การศึกษาส่วนผสมทางเคมีและโครงสร้างจุลภาคและกระบวนการชุบแข็ง กรณีศึกษา: เหล็กกล้าคาร์บอน

Study the Chemical Composition and Microstructure on Hardening Process Case Studies: Carbon Steel

นภนต์ เกื้อน้อย[1] จีรวัฒน์ ปล้องใหม่[2] จอมภพ ละออ[3] และนราวุฒิ ปลื้มบำเรอ[4]

Naphon Keanoi[1] Jeerawat Plongmai[2] Jomphon La-Or[3] and Narawut Pluembumrer[4]

[1-3] สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต กรุงเทพมหานคร 10250
Industrial Engineering Technology, Kasem Bundit University Bangkok 10250

[1,4] วิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ 10280
Samutprakan Technical Collage, Samut Prakan 10280

Corresponding Author: E-mail: t.naphon@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัย เรื่อง การศึกษาส่วนผสมทางเคมีและโครงสร้างจุลภาคและการชุบแข็งในกรณีศึกษาเหล็กกล้าคาร์บอน มีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อศึกษาส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าคาร์บอน 2. เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาคก่อนและหลังกระบวนการชุบแข็ง 3. เพื่อศึกษาความแข็งก่อนและหลังกระบวนการชุบแข็ง วัสดุที่ใช้ทดลอง เหล็กแข็งหัวสีแดง และเหล็กเพลาขาว จากบริษัทจำหน่ายขายเหล็ก จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 10 บริษัท จำนวนชิ้นทดลอง 80 ชิ้น และ กระบวนการชุบแข็งมี 2 กระบวนการคือ Full Hardening และ Gas Carburizing

ผลการวิจัยพบว่าส่วนผสมทางเคมีของเหล็กแข็งหัวสีแดง มีส่วนผสมทางเคมีโดยเฉลี่ย 0.48%C 0.33%Si 0.60%Mn 0.03%P 0.02%S อยู่ในประเภท เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ตามมาตรฐาน AISI 1045 ก่อนกระบวนการชุบแข็งโครงสร้างจุลภาคเป็น Pearlite และ Ferrite มีความแข็งโดยเฉลี่ย 185 HV หลังกระบวนการชุบแข็งทั้งสองแบบ โครงสร้าจุลภาคเป็น Martensite มีความแข็งโดยเฉลี่ย 1440-1480 HV และพบว่าส่วนผสมทางเคมีของเหล็กเพลาขาว มีส่วนผสมทางเคมีโดยเฉลี่ย 0.17%C 0.25%Si 0.60%Mn 0.01%P 0.02%S อยู่ในประเภท เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ตามมาตรฐาน AISI 1015 ก่อนกระบวนการชุบแข็งโครงสร้างจุลภาคเป็น Ferrite และ Pearlite มีความแข็งโดยเฉลี่ย 114 HV หลังกระบวนการชุบแข็งทั้ง Full Hardening โครงสร้าจุลภาคเป็น Ferrite และ Pearlite มีความแข็งโดยเฉลี่ย 114 HV และหลังกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas carburization โครงสร้างจุลภาคผิวด้านนอกเป็น Martensite จุดกึ่งกลาง Ferrite และ Pearlite มีความแข็งโดยเฉลี่ยผิวด้านนอก 1198 HV ความแข็งโดยเฉลี่ยจุดกึ่งกลาง 114 HV ผลจากการศึกษาในทางวิศวกรรม กระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening นำไปใช้ในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ต้องการความแข็งหรือนำไปใช้ผลิต เครื่องมือตัด สำหรับกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas

Carburization นำไปใช้ในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ต้องการความแข็งเฉพาะผิว หรือนำไปใช้ผลิตชิ้นส่วนที่ทนต่อการสึกหรอ ในเครื่องจักรกล

คำสำคัญ: ส่วนผสมทางเคมี โครงสร้างจุลภาค ความแข็ง กระบวนการชุบแข็ง

Abstract

Research: Study the chemical composition and microstructure and hardening process case studies : Carbon steel. The objective 1. To study the chemical composition of carbon steel. 2.To study the microstructure before and after the heat treatment process. 3. To study the hardness before and after the heat treatment process. This research steel used for testing is white steel shaft and red hardened steel. Buy specific from the company and the steel shop in Samut Prakan Province, 10 companies. Number of specimens 80 pieces. There are two processes of hardening: Full Hardening and Gas Carburizing

