การปรับปรุงสมบัติทางกลเศษทองเหลืองหล่อด้วยเฟอร์โรซิลิกอน

Mechanical Properties Improvement of Copper alloy Scrap casting with Ferro-Silicon

สำเภา โยธี,[*1] ปริญญวัตร ทินบุตร,[2] กรกนก วรหาญ,[3] วิรัช ชินพลอย[4]

Sumpao Yotee,[*1] Parinyawatr tinabutra,[2] kornkanok Waraharn[3],Wirat Chinploy[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกลของเศษทองเหลืองที่นำมาหล่อหลอมใหม่ด้วยการเติมเฟอร์โรซิลิกอน โดยได้นำเศษทองเหลืองมาหล่อหลอมโดยผสมเติมเฟอร์โรซิลิกอนจาก 0-5 % โดยน้ำหนัก จากนั้นเทน้ำโลหะลงในแบบหล่อโลหะและแบบหล่อทราย ทำการทดสอบสมบัติทางกลของชิ้นงานหล่อด้วยการทดสอบความแข็ง ความเค้นแรงดึง และการทดสอบโครงสร้างจุลภาค ผลการศึกษาพบว่า ความแข็งและความเค้นแรงดึงจะมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณการเติมเฟอร์โรซิลิกอน ชิ้นงานที่หล่อด้วยแบบโลหะให้สมบัติทางกลสูงกว่าชิ้นงานที่หล่อด้วยแบบหล่อทราย โดยค่าความเค้นแรงดึงและค่าความสูงสุดคือชิ้นงานที่หล่อด้วยแบบหล่อโลหะที่เติมเฟอร์โรซิลิกอน 5% และต่ำสุดคือชิ้นงานที่หล่อด้วยแบบหล่อทรายที่ไม่เติมเฟอร์โรซิลิกอน

คำสำคัญ: ทองเหลือง, เฟอร์โรซิลิกอน, สมบัติทางกล

Abstract

This research aim to improve the mechanical properties of copper alloy scrap with Fe-Si. Copper alloy scraps were melted and then added Ferro-silicon (Fe-Si) from 0-5%wt.The mixture solution were poured in to Metal and sand mold for specimens preparation. The mechanical properties of specimens such as; hardness, tensile were tested. The results were found that the hardness and tensile strength of cast copper alloy (Bronze) increased depending on amount of added Fe-Si. The highest of tensile strength and harness obtained in the metal mold with 5%wt Fe-Si and the lowest found in the sand mold without Fe-Si.

Keywords: Mechanical Properties and microstructure, Bronze, Ferro-silicon

[1,2,3,4] อาจารย์,สาขาครุศาตร์อุตสาหการเชื่อมประกอบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000. * ผู้รับผิดชอบบทความ, Email: sumpao.yotee@Gmail.com

[1,2,3,4]Lecture, Education Technical of Welding Fabrication ,Faculty of Education Technical, Rajamangala University of technology Isan khonkaen campus, khonkaen, 40000, Thailand. *Corresponding author, Email: sumpao.yotee@gmail.com

บทนำ

โลหะทองแดงผสม (Copper alloy) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าทองเหลือง (Brass or Bronze) เป็นวัสดุที่ถูกนำไปใช้งานในด้านวิศวกรรมอย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมชิ้นส่วนไฟฟ้า อิเล็คทรอนิกส์ รถยนต์ เครื่องประดับ เป็นต้น ทองเหลือง เป็นโลหะผสมระหว่างทองแดง (Cu) กับสังกะสี (Zn) ทองเหลืองที่ใช้งานจะมีสังกะสีผสมรวมอยู่หลายส่วนผสม ปริมาณสังกะสีมากที่สุดจะมีถึง 40 % โดยน้ำหนัก[1] ซึ่งอัตราส่วนสังกะสีมีผลต่อคุณสมบัติทางกลและเหมาะต่อการใช้งานแต่ละประเภท ทองเหลืองสามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายวิธี เช่น การรีด การตี และหล่อขึ้นรูป เป็นต้น การหล่อขึ้นรูปทองเหลืองเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้ตามต้องการ โดยสามารถนำทองเหลืองที่ผ่านการใช้งานแล้วนำมาหลอมและหล่อขึ้นมาเป็นรูปร่างนำกลับมาใช้งานใหม่ได้ คุณสมบัติทางกลของทองเหลืองขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมทางเคมี ระหว่าง ทองแดง สังกะสี และธาตุผสมอื่น การนำทองเหลืองที่ใช้งานแล้วกลับมาหลอมใหม่ถ้าไม่สามารถควบคุมส่วนผสมทางเคมีได้ จะส่งผลต่อคุณสมบัติทางกลด้วย

