รายงานการวิจัย

การพัฒนาคุณภาพของมีดกรีดยาง

The Quality Development of Rubber Tapping Knife

เดช เหมือนขาว Dech Maunkhaw

ยงยุทธ ดุลยกุล Yongyuth Dunyakul

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2557

การพัฒนาคุณภาพของมีดกรีดยาง

เดช เหมือนขาว[1] และ ยงยุทธ ดุลยกุล[2]

บทคัดย่อ

การศึกษามีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาเพื่อศึกษากระบวนการและวัสดุที่ใช้ในการผลิตมีดกรีดยาง และเพื่อนำวัสดุและออกแบบกระบวนการที่เหมาะสมและส่งผลต่อคุณภาพที่ดีของมีดกรีดยาง ผลการศึกษาสมบัติของวัสดุและคุณภาพของมีกรีดยางที่มีใช้ในภาคใต้ พบว่า ลักษณะของมมีดกรีดยาง ซึ่งทำการสำรวจในพื้นที่ จังหวัดพัทลุง ตรัง สงขลา สุราษฎร์ธานีและนครศรีธรรมราช มีดกรีดยางที่นิยมใช้ คือ มีดเจ๊ะบง มีดกรีดยางดังกล่าวค่าความแข็งเฉลี่ย 56.64 HRC และมีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ย 280.02 วัน ผลการศึกษาวัสดุที่นำมาใช้ผลิตมีดกรีดยางและสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางต้นแบบ โดยใช้วัสดุ 2 ชนิด คือ AISI L2 และ AISI O1 พบว่า วัสดุ AISI L2 ผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางซึ่งมีค่าความแข็งเท่ากับ 57.0 HRC ผลการลับมีดกรีดยางใช้เวลาเฉลี่ย 50.2 นาที โดยในแต่ละครั้งของการลับสามารถใช้งานกรีดยางได้เฉลี่ย 367.6 ต้น ผลการการสึกหรอจากการลับเฉลี่ย 0.0531 กรัม/ครั้ง และ วัสดุ AISI O1 ผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางซึ่งมีค่าความแข็งเท่ากับ 60.0 HRC ผลการลับมีดกรีดยางใช้เวลาเฉลี่ย 50.9 นาที โดยในแต่ละครั้งของการลับสามารถใช้งานกรีดยางได้เฉลี่ย 390.8 ต้น ผลการการสึกหรอจากการลับเฉลี่ย 0.0497 กรัม/ครั้ง โดยวัสดุทั้ง 2 ชนิด ได้ผ่านกระบวนการขึ้นรูปและกระบวนการทางความร้อน

คำสำคัญ : คุณภาพ มีดกรีดยาง

[1,2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ. สงขลา 90000

The Quality Development of Rubber Tapping Knife

Dech Maunkhaw[1], and Yongyuth Dulyakul[2]

ABSTRACT

The study aims to study the processes, materials of rubber tapping knife, design process of tapping knife affect to quality. The study of material properties and quality of the rubber tapping knife used in the Southern of Thailand were Phatthalung, Songkhla, Trang, Surat Thani and Nakhon Si Thammarat the rubber tapping knife used Jebong. The rubber tapping knife is hardness average of 56.64 HRC and lifetime average of 280.02 days, The study materials used to rubber tapping knife, properties. The rubber tapping knife prototypes using AISI L2 and AISI O1, AISI L2 the properties of rubber tapping knife which has a hardness of 57.0 HRC, The sharpening average time of 50.2 minutes, the tapping averaged of 367.6 rubber trees and wear of a sharpening average of 0.0531 g / time and AISI O1 the properties of rubber tapping knife which has a hardness of 60.0 HRC, The sharpening average time of 50.9 minutes, the tapping averaged of 390.8 rubber trees and wear of a sharpening average of 0.0497 g / time. The process of AISI L2 and AISI O1 are forming and heat treatment.

Keywords: Quality, Rubber Tapping Knife.

[1,2] Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkla 90000

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2557 (งบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์)และได้รับความเอื้อเฟื้อจากบุคคลต่าง ๆ ในการให้คำแนะนำ คำปรึกษาข้อมูลต่าง ๆ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการทำงาน และผู้ที่มีส่วนสนับสนุนในการวิจัยในครั้งนี้ ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ

คณะผู้วิจัย

สิงหาคม 2558

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตขอการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ทฤษฎีและที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	25
3.1 ศึกษาสมบัติของวัสดุและคุณภาพของมีกรีดยางที่มีใช้ในภาคใต้	25
3.2 ออกแบบกระบวนการผลิตมีดกรีดยางและเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม	25
3.3 ผลิตมีกรีดยางต้นแบบ ทดสอบสมบัติต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบกับมีดกรีดยางมีใช้ในภาคใต้	27
3.4 การเปรียบเทียบมีดกรีดยางต้นแบบกับมีดกรีดยางที่มีใช้ในภาคใต้	32
บทที่ 4 ผลการวิจัย	34
4.1 ผลการศึกษาสมบัติของวัสดุและคุณภาพของมีกรีดยางที่มีใช้ในภาคใต้	34
4.2 ผลการศึกษาวัสดุที่นำมาใช้ผลิตมีดกรีดยางและสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยาง	35

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 38

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 38

5.2 สรุปผลการทดลอง 38

5.3 ข้อเสนอแนะ 39

บรรณานุกรม 40

ภาคผนวก 41

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติของวัสดุและคุณภาพของมีกรีดยางที่มีใช้ในจังหวัดต่าง ๆ	33
2	ค่าความแข็งและเวลาที่ใช้ในการลับมีดกรีดยาง	35
3	การใช้งานของมีดกรีดยาง	36
4	การสึกหรอจากการลับมีดกรีดยาง	36

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ลักษณะมีดกรีดยาง	4
2	โครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์	7
3	โครงผลึกสร้างแบบ Body Centered Cubic (BCC)	8
4	โครงสร้างผลึกแบบ Face Center Cubic (FCC)	8
5	โครงสร้างผลึกแบบ Hexagonal Close Packed (HCP)	9
6	หน่วยเซลล์ของโครงสร้างผลึกแบบ Body Centered Cubic และ Face Centered Cubic	12
7	แผนภาพแสดงถึงอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะและอันยรูปต่าง ๆ	12
8	อุณหภูมิที่ใช้สำหรับกระบวนการทางความร้อนชนิดต่าง ๆ	14
9	เส้นโค้งการเย็นตัวสำหรับ Martempering	19
10	เส้นโค้งการเย็นตัวสำหรับ Austempering	20
11	ลักษณะชิ้นงานตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยา	23
12	รอยกดและแนวทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์	24
13	องค์ประกอบพื้นฐานในการศึกษาวัสดุศาสตร์และวัสดุวิศวกรรม	26
14	ส่วนประกอบของมีดกรีดยาง	26
15	กระบวนการทางทางความร้อนวัสดุ AISI O1 และ AISI L2	27
16	การออกแบบชุดด้ามมีดกรีดยางและการออกแบบกระบวนการ	28
17	ชุดด้ามมีดกรีดยาง	29
18	การออกแบใบมีดกรีดยางและกระบวนการผลิต	29
19	ใบมีดกรีดยาง	30
20	เครื่องตัดชิ้นงานตรวจสอบ	30
21	เครื่องขัดชิ้นงานอัตโนมัติ	31
22	กล้องจุลทรรศน์และอุปกรณ์บันทึกภาพ	31

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันยางพาราเป็นสินค้าเกษตรอุตสาหกรรมที่มีบทบาทต่อภาคเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางพาราอันดับหนึ่งของโลก การผลิตยางธรรมชาติของประเทศไทยปี 2555 มีปริมาณทั้งสิ้น 3,776,957 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2554 จำนวน 207,924 ตัน หรือ ร้อยละ 8.73 พื้นที่ปลูกยางพาราซึ่งกระจายอยู่ในทั่วทุกภาคของประเทศไทยและจังหวัดที่เปิดกรีดมากคือ ระนอง หนองคาย บุรีรัมย์ ตรัง สุราษฎร์ พังงาและสงขลา สำหรับสิ่งที่สำคัญในการผลิตและเก็บเกี่ยวผลผลิตยางพาราสำหรับเกษตรกร คือ การกรีดยางให้ถูกต้องตามหลักวิชาการเพื่อให้ต้นยางสามารถที่จะให้น้ำยางได้ยาวนานที่สุดและเป็นการพัฒนาศักยภาพการผลิตยางพาราของเกษตรกรเพราะยางพารานั้นเป็นพืชที่มีอายุมากกว่า 20 ปี เกษตรกรจึงมีความจำเป็นที่ต้องใช้เครื่องมือในการกรีดยางพาราเรียกว่า มีดกรีดยาง โดยที่มีดกรีดยางดังกล่าวจะต้องมีคุณภาพที่ดีจึงทำให้ได้ผลผลิตจาการกรีดยางในปริมาณน้ำยางที่ได้จากการกรีดให้ได้มากที่สุด และได้รับน้ำยางจากการกรีดเป็นระยะเวลาที่นานที่สุด รวมทั้งต้นทุนของมีดกรีดยางมีราคาต่ำโดยใช้เวลาในการลับมีดน้อยและใช้กรีดยางได้ปริมาณมาก และมีความปลอดภัยในการใช้งาน ในขณะเดียวกันการกรีดยางจำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีทักษะ มีความชำนาญ ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณน้ำยางที่กรีด การชะงักการเจริญเติบโตเนื่องจากมีโอกาสที่คมมีดจะไปบาดเยื่อเจริญ ที่อยู่ติดกับบริเวณเปลือกของต้นยางพาราเป็นความเสียหาย ซึ่งจะทำลายชั้นของเยื่อเจริญหรือเกิดบาดแผลที่บริเวณเยื่อเจริญเนื่องจากเยื่อเจริญเป็นส่วนที่สร้างเนื้อเยื่อใหม่มาทดแทนหากถูกทำลายก็จะไม่สามารถสร้างเปลือกใหม่ในบริเวณนั้นได้ หรือทำให้เปลือกงอกใหม่ไม่เรียบสม่ำเสมอ เป็นรอยตะปุ่มตะป่ำ

ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าว เห็นได้ว่ามีดกรียางมีความสำคัญ ผู้วิจัยจึงได้ทำการการศึกษาและพัฒนาคุณภาพของมีดกรีดยาง เพื่อประโยชน์ต่อเกษตรกรชาวสวนยาง เป็นการนำหลักวิชาการเพื่อการพัฒนากระบวนการและวัสดุที่เหมาะสมและเพื่อลดการสิ้นเปลืองเปลือกที่เร็วเกินไปและลดความเสียหายของหน้ายาง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษากระบวนการและวัสดุที่ใช้ในการผลิตมีดกรีดยาง

2.2 เพื่อนำวัสดุและออกแบบกระบวนการที่เหมาะสมและส่งผลต่อคุณภาพที่ดีของมีดกรีดยาง

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ศึกษากระบวนการผลิตมีดกรีดยางและลักษณะของมีดกรีดยางที่ใช้ในภาคใต้

3.2 ศึกษาวัสดุที่นำมาใช้ผลิตมีดกรีดยางและสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยาง

3.3 ออกแบบและสร้างมีดกรีดยาง

4. ประโยชน์ที่ว่าจะได้รับ

4.1 ได้มีดกรีดยางต้นแบบที่มีคุณภาพอันส่งผลต่อการลดเวลาในการลับมีดกรีดยางและมีความทนทานในการกรีดยาง

4.2 เป็นแนวทางในการพัฒนามีดกรีดยางต้นแบบที่มีคุณภาพและเป็นประโยชน์กับเกษตรกรชาวสวนยาง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 2
งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาคุณภาพของมีดกรีดยาง ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาหลักการและทฤษฎีต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยมีทฤษฎีและหลักการดังนี้

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมจิต แก้วทิพย์รัตน์ และเวท ไทยนุกูล (2526) กล่าวว่า วิธีการกรีดยางและการลับมีดกรีดยาง ในปัจจุบันนั้นคนกรีดยางฝีมือดีๆก็ลดน้อยลง คนหนุ่มสาวรุ่นใหม่มักกรีดยางไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ส่งผลให้หน้ากรีดเสียหายเป็นอย่างมาก ซึ่งหน้ากรีดเสียหายแบ่งได้ 2 ลักษณะคือ การกรีดเปลือกหนาเกินไปทำให้สูญเสียเปลือกยางเป็นจำนวนมาก และการกรีดบาดเยื่อเจริญทำให้หน้ากรีดเป็นปุ่มปุ่มไม่สามารถกรีดซ้ำต่อไปอีกได้ และทำให้เกิดเป็นโรคราเส้นดำ อีกทั้งมีดกรีดยางเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดที่ทำให้กรีดบาดเยื่อเจริญหรืออาจจะไม่บาดก็ได้ ดังนั้นการลับมีดกรีดยางจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก และจะต้องทำการลับมีดทุกวัน ส่วนวิธีการกรีดยางโดยการกระตุกข้อมือเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่กรีดยางได้ถูกต้อง เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองเปลือกน้อยที่สุด ช่วยยืดระยะเวลาการกรีดยางให้ยาวนาน และทำความเสียหายให้กับต้นยางน้อยที่สุด แต่ควรปฏิบัติด้านอื่นควบคู่กันไป เช่น ช่วงเวลาในการกรีด 06.00-08.00 น. จำนวนต้นยางที่กรีดได้แต่ละวันต่อคนไม่เกิน 400-450 ต้น การแต่งมีดให้ถูกต้องและใช้ระบบกรีดที่เหมาะสมคือระบบกรีดครึ่งต้นวันเว้นวัน การกรีดยางถือได้ว่าเป็นเรื่องสำคัญในการสร้างสวนยางพันธุ์ดี เพราะถ้ากรีดดีจะทำให้มีโอกาสได้ผลผลิตนาน ซึ่งตรงกันข้ามถ้ากรีดไม่ดีแม้จะปลูกยางพันธุ์ดีก็จะให้ผลประโยชน์เพียงระยะสั้นซึ่งไม่คุ้มกับการลงทุน ดังนั้นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการปลูกสร้างสวนยางพันธุ์ดีจะต้องกรีดยางให้ถูกต้อง คือ คนที่กรีดยางต้องกรีดให้ถูกวิธีและมีการลับมีดกรีดยางที่ถูกต้อง

พิชิต สพโชค (2546) กล่าวถึงการศึกษาค้นคว้า วิจัยเกี่ยวกับมีดกรีดยางว่า มีดกรีดยางที่นิยมมากที่สุดในประเทศต่าง ๆ คือ มีดเจ๊ะบง นิยมใช้ในไทย มาเลเซีย และอินโดนีเซีย มีดเก๊าจ์ นิยมใช้ในการกรีดยางหน้าสูง และมีด Michie golledge นิยมใช้ในอินเดีย และศรีลังกา ในส่วนของมีดเจ๊ะบง สถาบันวิจัยยางมาเลเซียมีการดัดแปลงสร้างมีดที่ควบคุมความหนาของเปลือกที่กรีด แต่มีปัญหาน้ำยางที่ติดตัวควบคุมความหนาเปลือกที่กรีด ทำให้ใช้งานไม่สะดวก ต่อมามีการสร้างเครื่องมือกรีดไฟฟ้าทดลองทำจนเครื่องมือสำเร็จพร้อมที่จำหน่ายเป็นการค้าแล้ว แต่ไม่ได้รับความนิยม เนื่องจากเครื่องมือมีราคาแพง และประสิทธิภาพไม่ดีเท่ามีดเจ๊ะบงเดิม สำหรับประเทศไทยตั้งแต่ที่

ยางมีราคาแพง มีการศึกษาเรื่องมีดกรีดกันมาก โดยกำลังดำเนินการศึกษาวิจัยทั้งภาครัฐเอกชน และหน่วยงานบางหน่วยที่ขอทุนวิจัย ซึ่งต้องให้ผู้ดำเนินการชี้แจงผลงานเป็นทางการต่อไป ดังนั้น เกษตรกรที่กรีดยางต้องมีความรู้เกี่ยวกับมีดกรีดยางเพราะจะส่งผลต่อผลผลิตและความเสียหายของต้นยางได้ โดยทุกครั้งที่กรีดยางเกษตรกรควรลับมีดให้คมอยู่เสมอ ในการลับมีดกรีดยางนั้น ครั้งแรกให้ลับด้วยหินหยาบก่อน จนสำรวจว่ามีความคมเกิดขึ้นแล้ว ให้ใช้หินละเอียดลับซ้ำ ในการลับมีดกรีดยางต้องลับให้ราบเรียบสม่ำเสมอตลอดทั้งเล่มมีด ในขณะที่ลับด้วยหินหยาบหรือหินละเอียดพยายามหลีกเลี่ยงอย่าให้หินถูกคลองมีดมากนัก เพราะจะทำให้เกิดเดือยงอกออกมาทำให้เดือยที่งอกออกมาเป็นอุปสรรคในการกรีดยาง

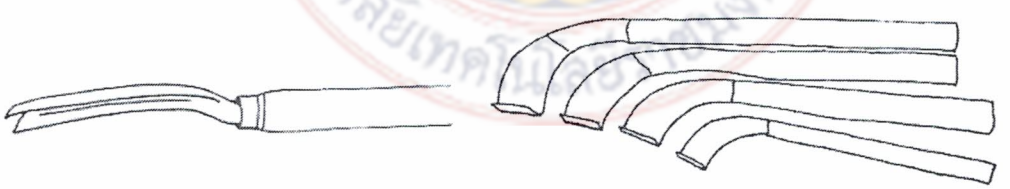
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มีดกรีดยาง

การกรีดยางเป็นการนำผลผลิตในรูปของน้ำยางจากบริเวณเปลือกต้นยางเพื่อนำมาแปรรูปวิธีการกรีดยางที่ถูกต้อง สามารถเพิ่มผลผลิตยางให้มากขึ้นอย่างยั่งยืน จึงควรพิจารณาถึงการใช้เทคโนโลยีการกรีดยางที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มผลผลิตยางให้สูงขึ้น และถนอมต้นยางให้กรีดได้ในระยะยาวนาน และเป็นอันตรายต่อต้นยางน้อยที่สุด ดังนั้นในการกรีดยางของเกษตรกรจึงต้องใช้เทคโนโลยีด้านการกรีดยางให้เหมาะสมตามแนะนำจากทางวิชาการเพื่อลดปัญหาความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสภาพหน้ากรีดและถนอมต้นยางให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ยาวนานที่สุด

2.1.1 ลักษณะของมีดกรีดยาง

มีดกรีดยาง ลักษณะของมีดกรีดยางที่นิยมใช้มี 2 ชนิด คือ มีดเกาจ์และมีดเจ๊ะบงแต่มีดที่นิยมใช้ในการกรีดยางมากที่สุด คือ มีดเจ๊ะบงซึ่งเป็นภาษามาเลเซีย ลักษณะของมีดเจ๊ะบงแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้จับซึ่งเป็นไม้หรือเหล็กยาวประมาณ 15 เซนติเมตรและส่วนที่เป็นตัวมีด ซึ่งตัวมีดทำด้วยเหล็กยาวประมาณ 20 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นเส้นตรงต่อจากด้ามมีดแล้วค่อย ๆ โค้งลงไปทางด้านปลายของมีด ตอนปลายสุดของตัวมีดจะพับเข้าหาตัวมีดและมีการตกแต่งเป็นเดือยสำหรับการกรีดยาง



ก. มีดเกาจ์ ข. มีดเจ๊ะบง

รูปที่ 1 ลักษณะมีดกรีดยาง

2.1.2 หลักการพื้นฐานของการตัดโดยใช้ใบมีด ในการตัดแบบธรรมดาที่ใช้กันทั่วไปนั้นอาศัยหลักการขั้นพื้นฐานที่ว่า ใช้ใบมีดที่มีความแข็งสูงกดลงบนชิ้นงานที่มีความแข็งน้อยกว่า เนื้อชิ้นงานจะเกิดสนามของความเค้น (Stress Field) เมื่อลากคมมีดผ่านเนื้อชิ้นงาน ค่าความเค้นในระนาบหนึ่งบนเนื้อชิ้นงานจะสูงเท่ากับหรือมากกว่าความต้านการเฉือน (Shear Strength) ของเนื้อวัสดุชิ้นงาน เป็นผลให้เกิดการเฉือนของเนื้อชิ้นงาน ชิ้นงานจึงแยกเป็นสองส่วน ๆ แรก คือ ชิ้นส่วนที่จะนำไปใช้งาน ส่วนที่สอง คือ ส่วนซึ่งแยกออกมา มีลักษณะเป็นเส้นยาว ๆ หรือเป็นท่อนสั้น ๆ เรียกว่าฝอย ใบมีดตัด (Cutting Tool) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการตัดวัสดุ ทั้งนี้เพราะการตัดวัสดุเกิดขึ้นที่บริเวณใกล้คมมีดความแข็งแรง ความทนทานต่อการสึกหรอ และขีดความสามารถอื่น ๆ ของใบมีดจะเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งต่อประสิทธิภาพของการตัด

2.2 กระบวนการผลิตมีดกรีดยาง

การตีมีดกรีดยางหรือการตีเหล็กซึ่งเป็นงานหัตถกรรมพื้นบ้านพื้นที่สืบทอดมาจากบรรพบุรุษเช่นเดียวกับงานหัตถกรรมด้านอื่น ๆ แต่ไม่ถือเป็นอาชีพหลัก กล่าวคือทำเมื่อว่างจากการทำนา ทำไร่และมีความพร้อมความสะดวกที่จะทำ สำหรับการตีมีดกรีดยางหรือการตีเหล็กจะสังเกตเห็นโรงเรือนหรือเพิงมุงหลังคาสังกะสีหรือหลังคามุงหญ้าแยกออกจากตัวบ้านเพื่อใช้เป็นที่ตีเหล็ก ชาวบ้านเรียกโรงเรือนนี้ว่า “เตา” แต่ละเตามักจะผลิตงานเฉพาะอย่าง งานตีเหล็กจะใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้ ตลอดจนขั้นตอนการผลิตที่คล้ายคลึงกัน แต่อาจจะแตกต่างกันตามประเภทของผลิตภัณฑ์และเหล็กที่นำมาตีมีหลายชนิด การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต เช่น เหล็กแหนบรถยนต์หรือเหล็กสปริงมีความเหนียวและแข็งมากช่างมักนำมาตีเป็นมีดชนิดต่าง ๆ เหล็กแผ่น ใช้ตีเป็นเสียม เหล็กเส้น ใช้ตีเป็นขารองตัวมีดของกรรไกรหนีบหมาก เหล็กรางรถไฟใช้ตีเป็นขวาน เหล็กแท่งหรือเหล็กพืดมีความแข็งน้อยกว่าเหล็กแหนบใช้ตีเป็นมีดดาบหวดหญ้า มีดโต้ เหล็กแป๊บใช้ทำด้ามเคียว เศษเหล็กใช้ทำงานเล็ก ๆ เช่น เศษตัวถังรถยนต์ใช้ทำโปงเหล็ก โดยมีกระบวนการดังนี้

