

技術資料

주형과 코어 도형제

권해욱

Mould and Core Coatings

H. W. Kwon

1. 서 언

좋은 표면의 주물을 얻기 위하여 도형제를 사용한다. 이를 위하여 도형제는 용탕이 침투하는 것을 방지하여 소착이나 금속침투(metal penetration) 같은 결함이 생기지 않게 하여야 한다.

일반적으로 알려진 바와는 달리 도형제는 현대 주물인들 만이 개발한 것은 아니다. 기원전 전 4,500년경 중국의 한나라 시대에, 주조하기 전에, 직사광선 아래에서 건조한 석회석이나 점토 주형을 점토 워시(wash)로 도포하는 기술을 채택하였다. 솔로몬 왕 시대에는 점토 주형에 수지(獸脂)를 도포하여 종을 주조하였다. Biringuccio에 의하면, 유럽에서는 주형을 목탄, 분쇄한 오징어뼈 혹은 주석 박막을 도포하는 로움(loam)주형법으로 청동과 황동을 주조하였다. 한편, Leonardo da Vinci는 강모래를 오줌이나 식초로 축이고 조형 매체로서 오래된 밀가루를 섞은 다음 수지양초(tallow candle) 및 테레빈유(turpentine) 연기를 도포한 주형을 사용하였다.

그러나 20세기에 도형 기술은 꽤 극적으로 발전하였다. 근대 초기에 나타난 도형제로는 점토, 당밀 및 이이스트 계의 워시가 있었으며 1,905년 경 미국에서는 목탄, 활석(talc), 코우크스 및 석탄 등의 분말을 일반적으로 사용하였다. 이 시기에 순수 흑연 및 당밀의 수성워시를 낙타의 털로 제조한 붓으로 도포하여 큰 대포를 생산하였다. 말할 나위도 없이, 이 방법에 의한 제품의 생산 속도는 매우 느렸다.

1,930년대에 셸라니스(shellac varnish), 흑연 및 물유리(sodium silicate)를 사용한 도형제가 일반

적으로 쓰였으며 처음으로 주강에 대해 독특한 도형제가 나타났다. 최종 주물의 표면을 개선시키기 위하여 페로망간(ferro manganese) 분말을 섞었으며 모든 보고서에 의하면 결과는 꽤 성공적이었다. 목탄 및 활석으로 되어 있는 도형 충전재(filler, 充填材)가 1,930년대 후반과 1,940년대 초반에 일반적으로 쓰였으나 1,950년대에 와서야 다양한 전문적 도형제가 나타나기 시작했다. 이 기간 동안에 지르콘(zircon) 기본의 도형제가 주물공장에 일반화 되었으며 1,960년대에 물 혹은 알콜을 기본으로 한 페이스트(paste)가 나타남으로서 공장마다 각기 제조하여 쓰던 검은 도형제는 사라지게 되었다. 생산 속도가 증가하고 자동차 업계에 새로운 코어(core) 제조법이 도입됨으로서 전용의 기성 도형제가 개발되었다.

2. 도포의 목적

주철에서 미세 수축공을 방지하는 등과 같이, 도형제가 주물에 금속공학적인 영향을 미치게 하기 위하여 쓰일 수 있기는 하지만, 도형제의 주된 목적은 좋은 주물의 표면을 얻는 데 있다. 이렇게 함에 있어서 다음과 같은 여러가지 방법으로 작용할 수 있다.

- 1) 사형과 코어는 금속이 침투할 수 있는 기공이 많은 덩어리로 되어있다. 만약 침투가 표면에 그치면, 표면이 울퉁불퉁하고 거칠 것이다. 그러나 침투가 심하면, 금속-모래 표면 껍질이 단단하게 붙어있고 이 결함을 금속 침투(metal penetration)라 한다. 기공을 막는 도형제를 도포하면 이것을 방지할 수 있다.
- 2) 용융이나 소결로 인하여 모래가 부착될 수

있으며 내화재를 도포하여 이것을 방지할 수 있다.

