

VENT가 도재전장 구조관용 비귀금속 합금의 구조성에 미치는 영향에 관한 연구

서울대학교 치과대학 보철학교실

이진걸·장완식

— 목 차 —

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

도재전장 구조관에 사용되는 비귀금속 합금은 귀금속합금을 대체하기 위해 개발된 이래 치과수복재료의 중요한 부분이 되었으며, 지속적인 관심을 끌고 있다.¹⁾

비귀금속합금은 높은 용융점과 수축율, 정확도 결여, 두꺼운 산화막, 특수한 매물, 구조방법 등의 단점이 있으나, 가격과 강도에 장점이 있으며, 비교적 정확하게 구조될 수 있고²⁾, 임상적으로도 귀금속합금과 큰 차이가 없다고 보고되고 있다.

비귀금속합금은 높은 강도와 용융온도로 더 견고하고 고온에서 안정된 도재하부구조로 사용될 수 있다³⁾ Craig⁵⁾, Jones 등⁶⁾은 비귀금속합금의 높은 탄성계수는 귀금속합금보다 1.5~2배나 크지만, 가공의치의 길이

가 2배가 되면 최대변형은 8배나 증가하므로, 비귀금속합금의 coping 두께의 실질적 감소를 이룰 수 없다고 주장하였다.

그러나, 비귀금속합금은 도재용 착온도에서 귀금속합금보다 sag, creep에 대한 저항력이 높다^{2,7,8,9,10,11)}. 이러한 장점은 특히 긴 가공의치에서 볼 수 있으며, 연결부위의 강도를 떨어뜨리지 않고 금합금보다 얇게 만들 수 있다^{4,12)}. 따라서 연결부위 하방의 embrasure space를 침해하여 치주적으로 나쁜 영향을 줄 기회를 줄일 수 있다.

비귀금속합금은 강도가 높아 귀금속합금보다 얇게 사용될 수 있다. Weiss^{4,13)}는 비귀금속합금 사용시 coping의 두께를 0.1~0.2 mm까지, 심지어 부분적으로는 0.05 mm까지 얇게 할 수 있고, 이런 두께에서도 도재용착으로 인한 변형은 없다고 주장하였다. 얇은 구조체는 치아삭제량을 줄여 치수에 유해한 영향을 줄일 수 있고, 수복물의 overcontouring을 피하면서, 도재를 위한 더 많은 공간을 마련하여 더 나은 미적 결과를 가져올 수 있다⁵⁾.

그러나, 비귀금속합금은 적절한 길이의 얇은 부분으로 구조하기 힘들다고 알려져 있다^{14,15,16)}. 이 때문에 어떤 술자들은 약간 두껍게 만든 coping을 구조 후 삭제하는 방법을 쓰나, 이 경우 금속의 높은 강도 때문에 다루기가 힘들고, 비귀금속합금에 함유된 nickel, beryllium 성분을 흡입할 우려가 크다^{12,17)}.

따라서 얇은 구조체를 정확히 구조하는 문제가 제기되며, 구조성이 합금 선택에 있어 우선적인 중요성을 가지게 된다¹⁶⁾.

구조성은 pattern의 세부와 얇은 변연을 충실히

재현하는 합금의 능력을 말한다¹⁸⁾.

주조성은 합금의 종류, 용융 및 주조방법, pattern의 설계, 매몰재 등의 다양한 요소에 의해 영향을 받는다¹⁸⁾.

Vincent¹⁶⁾, Donovan¹⁹⁾ 등은 주조력이 주조성을 높이는 데 가장 중요하며, 이것은 금속의 무게나 원시력을 증가시켜서 얻을 수 있으나 합금의 양을 증가시키는 것은 불균일한 가열이 일어나므로, 원시가속을 증대시키는 방법이 바람직하다고 주장하였다.

Vincent¹⁶⁾, Jarvis 등²⁰⁾은 주조온도와 소환온도 간에 중요한 관계가 있으며, beryllium 함유 합금의 주조성이 높다고 보고하였다.

합금의 과열도 비귀금속합금의 유동성을 증대시켜 주조성을 높이나, 구성성분이 증발하고, 기포 발생 확률이 많아 바람직하지 못하다^{16, 21, 22)}.

다른 연구는 주조기계가 주조성에 지대한 영향을 준다고 주장하며, 산소-가스 torch는 온도조작의 어려움 및 합금의 탄소함량을 높여 물리적 성질을 변화시키므로²³⁾, 유도주조기가 유리하다고 주장하였다¹⁸⁾.

Compagni 등²⁴⁾은 주조기계와 용융방법에는 주조성이 별로 관계가 없고, 주입선 설계가 가장 큰 요인이라고 보고하였다.

Barreto 등²⁵⁾은 사용한 매몰재에 따라 주조성에 큰 차이가 있으며, 입상적으로 사용하기 전에 비귀금속합금과 매몰재 간의 적합성을 시험해야 한다고 주장하였다.