การนำเศษทองเหลืองหลากหลายชนิดที่ใช้งานแล้วหลอมเพื่อหล่อขึ้นรูปนำกลับมาใช้งานใหม่นั้น จำเป็นต้องปรับปรุงส่วนผสมทางเคมีและคุณสมบัติทางกล ซึ่งการปรับปรุงคุณสมบัติของทองเหลืองสามารถสามารถทำได้โดยเติมธาตุอื่นๆลงไปในน้ำโลหะ เช่น ธาตุอลูมิเนียม (Al) ดีบุก (Sn) ตะกั่ว (Pb) ซิลิกอน (Si) เป็นต้น โลหะทองแดงผสมดีบุกเรียกว่า ทินบรอนซ์ (Tin bronze) มีความแข็งแรงสูง ขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรได้ง่าย ทนการกัดกร่อนและทนต่อการขัดสี[2] สามารถขึ้นรูปร้อนได้ง่าย[3] โลหะทองแดงผสมซิลิกอน เรียกว่า ซิลิกอนบรอนซ์ (Silicon bronze) ซิลิกอนที่ผสมช่วยให้ทองเหลืองมีคุณสมบัติเหมาะสมการใช้งานหลากหลาย ทำให้สามารถขึ้นรูปด้วยการปั๊ม ตีขึ้นรูป หรือขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรได้ดี

นอกจากธาตุผสมเติมแล้ว วัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกลของโลหะที่ขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีการหล่อขึ้นรูป ซึ่งการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกันของวัสดุแบบหล่อจะส่งผลต่อโครงสร้างจุลภาคของโลหะ

ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งที่จะปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของทองเหลืองที่ใช้งานแล้ว โดยผสมเติมเฟอร์โรซิลิกอน ในปริมาณส่วนผสมที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาผลของปริมาณซิลิกอนต่อคุณสมบัติทางกล

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของเฟอร์โรซิลิกอนที่เติมที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกลของเศษทองเหลืองหล่อ

2. เพื่อศึกษาชนิดของแบบหล่อต่อคุณสมบัติทางกลของเศษทองเหลืองหล่อ

กระบวนการทดลอง

การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

Table 1 Amount of raw material for specimens.

Number	% material	
	Bronze scrap	Ferro-silicon
1	100	-
2	97	3
3	96	4
4	95	5

เตรียมวัสดุดัง table 1 ทำการหลอมในเตาหลอมโลหะที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส จากนั้นเทน้ำโลหะในแบบหล่อทรายและหล่อโลหะแบบ การเตรียมแบบ แสดงดัง Figure 1 และ Figure 2

Figure 1 Sand mold preparation

Figure 2 Metal mold reparation

การทดสอบโครงสร้างจุลภาค

เตรียมผิวชิ้นงานโดยการขัดหยาบด้วยกระดาษทรายเบอร์ 80,150, 300, 600,800 และเบอร์ 1,000 จากนั้นขัดละเอียดด้วยผงอะลูมินา แช่ชิ้นงานในกรดเฟอริคคลอไรด์ผสมไนตริกด้วยอัตราส่วน 1:1 ทดสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope)

การทดสอบความแข็ง

เตรียมผิวชิ้นงานโดยการขัดหยาบด้วยกระดาษทรายและขัดละเอียดด้วยผงอะลูมินา ทดสอบความแข็งด้วยเครื่องทดสอบแบบ Brinell Hardness Test

การทดสอบความเค้นแรงดึง

เตรียมขนาดชิ้นทดสอบตามแบบมาตรฐาน ASTM 8 จากนั้นทำการทดสอบความเค้นแรงดึงชิ้นงานด้วยเครื่อง Universal tester