- 3) 침식이 잘 일어나는 주형 표면을 침식 저항이 큰 도형제로써 보호할 수 있다.
- 4) 이로울 수도 있고 해로울 수도 있는 작용도 있다. 예를 들면, 도형제는 밀폐시키는 역할을 하여 가스의 형성 속도를 낮춘다. 혹은 휘발성 성분의 함량의 높은 도형제를 사용하면 주형-가스 간의 양의 압력을 야기시킨다.
- 5) 도형제는 파임(scab) 및 피하기공등과 같은 다른 주물 결함에도 효과가 있다.

좋은 성질만 나타내는 도형제를 얻을 수 있으면 매우 이상적일 것이다. 그러나, 기술적 혹은 경제적인 이유로 이것이 항상 가능한 것은 아니다. 따라서 주의를 기울여 도형제를 선택하여야 한다.

3. 도형제의 성분

어떤 주형 또는 코어 도형제에든 구조할 때 사용, 도포방법, 경화방법 및 성능을 결정하는 네가지 기본 성분이 있다. 즉,

- 1) 충전재 (filler)
- 2) 전달 액체 (carrier liquid)
- 3) 부유제 (suspension agent)
- 4) 점결제 (binder)

1) 충전재

내화물 충전재가 금속침투, 침식 및 금속-주형 간 반응 등을 방지하는 도형제의 효능을 결정한다. 구조하고자 하는 금속, 주형기지 및 가능한 결함 등에 따라서 충전재를 선택한다.

충전재의 열팽창 특성과 더불어 내화도 및 소결 온도는 극히 중요하다. 더우기, 충전재의 입자 크기는 알맞아야 하며 주물사나 금속과 반응을 하지 않아야 하고 용탕과의 계면 에너지가 커야한다. 어떤 충전재는 구조하는 동안에 기체가 발생하는 화합물을 함유하고 있으며 이런 것은 신중히 사용하여야 한다.

사형으로의 용탕의 침투는 주형재료의 평균 기공의 직경, 용탕의 표면장력 및 용탕의 압력에 따라서 달라진다.

젖음(wetting)이 일어나기 어렵거나 젖음이 일어나는 경우 표면 슬래그(slag)를 형성하는 내화물은 침투가 잘 일어나지 않게 한다. 내화재의 융점이 낮아지면, 접촉각(contact angle)이 작아지고 침투의 위험이 커진다. 결과적으로 내화재의 가장 중요한 점은 융점, 금속과의 반응성, 슬래그 형성, 열전도도, 열팽창 및 입도이다. 많이 사용되고 있는 충전재의 성질은 표 1에서 보이는 바와 같다.

충전재의 열전도도 및 열팽창은 주형기지의 열팽창 특성에 영향을 미친다. 백색 도형제와 흑색 도형제의 차이로 나타나는 바와 같이 복사 또한 주형 기지의 가열속도에 중요한 역할을 한다. 미세도(fineness)는 직접 가열한 도형층에 균열이 생길 위험이 있고 따라서 침투 경향에 영향을 미치며 필요한 점결제의 비율을 결정하기 때문에 중요하다. 따라서 너무 미세한 충전재는 선택하지 않아야 한다. 여러가지 충전재의 적합성은 표 2에서 보이는 바와 같다. 각각의 거동은 다음과 같이 요약할 수 있다.

① 분쇄한 코우크스 : 코우크스는 단독 혹은 다른 내화재와 함께 화주철과 구상흑연주철의 구조시 도형제로 주로 사용한다. 염에 의한 오염 때문

표. 1 내화물 충전제의 성질

내 화 물	화 학 식	비중 g/cc	융점 °C
코우크스	C	1.6~1.8	-
흑 연	C	2.1~2.3	>3,000
실리카(Silica)	SiO ₂	2.65	1,800
지르콘(Zircon)	ZrSiO ₄	4.0~4.8	2,200
운 모	KAl ₂ (OH ₂ F) ₂ Si ₃ AlO ₁₀	2.3	710~1,100
활 석	Mg ₃ Si ₂ O ₇ (OH) ₂	2.7	800~1,350
하소한 마그네사이트 (calcined magnesite)	MgO	3.5~3.7	2,800
규산 알루미늄	Al ₂ O ₃ +SiO ₂	2.6~3.0	-
샤모트(chamotte)	-	2.6	1,700
알루미나	Al ₂ O ₃	3.9	2,050

