

技術資料

물유리계 주형

이 경 환

Sodium Silicate Molds

K. H. Lee

1. 서언

오늘날과 같이 환경에 대한 인식과 주물품에 대한 품질과 생산성의 요구가 증대되어 가고 있는 시점에서 다시 한번 주형의 변천과정과 그 내용을 살펴 봄으로서 금후의 주형조형법의 발전방향을 짐작하는데 참고가 될 것으로 생각된다.

이 강연의 주제는 물유리계 주형이므로 물유리를 중심으로 간단히 고찰해 보고자 한다.

주물을 생산하기 위한 주형에는 여러 가지가 있지만 약 30년 전에는 다중소량의 비교적 대형 주물을 생산하기 위한 주형법으로는 건조형 뿐이었다. 지금은 이 방법으로 주물을 생산하고 있는 곳은 거의 없지만 당시 일반기계, 박용기계, 공작기계 등에 사용되는 주물은 거의 전부 건조형으로 만들어졌다. 건조형은 습태강도가 낮기 때문에 이형시에 파손되기 쉽고 또 방치중, 운반시 및 건조중에 변형이 발생하기 쉽다. 이 변형을 방지하기 위해 주형, 중자에 보강용의 심금을 삽입할 필요가 있었다. 또 주형의 건조를 위해 다량의 열이 필요하고 공정도 길다. 심금제작, 모래다짐, 건조, 주형의 조립 등 어느것도 고도의 기술이 필요하여 숙련될 때 까지 장기간의 경험이 필요하였다.

이와 같이 많은 문제점을 가진 건조형에 비해 조형 후 별도의 건조작업이 없이 바로 주조가 가능하여 생산성이 좋고 건조로 등 고가의 작업설비가 없어도 중대형주물의 주조가 가능한 가스경화형 주형법의 효시인 CO₂법의 출현은 당시로서는 아주 획기적인 기술이었다.

탄산가스를 불어서 물유리를 경화시키는 것은

1898년에 발견된 사실이지만, 1948년 이후, 주형에 대한 응용지도가 보이고 1952년경 실용화 되었다. 그 때까지는 건조형 및 유사형이 사용되고 있었지만 이 방법은 작업이 간단하므로 많은 공장이 CO₂ 법으로 전환하여 1960년 대에는 CO₂ 법이 전성기를 맞이하였다.

그러나 CO₂ 법에 의한 주형은 주입후 붕괴성이 나쁘고 또 모래의 회수재생이 곤란하기 때문에 폐주물사의 문제를 야기하여 공해 문제가 되었으므로 모래의 회수재생이 용이하고 주형의 붕괴성이 우수한 유기자경성 주형으로 전환하게 되었다. 그러나 아직도 원재료비가 비교적 저렴하고 작업환경상 유해가스의 발생이 없고 주조시에 열간균열이 없는 등 CO₂주형 특유의 장점이 있기 때문에 특히 주강을 중심으로 CO₂ 형은 가스경화주형 중에서 확실한 지위를 확보, 지속하고 있다.

일본에서 개발한 VRH법은 점결제 자체의 개량과 함께 점결제 첨가량, CO₂가스의 통기량을 상당히 저감할 수 있고 그 결과 주형의 붕괴성이 향상되어 VRH법에 의한 CO₂형의 사용이 다시 재조명을 받고 있다. 또 영국 및 북구를 중심으로 유럽에서는 CO₂법의 개량 연구가 진행되어 모래의 재생에도 몇가지 방법이 제안되어 있으므로 금후에도 CO₂법의 개량은 더욱 계속되어 나갈 것이라고 생각된다.

한편 CO₂법의 출현과 더불어 물유리나 세멘트를 점결제로 한 무기계 자경성주형법의 개발이 일찍부터 있었다.

무기자경성주형은 점결제의 종류에 따라 세멘트계와 물유리계로 나누어진다. 세멘트가 주형의 점결제

생산기술연구원 (Korea Institute of Industrial Technology)

"본 기술자료는 1997년도 춘계기술강연대회에서 발표된 내용임"

로서 개발된 것은 전세기 말이지만 활발히 사용되기 시작한 것은 1930년 경으로 서구, 특히 프랑스, 독일이 중심이 되었다.

세멘트사는 수화반응에 의해 경화하고 경화는 느리다. 경화가 느리고 주입전에 건조기를 사용하여 건조시킬 필요가 있다는 등의 결점이 있기 때문에 세멘트 주형법은 그렇게 많이 보급되지 않았다. 경화를 현저하게 촉진시킨 초속경세멘트법(OJ Process)이 개발되었지만 큰 진전은 없었다.

