

การศึกษาความต้านทานการสึกหรอและโครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อมพอกผิวทองเหลือง ที่ผ่านกระบวนการแล่นประสาน

The Study Wear Resistant and Microstructural of Welding Zone Brass by Brazing Processes

วิโรจน์ ฉัตรเกษ^{1*} สำเนียง ไช้มุกข์² วราภรณ์ อักโขวงศ์³ อนรรักษ์ ตัณฑวาระ⁴

Wirod Chudget^{1*} Samniang Khaimuk² Waraporn Akkhowong³ Anuruk Tunthawara⁴

^{1,2}สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

^{3,4}สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

^{1,2}Industrial Technology Faculty of industrial Technology Nakhon Phanom University

^{3,4}Mechanical Technology Faculty of industrial Technology Nakhon Phanom University

Wirod_ch@npu.ac.th, sn999k@hotmail.com, warapornmouy@npu.ac.th, Tunthawara@npu.ac.th

Received 19 พฤษภาคม 2564, Revised 8 กันยายน 2564, Accepted 27 ตุลาคม 2564

Abstract

The objective of this research is to study the wear resistant and microstructure of welding zone brass for brazing processed. To be using to fix the brass nut lock of the water gate valve set of Plumbing systems, Irrigation, and component parts of brass. The experiment was conducted by using Brass material has outside diameter 30 mm. inner diameter 19 mm. to all drilling, and Brazing processed by Brass filler diameter 2.4 and 3.2 mm. and Touch Number 1, 3 and 5, gas flow rate 65, 160 and 350 lt/h., respectively. For Microstructure analysis, Optical Emission Spectroscopy, Hardness and Wear testing. To compare the test specimen that have been brazing to the original brass, and brass nut. The experimental result shows that the optimal process size brass filler were the diameter 2.4 mm. and Touch Number 5 has the hardness 160 HV because gas flow rate is suitable to Brazing process. Microstructure of welding has homogeneity and defect is porosities on the surface weld is less than other experimental variables. But has microstructure similar and consisted of alpha (67 %) + beta phase (20%), place is placed alternately and has black dots spread into round beads within the structure. Because of the specimen have been alloys copper between zinc, and tin (59.91% Cu - 37.85% Zn - 2.02% Pb), respectively. Which be effect to hardness decrease according to the element chemical and has the fretting wear.

Because of the friction force to be particles of brass removed and weight loss rate increase follow to time.

Keywords: Wear Resistance, Microstructure, Brass, Brazing

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการสึกหรอและโครงสร้างจุลภาคของทองเหลืองที่ผ่านกระบวนการเล่นประสาน เพื่อใช้ในการซ่อมแซมนัตล็อกทองเหลืองของชุดวาล์วปิด/เปิดประตูน้ำที่ใช้ในงานประปา งานชลประทานและชิ้นส่วนทองเหลือง วัสดุที่ใช้ในการทดลอง คือ ทองเหลืองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร ความยาว 20 มิลลิเมตร เจาะรูทะลุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร ซึ่งมีตัวแปรเชื่อม คือ ลวดเชื่อมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 และ 3.2 มิลลิเมตร และหัวเชื่อมเบอร์ 1, 3 และ 5 มีอัตราไหลของแก๊ส 65, 160 และ 350 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ โดยทำการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค ส่วนประกอบทางเคมี ค่าความแข็ง และทดสอบการสึกหรอแบบล้อยาวแหวน เพื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างทองเหลืองเดิมและนัตทองเหลือง จากการทดสอบพบว่า ลวดเชื่อมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 มิลลิเมตร หัวเชื่อมเบอร์ 5 อัตราไหลของแก๊ส 350 ลิตร/ชั่วโมง มีค่าความแข็งสูงสุด 160 HV. เนื่องจากแนวเชื่อมมีความเป็นเนื้อเดียวกันและมีข้อบกพร่องที่เป็นลักษณะรูพรุนกระจายอยู่บริเวณแนวเชื่อมน้อยกว่าตัวแปรในการทดลองอื่น ๆ แต่มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกันที่ประกอบด้วย เฟสแอลฟา (67%) และเฟสบีตา (20%) วางสลับชั้นกันและมีจุดสีดำกระจายตัวเป็นเม็ดกลม ๆ ภายในโครงสร้าง เนื่องจากเป็นทองแดงผสมกับสังกะสีและดีบุก (59.91% Cu - 37.85% Zn - 2.02% Pb) ตามลำดับ ซึ่งส่งผลทำให้ค่าความแข็งลดลงตามส่วนประกอบทางเคมี และมีลักษณะการสึกหรอแบบถูครูด เนื่องจากแรงเสียดทานทำให้เกิดอนุภาคทองเหลืองหลุดล่อนออกและส่งผลต่ออัตราการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา

คำสำคัญ: ความต้านทานการสึกหรอ, โครงสร้างจุลภาค, ทองเหลือง, การเล่นประสาน

1. บทนำ

ทองเหลืองเป็นโลหะผสมระหว่างทองแดงกับสังกะสีมีความแข็งแรง ความแข็งแรงดีเยี่ยม และทนต่อการกัดกร่อน [1-2] จึงถูกใช้ทำเป็นแกนเกลียวและนัตที่เป็นส่วนประกอบของชุดวาล์วปิด/เปิดประตูน้ำที่เรียกว่า เกทวาล์ว (Gate Valve) ในงานประปาและอุปกรณ์สุขภัณฑ์อื่น ๆ [2] ซึ่งสามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีการหล่อและการตัดเฉือนด้วยเครื่องมือตัดสำหรับการขึ้นรูปเกลียวนอกเกลียวในและรูปร่างต่าง ๆ

จากการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับชุดวาล์วปิด/เปิดประตูน้ำ พบว่า มีชิ้นส่วนประกอบหลักของเกทวาล์วที่ผลิตจากวัสดุทองเหลืองประกอบด้วยแกนเกลียวและนัตล็อกที่ใช้ในกลไกการเปิด/ปิด [2-3] โดยการหมุนแกนมือหมุน (Hand Wheel) ทำให้เกิดการเสียดสีกันและขัดถูระหว่างนัตล็อก (Lock Nut) กับแกนเกลียว (Stem) ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการสึกหรอของนัตและแกนเกลียว แต่ชิ้นส่วนที่เป็นนัตทองเหลืองจะมีอัตราการสึกหรอค่อนช้าเร็วกว่าแกนเกลียว เนื่องจากปัจจุบันแกนเกลียวของเกทวาล์วปิด/เปิดประตูน้ำส่วนใหญ่เลือกใช้วัสดุเหล็กไร้สนิมแทนวัสดุ

ทองเหลืองและมีพื้นผิวสัมผัสมากกว่า ซึ่งส่งผลทำให้ต้นทุนทองเหลืองสึกหรอได้ง่าย และส่งผลกระทบต่อระบบการปิด/เปิด เนื่องจากเนื้อวัสดุทองเหลืองโดนขูดถูออกจากแรงกดและการเสียดสีของเนื้อวัสดุทำให้เกิดความเสียหายทั้งนัต ล็อคและแกนเกลียว [4] จึงมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนอะไหล่ทดแทน เพื่อให้เกทวาล์วสามารถใช้งานได้ตามปกติ

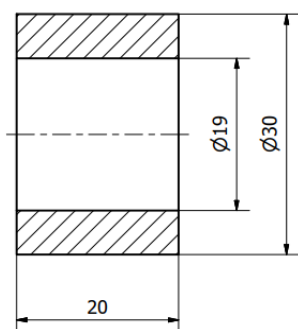
จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุทองเหลืองและการทดสอบการสึกหรอ พบว่า อัญญารัตน์ ประสันใจ และคณะ ได้ศึกษาการวิเคราะห์ความเสียหายของงานเชื่อมพระพุทธรูปทองเหลืองด้วยกระบวนการเชื่อมแก๊ส [5] จิตินันท์ มีทอง และคณะ ได้ทำการศึกษาการแล่นประสานในวัสดุต่างชนิดกันระหว่างท่อทองแดงและท่อเหล็กกล้าคาร์บอน ASTM A106 เกรด B [6] และ Arparjirasakul.,D และคณะ ได้ทำการศึกษาความต้านทานการสึกหรอของเหล็กกล้าไร้สนิมมาร์เทนซิติก AISI 440C และเหล็กกล้าเครื่องมือเย็น AISI D2 ด้วยเครื่องฟรินอนดิสก์ โดยใช้แรงกด 10 และ 50 นิวตัน เป็นระยะทาง 1000 เมตร [7]

