

技術資料

쇼우 鑄型法

권해욱

The Shaw Process

H.W. Kwon

1. 序 論

쇼우 주형법(Shaw process)은 표면이 우수하고 결함이 없으며 정확한 치수의 주조품을 생산할 수 있는 일종의 정밀주조법이다. 주형은 액체 에틸 실리케이트 점결제(ethyl silicate binder)에 의하여 생성하는 실리카(silica)에 의하여 결합이 되는 우수한 내화물로 만든다. 주형 생산 과정에 있어서 고온 소성(firing treatment)이 필요한 것이 이 방법의 한 특징이며 이 고온 소성에 의하여 여러 종류의 철 및 비철 합금을 만족스럽게 주조할 수 있는 불활성 주형을 생산할 수 있다.

이 주형법은 오래 전부터 공업적으로 적용되었다. 세계 제 2차 대전 이전에 이미 내화물의 점결제로 실리콘 에스터(silicon ester)를 사용할 수 있다는 것이 알려졌다.<sup>1)</sup> 그 이후로, 다른 주조법의 경우와 마찬가지로, 특히 점결제와 주형의 생산 방법에 있어서 발전을 계속하였다. 그리하여 특허 출원이 많이 있었으며 많은 기술의 정보는 쇼우 주형법에 대한 특허에 의하여 보호를 받았다.

품질이라던가 치수의 정확도가 보장이 되고 결함이 적은 주조품을 생산할 필요가 있을 때에는 이와 같은 쇼우 주형법을 채택할 수 있는가에 대한 가능성을 고려해 보는 것이 좋을 것이다.

본 기술 자료에서는 쇼우 주철법에 의하여 주형과 주조품을 생산할 때에 중요한 여러 가지 인자를 검토해 보고자 하였으며 특히 점결제, 내화물, 주형의 생산 과정 그리고 이 방법으로 생산한 주강품의 금속공학적인 그리고 치수의 면에서의 품질을 검토하였다.

주형 재료는 미세한 입자를 상당히 많이 포함하고 있는 내화물 분말과 액체 에틸 실리케이트 점결제와 겔화

제(gelling agent)를 혼합하여 만든다. 내화 재료를 잘 선택함으로써 특히 다음과 같은 두가지 잇점을 얻을 수 있다.

1) 입자가 미세한 내화 재료를 사용함으로써 표면이 깨끗한 주조품을 생산할 수 있다.

2) 열적으로 안정한 내화 재료를 선택함으로써 주입하는 동안에 용탕이 접촉할 때 예측할 수 없는 주형의 치수 변화를 생기지 않게하여 응고가 일어나는 동안 생기는 수축을 정확하게 추정할 수 있다.

잘 혼합한 유동성이 좋은 슬러리(slurry)를 주형틀(mold box)속의 모형(pattern) 주위에 붓는다. 겔화 촉진제의 량에 따라 다르긴 하지만, 짧은 시간 내에 주형 재료는 탄력성이 있는 상태로 경화된다. 그러면 모형과 주형을 분리할 수 있다. 이 단계에서 이 방법의 특성상 다음과 같은 잇점을 얻을 수 있다.

1) 액체 슬러리를 모형 주위에 부어서 모형과 슬러리가 확실히 접촉하게 하고 따라서 복잡한 모양의 치수가 정확한 주조품을 얻을 수 있다.

2) 주형 재료는 모형과 접촉하고 있는 상태로 경화되고 결과적으로 복잡한 모양의 모형을 정확하게 복제할 수 있다.

3) 주형은 탄력성이 있기 때문에 모형을 빼어낼 때 주형이 뒤틀리지 않으며 따라서 주형 공간(mold cavity)의 치수를 정확하게 유지할 수 있다.

모형을 빼어낸 후 주형을 바로 가스버너의 토오치로 급열 가열하여 방출하는 알코올을 제거하거나(Shaw process) 혹은 안정화 욕(stabilizing bath)에 담구어 안정화 시킨 후 토오치로 급열 가열한다(Unicast process)<sup>2)</sup>. 토오치로 가열하면 주형의 표면과 주형 재료의 내부에 미세한 균열이 생긴다. 이 균열은 주조품의 표면에는 영향을 미치지 않는다. 즉 이 미세한 균열 속으로 용탕이 침투하지는 않으나 오히려 주조하는 동안 공기 혹은 가스를 빠져 나가게하여 통기도를

영남 대학교 공과 대학교수

증가시키는 역할을 할 것이다. 토오치로 급열 가열한 후 약 1,000°C의 온도를 유지하고 있는 노 속에서 주형을 소성시킨다. 그리하여 주형 내의 가연성 물질을 확실하게 제거하고 강도도 크고 단단하며 또한 불활성이며 정확한 치수의 안정한 주형이 되게 한다. 쇼우 주형법으로 주조품을 생산할 때의 여러 단계는 그림 1에서 보이는 바와 같다.<sup>3)</sup>

