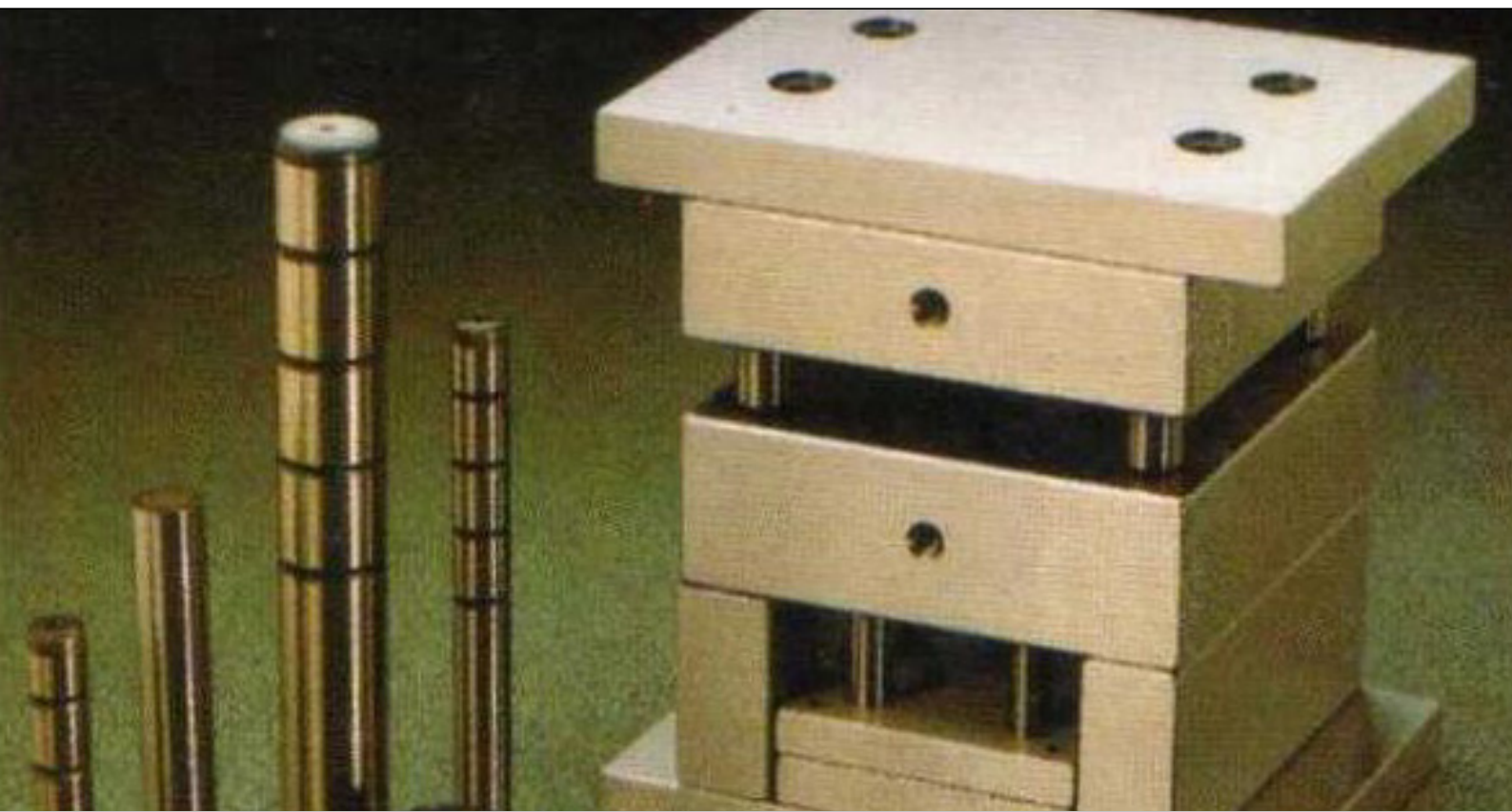


# Carbon Steel S50C



## □ คุณลักษณะทั่วไป (General Characteristics)

ส่วนผสมทางเคมี (%wt.)	C	Mn	Si	P	S
	0.47-0.55	0.60-0.90	≤0.40	≤0.030	≤0.035
AISI	1050				
JIS	S50C				
DIN	1.1206 (Ck 50/C 50 E)				
สภาพจำหน่าย	อบปกติ ความแข็งไม่เกิน 235 HB				
สภาพหลังชุบ	ชุบแข็งด้วยน้ำ ความแข็ง 58-60 HRC				

