

อิทธิพลของกระแสไฟฟ้าเชื่อมต้านทานแบบจุดต่อ ความแข็งแรงดึงเฉือน รอยต่อ เกยอลูมิเนียม AA1100 และเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD

Effect of Resistance Spot Welding Current on Tensile Shear Strength of AA1100
Aluminum Alloy and SGACD Zinc-coated Steel Lap Joint

ศักดิ์ชัย จันทศรี* ไพบูลย์ แยมเผื่อน เจษฎา แก้ววิจิตร กิตติพงษ์ กิมะพงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

E-mail: sakchai.c@en.rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดประสงค์ในการแสดงผลการทดลองการศึกษาค่าความเป็นไปได้ในการเชื่อมต้านทานแบบจุด รอยต่อเกยระหว่างอลูมิเนียม AA1100 และเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD รอยต่อเกยถูกเชื่อมด้วยกระแสไฟฟ้า 85-105 kA เวลาเชื่อม 10 รอบ และความดัน 0.1 MPa และทำการศึกษาค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและสมบัติของรอยเชื่อมเสียดทานแบบต่อเกย ผลการทดลองที่ได้โดยสรุปมีดังต่อไปนี้ การเพิ่มขึ้นของกระแสไฟฟ้าเชื่อม ทำให้ค่าความแข็งแรงดึงเฉือนและการยึดตัวของรอยต่อเกยมีค่าเพิ่มขึ้น และแสดงค่าความแข็งแรงเฉือนสูงสุด ประมาณ 2200 N และการยึดตัวของรอยต่อเกย 2.8 มิลลิเมตร ที่กระแสไฟฟ้าเชื่อม 95 kA ความลึกรอยกดของอิเลกโทรดการเชื่อมต้านทานแบบจุดบนผิวหน้ารอยต่อเกยมีค่าลดลงเมื่อกระแสไฟมีค่าเพิ่มขึ้น อัตราส่วนอัตราส่วนรอยกดต่อความหนาของแผ่นโลหะมีค่าลดลงเมื่อกระแสไฟฟ้าเชื่อมเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: อลูมิเนียม เหล็กกล้าเคลือบสังกะสี การเชื่อมต้านทานแบบจุด ความแข็งแรงเฉือน

ABSTRACT

This paper aims to present the feasibility experimental study results of resistance spot welding of AA1100 aluminum alloy and SGACD 45/45 zinc coated steel lap joint. The lap joint was resistance spot welded using the welding current of 85-105 kA, welding time of 10 cycles and welding force of 0.1 MPa and then, investigated for a relation between the welding parameters and the lap joint properties. The summarized are as follows. The increase of the welding current affected to increase the tensile shear strength and the displacement of the lap joint and also showed the maximum tensile shear strength of 2200N and the displacement of 2.8 mm at the welding current of 95 kA. An Indentation depth of the end of the resistance spot welding electrode on the lap joint surface was decreased when the welding current was increased. The ratio of electrode indentation depth and the lap joint thickness was decreased when the welding current was increased.

KEYWORDS: aluminum, zinc coated steel, resistant spot welding, tensile shear strength

บทนำ

การเชื่อมด้านทานแบบจุด (Resistance Spot Welding: RSW) เป็นกรรมวิธีการเชื่อมแบบหลอมละลายที่อาศัยความร้อนที่เกิดจากการต้านทานการไหลของกระแสผ่านพื้นที่รอยต่อในการหลอมวัสดุและกดให้ติดกันด้วยแรงดันจากอิเล็กโทรดทั้งสองข้างให้ติดกัน กระบวนการเชื่อมนี้เป็นวิธีการสำคัญที่ใช้กันมากในงานอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ ดังเห็นได้จากรถยนต์หนึ่งคันที่มีปริมาณการต่อยึดด้วยการเชื่อมด้านทานแบบจุดของชิ้นส่วนระหว่างวัสดุเดียวกัน วัสดุต่างชนิด หรือวัสดุที่มีความหนาแตกต่างกัน ในปริมาณมากกว่าหนึ่งพันจุด (Vural et al., 2006) หนึ่งในข้อดีของการเชื่อมด้านทานแบบจุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเชื่อมทิก คือ รอยเชื่อมของการเชื่อมด้านทานแบบจุดนั้นเกิดขึ้นด้านในของรอยต่อ ขณะที่รอยเชื่อมของการเชื่อมทิกเกิดขึ้นด้านนอก ลักษณะเช่นนี้ทำให้รอยเชื่อมของการเชื่อมทิกนั้นมีความง่ายต่อการตกแต่งมากกว่า ขณะเดียวกันในมุมมองของอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ในปัจจุบันที่มุ่งเน้นในการผลิตรถยนต์ที่มีการใช้น้ำมันอย่างประหยัด เพื่อเป็นการอนุรักษ์พลังงาน และรักษาสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมยานยนต์ได้พยายามคิดค้นหาวิธีการในการลดการใช้ น้ำมันของรถยนต์ด้วยวิธีการต่างๆ หนึ่งในวิธีการที่มีการใช้งานในปัจจุบัน คือ การทำให้น้ำหนักโดยรวมของรถยนต์ลดลง ซึ่งทำได้โดยการนำเอาวัสดุที่มีอัตราส่วนระหว่างความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง เช่น เหล็กกล้าผสมต่ำความแข็งแรงสูง (High strength low alloy: HSLA) วัสดุประกอบ (Composite materials) หรืออลูมิเนียมผสม เข้ามาแทนที่ชิ้นส่วนที่ผลิตจากเหล็กกล้าที่มีน้ำหนักสูงกว่า (Qiu et al., 2010) วัสดุน้ำหนักเบาที่นิยมนำมาใช้งานเพิ่มขึ้นในการทดแทนเหล็กในปัจจุบัน คือ อลูมิเนียม เนื่องจากอลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีค่าอัตราส่วนระหว่างความแข็งแรงและ

