

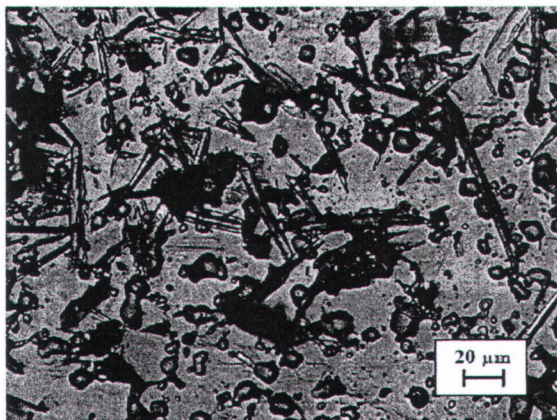
รายการอ้างอิง

- [1] Peters, M., Hemptenmacher, J., Kumpfert, J. and Leyens, C. Titanium and Titanium alloys. Wienheim, German: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2003.
- [2] Polmear I.J. Light Alloy. 4th Edition. Oxford, United Kingdom: Butterworth-Heinemann, 2006.
- [3] ASM International. Introduction to Selection of Titanium Alloys, Titanium: A Technical Guide. 2nd Edition. USA: ASM International, 2000.
- [4] Randall M. German. Powder Metallurgy of Iron and Steel. The Pennsylvania State University: 1998.
- [5] Kikuchi, M., Takada, Y., Kiyosue, S., Yoda M., Woldu, M., Zhou cai, Okuno, O., Okabe, T. Mechanical Properties and Microstructures of cast Ti-Cu alloys. Dental material 19(2003): 174-181.
- [6] Low, R.J., Robertson, I.M. and Schaffer, G.B. Excessive porosity after liquid-phase sintering of elemental titanium powder blends. Scripta Materialia 56 (2007): 895–898.
- [7] Murray, J.L. Binary Alloy Phase Diagrams. 2nd Edition. Materials park, OH, USA: ASM International, 1990.
- [8] Murray, J.L. The Ti-Cu system. Metals park, OH, USA: ASM International, 1983.
- [9] Ohkubo, C., Shimura, I., Aoki, T., Hanatani, S., Hosoi, T., Hattori, M., Oda, Y., Okabe, T., Wear resistance of experimental Ti–Cu alloys. Biomaterials 24 (2003): 3377–3381.
- [10] Ohkubo, C., Shimura, I., Aoki, T., Hanatani, S., Hosoi, T., Okabe, T., In vitro wear assessment of titanium alloy teeth. J Prosthodont 11(2002): 263–9.
- [11] ASM International. Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials. USA: ASM International, 1992.
- [12] Semboshi, S., Nishida, T., Numakura, H. Microstructure and mechanical properties of Cu–3 at.% Ti alloy aged in an hydrogen atmosphere. Material Science and Engineering A517(2009): 105-113.

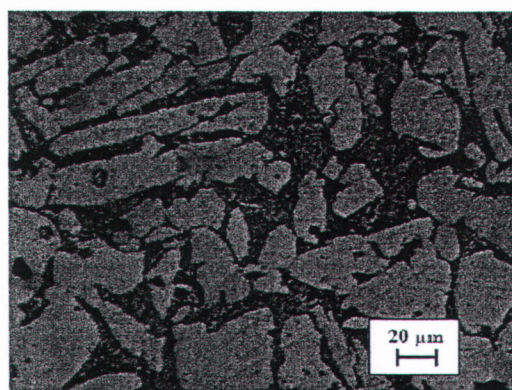
- [13] Wang, Y.M., Liu, H.S., Zhang, L.G., Zheng, F., Jin, Z.P. The isothermal section of the Co–Cu–Ti ternary system at 1023K by using diffusion triple technique. Material Science and Engineering A431(2006): 184-190.

