

# 치과주조용 합금의 재사용

(The re-use of dental casting alloys)

(주)알파덴트 부설 기술연구소

연구소장 노 학

## 1. 서론

인류가 금속을 주조하기 시작한 역사는 4,000~5,000년이지만 치과에 금속주조가 응용된 것은 1887년 Philbrook가 주조법을 도입한 이래, 1907년 Taggart가 가압주조에 의해 금인레이를 제작하면서부터 일반화되었다.

그 후 과학 기술의 진보로 내화성 매몰재, 치과용 주조기의 개발 및 임상기법의 발달로 다양한 형태의 수복물 제작을 위해 용도에 따라 많은 종류의 합금이 개발되었다.

이들 치과용 합금은 온도, 산도, 압력변화 등의 다양한 환경변화가 일어나는 구강내에서 사용되기 때문에 저작압에 견딜 수 있어야 하고 마모, 변형 등이 없어야 하며, 치아의 경도, 강도와 비슷해야 하고 치아색과 유사해야 한다.

또한 구강내에서 부식이나 변색 등이 없어야 하며 인체 유해성이 없어야 한다. 특히 도재와 함께 사용하는 도재소부용합금은 황변 및 흑변 현상이 발생되지 않고 sag resistance가 우수해야 한다.

이와 같은 관점에서 용점이 비교적 낮고 주조성이 우수하며 공기중에서도 산화가 발생하지 않는 다량의 금과 백금이 첨가된 합금이 널리 사용되고 있으나, 금 함량이 높고 백금이 첨가된 합금은 가

격이 높은 단점이 있기 때문에 기존의 금-백금 합금과 제반 성질이 유사하지만 경제성이 우수한 저금합금 등이 금-백금 대용합금으로 개발되고 있다.

## 2. 치과 주조용 합금

다양한 형태의 수복물 제작을 위하여 용도에 따라 여러 종류의 합금이 사용되고 있으며, 치과 주조용 합금으로서 다음과 같은 성질이 요구된다.

- 주조성이 우수하여야 한다.
- 기체 흡수가 적고 용해중에 산화, 성분 휘발에 의한 조성의 변화가 없어야 한다.
- 응고 및 응고 후에 주조수축이 적어야 한다.
- 주조결함이 적어야 한다.
- 주형과 분리가 잘되며 주조후 가공이 용이하고 연마하기 쉬워야 한다.

좋은 주조체를 얻기 위해서는 이상과 같은 조건을 만족하는 합금을 선택하는 것이 무엇보다도 중요하다. 또한 주조에 의해 발생하는 결함을 최소화하고 형상적으로 만족할 만한 주조체를 얻기 위해서는 주조에 관련된 기계, 기구 및 방법 등에 대한 지식과 기술의 습득이 중요하다. 합금이 선택되면

합금의 용해방법, 합금의 주입온도, 주형의 온도, 주조압의 종류 및 주조방법, 주조 후의 처리법 등 일련의 과정에 따라 주조가 시행되는데 동일한 합금으로 주조한 주조체에서도 이들 조건의 변수에 따라 여러 가지 성질들에 차이가 생긴다.

### 3. 치과 주조용 합금의 재사용

비귀금속의 합금의 경우 첨가원소 중 Cr, Mo, Fe, Ti 등의 원소가 산화되기 쉬워 한번 주조 후 산화물이 많이 생성되기 때문에 반복 사용에 따른 특성 변화로 인한 문제로 재사용은 금기시되고 있지만<sup>4)</sup>, 귀금속 합금은 고가이기 때문에 경제성을 고려하여 주조에 사용하였던 주입선(sprue)부분과 잔여부분(bottom, rest)을 새로운 합금과 섞어 사용하고 있다. 일반적으로 치과 주조용 귀금속 합금은 2~3회 반복 사용할지라도 열적으로 안정되어 있기 때문에 조성의 변화는 거의 없다<sup>2)</sup>. 그러나 귀금속 합금 주조시 합금 전체의 산화를 방지하고 주조체의 여러 성질의 악화를 방지하기 위해 사용하는 탈산제나 저융점 원소를 포함하는 합금은 기화될 염려가 있다.

따라서 재사용할 때 새 합금(new alloy)과 재주조 합금(recast alloy, rest alloy)을 2:1 내지 3:1의 비율로 섞어 사용하면, 조성의 변화가 거의 없고, 또한 기계적, 화학적, 물리적 성질도 new alloy와 거의 일치한다<sup>5-7)</sup>. 그러나 new alloy와 섞어 쓰지 않고 반복하여 사용하면 조성 및 기계적 성질의 변화가 크다<sup>8)</sup>. Ayad<sup>5)</sup>는 new alloy와 recast alloy의 혼합 비율에 따른 조성변화와 margin 적합도를 측정하였으며, 50%까지 recast alloy를 섞어 주조하여도 조성의 변화는 거의 없으나, new alloy와 섞어 사용하지 않은 경우는 조성의 차이가 매우 크다고 보고하였다.

