

Ring 내 납형의 위치에 따른 귀금속합금 구조체의 수축공 관찰

박민주, 노학, 고대진, 정종현*

(주)알파덴트 기술연구소, 광주보건대학 치기공과*

The examination of the pores of casting bodies depending on the position of wax pattern in the ring for precious alloys

Min-Ju Park, Hak Noh, Dae-Jin Ko, Jong-Hyun Jung*

Technical Research Center, Alphadent Co., Ltd., Seoul 153-803, Korea

*Dept. of Dental Lab. Technology, Gwangju Health College, Gwangju 506-701, Korea

[Abstract]

An investigation was carried out to examine the pores of casting bodies depending on the position of wax pattern in the ring for precious alloy by optical micrographs.

From the result of optical micrographs, many pores were found in the Group C that wax pattern is placed in the center of the ring. However, any pores were scarcely found in the Group A, B, D and E that wax patterns are placed out of the center of thermal zone.

In comparison with the pores of casting bodies of Group C, many pores were found at the cusp area rather than at the proximal surface.

From these examination, it was concluded that wax pattern should be placed out of the center of thermal zone to prevent casting boies from occurring pores.

○Key word : casting body, pore, position of wax pattern.

교신저자	성명	박민주	전화	031-964-6801	E-mail	mrshallon@alphadent.co.kr
	주소	경기도 고양시 덕양구 대자동 834-23번지				

I. 서 론

치과 주조 보철물은 손상된 치아나 주위 조직을 가능한 정확하게 금속 주조체로 재현하여 환자 구강 내에서 고유 성질변화나 부식 및 변색이 없이 최적의 기능으로 환자에게 만족을 주어야 한다. 그러므로 치과합금의 주조는 치과보철물의 제작에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다.

치과용 합금의 주조성은 납형의 크기 및 형태, 주입선의 설치방법, 매몰방법, 소환방법, 합금의 선택, 합금의 용융 및 주조방법 등을 포함하여 많은 요인에 영향을 받는다고 하였다(김웅철, 1988; 황성식, 2000). 또한 수축공은 주조 시 합금의 과용융(over-melting)을 포함한 여러 요인에 의해 발생할 수 있다고 보고 되었고(Ryge, 1957; Asgar, 1959; Leinfelder, 1963), 주조체 표면 또는 내면에 발생하는 다공성은 주조체를 약하게 할뿐만 아니라 환자 구강 내에서 부식 및 변색의 원인이 된다고 알려졌다(Mark, 1983; Mueller, 1987; Kongkaew, 1993).

최근 급격하게 늘어나는 Implant용 보철물 뿐만 아니라 주조체가 두꺼운 일반 crown & bridge용 귀금속합금 보철물의 경우에서도 주조체의 내면 또는 표면에 수축공이 자주 발생하게 된다.

따라서 본 연구에서는 기존의 주조법과 관련하여 보철물 제작 과정에서 나타날 수 있는 수축공을 억제하는 방법을 새로운 관점에서 검토하고자 주조 링 내 납형(wax pattern)의 매몰위치를 달리하여 얻은 귀금속합금의 주조체에 나타나는 수축공의 발생 및 분포상태를 관찰하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료

본 연구의 실험재료는 <Table 1>과 같다.

주조용 왁스는 Medium Inlay Wax(GC, 일본), 매몰재는 석고계 결합 매몰재(Kerr Lab, 미국), 주조용 귀금속합금은 A-60(알파덴트, 대한민국)을 사용하였다.

주조체에 발생하는 수축공은 광학현미경(BX51M, OLYMPUS, 일본)을 사용하여 관찰하였다.

Table 1. Materials and instruments for examination of the pore

Materials and Instruments	Manufacturer
Casting Wax (medium inlay wax)	GC (Japan)
Sprue Wax	DaeDong (Korea)
Investment	Kerr Lab (U.S.A)
Gold Alloy (A-60)	Alphadent (Korea)
Burn-out Furnace	SeJong (Korea)
Casting Machine	JOILL (Korea)
Microscope	OLYMPUS (Japan)

2. 실험 방법

본 연구의 실험은 링 내 납형의 매몰위치에 따라 납형을 ring의 중앙을 기준으로 링의 중심과 링의 중심 밖으로 나누어 위치시키고 매몰한 후 주조하여 얻은 귀금속합금의 주조체 표면에 나타나는 수축공의 분포상태를 관찰하였다.

