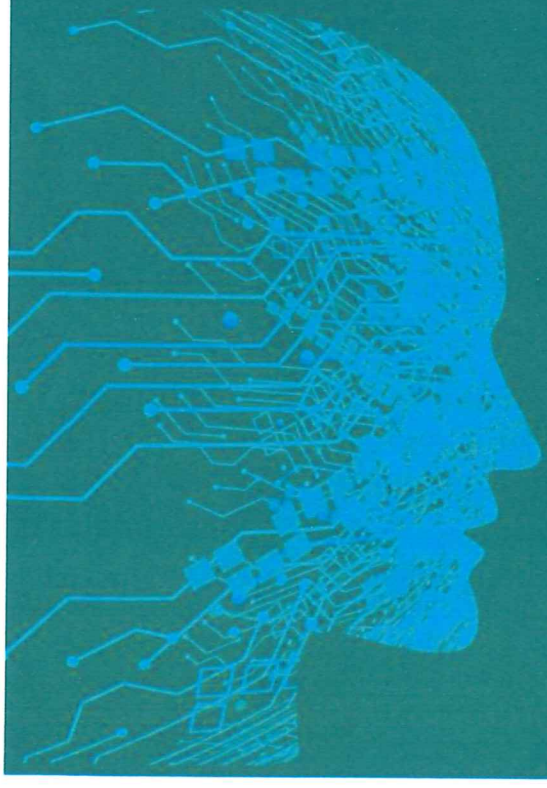
2nd National Conference of Innovative Technology and Vocational Education & Training T-VET

รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการเทคโนโลยีนวัตกรรม และอาชีวศึกษาระดับชาติ ครั้งที่2

IVEN.3

Institute of Vocational Education
Northern Region 3

"การพัฒนาเทคโนโลยี ด้านนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ การจัดการเรียนการสอน และการบริหารด้านอาชีวศึกษา ด้วยกระบวนการวิจัยเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน ด้านอาชีวศึกษาอย่างยั่งยืน"



การประชุมวิชาการฯ

วันที่ 24 - 25 มีนาคม 2566

ณ หอประชุมเฉลิมพระเกียรติ วิทยาลัยพณิชยการบึงพระ

สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

410 หมู่ 1 ตำบึงบึงพระ อำเภอเมือง

จังหวัดพิษณุโลก 65000 055-337611

AP049

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ ในงานกัดเหล็กกล้าสเตนเลส SUS420J2

The Affective Factors of End Mill Wear Carbide In Milling Stainless Steel SUS420J2

รัฐติกรณ์ ศรีสวัสดิ์[1], วิษณุ เกิดยอด[2], พรชัย ทองฤทธิ์[3]
Rattikorn Srisawat[1], Wisanu Kerdyod[2], Pornchai Tongritt[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสึกหรอของคมตัดของดอกกัดคาร์ไบด์และทำนายค่าการสึกหรอของคมตัดของงานกัดด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี ในการกัดเหล็กกล้าสแตนเลส SUS420J2 โดยใช้ดอกกัดคาร์ไบด์ โดยใช้วิธีการกัดผิวชิ้นงานดำเนินการวิจัยโดยเก็บข้อมูลและการออกแบบการทดลอง แบบ Factorial วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือ ความเร็วตัด (Cutting speed) 3 ระดับ คือ 27, 40 และ 52 เมตร/นาที อัตราป้อน (Feed rate) 3 ระดับ คือ 233, 346 และ 450 มิลลิเมตร/รอบ และระยะป้อนลึก (Depth of cut) 1 ระดับ คือ 0.5 มิลลิเมตร ตัวแปรตาม คือ การสึกหรอดอกกัด ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยหลัก ความเร็วตัดมีอิทธิพลต่อค่าการสึกหรอของดอกกัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 อัตราป้อนมีอิทธิพลต่อค่าการสึกหรอของดอกกัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และปัจจัยร่วมระหว่างความเร็วตัด อัตราป้อน ส่งผลต่อค่าการสึกหรอดอกกัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ : การสึกหรอของดอกกัด/ความเร็วตัด/อัตราป้อน/ระยะป้อนลึก

Abstract

The purpose of this research was to study factors affecting cutting-edge wear of carbide end mills and predicting edge wear of CNC milling operations. In milling SUS420J2 stainless steel. The data collection was factorial designs of experiment with the factors used in the study were cutting speed in 3 levels: 27, 40, and 52 m/min, feed rate in 3 levels: 233, 346 and 450 mm/rev, control variable depth of cut in 1 level: 0.5 mm. The dependent variables tool wear. The results showed that the main factor cutting speed and feed rate which affects the tool wear at the statistically significant level of 0.01, feed rate which affects the tool wear at the statistically significant level of 0.05, and the common factor cutting speed and feed rate which affects the surface roughness at the statistically significant level of 0.05

Keywords: Tool Wear /Cutting Tool/Feed Rate/Depth of cut

บทนำ

อุตสาหกรรมแม่พิมพ์เป็นงานที่รองรับและสนับสนุนอุตสาหกรรมการผลิตที่สำคัญเกือบทุกประเภท เนื่องจากการผลิตชิ้นส่วนในภาคอุตสาหกรรมส่วนใช้แม่พิมพ์ (Mold) ในการขึ้นรูปและกำหนดรูปร่างผลิตภัณฑ์ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและขนาดตามความต้องการ โดยแม่พิมพ์ที่ดีจะส่งผลให้อุตสาหกรรมการผลิตสามารถผลิตชิ้นส่วนมีรูปร่างและขนาดได้มาตรฐาน รวดเร็ว ในจำนวนผลผลิตที่มากขึ้น รวมทั้งลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต การผลิตชิ้นส่วนและการผลิตแม่พิมพ์จำเป็นต้องมีการตัดเฉือนโลหะในกระบวนการขึ้นรูป เช่น งานกลึง งานไส งานกัด และงานเจียระไน โดยเครื่องจักรที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันเครื่องจักรกลอัตโนมัติ อาทิ เช่นเครื่องกัดอัตโนมัติ (CNC Milling Machine) ที่มีความเที่ยงตรงสูงคุณภาพของชิ้นงานสูงลดเวลาและค่าใช้จ่ายลง [1] การศึกษาอุณหภูมิของชิ้นงานในขณะตัดเฉือนในการกัดวัสดุสเตนเลสโดยไม่ใช้สารหล่อเย็น กระบวนการกัดคือการตัดเนื้อโลหะวัสดุสเตนเลสเป็นวัสดุที่เหนียวตัดเฉือนได้ยากและ ความแข็งแรงสูง และการนำความร้อนต่ำเมื่อตัดเฉือนจะทำให้อุณหภูมิบริเวณการตัดเฉือนสูง เกิดการพอกติดของเศษบริเวณคมตัดวิธีแก้ไขส่วนใหญ่ใช้สารหล่อเย็นในการระบายความร้อน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของชิ้นงานมาจากการแพร่กระจายของการสึกหรอแบบแตกบิ่นบนคมตัดดอกกัดในการกัดวัสดุสเตนเลสแบบด้านข้างคมตัด [2] ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความหยาบผิวของการกัดอะลูมิเนียมเกรด 6061-T6 และการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำนายค่าความหยาบผิวงานกัดด้วยเครื่องกัด CNC จากการทดลองพบว่าปัจจัยหลักส่งผลต่อความหยาบผิว คือ ความเร็วรอบและอัตราป้อน ส่วนปัจจัยร่วมไม่มีผลต่อความหยาบผิว [3] การกัดชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (S45C) ด้วยดอกกัดเอ็นมิล ปัจจัยที่ผลต่ออายุการใช้งานดอกกัดเอ็นมิลปัจจัยหลักที่สำคัญ คือ ความเร็วรอบ อัตราป้อน ระยะป้อนลึก การเปรียบเทียบทิศทางการตัดเฉือนชิ้นงาน ตัวแปร คือ ความหยาบผิวตามมาตรฐาน (Ra) $\leq$1.6 ไมโครเมตร ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดคือทิศทางการเคลื่อนที่การตัดเฉือนแบบตามเข็ม เปิดน้ำหล่อเย็น ระยะป้อนลึก 2 มิลลิเมตร ได้คุณภาพการหยาบผิวที่ดีและอายุการใช้งานของดอกกัดที่นานขึ้น [4] ศึกษาความเป็นไปได้ในงานกัดผิวหน้าโลหะเชื่อมพอกแข็งบนผิวเหล็กกล้าคาร์บอน JIS-S50C และการสึกหรอของคมตัด