The study red hardened steel have average chemical composition 0.48%C 0.33%Si 0.60%Mn 0.03%P 0.02%S is medium carbon steel (AISI 1045). The studied before hardening were : the microstructures is Pearlite and Ferrite and hardness average hardness 185 HV. The studied after hardening were the microstructures is Martensite and hardness average hardness 1440-1480 HV. The study white steel shaft have average chemical composition 0.17%C 0.25%Si 0.60%Mn 0.01%P 0.02%S is low carbon steel. The studied before Full Hardening and Gas Carburizing the microstructures is Ferrite and Pearlite and hardness average hardness 114 HV. After full hardening microstructures is ferrite and pearlite and have an average hardness 114 HV same. After gas carburization the edge of specimens microstructure is Martensite and center is Ferrite and Pearlite and have a mean edge of specimens hardness 1198 HV, and average center of specimens hardness 114 HV. Results of studies in engineering the Full hardening processes used to process mechanical parts that require hardening or used to process cutting tool.Gas carburization hardening process use in the process of mechanical parts that require specific surface hardness. or used to process wear-resistant parts in mechanical.

Keywords: Chemical Composition, Microstructure, Hardness, Hardening Process

1. บทนำ

สถานการณ์การบริโภคและผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กสำเร็จรูป สำหรับสถานการณ์อุตสาหกรรมเหล็กไทยในไตรมาสที่ 2 ปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมียอดการบริโภค ผลิตภัณฑ์เหล็กสำเร็จรูปรวมทั้งสิ้น 5.17 ล้านตัน ขยายตัวร้อยละ 37.4 จากช่วงเวลาเดียวกันของปีก่อน ความต้องการของภาคอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆที่ใช้

งานผลิตภัณฑ์เหล็กมีการผลิตที่ฟื้นตัว ทำให้ความต้องการของผู้บริโภค เริ่มขยายตัวเพิ่มขึ้น โดยการบริโภคผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นและเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ (Bar & HR section) ขยายตัวร้อยละ 48.5 จากช่วงเวลาเดียวกันของปีก่อน มีปริมาณอยู่ที่ 9.52 แสนตัน สถานการณ์การนำเข้าและส่งออกผลิตผลิตภัณฑ์เหล็ก การนำเข้าผลิตภัณฑ์เหล็กรวมทั้งสิ้นในไตรมาส 2 ปี2564 นี้ขยายตัว ร้อยละ 52.9 เมื่อเทียบกับช่วงเวลา เดียวกันของปีก่อน มีปริมาณการนำเข้าอยู่ที่ 4.99 ล้านตัน จำแนกเป็นการนำเข้าวัตถุดิบ (Raw material) 512 แสนตัน ขยายตัวร้อยละ 52.7 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปีที่ผ่านมา การนำเข้าเหล็กทรงยาว 7.27 แสนตัน ขยายตัวขึ้น ร้อยละ 25.5 เมื่อเทียบกับช่วงเวลา เดียวกันของปีก่อน โดยสินค้าที่มีการนำเข้ามากที่สุดได้แก่ เหล็กแผ่นรีดร้อน (HR sheet/Coil) เหล็กแผ่น เคลือบ (Coated steel) และสินค้าที่มีการส่งออกมากที่สุด ได้แก่ เหล็กเส้นเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (Bar & HR section) รองลงมาคือ ท่อเหล็กมีตะเข็บ (Welded pipe) และเหล็กแผ่นรีดเย็น (CR sheet) [1]

ตารางที่ 1 สรุปการนำเข้า-ส่งออกผลิตภัณฑ์เหล็กของไทยไตรมาสที่ 2 ปี พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564 [1]

Tone ('000tonne)	Import		% Change	Export		% Change
	Q2/2020	Q2/2021	20/21	Q2/2020	Q2/2020	20/21
Raw Material	335	512	52.7%	78	101	29.9%
Semi-Finished Steel Product	407	984	141.4%	12	101	739.6%
Finished Steel Product	2,527	3,503	38.6%	239	372	55.3%
Total Steel Product	3,270	4,998	52.9%	329	574	74.3%

ซึ่งขยายตัวตามภาวะเศรษฐกิจโลก รวมถึงปริมาณความต้องการ ใช้เหล็กในหลายประเทศปรับตัวเพิ่มขึ้น การผลิตเหล็กดิบโลกอาจปรับตัวสูงขึ้นมากกว่าเมื่อเทียบกับความต้องการใช้ จึงคาดว่าจะกดดระดับราคาเหล็กโลก [1] จากเหตุผลข้างต้นจึงทำให้บริษัทจำหน่ายขายเหล็กเหล็กในประเทศไทยเพิ่มขึ้น