일반적으로 인산염매몰재는 석고결합매몰재에 비해 공기의 투과성이 떨어지며, 밀도가 높다고 알려져 있다^{14, 26)}. 따라서, 인산염매몰재로 매몰할 때는 공기의 배출을 돕기 위해 casting ring 끝과 납형 간의 매몰재 두께를 강도가 허용하는 한 최소로 하고, ring 끝의 치밀피막을 끊어버리는 방법이 권장되었고, 또, vent의 사용이 권장되어 왔다^{14, 16, 27)}.

그러나, vent의 효용에 대해서는 의문이 제기되어 왔으며, Henning²⁸⁾은 불완전한 주조가 back pressure로 인한 것이 아니라, 금속의 높은 표면장력 때문이라고 주장했다. 또, Rawson 등²⁹⁾은 mold의 냉각과정이 back pressure보다 더 중요하며, vent는 공기가 mold space로부터 나갈 수 있는 길이 되기보다 chill-vent로 작용한다고 주장했다.

Asgar³⁰⁾은 주조성의 절대치 측정을 위한 의미있는 실험의 필요성을 논하였다. 그는 나선형 pattern을 이용한 실험을 기술했으며, Nielsen과 Shalits²²⁾, Barretto^{31, 32)} 등은 wedge를, MacNamara³³⁾는 머도날을 pattern으로 사용했고, Whitlock³⁴⁾, Kaminski³⁵⁾, Presswood³⁶⁾ 등은 mesh를, Asgar와 Arfaei³⁷⁾는 접시모양의 pattern을, 또, Vincent¹⁶⁾, Lee³⁸⁾, Howard 등³⁹⁾은 nylon 선을

이용하여 각각 주조성에 대한 실험을 행하였다.

이상의 주조성에 대한 많은 연구들은 합금이 재현할 이상적인 pattern에 의존해 왔다. 그러나, 이런 많은 실험 pattern은 치과수복물의 형태와 다르므로 일상적으로 응용하기에는 신빙성이 부족하다^{18, 39)}. 따라서, 일상적 유의성을 갖는 형태의 pattern을 사용한 연구가 필요하다.

저자는 도재전장주조관의 coping 형태에 보다 유사한 polypropylene straw를 이용한 원통형 pattern을 고안하여 주조성 측정에 이용하였다.

본 연구의 목적은 vent와 chill vent, 그리고 매몰재 상부의 치밀한 피막이 얇은 비귀금속 주조체의 주조성에 미치는 영향을 조사하기 위함이다.

II. 실험재료 및 방법

직경 5.0 mm, 두께 0.15 mm의 polypropylene straw(삼성화학주식회사, 서울)를 10.0 mm 높이로 장축에 직각되게 머도날로 절단하였으며, 평균 높이는 10.015 ± 0.008 mm였다. 원통의 한 쪽 끝은 32 gauge sheet wax에 수직되게 압착하여, 접착제를 사용하지 않거나 wax를 추가하지 않고 밀봉하였다.

주입선은 모두 8 gauge round wax로 제작하였다. 연결자를 3.5 cm 길이로 만들고 양 끝에서 5 mm 되는 위치에 2 cm 길이의 주입선을 V형으로 연결하였다. 상부 연결자 양 끝에서 7.5 mm 되는 위치와, 중앙에 1 cm 간격으로 2 mm 높이의 중간 주입선을 3개 설치하고, pattern의 대각선이 주입선과 일치하게 하여 wax로 고정하였다. (Fig. 1)

vent는 18 gauge round wax(직경 1 mm)를 pattern 끝에서 2 mm 하방에 부착하고, 다른 끝은 중심에서 20~22 mm 떨어진 crucible former의 외곽에 오도록 고정하였다. (Fig. 1)

공기 배출은 시키지 않고 냉각만 촉진시키는 chill vent를 18 gauge round wax로 vent와 같은 형태로 만들어, 실험에 사용된 비귀금속합금(Vera Bond: Aalbadent Corp., Concord, Calif.)으로 미리 주조한 후, pattern에 부착할 부위는 stone과 rubber wheel로 연마하여 vent와 똑 같은 방식으로 wax로 고정하였다. (Fig. 2)

나머지 하나의 pattern에는 vent나 chill vent를 부착하지 않았다.

직경 49 mm, 높이 45 mm의 stainless steel casting ring의 내면에 ring liner(Whip Mix Corp. Louisville, Ky.) 1장을 ring 끝에서 6 mm 떨어

