

수중 치과용 아말감 합금의 강도, 압류도 및 크기변화에 관한 비교연구

서울대학교 치과대학 치과재료학교실

김 철 위

COMPARATIVE STUDIES ON THE STRENGTH, FLOW AND DIMENSIONAL CHANGE OF VARIATION DENTAL AMALGAMS

Cheol-We Kim, D.D.S., M.S.D.

Dept. of Dental Materials, College of Dentistry, Seoul National University.

.....> Abstract <.....

The purpose of this study is to obtain compressive strength, flow and dimensional change value of variation amalgam alloys under different alloy particle size, alloy mercury ratio, condensation pressure and various time intervals.

Three alloy were used, including atomized spherical, pellet and experimental regular cut filed alloys. The chemical composition of the experimental alloy used in these tests are Ag:68.03%, Sn:26.53%, Cu:4.76%, Zn:0.68% and the alloy particale sizes are 200~270 mesh, 270~325 mesh and >325 mesh.

From the experiments, the following results were obtained.

- 1) All most in all of the cases, when the condensation pressure was increased, the compressive strength was correspondingly increased. At the same time, the less the amount of mercury was used, the greater the compressive strength was.
- 2) The experimental regular cut alloy (>325) and the spherical alloy reached the maximum strength under a light condensation pressure and they have a greater degree of compressive strength in the initial phase than others.
- 3) It is showed that the smaller the alloy particle size, and the increase in condensation pressure, the less is the rate of flow.
- 4) The small alloy particle size and an increase in condensation pressure are to reduce the hardening time of the amalgam and to prevent excessive expansion.

제1장 서론

치과용 금속재료중 유일한 성형충전재료인 아말감합금은 결손치질의 회복목적으로 가장 많이 사용되고 있으나, Healey와 Phillips¹⁾에 의하면 1,521예의 아말감 충전 실패중 26%가 파절에 그 원인이 있었으며, Seino²⁾도 1,800예를 장기간 관찰하여 유사한 사실을 입증한 바 있다. 아말감합금은 가공경화없이 경화반응을 일으킴으로 부분적 가공경화현상이 계속하여 일어나고³⁾ 정적 소하중하에서도 가소성인 압류현상을 보이므로, 다양한 동적하중이 작용하고 있는 구강내에서 저작중에 파절될 뿐 아니라, 정상교합하에서도 외형이 변형될 가능성이 있다. 특히 외상성 교합하에 놓여 있을때는 쉽게 파절되며 심할때는 마모, 연단의 파괴, 와동내에서의 돌출등의 실패현상을 초래한다. 이러한 조건에서 강도, 압류도 및 크기의 변화는 정상저작하에서 충전물의 외형을 유지하고 있는 정도를 측정할 수 있는 한 방법이라 하겠다.

최근 아말감충전실패원인은 부정확한 와동형성, 불완전한 조작조건뿐 아니라 합금입자 자체에도 결함이 있음이 보고되면서, 합금입자자체의 개량을 위한 초미세분말입자, 분무 구상합금등의 생산을 꾀하게 되었다. Probst

의 3인⁴⁾은 분무작용에 의한 구상 금속분말 제조장치를 개발하여 종래의 합금제조방법에 큰 변화를 가져왔으며 Demaree와 Taylor⁵⁾, Wing⁶⁾, Eden과 Waterstrat⁷⁾, Koran과 Asgar⁸⁾, Kamata⁹⁾, Nagai의 2인¹⁰⁾, Nagai와 Ohashi^{11,12)}등은 구상아말감합금에서 제 성질을 검토한바, 수은량이 적게 소비되고 특히 조기강도 및 부식저항도가 높으며 연단파절의 빈도가 적은 등 물리적 성질이 개량되었음을 발표하였고, 그의 이공학적 견지에서 다각도로 검토한 바 있다. 김의 4인^{13,14)}은 치과용 아말감합금을 제조하여 그 기초적 성질을 보고한 바 있거니와 본실험에서는 실험용합금, 구상합금, 구형합금등을 자료로 합 입자의 크기, 합금수은비, 충전압 및 시간경과에 따라 경화중에 일어나는 강도, 압류도, 크기의 변화등을 측정할 바 있어 그 결과를 보고하는 바이다.

제2장 실험재료 및 방법

1. 합금 및 분말제조

1) 구상합금 : 현재 국내에서 사판되고 있는 은 69.60% 석 27.30% 동 3.10%의 합금조성을 갖고 입도는 10~50 μ 인 구상합금(atomized spherical amalgam, non-zinc alloys, Shofu Co.)을 사용하였으며 표준합

