2109101 วัสดุวิศวกรรม

การปรับปรุงสมบัติทางกลของโลหะ

การปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของโลหะ

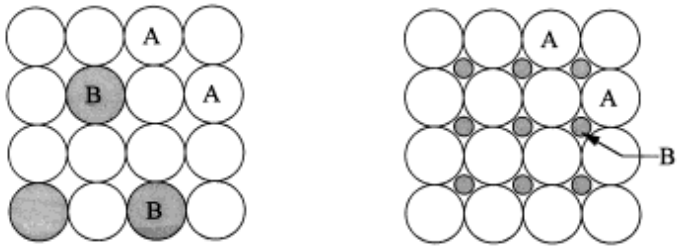
ในที่นี้จะกล่าวถึง ๒ ประเด็นคือ

- การเพิ่มความแข็งแรงให้โลหะ
- การปรับปรุงคุณสมบัติด้านความเหนียว/ความแกร่งของโลหะ

การเพิ่มความแข็งแรงให้โลหะ (Strengthening Mechanisms)

- Solid solution Strengthening
- เติมธาตุผสมเข้าไปให้ละลายเป็นสารละลายของแข็ง
  อะตอมตัวถูกละลายจะช่วย “ตรึง” ให้เนื้อพื้น (Matrix) แปรรูปยากขึ้น = แข็งแรงขึ้น
  เช่น ทองเหลือง = ทองแดง + สังกะสี
  เหล็กแอลฟา (เฟอร์ไรต์) ที่มีคาร์บอนละลายอยู่
  เหล็กที่เติม แมงกานีส, ซิลิคอน
  ฯลฯ

ชนิดของสารละลายของแข็ง

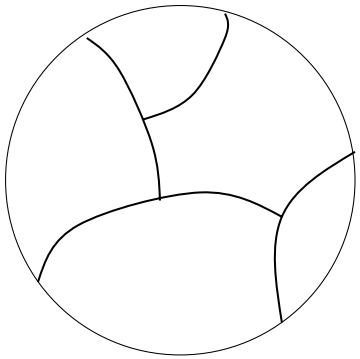


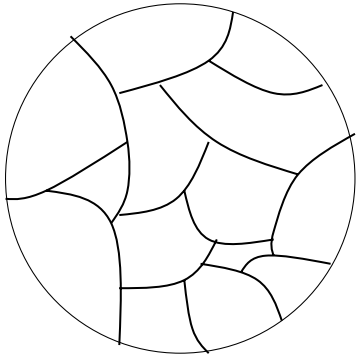
การเพิ่มความแข็งแรงให้โลหะ (Strengthening Mechanisms)

- การขึ้นรูปเย็น (Cold work)
  โดยเฉพาะโลหะประเภทที่ไม่สามารถเพิ่มความแข็งแรงด้วยวิธีอื่นได้
  เช่น อะลูมิเนียมบริสุทธิ์ (ทางการค้า), โลหะแผ่นต่าง ๆ (เหล็กกล้า, อะลูมิเนียม, ทองแดง), ลวดเหล็ก ฯลฯ

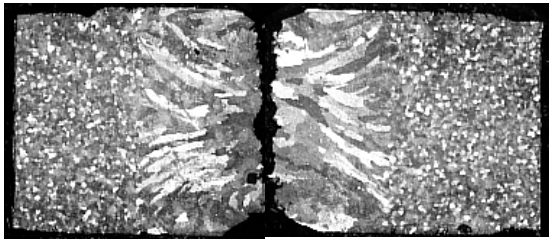
การเพิ่มความแข็งแรงให้โลหะ (Strengthening Mechanisms)

- การทำให้เกรนละเอียด (Grain Refinement)
  หลักการคือ ขอบเกรน แข็งแรงกว่า เนื้อเกรน$\Rightarrow$
  - โดยเฉพาะ ในโลหะหล่อ
    เช่น อะลูมิเนียมหล่อ เติม Ti-B เพื่อทำให้เกรนอะลูมิเนียมละเอียด
- กลไก คือ เร่งการเกิดนิวเคลียส, ลดการขยายตัวของเกรน



