บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของพารามิเตอร์กระบวนการกัดต่อสมบัติอลูมิเนียม ผสมทองแดง เกรด 2024 โดยศึกษาความเรียบของผิวงาน และการสึกหรอของดอกกัด โดยใช้ดอกกัด High Speed Steel กัดอลูมิเนียม ผสมทองแดง เกรด 2024 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองได้แก่ความเร็วรอบ อัตราป้อน และระยะป้อนลึก เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ เครื่องกัด CNC เครื่องวัดหาค่าความขรุขระของพื้นผิว เครื่องชั่งน้ำหนัก การวิจัยได้กำหนดตัวแปรในการทดลองคือ ตัวแปรต้นได้แก่ความเร็วรอบ อัตราป้อน และความลึกในการป้อน ส่วนตัวแปรตามได้แก่ ค่าความเรียบของผิวงาน (คุณภาพของผิวงาน) และการสึกหรอของดอกกัด โดยเปรียบเทียบน้ำหนักก่อน และหลังการทดลอง กำหนดให้ความเร็วรอบ (Speed) 3 ระดับ คือ 1,000, 1,250 และ 1,500 รอบ/นาที อัตราป้อน (Feed Rate) 3 ระดับ คือ 150 , 200 และ 250 มม./นาที และความลึกในการป้อน (Deep of Cut) 3 ระดับคือ 3, 4 และ 5 มม. ชิ้นงานมีความกว้างขนาด 80 มม. ยาว 100 มม. หนา 20 มม./ ชิ้น จำนวน 54 ชิ้น ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองโดยใช้ Factorial Design แบบ 3 ค่าทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ANOVA และค่าระดับความเชื่อมั่น 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ 5% (Q = 0.05) สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของพารามิเตอร์กระบวนการกัดต่อสมบัติอลูมิเนียม ผสมทองแดง เกรด 2024 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงานกัด พบว่ามีปัจจัยที่ทำให้เกิดอิทธิพลหลัก (Main Effect) และอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) มีดังนี้

1. ความเร็วรอบ มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
2. อัตราป้อน มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

5.1.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของดอกกัด พบว่ามีปัจจัยที่ทำให้เกิดอิทธิพลหลัก (Main Effect) และอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) มีดังนี้

1. ความลึกในการป้อนมีอิทธิพลต่อความสึกหรอของดอกกัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
2. อัตราป้อนมีอิทธิพลต่อความสึกหรอของดอกกัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 อภิปรายผลการทดลอง

จากการทดลองกัดอลูมิเนียมผสมทองแดง 2024 ด้วยดอกกัดเหล็กความเร็วรอบสูง (High Speed Steel) ที่เงื่อนไขการกัดต่าง ๆ กันจากการวิจัยนี้พบว่า

5.2.1 พิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน

ปัจจัยหลัก (Main Effects) ที่มีผลต่อคุณภาพผิวงาน (ความเรียบของผิวงาน) ในการกัดอลูมิเนียมผสมทองแดง เกรด 2024 โดยใช้ดอกกัดเหล็กความเร็วรอบสูง (HSS) คือ ความเร็วรอบ (Speed) และอัตราป้อน (Feed)