물유리를 점결제로 하는 자경성주형에는 발열하여 경화하는 것과 발열하지 않고 경화하는 것이 있다. 전자의 대표는 N Process, 후자의 대표는 다이칼 주형이다. 다이칼 주형은 통상 모래 100에 대해 물유리(물비 2.5~2.7, 보메 40~45°) 5~7, 다이칼분말 3~4정도를 가하여 혼련, 주형사를 만든다. 주형의 압축강도는 20 kgf/cm² 정도이다. 조형작업이 간단하고 확실히 경화하므로 일시 보급되었었다. 경화제인 다이칼 분말은 페로크롬 제조사의 슬라그, 금속마그네슘 정련 잔사로 그 주성분은 디칼슘실리케이트(2CaO·SiO₂)이다.

또 일본에서 개발된 N Process가 있다. 물유리수용액에 실리콘분말을 가하면 용액 중에서 가수분해에 의해 수산화나트륨과 실리콘이 반응하여 물유리를 생성한다. 반응은 발열반응으로 주형의 온도는 90~100°C 전후로 되어 수분을 추출하고 경화한다. 이론적으로는 물이 존재하는 동안은 계속하여 반응하므로 주형 중의 수분은 극히 적어진다. 따라서 주물에 Blow hole 등의 결함은 거의 없어진다. 주형의 압축강도는 50~60 kgf/cm² 정도로 유기계자경성 주형과 다르지 않다.

경화반응에서 H₂가스가 발생하므로 주형의 반응 중에는 화기를 가까이 하면 안된다. 또 모형 내의 공동에 가스가 잔류하면 주탕시 폭발하는 수가 있으므로 H₂ 가스를 배출하는데 주의할 필요가 있다. 경화시 발열에 의해 목형이 손상하기 쉬우므로 유의해야 한다.

무기계 자경성주형법에서는 붕괴성 및 모래의 재생성을 개선하기 위한 붕괴제가 사용되고 있다. 붕괴제 대신에 유기계의 경화제를 가하여 주형의 붕괴성을 개량한 물유리에스테르법이 1968년 미국에서 개발되었다. 당시 미국에서는 그렇게 사용되지 않았고 영국에서 발전하였다.

이들 주형의 붕괴성은 향상된다.

그밖에 소련에서 개발된 FS법이라고 부르는 유동

자경성주형법이 있다. 종래 자경성주형조형법에서는 주형사를 형에 다져 넣고 경화시키지만 FS법은 주형사에 유동성을 부여하여 유입시킴에 의해 모래를 충전, 경화시키는 방법으로 다지는 노동력을 생략할 수 있는 획기적인 방법이라고 말할 수 있다. 점결제로는 물유리, 경화제로서 디칼슘실리케이트 또는 디칼슘실리케이트를 함유하는 물질을 가하고 여기에 유동성을 부여하기 위해 기포제(아릴알킬술폰산 등)를 가한 것이다. 그러나 유동자경성주형은 전반적으로 주형의 충전밀도가 낮기 때문에 형의 팽창, 소착, 사혼입, 등이 발생하기 쉽다는 결점도 있고 또 기대한 만큼의 발전도 없어 이제는 그 그림자도 보이지 않는다.

무기계 자경성주형의 장점이 인식되자 건조형은 점점 쇠퇴되어 갔다. 그러나 무기계 자경성주형은 주입 후 주형의 붕괴성이 나쁘고 모래의 재생이 곤란하며 폐사는 알카리성을 띄고 있기 때문에 폐기방법 및 폐기장소의 확보에 어려움이 있어 점차 붕괴성, 모래의 재생이 양호한 유기계 자경성주형으로 이행해 갔다. 그러나 무기계 자경성 주형은 유기계에 비해 값이 싸기 때문에 아직 사용되고 있는 곳도 있다고 한다. 특히 대형주물을 제작하는 경우 이면사로서 많이 사용되고 있다.

유기계 자경성주형을 보면 무기계 주형사 보다 유동성이 좋고 모래다짐도 용이한 데다가 주형강도도 40~60 kgf/cm²로 강하다. 이 때문에 이형시 및 주형의 조립시 파손도 적다. 또 주탕에 의해 점결제가 연소하기 때문에 주형의 붕괴성이 양호하다는 등의 이점이 있다. 그 반면 주물체의 침탄형상, 산경화주형을 사용하는 경우에는 침류에 의한 주물표면에 미세한 균열의 발생, 구상흑연주철주물에서 흑연의 구상화 저해 등 여러 가지 문제도 있다.

최근 Scott는 화학점결제를 사용한 주형의 열분해물질 중 발암성의 다환식방향족탄화수소(PAC)의 발생과 폐암발생의 관계를 보고하고 있다.

또 Schmitter도 PAC가 호흡기내로 들어간다는 것을 보고하고 있다.

