

การวิเคราะห์โครงสร้างการเชื่อมด้านทานแบบจุดต่อสมบัติทางกลของรอยต่อเกย
ระหว่างอะลูมิเนียม AA 5052 กับทองแดง C 11000

เพ็ญขวัญ กัณหากัย* และ นันทพันธ์ กนกศิริจุษยา

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10160

*peaingkwan@hotmail.com

บทคัดย่อ

การเชื่อมด้านทานแบบจุดบนรอยต่อเกย ระหว่างอะลูมิเนียมและทองแดงเพื่อความเร็ว และไม่ทำให้ชิ้นงานเสียรูปร่าง เวลาเชื่อม ด้วยเหตุนี้ในการวิเคราะห์โครงสร้างตัวแปรการเชื่อมด้านทานแบบจุดต่อสมบัติทางกลของรอยต่อเกยอะลูมิเนียม AA 5052 และทองแดง C 11000 จึงเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งที่ดีเพื่อนำผลการทดลองมาใช้ในอนาคต ในการทดลองการเชื่อมด้านทานแบบจุดของวัสดุสองชนิด คือ อะลูมิเนียม AA 5052 ความหนา 1 มิลลิเมตร ความกว้าง 30 มิลลิเมตร ความยาว 100 มิลลิเมตร และทองแดง C 11000 ความหนา 1 มิลลิเมตร ความกว้าง 30 มิลลิเมตร ความยาว 100 มิลลิเมตร ระหว่างเวลาทดสอบที่ 10 20 และ 30 Cycles (รอบ/วินาที) กระแสเชื่อม 32 33 34 และ 35 kA และเวลาทดสอบที่ 40 60 80 และ 99 Cycles โดยวางอะลูมิเนียมไว้ด้านบนทองแดงการเชื่อมความต้านทานแบบจุดบนรอยต่อเกยอะลูมิเนียม AA 5052 และทองแดง C 11000 รอยเชื่อมมีความแข็งแรงมากจะส่งผลต่อการพังทลายที่โลหะอะลูมิเนียม และการตรวจสอบบริเวณรอยอินเทอร์เฟซด้วยวิธีการทางจุลภาคและมหภาคพบว่า เวลาทดสอบ 30 Cycles กระแสเชื่อม 33 kA และเวลาทดสอบ 80 Cycles มีระยะความกว้างเฉลี่ยบริเวณรอยอินเทอร์เฟซมากที่สุดคือ 1.507 มิลลิเมตร ทำให้เกิดการยึดติดกันดีระหว่างวัสดุทั้งสองชนิด ทำให้อายุเชื่อมมีความแข็งแรง

คำสำคัญ: การเชื่อมด้านทานแบบจุด, อะลูมิเนียม AA 5052, ทองแดง C 11000

บทนำ

ในอุตสาหกรรมการผลิต การเชื่อมความต้านทานจุดเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการต่อหรือประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน เช่น ในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ หรืออุตสาหกรรมที่ผลิตของใช้สำนักงาน ได้นำการเชื่อมความต้านทานจุดมาใช้เนื่องจากทำได้รวดเร็วมีความแข็งแรงและไม่ทำให้ชิ้นงานเสียรูปร่าง ซึ่งชิ้นงานส่วนใหญ่จะผลิตมาจากวัสดุชนิดเดียวกัน ดังนั้น จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาเกี่ยวกับการเชื่อมวัสดุต่างชนิดกันด้วยการเชื่อมความต้านทานจุด

