

อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาต่อการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง
กรณีศึกษา: เหล็กหัวสีฟ้า

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND TIME ON PLASMA NITRIDING
HARDENING OF BLUE HEAD STEEL

นภนต์ เกื้อน้อย¹ จอมภพ ละออ² จีรวรรณ ปลั่งใหม่³ ประจักษ์ ลำจวน⁴
และ อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ⁵

^{1,2,3,4,5}อาจารย์, สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต, 1761 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250,

¹t.naphon@gmail.com, ²jomphopl@gmail.com, ³jeerawat2556@gmail.com,

⁴prajakl@gmail.com, ⁵ubonrat.war@kbu.ac.th

Naphon Keanoi¹, Jomphop La-or², Jeerawat Plongmai³, Prajak lamjuan⁴
and Ubonrat Warichwattana⁵

^{1,2,3,4,5}Lecturer, Department of Industrial Engineering Technology, Faculty of Engineering
Kasem Bundit University, 1761 Pattanakarn Rd., Suanluang, Bangkok 10250, Thailand,

¹t.naphon@gmail.com, ²jomphopl@gmail.com, ³jeerawat2556@gmail.com,

⁴prajakl@gmail.com, ⁵ubonrat.war@kbu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับ อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาต่อการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิงของเหล็กหัวสีฟ้า วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาส่วนผสมทางเคมี โครงสร้างจุลภาค และความแข็งที่ผิวของเหล็กหัวสีฟ้า ก่อน-หลังจากการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง เหล็กที่นำมาทดลองเป็นเหล็กหัวสีฟ้า ชื่อมาจำนวน 10 บริษัทและร้านค้าที่จำหน่าย ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของเหล็กหัวสีฟ้า จัดอยู่เหล็กกล้าผสมต่ำ (AISI 4140 หรือ JIS SCM 440) โครงสร้างจุลภาคเป็นเพิร์ลไลต์และเฟอร์ไรท์ หลังการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง โครงสร้างจุลภาคขอบด้านนอกเป็น γ' -Compound (Fe_4N) ชั้นในเป็นเพิร์ลไลต์ละเอียด และเฟอร์ไรท์ละเอียด ผลการทดสอบความแข็งที่ผิวของเหล็กหัวสีฟ้าก่อนการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิงวัดได้ 230 HV ผลการทดลองเวลาอบแช่ที่เหมาะสมคือ 20 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเผา 550 °C มีความแข็งที่ผิว 1,450 HV
คำสำคัญ: การชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง, เหล็กหัวสีฟ้า, AISI 4140, JIS SCM 440

ABSTRACT

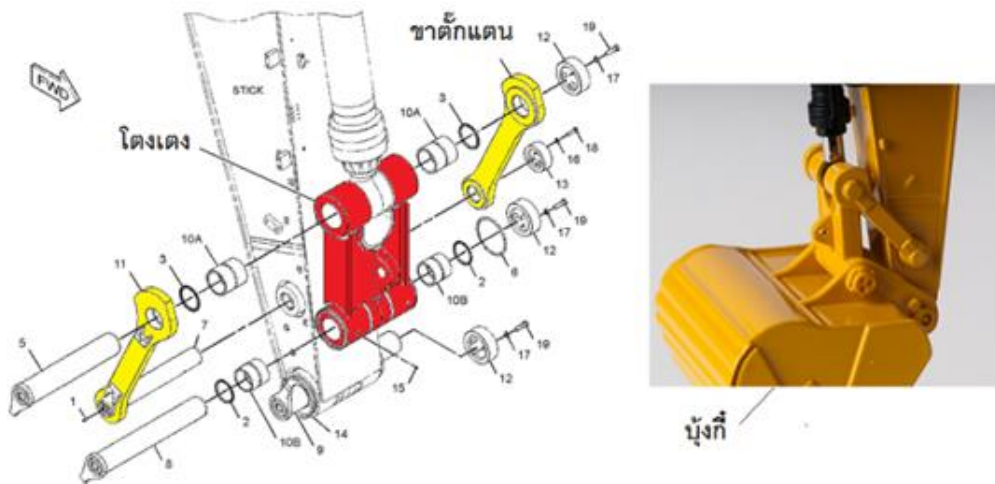
In this research, Influence of temperature and time in surface hardening on plasma nitriding of blue head steel. Objectives to study the chemical composition microstructure and surface hardness of blue head steel before and after plasma nitriding treatment. Steel used in the experiment is a blue head steel so bought in the amount of 10 companies and stores that sell it. The results of a study on the chemical composition of blue head steel classified as low alloy steel (AISI 4140 or JIS SCM 440). It has a microstructure of pearlite and ferrite. After plasma nitriding treatment. The microstructure of the outer surface is γ' -Compound (Fe_4N) inner layer is fine pearlite and fine ferrite. The result of surface hardness before plasma nitriding treatment is 230 HV. A result of good condition is sintering time 20 hour at 550 °C outer surface hardness measured 1,450 HV.

