

การเชื่อมวัสดุต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมกับพลาสติก Dissimilar Materials Joining between Stainless Steel and Plastics

วิชาญ วีรชัยสุนทร^{1*}, รัตน ปริสุทธิกุล^{2*}

^{1,2} สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง
จังหวัดนครราชสีมา 3000

^{1*} vichan@sut.ac.th ^{2*} rattana@sut.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในขณะเชื่อมวัสดุต่างชนิดระหว่างโลหะกับพลาสติกที่ส่งผลต่อความสามารถในการเชื่อมติดและสมบัติของชิ้นงานเชื่อมโลหะกับพลาสติกสำหรับวัสดุที่ผู้วิจัยเลือกมาศึกษาประกอบไปด้วย พลาสติกที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบไปด้วย PET PC และ Acrylic และ โลหะ คือ เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 เทคนิคการเชื่อมที่ประยุกต์ใช้พัฒนาขึ้นในปฏิบัติการของผู้วิจัยในการทดลองผู้วิจัยได้ทำการเชื่อมพลาสติกทั้งสามกับเหล็กกล้าไร้สนิม ด้วยความเร็วในการเชื่อม และ ระยะห่างของจุดรวมแสงกับผิวชิ้นงานต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าขณะทำการเชื่อม Acrylic กับเหล็กกล้าไร้สนิม Acrylic ที่ได้รับความร้อนจะเกิดการยุบตัวของผิวพลาสติกบริเวณรอยต่อรุนแรงทำให้ผิวของ Acrylic หลอมเหลวไม่ได้สัมผัสกับชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมยังผลให้การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับ Acrylic ที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีของพลาสติกหลอมเหลวกับเหล็กกล้าไร้สนิมเกิดได้ยาก ซึ่งผิดกับการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับ PET และ PC ที่ทั้งสองพลาสติกไม่แสดงลักษณะการยุบตัว ณ บริเวณผิวรอยต่อเนื่องจากการเกิดฟองทำให้พลาสติกหลอมเหลวสามารถสัมผัสและทำปฏิกิริยากับผิวเหล็กกล้าไร้สนิมได้ส่งผลให้เหล็กกล้าไร้สนิมสามารถเชื่อมติดกับ PET และ PC ได้เป็นอย่างดีและรอยเชื่อมที่ได้มีความแข็งแรงสูง

คำหลัก: การเชื่อมโลหะต่างชนิด เหล็กกล้าไร้สนิม พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลท พอลิคาร์บอเนต อะคริลิก

Abstract

The objective of the study is to investigate the welding phenomena which affect the weldability and strength of metal/plastics joints. The plastics used in the study were PET PC and Acrylic. The metal used in the study was 304 stainless steel. The joining technique used in the study was developed in our laboratory. In experiment, the welding speed and the focal position were the various parameters. From the results, during welding between acrylic and stainless steel, we could be found the shrinkage of the acrylic in the joining zone. The shrinkage of acrylic caused the non-contact between surface of acrylic and stainless steel. The non-contact led no reaction between acrylics surface and stainless steel surface and rarely joints obtaining between acrylic and stainless steel. On the contrary, in joining PET/stainless steel as well as PC/stainless steel, the shrinkage of plastics could be suppressed with the generation of bubble and the intimated contact between

plastic and stainless could be achieved which consequently the reaction between plastics and stainless steel could be occurred and the good joints could be obtained.

