

การประยุกต์วิธีการทากุชิสำหรับกระบวนการกลึงที่ดีที่สุดโดยศึกษาค่าพารามิเตอร์ ของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

Application of Taguchi Method for Optimizing Turning Process by Studying of Production Machining Parameters

สุรพงศ์ บางพาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ภาคพายัพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

Surapong Bangphan

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology

Lanna Chiang Mai Campus, Chiang Mai, Thailand, 50300

Tel: 0-5392-1444, Fax: 0-5321-3183 E-mail: pong_pang49@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาค่าของปัจจัยหรือค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการบวนการกลึงขึ้นรูปโลหะ โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองวิธีทากุชิเพื่อลดจำนวนปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดเฉือน โดยทำการทดลองกลึงชิ้นงานเหล็กกล้าผสมคาร์บอนสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 25.4 มิลลิเมตร ความยาวเท่ากับ 76.2 มิลลิเมตร ด้วยมีดกลึงทำด้วยเหล็กความเร็วรอบสูง และหาประสิทธิภาพการกลึงโดยวัดอัตราการกำจัดเศษที่ได้ออก คือค่า MRR (Material Removal Rate) กำหนดปัจจัยที่จะทำการศึกษา 3 ตัวแปร ได้แก่ ความเร็วเพลาค้อน อัตราการป้อน และระยะการป้อนลึก และสร้างแผนการทดลองแบบเมตริกซ์ (matrix experiment) โดยใช้ตารางพิเศษที่เรียกว่า ตารางแนวมฉาก (orthogonal array) เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทดลองจากหลายๆ ปัจจัยที่เลือกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้โปรแกรม Minitab release 15.00 มาช่วยคำนวณเพื่อหาผลตอบสนองของความผันแปร ซึ่งหาได้จากตัววัดทากุชิ คือ ค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสิ่งรบกวน (signal to noise ratio) หรือ S/N ดังนั้นจะได้ ตารางแสดงค่าการทดลองจริงที่ใช้กับการกลึงชิ้นงานเหล็กด้วยมีดกลึงเหล็กความเร็วรอบสูง ที่มีจำนวน

การทดลองทั้งหมด 9 วัน หลังจากทำการทดลองและยืนยันผลการทดลองแล้ว แสดงว่า วิธีทากุชิ ช่วยลดจำนวนปัจจัยที่มีผลกระทบต่องานกลึงขึ้นรูป ช่วยลดเวลาและจำนวนครั้งในการทดลอง

คำหลัก วิธีการทากุชิ กระบวนการกลึง ค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักร การผลิต

Abstract

This research is to evaluate the best factors or parameters in metal machining process by applying the Taguchi experimental design method to reduce the number of factors that do not influence on the machining or turning process. The experiment is turning the high carbon steel with a diameter of 25.4 mm and a length of 76.2 mm by using a cutting tool made of the high speed steel. The machining efficiency is evaluated by measuring the rate of turning scrap or MRR (Material Removal Rate). The three factors defined are the spindle speed, the feed rate and the depth of cut. The matrix experimental plan is created by using a special table called an orthogonal array in order to find out the factors that influence on the experiment from many factors

selected effectively. Minitab release 15.0 is also used to compute the response variability as Taguchi measurement, signal to noise ratio, or S/N, therefore the number of experiments are 9 runs and after conducting experiment and confirmation test, it shows that the Taguchi method is useful in reducing the number of factors that does not affect on this experiment and saving the experimental time.

Keywords: Taguchi method, turning process, machining parameter, production

1. บทนำ

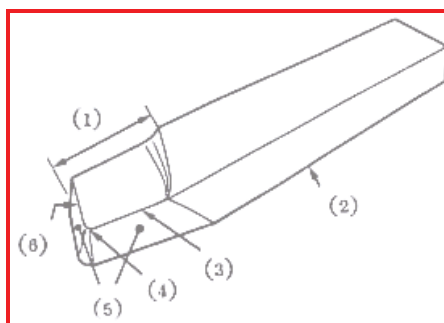
เครื่องกลึง (turning) เป็นเครื่องจักรที่ทำงานโดยจับยึดชิ้นงานให้แน่นและชิ้นงานหมุนเพื่อทำการตัดเฉือนโลหะชิ้นงานที่ถูกตัดเฉือนด้วยเครื่องกลึงซึ่งจะเคลื่อนที่ไปตามความยาวของชิ้นงานที่ทำการตัดเฉือน การกลึงตัดเฉือนประกอบด้วย การกลึงปาดหน้า ลบคม กลึงปอก กลึงเกลียว ตลอดจนการเจาะชิ้นงานบนเครื่องกลึงเป็นต้น ซึ่งต้องอาศัยความเร็วรอบ อัตราการป้อน และความลึกในการตัดเฉือน รวมทั้งน้ำหล่อเย็นที่ช่วยให้การกลึงมีประสิทธิภาพ เครื่องกลึงจึงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสามารถทำการผลิตได้หลากหลายรูปแบบส่วนเครื่องกลึงที่ใช้ในการทดสอบหาประสิทธิภาพแสดงดังรูปที่ 1

1.1 มีดกลึง (cutting tool)