KEYWORDS: Plasma nitriding hardening, blue head steel, AISI 4140, JIS SCM 440

1. บทนำ

ปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆของประเทศไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมยานยนต์ ผลิตจากพลาสติกและโลหะเป็นประกอบที่สำคัญ ดังนั้นการประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน ดังเช่น ชิ้นส่วนตักดินของรถขุดแบ็คโฮ ในปัจจุบันรถขุดแบ็คโฮที่ใช้ในงานก่อสร้างซึ่งประกอบด้วย ตัวรถ ช่วงล่างของเครื่องยนต์ แขนยก ส่วนจับบังคับขุด และบังคับขุด ช่วงล่างของเครื่องยนต์ประกอบไปด้วยเครื่องยนต์และเฟืองที่ช่วยขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่าง ๆ ตัวรถประกอบไปด้วยเครื่องจักร น้ำมันและกระบอกเชื้อเพลิง ตัวรถจะติดอยู่กับช่วงล่างของเครื่องยนต์โดยมีเฟืองศูนย์กลางเป็นตัวเชื่อมเพื่อให้ตัวรถสามารถหมุนได้ 360° หรือแม่พิมพ์ไม่ว่าเป็นแม่พิมพ์โลหะหรือแม่พิมพ์พลาสติก ชิ้นส่วนที่ประกอบเข้าด้วยกันจะต้องมีการเสียดสี ทำให้ชิ้นส่วนบริเวณนั้นเกิดการสึกหรอ ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในชิ้นส่วนของรถขุดแบ็คโฮ คือ สลักชิ้นส่วนที่ 5 และ 7 ดังรูปที่ 1 บางครั้งอาจมีการเพิ่มความแข็งและความเหนียวเฉพาะบริเวณผิว เพื่อยืดอายุการใช้งานของชิ้นส่วนนั้น ๆ ให้นานขึ้น กระบวนการปรับปรุงคุณสมบัติของเหล็กกล้ามีหลายกระบวนการเกี่ยวกับการชุบแข็ง การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรนั้น นอกจากจะต้องมีความละเอียดถูกต้องตามแบบกำหนดไว้แล้ว ยังมีปัจจัยต้องพิจารณาถึงความทนทานในการใช้งานด้วย โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่ต้องประกอบเข้าด้วยกันมีการสัมผัสเสียดสีกันในขณะเคลื่อนที่ ต้องมีผิวที่แข็งทนทานต่อการสึกหรอ และยังมีความทนทานต่อการใช้งานได้ดีด้วย จึงมีกรรมวิธีนำเหล็กปรับปรุงคุณสมบัติที่ทนทาน ทนการเสียดสีต่อการใช้งานหนัก ซึ่งเรียกว่า การชุบผิวแข็ง [1-3] ซึ่งพลาสมาไนไตรดิงเป็นกรรมวิธี Surface Treatment ชนิดหนึ่งเพื่อให้ทนทานต่อการสึกหรอและทนทานต่อ

Dynamic Stresses โดยเป็นการให้ไนโตรเจนแพร่เข้าไปทำปฏิกิริยากับอัลลอยของธาตุโลหะหลักของโลหะนั้น ๆ ที่บริเวณผิวของโลหะ ซึ่งจะทำให้ผิวมีความแข็งเพิ่มมากขึ้นจากโลหะไนไตรด์ ซึ่งเป็นเฟสเซอร์รามิกทำให้มีผิวแข็งประมาณ 1050-1100 HV ที่ความลึก 0.25-0.90 มม. รวมทั้งยังทำให้สามารถเพิ่มอายุการใช้งานจากการเพิ่มความต้านทานต่อความล้าได้เพิ่มมากขึ้น โดยวิธีพลาสมาไนไตรดิงนี้จะนำมาเพิ่มความแข็งที่ผิวให้กับชิ้นงานโลหะที่ผ่านการขึ้นรูปมาแล้ว ซึ่งมักจะนำมาเพิ่มความแข็งแรงให้กับเหล็กกล้าชนิดต่างๆ พลาสมาไนไตรดิงจะทำในช่วงอุณหภูมิที่ไม่สูงมากนัก (ประมาณ 450-600 °C) ซึ่งยังไม่ถึงอุณหภูมิที่จะทำให้เหล็กกล้าเปลี่ยนโครงสร้างเป็นเฟส Austenite ทำให้สามารถลดปัญหาด้านการงอและโก่งตัวระหว่างกระบวนการได้ เวลาที่ใช้ในการทำพลาสมาไนไตรดิงอยู่ที่ 20-100 ชั่วโมง ส่วนมากในงานวิจัยใช้อุณหภูมิ 450 °C และนิยมใช้กับเหล็กสแตนเลส วัตถุประสงค์การวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาส่วนผสมทางเคมี โครงสร้างจุลภาค และความแข็งที่ผิวของเหล็กหัวสีฟ้าหลังจากการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง และเหตุผลของผู้วิจัยอีกประการหนึ่งคือ พลาสมาไนไตรดิงมีความแข็งผิว 1050-1100 HV และบริเวณที่อยู่ลึกลงไปประมาณ 0.03-0.08 มม. จะแข็งมากที่สุด และทนทานต่อการกัดกร่อนต่าง ๆ ได้ดีมาก [4-14]



