

ผลกระทบของความร้อนต่อเหล็กจาก ผลของกรรมวิธีการผลิต

อาจารย์สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร sjp@kmitnb.ac.th

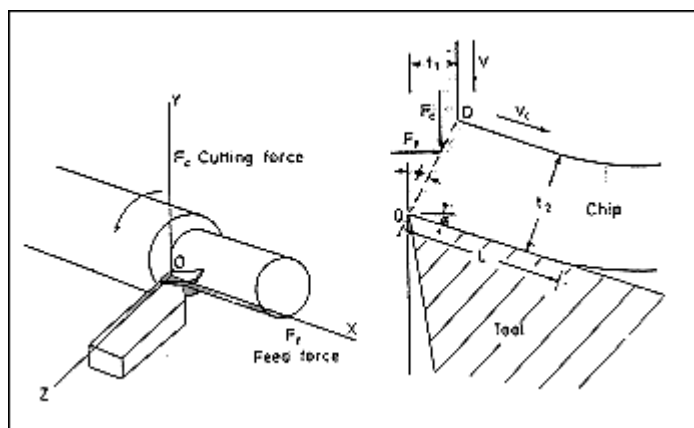
จากประสบการณ์ที่ได้จากการใช้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ผลิตจากเครื่องมือเครื่องจักร พบว่าชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์บางชิ้นชำรุดเสียหายเร็ว บางชิ้นชำรุดเสียหายช้า ทำให้เกิดแนวความคิดว่าความเสียหายต่าง ๆ นั้นมีสาเหตุจากอะไร เมื่อวิเคราะห์ลึกลงไปพบว่า ขณะใช้งาน ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ถูกกระทบจากองค์ประกอบต่าง ๆ หลายชนิด เช่น แรงที่กระทำ ความร้อนที่เกิดขึ้น สภาพการใช้งานที่แตกต่างกัน รวมทั้งการดูแลบำรุงรักษาที่ไม่เหมือนกัน ถ้าจะทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ใช้งานในสภาพที่ต่างกันให้มีอายุการใช้งานร่วมกันยาวนานมากขึ้น ก็น่าจะพิจารณาตั้งแต่แรกเริ่มการออกแบบและวิธีการผลิต ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้ตั้งสมมติฐานขึ้นมา เพื่อที่จะทำการค้นหาผลกระทบจากวิธีการผลิตซึ่งผลกระทบที่พบว่าสำคัญที่สุดคือ ความร้อนที่สะสมอยู่ในชิ้นงานในช่วงการผลิตในโรงงาน ยกตัวอย่างเช่น งานกลึง ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วการกลึงที่มีคุณภาพนั้นจะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ หลายชนิด เช่น มุมมีดกลึงถูกต้อง ความเร็วในการกลึงถูกต้อง อัตราป้อนกลึงถูกต้องและการใช้วัสดุหรือชนิดของมีดกลึงเหมาะสมกับวัสดุงาน เป็นต้น

การผลิตชิ้นงานด้วยวิธีการกลึง ที่ควบคุมการผลิตด้วยคน มักมีค่าขององค์ประกอบต่าง ๆ แปรเปลี่ยนไปเสมอ (ยกเว้นการผลิตด้วยระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์) ซึ่งเป็นปัจจัยทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน และในมีดกลึงแปรเปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน ในการศึกษานี้ จะสมมติเหตุการณ์ที่แปรเปลี่ยนด้านความร้อนที่เกิดขึ้นในชิ้นงานตามระดับอุณหภูมิต่าง ๆ Boothroyd (1975) กล่าวถึง การกลึงซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นคือแรงตัดเฉือนของมีดกลึงกระทำต่อวัสดุชิ้นงานแรงตัดเฉือนนี้จะมีผลทำให้ชิ้นงาน เศษโลหะกลึงและมีดกลึงเกิดความร้อนขึ้นจากการเสียดสี กันระหว่างมีดกลึงกับโลหะชิ้นงาน ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้สามารถคำนวณได้ โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากสูตรต่อไปนี้

$$Q = \frac{F_c \cdot V}{J} \dots\dots\dots (1)$$

- เมื่อ Q = ความร้อนที่เกิดขึ้นทั้งหมด
- F_c = แรงในการตัดกลึง
- V = ความเร็วในการกลึง
- J = ค่าการสมดลย์ความร้อนทางกล

