ผลของแสงเลเซอร์ YAG ที่มีต่อการเชื่อมติดของเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท

วิชาญ วีรชัยสุนทร[1*] และ รัตน บริสุทธิกุล[2]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของแสงเลเซอร์ YAG ที่มีต่อการเชื่อมติดด้วยปฏิกิริยาเคมีของวัสดุต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 หนา 0.5 มิลลิเมตร กับ พอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท หนา 1 มิลลิเมตร ในการทดลองผู้วิจัยทำการวางชิ้นงานเชื่อมแบบซ้อนเกยสองลักษณะ คือ ก) การวางพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทที่โปร่งแสงเลเซอร์ไว้ด้านบน ทำให้แสงเลเซอร์สามารถทะลุผ่านไปยังรอยเชื่อมได้ และ ข) การวางเหล็กกล้าไร้สนิมที่ทึบแสงเลเซอร์ไว้ด้านบน ส่งผลทำให้แสงเลเซอร์ไม่สามารถทะลุผ่านไปบริเวณเชื่อมติด จากผลการทดลองพบว่าสามารถทำการเชื่อมติดเหล็กกล้าไร้สนิมและพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทได้ทั้งสองกรณีการวางชิ้นงาน นอกจากนี้ชิ้นงานเชื่อมกรณีวางเหล็กกล้าไร้สนิมไว้ด้านบนสามารถรับแรงกระทำเทียบได้กับชิ้นงานเชื่อมที่ได้จากงานวิจัยอื่นๆ ที่วางพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทไว้ด้านบน ยิ่งไปกว่านั้นผู้วิจัยยังไม่พบหลักฐานการเกาะติดกันทางกลของบริเวณรอยเชื่อม ซึ่งยืนยันการเชื่อมติดด้วยปฏิกิริยาเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิมกับและพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท ดังนั้นจากผลการทดลองดังกล่าวผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่าแสงเลเซอร์ไม่มีผลโดยตรงต่อการเชื่อมติดของเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท แต่มีผลทางอ้อม กล่าวคือแสงเลเซอร์เป็นแหล่งความร้อนที่ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาเคมี

คำสำคัญ : การเชื่อมแสงเลเซอร์ / เหล็กกล้าไร้สนิม / พอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท

* *Corresponding author : E-mail : rattana@sut.ac.th*

1 *นักศึกษาบัณฑิตศึกษาสาขาวิศวกรรมโลหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์*

2 *อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์*

Effect of YAG Laser Light on the Weldability of Stainless Steel and Polyethylene Terephthalate

Vichan Verachanisonthon[1*] and Rattana Borrisutthekul[2]

Suranaree University of Technology 111 University Avenue, Suranaree, Muang, Nakhon Ratchasima 30000

Abstract

The objective of the study was to understand the effect of YAG laser light on the joinability via chemical reaction of dissimilar materials (SUS304 stainless steel of 0.5 mm thickness and polyethylene terephthalate of 1 mm thickness). Two lap joint configurations were used: a) transparent polyethylene terephthalate as the top sheet where laser penetration through the weld zone was possible and b) stainless steel as the top sheet where laser was impenetrable through the weld zone. Based on the experimental results, it was found that the joints between stainless steel and polyethylene terephthalate could be obtained using either of the tested welding configurations. Moreover, the joints obtained when the stainless steel was used as the top sheet could similarly resist the load to those obtained when the polyethylene terephthalate was used as the top sheet. Furthermore, no evidence of mechanical interlocking in the joining zone was observed, indicating that the joint could be obtained by chemical reaction between the stainless steel and polyethylene terephthalate. Thus, it could be concluded that the laser light did not directly promote the reaction between stainless steel and polyethylene terephthalate, but provided the heat to promote such a chemical reaction.

Keywords : Laser Welding / Stainless Steel / Polyethylene Terephthalate

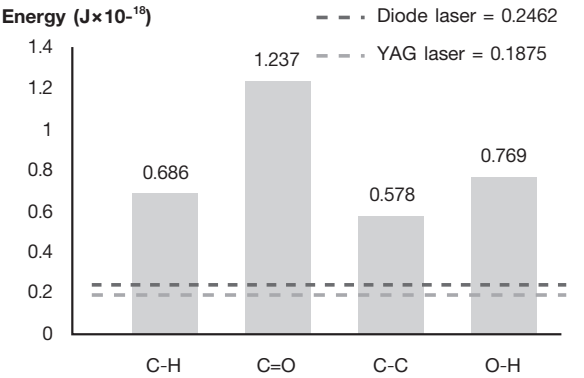
* *Corresponding author : E-mail : rattana@sut.ac.th*