รูปที่ 1 กลไกกันต่อสำหรับบั้งก็ [15]

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยมีความสนใจเหล็กที่วางจำหน่ายในท้องตลาด โดยเฉพาะจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นจังหวัดที่เจริญด้วยอุตสาหกรรม โดยจัดหาจากบริษัทและร้านจำหน่ายเหล็กในจังหวัดสมุทรปราการจำนวน 10 ร้าน ผู้วิจัยมีความสนใจเหล็กโดยเฉพาะเหล็กหัวสีฟ้า และกระบวนการที่นำมาใช้ในการชุบผิวแข็งคือ การชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาส่วนผสมทางเคมี โครงสร้างจุลภาค และความแข็งที่ผิวของเหล็กหัวสีฟ้า ก่อน-หลังจากการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ เหล็กหัวสีฟ้า

3.2 การเทียบมาตรฐานใช้มาตรฐาน AISI, JIS

3.3 เวลาอบแช่ครั้งที่ 20 ชั่วโมงที่อุณหภูมิเผา 520 °C 550 °C และ 570 °C และ อุณหภูมิเผาครั้งที่ 550 °C ที่เวลาอบแช่ 15 20 และ 40 ชั่วโมง

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 จัดซื้อเหล็กหัวสีฟ้า จำนวน 10 ร้าน เป็นบริษัทและร้านจำหน่ายเหล็กในจังหวัดสมุทรปราการ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มม. ยาว 1 เมตร แล้วนำตัดซอยยาว 25 มม. จำนวน 20 ชิ้น ตัดด้วยเครื่องตัดเหล็กแล้วกลึงปาดหน้าให้ผิวเรียบ ต่อจากนั้นนำไปขัดกระดาษทรายจากเบอร์ 100 400 600 และ 1,000 ทั้ง 2 ด้าน โดยชิ้นทดลองจำนวน 10 ชิ้นแรก นำไปทดสอบหาส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี แบบ Optical Emission Spectrometer ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 อีก 10 ชิ้นที่เหลือ นำไปขัดผ้าสักหลาด แล้วนำไปจุ่มชุบด้วยกรดไนตริก (HNO₃) แล้วนำส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ยี่ห้อ OLYMPUS CX23 ใช้กำลังขยาย 10X 40X และ 60X เพื่อตรวจดูโครงสร้างจุลภาค และวัดความแข็งที่ผิว

4.2 ตัดเหล็กหัวสีฟ้ายาว 25 มม. จำนวน 60 ชิ้น ด้วยเครื่องตัดเหล็กแล้วนำไปกลึงปาดหน้าให้ผิวเรียบต่อจากนั้นนำไปขัดกระดาษทรายจากเบอร์ 100 400 600 และ 1,000 แล้วนำชิ้นทดลองจำนวน 30 ชิ้น ไปผ่านกระบวนการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง ซึ่งใช้อุณหภูมิเผา 520 °C 550 °C และ 570 °C โดยใช้เวลาอบแช่ครั้งที่ 20 ชั่วโมง และอีกจำนวน 30 ชิ้น ใช้อุณหภูมิเผาครั้งที่ 550 °C ใช้เวลาอบแช่นาน 15 20 และ 40 ชั่วโมง เมื่อได้อุณหภูมิและเวลาตามกำหนดแล้วนำชิ้นทดลองจุ่มลงในน้ำ ต่อจากนั้นนำชิ้นทดลองทั้งหมดไปขัดกระดาษทรายจากเบอร์ 100 400 600 และ 1,000 ทั้ง 2 ด้าน ด้านหนึ่งนำไปวัดความแข็งด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ ยี่ห้อ TORSEE TDMH-1 อีกด้านหนึ่งนำไปขัดผ้าสักหลาด แล้วนำไปจุ่มชุบด้วยกรดไนตริก (HNO₃) แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้กำลังขยาย 10X 40X และ 60X เพื่อส่องดูโครงสร้างจุลภาค

4.3 การทดสอบส่วนผสมเคมีได้นำชิ้นทดสอบไปทดสอบโดยใช้เครื่องมือในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยใช้ แบบ Optical Emission Spectrometer

