

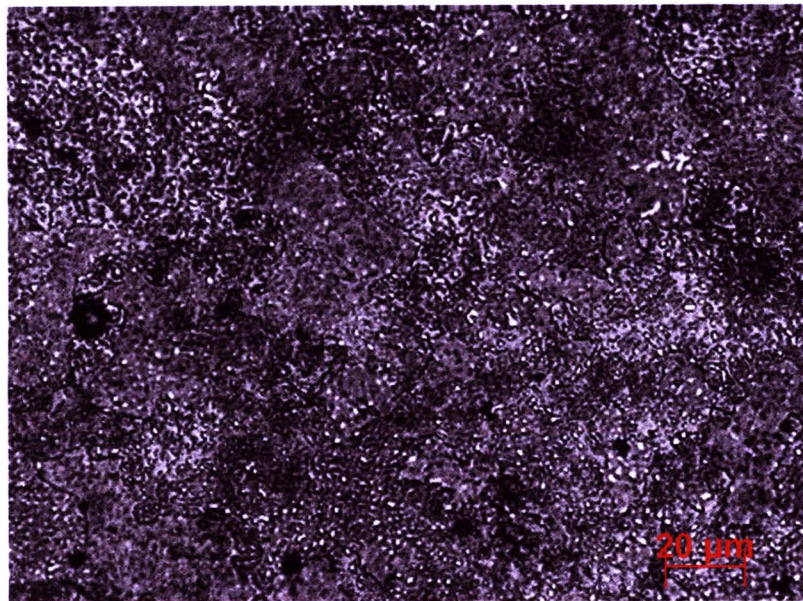
รายการอ้างอิง

- [1] ASM International. Heat treater's guide practices and procedures for irons and steels. USA: ASM International, 2006.
- [2] L. Zhao, F.J. Vermolen, A. Wauthier, and J. SIETSMA. Cementite dissolution at 860 °C in an Fe-Cr-C Steel. Metallurgical and materials transaction A volume 37A (2006): 1841-1849.
- [3] G. Krauss. STEEL: Heat Treatment and Processing Principles. USA: ASM International, 1995.
- [4] มนต์ สติรจินดา. วิศวกรรมกลารอบชุบเหล็ก. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- [5] ASM International. ASM handbook volume 4 heat treating. USA: ASM International, 1995.
- [6] N.V. Luzginova, L.Zhao and J.Sietsma. The cementite spheroidization process in high-carbon steels with different chromium contents. Metallurgical and materials transaction A volume 39A (2008): 513-521.
- [7] Kozo Nagazawa, George Krauss. Microstructure and fracture of 52100 steel. Metallurgical transaction A volume 9A (1978): 681-689.
- [8] E.L. Brown , George Krauss. Retained carbide distribution in intercritically austenitized 52100 Steel. Metallurgical transaction A volume 17A (1986): 31-36.
- [9] C.A. Stickels. Carbide refining heat treatments for 52100 bearing steel. Met. Trans. volume 5 (1974): 865-874.
- [10] Arlan O. Benscoter. ASM handbook volume 9 metallography and microstructure, 9th edition. USA: ASM International, 1995.
- [11] ASTM. Standard Practice Determination Of Retained Austenite In steel with near random crystallographic orientation. Standard E975-03 ASTM 2003: 770-775.
- [12] Robert T. Dehoff and Frederick N. Rhines. Quantitative Microscopy. USA: Mcgraw-Hill, 1968.

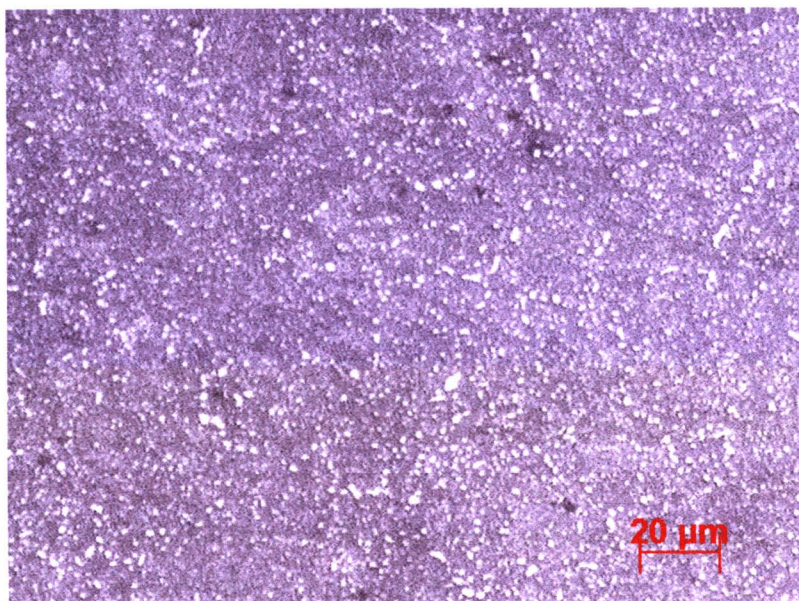


ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

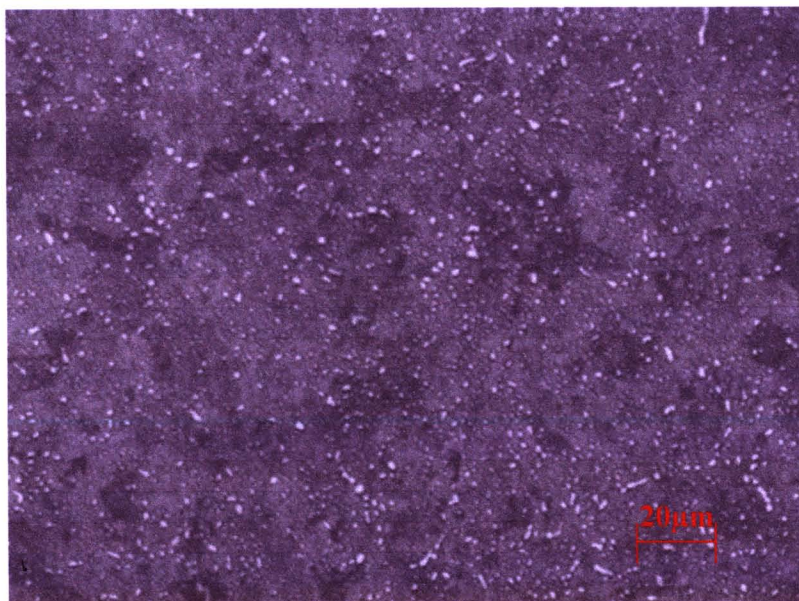


(ก)

