

技術資料

치과정밀주조법

김 형 일*, 박 의 민**

Dental Precision Casting

H. I. Kim*, I. M. Park**

서 언

치과에서 행하여지는 주조의 목적은 결손치질을 금속으로 정확히 수복하기 위해서이다. 주조를 하여 제작된 금관이 작게 되면 적합이 되지 않는다. 반면에 금관이 크게 되면 치아와 금관 간의 공간이 확대되어 이 부분에는 합착용 시멘트(cement)로 채워지게 된다. 그리하여 금관의 변연부에 용해도가 높은 시멘트가 많이 노출되어 결국에는 실패를 초래하게 된다. 치아와 금관은 열팽창 계수가 다르기 때문에 구강내 상태에서 완전한 적합이 지속적으로 유지 될수는 없다. 그러나 주조된 금관의 적합이 정확하면 정확할수록 2차 우식의 발생이 적어진다. 그러므로 주조체인 금관은 가능하면 정확해야 한다.

치과에서 인레이(inlay), 금관, 국부의치의 주조시 사용되는 치과 정밀주조법은 lost-wax법으로, 이는 납형(wax pattern)을 제작하고 이것을 매몰재(investment)로 매몰하여 주형을 건조한 후에 왁스를 용해 유출시켜서 공동(cavity)을 만들어, 그 공동에 금속을 주입하는 방법이다. 이 방법은 1897년, B. F. Philbrook가 inlay 치과주조에 재사용한 이후 세계 1차대전 중의 긴급한 군사적 요구로 인해 크게 발전하여 현재의 공업적 정밀주조의 근간을 이루고 있는 법이다.

이 방법의 모든 공정을 조심스럽게 시행 한다면 칫수오차가 임상적인 견지에서 용인되는 0.05% 정도인 정밀한 주조체를 얻을 수 있다. 본 자료에서는 치과용 정밀 주조에 대해 소개한다.

1. 납형제작

납형은 직접법(direct method) 또는 간접법(indirect method)으로 제작될 수 있다. 직접법은 환자 구강내의 삭제된 치아에서 직접납형을 제작하는 방법이고, 간접법은 삭제된 치아를 복제한 모형에서 즉 구강밖에서 납형을 제작한다. 보통 수복할 범위가 적은 작은 인레이 경우는 직접법으로 납형을 제작한다. 구강내에서 직접 납형을 만드는 직접법의 경우는 미국치과의사협회규격 제 4 호 또는 대한치과의사협회규격 제 7 호의 분류에 따른 제 1형 치과용 인레이 주조 왁스인 직접용 왁스(hard wax)를 사용하고, 간접법의 경우는 제 2형인 간접용 왁스(soft wax)를 사용하여 요구되는 납형을 제작한다. 직접법에서는 왁스가 충분한 유동성이 있도록 왁스의 조각을 불꽃 상부에서 가열하여 형성된 와동에 압접하고 해부학적 형태로 조각한다. 그러나 왁스를 지나치게 가열하면 조직의 손상 환자의 불쾌감, 지나친 유동성으로 인한 사용상 어려움 등이 있기 때문에 왁스의 지나친 가열은 피하여야 한다. 간접법의 경우 납형이 모형에서 쉽게 분리되도록 모형에 이형제를 바른후에 유동성이 있는 왁스를 압접 하거나, 왁스를 녹여 조각도로 모형에 첨가하여 조각한다. 왁스는 열팽창계수가 높고 납형 제작 후에도 변형하는 경향이 있으므로, 납형 제작과정에서 주의하지 않으면 주조체가 부정확할 가능성이 많다. 직접법의 경우 납형은 구강내의 온도(37°C)에서 제작되고 실온에서 매몰되는데 이때 왁스의 수축을 고려해야 한다. 어느 방법으로 제작된 납형이든 보관 온도가 높거나 실온이

*부산대학교 치과대학 치과재료실

**부산대학교 금속공학과

라도 보관 시간이 길어지면 변형이 커지는 경향이 있다. 그러므로 납형은 제작 후 즉시 매몰하는 것이 좋다.

즉시 매몰을 하지 못하는 경우는 변형을 최소화 하기 위해 냉장고에 보관할 수도 있으나 냉장고에서 보관된 납형은 매몰하기 전에 실온까지 온도상승이 되도록 하여야 한다.