5. ผลการวิจัย

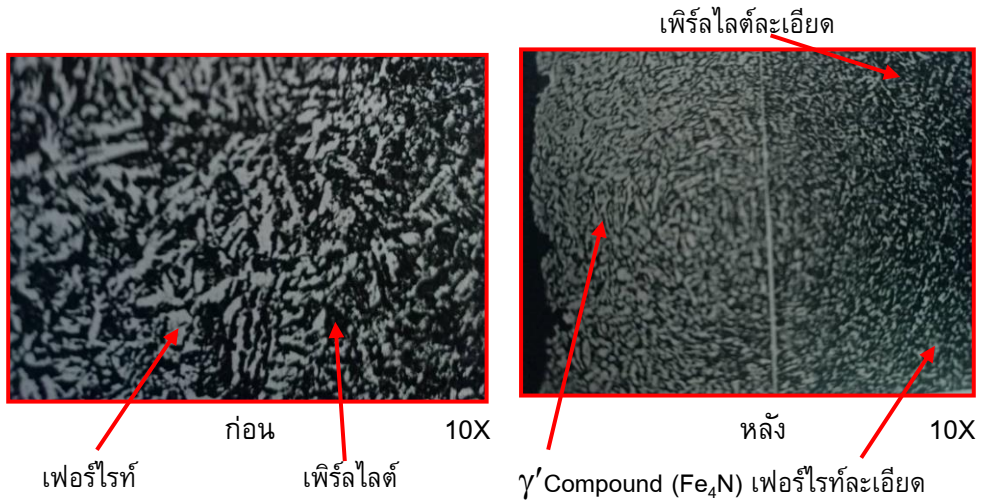
ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของเหล็กหัวสีก่อนการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิงเทียบกับมาตรฐานเหล็กกล้า ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กหัวสีก่อนการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิงเทียบกับมาตรฐานเหล็กกล้า AISI 4140 และ JIS SCM 440

| รหัสฐาน | ส่วนผสมทางเคมี % โดยน้ำหนัก | | | | |
|-------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | C | Si | Mn | Cr | Mo |
| 1S | 0.42 | 0.30 | 0.64 | 0.97 | 0.17 |
| 2S | 0.40 | 0.27 | 0.64 | 0.91 | 0.17 |
| 3S | 0.35 | 0.21 | 0.83 | 1.05 | 0.21 |
| 4S | 0.37 | 0.34 | 0.64 | 0.93 | 0.19 |
| 5S | 0.42 | 0.30 | 0.72 | 0.982 | 0.16 |
| 6S | 0.35 | 0.24 | 0.59 | 1.01 | 0.23 |
| 7S | 0.38 | 0.27 | 0.66 | 0.90 | 0.16 |
| 8S | 0.39 | 0.35 | 0.64 | 1.02 | 0.17 |
| 9S | 0.40 | 0.27 | 0.73 | 0.82 | 0.18 |
| 10S | 0.37 | 0.28 | 0.72 | 0.92 | 0.17 |
| ค่าเฉลี่ย | 0.39 | 0.28 | 0.70 | 0.90 | 0.17 |
| มาตรฐาน | ส่วนผสมทางเคมี % โดยน้ำหนัก | | | | |
| AISI 4140 | | | | | |
| JIS SCM 440 | 0.38-0.45 | 0.10-0.40 | 0.60-0.90 | 0.90-1.20 | 0.12-0.30 |

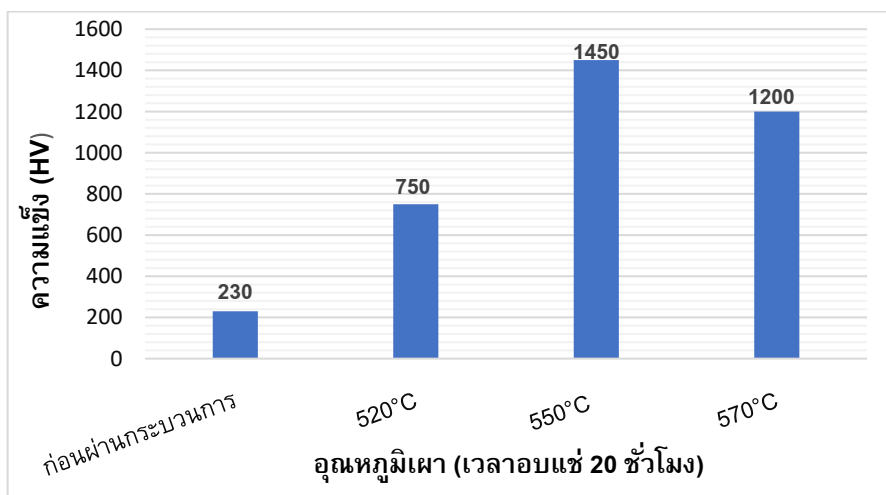
จากตารางที่ 1 การวิเคราะห์ธาตุหลักที่ผสมมี C = 0.38-0.45 % Si = 0.10-0.40 % Mn = 0.60-0.90% Cr = 0.90-1.20 % และ Mo = 0.12-0.30 % ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน AISI 4140 [16] และ JIS SCM 440 [17] จัดอยู่ชนิดเหล็กกล้าผสมต่ำ

