



ภาคผนวก ก

AISI 1010

Category	Steel
Class	Carbon steel
Type	Standard
Designations	France: AFNOR XC 10 Germany: DIN 1.1121 Japan: JIS S12C , JIS S10C , JIS S9CK United States: AMS 5040 , AMS 5042 , AMS 5044 , AMS 5047 , AMS 5053 , ASTM A108 , ASTM A29 , ASTM A510 , ASTM A519 , ASTM A545 , ASTM A549 , ASTM A575 , ASTM A576 , MIL SPEC MIL-S-11310 (CS1010) , SAE J403 , SAE J412 , SAE J414 , UNS G10100

Composition

Element	Weight %
C	0.08-0.13
Mn	0.30-0.60
P	0.04 (max)
S	0.05 (max)

Mechanical Properties

Properties		Conditions	
		T (°C)	Treatment
Density ($\times 1000 \text{ kg/m}^3$)	7.7-8.03	25	
Poisson's Ratio	0.27-0.30	25	
Elastic Modulus (GPa)	190-210	25	
Tensile Strength (Mpa)	365		
Yield Strength (Mpa)	305	25	cold drawn (round bar (19-32 mm)) more
Elongation (%)	20		
Reduction in Area (%)	40		
Hardness (HB)	105	25	cold drawn (round bar (19-32 mm)) more

Thermal Properties

Properties		Conditions	
		T (°C)	Treatment
Thermal Expansion ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	15	0-700 more	annealed
Thermal Conductivity (W/m-K)	65.2	0 more	
Specific Heat (J/kg-K)	450	50-100 more	

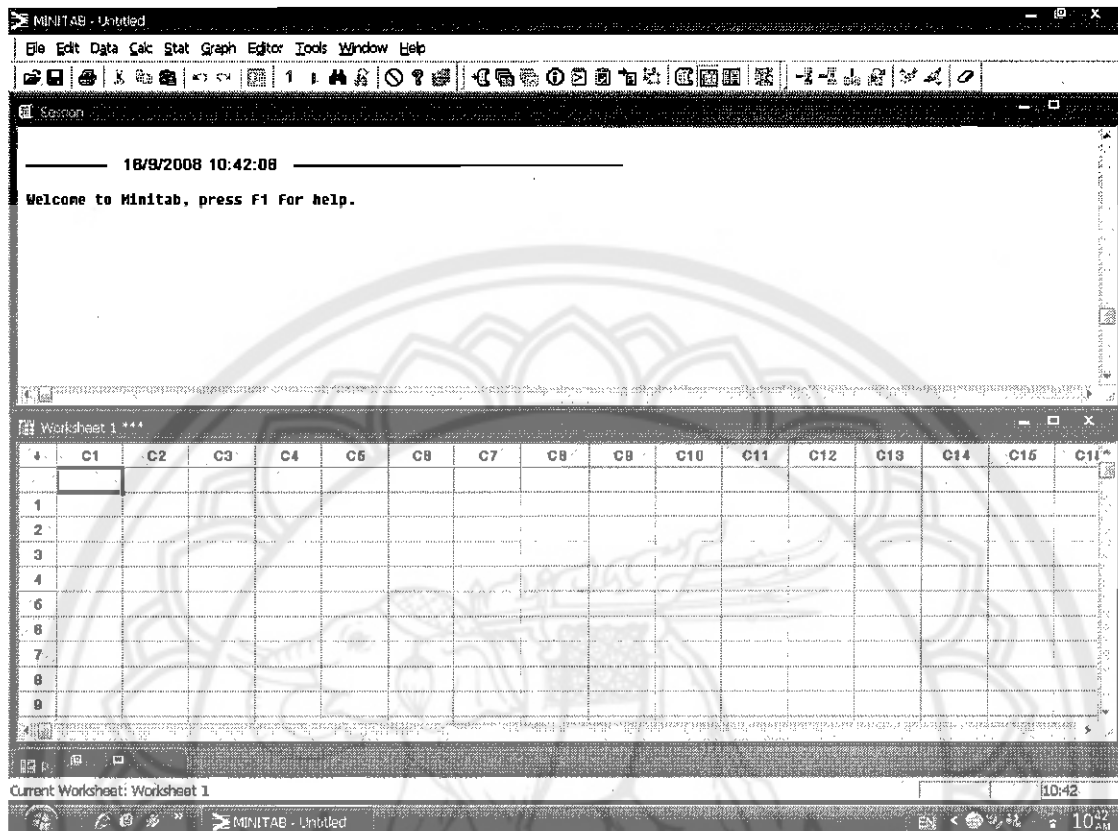




ภาคผนวก ข

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ขั้นตอนในการใช้โปรแกรมมินิแทบเพื่อการคำนวณ (ในที่นี้ใช้ Two Way Analysis of Variance)

