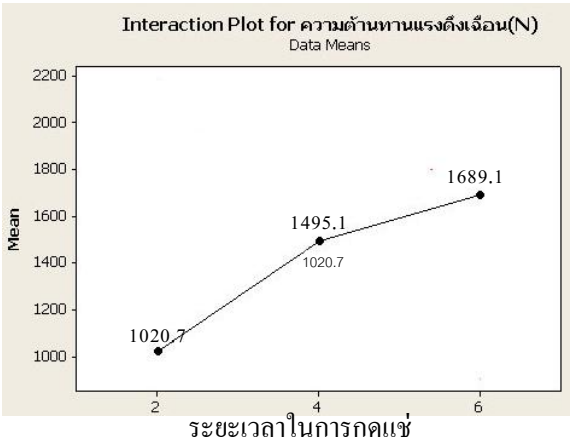
4.2 อิทธิพลของความเร็วรอบของตัวกวน ระยะเวลาการกดแช่ และความเร็วในการสอดตัวกวนที่มีผลต่อต่อความความต้านทานแรงดึงเฉือน ที่ความเร็วรอบ 3500 รอบ/นาที

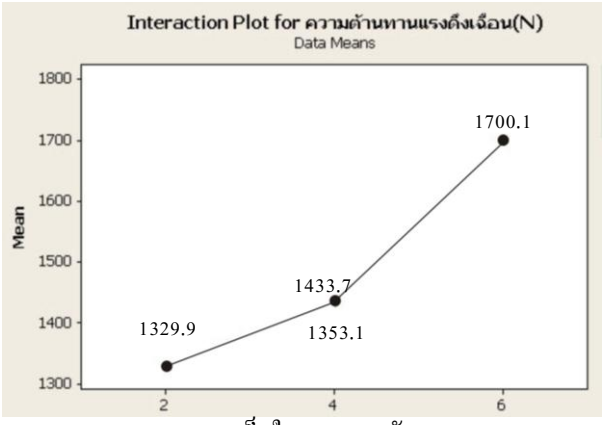
ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงเฉือนดึงรอยต่ออลูมิเนียม 1100 และเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีเกรด SGACD ที่ความเร็วรอบ 3500 รอบ/นาที ได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงเฉือน ที่ความเร็วรอบของตัวกวน 3,500 รอบ/นาที

ความเร็วรอบ	เวลากดแช่	ความเร็วหัวเชื่อม	ผลการทดสอบครั้งที่ 1	ผลการทดสอบครั้งที่ 2
3500	2	2	630.6	786.6
3500	2	4	1235.4	1017
3500	2	6	1313	1141.8
3500	4	2	1573	1816
3500	4	4	1336	1048.2
3500	4	6	1566.6	1631
3500	6	2	1367	1613.8
3500	6	4	1639.4	1842.6
3500	6	6	1853.8	1818



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของตัวกวนกับระยะเวลาในการกดแช่



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากดแช่ 6 วินาที กับ ความเร็วในการสอดตัวกวน

ตารางที่ 4.4 ตารางค่าความต้านทานแรงดึงเฉือนจากการคำนวน

A	B	C	Mean	SE Mean
3500	2	2	708.6	95.58
3500	2	4	1126.2	95.58
3500	2	6	1227.4	95.58
3500	4	2	1694.5	95.58
3500	4	4	1192.1	95.58
3500	4	6	1598.8	95.58
3500	6	2	1490.4	95.58
3500	6	4	1741.0	95.58
3500	6	6	1835.9	95.58