ค่า Q เป็นค่าความร้อนที่รวมเอาความร้อนที่เกิดขึ้นในแนวการเฉือน (Q_s) และความร้อนที่รวมเอาความร้อนที่เกิดขึ้นในแนวการเฉือน (Q_s) และความร้อนที่เกิดขึ้นในเศษกลึงที่อยู่บนมีดกลึง(Q_f) โดยเศษกลึงนี้เมื่อถูกแรงกระทำตัวเฉือนออกจากชิ้นงาน ก็จะไหลไปบนมุมคายหลังมีด (α) ดังรูปที่ 1 ซึ่งจะพบว่าการเสียดสีกันระหว่างเศษกลึงกับมีดกลึงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมุมคาย (α) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การกระทำของแรงบนมีดกลึง (จากวิจัยหน้า 17)

ค่า Q_f จะเกิดจากแรงป้อนตัดกลึง (F_f) และความเร็วเศษกลึง (V) ที่ถูกกลึงออกจากชิ้นงาน หาด้วยค่าสม

ดุลย์ความร้อนทางกลดังสูตรที่ 2

$$Q_f = \frac{F_f \cdot V \cdot \tan \theta}{J} \quad \dots \dots \dots (2)$$

และความร้อนที่เกิดขึ้นในแนวการเฉือน (Q_s) และได้จาก

$$\begin{aligned} Q_s &= Q - Q_f \\ &= \frac{V \cdot (F_c - F_f \tan \theta)}{J} \quad \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

จะพบว่าความร้อนที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน และเศษกึ่งเป็นผลมาจากองค์ประกอบต่าง ๆ หลายชนิดซึ่งนอกจากองค์ประกอบเหล่านี้แล้ว ธาตุที่ผสมอยู่ในเหล็กยังจะเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดความร้อนสูงในชิ้นงานอีกด้วย เช่น เหล็กที่ผสมนิกเกิล จะมีคุณสมบัติผิดไปจากเหล็กธรรมดา

ความร้อนที่เกิดขึ้นนอกจากจะมีผลกระทบต่อชิ้นงานแล้วยังมีผลกระทบต่อมีดกึ่ง และเครื่องมืออีกด้วยเพราะการนำความร้อนของโลหะซึ่งถ้าหากความร้อนสะสมสูงมาก ๆ ย่อมก่อให้เกิดความเค้นขึ้นในชิ้นงานมีดกึ่ง และเครื่องกึ่งอันเนื่องมาจากการขยายตัวและหดตัวของโครงสร้าง ยิ่งความร้อนสูงมากขึ้นเท่าใดการเปลี่ยนแปลงก็จะยิ่งมากตามไปด้วยเท่านั้น อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการกึ่งจะสังเกตได้จากสีของเศษกึ่ง โดยปกติจะเห็นเป็นสีน้ำตาลหรือสีน้ำเงินหลังจากที่เศษกึ่งหลุดออกจากมีดกึ่งแล้ว 2-3 นาที ซึ่งจะระบุถึงอุณหภูมิประมาณสูงกว่า 250 ถึง 300 องศาเซลเซียส บางครั้งการกึ่งด้วยความเร็วสูง ในเหล็กที่ผสมนิกเกิลเศษโลหะกึ่งที่หลุดออกจากมีดกึ่งจะเป็นสีแดงจัด ซึ่งระบุถึงอุณหภูมิประมาณสูงกว่า 650 องศาเซลเซียส ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ทำการวิจัยด้วยการทดลองการให้อุณหภูมิแก่เหล็ก 2 ชนิดว่าถ้าหากมีอุณหภูมิระดับต่าง ๆ กันตั้งแต่อย่างน้อยจนถึงกว่า 1000 องศาเซลเซียส จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร โดยกำหนดการทดลองกับเหล็ก 2 ชนิด คือ

1. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ
2. เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง

การทดลองจะนำไปให้ความร้อนที่ 300 องศาเซลเซียส, 600 องศาเซลเซียส, 900 องศาเซลเซียส, 1,100 องศาเซลเซียส, โดยแบ่งการเย็นตัว 2 ลักษณะ คือ