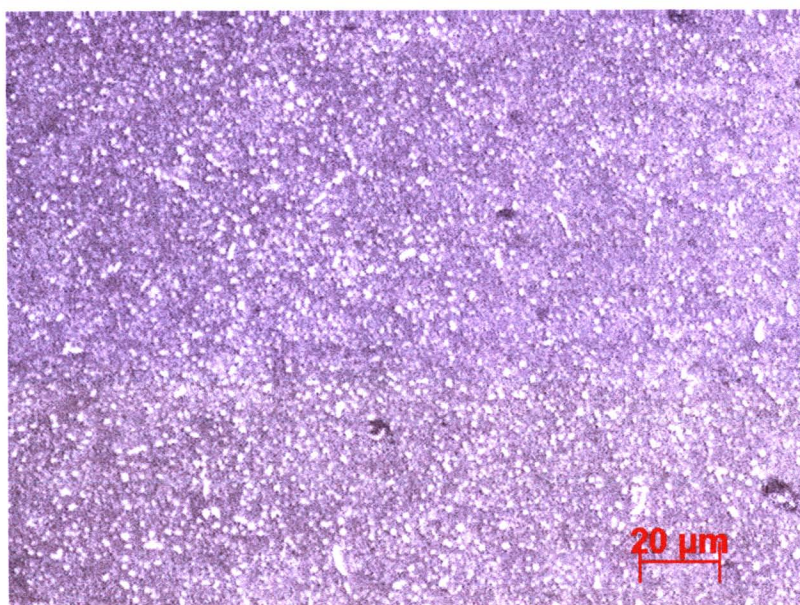


(ข)

รูปที่ ก.1 ชิ้นงานโครงสร้างจุลภาค ซีเมนต์ไคต์บนเนื้อพื้นเฟอร์ไรต์กัดผิวด้วยสารละลาย
ต่างกัน 200x (ก) สารละลาย Beraha (ข) สารละลาย Klemm

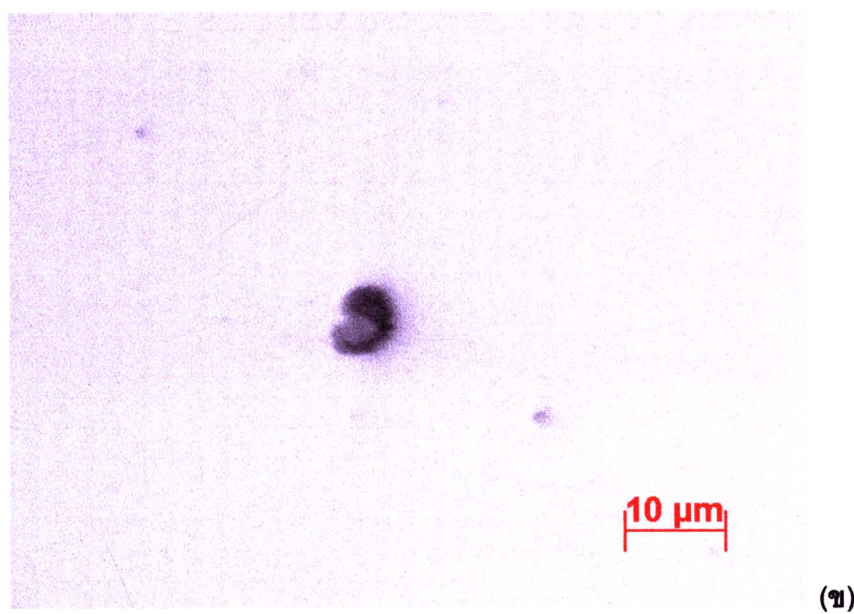
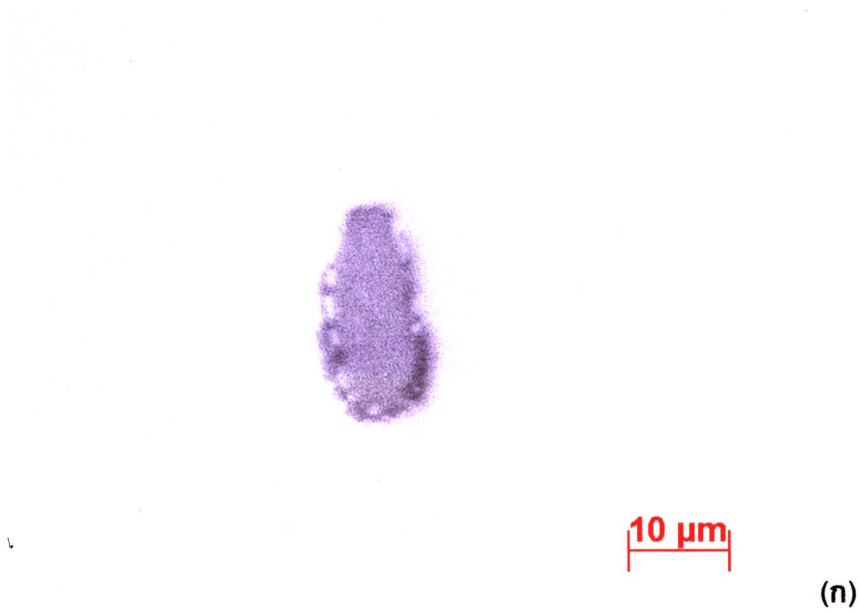


(ก)



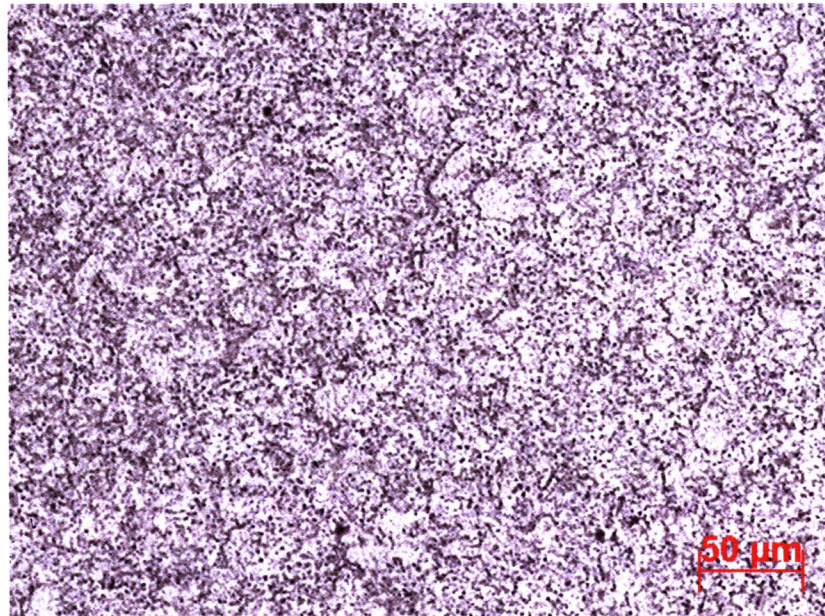
(ข)

รูปที่ ก.2 ชิ้นงานโครงสร้างจุลภาค ซีเมนต์ไคต์บนเนื้อพื้นเฟอร์ไรต์กัดผิวด้วยสารละลาย
Klemm ใช้เวลาต่างกัน 200x (ก) 1 นาที (ข) 1.5 นาที