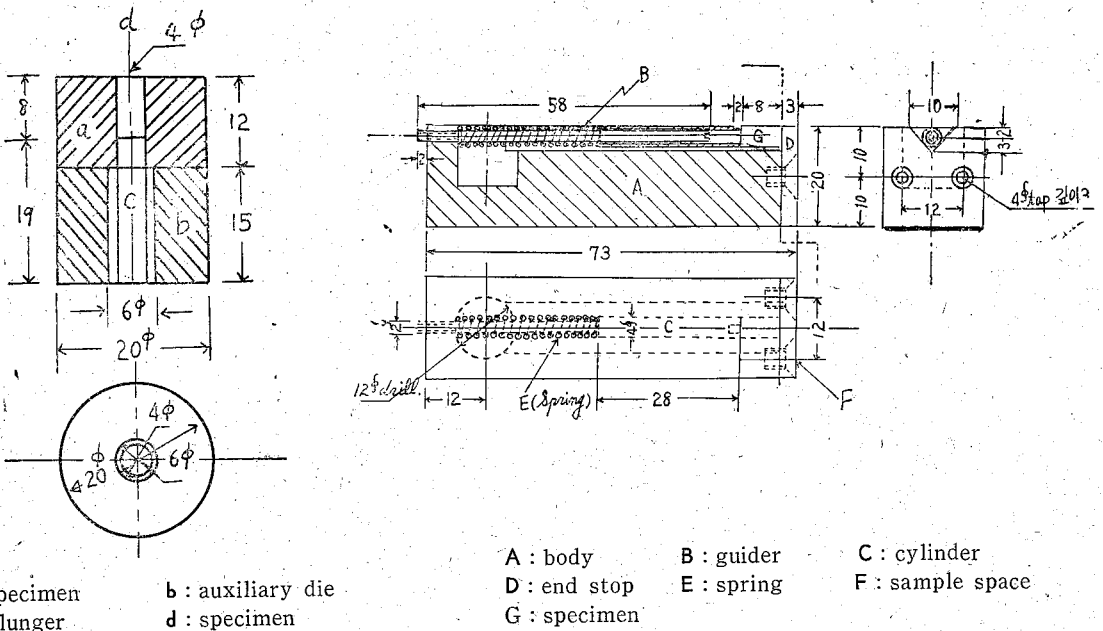


Fig. 1. A diagrammatic cross-section of the amalgam specimen die.

금 수은비는 1.0 : 0.85g였다.

2) 구형합금 : 은 71.60%, 석 25.48%, 동 2.78%, 아연 0.4%의 합금조성을 갖인 구형합금(pellet, non-zinc alloys, L. D. Caulk Co.)을 사용하였으며 표준합금 수은비는 1.0 : 1.4g였다.

3) 실험용 합금 : 은 68.03%, 석 26.53%, 동 4.76% 아연 0.68%의 합금조성을 갖고 입도 200~270 mesh, 270~325 mesh 및 >325 mesh로 제조한 3종의 합금(experimental lathe cut alloy)을 사용하였으며 합금 수은비는 1.0 : 1.2g였다. 분말의 제조는 김의 4인¹³⁾의 방법에 따라 각 금속을 고주파(Ajax Northrup, high frequency converter)에서 용해하여 8"×1 $\frac{1}{2}$ "φ의 원주형주괴를 만든 후 은석화합물 Ag₃Sn이 균일하게 분포되도록 400°C에서 9시간동안 열처리¹⁵⁾ 하였으며 이주괴를 선반(lathe)위에서 공구로 삭제하여 분말을 만들

었는데 이때 발생된 내부응력을 제거하기 위하여 다시 100°C에서 120분간 인공시효열처리를 하였다. 합금입도가 200 mesh이하의 것을 택하여 주물사준사기(Ro-Tap, Sieve Shaker, The W. S. Tyler Co.)에 의하여 200~270 mesh, 270~325 mesh 및 >325 mesh등 3개 실험군으로 분류하였다.

2. Die 및 시편제작

1) die 제작 : 본 실험에 사용된 시편제작용 die와 패측변화측정용 die의 도면은 제 1도와 같다.

2) 시편제작 : 합금 0.70g에 비례되는 각 제품의 표준 수은량을 계량하여 amalgamator(Wig-L-Bug)로 15초간 연화한 후 곧 4.0mm×8.0mm의 원주형 내강을 갖인 철제음형(제 2도)안에 넣고 스프링시험기(Amsler Spring Tester)(제 3도)로서 각각 필요한 하중을 2분씩 가압하여 시편을 제작하였다.

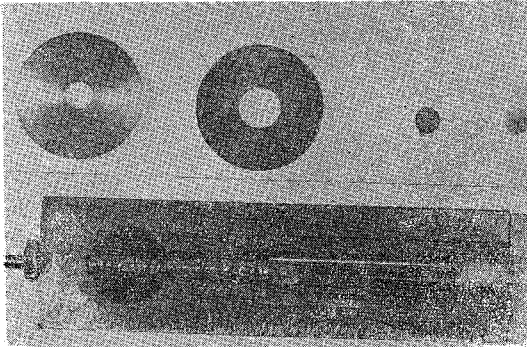


Fig. 2. A stainless-steel cylindrical mold of ejector type for making amalgam specimen.

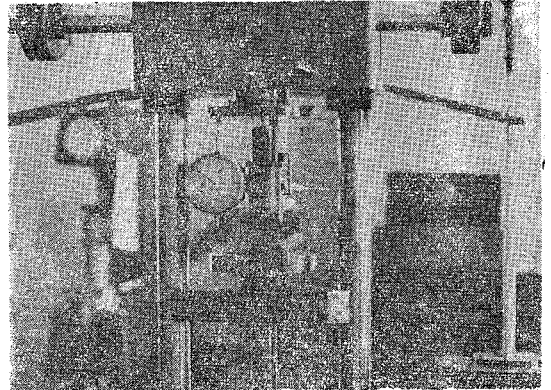


Fig. 5. Amsler Spring Tester. The specimen is shown between the upper disc and the supporting die behind the dial gauge.

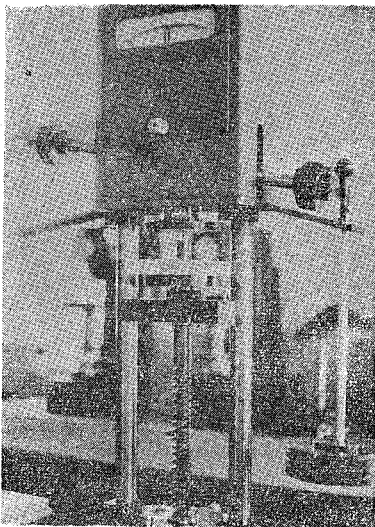


Fig. 3. Condensation of amalgams with Amsler Spring Tester.

