

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การสอบกลางภาคการศึกษา 1/2552

วิชา CHE 471 Engineering Materials and Selection

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ปี 4 (ภาคปกติ)

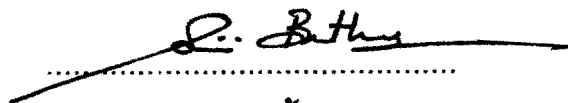
วันพฤหัสบดีที่ 23 กรกฎาคม 2552

เวลา 9.00 – 12.00 น.

-
- คำเตือน
- 1) ข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ 100 คะแนน ทำในข้อสอบโดยตรง
 - 2) ไม่อนุญาตให้นำเอกสารเข้าห้องสอบได้
 - 3) อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้ตามระเบียบมหาวิทยาลัย
 - 4) ให้เขียนชื่อนามสกุลและหมายเลขประจำตัวบนส่วนหัวของกระดาษข้อสอบทุกหน้า

เมื่อนักศึกษาทำข้อสอบเสร็จ ต้องยกมือบอกรกรรมการคุมสอบเพื่อขออนุญาตออกนอกห้องสอบ
ห้ามนักศึกษานำข้อสอบและกระดาษคำตอบออกนอกห้องสอบ

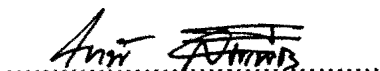
นักศึกษาซึ่งทุจริตในการสอบ อาจถูกพิจารณาโทษสูงสุดให้พ้นสภาพการเป็นนักศึกษา



(ดร.ทรายวรรณ บัวทอง)

ผู้ออกข้อสอบ

ข้อสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากภาควิชาวิศวกรรมเคมีแล้ว



(รศ.ดร.อนวัช สังข์เพชร)

รักษาการหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี

Name:

Number:

1) Mechanical properties of aluminium alloy (22 points)

แท่ง aluminum alloy รูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.05 inches และมีความยาวเริ่มต้น (l_0) = 2 inches ได้ผ่านการทดสอบ tensile test โดยแสดงผลการทดสอบในตารางดังต่อไปนี้

Load (lb)	(Δl)/(l_0)
0	0
1000	0.001
3000	0.003
5000	0.005
7000	0.007
7500	0.03
7900	0.08
8000 (maximum load)	0.12
7950	0.16
7600 (fracture)	0.205

A) จงคำนวณค่า engineering stress (in psi) และ engineering strain ที่ 1000 lb load, ^{ที่} elastic limit, ^{ที่} maximum load และที่ breaking point (6 points).

• จงระบุค่า Tensile strength ของ aluminum alloy ขึ้นนี้? (2 points)

B) จากข้อมูลทั้งหมด จงคำนวณ modulus of elasticity ของแท่ง aluminum alloy ขึ้นนี้ และใช้ค่าดังกล่าวคำนวณหาความยาวของแท่ง aluminum ซึ่งมีความยาวเริ่มต้น 50 inches หลังจากได้รับแรงดึง 20,000 psi (6 points)

Name:

Number:

C) จงคำนวณหาค่า ductility ของแท่ง aluminum alloy ซึ่งชิ้นงานนี้จะมีขนาดยาวเมื่อถูกดึงจนขาดที่ 2.1 inches และพื้นที่ผิวของส่วน fracture มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.4 inches (6 points)

- ถ้า percent reduction in area มีความหมายใดในกรณีนี้? (2 points)

2) Iron-Carbon system (27 points)

นักศึกษาสามารถใช้ Fe-Fe₃C phase diagram เพื่อช่วยในการตอบคำถามนี้

A) ในกรณีของเหล็กอัลลอย อะตอมคาร์บอนสามารถละลายแบบ *solid solution* กับรูปเสถียรทั้งสามรูปของเหล็ก (ดังแสดงในตาราง) ได้ จงระบุ domain of existence (temperature domain), maximum solubility of carbon และ limit solubility temperature ในแต่ละ phase ในตารางข้างล่างให้สมบูรณ์ (6 points)