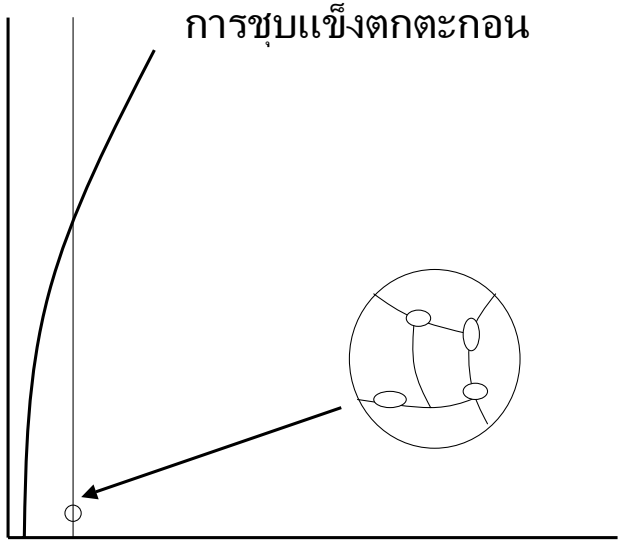


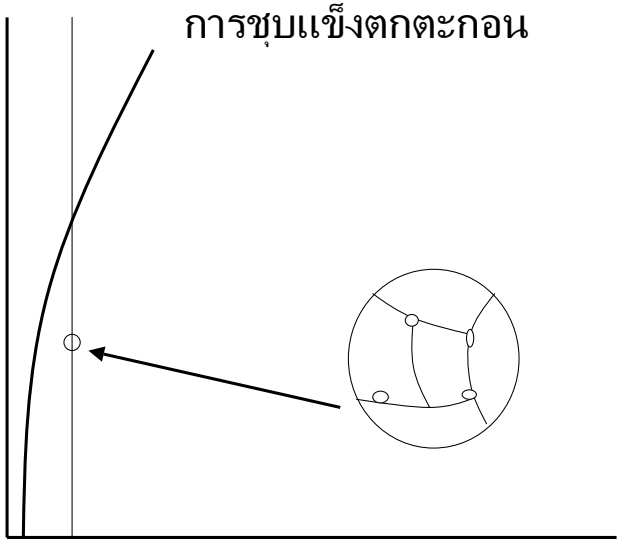
การทำให้เกรนละเอียด (Grain Refinement)

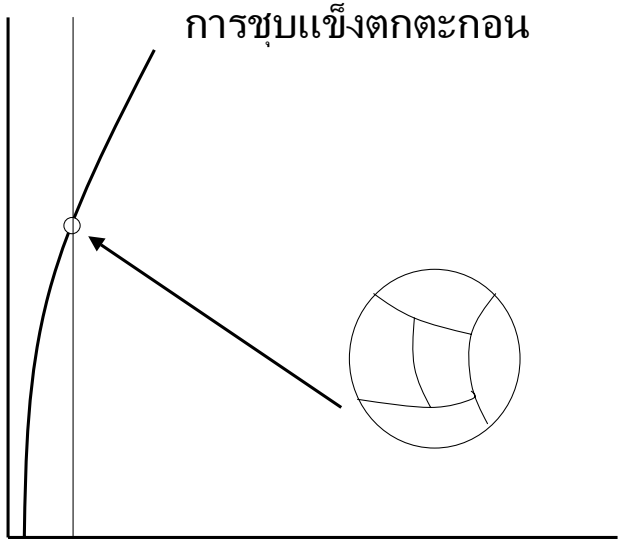


การเพิ่มความแข็งแรงให้โลหะ (Strengthening Mechanisms)

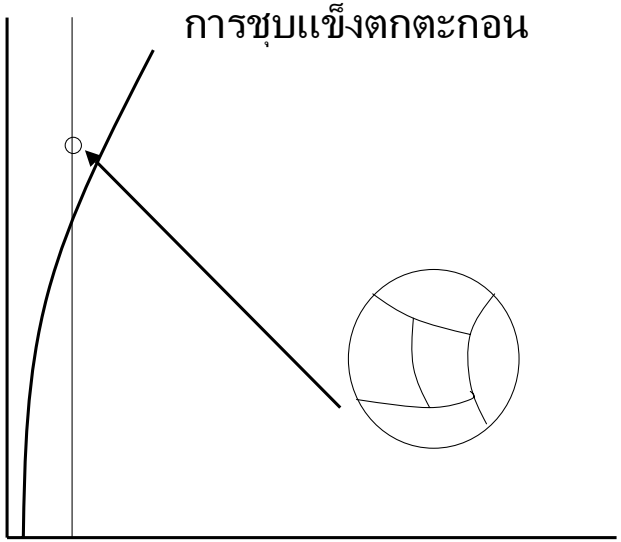
- การอบชุบความร้อน/กรรมวิธีทางความร้อน (Heat Treatment) ที่มีจุดประสงค์เพื่อ เพิ่มความแข็งแรงของโลหะ
  - 1. การชุบแข็งตกตะกอน (Precipitation Hardening) หรือการบ่มแข็ง (Age Hardening) มีบทบาทมากในโลหะนอกกลุ่มเหล็ก
  - 2. Hardening of Steel = การทำให้เหล็กแข็งโดยเปลี่ยนสภาพเป็นมาร์เตนไซต์



