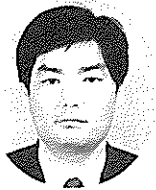


치과용 저금합금과 시효경화



교수 김형일

부산대학교 치과대학 치과재료학 교실

상실된 치아조직을 인공적으로 수복하는 것은 인체에 무해한 재료로써 심미성과 기능을 회복시키기 위해서이다. 금합금이 치과주조용 수복재료로 많이 사용되고 있는 것은 금합금이 특유의 황금색을 띠고 있고 충분한 기계적 성질과 구강내에서 우수한 화학적 안정성을 갖고 있으며 용해온도가 상대적으로 낮기 때문이다.

치과주조용 금합금은 금-은-동(Au-Ag-Cu)3원계를 기초로 하여, 황금색을 계속 유지하면서 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 아연(Zn), 니켈(Ni) 등을 첨가하여 성질의 개선을 도모하고 있다. 미국치과의사협회 규격 제5호에 의하면, 치과주조용 금합금은 금과 백금족 원소가 중량으로 최소 75%가 되어야 한다고 규정되어 있고, 귀금속의 함량과 기계적 성질에 따라 I형, II형, III형, IV형의 4종류로 분류되어 있다. 귀금속의 높은 함량은 구강내 환경에서 변색과 부식을 최소화 내지 방지하고, 귀금속의 높은 밀도는 치과주조에 사용되는 원심주조법에서 주조성을 향상시킨다. 이러한 이유로 치과주조용 금합금에서 귀금속의 최소 함량이 규정되어 있다. IV형 금합금은 상대적으로 금의 함량이 적고 동의 함량이 많으며, 적당한 열처리에 의해 시효경화되도록 만들어진 합금이다.

치과주조용 합금의 선택에는 경제적인 면이 고려되는 경우가 많다. 귀금속합금의 높은 비용으로 인하여 규격에 의한 금합금보다 금의 함량이 적은 저금합금인, 보다 저렴한 대용합금이 개발되어 치과주조용 합금으로 현재 널리 사용되고 있다. 저금합금이라는 용어의 정의는 정해져 있지 않지만 통상 16k 이하를 말하고, 조성은 제조회사에 따라 다양하나 금과 팔라듐의 함량이 중량으로 약 50~60% 정도이다.

1. 치과용 저금합금

1. 변색 및 부식 저항

대부분의 시판 저금합금은 Au-Ag-Cu계를 기초로 하여, Au의 함량이 규격보다 적고 Ag, Cu의 함량이 많으며 Pd가 첨가되어 있다. Pd는 저금합금의

표 1. 치과주조용 금합금의 조성과 성질¹⁾

Type	Gold and noble metal	VHN		Tensile strength	Elongation(5cm)		Fusion temperature
		Q	H	H	Q	H	
	%			kg/mm ²	%	%	℃
	min	min~max	min	min	min	min	min
I	83	50~90			18		930
II	78	90~120			12		900
III	78	120~150			12		900
IV	75	150	220	6,350	10	2	870

Q : Quenched, H : Hardened

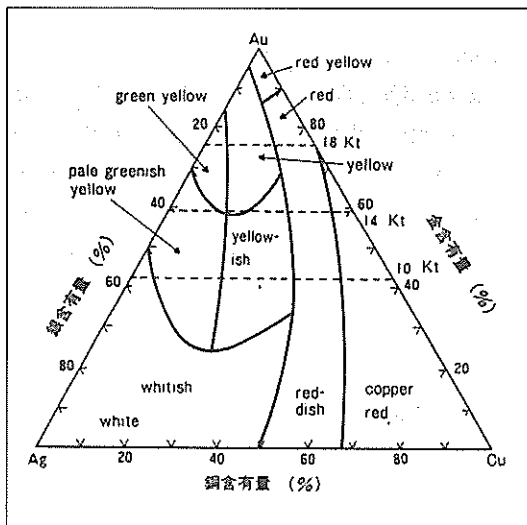


그림 1. Au-Ag-Cu계의 중량 조성에 따른 색²⁾

내식성을 유지시키며, 은의 황화(黃化)에 의한 변색을 방지하는데 효과적이다. 단순한 Au-Ag-Cu 3원합금의 경우는 14k, 12k로 구강내에서 변색 및 부식이 일어나기 쉽지만 다른 백금족 원소가 첨가되면 내식성이 향상된다.

2. 금속색

Au-Ag-Cu계 합금의 색은 조성에 따라 다르다. 금이 많이 첨가되어 있으면 황금색, 은이 많이 첨가되어 있으면 흰색, 동이 많이 첨가되어 있으면 붉은 색

을 띤다. 18k의 Au-Ag 합금은 녹색을 띠고 18k의 Au-Cu 합금은 붉은 색이나, 18k의 Au-Ag-Cu 합금은 황금색이다. Au-Ag-Cu계에서는 14k 혹은 10k의 합금도 금속색은 황금색을 갖고 있거나 황금색을 띤다.

