

ผลของอุณหภูมิชุบแข็งเปลวไฟต่อสมบัติความแข็งและการสึกหรอ ของเหล็กกล้าใบเลื่อยสายพาน

Effect of Flame Hardening Temperature on Hardness and Wear Properties of Band Saw Steel

เชียรศักดิ์ ชูชีพ^{1*}, นริศรา มหัทธนนิงวงศ์¹, สมใจ จันทรอุดม² และเจษฎา วรรณสินธุ์³

Thiensak Chuchee^{1*}, Narissara Mahathaninwong¹, Somjai Janudom² and Jessada Wannasin³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิชุบแข็งต่อสมบัติความแข็งและการสึกหรอของเหล็กกล้าใบเลื่อยสายพานแปรรูปไม่ยางพาราด้วยกรรมวิธีการชุบแข็งด้วยเปลวไฟแก๊สอะเซทิลีน-ออกซิเจน ที่อุณหภูมิผิวชิ้นงานสูงสุด 5 ระดับ 773 860 876 947 และ 984 องศาเซลเซียส และจุ่มน้ำ หลังขึ้นงานผ่านกระบวนการชุบแข็งด้วยเปลวไฟ นำชิ้นงานไปวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคตรวจสอบความแข็งชิ้นงานตำแหน่งต่างๆ และทดสอบการสึกหรอ ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคและทดสอบชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งด้วยเปลวไฟพบว่าตำแหน่งที่อุณหภูมิผิวสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิออสเทนไนต์ โครงสร้างชิ้นงานเปลี่ยนเป็นโครงสร้างมาร์เทนไซต์ ทำให้มีความแข็งเพิ่มขึ้นลดอัตราการสึกหรอ ชิ้นงานที่อุณหภูมิผิวสูงสุด 773 และ 860 องศาเซลเซียส ค่าความแข็งใกล้เคียงกัน ส่วนการสึกหรอของชิ้นงานที่ได้รับจะสูงกว่าชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งที่อุณหภูมิผิวสูงสุด 773 และ 860 องศาเซลเซียส ในขณะที่ชิ้นงานชุบแข็งที่อุณหภูมิผิวสูงสุด 876 947 และ 984 องศาเซลเซียส จะเกิดรอยแตกหลังการชุบ

คำสำคัญ: การชุบแข็งเปลวไฟ เหล็กกล้าใบเลื่อยสายพาน ใบเลื่อยไม่ยางพารา

¹ อ.ดร., สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84000

² อ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90112

³ รศ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90112

¹ Dr., Industrial Technology Management Division, Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University Surat Thani Campus, Surat Thani, 84000

² Dr., Department of Mining and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla Hat Yai Campus, Songkhla, 90112

³ Assoc.Prof. Dr., Department of Mining and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla Hat Yai Campus, Songkhla, 90112

* Corresponding author: E-mail address: thiensak.c@psu.ac.th Tel./Fax. 084-0670766, 077-355453

Abstract

The objective of this work is to study the effect of quenching temperature on hardness and wear properties of rubber wood band saw steel by flame hardening. Acetylene-oxygen gases were used in the flame hardening process. Samples were heated to five maximum surface temperatures of 773, 860, 876, 947 and 984 degree Celsius, and quenched in water. After flame hardening process, all samples were analyzed in terms of microstructure, hardness and wear resistance. The results of microstructure, hardness and wear of the flame hardening samples showed that microstructures were transformed to martensite, hardness values increased and wear decreased at the maximum surface temperatures above an austenite temperature. At the maximum surface temperatures of 773 and 860 degree Celsius, the sample hardness values were not different. Wear of as received sample was higher than that of flame hardening samples at maximum surface temperatures of 773 and 860 degree Celsius. Samples were flamed at maximum surface temperatures of 876, 947 and 984 degree Celsius leading the formation of cracks after quenching.