1. เย็นตัวในน้ำ (เสมือนการกึ่งและมีการหล่อเย็น)
2. เย็นตัวในอากาศ (เสมือนการกึ่งโดยไม่มีการหล่อเย็น) โดยกระทำตามแผนการทดลองในตารางต่อไปนี้

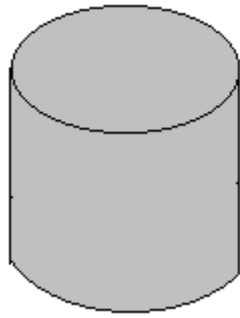
ตารางที่ 1 แผนการทดลอง

วัสดุอุณหภูมิ °C	เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ	เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง	รวม
300° เย็นตัวในน้ำ	8 ชิ้น	8 ชิ้น	16 ชิ้น
300° เย็นตัวในอากาศ	8 ชิ้น	8 ชิ้น	16 ชิ้น
600° เย็นตัวในน้ำ	8 ชิ้น	8 ชิ้น	16 ชิ้น
600° เย็นตัวในอากาศ	8 ชิ้น	8 ชิ้น	16 ชิ้น
900° เย็นตัวในน้ำ	8 ชิ้น	8 ชิ้น	16 ชิ้น
900° เย็นตัวในอากาศ	8 ชิ้น	8 ชิ้น	16 ชิ้น
1,100° เย็นตัวในน้ำ	8 ชิ้น	8 ชิ้น	16 ชิ้น
1,100° เย็นตัวในน้ำ	8 ชิ้น	8 ชิ้น	16 ชิ้น
		รวม 128 ชิ้น	

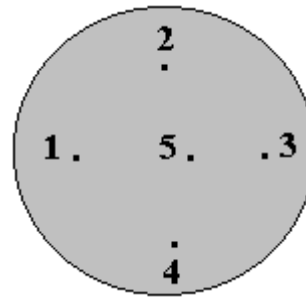
หมายเหตุ จำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดลองหาจากค่าความคลาดเคลื่อน ของความแข็งที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ตามวิธีทางสถิติ โดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิธีการหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมเพื่อการวิจัย

ด้วยวิธีการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างเหล็ก 2 ชนิด ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. ด้ยาวชิ้นละ 20 มม. ปรับหน้าตัดให้ได้ระดับดังรูป



รูปร่างชิ้นงาน



รูปและตำแหน่งการทดสอบ

จากชิ้นงานตัวอย่างเบื้องต้น ชนิดละ 10 ชิ้น นำไป ทดสอบความแข็งด้วยระบบร็อคเวลโดยทดสอบชิ้น ละ 5 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ยได้ผลดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความแข็งของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

ชั้นที่	ตำแหน่งที่ทดสอบและความแข็ง (HRC)					ความแข็งเฉลี่ย (HRC)
	1	2	3	4	5	
1	10.0	11.0	11.0	12.0	12.0	11.2
2	8.0	11.0	12.0	12.0	11.0	10.8
3	8.0	12.0	12.0	13.0	12.0	11.4
4	8.0	12.0	12.0	12.0	12.0	11.2
5	8.0	11.0	12.0	12.0	11.0	10.8
6	10.0	11.0	12.0	12.0	13.0	11.6
7	10.0	13.0	13.0	12.0	13.0	12.2
8	10.0	12.0	12.0	13.0	12.0	11.8
9	10.0	11.0	11.0	12.0	12.0	11.2
10	9.0	12.0	12.0	13.0	10.0	11.2
	เฉลี่ย					$\frac{113.4}{10} = 11.34$

จากจำนวนตัวอย่างที่น้อยกว่า 30 ชิ้น ตามหลักสถิติสมมุติว่าการแจกแจงค่าเฉลี่ยของความแข็งมีการแจกแจงเป็นปกติ ดังนั้นจะใช้ได้กับสถิติ T ดังสูตรดังต่อไปนี้

$$e \text{ (ค่าผิดพลาด)} = t \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{และ } n \text{ (จำนวนตัวอย่าง)} = \left[\frac{t \frac{\alpha}{2} \cdot S}{e} \right]^2 \dots \dots \dots (5)$$

ค่า $t \frac{\alpha}{2}$ เป็นค่าสถิติจากการเปิดตาราง T เมื่อกำหนดค่า $\frac{\alpha}{2}$ จากระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการและค่าองศาแห่งความเสรี d.f. = (n-1)

S = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

จากข้อมูลในตารางที่ 2 จะหาค่า S และ C ได้ดังนี้

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{1.684}{(10 - 1)}}$$

เพราะฉะนั้น

$$S = \sqrt{\frac{1.684}{9}} = \sqrt{0.187} = 1.433$$

ต้องการความเชื่อมั่น 95 % เพราะฉะนั้น ค่า $\alpha = 0.05$, $\frac{\alpha}{2} = 0.025$

เปิดตารางเพื่อหาค่า $t_{\frac{\alpha}{2}} = 2.262$ ที่ df. = 1091 = 9

ได้ $t_{0.025} = 2.262$

หาค่า $e = t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$

$$= 2.262 \times \frac{0.433}{\sqrt{10}}$$

$$= 2.262 \times \frac{0.433}{3.162}$$

$$= 2.262 \times 0.137 = 0.309 = 0.31$$

ถ้ายอมให้ความแข็งผิดพลาดไป 5 % จากค่าความแข็งเฉลี่ย คือ $11.34 \times 0.05 = 0.567$ HRC จะหาค่า n ได้ดังนี้

$$n = \left[\frac{t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot S}{e} \right]^2$$

$$n = \left[\frac{2.262 \times 0.433}{0.567} \right]^2 = (1.727)^2$$

$$n = 2.98 = 3 \text{ ชั้น}$$

แต่ต้องการให้ค่าผิดพลาดน้อยกว่า 5 % จึงใช้ตัวอย่าง 8 ชั้น

ในการหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมก็กระทำด้วยวิธีการเดียว คือ เตรียมชิ้นตัวอย่างมา 10 ชิ้น แล้วทดสอบความแข็งชิ้นละ 5 ตำแหน่ง ได้ผลการทดลองตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความแข็งเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง

ชั้นที่	ตำแหน่งที่ทดสอบและความแข็ง (HRC)					ความแข็งเฉลี่ย (HRC)
	1	2	3	4	5	
1	19.0	17.0	17.0	17.0	16.0	17.2
2	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
3	18.0	17.0	15.0	12.0	17.0	15.8
4	18.0	18.0	18.0	18.0	17.0	17.8
5	17.0	18.0	19.0	18.0	17.0	17.8
6	18.0	18.0	19.0	18.0	17.0	18.0
7	18.0	17.0	16.0	16.0	15.0	16.4
8	18.0	18.0	17.0	19.0	17.0	17.8
9	17.0	18.0	18.0	17.0	18.0	17.6
10	18.0	18.0	19.0	18.0	18.0	18.2
	เฉลี่ย					$\frac{174.6}{10} = 17.46$

การหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมกระทำได้ด้วยวิธีการเดียวกันกับการหาจำนวนตัวอย่างของเหล็กกล้าคาร์บอน ดังนี้

$$\text{หาค่าความแข็งคลาดเคลื่อน (e)} = t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{5.444}{(10-1)}} = \sqrt{\frac{5.444}{9}}$$

โดยที่

$$S = \sqrt{0.6049} = 0.777 = 0.78$$

ต้องการความเชื่อมั่น 95 % จะมีค่า $S = 0.05$ และ $\frac{\alpha}{2} = 0.025$

เปิดตาราง T ได้ค่า $t \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$ ที่ df. = 9; $t_{0.025} = 2.262$

$$\text{จะได้ค่า } (e) = t \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} = 2.262 \times \frac{0.78}{\sqrt{10}}$$

$$= 2.262 \times \frac{0.78}{3.162} = 2.262 \times 0.247$$

เพราะฉะนั้น (e) = 0.559

จากค่าความแข็งแรงที่ยอมรับให้ผิดพลาดได้ 5 % = 17.46 x 0.05 จะได้ 0.873 HRC

$$\text{หาจำนวนตัวอย่าง } (n) = \left[\frac{t \frac{\alpha}{2} \cdot s}{e} \right]^2 = \left[\frac{2.2620 \times 0.78}{0.873} \right]^2$$