1 *Graduate Student, Metallurgical Engineering Institute of Engineering.*

2 *Lecturer, Metallurgical Engineering Institute of Engineering.*

1. บทนำ

ในยุคปัจจุบันอุตสาหกรรมต่างๆ อาทิเช่น อุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมทางการแพทย์ เป็นต้น ต้องการที่จะลดน้ำหนักโครงสร้างลง โดยใช้วัสดุน้ำหนักเบาเช่นพลาสติกมาทำเป็นชิ้นส่วนร่วมกับวัสดุโครงสร้างเดิม เมื่อเป็นเช่นนี้ในขณะประกอบชิ้นส่วนที่ทำจากวัสดุทั้งสอง ผู้ผลิตโครงสร้างจึงต้องการเทคโนโลยีการเชื่อมวัสดุต่างชนิดระหว่างวัสดุเดิมที่มักทำจากเหล็กกล้าหรือเหล็กกล้าไร้สนิมกับพลาสติก ในอดีตช่างเชื่อมเชื่อว่าการเชื่อมระหว่างเหล็กกล้าหรือเหล็กกล้าไร้สนิมกับพลาสติกไม่สามารถเชื่อมกันได้ เพราะสมบัติทางกายภาพของเหล็กกล้าหรือเหล็กกล้าไร้สนิมและพลาสติกมีความแตกต่างกันอย่างมากเช่น จุดหลอมเหลวของเหล็กกล้าและเหล็กกล้าไร้สนิมสูงมากเมื่อเทียบกับอุณหภูมิสลายตัวของพลาสติกชนิดต่างๆ ทำให้การเชื่อมพลาสติกกับเหล็กกล้าหรือเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยการหลอมผสมแบบดังเดิมที่ใช้ในการเชื่อมโลหะหรือเชื่อมพลาสติกเป็นไปไม่ได้กับการเชื่อมเหล็กกล้าหรือเหล็กกล้าไร้สนิมกับพลาสติกเพราะจะทำให้พลาสติกเกิดการไหม้จนหมด เป็นต้น แต่เมื่อไม่นานนี้มีงานวิจัยของคณะวิจัยจากมหาวิทยาลัยโอซาก้าประสบความสำเร็จในการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมและพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทได้สำเร็จ [1] และในงานวิจัยดังกล่าวได้ระบุว่าการเชื่อมติดระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมน่าจะเกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างโครเมียมออกไซด์ที่ผิวของเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทีลินเทอพาทาเลทและปฏิกิริยาเคมีนั้นถูกกระตุ้นให้เกิดโดยแสงเลเซอร์ทำให้งานวิจัยในภายหลังได้ทำการเชื่อมโดยวางพลาสติกไว้ด้านบนและมีชื่อเรียกเทคนิคนี้ว่า Transmission laser welding technique เช่นงานวิจัยของ Sultana และคณะ [2] Wahbaa และคณะ [3] และ Wang และคณะ [4] เป็นต้นแต่จากการคำนวณพลังงานพันธะของอะตอมในโครงสร้างพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท (โดยอาศัยข้อมูลจากหนังสือคณะอนุกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาเคมี เคมี 1 พ.ศ.2536 มาทำการคำนวณ) เปรียบเทียบกับพลังงานของโฟตอนของแสงเลเซอร์ชนิดต่างๆ พบว่าพลังงานพันธะเคมีระหว่างอะตอมต่างๆ ในโครงสร้างของพอลิเอทิลีน-เทอพาทาเลทสูงกว่าพลังงานโฟตอนของแสงเลเซอร์ประเภท YAG และ Diode อย่างมาก ดังแสดงในรูปที่1 เมื่อพลังงานทั้งสองไม่ตรงกันการที่พลังงานแสงเลเซอร์จะไปช่วยทำลายพันธะเคมีเดิมแล้วก่อให้เกิดพันธะเคมีใหม่จึงเป็นไปไม่ได้ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเชื่อว่าแสงเลเซอร์ไม่น่าจะมีผลโดยตรงต่อการเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมติดของเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท และเพื่อยืนยันแนวคิดดังกล่าวของผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลองโดยกำหนดการวางชิ้นงานเชื่อมแบบซ้อนเกยสองแบบ คือ 1) การวางชิ้นงานพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทไว้ด้านบน และ 2) การวางชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมไว้ด้านบน การวางชิ้นงานในลักษณะทั้งสองกรณีดังกล่าวจะทำให้ผู้วิจัยทราบถึงผลของแสงเลเซอร์ต่อการเชื่อมวัสดุต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมและพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท



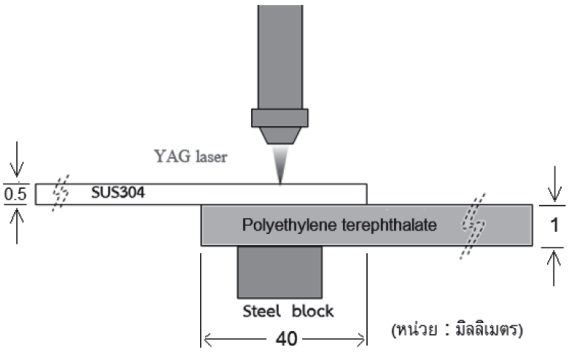
รูปที่ 1 การเปรียบเทียบพลังงานพันธะเคมีในโมเลกุลพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท กับพลังงานโฟตอนของแสงเลเซอร์ (ข้อมูลคณะอนุกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาเคมี เคมี 1 พ.ศ. 2536) [5]