Name	Domain of existence (°C)	Structure	Maximum solubility of carbon and corresponding temperature
α -Ferrite			
γ -Austenite			
δ -Ferrite			

Name:

Number:

B) ใน FCC iron และ BCC iron อะตอมคาร์บอนจะสามารถแทรกอยู่ใน *interstitial site* ของโครงสร้าง lattice โดยในกรณีของ FCC iron นั้นอะตอมคาร์บอนจะอยู่ตรงกลางของขอบของ unit cell (the center of each edge) และตรงใจกลางของ unit cell จงวาด reduced-sphere unit cell ที่แสดงถึงระบบนี้ โดยระบุตำแหน่งของอะตอมเหล็กและอะตอมคาร์บอนที่ถูกต้อง และระบุ point coordinate ของอะตอมคาร์บอนในตำแหน่งต่างๆ ของ unit cell. (6 points)

- จงคำนวณรัศมีของอะตอมเหล็กและรัศมีของ interstitial site ที่อยู่ในตำแหน่งตรงกลางของขอบของ unit cell (center of each edge) โดยให้ lattice parameter (a_0) ของ FCC iron เท่ากับ 0.3571 nm. (6 points)

- จงระบุจำนวนอะตอมเหล็กและอะตอมคาร์บอนในหนึ่ง unit cell ถ้าหาก interstitial sites ทุกตำแหน่งมีอะตอมคาร์บอนอยู่ และจงคำนวณ *atomic percentage* ของอะตอมคาร์บอนใน FCC iron? (7 points)

- จงเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่า maximum atomic percentage of carbon ใน FCC iron ภายใต้ equilibrium condition ซึ่งมีค่าเพียง 8.9% จงอธิบายสาเหตุที่ทำให้ค่าที่คำนวณได้แตกต่างจากค่าจริง? โดยให้รัศมีของอะตอมคาร์บอนเท่ากับ 0.071 nm. (2 points)

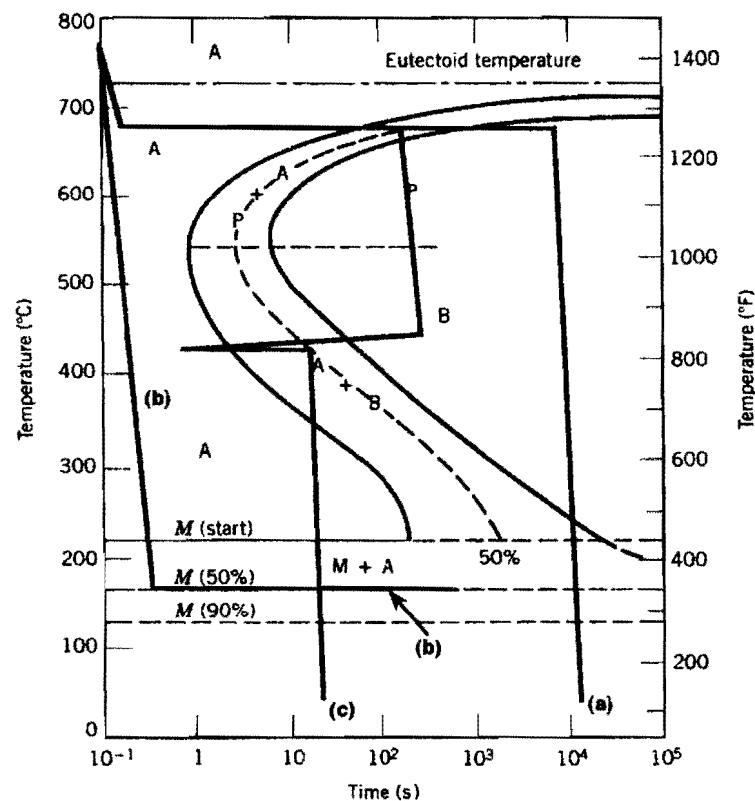
Name:

Number:

3) Heat treatment of ferrous alloy : Phase transformation (41 points)

ให้นักศึกษาใช้ isothermal transformation diagram ของอัลลอย iron-carbon eutectoid composition ในการ
ตอบคำถาม 1A-1C.

