



อิทธิพลของความเร็วเดินเชื่อมการเสียดทานแบบกวนต่อ

อลูมิเนียม 6063 และอลูมิเนียม 7075

วิชัย พุ่มจันทร์ กิตติพงษ์ กิมพงษ์²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ รหัสไปรษณีย์ 77110

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลชัยบุรี
อำเภอชัยบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110

wichai.pumchan@hotmail.com

บทคัดย่อ

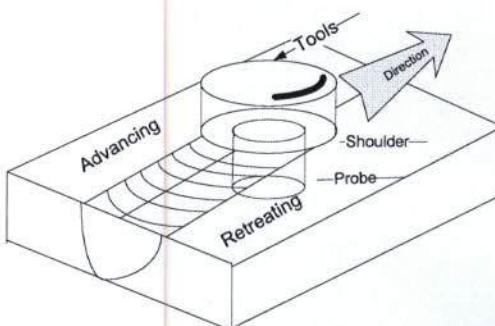
งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์หลัก เพื่อศึกษาการเชื่อมเสียดทานแบบกวน ในการเชื่อมอลูมิเนียมผสมแม่เหล็กเกรด 6063 และ 7075 โดยทำ การเปลี่ยนแปลงด้วยการ ความเร็วเดินแนวเชื่อม และทำการ ตรวจสอบความด้านทางแรงดึงและโครงสร้าง宏观ของชิ้นงาน ผลการทดลองโดยสรุปพบว่า ด้วยการ เชื่อมที่ทำการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่ทำให้แนวเชื่อมไม่มีความสมบูรณ์ และเกิด จุด บกพร่องในแนวเชื่อม เมื่อความเร็วเดินเชื่อมไม่เหมาะสม แต่ ยังคงส่งผลให้โลหะเชื่อมนั้น มีความแข็งแรงสูงกว่าโลหะหลักที่ใช้ ในการเชื่อม สำหรับการพัฒนาของแนวเชื่อมที่มีความสมบูรณ์ เกิดที่ด้านอลูมิเนียมหลัก 6063 ซึ่งเป็นโลหะที่มีความแข็งแรงต่ำ กว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอลูมิเนียม 7075 สามารถเชื่อมที่หัวค่า ความแข็งแรงสูงสุด 108 MPa คือ ความเร็วรอบ 1600 rpm ความเร็วเดินแนวเชื่อม 50 mm/min

คำสำคัญ อลูมิเนียมผสม; การเชื่อมอลูมิเนียม; การเชื่อมเสียดทานแบบกวน; รอบต่อชั่น; ความแข็งแรงดึง

1. บทนำ

การเชื่อมอลูมิเนียมผสมด้วยการเสียดทานแบบกวน (Friction Stir Welding: FSW) ถูกพัฒนาขึ้นในปี 1991 ซึ่งเป็นการ เชื่อมวัสดุในสภาวะแข็ง เพื่อเชื่อมวัสดุที่ยากต่อการเชื่อมด้วยการ เชื่อมหลอมละลาย (Conventional Fusion Welding) [1] ซึ่ง ปัจจุบันการเชื่อมเสียดทานแบบกวน “ได้มีการประยุกต์ใช้อย่างมี ประสิทธิผลในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องยนต์ รถยนต์ และเรือเดิน สมุทร ซึ่งการเชื่อมลักษณะนี้ให้สมรรถภาพกล่องแนวเชื่อมที่ดีใน บริเวณแนวเชื่อม (Weld Zone) เมื่อเปรียบเทียบกับการเชื่อมแบบ หลอมละลาย [2] ลักษณะของการเชื่อมการเสียดทานแบบกวน แสดงในรูปที่ 1 ด้วยการเสียดทานแบบกวนจะมีลักษณะดังนี้ ได้แก่ การเสียดทานแบบกวนจะมีลักษณะเป็นร่องลึกๆ ที่ลึกกว้างประมาณ 1/3 ของเส้นผ่านศูนย์กลาง ลักษณะนี้จะช่วยให้เกิดการซึมซับของวัสดุที่เสียดทานเข้าไปในร่องดังกล่าว ทำให้เกิด ความร้อน และทำให้วัสดุเกิดการอ่อนตัวเคลื่อนที่รอบด้วย ภัยไปทิ้งของเครื่องมือเชื่อม เมื่อตัววัสดุเกิดการเคลื่อนที่ วัสดุที่ อ่อนตัวและเกิดการกวนอยู่ใต้ด้านหน้าของตัววัสดุ จะถูกถ่ายเทมาสู่ ด้านหลังตามทิศทางการหมุนของตัววัสดุทางด้านเรียบทั้ง สองส่วนให้จากด้าน หลังด้านหน้าด้านแรกและด้านซึ่ง (ด้านเรียบ)