ในสภาวะเปียกและแห้ง พบว่าการกัดในสภาวะแห้งให้ค่าการสึกหรอต่ำกว่าเพราะว่าในสภาวะเปียกสารหล่อเย็นไม่สามารถแทรกซึมเข้าผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงานกับคมตัดเพื่อลดอุณหภูมิการตัดเฉือนส่งผลให้เกิดการสึกหรอที่การออกแบบการทดลองแบบหนึ่งส่วนแปดแฟรคชั่นแฟคทอเรียล มาเป็นแบบการทดลอง ปัจจัยที่ผลกับความหยาบผิวในการตัดเฉือนวัสดุ 4 ปัจจัยได้แก่ อัตราป้อนต่อฟัน, ความเร็วตัดเฉือน, ความลึกในการกัดในแนวรัศมีและความลึกของการกัดในแนวแกน และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสึกหรอของเครื่องมือตัด 3 ปัจจัย ได้แก่ มุมคายเศษ, มุมเกลียวและจำนวนคมตัด การทดลองแบบไม่หล่อเย็น [5] ความหยาบผิวในการกัดซีเอ็นซีของเหล็ก P20 โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) อาร์เรย์มุมฉาก L50 ของ Taguchi ในการออกแบบการทดลอง ปัจจัยในการทดลอง ความเร็วตัด, อัตราป้อน, การป้อนความลึกตามแนวแกนและความลึกของการตัดตามแนวรัศมี มาปรับพารามิเตอร์ และใช้อัตราการตัดเฉือนวัสดุและความหยาบผิวเป็นพารามิเตอร์เอาต์พุต แบบจำลอง ANN ถูกสร้างแบบจำลองโดยใช้ Multilayer Perceptron Network

การจากทบทวนงานวิจัยหลายๆ งานวิจัยนั้นพบว่า ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความหยาบผิวชิ้นงานและการสึกหรอของคมตัดในการตัดเฉือนวัสดุในงานกัดศึกษาในเรื่องของ ความเร็วตัด อัตราป้อน ระยะป้อนลึก ในการกัดในแนวรัศมีและความลึกของการกัดในแนวแกนทิศทางที่ต้องการตัดเฉือนการทดลองแบบหล่อเย็นและแบบไม่หล่อเย็น ผลที่เกิดขึ้นหลังผ่านกระบวนการกัด คือ ค่าความหยาบผิวกับพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับวัสดุในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์เหล็กกล้าสเตนเลส SUS420J2 ก็เป็นที่นิยมใช้แต่ปัญหาในกระบวนการกัดนั้นค่าความหยาบผิวยังสูงเนื่องจากวัสดุมีความเหนียวและแข็งแรงเพราะส่วนมากจะเลือกตั้งค่าพารามิเตอร์ตามคู่มือของเครื่องมือตัด หนังสือประกอบการเรียนและประสบการณ์การผู้ปฏิบัติงานด้านงานกัด ค่าพารามิเตอร์ที่นำมาใช้อาจไม่เหมาะสมเช่นความเร็วรอบที่สูงเกินหรือต่ำเกินไปอัตราป้อนที่เร็วหรือช้าเกินไปอาจมีผลให้ค่าความหยาบผิวสูงและการสึกหรอของคมตัด

จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัย “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ในงานกัดเหล็กกล้าสเตนเลส SUS420J2” ซึ่งผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อต่อการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ในการกัดเหล็กกล้าสแตนเลส SUS 420J2 โดยใช้เครื่องกัด (CNC) กัดด้วยดอกเอ็นมิลคาร์ไบด์ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดปัจจัยที่ใช้ในตั้งค่าพารามิเตอร์ในการตัดเฉือนชิ้นงานให้คุณภาพความหยาบผิวและการสึกหรอที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์การวิจัย

1.เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสึกหรอของคมตัดของดอกกัดคาร์ไบด์

2.เพื่อทำนายค่าการสึกหรอของคมตัดของงานกัดด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปรเมศวร์ เบ้าวรรณ์ [6] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาอุณหภูมิของชิ้นงานในขณะตัดเฉือนในการกัดวัสดุสเตนเลสแบบไม่ใช้สารหล่อเย็น การกัดเป็นหนึ่งในกระบวนการตัดโลหะ ไม่ใช้สารหล่อเย็นเพื่อความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม วัสดุสเตนเลสถูกขึ้นชื่อว่าตัดเฉือนได้ยากเนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความเหนียว ความแข็งแรงสูง และการนำความร้อนต่ำเมื่อตัดเฉือนจะทำให้อุณหภูมิบริเวณการตัดเฉือนสูงเกิดการพอกติดของเศษบริเวณคมตัดวิธีแก้ไขส่วนใหญ่ใช้สารหล่อเย็นในการระบายความร้อนซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน งานวิจัยนี้มี

