

주조조건에 따른 순티타늄의 주조성 분석

황 성 식 · 권 순 석

(동우대학 치기공과)

Abstract

Analysis of castability in c.p.Ti according to casting conditions

Seong-Sig Hwang, Seog-Suk Kwon

Dept. of Dental Lab. Tech., Dong-U College

In this study, the castability and of commercially pure titanium(c.p.Ti) grade II according to the casting condition which are the vacuum condition in casting machine and mold temperature of investment, was investigated. Argon-arc melt/centrifugal casting machine was used for casting the specimens. The microstructure and mechanical properties were evaluated by using optical microscope.

The results were as follows;

1. It could make a sure that there's relatively not much defect of casting body of c.p.Ti according to the deference of air pressure.
2. It could make sure that it formed porosity on the surface inside of the casting body of c.p.Ti according to deferent temperature. and on excellent castability was below 200°C .
3. As the mold temperature of investment was increased, the lamellar structure of phase and

* 본 논문은 2007년도 동우대학 학내 교육연구비의 지원을 받아 수행되었습니다.

교신 ■ 성명 : 황 성 식 ■ 전화 : 033-639-0660 ■ E-mail : sshwang@duc.ac.kr
저자 ■ 주 소 : 강원도 속초시 노학동 산 244번지 동우대학 치기공과

coarse grains were shown, especially under 42MPa.

• Key word : c.p.Ti; Microstructure; castability.

I. 서론

의공학과 현대의학의 꾸준한 발달로 인하여 인간은 평균수명 연장과 더불어 신체 일부를 수복시킬 수 있는 기회를 제공받고 있다. 이러한 의공학의 발달은 생체재료들 중 티타늄을 활용한 다양한 분야로까지 확장되고 있다.

우리나라에서는 1980년대 이후로부터 티타늄을 치과 주조에 적용하기 시작하였으며, 상대적으로 우수한 기술력을 바탕으로 한 미국의 경우에는 1977년을 기준으로 치과용 합금에 관한 심포지움을 통하여 Waterstart가 티타늄 합금(Ti-13Cu-4.5Ni)의 치과주조물을 발표하였다. 또한, 티타늄을 치과영역 생체재료로 사용하기 시작한 경우는 1950년대로 티타늄 가공재를 이용하여 가철성의치 유지장치를 통해서였다. 1960년대 초반에는 Ti-6Al-4V합금과 순 티타늄판을 형성 가공하여 치과 임플란트 재료로 사용하기 시작하였고, 1970년대에는 Ti-Ni가공선이 치아 교정용선으로 사용되었다. 또한, 1980년대 중반 Ti-6Al-4V 합금판을 이용한 성형가공법이 실용화되었다.(Sadake, 1984)

기존의 생체 금속재료는 주로 stainless steel, Co-Cr alloy, Au alloy, Ti alloy등이 사용되어 왔으며 이중에서 현재 많이 사용되고 있는 Ti는 우수한 생체조직 적응성, 고비강도, 변

색 또는 부식에 대한 높은 저항성 등 매력적인 기계적 특성으로 인하여 임플란트 재료로서 의료영역에 냉간 가공 형태로 폭넓게 이용된 양질의 생체용 금속재료이다.(Akagawa 1985; Kathy wang 1996).

c.p Ti은 Co-Cr계 합금보다 강도와 마모저항성과 생체 적합성이 필요한 경우에 주로 사용한다. 우수한 기계적 특성이 필요한 티타늄 합금을 사용한다. (kobayashi 등, 1995).

