

Machinery Steel

6582



□ คุณลักษณะทั่วไป (General Characteristics)

ส่วนผสมทางเคมี (%wt.)	C	Si	Mn
	0.30-0.38	0.10-0.40	0.50-0.80
	Cr	Ni	Mo
	1.30-1.70	1.30-1.70	0.15-0.30
AISI	4340H		
JIS	SNCM 439H		
DIN	1.6582 / 34CrNiMo6		
สภาพจำหน่าย	ชุบแข็งและอบคืนตัว 28-33 HRC		
ชุบอินดักชั่น	ผิวแข็ง 55-58 HRC		

6582 เป็นเหล็กกล้าโลหะผสมต่ำที่มีส่วนผสมของ นิกเกิล โครเมียม และโมลิบดีนัมเป็นสำคัญ จึงช่วยให้มีความแข็งแรงสูง และมีความสามารถในการชุบแข็งสูงมาก ความแข็งที่ได้ภายหลังจากการชุบก่อนการอบคืนตัวมีค่าประมาณ 54-59 HRC สามารถใช้งานอุณหภูมิสูงได้ดี เนื่องจากมีคุณสมบัติต้านทานต่อการเปราะที่อุณหภูมิต่ำ (temper embrittlement) ด้วยเช่นกัน

เกรด 6582 จำหน่ายในสภาพผ่านการชุบแข็งและอบคืนตัว จึงเหมาะสมและสะดวกต่อการชุบแข็งผิว เช่นการชุบอินดักชั่น นอกจากนี้ยังสามารถทำไนโตรดิ่ง หรือไนโตรคาร์บูไรซิงก็ได้ ซึ่งจะเพิ่มความต้านทานต่อการล้าและการสึกหรอให้สูงขึ้น

ข้อควรระวังในการใช้งานของเกรด 6582 คือ เมื่อทำการอบคืนตัวให้มีความแข็งแรงมากกว่า 1400 MPa เหล็กอาจเกิดการเปราะเนื่องจากการแทรกซึมของแก๊สไฮโดรเจนเข้าไปในเนื้อเหล็ก (Hydrogen embrittlement) ดังนั้นถ้าต้องมีการนำชิ้นงานไปจุ่มกรด (pickling) หรือเคลือบผิว (plating) จะต้องทำการอบไล่แก๊สไฮโดรเจนในภายหลัง นอกจากนี้เมื่อทำการอบคืนตัวเพื่อให้เหล็กมีความแข็งแรงในช่วง 1500 –1950 MPa ชิ้นงานอาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดการแตกร้าวเนื่องจากความเค้นร่วมกับการกัดกร่อน (Stress-Corrosion Cracking) ได้

○ การใช้งาน (Applications)

6582 นิยมใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ต้องการความแข็งแรงสูงมาก หรือได้รับความเค้นอย่างต่อเนื่องแบบไม่คงที่อยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะชิ้นส่วนส่งกำลัง เช่น เพลาข้อเหวี่ยง เพลา ลูกเบี้ยว ก้านสูบ เฟืองขนาดใหญ่ เฟืองตัวหนอน เฟืองขับ น็อต สกรู สลักเกลียว อุปกรณ์จับยึดต่าง ๆ รวมทั้ง ชิ้นส่วนโครงสร้างในเครื่องบิน และแลนด์นิงเกียร์

○ คุณลักษณะเด่น (Significant Characteristics)

- มีความแข็งแรงสูงมาก
- ต้านทานต่อการล้า (fatigue) ได้ดี
- ต้านทานต่อการสึกหรอได้ดี
- ความสามารถในการทุบขึ้นรูป (Forgeability) ดี
- มีความเหนียวแกร่ง (toughness) ดีมาก
- มีค่าการยืดตัว (ductility) สูง สามารถดัดงอได้ง่าย
- ความสามารถในการตัดกลึงพอใช้
- ความสามารถในการเชื่อมไม่ดี
- ชุบแข็งง่ายสามารถทำการชุบแข็งซ้ำได้
- สามารถชุบแข็งให้มีความแข็งได้ 54-59 HRC
- ต้านทานต่อการเกิด temper embrittlement ได้ดี
- สามารถชุบอินดักชั่นได้ดี
- สามารถทำไนโตรดิ่งได้ ให้ผิวแข็งประมาณ 650 HV

□ คุณสมบัติทางกล (Mechanical Properties)

○ สภาพชุบแข็งและอบคืนตัว (Hardened and Tempered)