유기계주형에서는 점결제의 연소시 환경위생상 바람직하지 않은 물질의 생성이 지적되고 있다. 물유리계에서는 폐사의 알카리성 이외에는 특별히 거론할 문제는 없다. 결점이 되고 있는 물유리계의 붕괴성 개량도 서구를 중심으로 진행되고 있다. 모래의 재생법도 진보되어 가고 있으므로 다시 물유리계 주형을 재

조명해보는 것도 의미있는 일이라 하겠다.

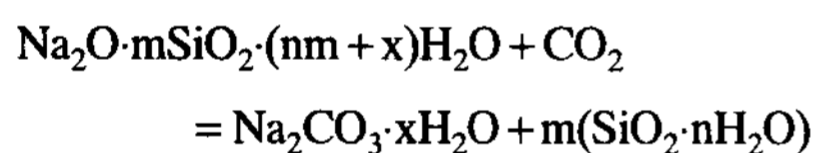
2. CO₂형

2.1 원리와 해설

주물사에 물유리를 주재료로 한 점결제를 가하여 혼련하고 모형 위에 다져서 조형한 후 CO₂가스를 통과시켜 주형을 경화시키는 방법을 CO₂법 또는 가스형법이라고 하고 경화한 주형을 CO₂ 주형이라 한다.

이 방법은 당초 Schmidt and Phillip법 혹은 Petrzela법이라고 불리웠다. 이 방법의 기원은 아직 명확하지 않지만 소련 및 주변의 국가들에서 실시되었던 것으로 알려져 있다. 1949년에 영국에서 체코슬로바키아인에 의해 특허가 얻어졌는데 세상의 주목을 그렇게 모으지 못한 채 1953년 12월 특허는 소멸되었다. 이후 많은 연구자들에 의해 연구가 축적되어 오늘날의 CO₂법이 되었고 또 CO₂ 가스를 사용하지 않는 무기계자경성주형으로 발전된 것이다.

CO₂법의 원리는 일반적으로 다음식으로 나타낸다.



m: 물유리의 몰비

n: 물유리겔의 함수량

x: 탄산소다결정의 몰수

위 식의 반응에서 CO₂가스와 Na₂O가 반응하여 Na₂CO₃가 생성됨과 동시에 SiO₂의 겔화가 진행하여 사립이 강고하게 결합된다고 생각하고 있다.

그러나 통상의 가스경화에서는 첨가하는 물유리 모두 이 반응을 행하는 것은 아니고 사립표면의 물유리만이 반응한다고 생각되지만 CO₂법에 의한 경화기구는 상당히 복잡한 것이라고 생각된다.

2.2 장점과 단점

종래의 생형, 건조형에 비해 CO₂법의 장점과 단점은 다음과 같다.

장점

- (1) 조형이 신속하고 건조가 필요없기 때문에 주탕까지의 시간을 단축시킬 수가 있다.
- (2) 주형 및 중자가 바로 경화하므로 이들의 이동이 적어서 운반용구를 감소시킬 수가 있다.
- (3) 중자의 보강재 및 심금을 절약할 수가 있다.

- (4) 건조가 필요없으므로 유중자 등과 같이 건조 중의 변형도 없다.
- (5) 주형사의 유동성이 좋으므로 조형 에너지가 적게 든다.
- (6) 주형도 중자도 모형 상에 다져진 채 경화하므로 주형의 정밀도가 상당히 높아진다.
- (7) 숙련이 필요없고 설비비가 싸다.
- (8) 상면적당 생산량이 증가하기 때문에 상면적 효율이 높다.
- (9) 수조형, 기계조형 어느 것도 이용가능하다.
- (10) 방법이 간단한데다가 불량률의 발생이 적고 주탕시 악취의 발생이 없다.

단점

- (1) 물유리 첨가사는 대기중에서 서서히 경화하므로 밀폐용기 중에서 보관하여야 한다.
- (2) 모형 또는 중자박스는 양질의 재료로 만들고 가능한 한 조립식이 좋다. 경화시 사형이 수축하기 때문에 테이퍼도 크게 한다.
- (3) 주탕 후 주형의 붕괴성이 나쁘다.
- (4) 사용사의 재생이 힘들다.
- (5) 소결, 소착을 방지하기 위해 도형이 필요하다.
- (6) 경화반응이 온도에 지배된다.

2.3 실시상황

CO₂ 주형법은 사용 역사가 길고 조형법도 간단하므로 오늘날에는 비철, 철강을 불문하고 대부분의 공장에서 폭넓게 사용하고 있다.

2.4 주형재료

(1) 주물사

충분히 건조한 것으로서 점토 및 미분이 없는 것. 또 물유리와 반응할 수 있는 활성물질에 의한 오염이 안된 것. 이를테면 바다물에 오염된 바다모래는 건조하더라도 문제가 된다. 입형에는 크게 영향을 받지 않지만 규사의 경우 입도분포가 3~4 스크린인 것, SiO₂는 97% 이하의 것이 좋다.