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์และอุณหภูมิของชิ้นงานขณะตัดเฉือนกับรูปร่างดอกกัดและวัสดุเคลือบให้การตัดเฉือนชิ้นงานมีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จากผลวิจัยพบว่าดอกกัดมุมเลี้ยว 60 องศา เคลือบด้วยสารเคลือบTiAlN สามารถป้องกันการสึกหรอของคมตัดดอกกัดได้ดีที่สุดและอุณหภูมิของชิ้นงานในขณะตัดเฉือนที่สูงขึ้นนอกจากมาจากปริมาณแหล่งความร้อนบริเวณคมตัดที่เพิ่มมากขึ้นตามขนาดของมุมเลี้ยวแล้ว การสึกหรอแบบแตกบิ่นก็มีส่วนทำให้อุณหภูมิชิ้นงานขณะตัดเฉือนเพิ่มสูงขึ้นด้วย สมเสียง จันทาสี [7] ได้ทำงานวิจัยเรื่อง การทำนายความหยาบผิวในงานกัดอะลูมิเนียมเกรด 6061-T6 โดยใช้วิธีทางสถิติ วัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความหยาบผิวของอะลูมิเนียมเกรด 6061-T6 และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำนายค่าความหยาบผิวของงานกัดด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบแนวตั้งโดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล เป็นแบบการทดลองโดยมีปัจจัยศึกษาได้แก่ ความเร็วรอบ อัตราป้อน และระยะป้อนลึก จากการทดลองพบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความหยาบผิวคือ ความเร็วรอบและอัตราป้อน โดยมีผลต่อความหยาบผิวชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปัจจัยร่วมไม่มีผลต่อความหยาบผิว ผลจากการทดลองสามารถกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมคือ ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที อัตราป้อน 100 มิลลิเมตรต่อนาที และระยะป้อนลึก 1.0 มิลลิเมตร และเมื่อทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความหยาบผิวที่ได้จากการทดลองเพื่อยืนยันสมการกับค่าที่ได้จากการแทนค่าสมการถดถอยที่สร้างขึ้น พบว่าค่าทั้งสองไม่แตกต่างกัน จึงสรุปว่าสมการถดถอยสามารถใช้เพื่อทำนายค่าความหยาบผิวได้ คมพันธ์ ชมสมุทร [8] ได้ทำงานวิจัยเรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพทิศทางการกัดงานที่มีผลต่อค่าความหยาบผิวโดยวิธีทากูชิ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพทิศทางการกัดชิ้นงานด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติ โดยใช้ทองเหลืองเป็นวัสดุทดสอบ สำหรับเครื่องกัดอัตโนมัติขนาดเล็ก ทดลองด้วยดอกกัด (End mill) ขนาด 10 มิลลิเมตร แบบ 4 ฟัน หาค่าประสิทธิภาพการกัดชิ้นงานโดยวัดจากค่าความหยาบผิวของชิ้นงาน ทำการเปรียบเทียบทิศทางการกัดชิ้นงาน 2 ทิศทาง คือการชดเชยรัศมีดอกกัดออกทางด้านซ้ายด้วย G41 การชดเชยรัศมีดอกกัดออกทางด้านขวาด้วย G42 โดยกำหนดปัจจัยการทดสอบ 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ คือ ความเร็วรอบ 1200, 1500 และ 1800 รอบต่อนาที อัตราป้อน 80, 100 และ120 มิลลิเมตรต่อนาทีระยะป้อนลึก 3, 4 และ 5 มิลลิเมตรเก็บข้อมูลการทดสอบตามวิธีทากูชิ (Taguchi method) พบว่าชิ้นงานที่กัดด้วยทิศทางการกัดด้านซ้าย ให้ค่าความหยาบผิวน้อยกว่าชิ้นงานที่กัดด้วยทิศทางการกัดด้านขวา การกัดชิ้นงานด้านซ้าย (G41) มีผลต่อค่าความหยาบผิวมากที่สุด คือ ระยะป้อนลึก คิดเป็นร้อยละ 77.81 รองลงมาคืออัตราป้อน และความเร็วรอบ คิดเป็นร้อยละ 14.16 และ 8.02 ตามลำดับ ปฏิพัทธ์ หงส์สุวรรณ [9] ได้ทำงานวิจัยเรื่องปัจจัยในการกัดชิ้นงานด้วยมีดกัดเอ็นมิลล์โซลิดคาร์ไบด์เคลือบผิวไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่มีผลต่ออายุการใช้งานของคมตัดและความเรียบผิว มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยในการกัดชิ้นงานด้วยมีดกัดเอ็นมิลล์โซลิดคาร์ไบด์เคลือบผิวไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่มีผลต่ออายุการใช้งานของคมตัดและความเรียบผิว โดยทำ การทดสอบการตัดเฉือนวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (S45C) ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งานของมีดกัดที่สำคัญคือความเร็วรอบ อัตราการป้อนและความลึกในการตัดเฉือน ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงทำ การทดลองโดยควบคุมความเร็วรอบ อัตราการป้อนความลึกในการตัดเฉือน และได้กำหนดปัจจัยในการศึกษาทดลองโดยกำหนดปัจจัย 3 ประเภทคือ ระยะการป้อน (Overlap) ทิศทางควบคุมการกัด (Cut Direction) และน้ำหล่อเย็น (Coolant) ตัวแปรคือความเรียบผิวของงานซึ่งอยู่ในขอบเขตที่กำหนดในมาตรฐานงานกัดความเรียบผิว (Ra) ≤ 1.6 ไมโครเมตร ใช้ความเร็วรอบคงที่ 1500 รอบ/นาที โดยมีการกำหนดระดับปัจจัย 2 ระดับคือระยะการป้อนที่ 2 มิลลิเมตร และ 4 มิลลิเมตรทิศทางการเคลื่อนที่ตัดเฉือนแบบ Climb Milling และการเคลื่อนที่ตัดเฉือนแบบ Conventional Milling การปิดและเปิดน้ำหล่อเย็นจากการศึกษาพบว่า

ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งานและความเรียบผิวงานคือ ระยะการป้อนลึกทิศทางควบคุมการกัดและการปิดเปิดน้ำหล่อเย็นมีผลต่ออายุการใช้งานของมีดกัดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดคือทิศทางการเคลื่อนที่การตัดเฉือนควรใช้แบบกัดตามควรเปิดน้ำหล่อเย็นและระยะการป้อนลึกที่ 2 มิลลิเมตร ทำให้อายุการใช้งานมีดกัดสามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมีคุณภาพความเรียบผิวงานที่ดีและมีอายุการใช้งานนานขึ้น นางสาวองัศุมารินทร์ ประภาสพงษ์ [10] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การคัดกรองปัจจัยที่มีผลต่อความหยาบผิวและการสึกหรอของเครื่องมือตัด ในกระบวนการกัดวัสดุอลูมิเนียมหล่อแบบกึ่งของแข็ง A356 เนื่องจากความหยาบผิวคือตัววัดที่สำคัญในการบ่งบอกถึงคุณภาพของการผลิตชิ้นงานในขณะที่การสึกหรอของเครื่องมือตัดก็เป็นปัจจัยที่สำคัญในด้านต้นทุนการผลิตซึ่งส่งผลที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนประกอบยานยนต์ในงานวิจัยนี้ชิ้นงานทดสอบผลิตด้วยกรรมวิธีโลหะกึ่งของแข็งโดยใช้ Gas Induced Semi-Solid Squeezed Casting (GISS-SC)และกระบวนการทางความร้อน T6 การศึกษานี้ได้ดำเนินการโดยใช้เครื่องมือตัดโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีแบบแนวตั้งกระบวนการกัดใช้ดอกกัด End mill คาร์ไบด์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตรในการกัดปาดหน้าโดยนำหลักการออกแบบการทดลองแบบหนึ่งส่วนแปดแฟรคชั่นแฟคทอเรียลมาเป็นแบบการทดลอง การวิจัยครั้งนี้ได้คัดกรองจำนวน 7 ปัจจัย ประกอบด้วยปัจจัยในการตัดเฉือน 4 ปัจจัยได้แก่ อัตราป้อนต่อฟัน, ความเร็วตัดเฉือน, ความลึกในการกัดในแนวรัศมีและความลึกของการกัดในแนวแกน และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปร่างของเครื่องมือตัด 3 ปัจจัยใน ได้แก่มุมคายเศษ,มุมเกลียวและจำนวนคมตัด การทดลองนี้ใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีที่ภายใต้สถาวะการตัดเฉือนแบบแห้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

- ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาจากตำรา วารสาร และสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อเป็นแนวทางการวิจัย

กำหนดปัจจัยในการทดลอง

- ปัจจัยหลัก คือ ความเร็วตัด ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ 27, 40และ52 เมตร/นาที, อัตราป้อน ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ 233, 346และ 450 มิลลิเมตร/นาที อัตราป้อนลึก 1 ระดับ 0.5 มิลลิเมตร
- ปัจจัยตอบสนอง คือ การสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ในการกัดเหล็กกล้าสเตนเลส เกรด SUS420J2

ความเร็วรอบของงานกัด (Revolutions) หมายถึง จำนวนรอบที่เกิดจากการหมุนที่ขนาด ∅ เครื่องมือตัดภายในเวลา 1 นาที มีหน่วยเป็น รอบ / นาที (r / min)

สูตรในการคำนวณหาความเร็วรอบของงานกัด $$Vc = \frac{\pi d n}{1000}$$

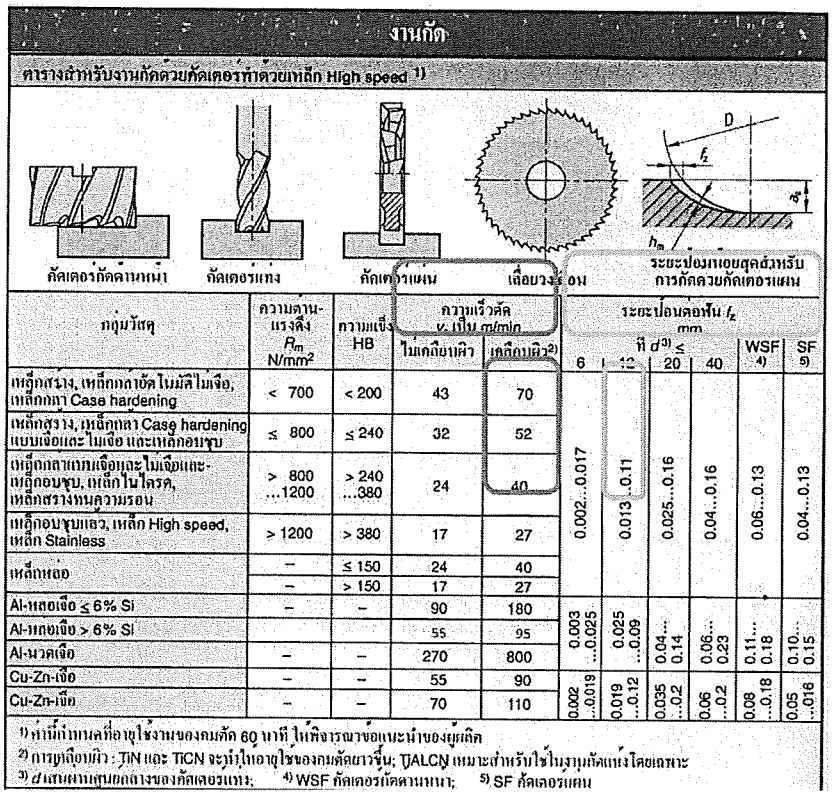
โดย

Vc = ความเร็วตัด มีหน่วยเป็นเมตร / นาที (m / min)

d = ขนาด ∅ ของเครื่องมือตัด มีหน่วยเป็น มม. (mm)

n = ความเร็วรอบของเครื่องมือตัดที่หมุนใน 1 นาที มีหน่วยเป็น รอบ / นาที (r / min)

ดังนั้น ถ้าต้องการหาค่าความเร็วรอบของงานกัด จากสูตร $n = \frac{Vc \times 1000}{\pi d}$



งานกัด

ตารางสำหรับงานกัดด้วยคัดเตอร์ทำด้วยเหล็ก High speed 1)

คัดเตอร์กัดด้านหน้า | คัดเตอร์แท่ง | คัดเตอร์แผ่น | เลื่อยวงเดือน | ระยะป้อนมากสุดสำหรับการกัดด้วยคัดเตอร์แผ่น

กลุ่มวัสดุ	ความต้านแรงดึง R_m N/mm²	ความแข็ง HB	ความเร็วตัด v_c เป็น m/min ไฮเดลีบนผิว	ไฮเดลีบนผิว 2)	ระยะป้อนต่อฟัน f_z mm ที่ d 3) ≤ 6	12	20	40	WSF 4)	SF 5)
เหล็กกล้าคาร์บอน, เหล็กกล้าอัดไม่มีโลหะผสม, เหล็กกล้า Case hardening	< 700	< 200	43	70	0.002...0.017	0.013...0.11	0.025...0.16	0.04...0.16	0.06...0.13	0.04...0.13
เหล็กกล้าคาร์บอน, เหล็กกล้า Case hardening แบบผสมและไม่ผสม และเหล็กกล้าอบชุบ	≤ 800	≤ 240	32	52						
เหล็กกล้าแบบผสมและไม่ผสมและเหล็กอบชุบ, เหล็กไนไตรด, เหล็กสร้างหน้าความร้อน	> 800 ...1200	> 240 ...380	24	40						
เหล็กอบชุบแล้ว, เหล็ก High speed, เหล็ก Stainless	> 1200	> 380	17	27						
เหล็กหล่อ	–	≤ 150	24	40						
	–	> 150	17	27						
Al-หล่อเจือ ≤ 6% Si	–	–	90	180	0.003 ...0.025	0.025 ...0.09	0.04... 0.14	0.06... 0.23	0.11... 0.18	0.10... 0.15
Al-หล่อเจือ > 6% Si			55	95						
Al-ผสมเจือ	–	–	270	800						
Cu-Zn-เจือ	–	–	55	90	0.002 ...0.019	0.019 ...0.12	0.035 ...0.2	0.06 ...0.2	0.08 ...0.18	0.05 ...0.16
Cu-Zn-เจือ	–	–	70	110						

