

การเปรียบเทียบอัตราการสึกหรอและอายุการใช้งานของเกลียวอัดขึ้นรูป เชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่ผ่านสารชุบแข็งต่างกัน

The comparison of wear rate and lifetime of the spiral fuel briquette extrusion from different quenching media of hardening

กานต์ วิรุณพันธ์^{*1}, พิบูลย์ เครือคำอ้าย² และ อนูวัฒน์ พลธีระ³

สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

E-Mail : kant_wirunphan@hotmail.co.th¹

Kant Wirunphan^{*1}, Phiboon Kruekumary² and Anuwat Pholtheera³

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak

E-Mail : kant_wirunphan@hotmail.co.th¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบอัตราการสึกหรอและอายุการใช้งานของเกลียวอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่ผ่านสารชุบแข็งต่างกัน การดำเนินงานวิจัยใช้เกลียวอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ มีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.20%C มาทำแพ็คคาร์บูไรซิ่งที่อุณหภูมิ 930°C เป็นเวลา 210 นาที ให้ได้คาร์บอนในปริมาณ 0.35%C ขึ้นไป จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการชุบแข็งด้วยเปลวความร้อนที่อุณหภูมิ 860°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จุ่มชุบให้เย็นตัวด้วยสารชุบคือน้ำ น้ำมันและอากาศ ตามลำดับ นำชิ้นงานไปทดสอบความแข็งและทดสอบความต้านทานการสึกหรอด้วยล้อขัดกระดาษทรายและทำการทดสอบในสภาพการทำงานจริงโดยการอัดผงถ่านจากซังข้าวโพดขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง ผลจากการดำเนินงานวิจัยพบว่าเกลียวอัดที่ผ่านการทำแพ็คคาร์บูไรซิ่ง ผ่านการชุบแข็งด้วยเปลวความร้อนและจุ่มชุบด้วยน้ำมันจะมีคุณภาพและมีคุณสมบัติทางกลสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารชุบอื่น ซึ่งจะมีค่าความแข็งที่ 56 HRC ค่าความต้านทานการสึกหรอด้วยล้อขัดกระดาษทรายที่ 0.08%โดยน้ำหนัก และค่าความต้านทานต่อการสึกหรอจากสภาพการทำงานจริงที่ช่วงทดสอบการอัดขึ้นรูปผงถ่านซังข้าวโพด 200 กก. ที่ 0.3%โดยน้ำหนัก

คำหลัก เกลียวอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง การทำแพ็คคาร์บูไรซิ่ง ชุบแข็งเฉพาะผิวด้วยเปลวความร้อน

Abstract

This research is the comparison of wear rate and lifetime of the spiral fuel briquette extrusion from different quenching media of hardening. The operation of project, use the charcoal fuel screw compress from carbon steel as 0.20%C by weight to pack carburizing process at 930°C holding on time at 210 minutes for the carbon increasing more than 0.35%C by weight. Next, take to flame surface hardening at 860°C on time 60 minutes and quenching in water, oil and air respectively. Next, take the charcoal fuel screw compress to testing on hardness, wear resistance on grinding wheel, and working charcoal fuel screw compress. The result of project, it was found that the charcoal fuel screw compress from pack carburizing and flame surface hardening, quenching in oil have quality and mechanical properties highly than other quenching medias. And it has hardness at 56 HRC, wear resistance and highly at 0.08% by weight. And the resistance to wear from the actual working conditions at the test range compressed charcoal corn cob of 200 kg at 0.3% by weight.

Keywords: charcoal fuel screw compress, pack carburizing process, flame surface hardening

1. บทนำ

เชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งเป็นถ่านที่ทำจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติหรือที่เหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมเช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ชี้อย่างแกลบ ชังข้าวโพด สามารถนำมาทดแทนถ่านไม้ธรรมชาติได้ เป็นการช่วยรักษาสินแวดล้อม เหมาะสำหรับอาหารปิ้งย่าง ช่วยให้อาหารมีรสชาติอร่อยน่ารับประทาน

คุณสมบัติเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจะให้ความร้อนสูง สม่าเสมอดัดไฟทนนานกว่าถ่านธรรมชาติทั่วไป ในการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงจะใช้กระบวนการอัด 2 รูปแบบ คือการอัดร้อนและการอัดเย็น ในกระบวนการอัดร้อนนั้นวัสดุที่สามารถผลิตโดยวิธีการอัดร้อนชนิดนี้มี 2 ชนิดหลักคือแกลบและชี้อย่าง เพราะวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้เมื่อโดนอัดด้วยความร้อนจะมีสารในเนื้อของวัสดุยึดตัวมันเองจึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้ โดยที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน โดยที่เครื่องอัดต้องเป็นเครื่องอัดชนิดอัดร้อนซึ่งราคาค่อนข้างสูง จากนั้นนำไปลดความชื้นด้วยการอบหรือการผึ่งแดดเพื่อให้อยู่ในรูปแบบของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งใช้สะดวก ไม่มีควันเผาไหม้ได้นานและราคาไม่สูงมากเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ส่วนกระบวนการอัดเย็นเป็นการอัดวัสดุที่ผ่านการเผาเป็นถ่านและบดเป็นผงละเอียดมาแล้ว นำมาผสมกับแป้งมันหรือวัสดุประสานอื่น โดยทั่วไปจะเป็นแป้งมันในอัตราส่วนตามที่ต้องการ [1] ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 เชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากการอัดเย็น



รูปที่ 2 การอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง

จากข้อมูลการผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งในเขตจังหวัดตาก ของกลุ่มผู้ผลิตถ่านอัดแท่งทุ่งต้อมหมู่ที่ 7 ชุมชนบูรพา เทศบาลตำบลแม่กุ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก เป็นกลุ่มผู้ผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากชังข้าวโพดเป็นสินค้า OTOP จะทำการอัดขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดเย็นและใช้เครื่องอัดขึ้นรูปด้วยระบบเกลียวอัด จากการสำรวจและศึกษาสภาพเครื่องอัดขึ้นรูปพบว่าการผลิตจะอัดแท่งถ่านได้ 150-200 กก. ต้องหยุดการผลิตเพื่อทำการถอดชุดเกลียวอัดออกมาซ่อม จากปัญหาที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตอายุการใช้งานของเกลียวอัดสั้นลง ค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงขึ้น เสียเวลาในการผลิต อัตราการผลิตน้อย และคุณภาพของถ่านอัดแท่งลดลง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 สภาพการสึกหรอของเกลียวอัดเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง

จากปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นพบว่าเกลียวอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่ติดมากับเครื่องอัดนั้นผลิตมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำตามมาตรฐานเยอรมัน (DIN) คือ S137 โดยมีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.20% ซิลิกอน 0.18% และแมงกานีส 0.30% ซึ่งสามารถรับแรงดึงสูงสุดได้ 370N/mm² เมื่อเสียดสีกับผงถ่านคาร์บอนจึงเกิดการสึกหรอเสียหายได้ง่าย [2] จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าวรรณฐกรและสายพิน [3] ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบอุณหภูมิและสารชุบที่มีผลต่อความแข็งและความต้านทานต่อการสึกหรอจากกระบวนการอบชุบทางความร้อนโดยใช้จอบดาหย้าที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำมาทำการเพิ่มปริมาณคาร์บอนให้ได้ 0.35% โดยการทำแพ็คคาร์บูไรซิ่ง แล้วนำชิ้นงานไปทำการชุบผิวแข็งด้วยเปลวไฟที่อุณหภูมิ