เมื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาคของเหล็กหัวสีก่อนและหลังการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง ได้ผลโครงสร้างจุลภาคดังแสดงในรูปที่ 2



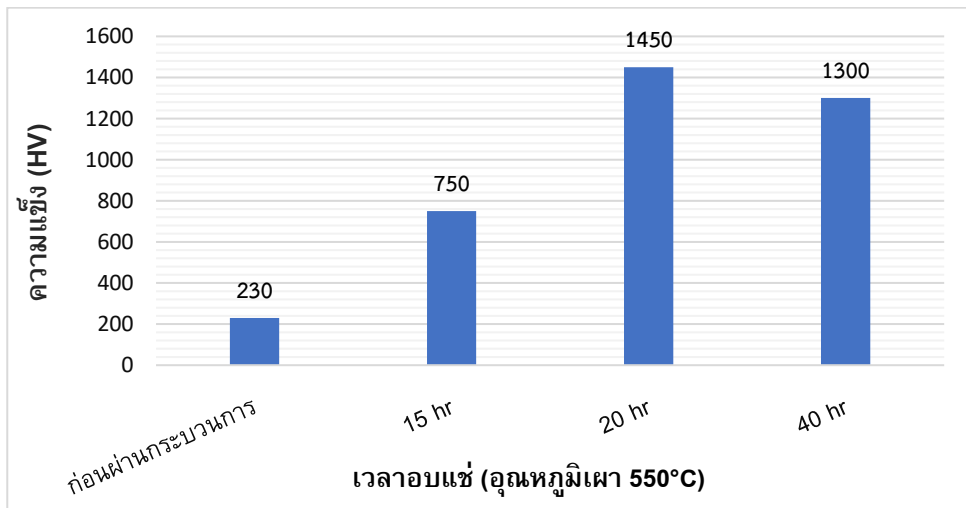
รูปที่ 2 โครงสร้างจุลภาคก่อนและหลังการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนโตรดิง

จากรูปที่ 2 โครงสร้างจุลภาคก่อนการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนโตรดิง เหล็กหัวสีฟ้ามีโครงสร้างจุลภาคเป็นเพิร์ลไลต์ (Pearlite) และเฟอไรท์ (Ferrite) และหลังการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนโตรดิง ขอบด้านนอกจะมีโครงสร้างจุลภาคเป็น γ' -Compound (Fe_4N) ชั้นในเป็นโครงสร้างจุลภาคเพิร์ลไลต์ละเอียด (Fine Pearlite) และเฟอไรท์ละเอียด (Fine Ferrite) เมื่อนำไปทดสอบความแข็งหลังผ่านการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนโตรดิง โดยใช้เวลาอบแห้งคงที่ 20 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเผา 520 °C 550 °C และ 570 °C แล้วนำมาเปรียบเทียบกันดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบความแข็งที่ผิว ที่อุณหภูมิเผา 520 °C 550 °C และ 570 °C เวลาอบแห้งคงที่ 20 ชั่วโมง

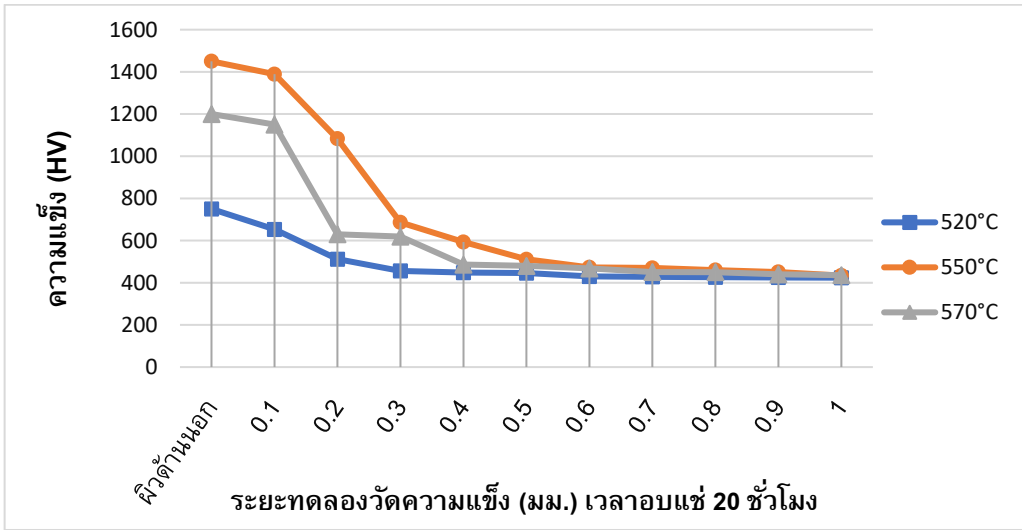
จากรูปที่ 3 ผลการทดสอบความแข็งที่ผิวของเหล็กหัวสีฟ้าก่อนการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิงโดยใช้แรงกด 120 kgf วัดความแข็งที่ผิวได้ 230 HV ผลการทดสอบความแข็งที่ผิวของเหล็กหัวสีฟ้าหลังผ่านการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง ณ เวลาอบแห้งคงที่ 20 ชั่วโมงที่อุณหภูมิเผา 520 °C 550 °C และ 570 °C ตามลำดับ วัดความแข็งที่ผิวได้ 750 HV 1,450 HV และ 1,200 HV ตามลำดับ และอุณหภูมิเผาที่ได้ความแข็งสูงสุดคือ 550 °C