1) ค่านี้กำหนดเผื่อการใช้งานของคมตัด 60 นาที ให้พิจารณาข้อแนะนำของผู้ผลิต
2) การเคลือบผิว : TiN และ TiCN จะทำให้การใช้งานของคมตัดยาวขึ้น; TiALCN เหมาะสำหรับใช้ในงานกัดแห้งโดยเฉพาะ
3) d เส้นผ่านศูนย์กลางของคัดเตอร์แท่ง; 4) WSF คัดเตอร์กัดด้านหน้า; 5) SF คัดเตอร์แผ่น

รูปที่ 2.1 ตารางแนะนำค่าความเร็วตัด

อัตราป้อนของโต๊ะงานหรือความเร็วโต๊ะงาน (Table Feed) ในงานกัด CNC คือ ความเร็วของโต๊ะงานส่วนในงานกลึง CNC จะเป็น Tool Turret ที่พาเครื่องมือตัดเคลื่อนที่ ซึ่งอัตราป้อนของโต๊ะงานนั้นสามารถหาได้จากการเปิดค่าจากตารางของบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือตัด ค่าอัตราป้อน (Feed Rate) (F) งานกัด CNC นิยมใช้อัตราป้อนของโต๊ะงานโดยมีหน่วยเป็น มิลลิเมตร / นาที (mm / min) ซึ่งคำนวณหาค่าได้ดังนี้

$F = f_z \cdot Z \cdot n$

กำหนดให้ F = อัตราป้อน (มิลลิเมตร/นาที)

f_z = ระยะป้อนต่อฟัน (มิลลิเมตร)

Z = จำนวนคมตัดของดอกกัด (ฟัน)

n = ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)

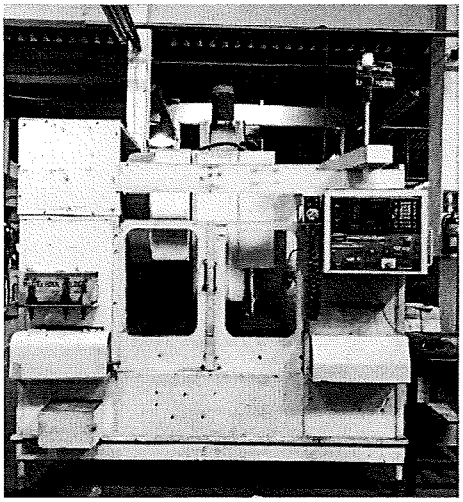
การจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- เหล็กกล้าสเตนเลส เกรด SUS420J2
- เครื่องกัด CNC
- ดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ 4 ฟัน
- เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.1 ขั้นตอนการเตรียมการ

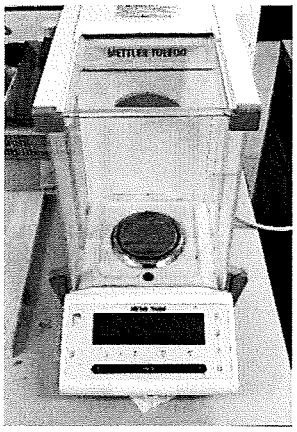
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ในการศึกษาวิจัยนี้เพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการ ต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทดลองหลายชนิด เพื่อให้ได้ใส่ซึ่งผลการทดลองที่ถูกต้องและมีความเที่ยงตรง ได้แก่

3.1.1 เครื่องกัด CNC รุ่น VMC-40 ความสามารถปรับตั้งค่าความเร็วตัด อัตราป้อน ระยะป้อนลึก ได้จากพารามิเตอร์ที่กำหนดโดยความเร็วรอบต่อนาทีสูงสุด 6000 รอบ/นาที ดังรูปที่ 3.1



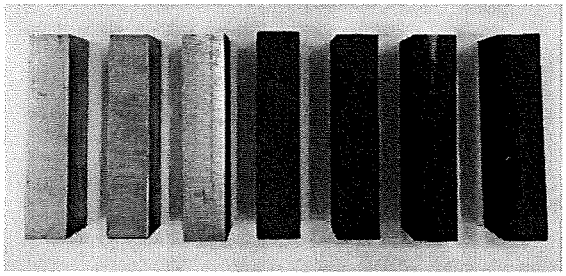
รูปที่ 3.1 เครื่องกัด CNC ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2 เครื่องชั่งดิจิตอล รุ่น MS204 ทศนิยม 4 ตำแหน่งพิกัดน้ำหนัก 220 กรัม ค่าละเอียด 0.0001 กรัม จานชั่งเป็นสเตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร ปรับเทียบน้ำหนักอัตโนมัติ พร้อมตู้กระจกกันลม และ กันไฟฟ้าสถิต ดังรูปที่ 3.9



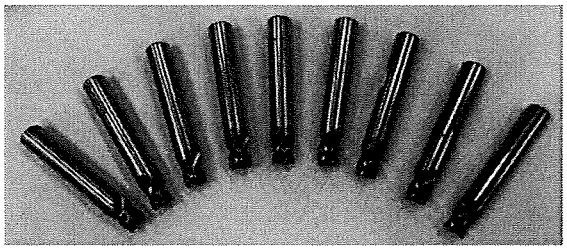
รูปที่ 3.2 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล

3.1.3 ชิ้นงานทดลอง ชิ้นงานที่ใช้ทดลองเป็นเหล็กกล้าสเตนเลส เกรด SUS420J2 ตามมาตรฐาน JIS ผ่านการเลื่อยเตรียมงานแล้ว ขนาดความยาว 103 มิลลิเมตร ขนาดความกว้าง 22 มิลลิเมตร หนา 28 มิลลิเมตร และนำไปผ่านกระบวนงานกัดเพื่อได้ขนาดและผิวงาน ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ชิ้นงานที่ใช้ทดลอง

3.1.4 ดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ ที่ใช้ในการกัดผิวชิ้นงานทดลอง รหัส CODE W1302853 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกกัด 9 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์

3.2 วิเคราะห์และออกแบบการทดลอง

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่เกิดจากตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม คือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัดในกระบวนการกัดเหล็กกล้าสเตนเลส เกรด SUS420J2 โดยการออกแบบการทดลอง Full Factorial Design ซึ่งมีทั้งหมด 3 ปัจจัย ปัจจัยหลัก คือความเร็วตัด อัตราป้อน และปัจจัยควบคุมคือระยะป้อนลึก

3.3 ดำเนินการ

ในการทดลองงานกัดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่นำไปวิเคราะห์ ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ โดยทำการออกแบบการทดลอง Full Factorial Design ซึ่งมีทั้งหมด 2 ปัจจัย ปัจจัยหลัก คือความเร็วตัด อัตราป้อนและปัจจัยควบคุม คือระยะป้อนลึก ซึ่งทำการกำหนดแผนการทดลองกำหนดเงื่อนไขละ 3 ซ้ำ เพื่อประสิทธิภาพในการทดลอง ทำให้ได้จำนวนชิ้นงานทั้ง 27 ชิ้นงาน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลองตามเงื่อนไข