นำหนักสูงกว่าเหล็กประมาณ 2 เท่า (Askeland and Phule, 2006)

ที่ผ่านมารายงานผลการเชื่อมด้านทานแบบจุดรอยต่อเกยระหว่างอลูมิเนียมและเหล็ก เช่น การเชื่อมอลูมิเนียมผสมเกรด A5052 เข้ากับแผ่นเหล็กรีดเย็น SPCC และเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ที่พบความแข็งแรงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับชั้นสารประกอบกึ่งโลหะที่ก่อตัวแบบไม่ต่อเนื่องที่อินเทอร์เฟซของรอยต่อ (Qiu et al., 2010) หรือรอยต่อเกยระหว่างอลูมิเนียมผสม AA5182-O และเหล็กกล้า SAE 1008 ที่ใช้แผ่นสอดระหว่างรอยต่อ พบพื้นที่การหลอมละลายแบ่งออกเป็นสองส่วน นักเกตด้านของแผ่นเหล็กมีรูปร่างปกติเหมือนดังการเชื่อมตัวไป และด้านอลูมิเนียมมีรูปร่างวงรีครึ่งใบประกอบด้วยแถบบางตามอินเทอร์เฟซของรอยต่อ ความแข็งแรงของรอยต่อมีค่าที่สามารถเทียบเคียงได้กับระดับความแข็งแรงของรอยที่ยึดด้วยวิธี (Sun, 2004) หรือรอยต่อระหว่างอลูมิเนียม A5052 และเหล็กกล้ารีดเย็น SPCC ที่มีผลการทดลองพบความหนาของชั้นการเกิดปฏิกิริยานั้นมีความบางและมีขนาดที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่กึ่งกลางของแนวเชื่อม ชั้นการเกิดปฏิกิริยาส่งผลต่อการลดค่าความแข็งแรงรอยต่อในกรณีที่มีความหนามากกว่า 1.5 มม. (Qiu, 2009) หรือรอยต่อระหว่างอลูมิเนียม A5052 และเหล็กกล้ารีดเย็น SPCC รอยต่อระหว่างอลูมิเนียม A5052 และเหล็กกล้าไร้สนิม 304 และรอยต่อระหว่างอลูมิเนียม A5052 ที่ทำการเชื่อมด้านทานแบบจุดที่มีแผ่นครอบด้านบนรอยเชื่อม ที่พบการก่อตัวของสารประกอบกึ่งโลหะ Fe_2Al_5 และ $FeAl_3$ ค่าความหนาของสารประกอบกึ่งโลหะที่ก่อตัวขึ้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมเพิ่มขึ้น สารประกอบกึ่งโลหะไม่มีผลต่อรอยต่อระหว่างอลูมิเนียม A5052/เหล็กกล้าไร้สนิม 304 (Qiu, 2009)

อย่างไรก็ตามในการเชื่อมด้านทานแบบจตุรรอยต่อระหว่างเหล็กและอลูมิเนียมที่มีความยากลำบากในการเชื่อมเพื่อให้ได้รอยต่อที่มีประสิทธิภาพสูงและวัสดุบางตัวที่มีการใช้งานมากในอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศไทย คือ รอยต่อเกลยระหว่างเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD และอลูมิเนียม AA1100 ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้งานมากในการผลิตตัวถังของรถยนต์นั้นไม่มีการรายงานไว้ ดังนั้นหากมีการทำการทดลองเพื่อเตรียมข้อมูลไว้ อาจทำให้เกิดประโยชน์สูงในอนาคตเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยต่อไป

วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษา อิทธิพลของกระแสไฟเชื่อมด้านทานแบบจตุรต่อความแข็งแรงดึงเฉือนรอยต่อเกลยอลูมิเนียม AA1100 และเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD
- 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลของรอยเชื่อมที่ตัวแปรการเชื่อมต่างๆ

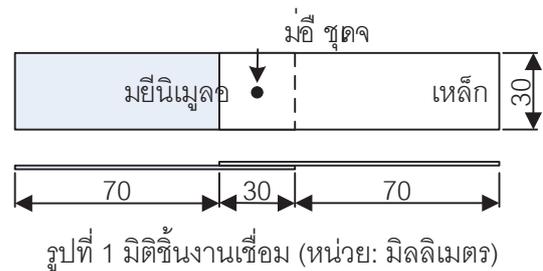
วิธีดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีวัสดุทดลอง

ธาตุ	AA1100	SGACD
Al	สมดุล	-
Fe	-	สมดุล
Si	0.095	-
Mn	0.050	-
Cu	0.15	-
P	0.006	0.014
S	-	.024

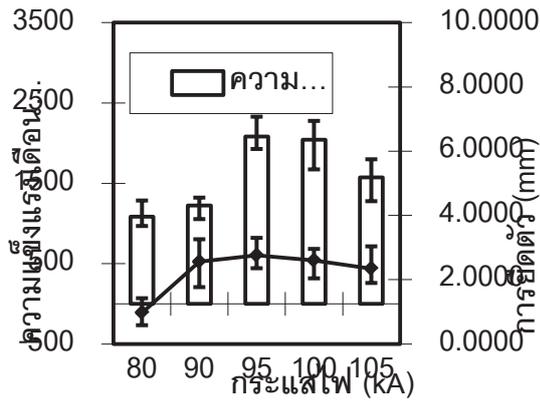
วัสดุที่ใช้ในทดลอง อลูมิเนียมผสมเกรด AA1100 และเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีเกรด SGACD

แผ่นรีด ความหนา 1.0 มิลลิเมตร ที่มีส่วนผสมทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 แผ่นโลหะถูกตัดให้มีขนาดกว้าง 30 มิลลิเมตร และยาว 100 มิลลิเมตร และนำมาต่อเกลยโดยกำหนดให้แผ่นเหล็กเกลยอยู่บนแผ่นอลูมิเนียม 30 มิลลิเมตรดังแสดงในรูปที่ 1 ก่อนการทำการเชื่อมแผ่นโลหะถูกทำสะอาดด้วยอะซิโตนก่อนนำไปทำการยึดแน่นในอุปกรณ์การจับยึดที่ทำมาจากวัสดุฉนวน



อิเล็กโทรดที่ใช้ทำมาจากทองแดงบริสุทธิ์มีรูปร่างแบบชนิด A ตามข้อกำหนดสมาคมผู้ผลิตเครื่องเชื่อมด้านทาน โดยกำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปลายอิเล็กโทรดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความหนาของชิ้นทดสอบมีค่าเท่ากับ 5 มิลลิเมตร (ASM International, 2000) รอยต่อเกลยถูกนำไปทำการเชื่อมด้วยการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสไฟเชื่อม 85-105 กิโลแอมแปร์ เวลาในการเชื่อม 10 รอบ (Cycle) และแรงกด 0.1 MPa ชิ้นทดสอบที่ทำการเชื่อมด้วยกระแสไฟต่างๆ ถูกนำไปทำการทดสอบค่าความแข็งแรงดึงเฉือน (Tensile shear strength) และการยึดตัวตัวเองจากแรงเฉือน (Shear strain) โดยกำหนดให้ค่าอัตราการเกิดความเครียดเท่ากับ 25 mm/min ชิ้นงานทุกสภาวะการเชื่อมถูกนำมาทำการเตรียมชิ้นชิ้นงานเพื่อการตรวจสอบโครงสร้างมหภาคของรอยต่อเพื่อศึกษาค่าความลึกของรอยกุด ความสัมพันธ์ของความลึกรอยกุดและความหนาของแผ่นรอยต่อ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของรอยเชื่อมและโครงสร้างมหภาคต่อไป