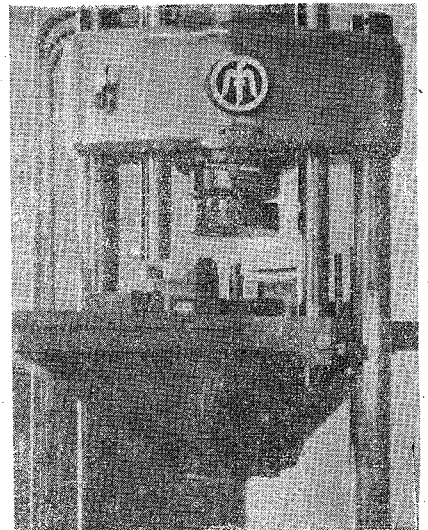


Fig. 4. Mohr and Federhoff Universal Testing Machine. A specimen is shown loaded on the machine.

3. 측정장치 및 방법

1) 압축강도 측정 : 30kg/cm², 60kg/cm², 100kg/cm²의 하중을 가하여 제조한 4.0mm×8.0mmφ의 원주형 아말감시편을 만능시험기(Mohr and Federhoff, Universal Testing Machine)(제 4 도)의 상하면 disc 사이에 장치하고 1mm/min의 하중속도를 가하여 시편이 파괴될때의 강도를 측정하였다^{13, 14, 16}). 이 방법으로 연화한 1시간 후부터 7일후 까지의 압축강도를 각각 측정하였다^{17, 18, 19}).

2) 압류도 측정 : 60kg/cm²과 100kg/cm²의 충전압으로 구분하여 시편을 제작하였으며 연화의 시작에서 3시간 경과한 후 4mm×8mmφ의 원주형 아말감시편을 스프링시험기(Amsler Spring Tester)에 장치하고 250kg/cm²의 하중을 24시간 가압하면서^{20, 21}) 합금입자의 형태, 합금수은비 및 충전압의 차이에 따르는 시편길이의 감소를 비교측정하였다^{13, 22}). 길이의 변화는 1/100mm까지 계속할 수 있는 dial gauge를 스프링시험기 상하면 disc 사이에 장치하여(제 5 도) 측정하였다.

3) 팽축변화 측정 : 성형이 끝난 시편을 시편고정용 die에 옮겨 고정시킨후(제 2 도) μ단위를 측정할 수 있는 미소경도계(E. Leitz Wetzlan Microhardness Tester)(제 6 도)에 올려놓고 시편의 팽축에 따라 평행으로 움직이는 cylinder상의 능형의 중심점이 미소경도계의 시야의 중심에 오도록 고정시켜 놓고 팽축변화를 측정하였다^{13, 23}).

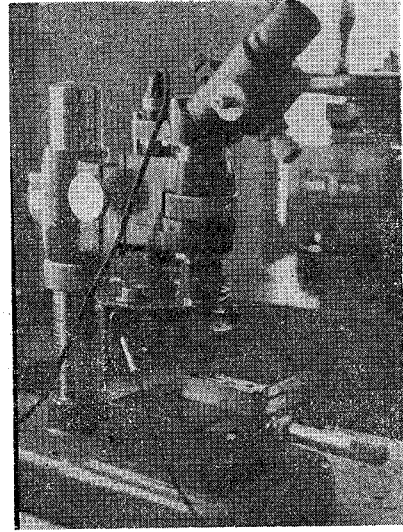


Fig. 6. E. Leitz Wetzlan Micro Hardness Tester. Travelling microscope used for measuring the dimensions of the specimen.

제 3 장 실험성적

1. 압축강도

합금입자 크기와 형태의 차이로 분류한 아말감합금에 대하여 합금수은비와 충전압의 변화에 따르는 압축강도를 비교측정한 결과는 제 1 표와 같다. 제 7 도는 실험용 합금, 제 8 도는 구상합금, 제 9 도는 구형합금에서 각각

Table 1. Influences of different alloy mercury ratio and condensation pressure on the compressive strength of various dental amalgams.

Condensation Pressure	Experimental alloy				Spherical alloy			Pellet alloy				
	Alloy mercury ratio											
	1.0 : 1.0	1.0 : 1.2	1.0 : 1.4	1.0 : 1.4*	1.0 : 0.7	1.0 : 0.85	1.0 : 1.0	1.0 : 1.0	1.0 : 1.2	1.0 : 1.4	1.0 : 1.4*	
kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
3.5	704	680	416	408	736	700	400	520	392	496	320	
10.5	912	1,000	680	560	1,176	1,200	696	448	744	624	584	
21.1	1,184	1,360	952	840	1,608	1,620	1,000	640	896	700	720	
28.2	1,520	1,496	1,096	1,235	1,980	1,840	1,230	712	1,044	865	828	
60.0	2,424	2,328	1,376	2,226	2,760	2,472	1,568	1,440	1,288	1,080	1,012	
98.8	2,976	2,800	1,744	2,692	3,096	2,800	1,968	2,744	2,080	1,248	1,744	

* squeezed

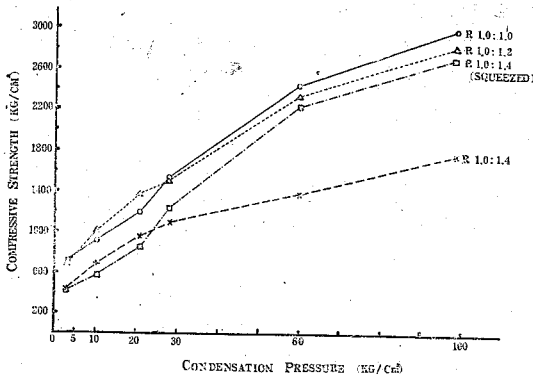


Fig. 7. Effect of different alloy mercury ratio and condensation pressure on the compressive strength of experimental regular cut alloys.