มีดกลึงที่ใช้งานโดยทั่วไป จะทำมาจากเหล็กเครื่องมือ (tool steel) ที่ต้องทนความร้อนได้สูง มีความเหนียว มีความแข็ง ตัวอย่างเช่น เหล็กโรบสูง (high speed steel) ทังสเตนคาร์ไบด์ (carbide tip) หรือเซรามิก (ceramic) เป็นต้น รูปร่างลักษณะมีดกลึงที่ทำจากเหล็กโรบสูงจะมีทั้งชนิดที่เป็นแท่งใหญ่ไม่ต้องใช้ด้ามจับ ในขณะที่ทำงานและแท่งขนาดเล็กต้องอาศัยด้ามจับขณะทำงาน แต่ในงานวิจัยนี้จะเลือกมีดกลึงชนิดเป็นแท่งใหญ่ไม่ต้องใช้ด้ามจับที่ทำจากวัสดุเหล็กโรบสูง (high speed steel) แสดงดังรูปที่ 2 ส่วนรูปที่ 3 ตัวอย่างการกลึงปอกชิ้นงานด้วยมีดกลึงคมตัดขวา (right hand tool)



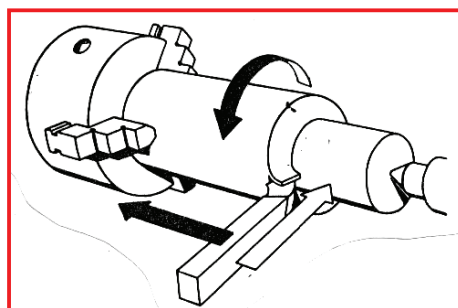
รูปที่ 1 เครื่องกลึงที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพการทดสอบ



รูปที่ 2 ส่วนต่าง ๆ ของมีดกลึงปอกขวา

รูปร่างและลักษณะต่างๆ ของมีดกลึงอธิบายตามหมายเลขดังนี้

- 1.ความยาวคมตัด
- 2.ลำตัว
- 3.คมตัดหลัก
- 4.ปลายคมตัด
- 5.มุมหลบหรือมุมฟรีของคมตัด
- 6.ผิวข้างคมตัดตรง



รูปที่ 3 ตัวอย่างการกลึงปอกขวา

ในการกลึงประกอบด้วยความเร็ว และการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดเฉือนที่เป็นลักษณะเฉพาะของค่าพารามิเตอร์ทั้งหลาย ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการเลือกสำหรับแต่ละพื้นฐานในการทำงานจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่

นำมาทำชิ้นงาน วัสดุเครื่องมือ ขนาดเครื่องมือและค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกรกลึง ค่าพารามิเตอร์ในการกลึงชิ้นงานมีผลกระทบต่อกระบวนการปฏิบัติงานดังเช่น [1]

1. ความเร็วในการตัด ความเร็วของผิวชิ้นงานจะมีความสัมพันธ์มุมขอบของเครื่องมือตัดเฉือนในระหว่างทำการตัด การวัดผิวชิ้นงานหน่วยเป็น ฟุตต่อนาที (fpm)

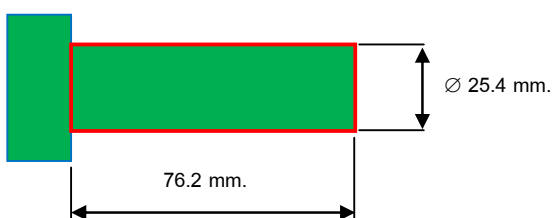
2. ความเร็วเพลahaman ความเร็วในการหมุนของเพลahamanกับชิ้นงานหน่วยเป็นรอบต่อนาที (RPM) ความเร็วเพลahamanต้องสัมพันธ์กับความเร็วในการตัดเฉือนในขณะที่หมุนรอบชิ้นงาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดที่ทำการตัดเฉือน ในการตัดเฉือนต้องควบคุมความเร็วตัดเฉือน ความเร็วเพลahamanอาจจะแปรผันตามแรงการตัดเฉือน ขนาดของชิ้นงานในขณะที่นำเครื่องมือมาตัดเฉือน ถ้าความเร็วเพลahamanคือค่าที่กำหนดดังนั้นค่าความเร็วตัดเฉือนจะมีความผันแปรตามไปด้วย

3. อัตราการป้อน ความเร็วของเครื่องมือตัดเฉือนในการเคลื่อนที่จะมีความสัมพันธ์กับชิ้นงานตามที่ใช้เครื่องมือในการตัดเฉือน อัตราการป้อนจะทำการวัดเป็นหน่วย มิลลิเมตรต่อรอบ (mm/rev)

4. ระยะป้อนลึกสำหรับเครื่องมือในการตัดเฉือนระหว่างเส้นแนวรัศมีของชิ้นงานในขณะที่ทำการตัดเฉือนของเครื่องจักร ถ้าระยะป้อนลึกมีขนาดที่กว้างอัตราการป้อนจะต่ำหรือมีระยะนั้นความลึกในการตัดเฉือนมากเกินไปของเครื่องมือจะทำให้อายุคมมีลดลง

วัสดุชิ้นงานที่ทำการศึกษา

วัสดุที่นำมาทำชิ้นงานจะเลือกเหล็กเหนียวสำหรับการทดลองเพื่อหาค่าที่ดีที่สุดต่ออัตราการกำจัดเศษ (Material Removal Rate, MRR) โดยที่วัสดุชิ้นงานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 25.4 มิลลิเมตร ความยาวเท่ากับ 76.2 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างขนาดชิ้นงานที่จะทำการกลึงปอก