เนื่องจาก อันตรกิริยาระหว่างความเร็วรอบตัวกวนกับความเร็วในการสอดตัวกวนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่ได้แสดงรูปความสัมพันธ์ของปัจจัย จากรูปที่ 4.2 และ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของตัวกวน ที่ 3,500 รอบ/นาที กับระยะเวลาในการกดแช่ และ ความเร็วในการสอดตัวกวน จะพบว่าความสัมพันธ์ที่มีผลต่อความต้านทานแรงดึงแรงดึงเฉือน ของชิ้นทดสอบนั้น มีค่าที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ เวลาในการกดแช่ 2 วินาที ซึ่งค่าจากการคำนวน มีค่าเท่ากับ 1020.7 นิวตัน ดังรูปที่ 4.2 และค่าความต้านทานแรงดึงเฉือนของชิ้นทดสอบจะเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ระยะเวลาในการกดแช่ที่เพิ่มขึ้น โดยค่าสูงสุดที่มีผลต่อความแข็งแรงดึงเฉือน อยู่ที่ เวลาในการกดแช่ ที่ 6 วินาที มีค่าเท่ากับ 1689.1 นิวตัน จากรูปที่ 4.3 พบว่า เมื่อพิจารณาเวลาในการกดแช่ที่ 6 วินาที ที่มีความสัมพันธ์กับความเร็วในการสอดตัวกวนจะพบว่า ที่ความเร็วในการสอดตัวกวน เท่ากับ 2 มม./นาที มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งมีค่า เท่ากับ 1329.9 นิวตัน และ ค่าความต้านทานแรงดึงเฉือนของชิ้นทดสอบจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อ ความเร็วในการสอดตัวกวนเพื่อขึ้น ซึ่งค่าความต้านทานแรงดึงเฉือนสูงสุด ที่ความเร็วในการสอดตัวกวน เท่ากับ 6 มม./นาที มีค่าเท่ากับ 1700.1 นิวตัน เนื่องจากการทดสอบในครั้งนี้ ปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย มีอันตรกิริยาต่อกัน ดังนั้น ค่าที่เหมาะสมที่สุดของความเร็วรอบตัวกวน

3,500 รอบ/นาที คือ ระยะเวลาในการกดแช่เท่ากับ 6 วินาที ความเร็วในการสอดตัวกวน เท่ากับ 6 วินาที ซึ่งค่าความต้านทานแรงดึงเฉือนที่ได้จากการคำนวน เท่ากับ 1835.9 นิวตัน

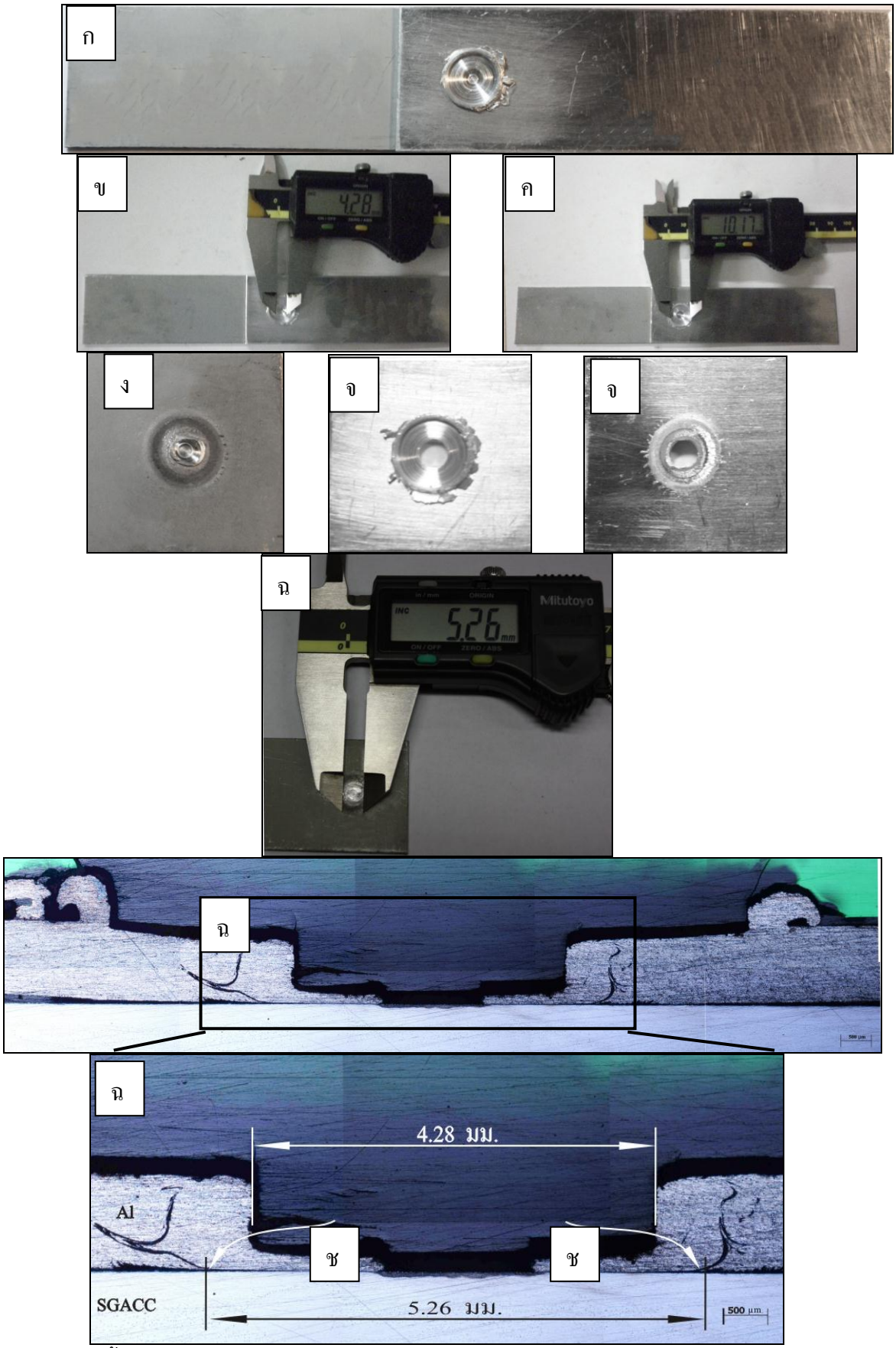
นำปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานแรงดึงเฉือนจากการคำนวนที่ได้สูงสุด มาทำการทดลองซ้ำเพื่อยืนยันผล โดยทำการเชื่อมโดยการกำหนด ปัจจัย ความเร็วรอบของตัวกวนที่ 3,500 รอบ/นาที ที่ระยะเวลาในการกดแช่ ที่ 6 วินาที และ ความเร็วในการสอดตัวกวนที่ 6 มม./นาที แล้วนำไปทดสอบความแข็งแรงดึงเฉือน ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 4.5 ตารางผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงเฉือนซ้ำ เปรียบเทียบจากการคำนวน