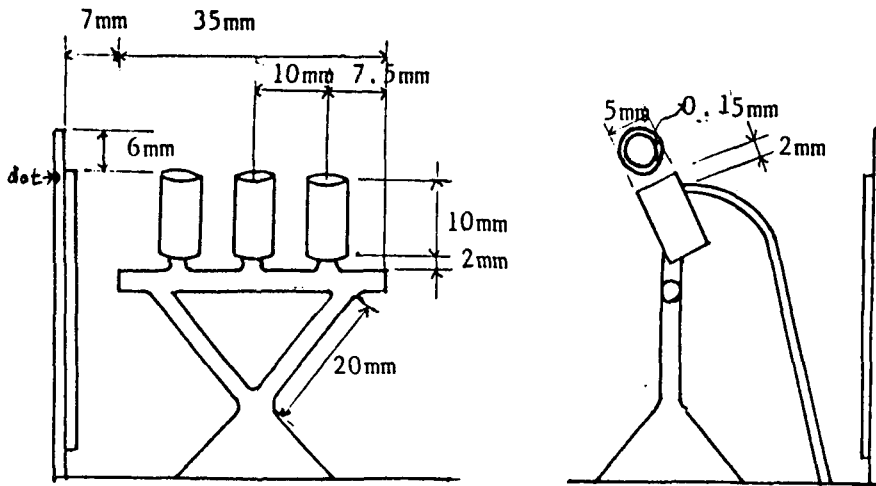


Fig. 1. Pattern's positioned in the casting ring

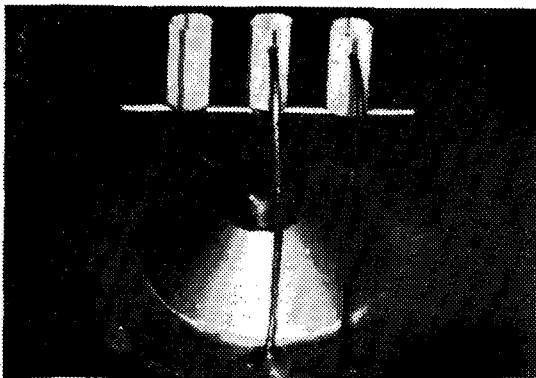


Fig. 2. Patterns attached to the crucible former with vent, chill vent and without vent

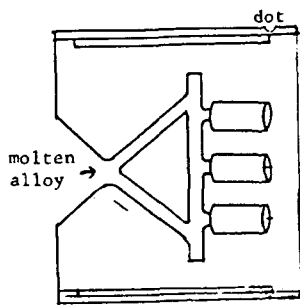
지게 하여 깔았다. ring 끝에서 6mm 되는 곳에 pattern 끝이 오도록 하고, ring에 표시된 점과 pattern들이 일직선이 되도록 배열하였다. 이 때 vent의 방향은 항상 주조 시의 회전 반대방향으로 위치하도록 하였다.

주조 시 ring에 표시된 점이 상방으로 오게 cradle에 ring을 위치시켰을 때, ring 내의 각 pattern간의 수직 위치에 따라 용융금속의 중력이 작용하여 주조점의 차이는 발생시킬 가능성^{29,46)}이 있으므로 이에 대비하여, vent를 설치한 pattern(V), chill vent를 설치한 pattern(C), vent와 chill vent를 설치하지 않은 pattern(N)의 배열 순서를 6가지의 가능한 조합(VCN, VNC, CVN, CNV, NCV, NVC)

Table 1. Number of patterns according to their vertical position in the ring located in the cradle.

V: pattern with vent. C: pattern with chill vent.

N: pattern without vent and chill vent.



vertical position of patterns	dense surface of investment						sum
	removal			maintenance			
	V	C	N	V	C	N	
upper	4	4	4	4	4	4	24
middle	4	4	4	4	4	4	24
lower	4	4	4	4	4	4	24
sum	36			36			72

으로 나누고, 각 조합을 4개씩 제작하였다. 이 중 2개는 매몰재의 상부피막을 제거하고 매몰할 때, 다른 2개는 피막을 둔 채로 매몰할 때 사용하였다. 따라서 vent 나 chill vent 를 부착한 pattern, 이를 부착하지 않은 pattern 이 주조 시 ring 내의 상, 중, 하 위치에 24개씩 동일한 갯수로 오게 하였다. (Table I)

인산염 매몰재인 Hi-Temp (Whip Mix Corp., Louisville, Ky.)를 special liquid 만을 사용하여 제조회사의 지시대로 혼수비가 0.16이 되게하여 vacuum mixer (Whip Mix Corp., Louisville, Ky.)에서 15초간 혼합한 후 매몰하였다.

6가지 조합을 각각 4개씩 24개의 ring 을 매몰하였다. 이 중 12개는 약간 넘치게 매몰한 후, trimmer 에서 ring 끝과 일치하게 trimming 하여 상부 피막을 제거하였고, 나머지 12개는 ring 끝에 일치하게 매몰하고 피막을 그대로 두었다.

매몰한 ring 은 45분에서 1시간 동안 bench setting 시킨 후, 소환 시까지 100% 습도에서 보관하였다.

실온의 전기로(Kerr '666' furnace; Kerr Mfg. Co., Romulus, Mich.)에 넣어 30분 동안에 500 °F 에 이르게 한 후, 그 온도에서 1시간 계류시켰고, 이후 제조회사의 지시대로 1550 °F 로 올려 1시간 동안 계류시켰다. 전기로에 1개의 ring 을 추가로 넣어 소환할 때마다 각 단계의 과정을 5분씩 추가하였다⁵⁾.

합금은 Vera Bond 를 사용하였으며, 모두 새 합금으로 2 ingots 씩 사용하였다. 합금의 무게는 8.5 gm 에서 12.6 gm 사이로 평균 10.9 ± 1.1 gm 이었다.

