

ผลของอุณหภูมิออสเทนไนไทซิงในกระบวนการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงเพื่อใช้ผลิตมีดโต้

Effect of Austenitizing Temperature in the Pack Carburizing to Produce Big Knives

วรรณภา หอมจะบก¹ ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ¹ และณฤตม ทาดี¹

Received: June, 2014; Accepted: April, 2015

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิการอบเพิ่มคาร์บอนในกระบวนการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงของมีดโต้ที่ผ่านการตีขึ้นรูปจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ เปรียบเทียบกับมีดโต้ที่ผลิตจากเหล็กแทนบในท้องตลาด โดยเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำจะนำมาผ่านกรรมวิธีแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงที่อุณหภูมิ 900 950 และ 1,000°C เวลา 1.5 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ จากนั้นนำมาชุบแข็งที่อุณหภูมิ 780°C เวลา 20 นาที และอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 180°C เวลา 1 ชั่วโมง สารแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงประกอบด้วยถ่านไม้ผสมกับสารเร่ง ได้แก่ CaCO_3 , BaCO_3 และ Na_2CO_3 ผสมเข้าปรร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ ทดสอบแรงกระแทก และตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค จากผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 950°C ของสาร BaCO_3 และ Na_2CO_3 เหมาะสมในการผลิตมีดโต้มากที่สุด เพราะมีความแข็งที่ผิวสูงกว่าเหล็กแทนบ และมีความสามารถรับแรงกระแทกได้ดีกว่า สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะโครงสร้างจุลภาคที่ผิวประกอบไปด้วยโครงสร้างมาเทนไซด์เป็นเนื้อพื้นและเม็ดคาร์ไบด์กระจายตัวอยู่ ส่วนภายในโครงสร้างประกอบไปด้วยเพอร์ไลต์และเฟอร์ไรต์

คำสำคัญ : แพ็คคาร์เบอร์ไรซิง; มีด; เหล็กแทนบ

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
E-mail: whomjabok@hotmail.com

Abstract

The purpose of this research is to study the effect of carburizing temperatures on the hardness of the hardened big knives in pack carburizing process. The mechanical properties of the carburized and hardened big knives were compared to those of commercial hardened big knives made from leaf-spring steel. The experiment was conducted by forging big knives made of low carbon steel. They were then pack-carburized using wood charcoal mixing with CaCO_3 , BaCO_3 and Na_2CO_3 as an energizer (10% by weight). The carburizing temperatures were 900, 950 and 1,000°C and carburizing times of 1.5 hours, and then were cooled by air. The austenitizing temperature was 780°C with a holding time of 20 minutes, followed by quenching in water. Finally, the big knives were tempered at 180°C for 1 hour. Micro-Vickers hardness testing, impact testing and microstructure inspection were carried out. The results of this experiment show that the carburizing temperature of 950°C of BaCO_3 and Na_2CO_3 is suitable for the production of big knives. It produces the surface hardness and impact energy higher than leaf spring knives, because of the microstructure of the surface consists of martensite matrix with spheroid carbides dispersed, while the internal structure consists of pearlite and ferrite.

Keywords: Pack Carburizing; Big Knives; Leaf Spring Steel

บทนำ

งานตีมีดเป็นงานช่างฝีมือที่สามารถพบแทบทุกภาคของประเทศไทย สำหรับการตีมีดของหมู่บ้านในตำบลบ้านโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ได้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น มีดบาง มีดดาบยาโม มีดเหลา และมีดพัวต่าง ๆ ซึ่งถือว่าเป็นงานหัตถกรรมพื้นบ้านที่สร้างรายได้ให้แก่ชุมชนและสืบทอดกันมาแต่บรรพบุรุษ จนเป็นที่นิยมและมีจำหน่ายอย่างแพร่หลายในแถบนี้