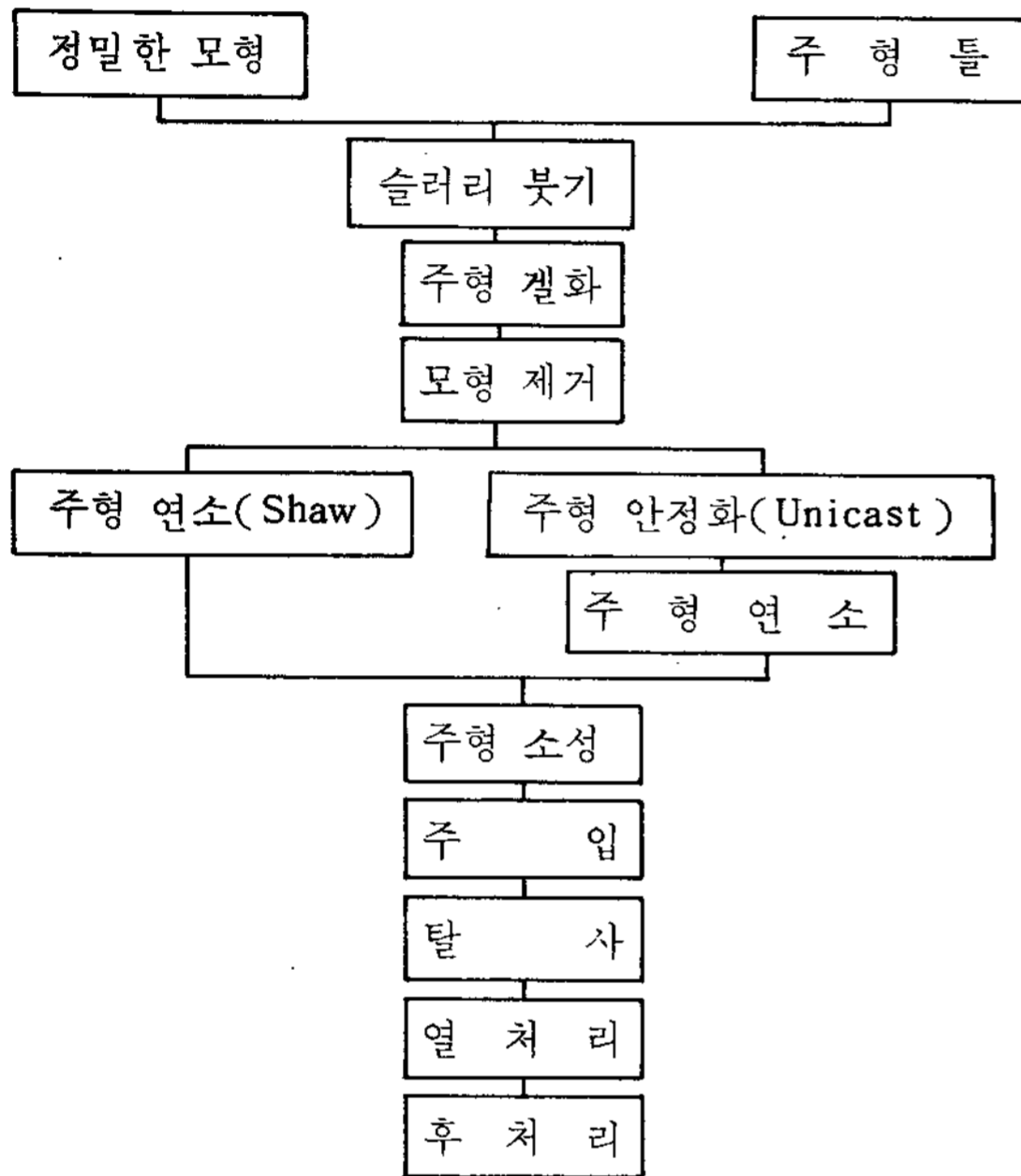


그림 1. 쇼우 주형법에 의한 주조 단계

쇼우 주형법으로 제조한 주형은 다음과 같은 장점이 있다.<sup>3)</sup>

1) 모형의 분리 특성이 좋다 :

겔화된 주형은 탄력성이 남아 있어서 유연성이 좋다. 따라서 복잡한 모양이 요구될 때 주형에 손상을 입히지 않고 모형과 주형을 분리시킬 수 있다.

2) 치수의 안정성 :

소성한 후 주조하는 동안에 모양이 복잡하고 치수가 한계 허용치 내에 포함되는 정확한 주조품을 생산할 수 있다.

3) 주형의 강도 :

주형틀을 사용하지 않고도 주조할 수 있을 정도로 강도는 충분히 크다.

4) 주형이 무너지거나 균열에 대한 저항 :

독특한 주형 재료의 내부 조직으로 인하여 파괴 특성이 개선되고 주조품이 수축할 때 미치는 주형의 저

항이 작다.

5) 열 충격에 대한 저항 :

독특한 주형 재료의 내부 조직으로 인하여 주형 재료는 쉽게 팽창하며 결과적으로 주형을 가열하지 않고 용탕을 주입할 수 있다.