유도주조기(Castron-8: Yoshida Co., Japan)의 cradle 에, ring 에 표시된 점이 상방에 오도록 위치시키고, 금속의 용융상태를 육안으로 판단하여 주조하고 10 초 간 회전을 지속시켰다.

ring 이 완전히 식은 후 매몰재를 제거하여 pattern 내면의 매몰재는 # 8 round bur 로 제거하고, 나머지는 100 μ m 의 aluminum oxide 로 sandblasting 하였다.

III. 실험성적

총 72개의 주조체 중에서 2개를 제외하고는 모두 완전한 주조체를 보여주었다. 결함이 있는 주조체도 변연부위는 pattern 의 형태를 정확히 재현하였다. (Fig. 3)

불완전한 주조체 중 하나는 chill vent 를 설치하고 ring 의 중앙에 위치시킨 것으로, pattern 중앙부에 육안으로 겨우 식별할 정도의 구멍이 있었다. (Fig. 4)

또 하나의 불완전한 주조체는 vent 를 설치하지 않고 ring 의 하방에 위치시킨 것으로, pattern 상부 변연에서 7.5 mm 하방에 0.5 x 0.5 mm 의 구멍과 함께 3 mm

길이의 균열이 있었다. (Fig. 5)

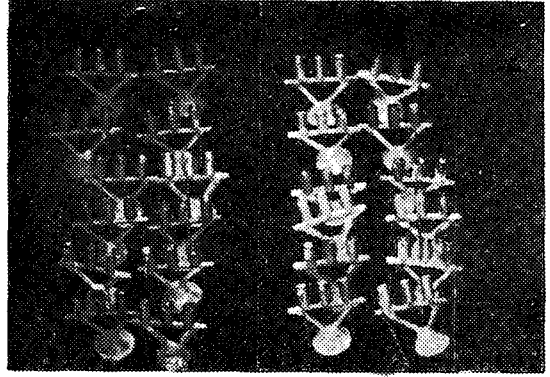


Fig. 3. Total 72 patterns except two were cast completely. Incomplete castings were cast to the margin, too

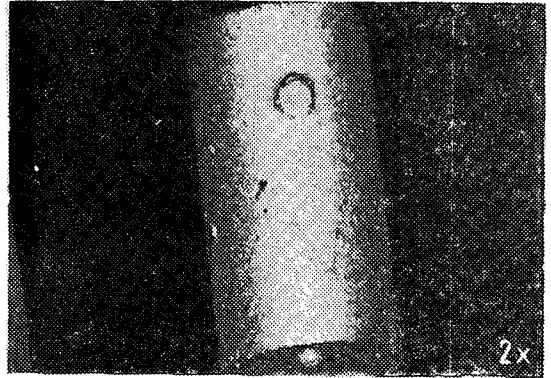


Fig. 4. Incomplete casting with small porosity

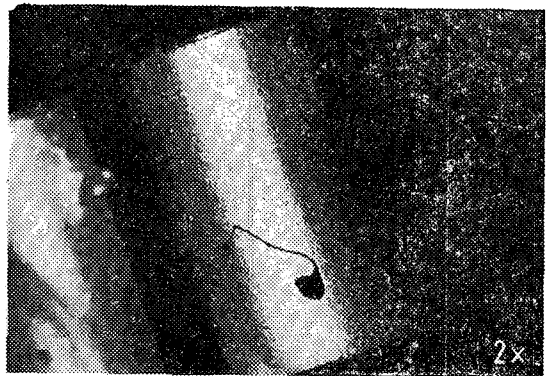


Fig. 5. Incomplete casting with porosity (0.5x0.5 mm) and crack (3 mm).

cradle 에 놓인 ring 내의 pattern 들의 수직적 위치 관계에 따른 주조결과는 Table 2에, 또, vent 와 매몰재 피막의 유무에 따른 주조결과는 Table 3에 나타났다.

완전한 주조체 수의 백분율을 유의수준 5%에서 비교하였다.

cradle에 놓인 ring 내의 pattern들의 수직 위치에 따른 주조성의 차이는 없었다. (Table 2)

vent를 설치한 pattern, vent를 설치하지 않은 pattern들 상호 간에 주조성 차이는 없었다. 또 매물재 상방의 피막을 제거했을 때와 하지 않았을 때에도 주조성에 차이가 없었다. (Table 3)

vent는 대부분 끝까지 주조되었다. chill vent로 사용된 Vera Bond wire는 검게 산화되어 있었으며, 주조체에 전혀 융착되지 않은 형태로 매물재 제거 시 모두 떨어졌다.

주입선과 button 중 8개는 표면이 매우 거칠고 기포가 많아, 금속이 과열된 징조를 보여주었다. 그러나, 이런 경우에도 pattern 부위는 깨끗한 편이었으며 기포는 runner bar와 button에 밀집되어 있었다.

Table 2. Number of complete castings as related to their vertical position in the ring located in the cradle.