กระบวนการการปรับสมบัติของเหล็กกล้ามีหลายกระบวนการ เกี่ยวกับการชุบแข็ง การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรนั้น นอกจากจะต้องมีความละเอียดถูกต้องตามแบบกำหนดไว้เพื่อให้สามารถประกอบและใช้งานกันได้พอดีแล้ว จำเป็นต้องพิจารณาถึงความทนทานในการใช้งานด้วย โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่ต้องมีการสัมผัสเสียดสีกันในขณะเคลื่อนที่ ที่มักจะต้องมีผิวที่แข็งทนทานต่อการสึกหรอ และยังต้องมีความทนทานต่อการใช้งานหนักต่างๆ ได้ดีด้วย เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีสมบัติต่างๆ ดังกล่าว จึงมีกรรมวิธีนำเหล็กที่มีสมบัติทนทานต่อการใช้งานหนัก มาทำให้ผิวของเหล็กมีความแข็งเพิ่มขึ้น หรือที่เรียกว่า “กระบวนการชุบแข็ง” นั้นเอง

“การชุบแข็ง” จะมีทั้งวิธีที่ทำให้โครงสร้างทางเคมีโดยเฉพาะธาตุคาร์บอนที่มีอยู่ในเหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น คาร์บอนเพิ่มขึ้นหรือวิธีที่นำสารอื่นๆ ที่มีความแข็งกว่ามาทำการเคลือบทับชั้นผิวเหล็ก การปรับปรุงสมบัติของเหล็กกล้าโดยการใช้กรรมวิธีทางความร้อนที่ให้เหล็กมีความแข็งเพิ่มขึ้น ได้แก่ กระบวนการชุบแข็ง (Hardening Process) และ กระบวนการชุบผิวแข็ง (Surface Hardening Process) ซึ่งกระบวนการการชุบแข็งผิวมี 4 วิธี [4,5]

Gas Hardening การทำ Gase Hardening จะนิยมทำในเหล็กประเภท Low-carbon Steel โดยการนำเหล็กไปอบกับสารที่มีปริมาณคาร์บอนสูง ซึ่งอาจเป็นของแข็ง (Solid Carburizing) ของเหลว (Liquid Carburizing) ก๊าซ (Gas Carburizing) จนมีอุณหภูมิเหนือจุดวิกฤตบน ผิวของชิ้นงานดังกล่าวจะมีปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้นจนถึง 0.85% ต่อมาจึงนำไปทำ Heat Treatment อีกทีหนึ่งก็จะได้ชิ้นงานมีผิวแข็งทนทานต่อการ สึกหรอต่างๆ

Nitriding การทำ Nitriding คือ การทำให้ผิวชิ้นงานเกิดเป็นโลหะไนไตร์น โดยการอบชิ้นงานที่ผ่านการทำ Heat Treatment มาแล้วในภาชนะปิดที่มีก๊าซแอมโมเนียหมุนเวียน อบจนมีอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ต่อเนื่องนาน 2-4 วัน เพื่อให้แอมโมเนียจะสลายตัวและเกิดก๊าซไฮโดรเจนและไนโตรเจน ก๊าซไนโตรเจนที่เกิดใหม่ๆ นี้จะซึมเข้าไปในผิวชิ้นงานเกิดเป็นโลหะไนไตร์นขึ้น โลหะที่สามารถทำ Nitriding ได้ดี จะเป็นโลหะผสมพวก Nit alloy (คาร์บอน 0.2-0.5% โครเมียม 1.5% อลูมิเนียม 1% และโมลิบดินัม 0.2%) ซึ่งผิวชิ้นงานจะเกิดเป็นโครเมียม และอลูมิเนียมไนไตรน์ทำให้ผิวแข็งขึ้น

Flame Hardening การทำ Flame Hardening เป็นการใช้เปลว Oxy-Acetylene เผาชิ้นงานจนมิอุณหภูมิเหนือจุดวิกฤติบน แล้วพ่นละอองน้ำลงไปให้ชิ้นงานเย็นตัวทันที เหล็กกล้าที่จะนำมาทำ Flame Hardening ควรจะมีปริมาณคาร์บอน 0.4-0.6 % เหล็กกล้าที่มีปริมาณคาร์บอน 0.45% หลังจากทำ Flame Hardening แล้วจะมีผิวแข็งประมาณ 600-650HV และความลึกของผิวแข็งนี้จะประมาณ 3.0-3.8 มม.