ผลการทดลองและการวิจารณ์

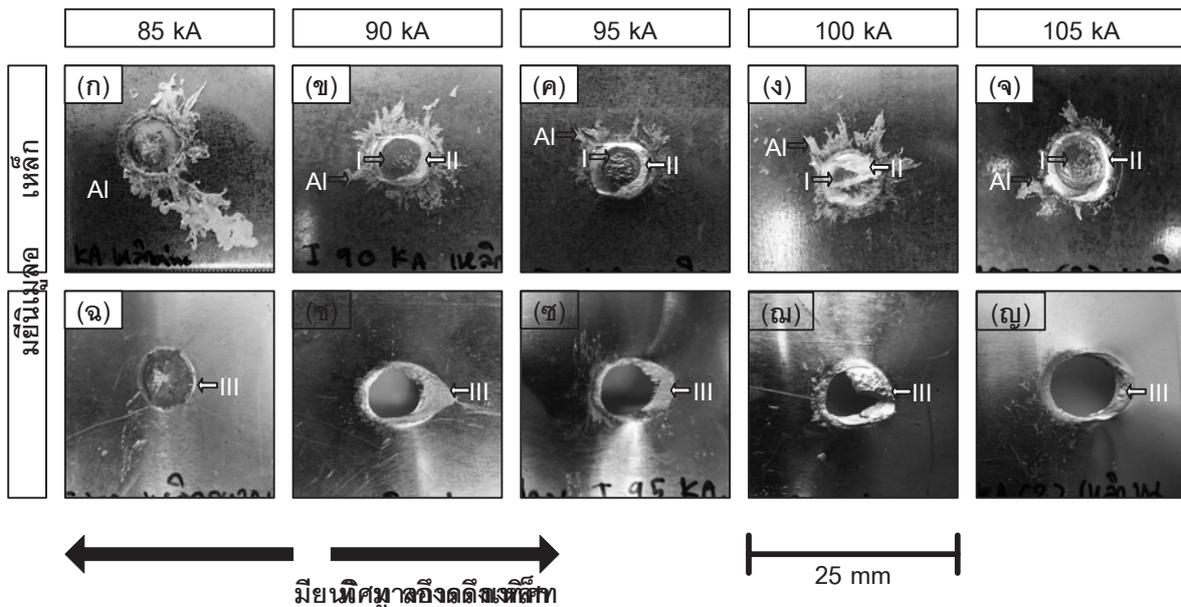


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความแข็งแรงดึงเฉือน และการยัดตัวของรอยต่อเกลย

รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความแข็งแรงดึงเฉือน และการยัดตัวของรอยต่อเกลยที่เชื่อมด้วยเวลาในการเชื่อม 10 รอบ และแรงกด 0.1 MPa พบว่าความแข็งแรงดึงเฉือนและการยัดตัวของรอยต่อมีค่าสูงขึ้นเมื่อกระแสไฟเชื่อมมีค่าเพิ่มขึ้นและแสดงค่าความแข็งแรงสูงสุดที่กระแสไฟเชื่อม 95 kA ที่ค่าความแข็งแรงเฉือนประมาณ 2200 N และการยัดตัวประมาณ 2.4

มิลลิเมตร การเพิ่มค่าความแข็งแรงดึงเฉือนเกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มกระแสส่งผลทำให้ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในรอยต่อมีค่าสูงขึ้น ดังสมการความร้อนที่ได้แสดงไว้ใน การเชื่อมแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีโครไมด์ที่พบว่ากระแสที่เพิ่มส่งผลเป็นทวีคูณต่อการเพิ่มความร้อนในรอยต่อ (Aslanlar et al., 2007) อย่างไรก็ตามเมื่อกระแสไฟเชื่อมมีค่าสูง คือ 100-105 kA พบว่าค่าความแข็งแรงดึงเฉือนและการยัดตัวมีค่าลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการลดลงเมื่อกระแสมีค่าต่ำกว่า 95 kA แล้วมีค่าการลดลงของค่าความแข็งแรงดึงเฉือนและการยัดตัวน้อยกว่า

รูปที่ 3 แสดงผิวหน้าการพังทลายของชิ้นทดสอบแรงดึงเฉือนที่กระแสไฟเชื่อม ต่างๆ รูปรอยพังทลายแถวด้านบนเกิดจากการแยกแผ่นเหล็กที่อยู่ด้านบนที่ปกติถูกวางคว่ำประกบบนแผ่นอลูมิเนียมให้หงายขึ้น และถ่ายภาพ ขณะที่แถวด้านล่างคือรอยพังทลายของแผ่นอลูมิเนียมหลังจากดึงขาดออกจากกัน ในการทดสอบค่าความแข็งแรงดึงเฉือนที่แสดงผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 1 นั้นแผ่นเหล็กถูกดึงไปด้านขวา ขณะที่แผ่นอลูมิเนียมถูกดึงไปด้าน



