# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรการเชื่อมเลเซอร์เทเลอร์แบล็งค์ต่อการยืดตัวของรอยต่อชนแผ่นเหล็กชุบสังกะสีเกรด SGACD 45/45 ซึ่งเป็นการออกแบบการทดลองที่มีตัวแปรศึกษาประกอบด้วย ความเร็วในการเชื่อม ตำแหน่งหัวเชื่อม ระยะห่างชิ้นงานเชื่อม ที่มีผลต่อการยืดตัวของรอยเชื่อม ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การเชื่อมเลเซอร์เทเลอร์แบล็งค์ในสภาวะสมดุลเนื้อเชื่อมบริเวณที่ถูกเชื่อมมีความสมบูรณ์ที่ความเร็ว 4000 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะห่างระหว่างแผ่นงานเชื่อม 0.00 มิลลิเมตร ตำแหน่งหัวเชื่อม + 0.45 มิลลิเมตร จะให้ค่าการยืดตัวใกล้เคียงกับโลหะเดิม

5.1.2 การปรับตำแหน่งหัวเชื่อมไปทางเหล็กบาง ทำให้ค่าการยืดตัวต่ำเพราะไม่มีเนื้อเหล็กที่ไหลไปเติมเต็มระหว่างรอยต่อชนของแผ่นเหล็กทั้งสอง ขณะที่เพิ่มตำแหน่งหัวเชื่อมไปทางเหล็กหนาทำให้ค่าการยืดตัวจะสูงขึ้น เพราะเนื้อเหล็กของโลหะที่หนากว่าจะไหลไปยังโลหะที่บางกว่าทำให้เกิดการเติมเต็มของเนื้อโลหะมากขึ้น

5.1.3 การเพิ่มความเร็วการเชื่อม การเพิ่มระยะห่างของแผ่นงานเชื่อมสูงขึ้น ทำให้ค่าการยืดตัวลดลง เพราะความเร็วเชื่อมสูงทำให้โลหะหลอมละลายไม่สมบูรณ์ และการเพิ่มระยะห่างของแผ่นงานเชื่อมทำให้อัตราการซึมลึกน้อยลง

5.1.4 การวัดค่ารอยต่อการเชื่อมผลอัตราการซึมลึกแนวเชื่อมมีค่าสูงทำให้ค่าความสามารถในการยืดตัวของรอยต่อชนจะมีค่าสูง และเมื่อระยะห่างแผ่นงานเชื่อมเพิ่มขึ้นค่าอัตราการซึมลึกแนวเชื่อมมีค่าลดลง ทำให้ค่าการยืดตัวลดลง

5.1.5 ค่าอันเดอร์ฟิลมีค่าต่ำ ความสามารถในการยืดตัวของรอยต่อชนจะมีค่าสูง ในขณะที่ค่าอันเดอร์ฟิลมีค่าสูง ความสามารถในการยืดตัวของรอยต่อชนจะมีค่าลดลง เพราะการเกิดอันเดอร์ฟิลเกิดที่รอยเชื่อมด้านบนและเป็นจุดรวมความเค้น เมื่อวัสดุได้รับแรงกระทำซึ่งก็คือแรงกดอัดจากการทดสอบอีริทเซนจากแนวเชื่อมด้านล่างจึงเกิดการพังทะลายหรือแตกบริเวณอันเดอร์ฟิลซึ่งถ้าค่าอันเดอร์ฟิลมีค่าต่ำ การแตกหักจะมีน้อย

5.1.6 ตัวแปรที่มีอิทธิพลหลัก คือ ความเร็วการเชื่อม ระยะห่างแผ่นงานเชื่อม และ ระยะตำแหน่งหัวเชื่อมจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรมอะโนว่าซึ่งค่าพี-แวลู่ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงแสดงผลว่าตัวแปรทั้งสามมีอิทธิพลต่อการยืดตัวของรอยต่อชน

5.1.7 ตัวแปรที่มีอิทธิพลร่วม คือ ความเร็วการเชื่อม* ระยะตำแหน่งหัวเชื่อม ความเร็วการเชื่อม*ระยะห่างชิ้นงานเชื่อม ระยะตำแหน่งหัวเชื่อม*ระยะห่างชิ้นงานเชื่อม และความเร็วการเชื่อม* ระยะตำแหน่งหัวเชื่อม*ระยะห่างชิ้นงานเชื่อม

5.1.8 โครงสร้างมหภาคที่มีค่าอันเดอร์ฟิลต่ำสุด 0.130 มิลลิเมตรและอัตราการซึมลึกสูงสุด คือ 1.102 มิลลิเมตร ได้ค่าการขึ้นรูปของรอยต่อชนสูงสุดเท่ากับ 9.98 มิลลิเมตร

5.1.9 โครงสร้างมหภาคที่มีค่าอันเดอร์ฟิล 0.141 มิลลิเมตรและอัตราการซึมลึก 0.954 มิลลิเมตร ได้ค่าการขึ้นรูปของรอยต่อชนเท่ากับ 9.10 มิลลิเมตร