Induction Hardening การทำ Induction Hardening เป็นการให้ความร้อนผิวชิ้นงานอย่างรวดเร็วโดยใช้กระแสไฟฟ้าความถี่สูงจ่ายเข้าชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานมีอุณหภูมิเหนือจุดวิกฤติบนภายในเวลา 3-5 วินาที แล้วทำให้เย็นตัวทันทีโดยการพ่นละอองน้ำลงไป ความลึกของผิวชุบแข็งที่ได้มีค่าประมาณ 3.2 มม. เหล็กกล้าที่จะนำมาทำ Induction Hardening ควรมีปริมาณคาร์บอน 0.4-0.6% วิธีนี้ถ้าควบคุมเวลาที่ใช้ในการชุบแข็งให้ได้ตามกำหนดแล้ว [4,5]

ตามเหตุผล และ ข้อดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจ เกี่ยวกับ การศึกษาส่วนผสมทางเคมีและโครงสร้างจุลภาคและกระบวนการชุบแข็ง กรณีศึกษา: เหล็กกล้าคาร์บอน และ เฉพาะบริษัทจำหน่ายขายเหล็กเหล็กในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีบริษัทจำหน่ายขายเหล็กประมาณ 35 ร้าน บริษัทจำหน่ายขายเหล็กซึ่งเป็นเหล็กที่ผลิตในประเทศไทยและต่างประเทศ ทำให้เหล็กคละเคล้ากันไป โดยผู้บริโภคไม่สามารถวิเคราะห์ได้ว่าเหล็กบริษัทจำหน่ายขายเหล็กใดได้มาตรฐาน ตาม สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กำหนดไว้ [2] ผู้วิจัยจัดซื้อเหล็ก ตามท้องตลาด ที่มีชื่อในท้องตลาดว่า เหล็กแข็งหัวสีแดง และเหล็กเพลาขาว เพื่อนำมาตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี โครงสร้างจุลภาค และกระบวนการชุบแข็ง แบบ Full Hardening กับกระบวนการชุบผิวแข็งแบบ Gas Hardening ชนิด Gas carburizing ผลจากการศึกษาในทางวิศวกรรม กระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening นำไปใช้ในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ต้องการความแข็งหรือนำไปใช้ผลิต เครื่องมือตัด สำหรับ กระบวนการชุบแข็งแบบ Gas carburization นำไปใช้ในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ต้องการความแข็งเฉพาะผิว หรือนำไปใช้ผลิตชิ้นส่วนที่ทนต่อการสึกหรอ ในเครื่องจักรกล

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าคาร์บอน

2.2 เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาคก่อนและหลังกระบวนการชุบแข็ง

2.3 เพื่อศึกษาความแข็งก่อนและหลังกระบวนการชุบแข็ง

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การดำเนินการสร้างชิ้นทดสอบและทดลองหาผล

1) จัดซื้อเหล็กแข็งหัวสีแดงและเหล็กเพลาขาวในจังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 10 บริษัทจำหน่ายขายเหล็ก ขนาดเส้นผ่านศนูย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 1 เมตร จำนวน 10 ชิ้น

2) นำมาตัดให้ได้ขนาดความยาว 25 มิลลิเมตรโดยใช้เครื่องตัดเหล็กจำนวน 80 ชิ้น

3) นำมาปาดหน้าให้ผิวเรียบ แล้วนำไปขัดกระดาษทรายน้ำตามขั้นตอนการและวิธีการตรวจสอบทางเคมี การทดสอบความแข็ง และตรวจดูโครงสร้างจุลภาค

4) นำไปทดสอบหาส่วนผสมทางเคมีโดยเครื่องตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี

5) นำไปดูโครงสร้างจุลภาคโดยกล้องจุลทรรศน์ ก่อนผ่านกระบวนการชุบแข็ง

6) นำไปทดสอบความแข็งเครื่องทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ ก่อนผ่านกระบวนการชุบแข็ง

7) นำไปผ่านกรรมวิธีกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และ Gas Carburization

8) หลังผ่านกระบวนการชุบแข็งนำไปดูโครงสร้างจุลภาคโดยกล้องจุลทรรศน์

9) หลังผ่านกระบวนการการชุบแข็งแล้วนำไปทดสอบความแข็งโดยเครื่องทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์

10) สรุปผล

3.2 กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

1) ซื้อเหล็กกับบริษัทจำหน่ายขายเหล็กในจังหวัดสมุทรปราการจำนวน 10 บริษัท

2) เหล็กที่ซื้อในการทดลองครั้งนี้ เรียกชื่อในท้องตลาดว่า เหล็กแข็งหัวสีแดง และเหล็กเพลาขาว

3) นำเหล็กแข็งหัวสีแดงและเหล็กเพลาขาวมาตัด ขนาดเส้นผ่านศนูย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 25 มิลลิเมตร บริษัทจำหน่ายขายเหล็กละ 4 ชิ้น/เหล็ก 1 ชนิด จำนวน 10 บริษัท เหล็กมี 2 ชนิด รวมเป็น จำนวน 80 ชิ้น

3.1) ชิ้นทดสอบดูส่วนผสมทางเคมีของเหล็กแข็งหัวสีแดงจำนวน 10 ชิ้น เหล็กเพลาขาวจำนวน 10 ชิ้น จาก บริษัทจำหน่ายขายเหล็กในจังหวัดสมุทรปราการ 10 บริษัท

