บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

1. อภิปรายปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดระหว่างไทเทเนียมกับพอร์ซเลน

ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่มีผลต่อการยึดติดระหว่างไทเทเนียมกับพอร์ซเลนคือการป้องกันการเกิดชั้นออกไซด์ของไทเทเนียมที่มีความหนามากเกินไป ซึ่งการทดลองนี้ควบคุมการเกิดชั้นออกไซด์โดยออกแบบให้มีการทำงานตามกระบวนการผลิตชิ้นทดลองในบรรยากาศอาร์กอนตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นผิวไทเทเนียม สร้างชั้นพอร์ซเลนและเผาชิ้นงาน ซึ่งจากผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบค่า *G* เฉลี่ยทั้ง 4 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 ซึ่งเผาชิ้นทดลองในบรรยากาศปกติ กลุ่มที่ 2 เผาชิ้นทดลองในบรรยากาศอาร์กอนถึงระยะชั้นสารยึด กลุ่มที่ 3 เผาชิ้นทดลองในบรรยากาศอาร์กอนถึงระยะชั้นโอเพคพอร์ซเลน และกลุ่มที่ 4 เผาชิ้นทดลองในบรรยากาศอาร์กอนถึงระยะชั้นเดนทีนพอร์ซเลน จะพบว่าค่า *G* เฉลี่ยกลุ่มที่ 1 มีค่า 10.90 จูลต่อตารางเมตรซึ่งต่ำกว่าอีก 3 กลุ่มที่เหลือซึ่งมีค่า *G* เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 15.57 - 15.67 จูลต่อตารางเมตรประมาณ 1.5 เท่า แสดงให้เห็นว่าการเผาในบรรยากาศอาร์กอนมีแนวโน้มส่งผลให้การยึดติดดีขึ้น แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะในส่วน 3 กลุ่มที่เผาชิ้นทดลองในบรรยากาศอาร์กอนในระยะต่างๆ กันจะพบว่ามีค่า *G* เฉลี่ยใกล้เคียงกัน และจากการวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่ากลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าการเผาชิ้นงานในบรรยากาศอาร์กอนเพื่อให้การยึดติดระหว่างพอร์ซเลนและไทเทเนียมดีขึ้น อาจเผาเพียงชั้นแรกคือชั้นสารยึดก็เพียงพอโดยไม่จำเป็นต้องเผาชั้นต่อไปในบรรยากาศอาร์กอน

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเผาชิ้นงานในบรรยากาศอาร์กอนมีแนวโน้มทำให้การยึดติดระหว่างพอร์ซเลนและไทเทเนียมดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Atsu and Berksun (2000) ซึ่งศึกษาการยึดติดระหว่างโลหะไทเทเนียมที่ผ่านกรรมวิธีการเหวี่ยงเป็นชิ้นงานและไม่ผ่านการเหวี่ยงกับพอร์ซเลนสำหรับไทเทเนียม 3 ชนิดโดยนำชิ้นงานไปเผาในบรรยากาศปกติและบรรยากาศอาร์กอน ซึ่งได้สรุปผลการศึกษาไว้ว่าการเผาในบรรยากาศอาร์กอนช่วยให้การยึดอยู่ดีขึ้นในกลุ่มทดลองบางกลุ่ม แต่โลหะไทเทเนียมที่ผ่านการเหวี่ยงกับ ไม่ผ่านการเหวี่ยงให้ผลการยึดอยู่ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามค่าการยึดติดระหว่างพอร์ซเลนและไทเทเนียมในการศึกษาที่อ้างถึงนี้เป็นการวัดค่าแรงขณะที่เกิดการแยกชิ้นระหว่างพอร์ซเลนกับไทเทเนียมด้วยการทดสอบที่แตกต่างจากการศึกษานี้จึงไม่สามารถนำค่ามาเปรียบเทียบกันได้

จากการศึกษาของอรรถวิทย์ เดชะอำไพ (Decha-umpai, 2009) ซึ่งศึกษาการยึดติดระหว่างพอร์ซเลนกับไทเทเนียมที่ได้รับการปรับผิวโดยการทาสารกัดผิวและเป่าผงอะลูมินาและซิลิกา

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ภายใต้บรรยากาศอาร์กอน แสดงค่า G เฉลี่ยเท่ากับ 27.75 จูลต่อตารางเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า G เฉลี่ยของการศึกษานี้ในกลุ่มที่มีการปรับผิวและทา สารยึดในบรรยากาศอาร์กอนและเผาในบรรยากาศปกติมีค่า G เฉลี่ย 10.90 จูลต่อตารางเมตร จะพบว่าค่า G เฉลี่ยจากการศึกษานี้ต่ำกว่าค่า G เฉลี่ยของการศึกษาของอรรถวิทย์มาก แม้ว่าจะมีการเตรียมผิวไทเทเนียมที่คล้ายกันแต่อาจมีวิธีการเตรียมชิ้นทดลองบางขั้นตอนที่ต่างกัน เช่น ขั้นตอนการทาสารกัดผิวใช้ระยะเวลาต่างกัน ผงที่ใช้เป่าผิวโลหะมีส่วนผสมต่างกันและขั้นตอนการเป่าผงอะลูมินาในการศึกษานี้อาจทำให้ผิวไทเทเนียมสัมผัสกับออกซิเจนมากกว่าซึ่งทำให้เกิดชั้นออกไซด์ที่หนาขึ้นซึ่งอาจมีผลทำให้การยึดติดระหว่างพอร์ซเลนและไทเทเนียมต่ำกว่าการศึกษาที่ผ่านมา