ความเร็วรอบ (Speed) โดยกำหนดความเร็วรอบไว้ 3 ระดับคือ 1,000, 1,250 และ 1,500 รอบ/นาที มีผลต่อคุณภาพผิวงาน (ความเรียบของผิวงาน) ในการกัดอลูมิเนียมผสมทองแดง เกรด 2024 โดยใช้ดอกกัดเหล็กความเร็วรอบสูง (High Speed Steel) เพราะเมื่อเพิ่มความเร็วรอบมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความเรียบของผิวงานมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากความเร็วรอบที่สูงจะทำให้ดอกกัด ตัดเฉือนชิ้นงานในปริมาณที่น้อยกว่าความเร็วรอบที่ต่ำ และตัดเฉือนได้ถี่ขึ้นทำให้รอยตัดเฉือนมีระยะที่ถี่ขึ้นเช่นกัน จึงทำให้มีความเรียบมากขึ้นดังนี้ ความเร็วรอบที่ระดับ 1,000 รอบ/นาที ให้ค่าความเรียบผิวเฉลี่ยที่ 2.3692 μm. ความเร็วรอบที่ระดับ 1,250 รอบ/นาที ให้ค่าความเรียบผิวเฉลี่ยที่ 1.9177 μm. และความเร็วรอบที่ระดับ 1,500 รอบ/นาที ให้ค่าความเรียบผิวเฉลี่ยที่ 1.7516 μm. ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประพล เปี่ยมศักดิ์ชัย [27] ศึกษาความเรียบผิวของงานกัดเหล็กกล้าเครื่องมือเย็น D2 พบว่า เมื่อใช้ความเร็วรอบที่มากขึ้นจะส่งผลทำให้ความเรียบผิวมากขึ้น เนื่องจากความเร็วรอบที่สูงจะทำให้มีดกัดซึ่งในการทดลองที่ใช้เป็นแบบสี่คมตัด จึงช่วยตัดเฉือนชิ้นงานในปริมาณที่น้อยกว่าความเร็วรอบที่ต่ำ และตัดเฉือนได้ถี่ขึ้นทำให้รอยตัดเฉือนมีระยะที่ถี่ขึ้นเช่นกัน จึงทำให้มีความเรียบมากขึ้น และมีดกัดที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบสี่คมตัด แต่ขัดแย้งกับงานวิจัยของ ชุมพร ช่างกลึงเหมาะ [28] ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบละเอียดผิวของชิ้นงานกับเงื่อนไขการกัดของวัสดุอิพอกซีเรซิ่นเติมอลูมิเนียม พบว่า เมื่อค่าความเร็วรอบสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่า SRC มีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งหมายถึงผิวชิ้นงานมีความขรุขระมากขึ้น เนื่องจาก ที่มากขึ้นการสั่นของดอกกัดอย่างรุนแรง (Chatter) ทำให้ผิวชิ้นงานที่ได้มีค่า Ra

อัตราป้อน (Feed) ในการการกัดอลูมิเนียม 2024 โดยใช้ดอกกัดเหล็กความเร็วรอบสูง (High Speed Steel) โดยกำหนดอัตราป้อน ไว้ 3 ระดับคือ 150, 200 และ 250 มิลลิเมตร/นาที ซึ่งมีอิทธิพลต่อความเรียบผิวของงาน เพราะเมื่อใช้อัตราป้อนที่ต่ำกว่าจะส่งผลให้มีความเรียบของผิวงานมากขึ้น เนื่องจากอัตราป้อนที่ช้าจะทำให้มีดกัดสามารถตัดเฉือนชิ้นงานในปริมาณที่น้อยทำให้เกิดแรงเสียดทาน