ตารางที่ 1 สมบัติเชิงกลของวัสดุเชื่อม

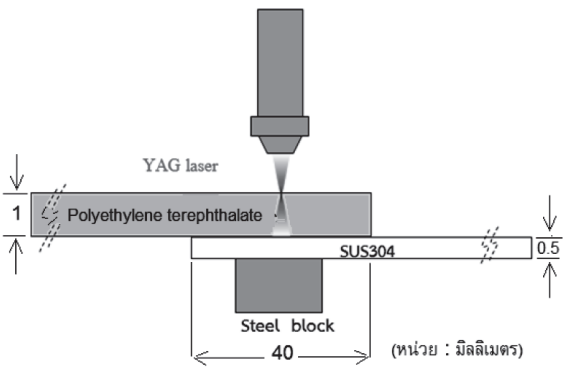
วัสดุ	ความแข็งแรง (MPa)
เหล็กกล้าไร้สนิม SUS304	556
พอลิอทิลีนเทอพาทาเลท	51

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

จากจุดประสงค์ของงานวิจัยผู้วิจัยได้เลือกวัสดุที่ใช้ในการศึกษาประกอบไปด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 หนา 0.5 มิลลิเมตร กับพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท (Polyethylene Terephthalate, (PET)) หนา 1 มิลลิเมตร ขนาด 20×70 มิลลิเมตร ที่มีสมบัติทางกลแสดงในตารางที่ 1 หลังการเตรียมชิ้นงานให้ได้ขนาดตามต้องการแล้ว ผู้วิจัยได้จับยึดชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม และพอลิเอทิลีน-เทอพาทาเลทแบบซ้อนเกยเพื่อทำการเชื่อม และแบ่งการวางชิ้นงานแบบซ้อนเกยเป็นสองลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2 โดยการจับชิ้นงานเชื่อมตามรูปที่ 2 ก ให้ชื่อว่าเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบน จากการจับชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบน เมื่อทำการเชื่อมด้วยแสงเลเซอร์ แสงเลเซอร์จะลงสู่ที่ผิวชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมแต่แสงเลเซอร์ไม่สามารถทะลุผ่านแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมลงสู่ผิวบนของพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทได้มีแต่ความร้อนเท่านั้นที่ถ่ายเทไปยังบริเวณผิวพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทที่สัมผัสกับเหล็กกล้าไร้สนิม ถ้าเราสามารถทำการเชื่อมติดโดยที่วางเหล็กกล้าไร้สนิมไว้ด้านบนได้แสดงว่าแสงเลเซอร์ไม่ควรมีผลโดยตรงต่อการเชื่อมของโลหะกับพลาสติก และรูปที่ 2 ข ให้ชื่อว่าพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอยู่ด้านบน ซึ่งเป็นการจับชิ้นงานในสภาวะปกติที่เชื่อกันและเป็นสภาวะควบคุมเพราะแสงเลเซอร์สามารถทะลุถึงบริเวณเชื่อมติดได้ ในการเชื่อมชิ้นงานผู้วิจัยได้เลือกใช้กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ YAG lamp 200 แอมแปร์ที่ power ratio 60% สำหรับการผลิตแสงเลเซอร์ และได้ปรับตัวแปรงานเชื่อมสองตัวแปร คือ ความเร็วของการเคลื่อนที่หัวเชื่อม หรือที่เรียกว่าความเร็วในการเชื่อม (Velocity) ที่ 8 10 12 มิลลิเมตรต่อวินาที และระยะห่างของโฟกัสกับผิวชิ้นงานที่แสงเลเซอร์ตกกระทบ ที่เรียกว่า ระยะโฟกัส (Focal position) 6 10 14 มิลลิเมตร ในขณะทำการเชื่อมอาร์กอนแก๊สถูกใช้ในการปกคลุมรอยเชื่อมในอัตราการไหล 15 ลิตรต่อนาที เมื่อเชื่อมเสร็จเรียบร้อยแล้วผู้วิจัยนำชิ้นงานเชื่อมมาตรวจสอบและตัดชิ้นงานภาคตัดขวางและขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100-1200 ตามด้วยการขัดมันเพื่อตรวจสอบบริเวณเชื่อมติด สุดท้ายผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถในการรับแรงดึงเฉือนของชิ้นงานเชื่อมระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท โดยการทดสอบแรงดึงเฉือนจะกระทำด้วยเครื่อง Universal testing machine ของ บริษัท Intron รุ่น 5582 ความเร็วที่ใช้ในการยึดชิ้นงานอยู่ที่ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที หลังการทดสอบผู้วิจัยทำการเก็บผลความสามารถในการรับแรงดึงเฉือน (Load resistance) และลักษณะรอยแตกหักของชิ้นงานเชื่อม