850, 890 และ 930°C ชุบให้เย็นตัวด้วยน้ำมันและอากาศแล้วนำไปทดสอบความแข็งและความต้านทานต่อการสึกหรอ ผลจากการทดลองพบว่าชิ้นงานที่ผ่านการเพิ่มคาร์บอนที่ผิวโดยการอบที่อุณหภูมิ 930°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงและปล่อยให้เย็นตัวด้วยสารชุบคืออากาศ จะมีความแข็งและความต้านทานการสึกหรอดีที่สุด คมสมรรถ [4] ได้ทำการศึกษาระบวนการชุบแข็งในกระบวนการผลิตจอบโดยการศึกษาตัวแปรชนิดต่างๆ ในการชุบชุบแข็งคือสารตัวกลางในการชุบแข็งคืออากาศและน้ำมัน โดยกำหนดอุณหภูมิที่ 1,100 1,125 1,150 และ 1,175°C ปริมาณของสารตัวกลางในการชุบแข็งน้ำมัน 13 ลิตร จำนวนชิ้นตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างละ 5 ชิ้น ผลจากการทดลองพบว่าอุณหภูมิในการอบและสารตัวกลางในการชุบแข็งนับว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ชิ้นงานมีความแข็งดีที่สุดโดยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบคือ 1,100 °C ใช้สารตัวกลางในการชุบแข็งด้วยน้ำมัน คณะผู้ดำเนินงานวิจัยได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้ทำการเปรียบเทียบสารชุบแข็งที่มีผลต่อความต้านทานการสึกหรอของเกลียวอัดเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่ผ่านการเพิ่มปริมาณคาร์บอนด้วยกระบวนการทำแพ็คคาร์บูไรซิ่ง แล้วจึงอบชุบด้วยวิธีการชุบแข็งเฉพาะผิวด้วยเปลวความร้อนจากก๊าซอะเซทิลีนผสมก๊าซออกซิเจนเพื่อให้เกลียวอัดเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งมีความแข็งที่ผิวดีขึ้นและคงทนต่อการสึกหรอโดยกำหนดสารอบชุบเป็นตัวแปรในการอบชุบคือน้ำ น้ำมันและอากาศ ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงสารชุบแข็งที่มีผลต่อความต้านทานการสึกหรอของเกลียวอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่ช่วยยืดอายุการใช้งานของเกลียวอัด ลดการหยุดชะงักของกระบวนการผลิตและลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงชุดเกลียวอัดและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเกลียวอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งต่อไป

2. วัสดุเครื่องมืออุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 เหล็กกล้าคาร์บอนทำเกลียวอัด

เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steels) ถูกจำแนกออกตามปริมาณคาร์บอนที่ผสมอยู่ได้ 3 กลุ่มคือเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low carbon steel) เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium carbon steel) และเหล็กกล้า

คาร์บอนสูง (High carbon steel) ในการผลิตเกลียวอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งในท้องตลาดนั้นผู้ผลิตจะนิยมเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำในการผลิต เพราะมีราคาถูก การขึ้นรูปทำได้ง่าย เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำจะมีปริมาณธาตุคาร์บอนผสมอยู่ในเนื้อเหล็กอยู่ประมาณ 0.10–0.30% โดยน้ำหนัก ถูกกำหนดตามมาตรฐานอเมริกันคือ AISI 1010–1030 กำหนดมาตรฐานเยอรมันคือ St37 หรือ C20 เนื่องจากมีปริมาณธาตุคาร์บอนผสมอยู่น้อยจึงทำให้มีคุณสมบัติทางกลเช่นความแข็ง ความแข็งแรงต้านทานการสึกหรอที่ผิวจะต่ำ การปรับปรุงคุณสมบัติทางกลและการเพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอที่ผิวโดยกระบวนการอบชุบทางความร้อนจึงไม่สามารถนำมาทำได้โดยตรง [5]

2.2 การเพิ่มปริมาณคาร์บอน

วิธีแพ็คคาร์บูไรซิ่ง มีจุดประสงค์เพื่อต้องการเพิ่มปริมาณคาร์บอนให้กับผิวชิ้นงานที่ต้องการชุบแข็งที่ผิว สารเพิ่มคาร์บอนที่ใช้ ได้แก่ผงถ่านไม้ กราไฟต์ ประมาณ 70–80% โดยน้ำหนัก ผสมกับสารตัวเร่งปฏิกิริยาได้แก่ผงแบเรียมคาร์บอเนตหรือโซเดียมคาร์บอเนตและแคลเซียมคาร์บอเนตรวมกันอีกประมาณ 20–30% น้ำมันหรือน้ำหรือน้ำตาล 4.5–5.5% นำชิ้นงานที่จะชุบผิวแข็งมาบรรจุในหีบเหล็กหรือภาชนะเคลือบที่ทนความร้อนโดยอัดผงสารเพิ่มคาร์บอนให้รอบแท่งเหล็กและอัดให้แน่นถ้ามีแท่งเหล็กหลายๆ ชิ้นบรรจุในหีบใบเดียวกันจะต้องวางให้ห่างกันประมาณ 20–25 มม. หรือจะมากกว่านี้ก็ได้ไม่มีผลเสียเมื่อบรรจุและอัดผงสารเพิ่มคาร์บอนจนแน่นดีแล้วจะต้องมีฝาปิดอย่างมิดชิด โดยใช้ดินเหนียวปิดตามรอยให้สนิทเพื่อป้องกันมิให้อากาศแทรกเข้าไปทำการเผาไหม้กับคาร์บอนได้ จากนั้นนำเอาหีบเหล็กไปเผาในเตาช้าๆ จนถึงอุณหภูมิระหว่าง 900–950°C เวลาที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณคาร์บอนจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของเหล็กที่จะชุบแข็งผิวและที่สำคัญก็คือความหนาของผิวแข็งที่ต้องการตามปกติถือหลักปฏิบัติต่างๆ คือจะเผานาน 1 ชั่วโมงต่อความหนาของผิวแข็ง 0.1 มม. แต่ปริมาณคาร์บอนที่ผิวและใต้ผิวจนถึงใจกลางจะลดลงโดยลำดับ [6]

