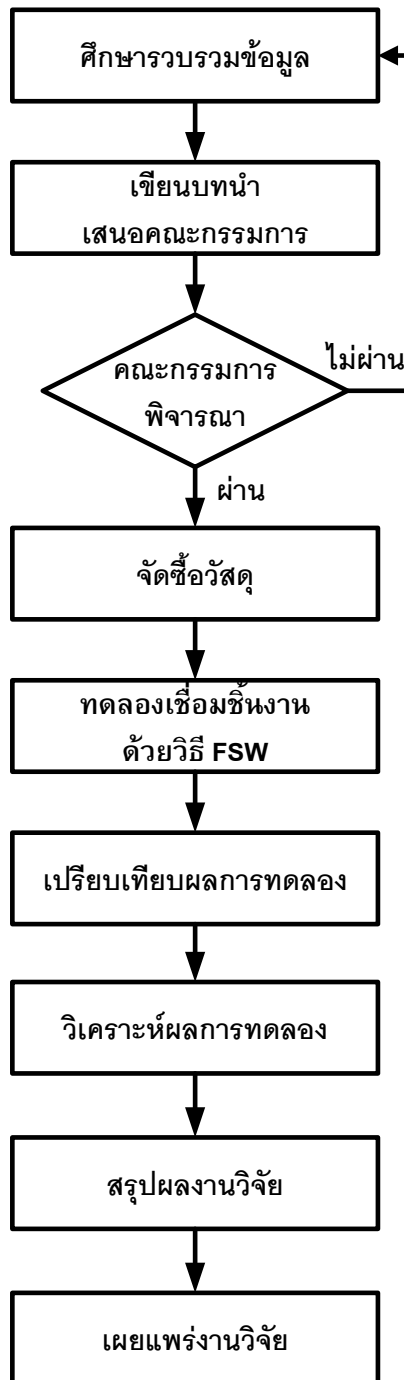


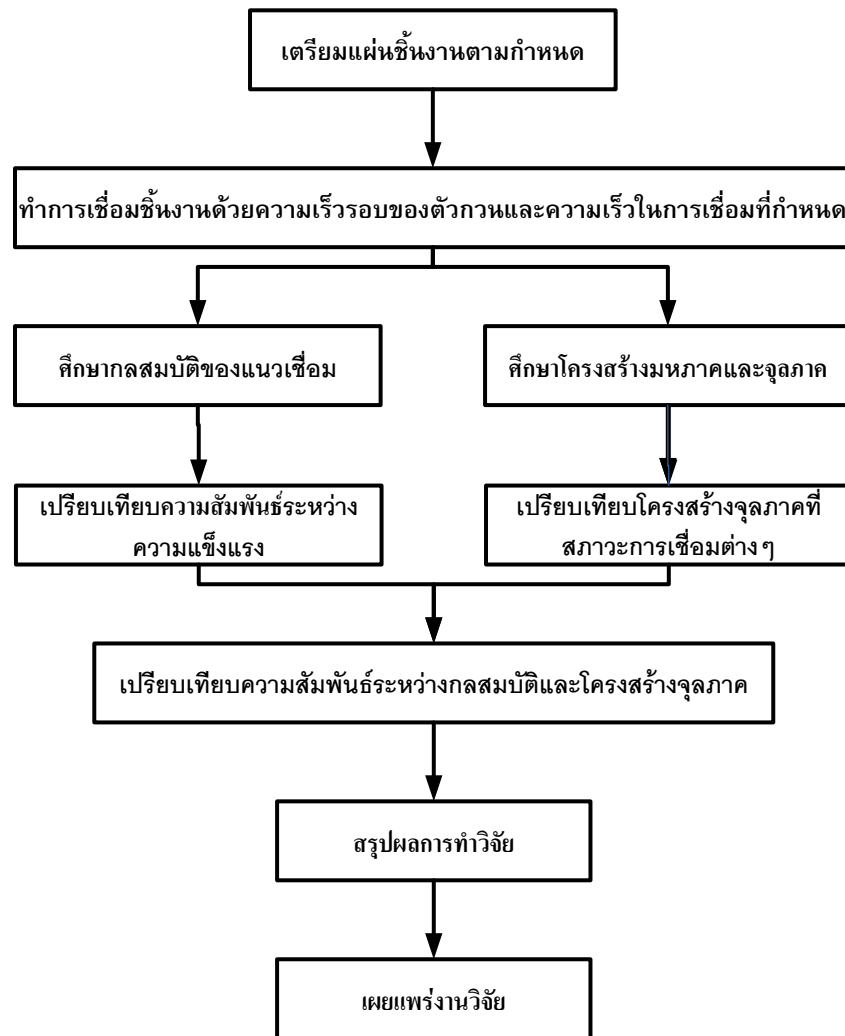
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