ผลการทดสอบ	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4	ชิ้นที่ 5	เฉลี่ย	การคำนวน
แรงดึงเฉือน	1840.2	1800.3	1940.1	1890.3	1780.0	1850.18	1835.9

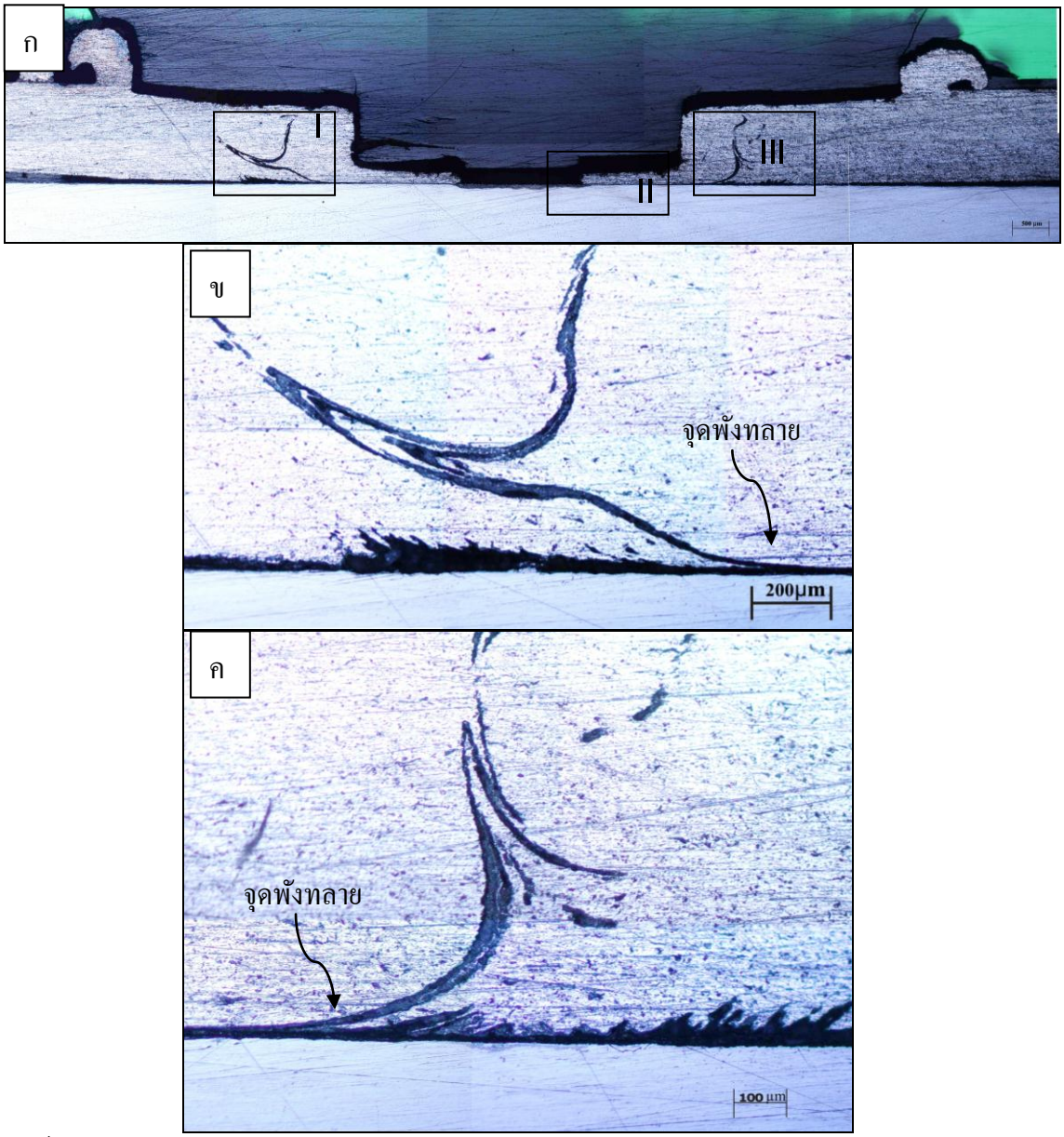
พบว่าค่าความต้านทานแรงดึงเฉือนของชิ้นทดสอบที่ได้ทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 ชิ้น มีค่าความต้านทานแรงดึงเฉือนเฉลี่ย เท่ากับ 1850.18 นิวตัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวนด้วยโปรแกรม Minitab 15

