

# 石綿帶內裝을 어떻게 하면 鑄造收縮과 鑄造變形을 해결할 수 있을 것인가.

(鑄造收縮 補償法 開發을 위한 實驗的 研究 °F)

韓 澤 善 / 高麗大學校 名譽教授

## I. 서 론

치과 보철물을 주조(鑄造)하기 위한 과정중 가장 큰 관심사는 加溫 형성된 wax pattern이 室溫으로 냉각되면서 수축되는 量과 용융상태에서 주조된 주조체가 실온으로 냉각되면서 수축되는 양을 합한 만큼 casting mold를 팽창시켜서 형성치에 일치되도록 그 수축된 양을 보상할 수 있게 하는 문제 일것이다.

이와같은 문제를 향상시키기 위하여는 형성치에 대한 인상채득에서부터 casting 완료에 이르기까지의 모든 조작단계가 각각 그 보상효과에 중요한 영향을 미치게 함은 주지된 사실이겠지만, 이들 여러 조작단계 중에서도 가장 큰 보상효과를 기대하고 있는 기본적인 조작단계는 역시 casting ring내면에 석면대내장(asbestos lining)을 함으로써 주조링 내벽에 의하여 매물체의 가열 팽창이 저해되는 작용을 완충시키는 조작이라 하겠다.

그런데 여러가지 조작단계를 대과없이 준수하면서 특히 석면대 내장을 현행 관례에 따라 잘 실행하여서 얻어진 주조체라 하더라도 과연 형성치에 정밀 적합되었다고 자부할 수 있을 정도로 주조수축이 보상된 주조체를 얻었는지에 대하여는 많은 임상가들은 항상 의문을 남기지 않을 수 없었을 것이다. 그럼에도 불구하고 만약 주조체를 형성치에 쉽게 시적 완료할 수 있었다면, 그것은 아마도 형성치에 일치되도록 주형을 정확히 팽창시켜서 얻어진 주조체라기보다는,

① 전부관의 경우처럼 관외유지형(extra coronal retention form)인 경우는 wax pattern 채득과정에서 혈겁게 채득하는 각종 조작을 하는 경우와 주조후 주조체의 내면이나 교합면 또는 형성치면이나 대합치면 등을 추가 삭제하는 등의 기계적인 변칙적 조절조작을 하는 경우가 대부분일 것이며, 그 결과는 형성치면 전면에 대하여 결코 정확한 적합도를 얻은 것이라고는 할 수 없을 것이다. ② 특히 inlay의 경우처럼 관내(intra coronal) 또는 관내외유지형(intra-extra coronal retention form)인 경우에는 그나마 위와같은 변칙적인 조절방법도 거의 불가능한 것이어서 그 적합도는 보다 불량한 것이 되기 쉬운것 이므로 inlay는 더욱 기피되어 사양화되는 경향을 면치 못하게 되는 것이 아닌가 사료된다.

그러므로 이렇듯 주조수축에 대하여 불완전한 재래식 보상방법에 비해 보다 확실히 보상할 수 있는 방법을 개발하는 수단의 일환으로, 전번에 저자는 우선 casting ring의 형태를 개변하는 문제에 착안하여 수종형태의 casting ring을 고안하고 이를 수종의 방법으로 실험한 결과 주조수축 보상을 적절히 조절할 수 있는 새로운 조정 원리를 개발하여 발표<sup>1,2)</sup> 한 바 있었으며, 이 조정 원리에 대하여는 앞으로도 보완적인 후속 연구를 요하는 바이거니와, 이와같은 연구결과를 면밀히 검토하는 과정에서 석면대 내장을 시행하는 방법에 따라 그 효과가 어떻게 변할 것인가 하는 문제에 봉착하게 되었으므로, 금번에는

이와같은 문제들의 근본원인을 상세히 구명하기 위하여 본실험을 시행하여 본 결과 또다시 몇가지 사실들을 발견할 수 있었으며, 그 결과는 정밀구조를 지향하는 기초적 연구와 임상이 제위에 크게 도움이 될 것으로 믿어 여기에 본 연속적인 연구의 일환으로 이를 발표하는 바이다.

## II. 실험방법

### I. 실험기구 및 재료

#### 1) 납형형성기(蠟型形成器)

저자가 과거 본 연구의 일환으로 제II 및 제II편<sup>2)</sup>에서 고안 제작하여 사용한 정밀납형압출기를 사용하여 완전 동일형의 실험용 납형들을 연속 압출 제단할 수 있도록 하였다.

#### 2) 납형재료(蠟型材料)

美 Kerr社製의 sheet wax(gauge #28)을 사용하였다.

#### 3) Sprue

gauge #18의 주사침 양단을 절제하여 사용하였다.

#### 4) 埋沒材

日, G-C社製인 inlay 주조용 cristobalite investment(제품에 표시된 열팽창율: 700°C에서 1.35~1.47%)를 사용하였다.

#### 5) 완충재(緩衝材)

日, Oshima製인 厚徑 0.8mm의 石綿帶(asbestos ribbon)을 사용하였다.

#### 6) 주조링(鑄造 ring)

內徑 30mm 高徑 40mm의 통용되고 있는 철제원통형 ring을 사용하였다.

#### 7) 주조합금(鑄造合金)

21K의 金合金을 사용하였다.

#### 8) 정밀계측기(精密計測器)

$\frac{1}{100}$ mm의 눈금을 가지고  $\frac{1}{200}$ mm 이상을 판독할 수 있는 Mitutoyo micrometer를 사용하였다.