(2) 물유리

KS 1~3호 (몰비 2~3)의 것으로 저온(10°C이하)에서 점성이 낮은 것이 좋다.

(3) 첨가제

솔비톨, 당류, 목분 및 산화철 등이 사용되고 있지만 일반적으로는 탄소질 첨가제가 많이 사용되고 있다.

2.5 배합기준

모래의 입도 영향도 있지만 주물용 규사 100에 대해 물유리 7±1, 탄소질첨가제 1.0~2.0 정도가 일반적이다.

최근에는 물유리의 첨가량을 줄이는 경향이 있다. 물유리의 물비는 여름에는 낮고 겨울에는 높은 것이 보통이지만 금후는 고물비의 물유리 사용 경향이 커져 갈 것이다. 겨울에는 혼련할 때 물유리의 액적이 생기기 쉬우므로 이 액적의 발생이 없는 혼사기, 이를 테면 롤러가 붙어있는 것 또는 3차원 고속교반기구의 것을 선택하는 것이 좋다. 혼사시간은 사용하는 혼사기의 성능에 따라 다르지만 원칙적으로는 5분 이내가 좋다. 다만 밀폐형 혼사기의 경우에는 8분까지 허용된다.

최근 규산칼리를 사용하는 예가 늘고 있다. 규산칼리는 점도가 낮아서 혼련하기 쉽고 한냉시에도 경화가 빠르기 때문이다. 그리고 용도에 따라 규산소다와 규산칼리를 혼합하여 사용하기도 한다.

2.6 조형

주형을 조형기에서 만들 경우 모형쪽에서 CO₂ 가스를 취입하여 경화시켜 셀형과 같이 이형할 수가 있다. 큰 주형의 경우는 샌드슬링거 또는 수조형으로 주형을 만들고 CO₂ 가스의 허실을 적게 하는 통기법으로 경화시킨다. 통기법은 저압(1.0 kg/cm²정도) 으로 통기하는 것이 경제적이다. 고압으로 통기하는 것은 CO₂ 가스만 낭비할 뿐이다.

중자는 블로잉 머신이나 코아슈터로 조형한 후 CO₂ 가스로 경화시키고 중자를 꺼집어 낸다.

조형에는 CO₂가스용 조형기 만으로 조형한 경우와 표면사는 신사를 사용하고 생형용 주물사를 이면사로 사용하는 방법도 있다. 비교적 소형의 외형 제작시 원가절감을 목적으로 사용하고 있다. 또 비철합금용으로는 7호사 정도의 세립규사를 표면사로 사용하고 조립의 주물사를 이면사로 사용하는 예도 있다.

2.7 주조합금의 종류

CO₂ 주형은 주조합금의 종류에는 무관하여 광범위하게 사용될 수 있다. Al 합금에의 사용은 거의 문제가 없지만 동합금에서는 물리적 소착(Penetration)이 발생하기 쉬우므로 이에 대한 방지대책이 필요하다. 주철에서는 소착(Burning) 및 우각부에서 물리적 소착이

발생하기 쉽다. 주강에서는 소착의발생이 보이지만 모래의 선택, 도형에 의해 방지하는 것이 대단히 중요하다.

3. VRH Process

3.1 원리와 해설

VRH란 가스경화하는 주형을 경화시킬 때 조형한 주형을 밀폐용기에 넣고 용기 내를 진공으로 하여 주형 내의 공기를 배출한 다음 용기 내로 경화가스를 도입하면 가스는 주형에 균일하게 충전하여 주형 중의 점결제와 반응함으로 주형을 균일히 경화시키는 방법이다.

주형을 가스경화시킬 때 가장 중요한 것은 주형의 균일경화와 overgassing, undergassing이 없는 적정량을 경제적으로 통기하는 것이다. 가스경화시 가스의 작용은 촉매작용에 의한 것과 화학반응에 의한 것이 있다. 촉매작용에 의한 경화에는 가스량이 적고 화학반응에 의한 것은 비교적 다량으로 농후한 가스를 필요로 하는 것이 일반적이다 또 주형의 통기시 가스의 동점성이 경화상태에 큰 영향을 준다. 동점성이 적은 가스는 주형의 사립사이를 통과하기 쉬우므로 균일한 경화를 얻을 수 있다. 통하기 어려운 가스에는 적당한 압력을 가하여 강제적으로 통기할 필요가 있다. 이 경우 가스는 가장 저항이 적은 통로를 통하여 통과하므로 불균일경화가 되기 쉽다. 더욱이 통기시간이 길어지면 취입구는 overgassing이 되고 배출구 및 가스가 통과하기 어려운 부분은 경화부족이 되는 경향이 있고 쓸데 없이 가스만 낭비하는 경우도 있다. 이와 같은 현상때문에 이제까지의 가스경화에는 희석한 가스를 다량으로 흘리기도 하고 형을 밀폐하고 가스압을 올리는 시도를 하기도 하지만 이러한 것들 만으로는 단시간 내에 균일하게 경화시킨다는 목적은 달성할 수 없었다. 이것에 대해 주형 내를 일단 진공으로 하고 여기에 경화용의 가스를 도입하면 단시간 내에도 균일하게 통기할 수가 있다.