3.2) ชิ้นทดสอบความแข็งและดูโครงสร้างจุลภาคก่อนผ่านกระบวนการชุบแข็ง เหล็กแข็งหัว สีแดง จำนวน 10 ชิ้น เหล็กเพลาขาวจำนวน 10 ชิ้น จากบริษัทจำหน่ายขายเหล็กในจังหวัดสมุทรปราการ 10 บริษัท

3.3) ชิ้นทดสอบความแข็งและดูโครงสร้างจุลภาค หลังผ่านกระบวนการชุบแข็งซึ่งมี 2 กระบวนการ คือ Full Hardening และ Gas carburization เหล็กแข็งหัวสีแดงจำนวน 20 ชิ้น เหล็กเพลาขาวจำนวน 20 ชิ้น จาก บริษัทจำหน่ายขายเหล็กในจังหวัดสมุทรปราการ 10 บริษัท

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เครื่องทดสอบความแข็ง กล้องจุลทรรศน์ เครื่องขัดกระดาษทราย เครื่องตัดชิ้นงาน เครื่องตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี เครื่องกลึง เตาชุบแข็ง ชุด Gas Carburization

2) วัสดุที่ใช้ กระดาษน้ำ กรดไนไตรท์ น้ำกลั่นบริสุทธิ์ ผ้าสักหลาด

3) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือค่าเฉลี่ย $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$

4. ผลการวิจัย

4.1 ศึกษาส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าคาร์บอน ผู้วิจัยได้จัดซื้อเหล็กในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นเหล็กแข็งสีหัวแดงกับเพลาขาว แล้วนำไปตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีแล้วนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานเหล็กอเมริกา (AISI) และมาตรฐานเหล็กญี่ปุ่น (JIS)

1) ผลการตรวจสอบส่วนผสมเคมีของเหล็กแข็งสีหัวแดง ดังแสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของเหล็กแข็งสีหัวแดง

ชนิดเหล็ก	ส่วนผสมทางเคมีโดยเฉลี่ย (%)					AISI	ส่วนผสมทางเคมี (%)				
	C	Si	Mn	P	S		C	Si	Mn	P	S
เหล็กแข็งหัวแดง	0.48	0.33	0.60	0.03	0.02	1045	0.43-0.50	-	0.60-0.90	0.04	0.05
						JIS	C	Si	Mn	P	S
						S45C	0.42-0.48	0.15-0.35	0.60-0.90	0.03	0.035

จากตารางที่ 1 เมื่อนำผล ส่วนผสมทางเคมีมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานเอเมริกา (AISI) ซึ่งจัดอยู่ในAISI 1045 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานญี่ปุ่น (JIS) ซึ่งจัดอยู่ใน JIS S45C ข้อสังเกตุได้ว่าค่ากำมะถันหรือซัลเฟอร์ (S) มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานทั้งสอง และจัดอยู่ในประเภทเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel) เพราะว่ามีคาร์บอนเกิน 0.2% ไม่มากกว่า 0.5 % ($0.2\% < C < 0.5\%$)

2) ผลการตรวจสอบส่วนผสมเคมีของเหล็กเพลาขาว ดังแสดงตามตารางที่ 2

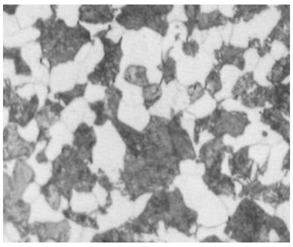
ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของเหล็กเพลาขาว

ชนิดเหล็ก	ส่วนผสมทางเคมีโดยเฉลี่ย (%)					AISI	ส่วนผสมทางเคมี (%)				
	C	Si	Mn	P	S		C	Si	Mn	P	S
เหล็กเพลาขาว	0.17	0.25	0.60	0.01	0.02	1015	0.13-0.198	-	0.30-0.90	≤0.04	≤0.05
						JIS	C	Si	Mn	P	S
						S15C	0.13-0.18	-	0.30-0.60	0.03	0.035

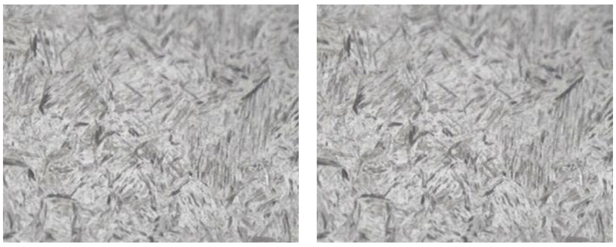
จากตารางที่ 2 เมื่อนำผล ส่วนผสมทางเคมีมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานเอเมริกา (AISI) ซึ่งจัดอยู่ใน AISI 1015 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานญี่ปุ่น (JIS) ซึ่งจัดอยู่ใน JIS S15C และจัดอยู่ในประเภทเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel) เพราะว่ามีคาร์บอนไม่เกิน 0.2% ($C < 0.2\%$)