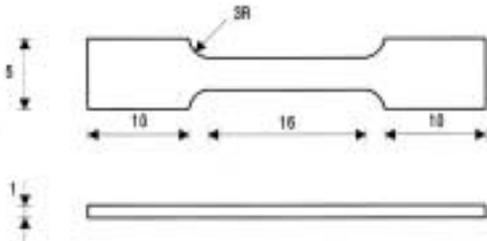
따라서, 본 논문에서는 c.p Ti grade II를 아르곤치환형 원심주조기의 진공도를 85MPa 및 42MPa로 변화시키고 주형의 온도를 각각 27, 100, 200, 300, 및 400℃로 변화시켜 미세조직의 상태 및 구조성을 광학현미경, x-ray를 이용하여 연구하였다.

II. 실험 재료 및 방법

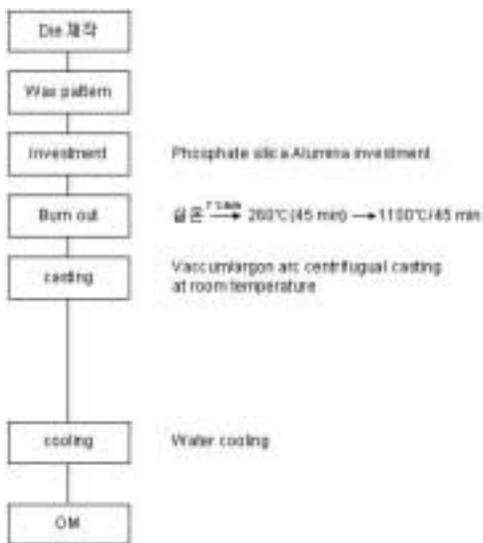
1. 시편제작

제안한 연구에서는 기계적인 특성 시험을 위하여 Fig. 1과 같이 ISO 6871에서 채택되고 있는 직경 약 3mm, 표점간 거리 15mm 크기로 수지봉을 가공하였으며 정밀주조법인 왁스 소환법에 의해 주조체로 제조하였다. 또한, 인산염계 실리

카 알루미나 주형재로 매몰한 후 1100℃까지 가열하여 45분간 계류 후 전기로 내에서 실온, 100℃, 200℃, 300℃, 400℃로 서냉하여 주형을 준비하였다. 주조는 Grade II cp Ti를 치과용 고진공 아르곤 치환형 원심주조기를 이용하여 85MPa와 42MPa의 조건으로 시행한 후 즉시 수냉하여 시편을 각각 분리하여 제작하였다. 냉각 방법에 있어 85MPa, 42MPa에 온도변화에 따른 표면 반응층 분석을 위하여 시편을 미세 연마하고 etching한 다음 광학현미경으로 관찰하였다. 제안한 논문에서는 실험 제작과정을 Fig. 2와 같이 수행하였다.



<Fig. 1> Diagram of specimen(unit: mm)



<Fig. 2> The process of burnout

2. 주조결함 방사선 투과시험

Adapter에 사용되는 plastic shell을 이용하여 실험편을 제조한 후 Fig.2의 조건에 따라 매몰하고 소환시켜 주조된 c.p. Ti에 대한 주조체의 주조결함을 x-ray현상판독기(manfradi. Co., Italy)기기를 조사하기위하여 방사선을 투과하여 주조 결함을 확인 하였다.

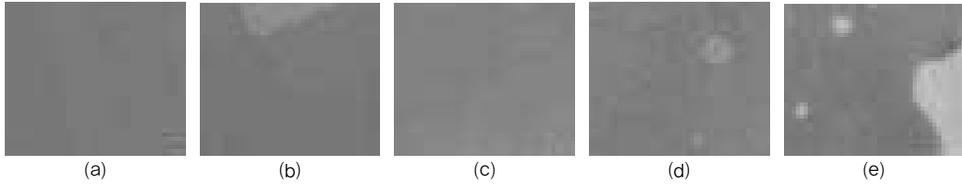
3. 미세조직 관찰

주조되어진 주조체의 미세조직 변화를 관찰하기 위하여 #600에서 #2000까지 emery paper로 연마하고 1μm까지 알루미나 수용액으로 최종 연마한 후 질산불산수용액(HF:HNO3:H2O=2%:20%:78%)으로 부식시켜 건조한 후 광학현미경(PMG3-613U, Olympus, Japan)을 사용하여 관찰하였다.

