

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของกระบวนการสร้างผิวแข็งสำเร็จต่อการสึกหรอแบบขัดถูในการใช้งานของใบกวนสำหรับกระบวนการผสม โดยการดำเนินงานวิจัยทำการทดสอบเพื่อเลือกขั้นตอนการทดสอบระหว่างกรณีที่ 1 ทำการเปลี่ยนทรายสำหรับการทดสอบทุก ๆ 8 ชั่วโมง กับกรณีที่ 2 ไม่ทำการเปลี่ยนทรายสำหรับการทดสอบทุก ๆ 8 ชั่วโมง พบว่า กรณีที่ 1 มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการทดสอบความการต้านการสึกหรอแบบขัดถู เนื่องจากสามารถให้อัตราการสึกหรอที่สม่ำเสมอมากกว่าแบบไม่ทำการเปลี่ยนแปลงทราย ซึ่งสอดคล้องกับผลของการวัดความกลมของเม็ดทราย โดยที่ทรายก่อนทำการทดสอบมีความกลมของเม็ดทรายน้อยที่สุด ค่าผลต่างของรัศมีนอกและรัศมีในของเม็ดทรายโดยเฉลี่ยของทรายก่อนทำการทดลองมีค่ามากกว่าทรายที่ผ่านการทดสอบ 8, 16 และ 24 ชั่วโมง เนื่องจากทรายที่ผ่านการทดสอบเกิดการขัดถูกับผิวหน้าชิ้นงาน ส่งผลทำให้ค่าผลต่างของรัศมีนอกและรัศมีในของเม็ดทรายโดยเฉลี่ยของทรายที่ผ่านการทดสอบมีค่าลดลง จึงทำให้เม็ดทรายมีลักษณะกลมมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการสึกหรอไม่คงที่

จากการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านการสึกหรอแบบขัดถูด้วยกรรมวิธีในการสร้างผิวแข็งสำเร็จที่ต่างกันพบว่า เงื่อนไขการสร้างผิวแข็งสำเร็จที่ 4 (กระบวนการเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสคลุมที่ไม่มีการให้ความร้อนหลังการเชื่อม) มีความสามารถในการต้านทานการสึกหรอแบบขัดถูได้ดีที่สุด เนื่องจากโครงสร้างคาร์ไบด์มีลักษณะการกระจายตัวและความแข็งที่เหมาะสมต่อการต้านทานการสึกหรอแบบขัดถูมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์บริเวณโครงสร้างคาร์ไบด์พบว่า ค่าความแข็งของคาร์ไบด์แปรผกผันกับอัตราการสึกหรอ โดยโครงสร้างคาร์ไบด์ของกระบวนการเชื่อมอาร์กคลุมหุ้มฟลักซ์ที่ไม่มีการให้ความร้อนหลังการเชื่อมมีค่าความแข็งสูงสุด ส่งผลทำให้มีความสามารถในการต้านทานการสึกหรอได้ดีที่สุด และสอดคล้องกับผลการวัดขนาดโครงสร้างพื้น โครงสร้างพื้นที่มีขนาดใหญ่ส่งผลทำให้เกิดการกระจายตัวของโครงสร้างคาร์ไบด์น้อยกว่าโครงสร้างพื้นที่มีขนาดเล็ก จากผลการวัดขนาดโครงสร้างพื้นพบว่ากระบวนการเชื่อมอาร์กคลุมหุ้มฟลักซ์ที่ไม่มีการให้ความร้อนหลังการเชื่อมมีการกระจายตัวของโครงสร้างคาร์ไบด์มากที่สุด ซึ่งการกระจายตัวของโครงสร้างคาร์ไบด์ส่งผลต่อความสามารถในการต้านทานการสึกหรอแบบขัดถูที่บริเวณผิวหน้าชิ้นงาน โดยการกระจายตัวของโครงสร้างคาร์ไบด์แปรผันตรงกับความสามารถในการต้านทานการสึกหรอแบบขัดถูที่บริเวณผิวหน้าชิ้นงาน แต่กรณีการสร้างผิวแข็งสำเร็จที่มีการให้ความร้อนหลังการเชื่อมส่งผลทำให้ค่าความแข็งและการกระจายตัวของโครงสร้างคาร์ไบด์ลดลง เนื่องจากโครงสร้างพื้นมีการขยายตัวภายหลังการให้ความร้อนหลังการเชื่อม

