในการหมุนเปลี่ยนเครื่องมือตัดและเวลาในการค้นหาคำตอบอีกด้วย สำหรับงานของ M. Selim Akturk and Selcuk Avci [7] และ Selcuk Avci and M. Selim Akturk [8] พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดบนเครื่องกลึงซีเอ็นซีและพิจารณาถึงสถานะในการตัดเดือนให้เหมาะสมที่สุดอีกด้วย

งานวิจัยนี้ขอเสนอวิธีการฮิวริสติกแบบใหม่สำหรับการจัดลำดับการทำงานเครื่องมือตัดของการผลิตชิ้นงานแบบผสมเพื่อลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด โดยลักษณะของปัญหาและวิธีการแบบเก่าซึ่งใช้กันอยู่ในโรงงานได้ถูกอธิบายในหัวข้อที่ 2 และหัวข้อที่ 3 ได้อธิบายและแสดงตัวอย่างวิธีการจัดลำดับการทำงานเครื่องมือตัดแบบใหม่

สำหรับหัวข้อที่ 4 แสดงการทดลองและผลของกรณีศึกษา หัวข้อสุดท้ายเป็นสรุปผลการวิจัย

## 2. การจัดลำดับการทำงานเครื่องมือตัดแบบเก่า

การผลิตชิ้นงานแบบผสมบนเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เพื่อลดเวลารวมในการผลิตชิ้นงานซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันจำนวนหลายชิ้นหรือเป็นแบบผสม เพื่อลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด โดยการเรียกเครื่องมือตัดที่ต้องการใช้งานมารออยู่ในตำแหน่งรอเปลี่ยนเครื่องมือตัดต่อจากนั้นจึงเรียกเครื่องมือตัดที่ใช้งานมาเปลี่ยน



รูปที่ 1 เวลารวมในการผลิตชิ้นงาน

การผลิตชิ้นงานบนเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ซึ่งใช้กันอยู่ในโรงงานดังแสดงในรูปที่ 1 โดยการผลิตชิ้นงานในลักษณะเป็นรุ่นการผลิต (Multiple parts) ซึ่งวิธีการแบบเก่านี้จะทำให้เสียเวลารอคอยเนื่องจากเวลารวมในการผลิตมีมากขึ้นโดยเฉพาะในกรณีที่ชิ้นงานต้องนำไปทำการประกอบในลำดับถัดไป ดังนั้นเพื่อลดเวลารอคอยชิ้นงานในระหว่างการผลิตจึงให้ทำการผลิตชิ้นงานแบบผสม (Mixed parts)

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลตัวอย่างของการผลิตชิ้นงานจำนวน 4 รูปแบบพร้อมกันบนโต๊ะงานของเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ เช่น ชิ้นงานหมายเลข 1 มีการทำงานกับเครื่องมือตัดหมายเลข 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ชิ้นงานหมายเลข 4 มีการทำงานกับเครื่องมือตัดหมายเลข 1, 2, 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ สำหรับการผลิตชิ้นงานแบบผสมซึ่งใช้วิธีการแบบเก่า (Old method) ในโรงงาน พบว่ามีการผลิตชิ้นงานตามลำดับ 1, 2, 3, และ 4 โดยการผลิตชิ้นงานที่ 1 ก็จะทำการผลิตตามลำดับของเครื่องมือตัดจนสำเร็จเรียบร้อยต่อจากนั้นจึงไปทำงานกับชิ้นงานที่ 2, 3 และ 4 จนสำเร็จตามลำดับของเครื่องมือตัด พบว่าการผลิตชิ้นงานผสมดังแสดงในตารางที่ 1 ด้วยวิธีการแบบเก่ามีการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเท่ากับจำนวนเครื่องมือตัดของทุกชิ้นงานรวมกันลบด้วยหนึ่งซึ่งมีจำนวนในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเท่ากับ 18 ครั้ง

ตารางที่ 1 การจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด

หมายเลข ชั้นงาน	ลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3			
2	1	4	2	3		
3	2	4	5	1	3	7
4	1	2	5	6	7	8

### 3. การจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดแบบใหม่

การผลิตชั้นงานแบบผสมบนเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เพื่อลดเวลารวมในการผลิตชั้นงาน โดยการผลิตชั้นงาน 1, 2, 3 และ 4 พร้อมๆ กันบนโต๊ะงานของเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ และจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดด้วยวิธีการแบบใหม่