## 2. 실험방법

### 1) 납형형성방법

납형압출형성기의 陰側에 형성되어 있는 sheet wax band通路에 적합한 긴 sheet wax band를 切取하여 이 통로에 삽입 통과시키면서 wax band에 표기한 적정거리에 도달하였을 때에 陽側을 압박하여 陰陽兩側 數値의 中間融通線上에서 裁斷되어, 그 上下 邊이 각각 19.995mm 및 左右邊 幅계가 19.985mm의 기준치를 갖는 실험납형을 연속 압출하여 사용하였다.

### 2) 주조링의 전준비

(1) 대조군(對照群): 석면대를 내장하지 않았다.

(2) 8-0군: 석면대의 폭을 주조링의 高徑보다 8mm 짧게 절취하여 주조링의 내면을 1회전하여 내장하되 ring crucible측의 내면은 전부 피복되고 그 반대측인 上端측 내면은 8mm 노출되게 내장하였다.

(3) 4-4군: 석면대의 폭은 역시 ring의 高徑보다 8mm 짧게 절취하여 ring의 兩端내면이 각각 4mm씩 노출되게 1회전 내장하였다.

(4) 2-2군: ring의 양단내면이 각각 2mm씩 노출되게 1회전 석면대 내장을 하였다.

(5) 0-8군: ring crucible측은 8mm 노출시키고 반대측인 주조링 상단측(납형측)은 전부 피복되도록 석면대를 내장하였다.

### 3) 매몰 및 주조방법

납형에 sprue를 부착할때 납형을 2군으로 나누어 납형 형성당시의 납형의 상면 중앙과 납형의 하면 중앙에 각각 sprue를 부착하여 이들 상면에 부착한 납형과 하면에 부착한 납형을 1개씩 1조로 하여 1개 crucible former에 2개씩, 병렬로 식립하되, 납형의 상단이 주조링의 상단보다 약 4mm 낮은 위치가 되도록 고정하여 위 각군 주조링에 매몰하였다.

매몰은 매회 일정한 실온에서 하되 매몰재는 전례 동일한 w/p(0.33)와 교반방법을 엄수하여 교반하고 충분히 기포를 배제한 후 곧 단일매몰법에 의하여 매몰하였다.

매몰재가 경화된 주조링은 그 상단면을 정리하여 電子式으로 programming을 한 furnace에서 全例 동일한 순서로 소환하여 700°C까지 가

Table 1. The change of linear expansion-skrinkage in the experimental casting body to the wax pattern, according to the location of asbestos liner in casting ring.

			mean mm±S.D.			
*measured area	A	B	C+D	A+B+C+D		
value of wax pattern	19,995	19,995	19,985	59,975		
group type** No	value of casting body(changed rate to the value of wax pattern)					
		$A \leq B$				
1.	control	8	19.8262±0.0083 (-0.84%) <0.12%	19.8513±0.0145 (-0.72%)	19.9275±0.0217 (-0.29%)	59.6050±0.0312 (-0.62%)
2.	8-0	16	19.8669±0.0788 (-0.64%) <0.97%	20.0619±0.0497 (+0.33%)	20.0519±0.04 (+0.33%)	59.9807±0.0788 (+0.01%)
3.	4-4	16	19.9075±0.0256 (-0.44%) <1.04%	20.1156±0.0335 (+0.60%)	19.9981±0.0503 (+0.07%)	60.0213±0.0706 (+0.08%)
4.	2-2	16	20.0206±0.0303 (+0.13%) <0.49%	20.1188±0.0237 (+0.62%)	20.0169±0.0526 (+0.16%)	60.1563±0.0469 (+0.30%)
5.	0-8(a)	10	20.1010±0.0239 (+0.53%) <0.01%	20.1030±0.0323 (+0.54%)	20.0910±0.0197 (+0.53%)	60.2950±0.051 (+0.53%)
6.	0-8(b)	8	20.0613±0.0162 (+0.33%) >0.02%	20.0563±0.0206 (+0.31%)	20.0362±0.0149 (+0.26%)	60.1538±0.0381 (+0.30%)

\* measured area

A...the margin faced toward upper open side of the ring

B...sprue side margin faced toward ring crucible

C and D...each margins faced toward inner wall of the ring.

\*\* type of asbestos lining

control...with out asbestos lining

8-0...lined except 8mm of upper margin

4-4...lined except each 4mm of margins.

2-2...lined except each 2mm of margins.

0-8...lined except 8mm of crucible side of margin.

(a)...soaking for 5 minutes at 700°C before casting

(b)...immediate casting at 700°C

열하고 약 5분간 계류하는 동안에 주조합금을 용융하여 신속한 조작으로 원심주조하였다. 다만 0-8(b)군만은 700°C에 도달하는 즉시 주조하였다.

주조후 청소 산욕하고 상세히 관찰하여 정밀측정하기에 적절한 것 만을 측정대상으로 총 74례를 선집하였는데, 이때 각 측정부분의 측정기가 닿을 면에 미소한 기포혹이 살짝 붙어있을 때에는 hand scaler등으로 따내되 기포가 없는 부분에는 scaler가 닿지 않도록 하였다.

#### 4) 측정방법

주조체 마다 그 左右邊間과 上下邊間의 兩端間을 micro meter로 측정하여 각 실험군의 평균치를 산출하였다.