2. 주입선 핀의 부착(spruing)

주형에 용해된 금속을 주입하기 위한 탕구를 만들기 위해 납형에 주입선핀(sprue pin, sprue former)을 부착한다. 이때 주입선 핀의 종류, 위치, 방향, 크기를 고려해야 한다. 왁스로 내부가 채워진 hollow pin이 solid pin 보다 납형에 잘 부착된다. 주입선 핀은 납형의 미세한 가장자리에서 멀리 떨어진 가운데 있는 두터운 부분에 부착되어야 납형의 변형이 최소화 된다. 주입선 핀의 방향은 용해 금속의 흐름에 난류(turbulence)가 최소화 되고 납형의 미세한 변연부를 향하도록 세워져야 한다. 주입선의 핀의 직경은 주조체의 크기에 관계되며 매우 작은 인레이에는 1.3mm, 대부분의 인레이는 20mm, 아주 큰 금관의 경우는 2.6mm 정도의 것을 사용한다. 직경이 너무 작은 것을 사용하면, 주조시 용해된 금속이 주형의 공동을 완전히 채우기 전에 주입되는 통로에서 고체화 된다(그림 1). 어떤 경우는 reservoir(압탕)가 필요한 경우도 있

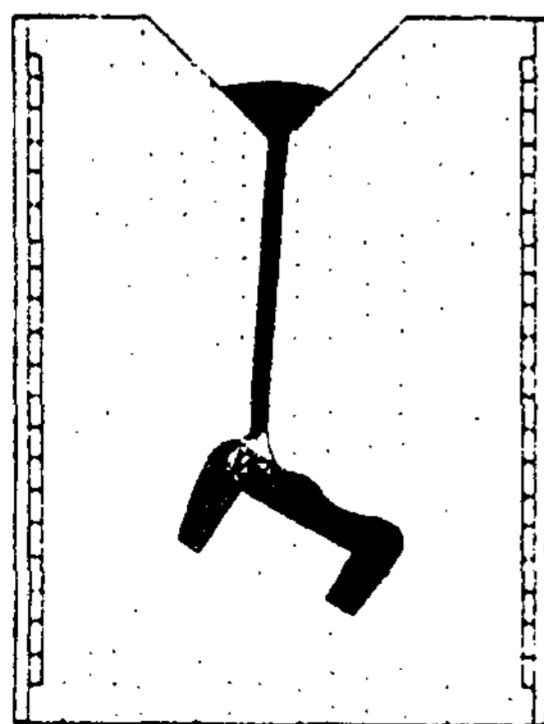


그림. 1 Contraction porosity at the attachment of a thin sprue.(From Anderson, J. N.: Applied dental materials. 5th. ed., Oxford, Blackwell scientific publications, 1976.)

는데, 납형에서 1mm 정도 떨어진 핀에 왁스 조각을 첨가해서 만든다.

이것은 합금이 액체상태에서 고체상태로 변할때 생기는 수축에 의한 기공을 방지하는 효과가 있다. Reservoir가 차지하는 부분의 단면이 주조체의 단면보다 커야 합금 주입 후 reservoir의 용해된 합금이 주된 주조체보다 늦게 고체화되어 수축에 의해 생긴 공간을 채울 수 있게 된다.

충분한 크기의 주입선 핀을 사용하면 reservoir는 보통 불필요하다.

인레이보다 큰 주조체의 경우, 예를 들면, 국부의치의 금속으로 된 골격부는 여러 개의 주입선을 사용할 필요가 있다. 그래야 주조체의 한 부분에서 고체화가 개시되기 전에 용해된 합금이 주형을 채울 수 있다.

3. 원추대와 주조용 링

납형에 부착된 주입된 핀을 원추대(crucible former, sprue base) 가운데 구멍에 삽입하고 젓은 석면 조각 또는 석면 대응재료를 내면에 댄 주조용 링으로 납형 둘레를 싼다(그림 2). 이때 석면

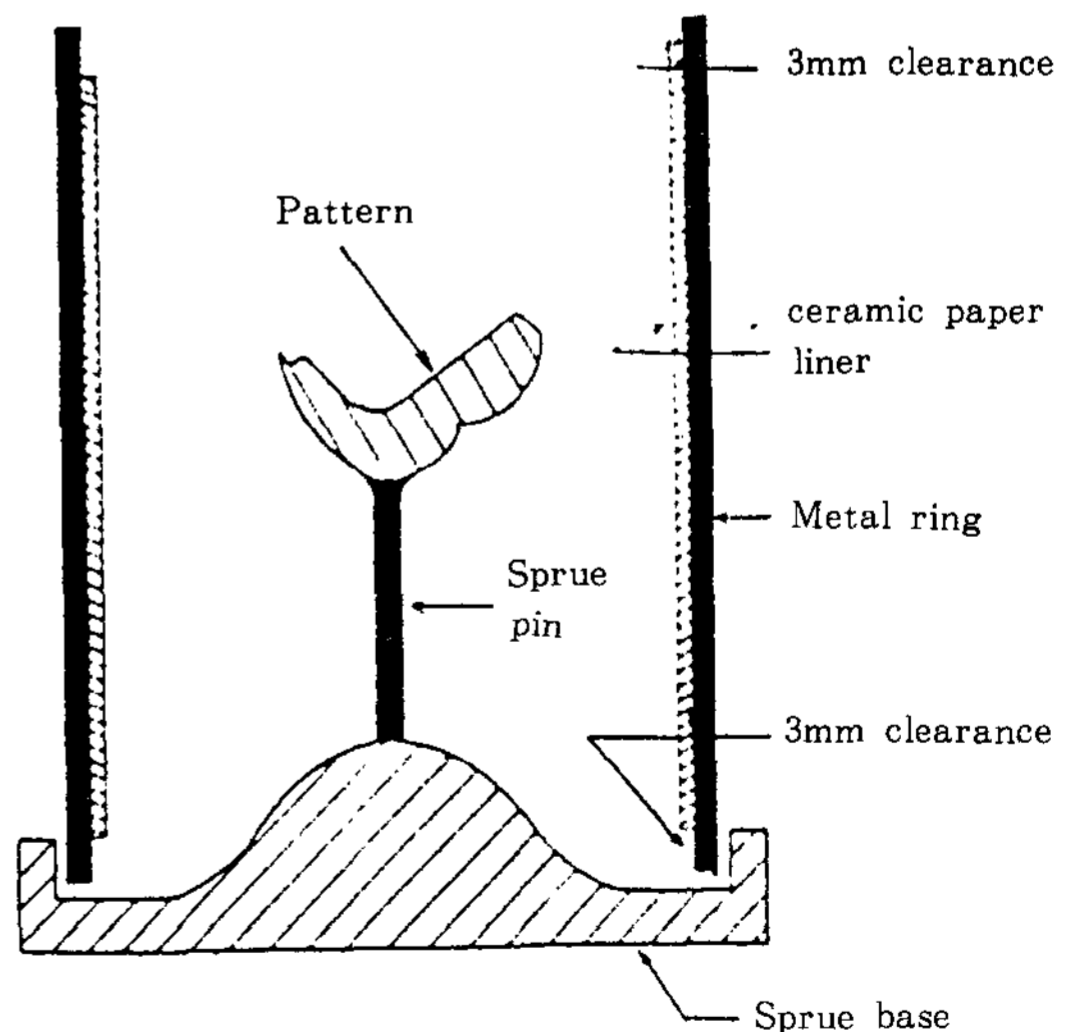


그림. 2 Assembled sprue base and metal casting ring.(From Craig, R. G.(Ed.): Restorative dental materials. 7th. ed., St. Louis, The C. V. Mosby., 1985.)

의 두께는 1mm 보다 작아서는 안된다. 석면을 젖게하는 방법은 주조용 링 내면에 마른 석면조각을 대고 물 속에서 적신다. 석면 조각은 측면으로 생기는 팽창을 위한 완충 역할을 한다. 석면 조각은 주조용 링 양 끝에서 3mm 정도는 되지 않는 것이 좋다. 이렇게 하면 매몰재가 주조용 링에 고정된다.

4. 매 물

치과용 금합금의 주조에는 석고계 매몰재를 사용한다. 국부의치(partial denture)에 사용되는 대부분의 비귀금속 합금과 도재소부 전장금관(porcelain fused-to-metal crown)에 사용되는 합금은 금합금보다 용해 온도가 높다. 이들은 주형의 온도를 700°C 이상으로 하여 주조를 해야 하기 때문에, 이들 합금의 주조에는 석고계 매몰재를 사용하지 않는다. 보통의 비귀금속 합금은 850-1100°C의 주형온도에서 주조한다. 이러한 높은 온도를 견디기 위해서는 인산염 또는 실리카를 결합재로 한 인산염계 매몰재, 실리카계 매몰재를 사용해야 한다. 제조회사에서 권유하는 혼수비(W/P ratio)로 물과 매몰재를 혼합하고, 진동기에서 진동시켜 혼합물 내부에 있는 기포를 제거한다. 왁스의 표면은 물에 잘 젖지 않기 때문에, 혼합물을 납형의 표면에 균일하게 도포하기는 어렵다. 이런 경우 주조체의 정확도가 떨어진다. 혼합물을 납형표면에 도포하기 전에, 보통 납형에 wetting agent를 얇게 바르고 건조시킨다. 그리하여 물의 표면 장력이나, 왁스가 물에 반발하는 것 같은 최종 주조체 해로운 영향을 제거한다. 그리고나서 납형 표면에 생기는 기포 발생의 가능성을 줄이기 위해 납형에 물과 혼합된 매몰재를 부드러운 붓으로 일차 바른다.

