



โครงการวิจัย เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของรอยเชื่อมท่อไอเสียรถยนต์: การทดแทนวัสดุชิ้นส่วนเหล็กกล้าไร้สนิม
ออสเทนิติคด้วยเหล็กเหนียวหล่อ

A Comparative Study of Muffler Welds Properties: Replacement of Austenitic Stainless
Steel Part by Cast Steel

โดย

ผศ.ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์

พ.อ.อ.ศักดิ์ชัย จันทศรี

ผศ.ไพบุลย์ แยมเฟื่อน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
งบประมาณประจำปี 2555

ผู้วิจัย : ผศ.ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์
พ.อ.อ.ศักดิ์ชัย จันทศรี
ผศ.ไพบุลย์ แยมเผื่อน
ชื่องานวิจัย : การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของรอยเชื่อมท่อไอเสียรถยนต์: การทดแทนวัสดุ
ชิ้นส่วนเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนิติกด้วยเหล็กเหนียวหล่อ
หน่วยงาน : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

การลดต้นทุนการผลิตเป็นหนึ่งในวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตของอุตสาหกรรม
การผลิตรถยนต์ ด้วยเหตุนี้การลดต้นทุนการผลิตโดยใช้วัสดุที่ถูกกว่าแต่มีสมบัติใกล้เคียงกับวัสดุ
เดิมจึงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ ชิ้นส่วนท่อไอเสียของรถยนต์สมัยใหม่เป็นชิ้นส่วนที่
มีการผลิตโดยใช้วัสดุหลายชนิดที่มีการนำเอาเหล็กกล้าหล่อมาทดแทนเหล็กกล้าไร้สนิม อย่างไรก็ตาม
ตามการศึกษาเพื่อหาตัวแปรการเชื่อมที่ทำให้ได้สมบัติรอยต่อที่ดีที่สุดเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องมีการ
ทำการศึกษา ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการนำเอาเหล็กเหนียวหล่อ SC410 มาทดแทน
เหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 ในการผลิตชิ้นส่วนท่อไอเสียของโครงสร้างรถยนต์ และทำการศึกษา
อิทธิพลตัวแปรการเชื่อมที่มีผลต่อสมบัติของรอยต่อ

วัสดุที่ใช้คือ เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนิติก AISI304 หนา 10 มิลลิเมตร และเหล็กเหนียวหล่อ
SC410 หนา 10 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร แผ่นโลหะถูกประกอบกัน
เป็นรอยต่อชนและทำการเชื่อมที่มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรการเชื่อมประกอบด้วยกระแสไฟเชื่อม
140-220 แอมแปร์ ความเร็วเดินแนวเชื่อม 200-400 มม. ต่อนาที และอัตราการไหลแก๊ส 10-20
ลิตรต่อนาที รอยต่อชนที่ผ่านการเชื่อมด้วยตัวแปรการเชื่อมที่กำหนดถูกนำมาทำการทดสอบสมบัติ
ทางกลและตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยา

ผลการทดลองโดยสรุปมีดังนี้ การเพิ่มขึ้นของกระแสในการเชื่อมและความเร็วเดินเชื่อมส่งผล
ต่อความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมและการลดความกว้างของแนวเชื่อมและความซึมลึกของแนวเชื่อม
สภาวะการเชื่อมที่ให้ค่าความแข็งแรงกระแทกดีที่สุด คือ กระแสในการเชื่อม 220 แอมแปร์ ความเร็ว
เดินเชื่อม 200 มม./นาที มีค่าประมาณ 290 J ค่าความแข็งแรงบริเวณพื้นที่กระแทกร้อนทั้งสองด้านของ
แนวเชื่อม และในโลหะเชื่อมทุกสภาวะนั้นมีค่าสูงกว่าโลหะหลักในการทดลองทั้งสองชนิด โครงสร้าง
จุลภาคของพื้นที่กระแทกร้อนด้านรอยต่อด้านเหล็กเหนียวหล่อแสดงเม็ดเกรนมีรูปร่างสมมาตร บริเวณ
กึ่งกลางของแนวเชื่อมประกอบด้วยเดนไดรต์ละเอียด โครงสร้างจุลภาคของพื้นที่กระแทกร้อนด้าน
เหล็กกล้าไร้สนิมแสดงเม็ดเกรนมีการเรียงตัวที่เป็นระเบียบมากกว่าโครงสร้างจุลภาคโลหะหลัก

คำสำคัญ : รอยต่อวัสดุต่างชนิด เหล็กกล้าไร้สนิม เหล็กกล้าหล่อ ความแข็งแรงกระแทก

Name : Assist. Prof. Kittipong Kimapong, Ph.D.
FS1 Sakchai Chantasri
Assist. Prof. Paiboon Yaemporn

Research : A Comparative Study of Muffler Welds Properties: Replacement
Title of Austenitic Stainless Steel Part by Cast Steel

Organization : Department of Industrial Engineering Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Abstract

Decreasing of the processing cost is one of an effective method to increase a productivity of an automobile industry. For decreasing the process cost, some cheaper materials that show the same properties are introduced to an automobile industry. A muffle part of the recent automobile is one of the parts that is produced using a new combination of materials using cast steel to replace stainless steel. However, a study of welding parameter optimization that produced a sound joint should be investigated. Therefore, this research work aims to introduce the SC410 cast steel to replace AISI304 stainless steel for producing a muffler part of car structure and to investigate the effect of welding parameters that affect to joint properties.