สำหรับการซ่อมแซมสามารถนำนัตทองเหลืองไปทำการเชื่อมพอกผิวด้วยกระบวนการแล่นประสาน (Brazing) เพื่อเป็นการเตรียมผิวชิ้นงานก่อนการตัดเฉือนเกลียวใน (Internal Threads) [2, 8-9] ซึ่งงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความต้านทานการสึกหรอของทองเหลืองที่ผ่านการแล่นประสานพอกผิวขึ้นทดลองที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาค เพื่อให้ได้บริเวณแล่นประสานที่สมบูรณ์และเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานซ่อมแซมชิ้นส่วนทองเหลืองอื่น ๆ รวมทั้งเป็นแนวทางการลดต้นทุนและยืดอายุการใช้งาน

2. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนดำเนินงานดังนี้

1) วัสดุที่ใช้ในการทดลอง คือ ทองเหลืองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร และความยาว 20 มิลลิเมตร โดยทำการเจาะทะลุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมี ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะภาพร่างทองเหลืองที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 2 ชุดเครื่องมือและอุปกรณ์งานแล่นประสาน

2) การทดลองได้กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการเชื่อม [6] คือ ลวดเชื่อมชนิด RBCuZn-C มีขนาด $\varnothing$ 2.4 และ 3.2 มิลลิเมตร หัวเชื่อมแก๊ส (Torch Brazing) เบอร์ 1, 3 และ 5 มีอัตราการไหลของแก๊ส 65, 160 และ 350 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ ในการทดลองใช้แก๊สอะเซทิลีนกับออกซิเจน เพื่อหาขนาดลวดเชื่อม หัวเชื่อมและค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแล่นประสานวัสดุทองเหลืองมีขั้นตอนการดังนี้ 1) ทำการปรับเปลวคาร์บูไรซิง (Carburizing

Flame) เพื่อให้ความร้อนกับชิ้นงานก่อนการเชื่อมประสาน (Preheat Temperature) ด้วยชุดเครื่องมือเชื่อมแก๊ส 2) ให้ความร้อนที่ลวดเชื่อมแล้วจุ่มฟลักซ์ (Flux) เพื่อทำหน้าที่กำจัดสิ่งสกปรกและ สารมลทินต่าง ๆ บนพื้นผิวชิ้นงานที่ต้องการทำการเชื่อมประสาน 3) ทำการเติมลวดเชื่อมทองเหลืองลงภายในรูเจาะ โดยเพิ่มเนื้อให้เป็นชั้นหรือพอกผิวจนเต็มชิ้นงาน หลังจากเชื่อมประสานเสร็จแล้วปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวในอากาศ [10-11] ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการเชื่อมประสาน (ก) การให้ความร้อนก่อนการเชื่อมประสาน (ข) การเชื่อมประสานแนวเชื่อม

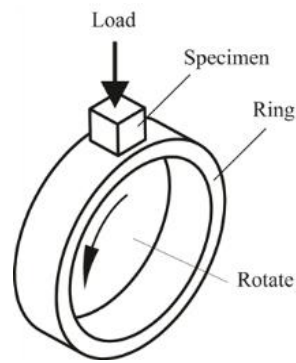
3) การวิเคราะห์โครงสร้างมหภาคและจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของ Motic รุ่น AE2000 MET Trinocular 100W เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องและโครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อม โดยทำการขัดเตรียมผิวด้วยกระดาษทรายเบอร์ 400-2000 และผ้าสักหลาด กัดกรดด้วยเอทานอล 95% 100 มิลลิลิตร ผสมกับกรดไนตริก 1-5 มิลลิลิตร

4) การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของชิ้นทดสอบและนัตลอคทองเหลืองของวาล์วปิด/เปิดประตูน้ำด้วยเครื่องวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของ SPECTROLAB ดังแสดงผลในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของชิ้นทดลอง (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

ตัวอย่าง	Cu%	Pb%	Sn%	P%	Mn%	Fe%	Ni%	Si%	Mg%	Zn%
นัตทองเหลือง	62.9800	1.9200	0.4940	0.0560	0.0216	0.3650	0.3830	0.0479	0.0071	remainder
ชิ้นทดลอง	59.9100	2.0200	0.0988	0.0008	0.0016	0.0643	0.0431	0.0026	0.0096	remainder