3.1 แผนการดำเนินงาน

ภาพรวมขั้นตอนการดำเนินการวิจัย แสดงไว้ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และภาพรวมกระบวนการทดลองเชื่อมชิ้นงานแสดงไว้ในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 แผนภาพการไหลโดยรวมขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.2 แผนภาพการไหลขั้นตอนการทดลอง

โครงการการปรับปรุงคุณภาพรอยเชื่อมการเสียดทานแบบกวนรอยต่อชนอลูมิเนียม 6063-T1 ในโครงสร้างรถยนต์ด้วยตัวกวนหลายรูปแบบนี้เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2552 ในการนำเสนอแบบเสนอโครงการให้อนุกรรมการพิจารณางานวิจัยพิจารณา และโครงการได้เริ่มดำเนินการวิจัยเมื่อเดือน กรกฎาคม 2552 รวมเวลาดำเนินการเป็นเวลา 12 เดือน จนโครงการแล้วเสร็จ

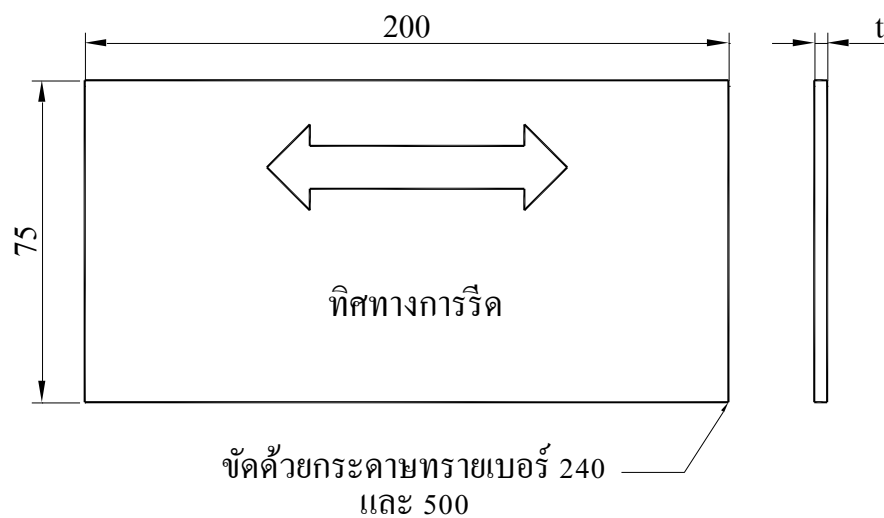
3.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์

วัสดุในการทดลองคืออลูมิเนียมเส้นรีดหนา 6.3 มม. ยาว 6 เมตร จาก บริษัท วัสดุวิศวะภัณฑ์ จำกัด โดยมีส่วนผสมทางเคมีและความต้านทานแรงดึงดังแสดงในตารางที่ 3.1 แผ่นอลูมิเนียมถูกเตรียมให้มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 75 มม. ยาว 200 มม. โดยให้ทิศทางของการรีดขนานกับด้านยาวของชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 3.3 ผิวของแผ่นวัสดุทั้งสองที่ด้านที่ต้องการนำมาวางต่อเป็นรอยต่อชนถูกขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 240 500 และทำความสะอาดด้วยอะซิโตน ก่อนการทำ