Materials used in this experiment were AISI304 austenitic stainless steel and SC410 cast steel that had a dimension of 10 millimeters in thickness, 50 millimeters in width and 150 millimeters in length. The plates were set to be a butt joint and to weld the joint using various welding parameters such as welding current of 140-220 A, traveling speed of 200-400 mm. /min and gas flow rate of 10-20 l/min. The butt joints that were produced by a given welding parameter were an investigation of mechanical test and metallographic examination.

The summarized experimental results are as follows. Increasing of a welding current and a travelling speed affected to produce a sound joint and to decrease a width of a weld bead and a penetration of a weld. The optimized welding parameters that showed the impact strength of 290 J were a welding current of 220 A, a traveling speed of 200 mm. /min and a gas flow rate of 20 l/min. The hardness of the heat affected zone and the welded metal of the joint was higher than that of the base metal. The microstructure of the heat affected zone of cast steel side showed a regular grain shape. The middle of the welded metal showed a fine dendrite structure. The microstructure of the stainless steel heat affected zone showed a regular grain that was finer than that of the base metals.

Keywords: dissimilar materials joint, stainless steel, cast steel, impact strength

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปี 2555 ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สามารถดำเนินการ และบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ในการทดลอง ทำให้การทดลองสามารถดำเนินการไปได้อย่างราบรื่น

สุดท้าย คณะผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครูบาอาจารย์ ที่อบรมสั่งสอน จนทำให้คณะผู้วิจัยมีโอกาสนำมาทำวิจัยนี้ นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่มีความเกี่ยวข้องกับการวิจัยชิ้นนี้ ซึ่งคณะผู้วิจัยไม่ได้เอ่ยนามถึง ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบแต่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กิตติพงษ์ กิมะพงศ์
ศักดิ์ชัย จันทศรี
ไพบูลย์ แยมเพื่อน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เหล็กกล้าไร้สนิม	4
2.2 การเชื่อม GMAW	5
2.3 กระแสเชื่อม (Welding Current)	8
2.4 แก๊สคลุม (Shielding Gas)	9
2.5 ลวดเชื่อม (Electrode Wire)	14
2.6 การทดสอบสมบัติทางกล	14
2.7 การตรวจสอบโครงสร้างของโลหะ	16
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	20
3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	20
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง	22
3.3 การทดสอบสมบัติทางกล	24
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	28
4.1 ตัวแปรของกระแสเชื่อมต่อสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อม	28
4.2 การเปลี่ยนแปลงความเร็วเดินแนวเชื่อมต่อสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อม	45
4.3 การเปรียบเทียบสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อม	61
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	76
5.1 สรุปผลการทดลอง	76
บรรณานุกรม	77
ภาคผนวก ก	79
ภาคผนวก ข	81
ภาคผนวก ค	83

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อดีและข้อเสียของแก๊สอาร์กอนเมื่อเทียบกับแก๊สฮีเลียม	12
2.2 ข้อดีและข้อเสียของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	13