2.2.1 การตัดและการผ่าเหล็ก ช่างจะนำมีดมาวัดขนาดความยาวเท่ากับขนาดของมีดที่จะทำ (ส่วนมากจะใช้เหล็กแหนบ) แล้วนำเอาส่วนที่จะตัดไปเผาไฟจนเหล็กร้อนแดงได้ที่ จากนั้นใช้คีมจับมาวางบนทั่งแล้วตัดด้วยเหล็กสกัด แล้วนำเหล็กที่ตัดแล้วเผาไฟอีกครั้ง

2.2.2 การแบนหรือการตีหลาบ นำท่อนเหล็กที่ผ่าแล้วไปเผาไฟให้เหล็กร้อนแดงแล้วคีบออกมาวางบนทั่งเพื่อตีให้แบนและได้รูปทรงของมีดตามที่ต้องการ การแบนมีดใช้ช่าง 2-3 คน โดยหัวหน้าจะควบคุมการเผา การจับเหล็กวางบนทั่ง การตีให้ได้รูปทรง ส่วนลูกมือ 2 คน จะตีเหล็กสลับกันเพื่อให้เหล็กยืดแบนออก การเผาเหล็กให้ร้อนแดงแล้วนำมาตีแต่ละครั้งช่างเรียกว่า

“แดง” เช่น การแบนมีดจะต้องเผาเหล็กให้แดง 4-5 ครั้ง จึงจะได้รูปทรงมีดตามที่ต้องการการแบนมีดเริ่มจากส่วนที่เป็นด้ามหรือกั่นมีดก่อนแล้วจึงตีส่วนที่เป็นตัวมีด

2.2.3 การทำบ้องหรือเดือย คือ ส่วนที่เป็นตัวมีดด้ามแบนที่เป็นเดือย ช่างจะตีส่วนโคนด้ามโดยตีหยักให้เป็นกั่นเดือยเรียวยาวประมาณ 10-20 เซนติเมตร ส่วนโคนกว้างประมาณ 1 นิ้ว ส่วนปลายกว้างประมาณ ¼ นิ้ว หนาประมาณ 1/4- 1/8 นิ้ว เพื่อนำไปเสียบฝังในด้ามไม้ที่นิยมทำจากไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้มะค่า หรือไม้แดง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 25 เซนติเมตร ด้ามมีดแบบบ้อง คือ การตีเหล็กส่วนด้ามให้เป็นแผ่นแล้วตีให้ปลาย ทั้งสองด้านโค้งเข้าหากันเรียกว่า “ตีห่อบ้อง” แล้วบัดกรีหรือจอดด้วยทองเหลืองและน้ำประสานทองด้ามแบบบ้องแล้วสามารถนำไปใช้ได้เลยหรือจะต่อด้ามให้ยาวโดยอัดไม้เข้าไปในบ้องมีดก็ได้

2.2.4 การตีแต่ง ทำเพื่อให้ผิวเหล็กเรียบและได้มีดที่มีรูปทรงตามที่ต้องการการตีแต่งคือการตีเพื่อขมิบคมหรือย้ำคมให้บางและตรง ก่อนจะนำไปตะไบแต่งหรือเจียระไนแต่งคม9.6.5 การตะไบแต่ง หลังจากตีมีดให้ได้รูปทรงตามที่ต้องการแล้ว จะมีการตะไบแต่งคม ช่างบางคนใช้วิธีตะไบด้วยมือโดยใช้ตะไบเหล็ก

2.2.5 การตัดแต่งหัวและบ้อง เพื่อให้มีดมีความเรียบร้อย สวยงาม น่าใช้ช่างจะตัดแต่งหัวหรือปลายมีดกับส่วนด้ามมีดที่เป็นบ้อง ซึ่งอาจจะใช้วิธีแต่งด้วยตะไบหรือเครื่องเจียระไนก็ได้

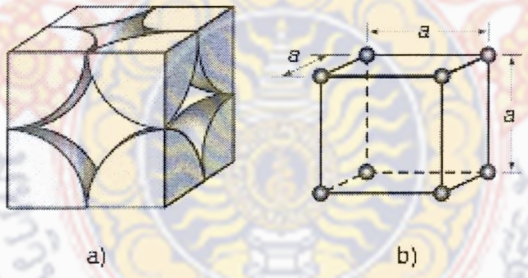
2.2.6 การชุบคม เป็นขั้นตอนที่สำคัญยิ่งของการตีเหล็ก ช่างต้องมีความชำนาญเป็นพิเศษ เพราะเป็นขั้นตอนที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งคม ไม่บิ่นง่าย ช่างจะนำผลิตภัณฑ์ที่ตีแต่งเรียบร้อยแล้วไปเผาเฉพาะส่วนคม รีบนำออกมาชุบในอ่างน้ำโดยจุ่มลงไปเฉพาะส่วนคมประมาณ 1-2 เซนติเมตร การจุ่มต้องทำอย่างรวดเร็ว 1-2 ครั้ง แล้วแต่ว่าเผาแดงมากหรือน้อยและช่างจะสังเกตสีของมีดในระหว่างการเย็นตัว คือ จากที่เป็นสีขาวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเหมือนยางแต้ว และเปลี่ยนเป็นสีเขียวปีกแมลงทับ ช่วงที่เหล็กเปลี่ยนสีนี้จะเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก เมื่อเหล็กเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองยางแต้วให้รีบจุ่มลงในอ่างน้ำทันทีและแช่ไว้จนเย็นจึงนำขึ้น ก็จะได้มีดที่มีความคมแข็ง ไม่บิ่น หรือบิดเบี้ยวง่าย หากชุบเร็วเกินไปคือในช่วงที่เป็นสีขาว จะทำให้มีดแข็งและบิ่นง่าย หรือหากชุบไม่ทันในช่วงที่เป็นสีเหลืองยางแต้ว คือ ชุบตอนที่เปลี่ยนเป็นสีเขียวก็จะทำให้เหล็กคืนตัว คมมีดจะไม่แข็งและจะบิดเบี้ยวง่ายใช้การไม่ได้

2.3 วัสดุและสมบัติของวัสดุสำหรับการผลิตมีดกรีดยาง

2.3.1 วัสดุโลหะ

โครงสร้างผลึกของวัสดุโลหะ เป็นโครงสร้างผลึกที่มีการเรียงตัวของอนุภาคแบบซ้ำไปมาตลอดทั้งโครงสร้างของวัสดุ เรียกว่ามีการเรียงตัวแบบผลึก (Crystal) ส่วนวัสดุที่

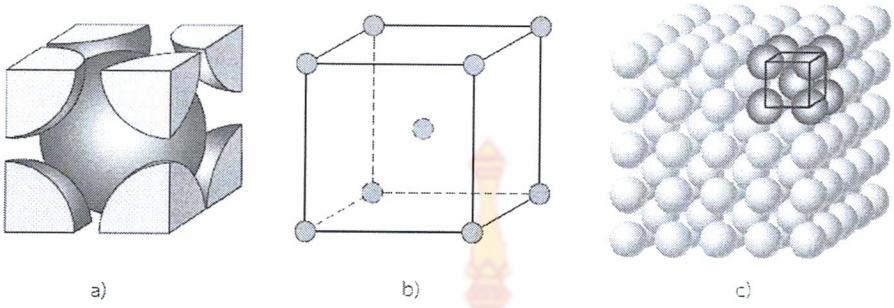
ไม่ได้มีโครงสร้างที่เรียงตัวแบบนี้เป็นวัสดุที่มีโครงสร้างที่ไม่แน่นอน หรือไม่เป็นระเบียบ เรียกว่า โครงสร้างอสัณฐาน (Amorphous) การเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบของอนุภาคทรงกลม เมื่อพิจารณาการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบของอนุภาคทรงกลม จะเห็นได้ว่ามีหลายแบบด้วยกันไม่ว่าจะเป็นโมเดลสำหรับอะตอม ไอออนหรือโมเลกุลของของแข็ง เมื่อไม่มีการกำหนดทิศทางของแรงพันธะ การเรียงตัวของอนุภาคทรงกลมที่เป็นรูปแบบที่ง่ายที่สุดเรียกว่าโครงสร้างแบบลูกบาศก์อย่างง่าย (Simple Cubic Structure) ดังรูปที่ 2 a) แสดงการเรียงตัวของทรงกลม 4 อัน ซึ่งมีศูนย์กลางอยู่ที่แต่ละมุมของลูกบาศก์ ผิวหน้าของทรงกลมแต่ละลูกจะสัมผัสกันความยาวด้านข้างจะมีขนาดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลมพอดี เส้นที่เชื่อมศูนย์กลางของทรงกลมในรูปที่ 4.1 b) จะปิดล้อมส่วนที่เรียกว่าหน่วยเซลล์ (Unit Cell) ซึ่งเป็นการเรียงตัวที่เล็กที่สุดของอนุภาคเมื่อมีการจัดเรียงผลึกซ้ำไปซ้ำมาอย่างสม่ำเสมอ ของแข็งที่ได้จึงประกอบด้วยแถวของทรงกลมที่เรียงตัวเป็นระเบียบอย่างสมบูรณ์ และคาดว่าผิวหน้าของของแข็งดังกล่าวผิวหน้าจะเรียบและแบนโดยมีมุมระหว่างหน้าของทรงกลมที่ติดกันเป็น 90^0 เสมอ และถ้าของแข็งนี้แตกก็จะมีลักษณะเป็นลูกบาศก์ที่กองซ้อนกัน เรียกว่า ผลึกลูกบาศก์ รูปร่างของผลึกลูกบาศก์จะแตกต่างกันตามลักษณะของการเรียงตัวของอนุภาคทรงกลมแบบเฉพาะตัว เช่น ลูกบาศก์แบบ Body Center Cubic (BCC) แบบ Face Center Cubic (FCC) และโครงสร้างแบบ Hexagonal Close Packed (HCP) ทั้งสามแบบจะเป็นการเรียงตัวของอนุภาคในโลหะแข็ง



รูปที่ 2 โครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์

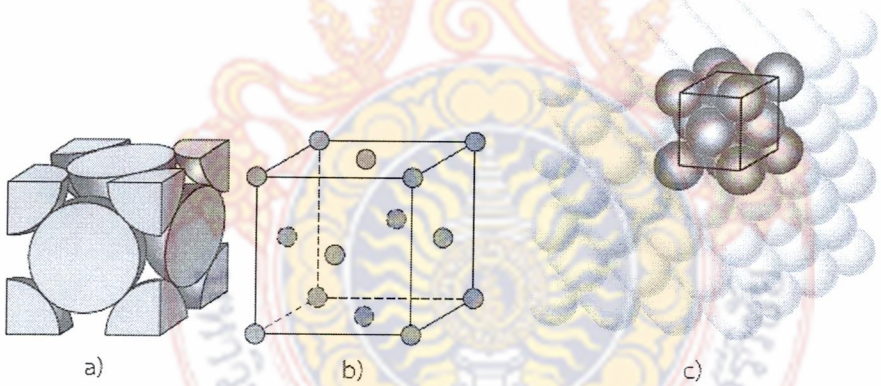
ที่มา : Callister and Rethwisch, 2011 : p. 84

หน่วยเซลล์ที่เป็นโครงสร้างผลึกแบบ Body Center Cubic (BCC) ดังรูปที่ 3 แต่ละชั้นจะจัดเรียงตัวของอนุภาคทรงกลมเป็นสี่เหลี่ยม แต่ชั้นถัดมาจะเคลื่อนออกไป อนุภาคทรงกลมจึงวางตัวลงพอดีกับช่องว่างที่อยู่ชั้นแรกที่อยู่ต่ำลงไป ดังนั้นการจัดเรียงตัวจึงมีความซับซ้อนมากกว่าหน่วยเซลล์ผลึกแบบอย่างง่าย (Simple Cubic) โดยมีทรงกลมเพิ่มขึ้นมาตรงกลางเซลล์



รูปที่ 3 โครงผลึกสร้างแบบ Body Centered Cubic (BCC)
ที่มา : Callister and Rethwisch, 2011 : p. 49

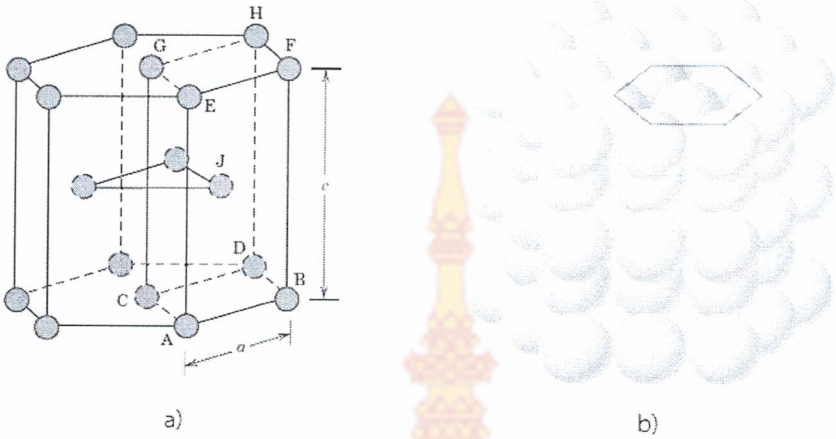
หน่วยเซลล์ที่เป็นโครงสร้างผลึกแบบ Face Center Cubic (FCC) ดังรูปที่ 4 อนุภาคของทรงกลมจะเรียงตัวให้ชิดกันให้มากที่สุด ชั้นถัดมาจะเคลื่อนออกดังนั้นจึงมีช่องว่างให้อนุภาคทรงกลมวางตัวลงในช่องว่างให้พอดี นั่นคือทรงกลมที่อยู่ตรงกลางจะเป็นผิวหน้าหน้าของลูกบาศก์



รูปที่ 4 โครงสร้างผลึกแบบ Face Center Cubic (FCC)
ที่มา : Callister and Rethwisch, 2011 : p. 46

หน่วยเซลล์ที่เป็นผลึกซึ่งเกิดจากการเรียงตัวแบบชิดกันเป็นรูป 6 เหลี่ยม ทรงกลมจะจัดเรียงตัวเป็นแถวชิด ๆ กันจนเป็นโครงสร้างรูป 6 เหลี่ยมดังรูปที่ 5 จุดสำคัญที่น่าสังเกตอย่างหนึ่ง คือ จะมีช่องว่างระหว่างทรงกลมในโครงสร้างผลึก ขนาดของช่องว่างจะขึ้นอยู่กับชนิดของ

โครงสร้างซึ่งช่องว่างนี้อาจกว้างพอที่จะใส่อะตอมลงไปได้พอดี โดยไม่ทำให้โครงสร้างตึงแน่นเกินไป



รูปที่ 5 โครงสร้างผลึกแบบ Hexagonal Close Packed (HCP)
ที่มา : Callister and Rethwisch, 2011 : p. 49

2.3.2 โลหะกลุ่มเหล็ก

โลหะกลุ่มเหล็ก (Ferrous Metals) ในบรรดาโลหะทั้งหลายโลหะกลุ่มเหล็กนับว่าเป็นโลหะที่ใช้มากที่สุด เนื่องจากการที่เหล็กนั้นมีความสามารถในการนำธาตุอื่นมาผสมได้อย่างมากมาย จึงส่งผลทำให้เหล็กมีโครงสร้างและสมบัติที่หลากหลาย สามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ดังนั้นสามารถจำแนกโลหะกลุ่มเหล็กได้ดังนี้

1) เหล็กกล้า สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ เหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสม หลักการจำแนกชนิดของเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสมโดยมีหลักการพิจารณาจำแนกชนิดของเหล็กได้ดังนี้

ก. เหล็กกล้าคาร์บอน สามารถจำแนกตามตามปริมาณธาตุคาร์บอนที่ผสมอยู่ในเหล็กซึ่งสามารถจำแนกได้ 3 ชนิดดังนี้

- เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ หมายถึง เหล็กกล้าที่มีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.25%

- เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง หมายถึง เหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.25-0.6%

- เหล็กกล้าคาร์บอนสูง หมายถึง เหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.6-2% แต่ส่วนมากการใช้งานอยู่ระหว่าง 1.6%

ข. เหล็กกล้าผสม สามารถจำแนกได้ดังนี้

- เหล็กกล้าผสมทนแรงดึงสูง (High strength low alloy steel : HSLA)
- เหล็กกล้าผสมทำชิ้นส่วนเครื่องจักร (Machinery steels)
- เหล็กกล้าทำเครื่องมือ (Tool steels)
- เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steels)
- เหล็กกล้าทนความร้อน (Heat resistance steels)

2) เหล็กกล้าไร้สนิม หมายถึง เหล็กกล้ามีส่วนผสมของโครเมียมไม่น้อยกว่า 12% โดยน้ำหนัก และนิกเกิลประมาณ 8% โดยน้ำหนัก ในเหล็กที่มีปริมาณโครเมียมผสมอยู่ปริมาณสูง ๆ จะทำให้เหล็กมีความสามารถต้านทานการเกิดสนิมได้มากขึ้นจนกระทั้งไม่เกิดเลย ถึงแม้ว่าเหล็กนั้นจะอยู่ในน้ำหรือสารละลายที่เป็นกรดเจือจาง ทั้งนี้เนื่องจากโครเมียมเมื่อรวมตัวกับออกซิเจนจะเกิดโครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) เป็นแผ่นบาง ๆ เกาะติดแน่นที่ผิวเหล็ก ทำหน้าที่เหมือนเกราะป้องกันไม่ให้อิเล็กตรอนจากภายนอกเคลื่อนที่ผ่านหรือผ่านได้น้อย ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมียาก การผุกร่อนจึงไม่เกิดที่ผิวเหล็กซึ่งเรียกว่า พาสซิวิตี้ (Passivity) เมื่อผสมโครเมียมในเหล็กมากกว่า 12% จะทำให้เหล็กมีสมบัติไม่เกิดการผุกร่อนที่ผิว จึงทำให้ผิวเหล็กไม่เปลี่ยนสีเป็นน้ำตาลหรือสีดำเหมือนเหล็กทั่วไป ดังนั้นเหล็กกล้าไร้สนิมจึงเหมาะกับการใช้งานที่ต้านทานการผุกร่อน และทนความร้อน เหล็กกล้าไร้สนิมสามารถแบ่งตามโครงสร้างได้ 3 ประเภท คือ

ก. เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก (Ferritic Stainless) เป็นโลหะผสมเหล็กกับโครเมียม ซึ่งประกอบไปด้วยโครเมียม 12-30% เรียกเฟอร์ริติก (Ferritic) เพราะโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นแบบเฟอร์ไรท์ ในสภาวะที่ถูกผ่านกระบวนการทางความร้อน เนื่องจากโครเมียมจะมีโครงสร้างผลึกแบบ BCC จากเฟสไดอะแกรมและแบ่งเฟสไดอะแกรมออกเป็น 2 บริเวณ คือ FCC และบริเวณ BCC เนื่องจากเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก มีปริมาณโครเมียมมากกว่า 12% ดังนั้นจึงไม่มีการเปลี่ยนเฟสจาก FCC ไปเป็น BCC แต่จะเกิดสารละลายของแข็งของโครเมียมในเหล็กอัลฟา สำหรับเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติกจะมีราคาถูกเนื่องจากไม่มีนิกเกิลผสมอยู่ ส่วนใหญ่จะถูกใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งงานที่ต้องการวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนและความร้อน ในปัจจุบันนี้เหล็กกล้าชนิดนี้ได้มีการพัฒนาให้มีปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนลดลง ทำให้สมบัติในการต้านทานการกัดกร่อนดีขึ้น

ข. เหล็กกล้าไร้สนิมมาร์เทนซิติก (Martensitic Stainless) เป็นโลหะผสมเหล็กกับโครเมียม (Fe-Cr) ที่มีโครเมียมอยู่ 12-17% และคาร์บอนที่เพียงพอประมาณ 0.15-1.0%C

ทำให้เกิดโครงสร้างมาร์เทนไซต์ ได้หลังจากผ่านการการชุบแข็ง โดยทำการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 950-1000 ^{0}C แล้วทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็วจนได้โครงสร้างมาร์เทนไซต์ องค์ประกอบของเหล็กกล้าไร้สนิมมาร์เทนซิติกนี้ถูกปรับให้มีความแข็งแรงและความแข็งที่เหมาะสม ดังนั้นจึงทำให้เหล็กกล้าชนิดนี้มีความทนต่อการกัดกร่อนได้น้อยกว่าเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติกและเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติก

ค. เหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติก (Austenitic Stainless) เป็นโลหะผสมที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ชนิด คือ เหล็ก โครเมียมและนิกเกิล โดยมีโครเมียมอยู่ 16-25% และนิกเกิล 7-20% โลหะผสมชนิดนี้ถูกเรียกว่า Austenitic เพราะโครงสร้างภายในประกอบด้วยเฟสของออสเตนไนท์ (Austenite) ในช่วงอุณหภูมิที่ดำเนินการกระบวนการทางความร้อน เนื่องจากนิกเกิลมีโครงสร้างผลึกแบบ FCC จึงทำให้โครงสร้างทั้งหมดโดยรวมยังคงเป็นแบบ FCC ที่อุณหภูมิห้อง