ระยะป้อนลึก (มิลลิเมตร) (Depth of Cut)	อัตราป้อน (มิลลิเมตร/นาที) (Feed Rate)	ความเร็วตัด (เมตร/นาที) (Cutting Speed)								
		27			40			52		
	233	A1	A2	A3	D1	D2	D3	G1	G2	G3
0.5	346	B1	B2	B3	E1	E2	E3	H1	H2	H3
	450	C1	C2	C3	F1	F2	F3	I1	I2	I3

หมายเหตุ สัญลักษณ์

A1 คือ การกัดด้วยความเร็วตัด 27 เมตร/นาที และใช้อัตราป้อนในการกัด 233 มิลลิเมตร/นาที
B1 คือ การกัดด้วยความเร็วตัด 27 เมตร/นาที และใช้อัตราป้อนในการกัด 346 มิลลิเมตร/นาที
C1 คือ การกัดด้วยความเร็วตัด 27 เมตร/นาที และใช้อัตราป้อนในการกัด 450 มิลลิเมตร/นาที
A2, A3 คือการทดลองครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยใช้เงื่อนไขการทดลองของ A1
B2, B3 คือการทดลองครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยใช้เงื่อนไขการทดลองของ B1
C2, C3 คือการทดลองครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยใช้เงื่อนไขการทดลองของ C1
D1 คือ การกัดด้วยความเร็วตัด 40 เมตร/นาที และใช้อัตราป้อนในการกัด 233 มิลลิเมตร/นาที
E1 คือ การกัดด้วยความเร็วตัด 40 เมตร/นาที และใช้อัตราป้อนในการกัด 346 มิลลิเมตร/นาที
F1 คือ การกัดด้วยความเร็วตัด 40 เมตร/นาที และใช้อัตราป้อนในการกัด 450 มิลลิเมตร/นาที
D2, D3 คือการทดลองครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยใช้เงื่อนไขการทดลองของ D1
E2, E3 คือการทดลองครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยใช้เงื่อนไขการทดลองของ E1
F2, F3 คือการทดลองครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยใช้เงื่อนไขการทดลองของ F1
G1 คือ การกัดด้วยความเร็วตัด 52 เมตร/นาที และใช้อัตราป้อนในการกัด 233 มิลลิเมตร/นาที

H1 คือ การกัดด้วยความเร็วตัด 52 เมตร/นาที และใช้อัตราป้อนในการกัด 346 มิลลิเมตร/นาที

I1 คือ การกัดด้วยความเร็วตัด 52 เมตร/นาที และใช้อัตราป้อนในการกัด 450 มิลลิเมตร/นาที

G2, G3 คือการทดลองครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยใช้เงื่อนไขการทดลองของ G1

H2, H3 คือการทดลองครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยใช้เงื่อนไขการทดลองของ H1

I2, I3 คือการทดลองครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยใช้เงื่อนไขการทดลองของ I1

3.4 การทดลอง

การทดลองงานกัดชิ้นงานโดยทำการสุ่มเลือกชิ้นงานตามตารางที่ 3.2 เพื่อป้องกันการเกิด Order Effect มาทำการกัดตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้จนครบทั้ง 27 ชิ้น ซึ่งเงื่อนไขในการทดลองประกอบด้วย ความเร็วตัด 3 ระดับ 27, 40 และ 52 เมตร/นาที, อัตราป้อน 3 ระดับ คือ 233, 346 และ 450 มิลลิเมตร/นาที และระยะป้อนลึก 1 ระดับ คือ 0.5 มิลลิเมตร ทำการตัดเฉือนชิ้นงานกัดความยาว 100 มิลลิเมตรเดินกัดชิ้นงานไป-กลับ 300 มิลลิเมตร กัดต่อเนื่อง 4 ครั้งรวมเป็นระยะทาง 1,200 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องกัด CNC และการหาผลลัพธ์ของการทดลองจะพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการชั่งน้ำหนักของเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การสุ่มชิ้นงานสำหรับการทดลอง

ระยะป้อนลึก (มิลลิเมตร) (Depth of Cut)	อัตราป้อน (มิลลิเมตร/นาที) (Feed Rate)	ความเร็วตัด (เมตร/นาที) (Cutting Speed)								
		27			40			52		
0.5	233	3	27	10	12	22	20	9	18	8
	346	14	21	24	6	25	7	16	26	19
	450	15	5	17	23	4	2	11	1	13

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5.1 บันทึกผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ เก็บข้อมูลการทดลองของเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป นำมาชั่งน้ำหนักหาค่าการสึกหรอของดอกกัด (กรัม) จนครบจำนวน 27 ดอกเพื่อรวบรวมข้อมูลและนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) การหาค่าเฉลี่ยการสึกหรอของคมตัดโดยใช้สูตร

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยข้อมูลทั้งหมด

$\sum_{i=1}^{n} X$ = ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N = จำนวนของข้อมูล

3.6.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นการวัดการกระจายของข้อมูล (Measure Variability) ที่เบี่ยงเบนออกจากค่าเฉลี่ยของข้อมูล โดยใช้สูตร

$$s = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x - \bar{x})^2}}{n - 1}$$

เมื่อ S = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยข้อมูลทั้งหมด

X = จำนวนข้อมูล

n = จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

3.6.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่เกิดจากตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม คือ การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัดในกระบวนการกัดเหล็กกล้าสเตนเลสเกรด SUS420J2

ผลการวิจัย

4.1 ผลของการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study) ค่าการสึกหรอของดอกกัด

จากการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study) เพื่อหาค่าการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 ชิ้น ความเร็วตัด 3 ระดับ คือ 27, 40 และ 52 เมตร/นาที อัตราป้อน 3 ระดับ คือ 233, 346 และ 450 มิลลิเมตร/นาที และตัวแปรควบคุมระยะป้อนลึก 1 ระดับ คือ 0.5 มิลลิเมตรและปิดน้ำหล่อเย็นในงานกัด ผลที่ได้จากการทดลองคือค่าเฉลี่ยการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ (g) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลค่าการสึกหรอของกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์

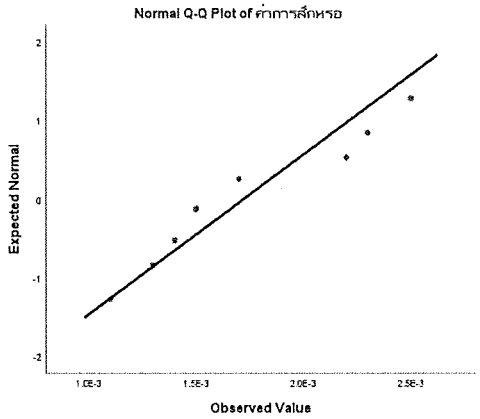
ระยะป้อนลึก (มม.)	อัตราป้อน (มม./นาที)	ความเร็วตัด (เมตร/นาที)		
		27	40	52
0.5	233	0.0015	0.0017	0.0025
	346	0.0014	0.0013	0.0015
	450	0.0022	0.0011	0.0023