ก) เหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบน



ข) พอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอยู่ด้านบน

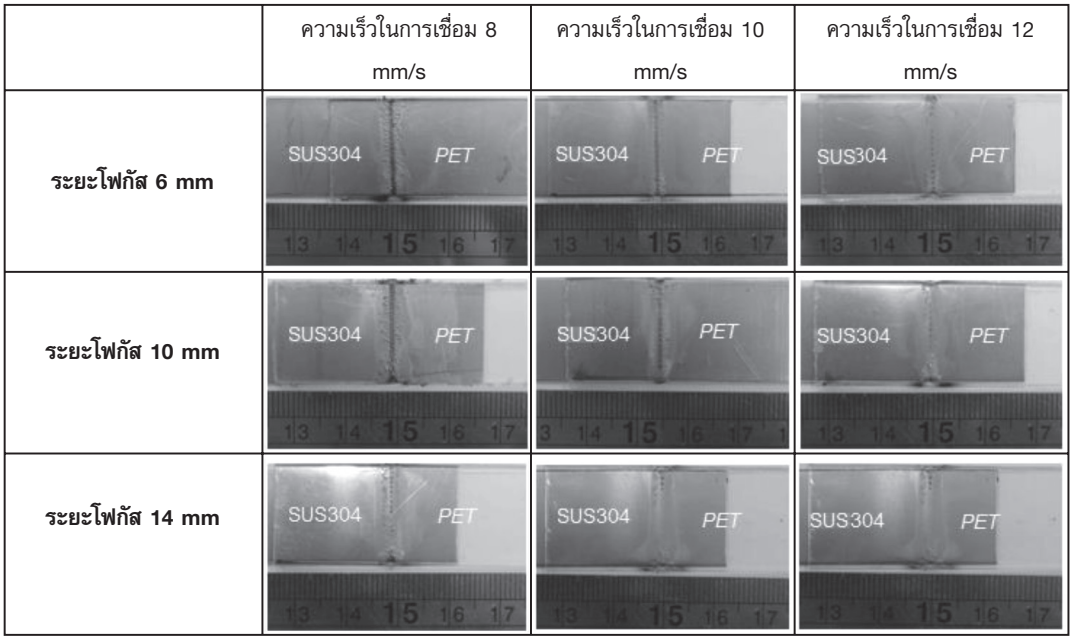
รูปที่ 2 ลักษณะการจับวางชิ้นงาน

3. ผลการทดลอง

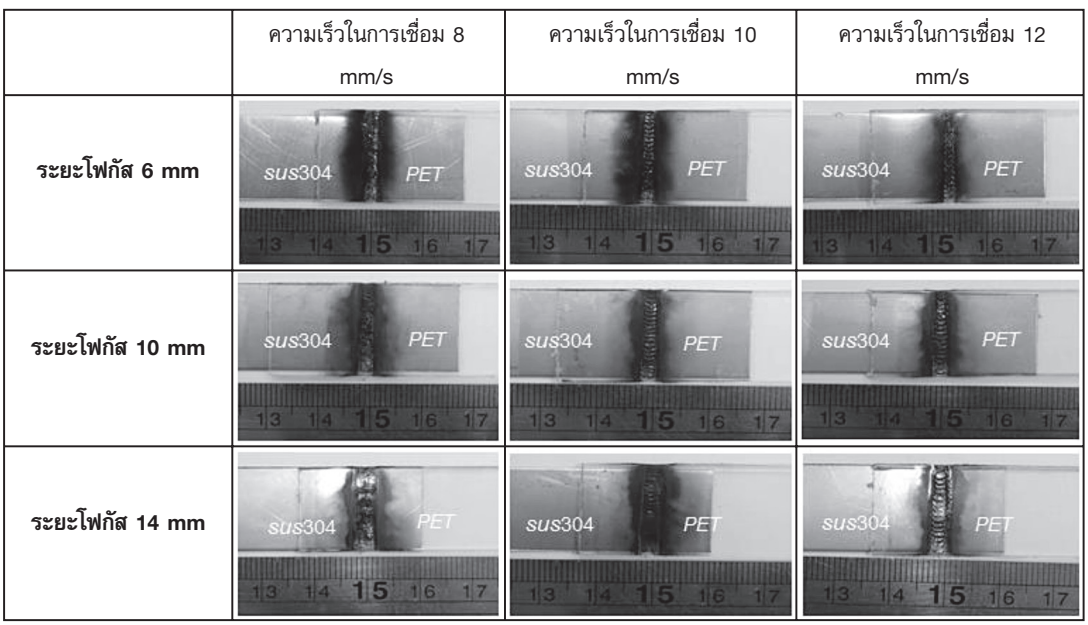
3.1 สภาวะการเชื่อมติด

หลังการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีน-เทอพาทาเลทด้วยเทคนิคการจับชิ้นงานทั้งสองพบว่าเราสามารถทำการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมให้ติดกับพอลิเอทิลีน-เทอพาทาเลทได้ทั้งสองวิธีการวางชิ้นงานเชื่อมแบบซ้อนเกย โดยลักษณะของชิ้นงานเชื่อมติดของเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลททั้งกรณีการเชื่อมที่เหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบน และพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอยู่ด้านบนแสดงในรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ จากผลการเชื่อมติด