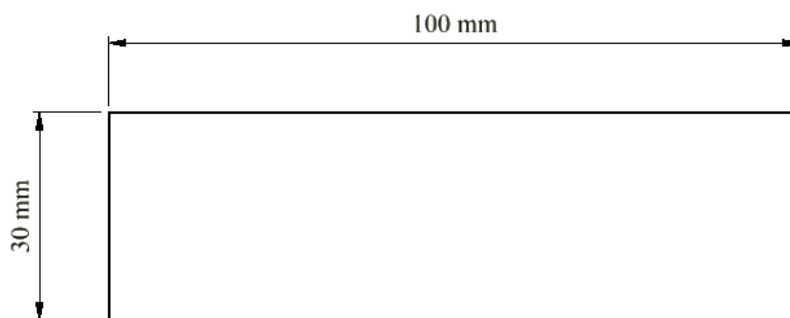
โดยที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยหลายๆ งานที่กล่าวถึงรอยเชื่อมของการต่อวัสดุต่างชนิดกัน เช่น การศึกษาคุณภาพงานเชื่อมความต้านทานแบบจุดของเหล็กกล้ากับอะลูมิเนียมเกรด 5052 และเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304 ซึ่งการทดลองนี้พบว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าและระยะเวลาเชื่อมมากจนเกินไปทำให้เกิดสะเก็ดไฟรอบรอยเชื่อม บริเวณผิวหน้ามีรอยไหม้ เมื่อวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคพบว่าภายในมักเกิดแตกร้าว แรงดึงลดลง แรงกดเฉลี่ยต่ำกว่าที่ผิวหน้า เกิดการยุบตัว ขนาดของมักเกิดที่มีขนาดใหญ่จะมีความสามารถในการรับแรงดึงได้ดีกว่ามักเกิดที่มีขนาดเล็ก ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าแรงดึงเฉือนและขนาดมักเกิดเป็นปัจจัยร่วมของแรงกดชิ้นงาน กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อม และระยะเวลาในการเชื่อม (Aslanlar, 2004) อีกงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการศึกษาอิทธิพลของรอยเชื่อมที่ส่งผลกระทบบต่อค่าแรงดึงของการเชื่อมความต้านทานแบบจุดระหว่างอะลูมิเนียมเกรด 5052 กับเหล็กการศึกษาอิทธิพลของรอยเชื่อมที่ส่งผลกระทบบต่อค่าแรงดึงของการเชื่อมความต้านทานแบบจุดระหว่างอะลูมิเนียมกับเหล็ก จากงานทดลองนี้พบว่า บริเวณรอยเชื่อมและกระแสเชื่อมส่งผลต่อค่าแรงดึง เมื่อชิ้นงานเกิดการยึดติดกันเป็นบริเวณกว้างจะให้ค่าแรงดึงที่สูงและกระแสเชื่อมยิ่งสูงจะให้ค่าแรงดึงที่น้อยลง (ASM International, 2000) และมีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาผลกระทบของขนาดนิวเคลียสต่อสมบัติทางกลของรอยเชื่อมด้านทานแบบจุดในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ ตัวแปรการเชื่อมที่ทำการศึกษาคือกระแสไฟฟ้าและเวลาการเชื่อมที่มีผลต่อความแข็งแรงของผิว และความแข็งแรงดึงเฉือนของเหล็กกล้าโครไมด์ขนาดความหนา 0.8 มิลลิเมตร และเหล็กกล้าเคลือบ

โครโมลสังกะสีความหนา 1.0 มิลลิเมตร โดยมีตัวแปรการเชื่อมประกอบด้วย กระแสเชื่อม 5-25 kA แรงกด 6 kN ผลการทดลองพบว่า ตัวแปรที่ทำให้ได้ผิวหน้าที่มีคุณภาพสูง คือรอยต่อที่เชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 6-7 kA 15 Cycles ซึ่งทำให้เกิดการซึมลึก ไม่เกิน 20% ของความหนาวัสดุ หากเชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 7-8.5 kA 15 Cycles จะทำให้เกิดการซึมลึกมากกว่า 20% ของความหนาวัสดุและทำให้รอยต่อเกิดการเปลี่ยนรูป เปลี่ยนสี และเกิดการหลอมละลายมากเกินไป เนื่องจากค่าความร้อนที่ได้นั้น มีค่าสูงเกินไปผิวของแนวเชื่อมมีคุณภาพสูงเมื่อเชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 6 kA 10 Cycles ซึ่งค่าเหล่านี้ทำให้เกิดการซึมลึก 6-14% ตามลำดับ (Ranfeng et al. 2009)

จากข้อมูลทีกล่าวมาข้างต้น การเชื่อมความตันทานแบบจุดมีความสำคัญในอุตสาหกรรมผลิตต่างๆ ผู้วิจัยจึงมีจุดมุ่งหมายในการใช้การเชื่อมความตันทานแบบจุด ในการเชื่อมทองแดง C 11000 กับอะลูมิเนียม AA 5052 โดยทำการศึกษาตัวแปรในการเชื่อมความตันทานแบบจุดที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยต่อเกยระหว่างอะลูมิเนียม AA 5052 กับทองแดง C 11000 และนำรอยต่อเกยที่ได้มาวิเคราะห์บริเวณรอยอินเทอร์เฟซด้วยวิธีการทางจุลภาคและมหภาค