รูปที่ 3 รูปแบบการพังทลายของชิ้นทดสอบแรงดึงเฉือน

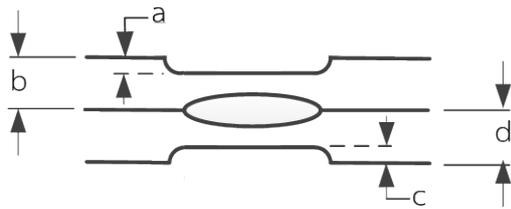
ซ้าย พิจารณารอยการกระจายตัวของเศษอลูมิเนียมที่เกิดจากความร้อนเสียดทานที่แตกต่างกันจากการใช้กระแสไฟเชื่อมที่แตกต่างกัน พบว่าเศษของอลูมิเนียมมีการกระจายตัวออกมารอบๆ บริเวณพื้นที่การเชื่อมและกระจายตัวไประหว่างรอยต่อของแผ่นอลูมิเนียมและเหล็ก เศษของอลูมิเนียมที่กระจายออกไปจากการตรวจสอบพบว่ามีกระจายตัวสูงที่ใช้กระแสไฟเชื่อมต่ำ คือ 85 kA ดังแสดงในรูปที่ 3 (ก) เศษอลูมิเนียมที่กระจายตัวออกนี้ทำให้พื้นที่รับแรงของรอยต่อบริเวณที่ทำการรับแรงดึงเฉือนมีค่าน้อยลงและส่งผลทำให้ค่าการรับแรงดึงเฉือนมีค่าน้อย นอกจากนั้นที่ บริเวณรอยฉีกขาดบนพื้นที่การเชื่อมดังแสดงในรูปที่ 3 (ก) และ (ข) พบว่าการฉีกขาดนั้นเกิดที่อินเทอร์เฟซระหว่างอลูมิเนียมและเหล็ก เนื่องจากการตรวจสอบในระดับกำลังขยายต่ำ (Macro interface examination) กำลังขยายไม่เกิน 10 เท่าด้วยภาพถ่ายดังแสดงในรูปที่ 3 นั้น ไม่พบเศษอลูมิเนียมบนผิวเหล็ก หรือเศษเหล็กบนผิวอลูมิเนียม อย่างไรก็ตามการตรวจสอบที่ กำลังขยายสูง เช่น ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (Scanning electron microscope: SEM) และการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีบริเวณรอยพังทลายอาจต้องมีการตรวจสอบเพื่อยืนยันผลการทดลองต่อไป

รูปที่ 3 (ข) และ (ค) แสดงผิวรอยพังทลายของชิ้นทดสอบแรงดึงเฉือนที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อม 90 และ 95 kA เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวการพังทลายของรอยต่อที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อม 85 kA พบว่ารูปการพังทลายของรอยต่อที่กระแสไฟเชื่อมทั้งสองมีความแตกต่างจากกระแสไฟเชื่อม 85 kA อย่างชัดเจน กล่าวคือ การกระจายตัวของเศษอลูมิเนียมบนแผ่นเหล็กที่กระจายตัวบริเวณรอบๆ แนวเชื่อม มีปริมาณลดลงเมื่อกระแสไฟเชื่อมเพิ่มขึ้น