또한 Rasmussen 등<sup>6)</sup>은 new alloy와 recast alloy의 혼합 비율에 따른 도재소부용 gold-palladium alloy와 porcelain의 결합상태를 실험한 결과 recast alloy를 최대 50%까지 섞어 사용하여도 결합감도

의 변화는 없다고 보고하였다.

### 4. 국내 치과 주조용 귀금속 합금의 재사용 실태

그동안 여러 논문들을 통하여 주조한 합금을 재사용할 때 new alloy와 recast alloy를 2:1 내지 3:1의 비율로 섞어 사용하면, 기계적, 화학적, 물리적 성질의 변화가 거의 없다는 것이 규명되었다. 현재 미국, 독일, 일본 등 대부분 국가에서는 recast alloy를 new alloy와 섞어 재사용하고 있으며 국내에서도 많은 양을 재사용하고 있다.

그러나 일부는 재사용되지 않고 제조업체에 반환되는 경우가 있으며, 반환될 경우 다음과 같은 문제가 발생할 수 있다.

첫째 타사제품이나 조성비가 전혀 다른 품목 등과 섞여서 교환되는 경우가 많기 때문에 정련하지 않고는 재사용이 불가능하며, 제조사에서 형명이 확인되지 않은 rest를 섞어 생산할 경우 결국은 제품의 특성변화에 따른 불량으로 이어진다.

둘째 고가인 금(Au), 백금(Pt), 팔라듐(Pd)을 회수하기 위한 비싼 정련비 및 정련 손실과 그 외 원소들(Ag, Ir 등)은 정련되지 않고 버리는 경우가 많아 엄청난 경제적 손실과 자원의 낭비가 발생한다.

셋째 정련은 공해 및 기술상의 문제로 정련 전문 회사에 맡기게 됨으로써 재고 누적, 비싼 정련비와 이미 제품화했던 소재를 재작업함에 따른 생산성 저하라는 문제가 있다.

또한 치과 귀금속합금의 주성분인 금, 백금, 팔라듐, 은 등은 가능한 한 99.99% 또는 99.95%이상의 고순도를 사용하지만 고순도를 사용하지만 정련하여 사용할 경우에는 정련기술 및 경제성 때문에 고순도로 정련하지 않은 원소를 사용하게 된다.

이러한 일련의 문제점 때문에 제조업체의 과도한 출혈 경쟁의 산물인 합금의 정상적인 반환은 현실적으로 불가능하며, rest를 교환하였다 해도 경제적 이유로 이를 정련하지 않고 무분별하게 제품에

섞어 재사용할 경우 단기적으로는 rest 교환에 따른 업체의 매출향상을 기대할 수 있겠지만 2004년 5월 부터 시행한 식약청의 KGMP(우수 의약품 제조 및 품질관리 기준)의 요구사항과 상반된다. 또한 장기적으로는 품질 저하로 인하여 결국은 최종 수요자인 환자가 양질의 의료서비스를 받을 수 없으며, 국가 경쟁력 약화에 따른 치과 관련 제품의 수입 증가 및 수출 감소로 이어질 수 있다.

### 5. 치과 주조용 귀금속 합금의 재사용에 따른 특성변화 실험

지금까지 언급한 치과주조용 귀금속합금의 new alloy와 rest를 일정량 혼합하여 주조하여도 특성변화가 없음을 규명하기 위하여 다음과 같은 실험을 하였다.

#### 5.1 실험재료 및 방법

##### (1) 실험재료

본 실험에 사용된 합금은 시판되고 있는 A사의 AD-48, Cast-2, Alpha Bond-H를 사용하였으며, 합금조성은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical composition of specimens(wt%).

Specimen	Element	Au	Pt	Pd	Ag	Others
AD48		48.0	-	3.5	37.0	11.5
Cast-2		76.0	2.0	1.0	12.5	8.5
Alpha Bond-H		85.0	8.0	5.0	-	2.0

##### (2) 실험방법

3가지 각각의 합금을 왁스 소환법을 이용하여 100% new alloy로 주조한 합금을 A, new alloy 70%와 A의 rest 30%로 주조한 합금을 B 그리고 new alloy 70%와 B의 rest 30%로 주조한 합금을 C라 하고 이들 각 A, B, C 합금에 대하여 성분 분석, 경도 측정, 부식 시험 및 조직관찰을 하였다.