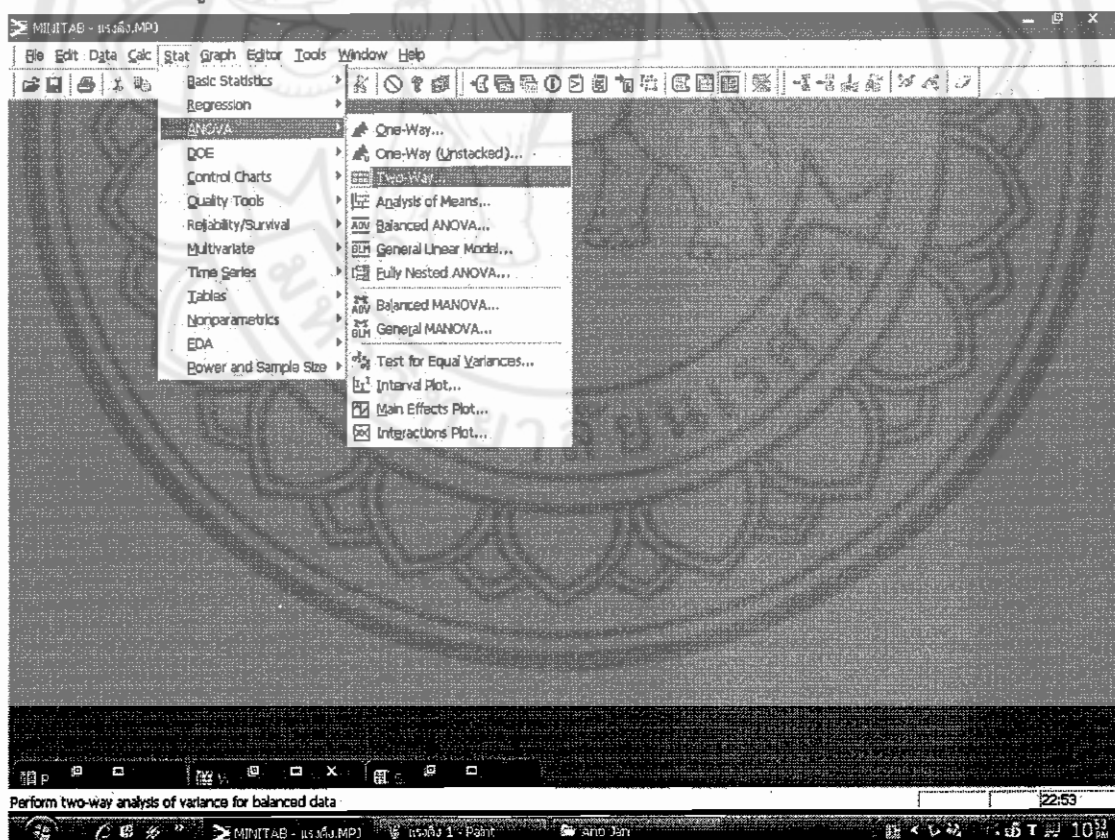


เปิดโปรแกรม มินิแทบขึ้นมา

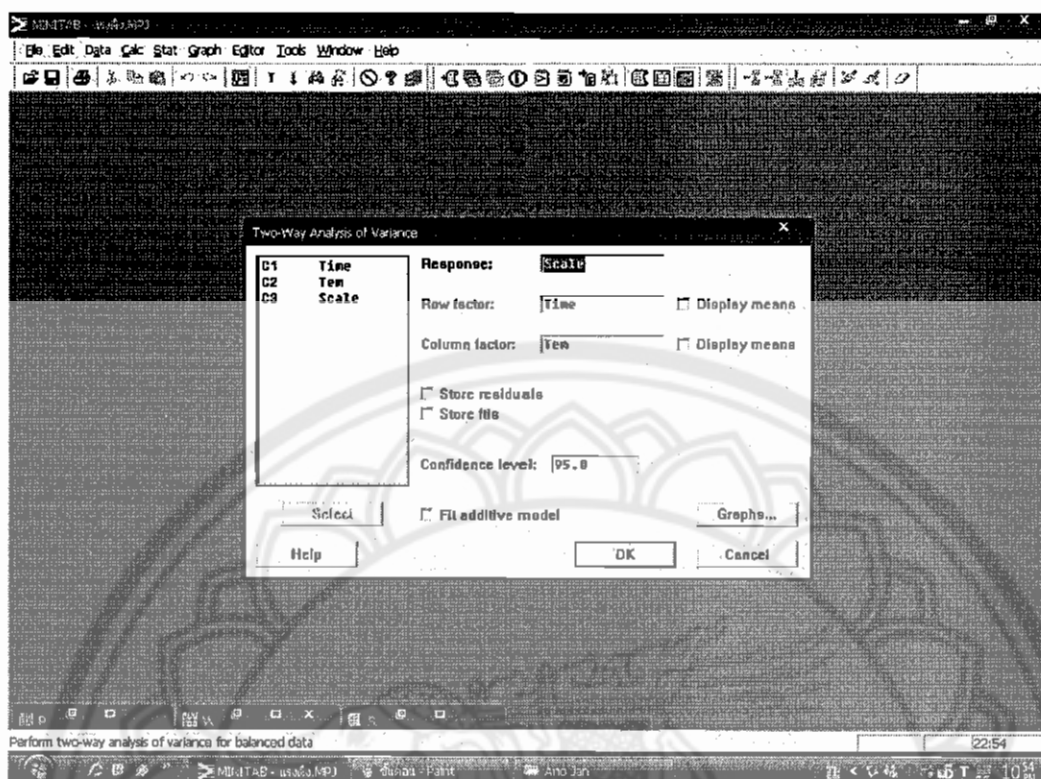
Worksheet 4 ***

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	Time	Tem	Scale				
1	1	900	20.00				
2	1	900	17.29				
3	1	900	21.94				
4	1	950	21.18				
5	1	950	39.63				
6	1	950	30.92				
7	2	900	25.13				
8	2	900	23.95				
9	2	900	26.35				
10	2	950	89.80				
11	2	950	69.67				
12	2	950	90.60				
13							

จากนั้นกรอกข้อมูลที่ได้จากการทดลองลงใน Worksheet



จากนั้นเลือก Stat → ANOVA → Two Way Analysis of Variance



จากนั้นใส่ค่า Response, Row factor, Column factor โดยคลิกเลือกจากช่องด้านซ้ายมือ แล้วกด OK

Session

Results for: Worksheet 4

Two-way ANOVA: Scale versus Time, Tem

Source	DF	SS	MS	F	P
Time	1	2538.68	2538.68	43.63	0.000
Tem	1	3575.58	3575.58	61.45	0.000
Interaction	1	1683.65	1683.65	28.94	0.001
Error	8	465.48	58.18		
Total	11	8263.39			