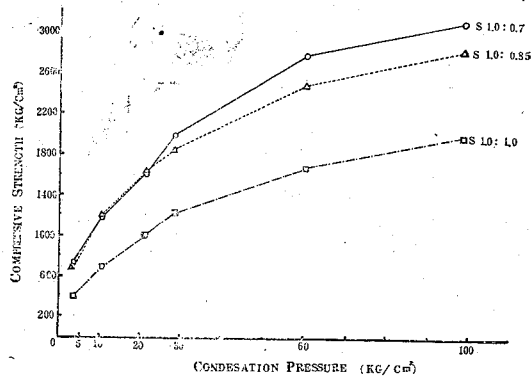


Fig. 8. Effect of different alloy mercury ratio and condensation pressure on the compressive strength of spherical alloys.

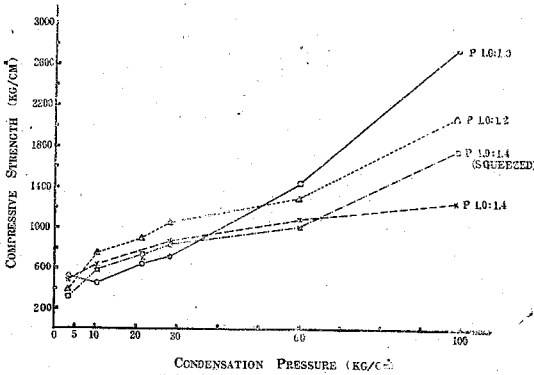


Fig. 9. Effect of different alloy mercury ratio and condensation pressure on the compressive strength of pellet alloys.

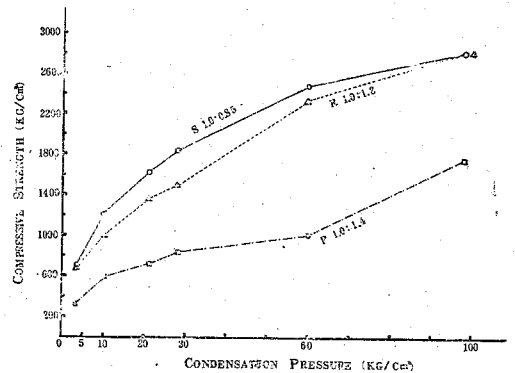


Fig. 10. Effect of different condensation pressure on the compressive strength of various dental amalgam alloys.

합금수은비와 충전압의 차이에 따르는 압축강도의 영향을 나타낸 것이다. 제10도는 표준합금수은비로 생각되는 합금수은비 1.0 : 1.2의 실험용합금, 1.0 : 0.85의 구상합금, 1.0 : 1.4의 구형 합금에서 충전압의 변화에 의한 압축강도의 상관성을 비교한 것이다. 전에서 충전압이 높고 수은비율이 적을수록 압축강도는 비례적으로 증가하였고, 특히 구상합금에서는 같은 압력하에서도 높은 강도를 얻을 수 있었다.

시간경과에 따르는 압축강도를 측정된 결과는 제 2 표와 같다. 제11도는 이 결과를 도표로 표시한 것이며 제 12도는 7일후의 강도를 최래치로 하고 각각에서 시간변

화의 강도를 백분률로 표시한 것이다. 제 2 표 및 제 11 도에서와 같이 시간이 경과함에 따라 압축강도는 계속 증가 하였으며, 전에서 초기에는 급진적으로 증가된 감을 주었다. 실험용합금에서 충전 1시간 후의 강도는 664kg/cm²였고, 8시간 후에는 2,841kg/cm²으로서 초기부터 거의 직선적인 급진적 상승을 보였으며, 그후부터는 완만한 증가현상을 나타내어 7일후에는 3,480kg/cm² 이상으로 되었다. 구형합금에서 충전 1시간 후의 강도는 600kg/cm²였고, 8시간후에는 1,672kg/cm²으로 곡선적인 점진적 상승을 보여 주었으며, 7일후에는 2,888kg/cm² 이상으로 되었다.

Table 2. Compressive strength of dental amalgam as related to time intervals, ranging from one hour to seven days (condensation pressure: 98.89kg/cm²).

Time	Ex-alloy	Spherical	Pellet	Ex/S ×100	Ex/P ×100
	Alloy mercury ratio				
	1.0:1.2	1.0:0.85	1.0:1.4*		
hours	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		
1	664	1,040	600	63.84	110.66
2	1,200	1,264	688	94.93	174.41
4	2,440	1,992	1,044	122.48	233.71
6	2,730	2,336	1,408	116.91	201.70
8	2,841	2,530	1,672	112.01	170.38
12	2,865	2,742	1,870	104.82	152.40
16	2,920	2,944	2,008	99.13	142.23
20	2,960	3,142	2,068	94.28	145.70
24	3,000	3,256	2,128	92.13	140.97
72	3,040	3,280	2,280	92.68	132.03
120	3,210	3,332	2,600	96.34	123.46
168	3,480	3,424	2,888	101.63	120.49

Ex: experimental

* squeeze

2. 압류도

충전 3시간후를 기점으로 250kg/cm²의 하중을 24시간 가하면서 일종의 피로현상인 압류도를 합금인자의 크기 및 충전압차이에 따라 비교측정한 결과는 제3표와 같다. 제13도는 실험용합금에서 압류도의 상관성을 도해한 것이며, 제14도는 구상 및 구형합금의 압류도를 각각 도표로 표시한 것이다. 전반적으로 충전압이 60kg

/cm²에서 100kg/cm²으로 증가할수록 압류도는 역비례로 감소현상을 보여주었는데, 충전 24시간후 구상합금의 압류도는 60kg/cm²에서 2.74%였고 100kg/cm²에서는 1.25%였다. 구형합금에서는 충전압이 60kg/cm²의 경우 15.90%, 100kg/cm²에서는 9.89%였다. 따라서 충전압이 60kg/cm²에서 100kg/cm²으로 증가할 때의 압류도 차이는 구상이 1.49% 구형이 5.91%로서, 구형에서 증가율이 더 높았다. 한편 200~270 mesh 합금에서 60kg/cm²의 하중으로 측정된 압류도는 4.26%였고, 100kg/cm²에서는 3.37%였으며, 270~325 mesh의 합금에서는 60kg/cm²에서 4.10%, 100kg/cm²에서는 2.98%였다. >325 mesh 합금에서는 60kg/cm²에서 3.26%, 100kg/cm²에서는 2.41%로 나타났다. 60kg/cm²에서 100kg/cm²으로 충전압이 증가할 때 압류도차이는 200~270 mesh에서는 0.89%, 270~325 mesh에서는 1.12% >325 mesh에서는 0.85%로서 >325 mesh에서 가장 증가율이 낮았다.