화학조성은 ICP분석을 행하였으며, 경도는 Micro Vickers Hardness Tester (MHT-1, Matsuzawa, Japan)를 이용하여 측정하였다. 그리고 부식시험은

ISO 8891:1993 규격에 따라  $C_6H_6O_3$  와 NaCl로 만든 용액에 침지실험을 하여 질량변화를 측정하였다. 또한 시험편을 10%KCN과 10%(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>을 1:1로 혼합한 부식액으로 etching한 후 광학현미경(B 201, Olympus, Japan)으로 미세조직을 관찰하였다.

#### 5.2 실험결과

Table 2는 100% new alloy(A) 및 new alloy와 7:3의 비율로 1차 2차 주조한 rest를 각각 혼합하여 주조한 후(B, C) 각 시편들에 대한 ICP분석 결과로, Au 등의 귀금속 원소뿐만 아니라 미량 첨가 원소인 Zn, In, Ir 등의 조성 변화가 거의 없었다.

또한 이들 각 A, B 및 C의 합금에 대한 미소경도 시험 결과 Fig 1과 같이 뚜렷한 경도값의 변화가 일어나지 않았다.

Table 2. Chemical composition after casting(wt%)

Specimen	Element	Au	Pt	Pd	Ag	Others
AD48	A	48.12	-	3.48	37.18	11.22
	B	47.91	-	3.53	37.03	11.53
	C	48.07	-	3.46	37.19	11.28
Cast-2	A	75.97	2.11	1.02	12.47	8.43
	B	76.10	2.05	0.98	12.43	8.44
	C	76.09	1.98	1.03	12.53	8.37
Alpha Bond-H	A	85.02	8.03	5.04	-	1.91
	B	85.12	7.96	4.97	-	1.95
	C	84.92	8.05	5.06	-	1.97

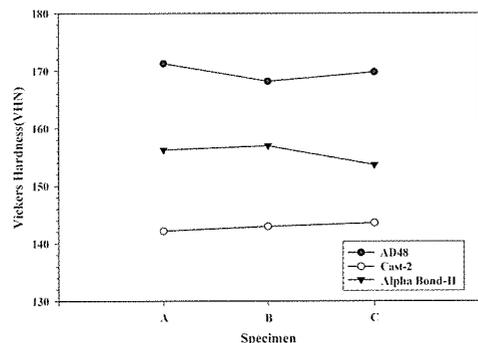
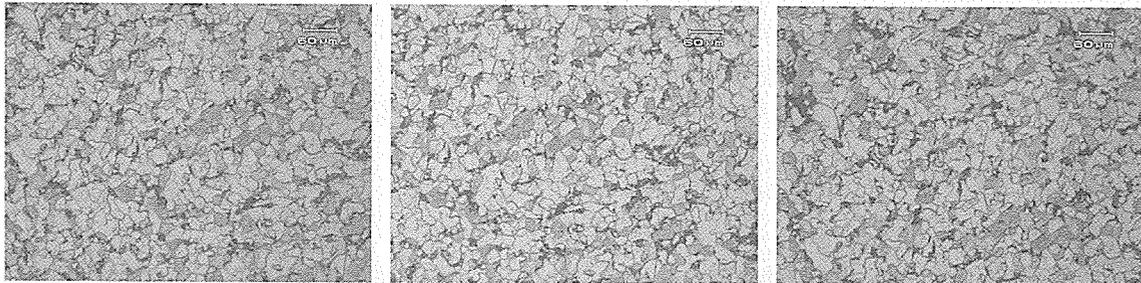


Fig 1. Variation of Vickers Hardness with re-use of alloy.