표. 2 충전재의 적합성

합 금	충 전 재								
	코우크스	흑연	실리카	지르콘	운모	활석	하소한 마그네사이트	규산알루미늄	샤모트
비 합 금 주 강	○	○	○	+	-	-	○	-	+
합 금 주 강	○	○	○	-	-	-	+	-	+
주 철	-	+	-	+	○	+	-	○	-
구상흑연주철	-	+	+	+	○	+	-	○	-
가 단 주 철	+	+	+	+	○	+	-	○	-
동 합 금	+	+	-	○	+	+	○	+	-
알루미늄합금	-	+	-	+	+	+	-	○	-
마그네슘합금	○	○	-	-	-	-	+	-	-

+ 적용가능 혹은 일반적임 ○ 조건부 가능 - 부적합 혹은 일반적이 아님

에 상당히 달라진다. 코우크스의 장점은 용점이 높고 반응성이 낮으며 거의 모든 금속에 대하여 젖음성(wetability)이 낮다는 것이며 단점은 기공도가 높아서 도형제의 건조를 늦춘다는 것이다. 그러나 코우크스를 기본으로 하는 도형제는 주형 기지의 절연이 좋을 필요가 있을 경우에 조차 주강에 대해서는 적합하지 않다.

② 흑연 : 자연산 혹은 전극 흑연은 여러가지 도형제의 성분이다. 흑연은 내화도가 높고 많은 금속에 의하여 젖지 않는다. 예를 들면, Wagner 및 Macherauch는 순수한 흑연을 기본으로 한 도형제는 접촉각이 커서 금속 침투의 발생이 현격하게 감소하였다고 보고하였다. 순수한 흑연을 기본으로 한 도형제는 주로 자동차용 및 복잡한 모양의 주철주물의 생산시 사용한다. 그러나 그들은 흑연은 응고하는 금속에 고용되기 때문에 주강에 대해서는 적합하지 않다는 것을 증명하였다. 그러나 근래의 소련에서의 연구 결과에 의하면 반응성 및 그에 따른 흑연의 용해속도(dissolution rate)를 여러가지의 고온 점결제를 사용하여 감소시킬 수 있다. 흑연의 내화재로서의 단점은 열전도도가 크고 복사열에 의한 열의 흡수가 많아서 대형 주물에 대하여 특히 주형 기지를 절연시켜야 할 경우에 사용하기가 어렵다는 것이다.

③ 실리카(silica) : 생리화학적 위험에도 불구하고 여전히 실리카 분말을 사용하고 있다. 주로 회주철의 경우 특히 흑연 또는 코우크스와 함께 사용하고 있다. 예를 들면, Middleton, Beeley 및 Morey와 같은 연구자들은 탄소강의 경우 좋은 결과를 얻었으며 Kusmenkova는 무게 4톤까지 그리고 벽 두께 80mm까지 주물에서 좋은 결과를 얻었다고

보고하였다.

④ 지르콘(zircon) : 흑연 및 활석과 더불어, 지르콘이 가장 자주 사용되는 내화재이다. 강, 회주철, 구상흑연주철 및 동합금 주물에 대하여 단독으로 혹은 다른 내화재와 함께 사용한다. 지르콘은 여러가지의 좋은 성질이 있다. 이 재료는 결합이 잘되고 용점 보다 훨씬 낮은 온도에서 소결 온도 범위가 시작하며 따라서 응력은 제거되고 부스러짐이 방지된다. 침투에 의한 결합은 잘 생기지 않으며, 지르콘의 반응성이 낮고 젖음성이 낮아서 침투 결합이 방지된다.

⑤ 운모 : 운모는 편상 같은 구조를 가지는 전체 규산알루미늄 계열로 되어 있다. 가열하면 수분이 증발하고 약간 팽창하며 구조는 변화한다. 운모는 용점이 비교적 낮으며 과거에는 거의 모든 동합금 주물의 생산시 사용하였다. 근래에, 자동차 부품용 주물의 제조시 절연용 도형제로 운모를 함유하고 있는 도형제를 사용하였다.