กี คือ ด้านที่ทิศทางการหมุนของตัววัสดุทางด้านหน้ากับทิศทางการ เชื่อม ขณะที่ด้านแอดวานซ์ด้านซึ่ง คือ ด้านที่ทิศทางการหมุนของตัว วัสดุทางด้านหน้ากับทิศทางการเชื่อม จากนั้นเมื่อวัสดุสูงผ่านรอบๆ ตัว วัสดุและตัววัสดุเกิดการเคลื่อนที่ป้าด้าน หลังของเครื่องมือเชื่อม จะกด อัด และสนับสนุนให้เกิดการรวมตัวกันขึ้นเป็นแนวเชื่อม [3]



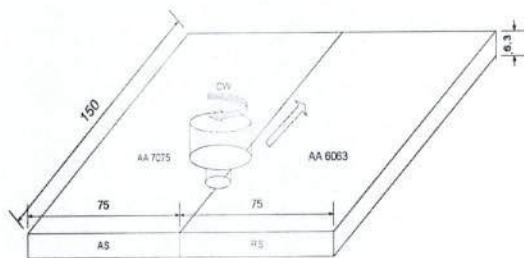
รูปที่ 1. การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน

ในปัจจุบันมีงานวิจัยและการนำไปประยุกต์ใช้ FSW ใน การ เชื่อมอลูมิเนียมเกรดต่างๆ มากมาย เช่น การศึกษาอิทธิพลของ การหมุนและความเร็วเดินเชื่อม ที่มีผลต่อสมรรถภาพของ อลูมิเนียมผสมเกรด AA6056 [4] หรือการศึกษาการใช้ตัววัสดุที่มี ลักษณะปลายทางกระบอกตัวดีกึ่งและตัดตรง ที่มีผลต่อสมรรถภาพ กล่องอลูมิเนียมผสมเกรด AA6063-T6 [5] หรือการศึกษาขนาด ของป่าและขนาดของเครื่องมือเชื่อมที่ได้มีการศึกษาในอลูมิเนียม ผสมเกรด AA6061 [6] สำหรับการประยุกต์ใช้ในลักษณะอื่นๆ เป็น การเชื่อมในอลูมิเนียมผสมต่างเกรด ซึ่งมีการเชื่อมในอลูมิเนียม ผสมระหว่างเกรด EN AW 2024-0 และ EN AW 5754-H22 [7] การศึกษาสมรรถภาพของกล่องของการเชื่อมอลูมิเนียมผสมเกรด AA 2024 และ AA 7075 [8] เป็นต้น การศึกษาเหล่านี้ได้มีรายงานความ แข็งแรงของรอยต่อชั้นเหล็กนี้ มีค่าสูงกว่าอลูมิเนียมที่ใช้เป็นวัสดุ ในการเชื่อม อย่างไรก็ตามในกรณีของอิทธิพลของความเร็วเดิน เชื่อมอลูมิเนียมผสมเกรด AA6063 และ AA7075 ยังไม่เคยมี รายงานไว้และเป็นฐานข้อมูลในการวิจัย ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสิ่งที่



นำเสนอ ในการประยุกต์ใช้การเชื่อมการเสียดทานแบบกวน ในการ เชื่อมอลูมิเนียมพสม์ต่างเกรดกันนี้ และทำการตรวจสอบโครงสร้าง จุลภาค และสมบัติทางกลของแนวเชื่อมเพื่อเตรียมข้อมูลในการ ประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมต่อไป

2. วิธีการทดลอง



รูปที่ 2. มิติของชิ้นงาน (หน่วย: มม.)