3. 크기의 변화

합금분말과 수은을 연화하면 amalgamation이 진행되면서 경화되는 동안 팽창변화를 일으킨다. 실험용합금의 경우에서 입도와 충전압차이에 따르는 크기의 변화를 시간 차이에 따라 24시간에 걸쳐서 측정하였으며 그 결과는 제15도와 같다. 팽창변화에 대한 규격은 20 μ/cm인바²¹⁾ 본 실험에서는 모두 13 μ/cm 이내의 값을 보이고 있어 이 규격에 부합되고 있었다. 시간경과에 따르는 아말감 합금의 크기변화곡선을 보면 처음에는 단시간의 수축이 있었고, 곧 팽창의 최대치가 되었으며 계속하여 수 시간동안 약간의 수축이 일어났으나 충전

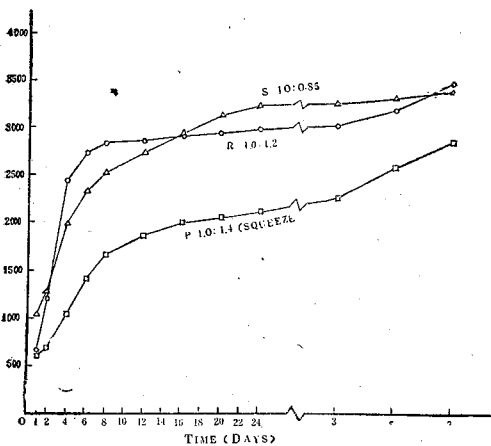


Fig. 11. Comparison of compressive strength of the experimental, spherical, and pellet amalgam alloys at various time intervals (condensation pressure 98.89kg/cm²).

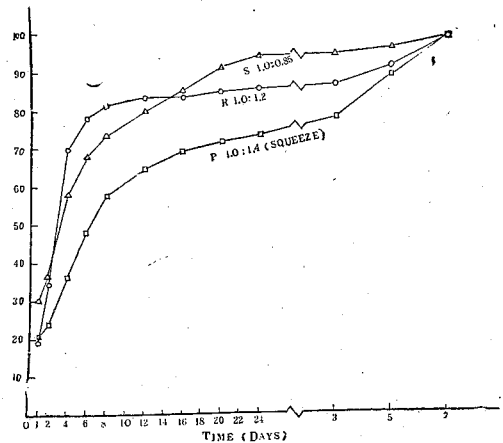


Fig. 12. Per cent of maximum compressive strength against age of specimen (condensation pressure 98.89kg/cm²).

Table 3. Effect of particle size and condensation pressure on the flow of dental amalgams.

Time	Experimental alloy (1.0 : 1.2)						Spherical alloy		Pellet alloy	
	200~270mesh		270~325mesh		>325mesh		(1.0 : 0.85)		(1.0 : 1.4)	
	60 kg/cm ²	100kg/cm ²	60 kg/cm ²	100kg/cm ²	60 kg/cm ²	100kg/cm ²	60 kg/cm ²	100kg/cm ²	60 kg/cm ²	100 kg/cm ²
hours	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1.47	1.15	1.37	0.86	1.12	0.81	0.72	0.41	4.20	2.53
5	2.06	1.48	1.85	1.05	1.46	1.00	1.15	0.62	6.91	3.88
6	2.43	1.65	2.20	1.26	1.62	1.12	1.52	0.75	8.97	4.74
7	2.75	1.84	2.41	1.47	1.81	1.25	1.76	0.86	10.40	5.26
8	2.98	1.97	2.64	1.62	1.93	1.36	1.86	0.89	11.59	5.65
12	3.52	2.40	3.03	2.08	2.28	1.75	2.09	1.09	13.02	6.95
16	3.87	2.81	3.61	2.47	2.67	2.03	2.37	1.20	14.15	8.17
20	4.15	3.20	3.95	2.82	3.06	2.27	2.60	1.21	15.30	9.30
24	4.26	3.37	4.10	2.98	3.26	2.41	2.74	1.25	15.90	9.9

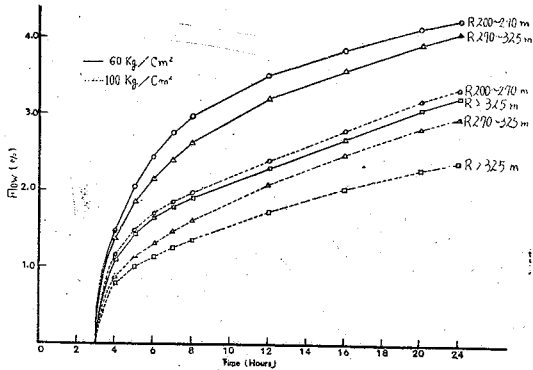


Fig. 13. Comparison of particle size on the flow of experimental regular cut alloys.

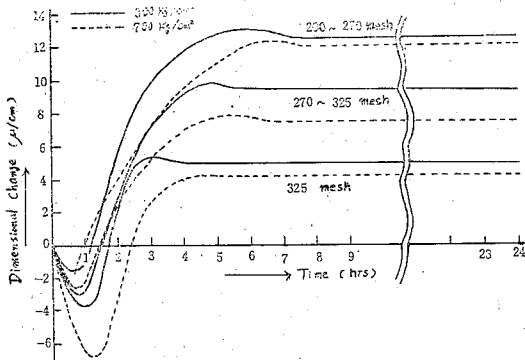


Fig. 15. Effect of variation in condensation pressure and the alloy particle size on the dimensional change of amalgam.