6) 스폐링(spalling)과 워싱(washing)에 대한 저항 :

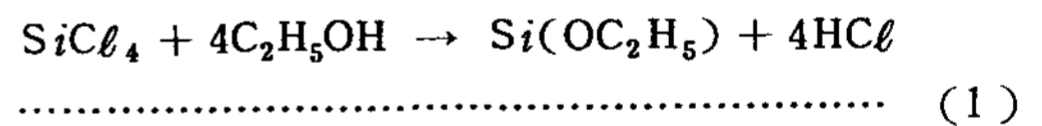
실리카에 의한 결합 특성으로 인하여 주입하는 동안의 불순물의 혼입을 방지한다.

7) 통기도 및 불활성

소성한 후의 주형은 불활성이기 때문에 주형 재료를 통과하여 빠져 나가야 할 기체는 주형 공간을 차지하고 있는 기체 밖에 없다. 독특한 주형의 조직으로 인하여 용탕이 주형 공간에 차는 동안에 주형을 통하여 기체가 쉽게 빠져 나갈 수 있을 정도로 통기도는 충분히 크다.

2. 粘 結 劑

에틸 실리케이트는 주형 재료의 내화도를 감소시키는 알칼리 염이 없는 유기 실리카 점결제이다. 에틸 실리케이트는 다음과 같이 사염화 규소와 에틸 알코올이 반응하여 생성한다.<sup>4)</sup>



그리고 다음 단계의 겔화 특성을 쉽게 조정할 수 있도록 염산을 제거하는 것이 중요하다. 순수한 에틸 알코올을 사용하지 않고 수분을 함유하고 있는 공업용 에타놀을 사용하였을 때 생기는 반응 생성물은 테트라에톡시실란(tetraethoxysilane)과 에톡시폴리실록산(et-hoxypolysiloxane)의 혼합물이다. 테트라에톡시실란은 중량 퍼센트로 약 28%의 실리카를 함유하고 있다. 반면에 한 분자에 평균 5개까지의 규소 원자가 있는 에톡시폴리실록산은 40%의 실리카를 함유하고 있다.<sup>5)</sup> 이 반응 생성물을 테크니칼 에틸 실리케이트(technical ethylsilicate)라 한다. 그리고 실리카의 함량이 높기 때문에 일반적으로 많이 사용하고 있다.<sup>6)</sup>

2-1 加水 分解

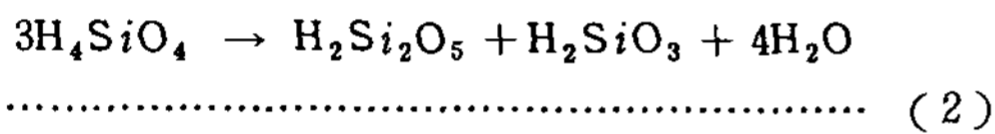
에틸 실리케이트는 점결 능력이 없는 안정한 용액이다. 이 용액을 가수 분해하여야 한다. 그리하여 이것이 물과 반응하여 내화물 입자를 결합시키기 위한 점착성을 가지는 형태의 실리카를 침전시키는 용액을 만

든다.<sup>7)</sup> 에틸 실리케이트와 물은 에타놀과 같이 이 둘 모두를 녹이는 용매를 사용하지 않으면 서로 섞이지 않는다. 그리고 에타놀은 또한 용액을 원하는 실리카 함량으로 희석시키는 역할을 한다. 가수 분해는 산 또는 염기에 의하여 일어날 수 있다.<sup>4)</sup> 그러나 염기에 의한 가수 분해에 의한 실리카는 겔화가 비교적 빠르다. 따라서 산에 의한 가수 분해가 오히려 낫다. 산으로는 황산이나 인산이 적합하지만 염산을 많이 사용한다.<sup>8)</sup> 산에 의한 가수 분해 생성물은 저장 수명이 매우 길며 주조시 쉽게 바로 사용할 수 있는 가수 분해된 에틸 실리케이트 상태로 구입할 수 있다.

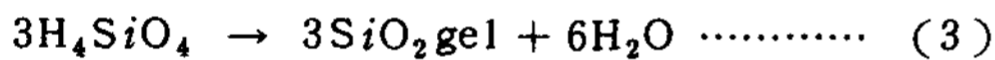
2-2 겔화

내화물 입자를 결합시키기 위해서는 가수 분해된 에틸 실리케이트가 겔화되어야 한다. 겔은 다음과 같은 두가지 방법으로 결합 작용을 한다.

1) 공기중 건조 결합 :



2) 침전 결합



가열하는 동안에 규산 혹은 실리카 결정결체는 응축되어 내화성의 실리카 시멘트를 형성한다. 이 실리카가 소성하는 동안에 강도를 크게 증가시킨다.