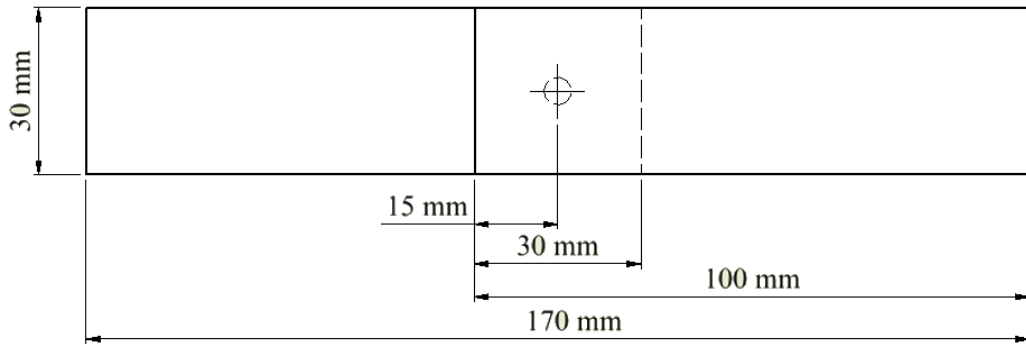
วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการเชื่อมประกอบไปด้วยแผ่นอะลูมิเนียม (Aluminium: Al) เกรด AA 5052 โดยการเตรียมแผ่นอะลูมิเนียม AA 5052 มาตรฐาน JIS H4000 ที่มีความหนาเท่ากับ 1 มิลลิเมตร เมื่อนำแผ่นอะลูมิเนียม AA 5052 มาทำการทดสอบแรงดึงได้ค่าความแข็งแรงของอะลูมิเนียม AA 5052 ความหนา 1 มิลลิเมตร ความกว้าง 30 มิลลิเมตร และความยาว 100 มิลลิเมตร มีค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 226 นิวตัน/มิลลิเมตร² จากนั้นนำแผ่นอะลูมิเนียมที่เตรียมไว้ไปตัดให้ได้ขนาด ความกว้าง 30 มิลลิเมตร ความยาว 100 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน JIS 3136-1986 ในการเตรียมชิ้นงานสำหรับการเชื่อมนี้ต้องนำวัสดุมาตัดให้ได้ขนาดตามมาตรฐาน จากนั้นทำการเตรียมแผ่นทองแดง (Copper: Cu) เกรด C 11000 เตรียมแผ่นทองแดง C 11000 มาตรฐาน JIS H3100/2006 ที่มีความหนาเท่ากับ 1 มิลลิเมตร เมื่อนำแผ่นทองแดง เกรด C 11000 มาทำการทดสอบแรงดึงได้ค่าความแข็งแรงของทองแดง C 11000 ความหนา 1 มิลลิเมตร ความกว้าง 30 มิลลิเมตร และความยาว 100 มิลลิเมตร มีค่าความแข็งแรงอยู่ที่ประมาณ 233 นิวตัน/มิลลิเมตร² นำแผ่นทองแดงที่เตรียมไว้ไปตัดให้ได้ขนาด ความกว้าง 30 มิลลิเมตร ความยาว 100 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน JIS 3136 ดังรูปที่ 1



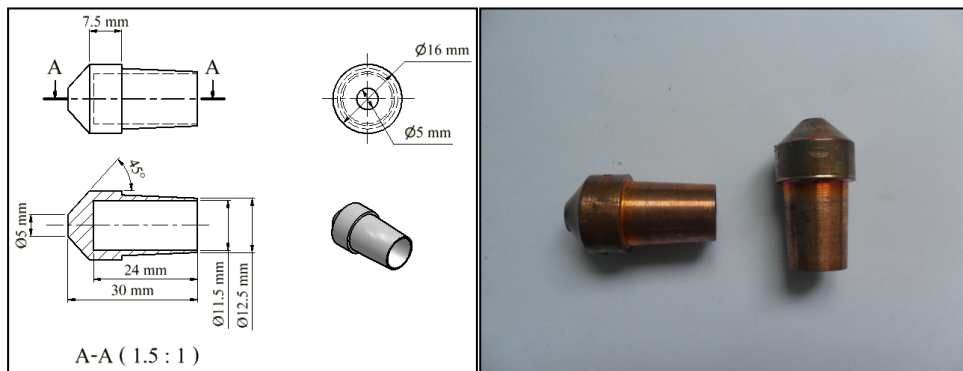
รูปที่ 1 ขนาดของแผ่นอะลูมิเนียม AA 5052 และขนาดแผ่นทองแดง C 11000 ที่ตัดเตรียมทำการทดลอง