อลูมิเนียมที่กระจายออกมานั้นแสดงการกระจายต่ำสุดเมื่อใช้กระแสไฟเชื่อม 95 kA ซึ่งเป็นกระแสไฟเชื่อมที่แสดงค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดในการทดลองนี้ การยึดติดของอลูมิเนียมและเหล็กมีการยึดติดที่มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนของอลูมิเนียมที่ติดบนแผ่นเหล็กดังแสดงด้วยลูกศร I ในรูปที่ 3 (ข) และ (ค) ผิวของรอยเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อม 95 kA แสดงผิวเชื่อมที่มี ความขรุขระมากกว่าอันเกิดจากกระแสไฟเชื่อมที่สูงกว่าทำให้เกิดความร้อนที่มากกว่าในการหลอมวัสดุเข้าด้วยกัน ตำแหน่งการพังทลายของชิ้นงานที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อม 90 และ 95 kA มีการพังทลายเนื่องจากแรงดึงเฉือนรอบๆ บริเวณพื้นที่การยึดติดของอลูมิเนียมและเหล็กดังแสดง ด้วยลูกศร II ในรูปที่ 3 (ข) และ (ค) โดยตำแหน่งการฉีกขาดเกิดที่เนื้ออลูมิเนียมรอบๆ พื้นที่การเชื่อมที่ด้านอลูมิเนียม โดยสามารถยืนยันการฉีกขาดบนแผ่นอลูมิเนียมได้ดังแสดงด้วยลูกศร III ในรูปที่ (ข) และ (ข) และพบว่าแนวเชื่อมของอลูมิเนียมและเหล็กมีความแข็งแรงสูง กว่าแผ่นวัสดุอลูมิเนียม เนื่องจากวัสดุเกิดการฉีกขาดที่แผ่นรอยต่อทางด้านอลูมิเนียมและไม่เกิดการพังทลายที่อินเทอร์เฟซของรอยต่อดังแสดงในรูปที่ 3 (ก) และ (ข) ในการศึกษาทดลองนี้รอยต่อที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อม 95 kA แสดงความแข็งแรงดึงเฉือนสูงสุดที่ค่าประมาณ 2165 N ความแข็งแรงที่สูงกว่าของรอยต่อเมื่อเปรียบเทียบกับความแข็งแรงของรอยต่อที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อม 90 kA เมื่อพิจารณาจากรอยพังทลายพบว่า พื้นที่การฉีกขาดรอบรอยต่อด้านแผ่นอลูมิเนียมของชิ้นงานที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อม 95 kA มีค่ามากกว่าจึงสามารถรับแรงได้ดีกว่า

รูปที่ 3 (ง) และ (ฉ) แสดงรอยการฉีกขาดของชิ้นงานที่เชื่อมด้วยกระแส 100 kA ด้านเหล็ก

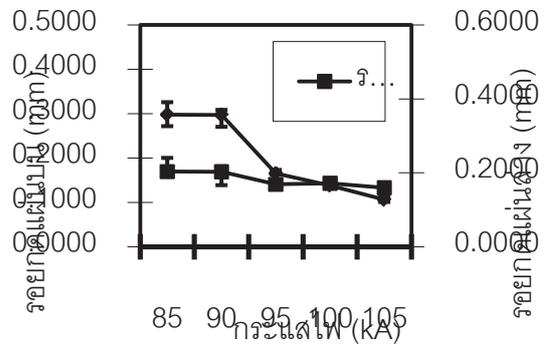
และอุณหภูมิเนี่ยมตามลำดับ พบว่าแนวเชื่อมมีความแข็งแรงต่ำกว่ากระแสไฟเชื่อม 95 kA แนวการฉีกขาดแตกต่างออกไป กล่าวคือ การฉีกขาดไม่ได้เกิดขึ้นรอบๆ พื้นที่การเชื่อมแต่เกิดสลับกันไปในพื้นที่การเชื่อมที่แสดงทั้งพื้นที่การเชื่อมที่เกิดจากการกดของอิเล็กโทรดตังแสดงด้วยลูกศร I และพื้นที่ที่เกิดการฉีกขาดบนส่วนของแผ่นอุณหภูมิเนี่ยมตังแสดงด้วยลูกศร II หากเปรียบเทียบกับรอยเชื่อมที่ใช้กระแสไฟเชื่อม 95 kA แล้วสาเหตุที่รอยต่อมีความแข็งแรงต่ำกว่า คือ พื้นที่การรับแรงของรอยต่อมีค่าน้อยกว่า อันเกิดจากอุณหภูมิเนี่ยมที่ถูกทำให้กระจายออกด้านนอก รอบข้างแนวเชื่อมที่มากกว่า อย่างไรก็ตามรอยเชื่อมที่กระแสไฟนี้แสดงค่าที่มีความแข็งแรงที่ใกล้เคียงกับความแข็งแรงของแผ่นอุณหภูมิเนี่ยมเพราะแสดงการฉีกขาดในเนื้อของอุณหภูมิเนี่ยมตังแสดงด้วยลูกศร III การเพิ่มกระแสไฟเชื่อมมีค่าเท่ากับ 105 kA พบว่ารอยฉีกขาดมีรูปแบบใกล้เคียงกับรอยเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อม 95 kA คือ มีการฉีกขาดรอบๆ แนวเชื่อมบริเวณแผ่นอุณหภูมิเนี่ยม แต่พื้นที่การฉีกขาด หรือพื้นที่รับแรงมีค่าน้อยกว่า จึงเป็นสาเหตุทำให้รอยต่อแสดงค่าต่ำกว่า