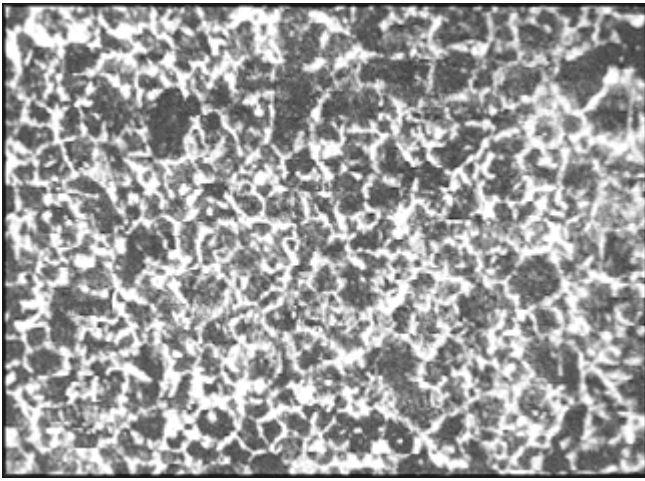
$$= (2.021)^2 = 4.084 = 4 \text{ ชั้น}$$

ต้องการให้ค่าผิดพลาดน้อยกว่า 2 % จึงใช้จำนวนตัวอย่าง 8 ชั้นเช่นเดียวกับเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ โดยใช้จำนวนตัวอย่าง 8 ชั้น ในการทดลองทุกระดับอุณหภูมิและแต่ละวิธีของการเย็นตัวรวมทั้งหมดจำนวน 128 ชั้น ตัวอย่าง ตามแผนการทดลองในตารางที่ 1 การทดลองเพื่อขึ้นตัวอย่างผ่านการให้ความร้อน และการเย็นตัวแบบต่าง ๆ แล้วจะนำไปทดสอบความแข็งแรงและทุกประเภทของการทดสอบจะสุ่มตัวอย่าง 5 ชั้น เพื่อถ่ายภาพโครงสร้างได้ผลการทดสอบความแข็งแรงเทียบกับความแข็งแรงของชิ้นงานปกติที่ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ ดังนี้

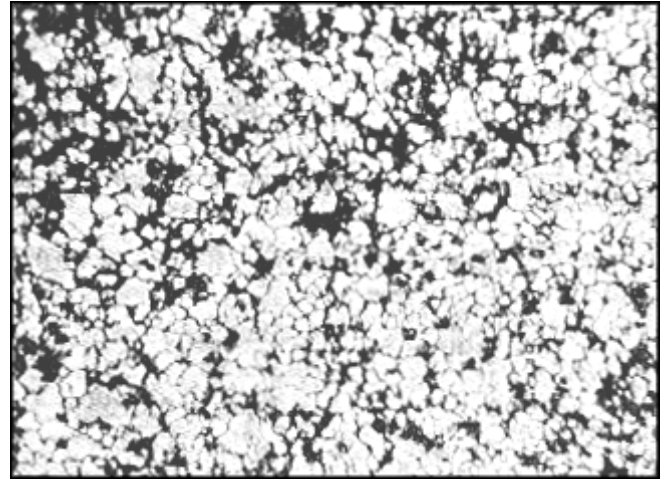
ตารางที่ 4 ความแข็งแรงโดยเฉลี่ยของเหล็กกล้าทั้ง 2 ชนิด

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ (°C)	ความแข็งแรงของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (HRC)		ความแข็งแรงของเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (HRC)	
	เย็นตัวในน้ำ	เย็นตัวในอากาศ	เย็นตัวในน้ำ	เย็นตัวในอากาศ
ไม่ได้อบ	11.34		17.46	
300	13.08	12.18	15.75	16.77
600	14.83	10.00	17.27	16.15
900	58.15	9.78	56.10	29.90
1,100	44.43	9.75	43.25	19.98