⑥ 활석 : 활석은 수분을 함유하고 있는 규산마그네슘이며 탄산마그네슘과 같이 자주 발견되며 회주철 및 구상흑연주철 그리고 비철금속에 대한 도형제의 내화재로 쓰인다. 활석을 첨가하면 금속의 유동도가 개선되며 한편 도로마이트 형태의 활석을 회주철용탕에 첨가하면 핀홀 발생의 위험이 감소하는 것으로 알려졌다. 절연성은 자동차용 부품 주물에서 응고속도를 조절하는데 유용하다는 것이 밝혀졌다.

⑦ 하소한 마그네사이트(calcined magnesite) : 산화 마그네슘은 용점이 높기 때문에(2,800°C) 주로 마그네슘을 함유하고 있는 주강의 생산시 많이 쓴다. 수성상(水成相) 속에서 수화된 산화물이 형

성하면 점토와 같은 부유제와 이온교환에 의하여 더욱 나쁜 영향을 미치는 단단하게 굳은 침전물이 생기기 때문에 무수의 매질을 써야 한다.

⑧ 규산 알루미늄 : Harazenk는 용점이 높은 피로필라이트(pyrophyllite, $Al_2Si_4O_{10}OH$)가 강에 대하여 적합하다고 보고하였다. 실리마나이트(Sillimanite)와 키아나이트(kyanite)를 주강에 대하여 사용하여 성공적인 실험 결과를 얻었다.

⑨ 샤모트(chamotte) : 샤모트는 주강과 회주철에 대한 내화재료로 적합하다. 그러나 샤모트계 도형제는 많은 나라에서 일반적으로 쓰이지는 않는다.

⑩ 기타 내화재료 : 지난 수년 동안 여러가지의 감람석 성분을 함유하고 있는 도형제를 업계 현장에서 시험하였다. 그러나, 사용이 제한되는 것으로 밝혀졌다.

크롬광 분말(크로마이트)을 도형제로 사용하려고 시도하였으나 용점이 낮고 부유성이 나쁘며 사용처가 제한되는 등 많은 단점이 있다. Rolands는 또한 판상 구조도가 절연용 도형제로 유용하다는 것을 보고하였다.

2) 전달 액체

충전재를 표 3에서 보이는 바와 같은 전달 액체에 섞어서 현탁액 상태로 사용하며 전달 액체는 주형 재료의 점결체계, 조업 조건(건조, 폐기물 등) 및 사용 방법 등에 의하여 선택을 결정한다.

보통 스토브 혹은 토우치로 가열한 도형제에 사용되는 물은 유독성이 없고 가격이 저렴하며 유동학적 성질을 조절하기가 쉽기 때문에 가장 중요하다. 물의 경도를 조절한 경우에는 이에 따르는 몇 가지 문제점이 있다.

규산 소다와 같이 불꽃 가열을 하거나 공기 중에서 건조해야 하는 도형제의 경우에는 알콜(드

물계 석유 계의 용매)를 사용한다. 모든 일반적 알콜은 적당한 연소성이 있다. 불꽃은 점결제 레진을 건조시키고 고분자화 하기에 충분히 뜨거우나 고분자 결합을 약화시키지 않는 한편 섬광 온도가 충분히 높지 않아서 위험하지 않다. 이소프로판올(isopropanol)이 가장 일반적으로 쓰인다. 휘발성이 보통 정도이며 마취 효과는 낮다. 에틸 알콜은 단독으로 사용한다. 한편 메틸 알콜과 1-부타놀(1-butanol)은 다른 알콜과 같이 사용한다. 비록 그 가격이 저렴하다 하더라도 석유계 용매는 인화성이 크고 폭발의 위험성이 있기 때문에 잘 쓰지 않는다. 바람직한 발화 및 연소 속도를 얻기 위하여 첨가제를 쓰는 것은 보통이다.