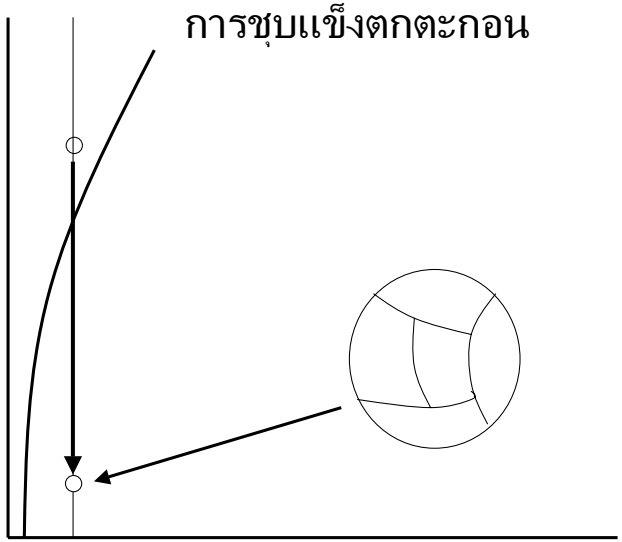




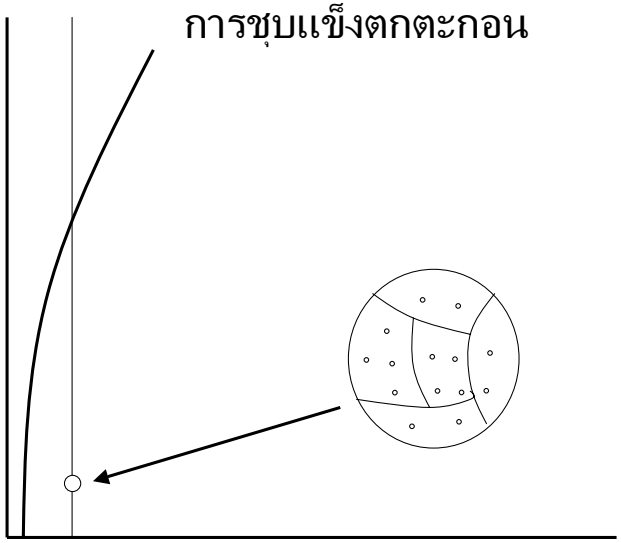
การชุบแข็งตกตะกอน



การชุบแข็งตกตะกอน



การชุบแข็งตกตะกอน



การชุบแข็งตกตะกอน
(Precipitation Hardening, Age Hardening)