ภาคผนวก

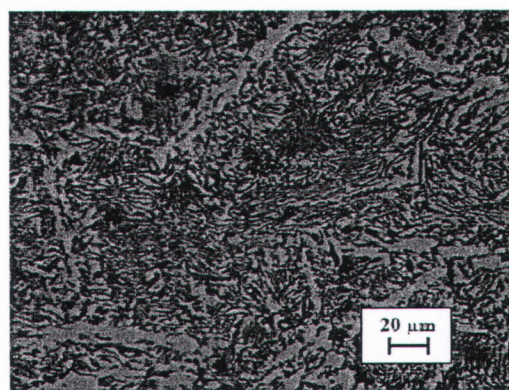
ภาคผนวก ก



รูปที่ ก.1 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงาน Pure Ti ที่กำลังขยาย 200 เท่า ขึ้นรูปด้วยแรงอัด 254 MPa และ เฝื่อนที่อุณหภูมิ 1000°C เป็นเวลา 1 ชม.

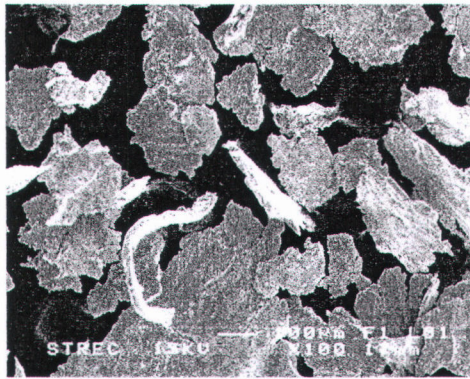


(a)

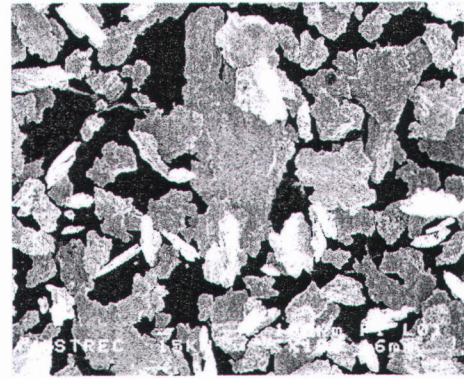


(b)

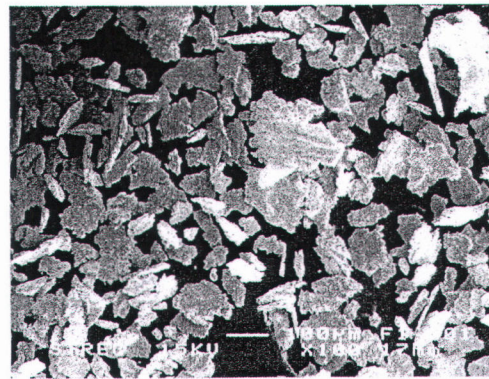
รูปที่ ก.2 โครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย 200 เท่า ของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัด 254 MPa และ เฝื่อนที่อุณหภูมิ 1000°C เป็นเวลา 8 ชม. (a)Ti-2Cu; (b) Ti-10Cu



(a)



(b)

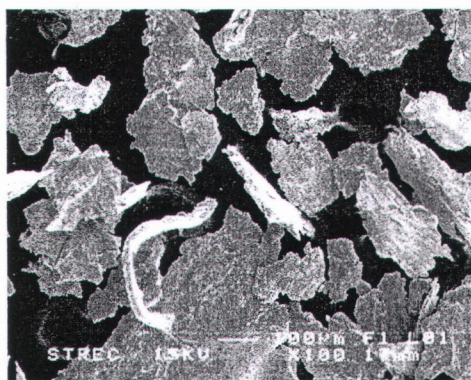


(c)

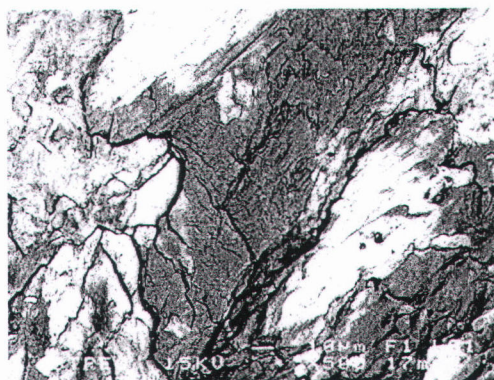


รูปที่ ก.3 ภาพถ่ายเศษวัสดุจาก SEM ของชิ้นงานซึ่งผ่านแรงอัด 254 MPa เฝ้านึกที่อุณหภูมิ 1000°C เป็นเวลา 1 ชม. หลังทดสอบการต้านทานการลึกรอ (a) Pure-Ti; (b) Ti-2Cu; (c) Ti-10Cu