Pd는 금합금이 Ag에 의하여 녹색화되거나 Cu에 의하여 적색화되는 것을 감소시키나, 백색화시키는 영향이 Ag보다도 훨씬 크다. 그러나 금의 함량이 중량으로 약 50% 이상이면 합금은 황금색을 띤다.

3. 기계적 성질

저금합금의 항복강도, 인장강도, 경도, 연신율 등의 기계적 성질은 치과주조용 금합금의 III형과 IV형과 대체로 유사하며, 열처리에 의해 기계적 성질을 개선하는 것도 가능하다.

4. 용해온도

용점이 1555℃인 Pd는 합금의 용해온도를 상승시키는 작용을 하나, Au-Ag-Cu 3원계 합금은 약 770℃~1050℃의 온도범위에서 녹으며 금의 함량을 감소시키면 용해온도는 낮아진다. 따라서 저금합금의 용해온도는, 조성에 따라 약간 다르나, 치과주조용 금합금에 비하여 약간 높은 약 1000℃ 전후이다. 이것은 치과주조용 금합금에서와 같이 공기-아세틸렌 화염으로 녹이는 것이 가능하고 석고계 매몰제로 주형을 만들 수 있다는 것을 의미한다.

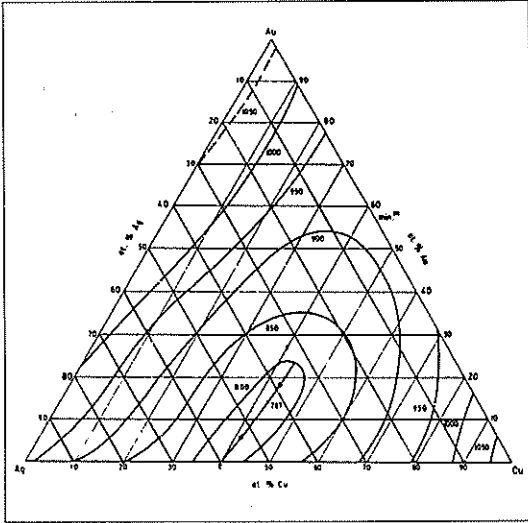


그림 2. Au-Ag-Cu계에서 액상선의 등온선³⁾

5. 다공성

Ag, Pd는 높은 온도에서 각각 산소, 수소를 다량 흡수하는 경향이 있는데, 이것이 주조체의 다공성을 야기하기도 한다. 따라서 공기-아세틸렌 화염으로 장시간 가열하는 것을 피해야만 한다.

6. 밀도

원심주조법에서 합금의 밀도는 완전한 주조체를 만드는데 큰 작용을 하기 때문에 주조성은 금속의 밀도가 높을수록 좋다. 그러므로 밀도가 높은 금의 함량이 많을수록 주조체는 더 정밀하게 된다. 금의 함량이 적은 저금합금은 상대적으로 낮은 밀도로 인해 주조성이 떨어진다. 따라서 치과에서 이용하는 원심주조법에서 흔히 변연부가 짧게 될 가능성이 있다.

7. 경제성

같은 체적을 갖는 금관의 주조체에서, 밀도가 낮은 합금은 밀도가 높은 합금에 비하여 적은 중량이 들기 때문에 합금 구입가격의 차이 이상으로 경제적이다.

금속은 중량에 의한 가격(cost/unit weight)으로 판매되고 있으나, 경제성은 체적에 의한 가격(cost/unit volume)으로 비교하여야 한다. Ag와 Pd의 밀도는 Au와 Pt의 약 반 정도이므로, Ag와 Pd가 상대적으로 많이 함유된 저금합금은 경제적인 재료이다.

2. 치과용 저금합금의 시효경화

1. Au-Ag-Cu 3원계 상태도

치과주조용 금합금의 기본인 Au-Ag-Cu 3원계는 2상 분리(two-phase decomposition)와 규칙화(ordering)가 일어나는 특징이 있으며, 어떤 조성의 Au-Ag-Cu 3차원계 합금은 적당한 열처리에 의해 경화될 수 있다. 만일 합금이 규칙화 영역에 속하는 조성을 갖는다면 시효처리에 의해 규칙-불규칙 변태(order-disorder transformation)가 생겨 경화될 수 있고, 반면에 합금의 조성이 2상 분리 영역에 위치한다면 시효처리에 의해 석출 경화(precipitation hardening)가 생길 수 있다.

2. 시효경화거동

용체화처리된 저금합금을 등온시효처리하면, 시효초기에 경도가 급격히 상승하고나서 일정기간 완만하게 상승을 계속한다.