5) การวัดค่าความแข็งชิ้นทดสอบด้วยเครื่องวัดความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์สของ Lqualitrol รุ่น MHV 2000Z 14 แรงกด 1 กิโลกรัมแรง เวลากดแช่ 10 วินาที และระยะห่างของรอยกด 2.5 มิลลิเมตร การทดสอบการสึกหรอด้วยวิธีล้อวงแหวน (Block on Ring) ตามมาตรฐาน ASTM G77 [12] โดยเตรียมชิ้นทดสอบด้วยการกัดปาดผิวเครื่องกัดซีเอ็นซีของ Cyclone รุ่น VMC-610 ล้อวงแหวนที่ใช้ในการทดสอบทำจากเหล็กกล้า Bearing Steel เส้นผ่าศูนย์กลาง 62 มิลลิเมตร ความหนาผิววงแหวน 0.2 ไมโครเมตร [13] ทดสอบการสึกหรอภายใต้สภาวะปราศจากสารหล่อลื่น ความเร็วรอบ 1.95 เมตร/นาที่ ระยะเวลา 60 นาที แรงกดบนชิ้นงาน 100 นิวตัน และวิเคราะห์รอยการสึกหรอด้วยกล้องจุลทรรศน์ของ Dino lite รุ่น AM4115ZT เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องและกลไกการสึกหรอของชิ้นทดสอบภายใต้สภาวะปราศจากสารหล่อลื่น

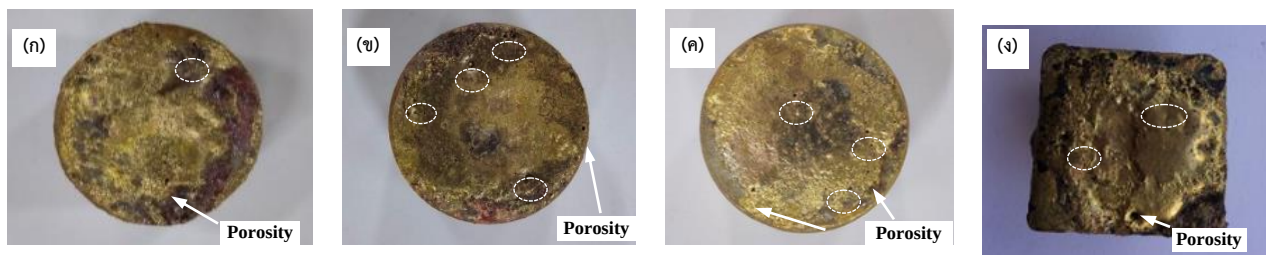


ภาพที่ 4 การทดสอบการสึกหรอ ASTM G77 [12-13]

3. ผลการทดลอง

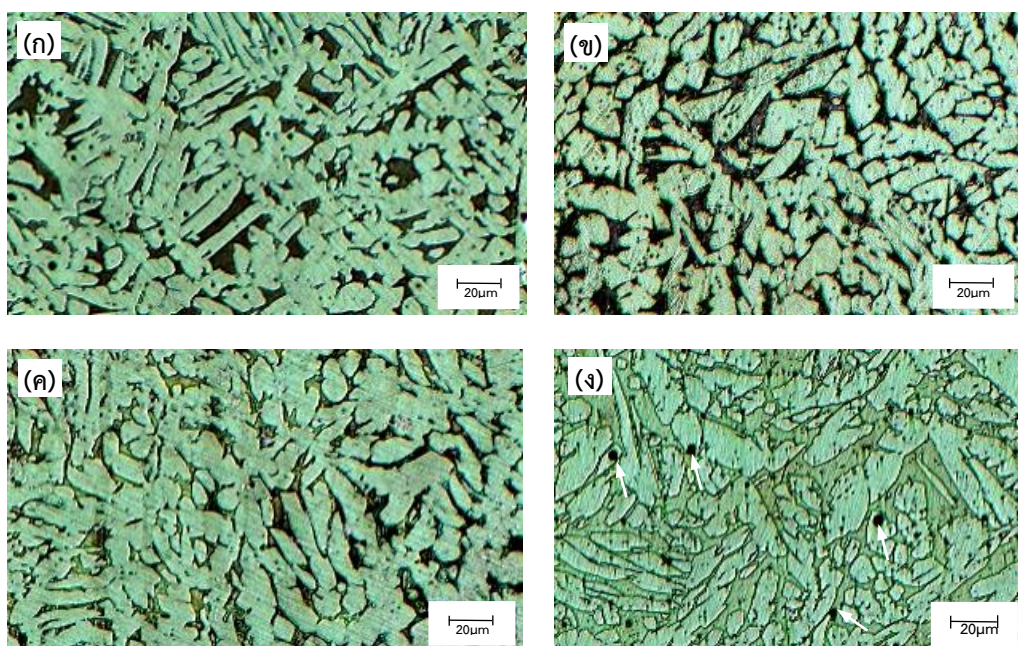
3.1 โครงสร้างมหภาคของชิ้นทดลองที่ผ่านการแล่นประสาน พบว่า พื้นผิวของชิ้นงานส่วนใหญ่มีผิวความขรุขระ ที่เกิดจากการเชื่อมพอกผิวด้วยลวดทองเหลืองและสารมลทินต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการบิดเปลี่ยนรูปของชิ้นงานในลักษณะต่าง ๆ เนื่องจากอุณหภูมิความร้อนสะสมของชิ้นงานในขณะทำการแล่นประสานและอัตราไหลของแก๊สที่ใช้ในการเชื่อมไม่เหมาะสมกับขนาดของ ลวดโลหะเติม ดังแสดงในภาพที่ 5 ข) และพบข้อบกพร่องภายในพื้นผิวบริเวณเชื่อมมีรูพรุน (Porosity) [5-6] หรือตามที่เกิดจากการแตกตัวของแก๊สภายในแนวเชื่อมและการเย็นตัวของชิ้นงานทำให้เกิดเป็นช่องว่างของฟองอากาศ ซึ่งส่งผลต่อการซึมลึกของแนวเชื่อมทำให้แนวเชื่อมสมบูรณ์ และยังมี การเปลี่ยนแปลงของสีในบริเวณแนวเชื่อมที่ส่งผลต่อความมีสีสนของชิ้นงาน ซึ่งค่อนข้างจะมีความหมองมากกว่าผิวชิ้นงานเดิมและน้ดทองเหลือง ดังภาพที่ 5