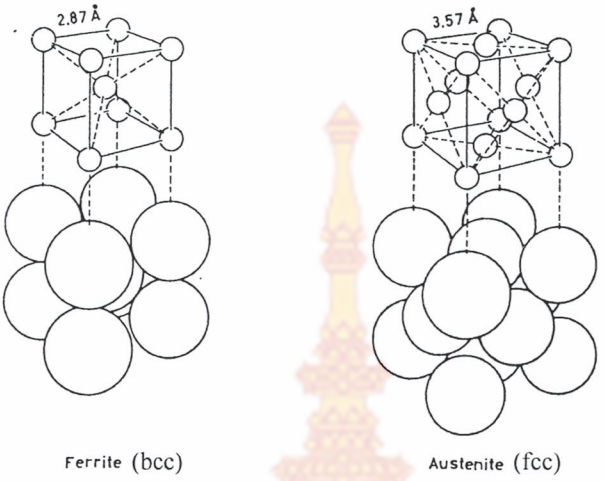
นอกจากเหล็กกล้าไร้สนิมทั้ง 3 ประเภทที่กล่าวมาแล้ว เหล็กกล้าไร้สนิมยังมีประเภทพิเศษ คือ เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (Duplex) ซึ่งเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีโครงสร้างผสมระหว่าง ออสเทนไนท์กับ เฟอร์ไรท์ในอัตราส่วน 50:50 หรือ 60:40 เหล็กกล้าไร้สนิมประเภทนี้จะมีโครเมียมสูงกว่า แต่มีนิกเกิลน้อยกว่าเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติก ทำให้มีความแข็งแรงดีกว่าและนอกจากนี้ยังสามารถต้านทานต่อการกัดกร่อนได้ดีอีกด้วย

3) เหล็กกล้าเครื่องมือ คือเหล็กกล้าที่มี Cr, Mo, Ni, V, Co, Ti เกินกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และมีคาร์บอนระหว่าง 0.8–2.2 เปอร์เซ็นต์ เหล็กกล้าเครื่องมือมีสมบัติเด่นคือมีความแข็งขณะร้อนที่ดี (hot hardness) จึงเหมาะกับการใช้ทำดอกสว่าน มีดกลึง มีดไส เครื่องมือทำเกลียวใน (tap) และเครื่องมือทำเกลียวนอก (die) เป็นต้น

2.4 การปรับปรุงสมบัติโดยกระบวนการทางความร้อน

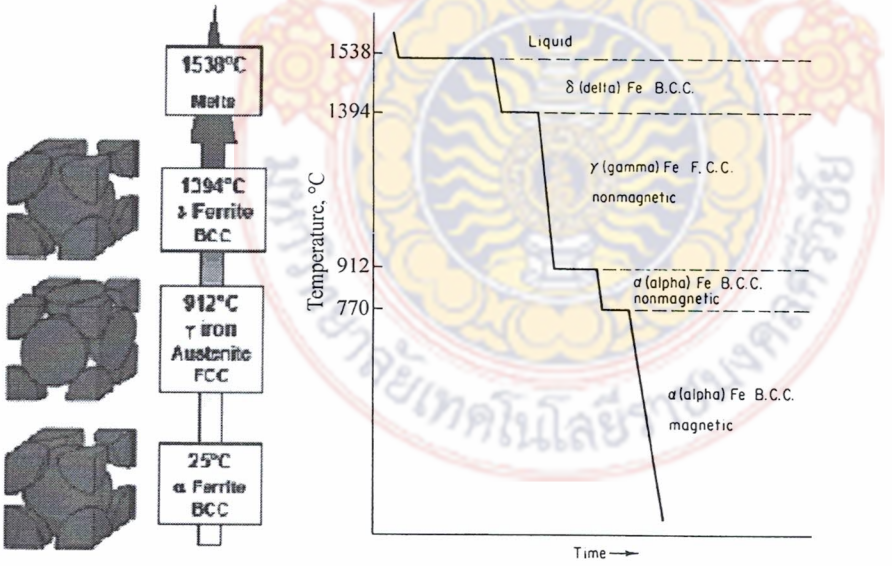
2.4.1 สภาพอันยรูป (Allotropy) หมายถึงสภาพที่ธาตุหนึ่งสามารถมีโครงสร้างผลึกได้หลายแบบ แต่ละแบบเรียกว่า อันยรูป (Allotrope) สมบัติทางกายภาพของอันยรูปหนึ่งจะแตกต่างจากของอีกอันยรูปหนึ่งอย่างเห็นได้ชัด แต่ว่าสมบัติทางเคมีจะเหมือนกัน สภาพอันยรูปนั้นจะขึ้นอยู่กับการเรียงตัวของอะตอม ซึ่งจะมีการเรียงตัวแตกต่างกันไปตามระดับของอุณหภูมิต่างๆ เหล็กบริสุทธิ์มีการเปลี่ยนแปลงรูปฟอร์ม 4 ลักษณะที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ ทำให้เกิดฟอร์มที่เรียกว่า เหล็กอัลฟา (α) เหล็กเบต้า (β) เหล็กแกมมา (γ) และเหล็กเดลต้า (δ) ใน 4 ฟอร์มนี้ เหล็กอัลฟา เหล็กเบต้า และเหล็กเดลต้า มีโครงสร้างผลึกที่เหมือนกันคือ Body Centered Cubic (BCC) ส่วนฟอร์มเหล็กแกมมาจะมีโครงสร้างผลึกเป็น Face Centered Cubic (FCC) ดังนั้นจึงกล่าว

ได้ว่าเหล็กบริสุทธิ์มีอันยรูปอยู่ 2 แบบ คือ BCC และ FCC เหล็กอัลฟานี้บางทีเรียก เหล็กเฟอร์ไรท์ และเหล็กแกมมาบางทีก็เรียกว่าเหล็กออสเตนไนท์



รูปที่ 6 หน่วยเซลล์ของโครงสร้างผลึกแบบ Body Centered Cubic และ Face Centered Cubic

การเปลี่ยนแปลงจากเหล็กอัลฟาเป็นเหล็กเบต้า ($\alpha \rightarrow \beta$) ที่ 770°C นั้นไม่ได้เปลี่ยนโครงสร้างผลึก แต่เป็นการเปลี่ยนจากเหล็กอัลฟา ที่แม่เหล็กดูดติดมาเป็นเหล็กเบต้า ที่ไม่มีสมบัติทางแม่เหล็กเท่านั้น ในบางกรณี เราจะเรียกรวมทั้งสองอันยรูปนี้ว่าเป็นเหล็กอัลฟา หรือเฟอร์ไรท์

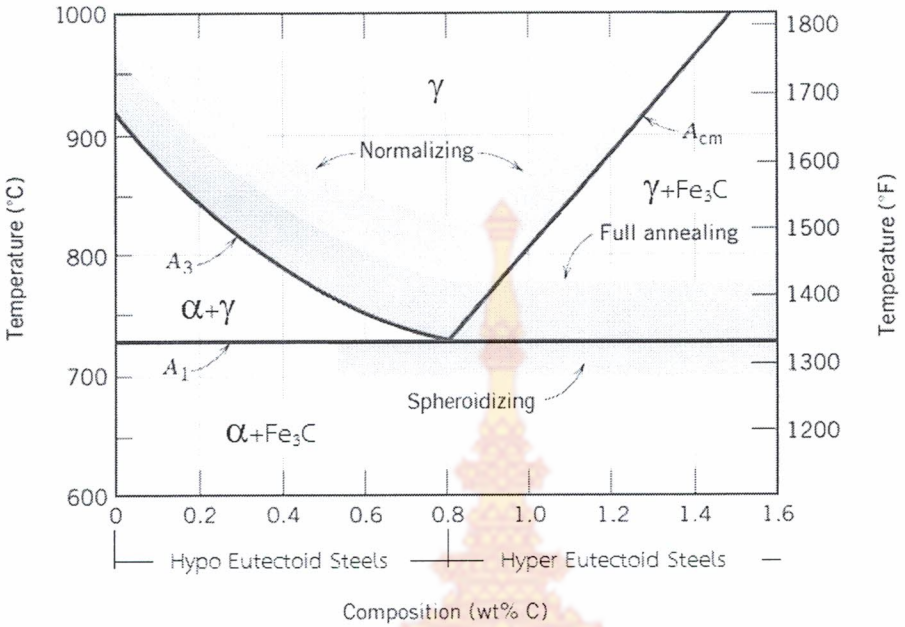


รูปที่ 7 แผนภาพแสดงถึงอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะและอันยรูปต่าง ๆ

2.4.2 กระบวนการทางความร้อน

กระบวนการทางความร้อน (Heat Treatment) เป็นกระบวนการปรับปรุงสมบัติของโลหะเปลี่ยนแปลงโดยการใช้ความร้อนในการปรับปรุง ซึ่งสามารถควบคุม (Controlled) อัตราการให้ความร้อน (Heating) และอัตราการเย็นตัว (Cooling) ของโลหะ เพื่อให้สมบัติที่เปลี่ยนแปลงได้ตามต้องการ กระบวนการทางความร้อนโดยทั่ว ๆ ไปจะประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ เริ่มแรกจะเป็นการให้ความร้อนแก่โลหะถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ต่อมาจะเป็นการรักษาอุณหภูมินั้นให้คงที่ที่ช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้โครงสร้างภายในของโลหะเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดทั่วทั้งชิ้นงาน และขั้นตอนสุดท้ายการทำให้เย็นตัวซึ่งจะต้องทำการควบคุมอัตราการเย็นตัวของโลหะ เนื่องจากอัตราการเย็นตัวมีผลต่อโครงสร้างและสมบัติของวัสดุ กระบวนการทางความร้อนของเหล็กกล้าเป็นการทำให้เหล็กกล้ามีโครงสร้างเป็นออสเทนไนท์ และให้ออสเทนไนท์เปลี่ยนแปลงไปเป็นโครงสร้างต่าง ๆ ตามต้องการ ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

1) การอบอ่อน (Annealing) มีความมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงสมบัติของเหล็กที่ผ่านการผลิตต่าง ๆ มา เช่น การขึ้นรูปร้อน การขึ้นรูปเย็น การเชื่อมและการหล่อ ซึ่งเหล็กผ่านขั้นตอนการผลิตดังกล่าวนี้ จะมีสมบัติที่ไม่ดีหลายประการ เช่น เหล็กที่ผ่านการขึ้นรูปร้อนจะมีสมบัติไม่สม่ำเสมอตามส่วนที่มีมุมแหลม ซึ่งอัตราการเย็นตัวสูงจะมีความแข็งมากกว่าส่วนอื่น ๆ โครงสร้างของเหล็กบริเวณผิวจะมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยเกรนขนาดเล็ก เพราะถูกแรงกระแทกหรืออัดมากกว่าเนื้อเหล็กภายใน ทำให้สมบัติไม่สม่ำเสมอถึงภายในเช่นเดียวกัน เหล็กที่ผ่านการขึ้นรูปเย็นมักจะมีความเครียดที่เกิดจากการถูกแรงอัดหรือบีบเหล็กตกค้างอยู่ มีส่วนทำให้มีความแข็งแรงไม่สม่ำเสมอสูญเสียความเหนียว เหล็กที่ผ่านงานเชื่อมเช่นเดียวกัน การเชื่อมเป็นการทำให้เหล็กร้อนเป็นบางจุดขยายตัวเมื่อถูกความร้อนและการหดตัวเมื่อถูกปล่อยให้เย็น ซึ่ง ย่อมจะเป็นการยากที่จะทำให้ได้ทั่วถึง จึงจะเกิดความเครียดตกค้างและโครงสร้างของเนื้อเหล็กบริเวณจุดที่ทำการเชื่อมจึงต่างกับเนื้อเหล็กในส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ถูกความร้อนจากการเชื่อม สมบัติของเหล็กจะขาดความไม่สม่ำเสมอ เหล็กที่ผ่านงานหล่อยิ่งเห็นได้ง่ายว่าโครงสร้างและสมบัติของเหล็กจะมีส่วนที่แตกต่างกันมาก เพราะอัตราการเย็นตัวของเหล็กในแบบหล่อซึ่งส่วนมากใช้ทรายเป็นวัสดุในแบบหล่อจะแตกต่างกันทั้งส่วนที่หนาและส่วนที่บาง ยิ่งส่วนที่เป็นมุมการเย็นตัวจะยิ่งเร็วกว่าส่วนอื่น จึงมักมีความแข็งสูง



รูปที่ 8 อุณหภูมิที่ใช้สำหรับกระบวนการทางความร้อนชนิดต่าง ๆ

ที่มา : Callister and Rethwisch, 2011 : p. 423

จากที่กล่าวมาแล้วนี้จะเห็นได้ว่า การที่จะนำเอาเหล็กที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปต่าง ๆ ไปใช้งาน หรือนำไปตัด เจาะ กลึง ไส ย่อมจะทำให้เกิดอุปสรรคในลักษณะต่าง ๆ เช่น การกลึงหรือไส ถ้าเหล็กมีความแข็งไม่เท่ากันทุกส่วนการปรับมุมของมีดกลึงหรือตั้งอัตราความเร็วในการตัดจะเกิดปัญหามากมายและผลงานที่ได้รับก็ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นเหล็กที่ผ่านการขึ้นรูปก่อนจะนำไปใช้งานในขั้นต่อไปจำเป็นจะต้องผ่านการอบให้อ่อนตัวซึ่งลักษณะของการทำงานมีหลายวิธี ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์สุดท้าย

ก. การอบอ่อนอย่างสมบูรณ์ (Full Annealing) มีความมุ่งหมายเพื่อให้เหล็กมีความอ่อนตัวสูง โดยเป็นการทำลายมาร์เทนไซต์ เพื่อช่วยในการกลึงหรือไสได้ง่าย

- Hypo Eutectoid Steels (%C < 0.8) อุณหภูมิที่ใช้โดยจะอบที่เหนือ Ac_3 ประมาณ 30–50 ^{0}C เช่น การทำ Refinement Pearlite ที่มีขนาดโต ที่มีส่วนผสมของ 0.3% C เมื่อให้ความร้อน ไปเหนือ Ac_3 ก็จะเกิดการเปลี่ยนเฟสเป็นออสเตนไนท์ (γ) ที่ละเอียดและเฟส เฟอร์ไรท์ (α) ที่หยาบ และเมื่อให้ อุณหภูมิ สูงกว่า Ac_3 ประมาณ 50 ^{0}C เฟสเฟอร์ไรท์ก็จะเปลี่ยนเป็นออสเตนไนท์ที่ละเอียด แล้วจากนั้นจึงลดอุณหภูมิลงช้า ๆ ประมาณ 150-200 ^{0}C/hr เมื่ออุณหภูมิลดลงมาที่อุณหภูมิหองก็จะได้เฟสของเพิร์ลไลท์ที่ละเอียดกับเฟอร์ไรท์ที่ละเอียด

- Hyper Eutectoid Steels อุณหภูมิที่ใช้โดยจะอบที่เหนือ Ac_1 ประมาณ 50 ^{0}C แล้วลดอุณหภูมิ ลงช้า ๆ โครงสร้างที่ได้ คือออสเตนไนท์ละเอียดถูกล้อมรอบด้วย Coarse Proeutectoid Cementite ซึ่งจะยังคงมีสมบัติเชิงกลต่ำอยู่ แต่ก็ดีกว่าโครงสร้างที่เป็นมาร์ทนไซต์กับซีเมนไตท์เดิม

ข. การอบอ่อนไม่สมบูรณ์ (Incomplete Annealing) หมายถึง การอบอ่อนที่กระทำที่อุณหภูมิต่ำกว่าเส้น Ac_1 หรือบางกรณีอาจจะสูงกว่าเส้น Ac_1 เล็กน้อย ความมุ่งหมายก็เพื่อทำลายความเครียดที่เหลืออยู่ อันเนื่องมาจากการขึ้นรูปเย็น หรือเพื่อต้องการปรับปรุงสมบัติทางด้านการกลึง หรือไส สำหรับเหล็กบางชนิด การอบอ่อนไม่สมบูรณ์ที่สำคัญมีอยู่ 2 ลักษณะ

- การอบอ่อนเพื่อขจัดความเครียดตกค้าง (Stress Relief Annealing) เป็นการอบอ่อนเพื่อมุ่งทำลายความเครียดในแท่งเหล็กที่ผ่านการขึ้นรูปเย็น เช่น เหล็กที่ผ่านการรีด หรือผ่านการดึง จะทำให้กลุ่มอะตอมของเหล็กอยู่ในสภาพบิดเบี้ยวทำให้เหล็กมีความแข็งเพิ่มขึ้น และสูญเสียความเหนียว ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งานหรือไม่เหมาะสำหรับที่จะทำการขึ้นรูปในขั้นต่อไป ดังนั้นจะต้องทำการอบอ่อนขจัดความเครียดภายในเสียก่อน โดยอบเหล็กไปยังอุณหภูมิที่ต่ำกว่า Ac_1 ประมาณ 50 ^{0}C ใช้เวลา 1 hr/in^3

- การอบอ่อนเพื่อความอ่อนตัวสูง (Spheroidize Annealing) เป็นกระบวนการอบอ่อนที่ใช้กับเหล็กที่มีคาร์บอนสูงประมาณ 0.7–12% C ซึ่งโครงสร้างของเหล็กจะประกอบไปด้วยเพิร์ลไลท์ และ Proeutectoid Cementite ตามขอบเกรน ลักษณะโครงสร้างเช่นนี้เหล็กจะมีสมบัติด้านความเหนียวลดลง และสมบัติทางด้านการกลึงหรือไส (Machinability) จะไม่ดี จะกลึงให้มีผิวเรียบได้ยากเพราะปลายแหลมของมีดกลึง ในขณะตัดจะผ่านเนื้อเฟอร์ไรท์ (Ferrite) และผ่านเนื้อซีเมนไตท์ (Cementite) ต้องทำให้ Proeutectoids Cementite เกิดลักษณะที่ไม่ต่อเนื่องและยูเตคตอยด์ซีเมนไตท์ในเพิร์ลไลท์เกิดลักษณะเป็นเม็ดกลมเล็ก ๆ ไม่เป็นลักษณะแถบบาง ๆ (Lamellar) ซึ่งจะกระทำได้โดยการนำเหล็กไปอบที่อุณหภูมิเหนือเส้น Ac_1 เล็กน้อย ประมาณ 730–770 ^{0}C สำหรับเหล็กที่มีคาร์บอนสูงกว่า 0.8% หรือถ้าเหล็กมีคาร์บอนอยู่ใกล้ระหว่าง 0.7–0.8% จะอบที่อุณหภูมิต่ำกว่า Ac_1 เล็กน้อย แล้วปล่อยให้สูงขึ้นไปกว่า Ac_1 ทำสลับกันไปโดยใช้เวลาประมาณ 10–15 ชั่วโมง จากนั้นจึงปล่อยให้เย็นในอากาศ ในขณะที่เหล็กอยู่เหนืออุณหภูมิ Ac_1 เล็กน้อยซีเมนไตท์ในเพิร์ลไลท์จะขาดเสถียรภาพเกิดการขาดเป็นช่วง ๆ และเมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่า Ac_1 ซีเมนไตท์ที่เกิดจากการแตกตัวของออสเตนไนท์จะไปรวมตัวกับซีเมนไตท์ที่เหลืออยู่ ทำให้ไม่เกิดเป็นแถบบาง ๆ และเหล็กถูกอบให้อยู่ในช่วงนี้เป็นระยะเวลานานซีเมนไตท์จะค่อย ๆ ปรับตัวในรูปแบบที่มีเสถียรภาพมากที่สุด คือ ค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นเม็ดกลมทำให้เหล็กมีทั้งความอ่อนตัวและความเหนียว การกลึง หรือไสจะได้ผิวเรียบ เพราะในขณะที่มีดกลึงตัดผ่าน

จะไม่มีโอกาสตัดเม็ดกลมเล็ก ๆ ของซีเมนไตท์โดยเม็ดเล็ก ๆ ของซีเมนไตท์จะหลุดออกทำให้มีดกลึงตัดผ่านเฉพาะเนื้อ เฟอร์ไรท์อย่างเดียว จึงไม่เกิดการสั่นที่ปลายมีดกลึงและทำให้ผิวเหล็กเรียบ

2) การอบปกติ (Normalizing) เป็นกระบวนการที่ใช้กับงานสร้างชิ้นส่วนเครื่องจักรกลโดยทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นงานที่ผ่านการขึ้นรูปร้อน เช่น การรีดร้อน หรือการทุบขึ้นรูป เหล็กจะถูกอบที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง จะได้เหล็กที่มีขนาดของเกรนโต สมบัติเชิงกลที่ดีจะเปลี่ยนไป งานที่ผ่านการหล่อมาก็เช่นเดียวกันจะมีขนาดเกรนโตมีลักษณะเป็นเดนไดรท์ (Dendrite) และไม่สม่ำเสมอ มีข้อเสียที่จะต้องปรับปรุงก่อนนำไปใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานที่ผ่านการขึ้นรูปเย็น เช่น การรีดเย็น หรือการตีขึ้นรูป ทำให้โครงสร้างภายในของเหล็กจะเกิดการบิดเบี้ยวไปตามทิศทางของแรงกระทำทำให้เกิดความเครียดภายใน สูญเสียความเหนียวและมีความแข็งเพิ่มขึ้นในลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ สิ่งที่เกิดขึ้นในลักษณะที่ไม่ดีเหล่านี้สามารถทำให้หมดไป และปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยเฉพาะขนาดของเกรนของเนื้อเหล็กทำให้มีขนาดเล็กละเอียดและสม่ำเสมอได้ด้วยการทำการอบปกติ (Normalizing) ซึ่งจะเน้นในเรื่องของการปรับปรุงโครงสร้างมากที่สุด (Grain Refinement)

กระบวนการอบปกติโดยวิธีอบเหล็กให้ร้อนจนมีอุณหภูมิสูงอยู่ในช่วงออสเตนไนท์ ทั้งเหล็กที่มีคาร์บอนต่ำกว่า 0.8% หรือสูงกว่า 0.8% จะอบที่อุณหภูมิเนื้อเส้น Ac_3 สำหรับเหล็ก Hypo Eutectoid และอบที่อุณหภูมิเหนือเส้น Ac_m สำหรับเหล็ก Hyper Eutectoid ประมาณ 30–50 ^{0}C ทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้ประมาณ 30–60 นาทีต่อความหนาเฉลี่ย 25 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับการอบอ่อน จากนั้นจะนำเหล็กออกจากเตาปล่อยให้เย็นในอากาศนิ่ง อัตราการเย็นตัวประมาณ 1-5 ^{0}C ต่อวินาที ถ้าเป็นการเป่าอากาศอัตราการเย็นตัวจะเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 10 ^{0}C ต่อวินาที การอบปกติเพื่อปรับปรุงสมบัติ มีวัตถุประสงค์สำคัญ คือ เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกล สมบัติด้านการกลึง การไส ตัด สมบัติด้านความเหนียว โดยเฉพาะเหล็กที่ผ่านการขึ้นรูปร้อนและการขึ้นรูปเย็น ปรับปรุงโครงสร้างให้สม่ำเสมอและเหมาะสำหรับทำการชุบแข็งในขั้นตอนต่อไปและเพื่อทำลายความเครียดภายในที่เกิดจากการขึ้นรูปเย็น