### III. 실험결과 및 고찰

본 실험에 의하여 얻어진 성적은 표 1에서 보는 바와 같거니와, 이것은 주조링내에 매몰된 납형의 4개변중 주조링 상단부를 향하고 있는 변을 A변으로 하고 ring crucible측 즉 주로(鑄

路 sprue) 부착부측 변을 B변으로 하였으며 주조링의 내벽 양측을 향하고 있는 변을 각각 C 및 D변으로 하여 주조후에 주조체에서 위 4변의 길이를 측정하여 얻어진 평균치이며, 이때 납형형성기의 기준치를 납형 기준치로 하여 각 주조체의 측정 평균치를 비교 관찰하였다.

그런데 위 납형기준치는 임상적으로 볼때 이미 실온으로 냉각수축된 납형에 해당되는 것이므로 이를 냉각수축되기 이전인 임상적 형성치면에 일치하는 기준치로 환산한 수치를 임상적인 실존수치로 하여야 할 것이다.

이와같은 관점에서 inlay wax의 온도적 선(linear) 팽창 수축되는 양상을 관찰할 때 flow point인 41~42°C에서 약 0.7~0.8%정도 선팽창되었다가 실온으로 냉각되면 다시 그만큼 수축

Table 2. The estimable linear expansion-shrinkage rate(%) in the casting body to the wax pattern before shrink, according to the location of asbestos liner in casting ring.

measured area			A		B		C+D		A+B+C+D	
wax pattern before shrink (shrunken %)			20.0753 (0.4)	20.0955 (0.5)	20.0753 (0.4)	20.0955 (0.5)	20.0653 (0.4)	20.0854 (0.5)	60.2159 (0.4)	60.2764 (0.5)
group	type	No	changed rate(%) in casting body							
1.	control	8	-1.24	-1.34	-1.11	-1.21	-0.69	-0.79	-1.01	-1.11
2.	8-0	16	-1.04	-1.14	-0.07	+0.17	-0.07	-0.17	-0.39	-0.49
3.	4-4	16	-0.84	-0.94	+0.20	+0.10	-0.33	-0.43	-0.32	-0.42
4.	2-2	16	-0.27	-0.37	+0.22	+0.12	-0.24	-0.34	-0.10	-0.20
5.	0-8(a)	10	+0.13	+0.03	+0.14	+0.04	+0.13	+0.03	+0.13	+0.03
6.	0-8(b)	8	-0.07	-0.17	-0.10	-0.20	-0.14	-0.24	-0.10	-0.20

된다고 하지만, 실제 임상에서 납형을 제작할 때에는 다음과 같은 각종 납형채득 방법차이에 따라 납형의 냉각수축정도는 각양으로 변할 수 있는 것으로서 ① inlay의 납형채득시처럼 한덩어리로 flow point까지 가온 연화하여 즉시 와동에 전입 가압하는 방법, ② 액상으로 용융된 inlay wax에 형성치형을 담귀서 묻히는 방법(dipping), ③ 용융된 wax를 소량씩 형성치면에 첨부하여 부분적으로 냉각시키면서 계속 추가 첨부하는 방법 등의 차이와 ④ 형성치면에 wax를 첨부하였을 때의 온도와 실온으로 냉각되었을 때의 온도의 차이, ⑤ 납형의 형태 및 부피등의 차이, ⑥ 치형에 대한 전기도장 또는 각종 도장재의 사용여부 ⑦ 납형채득시 반복 발거 삽입하여 헐겁게하는 방법 기타 납형채득의 기술적 문제등 다양한 납형채득 상황에 따라 형성된 납형이 실온에 도달하였을 때의 수축율의 차이 또는 변형정도 등이 다양할수 밖에 없는 것이라 하겠다.

그러나 임상물 납형을 채득할 때 위와 같은 제반조건들을 고려하여 완성된 납형이 실온에 도달하였을 때의 선수축율을 정상적인 경우 Charbeneau등<sup>3)</sup> 및 Schultz등<sup>4)</sup>은 모두 약 0.4% 정도라 하였다.

그러므로 본 실험에서도 그 선수축율을 0.4%로 책정함과 동시에 경우에 따라서는 0.5% 정도도 흔히 적용될 수 있을 것으로 보아 본 실험의 표 2에서는 위의 기본 납형기준치를 임상적으로 0.4% 또는 0.5%의 선수축이된 99.6% 또는 99.5%의 수치로 보고 여기에 각각 0.4% 또는 0.5%의 수축치를 가산한 수치를 임상적 형

성치면에 일치하는 100%의 수치로 하여 위의 각 실험수치를 이에 대조 관찰한 것이다.

또한 주조수축을 완전히 보상받은 이상적인 주조체라 할려면 납형의 냉각수축율과 주조합금의 주조수축율을 완전히 보상받은 것이라 할 것인데, 주조합금의 주조수축율은 일반적으로 1.25%<sup>5)</sup> 또는 1.25±0.1%<sup>6)</sup>정도라 알려져 있지만 사용된 주조합금의 특징적인 주조후 수축율의 여하를 막론하고 주조체가 임상적 형성치면에 일치되는 정도로 선펡창하였다 함은 주조합금의 주조후 수축율에 가하여 납형수축율인 위 0.4% 또는 0.5%를 합한 정도(예, 1.65% 또는 1.75%등) 만큼 매몰된 납형보다 더 크게 주형이 선펡창되어야만 주조합금의 주조후 수축율을 제외하고도 납형보다 0.4% 또는 0.5%정도 더 크게 선펡창된 주조체를 얻었음을 뜻하는 것이라 하겠다.