การเพิ่มปริมาณทองแดงทำให้ขนาดของเศษวัสดุ (Debris) ที่ได้หลังการทดสอบการต้านทานการลึกรอมีขนาดเล็กลงซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ ก.3



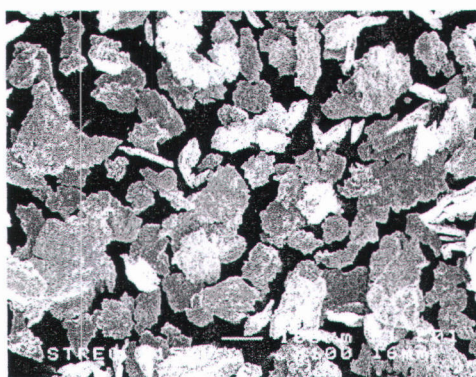
(a)



(b)

รูปที่ ก.4 ภาพถ่ายเศษวัสดุจาก SEM ของชิ้นงาน Pure Ti ซึ่งผ่านแรงอัด 254 MPa เผาฉีกที่อุณหภูมิ 1000°C เป็นเวลา 1 ชม. หลังทดสอบการต้านทานการสึกหรอ (a) 100X; (b) 500X

ลักษณะของเศษวัสดุที่ได้หลังการทดสอบการต้านทานการสึกหรอมีลักษณะเป็นแผ่นแสดงไว้ในรูป ก.4(a) และจากภาพถ่ายในโหมด Back-scatter พบว่ามีทั้งบริเวณที่สว่างและที่มืด โดยเมื่อทำการวิเคราะห์แบบจุด พบว่าในบริเวณที่มืดจะมีปริมาณไทเทเนียมอยู่มาก และในบริเวณที่สว่างจะพบธาตุซึ่งเป็นส่วนผสมใน stainless steel ได้แก่ Fe Cr และ Ni



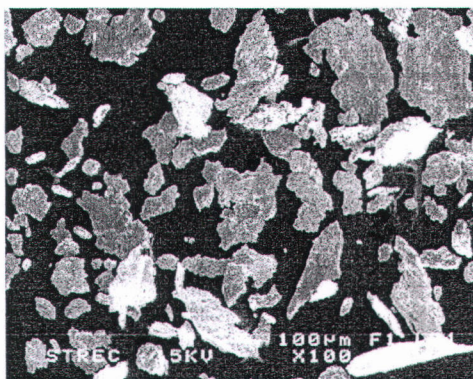
(a)



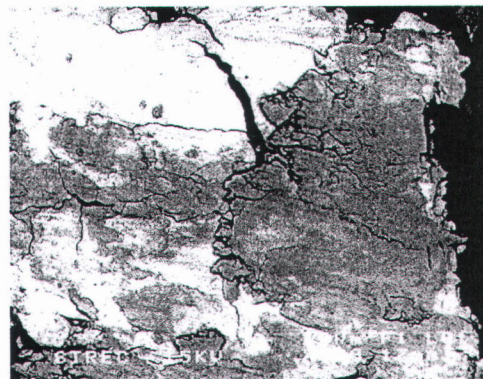
(b)

รูปที่ ก.5 ภาพถ่ายเศษวัสดุจาก SEM ของชิ้นงาน Ti-10Cu ซึ่งผ่านแรงอัด 254 MPa เผาฉีกที่อุณหภูมิ 1100°C เป็นเวลา 4 ชม. หลังทดสอบการต้านทานการสึกหรอ (a) 100X; (b) 500X