S50C จัดเป็นกลุ่มเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางที่นิยมใช้ในงานพื้นฐาน ทั้งงานโครงสร้าง งานอุปกรณ์การเกษตร งานเครื่องจักรกล งานแม่พิมพ์และส่วนประกอบแม่พิมพ์ รวมทั้งชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ เป็นต้น เนื่องจากเป็นเหล็กที่มีคุณสมบัติที่ดีในหลายด้าน ทั้งด้านความแข็งแรง ความเหนียวแกร่ง และมีความถูก นอกจากนี้ยังสามารถทำการอบชุบเพื่อเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงได้ โดยสามารถชุบแข็งให้มีความแข็งอย่างน้อย 58 HRC ก่อนอบคืนตัว (As quenched hardness) และยังสามารถชุบอินดักชั่นได้อีกด้วย

## ○ คุณลักษณะเด่น (Significant Characteristics)

- มีราคาถูกเมื่อเทียบกับเหล็กทำแม่พิมพ์เกรดอื่น
- สามารถชุบขึ้นรูปได้ดีพอสมควร
- มีความแข็งแรงสูงกว่าเหล็กโครงสร้างทั่วไป
- มีความเหนียวแกร่ง (Toughness) ดี
- สามารถชุบแข็งให้ได้ความแข็งสูงมาก แต่ให้ชั้นผิวแข็งดี
- สามารถชุบในเตาบรรยากาศ หรือ ชุบอินดักชั่นได้
- มีความสามารถในการตัดกลึงพอใช้

## ○ การใช้งาน (Applications)

S50C จะมีลักษณะการใช้งานส่วนใหญ่จะใกล้เคียงกับเกรด Ck45 เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกลใกล้เคียงกันมาก แต่จะมีความแข็ง และความแข็งแรงสูงกว่าเล็กน้อย

S50C สามารถนำไปใช้งานได้หลายชนิดทั้งงานแม่พิมพ์พลาสติก ยาง และชิ้นส่วนประกอบของแม่พิมพ์ เช่น ทำกรอบแม่พิมพ์ ชิ้นส่วนอุปกรณ์การเกษตรเกือบทุกชนิด เช่น จอบ เสียม คราด ชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องจักรกล และส่วนประกอบในเครื่องยนต์และในรถยนต์ เป็นต้น

## □ คุณสมบัติทางกล (Mechanical Properties)

### ○ สภาพจำหน่าย อบปกติ (Normalized)

Ø (mm)	0.2%Y.S. (N/mm <sup>2</sup> )	U.T.S. (N/mm <sup>2</sup> )	E.L. (%)	Hard. (HB)
d ≤ 16	≥ 355	≥ 650	≥ 20	≥ 192
16 < d ≤ 40	≥ 315	≥ 610	≥ 20	≥ 181
40 < d ≤ 100	≥ 285	≥ 590	≥ 20	≥ 174

### ○ สภาพชุบแข็งและอบคืนตัว (Hardened and Tempered)

Ø (mm)	0.2%Y.S. (N/mm <sup>2</sup> )	U.T.S. (N/mm <sup>2</sup> )	E.L. (%)	R.A. (%)
d ≤ 16	≥ 520	750-900	≥ 13	≥ 30
16 < d ≤ 40	≥ 460	700-850	≥ 15	≥ 35
40 < d ≤ 100	≥ 400	650-800	≥ 16	≥ 40