3.2 โครงสร้างจุลภาค พบว่า ชิ้นทดลองที่ผ่านการกระบวนแล่นประสานส่วนใหญ่มีโครงสร้าง 2 เฟส ประกอบด้วย เฟสแอลฟา (α) และเฟสบีตา (β) โดยมีเฟสแอลฟา (สีขาว) มากกว่าเฟสบีตา (สีดำ) ที่วางสลับชั้นกัน และมีจุดสีดำกระจายตัวเป็นเม็ดกลม ๆ เล็ก ๆ [5-6] ดังภาพที่ 6 (ก-ค) เนื่องจากมีส่วนประกอบทางเคมีของทองแดงผสมกับสังกะสีและมีตะกั่วเล็กน้อย ซึ่งตะกั่วมักไม่ละลายตัวในทองแดงโดยมีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี (59.91% Cu - 37.85% Zn - 2.02% Pb) ของชิ้นทดลองก่อนกระบวนการแล่นประสาน ซึ่งเป็นทองเหลือง เกรด C37700 [14] ตามตารางที่ 1



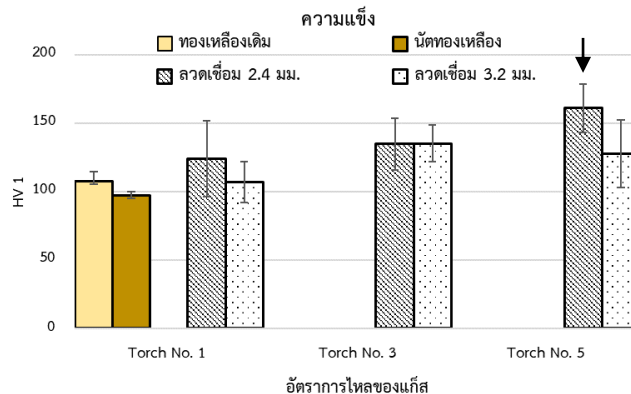
ภาพที่ 5 โครงสร้างมหภาคของชิ้นทดลองที่ผ่านกระบวนการแล่นประสานที่แต่ละขนาดลวดเชื่อมแก๊ส คือ
(ก) ลวดเชื่อม 2.4 มิลลิเมตร หัวเชื่อมแก๊ส เบอร์ 5 (ข) ลวดเชื่อม 3.2 มิลลิเมตร หัวเชื่อมแก๊ส เบอร์ 3
(ค) ลวดเชื่อม 3.2 มิลลิเมตร หัวเชื่อมแก๊ส เบอร์ 1 (ง) นัตทองเหลืองของชุดวาล์วปิด/เปิดประตูน้ำ