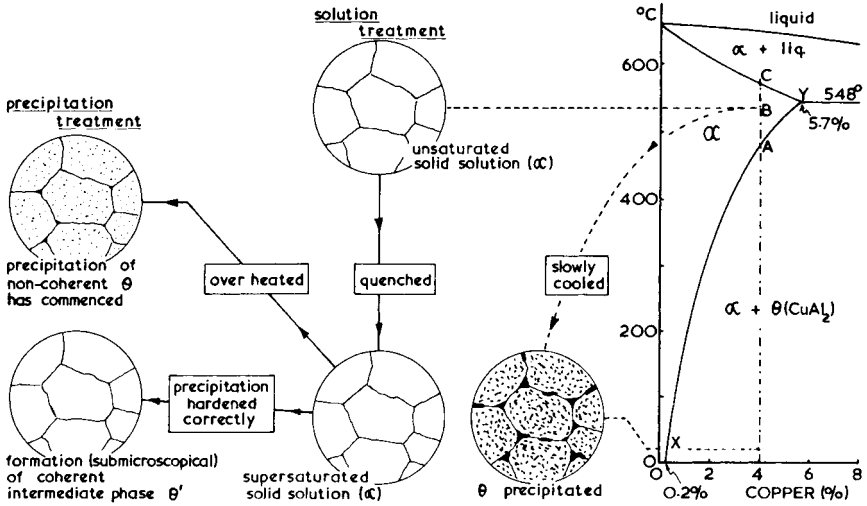
ขั้นตอน

1. การทำให้เป็นสารละลายเนื้อเดียว (Solution Treatment)
2. การชุบ (Quenching) เพื่อให้เกิดสภาพสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด (Supersaturated Solid Solution)
3. การบ่ม (Aging) เพื่อให้เกิดการแยกตัวของเฟสที่สอง เฟสที่สองนี้จะเป็นอนุภาคเล็ก ๆ (Particles) ที่กระจายตัวอยู่ทั่วไป ในเนื้อพื้น ช่วย “ตรึง” ให้เนื้อพื้นเกิดการแปรรูปเนื่องจากแรงกระทำได้ยากขึ้น

การชุบแข็งตกตะกอน
(Precipitation Hardening, Age Hardening)

- พบครั้งแรกในโลหะผสม Al-Cu
- แผนภูมิเฟส จะต้องมีลักษณะคือ เส้น Solvus บอกถึงลักษณะความสามารถในการละลายต่ำที่อุณหภูมิต่ำ และความสามารถในการละลายสูงที่อุณหภูมิสูง
- นั่นคือ โดยปกติ ที่อุณหภูมิใช้งาน จะมีสองเฟส
- แต่ที่อุณหภูมิสูง จะมีเฟสเดียว (สารละลายของแข็ง)

การชุบแข็งตกตะกอน
(Precipitation Hardening, Age Hardening)



การชุบแข็งเหล็กกล้า
(Hardening of Steels)

- จากโครงสร้างออสเตนไนต์
- ตามเฟสไดอะแกรมทำนายว่าจะเกิด เฟอร์ไรต์ + ซีเมนไตต์
- ในความเป็นจริง อัตราการเย็นตัวมีค่าต่าง ๆ กัน
- อธิบายด้วยแผนภูมิการแปลงเฟสระหว่างการเย็นตัวต่อเนื่อง (Continuous Cooling Transformation Diagram- CCT Diagram)

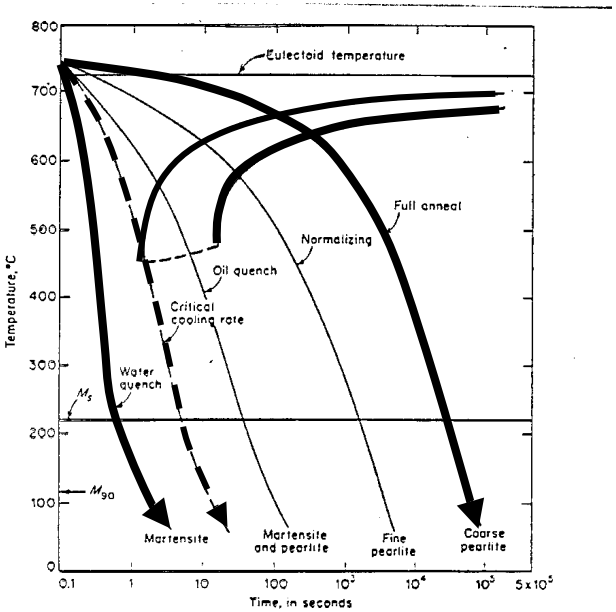


FIG. 17.2 The variation of microstructure as a function of cooling rate for an eutectoid steel

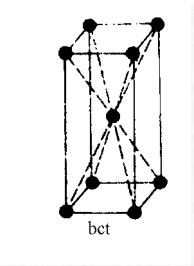
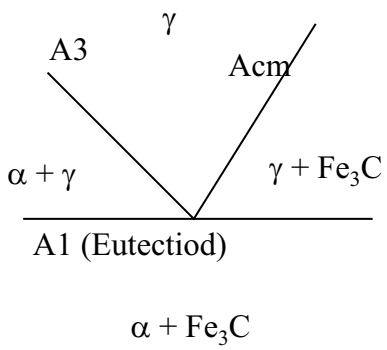


Figure 10.13 Photomicrograph showing the martensitic microstructure. The needle-shaped grains are the martensite phase, and the white regions are austenite that failed to transform during the rapid quench. 1220×. (Photomicrograph courtesy of United States Steel Corporation.)