ลักษณะรอยต่อเกยลักษณะการต่อเกยในการทดสอบครั้งนี้ ใช้ลักษณะการต่อเกยแบบ Lab Joint คือ การนำชิ้นงานสองชิ้นมาวางในลักษณะซ้อนกัน แนวเชื่อมที่เกิดขึ้นจะรับแรงเฉือนใช้กับการเชื่อมด้วยความตันทาน เช่น การเชื่อมจุดหรือใช้รอยเชื่อมอู๊ด (Champakul, 2014) หลังจากที่ได้ขนาดของชิ้นงานตามมาตรฐานแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการเตรียมชิ้นงานสำหรับการเชื่อม โดยนำแผ่นอะลูมิเนียม AA 5052 และแผ่นทองแดง C 11000 ที่ทำการตัดเสร็จแล้ว มาวางต่อเกยกันให้ได้ขนาดตามมาตรฐาน JIS Z 3136 ซึ่งชิ้นงานทดสอบสำหรับแนวเชื่อมแบบตันทานแบบจุด (ขวลิต เขียวกุล, 2544) มีลักษณะดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างรอยต่อเกยระหว่างแผ่นอะลูมิเนียม AA 5052 อยู่ด้านบนและทองแดง C 11000 อยู่ด้านล่าง

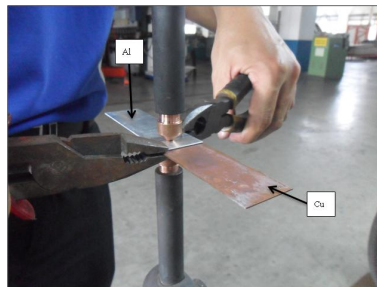
ในการทดลองนี้ได้เลือกใช้อิเล็กโทรดทึบหรือหัวเชื่อมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดความโตเส้นผ่านศูนย์กลางของอิเล็กโทรดทึบขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นงานที่นำมาทำการเชื่อมตันทานแบบจุด ลักษณะของอิเล็กโทรดทึบที่เราได้ใช้นี้ทำจากทองแดง ซึ่งมีสภาพการนำไฟฟ้าและความร้อนที่ดี มีความต้านทานต่ำ จึงนำมาใช้เป็นอิเล็กโทรดทึบ เป็นอิเล็กโทรดทึบแบบ Type E Truncated ตามมาตรฐานสมาคมผู้ผลิตเครื่องเชื่อมตันทาน (ณัฐกฤต แสงสว่าง และ จริยาภรณ์ อุ๋นวงษ์, 2555) ซึ่งเรานำมาดัดแปลงเพื่อให้อิเล็กโทรดทึบสวมเข้าเครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุดได้ มีลักษณะดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 อิเล็กโทรดทึบ

ตัวแปรการเชื่อมความต้านทานแบบจุด ที่มีผลต่อสมบัติทางกลของรอยต่อเกยระหว่างอะลูมิเนียม AA 5052 และทองแดง C 11000 ประกอบด้วย 3 ตัวแปร คือ กระแสเชื่อมที่ 32 33 34 และ 35 กิโลแอมป์ เวลาจุดที่ 10 20 และ 30 Cycles และเวลากดแช่ที่ 40 60 80 และ 99 Cycles

กระบวนการเชื่อมโดยการนำแผ่นอะลูมิเนียม AA 5052 ที่ตัดได้ตามขนาดแล้วไปทำความสะอาดผิว เพื่อขจัดคราบน้ำมันโดยการเช็ดด้วยอะซิโตนและแผ่นทองแดง C 11000 ที่ตัดได้ตามขนาดแล้วนำมาขัดบริเวณผิวของแผ่นทองแดง เกรด C 11000 เพื่อที่จะเปิดหน้าผิวทองแดง จากนั้นนำมากัดกรดโดยใช้กรดไนตริก ผสมกับน้ำกลั่นส่วนผสม 1:1 แช่ทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาทีจากนั้นก็นำมาเช็ดให้แห้งสนิท แล้วนำมาทำความสะอาดผิวโดยการเช็ดด้วยอะซิโตนอีกครั้งหนึ่ง ขั้นตอนการเชื่อมชิ้นงานตั้งค่าตามตัวแปรที่กำหนดไว้ที่เครื่องเชื่อมตันทานแบบจุดให้เรียบร้อย ให้ตรงกับตัวแปรที่ได้กำหนดไว้ข้างต้น จับชิ้นงานโดยใช้คีมหนีบแผ่นงานทดสอบ โดยให้แผ่นอะลูมิเนียม AA 5052 อยู่ทางด้านบนและแผ่นทองแดง C 11000 อยู่ด้านล่าง ดังรูปที่ 4 ทำการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมตันทานแบบจุดระหว่างอะลูมิเนียม AA 5052 และทองแดง C 11000 โดยใช้เครื่องเชื่อมตันทานแบบจุด เมื่อได้เชื่อมแล้วต้องมีการทำความสะอาดอิเล็กโทรดทึบ โดยใช้ตะไบละเอียดถูบริเวณปลายของอิเล็กโทรดทึบเนื่องจากเกิดการหลอมละลายของแผ่นอะลูมิเนียมที่ติดอยู่เป็นก้อนใหญ่ จากนั้นขัดด้วยกระดาษทรายบริเวณปลายอิเล็กโทรดทึบ ก่อนที่จะเชื่อมในครั้งต่อไป