이제 이들 표에서 보는 바와 같이 주조링 내벽에 석면대를 내장할 때에 주조링 양단부분의 노출상태 여하에 따라 그 주조체가 팽창 수축되는 변화에 현저한 차이를 나타내고 있음을 알 수 있겠으며, 특히 주조체의 그와같은 변화에는 다음과 같은 일정한 특성을 보이고 있음을 알 수 있겠다.

#### 1. 석면대 내장을 하지 않았을 경우에는(대조군),

1) 주조체는 임상적 기준치(납형이 냉각수축되기 전의 수치)보다 평균 1% 이상 심히 선수축되었으며, 이는 다음의 각군 실험결과와 비교하여 불배 여하한 형태로든 석면대 내장을 한

경우보다 주형의 열팽창기능을 각 변에 걸쳐 현저하게 저해시킴을 입증하고 있다.

2) A변부와 B변부에서의 수축을 비교할 때, A변부에서 더 많이 수축된 편이었다.

3) C, D변부에서의 수축을 역시 전 실험군 중에서 가장 심하게 나타냈지만, A, B변부에서 보다는 현저하게 적은 것은 C, D변부의 선폽창방향은 주로 ring의 상하로 개방된 양단 방향이므로 ring 내벽에 의한 팽창저해영향이 그만큼 적게 작용되기 때문임을 알 수 있겠다.

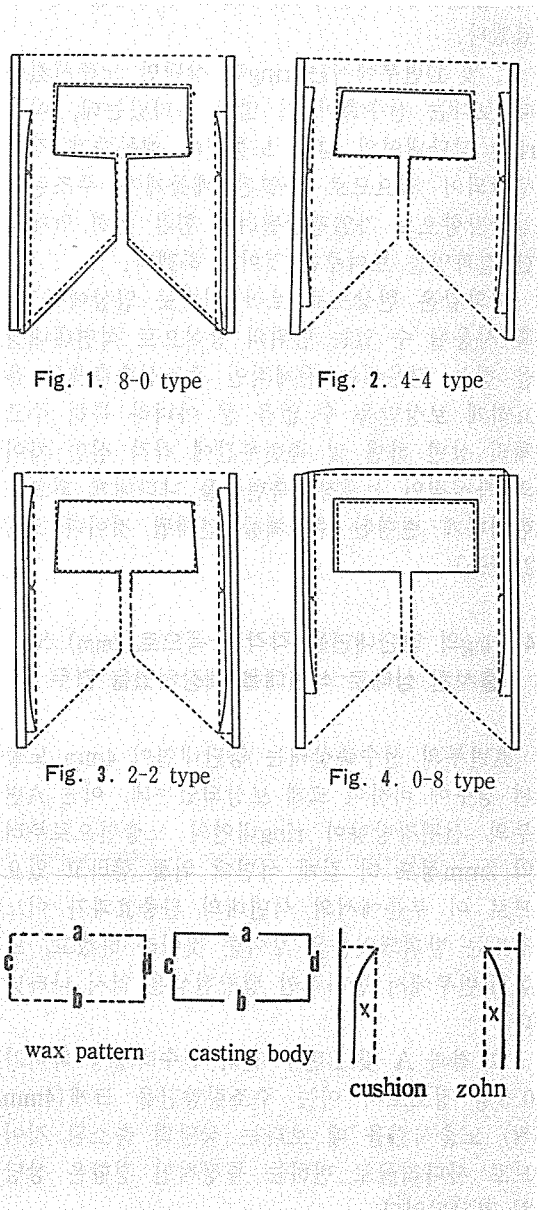
2. ring의 상단측 내연(內緣)만을 크게(본 실험에서는 8mm) 노출시켰을 경우

1) A변부에서의 선폽창방향은 주조링 상단의 노출된 내벽에 직면하게 되므로 석면대 내장을 전혀 하지 않은 경우와 큰차없이 임상적 기준치보다 1.0%이상의 심한 수축율을 보였음에 반하여, ring의 심부에 위치한 B변부에서는 선폽창되는 방향에 석면대가 내장되어 있으므로 선폽창효과가 반사적으로 크게 발휘된 것으로 보여져서 거의 기준치에 가까이 팽창될 수 있는 완충효과를 보였으며, 그결과 A변부와 B변부간의 선폽창수축 차이가 거의 1% 정도에 이르게 되어 주조체는 사달꼴의 경향으로 크게 변형되는 것임을 알 수 있겠다.

이와같은 현상은 A변부에서 억제된 팽창잠재력이 주조링의 보다 심부에 위치하여 석면대의 완충효과를 많이 받을 수 있는 B변부측으로 집중하는 결과 B변부에서 반사적으로 큰 팽창현상을 나타내었기 때문인 것으로 보여진다.

2) C 및 D변부에서의 결과를 관찰할 때, ring의 상단부 내벽은 크게 노출되었지만 ring 하단부인 crucible측은 전부 석면대 이장이 되었으므로 주형의 C 및 D변부가 상단측 방향으로서는 거의 팽창할 수 없을 것임에도 불구하고 본 실험의 결과로 보아 거의 임상적 기준치 정도로 팽창할 수 있었다는 사실은 ring 상단측 내면이 크게 노출되었더라도 crucible측 ring 내연을 완전히 석면대 내장 하면 C 및 D변부는 crucible측 방향으로 일방적으로 크게 팽창할 수 있음을 증거하는 것이라 하겠다.