อลูมิเนียมพสม์เกรด AA6063 และอลูมิเนียมพสม์เกรด AA7075 ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 1 อลูมิเนียมที่ใช้มี ความหนา 6.3 มิลลิเมตร ถูกตัดให้ได้ขนาดกว้าง 75 มิลลิเมตร ความยาว 150 มิลลิเมตร

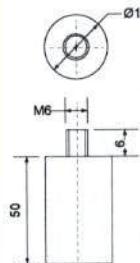
ตารางที่ 1. ส่วนผสมทางเคมีของอลูมิเนียมพสม์ AA6063

ส่วนผสมทางเคมี	Si	Fe	Cu	Mg	Al
6063	0.35	0.25	0.1	0.45	Bal.

ตารางที่ 2. ส่วนผสมทางเคมีของอลูมิเนียมพสม์ AA7075

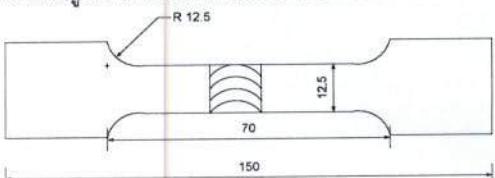
ส่วนผสมทางเคมี	Zn	Mg	Cu	Cr	Al
7075	5.1	2.1	1.2	0.18	Bal.

จากนั้นนำมาต่อชานกับเล็กๆ ดังรูปที่ 2 โดยทางอลูมิเนียม พสม์ AA 6063 ไว้ทางด้านนอกตามท้อง และอลูมิเนียม AA 7075 ไว้ทางด้านในหรือท็อป ซึ่งจะถูกตอกยูบนอุปกรณ์จับยึด เพื่อ ป้องกันการเคลื่อนที่ของชิ้นงานขณะทำการเชื่อม สำหรับเครื่องมือ ในการเชื่อมที่ใช้ก็คือเครื่องมือ SKD11 มีรูปร่าง ทรงกระบอก โดยเส้นผ่าศูนย์กลางของปาร์เซอร์มีค่า 18 มิลลิเมตร ตัวงานมีรูปร่างเป็นแฉกเล็กๆ ทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์ กลางขนาด 6 มิลลิเมตร มีระยะเพดเดลที่ต่อกัน 1 มิลลิเมตร และมี ความยาว 6 มิลลิเมตรดังแสดงในรูปที่ 3 เครื่องมือ เชื่อมอ่อนหัก ที่มุกกับแกน Z ของเครื่องจักร 2 ลักษณะ



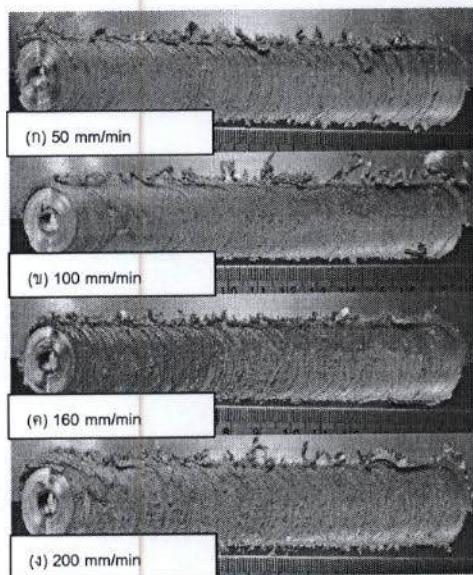
รูปที่ 3. มิติของเครื่องมือเชื่อม (หน่วย: มม.)