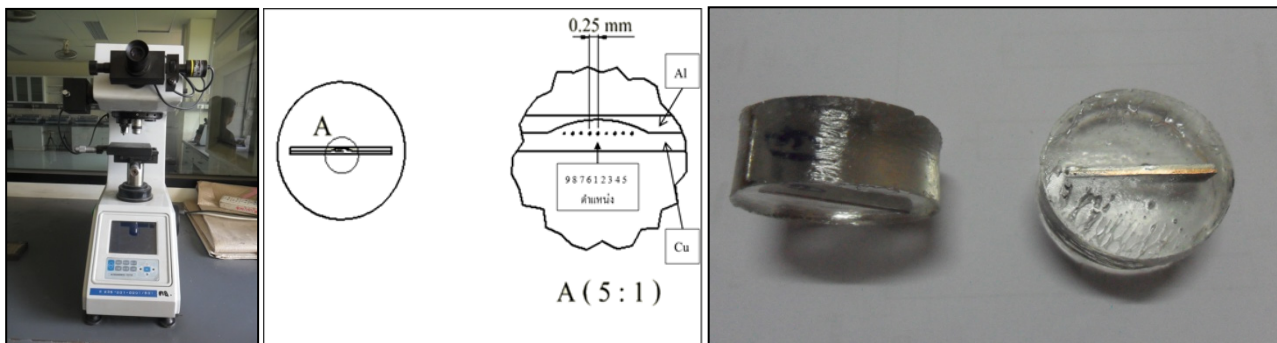
รูปที่ 4 การจับชิ้นงานแผ่นทดสอบ

เมื่อผ่านการเชื่อมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ปล่อยชิ้นงานทดสอบให้เย็นตัวในอุณหภูมิห้องและตรวจสอบความเรียบร้อยของชิ้นงานทดสอบ แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ชิ้นงานทดสอบจากการเชื่อมต้านทานแบบจุด (RSW)

การทดสอบความแข็งแบบ Vickers เป็นการทดสอบความแข็งโดยใช้หัวกดเพชรรูปปิรามิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเล็ก ซึ่งมีองศาของปลายแหลม 136 องศา แรงที่ใช้ในการกดเท่ากับ 1 กิโลกรัม กดบริเวณรอยเชื่อมที่เกิดขึ้นกดทั้งหมด 9 จุด โดยแต่ละจุดนั้นห่างกัน 0.25 มิลลิเมตร การทดสอบนี้มีหลักการเดียวกันกับการทดสอบความแข็ง Brinell คือค่าความแข็งที่ได้คิดจากน้ำหนักกดที่กระทำต่อพื้นที่ของรอยกด ดังรูปที่ 3.21 ตำแหน่งในการกด ดังรูปที่ 6 (ก) และในการตรวจสอบบริเวณรอยอินเทอร์เฟสด้วยวิธีการทางจุลภาคและทางมหภาค นำชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบมาตรฐานต่างๆ มาทำการตรวจสอบ โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดึงเฉือนที่ให้ค่าต่ำสุดและสูงสุด ที่กระแสมัดเชื่อม 32 33 34 และ 35 กิโลแอมป์ การตรวจสอบบริเวณรอยอินเทอร์เฟสด้วยวิธีการทางจุลภาคของรอยเชื่อมนี้ จะนำชิ้นงานทดสอบมาทำการตัดผ่ากลางแนวรอยเชื่อมตามกึ่งกลางของชิ้นงานทดสอบ โดยให้ชิ้นงานมีความกว้างประมาณ 5-10 มิลลิเมตร ในการตัดชิ้นงานทดสอบนี้ใช้เครื่องตัดไมโครไฟเบอร์ เพื่อให้ชิ้นงานได้รับการสั่นสะเทือนน้อย ลดการแตกหักบริเวณรอยเชื่อม มีน้ำหล่อเย็นช่วยลดความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีเพื่อป้องกันโครงสร้างเปลี่ยน นำชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องไมโครไฟเบอร์ นำมาขึ้นเรือน (Mounting) อุปกรณ์การขึ้นเรือนเรซิน โดยเรซินที่ใช้เป็นพลาสติกชนิดหนึ่ง ปกติจะอยู่ในรูปของเหลวข้นเหนียว มีกลิ่นฉุน เมื่อทำการผสมเรซินเข้ากับตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วสามารถแข็งตัวได้ที่อุณหภูมิห้องใช้เวลาประมาณ 30 ถึง 120 นาที มีสมบัติ แข็ง ใส เงาม สามารถนำไปใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ ทนต่อการกัดกร่อนทางเคมีและไม่เป็นสนิม แสดงดังรูปที่ 6 (ข)