#### 3.1 วิธีการจัดลำดับการทำงานแบบใหม่

**ขั้นตอนที่ 1** เรียงลำดับการทำงานของชั้นงานตามจำนวนเครื่องมือตัดที่ใช้จากน้อยไปหามาก

**ขั้นตอนที่ 2** เรียงลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด

**ขั้นตอนที่ 3** พิจารณาในสตมภ์แรกของการทำงาน

- 3.1 เลือกเครื่องมือตัดจำนวนมากที่สุดในสตมภ์แรกที่ไม่มีในสตมภ์ที่สอง หรือ
- 3.2 เลือกเครื่องมือตัดจำนวนน้อยที่สุดในสตมภ์แรกเมื่อมีในสตมภ์ที่สอง หรือ
- 3.3 เลือกเครื่องมือตัดในลำดับแรกก่อนในกรณีที่มีเครื่องมือตัดมีจำนวนเท่ากันในสตมภ์แรก และไม่มีในสตมภ์ที่

สอง

**ขั้นตอนที่ 4** ตัดรายการเครื่องมือตัดที่ถูกเลือกตามข้อ 3.

**ขั้นตอนที่ 5** ถ้ายังมีเครื่องมือตัดอยู่ในรายการทำงาน ดำเนินการเลือกลำดับเครื่องมือตัดทั้งหมด และกลับไปทำข้อ 3. แต่ถ้าไม่มีรายการให้จบการทำงาน

#### 3.2 ตัวอย่างการจัดลำดับการทำงาน

**ขั้นตอนที่ 1** เรียงลำดับการทำงานของชั้นงาน

**ขั้นตอนที่ 2** เรียงลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด

**ขั้นตอนที่ 3** พิจารณาในสตมภ์แรกของการทำงาน โดยเลือกเครื่องมือตัดที่มีจำนวนมากที่สุดมาทำงานก่อน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเลือกเครื่องมือตัดในสตมภ์แรก

ชั้นงานที่ 1	1	2	3			
ชั้นงานที่ 2	1	4	2	3		
ชั้นงานที่ 3	2	4	5	1	3	7
ชั้นงานที่ 4	1	2	5	6	7	8

**ขั้นตอนที่ 4** ตัดรายการเครื่องมือตัดที่ถูกเลือกตามขั้นตอนที่ 3. ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การตัดรายการเครื่องมือตัดที่ถูกเลือก

ชั้นงานที่ 1		2	3			
ชั้นงานที่ 2		4	2	3		
ชั้นงานที่ 3	2	4	5	1	3	7
ชั้นงานที่ 4		2	5	6	7	8

**ขั้นตอนที่ 5** เลือกเครื่องมือตัดจำนวนมาก ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 2

ชั้นงานที่ 1	2	3				
ชั้นงานที่ 2	4	2	3			
ชั้นงานที่ 3	2	4	5	1	3	7
ชั้นงานที่ 4	2	5	6	7	8	

**ขั้นตอนที่ 6** เลือกเครื่องมือตัดจำนวนมาก ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 4

ชั้นงานที่ 1	3					
ชั้นงานที่ 2	4	2	3			
ชั้นงานที่ 3	4	5	1	3	7	
ชั้นงานที่ 4	5	6	7	8		

**ขั้นตอนที่ 7** เลือกเครื่องมือตัดที่มีจำนวนมาก ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 5

ชั้นงานที่ 1	3					
ชั้นงานที่ 2	2	3				
ชั้นงานที่ 3	5	1	3	7		
ชั้นงานที่ 4	5	6	7	8		

**ขั้นตอนที่ 8** เลือกเครื่องมือตัดลำดับแรกที่ไม่มีในสตมภ์ที่สอง ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 2

ชั้นงานที่ 1	3					
ชั้นงานที่ 2	2	3				
ชั้นงานที่ 3	1	3	7			
ชั้นงานที่ 4	6	7	8			



ขั้นตอนที่ 9 เลือกเครื่องมือตัดที่มีลำดับแรก ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 1

ชั้นงานที่ 1	3					
ชั้นงานที่ 2	3					
ชั้นงานที่ 3	1	3	7			
ชั้นงานที่ 4	6	7	8			

ขั้นตอนที่ 10 เลือกเครื่องมือตัดที่มีจำนวนมาก ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 3

ชั้นงานที่ 1	3					
ชั้นงานที่ 2	3					
ชั้นงานที่ 3	3	7				
ชั้นงานที่ 4	6	7	8			

ขั้นตอนที่ 11 เลือกเครื่องมือตัดลำดับแรกที่ไม่อยู่ในสตมภ์ที่สอง ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 6

