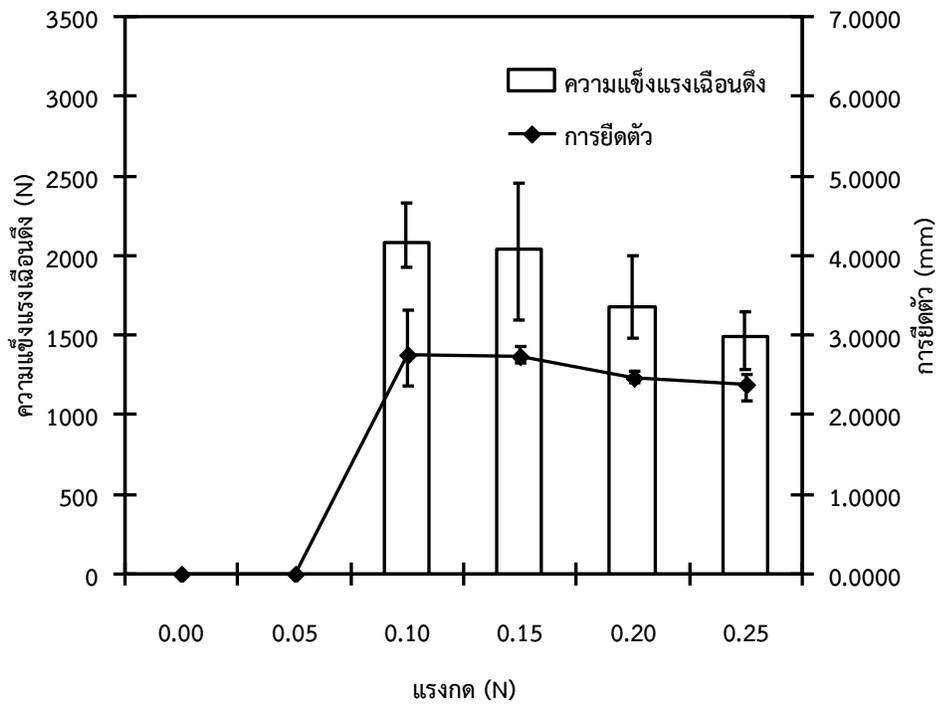
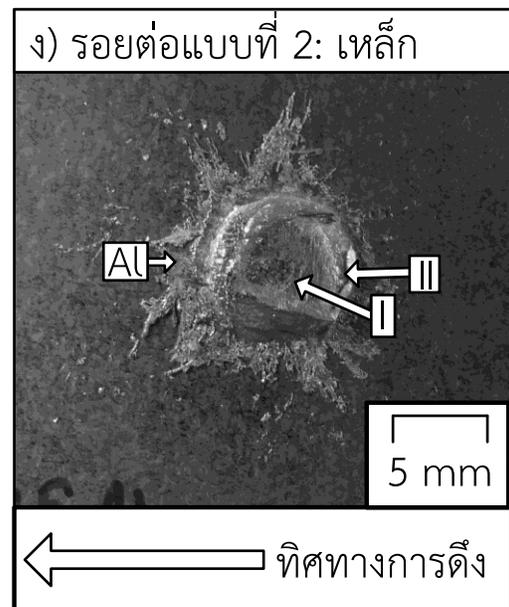
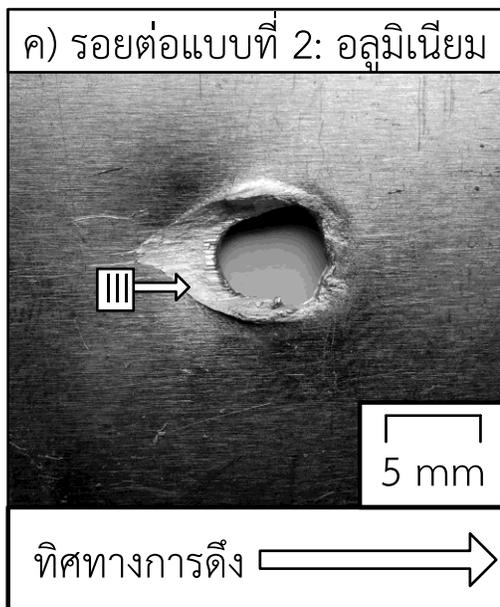
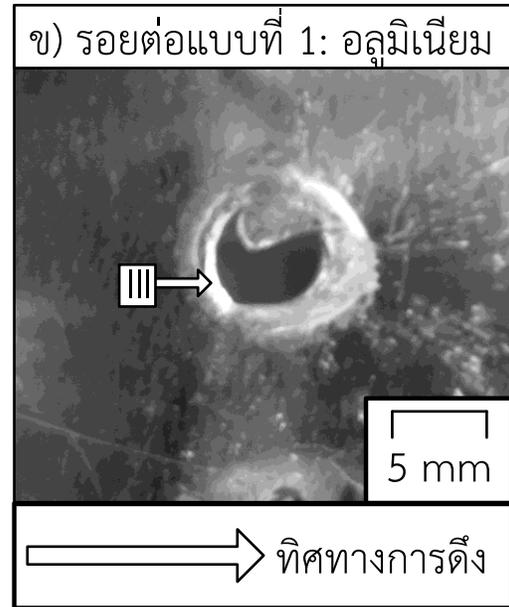
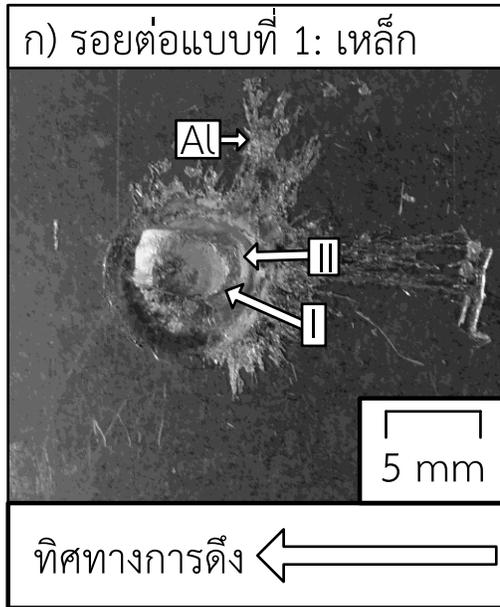


รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงเบื้องต้น การยืดตัวของรอยต่อเกยแบบที่ 1 และแรงกด



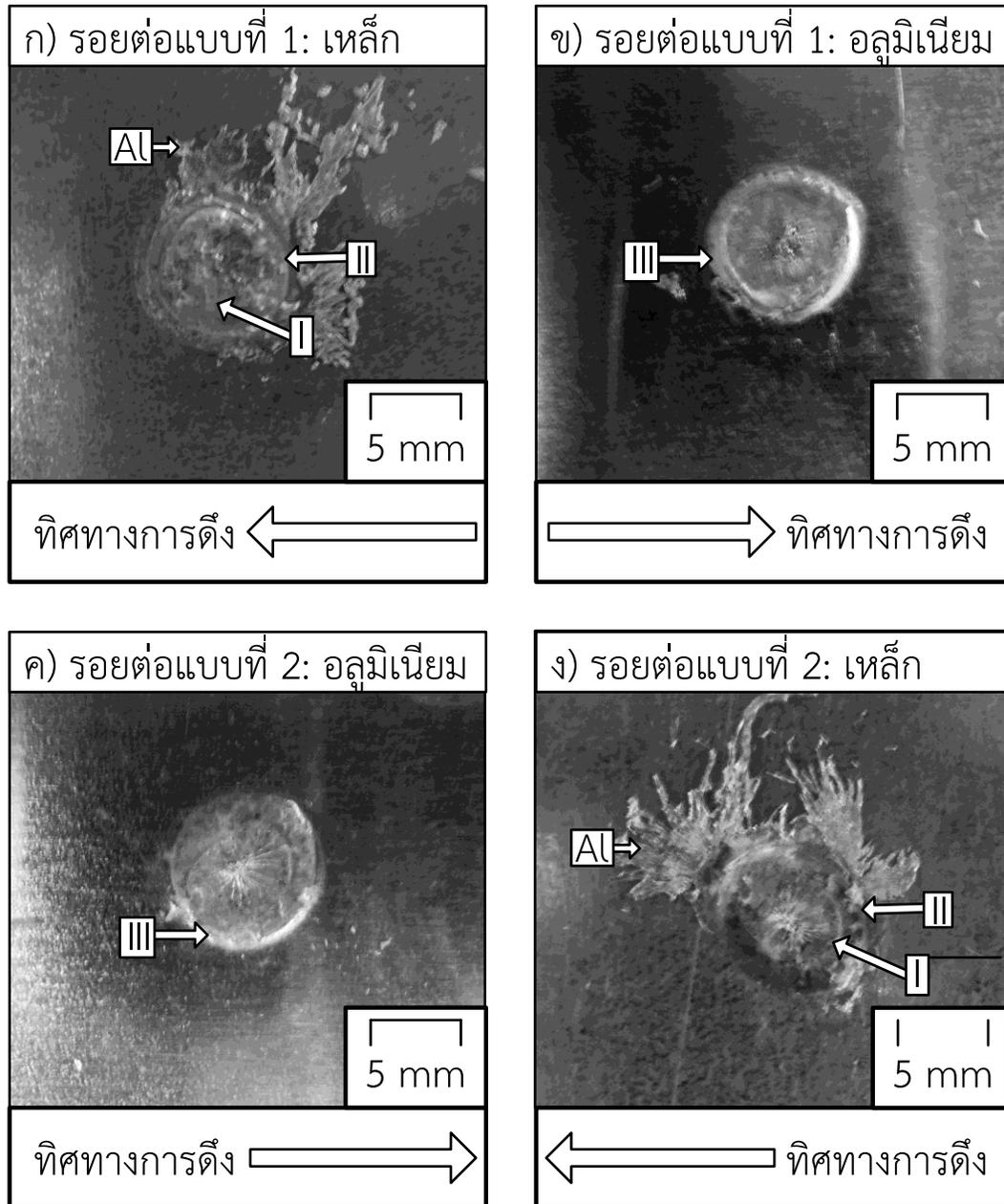
รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงเบื้องต้น การยืดตัวของรอยต่อเกยแบบที่ 2 และแรงกด