AD48

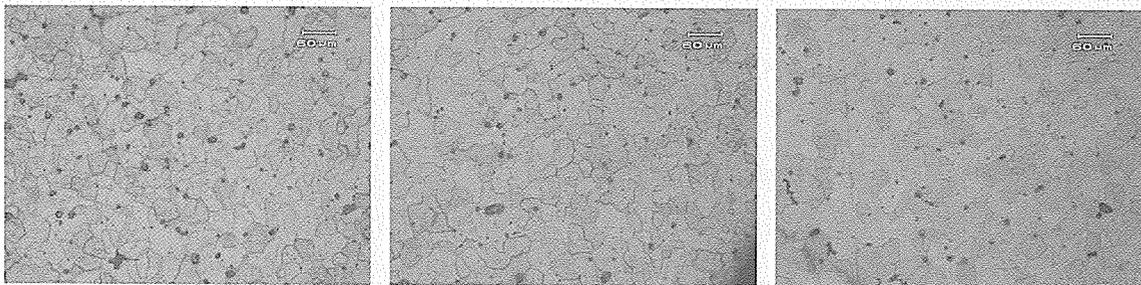


A

B

C

Cast-2

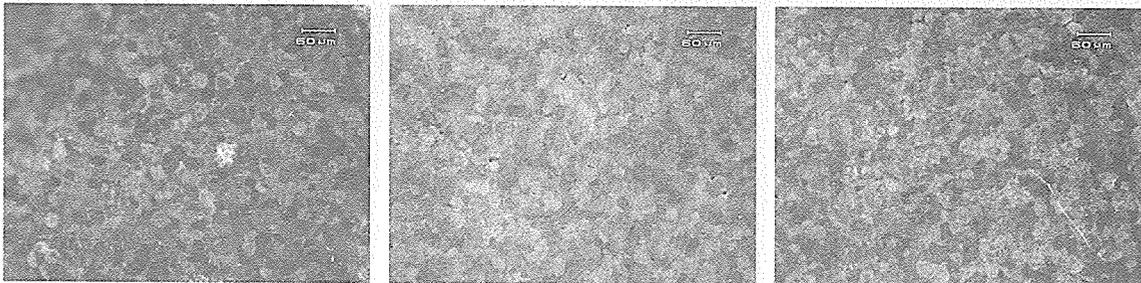


A

B

C

Alpha Bond-H



A

B

C

Fig 2. Optical micrographs of casting Specimens.

Table 3. Result of corrosion test(mg/cm<sup>2</sup>)

Specimen	Group	A	B	C	Standard
AD48		0.0425	0.0433	0.0427	0.1 이하
Cast-2		0.0192	0.0187	0.0196	
Alpha Bond-H		0.0175	0.0181	0.0180	

부식시험은 각 시편당 2개의 표본에 대한 평균 질량변화로 그 결과는 Table 3과 같으며, ISO 8891:1993 및 KFDA 고시의 규격인 0.1mg/cm<sup>2</sup> 이하

로 모든 시편의 부식 저항성이 변화가 없었고 우수한 것을 알 수 있었다.

Fig 2는 합금의 new alloy와 rest를 일정량 섞어 주조하였을 때 미세조직의 변화를 관찰한 광학현미경 조직사진으로 세 종류의 합금 모두 합금의 재사용에 따라 결정립 크기의 변화가 없었고 산소가 빠져나가면서 생긴 기포의 양도 차이가 나지 않았으며 석출물의 생성도 일어나지 않았다.

### 5.3 결 론

치과 주조용 귀금속 합금은 경제성을 고려하여 사용 후 남은 rest를 2:1 또는 3:1정도의 비율로 새 합금과 섞어 재사용할 경우 기계적 성질 및 물리·화학적 성질 등의 특성변화가 거의 일어나지 않는다는 것이 여러 보고들과 본 실험의 결과가 일치하

였다.

따라서 치과 병·의원이나 기공소에서 주조 후 남은 rest를 형명별로 잘 구분하여 관리하여야 하고 다음 주조시 새합금과 섞어 재사용하더라도 아무 문제가 없으며, 국가적으로도 자원이 빈약한 우리 현실에 비춰볼 때 훨씬 더 경제적이라고 생각된다.

### 참 고 문 헌

1. 김웅철. 치과재료학, 대학서림 1987:215
2. 김장주, 강후원, 노학, 정종현. 치과주조학, 지성출판사 2002:95~97
3. Issac L, Bhat S., Effect of re-using nickel-chromium alloy on its ultimate tensile strength, yield strength and modulus of elasticity, Indian J Dent Res.1998 Jan-Mar;9(1):13~17
4. Ozdemir S, Arikan A., Effects of recasting on the amount of corrosion products released from two Ni-Cr base metal alloys, Eur J Prosthodont Dent. 1998 Dec;6(4):149~153
5. Ayad MF., Compositional stability and marginal accuracy of complete cast crowns made with as-received and recast type III gold alloy, J Prosthet Dent. 2002 Feb;87(2):162~166
6. S. T. Rasmussen, A. A. Doukoudakis, The effect of using recast metal on the bond between porcelain and a gold-palladium alloy, J Prosthet Dent 1986 Apr;55(4):447~452
7. Marx H., The re-use of dental gold-platinum alloys, Dent Labor 1974 Feb;22(2):119~123
8. Reisbick MH, Brantley WA., Mechanical property and microstructural variations for recast low-gold alloy, Int J Prosthodont. 1995;8(4):346~350