1.2 อัตราการกำจัดเศษ (Material Removal Rate, MRR)

อัตราการกำจัดเศษ (MRR) เป็นการวัดค่าน้ำหนักก่อนและหลังของชิ้นงานจะใช้ในการคำนวณและความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกำจัดเศษหาได้จากสมการที่ 1 ดังนี้

$$\frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}}{\text{เวลาที่ใช้การผลิต}} = \text{MRR} \quad (1)$$

MRR คือการคำนวณค่าที่ได้จากการทดลอง ส่วนการพิจารณาปรับแก้ไขด้วยอัตราส่วน S/N จะใช้โปรแกรม Minitab release 15.00 มาช่วยในการคำนวณ

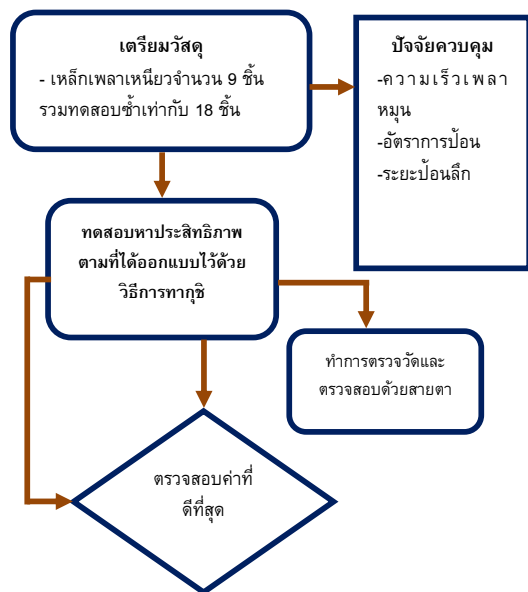
ดังนั้น งานวิจัยนี้เป็นการนำเอาเทคนิควิธีการทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อทำการตรวจสอบอัตราการนำเอาเศษวัสดุออกจากชิ้นงานจากเหล็กเหนียวที่นำมาทดสอบ โดยทดสอบกับมิตกลึงที่ทำมาจากวัสดุเหล็กอบสูง โดยปัจจัยที่ควบคุมได้แก่ ความเร็วเพลahaman อัตราการป้อนและระยะป้อนลึก เพื่อวิเคราะห์ผลที่ได้กับกระบวนการกลึงชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงที่ใช้ในการผลิต

การออกแบบการทดลองโดยวิธีทางสถิติ เป็นการประยุกต์การออกแบบการทดลอง ปัจจัยควบคุม (control factor) ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (uncontrollable factor) หรือ Noise Factor ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ยังเป็นแหล่งของความผันแปรอีกด้วย ซึ่งอิทธิพลที่เกิดจากตัวแปรเหล่านี้ไม่สามารถที่จะกำจัดได้ เพราะฉะนั้นหน้าที่หลักของวิธีการทางสถิติ คือการลดความผันแปรของผลิตภัณฑ์ โดยทำการเลือกปรับปรุงปัจจัยควบคุม (control factor) ผลการทดลองดิบจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของอัตราส่วนของสัญญาณต่อเสียง (S/N Ratio) ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ในการหาเป้าหมายที่ถูกต้องเพื่อหาค่าที่ดีที่สุด (optimize) โดยที่คุณลักษณะของ S/N Ratio สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ Small – the – Better Type Problem, Nominal – the – Best – Type Problem และ Larger – the – Better Type Problem และประโยชน์ที่ได้จากวิธีการทางสถิติเป็นการช่วยลดจำนวนของการทดลอง ทำให้ประหยัดเวลา และ ต้นทุนในการทดลอง ช่วยทำให้การทดลองง่ายสะดวกยิ่งขึ้น และให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือได้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเชื่อมั่นมากขึ้น [2]

2. วิธีการดำเนินการทดลอง

2.1 ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ

แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ขั้นตอนการทดสอบของกระบวนการกลึงเพื่อหาค่าที่ดีที่สุดด้วยวิธีการทากุชิ

2.1.1 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

เมื่อผู้ออกแบบการทดลองทราบจำนวนของปัจจัยควบคุม (control factor) และระดับของปัจจัยควบคุม (control actor level) ที่ได้ออกแบบไว้ โดยนำค่าทั้งสองนี้มาทำการพิจารณาเลือกใช้ชนิด Orthogonal Array การใช้ Orthogonal Array ซึ่งจะทำให้สามารถหาอิทธิพลของปัจจัยที่มีหลายปัจจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพในการกำหนดปัจจัยควบคุมหรือตัวแปรที่ได้ออกแบบไว้ใน Orthogonal Array อย่างเหมาะสม ดังขั้นตอนต่อไปนี้

พิจารณาตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการกลึงด้วยเครื่องกลึงประกอบด้วย 3 ตัวแปร 3 ระดับ แสดงดังตารางที่ 1 ส่วนตัวแปรที่ไม่ต้องการศึกษาจะต้องกำหนดวิธีการควบคุมตัวแปรเพื่อให้ความแปรปรวนเนื่องจากปัจจัยภายนอก เกิดขึ้นน้อยที่สุด เช่น อุณหภูมิภายนอกและสถานที่ทำการทดลอง ตลอดจนผู้ปฏิบัติงาน เป็นต้น