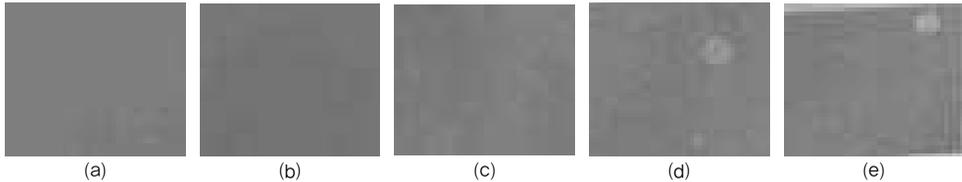
Ⅲ. 실험 결과 및 고찰

1. 주조결함 관찰

치과 주조용 Ti주조기에서 용해하여 제작된 시험편에 대하여 각 시험편의 내부결함을 조사하기위하여 방사선 투과 시험을 행하였고 주조체의 표면을 Fig. 3과 같이 육안 관찰 하였다.



〈Fig. 3〉 x-ray according to casting condition under 85MPa; (a) 27°C (b) 100°C (c) 200°C (d) 300°C (e) 400°C



〈Fig. 4〉 x-ray according to casting condition under 42MPa; (a) 27°C (b) 100°C (c) 200°C (d) 300°C (e) 400°C

Fig. 3과 Fig. 4에서 보이는 것처럼 진공 차이에 따라 큰 차이가 없음을 확인할 수 있고, 온도에 따라서는 c.p. Ti의 주조체 표면과 내면은 기포를 가지고 있음을 확인할 수 있다. 또한, 200°C이하에서는 좋은 주조성을 보이고 있다.

2. 미세조직 관찰

c.p. Ti grade II를 주조시 제안한 논문에서 사용된 아르곤 치환형 원심주조기의 진공도를 85MPa 및 42MPa로 변환시키고 또한 매물체의 주형온도를 각각 27, 100, 200, 300 및 400°C로 조건에서 주조한 후 상의 변화를 관찰하기 위하여 광학현미경을 이용하여 미세조직의 변화를 관찰하였다.

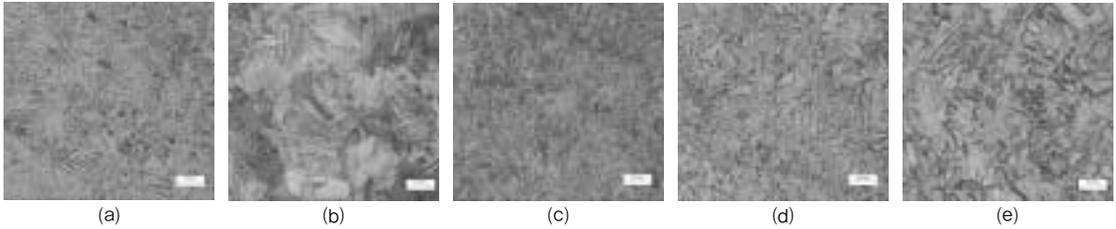
Fig. 5는 진공도 85MPa에서 주형온도를 27, 100, 200, 300 및 400°C로 변화하여 주조한 후 광학현미경으로 관찰한 미세조직이며, Fig. 6은 진공도 42MPa에서 관찰한 미세조직이다. 티타늄 주조기에서 요구하는 진공도인 85MPa에서

는 주형온도의 변화에 따라 미세조직에 큰 변화는 없었다. 그러나 진공도를 42MPa로 절반 정도 낮추었을 때는 주형온도의 변화에 따라 미세조직의 변화는 크게 나타났다.

