

Carbon Steel S55C



□ คุณลักษณะทั่วไป (General Characteristics)

ส่วนผสมทางเคมี (%wt.)	C	Mn	Si	P	S
	0.52-0.58	0.60-0.90	≤0.40	≤0.030	≤0.035
AISI	1055				
JIS	S55C				
DIN	1.1203 (Ck 55/C 50 E)				
สภาพจำหน่าย	ทุบ และ อบปกติ ความแข็งไม่เกิน 255 HB				
สภาพหลังชุบ	ชุบแข็งด้วยน้ำ ความแข็ง 58-64 HRC				

S55C จัดเป็นกลุ่มเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง โดยอาจจัดอยู่ในกลุ่มเหล็กกล้าคาร์บอนสูงได้ในกรณีที่มีปริมาณคาร์บอนเข้าใกล้ขีดจำกัดบนในส่วนผสมทางเคมี มีคุณสมบัติเด่นในด้าน มีความแข็งแรงสูง ความเหนียวแกร่งดี สามารถชุบแข็งให้ความแข็งได้สูงถึง 58-64 HRC (as-quench hardness) ก่อนการอบคืนตัวสามารถชุบผิวแข็งด้วยเปลวไฟ (Flame hardening) ได้ สามารถชุบผิวแข็งด้วยวิธีไนโตรดิ่งหรือคาร์โบไนโตรดิ่งได้ เป็นเหล็กที่มีราคาถูกสามารถขึ้นรูปได้ดี จึงนิยมใช้ในงานโครงสร้างพื้นฐานหลายอย่าง ทั้งทางด้านงานเครื่องจักรกล งานยานพาหนะ ตลอดจนงานแม่พิมพ์และส่วนประกอบแม่พิมพ์ เช่น ใช้ทำสปริงทนความเค้นต่ำ ตัวหยุด (stops) ลูกเบี้ยว (cam) ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เช่น คลัทช์ คัปปลิ่ง เฟืองสะพาน ตลอดจนชิ้นส่วนที่ต้องการความทนทานต่อการเสียดสีและมีความเหนียวแกร่งในระดับปานกลาง และยังสามารถใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกสำหรับจำนวนการผลิตที่ไม่สูงมากนัก หรือทำส่วนประกอบในแม่พิมพ์พลาสติก โมลด์เบส แม่พิมพ์ปั๊มตัด หรือ แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปโลหะ รวมทั้งฐานรากของเครื่องจักร เป็นต้น

S55C จำหน่ายในสภาพผ่านการทุบ (Forged) และอบปกติ (Normalized) จึงมีโครงสร้างที่ละเอียดและให้คุณสมบัติทางกลที่ดีกว่า เหล็กที่จำหน่ายในสภาพผ่านการอบอ่อนหรือรีดร้อน

○ คุณลักษณะเด่น (Significant Characteristics)

- มีความแข็งแรงสูงกว่าเหล็กโครงสร้างทั่วไป
- มีความเหนียวแกร่ง (toughness) ดี
- มีความสามารถในการตัดกลึงดีพอใช้
- สามารถชุบแข็งให้ได้ความแข็งสูงมาก แต่ให้ชั้นผิวแข็งตื้น
- สามารถชุบแข็งในเตาบรรยากาศได้
- สามารถชุบอินดักชันหรือใช้เปลวไฟได้
- สามารถชุบฮาร์ดโครมได้
- สามารถชุบไนโตรดิ่งหรือคาร์โบไนโตรดิ่งได้

○ การใช้งาน (Applications)

S55C จะมีลักษณะการใช้งานส่วนใหญ่จะใกล้เคียงกับเกรด S50C เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกลใกล้เคียงกัน แต่จะมีความแข็งแรงและความแข็งแรงสูงกว่าเล็กน้อย สามารถใช้ทำสปริงทนความเค้นต่ำ ตัวหยุด (stops) ลูกเบี้ยว (cam) ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เช่น คลัทช์ คัปปลิ่ง เฟืองสะพาน ตลอดจนชิ้นส่วนที่ต้องการความทนทานต่อการเสียดสี และมีความเหนียวแกร่งในระดับปานกลาง และยังสามารถใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกสำหรับจำนวนการผลิตที่ไม่สูงมากนัก หรือทำส่วนประกอบในแม่พิมพ์พลาสติก โมลด์เบส แม่พิมพ์ปั๊มตัด หรือ แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปโลหะ แม่พิมพ์ขึ้นรูปยาง รวมทั้งฐานรากของเครื่องจักร เป็นต้น

□ คุณสมบัติทางกล (Mechanical Properties)

○ สภาพจำหน่าย อบปกติ (Normalized)

∅ (mm)	0.2%Y.S. (N/mm ²)	U.T.S. (N/mm ²)	E.L. (%)
d ≤ 16	≥ 370	≥ 680	≥ 11
16 < d ≤ 40	≥ 330	≥ 640	≥ 12
40 < d ≤ 100	≥ 300	≥ 620	≥ 12

○ สภาพชุบแข็งและอบคืนตัว (Hardened and Tempered)

∅ (mm)	0.2%Y.S. (N/mm ²)	U.T.S. (N/mm ²)	E.L. (%)	KV (J)
d ≤ 16	≥ 550	800-950	≥ 12	≥ 30
16 < d ≤ 40	≥ 490	750-900	≥ 14	≥ 35
40 < d ≤ 100	≥ 420	700-850	≥ 15	≥ 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 ⁵ N/mm ²)	210			
ความจุความร้อนจำเพาะที่ 20°C Specific heat at 20°C (J/g·°C)	0.486			