รูปที่ 4.31 รูปแบบการพังทลายของชิ้นทดสอบแรงเฉือนดึงที่เชื่อมด้วยแรงกด 0.15 MPa

ตารางที่ 4.3 ผลการเชื่อมตันทานแบบจตุรรอยต่อภายใต้แรงกดอิเล็กโทรดที่เปลี่ยนแปลงระหว่าง 0.00-0.30 MPa พบว่าที่แรงกดอิเล็กโทรดมีค่าต่ำสุด คือ 0.00 MPa ไม่สามารถทำให้รอยต่อแบบที่ 1 ที่กำหนดให้แผ่นเหล็กไว้ด้านบนและแผ่นอลูมิเนียมไว้ด้านล่างของรอยต่อเกิดการเชื่อมต่อเข้าด้วยกันได้ ขณะที่เมื่อเพิ่มแรงกดอิเล็กโทรดเพิ่มขึ้นเป็น 0.05 MPa พบว่าแรงกดที่เพิ่มขึ้นทำให้อิเล็กโทรดเกิดการเคลื่อนที่ลงมากดลงผิวของรอยต่อ แต่อิเล็กโทรดที่กดลงบนแผ่นรอยกดไม่สามารถทำให้เกิดความร้อนต้านทาน (Resistant heat) ที่เพียงพอที่ทำให้เกิดการเชื่อมยึดระหว่างอลูมิเนียมและเหล็กได้ นอกจากนี้ค่าแรงกดอิเล็กโทรด 0.00 และ 0.01 MPa นี้ ไม่ทำให้เกิดการเชื่อมยึดระหว่างแผ่นอลูมิเนียมและแผ่นเหล็ก

ของรอยต่อแบบที่ 2 ที่กำหนดให้แผ่นอลูมิเนียมไว้ด้านบนและแผ่นเหล็กไว้ด้านล่างของรอยต่อแยกได้ เช่นเดียวกัน เมื่อแรงกดอเนกโทรดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.01-0.30 MPa พบว่าแผ่นอลูมิเนียมและแผ่นเหล็กของ รอยต่อแบบที่ 1 และ 2 สามารถเชื่อมต่อเข้าด้วยกันได้



รูปที่ 4.32 รูปแบบการพังทลายของชิ้นทดสอบแรงเฉือนดึงที่เชื่อมด้วยแรงกด 0.20 MPa

รอยต่อแยกที่เชื่อมด้วยแรงกดอเนกโทรดเท่ากับ 0.01-0.03 MPa ที่สามารถทำให้เกิดการเชื่อมยึดระหว่างอลูมิเนียมและเหล็กได้ถูกนำไปทำการทดสอบความแข็งแรงเฉือนดึง และได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.29 ซึ่งเป็นผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงเฉือนดึง รูปแบบรอยต่อ และแรงกด