เมื่อได้ค่าการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ สำหรับค่าการสึกหรอที่ได้จากการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study) แล้วนำค่าที่ได้มาทำการแจกแจงข้อมูลของความเร็วตัด อัตราป้อนและระยะป้อนลึกที่มีอิทธิพลต่อค่าการสึกหรอ

ของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ด้วยโปรแกรมทางสถิติ ค่าการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ ทุกเงื่อนไขของการกัดผิวมีการแจกแตงแบบปกติ เพราะค่า P-Value มากว่า 0.05 คือ 0.305 ข้อมูลมีแจกแจงแบบปกติข้อมูลน่าเชื่อถือทำการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 และ3 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลข้อมูล Tests of Normality (Pilot Study)

ค่าการสึกหรอ	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
	.230	9	.187	.908	9	.305



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของค่าการสึกหรอ (Pilot Study)

4.2 ผลของการทดลองค่าการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์

จากการทดลองเพื่อหาค่าการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ (Tool Wear) โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาทดลองประกอบด้วย ความเร็วตัด อัตราป้อนและระยะป้อนลึก โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 27 ชิ้น ความเร็วตัด 3 ระดับ คือ 27, 40 และ 52 เมตร/นาที อัตราป้อน 3 ระดับ คือ 233, 346 และ 450 มิลลิเมตร/นาที และตัวแปรควบคุมระยะป้อนลึก 1 ระดับ คือ 0.5 มิลลิเมตรและปิดน้ำหล่อเย็น ผลที่ได้จากการทดลองคือค่าเฉลี่ยการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลค่าการสึกหรอของกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์

ระยะป้อนลึก (มม.)	อัตราป้อน (มม./นาที)	ความเร็วตัด (เมตร/นาที)								
		27			40			52		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.5	233	0.0015	0.0011	0.0018	0.0017	0.0016	0.0019	0.0025	0.0027	0.0030
	346	0.0014	0.0021	0.0017	0.0013	0.0014	0.0008	0.0015	0.0018	0.0021
	450	0.0022	0.0016	0.0015	0.0011	0.0017	0.0020	0.0023	0.0020	0.0019

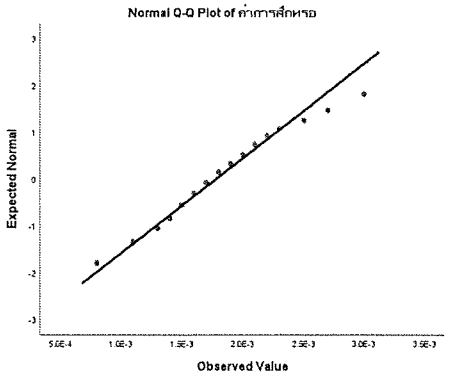
เมื่อได้ค่าการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ สำหรับค่าการสึกหรอที่ได้จากการทดลอง แล้วนำค่าที่ได้มาทำการแจกแจงข้อมูลของตัวแปรความเร็วตัด อัตราป้อนและระยะป้อนลึกที่มีอิทธิพลต่อค่าการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ด้วยโปรแกรมทางสถิติ ค่าการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ทุกเงื่อนไขของการกัดผิวมีการแจกแตงแบบปกติ เพราะค่า P-Value มากว่า 0.05 คือ 0.890 ข้อมูลมีแจกแจงแบบปกติข้อมูลน่าเชื่อถือ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลค่า Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ค่าการสึกหรอ	.087	27	.200*	.981	27	.890

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของค่าการสึกหรอ

จากการทดลองพบว่า เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปร ความเร็วตัด อัตราป้อน และระยะป้อนลึก ที่ส่งผลต่อค่าการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ พบว่าปัจจัยที่เป็นอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ส่งผลกระทบต่อการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ คือ ความเร็วตัด อัตราป้อน ส่งผลกระทบต่อการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ANOVA ของค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าค่า a. R Squared = ซึ่งในที่นี้มีค่าเท่ากับ 70.9% แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ มีความน่าเชื่อถือทำการวิเคราะห์ ANOVA ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าการสึกหรอ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ค่าการสึกหรอ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.507E-6[a]	8	5.634E-7	5.492	.001
Intercept	8.605E-5	1	8.605E-5	838.715	.000
Cutting	2.432E-6	2	1.216E-6	11.852	.001
Feed	7.696E-7	2	3.848E-7	3.751	.043
Cutting * Feed	1.306E-6	4	3.265E-7	3.182	.038
Error	1.847E-6	18	1.026E-7		
Total	9.240E-5	27			
Corrected Total	6.354E-6	26			

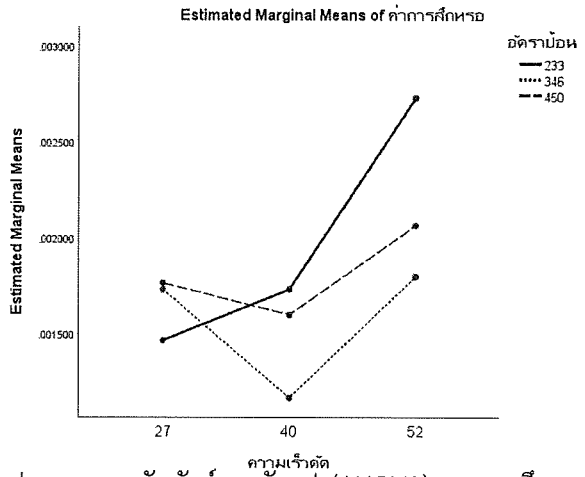
a. R Squared = .709 (Adjusted R Squared = .580)

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และนำผลที่ได้ทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์ของความเร็วตัด อัตราป้อน พบว่าปัจจัยที่เป็นอิทธิพลหลัก (Main Effect) คือความเร็วตัดมีอิทธิพลต่อค่าการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และอัตราป้อนมีอิทธิพลต่อค่าการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และปัจจัยที่เป็นอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ส่งผลต่อค่าการสึกหรอของดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ คือความเร็วตัดมีความสัมพันธ์อัตราป้อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การวิเคราะห์หาปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) หรืออิทธิพลร่วมจากการทดลอง หลังจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อหาค่าประมาณแบบช่วงของการสึกหรอของดอกกัดที่น้อยที่สุด จากความเร็วตัด ที่ระดับ 27, 40 และ 52 เมตร/นาที สามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ดังนี้

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรจากการทดลอง ด้วยการใช้ความเร็วตัดที่ระดับ 27 เมตร/นาทีกับอัตราป้อน 233, 346 และ 450 มิลลิเมตร/นาที ที่ระยะป้อนลึก 0.5 มิลลิเมตร ได้ค่าการสึกหรอของดอกกัดคือ 0.00146 g, 0.00173 g และ 0.00176 g และความเร็วตัดที่ระดับ 40 เมตร/นาทีกับอัตราป้อน 233, 346 และ 450 มิลลิเมตร/นาที ที่ระยะป้อนลึก 0.5 มิลลิเมตร ได้ค่าการสึกหรอของดอกกัดคือ 0.00173 g, 0.00116 g และ 0.00160 g และความเร็วตัดที่ระดับ 52 เมตร/นาทีกับอัตราป้อน 233, 346 และ 450 มิลลิเมตร/นาที ที่ระยะป้อนลึก 0.5 มิลลิเมตร ได้ค่าการสึกหรอของดอกกัดคือ 0.00273 g, 0.00180 g และ 0.00206 g