ตารางที่ 1 ปัจจัยและพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัยควบคุม	ระดับการทดลอง			MRR
	1	2	3	
ความเร็วเฟลาหมุน (rev/min)	220	380	510	-
อัตราการป้อน (mm/rev)	1.033	1.147	1.392	-
ระยะป้อนลึก (mm)	0.5	0.6	0.75	-

หมายเหตุ : ระดับการทดลองได้กำหนดไว้ที่ 3 ระดับ ทั้ง 3 ปัจจัยประกอบด้วยความเร็วเฟลาหมุน ระดับที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 220, 380 และ 510 รอบต่อนาที (ความเร็วเฟลาหมุนของเครื่องกลึงอยู่ระหว่าง 220 ถึง 510 รอบต่อนาที) , อัตราการป้อน ระดับที่ 1, 2 และ 3 คือ 1.033, 1.147 และ 1.392 มิลลิเมตรต่อรอบ (โดยปกติอัตราการป้อนที่เหมาะสมอยู่ในช่วงระหว่าง 1.033 ถึง 1.392 มิลลิเมตรต่อรอบ) ส่วนระยะการป้อนลึกระดับที่ 1, 2 และ 3 เป็น 0.5, 0.6 และ 0.75 มิลลิเมตร (ในการกำหนดระยะการป้อนลึกอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 0.75 มิลลิเมตร เพราะว่ามีดกลึงทำจากเหล็กอบสูงและวัสดุที่ทำการทดลองเป็นเหล็กกล้าผสมคาร์บอนสูง)

2.2 การออกแบบการทดลองโดยวิธีการทากุชิ

วิธีการทากุชิมีขั้นตอนที่สำคัญ 4 ขั้นตอนคือ

1. กำหนดปัญหา
2. วางแผนการทดลอง
3. วิเคราะห์ผลลัพธ์
4. ทดลองเพื่อยืนยันผล

2.2.1 วิธีการทากุชิ

วิธีทางวิศวกรรมคุณภาพเสนอโดย ทากุชิ คือ เทคนิคที่มีความรู้ที่ดีเป็นการเตรียมการของวิธีการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพและมีระบบแบบแผนสำหรับทำการศึกษาหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกระบวนการ ข้อกำหนดของทากุชิ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ในช่วงระยะเวลาสัดส่วนของเสียโดยผลิตภัณฑ์บางสิ่งบางอย่างที่สูญเสียซึ่งไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้จนกระทั่งความเบี่ยงเบนสำหรับคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่เป็นความต้องการสำหรับค่าเป้าหมายของวิธีการทากุชิและถูกเรียกว่าความสูญเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ได้

จนถึงค่าที่เบี่ยงเบน ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้เป็นอีกสาเหตุหนึ่งของคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายนั้นๆ ถูกเรียกว่าปัจจัย Noise ที่มีอยู่ภายในและภายนอก สามารถทำการศึกษาผลกระทบของปัจจัยเดียวภายใต้ผลลัพธ์ การรวมเข้าปัจจัยหลายๆตัวที่ดีที่สุดจึงถูกนำมาพิจารณา [3]

ทากูชิได้เสนอ 8 ขั้นตอนมาตรฐานดังนี้ [4]

1. จำแนกการดำเนินงานหลัก ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อข้างเคียงและโหมดความเสียหายที่จะเกิดขึ้น
2. จำแนกปัจจัย Noise ภายใต้เงื่อนไขของการทดสอบ และลักษณะเฉพาะของคุณภาพ
3. จำแนกเป้าหมายของการดำเนินงานจนได้ค่าที่ดีที่สุด
4. จำแนกปัจจัยควบคุมและระดับต่างๆ
5. เลือก การทดลองเมตริกซ์แบบ Orthogonal Array
6. ดำเนินการทดลองแบบเมตริกซ์
7. วิเคราะห์ข้อมูล ทำนายผลในระดับที่คาดหวัง และสมรรถนะขบวนการที่ดีที่สุด
8. ดำเนินการทดลองเพื่อพิสูจน์ความจริงและวางแผนการดำเนินงานในอนาคต

2.2.2 นิยามของวิธีการทากูชิ (Definition of Taguchi Method)

ทากูชิเป็นการคิดวิธีใหม่โดยการดำเนินการออกแบบทดลองซึ่งเป็นพื้นฐานการแนะนำในข้อจำกัดที่ดี วิธีการทากูชิใช้การจัดลำดับแบบพิเศษเรียกว่า ลำดับของ Orthogonal มาตรฐานการจัดลำดับเป็นการกำหนดที่เป็นแนวทางการดำเนินงานของจำนวนตัวเลขที่มีค่าน้อยสุดสำหรับการทดลองซึ่งสามารถกำหนดให้ข้อมูลมีความละเอียดมากที่สุดของปัจจัยทั้งหมดที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของค่าพารามิเตอร์เหล่านั้น จุดสำคัญของวิธีการจัดวางลำดับแบบ Orthogonal ที่อาจไม่เป็นความจริงต่อการเลือกในระดับการรวมกันของตัวแปรที่ทำการออกแบบผลลัพธ์ที่ได้สำหรับของแต่ละการทดลอง [5]