สำหรับความเร็ว rob ของตัวงานมีค่า 1000 rpm มีพิเศษ ทำการหมุนตามเข็มนาฬิกา เดินเรื่อยมาไปตามแนวต่อชานมีการ เปลี่ยนแปลงค่าความเร็วเดินแนวเชื่อมจาก 50 ถึง 200 มิลลิเมตร ต่อนาที เมื่อทำการเชื่อมเสร็จสมบูรณ์ ชั้นงานเชื่อมจะถูกนำมาราบ การเตรียมชิ้นทดสอบความแข็งแรงด้วยมาตรฐาน AWS D1.2 ที่มีขนาดมิติชิ้นทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4 และแนวเชื่อมบริเวณ กึ่งกลางทิศทางเดินเชื่อมจะถูกตัด และนำมาตรวจสอบโครงสร้าง มหาศาล ในพิศทางดังjakabทิศทางการเชื่อม เพื่อเปรียบเทียบ ความสมบูรณ์กับความด้านทางแรงดึงของรอยต่อต่อไป



รูปที่ 4. ชิ้นงานทดสอบความแข็งแรงดึง (หน่วย: มม.)

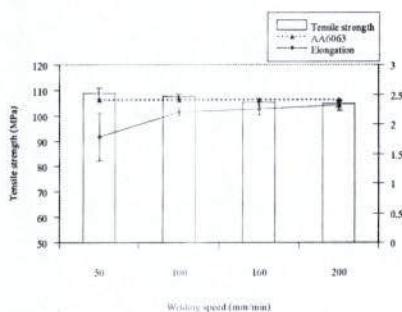
3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล



รูปที่ 5. ผิวหน้าแนวเชื่อมที่ความเร็ว rob 1600 rpm และ ความเร็วเดินแนวเชื่อมต่างๆ (หน่วยสเกล: ซม.)



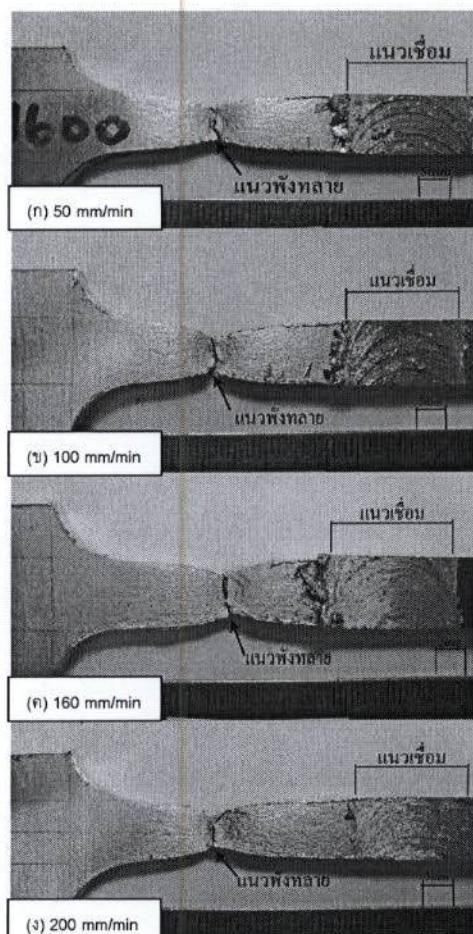
รูปที่ 5 แสดงผิวน้ำหน้าแนวเชื่อมที่การเย็บองศา เครื่องมือเชื่อม 2 องศา ความเร็วของเครื่องมือเชื่อม 1600 รอบต่อนาที อัตราความเร็วเดินเชื่อม 50, 100, 160 และ 200 มิลลิเมตรต่อนาที ในรูปที่ 5 (ก)-(ง) ตามลำดับ ที่ด้วยปริมาณผิวน้ำหน้าแนวเชื่อมยังคงไม่เรียบเหมือนกับการเชื่อมวัสดุเดียว กับ และผิวน้ำหน้าแนวเชื่อมที่สังเกตได้ยังคงเป็นขั้นเกล็ดในทุกอัตราความเร็วเดินเชื่อม ลักษณะเป็นเกล็ดที่เกิดขึ้นเมื่อลักษณะเท่ากัน ประกอบกับการเกิดร่องบวบบนด้านข้างแนวเชื่อมทั้งสองด้านแต่ร่องลึกต่าง ซึ่งเป็นด้านของอุ碌ูมีเนียมพสม 6063 จะมีขนาดใหญ่กว่าด้านแอดเวนชั่น [3] ซึ่งเป็นด้านของอลูมิเนียมพสม 7075 ครึ่งนึงบางส่วนสามารถใช้เมื่อถึงให้ขาดออกได้ อย่างไรก็ตามที่ด้วยปริมาณผิวน้ำหน้าแนวเชื่อมที่เกิดขึ้นให้หายไปได้แต่สังเกตได้ว่ามีขนาดลดลง กว่าด้วยปริมาณที่แสดงก่อนหน้านี้ ผู้ทดสอบคาดว่าการเย็บมุ่มเครื่องมือ ประกอบกับความเร็วของเครื่องมือเชื่อม และอัตราความเร็วเดินเชื่อมที่เหมาะสม สามารถลดขนาดของครีบ หรือเมื่อทำการเชื่อมในสภาวะที่เหมาะสมแล้วครีบที่เกิดขึ้นสามารถถูกหัวออกจากแนวเชื่อมได้