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ส่วนประกอบท่อไอเสีย	2
2.1	การอาร์คของการเชื่อมแบบ GMAW	6
2.2	การถ่ายโอนโลหะแบบต่างๆ	7
2.3	การถ่ายโอนโลหะแบบพัลส์	8
2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเชื่อมกับความเร็วในการป้อนลวด	8
2.5	รูปแบบของกระแสเชื่อมแบบพัลส์	9
2.6	รูปร่างของรอยเชื่อมจากการใช้แก๊สกลุ่มที่แตกต่างกัน	11
2.7	ลักษณะการทำงานของเครื่องทดสอบแรงกระแทก	15
2.8	ลักษณะหัวกดเพชรที่ใช้ในการทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์	16
3.1	อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานในการเชื่อม	20
3.2	แก๊สปกคลุมอาร์โกน 64 ที่ใช้ในการเชื่อม	21
3.3	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วในการเชื่อม	21
3.4	เครื่องเชื่อม MIG ที่ใช้ในการวิจัย	22
3.5	อุปกรณ์การจับยึดชิ้นงานในการเชื่อม	22
3.6	ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วในการเชื่อม	23
3.7	ขั้นตอนการเชื่อมชิ้นงาน	23
3.8	ชิ้นงานหลังจากผ่านการเชื่อม	24
3.9	ขั้นตอนทดสอบการกระแทก	24
3.10	เครื่องทดสอบแรงกระแทก	25
3.11	การวัดขนาดบริเวณแนวเชื่อม	25
3.12	กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	26
4.1	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที	28
4.2	ค่าการดูดซับพลังงานระหว่างกระแสเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที	29
4.3	ลักษณะการพังทลายของกระแสเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที	30
4.4	โครงสร้างมหัพภาคของกระแสเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที	31
4.5	ค่าความแข็งของกระแสเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที	32
4.6	โครงสร้างจุลภาคของกระแสเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่ความเร็วเดินเชื่อม 300 มม/นาที อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที	33
4.7	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที	34
4.8	ค่าการดูดซับพลังงานระหว่างกระแสเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที	35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.9	ลักษณะการพังทลายของกระแสน้ำเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	36
4.10	โครงสร้างมหภาคของกระแสน้ำเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	37
4.11	ค่าความแข็งของกระแสน้ำเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	38
4.12	โครงสร้างจุลภาคของกระแสน้ำเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่ความเร็วเดินเชื่อม 400 มม/นาที่ อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	39
4.13	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที่	40
4.14	ค่าการดูดซับพลังงานระหว่างกระแสน้ำเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที่	41
4.15	ลักษณะการพังทลายของกระแสน้ำเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที่	42
4.16	โครงสร้างมหภาคของกระแสน้ำเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที่	43
4.17	ค่าความแข็งของกระแสน้ำเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที่	44
4.18	โครงสร้างจุลภาคของกระแสน้ำเชื่อม 140 แอมแปร์ ที่ความเร็วเดินเชื่อม 400 มม/นาที่ อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที่	44
4.19	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที่	45
4.20	ค่าการดูดซับพลังงานระหว่างกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที่	46
4.21	ลักษณะการพังทลายของกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที่	47
4.22	ลักษณะการพังทลายของกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที่	48
4.23	ค่าความแข็งของกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที่	49
4.24	โครงสร้างมหภาคของกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่ความเร็วเดินเชื่อม 200 มม/นาที่ อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที่	50
4.25	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	51
4.26	ค่าการดูดซับพลังงานระหว่างกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	52
4.27	ลักษณะการพังทลายของกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.28	โครงสร้างมหภาคของกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	54
4.29	ค่าความแข็งของกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	54
4.30	โครงสร้างจุลภาคของกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่ความเร็วเดินเชื่อม 300 มม/นาที่ อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	55
4.31	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที่	56
4.32	ค่าการดูดซับพลังงานระหว่างกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที่	57
4.33	ลักษณะการพังทลายของกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที่	58
4.34	โครงสร้างมหภาคของกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที่	59
4.35	ค่าความแข็งของกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที่	59
4.36	โครงสร้างจุลภาคของกระแสน้ำเชื่อม 180 แอมแปร์ ที่ความเร็วเดินเชื่อม 200 มม/นาที่ อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที่	60
4.37	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที่	61
4.38	ค่าการดูดซับพลังงานระหว่างกระแสน้ำเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที่	62
4.39	ลักษณะการพังทลายของกระแสน้ำเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที่	63
4.40	โครงสร้างมหภาคของกระแสน้ำเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที่	64
4.41	ค่าความแข็งของกระแสน้ำเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที่	65
4.42	โครงสร้างจุลภาคของกระแสน้ำเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่ความเร็วเดินเชื่อม 200 มม/นาที่ อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 10 ลิตร/นาที่	65
4.43	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	66
4.44	ค่าการดูดซับพลังงานระหว่างกระแสน้ำเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	67
4.45	ลักษณะการพังทลายของกระแสน้ำเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	68
4.46	โครงสร้างมหภาคของกระแสน้ำเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที่	69

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.47	ค่าความแข็งของกระแสเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของ แก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที	69
4.48	โครงสร้างจุลภาคของกระแสเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่ความเร็วเดินเชื่อม 200 มม/นาที อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 15 ลิตร/นาที	70
4.49	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที	71
4.50	ค่าการดูดซับพลังงานระหว่างกระแสเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของ แก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที	72
4.51	ลักษณะการพังทลายของกระแสเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของ แก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที	72
4.52	โครงสร้างมหภาคของกระแสเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของ แก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที	74
4.53	ค่าความแข็งของกระแสเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่อัตราการไหลของ แก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที	74
4.54	โครงสร้างจุลภาคของกระแสเชื่อม 220 แอมแปร์ ที่ความเร็วเดินเชื่อม 200 มม/นาที อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 20 ลิตร/นาที	75