รูปที่ 4 ตำแหน่งและระยะการวัดรอยกด

รูปที่ 4 แสดงตำแหน่งและระยะสำคัญของการวัดรอยเชื่อมด้านทานแบบจุดตาม มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น หมายเลข JIS Z31339 (JSA, 1978) โดยมีค่าสำคัญที่ต้องวัดคือ ความลึกของรอยกดด้านบน (a) ความลึกของรอยกดด้านล่าง อัตราส่วน (b) อัตราส่วนระหว่างความลึกรอยกด

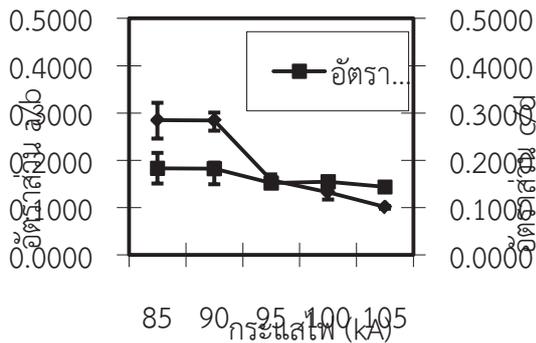
และความหนาแผ่นบน (a/b) และอัตราส่วนระหว่างความลึกรอยกดและความหนาแผ่นล่าง (c/d) ผลการตรวจสอบมีดังนี้



รูปที่ 5 ความลึกของรอยกด

รูปที่ 5 แสดงความลึกของรอยกดอิเล็กโทรดการเชื่อมด้านทานแบบจุดบนผิวรอยต่อภายใต้กระแสไฟต่างๆ พบว่ารอยกดที่เกิดขึ้นมีความลึกเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสไฟเพิ่มขึ้น ความลึกของรอยกดที่เกิดขึ้นบนผิวของแผ่นเหล็กที่ถูกกำหนดไว้ด้านบนมีค่าประมาณ 0.1800 - 0.1200 มิลลิเมตร และมีค่าลดลงเมื่อกระแสไฟเชื่อมมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 85 ถึง 105 kA เมื่อนำค่าความลึกของรอยกดไปเปรียบเทียบกับความลึกของรอยกดด้านแผ่นอุณหภูมิเนี่ยมที่ถูกกำหนดไว้ที่ด้านล่าง พบว่า ความลึกของรอยกดมีค่าสูงประมาณ 3.5000 - 3.6000 มิลลิเมตร ในการเชื่อมที่กระแสไฟ 85-90 kA ความลึกมีค่าของรอยกดมีค่าลดลงเมื่อ กระแสไฟเชื่อมมีค่าลดลงเช่นเดียวกันกับด้านแผ่นเหล็ก ผลความลึกของรอยกดที่วัดได้นี้เมื่อนำไปทำการเปรียบเทียบกับค่าคุณภาพแนวเชื่อมด้านทานแบบจุดของผลิตภัณฑ์ยานยนต์ตาม มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น หมายเลข JIS Z31339 (JSA, 1978) พบว่าความลึกของรอยกดการเชื่อมด้านแผ่นอุณหภูมิเนี่ยมของกระแสไฟเชื่อม 85 และ 90 kA นั้นไม่เหมาะสมในการนำไปใช้งานเนื่องจากความลึกของรอยกดมีค่าสูงกว่าเกณฑ์การยอมรับ

ขณะที่ความลึกของรอยกุดของรอยต่อที่เชื่อมด้วย กระแสไฟ 95-105 kA นั้นมีค่าความลึกอยู่ในช่วง ระดับ C มีค่าความลึกของรอยกุดอยู่ที่ 0.1-0.3 มิลลิเมตร ผิวลักษณะนี้เป็นผิวรอยเชื่อมที่มีคุณภาพ ปานกลาง ต้องการการตกแต่งผิวก่อนสามารถ นำไปใช้งานได้เนื่องจากไม่พบการเกิดการแตกร้าว (Crack) ขึ้นในบริเวณเนื้อโลหะเชื่อม



รูปที่ 6 อัตราส่วนความลึกของรอยกุดบนผิวรอยต่อ เกยต่อความหนาแผ่นโลหะของรอยต่อเกยที่ กระแสไฟต่างๆ