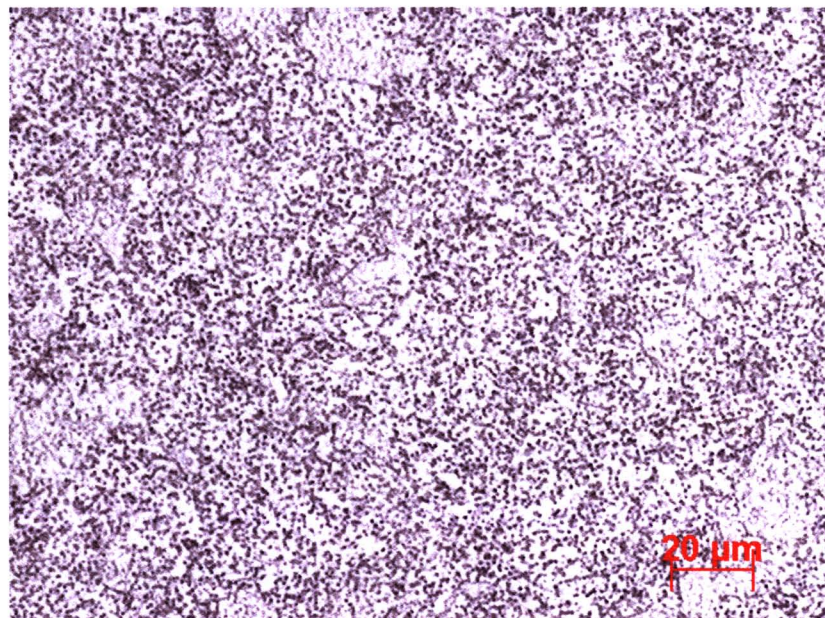


รูปที่ ก.3 MnS ขนาดต่างกันในงานที่ยังไม่ชุบแข็ง 500x (ก) ขนาดใหญ่ (ข) ขนาดเล็ก

ภาคผนวก ข

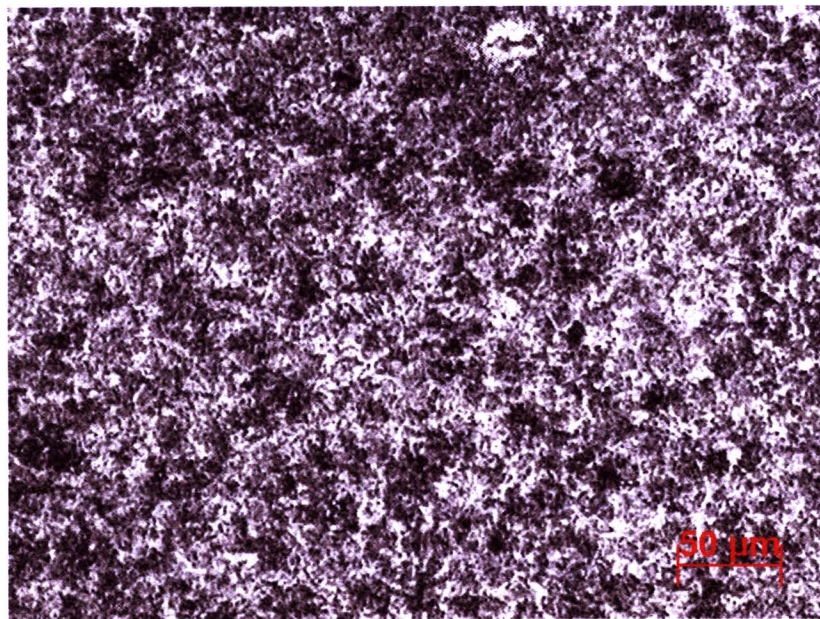


(ก)

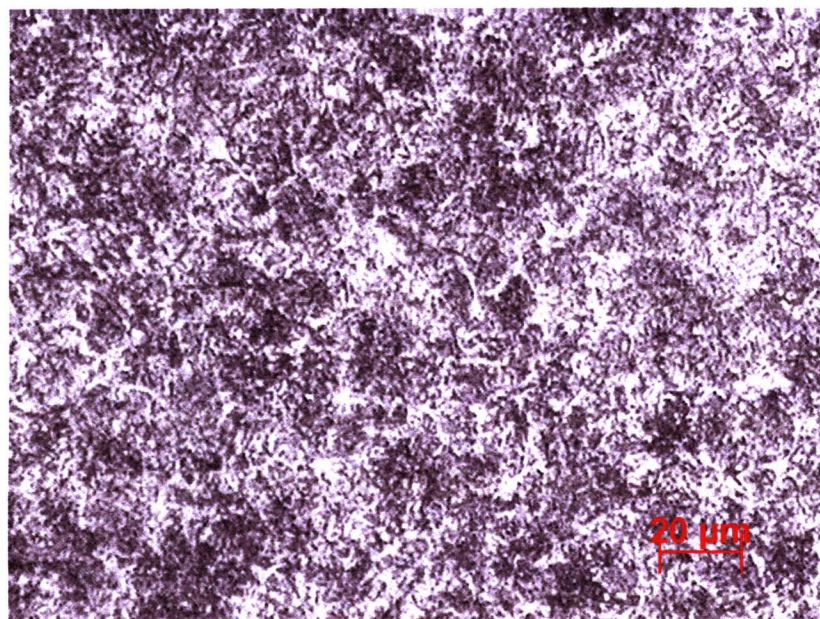


(ข)

รูปที่ ข.1 โครงสร้างจุลภาคเริ่มต้นของชิ้นงานซีเมนต์โตนต์กลมบนเนื้อพื้นเฟอร์ไรต์กัดผิว
ด้วยสารละลาย nital % (ก) 100x (ข) 200x

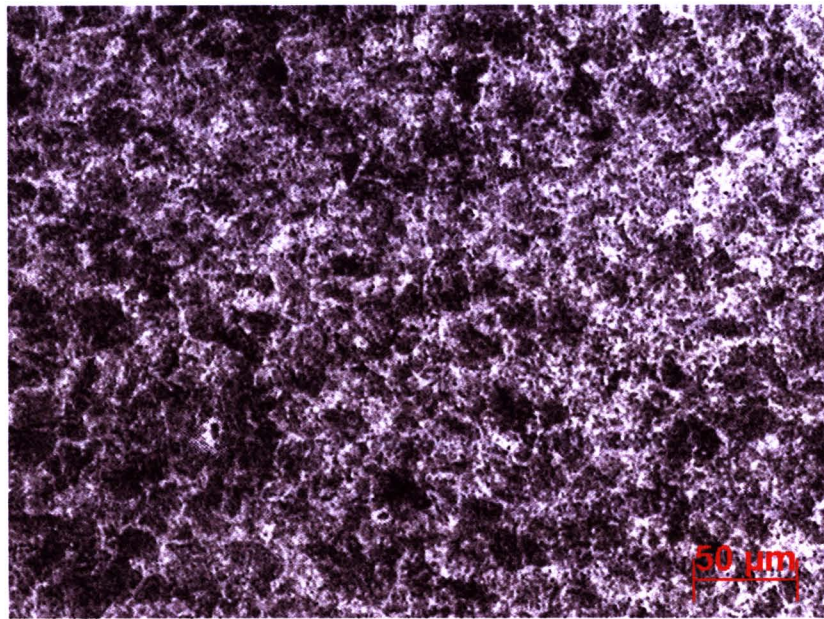


(ก)