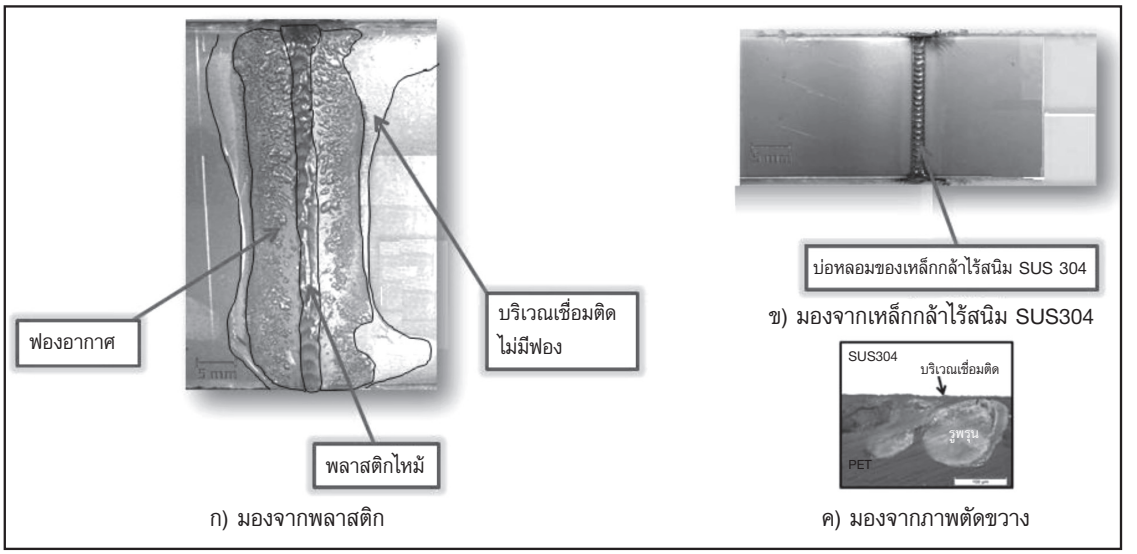
ดังกล่าวบ่งชี้ว่าแสงเลเซอร์ไม่ควรจะมีผลโดยตรงต่อการเชื่อมติดของเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท อย่างไรก็ตามเพื่อยืนยันว่าการเชื่อมติดกรณีที่วางเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบนไม่ได้เกิด จากการเกาะกันทางกลผู้วิจัยจึงได้ศึกษา ลักษณะของรอยเชื่อมในลำดับถัดไป



รูปที่ 3 ลักษณะของชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทกรณีเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบน



รูปที่ 4 ลักษณะของชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทกรณีที่วาง พอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอยู่ด้านบน

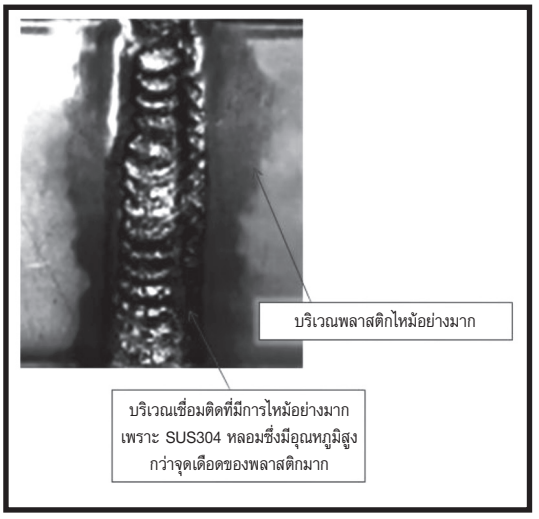


รูปที่ 5 ลักษณะของชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทกรณีที่เหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบน โดยใช้ความเร็วในการเชื่อม 12 mm/s ระยะโฟกัส 6 mm ณ
ก) มองจากด้านของพลาสติก ข) มองจากด้านของเหล็กกล้าไร้สนิม และค) มองจากภาคตัดขวางชิ้นงานเชื่อม

