

การศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิในกระบวนการเชื่อมเสียดทาน The Study of Thermal Distribution in Friction Welding

ปกรณ์ อุ่นโฮง*, ขวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์ และ รัชดา โสภาคะยัง

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

*ติดต่อ: E-mail: papa_a15@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 045-353309, เบอร์โทรสาร 045-353308

บทคัดย่อ

ในกระบวนการเชื่อมเสียดทานมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและความแข็งแรงของรอยเชื่อม ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในการเชื่อมเสียดทาน คือ การกระจายตัวของอุณหภูมิระหว่างทำการเชื่อมเสียดทาน หรือ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมเสียดทาน วัสดุที่ใช้ทำการทดลองเป็นเหล็กคาร์บอนปานกลาง AISI 1040 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 13 mm. ยาว 70 mm. ภายใต้เงื่อนไขการทดลอง ได้แก่ เวลาในการเสียดทาน 10 sec แรงดันในการเสียดทาน 30 bar เวลาในการใช้แรงอัด 5 sec แรงดันในการอัด 30 bar และความเร็วยกในการเชื่อมเสียดทาน 1,300 rpm ทำการวัดอุณหภูมิระหว่างทำการเชื่อมเสียดทานโดยใช้กล้องอินฟราเรด ได้อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 1,122°C บทความนี้จะนำเสนอลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์หลังจากการเชื่อม

คำหลัก: กระบวนการเชื่อมเสียดทาน การกระจายตัวของอุณหภูมิ เหล็กคาร์บอนปานกลาง

Abstract

There are many factors in friction welding process that result to quality and strength of joint. This study is aimed in to investigate the most important factor which is temperature distribution. The experiment was conducted using AISI 1040 steel rods. The specimen was 13 mm. of diameter and 70 mm. long. The welding condition was 10 sec of friction time, 30 bar of friction pressure, 5 sec of upset time, 30 bar of upset pressure and 1,300 rpm of rotational speed. The temperature distribution was recorded by infrared camera. The maximum temperature during welding process was 1,122 °C. This paper presents temperature distribution through the welding process. The data in useful to explain the property of joint after welding.

Keywords: Friction welding process Thermal distribution steel rods

1. บทนำ

การเชื่อมนับเป็นกระบวนการที่สำคัญในงานทางด้านวิศวกรรม จึงมีการคิดค้นและพัฒนาเทคนิคการเชื่อมในรูปแบบต่างๆอย่างต่อเนื่อง สำหรับกระบวนการเชื่อมเสียดทานนั้นถือว่าได้รับความนิยมมากขึ้นจากในอดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากข้อดีหลายด้านของกระบวนการเชื่อมเสียดทาน เช่น สามารถเชื่อมวัสดุที่ต่างชนิดกันได้ ได้งานที่ละเอียด เชื่อมติดกันทั้งพื้นที่หน้าตัด ไม่ใช้วัสดุที่เป็นตัวช่วยประสาน จากคุณสมบัติที่เกิดขึ้นของกระบวนการเชื่อมเสียดทานเองส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพและความแข็งแรงของรอยเชื่อม

โดยมีผู้ที่ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระหว่างการเชื่อมเสียดทาน ได้แก่ Hazman Seli , Ahmad Izani Md. [1] ได้ทำการทดลองวัดอุณหภูมิการเชื่อมเสียดทาน ระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำกับอลูมิเนียม ทำการทดลองโดยใช้ Thermo couple (Type-k) โดยเชื่อมสาย Thermo couple ติดกับอลูมิเนียมซึ่งเป็นชิ้นงานที่อยู่กับที่มีระยะห่างจากจุดเสียดทาน 2 mm และ 10 mm เงื่อนไขในการเชื่อมเสียดทานมี ความเร็วรอบ 900 rpm แรงดันในการเสียดทาน 15 MPa เวลาในการเสียดทาน 3.15 Sec เวลาในการอัด 0.86 Sec แรงดันในการอัด 25 MPa ผลการทดลองพบว่า การถ่ายเทความร้อนจากการเชื่อมเสียดทานมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุด 568 °C ที่เวลา 3.15 Sec ระยะ 2 mm และอุณหภูมิค่อยๆลดลงเหลือ 112 °C ที่เวลา 6.3 Sec ในระยะ 10 mm Wen-Ya Li , Tiejun Ma , Jinglong Li. [2] ได้ศึกษาการเชื่อมเสียดทานเชิงเส้นหรือในแนวเส้นตรง โดยแบบคำนวณทางคณิตศาสตร์ ใช้โปรแกรม ABAQUS/Explicit 2D ชิ้นงานที่ใช้ทดลองเป็นอลูมิเนียมอัลลอยด์ ทั้งสองชิ้นงาน มีขนาดความกว้าง 17 mm ความยาว 40 mm ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ความกว้าง (Amplitude) 2.5,3.5,4.5 mm ความถี่ (Oscillation frequency) 25,35,45 Hz และเวลาในการเสียดทาน (Friction pressure) 20,40,60 MPa จากผลการทดลองพบว่า ที่เวลา 1 Sec อุณหภูมิอยู่ที่ 974.72 °C ที่ 2 Sec อุณหภูมิอยู่ที่ 1015.02°C ที่ 3 Sec อุณหภูมิอยู่ที่ 1003.31 °C ที่ 4 Sec อุณหภูมิอยู่ที่ 1002.87°C Wenya Li , Feifan Wang. [3] ได้ทำการศึกษาทดลอง โดย การใช้โปรแกรม ABAQUS ออกแบบทดลองการเชื่อมเสียดทานโดยเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ในแบบ 2D มีเงื่อนไขดังนี้ คือ เวลาในการเสียดทาน 3.5 Sec เวลาในการอัด 0.1 Sec แรงดันใน