Vertical position of patterns in the ring located in the cradle	upper middle lower sum			
	Number of complete castings	24	23	23

Table 3. Number of complete castings according to the presence of vents and investment surface.

dense surface of investment	vent	vent	chill vent	No vent	sum
removal		12	11	11	34
maintenance		12	12	12	36
sum		24	23	23	70

IV. 총괄 및 고안

주조성을 측정하는 방법들은 임상적 의미의 결여 때문에 의심받아 왔다. 이런 실험들은 다양한 pattern을 사용하고 있으나, 실제적인 치과수복물과는 크기와 형태가 다르다. 따라서, 이런 실험에서 상대적으로 낮은 주조성을 보인 합금이 임상적으로는 결함없이 사용될 수 있다.

본 실험에서는 임상적 유의성을 높이기 위해, 도재전장주조관의 coping과 형태와 크기가 보다 유사한 직경 5mm의 polypropylene straw를 pattern으로 이용하였다. pattern의 두께는 비커 금속합금의 coping에 통상 허용된다고 알려진 두께인 0.2mm보다 작은 0.15mm였다. 임상적으로 도재전장주조관의 coping의 높이가 10mm를 넘는 경우가 드물다. 따라서 pattern의 높이는 10mm로 하였으며 pattern의 예각들은 그대로 두었다.

일반적으로 인산염매물재는 석고결합매물재보다 치밀하므로 가스 배출구로 vent설치가 권장된다^{14, 16, 26, 40}. 또 매물재 상방의 밀도 높은 표면피막은 제거해야 하고, pattern 상방의 매물재 두께도 최소로 해야 한다고 알려져 있다^{14, 27}. 그러나, Rawson 등²⁹은 vent는 가스배출구라기보다 chill vent로 작용한다고 주장했다. 따라서, 본 실험에서는 가스 배출에 도움을 주지 않은 chill vent를 비커 금속합금으로 제작, 부착하여 vent와 비교하고자 하였다.

본 실험에서는 vent의 유, 무에 관계없이 두 주조체를 제외하고는 모두가 완전한 주조를 보여주었다.

pattern 상방에 충분한 강도를 가진 두께(6mm)의 매물재 층을 주고, 가스 배출을 방해하는 표면 피막을 그대로 두었을 때도 주조성의 차이가 없었고, 또 불완전한 주조를 보인 2개의 주조체도 결함이 back pressure에 의한 것이라고 보기 어렵다. 더구나 이 실험에서 사용된 것과 같은 얇은 pattern일수록 그 속의 공기 부피에 비해 공기가 빠져나갈 표면적이 훨씬 크므로, 가스 배출의 어려움으로 인해 주조실패가 일어난다는 설명은 신빙성이 적다고 하겠다³⁹.

본 실험에서 한 주조체에 생긴 작은 구멍은 금속용융시 합금에 포함된 가스 때문이라고 생각되며, 또 한 주조체에 생긴 결함은 3mm의 균열이 함께 발생한 것으로 보아, pattern이 부분적으로 얇았거나, 금속의 응고 수축으로 인하여 생긴 것이 아닌가 생각된다⁴⁴.

본 실험의 결과로 보아 비커 금속합금으로 얇은 coping을 성공적으로 주조할 수 있다고 생각되며, 일반적인 원칙을 따른다면 back pressure porosity에 의한 주조 결함은 없고 따라서, vent의 설치도 필요없다고 생각된다. 본 실험에서는 1종의 비커 금속합금만 사용하였으므로 다수의 합금을 사용한 비교연구가 더 필요하다고 여겨진다.

그러나, back pressure 효과가 거의 없다고 하더라도 pattern 상방에 과도한 두께의 매물재 층을 준다면, pattern이 thermal zone에 위치하여⁴¹ 냉각과정에 영향을 주고, 이로 인해 주조결함이 생길 확률이 높아질 수 있다고 생각된다.

또 한편으로는, 얇은 주조체의 주조실패가 금속의 높

은 표면장력 때문이라고 주장되어 왔다^{28,39,42}.

어떤 액체의 표면적을 넓히려 할 때에는, 액체분자 상호간의 친화력(intermolecular force)을 극복하기 위한 일을 행하여야 한다. 표면장력은 액체의 표면을 단위면적만큼 넓히는데 필요한 일(energy)이다⁴³. 표면장력 σ 인 액체를 표면적 S만큼 넓히는데 필요한 energy G는

$$G = \sigma \times S$$

로 표시된다.

즉, 액체의 표면장력이 클수록, 또 넓히려는 표면적이 클수록 더 큰 energy가 필요하다.

금속은 액체의 Van der Waals력보다 훨씬 큰 ion 결합을 하므로 표면장력이 크다. 예를들어 수은이 290 °K에서 표면장력이 0.476 Nm⁻¹인데 비해 금은 1363 °K에서 1.0 Nm⁻¹, 동은 1403 °K에서 1.1 Nm⁻¹이다. 일반적으로 금속의 용융온도가 높을수록 표면장력이 높다고 알려져 있다. 또 주조 시 용융금속 표면에 산화막이 형성될 때에는, 산화막이 pure metal 보다 훨씬 높은 표면장력을 가지므로 주조실패의 원인이 될 수 있다⁴⁴.