การศึกษาบริเวณที่เกิดการเชื่อม เพื่อศึกษาลักษณะพื้นที่ที่เกิดการเชื่อมยึดโดยการวัดขนาดรอยเชื่อม โดยการทดสอบสมบัติทางกลของรอยเชื่อมด้วยการทดสอบความแข็งแรงดึงเฉือน
รูปที่ 4.4 (ก) แสดงชิ้นงานที่เชื่อมในลักษณะการต่อเกย ก่อนการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงโดยการควบคุมปัจจัยในการเชื่อมที่ ความเร็วรอบของหัวเชื่อม ที่ 3,500 รอบ/นาที ระยะเวลาในการกดแช่ ที่ 6 วินาที และ ความเร็วในการสอดตัวกวน ที่ 6 มม./นาที หลังจากทำการเชื่อมแล้ว ได้ทำการวัดขนาดของชิ้นทดสอบ พบว่า รูปที่ 4.4 (ข) ขนาดความกว้างของบริเวณที่ถูกตัวกวนกดลึกลงไป มีขนาดเท่ากับ 4.28 มม. ซึ่งพบว่า ขนาดความกว้างบริเวณนี้ มีขนาดความกว้างกว่า ขนาดความตัวของตัวกวน อยู่ที่ 0.28 มม. รูปที่ 4.4 (ค) คือบริเวณที่ชิ้นทดสอบเกิดความร้อนจากแรงเสียดทานจนเกิดการอ่อนตัวมีส่วนหนึ่งถูกกดอัดลงไปในผิวเหล็กกล้า อีกส่วนหนึ่งถูกดันออกมาอยู่นอกเครื่องมือเชื่อม ซึ่งบริเวณนี้มีความกว้าง 10.17 มม. ซึ่งมีขนาดมากกว่าขนาดความโตของเครื่องมือเชื่อมอยู่ 0.17 มม. หลังจากการนำชิ้นทดสอบไปทำการหาค่าความต้านทานแรงดึงเฉือนจนชิ้นทดสอบขาดออกจากกันแล้ว พบว่าชิ้นทดสอบเกิดการพังทลายของแนวเชื่อมแบบขาดที่ชิ้นงาน (Work place failure) คือมีลักษณะการฉีกขาดที่เกิดขึ้นบริเวณรอบ ๆ ที่เกิดการเชื่อมยึดกันระหว่างอลูมิเนียมกับเหล็กกล้า ซึ่งลักษณะการขาดแบบนี้ สอดคล้องกับการฉีกขาดที่แสดงค่าความแข็งแรงต่ำสุดของรอยต่อเกยที่เชื่อมด้วยการเชื่อมเสียดทานแบบจุด ระหว่างอลูมิเนียม เกรด 1100 กับเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304 และการฉีกขาดของรอยต่อเกยระหว่าง อลูมิเนียม เกรด 5052 เหล็กกล้าไร้สนิม 430 [9] ดังรูปที่ 4.4 (ง) ชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบความต้านทานแรงดึงเฉือนจนชิ้นงานหลุดออกจากกันที่แผ่นอลูมิเนียม 1100 ตรงที่บริเวณพื้นผิวแนวเชื่อมเสียดทานแบบจุดจะมีเนื้อของอลูมิเนียมหายไปมีลักษณะเป็นรูคล้ายการโดนเจาะ ดังรูปที่ 4.4 (จ) เนื้อที่หายไปของอลูมิเนียมนั้นหลอมละลายติดกับแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD ตรงบริเวณพื้นผิวที่ทำการเชื่อมเสียดทานแบบจุด เมื่อทำการวัดขนาดความกว้างของบริเวณที่เกิดการพังทลาย รูปที่ 4.4 (ฉ) พบว่าขนาดความกว้างของบริเวณที่เกิดการพังทลายมีขนาดความกว้างเท่ากับ 5.26 มม.

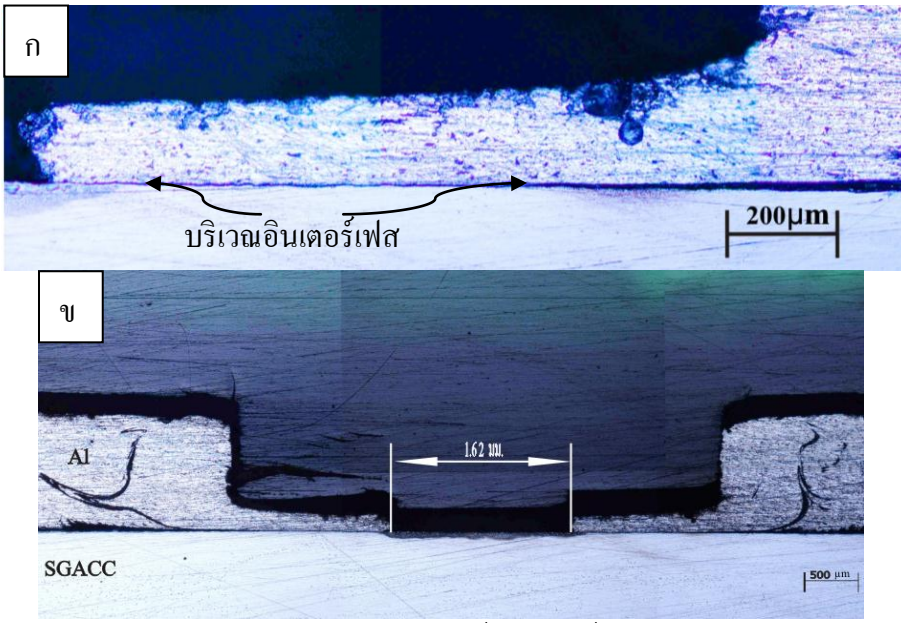


รูปที่ 4.4 ชิ้นทดสอบเพื่อหาความต้านทานแรงดึงเฉือน ที่ ความเร็วรอบของตัวกวนที่ 3,500 รอบ/นาที ระยะเวลาในการกดแช่ 6 วินาที และ ความเร็วในการสอดตัวกวน 6 มม./นาที

การพิจารณาบริเวณพื้นที่ ที่เกิดการพังทลาย ดังรูปที่ 4.4 (ง) พบว่ารอบบริเวณอินเตอร์เฟสของรอยต่อที่เกิดการพังทลายนั้น มีเนื้ออลูมิเนียมเกิดการเชื่อมยึดกับแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD ถัดออกไปจากบริเวณดังกล่าวบริเวณรอบ ๆ รอยต่อพบว่าผิวของแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD บริเวณที่ทำการเคลือบสังกะสีมีลักษณะเป็นสีดำ คล้ายการไหม้ของวัสดุเมื่อได้รับความร้อนที่สูง ซึ่งอาจจะเป็นสารประกอบระหว่างอลูมิเนียมกับสังกะสี แต่อย่างไรก็ตามก็ไม่สามารถวัดได้ว่าเส้นสีดำนี้คือสารประกอบประเภทใด เมื่อพิจารณา รูปที่ 4.4 (ฉ) พบว่าขนาดความกว้างของรอยเชื่อมที่เกิดการพังทลาย ไปทำการเปรียบเทียบกับโครงสร้างมหภาคของชิ้นทดสอบตรงบริเวณที่เกิดการพังทลาย พบว่าชิ้นทดสอบเกิดการพังทลายบริเวณที่เป็นจุดเริ่มต้นของจุดที่มีลักษณะที่เป็นสีดำดังกล่าว ดังรูปที่ 4.4 (ฉ)