เมื่อพิจารณาความอิทธิพลร่วมจากการทดลอง ด้วยการใช้ความเร็วตัดที่ระดับ 40 เมตร/นาที อัตราป้อนที่ระดับ 346 มิลลิเมตร/นาที พบว่าค่าการสึกหรอของดอกกัดน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ย 0.00116 g และที่ความเร็วตัด 52 อัตราป้อนที่ระดับ 233 มิลลิเมตร/นาที จะได้ค่าการสึกหรอที่มากที่สุดเฉลี่ย 0.00197 gดังแสองในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร(ANOVA) ของการสึกหรอของดอกกัด

การอภิปรายผลการวิจัย

พิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของคมตัด ปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วย ความเร็วตัด มี 3 ระดับคือ 27, 40 และ 52 เมตร/นาที และอัตราป้อน มี 3 ระดับคือ 233, 346 และ 450 มิลลิเมตร/นาที พบว่าปัจจัยทั้ง 2 ตัวแปรนี้ ส่งผลกระทบการสึกหรอของคมตัด ความเร็วตัดและอัตราป้อน มีผลต่อการสึกหรอของคมตัดในการกัดเหล็กกล้าสเตนเลส เกรด SUS420J2 โดยใช้ดอกกัดเอ็นมิลคาร์ไบด์ 4 ฟัน ที่ความเร็วตัดระดับ 27 เมตร/นาที กับอัตราป้อนทั้ง 3 ระดับคือ 233, 346 และ 450 มิลลิเมตร/นาที ได้ค่าเฉลี่ยของการสึกหรอของดอกกัด คือ 0.00165 กรัม ความเร็วตัดระดับ 40 เมตร/นาที กับอัตราป้อนทั้ง 3 ระดับคือ 233, 346 และ 450 มิลลิเมตร/นาที ได้ค่าเฉลี่ยของการสึกหรอของดอกกัด คือ 0.00150 กรัม ที่ความเร็วตัดระดับ 52 เมตร/นาที กับอัตราป้อนทั้ง 3 ระดับคือ 233, 346 และ 450 มิลลิเมตร/นาที ได้ค่าเฉลี่ยของการสึกหรอของดอกกัด คือ 0.00220 กรัม ซึ่งมีอิทธิพลต่อการสึกหรอของดอกกัด ที่แตกต่างกัน ผลการทดลองสรุปได้ว่า ความเร็วตัด 27เมตร/นาที กับความเร็วตัด 40 เมตร/นาที ได้ผลการสึกหรอของดอกกัดที่แตกต่างกันเล็กน้อย แต่ที่ความเร็วตัดที่ 40 เมตร/นาที กับความเร็วตัดที่ 52 เมตร/นาที ได้ค่าการสึกหรอของดอกกัดที่มากที่สุด ความเร็วตัดและอัตราป้อน มีผลต่อการ

สึกหรอของดอกกัด เมื่อพิจารณาจากข้อมูลพบว่าความเร็วตัดที่ระดับสูงจะส่งผลต่อต่อการสึกหรอของคมตัดมากกว่าความเร็วตัดที่ระดับต่ำ เมื่อเปรียบกับอัตราป้อนทุกระดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรชนินทร์ วงศาศิริพัฒน์ [8] การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวชิ้นงานและอายุการใช้งานของมีดทังสเตนคาร์ไบด์ในการกัดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ SCM-415 พบว่า เมื่อความเร็วตัดที่สูงมีอิทธิพลต่อกี่สึกหรอของมีดทังสเตนคาร์ไบด์มากกว่าความเร็วตัดที่ระดับต่ำ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ควรศึกษาตัวแปรอิสระอื่นๆ เช่น อุณหภูมิที่เกิดจากการตัดเฉือน ชนิดของดอกกัดและสารเคลือบผิวของดอกกัด เป็นต้น ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัด ควรได้รับการศึกษาในครั้งต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] ปรเมศวร เบาวรรณ์. 2561. การศึกษาอุณหภูมิของชิ้นงานในขณะตัดเฉือนในการกัดวัสดุสเตนเลสแบบไม่ใช้สารหล่อเย็น. RMUTI JOURNAL Science and Technology. ปีที่ 12. ฉบับที่ 1. หน้า 74-85

[2] สมเสียง จันทาสี. 2559. การทำนายความหยาบผิวในงานกัดอะลูมิเนียมเกรด 6061-T6 โดยใช้วิธีทางสถิติ. วิศวสารลาดกระบัง. ปีที่ 33. ฉบับที่ 2. หน้า 77-83

[3] คมพันธ์ ชมสมุทร. 2561. การศึกษาประสิทธิภาพทิศทางการกัดงานที่มีผลต่อค่าความหยาบผิวโดยวิธีทากูชิ. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต. ปที่ 8. ฉบับที่ 3. หน้า 246-262

[4] ปราโมทย์ พูนนายม. 2559. อิทธิพลของตัวแปรการกัดต่อรูปร่างเศษกัดและการสึกหรอของคมตัดในการกัดผิวหน้าโลหะเชื่อมพอกแข็งบนผิวเหล็กกล้า JIS-S50C. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา. ปีที่ 27. ฉบับที่ 3. หน้า 37-42

[5] M. Vishnu Vardhan, 2018. Prediction of Surface roughness & Material Removal Rate for machining of P20 Steel in CNC milling using Artificial Neural Networks. Material today. Proceed. Volume 5. Issue 9. Pages 18376-18382

[6] ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ. 2560. ปัจจัยในการกัดชิ้นงานด้วยมีดกัดเอ็นมิลล์โซลิดคาร์ไบด์เคลือบผิวไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่มีผลต่ออายุการใช้งานของคมตัดและความเรียบผิว. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่ 27. ฉบับที่ 2. หน้า 303-313

[7] นางสาวองัศุมารินทร์ ประภาสพงษ์, 2559. การคัดกรองปัจจัยที่มีผลต่อความหยาบผิวและการสึกหรอของเครื่องมือตัดในกระบวนการกัดวัสดุอลูมิเนียมหล่อแบบกึ่งงของแข็ง A356. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรม ศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[8] นายวรชนินทร์ วงศาศิริพัฒน์, 2558. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวชิ้นงานและอายุการใช้งานของมีดทังสเตนคาร์ไบด์ในการกัดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ SCM-415. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุสาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[9] รศ.บรรเลง ศรนิล, 2558. ตารางคู่มืองานโลหะ. พิมพ์ครั้งที่ 11. ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. หน้า 282