สำหรับนัตทองเหลืองนั้นมีโครงสร้างคล้ายกับชิ้นทดลองที่ผ่านการแล่นประสานที่มีโครงสร้าง 2 เฟส ประกอบด้วยเฟสแอลฟา (α) และเฟสบีตา (β) ซึ่งมีจุดสีดำขนาดใหญ่กระจายตัวเป็นเม็ดกลม ๆ และชัดเจนกว่าชิ้นทดลอง (ลูกศรสีขาว) เนื่องจากมีส่วนประกอบของธาตุอื่น ๆ ที่ใช้ผสมในอัตราส่วนแตกต่างกัน ดังตารางที่ 1 และนัตทองเหลืองขึ้นรูปด้วยกระบวนการหล่อ ซึ่งส่งผลต่อความต้านทานแรงดึงและความเหนียวลดลง โดยมีส่วนประกอบทางเคมี คือ (62.98% Cu - 33.73% Zn - 1.92% Pb) ซึ่งเป็นทองเหลืองผสมตะกั่ว เกรด C35600 [14] ตามตารางที่ 1



ภาพที่ 6 โครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อมที่ผ่านการแล่นประสานและนัตทองเหลือง
(ก) ลวดเชื่อม 2.4 มิลลิเมตร หัวเชื่อมแก๊ส เบอร์ 1 (ข) ลวดเชื่อม 3.2 มิลลิเมตร หัวเชื่อมแก๊ส เบอร์ 3
(ค) ลวดเชื่อม 2.4 มิลลิเมตร หัวเชื่อมแก๊ส เบอร์ 5 (ง) นัตทองเหลืองของชุดวาล์วปิด/เปิดประตูน้ำ

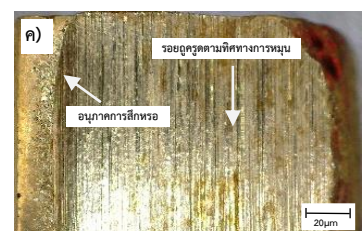
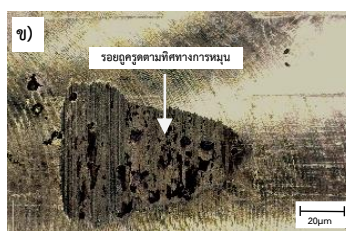
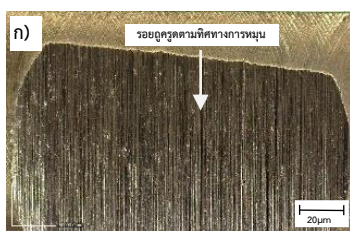
3.3 การวัดความแข็ง พบว่า ขึ้นทดลองที่ผ่านการแล่นประสานมีค่าความแข็งสูงสุดเท่ากับ 160 ± 17.39 HV1 ที่ใช้ลวดเชื่อม 2.4 มิลลิเมตร หัวเชื่อมแก๊ส เบอร์ 5 และค่าความแข็งจะลดลงตามอัตราการไหลของแก๊ส ดังภาพที่ 7 เนื่องจากหัวเชื่อมแก๊ส เบอร์ 1, 3 และ 5 มีอัตราการไหลของแก๊สที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อการปรับเปลวคาร์บูไรซิ่งที่ให้ความร้อนก่อนการแล่นประสานและในขณะที่ทำการแล่นประสานระหว่างขึ้นงานกับลวดเชื่อม ซึ่งส่งผลทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในชิ้นงานที่มีผลต่อการเย็นตัวของชิ้นงานที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนทางโครงสร้างจุลภาคและค่าความแข็ง