Keywords : Dissimilar materials welding, Stainless steel, PET, PC, Acrylics

1. บทนำ

โครงสร้างผสม(Hybrid structures) คือ โครงสร้างที่ประกอบขึ้นจากการนำวัสดุหลากหลายชนิดมาเชื่อมต่อกันจนกลายเป็นโครงสร้างสำหรับใช้งาน ด้วยข้อเด่นของโครงสร้างผสม คือ ให้น้ำหนักเบา มีสมบัติของโครงสร้างที่เหมาะสมต่อการใช้งาน มากกว่าโครงสร้างที่ผลิตจากวัสดุเดียว ทำให้เทคโนโลยีโครงสร้างในปัจจุบันพยายามนำหลักการออกแบบโครงสร้างผสมมาใช้อย่างแพร่หลาย ยกตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมการยานยนต์ที่ถูกแรงผลักดันจากผู้บริโภคในการลดการใช้ น้ำมันต่อระยะทางขับ [1] การผลิตรถยนต์ที่มีน้ำหนักเบาที่สมรรถนะยังคงเดิมเป็นสิ่งที่ผู้ผลิตรถยนต์พยายามค้นคว้าวิจัย วิธีการที่ผู้ผลิตรถยนต์เลือกใช้ในปัจจุบันในการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน คือ ความพยายามนำทั้งเหล็กกล้า โลหะเบา เช่น อลูมิเนียมผสม และพลาสติกมาใช้เป็นวัสดุสำหรับประกอบเป็นโครงสร้างรถยนต์ ทำให้โครงสร้างรถยนต์ในปัจจุบันจึงเป็นโครงสร้างผสม นอกจากอุตสาหกรรมการยานยนต์แล้วอุตสาหกรรมการแพทย์ก็เป็นอีกหนึ่งที่พยายามประยุกต์ใช้โครงสร้างผสม อันเนื่องมาจากปัญหาด้านการเกิดสนิม และภาระกรรมที่สูง การผลิตชิ้นส่วนกระดูกเทียมจากวัสดุประเภทเดียวจึงไม่เหมาะสมนัก ทำให้แนวทางการหาวัสดุใหม่ในการผลิตเป็นกระดูกจึงมุ่งไปที่โครงสร้างผสม อย่างไรก็ตามแม้ว่าเราจะตระหนักถึงความได้เปรียบของโครงสร้างผสม แต่ด้วยการประกอบโครงสร้างที่ทำจากวัสดุหลากหลายชนิดกลับไม่ใช่เรื่องง่ายด้วยความไม่สอดคล้องกันของสมบัติทางกายภาพ เช่น จุดหลอมตัว จุดเกิดการย่อยสลาย ฯลฯ และยิ่งกว่านั้นสมบัติทางเคมีของวัสดุต่างชนิดที่นำมาใช้ก็ต่างกันอย่างมากจนอาจจะทำให้ไม่สามารถเชื่อมติดกันได้ การเชื่อมพลาสติกกับโลหะก็เป็นตัวอย่างหนึ่งที่สมบัติการกายภาพ และทางเคมี

ระหว่างสองวัสดุต่างกันอย่างมาก การเชื่อมติดกันจึงทำได้ยาก แต่เมื่อไม่นานมานี้อาจารย์จากมหาวิทยาลัยโอซาก้าได้ทำการเชื่อมโลหะกับพลาสติกสำเร็จ[2] และหลังจากงานวิจัยดังกล่าวก็ได้มีกลุ่มวิจัยอื่นๆ [3-4]พัฒนาการเชื่อมพลาสติกกับโลหะมากขึ้น การศึกษานี้ก็เช่นเดียวกันที่ผู้วิจัยมุ่งเน้นที่จะศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำการเชื่อมพลาสติกกับโลหะซึ่งมีผลต่อความสามารถในการเชื่อมติดของพลาสติกกับโลหะอันจะยังประโยชน์ต่อการพัฒนาพลาสติกสำหรับงานเชื่อมต่อไปในอนาคต

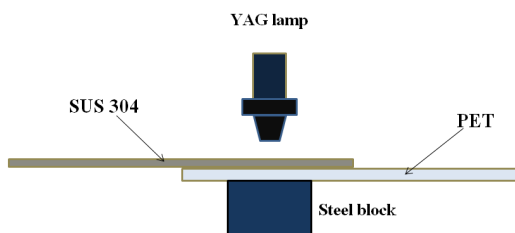
2. วิธีการทดลอง

จากวัตถุประสงค์ของการศึกษาดังกล่าวในการศึกษาผู้วิจัยได้เลือกทำการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมขนาด 20x70x0.5 มิลลิเมตร กับพลาสติกที่มีขนาด 20x70x1 มิลลิเมตร โดยพลาสติกที่ถูกเลือกมาใช้ในการศึกษาประกอบไปด้วย PET PC และ Acrylic สำหรับกระบวนการเชื่อมที่ผู้วิจัยเลือกใช้ คือ การเชื่อมด้วยแสงเลเซอร์ประเภท YAG ด้วยเครื่องเชื่อมเลเซอร์ รุ่น Hans laser WF300 ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยอาศัยเทคนิคการฉายเลเซอร์ลงบนแผ่นเหล็กกล้าที่อยู่ด้านบน และแผ่นพลาสติกวางซ้อนอยู่ด้านล่างดังรูปที่ 2