2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองในการวิจัยนี้ประกอบด้วย เตาไฟฟ้าแบบขดลวดต้านทาน



รูปที่ 4 เต้าไฟฟ้าแบบขดขวดความต้านทาน

กล่องบรรจุและผงกราฟไฟสำหรับทำแพ็คคาร์บูไรซิ่ง เมื่อทำแพ็คคาร์บูไรซิ่งเสร็จแล้วนำชิ้นงานไปตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่อง Spectrometer ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่อง Spectrometer

เมื่อชิ้นงานผ่านการทำการเพิ่มปริมาณคาร์บอนและได้ตามปริมาณที่ต้องการแล้ว นำชิ้นงานมาให้ความร้อนด้วยเปลวไฟจากก๊าซอะเซทิลีนกับออกซิเจน ($C_2H_2 + O_2$) จากชุดอบชุบทางความร้อนเฉพาะผิวหน้า ดังรูปที่ 6 จากนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านการทำแพ็คคาร์บูไรซิ่งและการอบชุบเฉพาะผิวหน้าด้วยเปลวไฟไปจุ่มชุบให้เย็นตัวด้วยสารตัวกลางที่เตรียมไว้คือน้ำ น้ำมันและอากาศ นำชิ้นงานที่ผ่านการจุ่มชุบให้เย็นตัวในสารตัวกลางที่กำหนดไว้มาทำการทดสอบความแข็ง ทดสอบการสึกหรอและทดสอบการสึกหรอในสภาพการทำงานจริงต่อไป



รูปที่ 6 ชุดอบชุบทางความร้อนด้วยเปลวไฟ

2.4 วิธีการทดลอง

นำสารที่เตรียมไว้สำหรับแพ็คคาร์บูไรซิ่งมาผสมให้เข้ากันเติมสารที่เตรียมแพ็คคาร์บูไรซิ่งที่ผสมไว้ใส่ลงในกล่องบรรจุเกลียวอัดเพื่อรองพื้นประมาณ 2 มม. วางเกลียวอัดบนสารแพ็คคาร์บูไรซิ่ง ที่บรรจุลงในกล่องเติมสารแพ็คคาร์บูไรซิ่งที่เตรียมไว้ลงในกล่องบรรจุจนเต็ม การคำนวณหาระยะเวลาและปริมาณคาร์บอนที่ได้รับจากการทำแพ็คคาร์บูไรซิ่ง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$(C - C_0) = (C_1 - C_0)[1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)] \quad (1)$$