3) 위와같은 결과로 보아 ring의 내벽이 ring의 상단측에서만 납형의 A변부 이하로 깊이 노출되었을 경우에는 그 노출정도에 따라 A변부측에서만 그만큼 심하게 선폽창력이 저해를 받게 되는 것이므로 열팽창된 주형 및 그 주조체의 형태는 그림 1에서 보는 바와같이 A변부측만이 주로 수축된 사다리꼴 형태로 변형될 것이며, 이와같은 변형을 임상적으로 교합면측에 sprue를 부착한 주조관에서 고찰할 때 주조체의 치경부위에서 주로 주조위축이 심하게 나타나서 그 적합 시적이 어렵게 될 것임을 알 수 있겠다.



### 3. ring 양단이 각각 4mm씩 노출되었을 경우

ring의 상단만을 크게(8mm) 노출시켰을 때 보다는 A 및 B변부에서 각각 약간씩 회복된 듯 하였지만, A변부의 선펡창방향은 대체로 석면대와 노출면의 경계선 부근의 수평위에 해당되므로 그 선펡창현상은 석면대의 완충효과를 거의 받지 못한 반면 B변부에서의 반사적 선펡창효과는 임상적 기준치를 상회하는 정도(+0.1~+0.2%)로 크게 나타났으므로 A변부와 B변부 간에 1% 정도의 현저한 선펡창 차이를 나타내어 역시 심한 사다리꼴의 경향으로 변형됨을 알 수 있었다.

C 및 D변부에서는 ring의 상단만 노출시켰을 때 보다는 선수축이 더 많이 나타났는데, 이는 ring 양단내연의 넓은 노출면에 매몰체가 직접 부착되어 있으므로 가열된 매몰체가 주조링의 양단방향으로 가열팽창될려는 힘을 심히 억제당한 결과임을 보여주는 것이라 하겠다.

이와같은 현상으로 보아 이렇듯 임상에서 간혹 사용될 수 있는 범위의 방식으로 석면대내장을 하는 경우에는 전체적인 주조선수축율을 유효하게 보상받을 수 없을 뿐 아니라 특히 주조체의 상변 하변 및 측변부간에 각각 심한 차이의 특성적인 선펡창수축현상을 나타내게 되므로 현저하게 변형된 주조체를 얻게될 것이다(그림 2 참조).

### 4. ring의 양단내연을 각각 소폭으로(2mm) 노출시킨 상태로 석면대를 내장하였을 경우

A변부의 선수축상태는 양단내연이 4mm 노출된 경우에 비하여 크게 보상되었는데, 이는 A변부의 선펡창방향이 ring내연의 노출면으로부터 약 2mm정도 더 깊게 석면대 위를 향하고 있으므로 이 부분에서의 석면대의 완충효과가 어느 정도는 발휘되었음을 보여준 것이라 하겠고, 또한 B변부에서 반사적인 팽창현상은 역시 나타났다.

그 결과 A 및 B변부 간의 선수축팽창 차이가 0.5% 정도로서 이는 주조링양단을 크게(4mm씩) 노출시켰을 때 보다는 상당히 축소된 것이므로 사다리꼴로 변하는 특정적인 경향은 상당히 경감되었다.

C 및 D변부의 선수축상태는 ring 양단내연을 4mm씩 노출시켰을 경우보다 다소 (약 0.1%) 회복된 듯하나 큰 효과가 없는 것은 이 역시 매몰체가 ring 양단에 고정되어 있어서 ring 양단방향으로 매몰체가 열팽창될려는 현상을 그만큼 억제당하기 때문임을 알 수 있겠다(그림 3 참조).

이와같은 결과에 의하여 본 실험군 주조체는 임상적 기준치에 비하여 전체적으로 평균 0.1~0.2% 정도 선수축되었고 A 및 B변부 간의 선펡창수축율의 차이도 어느정도 감소되었고 각 변부에서의 변화되는 정도 또한 위의 상하 각 4mm씩 노출된 경우보다 경미해졌지만 그와같은 특정적인 경향은 변함바 없다고 하겠다.

위와같은 실험결과로 미루어 임상적 수복물 주조시에 ring의 양단내연을 다소를 불문하고 노출시키는 상태로 석면대를 이장하는 종래의 통념적인 방법으로 주조할 때에는 ① 주형 각부의 매몰된 위치관계에 따라 주조체의 각 부분은 특정적인 경향으로 변형됨을 알 수 있겠고, ② 비록 이와같은 방법으로 주조링을 내장하더라도 가열된 매몰체가 ring에서 이탈되지 않을 최소한의 정도로 ring내연을 적게 노출시킴으로써 주조수축율도 그만큼 극소화 시킬 수 있을 것이다. 그러나 조금이라도 매몰체가 ring 양단에 직접 접촉하고 있는 한에는 결코 주조수축이나 주조체의 변형하는 경향을 이상적으로 조절할 수는 없는 것이라 하겠다. ③ 또한 납형을 주조링의 노출된 상변으로부터 가끔 멀리 떨어진 깊은 위치에 매몰하면 주형상단부는 그만큼 주조링 상변의 노출면에 의한 열팽창 억제영향을 경감시킬 수 있을 것임을 유추할 수 있을 것이다.

### 5. ring crucible측 내연만이 8mm 노출된 상태로 석면대를 이장한 ring에 매몰하고 700°C 까지 충분히 가열하여 약 5분간 계류하였다가 주조한 (a)군의 경우

주조체의 각 부위에서 임상적 기준치를 균등하게 그리고 충분히 보상할 수 있었다(그림 4 참조).