กรณีศึกษางานตีมีดจากหมู่บ้านหนองบัว ตำบลบ้านโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบว่ามีดที่ผลิตจากเหล็กเหน็บ ซึ่งมีราคาสูงจึงจำเป็นต้องสั่งซื้อเป็นจำนวนครั้งละมาก ๆ ส่งผลทำให้เกิดปัญหาทางด้านการจัดซื้อแก่ชุมชนที่จำเป็นต้องจ่ายค่าต้นทุนวัสดุที่สูงมาก ดังนั้นหากมีวัสดุที่ต้นทุนต่ำกว่าและผ่านกระบวนการผลิตที่เหมาะสมมาปรับปรุงสมบัติเชิงกลให้ใกล้เคียงกับเหล็กเหน็บได้ ย่อมส่งผลดีต่อการตีมีดของชาวบ้าน สำหรับกระบวนการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิง (Pack Carburizing) เป็นวิธีที่ใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่มีราคาถูก หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด เป็นเทคนิคหนึ่งในการอบชุบทางโลหะเพื่อให้ได้ความแข็งที่ผิวและยังคงความเหนียวอยู่ภายใน กรรมวิธีก็ไม่ยุ่งยาก และใช้ต้นทุนต่ำ วิธีการนี้สามารถทำให้เหล็กมีความแข็งเพิ่มขึ้นได้โดยอาศัยการเพิ่มคาร์บอนที่ผิวจากกลไกการแพร่ (Diffusion Mechanism)

แหล่งคาร์บอนได้มาจากถ่านโค้กและถ่านไม้ (Sinha A. K., 2003; Rajan T. V., et al., 1994) ผสมกับสารตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่าง ๆ เช่น CaCO_3 , BaCO_3 และ Na_2CO_3 ซึ่งเหมาะสมสำหรับภาคอุตสาหกรรม (Terasapkul T., and Tantayakorn P., 1998; Poltang R., 1998) แต่สำหรับชุมชนอาจจะหาถ่านโค้กได้ยาก ทั้งนี้มีงานวิจัยที่ใช้เพียงถ่านไม้ผสมกับสารเร่งปฏิกิริยาก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเพิ่มคาร์บอนได้ดี (Thammachot N. et al., 2012)

โดยงานวิจัยครั้งนี้จะใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัสเพราะมีคาร์บอนที่สูงถึง 82.97% ซึ่งมากกว่าถ่านไม้มะขาม (79.20%) ถ่านหังน้ำมันสำปะหลัง (79.01%) ถ่านกะลามะพร้าว (78.34%) และถ่านไม้ไผ่ (77.97%) ตามลำดับ (Thammachot N. et al., 2012) สำหรับชนิดของสารเร่งปฏิกิริยาที่นำมาใช้ในการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงเป็นปัจจัยที่สำคัญ เพราะเป็นแหล่งกำเนิดของคาร์บอนเนต (CO_3) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนเกิดเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จากนั้นจะทำปฏิกิริยากับเหล็กเกิดเป็นซีเมนไต์และคาร์บอนแพร่เข้าสู่โครงสร้างออสเทนไนต์ โดยอุณหภูมิในการทำแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงจะต้องทำในช่วงออสเทนไนไทซิ่งที่เหมาะสม และต้องทำการชุบแข็งและอบคืนตัว ก่อนนำไปใช้งาน

งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจะศึกษาการประยุกต์ใช้กรรมวิธีในการผลิตมิดโต้ด้วยกระบวนการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงโดยใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ทำการศึกษาอุณหภูมิออสเทนไนไทซิ่งที่เหมาะสมและชนิดของสารเร่งปฏิกิริยา เพื่อให้ได้มิดโต้ที่มีความแข็งแรงและความเหนียวเหมาะสมกับการใช้งาน โดยจะนำมาเปรียบเทียบกับเหล็กเหน็บ เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการผลิตมิดโต้แก่ชุมชนต่อไป