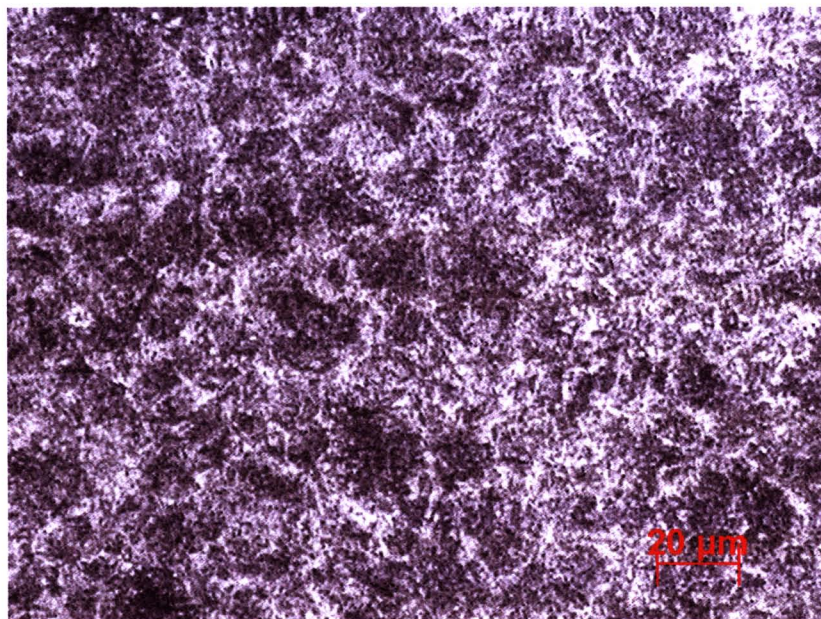


(ข)

รูปที่ ข.2 โครงสร้างจุลภาคเมื่ออุณหภูมิอบให้เป็นออสเทนไนต์ที่ 800°C และอบคืนตัวกัด
ผิวด้วยสารละลาย nital 2 % (ก) 100x (ข) 200x

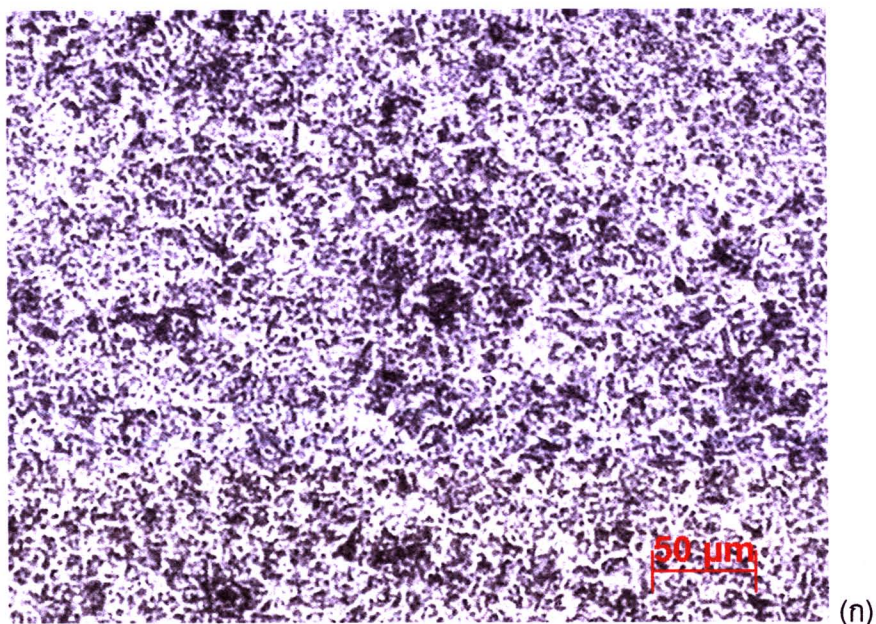


(ก)

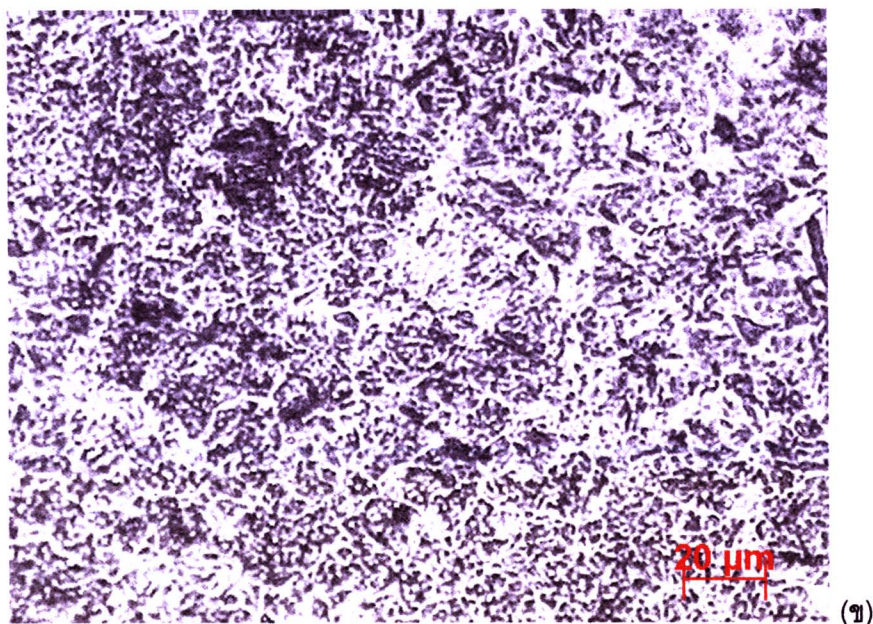


(ข)

รูปที่ ข.3 โครงสร้างจุลภาคเมื่ออุณหภูมิอบให้เป็นออสเทนไนต์ที่ 815°C และอบคืนตัวกัด
ผิวด้วยสารละลาย nital 2 % (ก) 100x (ข) 200x