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบความแข็งที่ผิว ณ เวลาอบแห้ง 15 20 และ 40 ชั่วโมง อุณหภูมิเผาคงที่ 550 °C

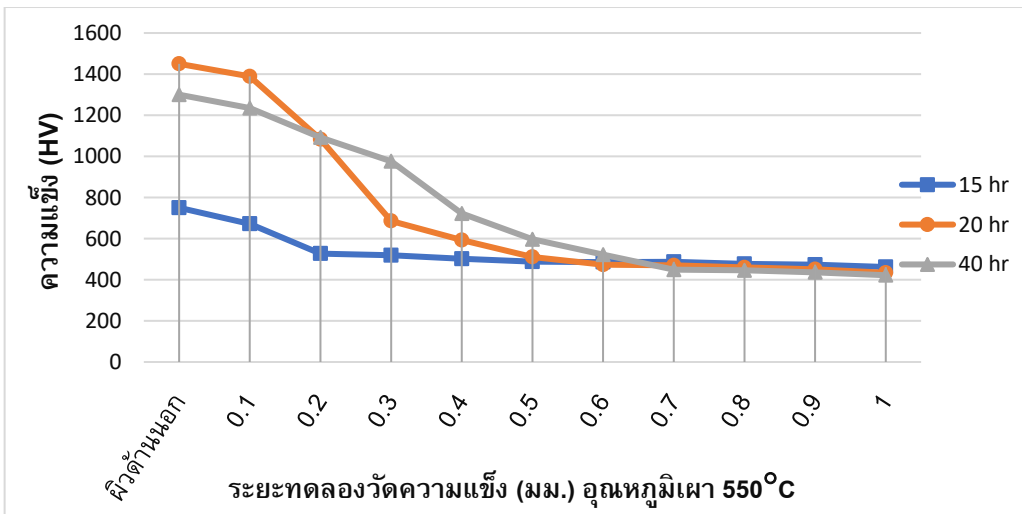
จากรูปที่ 4 ผลการทดสอบความแข็งที่ผิวของเหล็กหัวสีฟ้าก่อนการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง โดยใช้แรงกด 120 kgf วัดความแข็งที่ผิวได้ 230 HV ผลการทดสอบความแข็งที่ผิวของเหล็กหัวสีฟ้าหลังผ่านการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง ณ อุณหภูมิเผาคงที่ 550 °C เวลาอบแห้ง 15 20 และ 40 ชั่วโมง ตามลำดับ วัดความแข็งที่ผิวได้ 750 HV 1,450 HV และ 1,300 HV ตามลำดับ และเวลาอบแห้งที่ได้ความแข็งสูงสุดคือ 20 ชั่วโมง

เมื่อนำชิ้นทดลองมาทดสอบความแข็ง โดยวัดระยะห่างจากผิวด้านนอกของชิ้นทดลองห่างกันครั้งละ 0.1 มม. ถึง ระยะ 1 มม. ผลปรากฏดังรูปที่ 5 และ รูปที่ 6



รูปที่ 5 การทดสอบความแข็งที่ผิวด้านนอกห่างกันครั้งละ 0.1 มม. ถึง ระยะ 1 มม. ณ เวลาอบแห้งคงที่ 20 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเผา 520°C 550°C และ 570°C

จากรูปที่ 5 นำเหล็กหัวสัฟไฟหลังผ่านการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง ณ เวลาอบแห้งคงที่ 20 ชั่วโมง โดยอุณหภูมิเผา 520 °C 550 °C และ 570 °C เมื่อนำมาทดสอบความแข็งที่ผิว โดยมีระยะห่างจากผิวด้านนอกของชั้นทดลองห่างกันครั้งละ 0.1 มม. ถึงระยะ 1 มม. ผลการทดสอบอุณหภูมิเผา 550 °C วัดความแข็งที่ผิวได้สูงสุด 1,450 HV