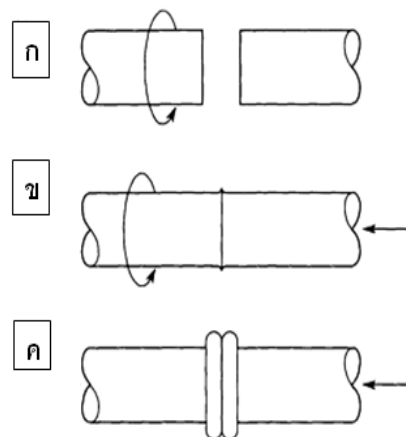
การเสียดทาน 200 MPa แรงดันในการอัด 400 MPa และความเร็วยรอบ 1,200 rpm ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ช่วงเวลาต่างๆ โดยที่เวลา 0.1 – 1.5 Sec อุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 1,000 °C และเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 1,200 °C ที่เวลา 3.5 Sec

ในส่วนของการศึกษาเกี่ยวกับการกระจายตัวของอุณหภูมิระหว่างการเชื่อมเสียดทานนี้ ผู้ที่ศึกษาเรื่องการเชื่อมเสียดทานยังให้ความสำคัญน้อย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิระหว่างการทำการเชื่อมเสียดทานและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของชิ้นงานหลังการเชื่อม

2. เครื่องมือและวิธีการทดลอง

2.1 แนวคิดเบื้องต้นของกระบวนการเชื่อมเสียดทาน

หลักการเชื่อมเสียดทาน อาศัยหลักการเปลี่ยนแรงเสียดทานของการเชื่อมเสียดทานเป็นพลังงานความร้อนให้พื้นที่สัมผัสของชิ้นงานหลอมติดกันที่เวลาค่าหนึ่ง ในการเชื่อมนั้นทำได้โดยการหมุนชิ้นงานหนึ่งด้วยความเร็วและแรงบิดค่าหนึ่ง ดังได้แสดงในรูปที่ 1 (ก) จากนั้นเพิ่มแรงดัน ดันชิ้นงานให้สัมผัสและเสียดสีกันกับชิ้นงานที่ยึดติดอยู่กับที่ โดยกำหนดเวลาในการเสียดทานที่เหมาะสมขึ้นมา จนชิ้นงานทั้งสองเกิดความร้อนและหลอมละลายติดกันดังได้แสดงในรูปที่ 1 (ข) ขั้นตอนสุดท้ายเป็นขั้นตอนของการเพิ่มแรงดันในการอัด อัดชิ้นงานอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ชิ้นงานเกิดการเชื่อมติดกันมากขึ้นและแข็งแรงดังแสดงในรูปที่ 1 (ค) หลักการดังกล่าวอาศัยตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความเร็วยรอบ แรงบิด ระยะเวลาในการเพิ่มแรงในแนวแกน และค่าของแรงดันในแนวแกนที่เพิ่มในแต่ละช่วงของการเชื่อม เป็นต้น