5.1.10 โครงสร้างมหภาคที่มีค่าอันเดอร์ฟิล 0.255 มิลลิเมตรและอัตราการซึมลึก คือ 0.683 มิลลิเมตร ได้ค่าการขึ้นรูปของรอยต่อชนต่ำสุดเท่ากับ 8.50 มิลลิเมตร

**5.2 ข้อเสนอแนะ**

5.2.1 การเกิดช่องว่างของแผ่นงานเชื่อมในขณะทำการเชื่อม จะทำให้การเติมเต็มของน้ำโลหะซึ่งจากการโอนถ่ายของน้ำโลหะที่หนากว่า ไปยังโลหะที่บางกว่าไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดอันเดอร์ฟิล การเพิ่มแรงดันลมให้สม่ำเสมอ ( 7-8 บาร์) สามารถลดข้อบกพร่องในการเชื่อมได้

5.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเชื่อม ระยะห่างระหว่างแผ่นงานเชื่อมและตำแหน่งหัวเชื่อมมีความสัมพันธ์กันจึงต้องมีการกำหนดให้สอดคล้องกันในการเชื่อมแบบเลเซอร์เทเลอร์แบล็งค์

# บรรณานุกรม


[1] Sun, Z. and Karppi, R. **The Application of Electron Beam Welding for Joining of Dissimilar Metals**: An Overview, 1996, pp. 257-267.

[2] JIS Handbook 1998, **Japanese Standards Association 4-1-24**, Akasaka, Minato-ku, Tokyo, 107- 8440 Japan.

[3] วีระพันธ์ สิทธิพงศ์,**โลหะวิทยากายภาพสำหรับวิศวกร ภาค 2** ,กรุงเทพฯ,โรงพิมพ์นิยมวิทยา, 2533

[4] สถาบันวิจัยพัฒนาแห่งประเทศไทย ,http://www.tdri.or.th/reports/unpublished/survey/c_4.pdf (Online) **,**ปีที่พิมพ์. Available: http://www.tdri.or.th, 2544. (15 พฤศจิกายน 2550)

[5] กระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์,http://subtaweetrading.igetweb.com/index.php?mo=14&newsid=33267(Online),2008.Available:http://www.subtaweetrading.igetweb.com, (15 พฤศจิกายน 2550)

[6] J.Wilson & J.F.B.Hawkes , สุรพล รักวิจัย แปลและเรียบเรียง , **เลเซอร์ทฤษฎีและการประยุกต์**, เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไซน่า,กรุงเทพฯ, 2544

[7] Mitsubishi Motor Japan ,**เอกสารอบรมการเชื่อมเลเซอร์เทเลอร์ แบล็งค์** ,16-18 กรกฎาคม, 2546

[8] ฝ่ายวิศวกรรมการผลิต,**คู่มือการเชื่อมเลเซอร์เทเลอร์แบล็งค์**,ซัมมิทแอดวานซ์ แมททีเรียล,2546

[9] วีระพันธ์ สิทธิพงศ์ , **โลหะวิทยากายภาพสำหรับวิศวกร ภาค 1** , กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์นิยมวิทยา, 2537, หน้า 18-131

[10] Douglas C. Montgomery, Arizona state university, **Design and Analysis of Experiments**, Sixth Edition, 2005

[11] ศิวฤทธ์ พงศกรรังศิลป์, **สถิติธุรกิจ**, เพียร์สัน เอ็ด ดูเคชั่น อินโดไซน่า, กรุงเทพ ฯ, 2545. หน้า 1-9

[12] สายชล สินสมบูรณ์ทอง, **สถิติวิศวกรรม**, พิมพ์ครั้งที่ 2, จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ, 2550

[13] นิพนธ์ บัวแก้ว , **ศึกษาผลกระทบของปัจจัยการเชื่อมเลเซอร์ที่มีต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อมในแขนจับหัวอ่านสำหรับจานแม่เหล็กแบบแข็ง**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525

**บรรณานุกรม (ต่อ)**

[14] ฉัตรทองใสแสง**, อิทธิพลของพารามิเตอร์การเชื่อมต่อโครงสร้างและสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติก เกรด304**, หลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , 2548

[15] Kenji UNO , **Mass Production of Tailored Blanks by Means of Multilinear Joining Technique**, Production Engineering Body Department, Mitsubishi Motors CorporationJapan(MMC),http://www.mitsubishimotors.com/corporate/about_us/technology/review/e/pdf/2005/17e_10.pdf (Online),2005.Available:http://www.mitsubishi-motors.com,(11 November 2007)

[16] J.LISOK,A.PIELA , **Method of evaluating drawability of laser-welded tailored blanks** ,Silesian University of Technology, Krasinskiego8, 40- 019katowice, http://www.wmech.pwr.wroc.pl/acme/ACME/vol4-no3/vol4-no3-PageALL-04-Methods-of-Evaluating-drawability.pdf (Online), 2004.Available: http://www.wmech.pwr.wroc.pl, (11 November 2007)

[17] Brandon, D., Kaplan, W**. "Joining Process"**, An Introduction, John wiley and Son, 1997. p.500