그러나 대부분의 경우 매몰체가 터지면서 주

조체의 A변부를 중심으로 한 부분에 지느러미 양의 fin이 생겼으므로 함께 16예의 주조체중 6예에 대하여는 각 변연을 정밀히 측정할 수 없을 정도였으므로 이들 6예의 주조체는 계측대상에서 제외하고 10예만을 계측하였는데 이렇듯 주조체에 fin이 생기는 경우가 많다는 것이 이 방법의 결정적인 결점이라 하겠다.

그러므로 본 (a)군에서와 같이 매몰재가 터져서 주조체에 fin이 생기는 것을 만약 방지할 수 있다면 이 방법이야말로 양단을 노출시키는 종래 방법의 특징적인 결함을 해소시킴과 동시에 주형을 충분히 열팽창 시킬 수 있는 방법이라 하겠다.

#### 6. 역시 ring crucible측 내연만이 8mm 노출된 상태로 석면대 이장을 한 ring에 매몰하고 700°C에 도달하는 즉시 주조한 (b)군의 경우

ring 양단을 2mm 노출시켰을 때와 유사한 정도의 경미한 평균 선수축율을 나타내었다.

그러나 양단을 노출시켰을 경우와 같이 주조체의 각 변연간에 특징적인 차이를 나타내는 현상은 보이지 않게 되었는데 특히 A변부와 B변부 간의 차이가 거의 없는 듯한은 그만큼 A변부에서 자유롭게 선폽창할 수 있었으므로 B변부에서의 반사적인 과잉팽창현상이 나타나지 않았기 때문임을 알 수 있겠다.

다만 위의 (a)군의 경우에 비하여 각 부위가 보다 균등하게 그리고 보다 충분하게 팽창되지 못한 것은 역시 소환온도가 주형 각 부분의 매몰재에 균등하게 미칠 수 있을만한 충분한 시간적 여유가 없었기 때문인 것으로 보여지며, 이와같은 문제를 보다 완벽하게 해결하기 위하여서는 최종 소환온도와 계류문제를 본 실험(a)군과 (b)의 경우를 적절히 조절함과 동시에 주조내압에 대한 각종 통기성 조절방법을 사용하여 납형을 ring의 상단면에서 가급 ring의 중앙측으로 깊게 매몰함으로써 가급 주조체에 fin이 생기지 않게 함과 동시에 보다 충분한 열팽창효과도 도모할 수 있도록 세심 류의한다면 이렇듯 ring crucible측만 노출시키는 석면대 이장방법이야말로 ring 양단을 노출시키는 종래 방법의 결점을 보완할 수 있는 방법임을 알 수 있겠다.

## IV. 총 괄

일반적으로 일단 납형이 주조링 내에 매몰되어 매몰재가 완전히 경화되면 결국 주형의 전체 주변이 한덩어리도 고체화된 것이므로 가열된 주형의 각 부분은 동질적으로 균등하게 팽창되는 것으로 착각되기 쉽지만, 이상의 각 실험군 주조체에서 계측 관찰하여 종합해 볼때, 주조링 내벽의 상태 즉 석면대로 이장된 부위와 노출된 부위 노출정도 및 납형과의 대면 위치등이 가열에 의하여 팽창되는 주형 각 부분에 대하여 각각 어떠한 양상으로 영향을 미치게 하고 있는가에 따라 주조체는 다음과 같이 임상 형성치면에 일치하지 않는 형태의 변형체가 된다는 사실을 알 수 있겠다.

1. 주조링에 석면대를 내장하지 않으면 석면대를 어떠한 형태로든 내장한 경우보다 현저하게 수축된다. 특히 주조링의 내벽 방향으로는 1% 이상 선수축되었다.

그리고 주조링의 장축방향인 양단 방향으로는 ring의 양측내벽 방향으로보다는 경미한 수축량을 보였다.

2. 주조링의 상단 내연만을 크게(8mm) 노출시키되, 하단측 즉 crucible측 내연은 전부 석면대로 내장하였을 때에는, 주형의 상단부분이 심하게 수축되는 반면 주조링의 심부에 위치하였던(주형의 sprue측) 부분이 석면대의 완충작용에 의하여 주조링 내벽방향으로 열팽창되는 효과가 반사적으로 크게 발휘된다.

또한 주조링의 양단방향(축방향)으로 선폽창하는 작용은 주조링의 상단(석면대가 없는) 방향으로는 선폽창이 어려운 반면 주조링의 하단(석면대로 완전 내장된 crucible측)방향으로는 열팽창 효과가 크게 발휘되어 그만큼 선추축을 크게 보상받을 수 있다.

그러나 이와같은 결과에 의하여 주조체의 상하단부간에 사다리꼴 양의 경향으로 크게 변형된 주조체를 얻게 될 것이다.

3. 주조링의 양단을 모두 노출시키는 재래식 방법으로 석면대를 내장하였을 경우에는 특히 주형의 상단부가 노출된 주조링내연 방향으로

열팽창되는 팽창력은 저해를 받게되는 반면 주조링의 중앙부에 가깝게 위치하게 된(주형의 sprue측) 부위가 측방으로 반사적인 과잉 열팽창을 나타내며, 그결과 주형의 상단부와 하단부에서의 선펡창을 차이가 커져서 역시 사다리꼴 양으로 변형된 주조체를 얻게된다.