ความลึกของรอยกุดของอิเลกโทรดบนผิว รอยต่อเกยนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความ หนาของแผ่นวัสดุ เนื่องจากหากความลึกของรอยกุด มีค่ามากอาจทำให้แผ่นงานมีพื้นที่ในการรับแรง ลดลงได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาค่าอัตราส่วนระหว่าง รอยกุดของอิเลกโทรดบนผิวรอยต่อเกยต่อความหนา ของแผ่นโลหะ โดยกำหนดไว้ตาม JIS Z31339 ว่า อัตราส่วนนี้ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.3 รอยต่อเกยจึง สามารถนำไปใช้งานในระดับคุณภาพแนวเชื่อมที่ ยอมรับได้ ค่าอัตราส่วนอัตราส่วนระหว่างรอยกุด ของอิเลกโทรดบนผิวรอยต่อเกยต่อความหนาของ แผ่นโลหะของการศึกษาครั้งนี้แสดงไว้ดังรูปที่ 6 อัตราส่วนความลึกของรอยกุดบนผิวรอยต่อเกยต่อ ความหนาแผ่นโลหะของรอยต่อเกยที่กระแสไฟต่างๆ ที่พบว่าค่า อัตราส่วนความลึกของรอยกุดบนผิว รอยต่อเกยต่อความหนาแผ่นโลหะ มีค่าลดลงเมื่อ

กระแสไฟเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามที่กระแสไฟ 85 kA ควรหลีกเลี่ยงนำไปใช้งาน เนื่องจากค่า อัตราส่วน ความลึกของรอยกุดบนผิวรอยต่อเกยต่อความหนา แผ่นโลหะมีค่าใกล้เคียงค่าขีดจำกัดการยอมรับมาก เกินไป

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการเชื่อมด้านทานแบบจุด รอยต่อเกยระหว่างอลูมิเนียมเกรด AA1100 และ เหล็กกล้าเคลือบสังกะสีเกรด SGACD โดย ทำการศึกษาอิทธิพลของกระแสไฟที่มีผลต่อสมบัติ ของรอยต่อ ผลการศึกษาสำคัญมีดังนี้

- 1) การเชื่อมด้านทานแบบจุดสามารถทำให้เกิด รอยต่อเกยที่มีความสมบูรณ์
- 2) การเพิ่มขึ้นของกระแสไฟเชื่อมทำให้ค่าความ แข็งแรงดึงเฉือนและการยึดตัวของของรอยต่อ เกยมีค่าเพิ่มขึ้น
- 3) สภาวะการเชื่อมที่แสดงค่าความแข็งแรงเฉือน สูงสุดประมาณ 2200 N และการยึดตัวของ รอยต่อเกย 2.8 มิลลิเมตร คือ กระแสไฟเชื่อม 95 kA เวลาเชื่อม 10 รอบ และแรงกด 0.1 MPa
- 4) ความลึกรอยกุดของอิเลกโทรดการเชื่อม ด้านทานแบบจุดบนผิวหน้ารอยต่อเกยมีค่าลดลง เมื่อกระแสไฟมีค่าเพิ่มขึ้น
- 5) อัตราส่วนอัตราส่วนรอยกุดต่อความหนาของ แผ่นโลหะมีค่าลดลงเมื่อกระแสไฟเชื่อมเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณ ประจำปี 2555 ในการดำเนินการวิจัย และ ขอขอบคุณ คุณอุบลวรรณ สุขไชย คุณเบญจพร เทว จินดา และคุณนัฐกาญจน์ คุ่มสุข สำหรับความ ช่วยเหลือทางเทคนิค

- Askeland, D.A. and Phule, P.P. 2006. **The Science and Engineering of Materials**. Singapore: Thomson Learning.
- Japanese Standard Association. 1978. **JIS Handbook: Welding 1**. Tokyo: Japanese Standard Association.
- Qiu, R., Shi, H., Zhang, K., Tu, Y., Iwamoto, C. and Satonaka, S. 2010. "Inter-facial characterization of joint bet-ween mild steel and aluminum alloy Welded by resistance spot welding." **Materials Characterization**. 61, 684-688.
- Qiu, R, Iwamoto, C. and Satonaka, S. 2009. "The Influence of reaction layer on the strength of aluminum/steel joint Welded by resistance spot welding." **Materials Characterization**. 60: 156-159.
- Qiu, R, Iwamoto, C. and Satonaka, S. 2009. "Interfacial microstructure and strength of steel/aluminum alloy joints Welded by resistance spot welding with cover plate." **J. of Materials Processing Technology**. 209, 4186-4193.
- Sun, X., Stephens, E.V., Khaleel, M.A., Shao, H. and Kimchi, M. 2004. "Resistance Spot Welding of Aluminum Alloy to Steel with Transition Materials-From Process to Performance-Part I: Experimental Study." **Welding Journal**. 84-6, 188s-195s.
- Vural, M., Akkus, A. and Eryurek, B. 2006. "Effect of Welding nugget diameter on the fatigue strength of the resistance spot welded joints of different steel sheets." **J. of Materials Processing Technology**. 176, 127-132.