주조용 링을 일차 매몰된 납형 주위에 둘러 싸고 주조용 링 가장 자리에서부터 물과 혼합된 매몰재를 조금씩 넣어 링의 아래서부터 채워지게 한다.

이렇게 함으로써 주형에서 기포의 발생을 줄일 수 있다. 주조체의 결합 중의 하나는 주조체 표면에 작은 혹(nodule)이 생기는 것이다. 이것은 매몰하는 동안 작은 기포가 모여서 생긴 것이다. 이러한 기포를 제거하기 위해서 매몰하는 동안 혼합물을 진공상태로 유지시키기도 한다. 진공매몰법을 시행하면 매몰재의 밀도가 증가되기 때문에, 매몰재의 다공성(porosity)이 감소하여 주조체의 표면

이 매끄러워지고 미세부 재현성이 좋아진다. 매몰재는 혼입을 시작한 후 45-60분이면 경화된다. 용해된 합금이 주형이 공간으로 주입될 때 내부에 있는 기체는 빠져 나가야 한다. 이때 주형의 바닥으로 빠지게하는 것이 좋다. 기체가 잘 빠지도록 하기 위해서는 납형과 링 끝 부분사이에 있는 다공질의 매몰재는 충분한 강도를 갖고 있으면서 두껍지 않는것이 좋다. 기체가 잘 빠지지 않으면 주조체의 모서리 부분이 동그렇게 되거나 미세한 부분이 잘 나타나지 않는다(그림 3).

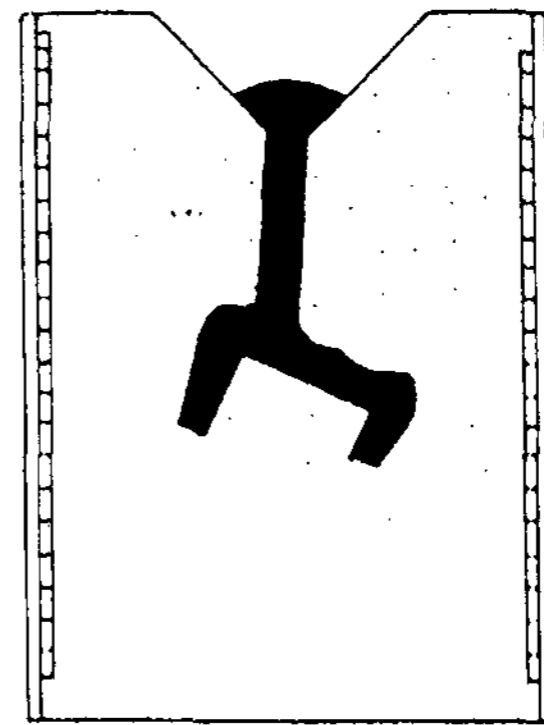


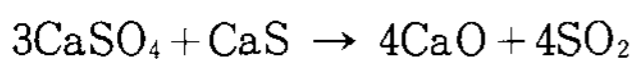
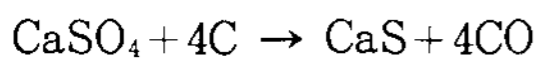
그림. 3 Back pressure effect. Pattern invested too far away from the base of the ring.(From Anderson, J. N. : Applied dental materials. 5th. ed., Oxford, Blackwell scientific publications, 1976.)

5. 왁스의 제거와 주조용 링의 가열

매몰재가 경화된 후 주조용 링에서 원추대를 분리하고 매몰재에서 핀을 뺀다. 매몰하기 전에 핀의 표면에 왁스를 바른 경우는 핀을 가열하면 쉽게 빠진다. 그리고나서 노 안에서 주형을 서서히 가열한다. 주형의 가열은 요구되는 최소한의 시간과 적절한 온도로 조심스럽게 시행되어야 한다. 가열하는 목적은 납형의 왁스를 완전히 제거하고 주형의 정확한 열팽창을 위해서이다.