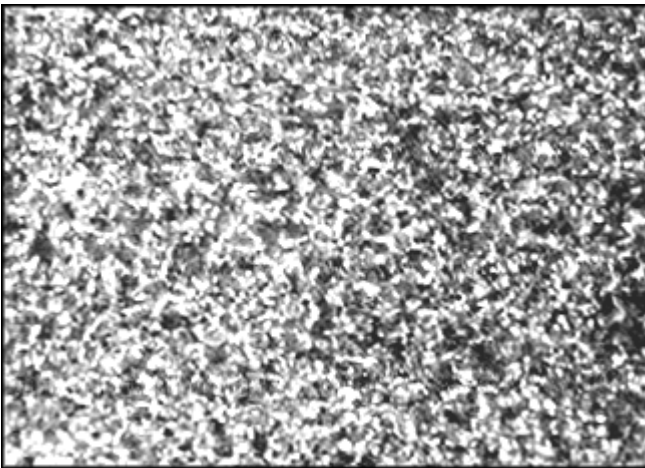
จากผลของความแข็งแรงพอสรุปได้ว่าเหล็กกล้าทั้ง 2 ชนิด ถ้าหากเกิดความร้อนขึ้นตั้งแต่สูงกว่า 600° C ขึ้นไป และมีการเย็นตัวในน้ำเสมือนการหล่อเย็นจะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ซึ่งในระหว่างช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 600 ขึ้นไปควรจะ มีการตรวจสอบเพิ่มเติมว่ามีอุณหภูมิเท่าใดการเปลี่ยนแปลงนี้จะเป็นไปอย่างมีนัยสำคัญ เพราะในการวิจัยนี้วัดอุณหภูมิเป็นช่วงที่ค่อนข้างห่าง จึงเห็นความแตกต่างของความแข็งแรงที่ 600° C และ 900° C นี้ห่างกันมากขณะที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 900° C เย็นตัวในน้ำความแข็งแรงจะลดลงเพราะเกิดการสูญเสียธาตุบางตัวที่อุณหภูมิสูงเกินไป แต่การเย็นตัวในอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักเมื่อเทียบกับความแข็งแรงของเหล็กที่ไม่ได้ผ่านการอบ และ ความแข็งแรงที่ต่างกันก็มีโครงสร้างแตกต่างกันด้วยดังนี้



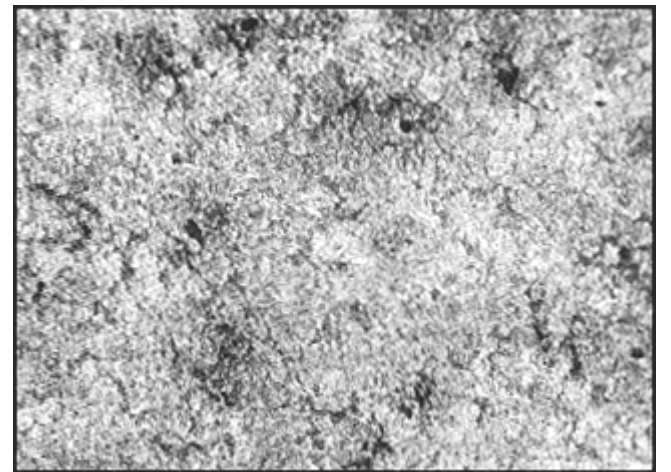
รูปที่ 1 ภาพโครงสร้างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (ไม่ได้อบ)
ความแข็งโดยเฉลี่ย 11.34 HRC



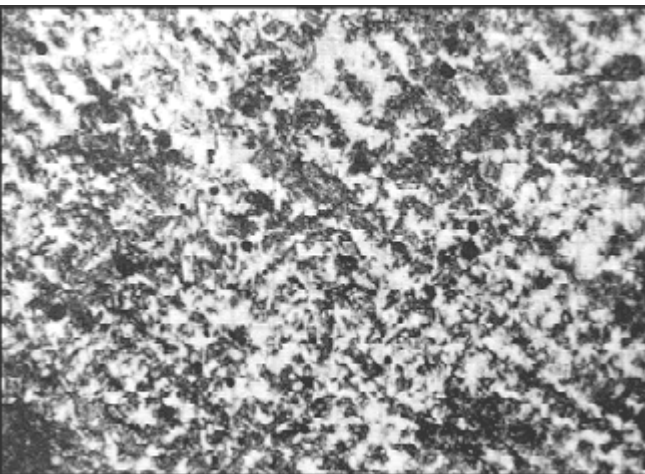
รูปที่ 2 ภาพโครงสร้างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ 900° C
เย็นตัวในน้ำความแข็งโดยเฉลี่ย 58.15 HRC



รูปที่ 3 ภาพโครงสร้างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำอบ 900° C
เย็นตัวในอากาศความแข็งโดยเฉลี่ย 9.78 HRC