และในระหว่างการให้ความร้อนหลังการเชื่อมส่งผลทำให้เกิดการสลายตัวของคาร์ไบด์เข้าสู่โครงสร้างพื้นทำให้ความสามารถในการต้านทานการสึกหรอลดลง โดยลักษณะการสึกหรอของทุก ๆ การสร้างผิวแข็งสำเร็จด้วยกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งเกิดจากการแตกหักของคาร์ไบด์และการเจาะของเม็ดทรายที่บริเวณโครงสร้างพื้น เงื่อนไขการสร้างผิวแข็งสำเร็จที่ 7 (กระบวนการพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงความเร็วสูง) มีความสามารถในการต้านทานการสึกหรอแบบขัดถูได้น้อยที่สุด เนื่องจากใช้ตัวแปรกำหนดในการพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงความเร็วสูงไม่มีความเหมาะสม ส่งผลทำให้ลักษณะของชั้นผิวเคลือบเกิดการหลอมเพื่อยึดเกาะแบบทางกลไม่สมบูรณ์และมีรูพรุนที่บริเวณของชั้นผิวเคลือบเป็นจำนวนมาก ทำให้ผิวหน้ามีความสามารถในการต้านทานแรงเฉือนที่เกิดจากอนุภาคขัดถูได้น้อยกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นเมื่อเกิดการเสียดสีกับเม็ดทรายที่มีความคมส่งผลให้มีโอกาสเกิดการหลุดออกของอนุภาคยึดเกาะทางกลได้ง่ายขึ้น ทำให้ปริมาณที่หายไปและอัตราการสึกหรอของชิ้นงานสูงกว่าการเกิดจากการแตกหักของคาร์ไบด์และการเจาะของเม็ดทรายที่บริเวณโครงสร้างพื้นที่เกิดกับการสร้างผิวแข็งสำเร็จด้วยกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งที่จะเกิดการหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันในระหว่างการเชื่อมพอกผิวแข็ง

จากการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคพบว่า โครงสร้างทางจุลภาคของทุก ๆ กระบวนการสร้างผิวแข็งสำเร็จในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย คาร์ไบด์ปฐมภูมิที่มีโคบอลต์ (Co) และ โครเมียม (Cr) อยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นคาร์ไบด์ชนิด M_7C_3 ที่มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบออร์โธโรมบิก (Orthorhombic) เนื่องจากฟลักของคาร์ไบด์ที่ทำการตรวจสอบด้วยวิธี XRD มีค่าใกล้เคียงกับฟลักของข้อมูลมาตรฐานของโครเมียมคาร์ไบด์ชนิด Cr_7C_3 ที่มีโครงสร้างผลึกเป็นออร์โธโรมบิก ฟลักของคาร์ไบด์ที่ทำการตรวจสอบเลื่อนออกจากฟลักของโครเมียมคาร์ไบด์ชนิด Cr_7C_3 เล็กน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากโคบอลต์ที่ละลายอยู่ในคาร์ไบด์ส่งผลทำให้ฟลักของรังสีเอกซ์ที่เลี้ยวเบนเกิดขึ้นที่มุม 2θ เลื่อนออก นอกจากนั้นสำหรับกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งที่มีการให้ความร้อนหลังการเชื่อมพบการตกผลึกของโครเมียมคาร์ไบด์ชนิด $M_{23}C_6$ ในบริเวณโครงสร้างพื้น ซึ่งมีการกระจายตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ อยู่ใกล้กับบริเวณเครือข่ายของโครงสร้างคาร์ไบด์ปฐมภูมิภายหลังการให้ความร้อนหลังการเชื่อม