4.2 โครงสร้างจุลภาคก่อนและหลังกระบวนการชุบแข็ง

1) โครงสร้างจุลภาคของเหล็กแข็งสีหัวแดง หรือ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ก่อนและหลังกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และกระบวนการ Gas carburization ดังภาพที่ 1



ก่อนผ่านกระบวนการการชุบแข็ง (40X)

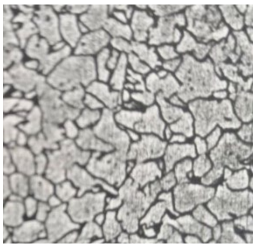


หลังผ่านกระบวนการชุบแข็ง แบบ Full Hardening และ Gas Carburization (40X)

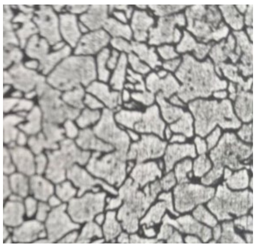
ภาพที่ 1 ผลโครงสร้างจุลภาคของเหล็กแข็งสีหัวแดง หรือ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ก่อนและหลังกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas Carburization

จากภาพที่ 1 โครงสร้างจุลภาค ของเหล็กแข็งสีหัวแดง หรือ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางก่อน ผ่านกระบวนการชุบแข็ง มีลักษณะเป็นสีขาวคล้ายแผ่นหินอ่อนมีโครงสร้างจุลภาคเป็น เฟอร์ไรท์ (Ferrite) และสีดำเป็น ก้นหอย เป็น เพิลล์ไลท์ (Pearlite) และเมื่อผ่านกระบวนการชุบแข็งนำมาตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคมีลักษณะคล้ายใบไผ่นั้นซึ่งเป็นโครงสร้างจุลภาค มาร์เทนไซต์ (Martensite) แสดงว่าธาตุคาร์บอนและอัตราการเย็นตัวเป็นปัจจัยในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาค

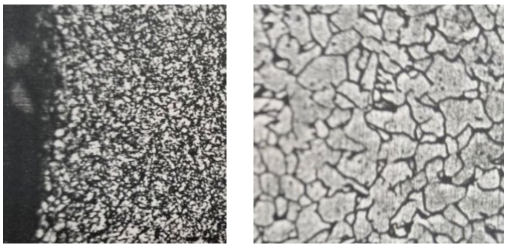
2) โครงสร้างจุลภาคเหล็กเพลาขาวหรือ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ก่อนและหลังกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และกระบวนการ Gas Carburization



ก่อนผ่านกระบวนการชุบแข็ง (10X)



หลังผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening (10X)



หลังผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas Carburization (10X)

ภาพที่ 2 ผลโครงสร้างจุลภาคของเหล็กเพลาขาว หรือ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ก่อนและหลังกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas carburization

จากภาพที่ 2 โครงสร้างจุลภาค ของเหล็กเพลาขาว หรือ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ก่อนผ่านกระบวนการชุบแข็ง มีลักษณะเป็นสีขาวคล้ายแผ่นหินอ่อนเป็น เฟอร์ไรท์ (Ferrite) และ สีดำเป็นก้นหอย เป็นเพิลล์ไลท์ (Pearlite) เมื่อผ่านกระบวนการชุบแข็ง แล้วนำมาตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคเป็นสีขาวคล้ายแผ่นหินอ่อนเป็น เฟอร์ไรท์ (Ferrite) และ สีดำเป็นก้นหอย เป็นเพิลล์ไลท์ (Pearlite) แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาค กรณีผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และเมื่อผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas

carburization นำไปตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคผลปรากฏว่าบริเวณขอบนอกของชิ้นทดสอบโครงสร้างจุลภาคมีลักษณะคล้ายใบไผ่นั้นคือ มาร์เทนไซต์ (Martensite) และตรวจสอบจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบมีลักษณะเป็นสีขาวคล้ายแผ่นหินอ่อนคือ เฟอร์ไรท์ (Ferrite) และสีดำเป็นก้นหอย เป็นเพิลล์ไลท์ (Pearlite) เมื่อนำไปตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี ผลปรากฏว่าบริเวณขอบของชิ้นทดสอบมีปริมาณธาตุคาร์บอนเพิ่มขึ้น ซึ่งสังเกตุจาการเปลี่ยนแปลงลักษณะของโครงสร้างจุลภาค