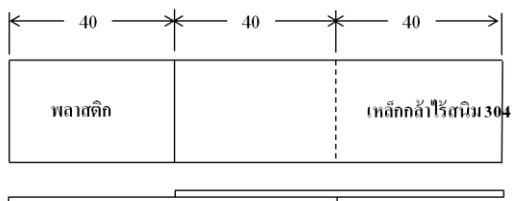


รูปที่ 1 เครื่องเชื่อมขณะทำการเชื่อม

ในการเชื่อมผู้วิจัยได้เลือกใช้กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ YAG lamp ที่ 200 แอมแปร์ที่ power ratio 60% สำหรับการผลิตแสงเลเซอร์ และได้ปรับตัวแปรงานเชื่อมสองตัวแปร คือ ความเร็วของการเคลื่อนที่หัวเชื่อมที่ 8 10 12 มิลลิเมตรต่อวินาที และระยะห่างของโฟกัสกับผิวชิ้นงานที่แสงเลเซอร์ตกกระทบบ (Focal position) 8 10 12 มิลลิเมตร ในขณะที่ทำการเชื่อมอาร์กอนแก๊สถูกใช้ในการปกคลุมรอยเชื่อมในอัตราการใช้ 15 ลิตรต่อนาที หลังจากผู้วิจัยเชื่อมชิ้นงานเรียบร้อยแล้วชิ้นงานเชื่อมที่ได้จะถูกนำมาตรวจสอบลักษณะการเชื่อมติด และ ทดสอบความสามารถในการรับแรงของรอยเชื่อมโดยการทดสอบแรงดึงแบบเฉือนด้วยเครื่อง Universal testing machine ของบริษัท Instron รุ่น 5528 ความเร็วที่ใช้ในการยึดชิ้นงานอยู่ที่ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที



รูปที่ 2 การวางชิ้นงานแบบซ้อนเกย



หน่วย มิลลิเมตร

รูปที่ 3 ชิ้นงานทดสอบแรงดึง

3. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองดังกล่าวได้ผลการทดลองแบ่งได้เป็นสามลักษณะ ดังนี้

3.1 ความสามารถในการเชื่อมติด

รูปที่ 2 แสดงหน้าต่งการเชื่อมติด ณ สภาวะการเชื่อมระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมกับพลาสติกชนิดต่างๆ จากรูปที่ 2-a และ 2-b ซึ่งเป็นหน้าต่งการเชื่อมติดระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมกับ PET และ PC จากรูปจะ