ระหว่างมีดตัดและชิ้นงานต่ำไปด้วยรวมทั้งมีดตัดสามารถตัดเฉือนชิ้นงานได้ถี่ขึ้นจึงทำให้มีความเรียบมากขึ้นดังนี้ ที่อัตราป้อนระดับ 150 มิลลิเมตร/นาที ให้ค่าความเรียบผิวเฉลี่ยที่ 1.2958 μm. ที่อัตราป้อนระดับ 200 มิลลิเมตร/นาที ให้ค่าความเรียบผิวเฉลี่ยที่ 2.0078 μm. และที่อัตราป้อนระดับ 250 มิลลิเมตร/นาที ให้ค่าความเรียบผิวเฉลี่ยที่ 2.7348 μm. ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มานพ วรศรี [30] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวและความแข็งของงานกัดกล้าเครื่องมือ SKD 16 พบว่า อัตราป้อนมีผลต่อความเรียบผิวงาน เมื่อเพิ่มอัตราป้อนมากขึ้นค่าความเรียบผิวจะมีค่ามากขึ้น เพราะอัตราป้อนมาขึ้นทำให้มีดเดินกัดงานมีระยะห่างระหว่างรอยกัดกว้าง ซึ่งส่งผลต่อจำนวนรอยกัดที่มีระยะห่างมากกว่าอัตราป้อนที่น้อย ทำให้ผิวงานมีความละเอียดน้อยกว่า และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประวุฒิ เพชรไพรินทร์ [26] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวและความสึกหรอของคมตัดในการกัดทองเหลืองผสม พบว่า เมื่อใช้อัตราป้อนที่ต่ำกว่าจะส่งผลให้มีความเรียบของผิวงานมากขึ้น เพราะเกิดแรงเสียดทานระหว่างคมตัดและชิ้นงานต่ำส่งผลให้มีความเรียบผิวมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของประพล เปี่ยมศักดิ์ชัย [27] ศึกษาความเรียบผิวของงานกัดเหล็กกล้าเครื่องมือเย็น D2 พบว่า เมื่อใช้อัตราป้อนที่มากขึ้นจะส่งผลทำให้ความเรียบผิวต่ำลง เพราะอัตราป้อนที่เร็วจะทำให้มีดกัดตัดเฉือนชิ้นงานในปริมาณที่มากทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างมีดตัดและชิ้นงานมากไปด้วยรวมทั้งมีดตัดสามารถตัดเฉือนชิ้นงานได้หยาบขึ้น จึงส่งผลให้ผิวชิ้นงานหยาบขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมิง อบมา [31] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผิวและการสึกหรอของคมตัดในการกัดพอลิเมทิลเมทาคริเลต พบว่า อัตราป้อนมีผลต่อความเรียบผิวงาน เมื่อเพิ่มอัตราป้อนมากขึ้นค่าความเรียบผิวจะมีค่ามากขึ้น เพราะอัตราป้อนมาขึ้นทำให้มีดเดินกัดงานมีระยะห่างระหว่างรอยกัดกว้าง ซึ่งส่งผลต่อจำนวนรอยกัดที่มีระยะห่างมากกว่าอัตราป้อนที่น้อย ทำให้ผิวงานมีความละเอียดน้อยกว่า

ระยะป้อนลึก (Deep of cut) ในการการกัดอลูมิเนียมผสมทองแดง เกรด 2024 โดยใช้ดอกกัดเหล็กความเร็วรอบสูง (High Speed Steel)โดยกำหนดระยะป้อนลึกไว้ 3 ระดับคือ 3, 4, และ 5 มิลลิเมตร ซึ่งไม่มีผลต่อคุณภาพผิว สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประพล เปี่ยมศักดิ์ชัย [28] ศึกษาความเรียบผิวของงานกัดเหล็กกล้าเครื่องมือเย็น D2 แต่ขัดแย้งกับงานวิจัยของ ศุภเอก ประมูลมาก และวิเชียร เถื่อนเครือวัลย์ [29] ศึกษาผลกระทบของระยะกินลึก และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมีดกัดที่มีผลต่อความเรียบผิวของชิ้นงาน พบว่า ระยะกินลึกที่น้อยกว่าจะส่งผลให้ผิวงานมีคุณภาพดีกว่าระยะกินลึกที่มาก เพราะว่าเมื่อใช้ดอกกัดขนาดเล็กกัดชิ้นงานในระยะที่ลึกมากขึ้นจะทำให้เกิดแรงเสียดทานที่ด้านข้างคมตัดและเกิดการสั่นสะเทือน จึงส่งผลให้ผิวชิ้นงานหยาบขึ้น

5.2.2 พิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของดอกกัด

ปัจจัยหลัก (Main Effects) ที่มีผลต่อการสึกหรอของดอกกัดในการกัดอลูมิเนียมผสมทองแดง เกรด 2024 โดยใช้ดอกกัดเหล็กความเร็วรอบสูง (HSS) คือ ระยะป้อนลึก (Deep of cut) และอัตราป้อน (Feed)