ชั้นงานที่ 1						
ชั้นงานที่ 2						
ชั้นงานที่ 3	7					
ชั้นงานที่ 4	6	7	8			

ขั้นตอนที่ 12 เลือกเครื่องมือตัดที่มีจำนวนมาก ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 7

ชั้นงานที่ 1						
ชั้นงานที่ 2						
ชั้นงานที่ 3	7					
ชั้นงานที่ 4	7	8				

ขั้นตอนที่ 13 เลือกเครื่องมือตัดตัวสุดท้าย ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เลือกเครื่องมือตัดหมายเลข 8

ชั้นงานที่ 1						
ชั้นงานที่ 2						
ชั้นงานที่ 3						
ชั้นงานที่ 4	8					

ผลการทดลองของตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดของการผลิตชั้นงานแบบผสมจำนวน 4 ชั้น โดยเปรียบเทียบจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดด้วยวิธีการแบบเก่าซึ่งใช้กันอยู่ในโรงงานพบว่ามีการเปลี่ยนเครื่องมือตัดจำนวน 18 ครั้ง สำหรับวิธีการแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นพบว่าจะมีการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด 1, 2, 4, 5, 2, 1, 3, 6, 7 และ 8 รวมจำนวนในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดจำนวน 9 ครั้ง โดยแสดงขั้นตอนการทำงานดังแสดงตารางที่ 2 ถึง 12

#### 4. การทดลองและผล

การทดลองเปลี่ยนเครื่องมือตัดบนเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์โดยทดลองผลิตชั้นงานแบบผสม ซึ่งมีจำนวนชั้นงาน เครื่องมือตัด โดยมีการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดที่แตกต่างกันจำนวน 20 กรณี ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 13 พบว่าวิธีการแบบเก่าซึ่งใช้กันอยู่ในโรงงานปัจจุบันมีการเปลี่ยนเครื่องมือตัดรวม 261 ครั้ง ค่าเฉลี่ยจำนวน 13.45 ครั้ง และวิธีการอีวิริสติกแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นมีการเปลี่ยนเครื่องมือตัดรวมจำนวน 111 ครั้งมีค่าเฉลี่ยจำนวน 5.5 ครั้ง ซึ่งมีจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดลดลง 150 ครั้ง

ตารางที่ 13 ผลการทดลองการจัดลำดับการทำงานเครื่องมือตัด

ลำดับการทดลอง	การเปลี่ยนเครื่องมือตัด (จำนวนครั้ง)	
	วิธีการแบบเก่า	วิธีการแบบใหม่
1	8	5
2	8	6
3	6	5
4	6	4
5	6	4
6	9	4
7	12	6
8	12	7
9	12	5
10	16	7
11	15	6
12	17	6
13	20	8
14	13	6
15	13	5
16	17	4
17	17	4
18	22	7
19	21	6
20	19	6

รวม	261	111
ค่าเฉลี่ย	13.45	5.5

## Two-Sample T-Test and CI: Old method, New method

Two-sample T for Old method vs New method

	N	Mean	StDev	SE Mean
Old method	20	13.45	5.15	1.2
New method	20	5.55	1.19	0.27

Difference =  $\mu$  (Old method) -  $\mu$  (New method)  
 Estimate for difference: 7.90000  
 95% CI for difference: (5.50944, 10.29056)  
 T-Test of difference = 0 (vs not =):  
 T-Value = 6.69 P-Value = 0.000 DF = 38  
 Both use Pooled StDev = 3.7343

### รูปที่ 2 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab 14.0 โดยผลค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดตั้งแสดงในรูปที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 5.50944 ถึง 10.29056 ด้วยความเชื่อมั่น 95% และจากผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ T-test ของการเปรียบเทียบแบบคู่พบว่าทั้งสองวิธี คือ วิธีแบบเก่า และวิธีแบบใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยค่า P-value เท่ากับ 0.00 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และจากการทดสอบสมมติฐานเบื้องต้นของข้อมูลพบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยของวิธีการแบบเก่า (Old Method) เท่ากับ 13.45 และวิธีการแบบใหม่ (New Method) เท่ากับ 5.55