โดยที่ C = 0.35% คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ต้องการ

C_0 = 0.20% คือ ค่าเปอร์เซ็นต์เริ่มต้น

C_1 = 1.30% คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ที่อุณหภูมิ

930°C

จากแผนภาพสมมูล

D = ค่าการแผ่ของคาร์บอนแบบเฟอร์ไรท์

t = เวลาในการทำแพ็คคาร์บูไรซิ่ง

x = ความลึกหรือระยะทางของการแพร่คาร์บอน

ในการทำแพ็คคาร์บูไรซิ่งต้องปิดฝากล่องเหล็กที่เตรียมไว้และใช้ดินทนไฟเคลือบขอบฝาให้แน่นสนิทเพื่อไม่ให้อากาศภายนอกเข้าทำปฏิกิริยาได้ นำกล่องที่บรรจุเกลียวอัดเข้าเตาอบและเปิดสวิตช์ควบคุมตั้งอุณหภูมิที่ 930°C รอจนอุณหภูมิเตาถึง 930°C จึงเริ่มจับเวลาอบตามเงื่อนไข เมื่ออบแช่เกลียวอัดตามเวลาที่กำหนดแล้วนำกล่องที่บรรจุเกลียวอัดออกจากเตา และนำเกลียวอัดออกจากอุปกรณ์ที่บรรจุเพื่อให้เย็นตัวในอากาศดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การนำกลองแพ็คเกลียวอัดออกจากเตาอบ

นำเกลียวอัดที่ผ่านการทำแพ็คคาร์บูไรซิ่งมาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนด้วยเครื่องวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี เพื่อตรวจสอบปริมาณคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น นำเกลียวอัดที่ผ่านกระบวนการแพ็คคาร์บูไรซิ่ง เข้าเตาชุบแข็งด้วยเปลวความร้อนจากก๊าซอะเซทิลีนผสมก๊าซออกซิเจนที่อุณหภูมิ 860°C ทำการให้ความร้อนด้วยเปลวความร้อนและควบคุมการให้ความร้อนด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยอินฟราเรด เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิที่ 860°C ตามเงื่อนไขเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อความร้อนที่ได้ตามที่กำหนดจึงทำการชุบแข็งด้วยสารชุบที่เตรียมไว้แล้วปล่อยให้เย็นตัวจนถึงอุณหภูมิห้อง นำชิ้นงานไปทดสอบหาค่าความแข็งด้วยเครื่องกดทดสอบความแข็งแบบเอนกประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบความแข็งของเกลียวอัดแท่งเชื้อเพลิง เริ่มทำการทดสอบการสึกหรอด้วยกระดาษทรายเบอร์ 150 โดยถ่วงตมน้ำหนักไว้ 3 กก. เป็นระยะเวลา 30 นาที ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การทดสอบการสึกหรอด้วยด้วยจานขัดกระดาษทรายเบอร์ 150

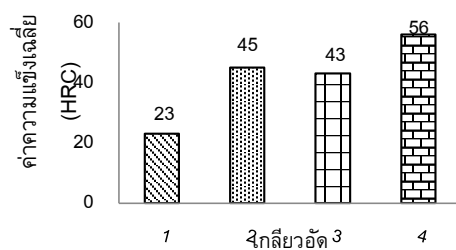
จัดเตรียมเครื่องอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง เพื่อใช้ในการทดสอบอัตราการสึกหรอในสภาพการใช้งานจริงโดยเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองที่มีส่วนผสมคือขังข้าวโพดที่ผ่านการเผาและบดละเอียด แ่งมัน และน้ำ ด้วยอัตราส่วน 100 : 6 : 3 กก. เมื่อผสมวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งเข้ากันทุก

ส่วนแล้ว นำมาทำการอัดเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งด้วยเกลียวอัดที่ผ่านการจุ่มชุบมาแล้วและบันทึกผลที่ 200 กก. การวิเคราะห์ข้อมูลผู้ดำเนินงานวิจัยได้ทำการวิเคราะห์การทดสอบความแข็ง อัตราการสึกหรอของเกลียวอัดจากล้อขัดกระดาษทราย อัตราการสึกหรอในสภาพการทำงานจริงของเกลียวอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง

3. ผลการทดลอง

สำหรับผลการทดลองการเปรียบเทียบอัตราการสึกหรอและอายุการใช้งานของเกลียวอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่ผ่านสารชุบแข็งต่างกัน ได้ผลการทดลองดังนี้