ระยะป้อนลึก (Deep of cut) โดยกำหนดระยะป้อนลึกไว้ 3 ระดับคือ 3, 4, และ 5 มิลลิเมตร ซึ่งมีผลต่อการสึกหรอของดอกกัด คือ เมื่อใช้ระดับอัตราป้อนที่ต่ำกว่าในการกัดจะทำให้การสึกหรอของดอกกัดน้อยกว่าระยะป้อนลึกที่มากกว่าขึ้น ดังนี้ ที่ระยะป้อนลึกที่ 3 มิลลิเมตร ส่งผลกระทบต่อความสึกหรอของคมตัดที่น้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.00165 กรัม ที่ระยะป้อนลึกที่ 4 มิลลิเมตรส่งผลกระทบต่อความสึกหรอของคมตัด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.00187 กรัม และที่ระยะป้อนลึกที่ 5 มิลลิเมตร ส่งผลกระทบต่อความสึกหรอของคมตัดมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.00231 กรัม เพราะว่าในการกัด ดอกกัดจะตัดเฉือนชิ้นงานด้วยคมตัดด้านข้างจึงส่งผลให้เมื่อกัดลึกมากเท่าใดผิวของคมตัดด้านข้างจะสัมผัสชิ้นงานมากขึ้นเท่านั้น จึงส่งผลให้มีการสึกหรอเนื่องจากการขัดสีที่ผิวด้านข้าง หรือผิวหลบ (Flank Wear) มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ [20] ได้ทำการศึกษา เปรียบเทียบประสิทธิภาพการต้านทานการสึกหรอของเอ็นมิลล์ประเภททังสเตนคาร์ไบด์ ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนและแม่พิมพ์ ซึ่งโดยทั่วไปเป็นการสึกหรอที่เกิดจากชิ้นงานเคลื่อนที่สัมผัสผ่านมีดกัดในขณะเดียวกันก็เกิดเศษตัด (Chip) แยกตัวออกมาจากชิ้นงาน ถ้าการสึกหรอด้านผิวหลบขยายตัวเพิ่มขึ้น ก็จะมีผลโดยตรงต่อขนาดของร่องกัดมากขึ้น

อัตราป้อน (Feed) ในการการกัดอลูมิเนียม 2024 โดยใช้ดอกกัดเหล็กความเร็วรอบสูง (High Speed Steel) โดยกำหนดอัตราป้อน ไว้ 3 ระดับคือ 150, 200 และ 250 มิลลิเมตร/นาที ซึ่งมีผลต่อการสึกหรอของดอกกัด คือ เมื่อใช้อัตราป้อนที่ต่ำกว่าจะส่งผลให้เกิดการสึกหรอของดอกกัดน้อยกว่าการใช้อัตราป้อนมี่สูง เนื่องจาก อัตราป้อนที่ต่ำจะทำให้มีดกัดสามารถตัดเฉือนชิ้นงานในปริมาณที่น้อยกว่าอัตราป้อนที่สูงเมื่อเทียบปริมาณการตัดเฉือนเนื้อโลหะในแต่ละคมตัด ซึ่งทำให้เกิดแรงเสียดทาน และความร้อนในการตัดเฉือนต่างกันจึงส่งผลให้เกิดการสึกหรอที่ต่างกัน ดังนี้ ที่ระดับอัตราป้อนที่ 150 มม./นาที ส่งผลกระทบต่อความสึกหรอของคมตัดที่น้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.00182 กรัม ที่อัตราป้อนที่ 200 มม./นาที ส่งผลกระทบต่อความสึกหรอของคมตัด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.00187 กรัม และที่ระยะป้อนลึกที่ 250 มม./นาที ส่งผลกระทบต่อความสึกหรอของคมตัดมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.00219 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมิง อบมา [31] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผิวและการสึกหรอของคมตัดในการกัดพอลิเมทิลเมทาคริเลต พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราป้อนต่ำจะทำให้การสึกหรอของคมตัดต่ำแต่ถ้าเพิ่มอัตราป้อนให้สูงขึ้นก็จะส่งผลให้คมตัดของมีดกัดสึกหรอมากยิ่งขึ้น เพราะว่าอัตราป้อนมาขึ้นทำให้มีดเดินกัดงานมีระยะห่างระหว่างรอยกัดกว้าง ซึ่งส่งผลต่อปริมาณของเศษโลหะ และแรงเสียดทานมากขึ้นจึงส่งผลให้เกิดการสึกหรอมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประวุฒิ เพชรไพรินทร์ [26] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวและความสึกหรอของคมตัดในการกัดทองเหลืองผสม พบว่า เมื่อใช้อัตราป้อนที่ต่ำกว่าจะส่งผลให้เกิดการสึกหรอของคมตัดน้อยกว่าการใช้อัตราป้อนที่สูง เพราะว่ามีดกัดจะตัดเฉือนชิ้นงานในปริมาณที่น้อยต่อคมตัดทำให้ใช้แรงในการกัดน้อยไปด้วยส่งผลให้เกิดการสึกหรอที่น้อยกว่าการใช้อัตราป้อนที่สูง