รูปที่ 6. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเดินเชื่อม และ ความแข็งแรงดึง

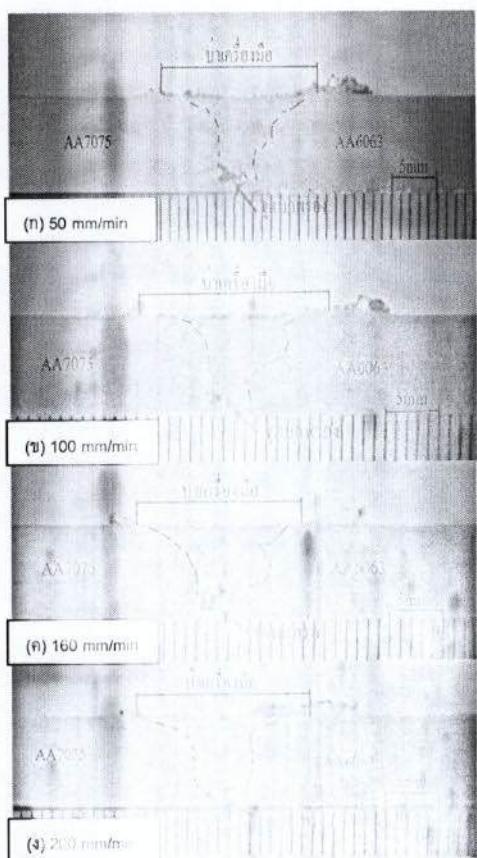
ผลของการทดสอบความด้านทานแรงดึงแสดงในรูปที่ 6 เป็นการแสดงถึงความด้านทานแรงดึงของด้วยการเย็บ เครื่องมือ 2 องศา ความเร็วของเครื่องมือ 1600 รอบต่อนาที อัตราความเร็วเดินเชื่อม 50, 100, 160 และ 200 มิลลิเมตรต่อนาที จากผลได้ แสดงในรูปที่ 6 ถ้าความด้านทานแรงดึงสูงสุดคือ 108 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ของอัตราความเร็วเดินเชื่อม 50 มิลลิเมตรต่อนาที เมื่ออัตราความเร็วเดินเชื่อมเพิ่มขึ้น ถ้าความด้านทานแรงดึงมีแนวโน้มต่ำลงโดยมีสัดส比ที่ อัตราความเร็วเดินเชื่อม 200 มิลลิเมตรต่อนาที ให้กับความด้านทานแรงดึงเท่ากับ 104 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และในรูปที่ 7 แสดงการพังกลายของชิ้นงานทดลองเมื่อผ่านการทดสอบแรงดึง การพังกลายที่เกิดขึ้นในหลายความเร็วเดินเชื่อม การพังกลายล้วนใหญ่เกิดขึ้น ด้านอลูมิเนียมเกรด AA 6063 ที่เป็นวัสดุหลัก [3] เมื่อนำมาถูกทดสอบที่อัตราความเร็วเดินเชื่อมที่ได้มาปรับเปลี่ยน ขนาดของบุบพร่องที่เกิดขึ้นภายในแนวเชื่อมที่วัดตามแนวแกน X และแนว Y และตรวจสอบโครงสร้างมวลมากของแนวเชื่อม และดังรูปที่ 9 การพังกลายที่เกิดขึ้นหลังจากผ่าน