รูปที่ 1 หลักการเบื้องต้นของกระบวนการเชื่อมเสียดทาน

2.2 เครื่องเชื่อมเสียดทาน

เครื่องเชื่อมเสียดทานมีหลักการทำงานตามขั้นตอนต่างๆที่ได้แสดงไว้แล้วในตอนต้น ซึ่งเกือบจะทั้งหมดของเครื่องเชื่อมเสียดทานอาศัยการปรับตั้งค่าก่อนทำการทดลองที่เป็นแบบ Manual ผู้ทำการทดลองเองจะต้องมีความละเอียดและรอบคอบในการปรับตั้งค่าก่อนทำการทดลองทุกครั้ง เครื่องเชื่อมเสียดทานที่ใช้ในการศึกษาเป็นเครื่องต้นแบบที่ได้พัฒนาตามแนวคิดและหลักการทำงานเบื้องต้น โดยมีมอเตอร์ขนาด 5 Hp เป็นต้นกำลังในการหมุนชิ้นงาน และระบบไฮดรอลิกใช้ในการสร้างแรงดันอัดชิ้นงานเพื่อเชื่อมให้ติดกัน เครื่องเชื่อมนี้ทำงานโดยใช้ระบบ Electric Solenoid Valve ควบคุมแรงดันไฮดรอลิกในช่วงต่างๆ ใช้ Timer ควบคุมเวลาการเปลี่ยนค่าแรงดันในช่วงต่างๆของระบบ ในส่วนของการควบคุมความเร็วรอบการหมุนของชิ้นงานที่จะทำการเชื่อมนั้นใช้ Inverter ขนาด 7.5 Hp ช่วยควบคุมความเร็วรอบในการทำงานขณะทำการเชื่อมเสียดทาน รูปที่ 2 แสดงเครื่องเชื่อมเสียดทานที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 2 เครื่องเชื่อมเสียดทาน

2.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ทำการทดลองในงานวิจัยนี้เป็นเหล็กคาร์บอนปานกลาง AISI1040 (Medium Carbon Steel) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 13 mm. ยาว 70 mm. ทั้งสองชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 3

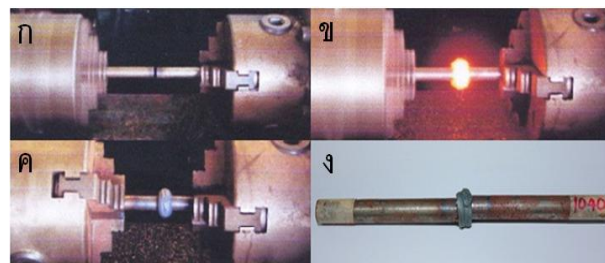


รูปที่ 3 เหล็กคาร์บอนปานกลาง (AISI 1040)
(Medium Carbon Steel) ที่เชื่อมเสร็จ

2.4 วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองนี้ใช้เครื่องเชื่อมเสียดทานดังแสดงในรูปที่ 2 เชื่อมวัสดุชนิดเดียวกัน คือ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1040 (Medium Carbon Steel) ภายใต้เงื่อนไขการทดลอง ได้แก่ เวลาในการเสียดทาน 10 sec แรงดันในการเสียดทาน 30 bar เวลาในการใช้แรงอัด 5 sec แรงดันในการอัด 30 bar และความเร็วรอบในการเสียดทาน 1,300 rpm ทำการวัดอุณหภูมิระหว่างทำการเชื่อมเสียดทานโดยใช้กล้องอินฟราเรด (VarioCAM® high resolution 1.23 Megapixel)

จากเงื่อนไขข้างต้น เริ่มทำการทดลอง ชิ้นงานทางด้านซ้ายหมุนด้วยความเร็วรอบ 1,300 rpm ดังแสดงในรูปภาพที่ 4 (ก) จากนั้นชิ้นงานด้านขวาเคลื่อนที่เข้าเสียดทานด้วยเวลา 10 sec และแรงดันเสียดทาน 30 bar แสดงในรูปภาพที่ 4(ข) จนชิ้นงานทั้งสองเกิดความร้อนและหลอมติดกัน เมื่อครบเวลาเสียดทานมอเตอร์จะหยุดหมุนและดันชิ้นงานทางด้านขวาโดยใช้แรงดันในการอัด 30 bar เป็นเวลา 5 Sec ดังแสดงในรูปภาพที่ 4(ค) ในขณะทำการเชื่อมเสียดทานก็ใช้กล้องอินฟราเรด (VarioCAM® high resolution 1.23 Megapixel) วัดอุณหภูมิไปพร้อมๆกัน

