

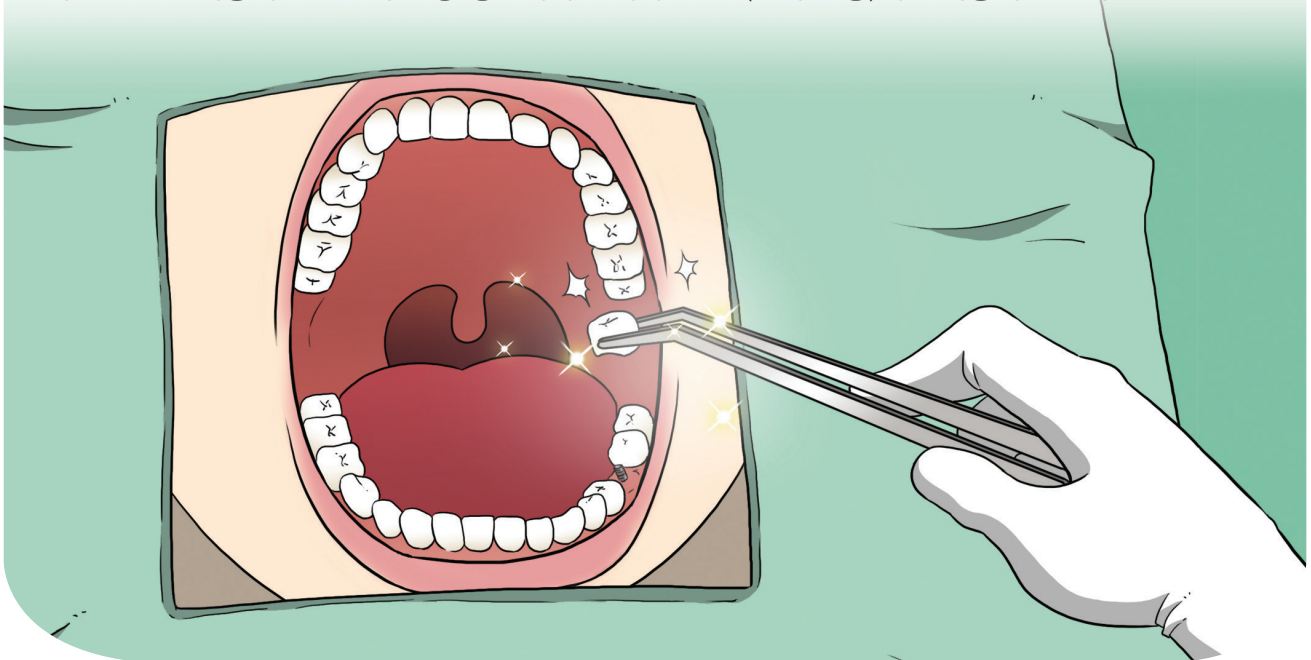


치과 보철물에 포함된 베릴륨의 유해성



베릴륨이란?

- 베릴륨(beryllium, Be)은 원자번호 4번, 원자량 9.01218, 밀도 1.8477, CAS번호 7440-41-7의 원소주기율표에서 2족에 속하는 알칼리토금속으로서 합금을 할 경우 가벼우면서도 강도는 강해지는 특성이 있다.
- 항공우주산업에 중요소재로 사용되며, 중성자를 흡착하거나 반사하는 특성도 있어 핵관련산업에서 필수적인 물질로 사용되고 있으며 일상 생활에서는 치과보철물(크라운 등)에도 사용되고 있다.



베릴륨의 용도

- 베릴륨은 합금에서 경화제(hardening agent)로 주로 사용된다.
 - 힘강도, 열적안정성 등 우수한 특성을 가지고 있어 합금제조, 첨단소재 제작 등에 활용
- 베릴륨이 포함된 합금은 보철물 제작 시 작업성이 우수하다.
 - 과도한 산화막 형성을 막아주고 도기 재료(porcelain 등)와 금속간의 결합 강도를 증가시킴



베릴륨의 노출기준 및 발암성

- 노출기준

한국 고용노동부	미국 산업안전보건청(OSHA)	미국산업위생전문가협회(ACGIH)
0.002 mg/m ³	0.002 mg/m ³	0.00005 mg/m ³

* ACGIH 노출기준 설정근거 : 베릴륨의 감작(Sensitization) 및 만성베릴륨질환(Chronic Beryllium Disease), 베릴륨 진폐(Berylliosis)를 예방하기 위한 기준