주조체의 수축공을 객관적으로 관찰하기 위하여 납형과 주입선의 두께, 크기 등을 모두 일정하게 하였으며, 매몰 방법과 소환, 주조방법 및 합금은 동일한 조건으로 준비하였다. 특히 casting machine의 경우 현재 기공소에서 주로 사용하고 있는 수동형이므로 이로 인한 오차를 최대한 줄이기 위해 동일한 주조압력으로 준비하여 시행하였고, blow torch를 사용할 때도 동일한 산소압력으로 준비하여 reducing zone의 불대에서 합금용해를 시행하였다.

먼저 ring내 납형의 위치에 따라 5개 군으로 나누어 각 5개씩 매몰하여 준비하였으며, 납형의 두께는 수축공 관찰을 용이하게 하기 위하여 수축공 발생빈도를 높일 수 있는 약간 두꺼운 두께로 통일하였다. 납형의 설측교두부 두께는 약 2.3mm, 협측교두부 두께는 약 2.8mm이며 무게는 약 0.34 g 정도이다. 주입선의 선택은 외형 및 표면 상태가 양호한 것으로 선택하였고 두께는 8gauge(직경 약 3.0mm), 보조 주입선 두께는 18gauge(직경 약 1.0mm)를 부착하였다. 주입선의 부착은 모두 설측 교두부에 일정하게 부착하였고 납형과 주입선과의 각도 역시 일정하게 부착하였다. reservoir는 주입선의 두 배 두께로 통일하였다.

준비된 납형을 <Table. 2> 및 <Fig. 1>과 같이 5가지 방법으로 ring 내 납형의 위치를 변화하여 각 군별로 1개의

ring에 납형 1개씩을 매몰하였고, 군별로 매몰 ring을 각각 5개씩 제작하였다. 실험군 A는 납형을 ring의 좌측 벽으로부터 3~4mm 떨어진 곳에 위치시킨 것이고, 실험군 B은 납형을 좌측 벽으로부터 5~6mm 떨어진 곳에 위치시킨 것이며, 실험군 C는 ring의 중앙 부위에 위치시켜 납형을 준비하였다. 또한 실험군 D는 납형을 ring의 우측 벽으로부터 5~6mm 거리에 위치시킨 것이고, 실험군 E는 납형을

ring의 우측 벽으로부터 3~4mm 거리에 위치시켜 준비한 것이다. 군을 좌측과 우측으로 나누는 기준은 주조방향을 기준으로 하였으며 주조 시 ring에 표시하여 주조하였다. 주조방향을 기준으로 주조체의 위치를 좌, 우로 나누는 이유는 용융금속이 주입로에 들어갈 때 주조압력과 열충격이 주조체의 특성에 영향을 미칠 수 있는 변수를 나누어 놓은 것입니다.

Group	Drawing	Picture
A		
B		
C		
D		
E		

Fig. 1. Schematic illustration of investing conditions

매몰은 금합금용 석고계 결합 매몰재(gypsum-bonded investment)를 사용하였고 납형의 최상연과 매몰재 최상단과의 간격을 약 6mm로 하여 매몰하였다. 이 간격은 주조 시 주조압에 의해 매몰재가 파괴되는 것을 방지할 뿐만 아니라 주형(mold cavity) 내의 가스가 원활히 배출될 수 있는 적당한 두께로 알려져 있다.

소환(burn-out) 과정은 매몰된 링을 완전히 경화시킨 후 소환로에 넣고 300℃에서 약 30분간 계류시켰다가 다시 620℃까지 온도를 상승시켜 30분 정도 계류하여 소환하였다. 그 다음 원심주조기를 사용하여 주조하였고, 금합금을 blow-pipe로 용해하여 주조 작업을 실시하였다. 주조한 다음 약 5분 후 ring을 물속에 넣어 냉각하였다. 주조체의 산화막을 제거하기 위해 50% 염산용액에서 pickling을 실시한 후 주조체의 표면을 연마하고 육안 및 광학 현미경으로 표면상태를 관찰하였다.