วิธีการทดลอง

การเตรียมชิ้นงาน

ตีขึ้นรูปเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเป็นมิดโต้ หนา 5.6 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 และใช้สารแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงที่ประกอบด้วย ถ่านไม้ยูคาลิปตัส 90% และสารเร่งปฏิกิริยา 10% ได้แก่ CaCO_3 , BaCO_3 และ Na_2CO_3 (เพื่อใช้เปรียบเทียบกับมิดโต้ที่ตีขึ้นรูปด้วยเหล็กเหน็บที่มีขายตามท้องตลาด)



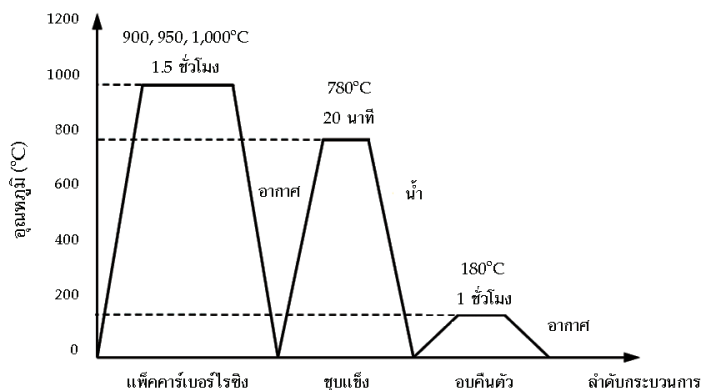
รูปที่ 1 ลักษณะชิ้นงาน

กระบวนการแป็คคาร์เบอร์ไรซิง ชุบแข็ง และการอบคืนตัว

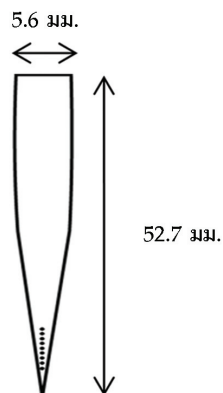
สภาวะที่ใช้ในกระบวนการแป็คคาร์เบอร์ไรซิงคือ ที่อุณหภูมิออสเทนไนไทซิง 900 950 และ 1,000°C เวลา 1.5 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ จากนั้นนำมาชุบแข็งที่อุณหภูมิ 780°C เวลา 20 นาที เย็นตัวในน้ำ และอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 180°C เวลา 1.0 ชั่วโมง เย็นตัวในอากาศ แสดงดังรูปที่ 2

การทดสอบและการตรวจสอบ

การทดสอบจะทดสอบทั้งทางกลและโครงสร้างจุลภาค โดยสมบัติทางกลจะทำการทดสอบค่าความแข็งด้วยไมโครวิกเกอร์ส (เครื่องยี่ห้อ Matsuzawa รุ่น MHT2) โดยจะทำการวัดจากผิวเข้าสู่ภายในเนื้อชิ้นงานที่ระยะ 0.1 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 และ 3.5 มิลลิเมตร (รูปที่ 3) ส่วนการทดสอบแรงกระแทก จะทำการทดสอบแบบชาร์ปี (เครื่องยี่ห้อ Leeds LS102DE England) โดยชิ้นงานที่นำมาทดสอบแรงกระแทกมีรูปทรงตามการใช้งานจริง ดังแสดงในรูปที่ 4 และทำการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope) (กล้องยี่ห้อ OLYMPUS รุ่น BX60M)