따라서 mold 내로 용융금속을 밀어넣기 위해서는 이 표면장력을 극복할 추가적인 힘으로 주조력이 필요하다⁴⁵.

주조할 금속의 표면장력이 클수록, 또 주조할 pattern의 두께나 직경이 작아질수록, 표면적 대 부피의 비가 높아져, 극복해야 할 표면 energy가 증가하고, 더 큰 주조력이 필요하다.

일반적으로 비귀금속합금은 귀금속합금에 비해 주조성이 떨어지는데 이는 비귀금속합금의 표면장력이 높고¹⁵, 산화막이 잘 형성되며, 이에 반해 비중이 귀금속합금의 1/2에 불과하므로¹⁷, 같은 pattern으로 실험할 때 주조력이 떨어져서일 것이다.

본 실험에서 나타난 비귀금속합금의 주조성은 다른 실험 결과에 비해 우수하였다^{16,38,39}. 예를 들어, Nylon 선을 이용한 실험에서 이³⁸)는 비귀금속합금을 사용하여, 직경 0.17 mm의 pattern에서 평균 1.24 ~ 4.4 mm 길이의 주조체를 얻었으며, Vincent 등¹⁶)은 직경 0.26 mm의 pattern에서 평균 0.91 ~ 3.22 mm 길이의 주조체를, 또, Howard 등³⁹)은 금 함량이 적은 합금으로 0.151 mm 직경의 pattern에서 최고 3.00 ± 1.73 mm 길이의 주조체를 얻었을 뿐이다. 이런 결과의 상이점은 실험조건이 달라 직접적인 비교는 힘들지만, pattern 형태에 따른 표면적 대 부피의 비가 달라, 이로 인한 pattern의 표면에너지가 차이가 난 원인이 크다고 생각된다.

nylon 선을 사용한 pattern과, 본 실험에 사용된 pattern (Fig. 6)을 비교해 보았다.

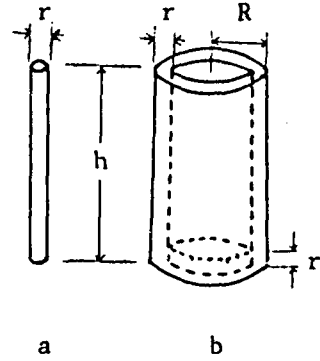


Fig. 6

a pattern의 직경을 r, b pattern의 두께 r, 외경을 R, 높이는 양 pattern에서 모두 h라고하고, 주입선에 의해 공제되는 표면적을 무시한다면, 각 pattern의 표면적(S)와 부피(V) 및 표면적(S) / 부피(V)는

$$\begin{aligned} \text{pattern a에서} \quad S_a &= \pi r h + 2\pi (r/2)^2 \\ V_a &= \pi (r/2)^2 h \\ S_a / V_a &= 4/r + 2/h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pattern b에서} \quad S_b &= (2\pi R + 2\pi (R-r)) h + \pi R^2 - \pi (R-r)^2 \\ &\quad + \pi R^2 + \pi (R-r)^2 \\ V_b &= (\pi R^2 - \pi (R-r)^2) h + \pi (R-r)^2 r \\ S_b / V_b &= 2h (2R-r) + 2R^2/r \{h (2R-r) \\ &\quad (R-r)^2\} \end{aligned}$$

본 실험에서처럼 r = 0.15 mm, h = 10 mm, R = 5 mm 라고 한다면

$$\begin{aligned} S_a / V_a &\approx 26.87 \\ S_b / V_b &\approx 13.49 \end{aligned}$$

a pattern은 b pattern보다 표면적 / 부피가 2 배나 크며, 따라서, 주조할 때 표면장력에 의한 저항도 이에 상응하리라 여겨진다. nylon 선을 이용한 주조성 실험에 비해 본 실험의 결과가 좋은 것은 이러한 pattern 형태에 따른 표면적/부피의 차이로 설명될 수 있다.

이런 점에서 볼 때, 주조성에 대한 연구가 임상적 의미를 갖기 위해서는, pattern은 실제 임상에서 사용되는 coping의 형태를 가져야 한다고 여겨진다.

주입선 형태는 주조성에 중요한 영향을 미칠 수 있다²⁴). 주입선은 일반적으로 turbulence를 최소로 하는 방법이 주장되지만⁴¹), Craig⁵)는 bar spruing 방법은 일부러 turbulence를 높여, 주입선에 가까운 매 물체가 더 높은 온도에 이르게 하여, 합금을 용융상태에 더 오래있게 한다고 하였다. 또 Compagni²⁴) 등은 직선 주입선이 예상외로 별다른 우수성을 보이지 못했

다고 보고했다. 본 실험에서는 비귀금속합금을 이용한 주조에서 많이 사용되는 bar spruing 방법을 사용하고, 주입선은 충분히 큰 두께를 사용하였다.

Rawson 등²⁹⁾과 Dewald⁴⁶⁾는 원심주조 시 용융 금속에는 회전반대 방향의 가속력 및 원심력, 중력이 작용하므로 pattern은 회전반대 방향의 외, 하방 $\frac{1}{4}$ 에 위치시켜야 한다고 주장하였다.