S = 7.628 R-Sq = 94.37% R-Sq(adj) = 92.25%

จากนั้นจะได้ผลลัพธ์ออกมาดังรูปด้านบน



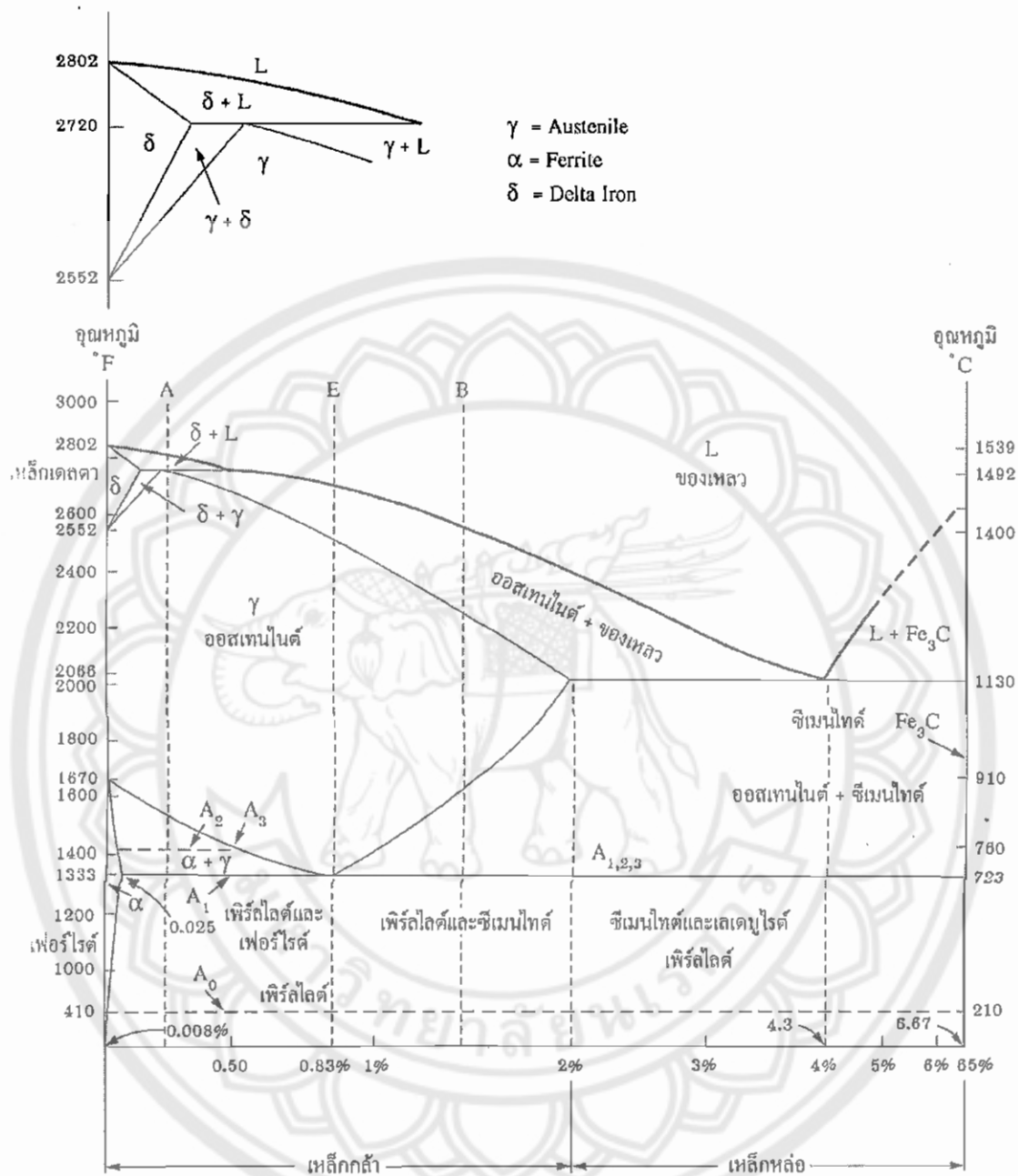
ภาคผนวก ค

เหล็กกล้าคาร์บอน

เหล็กคาร์บอน เป็นวัสดุในทางวิศวกรรมประเภทเดียวที่มีคุณสมบัติด้านความแข็ง ความแข็งแรง และความอ่อนตัวที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างมากตามปริมาณของคาร์บอนที่ผสมอยู่ในเหล็ก ทำให้เหมาะกับการใช้งานหลายลักษณะเหล็กคาร์บอนสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามแผนภูมิสมดุลเหล็ก – คาร์บอน คือเหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮโปยูเทคตอยด์ และเหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮเพอร์ยูเทคตอยด์

1. เหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮโปยูเทคตอยด์ (hypo eutectoid) คือเหล็กกล้าที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนในเนื้อเหล็กต่ำ คือตั้งแต่ 0.001 – 0.83 % มีคุณสมบัติอ่อนเหนียว มีความแข็งแรงน้อยมากโครงสร้างภายในเนื้อโลหะคือเฟอร์ไรต์และเฟอไรต์ไลต์ ในเชิงงานทางด้านวิศวกรรม ได้แก่ เหล็กโครงสร้างในงานก่อสร้างทุกชนิด เหล็กในงานเชื่อมโลหะ เป็นต้น

2. เหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮเพอร์ยูเทคตอยด์ (hypo eutectoid) คือเหล็กกล้าที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนผสมอยู่ตั้งแต่ 0.83-2.0 % คาร์บอนและมีโครงสร้างภายในเนื้อเหล็กคือเฟอไรต์ไลต์และซีเมนไทต์ มีคุณสมบัติแข็งแรงเหมาะที่จะใช้งานกันด้านเครื่องมือต่างๆ เช่น ใช้ทำสกัด ใบเลื่อย ดอกสว่าน เป็นต้น



รูปที่ 2.1 แผนภาพสมดุลเหล็ก - คาร์บอน

โครงสร้างจุลภาค

เนื่องจากโครงสร้างจุลภาคของเหล็ก เป็นไปได้หลายรูปแบบ ในที่นี้จึงกล่าวถึงเฉพาะโครงสร้างจุลภาคที่เกี่ยวข้องกับเหล็ก AISI 1010 และโครงสร้างที่อาจเกิดขึ้นหลังจากเหล็ก AISI 1010 ไปทำการอบชุบแข็ง

1. เฟอไรต์

เฟอไรต์คือสารละลายในสภาพของแข็งของเหล็กกับคาร์บอน ซึ่งเกิดขึ้นที่อุณหภูมิธรรมดาถึงประมาณ 723°C ซึ่งคาร์บอนละลายในเหล็กมากที่สุดที่ 0.025 % บางครั้งเฟอไรต์ว่าเหล็ก (α - iron) เฟอไรต์เป็นชื่อมาจากภาษาละติน เรียกว่า เฟอรัม (ferum) แปลว่า เหล็ก โครงสร้างที่ประกอบด้วยเหล็กค่อนข้างบริสุทธิ์ มีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.05 % มีการวางตัวอะตอมแบบ BCC (Body centered cubic) เป็นสารแม่เหล็ก มีคุณสมบัติต่างๆไปคือ อ่อนเหนียวและไม่แข็ง



รูปที่ 2.2 โครงสร้างจุลภาค เฟอไรต์

2. เฟอไรต์และเพิร์ลไลต์

เฟอไรต์และเพิร์ลไลต์คือเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยทั่วไป และมีคาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 0.10 % และมีโครงสร้างจุลภาคเป็นเฟอไรต์และเพิร์ลไลต์ โครงสร้างเพิร์ลไลต์มีอยู่ 2 เฟสเกิดขึ้นสลับกันคือเฟอไรต์กับซีเมนไทต์เมื่อส่องดูจากกล้องจุลทรรศน์หลังจากการกัดกรดแล้ว กรดจะกัดผิวหน้าของเพิร์ลไลต์ให้มองเห็นโครงสร้างจุลภาคเป็นชั้นๆ ผืนสีดำ ถ้าเพิ่มปริมาณคาร์บอนทำให้มีความแข็งและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกันจะยืดตัวและทนแรงกระแทกได้น้อยลง เหล็กกล้าที่มีปริมาณคาร์บอนมากกว่า 0.03% จะเหมาะกับการใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกล โดยการผ่านการชุบแข็งและการอบคลายก่อนนำไปใช้งาน ส่วนเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนน้อยกว่า 0.30% จะชุบแข็งได้ยาก โครงสร้างเฟอไรต์ที่เป็นพื้นสีขาวๆ และโครงสร้างของเพิร์ลไลต์เป็นพื้นเป็นชั้นๆ สีดำได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 2.3 โครงสร้างเฟอไรต์และเพิร์ลไลต์

3. เพิร์ลไลต์

เพิร์ลไลต์ คือโครงสร้างหลักกล้าคาร์บอนยูเต็กตอยด์ ซึ่งเกิดการรวมตัวสลับ 2 เฟส คือ เฟอร์ไรต์กับซีเมนไทต์โดยทั่วไปจะมีคาร์บอนอยู่มากถึง 0.80% คาร์บอนจะเป็นโครงสร้างของ เพิร์ลไลต์มากที่สุดทั้งก่อน เพราะผลจากการเกิดปฏิกิริยาของยูเต็กตอยด์ที่เกิดขึ้นที่สภาวะสมดุล ที่อุณหภูมิ 723°C ซึ่งมีเฟอร์ไรต์ 0.02 % ผสมกับซีเมนไทต์ 6.67 % คาร์บอน