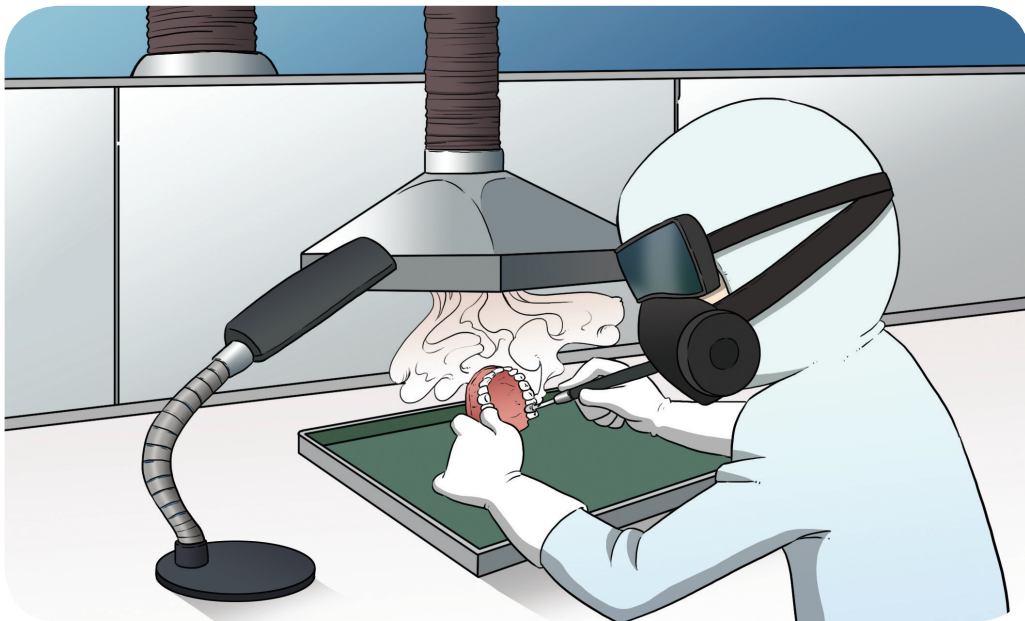
- 발암성 구분 : 1A (발암 물질)





치과기공사와 베릴륨

- 베릴륨이 포함된 합금을 취급하는 치과기공사들에게서 만성베릴륨질환이 지속적으로 발생하고 있다.
 - OSHA에서는 OSHA Hazard Information Bulletin을 통해 베릴륨합금을 취급하는 치과기공사(dental laboratory technicians)의 만성베릴륨질환 위험을 경고함
 - 베릴륨이 함유된 금속합금을 sandblasting하거나 그라인더로 연마하는 작업을 수행하던 근로자에게서 만성베릴륨질환이 발생
 - 최근의 연구결과를 인용하여 베릴륨에 대한 OSHA의 허용기준인 0.002 mg/m^3 이하의 농도에서도 만성 베릴륨질환이 발생할 수 있음
 - 근로자 건강관리를 위해 베릴륨이 포함된 합금을 주조, 절단, 연마, 광택 내는 등의 모든 작업은 적절히 설계된 국소환기장치를 사용하고 개인보호장비(PPE)를 갖추고 작업할 것을 권고함
- ※ 참고자료 : OSHA Hazard Information Bulletin, Preventing Adverse Health Effects From Exposure to Beryllium in Dental Laboratories, OSHA HIB 02-04-19 (rev. 05-14-02)



치과기공사의 베릴륨 노출수준

- 연구자 Rom WN 등이 미국 Salt Lake City지역에서 베릴륨 합금을 사용하여 크라운, 브릿지 등의 작업을 하던 6개 치과실험실 기공사에 대한 베릴륨 노출수준을 평가한 결과
 - 베릴륨 농도는 0.00029 mg/m^3 미만 ~ 0.0044 mg/m^3 으로 평가
 - 이중 1개 실험실에서는 0.0027 mg/m^3 ~ 0.0044 mg/m^3 으로 미국 산업안전보건청(OSHA) 허용기준인 0.002 mg/m^3 을 초과한 경우도 있었음
- ※ 크라운 : 치아의 상한 부분을 갈아내고 그 위에 귀금속이나 합금으로 씌우는 것
- 브릿지 : 치아 상실시 양옆의 치아를 깎아서 연결하는 것





치아 제작 과정 및 베릴륨 노출 작업

✓ 도자기치아 제작 과정

주형제작

용해 및 주입

다듬기

보철물 완성

● 주형 제작(Wax 및 매몰 작업)

- 치과로부터 크라운 작업이 필요한 치아모형을 받아 금속합금이 채워질 부분에 대해 먼저 wax를 바름
- 주조용 매몰재(investing material)를 이용하여 wax 작업이 된 모형을 매몰하는데 이것은 마치 주물을 제작하기 위해 쇳물이 들어갈 주형을 만드는 과정이라 할 수 있음