3) การชุบแข็ง (Hardening) คือ การอบชุบเหล็กด้วยความร้อนเพื่อต้องการให้เหล็กภายหลังจากการชุบมีความแข็งเพิ่มขึ้น เพื่อทนต่อการเสียดสีในขณะใช้งาน การชุบแข็งเป็นวิธีที่จะให้ได้โครงสร้างจุลภาคของเหล็กสุดท้ายเป็นมาร์เทนไซต์ หรือ เบนไนท์ขึ้นอยู่กับความแข็งสุดท้ายที่ต้องการ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากออสเตนไนท์ไปเป็นมาร์เทนไซต์ หรือเบนไนท์ ซึ่งจะได้เหล็กที่มี ความแข็งสูงจะต้องมีองค์ประกอบในการชุบแข็ง

ก. องค์ประกอบในการชุบแข็งที่สำคัญ 3 ประการ คือ

- ปริมาณคาร์บอน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ เพราะการที่ออสเตนไนท์จะเปลี่ยนไปเป็นมาร์ทนไซต์ในลักษณะการชุบแข็งธรรมดาด้วยน้ำ เหล็กควรจะมีคาร์บอนมากกว่า 0.3% ส่วนธาตุที่ผสมในเหล็กอื่น ๆ เช่น นิเกิล โครเมียมและโมลิบดีนั่มจะเพียงทำหน้าที่ช่วยให้การชุบแข็งได้ผลดีขึ้นเท่านั้น ความแข็งของมาร์ทนไซต์จะขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอน เช่น เหล็กคาร์บอน

- อุณหภูมิก่อนการชุบ คือ อุณหภูมิที่เหล็กจะต้องเปลี่ยนเป็นออสเตนไนท์ก่อนการชุบในสารชุบอุณหภูมิของเหล็กไม่สูงพอจนโครงสร้างเปลี่ยนเป็นออสเตนไนท์หมด การชุบในสารชุบความแข็งที่ได้จะไม่สูงเท่าที่ควร เพราะมาร์เทนไซต์ที่ได้จะต้องมาจากออสเตนไนท์เท่านั้น

- อัตราการเย็นตัวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ออสเตนไนท์จะเปลี่ยนไปเป็นมาร์เทนไซต์ หรือเบนไนท์จะต้องมีอัตราการเย็นตัวที่สูงพอ ซึ่งอัตราการเย็นตัวดังกล่าว เรียกว่า อัตราการเย็นตัววิกฤติ (Critical Cooling Rate) หมายถึง อัตราการเย็นตัวที่ออสเตนไนท์เปลี่ยนไปเป็นมาร์เทนไซต์ หรือเบนไนท์ ถ้าอัตราการเย็นตัวช้ากว่านี้ออสเตนไนท์จะไม่มีโอกาสเปลี่ยนเป็นมาร์เทนไซต์หรือเบนไนท์แต่จะได้ เพิร์ลไลท์หรือซอร์ไบท์แทน

ข. อุณหภูมิสำหรับการชุบแข็ง (Hardening Temperature) แบ่งออกตามส่วนผสมของคาร์บอนดังนี้

- Hypo Eutectoid Steels อุณหภูมิสำหรับการชุบแข็งจะอยู่ที่เหนือ Ac_3 ประมาณ 50 ^{0}C ซึ่งอุณหภูมินี้จะได้โครงสร้างที่เป็นออสเตนไนท์ทั้งหมด ถ้าพิจารณาในกรณีที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ และอยู่ในช่วง Ac_1–Ac_3 จะปรากฏมีเฟอร์ไรท์เหลืออยู่บางส่วน ถ้าทำการชุบที่อุณหภูมินี้ ออสเตนไนท์จะเปลี่ยนเป็นมาร์ทนไซต์แต่เฟอร์ไรท์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงยังคงสภาพอยู่เช่นเดิม เหล็กภายหลังจากการชุบแข็งแล้วจะไม่ได้ความแข็งสูงเท่าที่ควรและบริเวณโครงสร้างที่เป็นเฟอร์ไรท์จะเป็นบริเวณที่อ่อน (Soft Spots) ขาดสมบัติต้านทานต่อการเสียดสี แต่ถ้าอบที่อุณหภูมิเหนือเส้น Ac_3 ไปมาก (Overheating) จะได้โครงสร้างของออสเตนไนท์ที่มีเกรนโต ภายหลังการชุบน้ำจะได้มาร์ทนไซต์ที่หยาบ (Coarse Martensite) ซึ่งจะทนแรงกระแทกได้น้อยลง อีกประการหนึ่งชิ้นงานในขณะชุบน้ำจะเกิดการบิดงอหรือแตกร้าวได้ง่าย

- Hyper Eutectoid Steels จะใช้อุณหภูมิเหนือเส้น Ac_1 ประมาณ 30-50 ^{0}C เท่านั้น จะเห็นว่าในช่วงของอุณหภูมินี้จะปรากฏโครงสร้างของ Proeutectoid Cementite เหลืออยู่บางส่วนเท่านั้น ที่กลายหรือสลายตัวไปเป็นออสเตนไนท์และซีเมนไตท์เหลืออยู่นี้จะกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในโครงสร้างของออสเตนไนท์ เมื่อทำการชุบน้ำจะได้โครงสร้างของมาร์เทนไซต์ โดยมี Proeutectoid Cementite แทรกอยู่ ซึ่งจะปรากฏเป็นผลดีในส่วนที่เหล็กจะมีความแข็งสูง

และทนการเสียดสีในขณะใช้งานได้ดี ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะต้องเลือกอุณหภูมิที่จะไม่เกิด Proeutectoid Cementite ในลักษณะต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ตามขอบเกรน

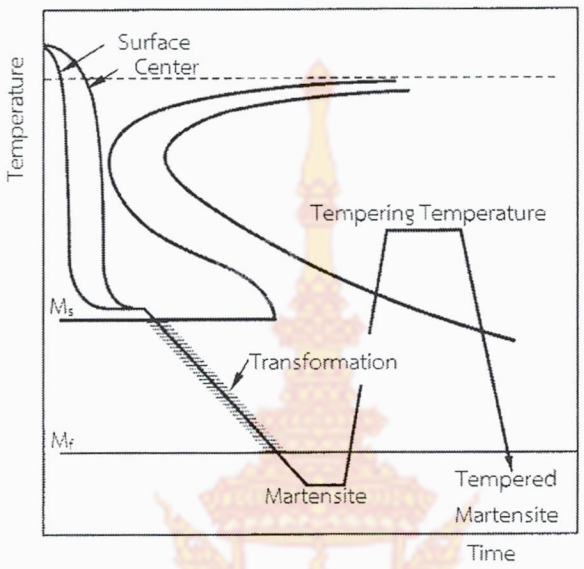
ในกรณีที่อบที่อุณหภูมิเหนือเส้น Ac_m จะไม่เกิดผลดี นอกจากต้องใช้พลังงานมากขึ้นแล้ว ออสเตนไนท์จะขยายตัวให้ขนาดของเกรนมีขนาดโตเร็วมากทำให้ผลที่ได้ภายหลังการชุบไม่ดี เพราะจะได้มาร์เทนไซต์เกรนหยาบทนแรงกระแทกได้ไม่ดีและยังอาจจะเกิดการบิดงอและแตกร้าวได้โดยง่าย

4) การอบคืนตัว (Tempering) เหล็กภายหลังจากการชุบแข็งจะมีโครงสร้างส่วนใหญ่ประกอบด้วยมาร์เทนไซต์และออสเตนไนท์ตกค้าง (Residual Austenite) ถ้าเป็นเหล็กคาร์บอนสูงจะมี Proeutectoid Cementite กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป นอกจากนี้เหล็กที่ผ่านการชุบแข็งจะเกิดความเครียดภายใน อันเนื่องมาจากอัตราการเย็นตัวที่เร็วจากอุณหภูมิสูง สมบัติของเหล็กตามลักษณะดังกล่าวจะมีความแข็งสูง แต่จะขาดสมบัติด้านความเหนียวไม่ทนต่อแรงกระแทกและความเครียดภายในที่เกิดขึ้นจะมีส่วนทำให้ชิ้นงานบิดงอ หรืออาจเกิดการแตกร้าวในขณะใช้งานได้ ดังนั้นเหล็กที่ผ่านการชุบแข็งก่อนนำไปใช้งานควรจะต้องนำมาทำการอบคืนตัว เพื่อคลายความเครียดภายในให้หมดไปหรือเหลืออยู่น้อยที่สุดและในขณะเดียวกันจะทำให้ มาร์เทนไซต์แตกตัวให้โครงสร้างกึ่งสมดุลย์ซึ่งจะมีผลอย่างกว้างขวางต่อสมบัติของเหล็ก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงอุณหภูมิของการอบคืนตัวและเวลาที่ใช้ ดังนี้

ก. การชุบแข็งมาร์เทมเปอริ่ง (Martempering) เป็นการชุบแข็งลักษณะหนึ่งที่นิยมใช้กับชิ้นงานชุบที่มีรูปร่างซับซ้อนมีความหนาบางแตกต่างกันมาก ซึ่งถ้าเป็นการชุบด้วยกระบวนการปกติ เหล็กอาจเกิดการบิดงอ หรือเกิดความเครียดอันเนื่องมาจากการเย็นตัวเร็ว ทำให้แตกร้าวได้ง่าย การชุบแข็งแบบมาร์เทมเปอริ่งจะได้โครงสร้างสุดท้ายเป็นมาร์เทนไซต์ เช่นเดียวกับการชุบแข็งด้วยวิธีปกติ อุปกรณ์ที่ต้องใช้เพิ่มขึ้นนอกเหนือจากกระบวนการชุบแข็งทั่วไปแล้วจะต้องมีอ่างเกลือหลอมละลาย (Salt Bath) ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 400 ^{0}C ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เกลือโซเดียม ไนเตรดกับโปแตสเซียมไนเตรด 40–50% เกลือผสมนี้จะหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 145 ^{0}C มีช่วงการใช้งานอยู่ระหว่าง 160-650 ^{0}C นอกจากนี้ยังต้องอาศัยแผนภูมิ T.T.T. ของเหล็กที่ต้องการชุบแข็ง มาประกอบกับการชุบแข็งด้วย

กระบวนการมาร์เทมเปอริ่งจะเริ่มโดยการอบเหล็กจนร้อนถึงอุณหภูมิในช่วงออสเตนไนท์ คือ เหนือเส้น Ac_1 หรือ Ac_3 ประมาณ 50 ^{0}C ภายหลังที่ทิ้งไว้จนอุณหภูมิของแท่งเหล็กเท่ากันทั้งภายนอกและภายในแล้ว จะนำออกมาจากเตา แล้วชุบในอ่างเกลือที่อุณหภูมิเหนือเส้น M_S ที่ปรากฏในแผนภูมิ T.T.T จากนั้นปล่อยทิ้งไว้เพื่อให้มีการปรับอุณหภูมิระหว่างผิว กับภายในให้เท่ากันระยะเวลาหนึ่ง โดยที่เวลาจะไม่ยาวจนถึงจุดที่เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปเป็นเบนไนท์

จะต้องนำเอาชิ้นเหล็กขึ้นมาจากอ่างเกลือก่อนถึงจุดนั้นนำไปชุบในอ่างน้ำทันที เพื่อให้โครงสร้างออสเตนไนท์ เปลี่ยนไปเป็นมาร์เทนไซต์ จากนั้นจะต้องนำไปอบคืนตัวในขั้นต่อไปเพื่อลดความเครียด

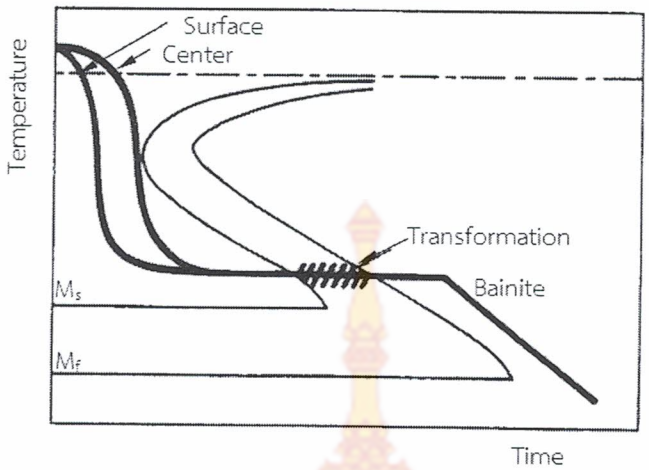


รูปที่ 9 เส้นโค้งการเย็นตัวสำหรับ Martempering

ที่มา : Smith, 2004 : p. 459

ข. การชุบแข็งออสเทมเปอริง (Austempering) การชุบแข็งมีลักษณะคล้ายคลึงกับวิธีการชุบแข็งมาร์เทมเปอริ่ง ส่วนแตกต่างจะอยู่ที่โครงสร้างสุดท้ายที่ต้องการ คือ โครงสร้างแบบ เบนไนท์ อาจจะเป็นเบนไนท์แบบขนนก หรือแบบอซิคูล่า ขึ้นอยู่ที่ช่วงอุณหภูมิที่จะปล่อยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง อุปกรณ์ที่ใช้มีลักษณะเหมือนกัน

กระบวนการออสเทมเปอริงจะเริ่มตั้งแต่การอบเหล็กจนเปลี่ยนเป็นออสเตนไนท์หมด จากนั้นนำออกจากเตาอบ ชุบชิ้นเหล็กในอ่างเกลือหลอมละลาย ถ้าต้องการเบนไนท์ ชนิดขนนก (Upper Bainite) อุณหภูมิอ่างเกลือหลอมละลายจะอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 500-600 ^{0}C ถ้าต้องการเบนไนท์ชนิดอซิคูล่า (Lower Bainite) จะควบคุมอุณหภูมิของอ่างเกลือให้อยู่ในช่วง 400–500 ^{0}C เมื่อชุบแท่งเหล็กลงในอ่างเกลือแล้วจะทิ้งไว้ระยะเวลาที่ยาวจนแน่ใจว่าระยะเวลานานพอที่การเปลี่ยนแปลงของออสเตนไนท์เป็นเบนไนท์จะสิ้นสุดอย่างสมบูรณ์ ซึ่งสามารถกำหนดระยะเวลาได้จากแผนภูมิ T.T.T เมื่อเวลาผ่านไปตามกำหนด แล้วจึงนำชิ้นเหล็กออกจากอ่างเกลือ ปล่อยให้เย็นในอากาศ ไม่จำเป็นต้องทำการชุบน้ำอีก เพราะในช่วงที่ชิ้นเหล็กถูกนำขึ้นมาจากอ่างเกลือแล้วจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างแต่อย่างใด ขั้นตอนการทำงานจะปรากฏดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 10 เส้นโค้งการเย็นตัวสำหรับ Austempering

ที่มา : Smith, 2004 : p. 460

5) การชุบแข็งเฉพาะผิว (Surface Hardening) เป็นการชุบแข็งเพื่อให้ได้ความแข็งเฉพาะตามบริเวณผิวเท่านั้น ส่วนเนื้อเหล็กภายใต้ผิวแข็งจนถึงใจกลางยังคงเป็นเนื้อเหล็กเดิม ซึ่งมีความเหนียวสูง ความมุ่งหมายก็เพื่อต้องการให้เหล็กทนต่อการสึกหรอในขณะใช้งาน ทนต่อแรงบิดหรือแรงกระแทกอย่างรุนแรงได้ดีโดยไม่แตกหัก นับเป็นกระบวนการชุบแข็งเหล็กที่มีส่วนดีกว่าการชุบแข็งตามที่ได้กล่าวมาแล้ว เพราะการชุบแข็งโดยวิธีที่กล่าวมาแล้วแม้จะได้ความแข็งที่ผิวสูงก็ตาม แต่จะสูญเสียความเหนียวของเหล็ก การอบคืนตัวจะช่วยเพิ่มความเหนียวได้บ้าง แต่กลับจะต้องสูญเสียความแข็งไปบ้าง ยกเว้นเหล็กผสมสูงบางชนิดที่ทำให้ได้คุณภาพทั้งความแข็งและความเหนียว แต่เหล็กผสมสูงส่วนมากราคาจะแพง ดังนั้นจะเห็นว่าการชุบแข็งพื้นผิว จึงนับว่าเป็นกระบวนการชุบแข็งที่น่าสนใจมากในด้านความประหยัด และได้ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ดีมีคุณภาพพร้อมทั้งความแข็งผิวและ ความเหนียว ตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่นิยมทำการชุบแข็งผิว ได้แก่ เพลาข้อเหวี่ยง เพลาราวลิ้น เฟืองเกียร์ และอื่น ๆ

ก. การชุบแข็งพื้นผิวโดยวิธี Cyaniding เป็นกระบวนการเพิ่มทั้งปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนตามบริเวณผิวเหล็กโดยการใช้อ่างเกลือหลอมเหลว (Salt Bath) ของโซเดียมไซยาไนด์ (NaCN) หรือโปแตสเซียมไซยาไนด์ (KCN) หรือบางทีก็อาจจะใช้แคลเซียมไซยาไนด์ ($CaCN_2$) ขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการชุบแข็งพื้นผิวโดยวิธี Cyaniding ใช้วิธีการหลอมเกลือไซยาไนด์ผสมกับเกลือที่เป็นกลาง (Neutral salt) ได้แก่ NaCl และ Na_2CO_3 ตามสัดส่วนต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ เมื่อหลอมเกลือละลายที่อุณหภูมิต่าง ๆ ตามต้องการแล้ว จะนำเหล็กที่ต้องการชุบแข็งผิวมาอบจนร้อนที่อุณหภูมิ 100–400 ^{0}C ก่อนแล้วจึงจุ่มลงไปในอ่างเกลือเพื่อให้

อะตอมของคาร์บอนและไนโตรเจนแพร่ซึมเข้าไปจนได้ทั้งปริมาณ และความหนาพอกับความต้องการ ซึ่งขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิของอ่างเกลือ จากนั้นจึงเอาชิ้นเหล็กขึ้นจากอ่างเกลือ แล้วนำไปชุบน้ำ ต่อจากนี้อาจจะต้องนำชิ้นเหล็กที่มีผิวแข็งไปทำการอบคืนตัว (Temper) อีกครั้งหนึ่ง

ข. การชุบแข็งผิวโดยกระบวนการ Carbonitriding เป็นวิธีการชุบแข็งพื้นผิวโดยการเพิ่มปริมาณทั้งคาร์บอนและไนโตรเจนบริเวณผิวเหล็ก คล้ายคลึงกับการทำ Cyaniding แต่มีความแตกต่างกัน คือ กระบวนการ Carbonitriding สารที่ทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มคาร์บอนและไนโตรเจน จะเป็นก๊าซผสมระหว่างก๊าซ Carburizing ประมาณ 70 – 80% โดยปริมาตร กับก๊าซแอมโมเนียประมาณ 20–30% ซึ่งการทำ Carbonitriding เป็นการทำ Carburizing ด้วยก๊าซพร้อม ๆ กับการทำ Nitriding

ค. การชุบพื้นผิวโดยวิธี Nitriding เป็นการเพิ่มอะตอมของไนโตรเจนในลักษณะที่ทำให้อิ่มตัว (Saturating) ตามบริเวณผิวของเหล็ก มีลักษณะคล้ายกับการทำ Carburizing ซึ่งในกระบวนการ Carburizing เป็นการเพิ่มธาตุคาร์บอนให้กับเหล็กในสภาพออสเตนไนท์ ส่วนกระบวนการ Nitriding เป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้กับเหล็กในสภาพเฟอร์ไรท์ เพราะจะกระทำที่อุณหภูมิต่ำ ประมาณ 500-590 ^{0}C ซึ่งอุณหภูมิช่วงนี้ เหล็กยังคงสภาพเป็นเฟอร์ไรท์ และอุณหภูมิช่วงนี้เป็นช่วงที่เหล็กเฟอร์ไรท์ จะยอมให้อะตอมของไนโตรเจนละลายได้สูงที่สุดประมาณ 0.1% และที่อุณหภูมินี้จะเกิดปฏิกิริยา Eutectoid ของออสเตนไนท์ (2.35%N) แตกตัวให้เฟอร์ไรท์ (0.1%N) กับไนตรายของเหล็ก (Fe_4N หรือ γ') ที่มีไนโตรเจน 5.5–5.9% กระบวนการ Nitriding จะใช้ก๊าซไนโตรเจนซึ่งเป็นก๊าซเฉื่อยถ้าอยู่ในสภาพสมดุลย์ (N_2) ดังนั้น จะต้องใช้ก๊าซไนโตรเจนในสภาพอะตอมหรือสภาพแรกเกิด จึงจะสามารถแพร่ซึมเข้าสู่ผิวเหล็ก และรวมกับอะตอมของเหล็กให้เหล็กไนตราย (Fe_4N และ Fe_2N) ก๊าซที่จะให้ไนโตรเจนในสภาพอะตอมได้ก็คือ ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) เมื่อถูกเผาที่อุณหภูมิ 500-600 ^{0}C จะแตกตัวให้ก๊าซไฮโดรเจนกับก๊าซไนโตรเจน ดังปฏิกิริยา $2NH_3 \longrightarrow 2N + 3H_2$