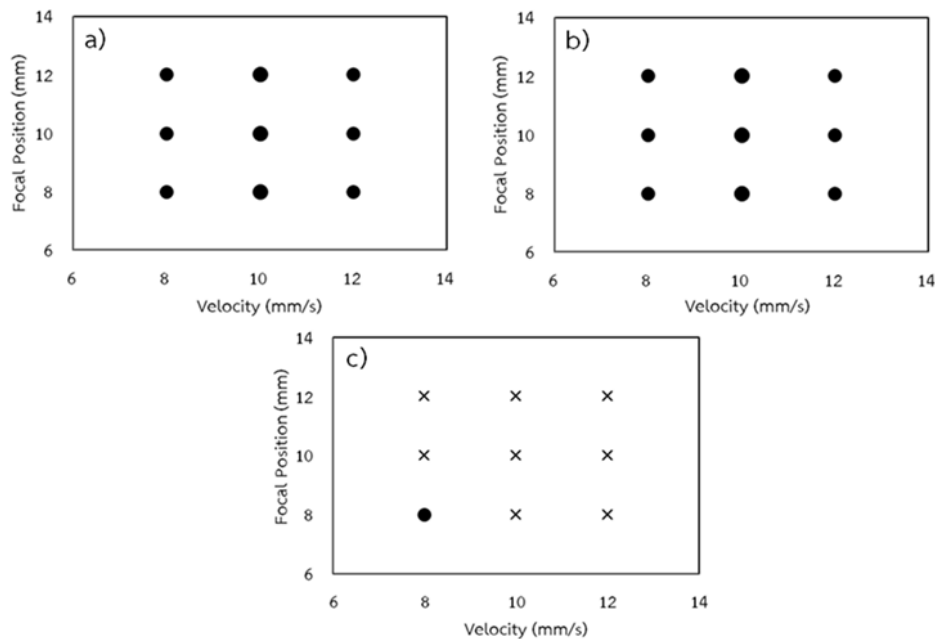
เห็นได้ว่าเหล็กกล้าไร้สนิมสามารถเชื่อมติดกับ PET และ PC ได้ทุกสภาวะการเชื่อมที่ใช้ในการศึกษา แต่ขณะที่การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับ acrylic การเชื่อมติดกลับเกิดขึ้นได้ยากดังจากเห็นได้จากรูปที่ 2-c ที่สามารถทำการเชื่อมติดเหล็กกล้าไร้สนิมกับ acrylics ได้เฉพาะสภาวะการเชื่อมที่ ระยะห่างของจุดโฟกัสกับผิวชิ้นงาน 8 มิลลิเมตร และ ความเร็วในการเชื่อม 8 มิลลิเมตรต่อวินาทีเท่านั้น จากหน้าต่งแสดงสภาวะการเชื่อมติดดังกล่าว เราอาจจะสรุปได้อย่างคร่าวๆ ว่า การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับ PET และ PC สามารถทำได้ไม่ยาก ส่วนการเชื่อมระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมกับ acrylic เกิดขึ้นได้ยาก เหตุที่ผู้วิจัยสรุปเช่นนี้แม้สภาวะการเชื่อมที่ศึกษาไม่กว้างขวางพอต่อการสรุปได้อย่างแน่นอน แต่ด้วยพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของแผ่น acrylic ในขณะที่ทำการเชื่อมซึ่งจะแสดงในรายละเอียดต่อไปซึ่งชี้ว่าแม้ว่าเราจะพยายามให้ความเข้มของแสงเลเซอร์และพลังงานในการเชื่อมมากขึ้นหรือน้อยลงเท่าใดก็ตาม การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับ acrylic ก็ไม่สามารถเชื่อมติดได้ง่ายเลย

3.2 ลักษณะของชิ้นงานเชื่อม

รูปที่ 3 แสดงลักษณะของชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพลาสติกชนิดต่างๆ จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าบริเวณรอยเชื่อมติดของเหล็กกล้าไร้สนิมกับ PET และ เหล็กกล้าไร้สนิมกับ PC ในด้านของพลาสติกจะพบฟองแก๊สจำนวนมาก สันนิษฐานได้ว่าการเกิดจากการที่ความร้อนจากแสงเลเซอร์ทำให้แผ่นเหล็กกล้าร้อนเกินอุณหภูมิการละลายตัวของพลาสติกทำให้พลาสติกเกิดการกลายเป็นไอ แต่เนื่องจากการที่มีพลาสติกหลอมเหลวอยู่ข้างล่าง และไอของพลาสติกที่ละลายตัวเกาะที่ผิวของเหล็กกล้าไร้สนิมเป็นส่วนใหญ่ทำให้หลังการเชื่อมจึงโพรงก๊าซอยู่ และโพรงก๊าซเหล่านั้นมีหน้าที่ขัดขวางการหดตัวของพลาสติกที่เกิดขึ้นยังผลให้พลาสติกหลอมเหลวกับเหล็กกล้าไร้สนิมจึงมีเวลาพอที่จะเกิดปฏิกิริยากันได้รอยเชื่อมในที่สุด ในอีกด้านหนึ่งรอยเชื่อมของเหล็กกล้าไร้สนิมกับ acrylic กลับพบโพรงก๊าซที่เกิดจากการละลายตัวของ acrylic