2. อภิปรายปัจจัยที่มีผลต่อการศึกษา

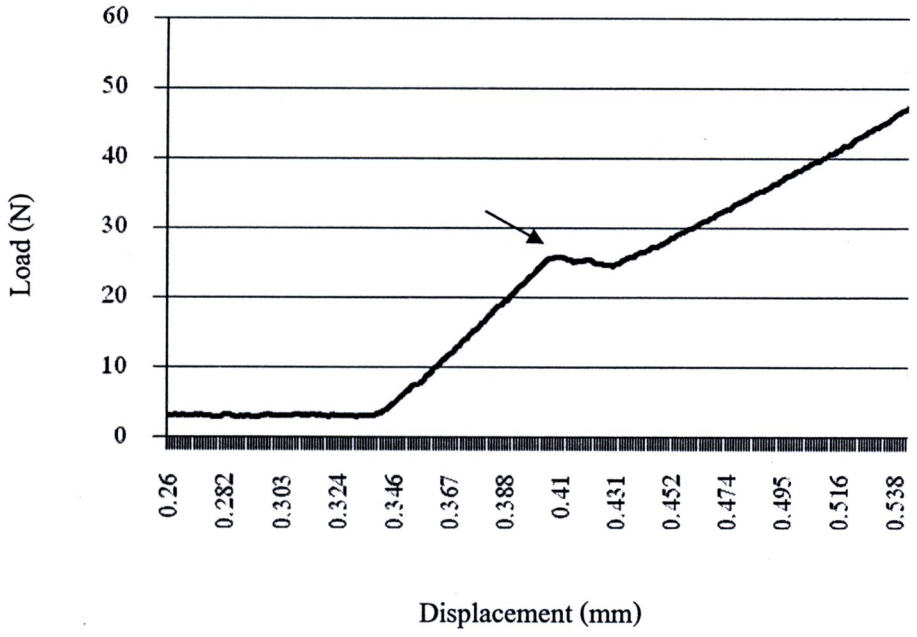
2.1 การเตรียมบรรยากาศอาร์กอน

การควบคุมบรรยากาศในขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดลองอาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าการยึดติดระหว่างไทเทเนียมกับพอร์ซเลนได้ หากมีกาซออกซิเจนเจือปนอยู่มากอาจทำให้เกิดชั้นออกไซด์ที่ผิวไทเทเนียมมากส่งผลต่อค่าการยึดติดที่ต่ำลงได้ ในการศึกษานี้จึงได้ออกแบบให้มีการเตรียมชิ้นทดลองตั้งแต่ขั้นตอนการปรับสภาพผิวไทเทเนียมจนกระทั่งการเผาชิ้นงานในระยะต่าง ๆ กันภายใต้บรรยากาศอาร์กอน โดยการสร้างกล่องปิดขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร สำหรับการเตรียมผิวไทเทเนียมซึ่งบรรจุกาซอาร์กอนไว้ภายในด้วยการติดตั้งปั๊มดูดอากาศทำการดูดอากาศภายในกล่องออกและปล่อยกาซอาร์กอนเข้าไปแทนที่ แต่เนื่องจากไม่มีเครื่องมือที่สามารถวัดได้ว่ามีกาซอาร์กอนหนาแน่นเพียงใดหรือมีกาซอื่นเจือปนมากน้อยเพียงใด จึงใช้เวลาในการปล่อยกาซอาร์กอนเข้าไปในกล่องด้วยแรงดันคงที่ที่ 3 บาร์นาน 20 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่คาดว่านานพอที่ทำให้บรรยากาศภายในกล่องมีกาซอาร์กอนมากเพียงพอ นอกจากนี้การเตรียมชิ้นทดลองทุกชิ้นในการศึกษานี้ทำในสภาพบรรยากาศที่เหมือนกันดังนั้นปริมาณกาซที่เจือปนจึงน่าจะมีผลต่อชิ้นงานทุกชิ้นเท่า ๆ กัน