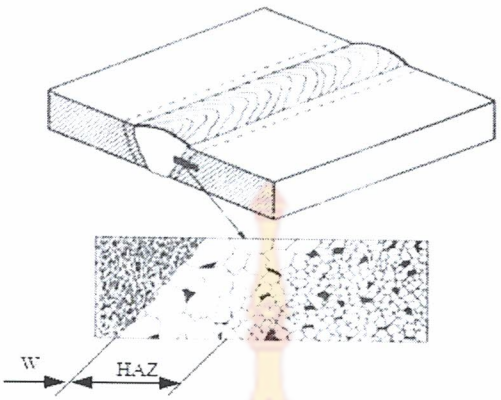
ง. การชุบแข็งพื้นผิวด้วยกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction Hardening) การชุบแข็งพื้นผิวด้วยกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำความถี่สูง ใช้กับเหล็กที่มีคาร์บอนปานกลาง (0.4–0.8%C) หรือเหล็กกล้าผสม (Alloy Steel) ที่มีปริมาณคาร์บอนปานกลาง ซึ่งเหล็กประเภทนี้สามารถชุบแข็งด้วยวิธีธรรมดาได้ และจะได้ความแข็งประมาณ 50–60 H_{RC} บางกรณีอาจชุบแข็งผิวด้วยวิธีนี้กับเหล็กที่มีคาร์บอนสูง (0.8–1.2%C) ได้ แต่ต้องควบคุมการให้ความร้อนที่ดี และควรจะเป็นงานขนาดใหญ่ เช่น ลูกรีดเหล็ก

จ. การชุบแข็งพื้นผิวโดยเปลวไฟ (Flame Hardening) การชุบแข็งพื้นผิวด้วยวิธีโดย เปลวไฟเป็นวิธีที่คล้ายคลึงในหลักการเช่นเดียวกับการชุบแข็งพื้นผิวโดยกระแส

เหนี่ยวนำความถี่สูง ผลที่ได้รับใกล้เคียงกัน เหล็กที่จะชุบแข็งพื้นผิวได้จะต้องมีส่วนผสมโดยเฉพาะคาร์บอนอยู่ในช่วงเดียวกัน (0.4–0.8%C) และอาจจะมีโครเมียมหรือนิเกิลผสมในเหล็ก ผลที่ได้ก็จะยิ่งดีขึ้น หลักการคล้ายคลึงกัน คือ ใช้วิธีทำให้ผิวเหล็กร้อนที่อุณหภูมิสูงจนโครงสร้างเดิมเปลี่ยนเป็นออสเตนไนท์ภายในระยะเวลาที่กำหนด เพื่อเนื้อเหล็กที่อยู่ลึกลงไปใต้ผิวไม่เปลี่ยนแปลง จากนั้นให้เหล็กเย็นลงอย่างรวดเร็วโดยการชุบในสารชุบจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากออสเตนไนท์ไปเป็น มาร์เทนไซต์ หรือเบนไนท์ขึ้นอยู่กับอัตราการเย็นตัว เปลวไฟที่เหมาะสมที่สุดจะเป็นเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ของก๊าซออกซิเจนกับอะเซทิลีน หรือก๊าซออกซิเจนกับก๊าซไฮโดรคาร์บอนอื่น ๆ เช่น บิวเทนหรือโพรเพน

ฉ. การชุบแข็งด้วยวิธี Electrolytic อาศัยหลักการจากปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่เรียกว่า Cathode Effect โดยมีทฤษฎีที่ว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าตรง ความต่างศักย์ปานกลาง 200–220 โวลท์ และมีความเข้มข้นของกระแสต่อพื้นที่สูงประมาณ 3–6 แอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร ไหลผ่าน อ่างน้ำยา Electrolyte ที่เป็นโซเดียมคาร์บอเนตหรือโปแตสเซียมคาร์บอเนต 5–10% โดยมีแท่ง คาโทด และแอโนด จะปรากฏว่าที่แท่งคาโทดจะมีฟองก๊าซไฮโดรเจนปกคลุมอยู่ เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนมีสมบัติความต้านทานไฟฟ้าสูง กระแสไฟฟ้าที่ผ่านจากคาโทดไปยังน้ำยา Electrolyte จะต้องผ่านขั้นของฟองก๊าซไฮโดรเจนรอบ ๆ แท่งคาโทด จะทำให้เกิดความร้อนสูงประมาณ 2000 ^{0}C จากปรากฏการณ์นี้จึงนำมาใช้กับการชุบแข็งผิว โดยการนำแท่งเหล็กไปต่อกับสายไฟที่เป็นขั้วลบแช่ในน้ำยา และตัวอ่างน้ำยา Electrolyte ทำหน้าที่เป็นขั้วบวก จากนั้นปล่อยกระแสไฟตรงความต่างศักย์ 200–220 โวลท์ ที่ความเข้ม 3–6 แอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตรให้ไหลผ่าน ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผิวของแท่งเหล็กจนร้อนแดงภายในระยะเวลา 10–40 วินาที หลังจากนั้นจะต้องตัดกระแสไฟ และปล่อยให้แท่งเหล็กเย็นตัวโดยอาศัยน้ำยา Electrolyte ทำหน้าที่เป็นทั้งเตาอบและถังชุบเย็น (Cooling Tank) ไปในตัว วิธีการนี้อาจจะมีข้อยุ่งยากอยู่บ้างตรงที่จะทำการชุบแข็งผิวติดต่อกันหลาย ๆ ชิ้น น้ำยา Electrolyte จะร้อนจัด แต่แก้ไขได้ถ้าจะทำจำนวนมากจะต้องใช้น้ำยา Electrolyte ที่สามารถถ่ายเทหรือมีอุปกรณ์ทำให้เย็นช้าช่วยแก้ปัญหา ในปัจจุบันยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก เพราะราคากระแสไฟฟ้ามีราคาแพง และยังไม่สะดวกตรงที่จะต้องมีอุปกรณ์มาแปลงไฟขนาดใหญ่จากกระแสไฟฟ้าสลับมาเป็นกระแสตรง นอกจากนี้ยังไม่เหมาะที่จะชุบแข็งผิวที่มีความหนามากนัก เพราะจะทำให้ผิวด้านนอกมีความร้อนสูงเกินไป (Overheat)

2.4.3 การตรวจสอบทางโลหะวิทยาอาจต้องใช้ร่วมกับการตรวจสอบด้วยสายตา เช่น การส่องดูด้วยแว่นขยายหรือกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำกว่า 10 เท่า หรือ ตรวจสอบด้วยตาเปล่าเพื่อดูโครงสร้างมหภาคหรือลักษณะรอยเชื่อม หรือตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยายสูงกว่า 10 เท่า



รูปที่ 11 ลักษณะชิ้นงานตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยา

การตรวจสอบโครงสร้างของโลหะโดยทั่วไปสามารถตรวจสอบได้ 2 วิธี คือ การตรวจสอบโครงสร้างมหภาค (Macrostucture) และการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (Microstucture) การตรวจสอบโครงสร้างทั้ง 2 วิธีดังกล่าวนี้ ก็เพื่อต้องการทราบอิทธิพลของธาตุผสมในโลหะที่ทำการตรวจสอบนั้น ๆ อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายหลังจากการกระทำทางความร้อนสิ้นสุดลงอีกด้วยข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบโครงสร้างสามารถนำไปใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมดังได้กล่าวแล้วว่า การตรวจสอบโครงสร้างนั้นสามารถทำได้ 2 วิธี ซึ่งการตรวจสอบแต่ละวิธีมีความแตกต่างกันโดยมีรายละเอียดดังนี้ การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคนี้ เป็นการตรวจสอบโครงสร้างด้วยการมองด้วยตาเปล่า หรือถ้าใช้กล้องขยายก็มีกำลังขยายไม่เกิน 50 เท่า การเตรียมชิ้นงานเพื่อการตรวจสอบโครงสร้างมหภาคนั้นไม่ยุ่งยาก เพราะว่าเป็นการตรวจสอบรูพรุนภายในของโลหะ การแยกชั้นของผลึก รอยร้าว รอยแตก หน้าตัดที่ถูกดึงจนขาด และปริมาณธาตุผสมในโลหะของชิ้นงาน

2.4.4 การทดสอบสมบัติทางกล โดยทำการทดสอบความแข็ง (Hardness Test) เป็นการทดสอบการวัดความแข็งที่มีความสามารถของโลหะในการต้านทานต่อการแปรรูปถาวร เมื่อถูกแรงกดจากหัวกดกระทำลงบนชิ้นงานทดสอบ การทดสอบความแข็งที่นิยมใช้กับงานเชื่อมคือการทดสอบแบบวิกเกอร์ (Vickers) เนื่องจากการทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์จะเหมาะสำหรับการวัดบริเวณพื้นที่หน้าตัดของแนวเชื่อม โดยในการวัดความแข็งจะใช้หัวกดเพชรมีลักษณะเป็นปิรามิดฐานสี่เหลี่ยม ที่ปลายหัวกดทำมุม 136 องศาเป็นเวลา 10 - 15 วินาที ค่าความแข็งจะคำนวณจากแรงกดที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิว สามารถวัดค่าความแข็งได้ตั้งแต่โลหะที่นิ่มมากที่ค่าความ

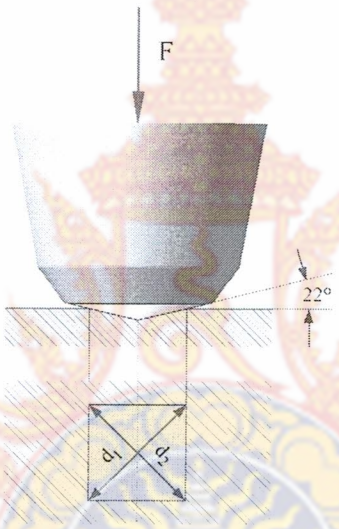
แข็งประมาณ 5 กิโลกรัมแรงต่อตารางมิลลิเมตร(kgf/mm^2) จนถึงโลหะที่แข็งมาก ๆ ประมาณ 1500 กิโลกรัมแรงต่อตารางมิลลิเมตร โดยไม่ต้องเปลี่ยนหัวกด จะเปลี่ยนก็เฉพาะแรงกดเท่านั้น โดยมีตั้งแต่ 1-120 กิโลกรัมแรง (kgf) ขึ้นอยู่กับความแข็งของโลหะที่ทดสอบ

$$HV = \frac{1.854P}{d^2}$$

โดยที่ HV คือ ค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ (kgf/mm^2)

P คือ แรงกด (kgf)

d คือ ขนาดเส้นทแยงมุม d_1 และ d_2 เฉลี่ย (mm)



รูปที่ 12 รอยกดและแนวทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาการพัฒนาคุณภาพของมีดกรีดยางโดยทำการศึกษาสมบัติของวัสดุและคุณภาพของมีกรีดยาง ลักษณะของมมีดกรีดยางที่มีใช้ในภาคใต้ และศึกษาวัสดุที่นำมาใช้ผลิตมีดกรีดยางและสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางที่ผลิตขึ้น ดังนั้นจึงได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 ศึกษาสมบัติของวัสดุและคุณภาพของมีกรีดยางที่มีใช้ในภาคใต้

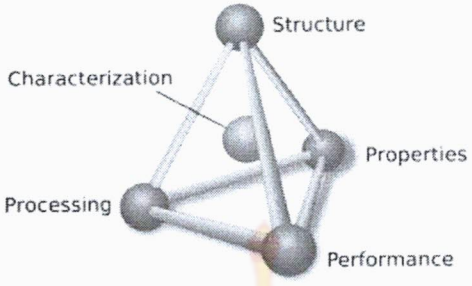
3.1.1 ลักษณะของมมีดกรีดยาง การศึกษาขั้นต้น กำหนดพื้นที่สำรวจได้แก่ จังหวัดพัทลุง ตรัง สงขลา สุราษฎร์ธานีและนครศรีธรรมราช โดยทำการศึกษาการใช้งาน ชนิดมีดกรีดยางพาราจาก การจำหน่ายมีดกรีดยางและการใช้มีดกรีดยางจากชาวสวนยางโดยตรง

3.1.2 ศึกษาสมบัติและคุณภาพของมมีดกรีดยาง ในการศึกษาสมบัติทางกล ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิตมีด โดยใช้ทฤษฎีด้านวิศวกรรมย้อนรอยเพื่อศึกษาถึงสมบัติต่างๆ ของมีดกรีดยางที่จำหน่ายในเขตจังหวัดข้างต้น เพื่อเปรียบเทียบข้อแตกต่าง และศึกษากระบวนการผลิต

3.2 ออกแบบกระบวนการผลิตมีดกรีดยางและเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม

3.2.1 กรอบแนวความคิดพื้นฐาน

จากองค์ประกอบพื้นฐานในการศึกษาทางด้านวัสดุไม่ว่าจะเป็นวัสดุศาสตร์หรือวัสดุวิศวกรรม ประกอบด้วย โครงสร้างพื้นฐาน (Structure) ลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุ (Characterization) สมบัติของวัสดุ (Properties) กระบวนการผลิต (Processing) และสมรรถนะของวัสดุ (Performance) ดังแสดงไว้ใน รูปที่ 13 ซึ่งกลไกการพัฒนาวัสดุใหม่ในปัจจุบัน ยังเป็นกลไกในลักษณะเส้นตรง ซึ่งแนวทางในการพัฒนาวัสดุในรูปแบบใหม่จะมีขั้นตอนการพัฒนาที่ทับซ้อนกันและมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดีขึ้น



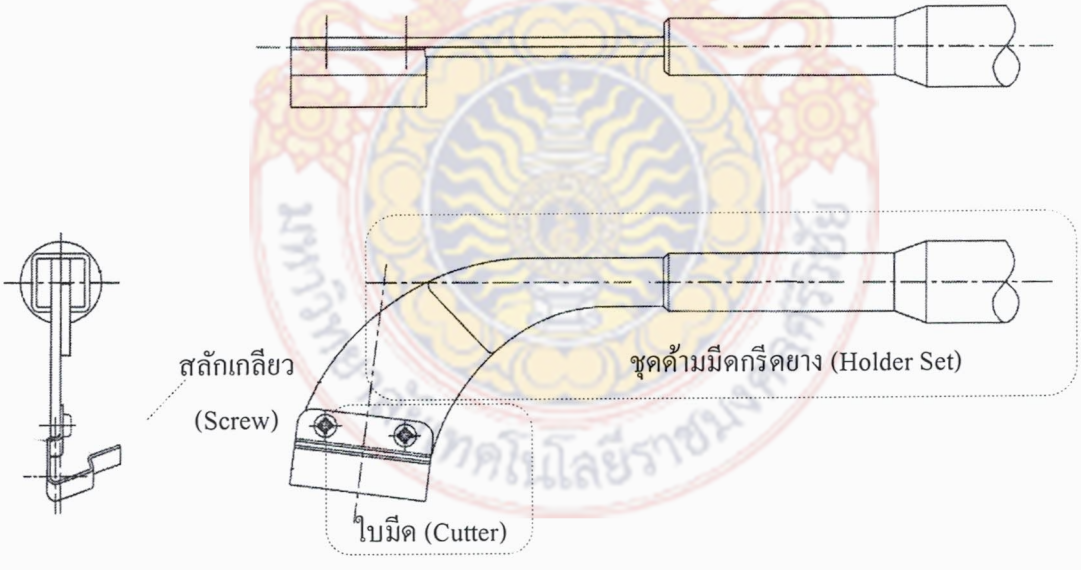
รูปที่ 13 องค์ประกอบพื้นฐานในการศึกษาวัสดุศาสตร์และวัสดุวิศวกรรม

3.2.2 การออกแบบและกระบวนการผลิตมีดกรีดยาง

1) การออกแบบมีดกรีดยาง

ก. ในการออกแบบมีดกรีดยางในเบื้องต้นโครงสร้างโดยรวม จะทำจากโลหะกลุ่มเหล็กซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ

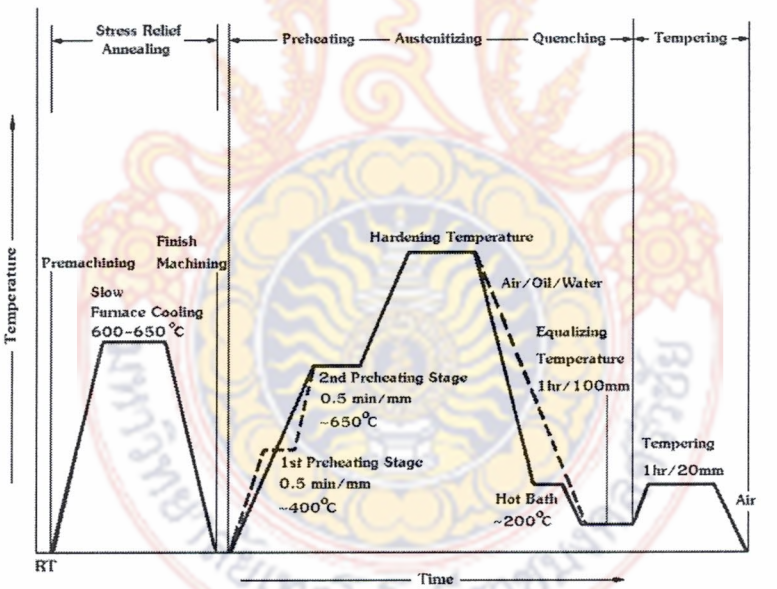
- ชุดด้ามมีดกรีดยางโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือด้านจับมีด (Holder) สันด้านมีด (Shoulder) และแผ่นยึดใบมีด (Blade)
- ใบมีด (Cutter)



รูปที่ 14 ส่วนประกอบของมีดกรีดยาง

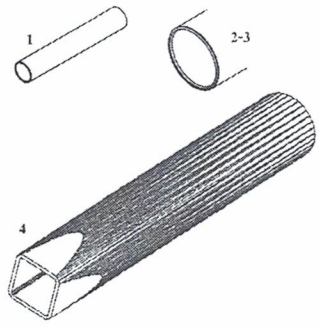
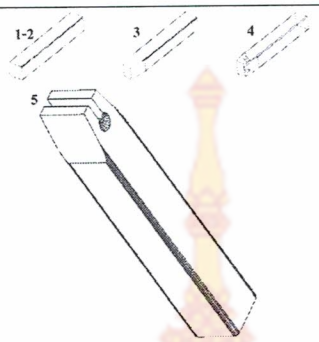
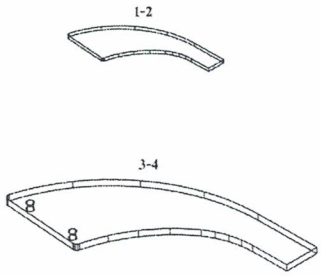
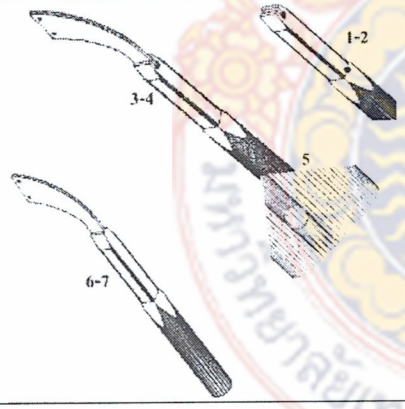
3.3 ผลิตมีกรีดยางต้นแบบ ทดสอบสมบัติต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบกับมีดกรีดยางมีใช้ในภาคใต้

3.3.1 การผลิตมีดกรียางต้นแบบ การศึกษาวัสดุที่นำมาใช้ผลิตมีดกรีดยางและสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางซึ่งจะทำการศึกษาวัสดุที่นำมาผลิตเป็นใบมีดโดยใช้วัสดุ 2 ชนิด คือ AISI L2 ซึ่งเป็นเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มงานเย็นที่มีส่วนผสมของโครเมียม-วาเนเดียม ทำให้สามารถชุบแข็งด้วยน้ำมันได้ และจากการมีคาร์บอนผสมเป็นปริมาณมาก ภายหลังการจุ่มชุบจึงทนทานต่อการสึกหรอได้ดี มีความเหมาะสมกับงานที่ต้องการความแข็ง และความทนทานต่อการเสียดสีสูง โดยยังคงมีความเหนียวที่ภายในอยู่บ้างเล็กน้อย เช่น พันซ์ เข็มกระทุ้ง สลักพิน ขนาดเล็กเป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทำเครื่องมือตัดกลึงไม้ หรือพลาสติกได้ดีอีกด้วย เช่น ดอกสว่าน รีมเมอร์ และ ต๊าปเกลียว เป็นต้น และ AISI O1 เป็นเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มงานเย็นที่สามารถชุบแข็ง ด้วยน้ำมัน จากการที่ผสมกันระหว่างของธาตุคาร์บอนและ แมงกานีสอย่างละประมาณ 1.0% โดยน้ำหนักทำให้มีความสามารถในการชุบแข็งลึก (Hardenability) ได้ดีเยี่ยม วัสดุทั้ง 2 ชนิดผ่านกระบวนการทางความร้อนและเพื่อทำการผลิตมีดต้นแบบโดยมีส่วนประกอบดังนี้



รูปที่ 15 กระบวนการทางทางความร้อนวัสดุ AISI O1 และ AISI L2

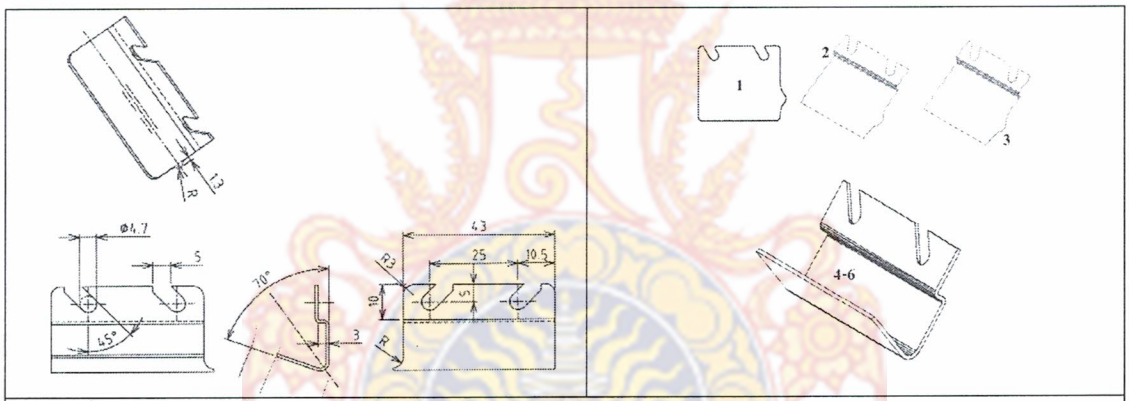
1) ชุดด้ามมีดกรีดยางโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ด้านจับมีด (Holder) สันด้านมีด (Shoulder) และ แผ่นยึดใบมีด (Blade)