เฉพาะชิ้นงานที่สามารถเชื่อมติด และพองที่พบมีขนาดเล็กมากดังแสดงในรูปที่ 3 แต่เมื่อทำการเชื่อมด้วยสภาวะการเชื่อมที่ใช้พลังงานในการเชื่อมสูงขึ้น กลับพบการยุบตัวของแผ่น acrylic แทน ซึ่งผู้วิจัยคาดการณ์สาเหตุที่เกิดขึ้นนี้ว่า acrylic เกิดการสลายตัวจำนวนมากเมื่อเทียบกับพลาสติกทั้งสองก่อนหน้านี้เนื่องจากอุณหภูมิการสลายตัวของ acrylics ต่ำมากเมื่อเทียบกับพลาสติกที่ใช้ในการทดลองอีกสอง

ชนิด เมื่อเกิดไอจำนวนมากจึงทำให้ไอดังกล่าวสามารถผลัดดันออกจากบริเวณรอยเชื่อมต่อของชิ้นงานเชื่อมขณะเชื่อมได้ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียเนื้อของ Acrylics จำนวนมารอยเชื่อมด้าน acrylics จึงเกิดการยุบตัวลง จากลักษณะการรอยเชื่อมดังกล่าวที่พบในสองกรณีของการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพลาสติกทั้งสามชนิด เราสามารถสรุปได้ว่าการยุบตัวของ



หมายเหตุ : ● สภาวะที่ชิ้นงานเกิดการเชื่อมติด × สภาวะที่ชิ้นงานไม่สามารถเชื่อมติด

รูปที่ 2 หน้าต่างแสดงสภาวะการเชื่อมติด

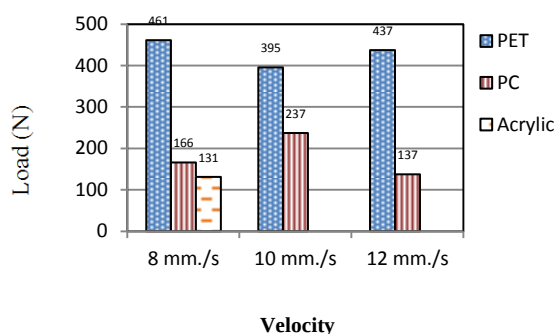
Velocity Joint	8 mm/s	10 mm/s	12 mm/s
PET/SUS304			
PC/SUS304			
Acrylic/SUS304			

รูปที่ 3 ชิ้นงานเชื่อม ณ สภาวะการเชื่อมที่ focal position 8 มิลลิเมตร

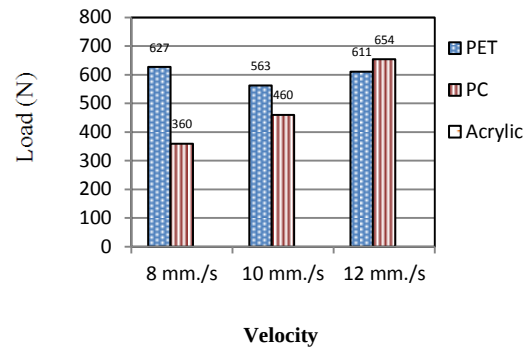
พลาสติกมีผลอย่างมากต่อความสามารถในการเชื่อมติดของพลาสติกกับโลหะ