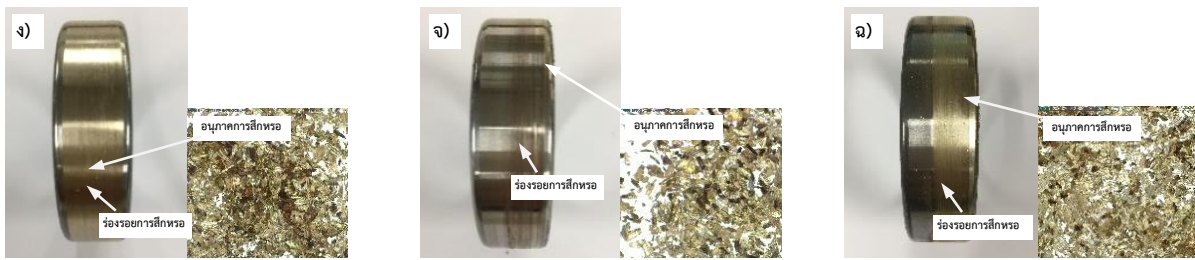


ภาพที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแข็ง

3.4 การทดสอบการสึกหรอแบบล้อยวงแหวน พบว่า ขึ้นทดสอบที่ไม่ผ่านกระบวนการเชื่อมแล่นประสานนั้น มีลักษณะการสึกหรอแบบถูครูด (Fretting Wear) เนื่องจากขึ้นทดสอบมีความเป็นเนื้อเดียวกันและปราศจากรูพรุนหรือข้อบกพร่องต่าง ๆ ซึ่งเป็นก้อนทองเหลืองที่ได้ผ่านการรีดขึ้นรูป จากภาพที่ 8 ก) พบมีร่องรอยการสึกหรอที่เกิดจากการถูครูดของพื้นผิวขึ้นทดสอบกับผิวล้อยวงแหวนที่ใช้ในการทดสอบปราศจากสารหล่อลื่น โดยมีแรงกดและการเคลื่อนที่หมุนของล้อยวงแหวน (ลูกศรสีขาว) ส่งผลให้เกิดการเสียดสีบนผิวสัมผัสระหว่างขึ้นทดสอบกับล้อยวงแหวน และส่งผลให้เกิดอนุภาคของทองเหลืองหลุดออกหรือเกาะติดบนพื้นผิวล้อยวงแหวน (ลูกศรสีขาว) ดังภาพที่ 8 ง) ที่มีลักษณะอนุภาคเล็ก ๆ และเป็นแผ่นเกล็ดบาง ๆ หลังจากเกิดความเค้นและความร้อนสะสมทำให้อัตราการสึกหรอและการสูญเสียน้ำหนักของขึ้นทดสอบเพิ่มขึ้นตามระยะทาง

สำหรับขึ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการแล่นประสานมีอัตราการสึกหรอสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า เนื่องจากขึ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการแล่นประสานส่วนใหญ่มีค่าความแข็งมากกว่าขึ้นทดสอบเดิมและนัตทองเหลือง ดังแสดงในภาพที่ 7 และมีลักษณะการสึกหรอแบบถูครูด ดังภาพที่ 8 ข) ที่เกิดจากการเสียดสีของขึ้นทดสอบกับล้อยวงแหวนทำให้เกิดอนุภาคทองเหลืองเกาะบนผิวสัมผัสและขึ้นทดสอบ ดังภาพที่ 8 จ)





ภาพที่ 8 ลักษณะการสึกหรอของชิ้นทดสอบและรอยการสึกหรอบนผิวสัมผัสของลั้ววงแหวน [13]

ก) ก้อนทองเหลืองเดิม ข) ชิ้นทดสอบที่ผ่านการแล่นประสานด้วยลวดเชื่อม 3.2 มิลลิเมตร หัวเชื่อมแก๊สเบอร์ 3

ค) นัตทองเหลืองของชุดวาล์วลปิด/เปิดประตูน้ำ ง) ลั้ววงแหวนที่ผ่านการทดสอบการสึกหรอของทองเหลืองเดิม

จ) ลั้ววงแหวนที่ผ่านการทดสอบการสึกหรอของชิ้นทดสอบที่ผ่านการเชื่อมแล่นประสาน

ฉ) ลั้ววงแหวนที่ผ่านการทดสอบการสึกหรอของนัตทองเหลือง

สำหรับนัตทองเหลืองของชุดวาล์วลปิด/เปิดประตูน้ำ พบว่า ชิ้นทดสอบมีลักษณะการสึกหรอคล้ายกับก้อนทองเหลืองเดิมที่มีลักษณะการสึกหรอแบบถูครูด (Fretting Wear) ดังภาพที่ 8 ค) และมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.2245 กรัม เนื่องจากชิ้นทดสอบมีค่าความแข็งใกล้เคียงกัน แต่นัตทองเหลืองมีค่าความแข็งน้อยกว่าเท่ากับ 10.218 ± 4.720 HV1. ดังภาพที่ 7 และพบอนุภาคการสึกหรอของนัตทองเหลืองมีลักษณะเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกับเม็ดกลม ๆ และแผ่นบาง ๆ หลุดล่อนออกและอีกส่วนหนึ่งเกาะบนผิวสัมผัสของลั้ววงแหวน ดังภาพที่ 8 ฉ)

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 ลวดเชื่อมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 มิลลิเมตร และหัวเชื่อมแก๊สเบอร์ 3 ที่อัตราการไหลของแก๊ส 160 มิลลิลิตร/ชั่วโมง มีความเหมาะสมที่สุดในการเชื่อมแล่นประสาน เนื่องจากพบจุดบกพร่องและรูพรุนภายในแนวเชื่อมน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องอัตราการไหลของแก๊สที่ใช้ในการหลอมละลายลวดเชื่อมได้ดี ส่งผลทำให้แนวเชื่อมมีความเป็นเนื้อเดียวและมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