A) จงระบุชนิดของ microstructure ที่เกิดขึ้นและกระบวนการทางความร้อน time-temperature treatment
(heat treatment) ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการเปลี่ยนเฟส a) b) และ c) โดยให้ทั้งสามกระบวนการเริ่มต้นที่
760°C (6 points)



Path	Final microstructure
a)	
b)	
c)	

Name:

Number:

B) เมื่อนำชิ้นโลหะที่ผ่านกระบวนการ c) ในคำถามข้อ 1A) มาให้ความร้อนจนถึง 700°C เป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมง จะทำให้ได้อัลลอยที่มีโครงสร้างของ microstructure แบบใด และกระบวนการทางความร้อนนี้มีชื่อเรียกว่าอะไร จงวิจารณ์สมบัติทางกลเช่นความแข็งแรงและความเหนียวของโลหะอัลลอยที่ได้ โดยเปรียบเทียบกับโลหะก่อนผ่านกระบวนการทางความร้อนนี้ (4 points)

C) Bainite เป็นโครงสร้าง microstructure ชนิดหนึ่งของเหล็กอัลลอยที่ให้สมบัติทางกล เช่นความแข็งแรง ความแข็ง และความเหนียวที่เหมาะสม จึงถูกนำมาผลิตชิ้นงานที่มีคุณสมบัติแข็งแรง แกร่ง แต่ไม่เปราะได้คือ กระบวนการทางความร้อนต่อไปนี้มีความเหมาะสมที่จะทำให้เกิดโครงสร้างแบบ bainite ตามที่ต้องการหรือไม่ (ทั้งสามกระบวนการต่อเนื่องกัน)

- eutectoid steel is austenitized at 750°C then
- quenched and held at 250°C for 15min then
- and finally cool down to room temperature

ถ้ากระบวนการทางความร้อนนี้ไม่เหมาะสม กระบวนการทางความร้อนใดจะทำให้เกิดโครงสร้าง bainite ตามที่ต้องการ (6 points)

D) หากเราต้องการผลิตเพลาลูกจากเหล็ก 1050 steel (ดู figure 1 ใน appendix A) โดยให้ชิ้นงานที่ได้มีค่าความแข็งที่ HRC 23 เราสามารถใช้กระบวนการทางความร้อนหลายแบบต่างๆ กัน จงตอบคำถามดังต่อไปนี้ (นักศึกษาสามารถใช้ diagram 1 และ iron-carbon phase diagram ใน appendix A และ appendix B เพื่อช่วยในการตอบคำถาม)

- ตัวเลข 1050 มีความหมายใด จงระบุชนิดของเหล็กกล้าที่ใช้ และปริมาณ carbon content (%C) ในเนื้อเหล็กนี้จากตัวเลขดังกล่าว (2 points)

- อะไรคือความหมายของ HRC? (2 points)

Name:

Number:

- โลหะชิ้นนี้เป็น eutectoid, hypoeutectoid หรือ hypereutectoid? (2 points)
- กระบวนการ Annealing และ normalizing มีความเหมาะสมพอในการผลิตเพลลาโลหะจากเหล็ก 1050 ให้มีค่าความแข็งตามที่ต้องการ (HRC 23) หรือไม่ เพราะเหตุใด (3 points)
- จงออกแบบกระบวนการทางความร้อนที่เหมาะสม ในการผลิตเพลลาโลหะให้ได้คุณสมบัติความแข็งที่ต้องการ (4 points)
- จงระบุชนิดของ microstructure ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่าง phase transformation ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น และให้ระบุหรือคำนวณ mass fraction ของแต่ละ microstructure ในทุกขั้นตอน (8 points)