Ø (mm)	0.2%Y.S. (N/mm ²)	U.T.S. (N/mm ²)	Elong. (%)	KV (J)	Hard. (HB)
0<D≤16	≥ 1000	1200-1400	≥ 9	≥ 35	323-380
16<D≤40	≥ 900	1100-1300	≥ 10	≥ 45	295-352
40<D≤100	≥ 800	1000-1200	≥ 11	≥ 45	266-323
100<D≤160	≥ 700	900-1100	≥ 12	≥ 45	238-280
160<D≤250	≥ 600	800-950	≥ 13	≥ 45	220-266

□ คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

คุณสมบัติ	อุณหภูมิทดสอบ			
สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนระหว่าง 20°C ถึง (µm/m·K)	100°C	200°C	400°C	600°C
	11.2	12.4	13.6	14.3
ความจุความร้อนจำเพาะที่ 20°C Specific heat at 20°C (J/g·°C)	0.477			
ความต้านทานไฟฟ้าที่ 20°C Electric resistance (µΩ·m)	0.248			
ความหนาแน่น Density (g/cm ³)	7.85			
สภาพทางแม่เหล็ก Magnetizability	ซึมซับ			

การอบชุบความร้อน (Heat Treatments)

ตารางที่ 1 กระบวนการอบชุบทางความร้อน

การอบอ่อน	อุณหภูมิ (°C)	การเย็นตัว	
	830-860	ช้าในเตา	
การอบปกติ	อุณหภูมิ (°C)	การเย็นตัว	
	850-880	ในอากาศ	
การอบสเฟียไรไดซ์	อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลา	การเย็นตัว
	730-745	≥ 2 ชม.	ช้าในเตา
การอบคลายเครียด	อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลา	การเย็นตัว
	600-675	2 ชม.	อากาศ
การชุบแข็ง	อุณหภูมิ (°C)	สารชุบ	ความแข็ง
	830-860	น้ำมัน	54-59 HRC
การอบคืนตัว	อุณหภูมิ (°C)	เวลา	ความแข็ง
	200-680	≥ 30 นาที	31-53 HRC
การชุบอินดักชั่น	อุณหภูมิ (°C)	สารชุบ	ความแข็ง
	780-810	น้ำมัน	48-52 HRC
การอบหลังฮาร์ดโครม	อุณหภูมิ (°C)	เวลา	
	185-195	≥ 8 ชั่วโมง	

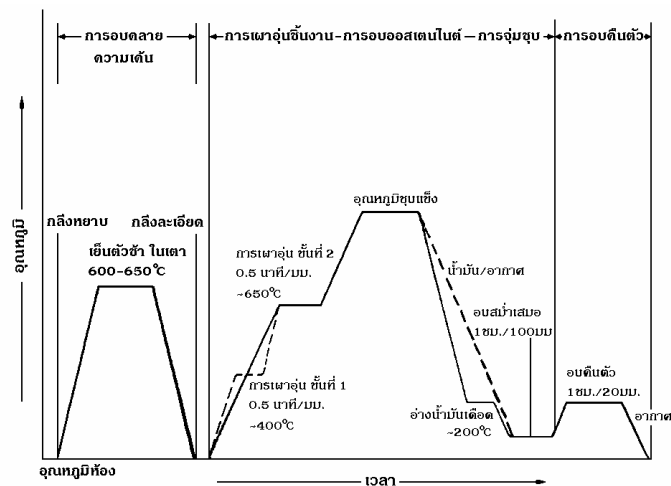
ตารางที่ 2 ผลคุณสมบัติทางกลกับอุณหภูมิการอบคืนตัวของเกรด 6582 เมื่อชุบแข็งที่อุณหภูมิ 845°C แล้วชุบลงในน้ำมัน

Temp. (°C)	Y.S. (MPa)	U.T.S. (MPa)	Elong. (%)	Hardn. (HB)	Impact E. (J)
205	1860	1980	11	53	20
315	1620	1760	12	49.5	14
425	1365	1500	14	46	16
540	1160	1240	17	39	47
650	860	1020	20	31	100
705	740	860	23	24	102

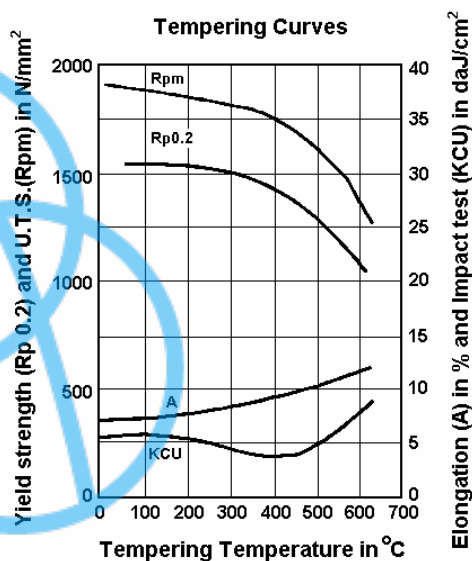
1 ความเปราะจากไฮโดรเจน (Hydrogen embrittlement)

ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มีขนาดอะตอมเล็กมากที่สุด จึงซึมเข้าสู่เนื้อโลหะได้ง่าย โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง การแทรกซึมของไฮโดรเจนจะเป็นผลให้โลหะมีความสามารถในการยึดตัวลดลง ไฮโดรเจนที่ซึมเข้าไปในเนื้อโลหะอาจรวมตัวกันเป็นโมเลกุลหรือรวมตัวกับธาตุอื่นเช่นคาร์บอนในเหล็กทำให้เกิดความดันขึ้นสูงในบริเวณนั้นซึ่งมักนำไปสู่การโป่งพองหรือการเกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็กในเนื้อโลหะ ทำให้เหล็กหรือโลหะนั้นอายุการใช้งานสั้นลงมาก

การแทรกซึมของไฮโดรเจนอาจเป็นผลมาจากการที่โลหะสัมผัสกับความร้อนที่สูงมาก จากไอน้ำเดือด จากการที่ขี้ผึ้งผิว จากการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า หรือจากการเชื่อม เป็นต้น ซึ่งสามารถแก้ไขหรือป้องกันได้โดยการเลือกใช้เหล็กที่มีส่วนผสมของไทเทเนียม โครเมียม โครเมียม-โมลิบดีนัม-วานาเดียม และอื่นๆ เป็นต้น หรืออาจใช้วิธีการอบไล่ก๊าซไฮโดรเจนภายหลังจากการเคลือบผิวแข็งก็ได้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการชุบแข็งเกรด 6582



รูปที่ 2 ผลการอบคืนตัวกับคุณสมบัติทางกลของเกรด 6582

การชุบแข็งผิว (Surface Hardening)

เกรด 6582 สามารถทำการชุบแข็งเฉพาะผิวได้ดีเนื่องจาก

จำหน่ายในสภาพผ่านการชุบแข็งและอบคืนตัว จึงสะดวกและเหมาะสมต่อการชุบผิวแข็ง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งวิธีการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟและวิธีชุบอินดักชั่น ซึ่งจะช่วยให้ผิวของเหล็กมีความแข็งขึ้น สามารถต้านทานต่อการสึกหรอและการล้าได้ดี สำหรับการชุบแข็งผิวเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอนั้น ในกรณีที่มีการกรรมที่ได้รับนั้นไม่สูงมากนัก ควรชุบแข็งผิวให้มีระดับความลึกของผิวแข็งประมาณ 0.13-0.64 มม. แต่ถ้ามีการกรรมที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงมากควรชุบให้มีระดับความลึกของผิวแข็งประมาณ 6.3 มม. หรือมากกว่านั้น ในกรณีที่ต้องการเพิ่มความต้านทานต่อการล้าควรชุบให้มีระดับความลึกผิวแข็งในช่วง 3.2-12.7 มม. หรือมากกว่านั้น

□ การขึ้นรูปและการแปรรูป (Processing)

○ การขึ้นรูปร้อน (Hot Forming)

ตารางที่ 3 แนะนำการขึ้นรูปร้อน 6582

การขึ้นรูปร้อน	อุณหภูมิ (°C)	เย็นตัว
	1050-850	ช้า (ในเตา)
การชุบขึ้นรูป	อุณหภูมิ (°C)	เย็นตัว
	1230-1065	ช้า (ในเตา)

การชุบขึ้นรูป 6582 จะเริ่มชุบเมื่ออบให้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 1230-1065°C และไม่ควรถูบเมื่อขึ้นงานมีอุณหภูมิต่ำกว่า 900°C หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างช้า ๆ

○ การเชื่อม (Welding)

ในการเชื่อมเหล็กที่มีความสามารถในการชุบแข็งสูง มักเกิดเฟสมาร์เทนไซต์ในโครงสร้างของงานเชื่อมได้ง่าย ดังนั้นการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานก่อนเชื่อมและหลังเชื่อมจะช่วยลดปัญหานี้ลงได้ นอกจากนี้การเชื่อมเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนมาก มักเกิดการแตกร้าวได้ง่ายเนื่องจากอิทธิพลของไฮโดรเจนในแนวเชื่อม ดังนั้นจึงควรใช้ลวดเชื่อมที่ฟลักซ์มีส่วนผสมของไฮโดรเจนต่ำ