이와 같이 주형 내를 일단 진공을 하여 공기를 배제한 후 경화용 가스로 치환하므로 VRH(Vacuum Replace Hardening Process) 라고 부른다. 취입하는 물질은 상온 상압에서 가스상의 것이어야 하며 감압하, 고온하에서 가스상으로 되는 것도 마찬가지로 적용할 수 있다.

이 VRH는 용제취산형의 경화에도 적용할 수 있다. 물유리는 약 절반이 물이기 때문에 수분을 제거하면 딱딱한 유리상이 된다. 그래서 주형을 진공상태로 두면 급속히 물유리 중의 수분이 증발 분리하여 강도 높은 주형이 얻어진다. 이 경우에는 물유리의 첨가량이 적은 것이 초기강도를 올리는데 유리하다. 종결강도는 물유리량이 많은 쪽이 높아지는 것은 당연하다. 이것은 규산칼리의 경우도 마찬가지이다. 이 경우 용제의 증발에 수반하여 다량의 증발열이 빼앗겨 주형이 급속히 냉각되고 증발량도 저하하므로 이점에서도 용제량은 적은 것, 주형은 따뜻하게 하는 것이 효과가 빠르면서도 크다. 이것을 진공경화라고 부른다.

앞의 VRH의 의미 중에는 Vacuum Hardening의 의미도 포함되어 있다. 이와 같이 가스경화에 있어 주형 내에 강제적으로 가스를 압입하는 것은 아니므로 통기성이 나쁜 미세한 모래를 사용한 주형에서도 균일한 경화를 얻을 수 있어 주물표면을 양호하게 하게 위해 미세한 모래를 사용하는 것도 가능하다.

3.2 장점과 단점

VRH법은 CO₂법에 비해 다음과 같은 장점이 있다.

- (1) CO₂가스의 소비량을 1/3~1/10으로 줄일 수가 있다. 이 수치는 상용하는 진공상자의 크기와 매회 수납할 수 있는 주형의 크기, 수에 의해 변화하므로 수납효율을 높이는 것이 중요하다. 기온, 희망강도에 따라서 CO₂ 가스의 도입량을 조절하여 소비량을 절감할 수 있다.
- (2) 물유리의 첨가량을 2~3% 정도로 할 수가 있다. 물유리 첨가량의 감소는 다짐을 충분히 하면 확실해진다. 강도와 충전밀도는 밀접한 관계가 있다.
- (3) 균일 경화가 행해지므로 대형 주형에서도 통기 직후에 형을 옮기는 것이 가능하므로 작업이 순조롭다. 또 주형의 변형이 적다.
- (4) 물유리의 첨가량이 대략 반으로 줄므로 수분량도 반으로 줄어든다. 그래서 주조시 수분에 의한 Blow hole 이나 Pin hole의 발생이 적어진다. 주강, 고합금주강에서는 용접보수가 대폭 감소한다. 수분이 적은 것은 주형의 냉각능을 적게 함으로 경합금의 경우에는 주입온도를 약 20~30°C 낮게 할 수 있다는 보고가 있다. 물유리량의 저감에 의해 주조후 형의 붕괴성이 현저히 향상하고 작업성이 증가하여 기계의 마모가 줄어든다.

(5) 주형벽 이동이 적어져서 주물의 치수정도가 향상하고 압탕량도 적어진다. 내부결함의 발생도 생형보다 적다.

(6) 가는 모래를 주물사로서 사용할 수 있으므로 주물표면이 깨끗한 주물을 만들 수가 있다. 특히 경합금, 동합금주물의 생산에 적합하다.

(7) 사용한 모래의 재생이 용이하다.

(8) CO₂가스 이외의 경화가스 예를 들면 T.E.A., SO₂, 개미산메틸, NH₃ 등을 각각의 점결제와 함께 사용할 수가 있다.

3.3 실시상황

1984년 일본의 주조기술보급협회가 이 기술을 완성한 이래 아시아 및 동북지역에서 약 50여대의 장치가 가동되고 있다고 한다. 철계합금은 물론이지만 최근에는 비철 특히 Al합금주물의 주조에 미세한 모래를 표면사로 사용하는 방법 및 규산칼리를 점결제로 하여 VRH법에 의해 조형하는 예도 있다.