รูปที่ 2 ขั้นตอนการแป็คคาร์เบอร์ไรซิงและการอบชุบ



รูปที่ 3 ลักษณะการกดวัดค่าความแข็ง



(ก) ก่อนทดสอบ

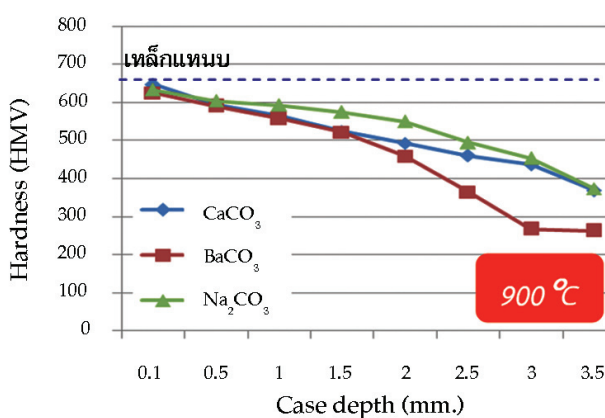


(ข) หลังทดสอบ

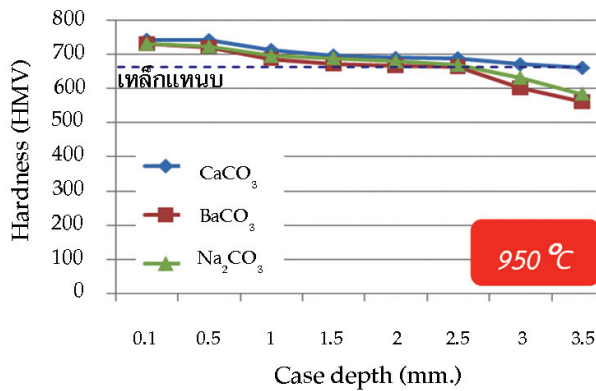
รูปที่ 4 ชิ้นงานทดสอบแรงกระแทก

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

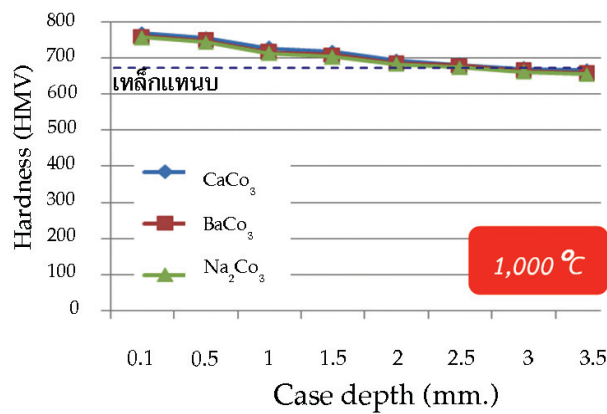
จากผลการทดลองวัดค่าความแข็งด้วยไมโครวิกเกอร์ส ของชิ้นงานที่ระยะ 0.1 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 และ 3.5 มิลลิเมตรจากผิว เพื่อใช้เปรียบเทียบกับเหล็กเหน็บ ดังแสดงในรูปที่ 5 - 10 พบว่าการทำแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงที่อุณหภูมิ 900°C ของทุกสารเร่งปฏิกิริยาจะมีค่าความแข็งที่ต่ำกว่าเหล็กเหน็บ แต่ที่อุณหภูมิ 950°C (ความลึกไม่เกิน 2.5 มิลลิเมตร) และ 1,000°C ของทุกสารเร่งปฏิกิริยาจะทำให้ที่ผิวมีค่าความแข็งที่สูงกว่าเหล็กเหน็บ โดยที่ผิวจะมีค่าความแข็งสูงสุดและจะลดลงเรื่อย ๆ ที่ระยะความลึกเพิ่มขึ้น



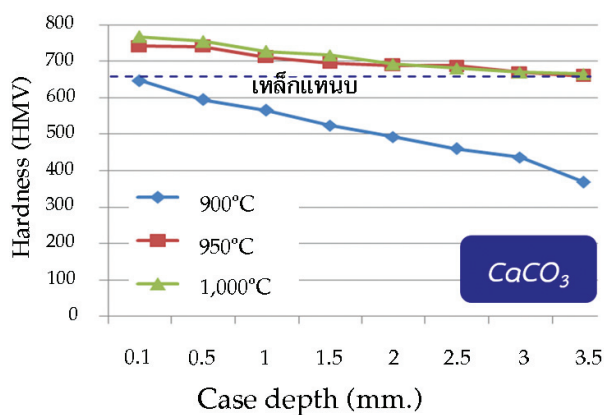
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับระยะรอยกวดของชิ้นงานที่ผ่านการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิง โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาแต่ละชนิด ที่อุณหภูมิ 900°C