## 5. สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาวิธีการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดในการผลิตชิ้นงานแบบผสมบนเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ โดยวิธีการแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นเพื่อลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดโดยการจัดลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือตัด ซึ่งคาดว่าจะลดการสึกหรอและการบำรุงรักษาของชุดเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติ ผลการวิจัยโดยการเปรียบเทียบค่าจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดของวิธีการจัดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดแบบเก่าและวิธีการแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นใหม่ พบว่าวิธีการแบบใหม่มีจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีแบบเก่า  $((13.45 - 5.5) / 13.45) \times 100 = 59.11\%$  นอกจากนี้วิธีการแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นมีขั้นตอนไม่ซับซ้อนสามารถทำงานได้ง่าย ดังนั้นวิธีการแบบใหม่จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจัดลำดับการทำงานของการผลิตชิ้นงานแบบผสมเพื่อช่วยลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาชุดเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติอีกด้วย

ข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้ควรพัฒนาวิธีการจัดลำดับการทำงานโดยพิจารณาถึงระยะทางรวมในการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด

นอกจากนี้ควรพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยให้การทำงานให้มีความรวดเร็วในกรณีที่มีการทำงานกับชิ้นงานและเครื่องมือตัดจำนวนมากอีกด้วย

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับทุนสนับสนุนในการทำวิจัยด้วยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2559 และสนับสนุนการทดลองด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี ร้านธีระการช่าง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Kenneth Castelino, Roshan D' Souza and Paul K. Wright. 2004. Tool-path Optimization for Minimization Airtime during Machining. Mechanical Engineering Dept., University of California at Berkeley, Berkeley, California, USA Journal of Manufacturing Systems; DOI: 10.1016/S0278-6125(03)90018-5
- [2] M. Selim Akturk, et al. 2004. Scheduling with tool changes to minimize total completion time: Basic results and SPT performance. European Journal of Operational Research, 157: 784-790.
- [3] Dehua Xu, et al. 2013. Scheduling tool changes and special jobs on a single machine to minimize makespan. Omega, 41: 299-304.
- [4] M. Velmurugan and M. Victor Raj. 2013. Optimal Allocation of index position on tool magazines using particles swarm optimization algorithm. International Journal of Artificial Intelligence and Mechatronics. Vol. 1, Issue 5. ICEA-2013, ISSN 2320-5121: 4-8.
- [5] A. Gopala Krishna and K. Kallikarjuna Rao. 2006. Optimal allocation of index positions on tool magazines using an ant colony algorithm. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 30: 717-721.
- [6] Bing-Hai Zhou, Li-Feng Xi and Yong-Shang Cao. 2005. A beam-search-based algorithm for the tool switching problem on flexible machine. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 25: 876-882.
- [7] M. Selim Akturk and Selcuk Avci. 1996. Tool allocation and machining conditions optimization for CNC machines. European Journal of Operational Research, 94: 335-348.

- [8] Selcuk Avci and M. Selim Akturk. 1996. Tool magazine arrangement and operations sequencing on cnc machines. Computers Operation Research, 23(11): 1069-1081.



**จตุพร ใจดำรงค์** สำเร็จการศึกษา วศ.บ.วิศวกรรมอุตสาหการ รม. และ วศ.ม.วิศวกรรมการผลิต สจพ. งานวิจัยที่สนใจด้านการออกแบบอัลกอริทึม โปรแกรม การปรับปรุงกระบวนการทำงาน CNC/CAD/CAM



**ปิยวิทย์ สุวรรณ** สำเร็จการศึกษา คอ.บ.ครุศาสตร์อุตสาหการ รม. และ กศ.ม.บริหารการศึกษา ม.ทักษิณ งานวิจัยที่สนใจด้านการออกแบบเครื่องมือและเครื่องจักรกล การปรับปรุงกระบวนการทำงาน



**บรรเลง คำเกต** สำเร็จการศึกษา วศ.บ.วิศวกรรมการผลิต และ วศ.ม.วิศวกรรมอุตสาหการ สจพ. งานวิจัยที่สนใจเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องมือและเครื่องจักรกล การปรับปรุงกระบวนการทำงาน



**สิริรัตน์ ฟิ่งชมพู่** สำเร็จการศึกษา วศ.บ.วิศวกรรมเคมี และ วศ.ม.วิศวกรรมอุตสาหการ มอ. ปร.ด. วิศวกรรมอุตสาหการ มข. งานวิจัยที่สนใจเกี่ยวกับสถิติวิศวกรรม ไซ้่อุปทานและระบบขนส่ง