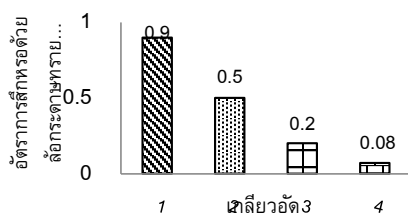
ผลการทดลองค่าความแข็งของเกลียวอัดเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งพบว่าเกลียวอัดชิ้นที่ 1 ที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแพ็คคาร์บูไรซิ่งและไม่ผ่านการชุบแข็งด้วยเปลวความร้อนนั้น มีค่าเฉลี่ยความแข็งต่ำที่สุดคือ 24 HRC ส่วนเกลียวอัดชิ้นที่ผ่านแพ็คคาร์บูไรซิ่งและผ่านการชุบแข็งเฉพาะผิวนั้นมีค่าเฉลี่ยความแข็งสูงขึ้น และเกลียวอัดชิ้นที่ 4 ที่ผ่านการจุ่มชุบด้วยน้ำมันจะมีค่าเฉลี่ยความแข็งสูงสุดที่ 56 HRC เนื่องจากน้ำมันมีคุณสมบัติที่สามารถถ่ายเทความร้อนออกจากชิ้นงานได้อย่างสม่ำเสมอ และในน้ำมันยังมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอน อาจเกิดการแพร่เข้าไปในผิวของเหล็กได้อีกทางหนึ่ง จึงทำให้ค่าความแข็งเฉลี่ยของเกลียวอัดสูงขึ้น ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ค่าความแข็งเฉลี่ยของเกลียวอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง

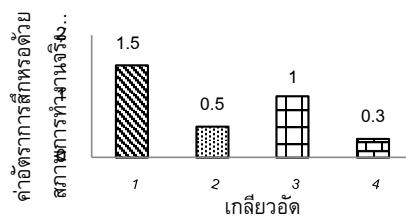
ผลการทดลองค่าอัตราการสึกหรอด้วยล้อกระดาษทรายของเกลียวอัดเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง พบว่าเกลียวอัดชิ้นที่ 1 ที่ไม่ผ่านกระบวนการแพ็คคาร์บูไรซิ่งและไม่ผ่านการชุบแข็งด้วยเปลวความร้อนนั้น มีค่าอัตราการสึกหรอด้วยล้อกระดาษทรายมากที่สุดคือ 0.9% โดยน้ำหนัก ส่วนเกลียวอัดชิ้นที่ผ่าน

กระบวนการแปรรูปใดซึ่งและผ่านการชุบแข็งเฉพาะผิวนั้น มีค่าอัตราการสึกหรอด้วยล้อยกระดาษทรายน้อยที่สุดคือเกลียวอัดชั้นที่ 4 ซึ่งมีค่าอัตราการสึกหรอด้วยล้อยกระดาษทรายที่ 0.08% โดยน้ำหนักเนื่องจากเกลียวอัดชั้นที่ 4 ได้ผ่านการชุบแข็งเฉพาะผิวจากเปลวความร้อนด้วยสารชุบแข็งคือน้ำมัน ซึ่งน้ำมันมีคุณสมบัติที่สามารถถ่ายเทความร้อนออกจากชิ้นงานได้อย่างสม่ำเสมอและในน้ำมันยังมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอน อาจเกิดการแพร่เข้าไปในผิวของเหล็กได้อีกทางหนึ่ง ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 อัตราการสึกหรอด้วยล้อยกระดาษทรายของเกลียวอัดเชื่อมเพลิงถ่านอัดแห้ง

ผลการทดลองหาอัตราการสึกหรอด้วยสภาพการทำงานจริงในการอัดขึ้นรูปเชื่อมเพลิงถ่านอัดแห้งที่ 200 กก. พบว่าเกลียวอัดชั้นที่ 1 ซึ่งไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปใดซึ่งและไม่ผ่านการชุบแข็งด้วยเปลวความร้อนนั้น มีค่าอัตราการสึกหรอด้วยสภาพการทำงานจริงมากที่สุดคือ 1.5% โดยน้ำหนัก ส่วนเกลียวอัดชั้นที่ผ่านกระบวนการแปรรูปใดซึ่งและผ่านการชุบแข็งเฉพาะผิว นั้น มีค่าอัตราการสึกหรอด้วยสภาพการทำงานจริงน้อยที่สุดคือ เกลียวอัดชั้นที่ 4 ซึ่งมีค่าอัตราการสึกหรอที่ 0.03% โดยน้ำหนักเนื่องจากเกลียวอัดชั้นที่ 4 ได้ผ่านการชุบแข็งเฉพาะผิวจากเปลวความร้อนด้วยสารชุบแข็งคือน้ำมัน ซึ่งน้ำมันมีคุณสมบัติที่สามารถถ่ายเทความร้อนออกจากชิ้นงานได้อย่างสม่ำเสมอและในน้ำมันยังมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอน อาจเกิดการแพร่เข้าไปในผิวของเหล็กได้อีกทางหนึ่งดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 อัตราการสึกหรอด้วยสภาพการทำงานจริงของเกลียวอัดเชื่อมเพลิงถ่านอัดแห้ง