3.4 설비

이 방법의 실시에는 진공상자가 필요하다. 진공상자의 크기와 희망하는 경화시간을 감안하여 진공펌프의 용량을 결정한다. 진공상자 중에 주형을 넣지 않은 상태에서 약 20 Torr, 가능하면 10 Torr 정도까지 감압하면 작업이 용이하다. 진공펌프는 오일펌프가 좋다. CO₂가스는 2기압 정도로 가압한 가압탱크에 연결하고 가능한 한 짧게 배관한다. 자동화의 릴레이는 시간제어형이 고장이 없다. 체크를 위한 기압계는 보기 쉽도록 배치한다. 모형에 통기공은 일반적으로는 붙이지 않지만 깊은 구멍이나 모래가 들어 붙기 쉬운 부분에는 설치하는 것이 좋다.

진공상자의 크기는 클수록 좋다는 것은 아니다. 쓸데없는 공간이 많은 진공상자를 상용하는 것은 시간적으로도 에너지적으로도 불이익이다. 가끔 사용하는 대형의 물건을 위해서는 펌프를 공용하는 별개의 상자를 준비하는 것이 유리하다. 특정의 상자를 사용하지 않고 내진공가소막을 사용하는 것도 고안되어 있다. 상자의 구조는 각형보다 환형이 구조상 유리하다. 상자형의 경우는 용접부에서 새거나 반복조작에 의한 피로파손을 일어킬 수 있으므로 주의를 요한다. 진공의 양부는 수은 마노미터로 감시하던가 때때로 상자 내를 가압하여 비누거품 시험을 하면 좋다.

3.5 주형재료

(1) 주물사

건조한 규사가 사용된다. 신사는 재생사의 보충으로 사용한다. 특별히 요구되는 성질은 없다.

(2) 물유리

일반적으로 물유리는 몰비 2.3~2.5가 사용된다. 계절에 따라 약간 변경할 수 있다. 여름에는 몰비 2.3, 보메 51정도, 겨울에는 몰비 2.5, 보메 49 정도가 사용된다. 한냉지에서는 규산칼리를 그대로, 혹은 이것을 물유리에 첨가한다. 첨가량은 통상 2.5%정도이다. 철제 플라스크를 사용한 주형사의 경우 1~1.5%로 조형이 가능한 예도 있다. 경합금용 주형으로서 7호사나 지르콘플라워를 첨가한 경우에는 물유리 6%, 몰2% 정도를 첨가한 예도 있다.

3.6 조형

주물사는 재생사를 많이 사용하는 것이 바람직하다.

CO₂법에 비해 회수율은 높지만 신사의 보급은 필요하다. 신사는 별도로 혼련하여 표면사로 사용하고 재생사는 연속 혼련기를 사용하여 이면사로 사용하는 것이 좋다. 이면사에는 생형사를 사용하는 것도 가능하다. 조형시 유의할 사항은 충분이 다지는 것이다. 충전밀도는 주형강도에 가장 큰 영향을 준다. 모래가 달라붙기 쉬운 부분에는 기발침으로 구멍을 뚫어주는 것이 경화에 유효하다. 조형한 주형은 진공상자 중에 넣고 배기를 행한다. 모래온도가 높으면 모래중의 수분의 증발이 많아서 배기시간이 길어진다. 수분의 증발이 많아지면 증발열 때문에 주형이 냉각되어 CO₂가스와 반응성은 떨어진다. 상자 내가 진공이 되면 CO₂가스를 도입한다. 주형내의 사립 사이를 가스가 통과하는 데는 저항이 있어 구석구석까지 가스를 분포시키기 위해서는 잠시동안 그대로 유지해 두는 것이 좋다. CO₂가스를 취입할 때 상자 내를 대기압으로까지 할 필요는 없다. 취입을 적게하면 가스도 절약된다. 경화한 주형은 균일하게 경화하므로 대형의 주형에서도 변형, 불량 등은 없다. 또한 즉시 이동하는 것도 가능하다. 이형은 주형이 충분히 경화되어 있으므로 어려움도 있지만 평활한 모형과 적당한 빼기구배가 있으면 용이하다. 수직으로 형발할 수 있는 반전형 기구가 있으면 이상적이다. 그 후의 처리는 통상의 주형과 마찬가지로이다.

4. 에스테르 경화주형

4.1 원리와 해설

물유리를 점결제로 하는 no bake법은 여러 가지 방법이 제안되어 있고 또 실용화되어 왔다. 그러나 이들은 모두 무기물질의 분말을 사용하고 있어 균일한 조형작업을 계속하는데 문제가 있고 작업환경상 분진의 발생 등 문제가 많았다. 이것에 대해 1967년 미국에서 물유리를 유기에스테르로 경화하는 방법이 개발되어 1968년 영국에 도입되면서부터 영국에서 크게 발전하였다.

유기에스테르에 의한 물유리의 경화기구는 다음의 2단계로 되어 있다.