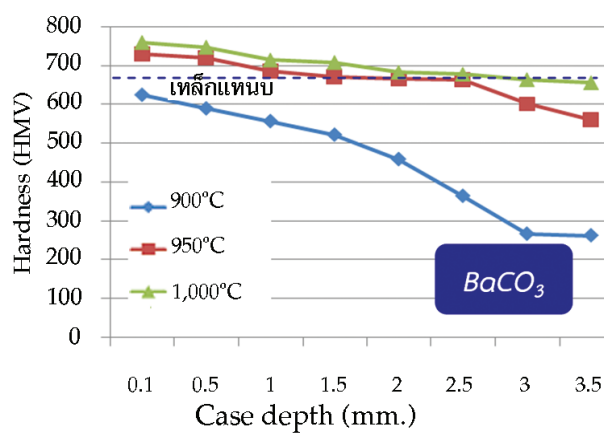
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับระยะรอยกวดของชิ้นงานที่ผ่านการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิง โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาแต่ละชนิด ที่อุณหภูมิ 950°C



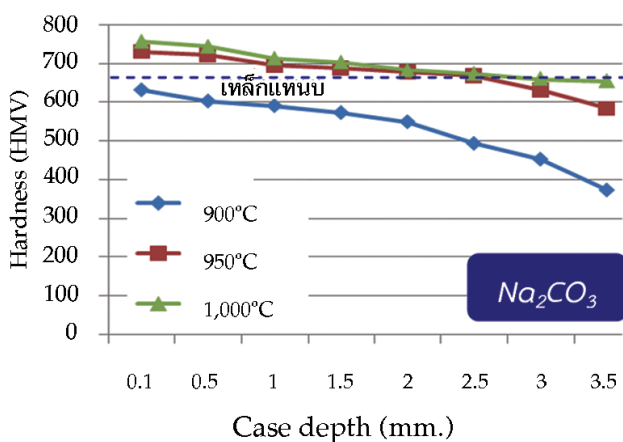
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับระยะรอยกวดของชิ้นงานที่ผ่านการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิง โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาแต่ละชนิด ที่อุณหภูมิ 1000°C



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับระยะรอยกวดของชิ้นงานที่ผ่านการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา คือ CaCO_3

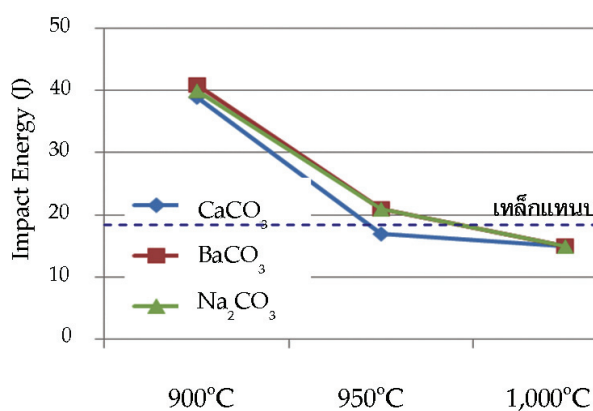


รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับระยะรอยกวดของชิ้นงานที่ผ่านการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา คือ BaCO_3



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับระยะรอยกวดของชิ้นงานที่ผ่านการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา คือ Na_2CO_3

เนื่องจากมิดได้เป็นมิดที่มีลักษณะการใช้งานที่ต้องรับแรงกระแทกจากการฟันด้วย ดังนั้นนอกจากค่าความแข็งแล้วมิดได้ยังต้องมีความสามารถในการรับแรงกระแทกที่ดีด้วย