폐하 조정의 원리를 이용하여 산으로 가수 분해된 에틸 실리케이트의 겔화를 촉진하는 방법에는 여러 가지가 있다. 가수 분해된 에틸 실리케이트는 보통 폐하값 1.5 ~ 3.0의 범위에서 준비한다. 이 범위에서 에틸 실리케이트는 비교적 안정하며 7.0 이상에서도 역시 안정하다. 에틸 실리케이트는 폐하값이 5.0 ~ 7.0 사이에 있을 때는 불안정하다. 가수 분해된 에틸 실리케이트 용액에다 염기성 시약을 첨가하면 폐하값을 5.0으로 증가시킬 수 있으며 이때 점결체는 불안정하게 되고 겔화한다. 염기성 시약으로는 암모니아, 암모니아 염 - 초산염(acetate), 탄산염(carbonate), 수산화물(hydroxide); 혹은 유기 암모니아 염 - 피페리딘(piperidine), 몰폴린(morpholemar), 트리에틸아민(triethylamine) 등이 있다. 실제 겔화하는 데 걸리는 시간은 겔화제의 종류와 첨가량에 따라서 달라진다.

겔화 시간을 정확하게 조절하여야 하거나 길어야 할 필요가 있을 때는 오가노틴(organotin) 촉매를 사용한다. 이 촉매는 산이나 염기에 의하지 않고 가수 분해

와 겔화가 일어나게 한다. 특별한 열처리를 하여 겔화 특성을 변화시켜 물을 첨가하였을 때 겔화 시간을 변형시킬 수 있다.

3. 耐化物 粒子

에틸 실리케이트에 의한 쇼우 주형의 제조에 사용하는 내화 재료는 여러 가지가 있다. 일부 내화 재료의 예는 표 1에서 보이는 바와 같다. 특정한 목적에 적합한 재료를 선택하기 위해서는 다음과 같은 점을 고려하여야 한다 :

- 1) 순도
- 2) 내화성
- 3) 안정성
- 4) 열팽창
- 5) 열 전도도
- 6) 입자 크기 및 분포
- 7) 가격

표 1. 쇼우 주형에 적합한 내화 재료

내 화 재 료	화 학 식	용 점, °C
마그네시아	MgO	2,800
지르코니아	ZrO <sub>2</sub>	2,677
생 석 회	CaO	2,600
지 르 콘	ZrO <sub>2</sub> · SiO <sub>2</sub>	2,420
칼슘 지르코나이트	CaO · ZrO <sub>2</sub>	2,345
마그네시아 스피넬	MgO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,135
알 루 미 나	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,015
물 라 이 트	3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 2SiO <sub>2</sub>	1,830
용융 실리카	SiO <sub>2</sub>	1,723

내화 재료는 용탕의 주입 온도에서 용융하거나 연화되지 않고 잘 견딜 정도로 내화성이 충분하여야 한다. 실제로 내화 재료가 미량의 알칼리 금속염이나 산화철을 함유하고 있으면 내화 재료의 용점이 심하게 낮아지기 때문에 재료가 순수할 경우에 그 용점은 내화성에 대한 좋은 척도가 된다. 선택한 내화 재료는 안정성이 커야 한다. 즉 수화 반응이나 주형 혹은 용탕 속의 다른 물질과 반응을 잘 일으키지 않아야 한다. 열적 안정성 또한 중요하며 열팽창은 필연적으로 일어난다. 그러나, 열팽창을 예측할 수만 있으면, 즉 일정하고 재현성이 있으면, 수축 허용치를 예측할 때 충분히 고려할 수 있다.

열 전도도는 한편으로는 선택한 재료의 성질이다. 그

러나 기공이 있는 특수한 주형으로 만들었을 때에는 입자의 크기와 분포에 따라서 달라진다. 열 전도도는 응고 속도와 주형을 통한 열전달에 영향을 미치며 따라서 금속의 응고 조직에 영향을 미칠 것이다.

가격이 또한 내화 재료를 선택할 때 중요한 변수이다. 그리고 가격은 입수의 가능성, 순도 및 입자 크기의 요구와 같은 여러 인자에 따라서 달라진다.

**3-1 鑄型의 混合 規格**

주형을 잘 만들고 품질이 우수한 주조품을 생산하기 위한 관건은 주형 재료의 혼합 규격에 달려 있다고 해도 과언이 아니다. 품질이 우수한 주형을 일관성 있게 제조하기 위해서는 주형 재료의 품위를 점결재의 부피와 겔화제의 양으로 조절하는 것이 기본적이다. 소우주형법에 있어서는 슬러리의 제조가 중요하다.<sup>9)</sup> 농도가 너무 낮으면 소성시 주형에 균열이 생기기 쉽고 또 농도가 너무 높으면 모형의 복잡한 모양을 상세하게 복제하기 어려우며 주형의 표면에 기공이 남게 된다.

주형을 생산하기 위한 내화 재료의 품위를 선택함에 있어서는 사형의 제조시 적용되는 원리를 척도로 적용할 수 있다. 입자 크기가 미세한 재료를 사용하면 표면은 개선될 것이다. 그러나 통기도는 감소할 것이고 결과적으로 더 많은 점결재가 필요할 것이다. 미국 주물인 협회(AFS)의 압축 및 인장 강도 측정법에 의하여 측정된 강도는 또한 선택한 품위에 따라서 달라질 것이다. 미세한 입자가 조대한 입자 사이의 공간을 채울 수 있도록 크기가 다른 여러 가지 입자들이 혼합된 내화 표 2. 실레스터 AR로 결합된 물라이트 혼합체의 인장 강도.