□ การอบชุบความร้อน (Heat Treatments)

ตารางที่ 1 กระบวนการอบชุบทางความร้อน

การอบอ่อน (Annealing)	อุณหภูมิ (°C)	การเย็นตัว	ความแข็ง
	790-830	ในเตา	≤ 217 HB
การอบปกติ (Normalizing)	อุณหภูมิ (°C)	การเย็นตัว	ความแข็ง
	825-865	ในอากาศ	183-255 HB
การชุบแข็ง (Hardening)	อุณหภูมิ (°C)	สารชุบ	ความแข็ง
	810-860	น้ำ	58-64 HRC
การอบคืนตัว (Tempering)		550-650°C	
ความแข็ง (HB)		229 - 285	

○ การชุบแข็งผิว (Surface Hardening)

S55C สามารถทำการปรับปรุงความแข็งแรงเฉพาะผิวได้หลายวิธี ทั้งการชุบแข็งเฉพาะผิวโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมทางเคมี เช่น โดยการชุบอินดักชั่น หรือโดยวิธีการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมทางเคมีที่ผิว เช่น การทำไนโตรดิ่ง การทำคาร์โบไนโตรดิ่ง เป็นต้น ในกรณีที่ต้องการให้ S55C มีความแข็งแรงเฉพาะผิวขณะที่ยังคงรักษาโครงสร้างภายในของเหล็กไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไว้ได้ สามารถทำได้โดยการเพิ่มความแข็งแรงเฉพาะที่ผิวให้กับเหล็ก โดยใช้วิธีการชุบแข็งผิว ซึ่งสามารถทำได้ทั้งวิธีการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ (Flame) และวิธีชุบอินดักชั่น (Induction) โดยอาศัยการเหนี่ยวนำไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความร้อนขึ้นที่ผิว จากนั้นทำการชุบแข็งเฉพาะผิว ซึ่งจะช่วยให้ผิวของเหล็กมีความแข็งแรงขึ้นสามารถต้านทานต่อการสึกหรอและการล้าได้ดี สำหรับการชุบแข็งผิวเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอในกรณีที่มีภาระกรรมเกิดขึ้นไม่มากนักอาจชุบให้มีระดับความลึกของผิวแข็งประมาณ 0.13-0.64 มม. ก็เพียงพอ แต่ถ้ามีภาระกรรมเกิดขึ้นอย่างรุนแรงควรชุบให้มีระดับความลึกของผิวแข็งประมาณ 6.3 มม. หรือมากกว่านั้น ในกรณีที่ต้องการเพิ่มความต้านทานต่อการล้าควรชุบให้มีระดับความลึกผิวแข็งในช่วง 3.2-12.7 มม. หรือมากกว่านั้น



□ การขึ้นรูปและการแปรรูป (Processing)

○ การออกแบบ (Design)

การออกแบบมีความสำคัญมากต่ออายุการใช้งานของชิ้นส่วนเครื่องจักร ชิ้นงานส่วนใหญ่มักเกิดความเสียหายได้ภายในระยะเวลาอันสั้นถ้ามีการออกแบบผิดพลาด

โดยทั่วไปมีปัจจัยบางประการที่มีส่วนสนับสนุนให้เกิดรอยแตกหรือความเสียหายแก่ชิ้นงาน ได้แก่

- การออกแบบให้มีผนังบางมากเกินไป
- การเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดอย่างฉับพลัน
- การมีรอยบากที่มีมุมแหลมคม รวมทั้งการมีรอยร้าวที่เกิดจากการขัด การกลึง และการตอกรที่สรวมทั้งหมายเลขต่าง ๆ บนผิวชิ้นงาน

ในการออกแบบ ควรทำให้ชิ้นงานมีรูปร่างสมมาตรที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงสูง มีผิวที่แข็ง สะอาด เรียบและมันเงา ปราศจากรอยขีดข่วน รวมทั้งการกำหนดค่ามุมรัศมีในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดให้มากที่สุด จะมีส่วนช่วยให้ชิ้นงานมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

○ การขึ้นรูปร้อน (Hot Forming)

ตารางที่ 2 แนะนำการขึ้นรูปร้อน S 55C

การขึ้นรูปร้อน (Hot working)	อุณหภูมิ (°C)	เย็นตัว
	1050-850	ช้า (ในเตา)
การทุบขึ้นรูป (Forging)	อุณหภูมิ (°C)	เย็นตัว
	1205-815	ช้า (ในเตา)

การทุบขึ้นรูป S55C ควรเริ่มเมื่อทำการอบเหล็กให้มีอุณหภูมิ 1205°C อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงาน จากนั้นจึงเริ่มทำการทุบและไม่ควรทุบเมื่อชิ้นงานมีอุณหภูมิลดต่ำกว่า 815°C หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างช้า ๆ ในเตา

○ การเคลือบผิวแข็งโครเมียม (Hard-Chromium Plating)

S55C สามารถทำการเคลือบผิวแข็งโครเมียม (ชุบฮาร์ดโครม) ได้ในกรณีที่ต้องการให้ผิวมีความต้านทานต่อการสึกหรอและการกัดกร่อนดีขึ้น เมื่อทำการเคลือบผิวเสร็จแล้วจะต้องทำการอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 180-260°C เป็นระยะเวลา 4-6 ชั่วโมง เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดความเปราะเนื่องจากแก๊สไฮโดรเจน (Hydrogen Embrittlement)