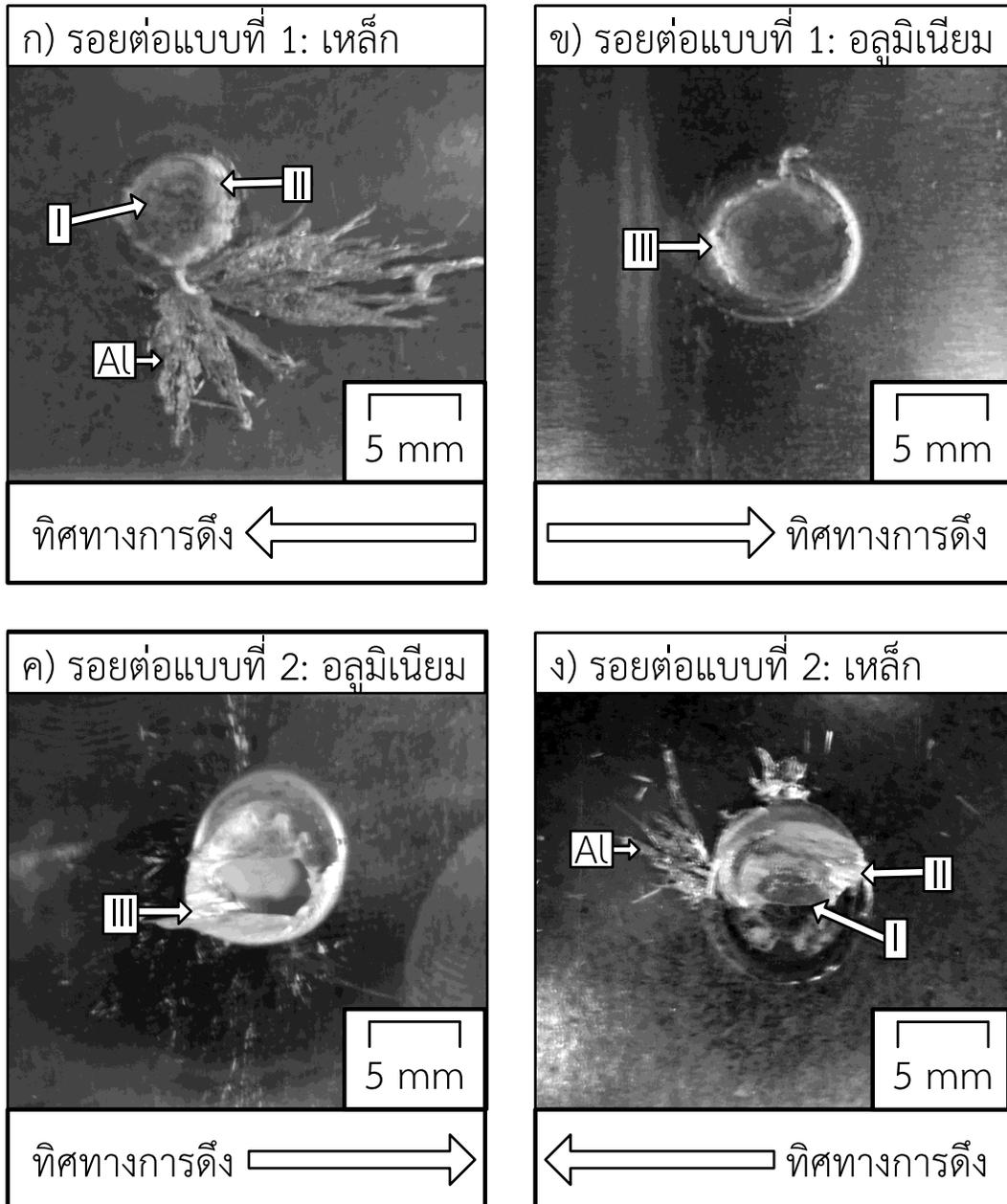
ต่างๆ ของรอยต่อแบบที่ 1 แรงกดอิเล็กโทรด 0.01 MPa ที่ทำให้เกิดการเชื่อมยึดระหว่างแผ่นอลูมิเนียมและเหล็ก พบว่ารอยต่อมีค่าความแข็งแรงเฉือนดึงเท่ากับ 2165 MPa ซึ่งเป็นค่าความแข็งแรงเฉือนดึงที่รอยต่อเคยมีการพังทลายดังแสดงในรูปที่ 4.4 ซึ่งการฉีกขาดแบ่งออกเป็นพื้นที่ที่เกิดการกดและทำให้เกิดผิวเชื่อม ด้านแผ่นเหล็กดังแสดงด้วยลูกศร I พื้นที่การฉีกขาดด้านแผ่นเหล็กดังแสดงด้วยลูกศร II และพื้นที่การฉีกขาดด้านแผ่นอลูมิเนียมดังแสดงด้วยลูกศรที่ III นอกจากนั้นอลูมิเนียมมีการกระจายตัวออกจากพื้นที่การเชื่อมเนื่องจากแรงกดและความร้อนดังแสดงด้วยลูกศร A1 ขณะที่แรงกดอิเล็กโทรด 0.01 MPa ที่ใช้ในการเชื่อมรอยต่อแบบที่ 2 แสดงความแข็งแรงเฉือนดึง 2085 MPa ดังแสดงในรูปที่ 4.30 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงเฉือนดึง รูปแบบรอยต่อ และแรงกดต่างๆ ของรอยต่อที่ 2 พบการฉีกขาดของรอยต่อเคยดังแสดงในรูปที่ 4.13 ที่แสดงพื้นที่การฉีกขาด 3 ส่วนดังแสดงในรอยต่อแบบที่ 1 ที่เชื่อมด้วยแรงกดอิเล็กโทรด 0.01 MPa แต่พื้นที่การฉีกขาดตำแหน่งลูกศรที่ I มีค่าน้อยกว่าการฉีกขาดที่เกิดขึ้นในรอยต่อแบบที่ 1