E) เพราะเหตุใด pearlite แบบหยาบ (coarse pearlite) จึงสามารถเกิดได้เมื่ออุณหภูมิสูง ในขณะที่ pearlite แบบละเอียด (fine pearlite) จะเกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่า (2 points)

F) ในระหว่างการ quenching เพื่อ hardening เหล็กกล้า เหล็กจะเปลี่ยนรูปจาก austenite เป็น martensite โดยในทางปฏิบัติอาจเกิดการแตกร้าว (cracking) บนพื้นผิวของโลหะได้ เพราะเหตุใด? (2 points)

Name:

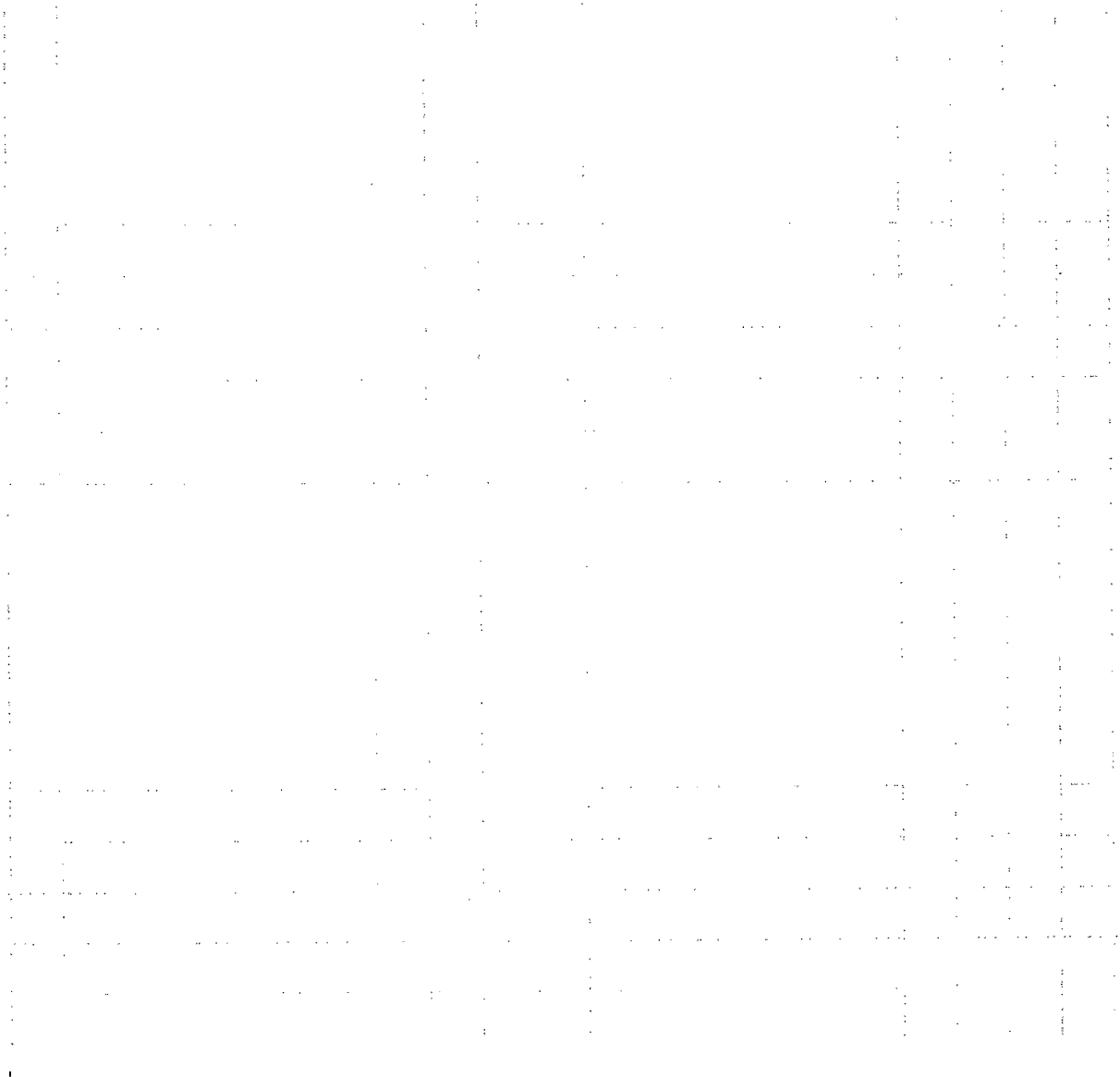
Number:

4) Binary eutectic phase diagram (10 points)

จงสร้าง phase diagram สำหรับโลหะ A และ B ระหว่างอุณหภูมิห้องและ 800°C โดยให้ข้อมูลดังต่อไปนี้:

- The melting point of metal A is 750°C.
- The maximum solubility of B in A is 5 wt% B, which occurs at 520°C.
- The solubility of B in A at 40°C is 0 wt% B.
- The eutectic occurs at 520°C and 75 wt% A.
- The melting temperature of B is 600°C.
- The maximum solubility of A in B is 10 wt% A, which occurs at 520°C.
- The solubility of A in B at room temperature is 5 wt% A.

There exist an α phase which is rich in metal A and a β phase which is rich in metal B.



Appendix A:

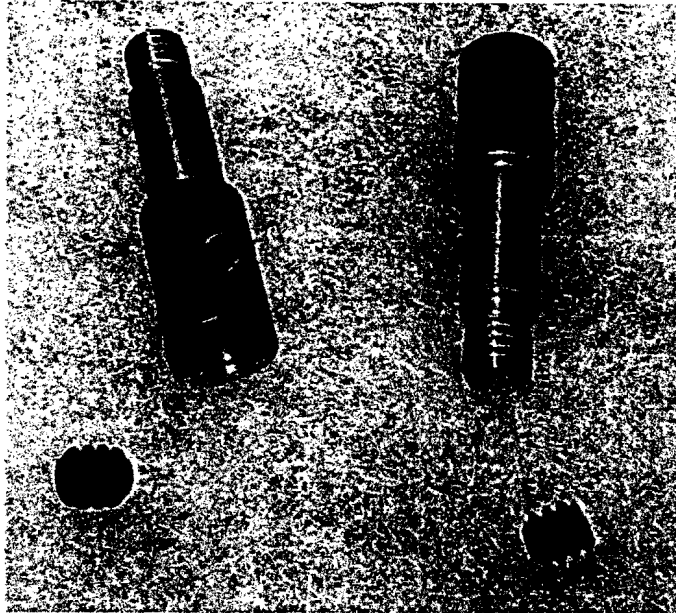


Figure 1 : Example of steel axle

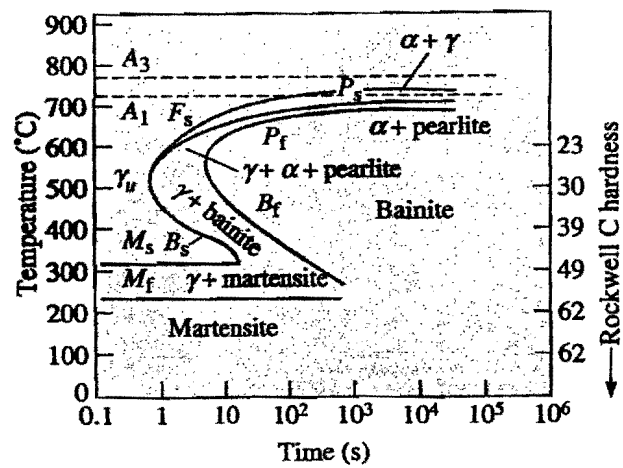


Diagram 1 : The TTT diagram for a 1050 steel

Appendix B : Fe-Fe₃C phase diagram