Keywords: Flame Hardening, Band Saw Steel, Parawood Band Saw

บทนำ

ใบเลื่อยแปรรูปไม้ยางพาราเป็นวัสดุสิ้นเปลืองที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมต้นน้ำในการแปรรูปไม้ท่อนเป็นไม้ขนาดต่างๆ ใบเลื่อยมีผลต่อคุณภาพผิว ค่าเผื่อ ความสูญเสียจากขนาดคล่องเลื่อย และอายุการใช้งาน [1] แต่อุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา ยังไม่ได้ให้ความสำคัญกับกระบวนการลับบำรุงรักษาและตกแต่งใบเลื่อยเท่าที่ควร [2] ผลสำรวจของ สุทธิ วิสุทธิเทพกุล และคณะ [1] พบว่าใบเลื่อยที่นิยมใช้ทางภาคตะวันออกมีขนาดความกว้าง 5-8 นิ้ว (12.7-20.32 ซม.) ความยาว 6.20-8.30 เมตร ความหนาใบเลื่อยเบอร์ 17-18 BWG. (1.47-1.24 มม.) โดยใช้การต่อใบเลื่อยเชื่อมด้วยแก๊สอะเซทิลีน อายุการใช้งานเฉลี่ย 3-7 ชั่วโมงต่อปี ส่วนใบเลื่อยที่ใช้ในภาคใต้มีความกว้าง 4-6 นิ้ว ความยาว 6.40-7.60 เมตร ความหนาใบเลื่อยเบอร์ 18 BWG (1.24 มม.) การต่อใบเลื่อยเชื่อมด้วยแก๊สและเชื่อมมิก (MIG) อายุการใช้งานของใบเลื่อย 2-4 ชั่วโมงต่อปี เกรดเหล็กที่นิยมนำมาใช้ทำใบเลื่อย คือ เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel) ตามมาตรฐาน AISI W 1-8 และ W 1-7 หรือตามมาตรฐาน JIS G4401 ชนิด SK 5 และ SK และ เหล็กกล้าผสม (Alloys Steel) ตามมาตรฐาน AISI I-6 หรือตามมาตรฐาน JIS G4404 SKS 5 และ SKS 6 [3] โดยลักษณะการใช้งานใบเลื่อยจะใช้แปรรูปไม้ยางพาราจนกระทั่งเกิดการสึกหรอของคมฟันเลื่อยจนที่จะถูกถอดออกและส่งมายังห้องลับใบเลื่อย การสึกหรอของใบเลื่อยระหว่างการใช้งานส่งผลต่อการสูญเสียเวลาในการถอดและประกอบใบเลื่อยของอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพาราในประเทศที่มีจำนวนถึง 580 โรงงาน [4] ดังนั้นการเพิ่มความต้านทานการสึกหรอของใบเลื่อยจะช่วยยืดอายุการใช้งานของใบเลื่อยและส่งผลให้ลดการสูญเสียเวลาในการถอดประกอบใบเลื่อย

กรรมวิธีในการเพิ่มสมบัติด้านต้านการสึกหรอที่มีต้นทุนต่ำ คือ การชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ ซึ่งเป็นการให้ความร้อนเปลวไฟของแก๊สเชื้อเพลิงกับออกซิเจนแก่ชิ้นงานช่วงเวลาสั้นๆ ก่อนที่จะจุ่มลงในน้ำ (Quenching) ทั้งนี้ชุดเชื่อมแก๊สอะเซทิลีน-ออกซิเจนเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้กันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา และพบว่าการชุบแข็งเปลวไฟนั้นเป็นกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับเหล็กกล้าที่มีปริมาณคาร์บอน 0.37-0.55% และเหล็กกล้าผสมบางเกรด เช่น 6150H [5] ซึ่งเป็นเหล็กกล้าที่ใช้ทำใบเลื่อยสายพานและสามารถชุบแข็งได้ด้วย