3.3 ความสามารถในการรับแรงของรอยเชื่อม

เพื่อเป็นการยืนยันความแข็งแรงของรอยเชื่อมระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมกับพลาสติกต่างๆ ผลการทดสอบแรงดึงเฉือนของชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อมในสภาวะการเชื่อมต่างๆ จึงได้ถูกนำมาแสดง ดังรูปที่ 4-5 จากรูปจะเห็นได้ว่ารอยเชื่อมระหว่าง PET หรือ PC กับเหล็กกล้าไร้สนิมสามารถรับแรงดึงได้สูงสุดถึง 627 นิวตัน ในสภาวะการเชื่อม focal position 12 มิลลิเมตร ความเร็วในการเชื่อม 8 มิลลิเมตรต่อวินาที และ 654 นิวตัน ในสภาวะการเชื่อม focal position 12 มิลลิเมตร ความเร็วในการเชื่อม 12 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ในขณะที่รอยเชื่อมระหว่าง Acrylic กับเหล็กกล้าไร้สนิมสามารถรับแรงได้สูงสุดเพียง 131 นิวตันในสภาวะการเชื่อม focal position 8 มิลลิเมตร ความเร็วในการเชื่อม 8 มิลลิเมตรต่อวินาที จากผลการทดสอบความสามารถในการรับแรงดึงเฉือนของชิ้นงานเชื่อมยังบ่งชี้ให้เห็นว่าการยุบตัวเนื่องจากการกลายเป็นไอมีผลอย่างมากต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อมเพราะพลาสติกที่มีโอกาสยุบตัวสูงทำให้รอยเชื่อมติดไม่ต่อเนื่อง ความแข็งแรงของรอยเชื่อมจึงต่ำกว่าพลาสติกที่มีการยุบตัวต่ำ



รูปที่ 4 ความสามารถในการรับแรงสูงสุดของรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพลาสติกชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้ Focal position 8 มิลลิเมตร



รูปที่ 5 ความสามารถในการรับแรงสูงสุดของรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพลาสติกชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้ Focal position 12 มิลลิเมตร

4. สรุปผลการทดลอง

การเชื่อมวัสดุต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS304 กับพลาสติก 3 ชนิดคือ PET PC และ Acrylic โดยใช้สภาวะในการเชื่อมแตกต่างกัน ทำให้เราได้ข้อสรุปหนึ่งว่าการยุบตัวของชิ้นงานพลาสติกที่เกิดขึ้นระหว่างการเชื่อมอันเนื่องจากการกลายเป็นไอของพลาสติกส่งผลต่อการเชื่อมติดของพลาสติกกับเหล็กกล้าไร้สนิมอย่างมาก ถ้าไอที่เกิดขึ้นไม่มากและยังเกาะอยู่ที่ผิวของเหล็กกล้าไร้สนิม จะช่วยให้การเชื่อมติดเกิดได้ง่าย เช่นในการเชื่อม PET และ PC กับเหล็กกล้าไร้สนิม แต่ถ้าไอเกิดขึ้นมากและสามารถหนีออกจากบริเวณเชื่อมได้ทำให้ชิ้นงานยุบตัวการเชื่อมติดจะดำเนินไปอย่างยากลำบากดังเช่นการเชื่อม Acrylic กับเหล็กกล้าไร้สนิม ยิ่งไปกว่านั้นการยุบตัวเนื่องจากการกลายเป็นไอยังมีส่วนให้รอยเชื่อมไม่สมบูรณ์พอที่จะรับแรงได้มากอีกด้วย

5. เอกสารอ้างอิง

1. Honggang Dong, et.,al., Dissimilar metal joining of aluminum alloy to galvanized steel with Al-Si, Al-Cu, Al-Si-Cu, Zn-Al filler wires, Journal of Materials Processing Technology, V. 212, Issue 2, 2012, 458-464.
2. Katayama S, Kawahito Y. Laser direct joining of metal and plastic. Scripta. Mater. 2008, V. 59, 1247-1250.

3. Yusof F, Yukio M, Yoshiharu M, Shukor MHA., Effect of anodizing on pulsed Nd: YAG laser joining of polyethylene terephthalate and aluminium alloy (A5052), Mater Des, 2012, 37, 410-415.
4. Wang X, Li P, Xu ZK, Song XH, Liu HX, Laser transmission joint between PET and titanium for

biomedical application, Journal of Materials Processing Technology, 2010, 210, 1767-1771

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณ วาสนี เหมือนจีน คุณ สาธิต ดีจริง และ คุณ เลิศฤทธิ์ ชื่นเจริญ ในการเป็น กำลังสำคัญในการทำการทดลอง และ อ.ภูษิต มิตร สมหวังในการอนุเคราะห์พลาสติกงานเชื่อม