หมายเหตุ

- เกลียวอัดชั้นที่ 1 ไม่ผ่านกระบวนการใด
- เกลียวอัดชั้นที่ 2 ผ่านกระบวนการเพิ่มคาร์บอนและผ่านการชุบแข็งเฉพาะผิวด้วยสารชุบคือน้ำ
- เกลียวอัดชั้นที่ 3 ผ่านกระบวนการเพิ่มคาร์บอนและผ่านการชุบแข็งเฉพาะผิวด้วยสารชุบคือน้ำมัน
- เกลียวอัดชั้นที่ 4 ผ่านกระบวนการเพิ่มคาร์บอนและผ่านการชุบแข็งเฉพาะผิวด้วยสารชุบคือน้ำมัน

ผลการทดลองและเปรียบเทียบอัตราการสึกหรอของเกลียวอัดทั้ง 4 ชั้นในการขัดด้วยกระดาษทรายและสภาพการทำงานจริงจะมีอัตราการสึกหรอที่แตกต่างกันเนื่องจากในการขัดด้วยกระดาษทรายจะขัดเฉพาะจุดเดียวและใช้เวลาในการขัดน้อยกว่าสภาพการทำงานจริงอัดผงถ่านที่ 200 กก. จะใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมงและผิวของเกลียวอัดจะสัมผัสกับผงถ่านที่เป็นคาร์บอนทุกสัดส่วนจึงทำให้ผลการสึกหรอที่ได้แตกต่างกัน

4. สรุป

ข้อสรุปของการทดลองการเปรียบเทียบอัตราการสึกหรอและอายุการใช้งานของเกลียวอัดขึ้นรูปเชื่อมเพลิงถ่านอัดแห้งที่ผ่านสารชุบแข็งต่างกัน อาจสรุปได้ว่าเกลียวที่ผ่านการทำแปรรูปใดซึ่งผ่านการชุบแข็งด้วยเปลวความร้อนและชุบด้วยน้ำมันจะมีความแข็ง ค่าความต้านทานการสึกหรอด้วยล้อยกระดาษทรายและค่าความต้านทานต่อการสึกหรอจากสภาพการทำงานจริงดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากเครือข่าย
วิจัยภาคเหนือตอนล่าง งบประมาณปี 2555 จาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
งบประมาณปี 2557 ขอบคุณณัฐพล น้อยรุ่งและ
สมเกียรติ สงชัย ที่ช่วยสืบค้นข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธเนศ ไชยชนะ. เทคโนโลยีพลังงานทดแทนถ่าน
อัดแท่ง. วิทยาลัยการอาชีพแม่สอด 2546.
- [2] อนันต์ มีนาค. การสีกหรือของชิ้นส่วน
เครื่องจักรกล และการติดตามสภาพ 2549.
- [3] วรรัฐกร รักษ์ชนและสายพิน*ลึงกาวงษ์.
การศึกษาการเปรียบเทียบอุณหภูมิและสารซุบที่มีผล
ต่อความแข็งและความต้านทานต่อการสีกหรือจาก
กระบวนการอบซุบทางความร้อน, มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ; 2554.
- [4] คมสรร์ ชมแผน. การศึกษากระบวนการซุบแข็ง
ในกระบวนการผลิตจอบ โดยทำการศึกษาตัวแปร
ชนิดต่างๆในการซุบซุบแข็ง คือสารตัวกลางในการซุบ
แข็ง สารตัวกลางในการซุบแข็งคืออากาศและน้ำมัน.
ถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ; 2546.
- [5] วิสุทธิ์ พีชมงคล. การอบซุบเหล็กกล้าด้วยความ
ร้อน. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและ
โลหะการ 2532.
- [6] มนัส สกิริจินดา. วิศวกรรมการอบซุบเหล็ก.
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2535.