เปลวไฟสำหรับกระบวนการขบแข็งด้วยเปลวไฟนั้นการควบคุมที่สำคัญคือ อุณหภูมิสูงสุดที่ผิวสัมผัสกับเปลวไฟ (T_s) ต้องไม่สูงจนกระทั่งเกิดปัญหาหลอมละลาย และเวลาการเกิดปฏิกิริยาที่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากโครงสร้างเดิมไปเป็นเฟสอสเทนไนต์ และอัตราการเย็นตัวอย่างรวดเร็วเพื่อให้เกิดโครงสร้างมาร์เทนไซต์ [6-7]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลอุณหภูมิผิวสูงสุด (Maximum Surface Temperature; $T_{s,max}$) เพื่อเพิ่มสมบัติความแข็งแรงและการสึกหรอของชิ้นงานเหล็กกล้าใบเลื่อยสายพานด้วยเปลวไฟแก๊สอะเซทิลีน-ออกซิเจน

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุ

เหล็กกล้าใบเลื่อยที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเหล็กกล้าใบเลื่อยใช้แล้วที่ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานผู้แปรรูปไม้ยางพารา โดยมีส่วนผสมทางเคมีจากการวิเคราะห์ด้วย Optical Emission Spectroscopy (OES) ซึ่งสามารถเทียบได้กับเหล็กกล้าผสมต่ำ 6150 [8] รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของใบเลื่อยใช้แล้วและส่วนผสมของเหล็กกล้าผสมต่ำ 6150 [8]

ชิ้นงาน	C	Si	P	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Cu	W	Co	Al	Zn	Fe
BS	0.5157	0.2078	0.0124	0.8808	0.0715	0.9464	0.0287	0.1012	0.0388	0.0042	0.0061	0.0045	0.0035	Balance
6150 [8]	0.48- 0.53	0.15- 0.30	0.040	0.70- 0.90	-	0.80- 1.10	-	0.15 (min)	-	-	-	-	-	-

2. กรรมวิธีการขบแข็งด้วยเปลวไฟ

2.1 อุณหภูมิและเวลาการขบแข็ง

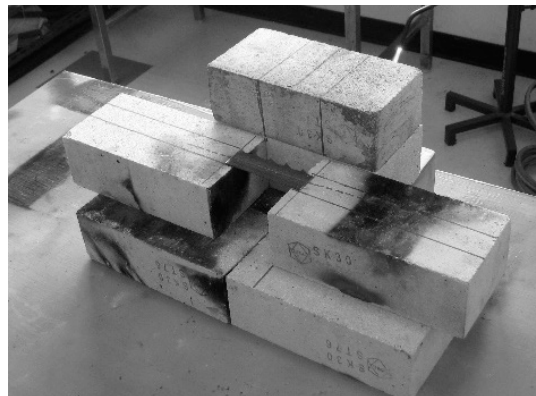
อุณหภูมิในการขบแข็งพิจารณาจากเฟสไดอะแกรมที่ปริมาณคาร์บอน 0.52% ได้อุณหภูมิออสเทนไนต์ (T_{aust}) 760 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิเปลวไฟแก๊สอะเซทิลีน-ออกซิเจนสูงสุดถึง 3100 องศาเซลเซียส [9] ดังนั้นเพื่อป้องกันส่วนผิวที่สัมผัสเปลวไฟเกิดการหลอมละลาย จึงกำหนดอุณหภูมิในการเริ่มต้น (T_{start}) ที่ 5 ระดับ อุณหภูมิ คือ 660 710 760 810 และ 860 องศาเซลเซียส และใช้การหมุนวนเปลวไฟเป็นเวลา 8 วินาที ที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของชิ้นงานเหล็กกล้าใบเลื่อย (ความยาว 10 เซนติเมตร) โดยวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่ตำแหน่งห่างจากจุดศูนย์กลางชิ้นงานประมาณ 2 เซนติเมตร (ในแนวนอน) พร้อมทั้งบันทึกค่าอุณหภูมิผิวสูงสุด ($T_{s,max}$) รายละเอียดดังตารางที่ 2 หลังจากนั้นนำชิ้นงานใบเลื่อยไปชุบน้ำทั้งชิ้น

ตารางที่ 2 อุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิผิวสูงสุด

$T_{\text{(start)}}$ (°C)	660	710	760	810	860
$T_{\text{(s,max)}}$ (°C)	773	860	876	947	984