이때 주조링 양단 특히 상단의 노출정도가 클수록 주형 상단부위의 측방 팽창작용의 저해현상이 더 심하게 나타나게 되어서 결국 더 심한 사다리꼴 양의 경향으로 변형된 주조체를 얻게된다.

또한 이렇듯 주조링의 양단을 노출시켰을 경우에는 1측 내연만을 노출시켰을 경우보다 주형이 링의 양단 방향으로 선펡창되는 작용이 현저하게 억제된다.

치과임상물 주조에서 주조링에 석면대를 내장할 때 주조링의 양단 내연을 노출시키는 정도는 예로부터 일반적으로 2mm 또는 3mm 정도로 하고 있는데 Johnstone등<sup>7)</sup>은 약 1.5mm를 권하고 있음은 위와같은 실험결과로보아 타당성있는 견해라 할 것이다. 이와같이 ring의 양단 내연을 노출시키는 제 1 목적은 ring을 가열하고 주조에 장착하는 등 ring을 운반하는 도중에 가열된 매물재가 ring으로부터 이탈하지 않도록 하기 위하여 ring의 양단에 매물재를 직접 부착시켜 고정함이었고 다음으로는 가열팽창된 매물재가 양단부에서 터져서 주조체에 fin이 생기는 것을 방지하고자 하는 뜻도 있을 것이다.

따라서 ring 양단을 노출시키는 목적이 그러하다면 이는 가급 적게 노출시키는 것이 합리적일 것이다.

그러므로 주조링의 양단을 노출시키고자 할 때에는 그 노출정도를 1mm이하로 가급 적게 함으로써 주조체의 변형을 적게할 수 있음과 동시에 선펡창효과도 그만큼 개선될 수 있을 것이다.

여기에서 또한 주조링에 석면대를 어느정도 두껍게 내장하여야 하는가의 문제에 대하여 혹자는 주조링의 직경이 24mm인 경우에는 석면대의 후경을 1.2mm, 직경이 30m에서는 1.6mm, 직경 40mm에선 2.0mm 등으로 몇겹으로 두껍게 내장할 필요가 있다고 하는 이도 있다<sup>8)</sup> 하였지만 본 실험에서 직경 30mm의 주조링에 후경 0.8mm의 석면대를 1회전 내장하여도 소요 이상

의 완충효과를 얻을 수 있음을 발견할 수도 있었다.

4. 주조링의 상단 내연은 전부 피복하고 하단측(crucible측)만이 노출되는 상태로 석면이장하였을 때에는 주조링을 700°C에서 잠깐만 계류하였다가 곧 주조하면 주조체는 임상적 기준에 충분히 열팽창되고 주조체 각 부분에서도 균등하게 선펡창되어 변형되지 않는 주조체를 얻을 수 있겠다.

그러나 가열 온도가 700°C에 충분히 도달한 후 약 5분간 이상 계류하였다가 주조하면 석면대로 완전히 내장된 주조링 상단부의 매물재가 쉽게 터져서 주조체에 fin이 생기는 경향이 높아지며, 반면 700°C에 도달하는 즉시 주조하면 주조체의 열팽창 효과가 약간 미흡하여지는 경향이 있다.

그러므로 이경우 납형은 가급 깊게 매몰하고 700°C에서 특히 유의하여 주조시기를 적절히 조절 선택한다면 소기의 주조수축 보상목적을 하자없이 달성할 수 있을 것이다.

이상의 여러 현상을 종합하여 볼때, ① 재래식 석면대 내장방법으로 주조링의 양단을 노출시킬 경우에는 완전히 변형되지 않은 상태의 주조체를 얻기 어렵고 충분히 주조수축을 보상받을 수는 없다고 하겠다. 그러나 주조링 양단(특히 상단)을 1mm 이내로 가급 적게 노출시키고, 납형의 상단부는 주조링 상단의 노출부에서 가급 멀리 떨어지도록 깊게 매몰하면 비교적 형성치 원형과 근사한 주조체를 얻을 수 있을 것이다. ② 주조링의 crucible측 내연만을 노출시키는 석면대 내장방법을 사용하면 주조체를 보다 균등하게 팽창시킬 수 있으나 이때에도 납형을 가급 깊게 매몰하고 특히 주조링의 가열온도와 주조시기 등을 잘 조절하여야 할 것이다.

## V. 결 론

저자는 inlay, crown, bridge등의 주조수축보상법 개발을 위한 실험적 연구의 일환으로 저자가 고안하여 이미 사용되어 온 실험용납형 형성기를 사용하여 sheet wax편을 실온에서 연속 절단 압출한 일정형의 실험용 납형들을 재래식 주조링에 석면대를 내장하고 매몰할 때 주조링 양



단의 노출상태를 수증으로 변화시킨 방법으로 내장한 각 주조링에 매몰하여 총 74례를 주조한 후 각 주조체의 4변을 측정하여 본 결과 요약 다음과 같은 주조현상이 야기됨을 발견할 수 있었다.

1. 주조링에 석면대를 내장하지 않으면 주조 수축을 거의 보상받지 못한다.

주조링 내에서 주형이 열팽창되는 방향에 따라 각 방향으로의 열팽창을 억제하는 영향이 각각 다르므로 주조체는 임상 형성치면의 원형과는 언제나 다른 형태로 변형수축된다.

이때 주조링의 양단방향(장축방향)으로의 열팽창 억제현상은 주조링 내벽방향으로의 억제현상보다 비교적 경미하게 나타난다.