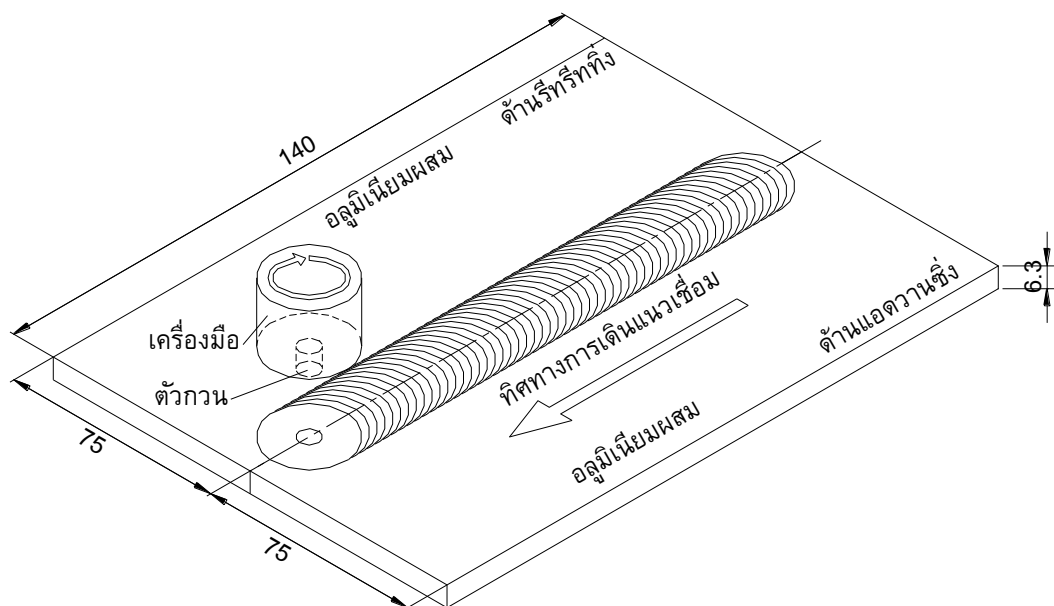
การต่อเป็นรอยต่อชนคังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยทำการออกแบบการเชื่อมที่สภาวะการเชื่อมละ 5 รอยต่อ

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมทางเคมีของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

อลูมิเนียมเกรด 6063						
Al	Mg	Fe	Si	Si	Cu	Cr
สมดุล	0.42	0.06	0.16	0.59	0.02	0.01



รูปที่ 3.3 มิติแผ่นอลูมิเนียม ($t = 6.3$ มม., หน่วย: มม.)



รูปที่ 3.4 การเชื่อมฟริกชันสเตอร์รอยต่อชนอลูมิเนียม [20]

อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ เนื่องจากในกระบวนการเชื่อมเสียดทานแบบกวน นั้น ชิ้นงานที่ถูกจับยึดจะต้องแน่นหนาไม่เคลื่อนที่ขณะที่ทำการเชื่อม และที่สำคัญในขณะที่ทำการเชื่อมจำเป็นจะต้องมีแผ่นรองรับแนวแรงที่การกดของแกนหมุนที่ทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน ดังนั้นจึงจะต้องออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถรองรับแรงกดจากตัวกวน และต้องออกแบบให้อุปกรณ์สามารถจับยึดชิ้นงานอย่างมั่นคง โดยใช้หลักการการดังนี้คือ

- แผ่นรองรับจะต้องรองรับแรงกดได้โดยไม่มีการเสียรูปขณะที่ทำการเชื่อม
- ทนอุณหภูมิได้สูงโดยไม่มีการเสียรูป
- อุปกรณ์จับยึดจะต้องแข็งแรงและให้แรงในการจับยึดมากพอที่ไม่ทำให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ ขณะที่ทำการเชื่อมและที่สำคัญสามารถถอดประกอบได้ง่ายหากเกิดการชำรุดอีกด้วย

ด้วยเหตุนี้ในการวิจัยนี้จึงทำการออกแบบอุปกรณ์การจับยึดชิ้นงานที่มีรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 3.5 เพื่อสามารถจับยึดชิ้นงานให้มีความมั่นคงขณะทำการเชื่อม รายละเอียดของชิ้นงานนี้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.