การทดสอบความด้านทานแรงดึง พบว่า ที่อัตราความเร็วเดินเชื่อม 50 มิลลิเมตรต่อนาที ให้ขันดัดที่วัดตามแนวแกน X และ แนว Y มีขนาดโดยที่สุด คือวัดตามแนวแกน X ได้ 2.8 มิลลิเมตร วัดตามแนวแกน Y ได้ 1.2 มิลลิเมตร

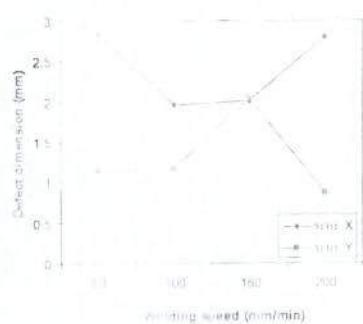


รูปที่ 7. การพังกลายของชิ้นทดสอบที่ความเร็วเดินเชื่อมต่างๆ

จากจุดบุบพร่องขนาดใหญ่ในแนวที่จะทำให้แนวเชื่อมมีความด้านทานแรงดึงต่ำที่ต่ำกว่าความด้านทานแรงดึงที่ได้ก็ไม่แตกต่างกัน สาเหตุอาจเกิดจากการพังกลายในทุกอัตราความเร็วเดินเชื่อม การพังกลายเกิดขึ้นกับวัสดุหลัก ยังคงทำให้แนวเชื่อมมีความแข็งแรงแม้ว่าจะมีขนาดใหญ่ก็ตาม สังเกตได้ในรูปที่ 8 (ก) เปรียบเทียบกับ รูปที่ 8 (ค) ซึ่งจุดบุบพร่องมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทำให้มีผลกระทบต่อความด้านทานแรงดึง ทำให้ได้ค่าที่ได้ต่ำ แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะเกิดจุดบุบพร่องภายในแนวเชื่อมยังคงมีความแข็งแรงสังเกตได้จากการพังกลายของชิ้นงานทดลองที่ผ่านการทดสอบความด้านทานแรงดึง ในทุกอัตราความเร็วเดินเชื่อมชิ้นงานทดสอบจะขาดทางด้านวัสดุหลักอลูมิเนียมพสม 6063 ซึ่งมีความด้านทานแรงดึงน้อยกว่าด้านอลูมิเนียมพสม 7075



รูปที่ 8. ภาพรังสี X แสดงลักษณะของรอยเชื่อมที่ผลิตขึ้นด้วยความเร็วต่างๆ



รูปที่ 9. ภาพแสดงขนาดของรอยบุบbling ของพื้นที่เชื่อม

4. สรุป

การทดลองของเรานี้ได้ทำการวิเคราะห์ถึงลักษณะแบบกวนใน การเชื่อมร่องตื้อของอลูมิเนียม ที่มีเยื่อและเรซิเกอร์ AA6063 และ อลูมิเนียมแผ่นวัสดุ AA7075 โดยการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเดินแนว สามารถระบุได้ว่าความเร็วต้องอยู่ในช่วงที่ดีที่สุด