รูปที่ 6 การทดสอบความแข็งที่ผิวด้านนอกห่างกันครั้งละ 0.1 มม. ถึง ระยะ 1 มม. ณ อุณหภูมิเผาคงที่ 550 °C เวลาอบแห้ง 15 20 และ 40 ชั่วโมง

จากรูปที่ 6 เมื่อนำเหล็กหัวสียฟ้าหลังผ่านการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง ณ อุณหภูมิเผาครั้งที่ 550 °C เวลาอบแช่ 15 20 และ 40 ชั่วโมง นำมาทดสอบความแข็งที่ผิว โดยมีระยะห่างจากผิวด้านนอกของชั้นทดลองห่างกันครั้งละ 0.1 มม. ถึงระยะ 1 มม. ผลการทดสอบ เวลาอบแช่ 20 ชั่วโมง วัดความแข็งที่ผิวได้สูงสุด 1,450 HV

6. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลการทดสอบส่วนผสมเคมีของเหล็กหัวสียฟ้าตามเกณฑ์มาตรฐานของเหล็กกล้า จัดอยู่ในชนิดเหล็กกล้าผสมต่ำ ตรงกับมาตรฐานเหล็กของอเมริกา (AISI) เกรด AISI 4140 [16] และ มาตรฐานญี่ปุ่น (JIS) เกรด SCM 440 [17] ผลการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของเหล็กหัวสียฟ้าก่อนการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง มีโครงสร้างจุลภาคเป็นเพิร์ลไลท์ (Pearlite) และเฟอร์ไรท์ (Ferrite) และหลังการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง มีโครงสร้างจุลภาคขอบด้านนอกเป็น γ' -Compound (Fe_4N) ชั้นในของชั้นทดลองมีโครงสร้างจุลภาคเป็นเพิร์ลไลท์เอียง (Fine Pearlite) และเฟอร์ไรท์เอียง (Fine Ferrite) [6-8] ผลการทดสอบความแข็งที่ผิวของเหล็กหัวสียฟ้าก่อนการชุบผิวแข็งแบบพลาสมาไนไตรดิง วัดความแข็งที่ผิวได้ 230 HV

ผลการทดลองเวลาอบแช่ครั้งที่ 20 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเผา 520 °C 550 °C และ 570 °C มีความแข็งที่ผิว 750 HV 1,450 HV และ 1,200 HV ความแข็งจากผิวด้านนอกของชั้นทดลอง 1 มม. มีความแข็ง 424 HV 436 HV และ 436 HV ตามลำดับ ผลการทดลองอุณหภูมิเผาครั้งที่ 550 °C เวลาอบแช่ 15 20 และ 40 ชั่วโมง มีความแข็งที่ผิว 750 HV 1,450 HV และ 1,300 HV ความแข็งจากผิวด้านนอกของชั้นทดลอง 1 มม. มีความแข็ง 424 HV 434 HV และ 436 HV ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Wattanasriyakul [14] และ Kaewnissai [18] และประโยชน์ที่ได้รับคือ สามารถพัฒนาวิธีการทำพลาสมาไนไตรดิงและทรายเจือไนท์ที่เหมาะสมในการทำพลาสมาไนไตรดิงบนเหล็กกล้าผสมต่ำและผสมสูง ในอุตสาหกรรมที่ใช้ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ต้องความแข็งผิวและความเหนียว และชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ผิวทนต่อการสึกหรอ ข้อดีของการชุบผิวแข็งโดยวิธีพลาสมาไนไตรดิงคือ ชิ้นงานได้ผ่านการทำ Heat-treatment มาก่อนทำ Nitriding จึงไม่มีโอกาสที่ชิ้นงานจะบิดงอหรือแตกร้าว และหลังจากผ่านการทำ Nitriding แล้วจะไม่มี ความเครียดภายในเนื้อโลหะ ในขณะที่ผิวชิ้นงานมีลักษณะแข็งมาก คือประมาณ 1050-1100 HV และบริเวณที่อยู่ลึกลงไปประมาณ 0.03-0.08 มม. จะแข็งมากที่สุด และทนทานต่อการกัดกร่อนต่าง ๆ ได้ดีมาก