Table 2. Investing conditions in this study

Group	Position of wax pattern in the ring
A	3~4mm from the left inner wall of the ring
B	5~6mm from the left inner wall of the ring
C	center of the ring
D	5~6mm from the right inner wall of the ring
E	3~4mm from the right inner wall of the ring

III. 결과 및 고찰

주조체 표면을 육안으로 관찰한 결과는 납형을 ring의 중앙부위에 매몰한 실험군 C의 교두부에서 약간의 수축공이 발생함을 확인할 수 있었다. 그러나 ring의 중앙부위를 피하여 얻은 주조체를 관찰한 실험군 A, B, D와 E에서는 수축공을 육안으로 관찰하기 어려울 정도로 비교적 깨끗한 주조체를 얻을 수 있었다. 또한 각 실험군 별 cusp와 proximal surface의 표면상태를 비교해 보면 실험군 A, B, D와 E에서는 육안으로 뚜렷한 차이를 확인하기 어려웠지만 실험군 C의 경우 cusp에서 proximal surface보다 많은 수축공이 육안으로 확인되었다.

각 실험군 별로 주조체를 광학 현미경으로 관찰한 결과,

같은 군내의 각 5개의 주조체는 거의 비슷한 표면상태로 보였으며, <Fig. 2>는 각 실험군의 표본 주조체의 cusp와 proximal surface의 표면상태를 나타낸 사진이다.

먼저 실험군 간의 차이를 비교해보면 납형을 ring의 중앙부위에 매몰하여 얻은 실험군 C에서 수축공이 현저하게 많이 발생함을 확인할 수 있었으나, ring의 중앙부위를 피하여 얻은 실험군 A, B, D, E에서는 실험군 C보다 수축공의 분포와 양이 적게 발생함을 확인할 수 있었다. 또한 각 실험군 별로 cusp와 proximal surface의 표면상태를 비교해 본 결과 실험군 A, B, D, E에서는 뚜렷한 차이를 관찰하기 어려웠으나 실험군 C의 경우 cusp에서 proximal surface보다 많은 수축공이 관찰되었다.

합금의 주조 시 수축공이 발생하는 원리를 살펴보면 용융금속이 고체상태에서 액체상태로 변화할 때는 팽창하지만 액체상태에서 고체상태로 변화될 때, 즉 액상금속이 주형(mold)에 주입되어 응고하는 과정에서 체적이 수축하게 되는데 이때 수축공이 발생할 수 있다고 알려졌다. 합금의 주조 시 주형의 온도가 매우 높으므로 용융 금속의 표면, 즉 대기에 접하고 있는 부분부터 먼저 응고가 시작되어 주입구나 얇은 부분이 먼저 응고되고 이어 체적이 큰 부분이 응고되므로 이 부분의 중심은 맨 마지막에 응고한다. 따라서 최후에 응고하는 곳인 주조체의 두꺼운 부분에 응고수축에 상당하는 수축공이 생기게 된다. 즉, 주입선에 있는 금속이 먼저 응고하면 주형 안에 금속을 계속해서 공급하지 못하므로 주조체의 최종 응고 부분에 수축공이 생기게 된다. 따라서 용융금속의 응고 중에는 주입선을 통하여 용융금속이 계속적으로 공급되어 주형 안의 수축을 보상해 주어야 한다. 보통 이러한 수축공을 줄이기 위하여 납형의 두꺼운 부위에 굽고 짧은 주입선을 준비하고 체적이 크고 둥근 형태의 수축류를 만들어 주는데, 그 이유는 용융금속의 흐름을 원활하게 하고 주조체가 완전히 응고할 때까지 이 수축류에서 용융금속이 계속 흘러 들어가게 하여 용융 금속을 보충해 주기에 적합하기 때문이다.