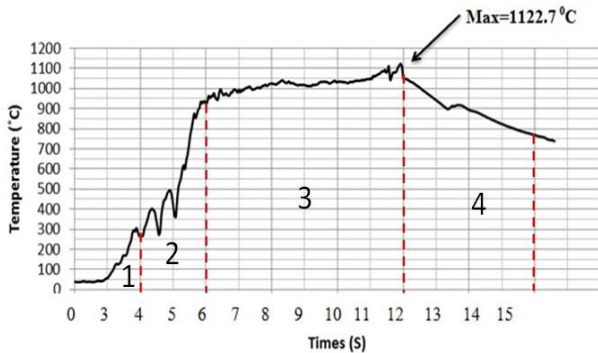


รูปที่ 4 กระบวนการเชื่อมเสียดทาน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

3.1 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิ

จากการทดลองตามกระบวนการเชื่อมเสียดทานและทำการวัดอุณหภูมิโดยกล้องอินฟราเรดขณะทำการเชื่อมเสียดทาน ทำให้ได้กราฟอุณหภูมิดังนี้



รูปที่ 5 กราฟแสดงอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆ

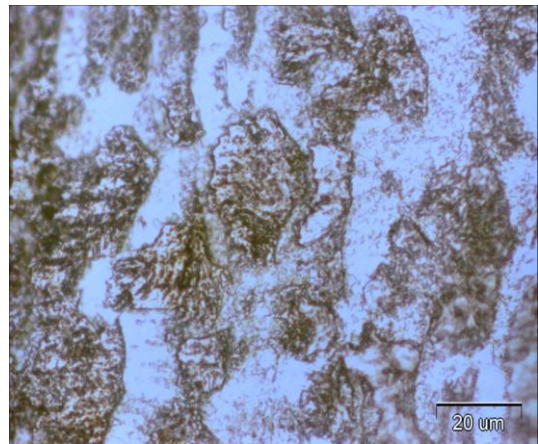
จากรูปที่ 5 จะเห็นว่าเมื่อเครื่องเริ่มทำงานและชิ้นงานเกิดการเสียดทาน จนเกิดความร้อนเปรียบเหมือนการอุ่นพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน ทำให้เกิดความร้อนทั่วทั้งพื้นที่หน้าตัดดังแสดงในรูปที่ 5 ช่วงที่ 1 จากกราฟอุณหภูมิยังไม่สูงมาก อุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 300°C ที่เวลา 4 Sec ความร้อนที่เกิดจากการเสียดทานของชิ้นงานทั้งสองเพิ่มมากขึ้น เห็นได้จากกราฟที่มีแนวโน้มสูงขึ้น พร้อมทั้งความร้อนเกิดการถ่ายเทที่อุณหภูมิห้องดังแสดงในรูปที่ 5 ช่วงที่ 2 ที่เวลา 4-6 Sec อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอยู่ที่ประมาณ 900 °C จากการเสียดทานที่แรงขึ้นทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเริ่มคงตัว อยู่ในช่วงที่ 3 ของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 5 ช่วงที่ 3 อุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 1,100 °C และสูงสุดที่ 1,122 °C ในระยะเวลา 6-12 Sec ช่วงสุดท้ายของการกระจายตัวของอุณหภูมิหลังจากที่มอเตอร์หยุดหมุนพร้อมทั้งเพิ่มแรงอัดชิ้นงานทั้งสองขึ้นให้ติดกัน อุณหภูมิลดลงอย่างต่อเนื่องตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5 ช่วงที่ 4

3.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค

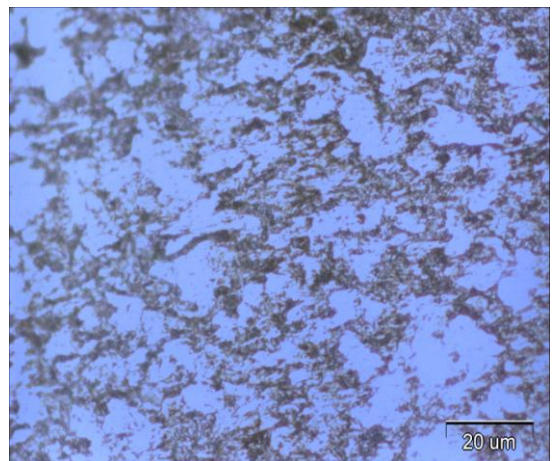
ในการทดลองนี้ยังสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างจุลภาคและค่าความแข็งแรงของรอยเชื่อมโดยนำชิ้นงานที่ผ่านการทดลองเชื่อมเสียดทานมาส่งดูโครงสร้างจุลภาคโดยกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งได้ผลดังแสดงในรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 6 อุปกรณ์และกล้องจุลทรรศน์ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลและถ่ายภาพของโครงสร้าง