รูปที่ 3.5 อุปกรณ์จับยึด



รูปที่ 3.6 เครื่องตัดแผ่นโลหะ

เครื่องมืออื่นๆ ที่ใช้ประกอบการทดลองในครั้งนี้มีดังนี้

- เครื่องตัดแผ่นโลหะ ผู้ทำการวิจัยได้ใช้เครื่อง ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังรูปที่ 3.6
 - เครื่องกลึงโลหะ เพื่อการทำตัวกวน ดังรูปที่ 3.7
 - เครื่องกัดอัตโนมัติซีเอ็นซี (CNC Milling Machine) ผู้ทำการวิจัยใช้เครื่องทดสอบภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังรูปที่ 3.8
- ที่ใช้เชื่อมชิ้นงานอลูมิเนียมทดลอง
- เครื่องตัดชิ้นงานตรวจสอบโครงสร้างจุดภาคดังรูปที่ 3.9
 - เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง ดังรูปที่ 3.10
 - กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope) ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.7 เครื่องกลึง (Machine lathe)



รูปที่ 3.8 เครื่องกัดอัตโนมัติซีเอ็นซี (CNC Milling Machine)



รูปที่ 3.9 เครื่องตัดชิ้นงานตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค



รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

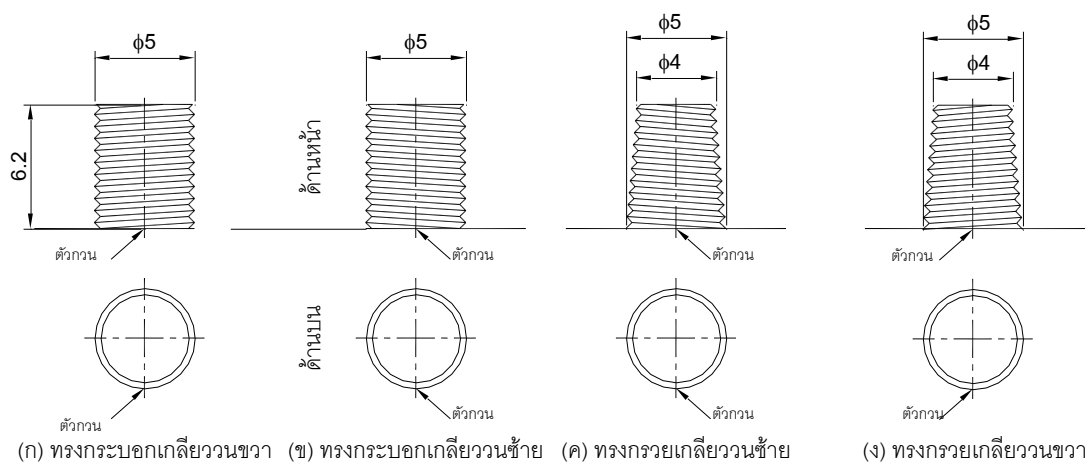
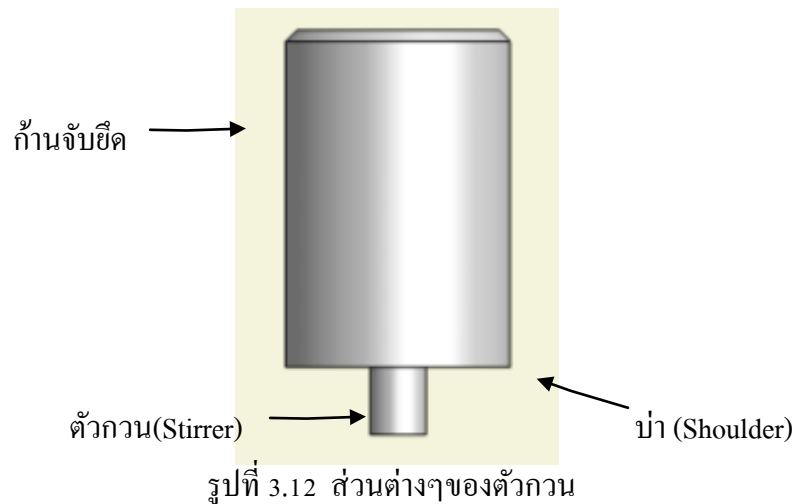


รูปที่ 3.11 กล้องจุลทรรศน์แบบแสง

3.3 กรรมวิธีการเชื่อม

การเชื่อมเสียดทานแบบกวนอลูมิเนียม 6063-T1 นี้ ต้องการการเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ที่เที่ยงตรงแน่นอน เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีสมบัติที่ดีที่สุด ในหัวข้อนี้แบ่งการเตรียมชิ้นงานออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ การเตรียมเครื่องมือเชื่อม และการเชื่อมแผ่นวัสดุ ดังนี้