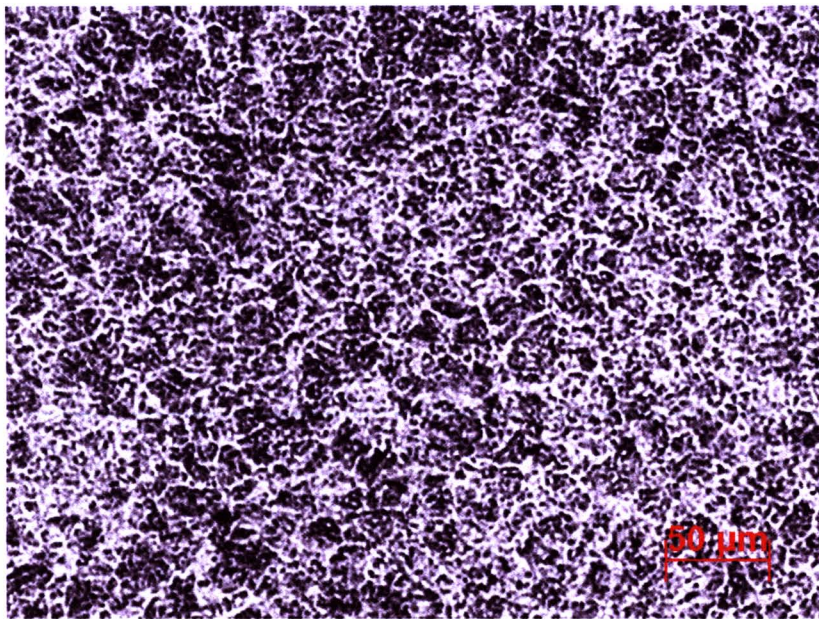


(n)

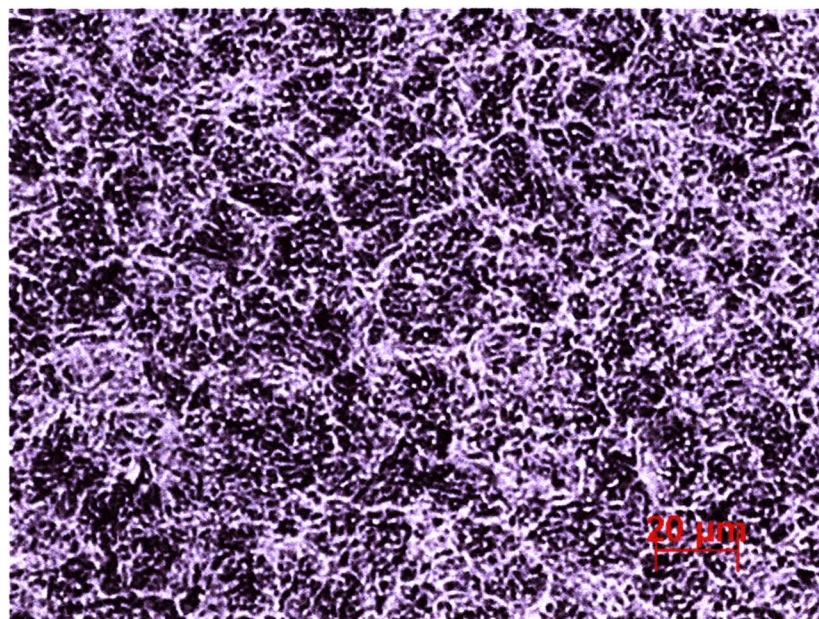


(ข)

รูปที่ ข.4 โครงสร้างจุลภาคเมื่ออุณหภูมิอบให้เป็นออสเทนไนต์ที่ 845°C และอบคืนตัวกัด
ผิวด้วยสารละลาย nital 2 % (n) 100x (ข) 200x

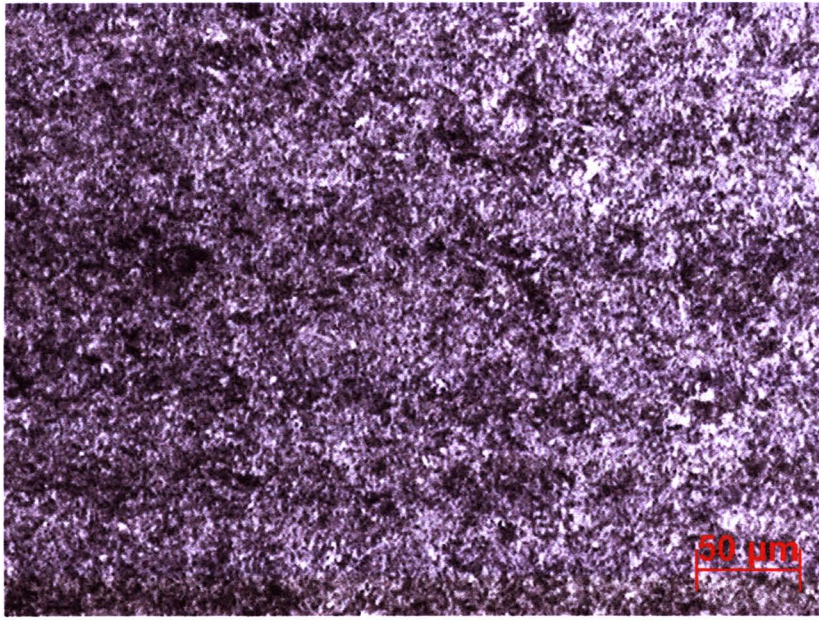


(ก)

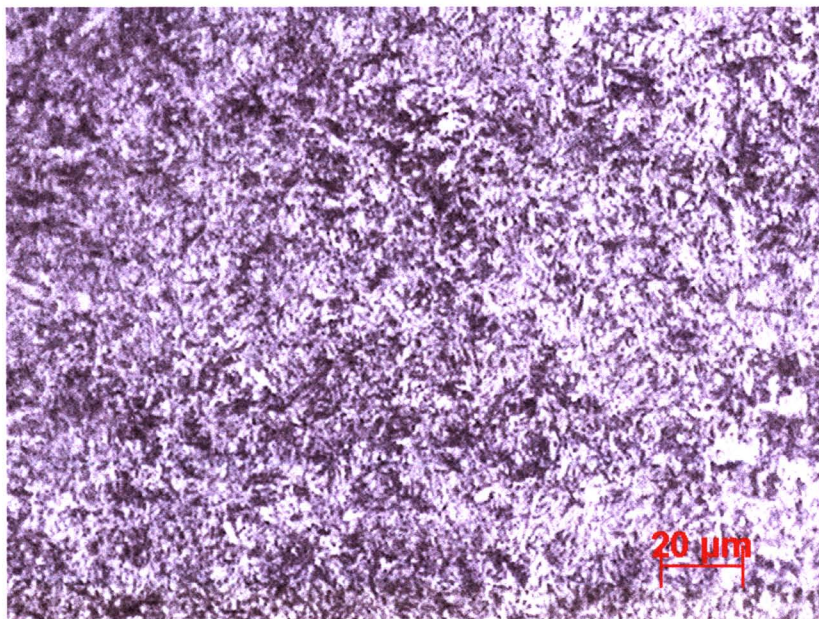


(ข)

รูปที่ ข.5 โครงสร้างจุลภาคเมื่ออุณหภูมิอบให้เป็นออสเทนไนต์ที่ 860°C และอบคืนตัวกัด
ผิวด้วยสารละลาย nital 2 % (ก) 100x (ข) 200x