รูปที่ 4 ภาพโครงสร้างเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (ไม่ได้อบ)
ความแข็งโดยเฉลี่ย 17.46 HRC



รูปที่ 5 ภาพโครงสร้างเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางอบ
900° C
เย็นตัวในน้ำความแข็งโดยเฉลี่ย 56.10 HRC
จากผลของความแข็งที่วัดได้จากตาราง ที่ 4 นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของเหล็กกล้าแต่ละ
ชนิด ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้



รูปที่ 6 ภาพโครงสร้างเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางอบ
900° C
เย็นตัวในอากาศความแข็งโดยเฉลี่ย 24.90 HRC

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน และความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของเหล็กกล้า คาร์บอนต่ำ

FILE- B : low1

VAR. 'hard'

A N O V A T A B L E

```

-----
SOURCE                                SS          D.F.        MS
-----
TREAT                                20666.93     8          2583.367
ERROR                                145.8886    63          2.315691
TOTAL                                20812.82    71          *****
-----

```

```

F VALUE          = 1115.592          8, 63 D.F.
ETA SQUARED     = .9929904

```

```

FOR VAR. 'hard'
TREAT.  N      MEAM          VAR.          S.D.
-----
NORMAL  8      11.38          .23           .48
300W    8      13.08          4.23          2.06
300A    8      12.18          4.95          2.23
600W    8      14.83          .5            .7
600A    8      9.399999       .85           .92
900W    8      58.15          3.73          1.93
900A    8      9.770001       3.48          1.87
1100W   8      44.43          1.77          1.33
1100A   8      9.75           1.11          1.05
-----

```

BARTLETT'S CHI SQUARE = 23.96545 WITH 8 D.F.

MULTIPLE COMPARISONS : SUMS OF SQUARES SIMULTANEOUS TEST PROCEDURE

```

NORMAL    VS.  300W    NOT SIGNIFICANT
NORMAL    VS.  300A    NOT SIGNIFICANT
NORMAL    VS.  600W    SIGNIFICANT
NORMAL    VS.  600A    NOT SIGNIFICANT
NORMAL    VS.  900W    SIGNIFICANT
NORMAL    VS.  900A    NOT SIGNIFICANT
NORMAL    VS.  1100W   SIGNIFICANT
NORMAL    VS.  1100A   NOT SIGNIFICANT
300W      VS.  300A    NOT SIGNIFICANT
300W      VS.  600A    NOT SIGNIFICANT
300W      VS.  600A    SIGNIFICANT
300W      VS.  900W    SIGNIFICANT
300W      VS.  900A    SIGNIFICANT
300W      VS.  1100W   SIGNIFICANT
300W      VS.  1100A   SIGNIFICANT
300A      VS.  600W    NOT SIGNIFICANT

```

300A	VS.	600A	NOT SIGNIFICANT
300A	VS.	900W	SIGNIFICANT
300A	VS.	900A	NOT SIGNIFICANT
300A	VS.	1100W	SIGNIFICANT
300A	VS.	1100A	NOT SIGNIFICANT
600W	VS.	600A	SIGNIFICANT
600W	VS.	900W	SIGNIFICANT
600W	VS.	900A	SIGNIFICANT
600W	VS.	1100W	SIGNIFICANT
600W	VS.	1100A	SIGNIFICANT
600A	VS.	900W	SIGNIFICANT
600A	VS.	900A	NOT SIGNIFICANT
600A	VS.	1100W	SIGNIFICANT
600A	VS.	1100A	NOT SIGNIFICANT
900W	VS.	900A	SIGNIFICANT
900W	VS.	1100W	SIGNIFICANT
900W	VS.	1100A	SIGNIFICANT
900A	VS.	1100W	SIGNIFICANT
900A	VS.	1100A	NOT SIGNIFICANT
1100W	VS.	1100A	SIGNIFICANT

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน และความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง

FILE- B : MED1		VAR. 'hard' ANOVA TABLE		
SOURCE	SS	D.F.	MS	
TREAT	13543.8	8	1692.975	
ERROR	122.2279	63	1.940126	
TOTAL	13666.03	71	*****	
F VALUE = 872.6111		8, 63 D.F.		
ETA SQUARED = .9910561				
FOR VAR. 'hard'				
TREAT.	N	MEAN	VAR.	S.D.
NORMAL	8	17.35	.68	.33
300W	8	15.75	.69	.33

300A	8	16.78	.39	.63
600W	8	17.28	.26	.51
600A	8	16.15	.41	.64
900W	8	56.1	2.59	1.61
900A	8	29.9	1.22	1.11
1100W	8	43.25	3.35	2.39
1100A	8	19.98	2.85	1.69

BARTLETT'S CHI SQUARE = 36.91585 WITH 8 D.F.