3.3.1 เครื่องมือเชื่อม



รูปที่ 3.13 รูปร่างของตัวกวนแบบต่างๆ

องค์ประกอบเครื่องมือเชื่อมเสียดทานแบบกวนดังแสดงในรูปที่ 3.12 ประกอบไปด้วย

- ก้านจับยึด เป็นที่ส่วนที่สวมเข้าไปในแกนหมุน (Spindle) ของเครื่องกัดเพื่อส่งแรงหมุนไปยังตัวกวน

- บ่า (Shoulder) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดแรงเสียดทานจนเกิดความร้อนที่ชิ้นงานจนเนื้อของวัสดุเกิดการเปลี่ยนสภาพเป็นพลาสติก
- ตัวกวน (Stirrer) เป็นส่วนที่หมุนอยู่ในเนื้อของวัสดุและทำการกวนเนื้อของวัสดุที่อยู่ในสภาพพลาสติกให้เคลื่อนที่มารวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน

โดยชิ้นส่วนทั้งหมดได้จากการขึ้นรูปเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD-11 และซีเมนต์คาร์ไบด์ เพื่อให้ได้รูปร่างของตัวกวน 4 แบบดังแสดงในรูปที่ 3.13 โดยการนำเหล็กกล้าเครื่องมือเกรด SKD-11 ที่ใช้ทำเครื่องมือเชื่อมมาทำการกลึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกลึง ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.11 การขึ้นรูปเครื่องมือเชื่อมด้วยการกลึง

3.3.2 ขั้นตอนการเชื่อม

3.3.2.1 การทดลองเดินเครื่อง

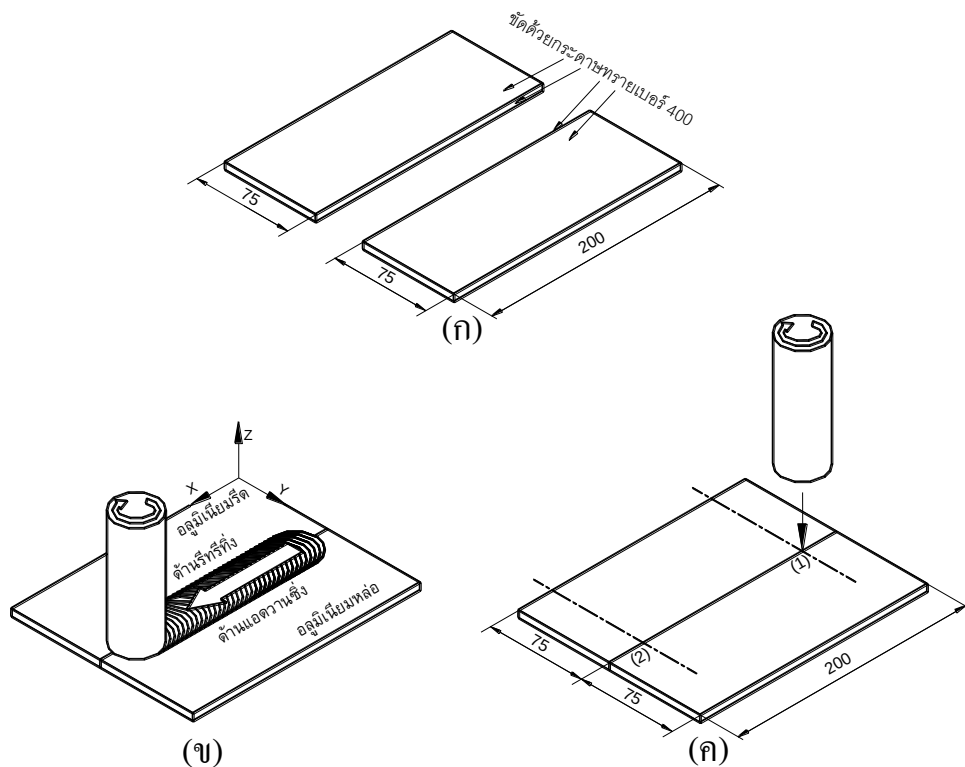
ขวัญชัย อยู่สะอาด และ ชวลิต นุชวงษ์ [22] ในการเชื่อมใช้เครื่องกัดอัตโนมัติ (NC Milling) โดยการเขียนชุดคำสั่งให้เครื่องทำงานในการทดลองใช้เครื่องกัดแนวตั้ง (Vertical milling machine) รุ่น MAKINO type A06B-1008-B100 ดังรูปที่ 3.8 ซึ่งมีวิธีการปรับตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ ดังนี้