เมื่อแรงกดอิเล็กโทรดเพิ่มขึ้นเป็น 0.15 MPa พบว่าในขณะที่ปลายอิเล็กโทรดกดลงพื้นผิวของรอยต่อเคยและเกิดการเชื่อมขึ้นนั้น การเชื่อมด้านทานแบบจุดทำให้เกิดประกายไฟขึ้นขณะทำการส่งกระแสไฟเชื่อมและประกายไฟเนื่องจากการเชื่อมนี้มีการอาร์กและกระจายตัวเพิ่มมากขึ้นเมื่อแรงกดอิเล็กโทรดเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งแรงของรอยต่อที่เชื่อมด้วยแรงกดอิเล็กโทรด 0.15 MPa มีค่าลดลงประมาณ 22% เมื่อเปรียบเทียบกับรอยต่อแบบที่ 1 ที่เชื่อมด้วยแรงกดอิเล็กโทรด 0.10 MPa ดังแสดงในรูปที่ 4.29 รอยการฉีกขาดพบการกระจายตัวของอลูมิเนียมบนแผ่นเหล็กที่มีปริมาณมากกว่าดังแสดงในรูปที่ 4.31 (ก) เมื่อเปรียบเทียบกับรอยต่อที่เชื่อมด้วยแรงกดอิเล็กโทรด 0.10 MPa ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ผิวเชื่อมที่เกิดจากการกดอิเล็กโทรดดังแสดงด้วยลูกศร I รอยฉีกขาดด้วยลูกศร II และ III ดังแสดงในรูปที่ 4.31 มีพื้นที่น้อยกว่ารอยฉีกขาดดังแสดงในรูปที่ 4.29

ขณะที่ทำการเชื่อมรอยต่อแบบที่ 2 ด้วยแรงกดอิเล็กโทรด 0.15 MPa ให้ค่าความแข็งแรงของรอยต่อเคยใกล้เคียงกับรอยต่อที่เชื่อมด้วยแรงกดอิเล็กโทรด 0.10 MPa โดยที่ค่าความแข็งแรงที่ได้นั้นมีค่าต่ำกว่าประมาณ 2% อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าความผิดพลาด (Error bar) พบว่ารอยต่อแบบที่ 2 ที่เชื่อมด้วยแรงกดอิเล็กโทรด 0.15 MPa มีค่าความแตกต่างระหว่างค่าสูงและต่ำมากถึง 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดของรอยต่อแบบที่ 2 ที่เชื่อมด้วยแรงกดอิเล็กโทรด 0.15 MPa ทำการเปรียบเทียบรอยฉีกขาดของรอยต่อแบบที่ 2 ที่เชื่อมด้วยแรงกดอิเล็กโทรด 0.15 MPa ดังแสดงในรูปที่ 4.31 (ค) และ (ง) พบว่าพื้นที่การฉีกขาดที่แสดงด้วยลูกศร II และ III มีขนาดที่ใหญ่กว่ารอยต่อแบบที่ 1 ที่แสดงในรูปที่ 4.31 (ก) และ (ข) และมีขนาดที่ใกล้เคียงกับรอยฉีกขาดที่เชื่อมด้วยแรงกดอิเล็กโทรด 0.01 MPa ดังแสดงในรูปที่ 4.14

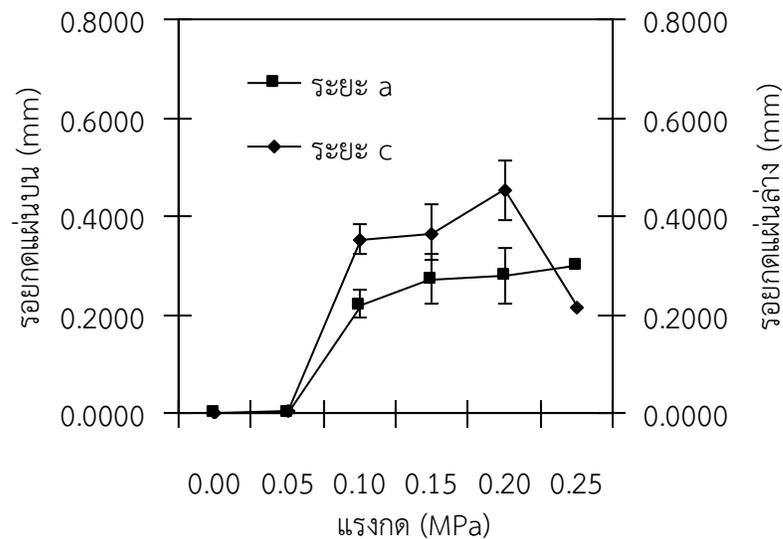
แรงกดอิเล็กโทรดถูกเพิ่มขึ้นเป็น 0.20 MPa ในการเชื่อมรอยต่อแบบที่ 1 และ 2 พบว่าความแข็งแรงของรอยต่อมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับรอยต่อเคยที่เชื่อมด้วยแรงกดอิเล็กโทรด 0.15 MPa อย่างไรก็ตามในการลดลงของค่าความแข็งแรงเฉือนดึงของรอยต่อแบบที่ 1 มีค่าการลดลงที่น้อยกว่า 2% แต่ขณะที่รอยต่อแบบที่ 2 มีค่าความแข็งแรงเฉือนดึงลดลงที่น้อยกว่า 18% เมื่อพิจารณารอยฉีกขาดของรอยต่อเคยทั้งสองแบบด้านแผ่นเหล็กดังแสดงในรูปที่ 4.32 (ก) และ (ง) พบว่าอลูมิเนียมที่กระจายออกรอบๆ รอยเชื่อมมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับรอยต่อที่เชื่อมด้วยรอยต่อเคยที่เชื่อมด้วยแรง