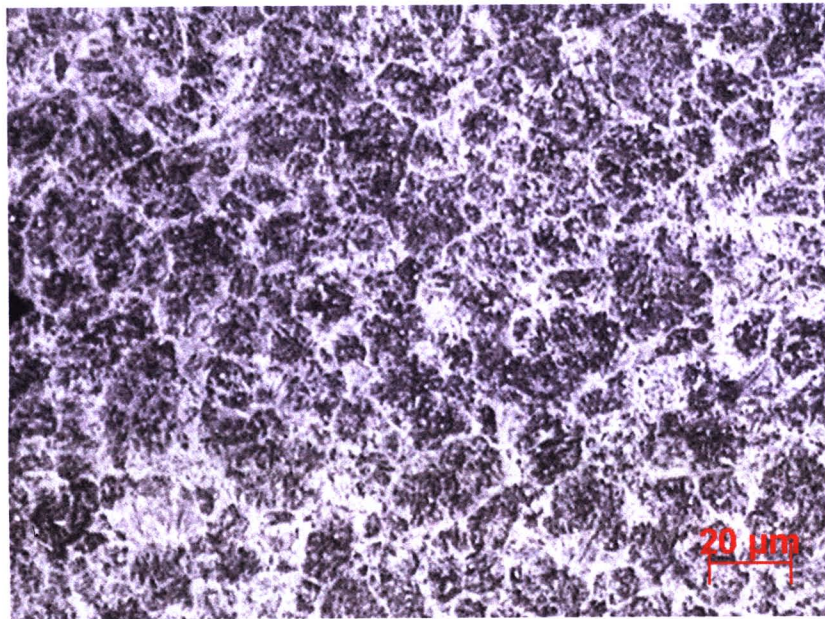
(ก)



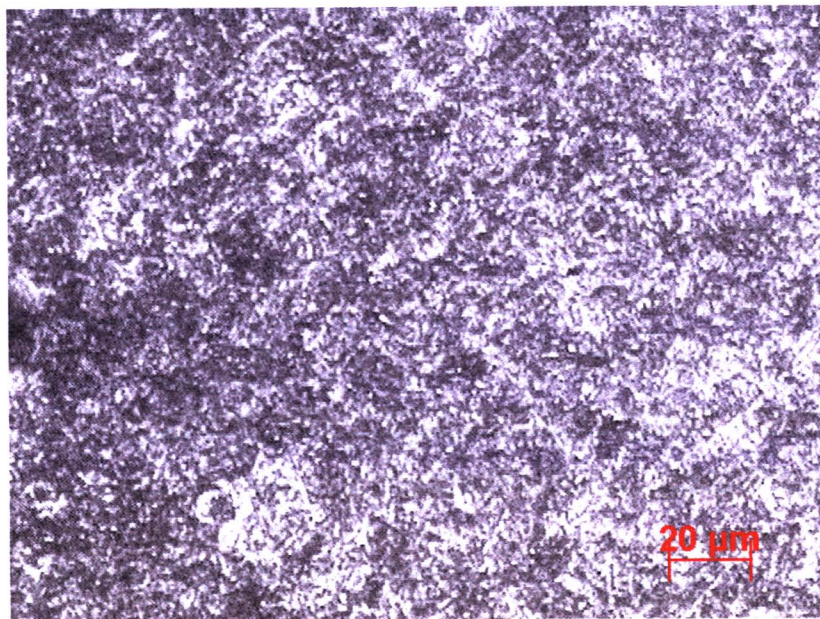
(ข)

รูปที่ ข.6 โครงสร้างจุลภาคเมื่ออุณหภูมิอบให้เป็นออสเทนไนต์ที่ 900°C และอบคืนตัวกัด
ผิวด้วยสารละลาย nital 2 % (ก) 100x (ข) 200x

ภาคผนวก ค

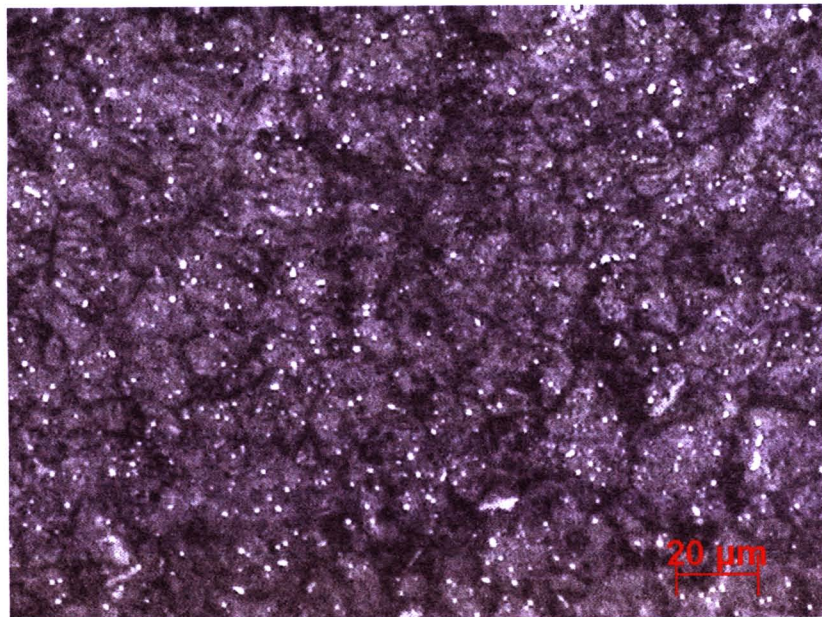


(ก)

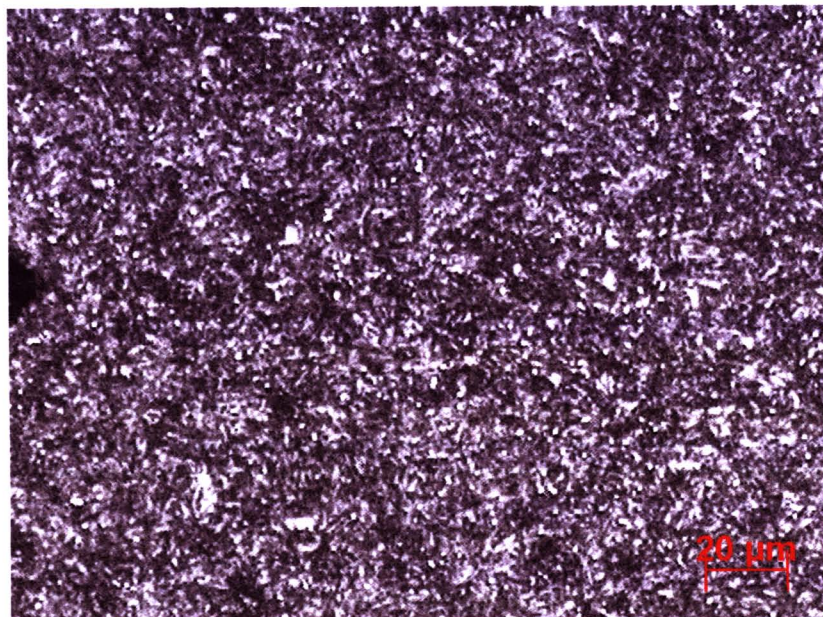


(ข)