3. 시효경화기구

Au-Ag-Cu계 합금은 Pd의 첨가에 의해 시효경화성이 뚜렷하여진다고 한다. Yasuda와 Kanzawa⁴⁾는 Au-Cu-Ag-Pd 실험합금의 연구에서 시효경화는 정방정으로 된 AuCu I형 규칙상의 형성에 의한 변형에 기인하고, Yasuda등⁵⁾과 Udoh등⁶⁾은 16k와 14k의 Au-Ag-Cu계 시판 저금합금의 시효경화 기구를 연구하여, 경화는 준안정상(metastable phase)의 AuCu I'상의 핵과 기지 사이에 정합변형이 도입되어 일어난다고 보고하였다.

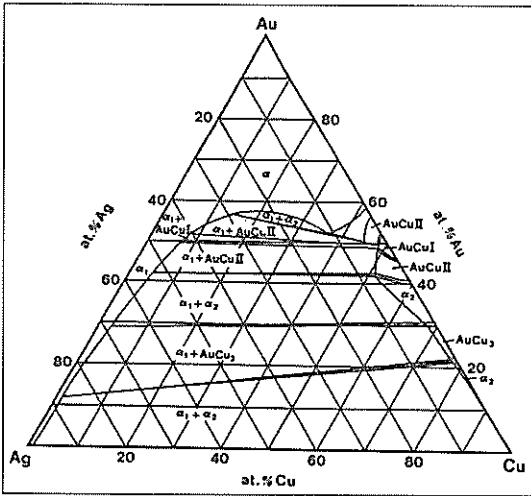


그림 3. Au-Ag-Cu계의 350°C에서 등온단면 상태도³⁾

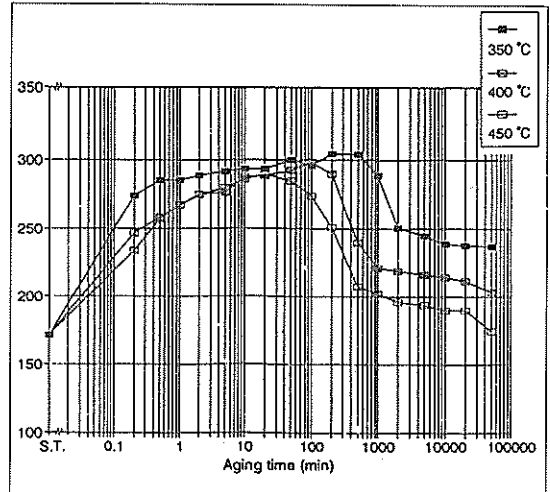


그림 4. 시판 Au-Ag-Cu계 저금합금의 등온시효경화곡선⁷⁾

시판 치과용 Au-Ag-Cu-Pd계 저금합금의 시효경화는 과포화 고용체가 준안정상을 거쳐 안정상으로 되는 변태과정에서 생기는 모상의 격자 뒤틀림에 기인하며⁷⁾, 시효온도에 따라 규칙상의 석출 혹은 스피노오달 분해(spinodal decomposition)에 의해서도 생길 수 있다고 한다⁸⁾.

3. 요약

1. 저금합금은 치과주조용 금합금에 필적하는 기계적 성질과 유사한 조작법을 갖고 있다.
2. 치과주조용 저금합금은 경제적인 면에서 매력적인 대용합금이다.
3. 치과주조용 저금합금은 적절한 열처리에 의해 효과적으로 시효경화된다.

참고문헌

1. American Dental Association : Guide to dental materials and devices, 6th ed., American Dental Association, Chicago, 1972, p 182-185.
2. American society for metals : Metals handbook, 9th

ed., Vol. 2, American society for metals, Ohio, 1979, p 680.

3. Prince, A., Raynor, G.V., and Evans, D.S. : Phase diagrams of ternary gold alloys, The institute of metals, London, 1990, p. 8, 31.
4. Yasuda, K., and Kanzawa, Y. : Electron microscope observation in an age-hardenable dental gold alloy, Trans. Jpn. Inst. Met., 18 : 46-54, 1977.
5. Yasuda, K., Udoh, K., Hisatsune, K., and Ohta, M. : Structural changes induced by ageing in commercial dental gold alloys containing palladium, Dent. Mater. J., 2 : 48-58, 1983.
6. Udoh, K., Hisatsune, K., Yasuda, K., and Ohta, M. : Isothermal age-hardening behaviour in commercial dental gold alloys containing palladium, Dent. Mater. J., 3 : 253-261, 1984.
7. Kim, H.I., Jang, M. I., and Lee, Y.S. : Isothermal age-hardening behaviour in the commercial dental Au-Ag-Cu-Pd alloy, J of KOSOMBE, 17 : 247-253, 1996.
8. Kim, H.I., Jang, M.I., Jeon, B.J., and Lee, Y.S. : Age-hardening in a commercial dental Au - Ag-Cu-Pd alloy, Poster Abstracts of International Conference on Progress in the Science and Technology of Gold, #44, Hanau, Germany, June 16-20 1996.