2.2 การทดลอง

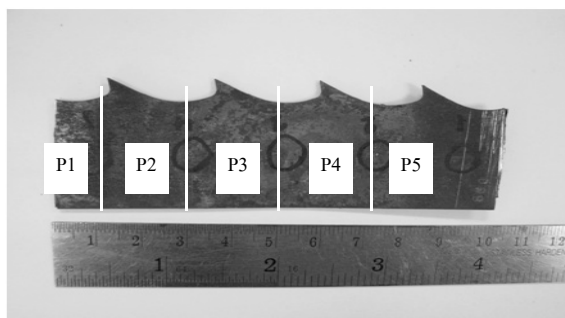
ใช้แก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นแก๊สอะเซทิลีนและแก๊สออกซิเจนโดยกำหนดความดันใช้งานที่ 4 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เท่ากัน และใช้เปลวกลาง (Neutral Flame) โดยจัดเครื่องมืออุปกรณ์การทดลอง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การทดลอง

3. การวิเคราะห์และการทดสอบ

ชิ้นงานใบเลื่อยใช้แล้วขนาดความกว้าง 35.70 มิลลิเมตร ความสูงพื้น 6.0 มิลลิเมตร ความหนา 1.28 มิลลิเมตร ยาว 10 เซนติเมตร กำหนดตำแหน่งในการวิเคราะห์ จำนวน 5 ตำแหน่ง P1 P2 P3 P4 และ P5 รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตำแหน่งการวิเคราะห์สมบัติชิ้นงาน

การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคใบเลื่อยที่ผ่านการใช้งานที่ได้รับ (As Received) วัดค่าความแข็ง และทดสอบการสึกหรอและวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็ง วัดค่าความแข็งที่ตำแหน่งต่างๆ และนำชิ้นงานในตำแหน่งที่มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นไปทดสอบการสึกหรอ

การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical Microscope) วัดค่าความแข็งในหน่วยร็อกเวลล์สเกลซี (HRC) และทดสอบการสึกหรอด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive) ที่ได้รับการพัฒนาขึ้น ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ตามรูปแบบการทดสอบการสึกหรอด้วยเครื่องขัดอัตโนมัติ [10] ขนาดชิ้นงานทดสอบ 1.0x1.0 เซนติเมตร ใช้ความเร็วรอบจานขัดและหัวขัดจับชิ้นงาน 150 รอบต่ออนาที น้ำหนักกดชิ้นงานขณะทดสอบ 19.6–20.0 นิวตัน ระยะเวลา 2 นาที และกระจายทราย SiC P120 (ขนาดเม็ดสารขัด SiC 125 ไมโครเมตร) โดยคำนวณค่าการสึกหรอ (Wear) ตามสมการที่ (1)

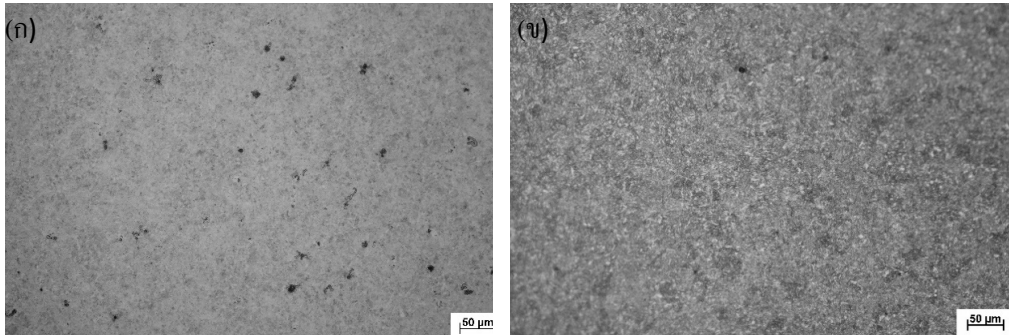
$$\text{Wear} = \frac{\text{Weight Loss}}{\text{Contact Area}} \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2} \quad (1)$$

Weight Loss = ปริมาณการสูญเสียเนื้อชิ้นงานทดสอบ (mg)