MULTIPLE COMPARISONS : SUMS OF SQUARES SIMULTANEOUS TEST

NORMAL VS. 300W NOT SIGNIFICANT
 NORMAL VS. 300A NOT SIGNIFICANT
 NORMAL VS. 600W NOT SIGNIFICANT
 NORMAL VS. 600A NOT SIGNIFICANT
NORMAL VS. 900W SIGNIFICANT
NORMAL VS. 900A SIGNIFICANT
NORMAL VS. 1100W SIGNIFICANT
 NORMAL VS. 1100A NOT SIGNIFICANT
 300W VS. 300A NOT SIGNIFICANT
 300W VS. 600W NOT SIGNIFICANT
 300W VS. 600A NOT SIGNIFICANT
300W VS. 900W SIGNIFICANT
300W VS. 900A SIGNIFICANT
300W VS. 1100W SIGNIFICANT
300W VS. 1100A SIGNIFICANT
 300A VS. 600W NOT SIGNIFICANT
 300A VS. 600A NOT SIGNIFICANT
300A VS. 900W SIGNIFICANT
300A VS. 900A SIGNIFICANT
300A VS. 1100W SIGNIFICANT
300A VS. 1100A SIGNIFICANT
 600W VS. 600A NOT SIGNIFICANT
600W VS. 900W SIGNIFICANT
600W VS. 900A SIGNIFICANT
600W VS. 1100W SIGNIFICANT
 600W VS. 1100A NOT SIGNIFICANT
600A VS. 900W SIGNIFICANT
600A VS. 900A SIGNIFICANT
600A VS. 1100W SIGNIFICANT
600A VS. 1100A SIGNIFICANT
900W VS. 900A SIGNIFICANT
900W VS. 1100W SIGNIFICANT
900W VS. 1100A SIGNIFICANT
900A VS. 1100W SIGNIFICANT
900A VS. 1100A SIGNIFICANT
1100W VS. 1100A SIGNIFICANT

โดยสรุปแล้วกรรมวิธีการผลิตใดที่ทำให้เกิดความร้อนขึ้นในชิ้นงานสูงกว่า 600 องศาเซลเซียส และ มีการหล่อเย็นจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงไปของคุณสมบัติเชิงกลและโครงสร้างผลกระทบตามมาคือ ความร้อนสูงนี้จะถ่ายเทกลับไปยัง เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตซึ่งจะมีผลทำให้อายุการใช้งานของ

เครื่องมือและเครื่องจักรสั้นลงนั้นหมายความว่า ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนจะสูงขึ้น ดังนั้น การควบคุมความร้อนที่เกิดขึ้นอย่างเหมาะสมจะช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือเครื่องจักรให้ยาวนานขึ้น และเป็นการลดต้นทุนการผลิตลงอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. AMINI, E.,J. Strain Analysis, 3, 206 (1968)
2. BOOTHROYD, G., Fundamentals of Metal Machining., p. 115, Arnold (1965)
3. E.C. Rollason, Msc, Phd., FIM., Metallurgy for Engineers, Fourth Ed., London , 1984
4. EM. Trent, Metal Cutting, Butterworths, Second edition, 1984
5. John Neely, Practical Metallurgy and Materials of Industry, John Wiley & Sons, Inc, 1920
6. KATO, S.et al., Trans. A.S.M.E., B94, 683 (1972)
7. LOLADZE, T.N., Wear of Cutting Tools, Mashqiz, Moscow (1958)
8. Zorew. N.N., International reseearch in Production Engineering, Pittsburgh, p.42 (1963)

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ : นายสมเกียรติ จงประสิทธิ์พร

การศึกษา : วศ.ม (อุตสาหกรรม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทำงาน : อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

This document was last modified on