<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>ด้านจับมีด (Holder)</td>
<td>สันด้านมีด (Shoulder)</td>
<td>แผ่นยึดใบมีด (Blade)</td>
</tr>
<tr>
<td>1 ตัดท่อขนาด ∅1″x1.5x148
2-3 ลบคมปลายท่อด้านนอกและใน
4 ขึ้นรูป □ 17x17x35</td>
<td>1- 2 ตัดเหล็กขนาด□17x17x106 และลบคมหัวท้าย
3 กัดลาดซ้ายขวา ขนาด 3.5x20
4 เจาะทำหลุม ขนาด ∅ 6มม ลึก 3 มม
5 กัดร่องขนาด 3x11.5</td>
<td>1- 2 ขึ้ นรูปเหล็กขนาด 65x111x3.2
3 เจาะรู ขนด ∅ 3.4 มม
4 ต๊าปเกลียวรูในขนาด M4x0.7</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2"> 
</td>
<td>1 2 ทำการเชื่อมด้ามมีดและสันมีดให้ติดกัน โดยทำการเชื่อม 2 ด้าน
3- 4 ทำการเชื่อมสันมีดและแผ่นยึดใบมีดให้ติดกันและทำการตกแต่ง
5 เจาะรูด้าม ∅ 4.5 มม
6-7 ตกแต่งและพ่นสี</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="3">ชุดด้ามมีดกรีดยาง (Holder Set)</td>
</tr>
</table>

รูปที่ 16 การออกแบบชุดด้ามมีดกรีดยางและการออกแบบกระบวนการ

รูปที่ 17 ชุดด้ามมีดกรีดยาง

2) ใบมีด (Cutter)



1 ขึ้นรูป

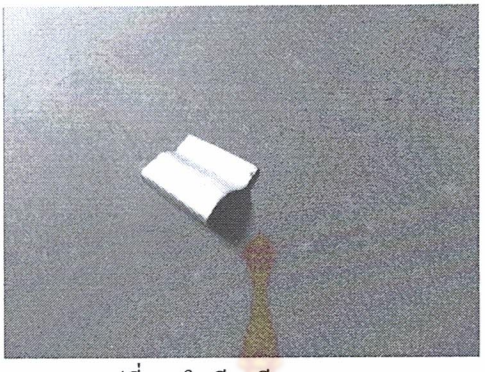
2 พับขึ้นรูปส่วนปีก

3 พับขึ้นรูปส่วนคมมีลักษณะลาด

4-6 พับร่อง V ขนาดมุม 70^0 ชุบแข็ง โดยทำการชุบแข็งและอบคืนไฟ และทดสอบความแข็ง และเจียรไนยลับคม

ใบมีดแบบคมเดี่ยว (Single Cutter Blade)

รูปที่ 18 การออกแบบใบมีดกรีดยางและกระบวนการผลิต



รูปที่ 19 ใบมีดกรีดยาง

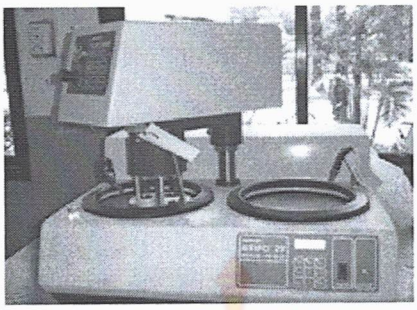
3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบและทดสอบ

1) เครื่องมือในการตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยา ประกอบด้วย

ก. เครื่องตัดชิ้นงานแบบ Abrasive Cutting – off 2 เครื่องหมายการค้า METKON รุ่น METACUT- M250 เพื่อใช้เป็นเครื่องตัดชิ้นงานชนิดใบตัดเลื่อนเข้าหาชิ้นงานโดยใช้มือโยกบังคับ ดังแสดงในรูปที่ 20

รูปที่ 20 เครื่องตัดชิ้นงานตรวจสอบ

ข. เครื่องขัดชิ้นงานอัตโนมัติแบบ Grinding - Polshing เครื่องหมายการค้า METKON รุ่น GPIPO 2V เป็นเครื่องขัดผิวชิ้นงานด้วยจานกลม หมุนแนวนอน ติดได้ทั้งกระดาษทรายและผ้าขัด สามารถแสดงจำนวนรอบเป็นตัวเลข ดังแสดงในรูปที่ 21



รูปที่ 21 เครื่องขัดชิ้นงานอัตโนมัติ

ค. กล้องจุลทรรศน์ เครื่องหมายการค้า ZEIZZ รุ่น AX10 Imager A1m เป็นเครื่องมือสำหรับดูโครงสร้างจุลภาคของเนื้อเชื่อมบริเวณอิทธิพลทางความร้อน และบริเวณเนื้อโลหะงาน ดังแสดงในรูปที่ 22

รูปที่ 22 กล้องจุลทรรศน์และอุปกรณ์บันทึกภาพ

3.3.3 ขั้นตอนการทดลอง

1) การตรวจสอบโครงสร้างโลหะวิทยา

2) การตัดชิ้นงานเชื่อมที่ต้องการตรวจสอบโครงสร้าง เพื่อให้การขัดผิวกระทำโดยง่ายไม่ต้องทำเรือน

3) การขัดผิวชิ้นงานตรวจสอบ ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 150, 220, 500, 600, 800, 1000 และ 1200 ตามลำดับ

4) การขัดมัน (Polishing) เป็นการขัดผิวมันของชิ้นงานตรวจสอบด้วยผงอะลูมินา ใช้ขนาดตั้งแต่ 0.5 - 0.03 ไมครอน ด้วยจานหมุนที่ห่อหุ้มด้วยผ้าสักหลาด ใช้ผงอะลูมินาผสมกับแอลกอฮอล์ลงบนสักหลาดแล้วขัดผิวจนเป็นมัน

5) การกัดด้วยน้ำยา ชิ้นงานตรวจสอบที่ถูกขัดจนเป็นมันแล้วล้างด้วยแอลกอฮอล์ แล้วนำไปกัดด้วยกรดกัด หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำเปล่าจนชิ้นงานแห้ง แล้วเคลือบด้วยแลคเกอร์ นำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยา

3.3.4 การทดสอบสมบัติทางกล

1) การเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบความแข็งด้วยวิธีการทดสอบแบบวิกเกอร์ จะใช้ชิ้นงานชิ้นเดียวกันกับการตรวจสอบโครงสร้างโลหะวิทยา

2) กำหนดตำแหน่งการทดสอบบริเวณเนื้อเชื่อม บริเวณอิทธิพลทางความร้อน และเนื้อโลหะงาน

3) ใช้หัวกดเพชรที่มีลักษณะเป็นปิรามิดฐานสี่เหลี่ยม ที่ปลายหัวกด 136 องศา ตามมาตรฐาน ASTM E 92

4) ใช้แรงกด 10 กิโลกรัมแรง กดแช่เป็นเวลา 10 วินาที

5) บันทึกข้อมูล วิเคราะห์ผลจากการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแข็ง

3.4 การเปรียบเทียบมีดกรีดยางต้นแบบกับมีดกรีดยางที่มีใช้ในภาคใต้

ทดสอบการทำงานได้ของเครื่อง ที่สามารถใช้งานได้และเปรียบเทียบคุณภาพวัตถุดิบผักตบชวา ต้นทุน และเวลาในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบผักตบชวาทั้งก่อนและหลังปรับปรุง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในการศึกษาการพัฒนาคุณภาพของมีดกรีดยางโดยทำการศึกษาสมบัติของวัสดุและคุณภาพของมีกรีดยาง ลักษณะของมมีดกรีดยางที่มีใช้ในภาคใต้ และศึกษาวัสดุที่นำมาใช้ผลิตมีดกรีดยางและสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางที่ผลิตขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการศึกษาสมบัติของวัสดุและคุณภาพของมีกรีดยางที่มีใช้ในภาคใต้

ตารางที่ 1 สมบัติของวัสดุและคุณภาพของมีกรีดยางที่มีใช้ในจังหวัดต่าง ๆ

พื้นที่สำรวจ : จังหวัดพัทลุง					ลักษณะมีดที่ใช้ : มีดเจ๊ะบง						
	1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	ค่าเฉลี่ย
ค่าความแข็ง (HRC)	50	49	48	55	50	55	51	52	54	53	51.7
อายุการใช้งาน (วัน)	251	245	255	241	238	241	259	255	260	240	248.5
พื้นที่สำรวจ : จังหวัดตรัง					ลักษณะมีดที่ใช้ : มีดเจ๊ะบง						
	1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	ค่าเฉลี่ย
ค่าความแข็ง (HRC)	55	56	58	59	58	59	57	55	59	60	57.6
อายุการใช้งาน (วัน)	274	276	280	281	290	285	286	240	241	285	273.8

ตารางที่ 1 ต่อ

พื้นที่สำรวจ : จังหวัดสงขลา					ลักษณะมีดที่ใช้ : มีดเจ๊ะบง						
	1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	ค่าเฉลี่ย
ค่าความแข็ง (HRC)	60	61	59	61	62	59	58	57	59	60	59.6
อายุการใช้งาน (วัน)	305	308	309	298	297	295	294	289	320	290	300.5
พื้นที่สำรวจ : จังหวัดสุราษฎร์ธานี					ลักษณะมีดที่ใช้ : มีดเจ๊ะบง						
	1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	ค่าเฉลี่ย
ค่าความแข็ง (HRC)	50	51	54	56	55	52	53	52	51	50	52.4
อายุการใช้งาน (วัน)	259	265	264	270	240	250	268	261	273	265	261.5
พื้นที่สำรวจ : จังหวัดนครศรีธรรมราช					ลักษณะมีดที่ใช้ : มีดเจ๊ะบง						
	1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	ค่าเฉลี่ย
ค่าความแข็ง (HRC)	64	62	63	62	61	63	64	59	58	63	61.9
อายุการใช้งาน (วัน)	312	330	309	298	300	325	294	330	325	335	315.8

4.1.1 ลักษณะของมมีดกรีดยาง

การศึกษาขั้นต้น กำหนดพื้นที่สำรวจได้แก่ จังหวัดพัทลุง ตรัง สงขลา สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช โดยทำการศึกษาการใช้งาน ชนิดมีดกรีดยางพารา การจำหน่ายมีดกรีดยาง และการใช้มีดกรีดยางจากชาวสวนยางโดยตรง ต่อจากนั้นใช้ทฤษฎีด้านวิศวกรรมย้อนรอยเพื่อศึกษาถึงสมบัติต่างๆ ของมีดกรีดยางที่จำหน่ายในเขตจังหวัดข้างต้น เพื่อเปรียบเทียบข้อแตกต่าง และศึกษากระบวนการผลิต ซึ่งโดยทั่วไปลักษณะของมีดกรีดยางที่นิยมใช้ คือ มีดเจ๊ะบง ลักษณะของมีดเจ๊ะบงแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้จับซึ่งเป็นไม้หรือเหล็กและส่วนที่เป็นตัวมีด ซึ่งตัวมีดทำด้วยเหล็ก มีลักษณะเป็นเส้นตรงต่อจากด้ามมีดแล้วค่อย ๆ โค้งลงไปทางด้านปลายของมีด ตอนปลายสุดของตัวมีดจะพับเข้าหาตัวมีดและมีการตกแต่งเป็นเดือยสำหรับการกรีดยาง

4.1.2 ศึกษาสมบัติและคุณภาพของมมีดกรีดยาง

ในการศึกษาสมบัติทางกล รวมถึงกระบวนการผลิตมีดกรีดยาง การทดสอบสมบัติทางกลพบว่า ค่าความแข็งอยู่ในช่วง 51.70 HRC ถึง 61.90 HRC และค่าความแข็งเฉลี่ย 56.64 HRC ซึ่งเป็นค่าความแข็งของเหล็กกล้าคาร์บอนที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่างกัน จากการศึกษากระบวนการผลิตมีดกรีดยางพบว่า อายุการใช้งานมีดกรีดยางที่จำหน่าย อายุการใช้งานโดยเฉลี่ย 280.02 วัน

4.2 ผลการศึกษาวัสดุที่นำมาใช้ผลิตมีดกรีดยางและสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยาง

การศึกษาวัสดุที่นำมาใช้ผลิตมีดกรีดยางและสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางซึ่งจะทำการศึกษาวัสดุที่นำมาผลิตเป็นใบมีดโดยใช้วัสดุ 2 ชนิด คือ AISI L2 และ AISI O1

4.2.1 ค่าความแข็งและเวลาที่ใช้ในการลับมีดกรีดยาง

ตารางที่ 2 ค่าความแข็งและเวลาที่ใช้ในการลับมีดกรีดยาง

วัสดุ	ค่าความแข็ง (HRC)	เวลาที่ใช้ในการลับมีกรีดยาง (นาที)										เฉลี่ย (นาที)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
AISI L2	57	45	50	55	40	42	51	49	55	58	57	50.2
AISI O1	60	50	52	51	51	49	55	58	45	55	43	50.9

4.2.2 การใช้งานของมีดกรีดยาง

ตารางที่ 3 การใช้งานของมีดกรีดยาง

วัสดุ	การใช้งานมีดต่อการลับมีกรีดยางในแต่ละครั้ง (ต้น)										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(ต้น)
AISI L2	300	275	350	400	422	395	355	400	330	450	367.7
AISI O1	320	300	345	415	433	390	400	420	430	455	390.8

การศึกษาวัสดุที่นำมาใช้ผลิตมีดกรีดยางและสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางซึ่งจะทำการศึกษาวัสดุที่นำมาผลิตเป็นใบมีดโดยใช้วัสดุ 2 ชนิด คือ วัสดุ AISI L2 ผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางซึ่งมีค่าความแข็งเท่ากับ 57.0 HRC และ วัสดุ AISI O1 ผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางซึ่งมีค่าความแข็งเท่ากับ 60.0 HRC โดยวัสดุทั้ง 2 ชนิด ได้ผ่านกระบวนการขึ้นรูปและกระบวนการทางความร้อน สำหรับเวลาที่ใช้ในการลับมีดกรีดยาง วัสดุที่นำมาผลิตเป็นใบมีดวัสดุ AISI L2 ผลการลับมีดกรีดยางใช้เวลาเฉลี่ย 50.2 นาที โดยในแต่ละครั้งของการลับสามารถใช้งานกรีดยางได้เฉลี่ย 367.6 ต้น และ วัสดุ AISI O1 ผลการลับมีดกรีดยางใช้เวลาเฉลี่ย 50.9 นาที โดยในแต่ละครั้งของการลับสามารถใช้งานกรีดยางได้เฉลี่ย 390.8 ต้น ทั้งนี้มีดกรีดยางต้องได้รับการลับแต่งให้มีสภาพที่เหมาะสมที่จะใช้ทำการกรีด อีกทั้งผู้กรีดต้องฝึกใช้มีดจนมีความชำนาญในการใช้ด้วย

4.2.3 การสึกหรอจากการลับมีดกรีดยาง

ตารางที่ 4.4 การสึกหรอจากการลับมีดกรีดยาง

วัสดุ	การสึกหรอจากการลับมีดกรีดยาง (กรัม)										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(กรัม)
AISI L2	0.0520	0.0510	0.0500	0.0510	0.0550	0.0550	0.0570	0.0500	0.0550	0.0550	0.0531
อายุการใช้งาน 350 ครั้ง											
AISI O1	0.0480	0.0500	0.0560	0.0400	0.0430	0.0510	0.0500	0.0530	0.0560	0.0500	0.0497
อายุการใช้งาน 330 ครั้ง											

จากการศึกษาการสึกหรอจากการลับมีดกรีดยาง พบว่า วัสดุที่นำมาผลิตเป็นใบมีดวัสดุ AISI L2 ผลการการสึกหรอจากการลับเฉลี่ย 0.0531 กรัม/ครั้ง โดยในแต่ละครั้งของการลับสามารถใช้งานกรีดยางได้เฉลี่ย 367.6 ต้น และ วัสดุ AISI O1 ผลการการสึกหรอจากการลับเฉลี่ย 0.0497กรัม/ครั้ง โดยในแต่ละครั้งของการลับสามารถใช้งานกรีดยางได้เฉลี่ย 390.8 ต้น

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาการพัฒนาคุณภาพของมีดกรีดยางโดยทำการศึกษาสมบัติของวัสดุและคุณภาพของมีกรีดยาง ลักษณะของมมีดกรีดยางที่มีใช้ในภาคใต้ และศึกษาวัสดุที่นำมาใช้ผลิตมีดกรีดยางและสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางที่ผลิตขึ้น สามารถสรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1 เพื่อศึกษากระบวนการและวัสดุที่ใช้ในการผลิตมีดกรีดยาง

1.2 เพื่อนำวัสดุและออกแบบกระบวนการที่เหมาะสมและส่งผลต่อคุณภาพที่ดีของมีดกรีดยาง

5.2 สรุปผลการทดลอง

5.2.1 ผลการศึกษาสมบัติของวัสดุและคุณภาพของมีกรีดยางที่มีใช้ในภาคใต้ พบว่า ลักษณะของมมีดกรีดยาง ซึ่งทำการสำรวจในพื้นที่ จังหวัดพัทลุง ตรัง สงขลา สุราษฎร์ธานีและนครศรีธรรมราช มีดกรีดยางที่นิยมใช้ คือ มีดเจ๊ะบง มีดกรีดยางดังกล่าวค่าความแข็งเฉลี่ย 56.64 HRC และมีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ย 280.02 วัน

5.2.2 ผลการศึกษาวัสดุที่นำมาใช้ผลิตมีดกรีดยางและสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางต้นแบบโดยใช้วัสดุ 2 ชนิด คือ AISI L2 และ AISI O1 พบว่า วัสดุ AISI L2 ผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางซึ่งมีค่าความแข็งเท่ากับ 57.0 HRC ผลการลับมีดกรีดยางใช้เวลาเฉลี่ย 50.2 นาที โดยในแต่ละครั้งของการลับสามารถใช้งานกรีดยางได้เฉลี่ย 367.6 ต้น ผลการการสึกหรอจากการลับเฉลี่ย 0.0531 กรัม/ครั้ง และ วัสดุ AISI O1 ผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของมีดกรีดยางซึ่งมีค่าความแข็งเท่ากับ 60.0 HRC ผลการลับมีดกรีดยางใช้เวลาเฉลี่ย 50.9 นาที โดยในแต่ละครั้งของการลับสามารถใช้งานกรีดยางได้เฉลี่ย 390.8 ต้น ผลการการสึกหรอจากการลับเฉลี่ย 0.0497กรัม/ครั้ง โดยวัสดุทั้ง 2 ชนิด ได้ผ่านกระบวนการขึ้นรูปและกระบวนการทางความร้อน

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการพัฒนาคุณภาพของมีดกรีดยาง มีรายละเอียดดังกล่าวมาข้างต้นแล้ว สามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงพัฒนาให้มีดกรีดยางมีคุณภาพ คือ ควรทำวัสดุชนิดอื่น และควรทำการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ที่มีผลต่อการใช้งานทางวิศวกรรมรวมถึงควรทำการออกแบบและผลิตเพื่อเปรียบเทียบการนำไปใช้งานโดยใช้ใบมีดแบบคู่ และใช้แม่พิมพ์ในการขึ้นรูปของใบมีด

บรรณานุกรม

สุจินต์ แม้นเหมือน. การเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจยางต้องเน้นการตลาด : วารสารยางพารา ปีที่ 34 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม, 2556

พิชิต สพโชค, พิศมัย จันทุมา, อารักษ์ จันทุมา, นอง ยกถาวร และสว่างรัตน์ สมนาค. ทดสอบการกรีดยา สำหรับสวนยางขนาดเล็ก. รายงานการวิจัย. สถาบันวิจัยยางกรมวิชาการเกษตร, 2546.

สมจิต แก้วทิพย์รัตน์ และเวท ไทยนุกูล. วิธีการกรีดยางและการลับมีดกรีดยาง. เอกสารคำแนะนำและเอกสารเผยแพร่ยางพารา. 2526.

Askeland , Donald R. The Science and Engineering of Materials. Oxford UK, Chapman N Hall, 1996.

Smith William F. Foundations materials science and engineering. 3th Singapore McGraw-Hill, Book company, 2004.

Smith William F. Principles of materials science and engineering. 5th Singapore McGraw-Hill, Book company, 2000.

William O. Fellers. Material testing and properties for technicians. New Jersey, Prentice-hall, 1990.

รายงานการวิจัย
การพัฒนาคุณภาพมีดกรีดยาง
The Quality Development of Rubber Tapping Knife
เดช เหมือนขาว Dech Maunkhaw
ยงยุทธ ดุลยกุล Yongyuth Dunyakul
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2557

ภาคผนวก

สมบัติและการใช้งาน วัสดุ AISI L2 และ AISI O1

❑ คุณลักษณะทั่วไป (General Characteristics)

ส่วนผสมทางเคมี (%wt.)	C	Cr	V
	1.20	0.7	0.1
AISI	L2		
JIS	SKS-2		
DIN	1.2210 / 115CrV3		
สภาพจำหน่าย	อบอ่อน และเจียรผิว พิกัดความเผื่อ h8 ความแข็งสูงสุดไม่เกิน 235 HB		
สภาพหลังชุบ	ชุบแข็งและอบคืนตัว 54-62 HRC		

2210 เป็นเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มงานเย็นที่มีส่วนผสมของโครเมียม-วาเนเดียม ทำให้สามารถชุบแข็งด้วยน้ำมันได้ และจากการมีคาร์บอนผสมเป็นปริมาณมากทำให้สามารถชุบแข็งให้ได้ความแข็งสูงถึง 64 HRC ภายหลังการจุ่มชุบจึงทนทานต่อการสึกหรอได้ดี นอกจากนี้การมีส่วนผสมของวาเนเดียม 0.1% ทำให้โครงสร้างมีเกรนที่เล็กละเอียด จึงมีความเหนียวแกร่งดีขึ้น

2210 จำหน่ายในสภาพอบอ่อนและผ่านการเจียรผิวแล้ว (silver steel) โดยมีค่าพิกัดเผื่อความผิดพลาด(tolerance) ตามมาตรฐาน DIN 670 : ISO h8

2210 มีความเหมาะสมกับงานที่ต้องการความแข็ง และความทนทานต่อการเสียดสีสูง โดยยังคงมีความเหนียวที่ภายในอยู่บ้างเล็กน้อย เช่น พันช์ เข็มกระทุ้ง สลักพิน ขนาดเล็กเป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทำเครื่องมือตัดกลึงไม้ หรือพลาสติกได้ดีอีกด้วย เช่น ดอกสว่าน รีมเมอร์ และ ต๊าปเกลียว เป็นต้น หรือสามารถใช้ทำดอกสว่านหรือที่ขูดฟันสำหรับงานทางทันตกรรม นอกจากนี้ยังสามารถชุบอินดักชั่นได้

❍ คุณลักษณะเด่น (Significant Characteristics)

- ผ่านการเจียรผิวแล้ว จึงสะดวกต่อการใช้งาน
- ชุบแข็งง่าย ให้ความแข็งสูงหลังการชุบแข็ง
- ต้านทานต่อการสึกหรอได้ดี
- ต้านทานต่อการสูญเสียปริมาณคาร์บอนที่ผิวดี
- ให้ความลึกผิวแข็งในระดับปานกลางถึงมาก
- สามารถชุบผิวแข็งแบบอินดักชั่นได้
- สามารถชุบฮาร์ดโครม หรือ รมดำ ได้

❑ คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

คุณสมบัติ	อุณหภูมิทดสอบ			
ค่าการนำความร้อน Thermal Conductivity (W/m·K)	20°C	350°C	700°C	
	33.5	32.0	31.0	
สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนระหว่าง 20°C ถึง Coefficient of thermal expansion between 20°C to (10^{-6}/°C)	100°C	200°C	300°C	400°C
	10.0	12.7	13.7	14.2
	500°C	600°C	700°C	
	14.9	15.8	16.8	
โมดูลัสของการยืดหยุ่น ที่ 20°C Modulus of elasticity (GPa) at 20°C	216			
ความหนาแน่น Density (g/cm^3)	7.85			
สภาพทางแม่เหล็ก Magnetizability	ชุบชับ			

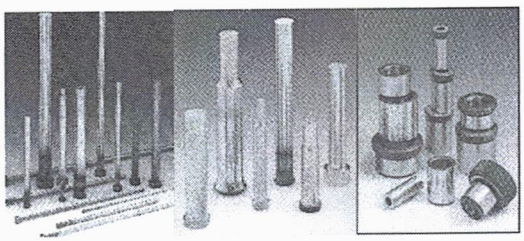
❍ การใช้งาน (Applications)

2210 เป็นเหล็กกล้าเครื่องมือที่สามารถต้านทานต่อการสึกหรอได้ดี จึงเหมาะสมกับงานที่ต้องการความแข็ง และความต้านทานต่อการเสียดสีสูง เช่น พันช์สำหรับตัดเจาะกระดาษ หรือโลหะที่มีความหนาไม่มากนักและมีปริมาณการผลิตต่ำ เข็มกระทุ้ง ชิ้นงาน สลักพิน ไพลอต ไกด์พิน เป็นต้น และ ดอกสว่าน รีมเมอร์ และ ต๊าปเกลียว สำหรับงานตัดกลึง ไม้ และ พลาสติก เป็นต้น ตัวอย่างของการนำไปใช้งานดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการใช้งานของ 2210

Applications	Hardness (HRC)
• **Blanking and Accessory Tooling** Punch guide, Guide pin, Guide bush Ejector pin, Ejector Plate	 58-62 56-60
• **Manufacture of Screws, Nuts, Rivets, Bolts and Balls** Ejectors	55-58

หมายเหตุ ความแข็งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน



ษัท ไทย-เยอรมันสเปเชี่ยลสตีลเซ็นเตอร์ จำกัด
ร: (02) 817-6025-9 โทรสาร: (02) 817-5445-6 www.thai-germansteel.com

ThyssenKrupp

❑ กระบวนการอบชุบความร้อน(Heat Treatments)

ตารางที่ 2 กระบวนการอบชุบทางความร้อน

การอบอ่อน	อุณหภูมิ (°C)	การเย็นตัว	ความแข็ง
	710–750	ในเตา	≤ 220 HB
การอบคลายความเค้น	อุณหภูมิ (°C)	เวลาคงไว้	การเย็นตัว
	650-675	1 ชม./นิ้ว^2	อากาศ

การเผาอุ่นชิ้นงาน	ขั้นที่	อุณหภูมิ (°C)	เวลา/ความหนา
	1	400	30 วินาที/มม.
	2	650	30 วินาที/มม.

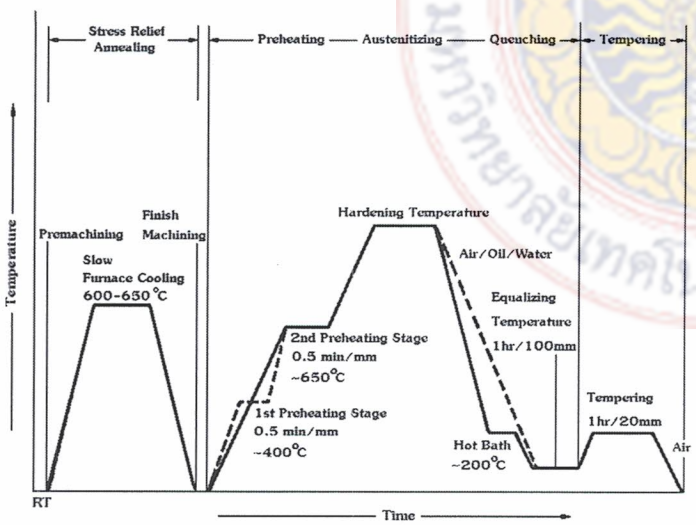
การชุบแข็ง	อุณหภูมิ (°C)	สารชุบ	ความแข็ง
	810-840	น้ำมัน หรือ	64 HRC
	780–810	น้ำ (∅>15 มม.)	64 HRC

การอบคืนตัว

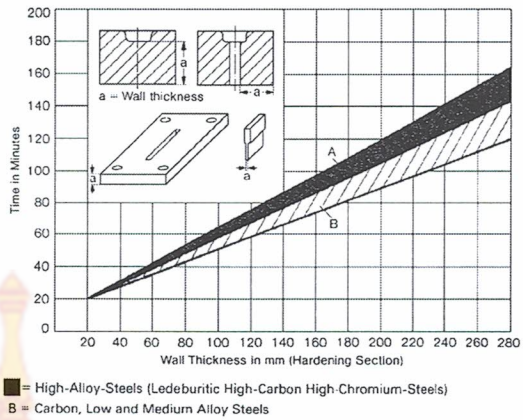
T (°C)	100	200	300	400	500	550	600
HRC	64	62	57	51	44	40	36

μ ขั้นตอนการชุบแข็ง (Hardening Processes)

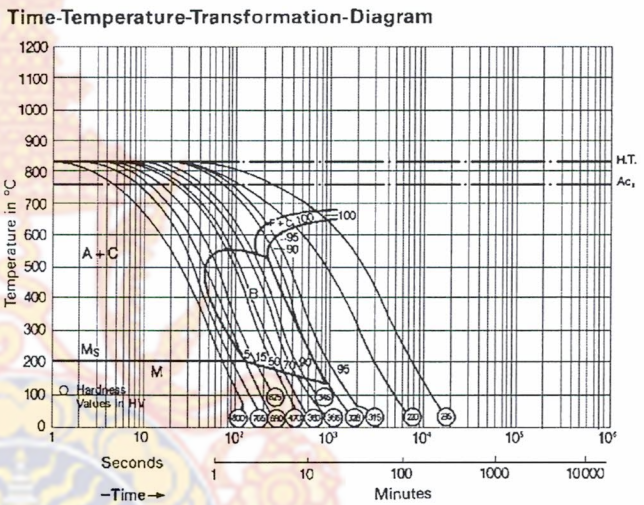
โดยทั่วไปควรทำการอบคลายเค้นชิ้นงานภายหลังจากที่ถูกกลึงหยาบอย่างรุนแรงก่อนที่จะเริ่มทำการชุบแข็งต่อไป ในการชุบแข็งเหล็กจะเริ่มด้วยการเผาอุ่นชิ้นงาน จากนั้นจึงทำการอบออสเทนไนต์ซิงค์ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนเฟสเป็นออสเทนไนต์ จากนั้นจึงทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ได้โครงสร้างของมาร์เทนไซต์ แล้วจึงทำการอบคืนตัวเพื่อลดความเครียด และปรับความแข็งให้ได้ตามต้องการ



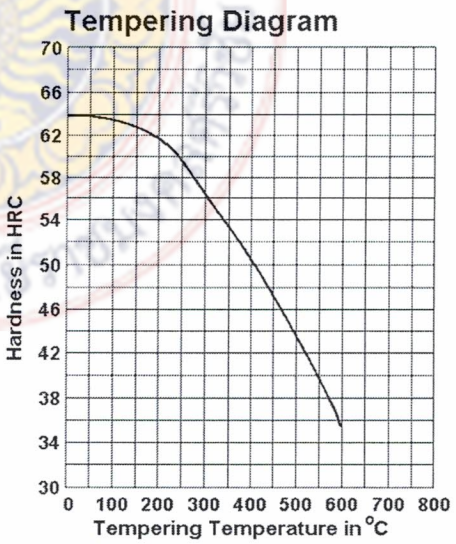
รูปที่ 1 แผนภาพการชุบแข็ง 2210



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาการเผาแช่กับความหนาของ 2210 ที่อุณหภูมิชุบแข็ง



รูปที่ 3 CCT diagram ของ 2210



รูปที่ 4 แผนภูมิการอบคืนตัว 2210

บริษัท ไทย-เยอรมันสเปเชี่ยลสตีลเซ็นเตอร์ จำกัด
ร: (02) 817-6025-9 โทรสาร: (02) 817-5445-6 www.thai-germansteel.com
ThyssenKrupp

❍ การอบสม่ำเสมอ (Equalization)

การอบสม่ำเสมอ เป็นการลดความเสี่ยงจากการเกิดรอยแตกร้าวเมื่อทำการจุ่มชุบชิ้นงานจนเย็นตัวถึงอุณหภูมิห้อง ซึ่งจะทำโดยขณะที่จุ่มชิ้นงานลงในสารชุบ เมื่ออุณหภูมิของชิ้นงานลดลงมาจนมีอุณหภูมิเหลือประมาณ 80°C (ไม่ควรต่ำกว่านี้) ให้รีบนำชิ้นงานเข้าเตาอบที่มีอุณหภูมิ 100-150°C แล้วคงไว้จนกว่าชิ้นงานจะมีอุณหภูมิเท่ากันตลอดทั้งพื้นที่หน้าตัด หลังจากนั้นให้ทำการอบคืนตัวต่อไปโดยทันที

❑ การขึ้นรูปและการแปรรูป (PROCESSING)

❍ การออกแบบ (Design)

การออกแบบมีความสำคัญมากต่ออายุการใช้งานของเหล็กเครื่องมือ ชิ้นงานส่วนใหญ่มักเกิดความเสียหายได้ภายในระยะเวลาอันสั้นถ้ามีการออกแบบผิดพลาด โดยทั่วไปมีปัจจัยบางประการที่มีส่วนสนับสนุนให้เกิดรอยแตกร้าวหรือความเสียหายแก่ชิ้นงาน ได้แก่

- การออกแบบที่มีผนังบางมากเกินไป
- การเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดอย่างฉับพลัน
- การมีรอยบากที่มีมุมแหลมคม รวมทั้งการมีริ้วรอยที่เกิดจากการขัด การกลึง และการตอกรหัสรวมทั้งหมายเลขต่าง ๆ บนผิวชิ้นงาน

ในการออกแบบ ควรทำให้ชิ้นงานมีรูปร่างที่สมมาตรที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงสูง มีผิวที่แข็งสะอาด เรียบและมันเงา ปราศจากรอยขีดข่วน รวมทั้งการกำหนดค่ามุมรัศมีในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดให้มากที่สุด จะมีส่วนช่วยให้ชิ้นงานมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

❍ การขึ้นรูปร้อน (Hot Forming)

ตารางที่ 3 แนะนำการทุบขึ้นรูป 2210

การทุบขึ้นรูป	อุณหภูมิ (°C)	เย็นตัว
	1095–980	ช้า (ในเตา)

การทุบขึ้นรูป 2210 เริ่มทุบในช่วงอุณหภูมิ 1095-980°C และไม่ควรทุบเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 845°C ปล่อยให้เย็นตัวช้า ๆ ในเตา

❍ การกลึงแปรรูป (Machining)

ภายหลังการกลึงหยาบชิ้นงาน ควรทำการอบคลายความเค้นที่อุณหภูมิ 600-650°C และทำการชุบแข็งและอบคืนตัว ก่อนทำการกลึงละเอียด (finish machining)

ตารางที่ 4 แนะนำค่าพารามิเตอร์สำหรับการกลึงแปรรูป

Turning

Cutting materials	Opera -tion	Cutting S (m/min)	Feed (mm/rev)	Depth of cut (mm)
3207	Roughing	15-30	0.2-0.4	2-5
3207	Finishing	35-60	0.1-0.2	0.5-1
HM P25/30	Roughing	70-150	0.3-0.8	2-6
HM P10/P15	Finishing	100-180	0.1-0.3	0.5-1
P25 TiC/TiN	Roughing	130-200	0.4-1.0	3-8
P15 TiAlN	Finishing	270-390	0.1-0.4	0.75-3

Milling

Cutting materials	Opera -tion	Cutting S (m/min)	Feed S = 1) mm/min 2) mm/tooth	Depth of cut (mm)
3243	Roughing	15-25	1) 20-50	6-10
3243	Finishing	10-15	1) 20-40	0.5-2
3243/TiN	Roughing	25-40	1) 20-50	6-10
3243/TiN	Finishing	40-65	1) 20-40	0.2-2
HM Milling	Roughing	40-80	2) 0.1-0.3	2-6
HM Milling	Finishing	60-100	2) 0.15	1-2
HM Mill/TiN	Roughing	80-160	2) 0.2-0.4	2-6
HM Mill/TiN	Finishing	90-180	2) 0.15	1-2

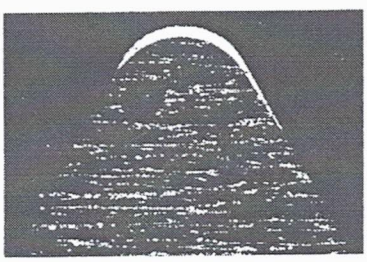
Drilling

Cutting materials	Cutting S (m/min)	Feed (mm/rev)	Drill-dia. (mm)
3343 / 3243	10-18	0.04-0.2	8-16
3343 / 3243 / TiN	20-25	0.16-0.25	8-16
HM K10	50-80	0.06-0.30	20-47

❍ การเจียระไน (Grinding)

การเจียระไนผิวชิ้นงาน ควรปฏิบัติตามคำแนะนำดังนี้

- ใช้ล้อขัดให้ถูกต้อง ทั้งด้านชนิด ขนาดและพันธะของเม็ดขัด ผิวชิ้นงานที่แข็งควรใช้ล้อขัดที่มีความอ่อนนุ่ม
- ใช้แรงกดให้เหมาะสม ผิวที่แข็งควรใช้แรงกดต่ำลง
- ใช้สารหล่อเย็นช่วยระบายความร้อนให้มากเพียงพอและควบคุมทิศทางการไหลให้ถูกต้อง



New hardening zone due to faulty grinding

ชัท ไทย-เยอรมันสเปเชี่ยลสตีลเซ็นเตอร์ จำกัด
ร: (02) 817-6025-9 โทรสาร: (02) 817-5445-6 www.thai-germansteel.com
ThyssenKrupp

❍ การขัดเงา (Polishing)

คุณภาพของผิวขัดเงาจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ

λ คุณภาพของเหล็กทำแม่พิมพ์

ผิวที่ได้จากการขัดเงาจะขึ้นอยู่กับการมีสารมลทินปนเปื้อนในเนื้อเหล็ก หรือการมีความแข็งที่ไม่สม่ำเสมอ เหล็กที่ใช้ทำแม่พิมพ์ควรมีความสะอาดและบริสุทธิ์สูง รวมทั้งมีโครงสร้างและความแข็งสม่ำเสมอตลอดทั้งชิ้น ซึ่งกระบวนการผลิตเหล็กแบบ ESR (Electro Slag Remelting) และ VAR (Vacuum Arc Remelting) จะช่วยให้เหล็กมีความบริสุทธิ์สูงและมีโครงสร้างที่สม่ำเสมอได้มากที่สุด

λ สภาวะการอบชุบทางความร้อน

ผิวของชิ้นงานที่แข็งกว่าจะทำให้ขัดเงาได้ดีกว่า ผิวที่มีความแข็งมากกว่า 50 HRC จะสามารถขัดเงาจนใสคล้ายกระจกได้ และถ้าผิวของชิ้นงานมีความแข็งน้อยกว่านี้ จะมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดผิวเป็นคลื่น (orange peel)

λ วิธีการขัดเงา

นอกจากนี้ผิวที่ได้จากขัดเงาจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความชำนาญของผู้ขัดอย่างมาก การเพิ่มความละเอียดของเม็ดขัดที่ละน้อย จะทำให้ได้คุณภาพของผิวขัดเงาดีขึ้น

❍ การเชื่อม (Welding)

การเชื่อม 2210 และเหล็กเครื่องมือทั่วไป มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดแตกร้าวได้อย่างมาก ดังนั้นควรทำการเชื่อมในกรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้เท่านั้น

การเชื่อม 2210 แนะนำให้ใช้ลวดเชื่อมที่หุ้ม ฟลักซ์เบสิก ที่มีส่วนผสมทางเคมีเหมือนหรือใกล้เคียงกัน และสำหรับชิ้นงานได้ผ่านกระบวนการชุบแข็งมาแล้ว ควรใช้ลวดเชื่อมที่มีส่วนผสมของโครเมียมและนิกเกิลเป็นปริมาณมาก เช่น AWS: E 312-16 เป็นต้น นอกจากนี้ควรทำการเผาอุ่นชิ้นงานที่อุณหภูมิอบคืนตัว แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 200°C ทำการเชื่อมที่อุณหภูมินี้ อบจนถึงอุณหภูมิอบคืนตัวทันทีคงไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นตัวในอากาศจนถึง 80°C และอบจนถึงอุณหภูมิการอบคืนตัวอีกครั้ง คงไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

❍ การเคลือบผิวแข็งโครเมียม (Hard Chromium Plating)

2210 ที่เคลือบผิวแข็งโครเมียม ควรอบคืนตัวทันที ที่อุณหภูมิ 180°C ระยะเวลา 4 ชม. เพื่อป้องกันปัญหาจากการแตกเปราะจากการมีไฮโดรเจนในโครงสร้าง

❍ การอบคลายความเค้นระหว่างการใช้งาน (Intermediate Stress-Relieving)

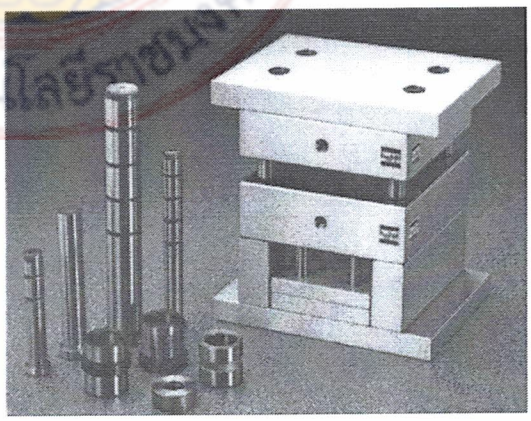
สำหรับชิ้นงานที่ต้องได้รับความเค้นสูงมาก ๆ การอบคืนตัวในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิการอบคืนตัวครั้งสุดท้าย 30°C ในแต่ละครั้ง จะสามารถช่วยลดความเค้นที่เกิดขึ้นในระหว่างการใช้งานของเหล็กเครื่องมือลงได้ ซึ่งจะช่วยให้เหล็กมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

❍ การชุบที่อุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศา(Subzero Cooling)

โดยปกติภายหลังการชุบแข็งเหล็กกล้าเครื่องมือ มักมีปริมาณของออสเตนไนต์หลงเหลือจำนวนหนึ่งอยู่เสมอ ซึ่งสามารถเปลี่ยนโครงสร้างเป็นมาร์เทนไซต์ได้ในภายหลัง และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่เกิดขึ้นนี้ จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางขนาดอีกเล็กน้อยภายหลังจากการอบคืนตัวหรือนำไปใช้งาน ซึ่งในงานทั่วไปพอสามารถยอมรับการเปลี่ยนแปลงทางขนาดนี้ได้ แต่ในการใช้งานบางลักษณะก็ไม่อาจสามารถยอมรับได้ เช่น ในอุปกรณ์เครื่องมือวัดละเอียด หรือในงานที่ต้องการความแม่นยำสูง ซึ่งวิธีการที่ดีที่สุดในการกำจัดปริมาณของออสเตนไนต์หลงเหลือให้หมดไป คือ การแช่แข็งเหล็กเครื่องมือที่อุณหภูมิประมาณ -80°C ภายหลังจากการจุ่มชุบ และหลังจากนั้นทำการอบคลายความเค้นที่อุณหภูมิ 120-150°C ต่อไป ซึ่งวิธีการนี้ควรทำซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง

❍ การเคลือบผิวแข็งโครเมียม (Hard Chromium Plating)

2210 ที่เคลือบผิวแข็งโครเมียม ควรอบคืนตัวทันที ที่อุณหภูมิ 180°C ระยะเวลา 4 ชม. เพื่อป้องกันปัญหาจากการแตกเปราะจากการมีไฮโดรเจนในโครงสร้าง



ร์ษัท ไทย-เยอรมันสเปเชี่ยลสตีลเซ็นเตอร์ จำกัด
ร: (02) 817-6025-9 โทรสาร: (02) 817-5445-6 www.thai-germansteel.com
ThyssenKrupp

2510

❑ คุณลักษณะทั่วไป (General Characteristics)

ส่วนผสมทางเคมี (%wt.)	C	Mn	Cr	V	W
	0.95	1.1	0.6	0.1	0.6
AISI	O1				
JIS	SKS-3				
DIN	1.2510 / 100MnCrW4				
สภาพจำหน่าย	อบอ่อน ความแข็งสูงสุด 230 HB				
สภาพหลังชุบ	ชุบแข็งและอบคืนตัว 58-64 HRC				