수축공을 또 다른 관점에서 본다면 hot spot에 의한 것으로 주조 시 용융금속이 주입선으로 유입될 때 고온의 액상금속이 고온의 매몰재 내벽(주형의 내벽)과 충돌되어 국부적으로 온도가 상승하므로 이러한 뜨거운 부분(hot

spot)의 금속은 응고가 늦어지고 이부분에 수축공이 생길 수 있다. 따라서 hot spot에 의한 수축공을 방지하기 위해서 보통 주입선과 납형의 연결 부위를 나팔 모양으로

하거나(flaring) 주입선을 설치하는 위치나 방향을 고려하여 만들어 주면 액상금속의 충돌이 완화되어 수축공을 줄일 수 있다. 또한 hot spot이 생기기 쉬운 부분에 배기

공(air vent)을 설치하면 열이 air vent를 통해 매몰재 속으로 빠져나가므로 hot spot 부분의 금속은 응고가 촉진되어 수축공을 줄일 수 있다.

이러한 여러 가지 수축공을 줄이는 방법과 관련하여 본 연구에서는 다른 관점에서 수축공을 억제하는 방법을 검토해 보고자 ring내 납형(wax pattern)의 매몰위치를 달리하여 얻은 귀금속합금의 주조체 표면에 나타나는 수축공의 분포상태를 관찰하여 분석한 결과, 납형을 ring의 중심에 위치시킨 실험군 C에서 현미경 관찰시 현저하게 수축공이 많이 발생함을 알 수 있었다. 이는 납형을 ring의 중앙에 위치시켰을 때 납형은 열중심대에 놓이게 되므로 ring의 중앙부분은 열이 밖으로 빠져나가기 힘들어 이 부분에 용융금속의 응고가 늦어지게 되고 이에 따라 수축공이 많이 발생한 것으로 생각된다. 특히 교두부에서 수축공이 가장 심하게 나타난 것은 다른 부위에 비해 부피가 커서 응고시간이 더 길어지기 때문으로 생각된다. 즉 용융금속은 대기에 접하고 있는 부분부터 응고가 시작되어 주입구나 얇은 부분이 먼저 응고되고 이어 체적이 큰 부분이 응고하는데 최후에 응고하는 곳인 주조체의 두꺼운 부분에 응고수축에 상당하는 수축공이 생기게 되므로 교두부에서 수축공이 많이 발생하는 것으로 생각된다.

납형을 매몰 ring 외벽과의 거리를 달리한 실험군 A와 B, 실험군 D와 E 사이에서는 수축공 발생률이 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 즉, 납형을 ring의