Contact Area = พื้นที่ผิวสัมผัส (cm²)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. อิทธิพลของกระบวนการทางความร้อนต่อโครงสร้างจุลภาค



ภาพที่ 3 โครงสร้างจุลภาคเหล็กกล้าใบเลื่อยใช้แล้ว (ก) ก่อนการชุบแข็งด้วยเปลวไฟ (ข) หลังการชุบแข็งเปลวไฟ ที่อุณหภูมิ 773 องศาเซลเซียส (กัดผิวด้วยสารละลาย Nital 2%)

ในภาพที่ 3(ก) โครงสร้างทางจุลภาคของตัวอย่างที่ได้รับประกอบด้วยโครงสร้างเฟอร์ไรต์ที่เป็นสีขาวและโครงสร้างเพิร์ลไลต์ที่เป็นสีดำ โครงสร้างละเอียด และผลจากการเติมธาตุเจือ Cr และ V ทำให้มีเฟสสารประกอบเชิงโลหะ (Intermetallic Compound) กระจายตัว สอดคล้องกับ Li et al. [11] ที่ระบุโครงสร้างเหล็กกล้า 6150 ว่า มีโครงสร้างละเอียด (Fine Grain) และต้านทานการสึกหรอสูงจากการเติมธาตุเจือ Cr และ V

ส่วนภาพโครงสร้างทางจุลภาคของเหล็กกล้าใบเลื่อยที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งด้วยเปลวไฟที่ตำแหน่ง P2P3 และ P4 ซึ่งมีค่าความแข็งมากกว่า 50 HRC ประกอบโครงสร้างจุลภาคในภาพที่ 3(ข) ยืนยันได้ว่าเป็นโครงสร้างมาร์เทนไซต์ แสดงว่า ณ ตำแหน่งดังกล่าวอุณหภูมิผิวสูงสุด ($T_{s, max}$) มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิออสเทนไนต์ 760 องศาเซลเซียส และเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นมาร์เทนไซต์จากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วโดยการจุ่มน้ำ

ในขณะที่ชิ้นงานในตำแหน่งที่ P1 และ P5 มีลักษณะโครงสร้างเหมือนเดิมแสดงว่า ณ ตำแหน่งดังกล่าว อุณหภูมิของชิ้นงานที่ได้รับจากเปลวไฟ ไม่ถึงอุณหภูมิออสเทนไนต์ ทำให้โครงสร้างของชิ้นงานเหมือนเดิม ภายหลังจากการเย็นตัวภายในน้ำ [9]

นอกจากนี้สำหรับอุณหภูมิผิวสูงสุด 876 องศาเซลเซียส ชิ้นงานมีลักษณะการแตกร้าวอย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างจุลภาคของกระบวนการชุบแข็งเปลวไฟที่อุณหภูมิผิวสูงสุด 876 องศาเซลเซียส