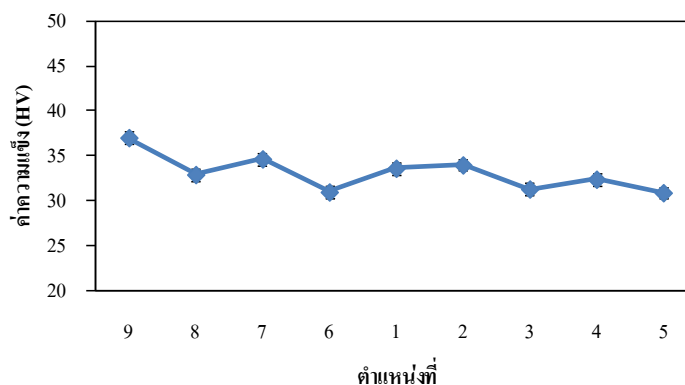
(ก) เครื่องมือทดสอบความแข็งแบบ Vickers ยี่ห้อ HUAYIN รุ่น HVS-1000A และตำแหน่งในการกด

(ข) เรือน (Mounting) ชิ้นงาน

รูปที่ 6 เครื่องมือทดสอบความแข็งแบบ Vickers และตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้กับเครื่องมือทดสอบความแข็งแบบ Vickers

ผลและอภิปรายผล

จากรูปที่ 8 แสดงผลการทดสอบที่เวลาทดสอบเท่ากับ 30 Cycles กระแสเชื่อมเท่ากับ 33 กิโลแอมป์ เวลาในการกดแช่เท่ากับ 80 Cycles โดยทดสอบความแข็งบริเวณรอยอินเทอร์เฟซ 9 จุด ระยะห่างระหว่างจุด 0.25 มิลลิเมตร แรงกดต่อจุดเท่ากับ 1 กิโลกรัม เนื่องจากว่าค่านี้เป็นแรงกดต่อจุดต่ำสุด พบว่าจุดที่ 9 มีค่าความแข็งสูงสุดเท่ากับ 37.05 HV และจุดที่ 5 มีค่าความแข็งต่ำสุดเท่ากับ 30.92 HV เฉลี่ยค่าความแข็งทั้ง 9 จุด คือ 33.11 HV



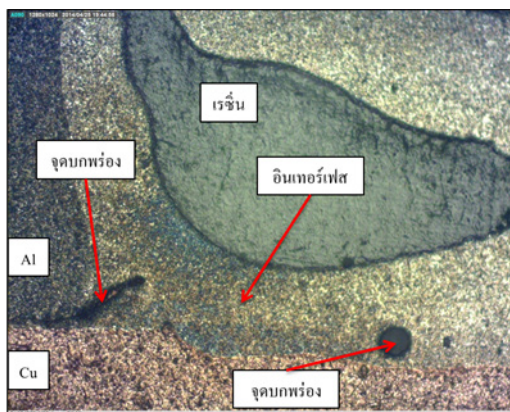
รูปที่ 8 ค่าความแข็งแบบ Vickers (HV)

จากรูปที่ 9 เป็นการตรวจสอบด้วยวิธีการทางมหภาคของรอยต่อเกยที่ใช้เวลาทดสอบเท่ากับ 30 Cycles กระแสเชื่อมเท่ากับ 33 kA และเวลาในการกดแช่เท่ากับ 80 Cycles พบว่าบริเวณรอยเชื่อมนี้มีระยะอินเทอร์เฟซที่มีความยาว 3.06 มิลลิเมตร และความกว้างเฉลี่ย 1.125 มิลลิเมตร เกิดครีบน้ำบริเวณผิวแผ่นอะลูมิเนียมเนื่องจากขณะเชื่อมเกิดการหลอมละลายของอะลูมิเนียม