References

- [1] Ponsorn S, Kongseng P. The effect of hardening factor on microstructure and hardness in water, oil and air quenched AISI 4140 and AISI 1045. [Thesis]. Phitsanulok: Naresuan University; 2009. (In Thai)
- [2] Runraksa K, Hirunkerd C, Chapchaimoh K. Improvement on preventive maintenance of AISI 4140 Rim-Sprocket part by heat treatment process. A study of the heat treatment process of excavated nails manufactured with grade 4140 steel. Proceedings of the 8th Engineering, Science, Technology and Architecture Conference (ESTACON 2017); 2017 Jul 21, Khon Kaen, Thailand. pp.514-18. (In Thai)
- [3] Hanwirotkul T. Low alloy steel for machine work. MTEC Journal 2011;62:8-12. (In Thai)
- [4] Callister WD, Rethwisch DG. Fundamentals of materials science and engineering. 4thed. Singapore: John Wiley & Sons; 2013.
- [5] Smith WF. Structure and Properties of Engineering Alloys. 2nded. USA: McGraw-Hill; 2006.
- [6] Zagonel LF, Figueroa CA, Droppa R, Alvarez F. Influence of the process temperature on the steel microstructure and hardening in pulsed plasma nitriding. Surface and Coatings Technology 2006;201(1-2):452-7.
- [7] Liu Y, Liu D, Zhang X, Li W, Ma A, Fan K, et al. Effect of alloying elements and low temperature plasma nitriding on corrosion resistance of stainless steel. Materials 2022;15:6575.
- [8] Yakita K, Ohki C. Plasma Nitriding Treatment of High Alloy Steel for Bearing Components. NTN Technical review 2010;78:33-40.
- [9] Berg M, Budtz-Jørgensen CV, Reitz H, Schweitz KO, Chevallier J, Kringhøj P, et al. On plasma nitriding of Steels. Surface and Coatings Technology 2000;124(1):25-31.
- [10] Kunz C, Georges J, Collignon P. Active screen plasma nitriding - an efficient, new plasma nitriding technology. Industrial Heating 2012;80:28.
- [11] Rembges W, Oappel W. Process control of plasma nitriding and plasma nitrocarburizing in industry. Surface and Coatings Technology 1993;59(1-3):129-34.
- [12] Kaewploy S. Optimal parameter in tempering of alloy steels using response surface methodology. Thai Industrial Engineering Network Journal 2016;2(2):53-7. (In Thai)
- [13] Thammachot N. Engineering materials. Bangkok, Thailand: SE-ED Publisher; 2015. (In Thai)

- [14] Wattanasriyakul S. The use of reverse engineering for the determination of thermal properties of mechanical parts. MTEC journal 2001;25:37-42. (In Thai)
- [15] Hydraulikgarten.wordpress.com. Parts of backhoe [Internet]. 2018 [cited on 2022 Dec 11] Available from: <https://hydraulikgarten.wordpress.com/author/hydraulikgarten/> (In Thai)
- [16] Bringas JE, editor. Handbook of comparative world steel standards. 3rd ed. West Conshohocken, PA: ASTM International; 2004.
- [17] Japanese Standard Association. JIS G 4053. Low-alloyed steels for machine Structure Use. Tokyo, Japan: Japanese Standard Association; 1979.
- [18] Kaewnissai S. Surface hardening of tool steel using low-temperature plasma nitriding [Thesis]. Mahasarakham: Mahasarakham University; 2021. (In Thai)

ประวัติผู้เขียนบทความ



ทนงต์ เกื้อน้อย ปัจจุบันตำแหน่งอาจารย์พิเศษ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต การศึกษาระดับปริญญาตรี ค.อ.บ.วิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน การศึกษาระดับปริญญาโท วศ.ม.เทคโนโลยีวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การศึกษาระดับปริญญาเอก ปร.ด.เทคโนโลยีพลังงาน และการจัดการสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

E-mail: t.naphon@gmail.com



จอมภพ ละเอียด ปัจจุบันตำแหน่งอาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต การศึกษาระดับปริญญาตรี อส.บ.เทคโนโลยีการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การศึกษาระดับปริญญาโท วศ.ม.วิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail: jomphopl@gmail.com



จิรวัดณ์ ปล้องใหม่ ปัจจุบันตำแหน่งหัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต การศึกษาระดับปริญญาตรี อส.บ.วิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต การศึกษาระดับปริญญาโท บช.ม.การจัดการ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต และ วศ.ม.วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-Mail: jeerawat2556p@gmail.com



ประจักร ลำจวน ปัจจุบันตำแหน่งอาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต การศึกษาระดับปริญญาตรี อส.บ. เทคโนโลยีเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การศึกษาระดับปริญญาโท วศ.ม.วิศวกรรม การผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-Mail: prajakl@gmail.com



อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ ปัจจุบันตำแหน่งอาจารย์ประจำ สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต การศึกษาระดับปริญญาตรี วศ.บ. วิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยมหิดล การศึกษาระดับปริญญาโท วศ.ม.วิศวกรรม สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-Mail: ubonrat.war@kbu.ac.th

Article History:

Received: July 18, 2022

Revised: August 18, 2023

Accepted: August 21, 2023