노 안에서 왁스를 제거할때 처음에는 주입선이 아래로 가게 하여 왁스의 대부분이 액체상태로 흘러 내리게 하며, 30분 후 주조용 링을 뒤집어 주입선을 위로 가게 하고 30분 이상 가열하여 왁스를 기화시킨다. 왁스는 비교적 낮은 온도에서 용해되

지만 완전한 제거를 위해서는 매우 높은 온도가 요구된다. 왁스는 탄소, 수소로 이루어진 유기재료이다. 고온으로 가열되면 왁스는 분해되어 CO₂, H₂O로 되어 기체상태로 쉽게 제거된다. 이러한 기체의 형성은 산소의 충분한 공급, 노의 높은 온도, 주조용 링을 가열하는 적절한 시간에 달려 있다. 만약 왁스의 성분이 기화되어 완전히 제거되지 않으면 탄소의 미립자가 매물재의 기공(pore)을 막게 되어 주형의 통기성이 감소하여 주조체에 배압에 의한 다공성(back pressure porosity)이 생길 수 있다. 그리고 주형의 내부 벽면에 탄소가 남아 있게 되면 주조가 완전하게 되지 못하거나 주조체의 표면이 검게 된다. 이러한 금합금 주조체 표면의 검은 색의 탄소는 흔히 시행되는 산세(pilckling)로는 제거되지 않는다. 직접법의 경우 납형이 제작되는 체온과 납형이 매몰되는 실온간에 생기는 왁스의 수축, 주조온도에서 실온까지 생기는 주조합금의 수축(치과용 금합금 : 1.25-1.7%)을 매물재 주형의 팽창으로 적절히 보상 하여야 수복물의 적합성이 좋아진다. 매물재는 열전도도가 낮다. 주형을 미리 가열한 노에 집어 넣거나 노의 가열을 급속히 하면, 주형이 내부와 외부 간에 온도 차가 커지게 된다. 그러므로 주형이 균일하게 팽창되지 않는다. 고온에 노출된 주형의 외부가 내부보다 약간 많이 팽창되어 주형에 금이 가거나 깨어지게 된다. 석영을 포함하는 매물재 보다 열팽창이 큰 cristobalite를 포함하는 매물재가 특히 그러하다. 그러므로 주형이 금이 가거나 깨지는 것을 방지하기 위해 주형을 균일하게 가열해야 한다. 그러므로 주형을 노안의 벽면에 또는 벽면에 가깝게 두어서도 안되고, 낮은 온도에서 원하는 높은 온도까지 서서히 가열해야 한다. 도재소부 전장금관용이 아닌 치과용 금합금은 석고계 매물재를 사용하는데, 이 매물재는 700°C 이상으로 가열되어서는 안된다. 왜냐하면 매물재 내에 있는 황산칼슘이 700°C 이상에서 SO₂, SO₃으로 분해되며, 이것들이 주조체의 취성을 높이는 경향이 있기 때문이다. 황산 칼슘 자체는 약 1000°C 이하에서 분해되지 않는다. 그러나 700°C 이상에서 탄소에 의한 황산 칼슘의 환원이 급격히 진행된다.



이러한 사실을 고려할때 왁스는 완전히 제거되어야 하고, 흑연을 포함하는 매물재는 700°C 이상

으로 가열되어서는 안된다.

6. 합금의 용해, 주조체의 세척

용해온도 범위가 870-1000°C인 치과용 금합금의 용해에 가장 많이 쓰이는 방법은 아세틸렌과 공기를 병용한 불꽃(gas-air torch)이다. 이때 온도가 높은, 옅은 청색을 띤 환원층의 불꽃을 이용하여 충분히 가열하여야 한다(그림 4). 합금을 용해온도보다 약 70°C 높게 가열하면 주조하기에 충분한 유동성이 생긴다. 임상적으로 거울같은 표면이 되