สำหรับเหล็กเกรด 6582 นี้จัดว่าเป็นเหล็กที่เชื่อมได้ง่ายมีความสามารถในการเชื่อมสูง สามารถใช้วิธีการเชื่อมตามมาตรฐานได้หลายวิธี สำหรับการเชื่อมควรเผาอ่อนชิ้นงานที่อุณหภูมิ 150-260°C ก่อนเชื่อมและภายหลังการเชื่อมควรให้ความร้อนแก่ชิ้นงานที่อุณหภูมิ 600-675°C และทำให้เย็นตัวลงอย่างช้า ๆ

○ การชุบแข็งซ้ำ (Rehardening of Treated Tools)

ถ้าหากค่าความแข็งของเหล็กที่ได้ผ่านกระบวนการชุบแข็งและอบคืนตัวมาแล้วไม่เหมาะสมต่อสภาวะการใช้งาน จะสามารถแก้ไขได้โดยการชุบแข็งใหม่อีกครั้ง ซึ่งในการชุบแข็งใหม่นี้ ขั้นแรกจำเป็นต้องทำการอบอ่อนชิ้นงานก่อน ซึ่งเหล็กที่ได้ผ่านกระบวนการชุบแข็งและอบคืนตัวมาแล้ว มักมีแนวโน้มที่จะเกิดการแตกร้าวเนื่องจากความเค้นสูงมาก ดังนั้นในการอบอ่อน จึงควรเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างช้า ๆ และต้องปกป้องผิวเหล็กจากการเกิดผิวสูญเสียคาร์บอน ซึ่งอาจใช้วิธีหุ้มผิวเหล็กถ่านโค้ก หรืออบในเตา



○ การทำไนโตรดิ่ง (Nitriding)

การทำไนโตรดิ่ง 6582 จะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการขีดสีและความต้านทานต่อการล้าให้กับชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เช่น เฟลาได้ประมาณ 30% ในการทำไนโตรดิ่งเหล็กจำเป็นต้องผ่านการชุบแข็งและอบคืนตัว และผ่านกระบวนการกลึงขั้นสุดท้าย (Finishing) มาแล้ว โดยทั่วไปการทำไนโตรดิ่ง สามารถทำได้ 4 วิธี ดังนี้

- ไนโตรดิ่งในอ่างเกลือ อุณหภูมิ 520-570°C เวลา 2 ชม.
- แก๊สไนโตรดิ่ง อุณหภูมิ 450-480°C เวลา 15-30 ชม.
- ผงโลหะไนโตรดิ่ง อุณหภูมิ 500-570°C เวลา 3-5 ชม.
- พลาสมาไนโตรดิ่ง อุณหภูมิ 400°C ถึง 600°C

6582 จะเหมาะกับการทำไนโตรดิ่งด้วยแก๊สแอมโมเนีย ซึ่งจะ

ให้ผิวที่บางแข็งซึ่งผิวนอกจะเกิดเป็นเอ็บซิลอนไนไตรด์

ขั้นตอนการทำไนโตรดิ่ง 6582 จะประกอบด้วย

- การกลึงหยาบ
- อบออสเทนไนต์ที่ 845°C
- ชุบในน้ำมัน
- อบคืนตัวที่ 620°C
- กลึงละเอียด
- ชุบไนโตรดิ่ง ที่ 525°C เป็นเวลา 24 ชม. ใช้แก๊สแอมโมเนียที่แตกตัวได้ 30% หรือทำไนโตรดิ่งที่ 525°C เป็นเวลา 5 ชม. ใช้แก๊สแอมโมเนียที่แตกตัวได้ 25% จากนั้นอบต่อไปที่อุณหภูมิ 565°C เป็นเวลา 20 ชม. ใช้แก๊สแอมโมเนียที่แตกตัวได้ 75-80%

เมื่อผ่านการทำไนโตรดิ่งแล้วผิวเหล็กของเกรด 6582 จะมี

ความแข็งประมาณ 550-650 HV

○ การเคลือบผิวแข็งโครเมียม (Hard-Chromium Plating)

6582 สามารถทำฮาร์ดโครมได้ เมื่อทำการเคลือบผิวเสร็จแล้วจะต้องทำการอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 180-260°C เป็นระยะเวลา 4-6 ชั่วโมง เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดความเปราะเนื่องจากแก๊สไฮโดรเจน (Hydrogen Embrittlement)