본 실험에서는 ring에 표시한 점에 일치하게 pattern을 배열시키고, 중력에 의한 효과를 고려하여 vent를 설치한 pattern의 위치를 변화시켰으나, 중력에 의한 pattern 간의 구조성 차이는 볼 수 없었다.

비귀금속합금은 용융시 반응 부산물로 피막(film, slag)이 주피 주위에 항상 생긴다. 이 피막은 주피의 용융을 방해하고 주피 간의 열 전도를 떨어뜨린다. 또, 크기가 다른 주피를 용융할 때에는 먼저 용융되는 주피에 과열의 위험이 커진다. 또, 금속량의 변화는 구조력을 변화시킨다. 따라서 본 실험에서는, 금속은 모두 새금속으로 동일 크기의 주피를 사용하여 유도주조기로 주조하였다.

V. 결 론

도재전장주조관에 사용되는 비귀금속합금으로 얇은 coping을 주조할 때, vent와 인산염 매물재의 피막이 구조성에 미치는 영향을 연구하기 위해, 두께 0.15 mm, 직경 5 mm, 높이 10 mm의 원통형 polypropylene straw를 pattern으로 이용하여 Vera Bond로 주조하였다.

다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 비귀금속합금으로 얇은 구조체를 성공적으로 주조할 수 있었다.
2. vent를 설치한 pattern, chill vent를 설치한 pattern, vent를 설치하지 않은 pattern 사이에 구조성 차이가 없었다.
3. 인산염 매물재의 표면 피막은 비귀금속합금의 구조성에 영향을 미치지 못하였다.

REFERENCES

1. Baran, G.R.: The metallurgy of Ni-Cr alloys for fixed prosthodontics. J Prosthet Dent

50:639, 1983.

2. Preston, J.D., and Berger, R.: Laboratory variables affecting ceramometal alloys. Dent Clin North Am 21:117, 1977.
3. Moffa, J.P., Jenkins, W.A., Ellison, J.A., Hamilton, J.C.: A clinical evaluation of two base metal alloys and a gold alloy for use in fixed prosthodontics: A five-year study. J Prosthet Dent 52:491, 1984.
4. Weiss, P.A.: New design parameters: Utilizing the properties of Ni-Cr super alloys. Dent Clin North Am 21:749, 1977.
5. Craig, R.G.: Restorative Dental Materials. ed. 7, The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1985.
6. Jones, D.W.: The Strength and Strengthening Mechanisms of Dental Ceramics. McLean, J.W., Dental Ceramics, Proceedings of the first International Symposium on Ceramics. Quintessence Publishing Co. 1983. (pp.83-152).
7. Moffa, J.P.: Physical and mechanical properties of gold and base metal alloys. NIH Conference Proceedings: Alternatives to gold alloys in dentistry. January 1977. pp.81-93.
8. Tuccillo, J.J., and Neilsen, J.P.: Creep and sag properties of a porcelain gold alloy. J Dent Res 46:579, 1967.
9. Anusavice, K.J., Ringle, R.D., and Weker, R.: Dynamic measurement of porcelain-fused-to-metal alloy sag resistance. J Dent Res 58 (Special issue A): 264, 1979.
10. Bertolotti, R.L.: Thermally assisted deformation in ceramometal systems. J Dent Res 60(Special issue A):518, 1981.
11. Moffa, J.P., Lugssy, A.A., Guckes, A.D., Gettleman, L.: An evaluation of nonprecious alloys for use with porcelain veneers. Part 1. physical properties. J Prosthet Dent 30:424, 1973.
12. Kelly, J.R., Rose, T.C.: Nonprecious alloys for use in fixed prosthodontics: A literature review. J Prosthet Dent 49:363, 1983.
13. Weiss, P.A.: State-of-the-art metal ceramics. McLean, J.W.: Dental Ceramics, Proceedings of the first International Symposium on Ceramics, Quintessence publishing Co. 1983, pp.231-262.