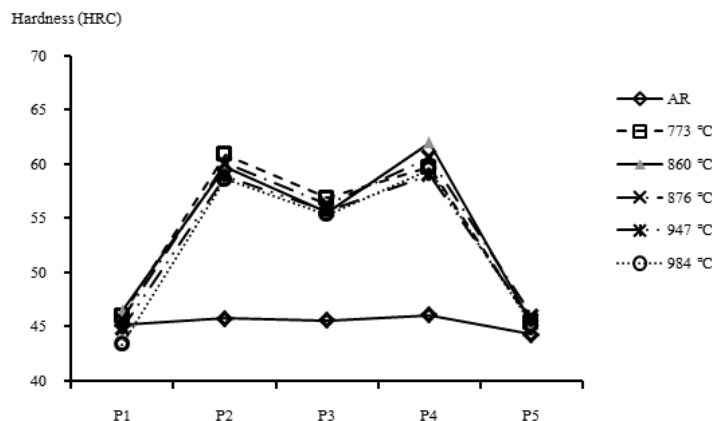
แสดงว่าที่อุณหภูมิชุบแข็งผิวสูงสุด 876 องศาเซลเซียส เมื่อขึ้นงานเกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดความเค้นเกินขีดจำกัดของเหล็กกล้าใบเลื่อยส่งผลให้เกิดการแตกร้าวโดยความเค้นที่เกิดขึ้นมี 2 แบบ คือ ความเค้นจากการหดตัวที่เป็นผลจากอุณหภูมิลดลง (Thermal Contraction) และความเค้นจากการขยายตัวในขณะที่เปลี่ยนเฟสจากออสเทนไนต์ไปสู่มาร์เทนไซต์ ตามความสัมพันธ์ $4.64 - 0.53x(\%C)$ [12] จากปริมาณคาร์บอน 0.52% ส่งผลให้เกิดการขยายตัว 4.36% ซึ่งการแตกร้าว ณ อุณหภูมิสูงสุดผิวดังกล่าวสอดคล้องกับข้อแนะนำของ Davis [5] ที่ระบุว่าการชุบแข็งเหล็กกล้า 6150 สำหรับชิ้นงานที่บางมีความไวต่อการแตกร้าวขณะชุบสูง ส่วนความเค้นตกค้างที่เกิดขึ้นในระหว่างการเย็นตัวอย่างรวดเร็วนั้น Lee et. al. [13] ระบุว่าความเค้นที่เกิดจากการหดตัวของอุณหภูมิเป็นความเค้นแบบกด และความเค้นจากการเปลี่ยนเฟสเป็นความเค้นแบบดึง และสรุปถึงลักษณะความเค้นตกค้างที่เกิดขึ้นในชิ้นงานระหว่างการเย็นตัวอย่างรวดเร็วสำหรับชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ 12Cr หากอัตราการเย็นตัวสูงถึง $\sim 10^3$ องศาเซลเซียสต่อวินาทีความเค้นตกค้างจะเปลี่ยนเป็นความเค้นแบบดึงทำให้ความสามารถในการต้านทานการสึกหรอต่ำ และหากอัตราการเย็นตัวไม่ $< 10^2$ องศาเซลเซียสต่อวินาที ความเค้นตกค้างจะไม่เปลี่ยนจากความเค้นแบบกดเป็นความเค้นแบบดึง

2. อิทธิพลทางความร้อนต่อค่าความแข็ง

การวัดค่าความแข็งของเหล็กกล้าใบเลื่อยสายพานที่ผ่านการใช้งาน (AR) ที่ตำแหน่งต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 45.1-46.1 HRC สำหรับชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งด้วยเปลวไฟที่อุณหภูมิผิวสูงสุด $T_{(s,max)}$ 773 860 876 947 และ 984 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเฉพาะตำแหน่ง P2 P3 และ P4 อยู่ในช่วง 55.3-62.0 HRC ค่าความแข็งสอดคล้องกับค่าความแข็งสำหรับการชุบน้ำของเหล็กกล้า 6150 ที่ Davis [5] ระบุอยู่ในช่วง 55-60 HRC

สาเหตุที่ค่าความแข็งแตกต่างกัน ASM International [8] ระบุว่าเกิดจากความแตกต่างของปริมาณโครงสร้างมาร์เทนไซต์ โดยโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนเป็นเฟสมาร์เทนไซต์มากกว่าจะมีค่าความแข็งมากกว่า สอดคล้องกับการอธิบายความแข็งที่เกิดขึ้นจากอุณหภูมิที่ระยะลึกจากผิวอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณผิวทำให้ความแข็งของชิ้นงานลดลงตามความลึกของชิ้นงาน [13] แสดงว่าเป็นผลจากกระบวนการชุบแข็งเปลวไฟที่มีความยากในการควบคุมกระบวนการให้สม่ำเสมอ [8]