## □ คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

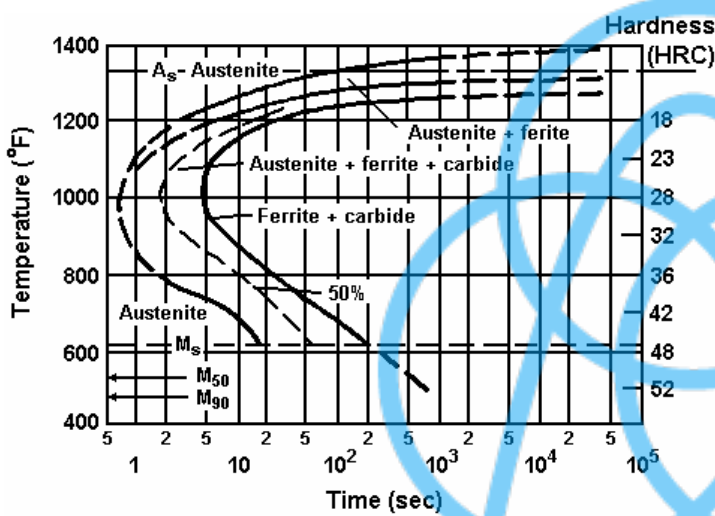
คุณสมบัติ	อุณหภูมิทดสอบ			
การนำความร้อน / Thermal Conductivity (W/m-K)	20°C	350°C	700°C	
	42.5	38.5	34.2	
สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนระหว่าง 20°C ถึง Coefficient of thermal expansion between 20°C (µm/m-K)	100°C	200°C	300°C	400°C
	11.5	11.7	12.5	13.3
	500°C	600°C	700°C	-
	13.9	14.3	14.4	-
โมดูลัสของการยืดหยุ่น ที่ 20°C Modulus of elasticity (10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> )	210			
ความจุความร้อนจำเพาะที่ 20°C Specific heat at 20°C (J/g·°C)	0.486			
ความหนาแน่น Density (g/cm <sup>3</sup> )	7.80			
สภาพทางแม่เหล็ก Magnetizability	ซึมซับ			



## การอบชุบความร้อน (Heat Treatments)

ตารางที่ 1 กระบวนการอบชุบทางความร้อน

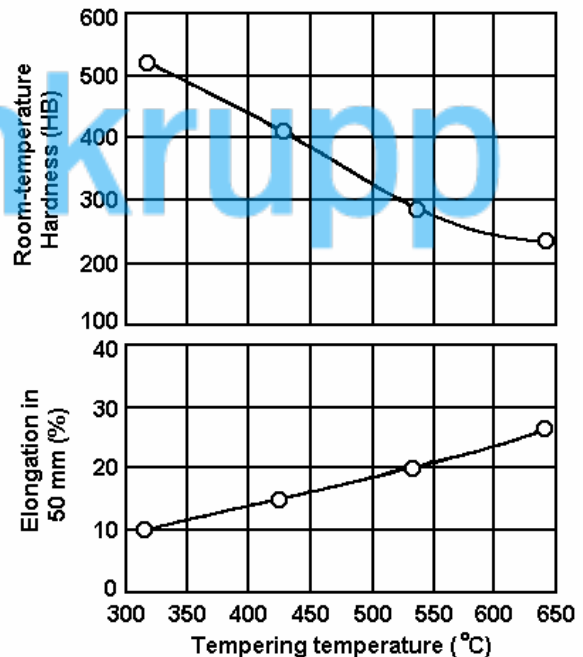
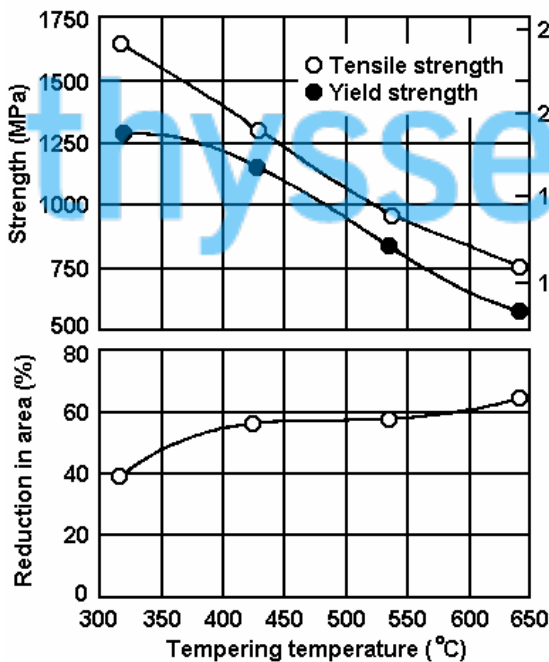
การอบอ่อน (Annealing)	อุณหภูมิ (°C)	การเย็นตัว	ความแข็ง
	800-830	ในเตา	≤ 217 HB
การอบปกติ (Normalizing)	อุณหภูมิ (°C)	การเย็นตัว	ความแข็ง
	810-860	ในอากาศ	179-235 HB
การชุบแข็ง (Hardening)	อุณหภูมิ (°C)	สารชุบ	ความแข็ง
	810-860	น้ำ	58-60 HRC
การอบคืนตัว (Tempering)	550-650°C		
ความแข็ง (HB)	212 - 277		