- ทำการปรับตั้งอุปกรณ์จับยึดให้ขนานกับแกน x ของโต๊ะวางงานของเครื่องกัด (Table) โดยใช้ (Dial gauge)
- ป้อนชุดคำสั่งโดยใช้มือผ่านทางแผงควบคุมของเครื่องดังแสดงในรูปที่ 3.12
- ปรับตำแหน่งศูนย์ให้กับเครื่อง โดยใช้หัวเซตตำแหน่งศูนย์
- ทดลองเดินเครื่องโดยไม่มีชิ้นงาน (Dry run) เพื่อดูความถูกต้องของโปรแกรม



รูปที่ 3.12 แผงควบคุมของเครื่อง NC Milling [22]

- จับยึดชิ้นงานในอุปกรณ์จับยึด เพื่อเตรียมทดลองเชื่อม
- กดปุ่ม (Start) เพื่อเดินเชื่อมตามคำสั่งที่ป้อนไว้
- นำชิ้นงานออกตรวจสอบความเรียบร้อย



รูปที่ 3.13 การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนรอยต่อชนอลูมิเนียมรีดและหล่อ

3.3.2.2 การเชื่อม

- ก่อนการเดินแนวเชื่อมปลายของตัวกวน จะถูกลดลงจนถึงบ่าเครื่องมือเชื่อมสัมผัสกับผิวของแผ่นอลูมิเนียมที่เตรียมเป็นรอยต่อที่จุด 1 ของรอยต่อในรูปที่ 3.13
- ตัวกวนรูปตัวเกลียวที่ขึ้นรูปจากสะเตนคาร์ไบด์ ถูกสอดเข้าไปตรงกึ่งกลางของแนวเชื่อมด้วยความเร็วรอบที่กำหนดจนกระทั่งบ่าเครื่องมือสัมผัสผิวด้านบนของอลูมิเนียม
- เครื่องเชื่อมเดินทางตามแนวรอยต่อจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3.13 และทำการแช่ไว้ที่จุดที่ 2 10 วินาทีก่อนยกตัวกวนออก
- รอให้ชิ้นงานเย็นตัวและทำการถอดชิ้นงานไปปฏิบัติารขั้นตอนต่อไป