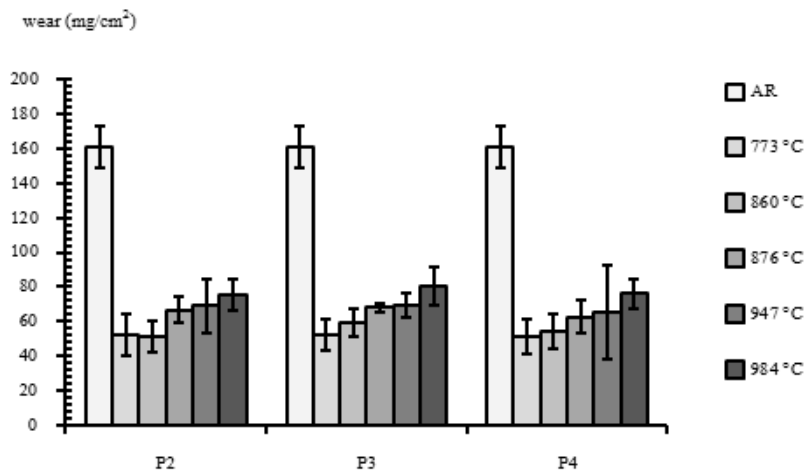
โดยที่ตำแหน่ง P1 และ P5 ความแข็งไม่เปลี่ยน ค่าความแข็งดังกราฟในภาพที่ 5 ผลจากสภาวะการเย็นตัวเหมือนกันทุกตำแหน่งแสดงว่าตำแหน่งที่ P1 และ P5 อุณหภูมิของชิ้นงานไม่ถึงอุณหภูมิออสเทนไนต์ (760 องศาเซลเซียส) ส่วนตำแหน่ง P2 P3 และ P4 ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคเป็นมาร์เทนไซต์ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยเฉพาะค่าความแข็งตำแหน่ง P2 และ P4 มีค่าความแข็งสูงกว่าตำแหน่ง P3 ซึ่งเป็นตำแหน่งบริเวณกลางชิ้นงานซึ่งได้รับความร้อนจากเปลวไฟสูงที่สุดทำให้เกิดเฟสออสเทนไนต์ขนาดใหญ่กว่าตำแหน่งที่ P2 และ P4 เมื่อเกิดการเย็นตัวจากการจุ่มน้ำ (Quenching) ทำให้เป็นโครงสร้างมาร์เทนไซต์ที่หยาบกว่าตำแหน่ง P2 และ P3 สอดคล้องกับการอธิบายการเปลี่ยนเฟสของกระบวนการชุบแข็งเปลวไฟโดย Davis [5]



ภาพที่ 5 ค่าความแข็ง

3. อิทธิพลของกระบวนการทางความร้อนต่อการต้านทานการสึกหรอ

การทดสอบการสึกหรอของชิ้นงานก่อนกระบวนการชุบแข็งพบว่าชิ้นงานตัวอย่างมีค่าการสึกหรอ 161 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนผลการทดสอบการสึกหรอชิ้นงานที่อุณหภูมิขบแข็งผิวสูงสุด 773 860 876 947 และ 984 องศาเซลเซียส ที่ตำแหน่ง P2 P3 และ P4 ที่มีความแข็งเพิ่มขึ้น ค่าการสึกหรอ 51-53 51-59 63-68 65-70 และ 76-80 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 6 โดยชิ้นงานที่อุณหภูมิขบแข็งผิว 773 และ 860 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกันสำหรับตำแหน่ง P2 P3 และ P4 และค่าการสึกหรอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิขบแข็งผิวมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากอุณหภูมิขบแข็งผิวที่สูงขึ้นทำให้อัตราการเย็นตัวของชิ้นงานสูงทำให้เกิดความเค้นตกค้างภายในชิ้นงานเปลี่ยนจากความเค้นแบบกดเป็นความเค้นแบบดึงส่งผลให้สมบัติต้านทานการสึกหรอลดลง [13] ซึ่งปริมาณความเค้นตกค้างที่เกิดจากการเฟสแมรเทนไซด์ภายในชิ้นงานทำให้ขาดสมบัติความเหนียวและแทบจะไม่มีการนำไปใช้งานโดยไม่มีการทำเทมเปอร์ Li et. al. [11]