รูปที่ 1 แผนภาพการเย็นตัวที่อุณหภูมิคงที่ของ S 50C

## การชุบแข็งผิว (Surface Hardening)

S50C สามารถทำการปรับปรุงความแข็งเฉพาะผิวได้หลายวิธี ทั้งการชุบแข็งเฉพาะผิวโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมทางเคมี เช่น โดยการชุบอินดักชั่น หรือโดยวิธีการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมทางเคมีที่ผิว เช่น การทำไนไตรดิง การทำคาร์โบไนไตรดิง เป็นต้น ในกรณีที่ต้องการให้ S50C มีความแข็งเฉพาะผิวขณะที่ยังคงรักษาโครงสร้างภายในของเหล็กไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไว้ได้ สามารถทำได้โดยการเพิ่มความแข็งเฉพาะที่ผิวให้กับเหล็ก โดยใช้วิธีการชุบแข็งผิว ซึ่งสามารถทำได้ทั้งวิธีการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ (Flame) และวิธีชุบอินดักชั่น (Induction) โดยอาศัยการเหนี่ยวนำไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความร้อนขึ้นที่ผิว จากนั้นทำการชุบแข็งเฉพาะผิว ซึ่งจะช่วยให้ผิวของเหล็กมีความแข็งขึ้นสามารถต้านทานต่อการสึกหรอและการล้าได้ดี สำหรับการชุบแข็งผิวเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอในกรณีที่มีภาระกรรมเกิดขึ้นไม่มากนักอาจชุบให้มีระดับความลึกของผิวแข็งประมาณ 0.13-0.64 มม. ก็เพียงพอ แต่ถ้ามีภาระกรรมเกิดขึ้นอย่างรุนแรงควรชุบให้มีระดับความลึกของผิวแข็งประมาณ 6.3 มม. หรือมากกว่านั้น ในกรณีที่ต้องการเพิ่มความต้านทานต่อการล้าควรชุบให้มีระดับความลึกผิวแข็งในช่วง 3.2-12.7 มม. หรือมากกว่านั้น



รูปที่ 2 แผนภาพการอบคืนตัวของ S 50C

## □ การขึ้นรูปและการแปรรูป (Processing)

### ○ การออกแบบ (Design)

การออกแบบมีความสำคัญมากต่ออายุการใช้งานของชิ้นส่วนเครื่องจักร ชิ้นงานส่วนใหญ่มักเกิดความเสียหายได้ภายในระยะเวลาอันสั้นถ้ามีการออกแบบผิดพลาด