กดอิลิกโทรด 0.20 MPa ขณะที่ผิวการเชื่อมดังแสดงด้วยลูกศร I มีค่าพื้นที่กว้างกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ รอยต่อเกยที่เชื่อมด้วยแรงกดอิลิกโทรด 0.15 MPa อย่างไรก็ตามพื้นที่การฉีกขาดด้วยลูกศร II ดังแสดงใน รูปที่ 4.32 (ก) และ (ง) และ ลูกศร III ดังแสดงในรูปที่ 4.32 (ข) และ (ค) มีพื้นที่การฉีกขาดที่เล็กกว่ารอย ฉีกขาดที่แสดงในรูปที่ 4.31 พื้นที่รอยฉีกขาดที่เล็กกว่านี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถของการรับแรงของ รอยต่อที่มีค่าน้อยกว่า

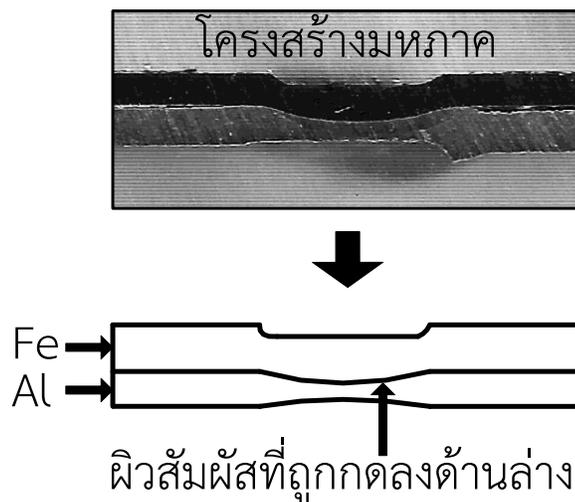


รูปที่ 4.33 รูปแบบการพังทลายของชิ้นทดสอบแรงเฉือนดึงที่เชื่อมด้วยแรงกด 0.25 MPa

ค่าความแข็งแรงเหนือนดึงของรอยต่อเกยแบบที่ 1 และ 2 มีค่าลดลงเมื่อแรงกดอิกเลกโทรดเพิ่มขึ้นเป็น 0.25 MPa ดังแสดงในรูปที่ 4.29 และ 4.30 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับรอยต่อที่เชื่อมด้วยแรงกดอิกเลกโทรด 0.20 MPa มีค่าต่ำกว่า 11-13% ตามลำดับ ค่าความแข็งแรงเหนือนดึงของรอยต่อเกยนี้เกิดจากแรงกดที่มีค่ามากกลงไปบนผิวรอยต่อทำให้วัสดุเกิดการอัดเข้าด้วยกันและมีพื้นที่ของการเชื่อมขยายใหญ่ขึ้นดังแสดงด้วยลูกศร I ในรูปที่ 4.33 (ก) และ (ง) แรงกดที่เพิ่มขึ้นทำให้อลูมิเนียมโคบิลบอัดและกระจายออกจากพื้นที่การเชื่อมดังแสดงในรูปที่ 4.33 (ก) การขยายออกของพื้นที่การเชื่อมที่มากขึ้นและการกระจายตัวของอลูมิเนียมส่งผลทำให้อรอยต่อเกิดการเชื่อมยึดที่ค่าน้อยลงเมื่อรับแรงจึงมีพื้นที่การรับแรงมีค่าน้อยลงดังแสดงด้วยลูกศร II และ III ในรูปที่ 4.33 และส่งผลทำให้ค่าความแข็งแรงของรอยต่อมีค่าลดลงได้

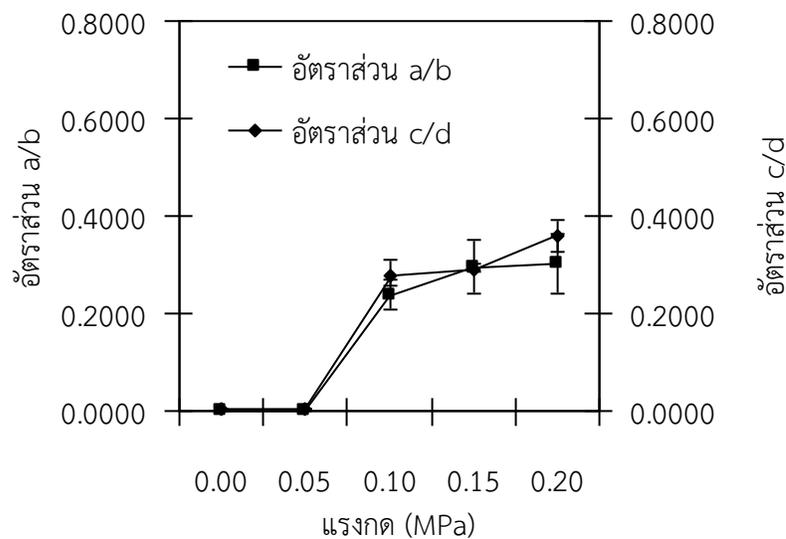


รูปที่ 4.34 ความลึกของรอยกดอิกเลกโทรดของรอยต่อเกยแบบที่ 1 ที่แรงกดต่างๆ



รูปที่ 4.35 ผิวสัมผัสของรอยต่อที่เชื่อมด้วยแรงกดอิกเลกโทรด 0.25 MPa ถูกกดลงด้านล่าง