รูปที่ 7 ภาพถ่ายเกรนของชิ้นงานก่อนทำการเชื่อมเสียดทาน



รูปที่ 8 ภาพถ่ายเกรนของชิ้นงานหลังทำการเชื่อมเสียดทาน

จากรูปที่ 7 แสดงภาพโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงาน ก่อนการเชื่อม ซึ่งจะเห็นว่าโครงสร้างก่อนการเชื่อมนั้น ประกอบด้วย เฟอร์ไรต์ (Ferrite) กับ เพียร์ไลต์ (Pearlite) ซึ่งจะคงสภาพในระบบผลึกแบบ BCC (Body Centered Cubic) จนกว่าอุณหภูมิประมาณ 700 °C ส่วนในรูปที่ 8 เป็นภาพโครงสร้างจุลภาคหลังจากการเชื่อม ซึ่งจะเห็นว่า โครงสร้างจุลภาคเปลี่ยนมาเป็น เฟอร์ไรต์ (Ferrite) และ ออสเทนไนต์ (Austenite) ซึ่งมีลักษณะของระบบผลึกแบบ FCC (Face Centered Cubic) จะเกิดโครงสร้างในลักษณะนี้ที่อุณหภูมิระหว่าง 700 °C – 1,200 °C ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้ แสดงไว้ในกราฟข้างต้น ดังแสดงในรูปที่ 5

ในส่วนของความแข็งแรงของรอยเชื่อม นั้น พบว่า รอยเชื่อมมีค่าความแข็งแรงที่สูงขึ้นจากความแข็งแรงเดิม 704.44 MPa มาเป็น 828.94 MPa ดังแสดงในตารางที่ 1 คุณภาพเพิ่มขึ้นคิดเป็น 17%

ตารางที่ 1 แสดงค่าความแข็งแรงของชิ้นงาน

ชนิดของวัสดุ	ค่าความแข็งแรงเฉลี่ย (MPa)		จำนวนชิ้นงาน
	ก่อนเชื่อม	หลังเชื่อม	
AISI 1040	704.44	828.94	3

4. สรุป

จากการศึกษาลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิ สามารถแยกออกเป็นช่วงของลักษณะการถ่ายเทออกเป็น 4 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ช่วงของการอุ่นชิ้นงาน อุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 300°C ที่เวลา 4 Sec ช่วงที่ 2 ช่วงของการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิ อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอยู่ที่ประมาณ 900 °C ที่เวลา 4-6 Sec ช่วงที่ 3 ช่วงของการคงที่ของอุณหภูมิ อุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 1,100 °C และสูงสุดที่ 1,122 °C ในระยะเวลา 6-12 Sec และช่วงที่ 4 ช่วงการลดลงของอุณหภูมิ อุณหภูมิลดลงตามลำดับ

ในส่วนขอโครงสร้างจุลภาคนั้น ช่วงก่อนการเชื่อม โครงสร้างประกอบด้วยเฟอร์ไรต์ (Ferrite) กับ เพียร์ไลต์ (Pearlite) อุณหภูมิประมาณ 700 °C หลังการเชื่อม โครงสร้างจุลภาคเปลี่ยนมาเป็น เฟอร์ไรต์ (Ferrite) และ ออสเทนไนต์ (Austenite) อุณหภูมิระหว่าง 700 °C – 1,200 °C และการวัดค่าความแข็งแรงที่รอยเชื่อม มีค่า

ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจาก 704.44 MPa เป็น 828.94 MPa คิดเป็น 17%

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท Entech Associate Co.,Ltd ที่ให้การสนับสนุนกล้องวัดอุณหภูมิในการทดลอง และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือในงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Hazman Seli, Ahmad Izani Md., (2010). Mechanical evaluation and thermal modeling of friction welding of mild steel and aluminium, Journal of Materials Processing Technology 210(2010) 1209-1216
- [2] Wen-Ya Li , Tiejun Ma , Jinglong Li.,(2009). Numerical simulation of linear friction welding of titanium alloy : Effect of processing parameter, Material and Design 31 (2010) 1497-1507
- [3] Wenya Li , Feifan Wang.,(2011). Modeling of continuous drive friction welding of mild steel, Materials Science and Engineering A 528(2011) 5921-5926