

Machinery Steel

3505



□ คุณลักษณะทั่วไป (General Characteristics)

ส่วนผสมทางเคมี (%wt.)	C	Si	Cr	Mn
	0.90-1.05	0.15-0.35	1.35-1.60	0.25-0.45
AISI	52100			
JIS	SUJ 2			
DIN	1.3505 / 100Cr6			
สภาพจำหน่าย	อบอ่อน ความแข็ง ≤ 217 HB			
สภาพหลังชุบ	ชุบแข็งและอบคืนตัว 58-62 HRC			

3505 จัดเป็นกลุ่มเหล็กกล้าโลหะผสมต่ำที่มีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 1% และโครเมียม 1.5% ทำให้สามารถชุบแข็งได้ดีเยี่ยมและยังสามารถให้ความแข็งแรงสูงมากภายหลังการชุบ จึงมีความทนต่อการเสียดสีและการสึกหรอได้ดีมาก สามารถให้ความแข็งแรงสูงมากภายหลังการชุบแข็งก่อนการอบคืนตัว (62-66 HRC) และเมื่ออบคืนตัวมีความแข็งใช้งานในช่วง 58-62 HRC นอกจากนี้ยังสามารถทำการชุบอินดักซ์ได้เพื่อให้ได้ผิวแข็งที่ทนต่อการสึกหรอร่วมกับมีความเหนียวแกร่งที่ดี และทนทานต่อการล้าได้ดีเยี่ยม เหมาะสำหรับงานเบรค ลูกกลิ้ง จำปา แหวนสปริง บูช ไรต์โพลด์ และงานที่ต้องการความต้านทานต่อการสึกหรออื่นๆ

○ คุณลักษณะเด่น (Significant Characteristics)

- ต้านทานต่อการสึกหรอดีมาก
- มีความเหนียวแกร่งดีพอใช้
- มีความสามารถในการชุบแข็งสูง
- ให้ความแข็งแรงสูงมากภายหลังการชุบแข็ง
- ต้านทานต่อการล้าได้ดี
- สามารถชุบอินดักซ์ได้

○ การใช้งาน (Applications)

3505 จัดเป็นเหล็กที่มีคุณสมบัติทั้งด้านความแข็งแรง ความแข็งแรง โดยยังคงมีความเหนียวแกร่งอยู่พอสมควร และสามารถต้านทานต่อการสึกหรอและเสียดสีได้ดีเยี่ยม เนื่องจากสามารถชุบแข็งให้มีความแข็งได้สูงมาก จึงนิยมใช้ทำลูกปืนและตลับลูกปืนทั้งชนิดแบบลูกบอลกลม แบบแท่ง หรือแบบเข็ม นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทำ ลูกกลิ้ง คอลเลกต์ แหวนสปริง จำปา บูช ไรต์โพลด์ และอื่นๆ อีกมาก เนื่องจากให้ความแข็งแรงที่สูงมาก ทนต่อการสึกหรอได้ดี



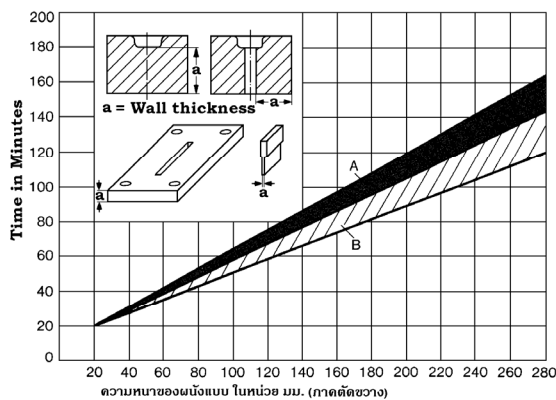
□ การอบชุบความร้อน (Heat Treatments)

ตารางที่ 1 กระบวนการอบชุบทางความร้อน

การอบอ่อน	อุณหภูมิ (°C)	การเย็นตัว		
	780-800	ช้าในเตา		
การอบปกติ	อุณหภูมิ (°C)	การเย็นตัว		
	870-900	ในอากาศ		
การอบคลายเครียด	อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลา	การเย็นตัว	
	600-650	2 ชม.	อากาศ	
การชุบแข็ง	อุณหภูมิ (°C)	สารชุบ	ความแข็ง	
	830-870	น้ำมัน	62-65 HRC	
การอบคืนตัว	อุณหภูมิ (°C)	เวลา	ความแข็ง	
	150-230	≥ 30 นาที	58-65 HRC	
การชุบอินดักซ์	อุณหภูมิ (°C)	สารชุบ	ความแข็ง	
	800-830	น้ำมัน	60-62 HRC	
การอบคืนตัว				
T (°C)	100	150	200	250
HRC	64	63	62	59