2.3 การคำนวณ

หลังจากเลือกข้อมูลทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยสำหรับการคำนวณด้วยอัตราส่วน S/N อัตราส่วน S/N เป็นความเข้าใจทางด้านคุณภาพมุ่งเน้นไปที่ผลกระทบ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงโดยค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการในสมรรถนะของกระบวนการหรือผลผลิตที่ได้จากการประเมิน โดยทั่วไป การได้รับสัญญาณที่ดีกว่าเมื่อเสียงที่ได้น้อยกว่ามาก ดังนั้น ผลผลิตของอัตราส่วน S/N ที่มีขนาดมากกว่าจะดีกว่าผลลัพธ์ที่ได้ช่วงสุดท้าย ของค่าเฉลี่ย ความแตกต่างสำหรับผลลัพธ์สุดท้ายจะกลายมาเป็นค่าที่น้อยที่สุด อัตราส่วน S/N ซึ่งคุณลักษณะของ อัตราส่วน S/N แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ดังที่กล่าวมาแล้วนั้นสามารถคำนวณได้ดังนี้

ปัญหาคณิต Small – is – Better (ความแปรปรวนของผลตอบ)

เป็นการสมมติอัตราส่วน S/N ของค่าเป้าหมายนั้นๆ สำหรับผลตอบที่เป็นศูนย์และเป็นค่าที่เหมาะสมเมื่อแสดงรายละเอียดเพียงเพื่อพิกัดความเผื่อจำกัดด้านบนหาได้จากสมการที่ 2 ดังนี้

$$S / N_S = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (2)$$

เป้าหมายของการทดลองสำหรับสถานการณ์ Smaller-is-Better คือค่าน้อยสุด $\sum y_i^2$ เมื่อค่า n คือจำนวนค่าที่ได้จากการวัดในการทดลอง และค่า y_i นั้น เป้าหมายสูงสุดหาได้จากสมการที่ 3

$$y_i = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (3)$$

ปัญหาคณิต Larger-is-Better (ค่าเฉลี่ยของผลตอบ)

เป็นการสมมติอัตราส่วน S/N เป้าหมายคือค่าสูงสุดของผลตอบและเป็นค่าที่เหมาะสมเมื่อแสดงรายการเพียงพิกัดความเผื่อจำกัดด้านล่างหาได้จากสมการที่ 4 ดังนี้

$$S / N_L = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (4)$$

อนึ่ง เป้าหมายของการทดลองสำหรับสถานการณ์ Larger-is-Better คือค่ามากที่สุดของผลตอบ(ผลตอบของกระบวนการ) แต่ค่า y มากที่สุดคือน้อยที่สุดของ $1/y$ และค่า $1/y$ นั้น เป้าหมายสูงสุดหาได้จากสมการที่ 5 ดังนี้

$$1/y = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (5)$$

ปัญหาชนิด Target-Value-is-Best (อัตราส่วนของค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของผลตอบ)

เป็นการสมมติอัตราส่วน S/N นั้น ให้ค่าเป้าหมายคือค่าที่ดีที่สุดและเป็นค่าที่เหมาะสมเมื่อค่านั้นเป็นค่าเป้าหมาย กับค่าพิสัยความเผื่อจำกัดด้านบนและด้านล่างหาได้จากสมการที่ 6 ดังนี้

$$S / N_N = 10 \log \left(\bar{y}^2 / S^2 \right) \quad (6)$$

เป้าหมายของการทดลองสำหรับสถานการณ์ Target-Value-is-Best คือความแปรปรวนลดลงรอบๆค่าเป้าหมายเฉพาะ เมื่อความแปรปรวนของผลตอบลดลงจะมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยผลตอบ ทำให้ S/N เพิ่มขึ้นหลังจากได้ค่าคำนวณจากสมการทั้งสามดังกล่าวนำมาวิเคราะห์ผลตอบต่อไปด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนอิทธิพลของ Noise และวิเคราะห์สมรรถนะของกระบวนการ

2.3.1 ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการกริ่งด้วยกระบวนการกริ่งสำหรับมีดกลึงที่ทำมาจากเหล็กหล่อสูงกับชิ้นงานที่เป็นเหล็กกล้าผสมคาร์บอนสูง โดยวิธีการ Taguchi

การออกแบบการทดลองด้วยวิธี Taguchi ในการทดลองนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการกริ่งด้วยเครื่องกลึงกับมีดกลึงและชิ้นงานที่นำมาทดสอบ ซึ่งมีทั้งหมด 3 ปัจจัยโดยแต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ใช้ Orthogonal array (OAs) แบบ L-9 (3^3) ทำการทดลองครั้งแรกและทำการทดลองซ้ำครั้งที่สอง เพื่อยืนยันผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงได้ทำการทดลองเท่ากับ 9 รัน (run) รวมทดลองซ้ำทั้งหมดเท่ากับ 18 รัน (run) หรือ 18 ลำดับการทดลอง ประกอบด้วยจำนวนการทดลองที่ขึ้นอยู่กับระดับของปัจจัยที่กำหนดแสดงดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 การจัดวางลำดับแบบ Orthogonal L-9 (3^3) Array ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ [2]

ตารางที่ 2 L-9 (3^3) Orthogonal Array

ลำดับ ทดลอง	ปัจจัย			MRR
1	220	1.033	0.50	-
2	220	1.147	0.60	-
3	220	1.392	0.75	-