2. 주조링 내벽에 석면대를 내장할 때 주조링의 양단부(특히상단부)를 크게 노출시킬수록 납형의 상단부분이 주조링 내연의 노출된 수준 이상으로 높게 매몰되거나 또는 그 수준에 근접하게 매몰됨에 따라 그 부위에 해당하는 주형부분이 주조링 내벽방향으로 열팽창되는 영향은 그만큼 심하게 억제된다.

이에 반하여 주조링의 심부에 위치하였던 sprue 부착부위측은 석면대의 완충효과를 반사적으로 크게 얻어서 그만큼 주조수축을 보상받을 수 있지만 이는 상단부에서와 하단부에서의 수축팽창율의 차이가 커지는 것이므로 주조체는 그만큼 사다리꼴 경향의 심한 변형을 나타내면서 수축된다.

그러므로 주조링에 석면대를 내장할 때에는 매몰재가 주조링에 부착 유지될 수 있는 한도로 적게 노출시키면 족한 것이므로 특히 그 상단을 1mm 이하의 가급적은 범위로 노출시킬수록 주조체의 상단부와 하단부에서 각각 주조링 내벽방향으로 팽창되는 차이를 감소시킬 수 있음과 동시에 주조링 장축방향으로의 팽창억제작용도 감소시킬 수 있으므로 그만큼 근사하게 균등한 주조체를 얻을 수 있겠으나 이론상으로 보아 주조수축과 변형을 근본적으로 완전해소시키기에 는 어려울 것이다.

3. 또한 주조내압을 배제할 수 있는 통기성 조절문제를 해결하는 각종방법이 고려된 매몰과 정의 경우라면 주형을 주조링의 심부에 가급 깊게 매몰할수록 주조체의 상단부와 하단부에서

주조링내벽방향으로의 팽창정도의 차이를 감소시킬 수 있을 것이다.

4. 주조링의 curcible측 단면만 노출시켜도 매몰재는 주조링에 잘 부착 유지될 수 있으며 이 경우 주형의 상단부와 하단부가 각각 주조링 내벽방향으로 팽창되는 효과도 서로 근사하게 되고, 주조링의 장축방향으로는 상단방향으로만 주형이 팽창되어도 주형이 각 방향으로 균등하게 팽창될 수 있는 정도로 충분히 팽창된다.

그러나 석면대로 완전히 피복된 주조링 상단부의 매몰재는 과열됨에 따라서 팽창되면서 구열이 생기기(터지기) 쉬우므로 납형은 가급 깊게 매몰하고 주조링의 가열온도와 주조시기를 잘 조정하여야 할 것이다.

#### 참고문헌

1. 韓澤善: 齒科用 鑄造體의 鑄造收縮 補償法 開發을 위한 實驗的 研究(I), 齒科研究, Vol. 23, No. 6, 1988.
2. 韓澤善: 齒科用 鑄造體의 鑄造收縮 補償法 開發을 위한 實驗的 研究(II, III), 齒科研究, Vol.24, No. 2, 1988.
3. Charbeneau, G.T., et al: Principles of operative dentistry, 1st ed., p470, Lea & Febriger, 1975.
4. Schultz, L.C., et al.: Operative dentistry, p. 182, Lea & Fevbriger, 1966.
5. Martinelli, N.: materials used in dental laboratory technology, investments, Dent, Lab. Techn., p.35, 1975.
6. Sounder, W.: 15 years of Dent. Res., at the N.B.S., J.A.D.A., 21: 58, 1940.
7. Johnston, J.F., et al.: Modern practice in Cr. and Br.prostodontics, p.152, 1960.
8. 和久本 貞雄: 保存修複, p.156, 醫齒藥出版 1980.

—Abstract—

## The Influence of Locations of Asbestos Liner in the Customary Casting Ring on the Variation of Casting Shrinkage and Deformity

(The Experimental Study on the Compensation for Casting Shrinkage. Part IV)

Taki Seon Hahn, D.D.S.

To get the improved casting method to compensate casting shrinkage and deformity by means of location change of asbestos liner in customary casting ring, the author performed an experimentation as follows.

By using the experimental wax pattern former that has been used in author's pervious study, 74 peices of same sized wax patterns were made of sheet wax.

Each of the patterns was invested into the casting ring which was lined with asbestos ribbon by means of applying 4 types of the location in the ring.

After gold alloy casting body was made, each margin of the casting body was measured with a micrometer.

The followings are the summarized results obtained.

1. In the usual asbestos lining method of exposing both mangins of the ring, the ideal compensation for the casting shrinkage and deformity can't be made.

2. The shrinkage and deformity phenamenon is shown much more in the case that the ring has more exposed margins in both sides out of liner than in the case that it has less exposed margins.

3. The apparently shrunken area in the casting body is the one which was located near the exposed ring margin out of liner. On the other hand, the area which was located far from the exposed margin has a tendency toward reflexible expansion.

4. vertical(axial direction of the casting ring) expansion of the casting body is also disturbed in the case that the ring had exposed margins in both sides out of liner.

5. According to the phenamena mensioned above, the casting body has a tendency of shrinkage toward trapezoid deformity.

6. As the exposed ring margin is smaller and as the location of wax pattern in the ring is deeper, the compensation for the casting shrinkage and deformity in the casting body is more efficient.

7. In the cast that only the crucible side of the ring has the exposed margin out of liner, the wax patten is invested deep in the ring and the ring heating temperature is controled adequately, the casting body can expand to the almost original size in all directions without any deformity.