내화 재료의 입자 크기	내화 재료의 비부피 (cc/kg)	인장 강도 ( $\times 10^{-3} \text{ kgf/cm}^2$ )			
		소성 전		1,000°C 소성 후	
		대기 건조	토오치 가 열	대기 건조	토오치 가 열
1. 100 %	456	-	1.40	-	3.93
300 메쉬	422	-	1.90	-	4.21
물라이트	400	3.72	1.90	14.75	3.72
	356	-	2.11	-	5.13
	333	6.53	2.25	25.98	5.83
	311	-	2.39	-	7.72
	267	8.43	2.81	41.08	11.09
2. 30 % - 16/30	267	-	6.32	-	11.73
30 % - 30/60	222	-	7.51	-	15.94
40 % - 300, 메쉬 물라이트	178	-	8.29	-	19.87

재료를 선택하였을 때 강도가 최대가 될 것이며 이 방법이 점결재를 사용함에 있어서도 가장 경제적인 방법이다. 혼합 규격은 이론적인 면과 실제적인 요구의 사이에서 결정될 것이다. 그러나 세라믹 분야의 기본적인 참고서<sup>10), 11)</sup>를 참고하는 것이 중요하다.

이런 여러 가지 인자를 강조하는, 실험적으로 결정된 강도값은 표 2에서 보이는 바와 같다.

**4. 鑄型의 生産 및 後處理**

이 주형법의 주된 잇점은 엄격한 치수 허용치 내에 포함되는 주조품을 일관성 있게 생산할 수 있다는 것이기 때문에 모형과 주형의 조립을 위한 기구를 아주 정확하게 제조하는 것이 근본적으로 중요하다.

**4-1 模型 및 機構**

모형 보다 더 상세하고 정확하게 주조품을 생산할 수는 없기 때문에 당연히 모형의 조립과 품질에 주의를 기울여야 한다. 소우주형법에 있어서는 퍼머넌트 모형을 이용하며 이론적으로는 여러 재료를 사용할 수 있다. 예를들면, 나무, 석고, 흑연, 에폭시 수지, 그리고 금속 등이 있다. 그러나 실제로는 치수의 정밀도가 요구되기 때문에 그 선택의 범위는 좁아진다. 목형의 경우는 열이나 수분에 의하여 영향을 받고 따라서 치수는 3% 정도까지 변화할 수 있으며 따라서 제품의 치수의 정확도에 크게 영향을 미친다.<sup>13)</sup> 고분자 수지를 사용하면 심한 뒤틀림이 일어나기 쉽다. 정확한 치수를 얻기 위해서는 잘 연마한 금형을 사용하는 것이 좋으며 특히 알루미늄 합금이 적합하다. 사진 1에서 정밀한 알루미늄 모형판(pattern plate)의 조립체와 흑연 모형을 보여준다. 모형에는 보통 이형제를 바른다. 예를들면, 10%의 피라핀 왁스를 함유하고 있는 벤젠 용액 혹은 비슷한 성질의 제품을 사용한다. 적당한 양을 바르고 잘 닦아내면 모형을 주형으로부터 빼내는데 문제가 없다.

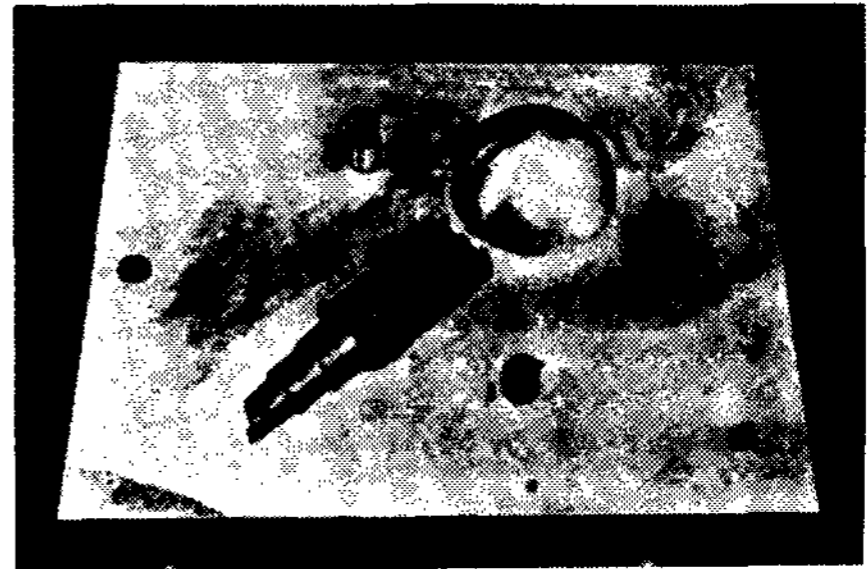


사진 1. 정밀 알루미늄 모형판 조립체 및 흑연 모형

### 4-2 鑄型の生産

쇼우 주형은 다음의 여러 가지 방법으로 제조할 수 있다. 즉, 크기가 작은 부분품을 제조하기 위해서는 세라믹 셸이 만족스러우며 큰 주조품을 제조하기 위해서는 주형틀을 사용하지 않은 블록 주형이 좋다. 주형이나 제조하고자 하는 제품이 매우 클 때에는 복합 주형을 만들어 주형의 생산 비용을 절감하는 것이 바람직하다. 이 경우에는 주형 표면의 주형 재료는 쇼우 주형으로 제조한다. 그러나 백업 재료로는 물유리 점결체를 사용한 주형 재료를 사용한다. 대량 생산을 위해서는 주형 생산 과정을 자동화하여 많은 주형을 생산할 수 있다.

사진 2에서 보이는 바와 같은 복합 주형을 생산하기 위해서는 다른 종류의 모형이 더 필요하다. 이 모형은 백업 주형의 더 큰 주형 공간을 만들기 위해서만 필요하기 때문에 나무도 만든다. 이렇게 준비한 백업 수형을 정밀한 모형과 조립하고 이 백업 주형과 모형 사이의 빈 공간에 유동성이 있는 쇼우 슬러리를 붓는다.

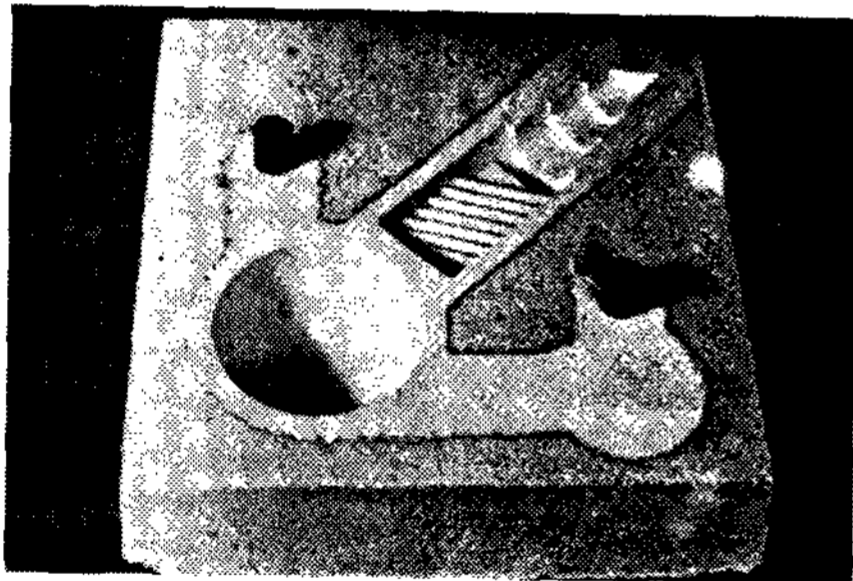


사진 2. 쇼우 주형과 물유리 점결체로 결합된 백업 주형의 복합 주형.

백업 주형을 제조하기 위하여 퍼머넌트 모형이 꼭 필요한 것은 아니다. 큰 백업 주형을 생산할 수 있는 오일 샌드, CO<sub>2</sub> 샌드, 펠트(felt) 등과 같은 재료로 정밀 모형을 일정한 두께로 덮어서 같은 효과를 얻을 수 있다.<sup>14)~17)</sup> 백업 주형과 주형 표면층이 분리되지 않게 하기 위하여 열팽창 특성이 비슷한 주형 재료를 선택하여야 한다. 내구성이 있는 금형의 백업 주형을 또한 사용할 수도 있다.

### 4-3 鑄型の後處理

주형으로부터 모형을 빼냈을 때 최종 주형의 품질에 심하게 영향을 미칠 수 있는 여러 단계를 거쳐 주형을 처리하여야 한다. 쇼우 주형법에 있어서 주형 재료에 미세한 균열이 생기는 효과는 모형을 빼낸 후 즉시 소성

하였을 때만 얻을 수 있다. 상당한 시간 동안 주형 재료를 대기 중에서 건조시키기 위하여 방치하였을 때는 미세한 균열이 생기지 않는다. 소성에 의하여 증가된 강도는 대기 중에서 건조한 재료의 경우가 훨씬 더 크다. 그러나 대기 중에서 건조하였을 때에는 통기도 열충격에 대한 저장 및 파괴 특성은 오히려 나빠진다.(표 2 참조)

주형 공간의 내부 모서리에 조대한 균열이 생기면 문제가 된다. 대부분의 주조품 설계에 있어서는 모서리가 날카로운 것은 적합하지 않다. 그리고 모서리에서의 곡률 반경은 3mm 이상이 되도록 설계하는 것이 좋다. 휘발한 알코올은 쉽게 연소한다. 그러나 가스 토오치를 이용하여 연소를 촉진시키며 연소하는 동안 공기의 공급을 용이하게 하기 위하여 쇠그물(grid) 위에 주형을 놓고 연소시킨다.

더 발전된 주형법으로는 분리한 주형을 토오치로 급열 가열하고 소성하기 전에 안정화를 위한 액체 욕 속에 담구어 처리하는 유니캐스트 주형법이 있다(Uni-cast process).<sup>2)</sup> 예를들면 에틸 알코올을 함유하고 있는 욕 내에 한시간 정도 담구어 안정화시키면 주형 치수의 안정성과 강도가 개선된다. 주형의 크기가 작을 때에는 밀봉된 플라스틱 주머니 속에 넣어서 안정화시킨다.

토오치로 급열 가열한 후 다음과 같은 두가지 이유 때문에 소성한다.

1) 잔류 유기 물질을 태워 없애고 수분을 제거하여 불활성 주형을 얻기 위하여

2) 소결 효과를 통하여 주형의 강도를 개선시키기 위하여

문헌 상에는 300~1,300°C의 상당한 범위의 소성 온도가 제안되어 있다. 첫번째 목적은 500°C에서 소성함으로써 달성할 수 있는 반면에, 1,000°C 이하의 온도에서의 소결로는 실제로 강도는 크게 개선되지 않는다. 잔류하는 휘발성 물질의 연소를 촉진시키기 위하여 주형을 소성할 때에는 약간의 산화성 분위기가 좋다.<sup>2)</sup> 복합 주형은 백업 주형을 심하게 가열하지 않고 표면을 소성하기 위하여 터널형의 노 내에서 복사에 의한 가열을 하는 것이 좋다.

제품 단면의 두께와 금속 공학적 요구에 따라서 다르지만, 주형이 완전히 냉각되지 않은 상태에서 용탕을 주입한다. 주형틀을 사용하지 않는 경우의 부분 주형의 조립은 모형 제작 과정에서 주형 조립용 핀을 설치함으로써 용이하게 할 수 있다. 한 예로서 테이퍼가 있는 주형 설치용 핀은 사진 2에서 보인다. 주형의 접

합부는 봉니 화합물로 밀폐시킨다. 접합부의 봉니는 접합부 부근의 제품의 정확도를 떨어뜨린다. 그리고 주조하기 전에 주형 위에 중량이 큰 물체를 올려 놓거나 금속 밴드를 이용하여 묶는다.

### 5. 製品의 品質

정밀 주조품의 품질은 다음과 같은 세가지 인자를 근거로 판단한다.

- 1) 치수의 정확도
- 2) 표면 및 외관
- 3) 결함의 존재

#### 5-1 치수의 正確度

제품 치수의 정확도는 모형의 정확도에 의하여 결정되며 또한 부분 주형이 얼마나 정확하게 조립되었는가에 따라서 달라진다. 주형의 접합부에서 보다 한쪽부분 주형의 내부에서 더 정확한 치수의 허용치가 유지되는 것은 당연하다. 주형 재료는 또한 열적 성질과 통기도를 통하여 치수의 정확도에 영향을 미친다. 이 두가지 인자는 모두 용탕의 온도에 밀접한 관계가 있으며 이 용탕의 온도가 치수의 정확도에 주된 영향을 미친다.<sup>23)</sup> 용탕의 성분이 달라지면 또한 치수가 변화할 수 있으나 주의 깊게 용해 과정을 다룸으로서 이의 영향을 감소시킬 수 있다. 안정하게 생산하기 위하여 후에 조립할 부분품은 같은 용탕으로 생산하는 것이 좋다.<sup>24)</sup>

쇼우 주형법으로 생산하는 주강품의 전형적인 치수 허용치는 다음과 같다.<sup>25)</sup>

25 mm 이하의 치수	± 0.08 mm
25 ~ 75 mm 범위의 치수	± 0.13 mm
75 ~ 200 mm 범위의 치수	± 0.38 mm
200 ~ 375 mm 범위의 치수	± 0.76 mm
375 mm 이상의 치수	± 1.14 mm

접합부 부근의 치수에 대해서는 ± 0.25~0.50mm 범위의 여분의 허용치가 더 필요하다.

#### 5-2 表面 및 外管

쇼우 주형법에 의하여 생산한 주조품의 표면은 내화물의 품위, 용탕 및 주형의 온도 그리고 용탕 및 주형간의 반응 등을 포함하는 여러 인자에 의하여 달라진다. 사용한 내화물 입자가 미세할수록 표면은 좋다. 주형을 예열하고 주입 온도가 높으면 표면의 질은 더 나빠진다.<sup>26)</sup> 주강품의 경우에는 2μm cla 정도의 표면 조도

를 얻을 수 있으며 비철 합금에 대해서는 이 보다 좋다. 반면에 사형 주조품의 경우는 5~10μm cla 정도이다.

심하게 산화한 표면은 치수의 정확도 뿐만 아니라 표면의 질을 직접적으로, 그리고 쇼트 블라스트가 요구되어 간접적으로 떨어뜨린다. 이 산화 효과를 감소시키기 위하여는 불활성 기체 분위기를 이용할 수 있을 것이다.

#### 5-3 金屬 工學的 考察

쇼우 주형은 주형 재료의 특성으로 인하여 다른 주형법에 비하여 금속의 냉각 속도는 비교적 더 낮다. 따라서 현미경 조직상 결정립은 조대하고 목적에 따라서는 적용할 수 없는 경우도 있다. 이것은 결정립 미세화 처리를 함으로서 해결할 수 있을 것이다. 서냉 현상은 주강품에 있어서는 부분적으로 탈탄이나 표면 산화에 기인하기도 한다.<sup>27)</sup> 크롬을 함유하고 있는 주강품의 경우에는 그 표면이 피팅(pitting)에 의하여 더 영향을 받을 수도 있다.<sup>28)</sup>

870°C 이상의 고온에서 주조품이 유지되는 시간에 따라서 탈탄 현상이 나타난다. 실제로 탈탄의 문제는 다음과 같은 방법으로 해결할 수 있다. 즉 주형이 큰 테이너 내에 놓여 있을 때 금속의 외부 표면에 헥사메틸렌 테트라민(hexamethylene tetramine)을 바르거나,<sup>29)</sup> 혹은 환원성 분위기에서 조업하거나,<sup>30)</sup> 주형을 진공 처리하여 주형으로부터 공기를 제거하고 불활성 기체를 채움으로서 가장 효과적으로 해결할 수 있다.<sup>27)</sup> 피팅이 생기는 현상은 탈탄과 관련이 있는 것으로 나타났다.<sup>28)</sup> 이 두가지 현상은 일산화 탄소의 형성에 기인한다. 용탕 내의 분위기 그리고 주형의 점결제 역할을 하는 실리카로 부터 발생하는 산소와 반응한다. 따라서 탈탄이 일어나고 일산화 탄소 기포가 발생하여 주조품의 표면에 피팅이 생기게 한다. 점결제 역할을 하는 실리카 내에는 산소가 항상 존재하기 때문에 탈탄 현상을 완전히 없애는 것은 불가능할 것이다.

주강품의 냉각이 일어나는 동안 주형 재료 내부를 통하여 기체를 공급해 줌으로써 주조품의 표면 특성을 변화시킬 수 있을 것이라는 것이 제안되었다. 암모니아를 사용하여 표면을 질화시켜줄 수 있으며<sup>31)</sup> 탄소가 발생하는 분위기를 이용하여 표면에 침탄층을 형성시킬 수 있을 것이다.<sup>21)</sup>

#### 參 考 文 獻

1. C. Shaw, Foundry Trade J., 78(1534), (1946), 31.

2. R. Greenwood, American Patent 3, 172, 176.
3. I. Lubalin and R.J.Christensen, Modern Casting, 38(4), (1960), 83
4. H.F. Emblem, Trans. and Br.Ceramic Soc., 74(23), (1975), 660.
5. K. Jones et al., Tin and its Uses, 119(1979), 10.
6. H.G. Emblem, Foundry Trade J.,132(2884), (1972), 379.
7. W.G. Lawrence, Modern Casting, 38(2), (1960), 109.
8. W.F. Wales, Trans. AFS, 81, (1973), 249.
9. S. Paterson, SAE Trans. 75, Paper 660645, (1967), 263.
10. W.D. Kingery, Introduction to Creamics, Wiley, London, England, (1976).
11. D.W. Budworth, An Introduction to Ceramic Science, Pergamon, Oxford, England, (1970).
12. C.J. Russell, MSc Thesis, Loughborough University of Technology, March(1980).
13. M.J. Butler, British Plastics, 43(6), (1970), 144.
14. V.R. Balinskii et al., Russian Castings Production, (1972), 421.
15. D.B. Winter, Foundry Trade J.,116(2474), (1964), 427.
16. W. Dittrich, Giesserei, 59(8), (1972), 239.
17. A. Dunlop, American Patent, 2, 931, 081.
18. I.J. Lubalin, American Patent, 3. 242, 539.
19. N. Shaw, American Patent, 2, 795, 022.
20. R.K. Scott, American Patent, 3, 213, 497.
21. C.F. Olsen, ASTM Technical Paper, CM69-235, (1969).
22. J.S. Prasad and T. Watmough, Trans. AFS, 77., (1969), 289.
23. Gy. Szende, Bany. esKoh. Lapok(Ontode), 27(3), (1976), English translation B1S1 14700.
24. E. Bazzano, Castings, 16(5), (1970), 24.
25. Metals Handbook, American Society for Metals, Ohio, U.S.A.
26. I.P. Fominyk et al., Russian Castings Production, (1976), 467.
27. G.E. Doremus and C.R. Loper, Trans. AFS, 78, (1970), 338.
28. G. Yardmici, E. Fischer and E. Klein, Proc. 4th World Conference on Investment Casting, June(1976).
29. C.Shaw, American Patent 2,935, 722.
30. I. Lubalin, Cast Forging Dies, ASIME, Hartford, Connecticut, U.S.A.,(1965).
31. A.A. Pikman et al., Russian Castings Production, (1976), 253.