3.2 ลักษณะของชิ้นงานเชื่อมติดและความแข็งแรงของรอยเชื่อม

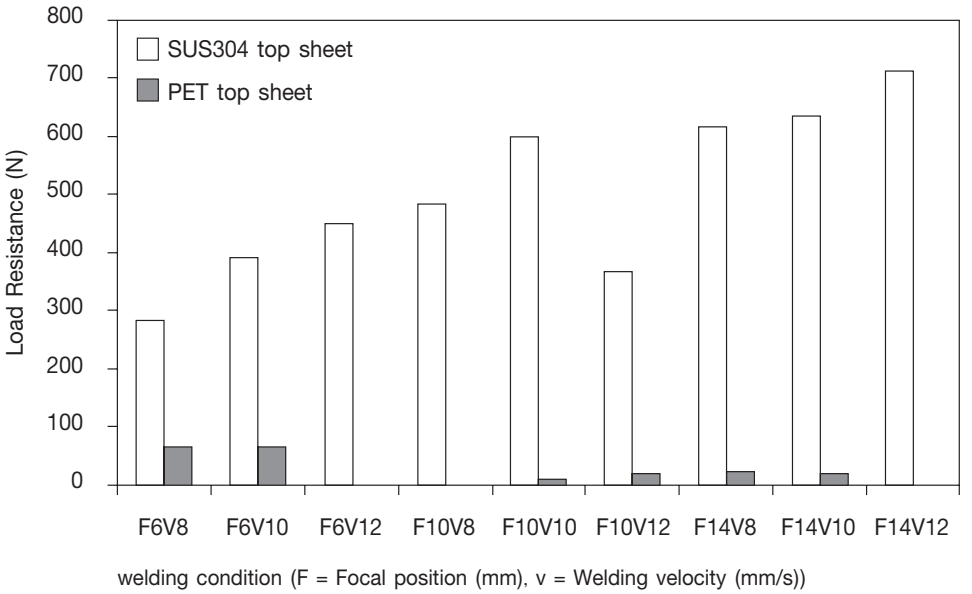
รูปที่ 5 แสดงลักษณะชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท และภาคตัดขวางของชิ้นงานเชื่อมกรณีเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบน จากรูปที่ 5-ก ซึ่งเป็นรูปชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทมองด้านพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทพบว่ารอยเชื่อมติดมีทั้งหมดสามบริเวณ คือ บริเวณที่เกิดการไหม้ บริเวณที่เกิดฟองก๊าซ และบริเวณเชื่อมติดที่ไม่พบฟองก๊าซ เมื่อทำการตรวจสอบชิ้นงานเชื่อม ณ สภาวะต่างๆ ในรูปที่ 3 จะพบว่าบริเวณที่เกิดรอยไหม้จะกว้างขึ้นเมื่อความเร็วในการเชื่อมลดลงและระยะโฟกัสน้อยลง โดยผลของตัวแปรงานเชื่อมต่อคุณภาพชิ้นงานในลักษณะดังกล่าวนี้ Tillmann และคณะ [6] ก็พบเช่นเดียวกัน สำหรับเหตุผลที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อความเร็วในการเชื่อมที่น้อยลงทำให้ความร้อนลงสู่ชิ้นงานมากขึ้นทำให้บริเวณที่พอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดหรือจุดเกิดการไหม้กว้างขึ้นชิ้นงานเชื่อมจึงไหม้กว้างขึ้น และเมื่อระยะโฟกัสน้อยลงทำให้ความเข้มข้นความร้อนลงสู่จุดเล็กๆ สูงขึ้นจึงเกิดการไหม้รุนแรงบริเวณเชื่อมเมื่อให้ความร้อนเท่ากัน (ความเร็วในการเชื่อมเดียวกัน) นอกจากนี้ในรูปที่ 5-ข เมื่อตรวจสอบชิ้นงานเชื่อมจากการมองชิ้นงานด้านเหล็กกล้าไร้สนิมพบว่าเหล็กกล้าไร้สนิมด้านที่แสงเลเซอร์ตกกระทบเกิดการหลอมละลาย แต่ด้วยความร้อนที่ลงสู่ชิ้นงานเชื่อมไม่มากพอทำให้ไม่เกิดการหลอมทะลุของเหล็กกล้าไร้สนิมดังจะเห็นได้จากรูปที่ 5-ค จึงทำให้ไม่เกิดการไหม้รุนแรงของพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท นอกจากนี้จากรูปที่ 5-ค แสดงภาคตัดขวางรอยเชื่อมพบรูพรุนซึ่งบ่งชี้ว่าอุณหภูมิของเนื้อพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท ณ บริเวณรอยต่อ สูงกว่าจุดเดือดของพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท แต่เป็นบริเวณไม่ลึกมากเมื่อเทียบกับความหนาของชิ้นงานพลาสติก และยิ่งไปว่านั้นจากรูปที่ 5-ค เราไม่พบการเสียรูปของผิวเหล็กกล้าไร้สนิมบริเวณเชื่อมติดแม้กำลังขยายจะสูงมากก็ตาม จึงทำให้เชื่อได้ว่าชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทติดกันเพราะการเกิดปฏิกิริยาของเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทไม่ใช่เกิดจากการเกาะกันทางกลและกลไกที่ทำให้เกิดการเชื่อมติดน่าจะถูกกระตุ้นด้วยความร้อนจากแสงเลเซอร์มากกว่าแสงเลเซอร์ไปมีบทบาทกับการเชื่อมติดดังที่ Katayama และคณะกล่าวไว้ [1] อนึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยไม่ได้ตรวจหาชั้นการเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมติดด้วยปัญหาไม่สามารถหาเครื่องมือวิเคราะห์ชั้นสูงที่เหมาะสมในการ

วัดได้ รูปที่ 6 แสดงลักษณะชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท กรณีพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอยู่ด้านบน จากรูปที่ 6 จะเห็นว่าชิ้นงานเชื่อมเกิดการไหม้อย่างรุนแรง เนื่องจากด้วยความเร็วในการเชื่อม กำลังแสงเลเซอร์ และระยะโฟกัสที่ใช้ทำให้แสงเลเซอร์ที่ทะลุผ่านแผ่นพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทลงสู่ผิวเหล็กกล้าไร้สนิมทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมเกิดการหลอมละลายอุณหภูมิบริเวณรอยเชื่อมต่อสูงเกินจุดหลอมเหลวของเหล็กกล้าไร้สนิมซึ่งสูงกว่าจุดเดือดของพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอย่างมากจึงทำให้เกิดการไหม้อย่างรุนแรงดังที่พบ ยิ่งไปกว่านั้นถ้าทำการตรวจสอบลักษณะการไหม้ของชิ้นงานเชื่อมกรณีที่วางพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอยู่ด้านบนในสภาวะการเชื่อมต่างๆ เราจะเห็นได้ว่าการไหม้จะลดลงเช่นเดียวกับการเชื่อมที่วางเหล็กกล้าไร้สนิมไว้ด้านบน กล่าวคือ การไหม้ของพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทจะลดลงเมื่อความเร็วในการเชื่อมสูงขึ้นและระยะโฟกัสมากขึ้นอนึ่งการตรวจสอบชิ้นงานเชื่อมภาคตัดขวางกรณีที่วางพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทไว้ด้านบนนั้นไม่สามารถทำได้เนื่องจากชิ้นงานเชื่อมเกิดการแตกหักขณะขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานจึงไม่สามารถนำมาแสดงได้ในที่นี้