รูปที่ ค.1 โครงสร้างจุลภาคหลังชุบแข็งและอบคืนตัวกัศผิวด้วยสารละลายต่างกัน 200x
(ก) nital 2% (ข) natal 2%+picral (ค) สารละลาย Klemm (ง) สารละลาย Beraha



(ค)

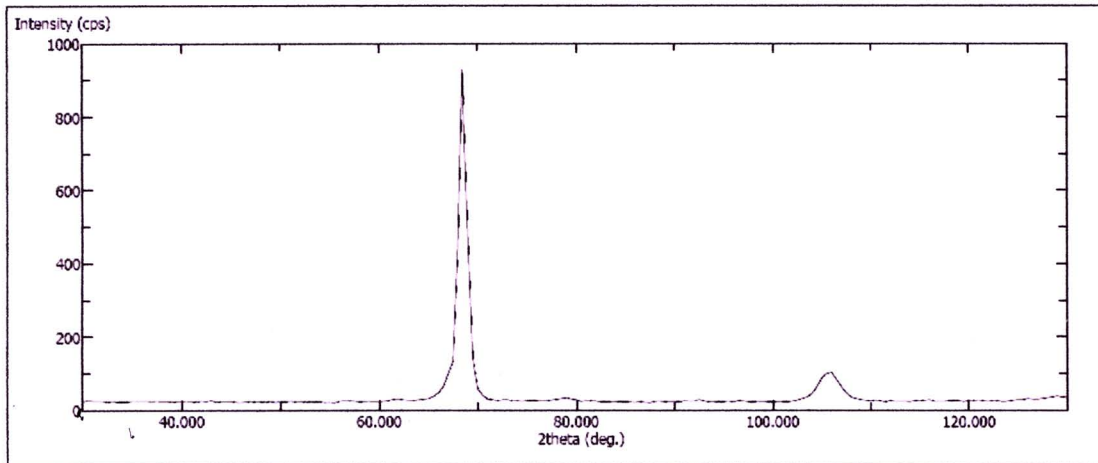


(ง)

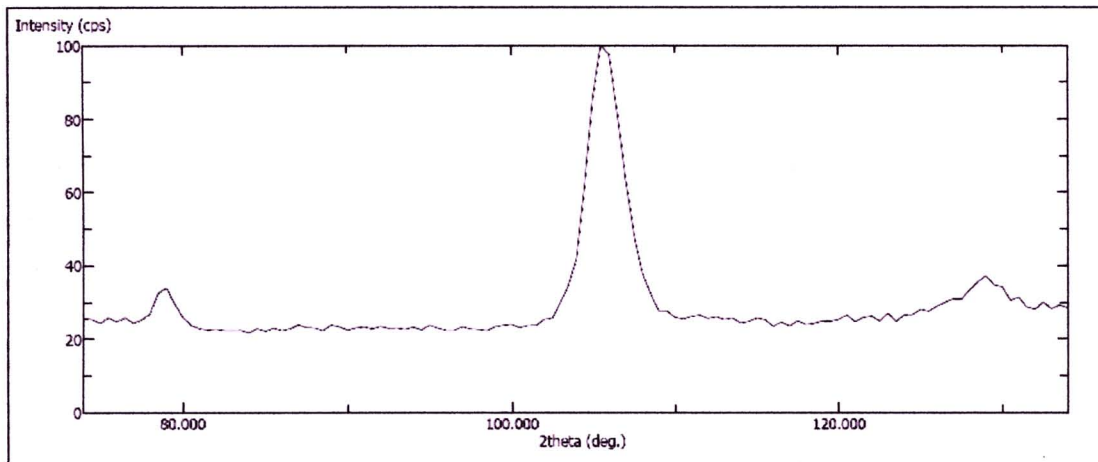
รูปที่ ค.1(ต่อ) โครงสร้างจุลภาคหลังชุบแข็งและอบคืนตัวกัดผิวด้วยสารละลายต่างกัน
200x (ก) nital 2% (ข) natal 2%+picral (ค) สารละลาย Klemm (ง) สารละลาย Beraha

ภาคผนวก ง

ผลของปริมาณออสเทนไนต์ต่อการกำหนดความเร็วในการ scan



รูปที่ ง.1 กราฟแสดงผลจากเครื่องรังสีเอกซ์แบบเลี้ยวเบนของชิ้นงานใช้อุณหภูมิอบให้เป็นออสเทนไนต์ 900°C และอบคืนตัวใช้ความเร็วในการ scan 2°/นาที



รูปที่ ง.2 กราฟแสดงผลจากเครื่องรังสีเอกซ์แบบเลี้ยวเบนของชิ้นงานใช้อุณหภูมิอบให้เป็นออสเทนไนต์ 900°C และอบคืนตัวใช้ความเร็วในการ scan 0.5°/นาที

เนื่องจากปริมาณออสเทนไนต์เหลือค้างมีปริมาณน้อยหากใช้ความเร็วในการ scan ที่มากค่า intensity ของออสเทนไนต์ต่ำมากภายหลังลบ background แล้วค่า intensity ของออสเทนไนต์ถูกลบจนหมดไม่สามารถคำนวณหา integrate intensity ดังนั้นถ้าต้องการหาปริมาณออสเทนไนต์ที่มีปริมาณน้อยต้องลดความเร็วในการ scan ลง

ค่า theoretical integrate intensity (R) ที่ใช้ในการคำนวณหาออสเทนไนต์

ค่า theoretical integrate intensity เป็นค่าที่ขึ้นกับ interplana spacing (hkl), Bragg angle, crystal structure และส่วนประกอบของเฟสที่จะวัด หาค่าได้จากสมการ

$$R^{hkl} = (F^2 p LP e^{-2M}) / v^2$$

โดย F = structure factor

p = multiplicaticity factor ที่ระนาบ (hkl)

LP = Lorentz polarization factor

e^{-2M} = Debye-Waller หรือ temperature factor

v = ปริมาตรของ unit cell



ผลการคำนวณพบว่าค่า theoretical integrate intensity ของมาร์เทนไซต์มีค่าเท่ากับค่าของเฟอร์ไรต์ ในการคำนวณใช้ค่า theoretical integrate intensity ของเฟอร์ไรต์ได้ค่า theoretical integrate intensity ของแต่ละเฟส เมื่อใช้เป่าเป็นโครเมียมในตารางที่ ง.1