4.2 ชิ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการเชื่อมแล่นประสาน ส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างจุลภาคคล้ายกัน โดยมีโครงสร้าง 2 เฟส ได้แก่ เฟสแอลฟา (α) และเฟสบีตา (β) และมีค่าความแข็งสูงกว่าชิ้นทดสอบทองเหลืองเดิมและนัตทองเหลือง เนื่องจากชิ้นทดสอบที่ผ่านการแล่นประสานทำให้เกิดโครงสร้างจุลภาคแตกต่างกันตามส่วนประกอบทางเคมีของชิ้นทดสอบและลวดเชื่อมที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งส่งผลทำให้มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด และมีลักษณะการสึกหรอแบบถูครูด (Fretting Wear) ของวงล้อสัมผัสภายใต้สภาวะไม่มีสารหล่อลื่น (Dry Sliding Wear) โดยมีแรงกดบนผิวชิ้นทดสอบและทิศทางการเคลื่อนที่

4.3 ก้อนทองเหลืองเดิม พบว่า เป็นทองแดงผสมกับสังกะสีและธาตุอื่น ๆ เล็กน้อย และมีค่าความแข็งต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นชิ้นทดลองที่ผ่านการอัดรีดขึ้นรูปและไม่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อน (Heat Treatment) ส่งผลทำให้มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด แต่มีความเป็นเนื้อเดียวดีที่สุด

4.4 นัตทองเหลือง พบว่า มีโครงสร้างจุลภาคคล้ายกันกับก้อนทองเหลืองเดิมและขึ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการเชื่อมแผ่นประสาน แต่จะมีลักษณะแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากส่วนประกอบทางเคมีต่าง ๆ ได้แก่ ทองแดง+สังกะสี+ตะกั่ว และธาตุอื่น ๆ ซึ่งทำให้มีค่าความแข็งต่ำกว่าและมีส่งผลต่ออัตราการสึกหรอและการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากผ่านกระบวนการขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีหล่อ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] William F. Smith & Javad Hashemi. (2008). *Foundations of Materials Science and Engineering* (4th ed.). Pp. 346-351.
- [2] Copper Development Association Inc. (1994). *Copper Casting Alloys*, Non-Ferrous Founders' Society, Des Plaines, Lllinoise, Pp. 25-52.
- [3] Myer Kutz. (2001). *Handbook of Materials Selection*, Pp. 135-142.
- [4] ASM Handbook Volume 18. (1992). *Friction, Lubrication, and Wear Technology*, Pp. 436-449.
- [5] Prasunjai, A., Rojananun, Si. & Rojananun, Su. (2013, February 5-7). *Case study of failure analysis on brass Buddha welding* [Paper presentation]. Academic Conference 51st Kasetsart University, Bangkok, Thailand.
- [6] Meethong, T. & Poopat, B. (2013, October 16-18). *Study of Brazing of Dissimilar Metals between Copper Tube and Carbon Steel ASTM A160 Grade B* [Paper presentation]. Industrial Engineering Network Academic Conference 2013, Chonburi, Thailand.
- [7] Arparjirasakul, D. & Patcharawit, T. and Kitkamthorn, U. (2014, March 29-30). *Dry Sliding Wear Characteristics of AISI440C Martensitic Stainless Steel* [Paper presentation]. International Conference on Advances in Engineering and Technology (ICAET'2014), Singapore.
- [8] Mikell P. Groover, *Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and systems* (4th ed.). Pp. 507-519.
- [9] Rex Miller Mark Richard Miller (2004) *Audel Machine Shop Tools and Operations All New* (5th Ed.). Pp. 167-193.
- [10] Melvin M. Schwartz and Sikorsky Aircraft, (1991) *ASM Metals HandBook Vol. 6 - Welding, Brazing, and Soldering*, Pp. 270-280.

[11] Mel M. Schwartz, *Brazing Second Edition 2003*, Pp. 15-21.

[12] American Society for Testing and Materials international ASTM G77, Pp. 310-321.

[13] Sonjaitham, N. and Puangmalee, N. (2014). *Wear of UHMWPE based micro composites filled with hard and soft particles under dry sliding*, IE network conference 2014, Thailand.

[14] ASM Handbook Volume 2. (1996). *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special -Purpose Materials*, ASM International, The Materials Information Society, USA, P. 764.