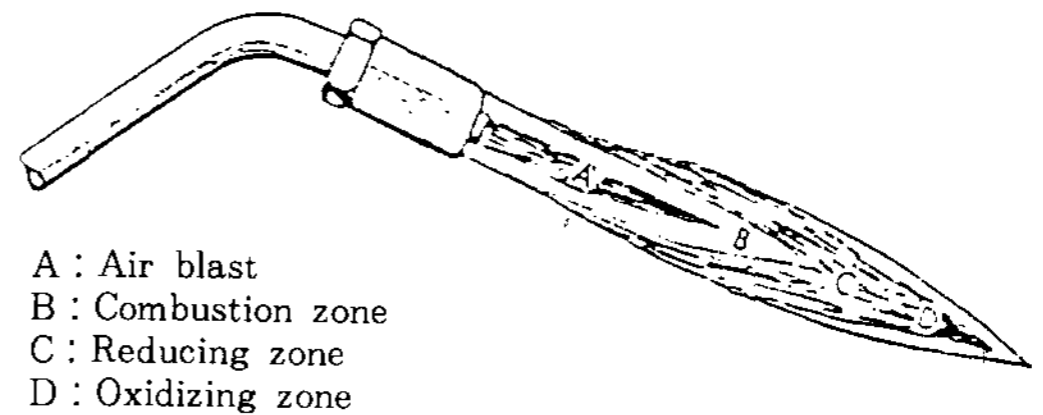


그림. 4 Blowpipe flame and zones.(From Tylman, S. D.: Theory and practice of crown and fixed partial prosthodontics(bridge). 6th. ed., St. Louis, The C. V. Mosby Co., 1970.)

면 합금이 적절히 용해되었다고 생각한다. 주조하기에 적당한 온도가 되면 용해된 금합금은 밝은 오렌지색이 되며, 불꽃이 움직임에 따라 회전하거나 움직이는 경향이 있다. 합금이 완전히 용해되면 용제(flux)를 적당량 첨가한다. 용해금속의 표면에 형성된 용제의 피막은 산화를 방지하는 역할을 한다. 또한 용제는 산화물을 용해하여 분리성이 좋은 slag를 생성 시킨다. 용제는 합금보다 용해온도가 낮고, 쉽게 기화되지 않아야 효과적이다. 붕사(borax, sodium tetraborate, Na₂ B₄ O₇ 10H₂O)는 금합금에 존재하는, 주로 산화 구리인 금속 산화물을 용해 시킨다.

도재소부 전장금관용 합금이나 국부의치용 비귀 금속 합금은 높은 용해온도 때문에 가스-공기 불꽃으로 합금을 충분히 용해시킬 수 없으므로 이들 합금의 용해방법으로는 산소-아세틸렌가스 용해 또는 고주파 전기유도 용해 등을 이용한다. 산소-아세틸렌가스 용해법은 산소와 아세틸렌을 적당한 비율로 하여 사용해야 한다. 만약 산소가 너무 많으면 합금의 산화가, 아세틸렌이 너무 많으면 합금

에 탄소의 pick-up이 생긴다. 전기로 가열하는 유도 용해법은 이러한 문제들을 해결한다. 가열된 주형(그림 5)을 노에서 꺼내어 주조기에 위치하고 주입을 시작한다. 치과에서 가장 많이 사용하는 주조기는 원심주조기이다(그림 6). 원심주조기를 이용