4.3 ศึกษาความแข็งก่อนและหลังกระบวนการชุบแข็ง

เมื่อนำเหล็กแข็งหัวสีแดง หรือเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และ Gas Carburization ผลปรากฎดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความแข็ง ก่อนและหลังผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และ Gas Carburization

ชนิดเหล็ก	**หน่วยวัดความแข็ง แบบวิกเกอร์ (HV) โดยเฉลี่ย**			
	ก่อนผ่านกระบวนการ	**หลังผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening**	**หลังผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas Carburization**	
			ผิวขอบนอก	**จุดกึ่งกลาง**
เหล็กแข็งหัวสีแดง	185 HV	1400 HV	1480 HV	1480 HV
เหล็กเพลาขาว	114 HV	114 HV	1198 HV	114 HV

จากตารางที่ 3 เหล็กแข็งหัวสีแดง หรือเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางก่อนผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas Carburization วัดความแข็งโดยเฉลี่ย 185 HV เมื่อผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening วัดความแข็งได้ 1400 HV และเมื่อผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas Carburization ความแข็งวัดได้ 1480 HV สาเหตุที่มีความแข็งมากขึ้นเพราะส่วนผสมทางเคมีโดยเฉพาะธาตุคาร์บอนเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นธาตุที่มีสมบัติทำให้เหล็กเพิ่มความแข็งมากขึ้น สังเกตุจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคซึ่งโครงสร้างจุลภาค เป็นเพิลล์ไลท์ (Pearlite) ขนาดเม็ดเกรนละเอียดขึ้น

สำหรับเหล็กเพลาขาวหรือเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำก่อนผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas Carburization วัดความแข็งโดยเฉลี่ย 114 HV เมื่อผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening วัดความแข็งได้ 114 HV และผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas Carburization วัดความแข็งได้ที่ผิวขอบนอก 1198 HV สาเหตุที่มีความแข็งมากขึ้นเพราะส่วนผสมทางเคมีโดยเฉพาะธาตุคาร์บอนเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นธาตุคาร์บอนที่มีสมบัติทำให้เหล็กเพิ่มความแข็งมากขึ้นแต่วัดจุดกึ่งกลางวัดได้ 114 HV เหมือนเดิม และสังเกตุจากโครงสร้างจุลภาคผิวนอกเป็นเพิลล์ไลท์ (Pearlite)

5. สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและอภิปรายผล

1) ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของเหล็กเพลาขาวจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำซึ่งตรงกับมาตรฐานเหล็กของอเมริกา AISI 1015 และ มาตรฐานญี่ปุ่น JIS S15C และผลการ

ตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของเหล็กแข็งหัวสีแดงจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางซึ่งตรงกับมาตรฐานเหล็กของอเมริกา AISI 1045 และ มาตรฐานญี่ปุ่น JIS S45C

2) ผลการตรวจโครงสร้างจุลภาคของเหล็กแข็งหัวสีแดงหรือ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ก่อนและหลังกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas carburization โครงสร้างจุลภาคก่อนกระบวนการชุบแข็ง โครงสร้างจุลภาคของเหล็กแข็งหัวสีแดงหรือเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางมีโครงสร้างจุลภาคเป็นเพิลล์ไลท์ (Pearlite) กับเฟอร์ไรท์ (Ferrite) และผลการตรวจโครงสร้างจุลภาคของเหล็กเพลาขาวหรือเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ก่อนและหลังกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas carburization โครงสร้างจุลภาคก่อนกระบวนการชุบแข็ง ของเหล็กเพลาขาวหรือเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเป็นเฟอร์ไรท์ (Ferrite) และเพิลล์ไลท์ (Pearlite) ซึ่งสอดคล้องกับบทความของ ชาญยุทธ [6] แต่หลังผ่านกระบวนการชุบแข็ง ผลการตรวจโครงสร้างจุลภาคของเหล็กแข็งหัวสีแดงหรือเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง หลังกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas Carburization โครงสร้างจุลภาคหลังกระบวนการชุบแข็งของเหล็กแข็งหัวสีแดงหรือเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง เป็นมาร์เทนไซต์ (Martensite) และ โครงสร้างจุลภาคของเหล็กเพลาขาวหรือเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ หลังผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening เป็นเฟอร์ไรท์ (Ferrite) และเพิลล์ไลท์ (Pearlite) และโครงสร้างจุลภาคหลังผ่านกระบวนชุบแข็งแบบ Gas Carburization บริเวณผิวนอกเป็น มาร์เทนไซต์ (Martensite) แกนกลางเฟอร์ไรท์ (Ferrite) และ เพิลล์ไลท์ (Pearlite) ซึ่งสอดคล้องกับบทความวิจัยสมศักดิ์ [7]