2510 เป็นเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มงานเย็นที่สามารถชุบแข็งด้วยน้ำมัน จากการที่ผสมกันระหว่างของธาตุคาร์บอนและแมงกานีสอย่างละประมาณ 1.0% โดยน้ำหนักทำให้มีความสามารถในการชุบแข็งลึก (Hardenability) ได้ดีเยี่ยม นอกจากนี้ 2510 ยังให้ความแข็งที่สูงมากภายหลังการชุบแข็ง (64 HRC) มีความเหนียวแกร่งดีมาก สามารถนำใช้ในงานทั่วไปที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 200°C ได้อย่างกว้างขวาง จากการให้ผิวที่แข็งและมีความเหนียวแกร่งที่ภายในดีภายหลังการอบคืนตัว

❍ คุณลักษณะเด่น (Significant Characteristics)

- รักษาความแข็งของคมตัดได้ดีพอสมควร
- ชุบแข็งได้ลึก ให้ความแข็งสูงหลังการชุบแข็ง
- มีความเหนียวแกร่งดี
- ต้านทานการสูญเสียคาร์บอนที่ผิวได้ดีระหว่างการอบชุบ
- ตัดกลึง ได้ง่าย
- สามารถชุบฮาร์ดโครมหลังการชุบแข็งได้

❑ คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

คุณสมบัติ	อุณหภูมิทดสอบ		
ค่าการนำความร้อน Thermal Conductivity (J/cm·s· °C)	20°C	350°C	700°C
	0.335	0.320	0.309
สัมประสิทธิ์การยืดตัว Modulus of elasticity (10^5 N/mm^2)	20°C	200°C	400°C
	2.0	1.9	1.8
โมดูลัสของการยืดหยุ่น ที่ 20°C Modulus of elasticity (GPa)	210		
ความหนาแน่น Density (g/cm^3)	7.85		
สภาพทางแม่เหล็ก Magnetizability	ซึมซับ		

❍ การใช้งาน (Applications)

2510 นิยมใช้ทำ แม่พิมพ์แบล๊งกิ้ง แม่พิมพ์ แสตมปิ้ง แม่พิมพ์เพรส แม่พิมพ์ดัดงอโลหะแผ่น แม่พิมพ์ปั๊มเหรียญ ที่มีปริมาณการผลิตไม่สูงมากนัก สำหรับงานแบล๊งกิ้งโลหะแผ่นหนาไม่เกิน 4 มม. นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทำแม่พิมพ์รีดเกลียว ส่วนประกอบในแม่พิมพ์ที่ต้องการความแข็งสูง ดอกสว่านเจาะไม้ หรือพลาสติก บรอช (broaches) เครื่องมือวัดละเอียด แม่พิมพ์พลาสติก ใบมีดตัดเฉือนพลาสติกและไม้ ตัวอย่างของการนำไปใช้งานดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการใช้งานของ 2510

การใช้งาน	ความแข็ง (HRC)
แม่พิมพ์แบล๊งกิ้งและส่วนประกอบ	
Blanking dies and stamping dies (โลหะแผ่นหนาไม่เกิน 4 มม.)	58-62
Blanking dies สำหรับ ไม้, ยาง, หนัง, ผ้า และกระดาษ	58-64
Pressure part, pressure pad, intermediate plate	56-60
Stripper, stripper plate	58-60
Spring bolt, punch guide, guide pin, guide column	58-60
Ejector plate	56-60
Hold down fixture	58-62
ใบตัดเฉือน	
วัสดุตัดหนาไม่เกิน 4 มม.	56-60
ใบตัดงานพลาสติก	56-60
เครื่องมือสำหรับงานขึ้นรูปเย็น	
Punches and dies for cold extrusion	58-62
Deep drawing tools	60-64
Stamping tools	58-62
Bending tools	58-62
Rim rolling tools	56-62
แม่พิมพ์พลาสติกและส่วนประกอบ	
แม่พิมพ์ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง	54-60
Pressure pad, lead pin	58-62
Sprue bushing	58-60
เครื่องมือวัดละเอียด	56-62

หมายเหตุ ค่าความแข็งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับสภาพการนำไปใช้

ชัท ไทย-เยอรมันสเปเชี่ยลสตีลเซ็นเตอร์ จำกัด
ร: (02) 817-6025-9 โทรสาร: (02) 817-5445-6 www.thai-germansteel.com
ThyssenKrupp

❑ กระบวนการอบชุบความร้อน (Heat Treatments)

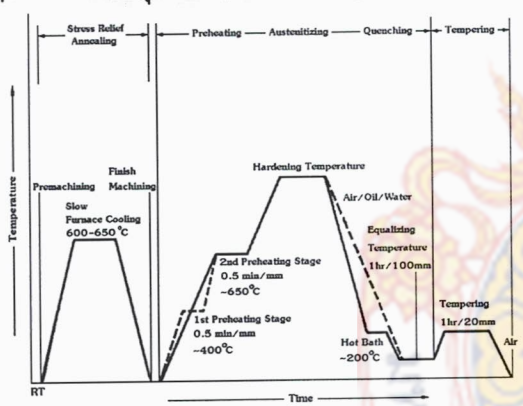
ตารางที่ 2 กระบวนการอบชุบทางความร้อน

การอบอ่อน	อุณหภูมิ (°C)	การเย็นตัว	ความแข็ง
	740–770	ในเตา	≤ 230 HB
การอบคลายความเค้น	อุณหภูมิ (°C)		การเย็นตัว
	650-675		อากาศ
การเผาอุ่นชิ้นงาน	ขั้นที่	อุณหภูมิ (°C)	เวลา/ความหนา
	1	400	30 วินาที/มม.
	2	650	30 วินาที/มม.
การชุบแข็ง	อุณหภูมิ (°C)	สารชุบ	ความแข็ง
	780–820	น้ำมัน/อ่างร้อน 180-220°C	64 HRC

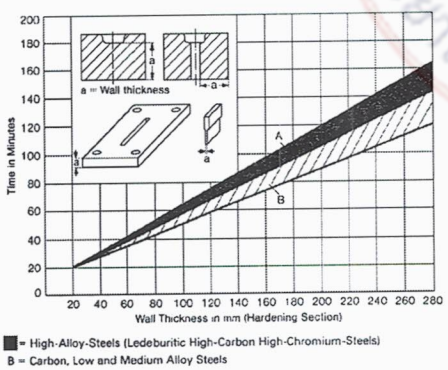
การอบคืนตัว

T (°C)	100	200	300	400
HRC	64	62	57	53

μ ขั้นตอนการชุบแข็ง (Hardening Processes)

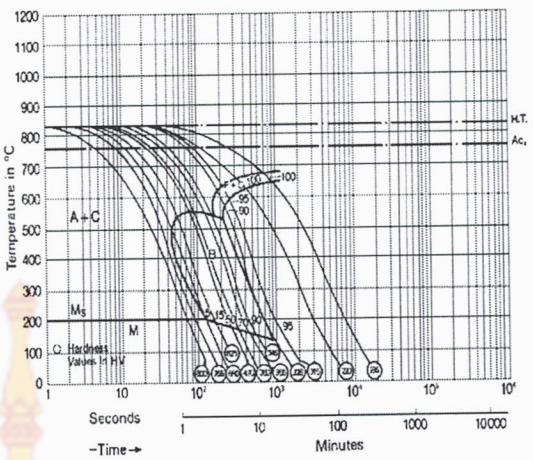


รูปที่ 1 แผนภาพการชุบแข็ง 2510



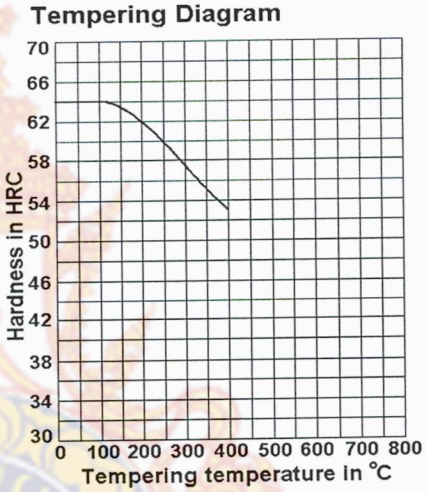
รูปที่ 2 เวลาการเผาแช่กับความหนาของ 2510

Time-Temperature-Transformation-Diagram



รูปที่ 3 CCT diagram ของ 2510

Tempering Diagram



รูปที่ 4 แผนภูมิการอบคืนตัว 2510

❍ การชุบที่อุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศา (Subzero Cooling)

โดยปกติภายหลังการอบชุบทางความร้อนเหล็กเครื่องมือมักมีปริมาณของออสเตนไนต์หลงเหลือจำนวนหนึ่งเสมอ ซึ่งสามารถเปลี่ยนโครงสร้างเป็นมาร์เทนไซต์ได้ในภายหลัง และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่เกิดขึ้นนี้ จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางขนาดอีกเล็กน้อย แต่ในบางลักษณะงานก็อาจไม่สามารถยอมรับได้ เช่นในอุปกรณ์เครื่องมือวัดละเอียดต่าง ๆ ซึ่งวิธีการที่ดีที่สุดในการกำจัดปริมาณของออสเตนไนต์หลงเหลือให้หมดไป คือ การแช่แข็งเหล็กเครื่องมือที่อุณหภูมิประมาณ –80°C ภายหลังการจุ่มชุบ และหลังจากนั้นทำการ อบคลายความเค้นที่อุณหภูมิ 120-150°C ต่อไป วิธีการนี้จะมีความเหมาะสมมากสำหรับเครื่องมือวัดละเอียด และวิธีการนี้ควรทำซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง

บริษัท ไทย-เยอรมันสเปเชี่ยลสตีลเซ็นเตอร์ จำกัด
ร: (02) 817-6025-9 โทรสาร: (02) 817-5445-6 www.thai-germansteel.com
ThyssenKrupp

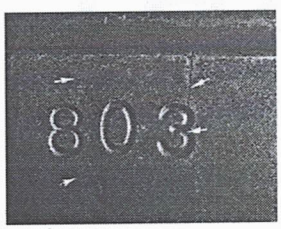
❑ การขึ้นรูปและการแปรรูป (Processing)

❍ การออกแบบ (Design)

การออกแบบมีความสำคัญมากต่ออายุการใช้งานของเหล็กเครื่องมือ ชิ้นงานส่วนใหญ่มักเกิดความเสียหายได้ภายในระยะเวลาอันสั้นถ้าการออกแบบมีความผิดพลาด โดยทั่วไปมีปัจจัยบางประการที่มีส่วนสนับสนุนให้เกิดรอยแตกร้าวหรือความเสียหายแก่ชิ้นงาน ได้แก่

- การออกแบบที่มีผนังบางมากเกินไป
- การเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดอย่างฉับพลัน
- การมีรอยบากที่มีมุมแหลมคม และการมีริ้วรอยที่เกิด จากการขัด การกลึง และการตอกรหัสรวมทั้งหมายเลขต่าง ๆ บนผิวชิ้นงาน

ในการออกแบบ ควรทำให้ชิ้นงานมีรูปร่างที่สมมาตรที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงสูง มีผิวที่แข็ง สะอาดเรียบและมันเงา ปราศจากรอยขีดข่วน รวมทั้งการกำหนดค่ามุมรัศมีในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดให้มากที่สุด จะมีส่วนช่วยให้ชิ้นงานมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น



❍ การขึ้นรูปร้อน (Hot Forming)

ตารางที่ 3 แนะนำการขึ้นรูปร้อน 2510

การขึ้นรูปร้อน	อุณหภูมิ (°C)	เย็นตัว
	1050–850	ช้า (ในเตา)
การทุบขึ้นรูป	อุณหภูมิ (°C)	เย็นตัว
	1065–980	ช้า (ในเตา)

การทุบขึ้นรูป 2510 ควรเริ่มทุบในช่วงอุณหภูมิ 1065-980°C และไม่ควรทุบเมื่อชิ้นงานอุณหภูมิต่ำกว่า 845°C เมื่อการทุบเสร็จสิ้น ควรปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างช้า ๆ ในเตา

❍ การกลึงแปรรูป (Machining)

ภายหลังการกลึงหยาบชิ้นงาน ควรทำการอบคลายความเค้นที่อุณหภูมิ 600-650°C และทำการชุบแข็งและอบคืนตัว ก่อนทำการกลึงละเอียด (finish machining)

ตารางที่ 4 แนะนำค่าพารามิเตอร์สำหรับการกลึงแปรรูป

Machining	High speed tools		Carbide tools	
	Cutting S. m/min	Feed mm/rev	Cutting S. m/min	Feed mm/rev
Turning	15-30	0.10-0.30	70-150	0.3-0.1
Boring	10-18	0.04-0.16		
Thread-cutting	4-6			
Reaming	4-6	0.05-0.40		
Milling (Shank type cutter)		mm/min		mm/min
Depth of cut 8 mm	12-20	20-50	35-70	50-100
depth of cut 1 mm	18-30	35-70	60-100	100-170
Milling (Blade cutters)		mm/min		mm/min
Depth of cut 6 mm			70-120	60-100
Depth of cut 1 mm			100-150	180-270

Carbide tool	turning	P10-P30	**HSS tool**	boring	3343
	milling	P25-P40		milling	3243
				turning	3207

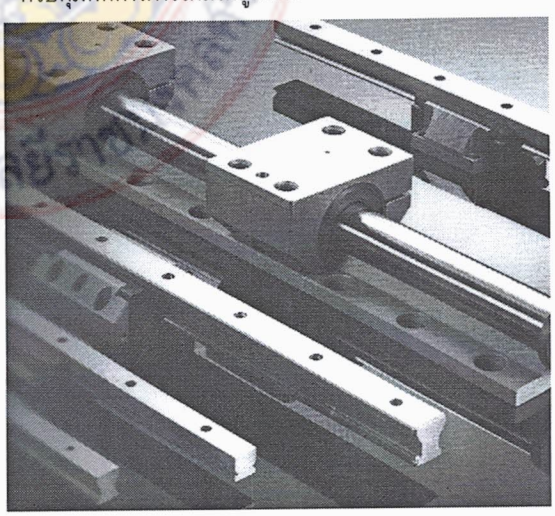
❍ การกัดสปาร์ค (Electrical Discharge Machining)

หลังจากการทำ EDM ควรทำการอบคลายความเค้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิการอบคืนตัวครั้งสุดท้าย 30°C เพื่อลดปัญหาที่อาจเกิดจากผิวที่ได้ผ่านการทำ EDM

❍ การเจียระไน (Grinding)

การเจียระไนผิวชิ้นงาน ควรปฏิบัติตามคำแนะนำดังนี้

- ใช้ล้อขัดให้ถูกต้อง ทั้งด้านชนิด ขนาดและพันธะของเม็ดขัด ผิวชิ้นงานที่แข็งควรใช้ล้อขัดที่มีความอ่อนนุ่ม
- ใช้แรงกดให้เหมาะสม ผิวที่แข็งควรใช้แรงกดต่ำลง
- ใช้สารหล่อเย็นช่วยระบายความร้อนให้มากเพียงพอและควบคุมทิศทางการไหลให้ถูกต้อง



ริษัท ไทย-เยอรมันสเปเชี่ยลสตีลเซ็นเตอร์ จำกัด
ร: (02) 817-6025-9 โทรสาร: (02) 817-5445-6 www.thai-germansteel.com
ThyssenKrupp

❍ การขัดเงา (Polishing)

คุณภาพของผิวขัดเงาจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ

λ คุณภาพของเหล็กทำแม่พิมพ์

ผิวที่ได้จากการขัดเงาจะขึ้นอยู่กับการมีสารมลทินปนเปื้อนในเนื้อเหล็ก หรือการมีความแข็งที่ไม่สม่ำเสมอ เหล็กที่ใช้ทำแม่พิมพ์ควรมีความสะอาดและบริสุทธิ์สูง รวมทั้งมีโครงสร้างและความแข็งสม่ำเสมอตลอดทั้งชิ้น ซึ่งกระบวนการผลิตเหล็กแบบ ESR (Electro Slag Remelting) และ VAR (Vacuum Arc Remelting) จะช่วยให้เหล็กมีความบริสุทธิ์สูงและมีโครงสร้างที่สม่ำเสมอได้มากที่สุด

λ สภาวะการอบชุบทางความร้อน

ผิวของชิ้นงานที่แข็งกว่าจะทำให้ขัดเงาได้ดีกว่า ผิวที่มีความแข็งมากกว่า 50 HRC จะสามารถขัดเงาจนใสคล้ายกระจกได้ และถ้าผิวของชิ้นงานมีความแข็งน้อยกว่านี้ จะมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดผิวเป็นคลื่น (orange peel)

λ วิธีการขัดเงา

นอกจากนี้ผิวที่ได้จากขัดเงาจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความชำนาญของผู้ขัดอย่างมาก การเพิ่มความละเอียดของเม็ดขัดที่ละน้อย จะทำให้ได้คุณภาพของผิวขัดเงาดีขึ้น ข้อแนะนำสำหรับวิธีการขัดผิวแม่พิมพ์พลาสติกสามารถดูได้จากตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แนะนำขั้นตอนการขัดเงาแม่พิมพ์พลาสติก

ขั้นตอน	เหล็กที่มีความแข็งประมาณ 32 HRC	เหล็กที่มีความแข็งประมาณ 54 HRC
1. การตัดกลึงเบื้องต้น	Milling, Turning, EDM	Milling, Turning, EDM
2. การเจียรหยาบ	180 กริต	180 กริต บนกระดาษทราย หรือผ้าลินิน
3. การเจียรละเอียด	320 กริตบนแท่น จนถึง 500 กริต บนผ้าลินิน	220 กริต บนแท่น จนถึง 320 กริต บนผ้าลินิน
4. การขัดเงา	ผงขัดเพชร 15 μm ผงขัดเพชร 6 μm บนผ้าสักหลาดหรือวัสดุที่มีเส้นใย	ผงขัดเพชร 45 μm บนไม้/ทองแดงแข็ง ผงขัดเพชร 15 μm บนวัสดุเส้นใยแข็งปานกลาง ผงขัดเพชร 6 μm ผงขัดเพชร 3 μm และ 1 μm บนผ้า/สักหลาดที่นุ่ม

❍ การเชื่อม (Welding)

การเชื่อม 2510 และเหล็กเครื่องมือทั่วไป มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดแตกร้าวได้อย่างมาก ดังนั้นควรทำการเชื่อมในกรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้เท่านั้น

การเชื่อม 2510 แนะนำให้ใช้ลวดเชื่อมที่หุ้มด้วยฟลักซ์เบสิก และสำหรับชิ้นงานได้ผ่านกระบวนการชุบแข็งมาแล้ว ควรใช้ลวดเชื่อมที่มีส่วนผสมของโครเมียมและนิกเกิลเป็นปริมาณมาก เช่น AWS : E 312-16 เป็นต้น นอกจากนี้ควรทำการเผาอุ่นชิ้นงานที่อุณหภูมิอบคืนตัวแต่ต้องไม่ต่ำกว่า 200°C ทำการเชื่อมที่อุณหภูมินี้ อบจนถึงอุณหภูมิการอบคืนตัวทันทีคงไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นตัวในอากาศจนถึง 80°C และอบจนถึงอุณหภูมิการอบคืนตัวอีกครั้ง คงไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

❍ การเคลือบผิวแข็งโครเมียม (Hard Chromium Plating)

2510 ที่เคลือบผิวแข็งโครเมียม (ชุบฮาร์ดโครม) ควรอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 180°C ระยะเวลา 4 ชม.

❍ การอบคลายความเค้นระหว่างการใช้งาน (Intermediate Stress-Relieving)

สำหรับชิ้นงานที่ต้องได้รับความเค้นสูงมาก ๆ ในระหว่างการทำงานนั้น ในช่วงระหว่างที่มีการหยุดพักงาน การอบคืนตัวในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิการอบคืนตัวครั้งสุดท้ายประมาณ 30°C ในแต่ละครั้ง จะสามารถช่วยลดความเค้นสะสมที่เกิดขึ้นในเครื่องมือหรือแม่พิมพ์ ซึ่งจะช่วยให้แม่พิมพ์มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

❑ การปรับปรุงคุณภาพผิว (Surface Treatments)

กระบวนการ	อุณหภูมิ (°C)	คุณสมบัติของเหล็กที่ต้องมี	ความหนาของชั้นผิว	ความแข็ง (HV)
คาร์บูไรซิ่งค์	860-900	ปริมาณ C ต่ำ, ไม่ว่องไวต่อการเกิดความร้อนชื้นสูง	จนถึง 2 มม.	สูงสุด 900
ไนไตรดิ้ง	470-570	ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิอบคืนตัว, ชุบแข็งและอบคืนตัวแล้ว, กำจัดพาสสีฟฟิลม์แล้ว	จนถึง 0.5 มม	สูงสุด 1100
โบไรดิ้ง	800-1050	ไม่ควรมี Si ผสม, ไม่ว่องไวต่อการเกิดความร้อนชื้นสูง	จนถึง 0.4 มม	สูงสุด 2000
ออกซิไดซิ้ง	300-550	ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิอบคืนตัว, ผิวสะอาดปราศจากไขมัน	จนถึง 0.01 มม	ไม่มีผลต่อความแข็ง
สปาร์คดีโพสิชั่น	>> 1000	ไม่จำเป็น	จนถึง 0.1 มม	ประมาณ 950
เคลือบ TiC ด้วย CVD	> 900	ไม่ว่องไวต่อการเกิดความร้อนชื้นสูง, ผิวโลหะต้องสุกสว่าง	6-9 ไมครอน	สูงสุด 4800
เคลือบ TiC ด้วย PVD	ประมาณ 500	ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิอบคืนตัว, ต้องมีความแข็งสูงพอ	2-5 ไมครอน	2000-2500
เคลือบฮาร์ดโครม	50-70	มีปริมาณ C ต่ำสุด, กำจัดพาสสีฟฟิล์มออก, ทนต่อการอบชุบในบรรยากาศปกติได้	จนถึง 1 มม	1000-1200

ษัท ไทย-เยอรมันสเปเชี่ยลสตีลเซ็นเตอร์ จำกัด
ร: (02) 817-6025-9 โทรสาร: (02) 817-5445-6 www.thai-germansteel.com

ThyssenKrupp