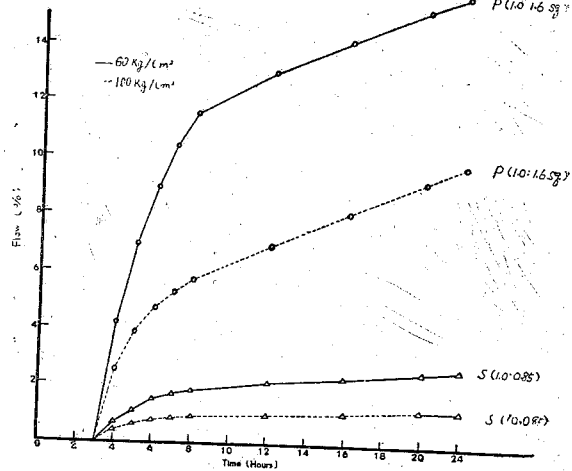


Fig. 14. Comparison of the flow of pellet and spherical amalgam alloys (P: pellet S: spherical).

후 7시간 이후에는 크기의 변화는 볼 수 없었다.

합금입도의 영향을 보면 입도가 작을 때 같은 취금을 했을 때는 팽창은 적어졌으며 이 곡선은 대개 시간 팽창 곡선과 비슷한 형이었고 팽창의 최대치는 입자 크기가 작을 수록 낮아지고 점차적으로 빨라지는 경향을 보였다. 일반적으로 합금의 입도가 작을 때 경화 시간은 단축됨을 관찰할 수 있었다.

충전압의 영향을 보면 충전압이 증가될 때 팽창량은 점차로 감소되었는데 충전압이 300kg/cm²에서 700kg/cm²

cm²으로 증가할 수록 평균변화의 최대치는 낮아졌으며 이러한 현상은 입자크기가 적은 >325 mesh 합금에서 더욱 현저하였다.

제 4 장 총괄 및 고찰

1. 압축강도

제 1 표에서 충전압이 증가할 수록 동시에 수은비율이 감소될 수록 강도는 증가되었다. 강도에 관하여 Crawford와 Larson²⁴⁾, Tayler 외 3인²⁵⁾은 충전압이 높을 수록 강도는 증가함으로 충전중 잔여 수은을 완전히 제거하는 조작을 강조하였고, Swartz와 Phillips²⁶⁾는 수은량은 강도를 좌우하는 요소로서 55% 이상에서는 강도의 저하를 말하고 있고, Mahler와 Mitchem²⁷⁾은 강도의 최대치는 수은이 55%에서 2,800kg/cm²이나 59%에서는 1,250kg/cm²으로 저하된다고 하였다. 미세합금은 경화전유동성이 크며 낮은 충전압으로도 높은 강도를 얻을 수 있었다. 제10도의 구형합금에서 100kg/cm²의 충전압으로 얻을 수 있는 강도는 미세합금에서는 30kg/cm²의 충전압으로도 얻을 수 있어 구형합금이 필요로 하는 충전압의 1/3로도 동일한 강도를 얻을 수 있었다. 치과용아말감 합금은 연화 충전이라는 특이한 사용법으로 합금이 되는 관계로 낮은 충전압으로도 높은 강도를 얻을 수 있는 재료가 이상적인 것으로 생각된다.

시간경과에 의한 강도변화를 보면 제 2 표 및 제10도에서 1시간후의 실험용 합금의 강도는 구상합금을 100으로 정할 때 63.84%였고, 구형합금을 100으로 할 때는 110.66%였다. 제11도에서 미세합금 일수록 초기강도는 증가하였고, 시간경과에 따라 이 차이는 적어졌다. Skinner와 Phillips²⁸⁾는 처음 1시간은 1분당 6~7kg/cm²의 비율로 증가되며, 6~8시간후는 최대강도의 70~90%에 이른다고 하였다. Phillips²⁹⁾는 합금입자의 크기, 조성, 열처리 차이에 따라 초기강도의 변화가 있으며, Phillips의 2인³⁰⁾은 24시간후 정상교합하에서 파절에 저항할 수 있는 안전강도는 3,200kg/cm²이라고 하였다.

2. 압류도

미국치과의사협회 규격 제 1 호²¹⁾ 및 일본공업규격 T-6109²⁰⁾에서는 충전 3시간에서 21시간의 압류도는 37°±1°C에서 4%이내로 정하고 있다. Phillips의 3인³¹⁾, Basker와 Wilson³²⁾은 압류도는 아말감 충전물의 강도를 표시하는 한 방법이라고 하였고, Peyton의 4인¹⁵⁾은 합금입자의 조성, 분말제조장치의 개량 및 수은함유량을 감소함으로써 압류량을 저하시킬 수 있다고 하였

고, Ware와 Docking³³⁾, Skinner³⁴⁾는 충전압이 불충분할 때에는 압류량이 증가함으로 압류량을 최소화 하고 최대의 강도를 얻기 위하여는 충전압을 유효하게 가해야함을 강조하였다. 구강내와 같은 다양한 동적하중(dynamic force)이 작용하는 곳에서 충전물은 응력현상 없이도 압류현상이 생긴다고 보며 온도, 응력 및 시간의 조건등이 큰 영향을 준다고 본다. 본 실험에서 충전압이 60kg/cm²에서 100kg/cm²으로 증가함에 따라 압류도 차이는 구상합금이 1.49%, 구형합금은 6.01% 증가함으로서 구형합금이 구상합금보다 증가율이 낮았다. 한편 200~270 mesh 합금에서는 0.86%, 270~325 mesh 합금에서는 1.12%였고 >325 mesh합금에서는 0.85%로서 가장 증가율이 낮았다. Nomoto와 Fuse³⁵⁾는 온도의 영향을 비교한 바 23°±1°C에서 37°±1°C로 상승되면 압류도는 2배로 증가 되었으며, 하중을 250kg/cm²에서 105kg/cm²으로 감소할 때 온도변경의 영향은 상쇄된다고 하였다. 제13, 14도의 곡선은 29°±1°C에서 250kg/cm²의 정적하중(static load)을 가하여 측정된 것으로 10~13시간후 압류도는 일정하게 나타났으며, 전반적으로 압류도가 높은 것은 실험온도 차이 때문으로 생각된다.