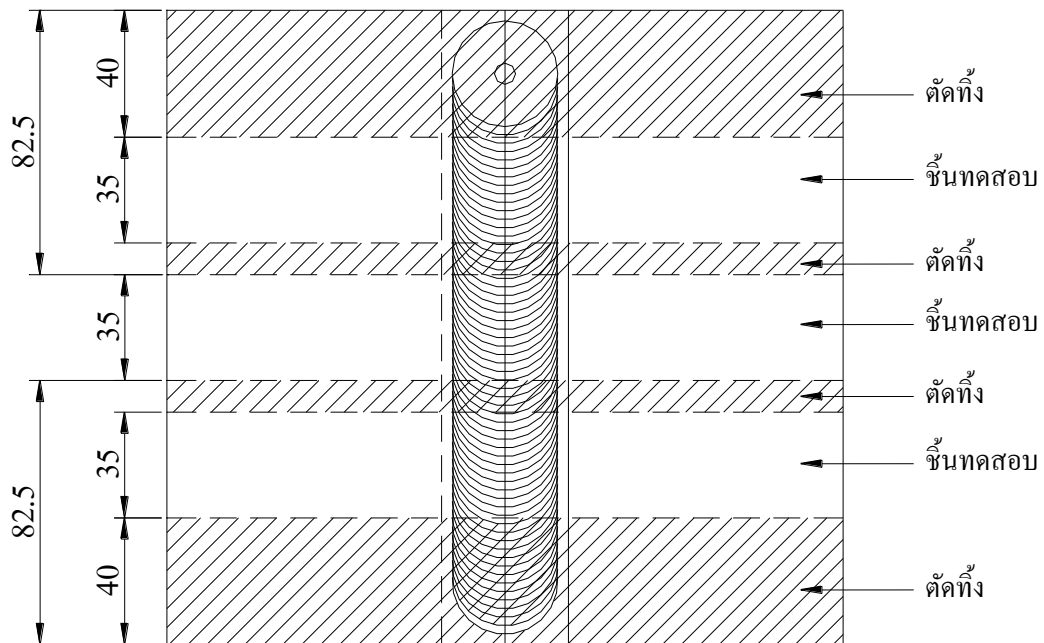
3.3.2.3 ตัวแปรการเชื่อม

- ในการทดลองนี้ตัวแปรการเชื่อมประกอบไปด้วยตัวแปรต่างๆ ดังนี้
- ความหนาของวัสดุ ในการทดลองครั้งนี้ใช้วัสดุที่มีความหนาเท่ากัน คือ อลูมิเนียมหนา 6.3 มม.
 - ชนิดของรอยต่อ เลือกศึกษารอยต่อชน
 - รูปร่างของตัวกวน เลือกใช้ตัวกวนที่มีรูปร่าง 4 แบบ คือ ทรงกระบอกผิวเกลียวซ้าย ทรงกระบอกผิวเกลียวขวา ทรงกรวยผิวเกลียวซ้าย และทรงกรวยผิวเกลียวขวา
 - ความเร็วรอบของตัวกวน เลือกใช้ความเร็วรอบเท่ากับ 2000 rpm เนื่องจากเป็นความเร็วรอบที่ใช้ในการเชื่อมรอยต่อชนอลูมิเนียม 6063 ที่ใช้เครื่องกัดตัวเดียวกันที่รายงานไว้ [20]
 - ความเร็วในการเดินแนวเชื่อม เลือกศึกษาที่ความเร็วเดินแนวเชื่อมตั้งแต่ 50-200 mm/min [20]
 - ความเอียงของตัวกวน ที่ทำให้เกิดแนวเชื่อมที่สมบูรณ์มีค่าประมาณ 2-6 องศา [23] ในการทดลองนี้เลือกที่ 2 องศา เนื่องจากในรายงานที่ผ่านมาของผู้วิจัยแสดงค่าความแข็งแรงสูงที่ค่ามุมเอียงนี้ [20]

3.4 การทดสอบความแข็งแรงดึง

ชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อมจะถูกนำมาทำการเตรียมขึ้นทดสอบความแข็งแรงดึง โดยมีการวางแผนการตัดชิ้นงานเพื่อทำขึ้นทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.14 โดยทำการเตรียมขึ้นทดสอบตัดขวางแนวเชื่อมด้วยใบตัด Noritake เกรด WA120N BA สำหรับเหล็กเหนียว ระยะห่างจากหัวท้าย 40 มม

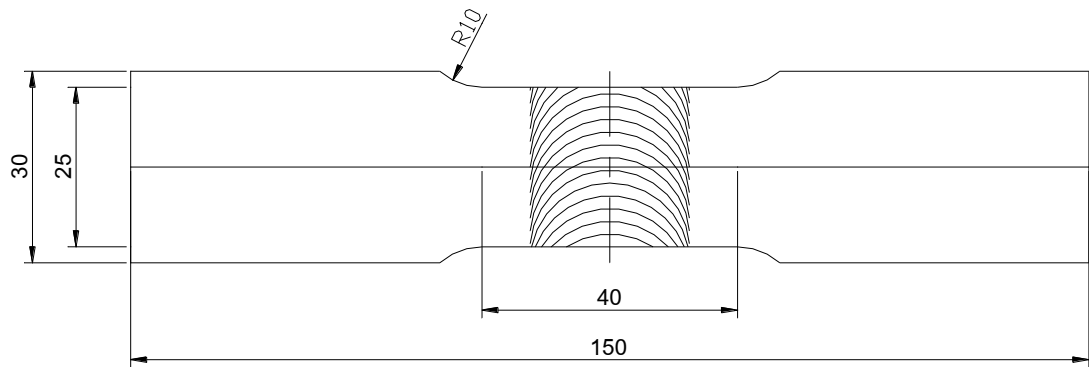
ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของแนวเชื่อมจะถูกตัดทิ้งไป ด้วยเครื่องตัดและใบตัดที่แสดงในรูปที่ 3.9 และ 3.15 ตามลำดับ จากนั้นส่วนที่เหลือจะถูกนำมาทำการเตรียมชิ้นทดสอบที่มีขนาดและมิติ ดังแสดงในรูปที่ 3.16 จำนวนชิ้นทดสอบในแต่ละตัวแปรการเชื่อม กำหนดให้เลือกชิ้นทดสอบ 6 ชิ้นจากรอยต่อที่เชื่อม 3 รอยต่อ แบบสุ่ม เพื่อนำไปทำการทดสอบค่าความแข็งแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile test machine) ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ต่อไป