Wax 작업

● 금속합금의 용해 및 주입

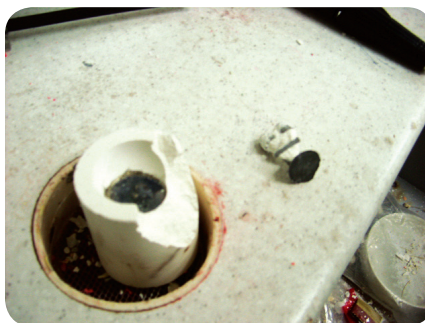
- 매몰된 주형을 고로에 넣고 약 900℃ 정도로 가열하면 주형 내의 wax는 모두 녹게 되며 금속합금이 채워질 공간이 생김
- 가열된 주형을 원심주조기의 안쪽에 위치시키고 그 바로 앞쪽에서 금속합금을 용해하여 원심 주조기에서 회전을 시켜주면 용해된 합금이 주형내의 빈 공간(wax가 있었던)으로 주입됨



금속합금 용해작업 및 주입

● 다듬기(trimming) 작업

- 금속합금이 주입된 주형을 해체해 주면 주물이 완성되며 다음에는 주물을 소형 그라인더를 이용하여 다듬기(trim) 작업을 수행하고 샌드블라스팅기를 이용하여 광택 작업을 수행



완성된 주물(주형해체 전)



주물 다듬기 작업

● 도자기 build-up 작업

- 다듬기 작업 후 치아 색깔의 도자기를 칠해주고 고로에서 900~950℃ 정도로 구어주면 도자기치아 보철물이 최종 완성



고로 (Furnace)

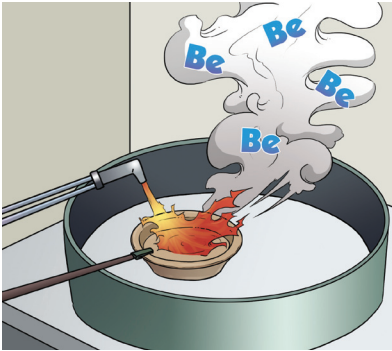


도자기 build-up 작업





베릴륨 노출가능 작업



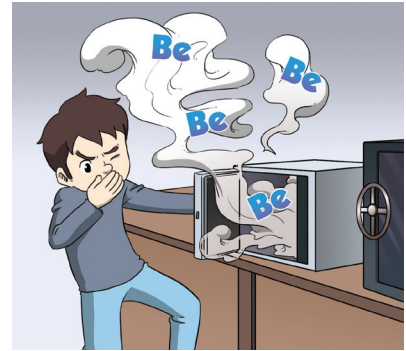
금속합금의 용해 및 주입

금속합금을 용해할 때 금속 흡이 발생하며 베릴륨이 함유된 합금을 사용할 경우 금속 흡의 성분 중에 베릴륨이 포함



다듬기(trimming) 작업

소형 연마기를 이용하여 완성된 주물에 대한 다듬기 작업을 수행할 때 베릴륨이 포함된 금속분진이 발생



도자기 build-up 작업

치아 색깔의 도자기를 칠해주고 고로에서 900~950℃ 정도로 굽는 과정에서 발생하는 금속흡의 성분 중에 베릴륨이 포함



베릴륨 노출근로자 건강장해 예방

- 함유기준(식약청 기준 베릴륨 함량 0.02%) 미만의 제품 유통
- 보철재료의 정확한 성분 및 함량 정보가 포함된 MSDS 자료 제공
- 베릴륨 노출 가능한 작업 장소에 국소배기장치 설치
- 베릴륨 노출 가능한 작업 장소에 근무하는 근로자는 호흡용 보호구 착용
- 베릴륨 합금을 취급하는 근로자에 대해 주기적으로 건강진단 실시 및 관리

치과기공소의 베릴륨 취급 제조과정

1. modeling

치과의원이나 병원에서 의뢰한 치아의 모형으로부터 wax carving하여 모델 및 거꾸집을 만든 후 석고로 형틀을 만드는 과정이다.



2. casting

주문형태(gold crown, metal crown, partial frame, porcelain)에 따라 필요한 금속 및 필요량을 결정한 후 도가니에 넣어 용해(800℃)한다. 원심분리기를 이용하여 용해된 합금주물은 석고 거꾸집과 연결하여 치아모델로 이동한다. 베릴륨이 함유된 것을 사용하면 베릴륨의 흡이 노출될 가능성이 있다.



3. polishing

주물이 부어진 석고거꾸집에서 금속주물 인공치아의 주형을 분리하여 제품을 필요에 따라서 절단 및 연마하고 광택을 내어 적합도 검정을 거쳐 완성에 이르게 된다. 베릴륨이 포함된 경우 grinder로 연마나 광택을 내는 공정에서 베릴륨 분진에 의한 노출이 있을 수 있다.