14. Anderson, J.N. : *Applied Dental Materials*, ed. 5. Blackwill Scientific Publishing Co. 1976, pp.106-186.
15. Nitkin, D.A., Asgar, K.: Evaluation of alternative alloys to type III gold for use in fixed prosthodontics. *JADA* 93:622, 1976.
16. Vincent, P.F., Stevens, L., and Basford, K.E.: A comparison of the casting ability of precious and nonprecious alloys for porcelain veneering. *J Prosthet Dent* 37:527, 1977.
17. Moffa, J.P., Jenkins, W.A. : Status report on base-metal crown and bridge alloys. *JADA* 80:652, 1974.
18. Baran, R.R.: The metallurgy of Ni-Cr alloys for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 50:639, 1983.
19. Donovan, T.E., and White, L.E.: Evaluation of an improved centrifugal casting machine. *J Prosthet Dent* 53:609, 1985.
20. Jarvis, R.H., Jenkins, T.J., and Tedesco, L.A.: A castability study of nonprecious ceramometal alloys. *J Prosthet Dent* 51:490, 1984.
21. Nielsen, J.P., and Shalits, S.: Dental porcelain in dental casting, *J Dent Res* 59 (Special issue A): 432, 1980.
22. Nielsen, J.P., and Shalits, S.: Margir casting monitor. *J Dent Res* 56(Special issue B): 213, 1977.
23. Baran, G.: Casting effects on carbon contents of Ni alloys. *J Dent Res* 58(Special issue A): 196, 1979.
24. Compagni, R., Faucher, R.R., Yuodelis, R. A. : Effects of sprue design, casting machine, and heat source on casting porosity. *J Prosthet Dent* 52:41, 1984.
25. Barreto, M.T., Goldberg, A.J., Nitkin, D.A., and Mumford, G. : Effect of investment on casting high-fusing alloys. *J prosthet Dent* 44:504, 1980.
26. Johnston, J.F., Phillips, R.W., Dykema, R. W.: *Modern practice in crown and bridge prosthodontics*, ed. 3. W.B. Saunders Co. 1971, pp.254-255.
27. Hi-Temp casting investment technic. Jul., 1981. Whip-Mix Corp. Louisville, Ky.
28. Herning, G.: The casting of precious metal alloys in dentistry. A rational approach. *Br Dent J*, 133:428, 1972.
29. Rawson, R.D., Gregory, G.G., Lund, M.R.: Photographic study of gold flow. *J Dent Res* 51:1331, 1972.
30. Asgar, K. : *Metal Castings in Dentistry*, in Wachtel, L.W., editor: *Symposium Dental Biomaterials-Reserch Priorities, 1973*, HEW Publication No. (NIH) 74-548, pp.27-44.
31. Barretto, M., Goldberg, A.J., Nitkin, D., and Mumford, G.: Investment and technic variable effects in casting high fusing alloys. *J Dent Res* 58(Special issue A): 194, 1979.
32. Barretto, M., Mumford, G., and Goldberg, A.J. : Castability of high-fusing nonprecious alloys for fixed restorations. *J Detn Res* 57 (Special issue A): 199, 1978.
33. MacNamara, J.F., Eames, W.B., and Gregalot, J.L.: Marginal integrity of castings as influenced by vacuum/pressure and centrifugal casting machines. *J Dent Res* 56 (Special issue B): 213, 1977.
34. Whitlock, R.P., Hinman, R.W., Eden, G.T., Tesk, J.A., Dickson, G., and Parry, E.E.: A practical test to evaluate the castability of dental alloys. *J Dent Res* 60(Special issue A): 404, 1981.
35. Kaminski, R.A., Anusavice, K.J., Okabe, T., Morse, P.K., and Casteel, P.E.: Castability fo silver-base fixed partial denture alloys. *J Prosthet Dent* 53:329, 1985.
36. Presswood, R.G.: The castability of alloys for small casting. *J Prosthet Dent* 50:36, 1983.
37. Asgar, K., and Arfaei, A.H. : Castability and fit of some crown and bridge alloys, *J Dent Res* 56 (Special issue B): 213, 1977.
38. 이태호 : 도재 소부전강주조관에 사용되는 각종 합금의 주조성에 관한 비교연구. 대한치과보철학회지 18:87, 1980.
39. Howard, W.S., Newman, S.M., and Nunez, L.J. : Castability of low gold content alloys. *J Dent Res* 59:824, 1980.
40. Tylman, S.D., Malone, W.F.P. : *Tylman's Theory and Practice of Fixed Prosthodontics*. ed. 7. The C.V. Mosby Co. St. Louis 1978.
41. McLean, J.W. : *The Science and Art of*

Dental Ceramics, Vol. II. Quintessence Publishing Co., Inc. 1980.

42. Pines, M., Valdyanathan, T.K., Nielsen, J., Shalita, S., and Schulman, A. : Castability analysis of dental alloys, IADR Progr & Abst 58: No. 416, 1979.
43. Chang, R. : Physical Chemistry with Application to Biologic Systems. ed. 2. MacMillan

Publishing Co. Inc. New York, 1981.

44. 박용진, 진영철 : 주조공학, 기전연구소, 1982.
45. O'Brien, W.J., Ryge, G.: An Outline of Dental Materials and their selection. W.B. Saunders Co., 1978.
46. DeWald, E. : The relationship of pattern position to the flow of gold and casting completeness. J Prosthet Dent 41:531, 1979.

- Abstract -

**THE EFFECT OF THE VENT ON THE CASTABILITY OF A NONPRECIOUS
ALLOY USED FOR PORCELAIN-FUSED-TO-METAL CROWN**

Jin Geul Lee, D. D. S., Wan Shik Chang, D. D. S., PhD.

Dept. of Prosthodontics, College of Dentistry Seoul National University

To study the effect of the vent and dense surface of the phosphate-bonded investment on the castability of a non-precious alloy used in PFM restoration, one-ended polypropylene straw patterns of 0.15mm thick, 5mm radius, 10mm high were cast with Vera Bond.

The following results were obtained.

1. Thin patterns could be cast completely with a non-precious alloy.
2. No difference in the castability was found among the patterns with vent, chill vent and without vent.
3. Dense surface of the phosphate-bonded investment had no effect on the castability of a non-precious alloy.