3. 크기의 변화

Mitchell의 3인³⁶⁾은 아말감합금의 경화중 크기변화에 미치는 가장 큰 요소는 합금 조성상태로서 β상이 많을 때는 파잉 팽창되며, 유리석(free tin)이 있을때와 연화와 충전이 부적당한 경우는 수축된다고 하였다. Wing³⁷⁾은 수은에 합금분말이 흡수되므로 초기에는 체적의 감소로 수축되나 다음 γ₁과 γ₂가 수지상으로 성장함에 따라 결정 작용을 일으키고 입자가 서로 충돌하여 상호간에 압력이 발생되며 이때의 힘으로 아말감은 팽창된다고 하였다. 따라서 수은의 용해량은 증가하고 γ₁과 γ₂의 생성을 감소시키게끔 조작한다면 팽창은 감소되거나 수축 된다고 하였다. Wolcott의 2인³⁸⁾은 합금과 혼합하는 수은량이 많으면 잔류수은량이 증가함으로 γ₁과 γ₂의 량도 증가하며, 팽창이 커지고 강도도 약해진다고 하였다. 본실험에서 충전압이 증가할 때 제15도에서와 같이 팽창량은 감소되었는데 이는 Ward와 Scott³⁹⁾의 결과와 일치한다. 이에 대해 Swartz와 Phillips⁴⁰⁾는 충전압이 증가되면 용해안된 입자가 서로 밀착됨으로 초기수축의 정도는 용해중이라도 낮아지며, 충전압을 크게 할 때는 수은이 제거되는 결과로 γ₁과 γ₂상의 생성은 감소된다고 하였다. 또한 충전압이 커지면 잔여수은과 다른 상(phase)이 밀접하게 접촉되므로 경화반응이 촉진되기 때문에 팽창의 최대점은 빠르게 일어난다고

하였다. 아말감의 가압충전은 적당한 강도와 압류도 및 파잉팽창을 방지하기 위하여도 필요하다. Van Gunst⁴¹⁾는 충전압이 불충분하여 유리수은이 파잉상태에 있을때는 지연팽창이 된다고 하였다. 본실험에서 합금입자가 작은 경우 팽창은 감소되었는데 Jarabak⁴²⁾은 입도가 작으면 표면적이 증가됨으로 합금이 연화중에 수은에 용해되는 결과가 되어 초기수축은 증가한다고 하였다. Nagai와 Ohashi는⁴³⁾ 입도가 작은 합금은 파잉연화되는 때문에 같은 조건에서 미세합금에서는 연화시간을 단축해야 한다고 하였다.

제5장 결 론

저자는 은 68.03%, 석 26.53%, 동 4.76%, 아연 0.68%의 합금조성을 갖고 입도 200~325 mesh인 실험용 아말감 합금과 현재 치과에서 충전재료로 사용하고 있는 구상 및 구형 아말감 합금을 실험자료로 합금입자의 형태, 합금수은비, 충전압의 차이 및 시간경과의 상위에 따르는 압축강도, 압류도 및 크기의 변화등을 비교 측정한 바 다음의 결과를 얻었다.

- 1) 전에서 충전압이 높을수록 또한 수은비율이 낮을수록 압축강도는 비례적으로 증가하였다.
- 2) 구상 및 미립자 합금에서는 구형합금보다 소량의 수은과 낮은 충전압으로도 표준강도를 얻을 수 있었고 또한 초기에 높은 강도를 얻을 수 있었다.
- 3) 합금입자가 미세하고 충전압이 높을수록 압류도는 감소하였다.
- 4) 입자의 크기가 작고 충전압이 높을수록 팽창의 최대치는 저어졌으며 또한 경화시간도 단축되었다.

References;

- 1) Healey, H. J., and Phillips, R. W.: A Clinical Survey of Amalgam Failures, J. Dent. Res., 28:439, 1949.
- 2) Seino, S.: Clinical Observations on the Amalgam Fillings in School Children as an Early Precaution Against the Dental Caries, J. Jap Res Soc Dent Mat and Appl., 15:1, 1966.
- 3) Skinner, E. W.: Research on the Flow of Dental Amalgam, J. A. D. A., 25:1651, 1938.
- 4) Probst, R. L., Karp, P. I., Sarye, C. H., and Bee, A. R. Jr.: Atomizing Nozzle and Pouring Cap Assembly for the Manufacture of Metal Powders, U. S. Patens No. 2,968,062, 1961.