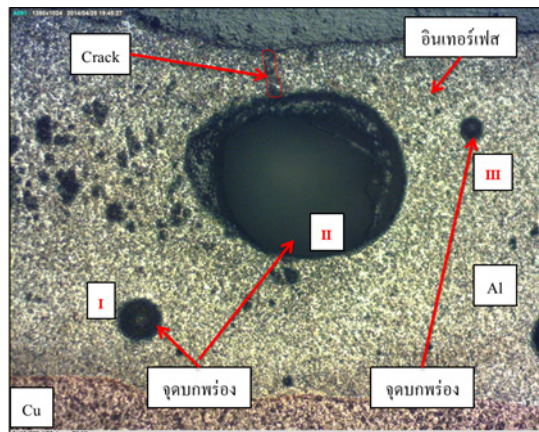
รูปที่ 9 ตรวจสอบด้วยวิธีทางมหภาค

จากรูปที่ 10 ตรวจสอบด้วยวิธีการทางจุลภาคของระยะอินเทอร์เฟสบริเวณทางด้านซ้ายของรอยเชื่อม บริเวณนี้เกิดครีบทงด้านบนของรอยเชื่อมจึงทำให้เกิดรูขนาดใหญ่ ระยะอินเทอร์เฟสนี้มีความยาว 1.295 มิลลิเมตร และมีความกว้างเฉลี่ย 0.902 มิลลิเมตร บริเวณมุมซ้ายของรอยเชื่อมมีขนาดความโต 82.55 องศา สังเกตเห็นว่ามีจุดบกพร่องอยู่ 2 จุดใหญ่ๆ ที่บริเวณจุดบกพร่องที่ I มีลักษณะเป็นแท่งๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.036 มิลลิเมตร มีความยาว 0.235 มิลลิเมตร บริเวณจุดบกพร่องจุดที่ II มีลักษณะเป็นวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.104 มิลลิเมตร



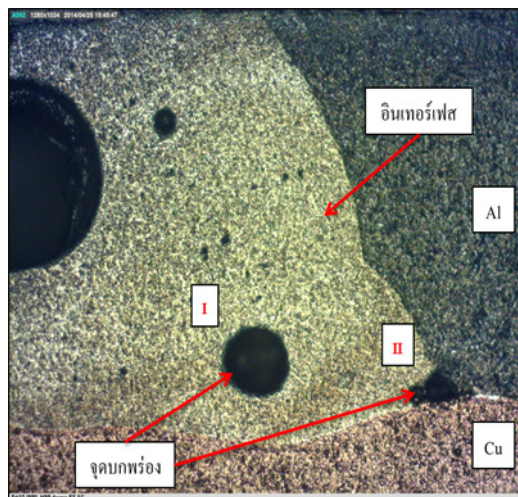
รูปที่ 10 ตรวจสอบด้วยวิธีทางจุลภาคของระยะอินเทอร์เฟสบริเวณทางด้านซ้ายของรอยเชื่อม

รูปที่ 11 เป็นระยะอินเทอร์เฟสบริเวณตรงกลางของรอยเชื่อมนี้ บริเวณระยะอินเทอร์เฟสนี้มีความยาว 1.472 มิลลิเมตร และมีความกว้างเฉลี่ย 0.965 มิลลิเมตร บริเวณนี้พบว่ามีการกระจายของรูอยู่ทั่วบริเวณ ที่บริเวณจุดบกพร่องจุดที่ I มีลักษณะเป็นวงกลม ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.126 มิลลิเมตร บริเวณจุดบกพร่องจุดที่ II มีลักษณะเป็นวงกลมขนาดใหญ่ สังเกตเห็นชัดได้ด้วยตาเปล่า มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.576 มิลลิเมตร และจุดบกพร่องจุดที่ III มีลักษณะเป็นวงกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.066 มิลลิเมตร พบว่าที่บริเวณด้านซ้ายมีจุดบกพร่องขนาดเล็กกระจายอยู่มาก โดยเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแล้วมีค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.055 มิลลิเมตร จุดบกพร่องเหล่านี้เกิดขึ้นที่บริเวณรอยเชื่อมของรอยต่อเกาะ เกิดขณะเชื่อมต้านทานแบบจุด นอกจากนี้บริเวณอินเทอร์เฟสนี้ มีรอย Crack เกิดขึ้นที่บริเวณด้านบนของรอยเชื่อม