รูปที่ 4.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอยกตอเหล็กโทรดบนผิวรอยต่อเกยแบบที่ 1 และแรงกตการเชื่อมต๋านทานแบบจุดต่งต่ง พบว่ที่แรงกตอเหล็กโทรดต่ำ คือ 0.00 และ 0.05 MPa ที่ไม่ทำให้เกิดแรงกตบนผิวรอยต่อต่นั้น ส่งผลทำให้เกิดรอยกตอเหล็กโทรดน้อยมาก กล่าวคือที่แรงกตอเหล็กโทรด 0.00 MPa ไม่เกิดรอยกตบนผิวรอยต่อ แต่ขณะที่แรงกตอเหล็กโทรดมีค่า 0.05 MPa เกิดผิวรอยกตเล็กน้อยบนผิวรอยต่อ อย่างไรก็ตามเมื่อแรงกตอเหล็กโทรดเพิ่มสูงข้ขึ้นจาก 0.10-0.25 MPa พบว่รอยต่อมีรอยกตอเหล็กโทรดในระดับความลึกที่เพิ่มข้ขึ้นตามแรงกตที่เพิ่มข้ขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณารอยกตบนผิวของอลูมิเนียมของแรงกตอเหล็กโทรด 0.25 MPa พบว่รอยกตมีค่าลดต่ง การเกิดในลักษณะนี้เนื่องจากแรงกตที่มีค่าสูงนั้นได้ต่นเอาส่วนผิวสัมผัสของรอยต่อลึกลงมาที่ส่วนของอลูมิเนียมต่งแสดงในรูปที่ 4.35 จึงส่งผลให้ความลึกของรอยกตมีค่าต่ง รอยต่อที่มีผิวสัมผัสเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้ทำให้ค่าความแข็งแรงเฉือนต่งมีค่าต่ำ และไม่สมควรนำไปใช้งาน



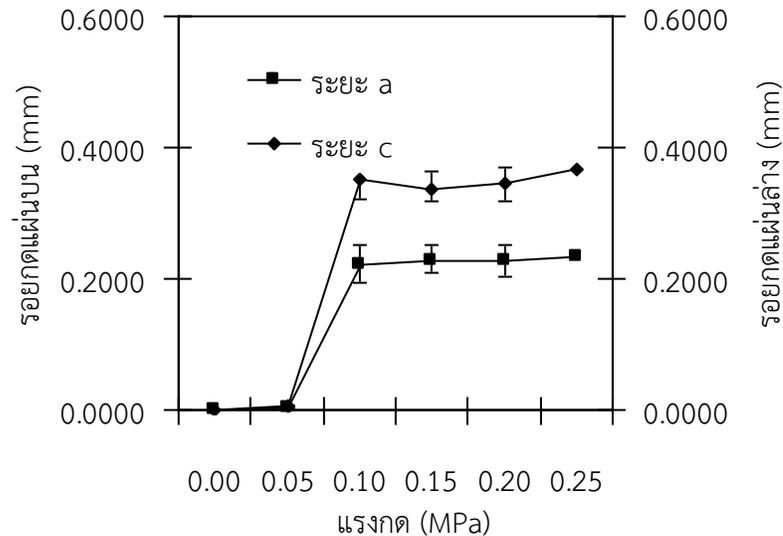
รูปที่ 4.36 อัตราส่วนความลึกของรอยกตบนผิวรอยต่อเกยแบบที่ 1 ต่ความหนาแผ่นโลหะของรอยต่อเกยที่แรงกตต่งต่ง

รูปที่ 4.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของรอยกตอเหล็กโทรดบนรอยต่อเกยแบบที่ 1 ต่ความหนาแผ่นวัสดุ และแรงกตต่งต่ง พบว่ที่แรงกตที่ทำให้เกิดรอยต่อระหว่างแผ่นเหล็กและแผ่นอลูมิเนียมมีค่าเพิ่มข้ขึ้นเมื่อแรงกตอเหล็กโทรดมีค่าเพิ่มข้ขึ้น ค่ารอยต่อที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานตามมาตรฐาน JIS Z31339 คือ รอยต่อที่มีค่าอัตราส่วนต่งกว่า 0.3 นั้น [22] คือ รอยต่อที่เชื่อมด้วยแรงกตอเหล็กโทรด 0.10 และ 0.15 MPa เท่านั้น