- ความเร็วต้องอยู่ในช่วงที่ดีที่สุด คือ ความเร็วเดินแนวเชื่อมที่ ก่อให้เกิดความไม่สมบูรณ์ของผิวหน้าแนวเชื่อม

- ความแข็งแรงของแนวเชื่อมที่ได้ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของโครงสร้างที่มีความสมบูรณ์ แสดงการพังทลายของชั้นทดสอบที่บริเวณอลูมิเนียมหลักด้านอลูมิเนียมผสมเกรด 6063 ขณะที่ชั้นงานที่มีจุดกพร่องนั้น เกิดการพังทลายที่บริเวณโลหะเชื่อมที่远端 จุดกพร่อง
- โครงสร้างที่มีความสมบูรณ์ และไม่เกิดจุดกพร่องแสดงการไหลเข้ามารวมกันของอลูมิเนียมทั้งสองชนิดได้อย่างต่อเนื่อง แต่ไม่แสดงการร้อนนักเทกกลม เมื่อนองค์การเชื่อมอลูมิเนียมเกรดเดียวกัน
- สภาวะการเชื่อมที่ดีที่สุด คือ แนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยความเร็วต่ำ 1600 รอบต่อนาที ความเร็วเดินแนวเชื่อม 50 มิลลิเมตรต่อนาที ความเอียงตัวกว้าง 2 องศา ที่แสดงแนวเชื่อมมีความสมบูรณ์ และมีค่าความแข็งแรงตั้ง 108 MPa

เอกสารอ้างอิง

- Thomas, W.M., Nicholas, E.D., Needham, J.C., Murch, M.G., Templesmith, P. and Dawes, C.J. 1991. Friction Stir Welding. G.B. Patent Application No. 9125978.8.
- Thomas, W.M. and Nicholas, E.D. 1997. Friction Stir Welding for the Transportation Industries. Materials and Design. 18: 269-273.
- กิตติพงษ์ กิตติพงษ์. 2551. อิทธิพลความเร็วเดินแนวของ การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนต่อความแข็งแรง ของรอยต่อชนิดอลูมิเนียม 6063-T1. วิศวกรรมสารสนับสนุนวิจัย และพัฒนา, 19-3: 47-51.
- A. Squillace, T. Segreto, U. Prisco, Teti, G. Campanile. 2006. Optimization of Friction Stir Welds of Aluminum alloys. IPROM, 135: 189-195.
- บรรจิต คงเนตรธรรม และสมนึก วัฒศรียุก. 2550. การเปรียบเทียบกระบวนการเชื่อมเสียดทานหมุนกวนอลูมิเนียม เสือ AA6063-T6 ระหว่างผลลัพธ์แทนหมุนกรงระบบหัวตัด ตรงกับหัวโถ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2550. ภูเก็ต, ประเทศไทย, 24-26 ตุลาคม 2550: แผ่นซีดีrom
- Elangovan, K., Balasubramanian, V. 2008. Influences of tools pin profile and tool shoulder diameter on the formation of friction stir processing zone in AA6061 aluminum alloys. Materials and Design. 29: 362-373.
- Vural, M., Ogur, A., Cam, G., Ozarpa, C. 2007. On the friction stir welding of aluminum alloys EN AW 2024-O and EN AW 5754-H22. Mat.Sci. and Eng.A, 28: 49-54.



- [8] Cavaliero, P., Corri, E. 2005. Mechanical response of 2024-T075 aluminum alloys joined by Friction Stir Welding. *Journal of Materials Science*, 40: 3669-3679.

- [9] นราธิป แสงชัย, ลงกรณ์ บางครันย์พิพิธ,
กิตติ พงษ์กันจะงศ์, 2551. อิเล็กทรอนิคส์
กวนต่อความต้านทานแรงดึงของร้อนบดอ่อน
อัลミニียม AA 6063-T1. การประชุมวิชาการ
ช่างยานพาณิชยกรรมอุตสาหการประจำปี 2551.
สงขลา, ประเทศไทย, 20-22 ตุลาคม 2551: แผ่น
ซีดีรอม