3) ผลการตรวจความแข็งก่อนและหลังกระบวนการชุบแข็งเหล็กแข็งหัวสีแดง หรือเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง วัดความแข็งก่อนผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas Carburization วัดความแข็งโดยเฉลี่ย 185 HV และวัดความแข็งหลังผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas Carburization ความแข็งวัดได้ในช่วง 1400 HV -1480 HV เหล็กเพลาขาวหรือเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ วัดความแข็งก่อนผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening และกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas Carburization วัดความแข็งโดยเฉลี่ย 114 HV และวัดความแข็งหลังผ่านกระบวนการ ชุบแข็งแบบ Full Hardening วัดความแข็งได้ 114 HV และหลังผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas Carburization วัดความแข็งวัดได้ที่ผิวขอบนอก 1198 HV วัดความแข็งแกนกลางได้ 114 HV ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัย สมศักดิ์ [7] และบทความวิชาการ ผศ.สมนึก [8] ณรงค์ศักดิ์ และคณะ [4]

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาส่วนผสมทางเคมีและโครงสร้างจุลภาคและกระบวนการชุบแข็ง กรณีศึกษา เหล็กกล้าคาร์บอน ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ 2 ประเด็นดังนี้

1) บทความนี้เป็นบทความในเชิงวิชาการ ด้านวัสดุ เกี่ยวกับเหล็กที่เป็นประเภทเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งบุคคลที่สนใจสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการทำเครื่องมือตัด ซึ่งต้องเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางเหล็กที่ใช้ทดลองงานวิจัยเป็นเหล็กที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่ชื่อว่า เหล็กแข็งหัวสีแดง ผู้สนใจสามารถนำบทความใช้งานในการทำเครื่องมือตัดได้ แต่ต้องผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Full Hardening หรือ นำไปใช้ประโยชน์ในด้านการทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เหล็กที่ใช้ทดลองงานวิจัยเป็นเหล็กที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่ชื่อ

ว่า เหล็กเพลาขาว แต่ต้องผ่านกระบวนการชุบแข็งแบบ Gas Carburization

2) บทความนี้สามารถนำไปอ้างอิงในการทำวิจัยครั้งต่อไปได้ดังเช่นศึกษากระบวนการผลิตสลักชิ้นส่วนของรถแม็คโครที่ผลิตมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำโดยผ่านกระบวนการชบผิวแข็งแบบต่างๆได้หรือศึกษาวิจัยเรื่องการผลิตเครื่องมือตัดในครัวเรือนที่ผลิตมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมเหล็กไทย. (2564). รายงานสรุปสถานการณ์เศรษฐกิจไทยในไตรมาสที่ 2 ปี 2564. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย

[2] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2559). บทบาท สมอ.ในการกำกับดูแลอุตสาหกรรมเหล็กของประเทศ.วารสาร สมอ.สาร E-MAGAZINE ปีที่ 43 ฉบับที่ 491 พฤษภาคม 2559.

[3] อริยพงษ์ พลั่วพันธ. (2558). เอกสารประกอบการสอน วัสดุอุตสาหกรรมและกระบวนการผลิต. อุดรธานี:มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

[4] ณรงค์ ธรรมโชติ (2558). วัสดุวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น

[5] William D. Callister,Jr. and David G. Rethwisch (2013) Materials Science and Engineering. Singapore: John Wiley & Sons

[6] ชาญยุทธ ตระกูลสรณคมน์. (2564). ปรับปรุงผวิเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ โดยการชุบแข็งกรรมวิธีแก๊สคาร์โบไนไตรดิ้ง.วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์,ปี ที่ 13 ฉบับที่2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2564

[7] สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์และคณะ. (2557). การศึกษาคุณสมบัติเหล็กกล้าที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งผิวร่วมระหว่างแก๊สซอฟต์ไนตรายดิงและแก๊สคาร์บูไรซิง. สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[8] สมนึก วัฒนศรีลกุล. (2544). สำหรับหาคุณลักษณะด้านกรรมวิธีทางความร้อนของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. MTEC. ตุลาคม-ธันวาม 2544.

[9] อภิชาติ พานิชกุล และ อุษณีย์ กิตกำธร. การชุบผิวแข็งด้วยการทำคาร์เบอร์ไรซิง.หน่วยวิจัยการประยุกต์ใช้ความรู้ทางโลหะวิทยาสำหรับการขึ้นรูปโลหะ (IMIARU) สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 อีเมล์:infomet@sut.ac.th

[10] สมนึก วัฒนศรีลกุล. โลหะวิทยา. กรุงเทพมหานคร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า.