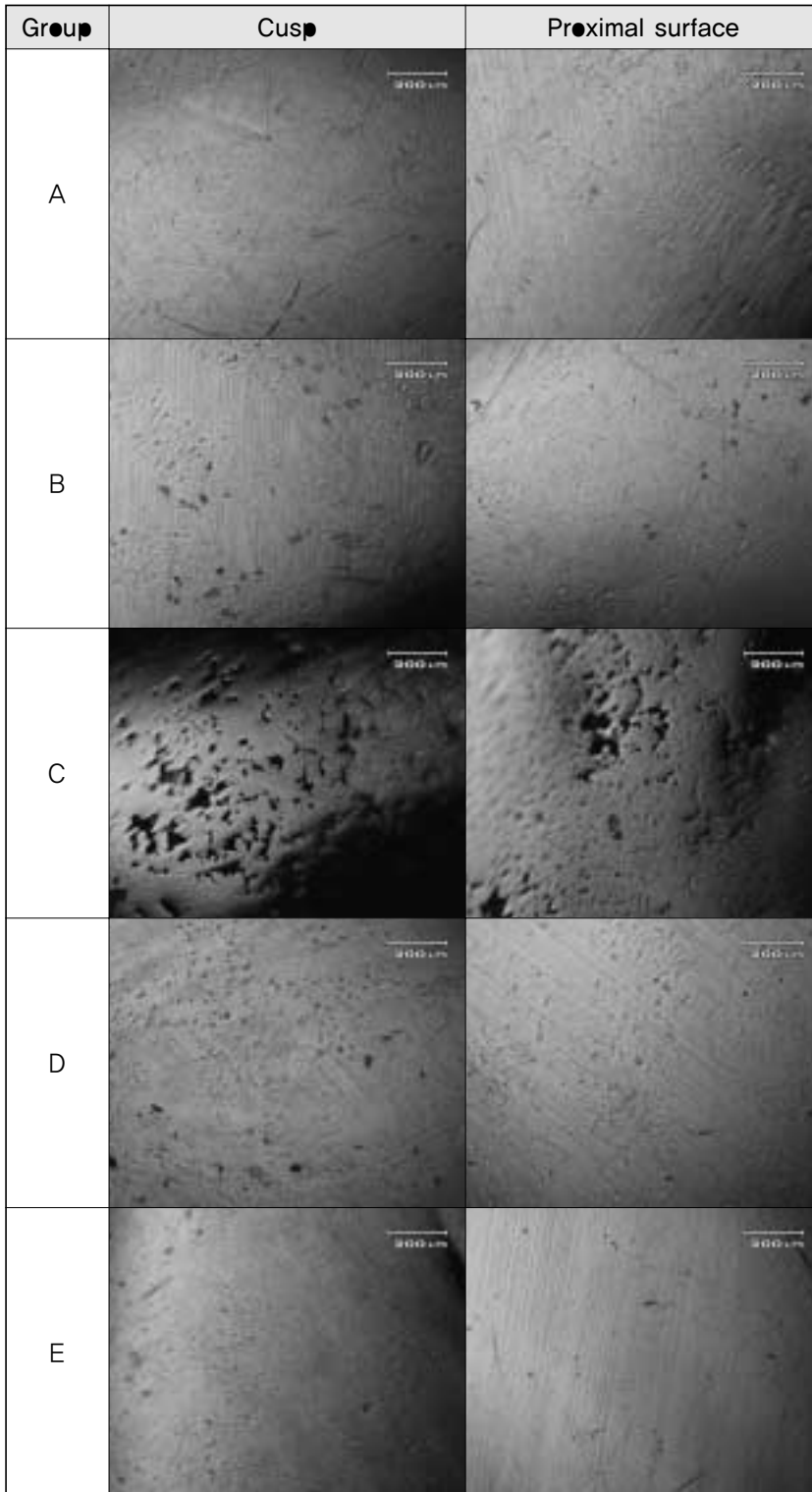


Fig. 2. Optical micrographs of the casting body

벽으로부터 3~4mm 떨어진 곳에 위치시킨 것과 납형을 ring의 벽으로부터 5~6mm 떨어진 곳에 위치시킨 것과는 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 주조방향을 달리하여 실험한 실험군 A와 E, 실험군 B와 D 사이에서도 뚜렷한 차이를 발견하지 못했다. 또한 실험군 A, B, C 및 E 모두에서 margin 부위가 거의 완전하게 재현된 주조체를 얻었다.

이러한 실험결과로부터 납형을 매몰 ring의 중심부위에 놓고 주조하면 납형은 열중심대에 위치하게 되고 이 부분에 용융금속의 응고가 늦어지게 되어 수축공이 많이 발생되는 것을 알 수 있었다. 그러므로 매몰 시 납형을 열중심부인 ring의 중앙에 놓지 않고 열중심부를 피하여 ring 벽에 붙여서 매몰한다면 주조체에 나타나는 수축공의 발생을 현저하게 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

치과합금 주조의 궁극적인 목표는 손상된 치아나 주위 조직을 가능한 한 정확하게 금속으로 재현하여 환자 구강 내에서 부식이나 변색이 없이 최적의 기능으로 환자에게 만족을 주는 것인데, 이렇듯 치과합금의 주조는 치과보철물의 제작에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있으므로 그동안 많은 주조방법에 대한 연구가 진행되어 왔다.