(1) 유기에스테르가 물유리에 의해 가수분해를 받아 유기산과 알코홀을 생성한다.

(2) 가수분해로 생성한 유기산이 물유리의 Na₂O와 반응하여 물유리를 화학적으로 겔화시킨다.

물유리와 유기에스테르의 반응속도는 유기에스테르분자와 나트륨분자와의 충돌의 난이에 의해 지배된다. 즉 물유리용액 중으로의 유기에스테르의 분산도에 의한다. 그래서 적당한 유기에스테르를 선택함에 의해 반응속도 즉 경화속도를 선택할 수가 있다.

4.2 장점과 단점

장점은 다음과 같다.

(1) 물유리계 no bake법에서 무기분말경화제와 비교하면 혼련이 용이하여 균일한 혼련사를 얻을 수 있고 또 높은 강도의 주형을 만들 수 있다.

(2) 경화속도가 다른 각종 경화제가 있기 때문에 작업조건에 적합한 혼련사를 만들 수 있다. 또 여름과 겨울의 경화속도를 경화제를 선택함에 의해 일정하게 할 수 있다.

(3) 혼련시에 분말경화제와 같은 분진의 문제도 없고 악취도 나지 않는다. 또 유기점결제와 같이 혼련, 주탕, 형해체시에 악취나 연기의 발생이 없어 청정프로세스라고 말할 수 있다

(4) CO₂ Process와 같이 Overgassing 이나 Undergassing 의 문제가 없고 주형강도, 주형의 저장성, 형발성이 우수하다.

(5) 가스발생량이 적고 특히 질소가스는 전혀 발생하지 않기 때문에 질소에 의한 가스결함이 없다

(6) 유기점결제와 같이 탄소가 생성하지 않기 때문

에 침탄문제가 없고 또 점결제에 유황을 함유하고 있지 않기 때문에 침류문제도 없다.

(7) 주형의 치수정도가 좋고 열간강도도 우수하여 scab결합 등이 적고 주물의 표면이 우수하다.

(8) 주형에 가축성이 있기 때문에 맥리발생(vaning)이나 열간균열이 적다.

에스테르경화주형은 다음과 같은 단점도 있다.

(1) 모래의 재생에는 재생효과가 높은 장치를 사용하지 않으면 재생사의 경화속도를 제어하는 것이 곤란해진다.

(2) 표면경화속도와 심부의 경화속도에 차이가 있기 때문에 특히 대형물의 형발 시기에 주의를 요한다.

(3) 고몰비(몰비2.5이상)의 물유리를 사용하지 않으면 심부경화가 불충분하여 주형에 강도 불균일이 생긴다.

(4) 유기점결제에 비교하여 소요 점결제량이 많아서 그만큼 혼련사의 유동성이 나쁘고 모래의 충전성도 다소 떨어진다.

4.3 설비

통상의 자경성주형조형라인으로 조형이 가능하므로 특수한 설비는 필요없다. 다만 사재생장치는 불충분하다. 최근 유럽 등에서의 정보에 의하면 Foseco사가 새로운 에스테르(Velset)을 개발하여 이 에스테르를 사용함에 의해 물유리는 반결정상으로 경화하여 모래를 점결하고 재생은 550°C에서 1시간 배소처리후 기계적 처리에 의해 사재생을 할 수 있는 것이 있다.

4.4 주형재료

(1) 주물사

수세건조규사가 바람직하다. 이방법은 알카리성으로 경화가 진행하므로 산성을 띄는 물질이 있을 경우 경화에 영향을 줄 수 있다.

(2) 물유리

몰비 2.5~2.8의 것이, 보메도는 45°정도의 것이 적당하다.

(3) 에스테르 경화제

경화속도 즉 가사시간이 다른 일련의 경화제가 상품화 되어 있다. 시판품은 어느 것도 저점도의 투명액체로 거의 냄새가 없고 독성도 낮기 때문에 취급상 특별한 주의는 요하지 않는다. 다만 인화점이 100°C전후이므로 소방법상 위험물에 해당하고 있다.

4.5 배합기준

배합례는 모래100에 물유리(몰비 2.5, 보메 45°) 4.5%. 경화제(트리아세틴 등)을 가한다. 경화제의 종류를 변화시켜 경화시간을 조절한다. 트리아세틴은 글리세린을 초산으로 에스테르화시킨 것으로 글리세롤트리아세테이트이다. 그밖에 에칠리렌그리콜의 초산에스테르도 경화제로서 사용되었다.

에스테르경화제의 첨가량은 물유리에 대해 일반적으로 10~12%을 사용하고 있다. 10% 이하로 하면 심부경화성이 나빠지게 되고 12%이상으로 하면 원가면에서 불리해진다.