อุณหภูมิการทำให้เป็นออสเตนไนต์สำหรับชุบแข็ง (Hardening)



- เหล็กไฮโปยูเทกตอยด์ เผาสูงกว่า A3
- เหล็กไฮเปอร์ยูเทกตอยด์ เผาสูงกว่า A1 (ไม่จำเป็นต้องสลายเหล็กคาร์ไบด์ ให้หมด)

การปรับปรุงคุณสมบัติด้านความเหนียว/ความแกร่ง

- การอบอ่อนหลังขึ้นรูปเย็น
- การอบคืนตัวหลังการชุบแข็งของเหล็กกล้า
- การอบปกติ (สำหรับเหล็กกล้า)
- การอบนิ่มเต็มที่ (สำหรับเหล็กกล้า)

การอบอ่อนหลังขึ้นรูปเย็น (Cold Working Annealing, Process Annealing)

- ทำหลังขึ้นรูปเย็น
- จะลดความแข็งแรงลง แต่ได้ความเหนียวกลับคืนมา
- เช่น ในเหล็กแผ่นรีดเย็น, อะลูมิเนียมแผ่นรีดเย็นที่จะนำไปทำ Deep Drawing ต่อ
- อุณหภูมิที่ใช้ T>0.3Tm; ใช้หน่วย K!
- Al ประมาณ 350°C
- Fe ประมาณ 600°C

การอบคืนตัวหลังการชุบแข็งของเหล็กกล้า (Tempering)

- โครงสร้างมาร์เตนไซต์ จะสลายตัวเป็น เฟอร์ไรต์ + เหล็กคาร์ไบด์
- ถ้าอบคืนตัวที่อุณหภูมิต่ำ ความแข็งแรงลดลงเล็กน้อย, ได้ความแกร่งเพิ่มขึ้น
- ถ้าอบคืนตัวที่อุณหภูมิสูง ความแข็งแรงลดลงมาก, ได้ความเหนียวและความแกร่ง
- อุณหภูมิไม่เกิน A1

Normalizing & Full Annealing

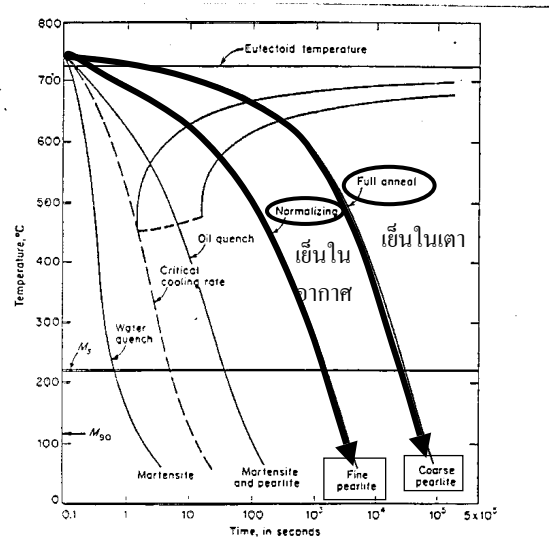


FIG. 17.2 The variation of microstructure as a function of cooling rate for an eutectoid steel

Normalizing & Full Annealing

- การอบปกติ (Normalizing) ได้ เพิร์ลไลต์ละเอียด
- ได้ทั้งความแข็งแรงและความเหนียว
- การเผา...ทำให้เป็นออสเตนไนต์เฟสเดียวทุกกรณี
  - แล้วทิ้งให้เย็นตัวในอากาศ

- การอบนิ่มเต็มที่ ได้ เพิร์ลไลต์หยาบ หรือ เฟอร์ไรต์+ซีเมนไตต์
- ได้ความเหนียวสูงสุด สำหรับนำไปขึ้นรูปต่อไป
- การเผา...เหมือนกรณีชุบแข็ง
  - แล้วทิ้งให้เย็นตัวในเตา (เย็นช้ามาก ๆ)