2.2 การอ่านค่าแรงจากกราฟเพื่อการคำนวณค่า G

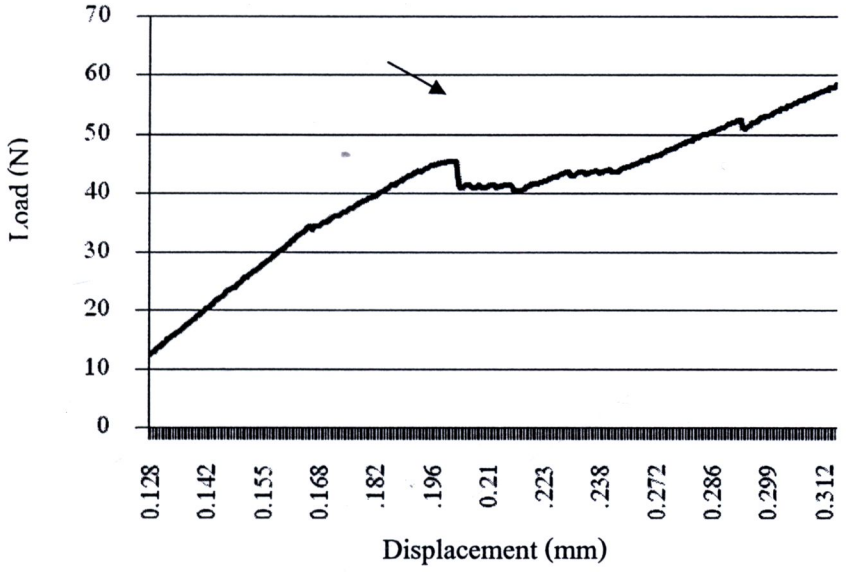
การทดสอบนี้เป็นการวัดค่าแรงที่ทำให้รอยแตกเคลื่อนต่อจากรอยเริ่มแตกอย่างเสถียรหรือคงที่ ซึ่งโดยปกติแล้วลักษณะการแยกตัวของพอร์ซเลนกับไทเทเนียมจะใช้แรงมากที่สุดในขณะที่เริ่มมีการแตก จึงต้องทำรอยเริ่มแตกบนชิ้นงานก่อนการทดสอบ หากมีลักษณะของรอยเริ่มแตกที่เหมาะสมแรงที่ใช้กดดัดเพื่อให้ส่วนของรอยแตกเคลื่อนที่ต่อไปจะเห็นได้ชัดเจนบนกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ และระยะทางของหัวกด (load-displacement curve) ในภาพ

ที่ 17 แสดงให้เห็นการเคลื่อนที่ของรอยแตกเป็นเส้นในแนวราบบริเวณลูกศรชี้ เมื่อเส้นกราฟเริ่มสูงขึ้นหมายถึงรอยแตกเคลื่อนเลยจากแท่งกลมตัวกดคู่ในของอุปกรณ์กดดัด 4 จุด ดังนั้น ถ้ารอยเริ่มแตกยาวเกินไปบริเวณที่แสดงการเคลื่อนที่ของรอยแตกนี้ก็จะเห็นได้ไม่ชัดเจนเพราะจะมีระยะทางที่สั้น ดังนั้น จึงต้องทำรอยเริ่มแตกอย่างระมัดระวัง



ภาพที่ 17 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงและระยะทางของหัวกด (load-displacement curve) เส้นในแนวราบบริเวณลูกศรชี้แสดงค่าแรงที่ทำให้รอยแตกค่อย ๆ เคลื่อนจากจุดเริ่มแตกไปอย่างเสถียร

ในบางกรณีกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงและระยะทางของหัวกด (load-displacement curve) แสดงค่าแรงสูงขึ้นก่อนจะตกลง ดังแสดงในภาพที่ 18 อาจแปลผลได้ว่าชิ้นทดลองนั้นมีรอยเริ่มแตกที่ไม่สมบูรณ์คือ อาจแตกเพียงบางส่วนหรือเกิดรอยแตกเพียงข้างใดข้างหนึ่ง ซึ่งมีผลให้ค่าแรงที่ได้มีความคลาดเคลื่อนไม่สามารถนำค่าแรงไปใช้คำนวณได้ จำเป็นต้องเตรียมชิ้นทดลองและทดสอบใหม่



ภาพที่ 18 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงและระยะทางของหัวกด (load-displacement curve) ลักษณะที่ค่าแรงสูงขึ้นก่อนตกลง (บริเวณลูกศรชี้) แสดงถึงชิ้นทดลองอาจมีรอยเริ่มแตกไม่สมบูรณ์

เมื่อได้บันทึกค่าแรงในการทำให้เกิดรอยแยกระหว่างไทเทเนียมกับพอร์ซเลนดังแสดงตัวอย่างในภาพข้างต้นแล้ว การอ่านค่าแรงเพื่อนำไปใช้คำนวณค่า G จะเป็นอีกส่วนที่มีความสำคัญ เนื่องจากต้องพิจารณาเลือกค่าแรงในช่วงแนวราบดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 17 ซึ่งจะเลือกค่าใดค่าหนึ่งได้ยาก จึงเลือกเป็นช่วงแรงและนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยเป็นค่าแรงที่จะนำไปใช้คำนวณค่า G ต่อไป สำหรับการศึกษานี้ใช้วิธีการเลือกช่วงแรงนำมาเฉลี่ยค่าแรงเช่นเดียวกันทุกชิ้นงาน ค่าที่ได้จึงเชื่อถือได้แม้ว่าลักษณะกราฟแสดงค่าแรงที่ได้อาจจะมีลักษณะช่วงแนวราบที่ไม่เหมือนกัน