เพิร์ลไลต์มาจากคำว่า (Pearl) ซึ่งแปลว่าไข่มุก เนื่องจากเมื่อส่องดูโครงสร้างจุลภาคที่มีกำลังขยาย 400 เท่าจะมองเห็นรูปร่างและวาวคล้ายไข่มุก ลักษณะที่พบมากคือเป็นแนวแถบยาวๆ บางๆ เป็นกลุ่มก้อนสีดำ

ถ้าส่วนผสมคาร์บอนเป็นหลักกล้ายูเต็กตอยด์นำมาให้ความร้อนในเตาอบสูงกว่าเส้น A_1 ก็ได้โครงสร้างออสเทนไนต์แล้วทำให้เย็นอย่างช้าๆ ในเตา ออสเทนไนต์ก็จะกลายเป็นเพิร์ลไลต์ ทั้งหมดลักษณะเป็นมันวาวคล้ายไข่มุก ในการกัดกรดพบว่าเพิร์ลไลต์จะถูกกัดกร่อนได้ง่ายกว่า ซึ่งบริเวณนั้นจะมองเห็นเป็นชั้นๆ สีดำ และมีเฟอร์ไรต์เป็นสีขาวๆเป็นแถบกว้าง



รูปที่ 2.4 โครงสร้างจุลภาคเพิร์ลไลต์

4. มาร์เทนไซต์

มาร์เทนไซต์ คือโครงสร้างจุลภาคซึ่งไม่มีในแผนภูมิสมดุลเหล็ก-คาร์บอน และได้จากการ นำเอาชิ้นงานที่ได้จะเป็นเหล็กกล้าไฮโปยูเทคตอยด์ ซึ่งมีโครงสร้างภายในเป็นเฟอร์ไรต์ กับเพิร์ลไลต์มาอบเผาเข้าไว้ในอุณหภูมิสูงเกินเส้น A_1 จนถึงเส้น A_3 และบวกเพิ่มอีกประมาณ $30 - 50^{\circ}\text{C}$ โครงสร้างภายในเนื้อโลหะก็จะเปลี่ยนเป็นออสเทนไนท์นำเอาออกมาจากเตา แล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วโดยการจุ่มน้ำ น้ำมัน แต่ที่นิยมกันมากคือการจุ่มลงในน้ำ โครงสร้างก็จะเปลี่ยนเป็นมาร์เทนไซต์ได้ตามที่ต้องการ และต้องนำไปทำการอบคลายเทมเปอร์เพื่อลดความเปราะในการนำไปใช้ ก่อนทำเทมเปอร์มาร์เทนไซต์นี้ เหมาะกับงานที่ทำส่วนอะไหล่ที่ต้องการให้ทนต่อการเสียดสีและทนต่อการสึกหรอได้ดี



รูปที่ 2.5 โครงสร้างมาร์เทนไซต์

5. Dual Phase

เป็นลักษณะของเหล็กที่มีโครงสร้างทางจุลภาคเป็นเฟอร์ไรต์ กับมาร์เทนไซต์ เนื่องจากลักษณะเชิงกลของเฟอร์ไรต์มีความเหนียวสูงแต่มีความแข็งน้อยดังนั้นการเพิ่มความแข็งให้กับเหล็กจะมีผลดีในการขึ้นรูปชิ้นงาน ที่ต้องการความเหนียวและแข็งแรง ทำได้โดยการให้ความร้อนจนสูงเกินเส้น A1แต่ไม่เกินเส้น A3 จะได้โครงสร้างที่เป็นออสเทนไนต์บางส่วน แล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วโดยจุ่มลงในน้ำ ออสเทนไนต์ก็จะเปลี่ยนเป็นมาร์เทนไซต์ ดังนั้นโครงสร้างสุดท้ายที่ได้จึงประกอบด้วยเฟอร์ไรต์และมาร์เทนไซต์[2]