치과용 합금의 주조성은 납형의 크기 및 형태, 주입선의 설치방법, 매몰방법, 소환방법, 합금의 선택, 합금의 용융 및 주조방법 등을 포함하여 많은 요인에 영향을 받고 있고(김웅철, 1988; 황성식, 2000; 최운재, 2002), sprue와 wax pattern의 각도 및 방향에 따라서도 주조성이 달라질 수 있다(고명원 등, 2004). 또한 수축공에 대한 연구에 의하면 주조체에 나타나는 수축공은 주조시 합금의 과용융(over melting)을 포함한 여러 요인에 의해 발생할 수 있고, 금속의 응고수축 등에 의해 생길 수 있다고 알려져 있다(Rege, 1957; Asgar, 1959; Leinfelder, 1963).

그런데 보철물의 두께가 두꺼운 주조체의 경우에는 기존의 여러 가지 주조법들을 충분히 고려 해 두고 주조를 시행하여도 표면이 깨끗하고 완벽한 주조체를 얻는 것은 그리 쉽지 않다. 좋은 주조체를 얻기 위해서는 기존의 확립된 주조방법들을 잘 활용하고 더 나아가 새로운 주조기법과 재료들이 많이 개발되어 기공현장에서 잘 활용되어야 할 것으로 생각된다.

IV. 결 론

본 연구에서 ring내 납형의 매몰위치에 따른 귀금속합금 주조체의 수축공을 관찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 육안 관찰시 납형을 ring 중앙부위에 위치시킨 실험군 C의 교두부에서 많은 수축공이 발생함을 확인할 수 있었으나, 납형을 열 중심 밖에 위치시킨 실험군들에서는 육안으로 수축공을 관찰할 수 없었다.
2. 광학현미경 관찰시 납형을 ring의 중앙부위에 위치시킨 실험군 C에서 열 중심 밖에 위치시킨 실험군들보다 현저하게 수축공이 많이 발생함을 확인할 수 있었다.
3. 주조체의 교두부와 인접면을 비교해 볼 때, 납형을 ring 중앙부위에 위치시킨 실험군 C의 교두부에서 인접면부위보다 많은 수축공이 관찰되었다.

참 고 문 헌

- 고명원, 최운재, 정희선. Sprue와 Wax Pattern의 각도 및 방향에 따른 주조성 연구. 대한치과기공학회지, 26, 1, 2004.
- 김웅철. 주입선의 설치 방법이 금속의 주조성에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한치과기공학회지, 제 10, 5-10, 1988.
- 윤창근 외. 관교의치기공학. 대학서림, 125-152, 1993.
- 정종현, 노학, 강후원 외. 치과주조학. 지성출판사, 129-133, 2006.
- 최석순. Sprue의 길이와 주조압이 비귀금속 합금의 주조성에 미치는 영향에 관한 연구. 대한치과기공학회지, 11, 1, 1989.
- 최운재, 신무학, 김연수. 치과 보철물 제작 시 사용되는 Sprue의 재료 및 형태가 비귀금속 합금의 주조성에 미치는 영향에 관한 연구. 대한치과기공학회지,

21, 1, 1999.

최운재, 소정모. 치과보철물 제작 시 Sprue 부착형태가 주조성에 미치는 영향. 대한치과기공학회지, 23, 2, 2002.

황성식. 주조시 발생하는 porosity가 sprue의 길이와 굵기에 따라 주조체에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한치과기공학회지, 22, 1, 13-20, 2000.

Asgar et al. Pit on inner surfaces of cast gold crown. J Prosthet Dent, 9:3, 448, 1959.

Kongkaew A, Vijayaraghavan, Schulman A. Surface morphology versus corrosion in palladium alloys. J Dent Res, 72 : 196, 1993.

Leinfelder KF et al. Porosities in dental gold castings. JADA, 67, 817, 1963.

Mark M. The corrosion of dental materials, in Corrosion-Aqueous Processes and Passive Films. Treatise on Materials Science and Technology, Ed. by Schully JC, Academic Press, 23, 331-394, 1983.

Mueller HJ. Tarnish and corrosion of dental alloys, in Corrosion. Metals Handbook 9th ed., ASM International, 13, 1336-1366, 1987.

Ruge G et al. Porosities in dental gold castings. JADA, 54, 746, 1957.