ตารางที่ 2 (ต่อ) L-9 (3^3) Orthogonal Array

ลำดับ ทดลอง	ปัจจัย			MRR
4	380	1.033	0.60	-
5	380	1.147	0.75	-
6	380	1.392	0.50	-
7	510	1.033	0.75	-
8	510	1.147	0.50	-
9	510	1.392	0.60	-

2.3.2 Taguchi orthogonal array

การจัดวางลำดับ Orthogonal ของทาคุชิเป็นการออกแบบกับค่าปัจจัย 3 ตัวแปร 3 ระดับที่ใช้กับพารามิเตอร์ในการกริ่งโดยใช้โปรแกรม Minitab release 15.00 มาช่วยในการคำนวณแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Taguchi Orthogonal Array

ลำดับ ทดลอง	ปัจจัย			MRR
1	1	1	1	-
2	1	2	2	-
3	1	3	3	-
4	2	1	2	-
5	2	2	3	-
6	2	3	1	-
7	3	1	3	-
8	3	2	1	-
9	3	3	2	-

3. อภิปรายผล

3.1 ศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการกริ่งด้วยเครื่องกลึงกับมีดกลึงที่ทำจากเหล็กหล่อสูง

เมื่อทำการกริ่งชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงที่วัสดุทำมีดกลึงเป็นเหล็กหล่อสูง และนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพของอัตราการกำจัดเศษตามสภาวะที่ได้จากการออกแบบโดยวิธีการทาคุชิทั้ง 9 การทดลอง และนำชิ้นงานที่ได้มาทำการวัดเพื่อหาค่าหน้าหนักและจากการจับเวลา ส่วนเวลาในการกริ่งเป็นการบันทึกโดยการจับเวลาและวัดค่าสุดท้ายของการกริ่งงานทั้งหมด อัตราการกำจัดเศษ (Material Removal Rate, MRR) เป็นการคำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง (น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักสุดท้าย / เวลาในการกริ่งหรือการผลิต) และจากการวิเคราะห์พบว่า

การทดลองที่ทำให้ได้ค่าสถานะเหมาะสมที่สุด คือ การทดลองที่ 8 โดยมีปัจจัยที่หนึ่งได้แก่ ความเร็วเพลาลม 510 รอบต่อนาที ปัจจัยที่สองคืออัตราการป้อนเท่ากับ 1.147 มิลลิเมตรต่อรอบ และปัจจัยที่สามเป็นระยะการป้อนลึก 0.50 มิลลิเมตร ได้อัตราการกำจัดเศษน้อยที่สุดเท่ากับ 0.99 กรัมต่อวินาทีใช้เวลาน้อยสุดที่ 7.07 นาที ส่วนอัตราการกำจัดเศษสูงที่สุดอยู่ที่ลำดับการทดลองที่ 4 โดยมีปัจจัยที่หนึ่งได้แก่ ความเร็วเพลาลม 380 รอบต่อนาที ปัจจัยที่สองคืออัตราการป้อนเท่ากับ 1.033 มิลลิเมตรต่อรอบ และปัจจัยที่สามเป็นระยะการป้อนลึก 0.60 มิลลิเมตร ได้อัตราการกำจัดเศษที่สูงที่สุดเท่ากับ 2.25 กรัมต่อวินาทีใช้เวลา 9.78 นาที ส่วนลำดับการทดลองที่เหลือของแต่ละปัจจัยแต่ละระดับแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าที่ได้จากการสังเกตในช่วงแรก

Job No.	A	B	C	D	E	F	G	H
1	220	1.033	0.50	15.91	669	648	21	1.32
2	220	1.147	0.60	15.5	670	650	20	1.29
3	220	1.392	0.75	11.92	668	650	18	1.51
4	380	1.033	0.60	9.78	657	635	22	2.25
5	380	1.147	0.75	9.05	659	641	18	1.99
6	380	1.392	0.50	8.95	672	655	17	1.90
7	510	1.033	0.75	9.84	666	654	12	1.22
8	510	1.147	0.50	7.07	669	662	7	0.99
9	510	1.392	0.60	8.16	667	655	12	1.47

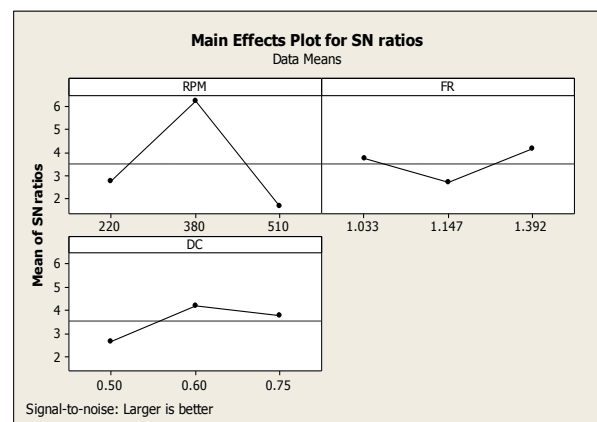
หมายเหตุ:

- A = Spindle speed (RPM)
- B = Feed rate (mm/rev)
- C = Depth of cut (mm)
- D = Time (sec)
- E = Initial weight (g)
- F = Final weight (g)
- G = Difference of weight (g)
- H = Material removal rate (MRR)

