

技術資料

광의의 정밀 주조

권 해 옥*

Precision Casting

H. W. Kwon

1. 서 언

정밀 주조는 역사적으로 로스트 왁스(lost wax)법이 알려진 기원전 약1600년 경으로 거슬러 올라간다. 그러나, 정밀 주조법이 기술적으로 크게 발전한 것은 지난 약 40년 간이다. 여기에서는 영국의 Sterling Metal사에서 채택한 여러가지 정밀 주조법을 중심으로 소고해 보고자 한다. 이 회사에서 이룩한 간단한 기술적 발전 과정은 영국이나 미국의 전형적인 발전 과정이라 할 수 있다.

1940년대 후반에, 주로 소형의 주형을 제작하기 위한 방법으로, 안티오치 플라스터 주조법(Antiochi plaster casting process)을 도입하였다. 동시에, 크로닝 셸 주형법(Croning shell-mold process)에 크게 관심을 보였으며, 다른 회사들과 마찬가지로 이 방법의 적용에 대하여 연구하여 간단한 항공기용 부품을 생산하였다.

그 후 인베스트먼트법(investment process)을 마그네슘 및 알루미늄 합금 등과 같은 경금속 합금, 합금강, 공구강, 스텐레스강, 니켈-크롬, 코발트-크롬 및 구리 합금 등의 정밀 주조품을 생산하기 위하여 적용하였다.

여기에서 정밀 주조법을 정의하는 것이 바람직할 것이다. 이때에 정밀이란 말의 의미는 기계적 가공 공장에서 사용하는 의미와는 다르고 다른 주조법에 비하여 제품이 정밀하다는 것을 의미한다. 치수의 공차는 예를 들면 $\pm 0.08\text{mm}$ 정도를 고려하며, 한편 엔지니어는 아마 이 값의 약 1/10 정도로 더 정밀

한 것을 생각한다. 그러나 사형 주조 시에는 약 0.8mm 정도로 더 거칠다.

정밀 주조법은 보통의 주조법으로는 얻을 수 없는 복잡하고 정확한 제품을 생산할 필요가 있을 경우에 채택된다. 주물 생산 시 나타나는 모든 문제는 어느 한가지 주조법 만으로는 해결되지 않는다. 따라서 생형이나 건조형 주형 혹은 중력 또는 압력 다이 캐스팅과 같은 잘 확립된 주조법이 늘 먼저 고려된다.

다양한 정밀 주조법을 적용하여 일반적으로 주조 산업 분야를 넓혔고, 새로운 분야를 개척하였으며 컴퓨터를 이용한 가공, 전기 화학적 가공, 정밀 단조, 전자빔 용접, 딥 브레이징(dip brazing), 전기 가공 및 방전 가공 등과 같은 새로운 가공법으로 주조품을 가공해야 할 필요성을 감소 시켰다. 여기에서 소개하는 주조법이 아마 정밀 주조품을 생산하기 위한 가장 적당한 방법일 것이다.

압력 다이 캐스팅법은 물론 정밀 주조법이다. 그러나 이 방법은 주조품이 특수한 경우와 생산량이 많은 경우에 적합한 방법이다.

2. 정밀 주조법.

여기에서 소개하는 주조법은 크로닝셸(Croning shell), 플라스터(plaster) 및 인베스트먼트법이다. 이것들을 다시 여러가지의 특수 주조법으로 분류할 수 있다.

2-1 크로닝 셸법(Croning shell process)

이 방법도 다른 주조법과 마찬가지로 패턴 제조

로 부터 시작한다. 이 경우 패턴은 금속제이고 두 부분으로 되어 있다. 각 부분은 가열된 금속 패턴 판에 부착된다. 열경화성 점결제 (binder)를 피복한 모래를 패턴 판위에 부어서 몇 분 동안 경화가 일어나게 한다. 그리고 패턴 판을 뒤집어서 잉여의 모래를 제거한다. 그러면 패턴 판 위에 쉽게 채취할 수 있는 약 10mm 두께의 셀이 얻어진다. 코어(core)가 필요한 경우에 코어도 마찬가지로 제조할 수 있으며 금속제 코어 상자 (core box)는 오븐(oven)에서 가열한다. 이렇게 제조한 두 부분의 셀을 서로 볼트(bolt)로 조립하여 주조한다.

이 방법으로 얻을 수 있는 장점은 주조품에 따라서 치수의 일관성이 있고 주조품의 금속 공학적 특성이 좋으며 주물공이 그렇게 숙련이 되지 않은 경우에도 모양이 복잡한 부품을 생산할 수 있다는 점이다. 특정 치수의 한계 허용치나 미세하고 깨끗한 표면 보다 치수의 일관성과 금속 공학적 특성에 대한 요구가 더 중요한 경우에는 크로닝 법이 플라스틱이나 인베스트먼트법에 비하여 우수하다. 특히, 두께가 두꺼운 제품의 경우에는 주형과 코어 재료의 열적 특성 때문에 더욱 그렇다.

크로닝 셀법은 알루미늄, 마그네슘 및 주강 주물의 생산에 적용할 수 있으며 특히 마그네슘 주물의 경우에는 주형-금속 사이의 반응을 방지하기 위하여 억제제를 사용할 필요가 있다.

비록, 적열 취성을 나타내는 합금에 대해서는 페놀 레진 (phenol resin)에 비하여 덜 견고한 우레아 (urea) 점결제를 사용할 수 있으나, 보통 열경화성 점결제로는 페놀 레진을 사용한다. 그러나 우레아를 사용하는 경우 잘 부스러지기 때문에 생산한 주조품의 정확도가 떨어지는 경향이 있으며 표면이 더 거칠다. 주물사와 점결제의 다양한 조합으로 내균열성과 내충격성이 크고 주형 반응성이 적은 특성을 얻을 수 있다.

2-2 플라스틱법(plaster process)

이 방법을 위하여 사용하는 패턴은 나무, 레진, 고무(언더컷(undercut)과 요각 부분의 조형작업을 용이하게 하기 위하여) 그리고 청동(정밀도를 위하여)으로 제조할 수 있다.

Stirling Metal사에서 사용한 플라스틱법은 주로 안티오치(Antiochi)와 폼-플라스터(foam-plaster)법의 두가지 방법이며 각각 장단점이 있다.

비록 얇은 벽을 가지는 마그네슘 주물과 동 주물을 실험적으로 생산하기도 하였지만 플라스틱법으로는 알루미늄 주물을 주로 생산하였다.

1)안티오치법 (Antiochi process)

이 방법은 1930년대에 미국에서 청동 예술품을 제작하기 위하여 통기성이 더 큰 플라스틱 주형을 제조하기 위한 일을 하는 동안 개발되었다. 그 후 이 방법의 공업적 적용 가능성이 크다는 것이 알려졌으며 더욱 개발되어 아주 작은 알루미늄 주물, 임펠러 (impeller) 및 다양한 모양의 주물을 제조하는데 응용되었다.

석고 플라스틱과 물로 되어 있는 슬러리(slurry)를 주형 상자 내의 패턴 위에 혹은 코어 상자 속에 부어서 굳게한다. 굳고난 후 주형과 코어를 8~10시간 동안 증기 오토클레이브 (steam autoclave)처리를 한다. 이 동안에 플라스틱은 알맹이로 뭉쳐지고 통기도가 증가한다. 오토클레이브에서 방출하여 10~14시간 동안 물에 담구어 놓는다. 그러면 계속 알맹이로 뭉쳐진다. 이렇게 하면 주형의 몸체의 내부에는 모래의 크기와 비슷한 크기의 입자 형태이고 표면은 전혀 반응이 일어나지 않아 매끈한 표면이 얻어진다. 내부의 입자 사이의 접촉점에서 결합 강도가 충분히 커서 주형 전체의 모양을 잘 유지하며 통기도가 높다. 실제로 통기도는 미국 주물인협회(AFS) 기준 25~40으로 유지된다.

그리고 주형과 코어를 오븐(oven)에서 건조한 후 조립하여 주조한다.

이 플라스틱법의 통기도가 큰 장점에 반하여 단점은 증기 오토클레이브 처리 시간이 길다는 것이다. 이 처리는 경비가 많이 들고 플라스틱의 표면에 침식이 일어나서 표면을 나쁘게 하는 경향이 있다.

2)폼-플라스터법(foam-plaster process)

이 방법은 바로 건조가 일어나는 플라스틱의 신속성과 저렴한 경비와 동시에 안티오치법의 장점인 고통기도를 얻을 수 있는 장점이 있다.

소량의 발포제(foaming agent)를 물에 첨가하고 휘젓는다. 그리고 플라스틱을 첨가하며 발포는 계속 일어난다. 그런 다음에 슬러리를 주형과 코어 상자에 붓는다.

패턴을 제거한 후 여러시간 동안 주형과 코어를 오븐에서 건조 시킨다. 그러면 통기도가 큰 셀 형태의 구조를 가지는 플라스틱을 얻을 수 있고 그 표면이 약 0.5mm 두께의 고르고 밀도가 큰 표면층이 형성하여 주조한 주물의 표면이 매우 훌륭하다. 주형

과 코어를 조립하여 보통의 방법으로 주조한다.

폼-플라스터법의 주된 장점은 원료의 가격이 비교적 저렴하고 셀 형태의 구조로 인하여 주어진 플라스터의 무게에 비하여 큰 주형을 제조할 수 있다는 것이다. 오토클레이브 처리를 하지 않고도 통기도가 큰 주형과 코어를 제조할 수 있다. 주형과 코어는 가볍고 견고하여 다루기가 용이하다(특히, 코어가 클때 뚜렷한 장점이다.) 불행하게도, 실제로 플라스터는 굳는 동안에 팽창하여 주형공간에 깊은 흠이 있을 때 저항이 생겨서 패턴을 제거할 때 잘 부스러져 표면의 손상이 일어나기 때문에 모양이 간단한 제품의 제조 시에만 적용할 수 있다. 이런 형태의 플라스터를 위한 코어 상자는 고무로 만들거나 전체 코어 상자를 분해할 수 있도록 설계하는 것이 바람직하다.

플라스터법의 장점은 표면 마무리와 치수의 정확도에 있다. 이 방법의 주된 단점은 주물의 응고 속도를 낮추어서 제품의 성질이 나빠진다는 것이다. 또한 노동 집약적인 방법이기도 하다.

2-3 인베스트먼트법(investment process)

인베스트먼트 주조법은 사용하는 패턴의 형태로부터 다른 방법과 구분한다. 다른 주조법에서는 반복하여 사용할 수 있는 영구적 패턴을 사용하지만, 인베스트먼트법에서는, 비록 용점이 낮은 합금, 염, 플라스틱 및 고체 수은 까지도 사용할 수 있으나, 보통 왁스(wax)인 일회용 패턴을 사용한다. 왁스가 가장 일반적인 재료이며 따라서 이 방법을 로스트 왁스법 (lost wax process)이라고도 한다.

패턴은 실제로 원하는 주물 모양의 정확한 복제품이며 반고체인 왁스를 다이 속으로 사출한 후 다이를 벗기고 왁스 패턴을 얻는다. 속이 빈 패턴이 필요하면, 가용성 왁스로 공동을 채워 제조할 수 있다. 여러 개의 이런 패턴을 탕구에 부착하거나 게이트로 연결하여 클러스터 (나무 모양의 한 덩어리, cluster)로 만든다. 패턴이 큰 경우에는, 왁스로 제조한 탕도 및 압탕등을 패턴에 부착시킨다. 그리고 이 조립체를 주형 재료로 완전히 입힌다. 주형 재료를 입히는 방법으로는 보통 다음의 두가지 방법이 있다.

1) 블록 주형 (block mould)

판 위에 집합체를 놓고 캔(can)으로 덮고 진공 하에서 주형 제조용 슬러리를 붓는다. 이 경우의 슬러

리는 견고함이나 색깔 면에서 플라스터법의 경우와 비슷하다. 그러나 물, 플라스터, 크리스토파라이트 (cristobalite), 여러가지 충전재, 안정화 재료 및 통기도를 증가 시키기 위한 첨가제의 혼합물로 되어 있어 슬러리의 성분이 다소 복잡하다. 진공 하에서 슬러리를 붓는 이유는 부분적으로는 슬러리 내의 기체를 제거하고 부분적으로는 복잡한 모양의 코어 등을 확실하게 채우기 위해서이다.

그리고 주형의 모양과 크기에 따라서 17~48 시간 동안 650℃까지의 온도에서 굽는다(이 동안에 왁스가 제거된다.). 그리고 주조한다. 주형이 뜨거운 상태에서 주조하는 동안 저압 혹은 진공이 도움이 된다. 이 방법으로 알루미늄, 마그네슘 및 동 합금을 주조할 수 있다.

2) 세라믹 셀(ceramic shell)

이 경우에는 클러스터를 콜로이드 상태의 실리카와 세라믹 분말로 되어 있는 슬러리 속에 담구어 일반적으로 벽토(stucco) 로 알려져 있는 미세한 모래를 뿌려서 주형 (혹은 세라믹 셀)을 제조한다. 건조한 후 이 클러스터를 다른 세라믹 슬러리에 담구고 입상의 몰로차이트(molochite)가 섞여 있는 유동베드(fluidized bed)속에서 넣는다. 그러면 벽토가 다시 피복된다. 보통 5~6회 피복하여 원하는 두께를 얻을 때 까지 세라믹 슬러리에 담그고 몰로차이트 벽토를 피복하는 과정을 반복하며 한층의 피복이 될 때 마다 다시 건조한다. 이 과정을 기계화 할 수도 있다. 급열하거나 증기 오토클레이브 처리에 의하여 왁스를 제거하고 셀을 900~1000℃의 온도에서 적어도 2시간 이상 구운 다음 셀이 여전히 뜨거운 상태에서 주조한다. 대부분의 철 및 비철 합금을 이 방법으로 주조할 수 있다.

인베스트먼트법의 주된 장점으로는 제품의 정밀도가 높고, 표면 상태가 좋으며, 세밀한 부분의 재생이 가능하고, 적용 합금이 다양하고 단기간 혹은 장기간 가동에 적합하며, 매우 복잡한 부품과 드래프트(draft)가 허용되지 않는 경우에 이상적이라는 점 등이 있다. 블록 주형에 비하여 특히 좋은 점은 열적 특성이 좋고 (따라서 주조품의 성질이 더 우수하다.), 페틀링(fettling)경비가 더 저렴하고 경제적인 생산법이라는 점이다. 반면에 블록 주형은 주물 벽이 얇거나 (1.5mm이하) 복잡한 모양의 코어가 필요할 때 더 우수하다.

2-4 여러 주조법의 조합(process combination)

여러가지 주조법을 조합하여 각 주조법의 좋은 특성을 이용할 수 있을 것이다. 예를 들면, 도파관(waveguide)과 같이 내부 표면 마무리와 정밀도는 매우 엄격하나 외부 표면 마무리는 중요하지 않고 되도록이면 원가가 낮게 제조해야 할 경우에 플라스틱 코어와 CO₂ 사형을 사용할 수 있다.

모양이 매우 복잡하고 외부 표면의 치수가 정확할 필요가 있을 경우에는 CO₂사형 대신에 크로닝 셀 주형을 사용할 수 있다. 마찬가지로 토크 전환기 주물은 높은 정밀도와 표면 마무리를 위하여 플라스틱을, 정확한 베인 코어 위치를 위하여 셀 코어를, 원가면에서 CO₂사형을 그리고 방향성 응고를 촉진하기 위하여 환형 다이를 사용하여 제조한다. 만약 생산량이 충분하면 각 플라스틱 베인 코어를 한개의 코어와 상부 및 하부 다이로 대체할 수 있다. 극단적인 경우에 매우 복잡한 주물이 필요하면 5 혹은 6가지 까지의 주조법을 조합하여 제조할 수 있다.

3. 페틀링(fettling)

보통 이것은 압탕, 게이트, 탕도 및 플래쉬(flash) 등을 주물에서 제거하는 것을 말한다. 그러나 예상과는 달리 탈사 후의 후처리 및 검사 과정의 경비가 전체 생산비의 대부분을 차지한다. 주물은 치수 허용치가 엄격하고 경미한 페틀링 만이 필요할 것으로 생각되기 때문에 이것은 다소 놀랍다. 그러나 정밀 주조의 경우에는, 사형 주조의 경우 보통 문제가 되지 않는 표면 불규칙이 더 심각하다. 이것은 검사 기준이 보통의 경우보다 더 엄격하고 따라서 작업 기준이 더 엄격하며 페틀링공장에서 세밀한 수정이 필요하다는 것을 뜻한다. 사실 주물공은 보통 잘 부스러지는 특성을 가지는 주물의 엄격한 치수와 고도의 표면 마무리에 대하여 훈련을 하여야 한다. 이 점에 밀접한 관계가 있는 문제는 기계 가공할 위치의 선정이다. 예측할 수 있는 바와 같이, 생산 엔지니어(engineer) 혹은 절삭공은 보통 주조 기술에 관한 상세한 지식이 없고 성공적인 기계 가공의 관점으로만 주물을 고려한다. 모양이 간단한 경우에는 별로 문제가 되지 않으나 역학적으로 균형을 이루어야 하는 토크 전환기 같은 주물 회전 부품 같은 경우에는 절삭공이 주물 표면을 무시하기 때문에 문제를 야기시킬 수 있다.

따라서 뒤틀린 표면이나 항아리 모양과 같은 주물의 경우에 주조 공장에서 가공 위치와 데이터를 제공하여 기계 가공 과정에서의 불량률을 감소시킬 수 있게 하여야 한다. 예를 들면 터보차지 임펠러 휠(turbo-charge impeller wheel)을 생산할 때 평균적으로 적어도 20% 는 역학적으로 균형이 잡히지 않은 것이 발견되었다. 가공 위치 데이터를 도입하고 난 후 가공 과정에서 역학적 균형을 잡는 동안 나타나는 불량률이 1% 이하로 감소시킬 수 있었다. 물론 이것은 경비 절감을 의미한다.

또한 주조 공장에서 페틀링하고 주물 플래쉬를 제거하기 위하여 이런 가공 과정을 이용할 수 있으며 그렇지 않으면 제조 경비가 증가할 것이다.

4. 기구 및 장비

치수의 정확도의 요구로 부터 기대되는 바와 같이, 조립의 관점에서 뿐만 아니라 조형법, 치수와 모양의 복제 및 수축 등의 관점에서 패턴용 장비가 가장 중요하다. 패턴은 나무, 금속, 고무, 플라스틱과 레진 그리고 경금속합금 및 금속 다이 (왁스의 사출을 위하여) 등으로 만들기 때문에 정밀 주조법을 위한 패턴용 장비는 특수 패턴 제조사나 장비제조 회사에서 제조하는 것이 보통이다. 최종 주물의 허용치의 1/10 까지의 허용치를 가지는 패턴을 제조하기 위한 미세한 허용치를 얻을 필요가 있을 때에는 그럴 필요가 있다고 생각한다. 주형 재료, 코어의 무너짐 및 모양 등에 의하여 영향을 받는, 응고와 냉각이 일어나는 동안의 금속의 수축을 주의 깊게 허용하여야 한다. 예를 들면, 크로닝 셀 코어는 가열하는 동안 1mm 당 0.04mm 팽창하고 중력 다이의 경우는 0.02mm 그리고 안티오치 프라스터 코어는 오토클레이브 처리를 하는 동안 0.06mm 팽창하는 것과 같이 여러 제조법을 조합하여 주물을 생산할 때 복잡한 문제가 일어난다.

그런데 알루미늄은 수축저항이 없을 때 1mm당 0.12mm 수축한다. 따라서 허용치를 두어야 한다.

장치를 마련하는 동안 가공 허용치도 고려하여야 한다. 물론 이것은 엄격한 것은 아닐지라도 0.23mm 가공하는 것과 2.5mm 가공하는 것은 약간의 차이가 있다. 보통, 가공을 할 때 0.8mm 허용하는 것이 좋고 연마할 때 인베스트먼트 주물에는 0.25mm 그리고 셀과 플라스틱 주물에는 2.3mm 허용하는 것이 좋다. 그러나 가공을 하는 동안 표면 아래의 결함을 제거

하는 것이 더 좋다.

5. 정밀 주조를 하는 이유 .

기본적으로 거래처에서 거의 바로 사용할 수 있는 부품을 구입하기를 원하기 때문이다. 금속을 주조하고 주물의 일부를 부스러기로 버리는 것은 낭비이다.

치수의 허용치 외에 정밀 주조가 제공하는 다른 특징으로는 주로 다음과 같은 것이 있다; 표면 마무리, 적용 합금의 다양성, 크기의 넓은 범위, 치수의 일관성, 저렴한 단가, 저렴한 장비, 무결함, 복잡성 및 성질의 등방성

한가지의 주조법으로 부터 이 모든 특성을 얻을 수 있는 것은 아니나 한가지의 주물에 대하여 보통 모든 특성이 요구되는 것은 아니다. 따라서, 어떤 특정한 제품에 대하여 어느 특성이 필요한가를 결정함으로써, 필요성에 맞는 주조법 혹은 주조법의 조합을 이용할 수 있다.

새로운 기술과 합금의 개발로 이들 특징은 계속 개선되고 있다. 예를 들면, 저압 주조법을 사형 혹은 셸 주형 주물로 확장 적용하였을 때 가공품의 강도에 비길만한 주물의 강도를 얻을 수 있다. 더 좋은 주형과 다이 도포제를 사용함으로써 표현 마무리를 개선할 수 있다. 그리고 더 큰 주물에 대해서도 시도하고 있다.

6. 주조법의 선택

지금까지는 각 주조법의 뚜렷한 특징을 다루었다. 그러나, 각 주조법을 전체적으로 비교해 보는 것이 더 유용할 것이다. 다음의 표가 정밀 주조 주물의 가장 중요한 요구에 대하여 어떤 주조법이 좋은가를 보여준다. 위에서 아래로 가장 좋은 것 부터 배열하였다.

표1 치수의 정확도

작은 주물(2.54mm)	큰 주물(305mm 이상)
고압 다이	고압 다이
인베스트먼트	플라 스테
플라 스테	셸
저압 다이	인베스트먼트
중력 다이	저압 다이
셸	사형
사형	중력 다이

(주) 가장 가능한 허용치의 경우를 나타냈다. 서로 다른 주형 재료 즉, 사형 및 플라스테법 등에 따라서 얻을 수 있는 허용치가 서로 다르다. 예를 들면, 중력 다이법과 셸법을 비교하면 알 수 있듯이 어떤 경우에는 크기에 따라서 매우 나빠진다. 그러나 구멍의 지름 (50.8mm+0.3mm)과 같이, 크기가 크고 정확한 치수의 부위가 주물 내부에 있을 때에는 인베스트먼트 주조법으로 주조한다.

표2. 표면 마무리

주조법	표면 조도(mm)
고압다이	0.76
플라 스테	0.81
저압 다이	1.27
인베스트먼트	1.52
중력 다이	1.78
셸	3.18
사형	12.70

(주) 여기에서도 마찬가지로 얻을 수 있는 가장 좋은 경우를 나타내었다; 여러등급의 주형 재료 및 다이 도포제 등이 영향을 미칠 것이다. 자연히 재현할 수 있는 표현의 세밀한 정도도 이 표에 의하여 알 수 있다.

표3. 크기의 한계

작은주물	큰주물
고압 다이	사형
인베스트먼트	플라 스테
플라 스테	셸
셸	인베스트먼트
저압 다이	중력 다이
중력 다이	고압 다이
사형	저압 다이

(주) 이 표는 일반적으로 사실이다. 그러나 이 배열 순서는 예외가 있는 경우도 있다. 플라스테 법의 경우는 비교적 위쪽에 놓여 있으며 크기의 다양성을 나타낸다. 중력 및 저압 다이법은 중간 범위의 주물에 대하여 만족시킨다. 이 순서는 또한 단면의 크기에 따라서도 대체로 사실이다.

표4. 치수의 일관성

고압 다이
저압 다이
셀
인베스트먼트
플라 스테
사형

표5. 복잡성

인베스트먼트
플라 스테
고압 다이
셀
저압 다이
사형
중력 다이

표6. 무결함

저압 다이
셀
사형
인베스트먼트
중력 다이
플라 스테
고압 다이

표7. 적용 합금의 다양성

사형	모든 합금
셀	모든 합금
인베스트먼트	모든 합금
중력 다이	대부분
플라 스테	저음점
저압 다이	저음점
고압 다이	저음점

명백히, 주물 업소에서의 주된 목적은 구매처의 요구를 만족시키면서 가장 저렴하게 주물을 생산하는 데 있다. 자연히, 주물 업소가 적자를 보지 않기 위해서는 모든 경비를 사실 구매처에서 부담하여야 한다.

때때로, 특히 플라 스테 주형으로 하나의 주물만을 제조할 때, 개발비는 따로 흥정을 한다. 그러나 그렇지 않으면 견적을 낼 때 이 비용을 잘 추정하여 단가에 포함 시켜야 한다. 불행하게도, 하나의 주물만을 주조하는 경우에는 감독 시간이 많고 경비가 비싸므로 자주 낮게 측정되는 경우가 있다.

표8. 경비

단가		장치	
고압 다이	최저가	플라 스테	최저가
저압 다이		사형	
중력 다이		셀	
사형		인베스트먼트	
셀		플라 스테	
인베스트먼트		중력 다이	
플라 스테		고가 저압다이	
		고압 다이	고가

(주) 장치 경비와 생산 경비(단가)는 제법 자명하다. 그리고 고도의 기술로 장치를 제작하면 주조 경비가 적게 들기 때문에 (예를 들면 고압 다이 및 다공동 장치(multicavity tooling)) 각각은 서로 반비례한다.

플라 스테는 목형과 금형의 요구에 따라서 장치 경비의 배열 순서 상 중복 하여 나타난다.

종종, 다른 금속 가공법으로 대량의 제품을 생산하기 위한 비싼 장치를 제작하기 전에 설계를 확인하기 위하여 주물을, 예를 들면 인베스트먼트나 플라 스테법으로, 제조한다. 이 설비는 또한 설계 변경이 필요할 때나 혹은 대량 생산 장비가 수명을 다한 후 몇 개의 주물 만이 더 필요한 경우에도 사용한다.

7. 구매처와 접촉

기대할 수 있는 바와 같이, 정밀 주조법은 비교적 초기 경비가 비싸다. 생산 엔지니어 와 설계자가 정밀한 제품을 구입함으로써 궁극적으로 경비를 절감하는 것을 좋아하는 한편, 어떤 경우에도 구매자로 하여금, 제품이 배달되면 구매자가 더 이상 관심이

경비가 자주 조정 인자가 되기 때문에 경비에 대하여 더 깊이 고려해 볼 가치가 있다.

구매처에서는 주물의 경비를 다음과 같이 분류한다:

- 장치 경비
- 주물 단가
- 후가공 경비 (가공, 도금 등)

자연히, 구매처에서 달성하고자 하는 것은 만족할 만한 성능과 더불어 최종 제품의 원가가 가장 낮은 것이다.

그러나, 주물업소에서는 경비를 다음과 같이 분류한다.

- 장치 경비
- 개발 비용 (만족스러운 부품을 생산하기 위하여)
- 생산비

없는 생산시 필요한 원료의 양과 가격을 기초로 가격을 확신 시키는 것은 쉽지 않다. 따라서 구입할 가능성이 있는 거래처와 새로운 제품에 대하여 의논할 때에는 설계, 생산 및 구입에 대한 모든 것을 논의하여야 한다.

얼마나 성공적으로 정밀 주조를 할 수 있는가 하는 것은 구매처와 공급처 양측이 가능한 많은 논란의 원인을 제거하기 위한 그들 사이의 초기 의논에 달려있다. 따라서 예비 논의 시 설계상 요구, 가능한 주조법의 한계 및 가격과 납품에 대하여 충분히 논의하여야 한다.

앞에서 논의한 바와 같이, 경제적 및 기술적인 이유로 몇가지 주조법(예를 들면, 쉘, 플라스터 및 중력 다이)을 조합할 필요가 종종있다. 따라서 설계자는 주조법의 선택을 주조 공장에 맡기는 것이 좋다.

또한, 종종 주조 공장에서는 원하는 성질과 주물의 최종 사용처를 알고 가장 합당한 합금을 제안할 수 있다. 예를 들면, 몇가지 합금은 얇은 단면을 쉽게 흐르고, 몇가지는 거울면과 같은 표면을 얻을 수 있고, 몇가지는 압력에 좋고 몇가지는 상업적 적용에 좋은 반면에, X-선 검사 표준치를 통과하는

제품을 생산하기 어려운 등의 합금이 있다. 이런 점은 강도 상 요구치와 몇가지 합금의 열간 균열 및 기체 함유의 가능성 등과 같은 전형적으로 나쁜 주조 특성과는 다른 점이다.

또 다른 중요한 점은, 글자로 표시하면 전체 비율 이상으로 생산비를 증가시키는, 요구사항 (예를 들면, +0.13mm)을 도면에 표시하는 것 보다는 정말로 필요한 위치에다 한계 허용치와 표면 마무리 요구를 제한할 필요가 있다.

마찬가지로, 주물에 종종 요구되는 단조나 제조용 도면을 사용하면 오해를 일으킬 염려가 있다. 가장 성공적인 주물은, 예를 들면, 불필요하게 두꺼운 단면을 얇게한 주물과 같이 설계하는 것을 너무 강요할 수는 없다.

정밀 주조법은 설계자에게 보통의 가공 한계 이상으로 생각하게 한다. 그리하여 어떤 경우에는 하나의 주물로 생산하도록 허용하고, 그렇지 않으면 몇개의 부품이 되는 것을, 따라서 무게와 부피를 절감한다. 특히, 항공기와 미사일 분야에 그러하다. 최종 제품의 모양을 고려하는 것은 실제로 얼마나 경제적으로 생산할 수 있는가에 달려 있다.

國內外鑄物關係行事

1988

9월 6일~9월 11일
International Exhibition on Metallurgy.
Foundry and Heat Treatment.
Shanghai Exhibition Centre.
Shanghai, China.

9월 9일~9월 19일
2nd International Exhibition of
Foundry Equipment and Materials
Interlitmash'88
Exhibition Complex at Krasnaya Presnya
Moscow, U.S.S.R.

9월 11일~9월 16일
CIATF
55th International Foundry Congress
Moscow, U. S. S. R.

10월 22일
대한금속학회
1988년도 추계학술강연 및 발표대회
서울대학교, 서울 한국

10월 24일~10월 27일
일본주물협회
제: 114회 전국강연대회
九州厚生年金會館, 北九州市, 일본

11월 11일~11월 12일
한국주조공학회
1988년도 정기총회 및 학술발표대회
서울, 한국