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการรับแรงกระแทกกับอุณหภูมิของชิ้นงานที่ผ่านการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิง โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา คือ CaCO_3 , BaCO_3 และ Na_2CO_3

จากการทดสอบความสามารถในการรับแรงกระแทก (รูปที่ 11) พบว่าการทำแพ็คคาร์เบอร์ไรซิง ที่อุณหภูมิ 1,000°C จะรับแรงกระแทกได้ต่ำกว่าเหล็กแท่นบ ในขณะที่อุณหภูมิ 900°C และ 950°C จะรับแรงกระแทกได้ดีกว่าตามลำดับ ทั้งนี้ที่อุณหภูมิ 950°C จะรับแรงกระแทกดีกว่าเหล็กแท่นบ เมื่อใช้สารเร่งปฏิกิริยา BaCO_3 และ Na_2CO_3 เท่านั้น

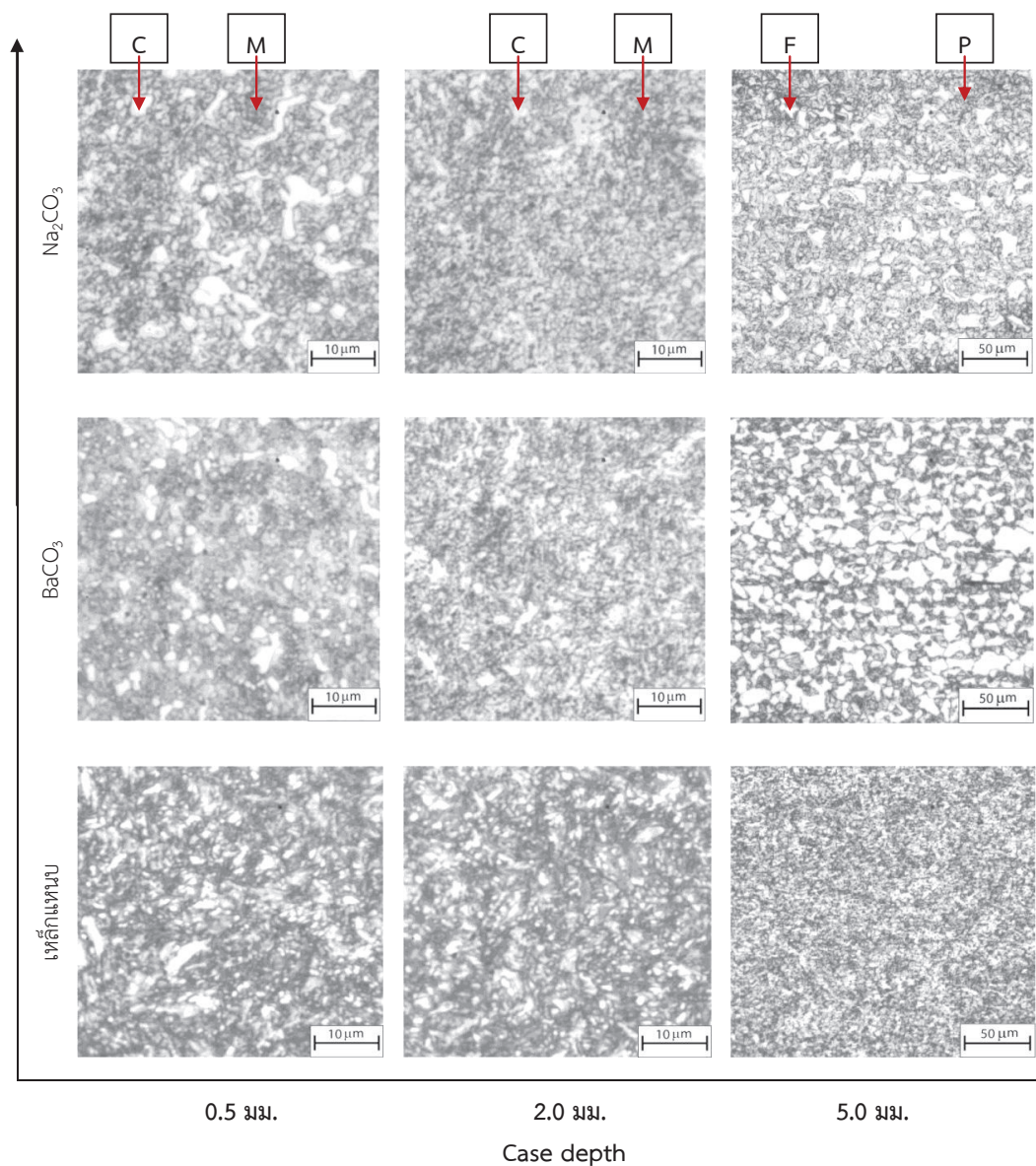
เมื่อนำผลมาวิเคราะห์ร่วมกันทั้งค่าความแข็งและค่าความสามารถในการรับแรงกระแทก จะเห็นได้ว่า การทำแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงที่อุณหภูมิยิ่งสูงจะทำให้ชิ้นงานที่ค่าความแข็งสูงขึ้น แต่ก็ทำให้ค่าความสามารถในการรับแรงกระแทกลดลง เป็นผลเนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งเสริมทำให้การแตกตัวของสารเร่งปฏิกิริยาไปเป็น CO_2 ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งเป็นต้นกำเนิดให้เกิดคาร์บอนและอุณหภูมิที่สูงยังส่งเสริมให้กลไกการแพร่เกิดขึ้นได้ดี ตามทฤษฎีการแพร่ของฟิคส์

จึงเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ $1,000^\circ\text{C}$ ทุก ๆ สารเร่งปฏิกิริยาจะมีค่าความแข็งที่สูงกว่าเหล็กเหน็บ แต่ก็จะมีค่าความสามารถในการรับแรงกระแทกต่ำกว่า อุณหภูมินี้จึงไม่เหมาะที่จะมาใช้ทดแทนเหล็กเหน็บ

ที่อุณหภูมิ 900°C ทุก ๆ สารเร่งปฏิกิริยาจะมีค่าความแข็งที่ต่ำกว่าเหล็กเหน็บ แม้จะมีค่าความสามารถในการรับแรงกระแทกสูงกว่าก็ตาม อุณหภูมินี้จึงไม่เหมาะที่จะมาใช้ทดแทนเหล็กเหน็บ

ที่อุณหภูมิ 950°C สารเร่งปฏิกิริยา CaCO_3 จะมีค่าความแข็งที่สูงกว่าเหล็กเหน็บ แต่จะมีค่าความสามารถในการรับแรงกระแทกต่ำกว่า จึงไม่เหมาะที่จะมาใช้ทดแทนเหล็กเหน็บ ส่วน BaCO_3 และ Na_2CO_3 จะมีค่าความแข็งที่ผิวสูงกว่าเหล็กเหน็บ และมีค่าความสามารถในการรับแรงกระแทกที่สูงกว่าเหล็กเหน็บด้วย ทั้งนี้เพราะภายในของมิดจะมีโครงสร้างของเฟอร์ไรต์ที่มีความสามารถในการรับแรงกระแทกได้ดี สภาวะดังกล่าวจึงสามารถนำมาใช้ทดแทนเหล็กเหน็บในการผลิตมิดโต้ได้