3.2 การวิเคราะห์ผลลัพธ์

หลังจากหาค่าทั้งหมดที่ได้จากการสังเกตแสดงดังตารางที่ 4 อัตราส่วน S/N และค่าเฉลี่ย ได้จากการคำนวณและกราฟที่ต่างชนิดสำหรับการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab release 15.00 อัตราส่วน S/N สำหรับค่า MRR คือการคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab release

15.00 โดยวิธีการทากูซึซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำอยู่บนพื้นฐานการวิเคราะห์ทั้งหมดด้วยวิธีการทากูซึโดยการตัดสินใจด้วยผลกระทบหลักสำหรับค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการ ทำการดำเนินการด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความถดถอย สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ และการกำหนดเงื่อนไขค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด การวิเคราะห์ผลกระทบหลักเป็นการนำมาใช้ในการศึกษานี้แนวโน้มของผลกระทบแต่ละปัจจัยแสดงดังรูปที่ 6 สมรรถนะของเครื่องจักรเป็นปัจจัยสำคัญของการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแต่ละการทดลองของ L-9 ซึ่งสามารถคำนวณโดยการคาดการณ์จากค่าที่สังเกตแสดงดังตารางที่ 5



รูปที่ 6 ผลกระทบสำหรับปัจจัยในการควบคุมในอัตราส่วน S/N

หมายเหตุ:

- RPM = ความเร็วเพลาลม
- FR = อัตราการป้อน
- DC = ระยะการป้อนลึก

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์และค่าที่ได้จากการสังเกตสำหรับหลักเหนือ

Job of NO	A	B	C	MRR	S/N	MEAN
1	220	1.033	0.50	1.32	2.41148	1.32
2	220	1.147	0.60	1.29	2.21179	1.29
3	220	1.392	0.75	1.51	3.57954	1.51
4	380	1.033	0.60	2.25	7.04365	2.25
5	380	1.147	0.75	1.99	5.97706	1.99
6	380	1.392	0.50	1.90	5.57507	1.90
7	510	1.033	0.75	1.22	1.72720	1.22
8	510	1.147	0.50	0.99	-0.08730	0.99
9	510	1.392	0.60	1.47	3.34635	1.47

3.2.1 ทดลองซ้ำการทดลอง

การทดลองครั้งที่สองเป็นการทดลองซ้ำกับปัจจัยเดิมด้วยการดำเนินการตามขั้นตอนเดิมแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าที่ได้จากการทดลองซ้ำ

Job No.	A	B	C	D	E	F	G	H
1	220	1.033	0.50	15.95	670	650	21	1.31
2	220	1.147	0.60	15.59	670	651	19	1.22
3	220	1.392	0.75	11.99	668	650	18	1.50
4	380	1.033	0.60	9.80	657	636	21	2.14
5	380	1.147	0.75	9.00	659	642	17	1.88
6	380	1.392	0.50	9.10	672	655	17	1.87
7	510	1.033	0.75	9.75	666	655	11	1.13
8	510	1.147	0.50	7.00	669	663	6	0.86
9	510	1.392	0.60	8.10	667	656	11	1.36

จากตารางที่ 6 ผลลัพธ์ที่ได้จากการซ้ำการทดลองมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยสำหรับเวลาที่ใช้การกลึงและอัตราการกำจัดเศษลดลง ส่วนค่าน้ำหนักก่อนและหลังไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้อาจเกิดจากความไม่กระบวนกรกลึงและตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและผู้ปฏิบัติงานจึงทำให้ค่าที่ได้ลดลงดังกล่าว

ในส่วนของการคำนวณหาสัมประสิทธิ์และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงดังตารางที่ 7 และ 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 รูปแบบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สำหรับอัตราส่วน S/N

Estimated Model Coefficients for S/N ratios				
Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3.5316	0.2139	16.509	0.004
A 220	-0.7974	0.3025	-2.636	0.119
A 380	2.6669	0.3025	8.815	0.013
B 1.033	0.1958	0.3025	0.647	0.584
B 1.147	-0.8311	0.3025	-2.747	0.111
C 0.50	-0.8986	0.3025	-2.970	0.097
C 0.60	0.6689	0.3025	2.211	0.158
S = 0.6418 R-Sq = 98.0% R-Sq(adj) = 92.1%				

จากตารางที่ 7 ผลลัพธ์สัมประสิทธิ์สำหรับอัตราส่วน S/N ของกระบวนการกลึงที่ระดับนัยสำคัญ 5% (0.05) คือค่า ความเร็วเพลาลมุน ที่ 380 รอบต่อนาที มีนัยสำคัญ ส่วนตารางที่ 8 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเร็วเพลาลมุนของกระบวนการกลึงที่ระดับนัยสำคัญ 5% (0.05) คือค่าความเร็วเพลาลมุนมีนัยสำคัญ ส่วนปัจจัยที่เหลือไม่มีนัยสำคัญสำหรับกระบวนการกลึงในการศึกษา

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับอัตราส่วน S/N

Analysis of Variance for S/N ratios					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
A	2	33.7311	16.8655	40.95	0.024
B	2	3.3983	1.6991	4.13	0.195
C	2	3.9229	1.9614	4.76	0.174
Residual Error	2	0.8238	0.4119		
Total	8	41.8760			

รูปแบบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สำหรับอัตราส่วน S/N ค่า P-Value ของค่าคงที่ เท่ากับ 0.004 และการปรับค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 92.1% แสดงดังตารางที่ 7 ส่วนในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจาก P-Value อัตราส่วน S/N มีค่าเท่ากับ 0.024 แสดงดังตารางที่ 8 ส่วนสมการสัมประสิทธิ์ความถดถอยสำหรับอัตราส่วน S/N ของ % MRR สมการที่ 7 คือ

$$\begin{aligned} \% MRR = & 3.5316 + A220(-0.7974) + A380(2.6669) \\ & + B1.033(0.1958) + B1.147(-0.8311) \\ & + C0.50(-0.8986) + C0.60(0.6689) \end{aligned} \quad (7)$$

4. สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้พิจารณาผลกระทบหลักในการป้อนค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการกลึงในการกลึงชิ้นงานที่ทำจากเหล็กกล้าผสมคาร์บอนสูง และมีดกลึงที่ทำจากเหล็กหล่อสูงโดยใช้วิธีการทาทุขนั้น พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือความเร็วเพลาลมุน 510 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 1.147 มิลลิเมตรต่อรอบ และระยะการป้อนลึกเท่ากับ 0.50 มิลลิเมตรทำให้ได้ร้อยละอัตราการกำจัดเศษอยู่ที่ 0.99 กรัมต่อวินาที ใช้เวลาในการกลึงน้อยสุดเท่ากับ 7.07 นาที อัตราส่วน S/N อยู่ที่ -0.08730 และค่า Mean เท่ากับ 0.99 การทดลองเพื่อยืนยันผลมีค่ามากกว่าผลจากการคำนวณโดยวิธีทาทุข ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่ยอมรับได้ ดังนั้นวิธีการทาทุขสามารถนำมาออกแบบกระบวนการกลึงด้วยการกลึงโดยใช้มีดกลึงที่ทำจากเหล็กหล่อสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสภาวะดังกล่าวจะถูกนำไปเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตด้วยเครื่องกลึงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาผลกระทบต่อค่าพารามิเตอร์ที่นำเข้าเป็นหลักซึ่งมีผลต่อร้อยละของ

อัตราการกำจัดเศษในกระบวนการกลึงด้วยการกลึงจากวัสดุเม็ดกลึงที่ใช้เหล็กอบสูงกับวัสดุชิ้นงานที่ใช้เหล็กกล้าผสมคาร์บอนสูง มาทำการทดสอบ ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงจำนวนปัจจัยนำเข้าที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตพบว่าปัจจัยทั้งสามมีนัยสำคัญต่อกระบวนการ กล่าวคือ ความเร็วเพลหาหมุนที่มากกว่าในรายงานจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการกลึง อัตราการป้อนต่ำหรือสูงขึ้นจะมีผลต่อผิวของชิ้นงาน และระยะการป้อนลึกที่ป้อนเข้าไป ถ้ามากเกินไปจะทำให้อายุคมมีดกลึงสั้นลงสึกหรอเร็วขึ้น หมายความว่าจะได้ผิวชิ้นงานที่หยาบ เพราะฉะนั้นปัจจัยทั้งสามที่ได้กำหนดและค่าที่เหมาะสมที่สุดจะช่วยให้มีประสิทธิภาพและทำให้ได้ค่าเหมาะสมที่สุดในกระบวนการกลึงด้วยเครื่องกลึงให้ได้อัตราส่วนการกำจัดเศษต่ำสุด ส่วนวัสดุชิ้นงาน วัสดุทำเม็ดกลึง เครื่องกลึง สภาพแวดล้อมในการทำงานตลอดจนผู้ปฏิบัติงานก็เป็นปัจจัยในกระบวนการผลิต

5. ข้อเสนอแนะ

การนำเอาเทคนิควิธีการทางทฤษฎีมาช่วยในการออกแบบการทดลอง ง่ายสะดวกและเป็นวิธีดำเนินการที่มีประสิทธิภาพสำหรับการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยการเข้าใกล้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ทำการออกแบบไว้อย่างเหมาะสมที่สุด กับมีการปรับค่าบางค่าตามเงื่อนไขของข้อกำหนด และการตัดสินใจพิจารณาปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการ การออกแบบทางทฤษฎีเป็นเครื่องมือที่สำคัญทางทฤษฎีได้ให้คำแนะนำอย่างง่ายและเป็นวิธีที่เป็นระบบสามารถนำไปสู่สมรรถนะ ต้นทุนที่ต่ำและคุณภาพของกระบวนการผลิต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ ให้การสนับสนุนทุนในการนำเสนอผลงานในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Krishankant, Jatin Taneja, Mohit Bector, Rajesh Kumar. 2012. Application of taguchi method for optimizing turning process by the effects of

machining parameters, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT); Vol. 2, No.1, October 2012.

- [2] Roy, R. K. 2001. Design of experiments using the Taguchi approach, John Wiley & Sons, Inc., New York. 539p.
- [3] Roy, R.K., 1990. A primer on the Taguchi competitive manufacturing Series, Van Nostrand Reinhold, New York.
- [4] Umass. [Internet] 2014. [cited: 2014 Feb 23]. <http://www.ecs.umass.edu/mie/labs/fea>.
- [5] Randhir Kujar and Hatia, Ranchi. 2012. Application of Taguchi method for process parameters optimization in semi-solid forging of A356 Al-Alloy. IRACST-Engineering Science and Technology: An International Journal (ESTIJ). ISSN: 2250-3498, Vol.2, No. 4, August 2012.