รูปที่ 11 ตรวจสอบด้วยวิธีทางจุลภาคของระยะอินเทอร์เฟสบริเวณทางตรงกลางของรอยเชื่อม

รูปที่ 12 เป็นระยะอินเทอร์เฟสบริเวณด้านขวาของรอยเชื่อม ที่บริเวณนี้มีความยาวของระยะอินเทอร์เฟสเฉลี่ย 1.089 มิลลิเมตร และความกว้างเฉลี่ย 0.907 มิลลิเมตร บริเวณระยะอินเทอร์เฟสทางด้านซ้ายของรอยเชื่อมมีมุมโต 44.16 องศา พบว่ามีจุดบกพร่องจุดใหญ่ๆอยู่ 2 จุด คือ บริเวณจุดบกพร่องจุดที่ I มีลักษณะเป็นวงกลม มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.196 มิลลิเมตร และจุดบกพร่องจุดที่ II มีลักษณะเป็นวงกลมเกิดบริเวณมุมของรอยเชื่อมพอดี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.16 มิลลิเมตร นอกจากนี้มีจุดใหญ่ๆ แล้วตรงบริเวณตรงกลางของรูปมีจุดบกพร่องจุดเล็กๆมากมาย โดยเฉลี่ยแล้วมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.013 มิลลิเมตร จุดบกพร่องเหล่านี้เกิดจากขั้นตอนเชื่อมตันทนแบบจุด



รูปที่ 12 ตรวจสอบด้วยวิธีทางจุลภาคของระยะอินเทอร์เฟสบริเวณทางขวาของรอยเชื่อม

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยการวิเคราะห์โครงสร้างการเชื่อมตันทนแบบจุดต่อสมบัติทางกลของรอยต่อเกยระหว่างอะลูมิเนียม AA 5052 กับทองแดง C 11000 จากการตรวจสอบพบว่า

1. การเชื่อมความตันทนแบบจุดบนรอยต่อเกยอะลูมิเนียม AA 5052 และทองแดง C 11000 ตัวแปรการเชื่อมที่มีอิทธิพลทำให้เกิดค่าความตันทนแรงดึงเฉือนสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 782 N ที่เวลาทดสอบเท่ากับ 30 Cycles กระแสเชื่อมเท่ากับ 33 กิโลแอมป์ เวลาในการทดสอบเท่ากับ 80 Cycles เฉลี่ยค่าความแข็งทั้ง 9 จุด คือ 33.11 HV

2. เวลาในการกดส่งผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงเนื่องคือ เวลาในการกดที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อแรงการพังทลายมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ถ้าใช้เวลาในการกดน้อยเกินไปจะทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงเนื่องมีค่าลดลง

3. บริเวณรอยอินเทอร์เฟสพบว่ามีระยะความกว้างเฉลี่ยบริเวณรอยอินเทอร์เฟสมากที่สุด คือ 1.507 มิลลิเมตร เนื่องจากมีนักเกิดขนาดใหญ่

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองควรมีอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน เพื่อป้องกันสะกิดไฟขณะทำการเชื่อม
2. ควรตรวจสอบและทำความสะอาดอิเล็กโทรดทุกครั้งที่ทำการเชื่อมเพื่อรักษาประสิทธิภาพของอิเล็กโทรดทุกในการเชื่อม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยธนบุรี

บรรณานุกรม

Aslanlar, S. (2004). The effect of nucleus size on mechanical properties in electrical resistance spot welding of sheets used in automotive industry. *Material and Design*, 27, 125-131.

ASM International. (2000). *ASM Handbook Volume 6 Welding, Brazing and Soldering*. Ohio, ASM International

Ranfeng, Q., Shinobu, S., & Chihiro, I. (2009). Effect of interfacial reaction layer continuity on tensile strength of resistance spot welded joints between aluminum alloy and steels. *Material and Design*, 30, 3686-3689.

ชนิดของรอยต่อเกย. (2561). สืบค้น 17 มกราคม 2561 เข้าถึงได้จาก: <https://www.slideshare.net/champakul/6-2-33133494>

ชาวลิต เชียงกุล. (2544). โลหะวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 3. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพมหานคร.

ณัฐกฤต แสงสว่าง, และจริยาภรณ์ อุ่นวงศ์. (2555). คุณภาพงานเชื่อมความต้านทานแบบจุดของเหล็กกล้าไร้สนิมกับอะลูมิเนียมเกรด 5052 และเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304. *คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*.