โดยทั่วไปมีปัจจัยบางประการที่มีส่วนสนับสนุนให้เกิดรอยแตกร้าวหรือความเสียหายแก่ชิ้นงาน ได้แก่

- การออกแบบให้ผิวนางมากเกินไป
- การเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดอย่างฉับพลัน
- การมีรอยบากที่มีมุมแหลมคม รวมทั้งการมีริ้วรอยที่เกิดจากการขัด การกลึง และการตอกรหัสรวมทั้งหมายเลขต่าง ๆ บนผิวชิ้นงาน

ในการออกแบบ ควรทำให้ชิ้นงานมีรูปร่างสมมาตรที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงสูง มีผิวที่แข็ง สะอาดเรียบและมันเงา ปราศจากรอยขีดข่วน รวมทั้งการกำหนดค่ามุมรัศมีในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดให้มากที่สุด จะมีส่วนช่วยให้ชิ้นงานมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

### ○ การขึ้นรูปร้อน (Hot Forming)

ตารางที่ 2 แนะนำการขึ้นรูปร้อน S50C

การขึ้นรูปร้อน (Hot working)	อุณหภูมิ (°C)	เย็นตัว
	1100-850	ช้า (ในเตา)
การทุบขึ้นรูป (Forging)	อุณหภูมิ (°C)	เย็นตัว
	1230-845	ช้า (ในเตา)

เกรด S50C มีความสามารถในการทุบขึ้นรูปดีพอสมควร จึงเหมาะกับลักษณะงานที่ต้องมีการทุบขึ้นรูปได้ด้วย

การทุบขึ้นรูป S50C ควรเริ่มเมื่อทำการอบเหล็กให้มีอุณหภูมิ 1230°C อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงาน จากนั้นจึงเริ่มทำการทุบ และไม่ควรถบเมื่อชิ้นงานมีอุณหภูมิลดต่ำกว่า 845°C หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างช้า ๆ ในเตา

### ○ การเชื่อม (Welding)

การเชื่อมเหล็กกล้าเกรด S50C ควรใช้ลวดเชื่อม ที่มีส่วนผสมของโครเมียมและนิกเกิลเป็นปริมาณมาก เช่น ลวดเชื่อมเกรด AWS : E 312-16 และ E 309L-16 เป็นต้น

### ○ การกลึงแปรรูป (Machining)

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

ตารางที่ 3 แนะนำค่าพารามิเตอร์สำหรับการกลึงแปรรูป

Turning				
Cutting materials	Operation	Cutting S. (m/min)	Feed R. (mm/rev)	Depth of cut (mm)
3207	Roughing	20-40	0.2-0.4	2-5
3207	Finishing	40-70	0.1-0.2	0.5-1
HM P25/30	Roughing	100-200	0.3-0.8	2-6
HM P10/P15	Finishing	130-250	0.1-0.3	0.5-1
P25 TiC/TiN	Roughing	150-230	0.4-1.0	3-8
P15 TiC/Al2O3/TiN	Finishing	300-420	0.1-0.4	0.75-3
Milling				
Cutting materials	Operation	Cutting S. (m/min)	Feed R. = 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) 20-60	6-10
3243/TiN	Finishing	40-65	1) 50-120	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 Speed (m/min)	Feed (mm/rev)	Drill-diameter (mm)	
3343 / 3243	14-20	0.04-0.20	8-16	
3343 / 3243 / TiN	25-30	0.16-0.25	8-16	
HM K10	60-100	0.06-0.30	20-47	

### ○ การเคลือบผิวแข็งโครเมียม (Hard Chromium Plating)

S50C สามารถทำการชุบฮาร์ดโครมได้ เมื่อทำการเคลือบผิวเสร็จแล้วจะต้องทำการอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 180-260°C เป็นระยะเวลา 4-6 ชั่วโมง เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดความเปราะเนื่องจากแก๊สไฮโดรเจน (Hydrogen Embrittlement)