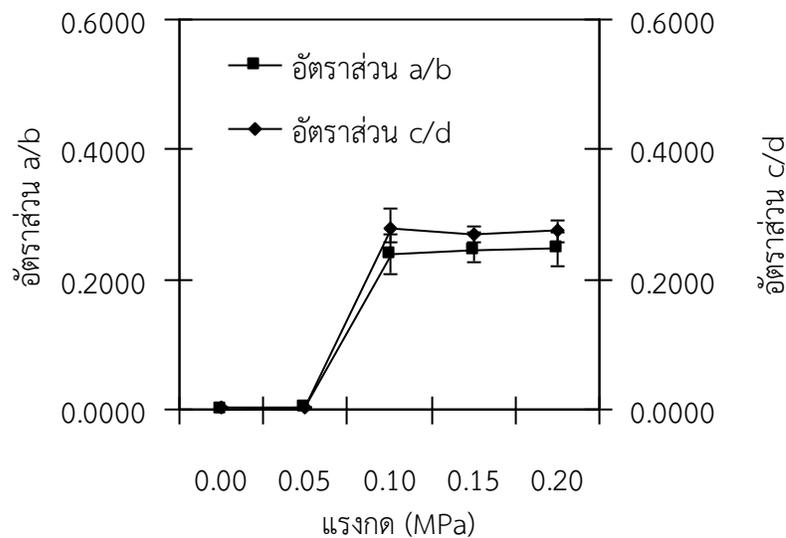
รูปที่ 4.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอยกตอเหล็กโทรดบนรอยต่อแบบที่ 2 และแรงกตต่งต่ง พบว่ความลึกของรอยกตอเหล็กโทรดของรอยต่อเกยแบบที่ 2 ที่เชื่อมต๋านทานแบบจุดด้วยแรงกต 0.10-0.25 MPa มีความลึกเพิ่มข้ขึ้นเมื่อแรงกตเพิ่มข้ขึ้น ค่าความลึกของรอยกตอเหล็กโทรดของรอยต่ออยู่ในช่วงระยะความลึกระหว่าง 0.2000-0.4000 มิลลิเมตร ค่าความลึกของรอยกตบนแผ่นเหล็กต๋านบนเป็นค่าความลึกของรอยกต

ที่มีค่าอยู่ในช่วงระดับ C และค่าความลึกของรอยกตบนผิวรอยต่อด้านอลูมิเนียมที่มีค่าอยู่ในช่วงระดับ D ตามมาตรฐาน JIS Z31339 [22]

รูปที่ 4.38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของรอยกตอิลิกโทรดบนรอยต่อเกยแบบที่ 2 ต่อความหนาแผ่นวัสดุ และแรงกดต่างๆ พบว่ารอยต่อเกยแบบที่ 2 ระหว่างแผ่นอลูมิเนียมและเหล็กที่สามารถเชื่อมติดกันด้วยแรงกด 0.10-0.25 MPa นั้น มีค่าอยู่ต่ำกว่า 0.3 ซึ่งเป็นค่าที่สามารถนำไปใช้งานในงานอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ได้



รูปที่ 4.37 ความลึกของรอยกตอิลิกโทรดของรอยต่อเกยแบบที่ 1 ที่แรงกดต่างๆ



รูปที่ 4.38 อัตราส่วนความลึกของรอยกตบนผิวรอยต่อเกยแบบที่ 2 ต่อความหนาแผ่นโลหะของรอยต่อเกยที่แรงกดต่างๆ

การทดลองในส่วนนี้ได้ทำการเชื่อมต้านทานแบบจตุรรอยต่อเกยระหว่างอลูมิเนียมเกรด AA1100 และ เหล็กกล้าเคลือบสังกะสีเกรด SGACD โดยทำการศึกษาอิทธิพลของแรงกดอเล็กโทรดที่มีผลต่อสมบัติของ รอยต่อ ผลการศึกษาสำคัญมีดังนี้

- สภาวะการเชื่อมที่แสดงค่าความแข็งแรงเฉือนสูงสุดประมาณ 2200 N และการยึดตัวของรอยต่อ เกย 2.8 มิลลิเมตร คือ กระแสไฟเชื่อม 95 kA เวลาเชื่อม 10 cycle และแรงกด 0.1 MPa
- แรงกดอเล็กโทรดที่ต่ำเกินไปไม่ทำให้เกิดการเกาะยึดของรอยต่อ ขณะที่แรงกดอเล็กโทรดที่สูงทำให้ พื้นที่การเชื่อมบริเวณผิวสัมผัสขยายเพิ่มขึ้น และลดความแข็งแรงของรอยต่อ
- แรงกดที่มีค่าสูงเกินไปทำให้ผิวสัมผัสของรอยต่อเกยที่กำหนดให้เหล็กอยู่ด้านบนแผ่นอลูมิเนียมอยู่ ด้านล่างเกิดการเสียรูปและส่งผลทำให้ความแข็งแรงเฉือนดิ่งต่ำ