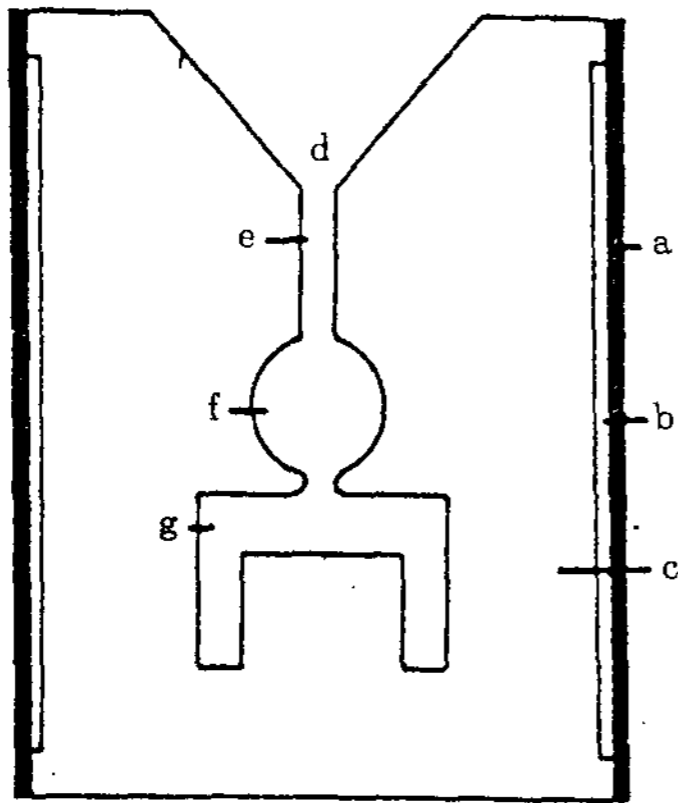
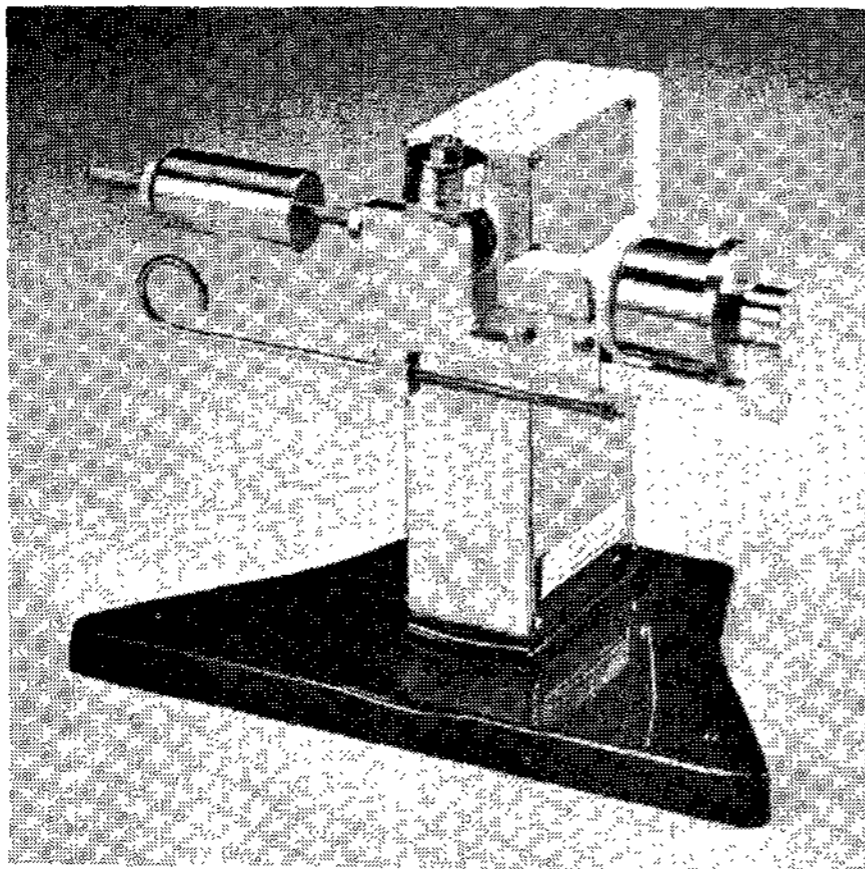


그림. 5 Cross section through an inlay casting mold, after removal of crucible former, sprue and wax. (a) casting ring, (b) asbestos lining, (c) investment materials, (d) crucible, (e) sprue, (f) reservoir, (g) inlay mold.(From Combe, E. C. : Notes on dental materials. 4th. ed., Edinburgh, Churchill Livingstone, 1981.)