ภาพถ่ายเศษวัสดุจาก SEM ของชิ้นงาน Ti-10Cu ซึ่งผ่านแรงอัด 254 MPa เผาผืนที่อุณหภูมิ 1100°C เป็นเวลา 4 ชม. แสดงไว้ในรูป ก.5 ซึ่งมีการผสมทองแดงในชิ้นงานพบว่าภาพถ่ายจากโหมด Back-scatter ในรูป ก.5(b) มีความสว่างมากกว่ารูป ก.4(b) ซึ่งไม่มีการผสมทองแดง เนื่องจากทองแดงเป็นธาตุที่มีมวลอะตอมมาก ภาพที่ปรากฏในโหมด Back-scatter จึงสว่างกว่า



(a)



(b)

รูปที่ ก.6 ภาพถ่ายเศษวัสดุจาก SEM ของชิ้นงาน Ti-10Cu ซึ่งผ่านแรงอัด 254 MPa และทำ Solution treatment ที่อุณหภูมิ 1000°C เป็นเวลา 0.5 ชม. หลังทดสอบการต้านทานการสึกหรอ (a) 100X; (b) 500X

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณค่าความหนาแน่นของโลหะผสมไทเทเนียมและทองแดง หลังเผาผนึก

ความหนาแน่นหลังเผาผนึกของโลหะผสมไทเทเนียมและทองแดง

ความหนาแน่นหลังเผาผนึกสามารถคำนวณได้โดยกำหนดให้ผงโลหะไทเทเนียมและทองแดงเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งกันและกันและทองแดงสามารถเกิดปฏิกิริยากับไทเทเนียมได้ทั้งหมด

ตัวอย่างการคำนวณของโลหะผสม Ti-7Cu

สมมติให้ผงโลหะผสมมีน้ำหนัก 100 g

โดยมวลอะตอมของ Ti = 47.9 g/mol และ Cu = 63.5 g/mol

$$\begin{aligned} \text{ซึ่งประกอบด้วย Ti} &= 93 \text{ g หรือคิดเป็น } \frac{93}{47.9} = 1.94 \text{ mol} \\ \text{Cu} &= 7 \text{ g หรือคิดเป็น } \frac{7}{63.5} = 0.11 \text{ mol} \end{aligned}$$

จากปฏิกิริยาเคมี



พบว่า Ti จะถูกใช้ 2 mol Cu จะถูกใช้ 1 mol และเกิด Ti_2Cu ขึ้นมา 1 mol

เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาเคมีและทองแดงถูกใช้ทั้งหมด จะเหลือ Ti = $1.94 - 0.22 = 1.72 \text{ mol}$

และเกิด Ti_2Cu ขึ้นมา = 0.11 mol โดยความหนาแน่นของ $\text{Ti}_2\text{Cu} = 5.66 \text{ g/cm}^3$

ดังนั้นหลังเผาผนึกจะมี Ti เหลืออยู่ $1.72 \times 47.9 = 82.4 \text{ g}$

$$\text{คิดเป็นปริมาตร} = \frac{82.4}{4.51} = 18.3 \text{ cm}^3$$

มี Ti_2Cu เหลืออยู่

$$0.11 \times 159.3 = 17.5 \text{ g}$$

$$\text{คิดเป็นปริมาตร} = \frac{17.5}{5.66} = 3.09 \text{ cm}^3$$

น้ำหนักทั้งหมดหลังเผาผนึก = $82.4 + 17.5 = 99.9 \text{ g}$

ปริมาตรทั้งหมดหลังเผาผนึก = $18.3 + 3.09 = 21.4 \text{ cm}^3$

ดังนั้นความหนาแน่นหลังเผาผนึกของโลหะผสม Ti-7Cu มีค่าเท่ากับ

$$D_{\text{Ti-7Cu}} = \frac{99.9}{21.4} = 4.67 \text{ g/cm}^3$$

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์



ชื่อ – นามสกุล

นายพร ไพโรพนาพงศ์

วัน – เดือน – ปีเกิด

12 พฤษภาคม 2529

ที่อยู่

เลขที่ 64 หมู่บ้านเดชา ซอย 26/1 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก

เขตบางกะปิ กทม. 10240

วุฒิการศึกษา

วิศวกรรมโลหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2550

หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ

081-131-9995