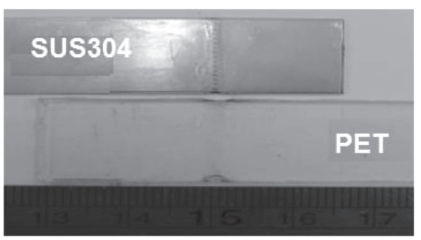


รูปที่ 6 ลักษณะของชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทกรณีที่วางพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอยู่ด้านบนของการจับวางชิ้นงานแบบซ้อนเกย ณ กำลังขยายสูงขึ้นมองจากด้านของพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท โดยใช้ความเร็วในการเชื่อม 8 mm/s ระยะโฟกัส 6 mm

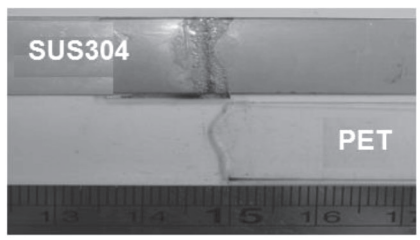
สำหรับผลการทดสอบความสามารถในการรับแรงดึงของชิ้นงานเชื่อม แสดงในรูปที่ 7 พบว่า ชิ้นงานเชื่อมที่จับวางแบบซ้อนเกย กรณีที่เหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบนมีความสามารถในการรับแรงดึงเฉือนสูงกว่ากรณีที่พอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอยู่ด้านบนทุกสภาวะการเชื่อม อาจเป็นเพราะกรณีที่วางพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทไว้ด้านบนนั้นทำให้พอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทเกิดการไหม้ หรือเสื่อมสภาพอย่างรุนแรงมากกว่ากรณีที่วางเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบน ทำให้ความแข็งแรงของรอยเชื่อมต่ำลงอย่างมาก นอกจากนี้ ถ้าทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบแรงดึงเฉือนของชิ้นงานเชื่อมกรณีที่วางเหล็กกล้าไร้สนิมไว้ด้านบนกับงานวิจัยอื่นๆ เช่นงานวิจัยของ Tillmann และคณะ [6] จะพบว่าค่าแรงดึงสูงสุดที่กลุ่มวิจัย W.Tillmann และคณะได้จากการทดสอบชิ้นงานเชื่อม เหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 กับ พอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอเลทที่ใช้การวางพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอเลทไว้ด้านบนของการเชื่อมเกยจะได้ค่าในช่วงประมาณ 22-78% ของความสามารถในการรับแรงของพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอเลท ขณะที่งานของผู้วิจัยได้ค่าประมาณ 28-70% ของความสามารถในการรับแรงของพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอเลท ยิ่งไปกว่านั้นจากการตรวจสอบลักษณะการแตกหักภายหลังทดสอบแรงดึง ดังแสดงในรูปที่ 8 พบว่า กรณีที่วางพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอยู่ด้านบน มีการแตกหักเกิดขึ้น ณ บริเวณ รอยเชื่อมต่อประเภทเดียว แตกต่างกับกรณีที่จัดวางเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบน ซึ่งมีรอยแตกหักสองลักษณะ คือ เกิดการแตกหักบริเวณรอยเชื่อมติด และแตกหักบริเวณชิ้นงานพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท จากผลการทดลองดังกล่าว อาจอนุมานได้ว่า ถ้าเพิ่มความเร็วในการเชื่อม และลดกำลังของแสงเลเซอร์ หรือเพิ่มระยะโฟกัสมากขึ้น น่าจะทำให้ชิ้นงานเชื่อมในกรณีที่วางพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทอยู่ด้านบนมีสมบัติที่ดีขึ้น



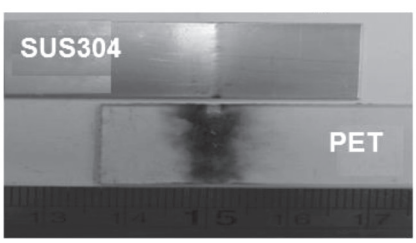
รูปที่ 7 ความสามารถในการรับแรงของชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับ พอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท ณ สภาวะการเชื่อมต่างๆ



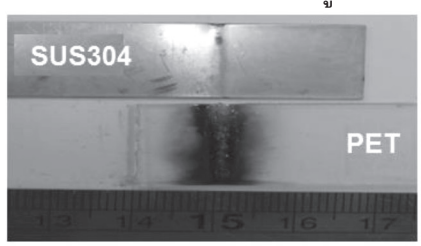
ก) ระยะโฟกัส 8 mm ความเร็วในการเชื่อม 12 mm/s และเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบน



ก) ระยะโฟกัส 8 mm ความเร็วในการเชื่อม 8 mm/s และเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบน



ค) ระยะโฟกัส 8 mm ความเร็วในการเชื่อม 12 mm/s และเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบน

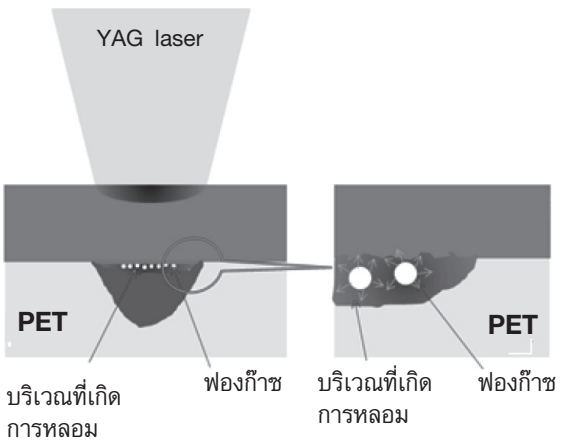


ก) ระยะโฟกัส 8 mm ความเร็วในการเชื่อม 8 mm/s และเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบน

รูปที่ 8 ตัวอย่างลักษณะรอยแตกหักของชิ้นงานเชื่อมหลังการทดสอบแรงดึงเฉือน

3.3 กลไกการเชื่อมติด

จากผลการทดลองข้างต้นทำให้เราสามารถสรุปได้ว่าแสงเลเซอร์ไม่มีผลต่อการเชื่อมติดแน่นอนเพราะรอยเชื่อมที่ได้จากการวางเหล็กกล้าไร้สนิมไว้ด้านบนมีความแข็งแรงสูงเทียบได้กับการวางชิ้นงานพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทได้ด้านบนขณะเชื่อม และด้วยกลไกการเชื่อมติดที่ Katayama และคณะ [1] นำเสนอนั้นมีแสงเลเซอร์มาเกี่ยวข้องทำให้อธิบายการเชื่อมติดได้ไม่สมบูรณ์นักและเพื่อทำให้กลไกการเชื่อมติดของเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทกรณีเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ด้านบนมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยใคร่ขอนำเสนอกลไกใหม่ซึ่งปรับปรุงจากงานของ Katayama และคณะ [1] ดังรูปที่ 9 จากรูปที่ 9 กลไกการเชื่อมติดมีแนวโน้มจะเกิดจากการที่พลังงานจากแสงเลเซอร์ที่ตกกระทบผิวเหล็กกล้าไร้สนิมเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและความร้อนได้กระจายตัวไปที่พอลิเอทิลีนเทอพาทาเลททำให้พอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทเกิดการหลอมเหลวและสลายตัวเกิดเป็นฟองซึ่งฟองดังกล่าวจะไปดันพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทบริเวณบ่อหลอมของพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทให้สัมผัสกับผิวเหล็กกล้าไร้สนิมและช่วยเอื้อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างผิวเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทที่นำมาทำการเชื่อม



รูปที่ 9 กลไกการเชื่อมติด

4. สรุป

จากผลการทดลองทั้งหมดผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าเลเซอร์ไม่มีผลโดยตรงในการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างผิวเหล็กกล้าไร้สนิมและบ่อหลอมของพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทในระหว่างการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทแต่มีผลทางอ้อมในการทำให้การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลทสามารถเชื่อมติดกันได้ โดยผลทางอ้อมของแสงเลเซอร์คือ แสงเลเซอร์ที่ตกกระทบบนผิวเหล็กกล้าไร้สนิมทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมร้อนขึ้น และความร้อนนี้เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมกับพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลท

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่อำนวยความสะดวกด้านเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้สำหรับงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

1. Seiji Katayama and Yousuke Kawahito, 2008 *Laser direct joining of metal and plastic*, Scripta Materialia, Vol. 59, pp. 1247–1250.

2. T. Sultana G.L. Georgie, R.J. Bairda, G.W. Aune, G. Newaz, R. Patwa, H.J.2009 Herfurth, Study of two different thin film coating methods in transmission laser micro- joining of thin Ti-film coated glass and polyimide for biomedical applications, *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials,* Vol. 2, Issue 3, pp. 237-242.

3. M. M. Wahbaa, S. Katayama, Laser direct joining of AZ91D thixomolded Mg alloy and amorphous polyethylene terephthalate, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol 211, Issue 6, pp. 1166-1174.

4. Xiao Wang, Xinhua Song, Minfeng Jiang, Pin Li, Yang Hu, Kai Wang, Huixia Liu, 2012 *Modeling and optimization of laser transmission joining process between PET and 316L stainless steel using response surface methodology*, Optics & Laser Technology, Vol. 44, pp. 656–663.

5. คณะอนุกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี เคมี 1 พ.ศ. 2536).

6. W. Tillmann, A. Elrefaey, L. Wojarski, 2010 Toward Process optimization in Laser Welding of Metal to Polymer, Mat.-wiss.u. Werkstofftech, Vol. 41(10), pp. 879-883.