ความเร็วรอบ (Speed) ในการการกัดอลูมิเนียมผสมทองแดง เกรด 2024 โดยใช้ดอกกัดเหล็กรอบสูง (High Speed Steel) โดยกำหนดความเร็วรอบไว้ 3 ระดับคือ 1,000, 1,250 และ 1,500 รอบ/นาที ซึ่งไม่มีผลต่อการสึกหรอของคมตัด ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ ประวุฒิ เพชรไพรินทร์ [26] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวและความสึกหรอของคมตัดในการกัดทองเหลืองผสม พบว่า เมื่อใช้ความเร็วที่ต่ำกว่าจะส่งผลให้เกิดการสึกหรอของคมตัดน้อยกว่าการใช้ความเร็วรอบที่สูง เนื่องจาก ความเร็วรอบที่สูงจะทำให้น้ำมันหล่อเย็นแทรกเข้าสู่ผิวคมตัดได้น้อย ทำให้ให้เกิดความร้อนจากการเสียดสีในกระบวนการกัด ซึ่งส่งผลให้เกิดการสึกหรอของคมตัดมากขึ้น

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อความสึกหรอของคมตัดที่ผลิตจากเหล็กรอบสูง ประกอบด้วย รูปทรงเรขาคณิตของมีดกัด เช่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง จำนวนคมตัด มุมคมตัด มุมคายเศษ มุมหลบ ผิวของคมตัด และชนิดการเคลือบผิวแข็ง เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สหรัตน์ วงษ์ศรียะ [17] ที่ว่ามุมหลบของคมตัดมีผลต่อการสึกหรอ และสภาพการตัดเฉือนก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คมตัดเกิดการสึกหรอได้เนื่องจาก มุมที่ผิวหลบหากมากไปจะทำให้มุมคมตัดน้อยลงทำให้ความแข็งแรงของคมตัดน้อยลง และหากมุมทีผิวหลบน้อยไปก็จะทำให้เกิดการเสียดสีที่ผิวหลบมากขึ้นส่งผลให้เกิดความร้อน และการสึกหรอมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ คมเดช อิงคะวะระ [3] ที่ว่ารัศมีของปลายเครื่องมือตัด ความร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดเฉือน วัสดุเครื่องมือตัด และรูปทรงเรขาคณิตของเครื่องมือตัด มีผลต่อความสึกหรอของเครื่องมือตัด เนื่องจากรัศมีโค้งที่ปลายเครื่องมือตัดมีมากทำให้มีเนื้อที่การตัดเฉือน และสัมผัสชิ้นงานมากขึ้นส่งผลให้เกิดความร้อน และการสึกหรอมากขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ตัวแปรอิสระอื่นๆ เช่น ชนิดของน้ำหล่อเย็น ชนิดของดอกกัดเป็นต้น อาจจะส่งผลต่อคุณภาพความเรียบผิว และอายุการใช้งานของดอกกัดซึ่งควรได้รับการศึกษาต่อไป

2. ควรมีการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบความเรียบผิวงาน กับขนาดของมีดกัด หรือรูปทรงของมีดัดแบบต่าง ๆ เช่น แบบ 4 คมตัด มุมคมตัด มุมคายเศษ และมุมหลบ แตกต่างจากมีดกัดที่ใช้ในงานวิจัยนี้

3. ควรมีการศึกษาร่วมกับผู้ประกอบการในอุตสาหกรรม เพื่อจะได้นำความรู้ในการวิจัยนี้ไปใช้ในการกัดแข็ง เพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ และลดต้นทุนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถทดแทนงานเจียรนัย ทำให้เป็นประโยชน์อย่างมากในเชิงพาณิชย์และเพื่อการแข่งขันในอุตสาหกรรมทั้งในและต่างประเทศต่อไป