ภาพที่ 6 ค่าความต้านทานการสึกหรอ

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการการชุบแข็งเหล็กกล้าใบเลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราด้วยเปลวไฟแก๊สอะเซทิลีน-ออกซิเจน สามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิผิวสูงสุดมีผลต่อการเพิ่มความแข็งและลดการสึกหรอของชิ้นงาน โดยอุณหภูมิผิวสูงสุดที่ 773 องศาเซลเซียส เพียงพอที่จะเพิ่มความแข็งและลดการสึกหรอ ในขณะที่อุณหภูมิผิวสูงสุด 876 947 และ 984 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ชิ้นงานเกิดความเค้นเกินขีดจำกัดทำให้เกิดการแตกร้าวหลังการชุบ ส่วนการสึกหรอของชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งลดลง เนื่องจากเกิดเฟสแมรเทนไซด์เพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่ผ่านการชุบแข็ง

คำขอขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ SIT 580877S สัญญาเลขที่ SIT 5808695 ทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ปีงบประมาณ 2559 และทุนอุดหนุนบางส่วนจากทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทโครงการงานนักศึกษา จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี และสถานวิจัยความเป็นเลิศด้านวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ผู้ช่วยวิจัยระดับปริญญาตรี นายพุทธิพงศ์ เลขาชัยวรกุล นายกิตติพงษ์ มัญญารักษ์ นายพันธกานต์ ชมเชย นายณณยัคดี พูนหิรัญ นายณนทศักดิ์ หุมสวัสดิ์ และนายศักดิ์กรินทร์ คงศักดิ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] Visuthitepkul, S., Soontonbura, W., Kirirat, P. and Sangkul, S. (2003). **The Improvement of Efficient Bandsaw - Techniques of Higher Lumber Yield from Rubberwood Logs**. Final Report. Bangkok : The Thailand Research Fund.
- [2] Visuthitepkul, S., Soontonbura, W., Kirirat, P. and Sangkul, S. (2003). **Bandsaw Maintenance - The Improvement of Efficient Bandsaw - Techniques of Higher Lumber Yield from Rubberwood Logs**. Bangkok : The Thailand Research Fund.
- [3] Peamaroon, A. (2006). **Wood Processing**. Knowledge series “The development of technology to enhance the competitiveness of the wood products industry. Bangkok : Technology Management Center, National Science and Technology Development Agency.
- [4] Department of Foreign Trade. (2012). **The Situation of Sawn Rubberwood Thailand**. Search Aug 3, 2016, Retrieved from <http://www.dft.go.th/Default.aspx?tabid=159&ctl=DetailUserContent&mid=660&contented=4252>.
- [5] Davis, J.R. Editor. (2002). **Surface Hardening of Steels**. Ohio : ASM International.
- [6] Satirajinda, M. (2000). **Iron & Steel Heat Treatment Engineering** (7th Edition). Bangkok : The Engineering Institute of Thailand under His Majesty the King’s Patronage
- [7] Reekjirasawad, P. (2012). **Fundamentals of Heat Treatment of Steels**. Bangkok : Chulalongkorn University Press.
- [8] ASM International. (1993). **ASM Handbook Volume 1 Properties and Selection : Irons Steels and High Performance Alloys**. Ohio : ASM International.
- [9] Gronergress, H.W. (1964). **Flame Hardening**. Gevelsberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH.
- [10] ASM International. (2003). **ASM Handbook Volume 8 Mechanical Testing and Evaluation**. Ohio : ASM International.
- [11] Li, Hong-Ying, Hu Ji-dong, Li Jun, Chen Guang, and Sun Xiong-jie. (2013). “Effect of tempering temperature on microstructure and mechanical properties of AISI 6150 steel”, **Journal Central South University**. 20, 866-870.
- [12] ASM International. (1990). **ASM Handbook Volume 4 Heat Treating**. Ohio : ASM International.
- [13] Lee, M.K., Kim, G.H., Kim, K.H. and Kim, W.W. (2004). “Control of Surface Hardnesses, Hardening Depths, and Residual Stresses of Low Carbon 12Cr Steel by Flame Hardening”, **Surface and Coatings Technology**. 184, 239–246.