모래와의 혼련방법은 우선 모래에 에스테르경화제를 가하고 혼련하여 에스테르경화제가 균일하게 모래를 피복되게 하고 이어서 물유리를 첨가하여 한번 더 혼련한다. 혼련시간은 혼련기의 형태에 따라 달라지지만 균일하게 모래를 피복하는 만큼 시간이 필요하다. 상기의 첨가순서를 역으로 하여 물유리를 먼저 첨가한 후에 에스테르 경화제를 첨가하면 에스테르 경화제가 균일하게 분산되지 않아 주형전체가 불균일하게 경화하므로 주의를 요한다.

에스테르경화제는 액체이기 때문에 계량이 용이하고 배치믹서, 연속믹서의 어느 것도 효과적으로 행할 수 있다.

물유리의 몰비는 클수록 물유리 전체의 량에 대해 나트륨량이 적어져서 그만큼 중화에 요하는 량이 감소하기 때문에 주형의 경화속도, 특히 심부경화속도를 빠르게 한다.

경화속도는 모래온도에 보다 큰 영향을 받기 때문에 특히 겨울철 모래온도가 저하하여 경화속도가 늦어지는 경우에는 물유리의 몰비를 올리고 속경성의 에스테르 경화제를 사용하여 경화속도를 조절하는 것이 바람직하다. 물유리의 량을 증가시키거나 에스테르 경화제의 량을 증가하는 것은 반드시 경화속도를 올리는 것이 아니라 원가만 올리는 결과도 되는 경우가 있으므로 주의를 요한다.

4.6 조형

에스테르 경화법에 의해 주형을 조형하는 경우에 가장 주의를 요하는 점은 주형의 내부까지 완전히 경화시켜야 한다는 점이다. 만일 심부경화가 불충분한 주형을 사용하면 대형물의 외형에서는 주형붕락이 발생하고 대형물의 중자에서는 파손 등의 사고가 발생

한다.

이들의 사고를 방지하기 위해서는 재료기준에서 서술한 바와 같이 몰비가 2.5 이상의 물유리를 사용하고 에스테르 경화제는 물유리에 대해 10% 이상을 사용할 필요가 있다. 또 물유리의 몰비를 높이면 모래의 붕괴성을 좋게 하는 부차적인 효과도 기대할 수가 있다.

이 방법에 의한 혼련사는 혼련직후는 유동성이 좋아 통상의 수단으로 용이하게 다질 수가 있지만 유기점결제에 의한 혼련사의 유동성과 비교하면 떨어지므로 깊은 코너부분 및 포켓부분은 충분히 다질 필요가 있다.

형발의 시기는 모래는 굳었으나 아직 어느 정도가 소성이 남아있는 시점이 최적이지만 이 경우도 심부의 경화상태에 주의를 하지 않으면 중자가 형발시에 파손되는 사고가 생긴다. 형발을 부드럽게 하기 위해서는 모형에 적당한 이형재를 도포할 필요가 있다.

5. 결론

건조형의 대체기술인 CO₂법에서 물유리가 점결제로 이용되기 시작한 이래 여러 가지 형태의 점결제가 개발되었지만 아직 물유리 만큼 역사가 오래된 것은 없다.

그동안 물유리를 점결제로 하는 여러 가지 주형법이 개발되었지만 아직까지 주형의 붕괴성이나 회수사의 재생성이 유기계점결제만한 것이 없는 실정이다. 그러나 유기계 점결제도 붕괴성이나 재생성의 면에서는 물유리계 점결제 보다 우수하지만 유기계주형 특유의 문제점도 있다.

유기계점결제의 이러한 문제점과 최근 작업장의 환경, 위생문제가 클로즈업되어가는 사회적 분위기를 상기하면서 물유리 주형을 다시 조명해 봄으로서 새로운 주형법 개발에의 단서를 찾을 수 있을 지도 모른다.

기술서적 소개

- 도서명 : 자동고압조형의 기초와 실무
- 저 자 : 김봉완 외 ○ 가격 : 22,000원
- 발행일자 및 출판사 : 1997. 3. 25일/선문사

상기 도서는 중소기업진흥공단에서 생산기술에 있어 어려움을 겪고 있는 중소주조 업체들을 위하여 발행한 도서로서 자동고압조형의 레이아웃과 기초를 제공하고, 생산 현장에서 일어나는 애로를 문제해결식으로 정리하여 주조기술자들이 관련 문제를 쉽게 이해하고 해결책을 찾을 수 있도록 주안하여 쓰여졌다.

총 450여쪽으로서 자동고압조형법의 기초, 주물사와 주형재료의 특성과 종류, 자동고압조형라인의 주물사 관리와 처리 등에 관하여 기술하고 있다. 특히 주물사의 문제점, 관리 방법, 배합조제, 처리설비, 재생처리 등에 관하여 상세히 기술하고 있다.