รูปที่ 4.5 (ก) โครงสร้างมหภาคและ (ข) โครงสร้างจุลภาคตำแหน่ง I และ (ค) โครงสร้างจุลภาคตำแหน่ง III ในรูปที่ 4.5 (ก) ของรอยต่อที่ความเร็วรอบของตัวกวนที่ 3,500 รอบ/นาที ระยะเวลาในการกดแช่ 6 วินาที และ ความเร็วในการสอดตัวกวน 6 มม./นาที



รูปที่ 4.6 (ก) โครงสร้างบริเวฯอินเตอร์เฟสตำแหน่งที่ II ในรูปที่ 4.5 (ก) และ (ข) โครงสร้างมหภาคบริเวณการเชื่อมยึดของรอยต่อที่ความเร็วรอบของตัวกวนที่ 3,500 รอบ/นาที ระยะเวลาในการกดแช่ 6 วินาที และ ความเร็วในการสอดตัวกวน 6 มม./นาที

รูปที่ 4.5 (ก) แสดงโครงสร้างมหภาคของรอยต่อเกยของการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานแบบจุดระหว่างอลูมิเนียมเกรด 1100 กับเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD โดยการควบคุมปัจจัยในการเชื่อมที่ความเร็วรอบของหัวเชื่อม ที่ 3,500 รอบ/นาที ระยะเวลาในการกดแช่ ที่ 6 วินาที และ ความเร็วในการสอดตัวกวน ที่ 6 มม./นาที หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบไปตัดแล้วทำการขัด และกัดด้วยกรดทำการส่องดูโครงสร้างจุลภาค พบว่าบริเวณขอบอินเตอร์เฟสของรอยต่อมีลักษณะเป็นสีดำ เป็นเส้น โดยเส้นที่มีลักษณะเป็นสีดำนี้จะเริ่มก่อตัวมาจากบริเวณศูนย์กลางของบริเวณอินเตอร์เฟส ซึ่งในจุดเริ่มต้นของเส้นสีดำตรงบริเวณอินเตอร์เฟสนี้ รูปที่ 4.5 (ข) มีขนาดความกว้างของขอบเฟสที่วัดได้ 5 ไมครอน และขนาดของความกว้างของเฟสนี้จะค่อยกว้างขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อระยะห่างออกไปจากระยะจุดศูนย์กลางของอินเตอร์เฟส และกว้างไปเรื่อยจนกระทั่งมีขนาด 65 และ 70 ไมครอน ซึ่งเป็นจุดที่ชิ้นทดสอบเกิดการพังทลาย เส้นลักษณะสีดำนี้จะค่อย ๆ ยกตัวสูงขึ้นและออกห่างจากจุดศูนย์กลางของรอยต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงผิวส่วนบนบริเวณบ่ารอยเชื่อมของชิ้นทดสอบที่เป็นอลูมิเนียม ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (ค)

รูปที่ 4.6 (ก) บริเวณกึ่งกลางของบริเวณอินเตอร์เฟสของรอยต่อที่ตำแหน่ง II ในรูปที่ 4.5 (ก) ส่วนนี้อลูมิเนียมไม่เกาะเชื่อมติดกับรอยต่อมีขนาดความกว้าง 1.62 มม. ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (ข) ซึ่งพบว่าเนื้ออลูมิเนียมในส่วนนี้ หลุดติดไปกับเครื่องมือเชื่อมหลังจากที่ได้ทำการเชื่อมเสร็จสิ้น และพบว่าชิ้นทดสอบส่วนใหญ่ที่ความเร็วรอบต่ำ ๆ หลังจากการยกเครื่องมือเชื่อมออกจากชิ้นงานอลูมิเนียมในส่วนนี้จะติดไปกับเครื่องมือเชื่อมด้วยในขณะที่ยกเครื่องมือเชื่อมออกจากชิ้นงาน ซึ่งอาจเป็นเพราะตรงบริเวณจุดศูนย์กลางนี้เป็นบริเวณที่ได้รับความร้อนที่เกิดจากการเสียดทานน้อยจึงทำให้บริเวณนี้ได้รับความร้อนไม่เพียงพอ ทำให้อลูมิเนียมหลอมละลายติดกับเครื่องมือเชื่อมแทน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าบริเวณนี้ ไม่เป็นจุดที่ชิ้นทดสอบเกิดการพังทลาย