จากผลการทดสอบทางกลข้างต้น เมื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่เหมาะสมสำหรับมาใช้ทดแทนเหล็กเหน็บ คือ ผ่านการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงที่อุณหภูมิ 950°C โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา BaCO_3 และ Na_2CO_3 เปรียบเทียบกับเหล็กเหน็บ (รูปที่ 12) พบว่ามีมิดโต้ที่ผลิตเหล็กเหน็บจะประกอบไปด้วยคาร์ไบด์กระจายตัวบนเนื้อพื้นโครงสร้างมาเทนไซต์ โดยคาร์ไบด์จะมีขนาดเล็กลง เมื่อมีระยะความลึกเพิ่มขึ้น ส่วนชิ้นงานที่ผ่านการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงที่ผิวจะพบคาร์ไบด์ขนาดใหญ่กว่าคาร์ไบด์ที่พบในเหล็กเหน็บ กระจายตัวอยู่บนพื้นโครงสร้างมาเทนไซต์ และคาร์ไบด์จะมีขนาดเล็กลงที่ระยะความลึกเพิ่มขึ้น ส่วนภายในที่ระยะ 5.0 มิลลิเมตร จะพบโครงสร้างเพิร์ลไลต์และเฟอร์ไรต์ ซึ่งทำให้เหล็กมีความเหนียวภายในสูงสามารถรับแรงกระแทกได้ดี โดยยังคงความแข็งที่ผิวไว้ได้



หมายเหตุ : F = เฟอร์ไรต์, P = เพิร์ลไลต์, M = มาเทนไซต์, C = คาร์ไบด์ หรือ ซีเมนไทต์

รูปที่ 12 โครงสร้างจุลภาคของมิดที่ผลิตจากกระบวนการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิง อุณหภูมิ 950°C โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา BaCO_3 และ Na_2CO_3 เปรียบเทียบกับมิดที่ผลิตจากเหล็กแทนบ

สรุป

ผลของอุณหภูมิออสเทนไนไทซิงในกระบวนการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิง มีผลทำให้มิดได้มีค่าความแข็งเพิ่มสูงขึ้น แต่จะทำให้ความสามารถในการรับแรงกระแทกลดต่ำลง โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมคือมีค่าความแข็งและการรับแรงกระแทกสูงกว่าเหล็กเหน็บ ได้แก่ 950°C

สารเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมในกระบวนการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงที่อุณหภูมิออสเทนไนไทซิง 950°C คือ BaCO_3 และ Na_2CO_3

โครงสร้างจุลภาคของมิดที่ผ่านกระบวนการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิง ที่ผิวจะปรากฏพื้นเป็นมาเทนไซด์ และคาร์ไบด์ ภายในจะปรากฏโครงสร้างเฟิร์ลไลต์และเฟอไรต์ ส่งผลให้ที่ผิวมีความแข็งสูงและยังรักษาความเหนียวไว้ภายใน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเงินสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และอุปกรณ์ เครื่องมือ จากสาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ นายคทาวุฒิ ศรีจันทร์ และนายอรรถพล พยาบาล ในการดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

References

- Sinha A. K. (2003). Physical metallurgy handbook. McGraw-Hill Company Inc: USA.
- Lakhtin Y. M. (1990). Engineering physical metallurgy and heat treatment. Mir Publishers Moscow: Russia
- Rajan T. V. (1994). Heat treatment; Principles and Techniques. Prentice-Hall of India Private Limited: New Delhi
- Terasapkul T. and Tantayakorn P. (1998). Experimental report on pack carburizing compound. Metal-Working and Machinery Industries Development Institute (MIDI). (In Thai)
- Daopisej S., Chaysuwan W. (1998). The carburizingpellet for pack carburizing. The J. of KMUTNB. (In Thai)
- Poltang R. (1998). The comparative experiments of different mixture of pack carburizing compound in case hardening process. [M Eng thesis]. Kasetsart University. (In Thai)
- Thammachot N, Homjabok W. and Thadee N. (2012). The efficiency of different types of energizers on increasing carbon content on surfaces of low carbon steel in pack carburizing process. In Proceeding of the national for development on sustainable research. Srinakharinwirot University. Bangkok. (In Thai)