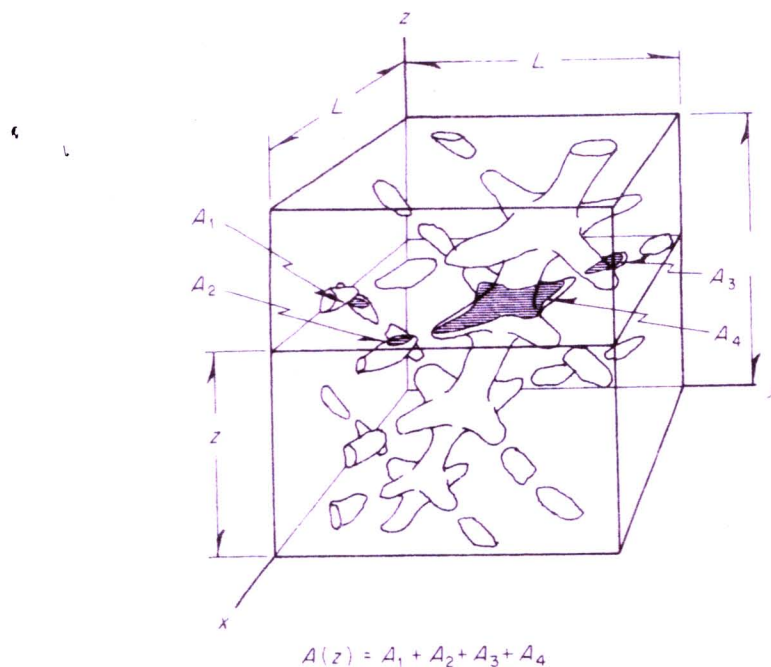
ตารางที่ ง.1 ผลการคำนวณค่า theoretical integrate intensity เมื่อใช้เป่าโครเมียม[11]

hkl	Sinθ/λ	θ	f	Δf	Δf'	/F ²	LP	P	T ^θ	N ²	R
(α iron, body-centered cubic, unit-cell dimension a ₀ = 2.8664Å):											
110	0.24669	34.41	18.474	-1.6	0.9	1142.2	4.290	12	0.9577	0.001803 [#]	101.5 ^c
200	0.34887	53.06	15.218	-1.6	0.9	745.0	2.805	6	0.9172	0.001803 [#]	20.73 ^c
211	0.42728	78.20	13.133	-1.6	0.8	534.6	9.388	24	0.8784	0.001803 [#]	190.8 ^c
(γ iron, face-centered cubic, unit-cell dimension a ₀ = 3.60Å):											
111	0.24056	33.44	18.687	-1.6	0.9	4684.4	4.554	8	0.9597	0.0004594 [#]	75.24 ^c
200	0.27778	39.52	17.422	-1.6	0.9	4018.3	3.317	6	0.9467	0.0004594 [#]	34.78 ^c
220	0.39284	64.15	14.004	-1.6	0.8	2472.0	3.920	12	0.8962	0.0004594 [#]	47.88 ^c

ภาคผนวก จ

การประมาณค่าแบบไม่ลำเอียง (unbiased estimate) ของค่าสัดส่วนเชิงปริมาตร

พบว่า การประมาณค่าของสัดส่วนเชิงปริมาตรได้เท่ากับสัดส่วนเชิงพื้นที่ที่ทำได้ ซึ่งพิสูจน์แล้วโดยการทดลองโดย A. Delesse หรืออธิบายได้ด้วยความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ดังนี้ [12] เมื่อพิจารณาปริมาตรของเฟสที่ถูกล้อมด้วยทรงลูกบาศก์ที่มีความยาวด้านเป็น L ดังแสดงในรูปที่ จ.1



รูปที่ จ.1 ระบายสมมุติที่ตัดในรูปลูกบาศก์ พื้นที่แรเงาคือพื้นที่ของเฟส

เมื่อมีระนาบสมมุติขนาดกักระนาบ XY และมีระยะทางตามแกน Z โดยแกน Z มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง L โดยให้ค่า $A(Z)$ คือ พื้นที่รวมของเฟสที่ระนาบสมมุติในทรงลูกบาศก์ ดังนั้นสัดส่วนเชิงพื้นที่ของเฟสมีค่าดังสมการ

$$Aa(z) = \frac{A(Z)}{L^2}$$

เมื่อ $Aa(Z)$ คือสัดส่วนเชิงพื้นที่ของเฟสที่ระนาบ Z ใดๆ ดังนั้นปริมาณเชิงพื้นที่เฉลี่ยของเฟสในรูปทรงลูกบาศก์มีค่าดังสมการ

$$E(Aa) = \bar{Aa} = \int_0^L Aa(Z)F(Z)dz$$

โดยค่า $E(Aa)$ คือ expect value เฉลี่ยในทุกกระนาบตั้งแต่กระนาบที่ $Z = 0$ ถึง $Z = L$ และค่า $F(Z) dz$ คือความน่าจะเป็นที่พบกระนาบสมมุติที่มีเพลสอยู่ที่ยะตั้งแต่ Z ถึง $Z+dz$ และถ้าการเลือกกระนาบสมมุติที่ใช้หาปริมาณเนื้อเพลสเป็นแบบสุ่ม (random) จะได้ว่า $F(Z) dz = dz/L$ ดังสัดส่วนเชิงพื้นที่เฉลี่ยของเพลส มีค่าดังสมการ

$$\bar{Aa} = \int_0^L Aa(Z) \frac{dz}{L} = \int_0^L \frac{A(Z)dz}{L^3}$$

เมื่อรวมค่าสัดส่วนเชิงพื้นที่ของเพลสในทุกๆ กระนาบสมมุติในทรงลูกบาศก์ตั้งแต่ระยะ $Z = 0$ ถึงระยะ $Z = L$ ค่าที่ได้คือปริมาตรของเพลส (V) ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนเชิงพื้นที่และสัดส่วนเชิงปริมาตร (Vv) เป็นไปดังสมการ

$$\bar{Aa} = \frac{V}{L^3} = Vv$$

จากการทดลอง A. Delesse ของและการพิสูจน์ด้วยความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ที่พบว่าค่าประมาณค่าแบบไม่ลำเอียง (unbiased estimate) ของสัดส่วนเชิงปริมาตรประมาณค่าได้ตรงกับสัดส่วนเชิงพื้นที่

ภาคผนวก จ

ตาราง จ.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของปริมาณซีเมนต์ของ
ชั้นงานใช้อุณหภูมิอบให้เป็นอสเทนนิต์ต่างๆและอบคืนตัว

อุณหภูมิอบให้เป็น อสเทนนิต์ (°C)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
800	8.5	0.8
815	7.4	1.0
845	5.2	0.9
860	4.1	1.5
900	2.8	3.6

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์



ชื่อ – นามสกุล	นายเผ่าพันธุ์ เอื้ออารีย์กุลเลิศ
วัน – เดือน – ปีเกิด	31 ตุลาคม 2527
ที่อยู่	30 ซ.เทศบาล ๓.บำรุงเมือง แขวงวัดราชบพิธ เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2549
โทรศัพท์ติดต่อ	081-658-9693