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบโครงสร้างจุลภาค

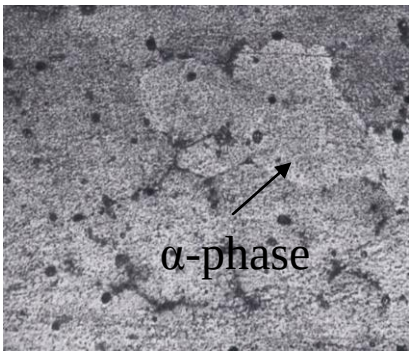

Figure 3 Microstructure of copper alloy Free Fe-Si

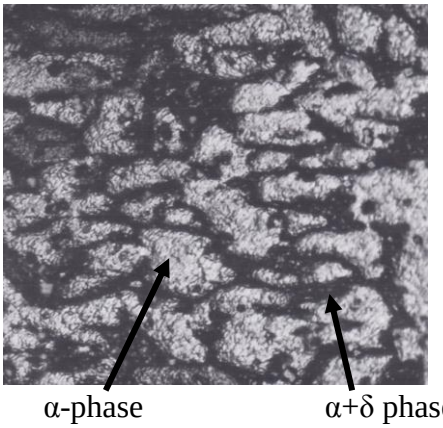

Figure 4 Microstructure of copper alloy (Bronze) 5% Fe-Si

โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานเศษทองเหลืองหล่อที่ไม่เติม Fe-Si แสดงดัง Figure 3 จากภาพเห็นได้ว่าชิ้นงานมีโครงเนื้อพื้นส่วนใหญ่เป็น α-phase ส่วนโครงสร้างจุลภาคชิ้นงานที่เติม Fe-Si แสดงดัง Figure 4 โครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยเนื้อพื้น α-phase กับ α+δ-phase ซึ่งเกิดจากการเติม Fe-Si โดยพบว่าปริมาณ α+δ-phase เพิ่มขึ้นตามปริมาณ Fe-Si ที่เติม

ผลการทดสอบความแข็ง

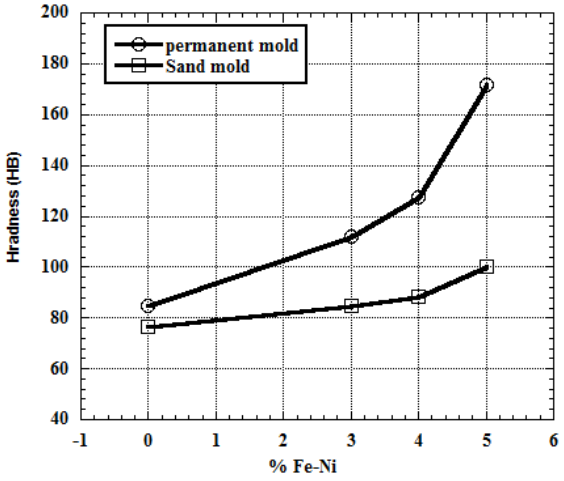

Figure 5 Effect of Fe-Si on hardness

กราฟแสดงผลของปริมาณ Fe-Si ต่อค่าความแข็งแสดงดัง Figure 5 จะเห็นได้ว่าค่าความแข็งของชิ้นงานเพิ่มขึ้นตามปริมาณ Fe-Si โดยพบว่าชิ้นงานที่หล่อในแบบหล่อโลหะให้ค่าความแข็งที่สูงกว่า

ชิ้นงานที่หล่อในแบบหล่อทราย ค่าความแข็งสูงสุดคือ 171.56 HB ในชิ้นงานที่เติม 5%wt Fe-si ที่หล่อด้วยแบบหล่อโลหะและความแข็งต่ำสุดคือชิ้นงานที่หล่อด้วยแบบหล่อทรายที่ไม่เติม Fe-Si ซึ่งมีค่าความแข็ง 76.5 HB