5.2 ปัญหาในการทำวิจัยและข้อเสนอแนะ

- 1) เพื่อหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนักควรทำความสะอาดชิ้นงานก่อนการชั่งและควรชั่งในสภาวะแวดล้อมที่ใกล้เคียงกันทุกครั้ง
- 2) ในระหว่างการทดสอบควรทำการทดสอบเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ไม่ควรหยุดระหว่างการทดสอบ และภายหลังการทดสอบควรนำชิ้นงานมาชั่งทันที ไม่ควรเก็บชิ้นงานเป็นเวลานานก่อนนำมาชั่งเพราะชิ้นงานอาจจะเกิดสนิมขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อน้ำหนักภายหลังการทดสอบ

- 3) สำหรับการสร้างผิวแข็งสำเร็จด้วยกระบวนการพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงความเร็วสูงมีการเตรียมชิ้นงานที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากมีความผิดพลาดในเลือกตัวแปรกำหนดในการพ่นเคลือบชิ้นงานด้วยกระบวนการพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงความเร็วสูง จึงควรทำการเลือกตัวแปรกำหนดในการพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงความเร็วสูงให้มีความเหมาะสม ซึ่งจะส่งผลทำให้ลักษณะของชั้นผิวเคลือบเกิดการหลอมเพื่อยึดเกาะแบบทางกลมีความสมบูรณ์และมีรูปทรงที่บริเวณของชั้นผิวเคลือบน้อยที่สุด ก่อนนำชิ้นงานมาทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านการสึกหรอแบบขัดถูด้วยกรรมวิธีในการสร้างผิวแข็งสำเร็จที่ต่างกัน
- 4) สำหรับการสร้างผิวแข็งสำเร็จด้วยกระบวนการการแล่นประสานมีการเตรียมชิ้นงานที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากชิ้นงานส่วนใหญ่มีพื้นที่การหลอมละลายอย่างสมบูรณ์น้อยกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทำการแล่นประสานทั้งหมด จึงควรทำการออกแบบขั้นตอนและเลือกใช้ตัวแปรกำหนดในการแล่นประสานใหม่ นอกจากนั้นควรทำการทดสอบแรงดึงเฉือนเพื่อเป็นการยืนยันขั้นตอนและตัวแปรกำหนดในการแล่นประสานภายหลังการทดสอบด้วยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี

5.3 งานวิจัยในอนาคต

- 1) ทำการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีระดับจุลภาคของคาร์ไบด์ชนิด M_7C_3 ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope, TEM)
- 2) ทำการศึกษาค่าตัวแปรกำหนดในการพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงความเร็วสูงที่มีความเหมาะสมสำหรับการทดสอบความต้านทานการสึกหรอแบบขัดถู
- 3) หาขั้นตอนและค่าตัวแปรกำหนดที่มีความเหมาะสมสำหรับกระบวนการสร้างผิวแข็งสำเร็จด้วยกระบวนการแล่นประสาน
- 4) มีการให้ความร้อนในระหว่างการทดสอบความต้านทานการสึกหรอแบบขัดถู เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดจากความร้อนในระหว่างการทดสอบจะมีผลต่อความสามารถในการต้านทานการสึกหรอหรือไม่
- 5) ทำการสร้างผิวแข็งสำเร็จด้วยกระบวนการสร้างผิวแข็งสำเร็จแบบอื่นที่ไม่เหมือนกับงานวิจัยเล่มนี้ โดยใช้วัสดุสิ้นเปลืองชนิดเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบผลจากกระบวนการสร้างผิวแข็งสำเร็จต่อความสามารถในการต้านทานการสึกหรอแบบขัดถู