- 5) Demaree, N. D., and Taylor, D. F.: Properties of Dental Amalgam made from Spherical Alloy Particles, J. Dent. Res., 41:890, 1962.
- 6) Wing, G.: Spherical Particle Amalgams, Austral. Dent. J., 11:265, 1966.
- 7) Eden, G. T., and Waterstrat, R. M.: Effect of Packing Pressures on the Properties of Spherical Alloy Amalgams, J. A. D. A., 74:1024, 1967.
- 8) Koran, A., and Asgar, K.: Comparison of Dental Amalgams made from a Spherical Alloy and from Conventional Alloy, J. A. D. A., 75:912, 1967.
- 9) Kamata, T.: Properties of Dental Silver-Tin Amalgam made from Atomized Alloy Particles and the Effect of Heat Treatment of Alloy Particles, J. Jap Soc Dent Mat and Appl., 6:80, 1965.
- 10) Nagai, K., Ohashi, M., and Miyatsu, H.: Studies on Spherical Amalgam Alloy in the Light of Dental Technology, J. Nihon Univ Sch Dent., 8:149, 1966.
- 11) Nagai, K., and Ohashi, M.: Three Studies on a Newly Developed Spherical Amalgam in Japan and Suggestions for its Specification, J. Nihon Univ Sch Dent., 9:43, 1967.
- 12) Nagai, K., and Ohashi, M.: Studies on the Tensile Properties of Spherical Amalgams, J. Nihon Univ Sch Dent., 10:39, 1968.
- 13) Kim, C. W., et al.: Studies on Dental Amalgam Alloys made by Army Research and Testing Laboratory, Oral Research Abstracts, 3:208, 1968.
- 14) Kim, C. W., et al.: A Report on the Dental Ag-Alloy, The Report of the Army Research and Testing Laboratory, 5:69, 1966.
- 15) Peyton, F. A., et al.: Restorative Dental Materials, St. Louis, C. V. Mosby Co., 373, 1960.
- 16) Kim, C. W.: Studies on the Compressive Strength of RTL Dental Amalgam, Oral Research Abstracts, 3:208, 1968.
- 17) Kim, C. W., and Byun, S. D.: The Effect of Trituration Work on the Compressive Strength of Dental Amalgam, J. ROKA, D., 3:25, 1966.

- (8) Kim, C.W., and Sunoo, Y.G.: A Study of Moisture Contamination on the Compressive Strength of Dental Amalgam, *J. Kor Dent*, 1:4, 1965.
- 19) Kim, C.W.: Studies on the Compressive Strength of Dental Amalgam as Related to Time, *Oral Reserch Abstracts*, 3:208, 1968.
- 20) JIS, T 6109, 치과용 Ag-Amalgam용 합금제정,
- 21) Guide to Dental Materials and Devices, 6th ed, No.1, A.D.A., 1972.
- 22) Kim, C.W.: Studies on the Flow Test of Dental Amalgams, *Oral Reserch Abstracts*, 3:978, 1968.
- 23) Kim, C.W., et al.: A Report on the Dental Ag-Alloy, *The Report of RTL*, 5:69, 1966.
- 24) Crawford, W.H., Larson, J.H.: Dental Restorative Materials, Amalgams, Acrylic, *J.Dent. Res.*, 33:414, 1954.
- 25) Taylor, N.O., et al.: The Effects of Variable Factors on Crushing Strengths of Dental Amalgams, *J.Dent. Res.*, 28:228, 1949.
- 26) Swartz, M.L., and Phillips, R.W.: Residual Mercury Content of Amalgam Restorations and Its Influence on Compressive Strength, *J. Dent. Res.*, 35:458, 1956.
- 27) Mahler, D.B., and Mitchem, J.C.: Transverse Strength of Amalgam, *J.Dent. Res.*, 43:121, 1964.
- 28) Phillips, R.W.: Skinner's Science of Dental Materials, W.B. Saunders Co. p.316, 1973.
- 29) Phillips, R.W.: Compressive Strength of Amalgam as Related to Time, *J.Dent. Res.*, 28:348, 1949.
- 30) Phillips, R.W., Swartz, M.L., and Boozayaangool, R.: Effect of Moisture Contamination on the Compressive Strength of Amalgam, *J.A.D.A.*, 49:436, 1954.
- 31) Phillips, R.W., Boyd, D.A., Healey, H., and Crawford, W.H.: Clinical Observations on Amalgams with Known Physical Properties, *J.A.D.A.* 32:324, 1945,
- 32) Basker, R.M., and Wilson, H.J.: Flow Properties of Amalgam, *Brit. D. J.*, 130:194, 1971.
- 33) Ware, A., and Docking, A.R.: Effect of Manipulative Variables on Dental Amalgams, Part I, II, III, *Austral. Dent.*, J. 58:283, 1954., 58:355, 1954., 59:167, 1955.
- 34) Skinner, E.W.: Reserch on the Flow of Dental Amalgam, *J.A.D.A.*, 25:1651, 1938.
- 35) Nomoto, S., and Fuse, N.: The Influence of Specification Changes in Amalgam Flow on the Commercial Regular Cut, Fine Cut and Atomized Spherical Alloys, *J. Jap Res Soc Dent Mat and Appl.*, 16:1, 1967.
- 36) Mitchel. A.J., et al.: Some Factors Affecting to Dimensional Stability of the Ag-Sn Amalgams, *J.Dent. Res.*, 34:273, 1955.
- 37) Wing.: The Measurement of the Dimensional Change of Dental Amalgam, *Austral. Dent. J.*, 9:426, 1964.
- 38) Wolcott., et al.: Strength, Dimensional Change and Adaptation of Amalgam Prepared with 1:1 Ratio, *J.A.D.A.*, 67:375, 1963.
- 39) Ward, M.L., and Scott, E.O.: Effect of Variations in Manipulation on Dimensional Change Crushing Strength and Flow of Amalgam, *J.A.D.A.*, 19:1683, 1932.
- 40) Swartz, M.L., and Phillips, R.W.: A Study of Amalgam Condensation Procedure with Emphasis on the Residual Mercury Content of the Increment, *J.Dent. Res.*, 33:12, 1954.
- 41) Van Gunst, I.C.A., and Hertog, H.J.P.M.: On the Relation Between Delayed Expansion of Amalgam and the Composition of Amalgam Alloys, *Brit. D.J.*, 103:428, 1957.
- 42) Jarabak, J.R.: The Effect of Particle Size on Dimensional Change in Dental Amalgams, *J.A.D.A.*, 29:593, 1942.
- 43) Nagai, K., and Ohashi, M.: Studies on the Dimensional Change of Dental Amalgams, *J. Nihon Univ Sch Dent.*, 9:1, 1967.