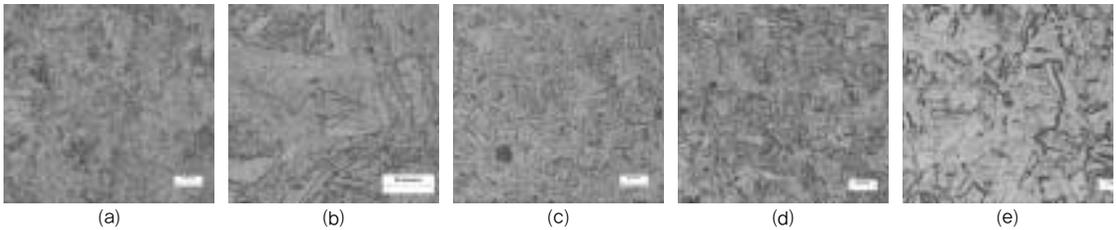
주형온도가 27°C, 100°C 및 200°C에서는 미세조직에 큰 변화가 없었고 HCP 결정구조를 갖는 상 뿐만 아니라 층상조직(lamellar structure)이 관찰 되었다. 이와 같은 미세조직은 Ti-6Al-4V 합금에서 나타나는 Widmanstätten 조직과 유사하다.

IV. 결 론

치과용 금속으로 많이 사용되고 있는 c.p. Ti grade II를 주조시 진공도 및 매물체 주형온도의 조건에 따라 주조된 주조체를 X-ray 촬영을 하였고, 미세조직관찰을 통해 다음과 같이 결론



〈Fig. 5〉 Optical micrographs according to casting condition under 85MPa; (a) 27°C (b) 100°C (c) 200°C (d) 300°C (e) 400°C



〈Fig. 6〉 Optical micrographs according to casting condition under 42MPa; (a) 27°C (b) 100°C (c) 200°C (d) 300°C (e) 400°C

을 얻었다.

기여하리라 본다.

1. 기압 차이에 따른 c.p Ti 주조체의 결함은 비교적 차이가 없었음을 확인할 수 있다.

2. 온도에 따라 c.p Ti의 주조체 표면과 내면의 기포를 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 200°C이하에서는 우수한 주조성을 보이고 있다.

3. 매몰재의 주형온도가 300°C 및 400°C로 높은 경우 용융금속의 응고속도를 지연하여 결정립 크기가 조대화되어 상의 층상조직을 나타냈으며, 특히 진공도가 낮은 42MPa에서 더욱 뚜렷하게 나타났다.

따라서 Ti 주조 시 주조방법 및 진공도, 매몰재와 소환에 의한 주형온도 등이 주조체의 미세조직의 변화를 보이므로 정확한 주조조건을 확립하여야만 치과분야의 Ti 활용도를 높이는데

참고 문헌

Anusavice, K. Meta-Ceramics and dental ceramics for the 21st century, Proceeding of international Symposium on titanium in dentistry 1995; 3: 137~154.

Ida K, Takeeuchi M, Togaya T, Tsutsumi T, Studies on the dental casting of titanium alloys, J jap Dent Mater Appl 1980; 37: 45~52.

Kobayashi E, Matsumoto S, Doi H

- Mechanical properties of binary titanium zirconium alloys and their potential for biomedical materials. Journal of biomedical materials Research(1995) 29: 943 – 950.
- Miyazaki T. Casting of titanium: Mold materials. Proceeding of international Symposium on titanium in dentistry 1995; 3: 31~39.
- Miyazaki T. Casting of titanium: Mold materials. Proceeding of international Symposium on titanium in dentistry 1995; 3: 31~39.
- Okajaki Y, Ito A, Tateshi T. Alloy design of new titanium alloy for medical implants I—Effect of alloying elements, J Jap Soc Biomater 1993; 11: 160~170.
- Okawa S et al., Study on casting defects of titanium castings, J J Dent Mater 1993; 12: 176~177.
- Sadake T Re-evaluation of metal press plate denture construction and the pure titanium metal pressing. J Dent Tech, 12(12), 1945–1984.