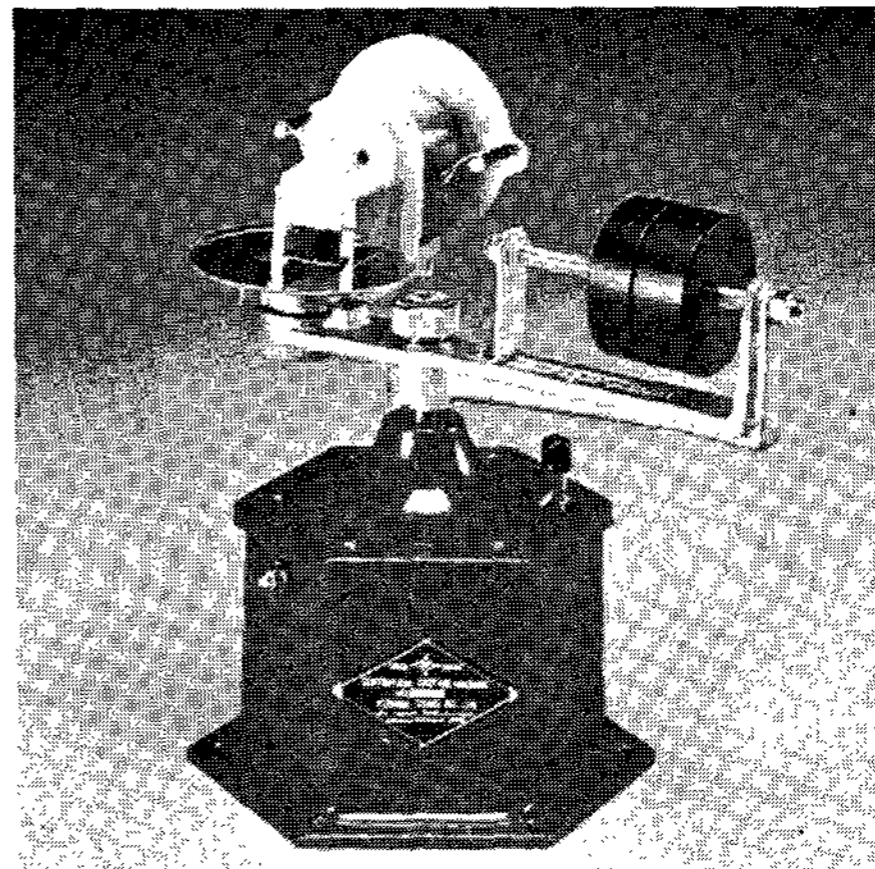
하는 경우, 용해된 합금에 가해지는 압력은 회전 arm의 각속도, 반경 그리고 합금의 중량에 의해 결정된다. 이 중에서 회전속도가 가장 중요하다. 주조 후 원심주조기가 회전을 중지하고, 주조체가 붉은 색에서 700°C 이하의 검은 색으로 변하면 주조용 링을 주조기에서 들어 내어 물속에서 급냉시키고 매몰재를 제거한다. 급냉하면 금합금은 소둔 상태로 되어 연화되고, 매몰재는 쉽게 파쇄 될수 있어 주조체의 세척이 쉬워진다. 매몰재를 제거한 주조체를 약간 가열하여 50% 염산용액에 집어 넣어, 주로 산화 구리인 검게 보이는 표면 산화물을 제거한다. 이때 금속으로 된 집계를 사용하면 안된다. 왜냐하면 산 속에서 전기분해 전지가 형성되어 주조체의 표면에 다른 금속에 의한 도금이 될 수 있기 때문이다. 그러므로 플라스틱을 입힌 집계 또는 나무 집계를 사용한다. 산세를 한뒤, 주조체를 흐르는 물에 씻고, 중탄산 나트륨(sodium bicarbonate) 용액에 잠시 넣어 산을 완전히 중화시키고 연마를 한다.

참 고 문 헌

1) Anderson, J. N. : Applied dental materials 5th. ed., Oxford, Blackwell scientific Publications.



(a) vertical type



(b) horizontal type

그림. 6 A centrifugal casting machine.

1976.

2) Combe, E. C. : Notes on dental materials. 4th. ed., Edinburgh, Churchill Livingstone, 1981.

3) Craig, R. G.(Ed.) : Restorative dental materials. 7th. ed., St. Louis, The C. V. Mosby Co., 1985.

4) Craig, R. G., Brien, W. J., and Powers, J. M. : Dental materials : Properties and manipu-

lation, The C. V. Mosby Co., 1983.

5) Phillips, R. W. : Skinner's science of dental materials. 8th. ed., Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1982.

6) Tylman, S. D. : Theory and practice of crown and fixed partial prosthodontics(bridge). 6th. ed., St. Louis, The C. V. Mosby Co., 1970.

〈國內外 鑄物關聯行事〉

1989年

9月 11日 - 9月 12日

The European Organization for Quality(EOQC)
3th European Seminar on Top-Management and Quality
St-Gallen, Switzeland

10月 6日 - 10月 9日

日本鑄物協會
第116回 全國講演大會
北海道大學 學術交流會館, 日本國

10月 12日

大韓金屬學會
제 3 회 분말야금 기술강좌
자동차공업회관, 서초구, 서울

12月 5日 - 12月 6日

The Institute of British Foundrymen
Major Conference on light Alloy Castings
Birmingham, England

11月 10日

韓國鑄造工學會
1989年度 定期總會, 秋季學術發表 및 技術講演大會
中小企業會館, 여의도, 서울

1990年

5月 28日 - 6月 1日

Verband Deutscher Druckiessereien
13th International Die Casting Conference
Munich Deutscher

6月 18日 - 6月 22日

The Commission of the European Communities (C. E. C)
7th International Conferences
Brest, Brittany, France

7月 3日 - 7月 4日

Federation of Scientific and Technical Societies
Third International Conference on Computer Application in Foundry Production
Sofia, Balgasiu

9月 23日 - 9月 28日

International Committee of Foundry Technical Associations(CIATF)
57th World Foundry Congress
大阪, 日本