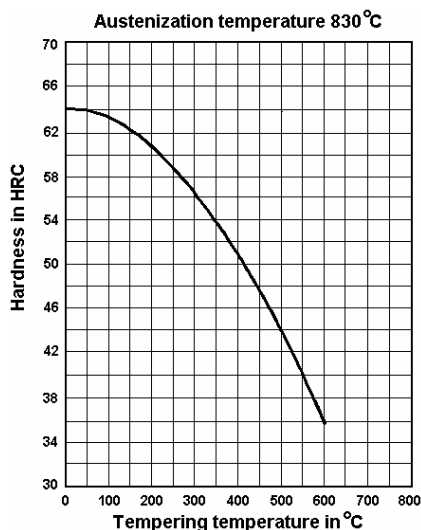


รูปที่ 1 แผนภาพกระบวนการชุบแข็งของเกรด 3505



A = เหล็กกล้าโลหะผสมสูง (เหล็กกล้าแลนบูโรต์ คาร์บอน-โครเมียม ผสมสูง)
B = เหล็กกล้าคาร์บอน, เหล็กกล้าโลหะผสมต่ำ และปานกลาง

รูปที่ 2 เวลาเผาแช่กับความหนานของ 3505 ที่อุณหภูมิชุบแข็ง



รูปที่ 3 แผนภูมิการอบคืนตัวของเกรด 3505

○ การชุบแข็งผิว (Surface Hardening)

เกรด 3505 สามารถทำการชุบแข็งเฉพาะผิวได้ โดยใช้วิธีการชุบผิวแข็ง เช่น วิธีชุบอินดักชั่น (Induction) ซึ่งอาศัยการเหนี่ยวนำไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความร้อนขึ้นเฉพาะที่ผิว จากนั้นจึงทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยให้ผิวของเหล็กมีความแข็งสูงขึ้น จึงสามารถต้านทานต่อการสึกหรอและการล้าได้ดีขึ้น โดยที่โครงสร้างภายในเหล็กยังคงไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับการชุบผิวแข็งเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอ ในกรณีที่มีการกระกรรมเกิดขึ้นไม่มากนักอาจชุบให้มีระดับความลึกของผิวแข็งประมาณ 0.13-0.64 มม. ก็เพียงพอ แต่ถ้ามีการกระกรรมเกิดขึ้นอย่างรุนแรงควรชุบให้มีระดับความลึกของผิวแข็งประมาณ 6.3 มม. หรือมากกว่านั้น ในกรณีที่ต้องการเพิ่มความต้านทานต่อการล้าควรชุบให้มีระดับความลึกผิวแข็งในช่วง 3.2-12.7 มม. หรือมากกว่านั้น

□ การขึ้นรูปและการแปรรูป (Processing)

○ การขึ้นรูปร้อน (Hot Forming)

ตารางที่ 2 แนะนำการขึ้นรูปร้อนเกรด 3505

การขึ้นรูปร้อน (Hot working)	อุณหภูมิ (°C)	การเย็นตัว
	1100-850	ช้า (ในเตา)
การทุบขึ้นรูป (Forging)	อุณหภูมิ (°C)	การเย็นตัว
	1150-925	ช้า (ในเตา)

การทุบขึ้นรูป 3505 จะเริ่มทุบได้เมื่ออบให้มีอุณหภูมิสูงสุด 1150°C และไม่ควรรอบเมื่อมีอุณหภูมิต่ำกว่า 925°C หลังจากนั้นควรปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างช้า ๆ

○ การกลึงแปรรูป (Machining)

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

ตารางที่ 3 แนะนำค่าพารามิเตอร์สำหรับการกลึงแปรรูป

Turning				
Cutting materials	Operation	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	Operation	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) 20-60	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 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	

○ การเชื่อม (Welding)

การเชื่อม 3505 และเหล็กเครื่องมือทั่วไป มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดแตกร้าวได้อย่างมาก ดังนั้นควรทำการเชื่อมในกรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้เท่านั้น

การเชื่อม 3505 แนะนำให้ใช้ลวดเชื่อมที่หุ้มฟลักซ์เบสิก และสำหรับชิ้นงานได้ผ่านกระบวนการชุบแข็งมาแล้ว ควรใช้ลวดเชื่อมที่มีส่วนผสมของโครเมียมและนิกเกิลเป็นปริมาณมาก เช่น ลวดเชื่อม AWS: E 312-16 เป็นต้น นอกจากนี้ควรทำการเผาอุ่นชิ้นงานที่อุณหภูมิอบคืนตัวแต่ต้องไม่ต่ำกว่า 200°C ทำการเชื่อมที่อุณหภูมินี้ ออบจนถึงอุณหภูมิการอบคืนตัวทันทีและคงไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นตัวในอากาศจนถึง 80°C และอบจนถึงอุณหภูมิการอบคืนตัวอีกครั้ง คงไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง