

技術資料

소실모형주조법의 주조결함

박 익 민*, 최 정 철**, 남 태 운***

Casting Defects in Evaporative Pattern Casting

I. M. Park,* J. C. Choe,** T. W. Nam***

1. 서 언

발포소실모형을 용탕의 열로 휘발 제거시켜 소실모형공간에 주물을 형성시키는 방법인 EPC (Evaporative Pattern Casting)법은 종래 주조법보다 사처리 및 후가공 공정의 감소, 공해문제의 해결등의 장점이 있어 선진각국에서 본격적으로 연구개발되어 자동차용 주물등에 실용화되고 있으나 국내에서는 아직도 소실모형주조법에 대한 이해부족과 이 주조법의 적용시 발생하는 주조결함등에 대한 적당한 대응책 부족으로 널리 보급되고 있지 못한 실정이다.^(1~9) 본 기술자료에서는 소실모형주조법의 적용시 수반되는 주조결함의 원인 및 대책에 관한 최근 자료를 소개한다.

2. 소실모형주조법의 주조결함의 원인 및 대책

2.1 탄소계결함

폴리스틸렌은 탄소 92%, 수소 8%로 구성되는 불포화 체인을 가진 방향족 탄화수소로, C₈H₈과 H에 비해서 C량이 많아 탄소결함이 발생하기 쉽다. 또한 벤젠환을 가지고 있고 이 환은 비교적 안정한 구조이기 때문에 라디칼(CH=CH₂)이 먼저 분해하는 경향이 크다. 잔류하는 벤젠환은 C₆H₅이고, 이것이 탄소계 결함의 주요한 원인이 된다 (그림 1).

반면 PMMA는 폴리에스틸렌에 비해 glass 천이점이 약 5°C 높은 점, 분자구조상 벤젠환이 없는 점, 분자구조중의 2개 산소원자가 탄소와 연결

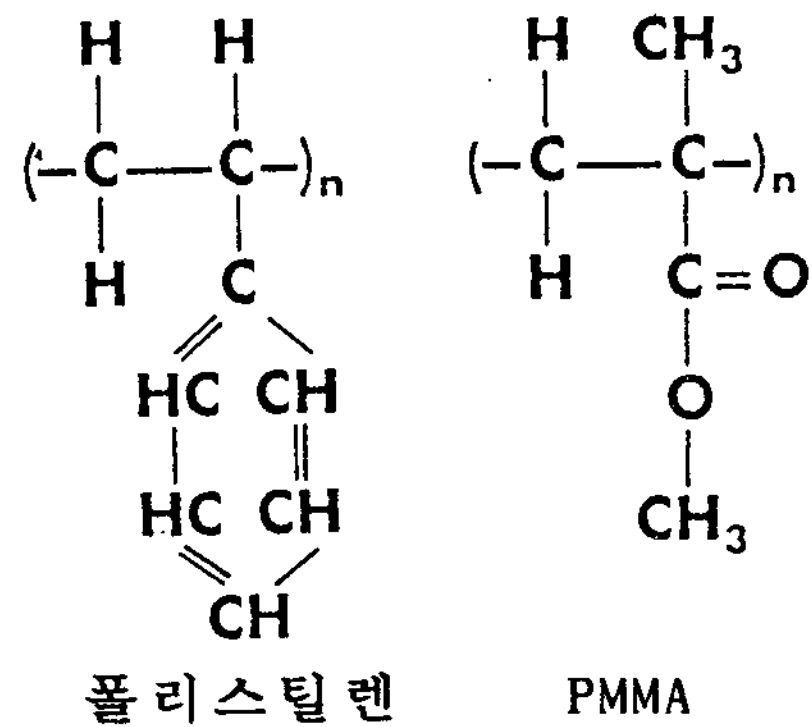


그림 1. 폴리스틸렌과 PMMA 소실모형 비드의 분자구조

되어 CO가스로 되는 점, 또한 개방분해의 경향이 강하고 monomer로 분해되기 쉬운 특징이 있다. 이러한 특징 때문에 철계주물의 경우 그을음결함, 표면가탄의 대책에 유효하다. 그러나 주입시의 모형분해가스압이 증가되는 문제도 발생한다.

2.1.1 표면의 그을음결함

1) 주조방안 : 특히 주철계 용탕의 경우 주조방안에 따라 그을음결함정도가 크게 달라진다. 하주(bottom pouring)방식의 경우 모형분해가스가 탈출하기 어렵고 탄소결함을 유발하기 쉽다. 그래서 상주(top pouring)방식이 유리하지만 주물크기가 커짐에 따라 하주를 하지 않으면 안되는 경우가 생긴다. 이런 경우 side gate의 형식을 행하면 의외로

*부산대학교 금속공학과
 **아주대학교 재료공학과
 ***한양대학교 금속재료공학과

좋은 효과를 얻을 수 있다. 후육주물을 너무 작은 탕구로 주입하면 탄소결합을 유발하기 쉬우므로 탕구단면적을 크게 할 필요가 있다.

- 2) 감압의 효과: 적정한 감압을 행하면 용탕유동이 smooth하게 이루어져 탄소결합에도 유효한 대책이 된다.
- 3) 주물두께의 영향: 후육주물의 경우 가스배출이 어려워 탄소결합발생이 많으므로 강한 감압이 요구된다. 단 PMMA모형의 경우에는 상황이 다르다.
- 4) 주입온도의 영향: 일반적으로 고온주입이 탄소결합대책에 유리하지만, 용탕의 온도상승은 다른 결함을 유발시키므로 현실적이지는 못하다. 저온의 용탕으로 감압등의 대책을 생각해야 한다.
- 5) 모형발포배율: 당연한 이야기지만 고발포배율인 저밀도성형품의 경우가 가스탈출을 위한 통기도의 향상으로 탄소계결합에 유리하다. 특히 후육주물의 경우 발포능력이 높은 약간 입경이 큰 비드의 사용이 가능하므로, 되도록 고발포배율의 제품을 목표로 한다. 그러나 박육주물의 경우는 고배율로는 모형표면이 양호하지 못하고 강도도 낮게되므로 어느 정도 고밀도로 하지 않으면 안된다. 박육주물은 전술과 같이 모형분해가스의 배출이 쉬우므로 주입온도와 감압도를 철저히 관리하면 약간 낮은 배율로도 주조가 가능하다. 10mm두께에 30배, 7mm에 20배의 것의 사용 실적이 있다.

2.1.2 표면가탄

스텐레스강, 저탄소강을 주조할 경우에는 표면가탄이 문제가 된다. 감압을 하면 표면가탄현상이 저하되지만 충분하지 못하다. 실험예로는 0.18%에서 경우에 따라서는 감압하에서도 0.78%의 가탄현상도 일어난다. PMMA모형의 경우에는 0.01~0.1%의 가탄정도로 가탄대책에 충분한 효과가 인정된다.

2.1.3 그을음의 혼입

주물중에서 용탕난류현상이 심한 장소에서는 그을음이 용탕에 혼입되어 절삭후에도 육안으로 식별하지 못할 정도의 미세한 균열을 형성하기도 한다. 특히 철계주물의 경우에는 한 개의 탕구에

서 한 방향으로 용탕의 흐름을 smooth하게 형성시키는 것이 중요하다. 편상흑연주철의 경우에는 이 혼입현상이 크게 문제시 되지 않지만 구상흑연주철제품의 경우에는 거대한 편상흑연의 존재로 치명적인 결함이 될 위험성이 있다. PMMA모형의 사용은 이 결함대책에 유효하다. 그림 2에는 주철용탕과 소실모형의 치환상황을 나타내는 데 우측 PMMA모형에서는 그을음 혼입현상이 발견되지 않았으나, 좌측 폴리스틸렌 모형에서는 곳곳에 그을음의 혼입잔사가 발견되었고, 이것은 감압을 행하여도 개선되지 않았다.

2.2 가스결합

2.2.1 주입시의 공기혼입

소실모형주조법에서의 주입작업은 타 주조법에 비해 어렵고, 충분한 기능을 습득할 필요가 있다. 일반적으로 주입개시후에는 탕구가 반드시 용탕으로 충전되어야 한다. 급탕이 지연되어 공기가 혼입되면 거의 100%가 가스결합으로 연결된다. 앞으로 자동 급탕장치의 개발적용이 요구되고 있다. 이에 대한 대책으로 다음을 열거할 수 있다.

- 1. 개개의 탕구단면적을 줄여 주입속도를 늦추는 방안을 택한다.



폴리스틸렌 PMMA

그림 2. 주철용탕과 소실모형의 치환상황(GC20재를 1400℃에서 무감압상태에서 중앙하부에서부터 하주한 것으로 좌측은 폴리스틸렌, 우측은 PMMA비드의 경우임)

2. 탕구면에 단면적상당의 얇은 철판을 깔아 어느정도 용탕이 모여서 주입되게 한다. 단지 용탕분출의 위험성이 있기 때문에 후술의 대책이 필요한 경우가 있다.
3. pouring basin을 크게 한다.

2.2.2 혼입결합

이는 모형분해가스가 용탕내에 혼입되는 것으로 잔사에 의한 결합으로 생각하면 그을음결합과 동일하지만 그 원인 및 대책등은 완전히 다른 경우가 있다.

- 1) 과도한 감압 : 박육주물에 생기기 쉽고 그림 3에 주철주물에 나타나는 결합형태를 보인다. 원인은 모형분해속도를 초과하는 강한 감압으로 용탕이 빨려서 용탕은 주형벽에 따라 선행해서 미분해의 발포모형을 둘러싸는 형식으로 되어 일어난다. 이 현상이 심하지 않는 경우에는 외부 형상은 거의 정상과 다를 바 없지만, 주철품의 경우에 발생하고 그림처럼 특유한 외관을 나타낸다. 이에 대한 주요대책은 다음과 같다.
 - (a) 감압도를 필요 최소치로하여 그을음결합이 나타나지 않을 정도의 한계값까지 감압도를 낮춘다.

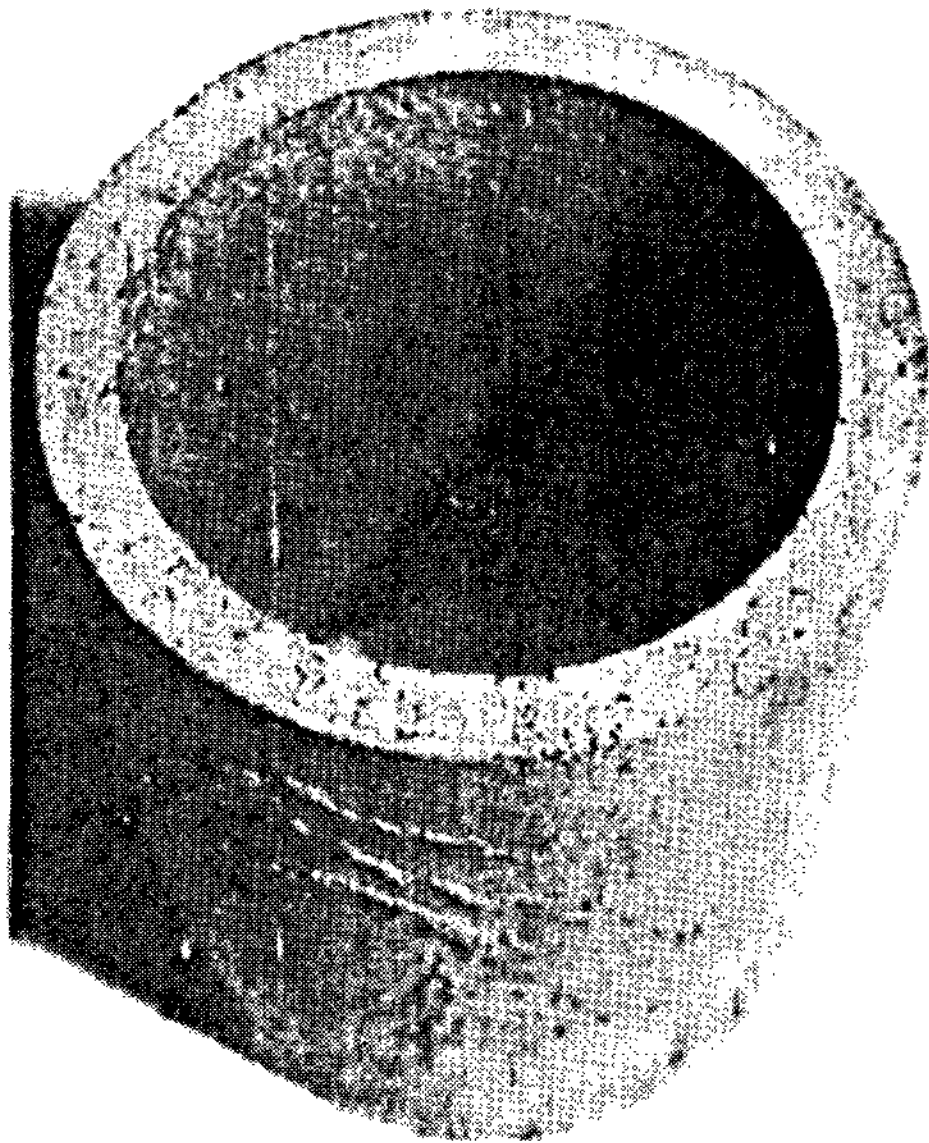


그림 3. 과감압에 의한 혼입결합.

- (b) 용탕온도를 높인다.
- (c) 모형발포배율을 높인다.

알루미늄이나 동합금처럼 저온에서 주입하는 경우에는 모형소실속도가 더욱 늦어지므로 한층 혼입의 가능성이 크므로 철계의 경우보다 더욱 과감압에 유의해야 한다.

- 2) 발생가스의 배출곤란 : 도형의 통기성이 낮으면 모형분해가스의 배출이 어려워 용탕에 혼입되어 가스결합이 된다. 소실모형주조법에서는 일부분이라도 통기성이 나쁘면 가스결합을 유발하는 경우가 많다. 이는 도형 문제뿐만 아니라 도형표면의 접착제등의 원인으로도 발생한다.
- 3) 모형의 건조부족 : 도형재의 건조부족도 문제이지만 발포모형자체도 성형시 스팀을 사용하므로 내부에 수분을 함유하고 있다. 이는 자연건조로는 수시간이 걸리는 경우도 있고 변형의 대책을 위해서도 강제건조가 바람직하다. 이는 모형만을 건조하지 않고 도형을 행한 후 건조해도 좋다. 자연건조로는 대기의 습도 이하로는 건조되지 않으므로 특히 우기, 동기에는 건조부족이 된다.
- 4) 접착제 : 모형접착제에는 동일 체적의 발포모형에 비해 다량의 잔사, 가스가 발생하기 때문에 가스결합의 원인이 되기 쉽다. 주조방안적으로는 접착면에 되도록 수직으로 용탕이 와닿도록하는 것이 좋다. 접착제의 분해는 발포모형보다 훨씬 느리기 때문에 평행하게 용탕이 흐르면 접착부분의 분해가 느려져서 가스결합이 된다. 또한 양면 tape는 잔사가 되기 쉽다.

2.3 유동성불량

소실모형주조법의 경우, Al, Cu합금등과 같이 비교적 주입온도가 낮은 금속에서의 유동성은 용탕에 의한 모형분해속도가 대단히 느리게 진행되므로 타 주조법의 상식으로 생각하지 못할 정도로 유동성이 저하되므로 이에 충분히 유의해야된다.

2.3.1 모형분해가스압의 영향

알루미늄합금의 주입온도에서는 폴리스틸렌은 대부분이 monomer등의 높은 비점 성분의 정도까지 분해되지 않고 모래중에 바로 액체로 응축되고 만다. 일부는 아마도 단지 용융된 polymer의 상태로 주형내에 배출되는 것으로 생각되어 진다.

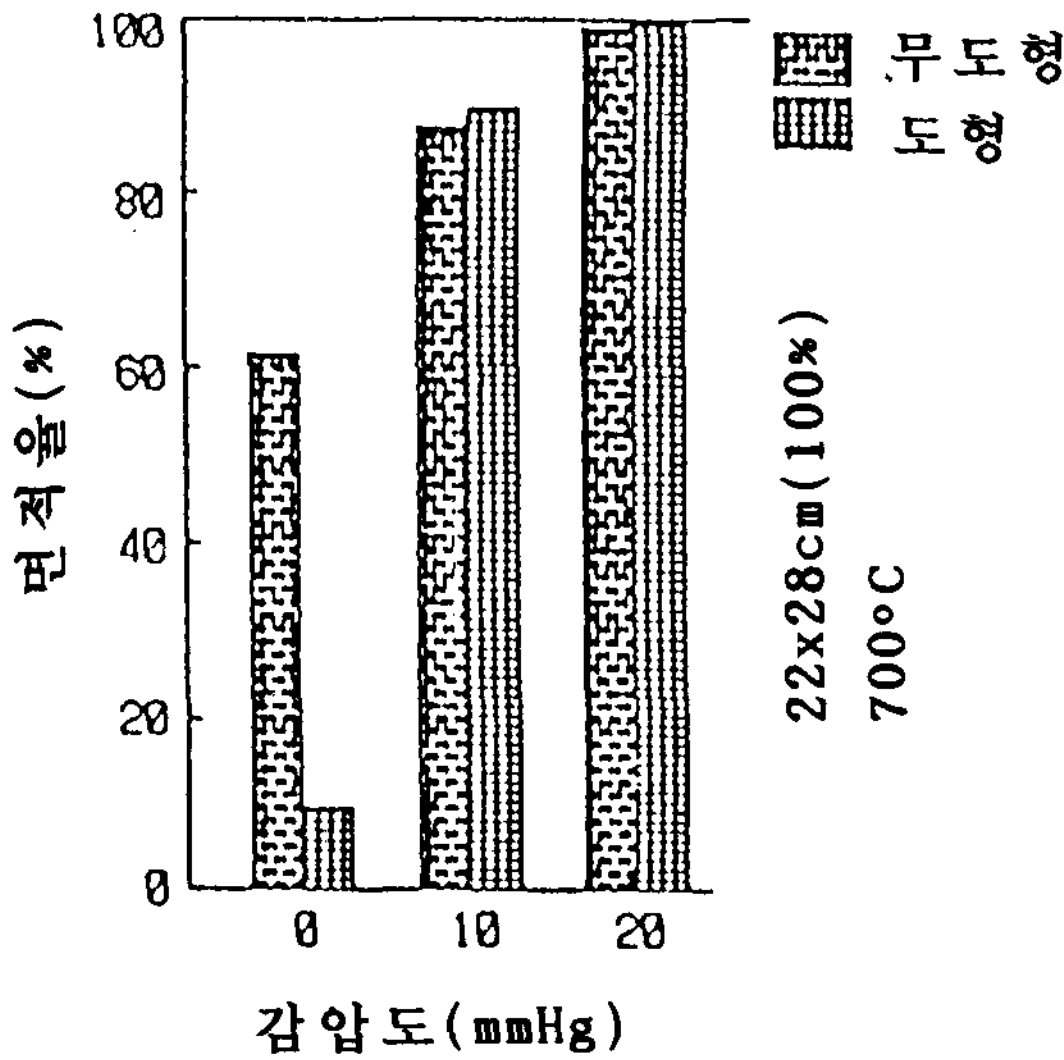


그림 4. 알루미늄 박육주물에서의 용탕의 유동성 (평균두께 3.6mm의 AC4C합금)

따라서 가스압의 영향은 그다지 크지 않을 것으로 생각되지만, 최소한 모형중의 공기는 추출시킬 필요가 있다. 소실모형구조법에서는 가스의 배출구는 용탕과 미분해발포모형의 틈밖에 없으므로 결국 이 가스압을 받는다. 특히 박육주물의 경우에는 도형의 영향을 받기 쉽다. 그림 4에 나타내는 것과 같이 감압을 행하는 것은 이 경우 아주 유효한 방법이지만 주입온도가 저온으로 모형의 소실속도가 느리기 때문에 약감압을 행한다. 발포모형에 균열을 주어 독립기포를 절단하여 주면 유동성을 크게 증가시킬수가 있다. 제품부에서는 곤란하지만 탱구부분에서는 가능하면 공동을 만들어 가스를 탈출시키는 노력도 필요하다. 이 경우 용탕은 우선 공동부에서 흐른다고 생각해도 지장이 없다.

2.3.2 용탕의 냉각특성

용탕은 모형의 분해를 위해 열을 뺏긴다. 이에 따른 온도강하는 알루미늄용탕의 경우 최대 7~8°C 이하로 계산되고 있지만 실제의 온도강하는 용탕의 흐름이 난류를 형성하지 않고 천천히 진행함에 의한 것으로 사료된다. 용탕이 난류를 형성하기 어렵다고 하는 것은 선단의 용탕이 자신의 치환량 이상의 용적의 모형을 분해를 계속하기 때문이고, 이에 따라 온도가 저하하는 것으로, 예를 들어 용탕의 흐름의 가지를 치는 형식으로 행하면

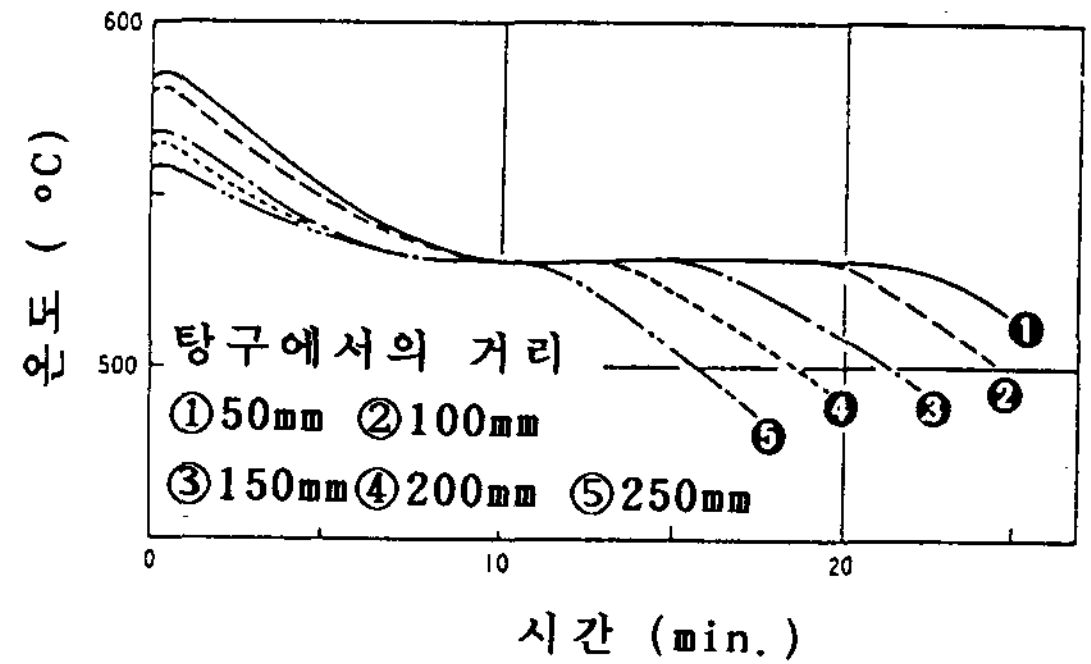


그림 5. 알루미늄주물의 냉각곡선

상당거리 용탕이 흐르게 된다(그림 5). 더우기 용탕의 흐름이 느리다는 것은 거리에 따른 온도저하가 현저한 것이다. 주철등의 경우에는 절대적으로 온도가 높기 때문에 모형의 소실속도가 빠르고, 용탕의 흐름이 빨라 그 만큼 거리에 따른 온도저하도 급격히 이루어질 것으로 생각된다. 이 점은 주철에 있어서도 PMMA(Poly methyl methacrylate)모형을 사용한 경우처럼 발생가스의 배출에 시간이 걸려 용탕의 유입속도가 저하하면 유동성은 나빠진다.

2.4 주형의 붕괴

2.4.1 용탕부력에 의한 붕괴

- 1) Flask의 크기에 의존하지만 일반적으로는 상부 30cm 정도는 사충진이 충분하지않아 다른결함도 유발하므로 상부 사충진두께를 충분히 주어야 한다.
- 2) 감압주입의 경우, 상부 film면에서 상당한 공기누설이 있다. 누설자체는 문제가 크지않지만 감압도가 저하하므로 film위에도 모래를 덮어 공기누설을 방지하면 탄소결합에도 유효한 대책이 되고, 용탕비산에 의한 film 파손의 방지도 효과가 있다.
- 3) Pouring basin에 용탕을 남기지 않으려는 이유로 flow off를 이용하는 예가 있지만 이는 없는 것이 좋다.
- 4) 무감압주입의 경우에는 건조사위에 철판등의 중수(weights)를 두는 것이 유효하다.

2.4.2 모형분해가스압에 의한 붕괴

Al 및 Cu합금의 주입온도에는 거의 문제가 없지만, 철계를 주입하는 경우 flask를 포함한 전체의 통기성을 확보하지 않으면 설령 중수를 사용하여도 가스압으로 파손이 일어나는 경우가 있다. 폴리스틸렌 모형의 경우에는 분해가스압이 비교적 낮기 때문에 극단적인 조건외에는 파손되지 않는다. 그렇지만 파손되지 않더라도 타 결함의 원인이 된다. 이에 대한 대책은 다음과 같다.

- 1) Flask내를 감압한다.
- 2) 사의 통기성을 향상시킨다. 조립사를 소량 혼합해도 통기성은 크게 향상되지 않음을 유의해야 한다.
- 3) 감압을 하지 않는 경우에는 작은 flask에 모형을 너무 많이 장착하면 전체 통기성에 문제를 야기시키므로 유의 해야 한다.

2.4.3 공동발생에 의한 붕괴

용탕과 모형의 치환이 smooth하게 이루어지지 않고 공동을 발생하면서 붕괴되는 경우가 있다.

- 1) 모형의 소실에 용탕의 보급이 따르지 못하는 경우
 - (a) 후육주물에서의 좁은 탕구
 - (b) Top pouring 혹은 side gate의 경우 부분적으로 용탕의 보급이 중단되는 장소 등의 구조방안이 붕괴의 원인이 되고, 붕괴되지 않더라도 탄소결합 등의 타 결함의 원인이 된다.

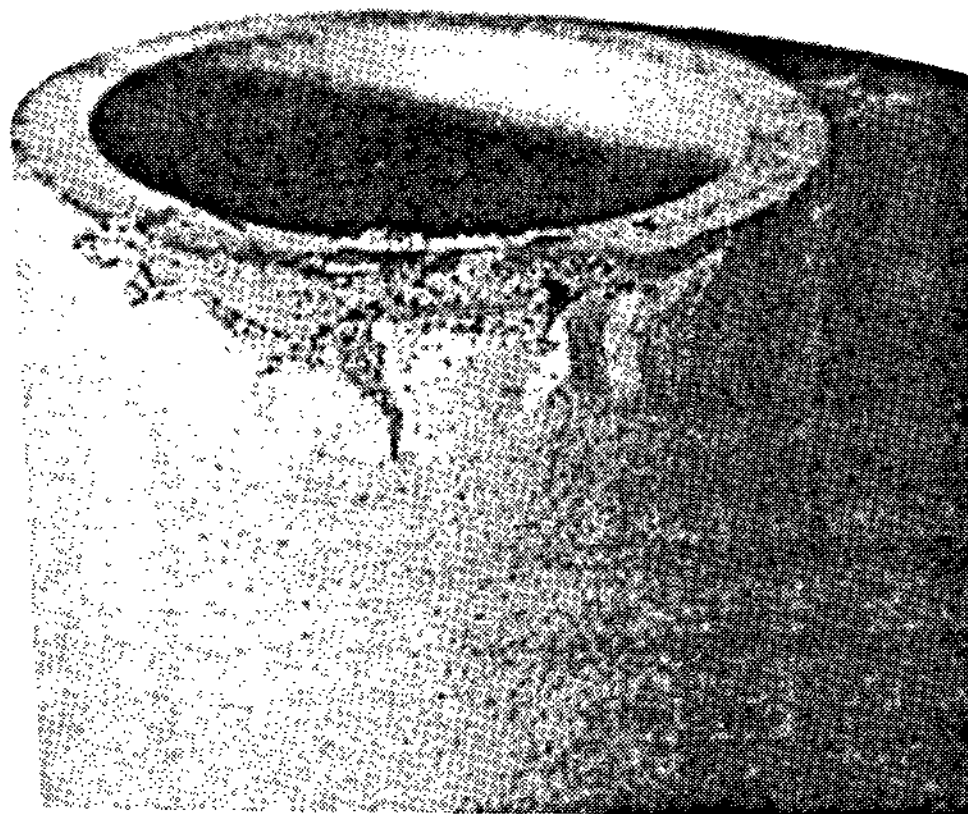


그림 6. 모형분해가스의 배출불량에 따른 구조결합.

2) 분해가스의 배출곤란에 따른 공동의 발생
약감압 혹은 비감압의 경우 고온 주입시 발생하기 쉽다(그림 6). 용탕의 최후 유동부분에 발생하기 쉽고, 선행소실부분의 연락동에 의해 형내에 공동이 생기는 것에 의해 붕괴되는 것으로 사료되고, 용탕이 보급될 때까지 도형막이 유지되면 결함으로 되지 않는다. 중자가 많은 복잡형상부품에서는 용탕의 흐름이 일방향이 아니므로 주의를 요한다. 일반적으로 다음의 경우에 발생하기 쉽다.

- (a) 도형막의 강도가 낮다.
- (b) 사 및 도형막의 통기성이 낮다.
- (c) 용탕온도가 높다.
- (d) 감압이 부족하다.

2.5 용탕침투

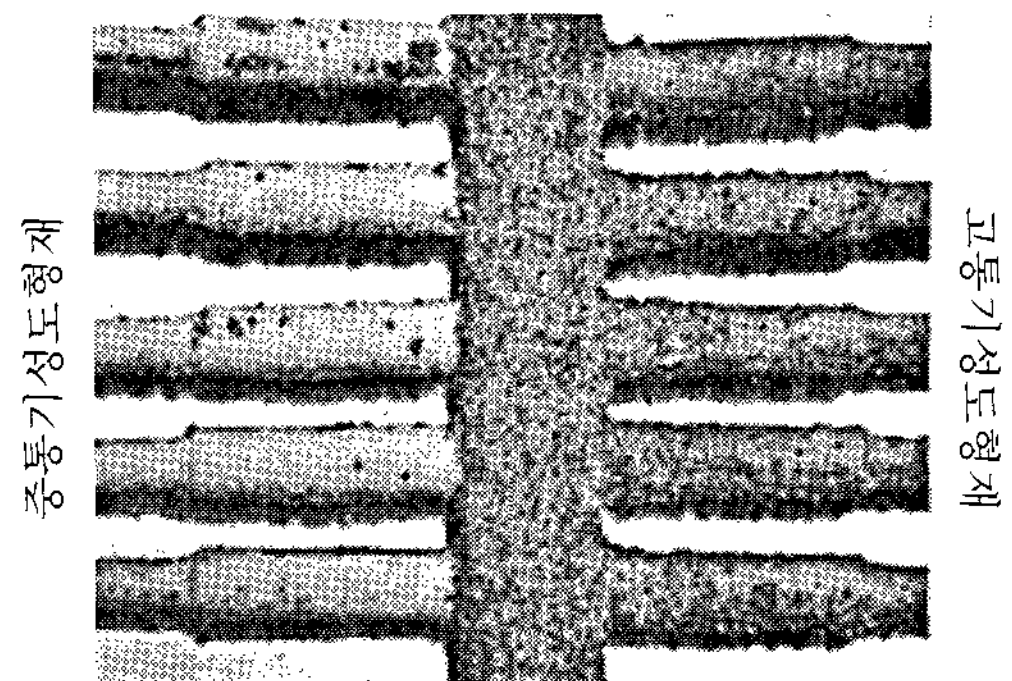
소실모형주형법에서 발생하는 용탕침투(penetration)부분은 주물부 사이에 도형막이 존재하여 생형등에서 발생하는 용탕침투와는 달리 비교적 간단히 제거할 수가 있다. 그러나 면적이 넓은 경우나 중자부등에서는 강한 침투현상도 있다.

2.5.1 주입온도

유동성, 탄소결합등의 경우는 고온이 유리하지만, 용탕침투는 반대로 고온은 절대적으로 불리하다. 상당히 강한 감압을 행하여도 주입온도가 낮으면 용탕침투현상은 생기지 않는다.

2.5.2 사충진불량

하형(drag)의 요철부분등에 사가 충분히 충전



탕도부(무도형)

그림 7. 도형재의 통기성에 따른 용탕침투 구조결합의 변화

되지 않으면 금탕시 도형막이 파손되면서 주물제품중의 개재물로 된다. 또한 주물표면은 돌출하면서 경우에 따라서는 사와 혼재되면서 도형막과 같은 개재물의 형태로 된다. 도형막의 강화나 사충진의 개량을 하여도 용탕침투가 생기는 경우에는 미리 자경성이나 가스경화형의 사를 충전해 두는 검토도 필요하다. 도형제작시 중자를 삽입하는 경우도 있다.

2.5.3 도형

그림 7에는 통기성에 따른 용탕침투 상황을 나타낸다. 일반적으로는 높은 통기성 도형재는 용탕침투가 발생하기 쉬우므로 주의를 요한다.

2.6 변형

소실모형법에서는 주물두께변동 등은 일반 사형구조법에 비해 상당히 정확하게 행해지지만 전체의 변형에 문제를 일으키는 경우가 있다.

2.6.1 발포성형품의 수축

발포성형품은 0.3~0.6% 정도의 수축이 생기므로 금형설계시 이를 고려해야한다. 그러나 이 수축은 일반적으로 성형후 10일간에는 80%, 수축한 계일 30일 정도로 보고되고 있지만(그림 8), 주물두께에 따라서는 수축율을 포함해서 상당히 복잡한 수축양상을 나타내므로 국부적부분의 수축까지 정확히 예측하는 것은 불가능하여 금형의 수정작업은 피할수 없다. 금형에는 성형시 1.5kg/cm²

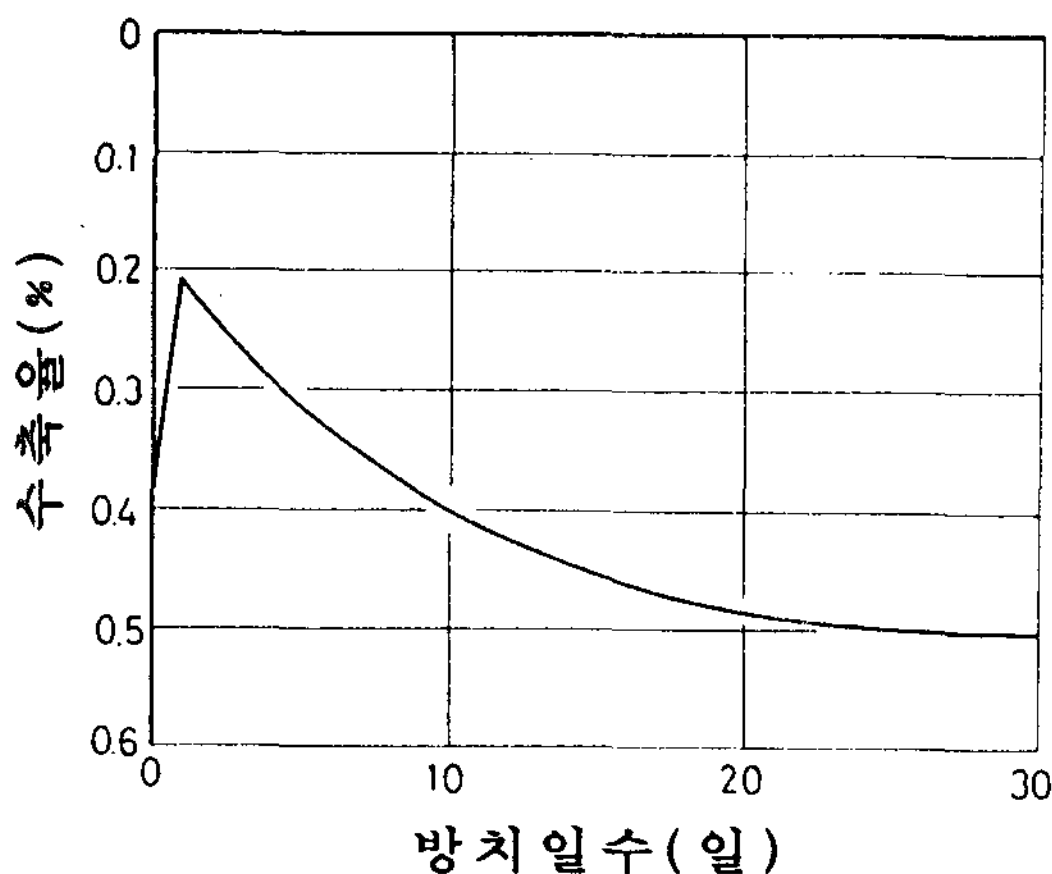


그림 8. 발포폴리스틸렌의 성형후의 수축

정도의 압력이 주어져 최소 5mm 정도의 주물두께가 필요시되고, 최초 설계를 적당히 하면 수정을 행해도 문제가 생긴다. 이 수축원인의 하나가 발포성형품중의 수분의 증발에 의한 것으로 강제건조를 행하면 빨리 수축되는 것 같다.

2.6.2 도형건조시의 변형

도형건조시에 도형재의 무게에 의해 모형이 변형하는 경우가 있다. 특히 박육주물에서는 변형한 채로 고화될 위험성이 있다. 치구를 이용하여 고정시키면서 건조시킨다던지 모래 위에서 건조시킬 필요가 있다.

2.6.3 사충진시의 변형

진동에 의해 모형의 간극에 사를 충전시의 변형에 충분한 주의를 할 필요가 있다.

- 1) 사투입은 편중되지 않고 또한 smooth하게 행할 필요가 있다. 이것은 모형의 보호측면 뿐 아니라 조용히 투입하는 것이 잘 충전된다. 또한 일단 가진에 의해 조밀충진된 경우에는 어느정도 강한 진동을 주어도 유동이 일어나지 않는다. 따라서 적정한 진동을 가해주면 나중에 투입한 사 만이 이동충진된다. 이 성질을 잘 이용하면 특정의 사량으로 모형을 고정시켜 변형을 방지하는 기술로 이용하면 좋다.
- 2) 일반적으로 규사를 진동없이 정치한 경우, 6호사로 1.45g/cm³ 전후의 밀도를 보이지만 진동을 가하여 최조밀충진상태로 하면 1.6g/cm³ 정도로 된다. 사의 높이로 계산하면 약 10% 침강하는 것이 된다. 따라서 일시에 전량의 사를 투입해서 진동을 해주면 사립침강에 따른 모형의 변형을 피하기는 어렵다.

2.7 꾸김결합

알루미늄합금의 박육주물을 무감압으로 주입하면 꾸김(buckle)과 비슷한 결함이 발생한다. 이것은 SiO₂계의 도형재를 사용한 경우 약 572℃에서 α-β 결정구조의 천이에 따른 체적팽창으로 약 30% 팽창을 나타내므로 대단히 용탕의 진행이 느린 알루미늄-무감압의 경우에는 도형막이 팽창하여 그림 9에 나타내는 것과 같이 주물표면의 주름모양의 결함이 생긴다.

- (1) 열팽창이 작은 기재의 결함이 생긴다.
- (2) 혼입이 일어나지 않을 정도의 약감압을 행



그림 9. 알루미늄 무감압 주입시에 발생한 꾸김 결합.

한다. 탕구를 증가시켜 용탕유입속도를 크게 하는 공리를 한다.

2.8 열간 균열

박육주물의 박스모양 혹은 튜브형상중에서 특히 중자부의 모래가 파묻히는 형상일 때 발생된다. 원인은 냉각응고에 따른 수축때문으로 사에 점결제가 없는 대신 그만큼 강하게 충전되어 있기 때문이다. 그러나 중자부의 용탕열에 의해 용해되는 정도의 위치에 발포제를 넣어, 사의 탈출장소를 부여하여 열간균열을 피할 수 있다.

2.9 도형재의 혼입

사립충진이 불충분하면 용탕의 진행에 따라 모형소실 후 도형막이 붕괴되면서 주물상부로 모이게 된다. 모형접합부에 도형의 상부부터 테이프를 감는 경우도 있는데 이 또한 원인이 된다. 이물질이 제품에 들어 가지않도록 구조방안을 세워야 한다.

2.10 용탕분출

급탕을 계속해주면 수축결합이 생기지 않을 줄 모르지만, 용탕분출현상이 일어나는 경우도 있어 대단히 위험하다. 원인은 pouring basin 직하, 수직탕구부에서의 혼입등이 생각되고, 이에 대한 대책은 다음과 같다.

- (1) 탕도계는 발포배율 60배 정도의 가벼운 발포재를 사용한다.
- (2) 조립시에는 도형재를 제거하는 것이 귀찮아 탕구계에는 일체 도형을 하지 않는 예도 있지만, 이 경우에도 수직탕구부의 상부 20~30cm 정도라는 도형을 행해두면 분출 사고는 줄어든다.

표1. 소실모형구조법의 구조결합의 발생원인 및 방지책

구 분	결 합 종 류	발 생 원 인	방 지 법
표면결합	그을음 buckle	도형통기도가 낮다. EPS모형의 발포배율이 낮다. 주입온도가 낮다. 주입속도가 낮다.	도형통기도의 향상 발포배율을 높인다. 생형보다 20℃ 높인다. 탕구비를 크게 한다.
내부결합	가스결합 수축공	가스배출의 불량 난류의 발생 용탕흐름의 불균일	구조방안 검토 (특히 탕구단면적 조절)
재질결합	칠발생	흡열반응에 따른 용탕의 과냉 박육주물 접종량이 적다.	압탕방안개선 Ba계 접종제의 다용
주입결합	사혼입	용탕의 일시중단 도형의 박리	구조방안개선 도형통기도의 감소 사충진밀도 증가
형상결합	cold shuts	사충진밀도가 낮다. 도형의 박리	건조사 투입방법의 개선 진동(가진속도)의 감소 균일한 도형막의 형성
치수결합	변 형	진동부적당 모형의 발포배율이 높다.	EPS모형의 보강 발포배율조정 균일한 건조사 보급

- (3) 사고에 대비하여 덮개를 준비한다. 특히 PMMA모형의 경우에는 용탕분출이 크므로 필수적이다.

3. 결 언

최근 AFS의 EPC 분과위원회의 회원사가 대부분의 굴지의 자동차제조사를 포함하여 100회사를 훨씬 상회하고 있고, EPC주조법에 의한 Near-Net-Shape화 기술개발에 박차를 가하고 있다. 소실모형주조법의 주조결함의 발생원인 및 방지책을 표 1에 정리하여 보았다. 본 자료가 국내의 EPC주조법의 발전에 일조하였으면 한다.

참 고 문 헌

1. Y.Sakaguchi :Imono,64(1992)1, p38
2. 조성수, 조남돈 :주조 8(1988), p357
3. 최정철, 박익민 :주조 9(1989)4, p301
4. W. D. Huskonen :Foundry management & technology, 2(1987), p37
5. H. J. Heine :Foundry management & technology, 10(1986), p38
6. R. C. Rodgers :Foundry management & technology, 4(1987), p3
7. Y. Sakaguchi :Imono, 59(1987)12, p699
8. K. Tamura :Imono, 59(1987)12, p708
9. K. Matsuki :Imono, 63(1991)3, p269

회 고

60th World Foundry Cungress提出論文公募

제 60 차 국제주물대회(WFC)는 1993년 9월 26일부터 10월 1일까지(6일간) 네델란드 헤이그시에서 개최될 예정으로 당학회에서는 예년과 같이 본대회에 제출할 논문을 아래와 같이 모집하오니 응모하여 주시기 바랍니다.

- 아 래 -

1. 신청자격 : 국제주물대회에 참가하여 발표할 수 있는 당학회 회원
2. 시청기간 : 1992년 10월 5일까지
3. 신청방법 : 당학회 투고논문양식에 의거 국문으로 작성 신청함.
4. 신청장소 : 당학회 사무국
5. 선정방법 : 투고한 논문은 당학회 심의위원회에서 선정하여 정함.
6. 제출논문 : 제출 논문수는 Exchange paper 1편, Communication paper 1편 이상을 예정함.