ผลการทดสอบความเค้นแรงดึง

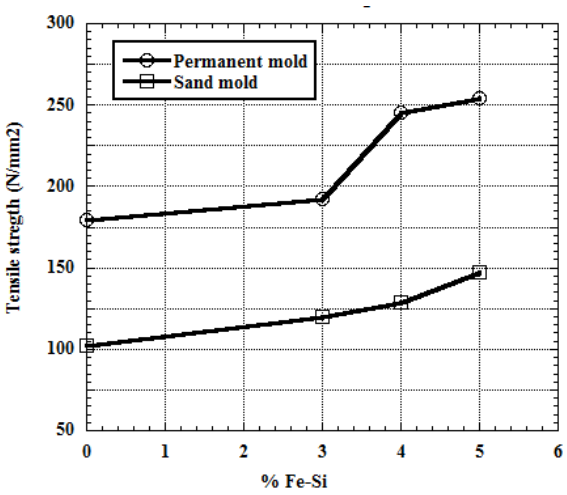

Figure 6 Effect of Fe-Si on tensile strength

กราฟแสดงผลของปริมาณ Fe-Si ต่อค่าความเค้นแรงดึงแสดงดัง Figure 6 จะเห็นได้ว่าความเค้นแรงดึงของชิ้นงานที่หล่อในแบบหล่อถาวรให้ค่าความเค้นแรงดึงที่สูงกว่าชิ้นงานที่หล่อในแบบหล่อทรายเช่นเดียวกับค่าความแข็ง โดยค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดคือ 254.07 N/mm^2 ในชิ้นงานที่เติม 5%wt Fe-si ที่หล่อด้วยแบบหล่อทราย มีค่าความเค้นแรงดึง 102.61 N/mm^2

คุณสมบัติทางกลที่ได้เป็นผลมาจากปริมาณการเติม Fe-si และชนิดของแบบหล่อ การเติม Fe-si จะส่งผลต่อโครงสร้างเดนไดร์ (dendrite) ที่ละเอียดเพิ่มปริมาณขอบเกรน (grain boundary) ซึ่งพื้นที่ของขอบเกรนที่เพิ่มขึ้นนี้จะป้องกันการเกิดดีสโลเคชั่น (Dislocation) ส่งผลให้เพิ่มความแข็งและความแข็งแรง นอกจากนี้ Si ยังส่งผลให้ชิ้นงานหล่อมีโครงสร้างจุลภาคเกิดเป็นเฟส $\alpha+\delta$-phase ช่วยเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงของชิ้นงานด้วย

แบบหล่อโลหะและแบบหล่อทรายมีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน โดยแบบหล่อโลหะสามารถถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำโลหะขณะแข็งตัวได้เร็วกว่าแบบหล่อทราย ซึ่งอัตราการแข็งตัวของน้ำโลหะที่รวดเร็วนี้ส่งผลให้ขนาดเกรน (Grain) และเดนไดร์ของชิ้นงานหล่อมีขนาดเล็ก เป็นการเพิ่มพื้นที่ของขอบเกรนเพื่อขวางการเกิดดีสโลเคชั่น ซึ่งช่วยเพิ่มคุณสมบัติความแข็งและความแข็งแรง

สรุปผลการทดลอง

1. ความแข็งและความเค้นแรงดึงของชิ้นงานเศษทองเหลืองหล่อเพิ่มขึ้นตามปริมาณ Fe-si ที่เติม ชิ้นงานที่เติม 5%wt Fe-si มีค่าความแข็งและความเค้นแรงดึงสูงที่สุดทั้งชิ้นงานที่หล่อด้วยแบบหล่อโลหะและแบบหล่อทราย

2. ชิ้นงานที่หล่อด้วยแบบหล่อโลหะมีอัตราการแข็งตัวของน้ำโลหะที่รวดเร็วกว่าแบบหล่อทรายทำให้มีเกรนขนาดเล็ก ขวางการเกิดดีสโลเคชั่นทำให้ชิ้นงานที่หล่อด้วยแบบห่อโลหะมีคุณสมบัติทางกลสูงกว่าชิ้นงานที่หล่อด้วยแบบหล่อทราย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น สนับสนุนทุนและอุปกรณ์การวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. สุภชัย ประเสริฐสกุล.โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก.ขอนแก่น; 2544:56.
2. Schmidt R.F., Schmidt D.G. Selection and Application of Copper Alloy Casting. ASM Hand book. Metal Hand Book 1993; Vol. 2: 346.
3. Callister W. Fundamental of materials Science and engineering. John Wiley and Son Inc; 2001:179.
4. Campbell J. The new metallurgy of Cast Metal Second Edition; 2003.
5. Stefanescu D.M., Science and Engineering of Casting Solidifacation; 2002.

6. Hemanth J. Effect of cooling rate on dendrite arm spacing (DAS). Materials and Design, 2000; 21:1-8.
7. Talamantes-Silva M.A.,Rodri G.A.,Talamantes-Silva J.S., Valtierra S. and Cola I. Effect of Solidification Rate and heat Treating on the micro structure and tensile Behavior of an Aluminum-Copper Alloy. Metal & Material society and ASM International; 2008.