ภาพที่ 3.14 ตำแหน่งการตัดชิ้นงานเชื่อมเพื่อทำชิ้นทดสอบแรงดึงแบบเนียน (หน่วย: มม.)



รูปที่ 3.15 ใบเครื่องมือตัด



รูปที่ 3.16 ชิ้นงานทดสอบแรงดึง (หน่วย: มม.)

3.5 การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคและจุลภาค

การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคของแนวเชื่อมเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ที่ทำการทดลอง ส่วนการทดสอบคุณสมบัติทางกลของวัสดุมีจุดประสงค์เพื่อทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อม คุณสมบัติทางกลที่เราสนใจ คือ คุณสมบัติความต้านแรงดึง ที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat affected zone : HAZ) ซึ่งจะอธิบายการทดสอบแต่ละอย่าง ดังนี้

3.5.1 การทดสอบโครงสร้างจุลภาค การทดสอบนี้เริ่มจากการนำชิ้นงานที่ได้ทำการเชื่อมไว้แล้วไปตัด เพื่อแบ่งชิ้นงานออกเป็นส่วนๆ โดยการตัดด้วยเครื่องตัดพร้อมหล่อเย็นตลอดเวลาเพื่อไม่ให้โครงสร้างของชิ้นทดสอบเปลี่ยนหลังจากนั้น จึงนำชิ้นทดสอบที่ได้นั้นไปหล่อด้วยเรซิน เพื่อจะนำงานที่หล่อแล้วไปขัดและกัดกรดดูโครงสร้างโดยจะมีขั้นตอนดังนี้

- ตัดชิ้นงานด้วยใบตัดพร้อมทั้งหล่อเย็นชิ้นงานตลอดเวลาเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระหว่างการเลื่อย ดังรูปที่ 3.17
- นำชิ้นงานไปหล่อด้วยการเรซิน ด้วยเครื่องหล่อ ดังรูปที่ 3.18
- นำชิ้นงานไปขัดกระดาษทรายตั้งแต่เบอร์ 120 320 400 600 1000 1200 ตามลำดับโดยการขัดผ่านน้ำเพื่อให้เป็นตัวช่วยในการคายเศษที่ขัดแล้ว หลังจากนั้นนำงานที่ขัดแล้วไปขัดด้วยผงเพชรขนาด 1 ไมครอน บนผ้าสักหลาดบนเครื่องขัด ดังรูปที่ 3.19
- หลังจากนั้นนำงานไปกัดกรดไฮโดรฟลูอริก (HF) 30% โดยการผสมกรดไฮโดรคลอริก 10% น้ำกลั่น 60% ทำการกัดนาน 3-5 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำและเอทานอลเพื่อไล่น้ำออกจากผิวหน้าผิวงาน ดังรูปที่ 3.20

- ถ่ายรูปโครงสร้างและจุดพร้อมของชิ้นงานเพื่อหาสาเหตุของการขาดของชิ้นงานดังรูป
ที่ 3.21



รูปที่ 3.17 การตัดอลูมิเนียม



รูปที่ 3.18 ชิ้นงานที่หล่อเสร็จแล้ว



รูปที่ 3.19 การขัดกระดาษทราย



รูปที่ 3.20 น้ำยาที่ใช้ในการกัดกรด



รูปที่ 3.21 การตรวจสอบมหภาคและจุลภาค