때때로 공기 중에서 급속 건조되는 용매가 필요한 경우가 있다. 이럴 경우에는 보통 염소 처리한 형태를 쓴다. 이런 것들은 알콜 보다 더 위험하며 가격이 더 비싸다. 그러나 적당한 환기장치가 있고 방화에 충분히 신경을 쓰면 사용할 수 있다. 아마 안정성 및 유동성의 관점에서 보면 1-1-1 트리클로로에탄(trichloroethane)이 가장 좋을 것이다.

3) 부유제

내화재료의 침전을 방지하고 전달액체가 주형 재료 속으로 심하게 침투하는 것을 방지하기 위하여 부유제를 사용한다. 도형제에 부유제를 첨가하면 균열이 발생할 위험이 증가한다. 예를 들면, 균열 발생의 위험성, 비중 및 지르콘 기본의 도형제 내의 벤토나이트 함량 사이에는 관련이 있다고들 하며 같은 이론이 모든 부유제와 내화재료에 적용될 수 있다.

벤토나이트와 점토를 수성 계의 부유제로 자주 사용한다. 고온 점결제로 작용하는 능력이 있는 장점이 있다. 그러나 벤토나이트를 포함하고 있는

표 3. 전달 액체의 성질

전달 액체	화학식	비등점 ℃	비중 g/cc	섬광온도 ℃	최대허용농도 ppm	증발번호
물	H ₂ O	100	1.00			
메틸 알콜	CH ₃ OH	64	0.79	6.5	200	6.3
에틸 알콜	C ₂ H ₅ OH	76	0.80	12	1,000	8.3
2-프로판올	(CH ₃) ₂ CHOH	80-82	0.79	12	400	10.5
1-부타놀	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ OH	115-117	0.80	28	100	2.5
경유	-	80-110	0.70-0.72	20	500	3.3
염화메틸렌	CH ₂ Cl ₂	39-41	1.33-1.34	-	200	1.8

도형제를 안정화 하는데 시간이 걸리는 단점이 있다.

세루로즈 및 알지네이트(alginate)가 또한 수성계에 쓰인다. 알지네이트를 쓰는 경우가 벤토나이트를 쓰는 경우 보다 건조된 도형제에 균열이 발생하는 위험성이 더 작다. 그러나 세루로즈를 사용한 계는 잘 흐르고 찢어지는 경향이 있다.

고분자 농후제와 함께 벤토나이트를 쓰면 농후제를 파괴시킬 수 있으며 도형제를 도포한 주형 부분에 얇아진 부분으로 부터 이를 확인할 수 있다. 따라서 콜로이드 상의 화학적 링크에 대한 지식이 중요하다.

긴 고리 아민과의 결합으로 오레오필릭(oleophilic) 이 된 벤토나이트 즉 벤통(bentone)은 주로 알콜계 및 지방성 전달 액체 속에 사용한다. 아민족은 음으로 대전한 벤토나이트 층과 결합하며 탄화수소 고리는 벤토나이트 층에 많은 고분자 액체 속에서의 분산성을 좋게한다.

금속의 스테아린산염은 또한 광택이 있는 탄소를 형성시키는 능력으로 인하여 한정된 경우에만 쓰인다. 그러나 주된 단점은 도형층을 발화시키면 액체가 되고 불꽃으로 가열하는 동안 찢어지는 경향이 있다는 것이다.

4) 점결제

수성계에서는 덱스트린(dextrin), 아황산 여과액 그리고 부분적 불포화 탄산에스터(아마인유 등)가 고온 점결제로 쓰인다. 덱스트린과 아황산 여과액은 세균에 의한 분해에 민감하며 따라서 발효 방지제를 쓸 필요가 있다. 모든 고온 점결제는 고온에서만 가장 높은 강도를 얻는다. 그러나 건조 온도가 너무 높으면 도형제의 마멸 저항이 떨어진다. 가장 적합한 온도가 존재하며 제조 회사에서 표시한다.

아마인유를 함유하고 있는 도형제는 건조하는 동안 균열이 발생하는 경향이 크다. 몇 가지 점결제의 경우 흡습성이 있으므로 상온에서 건조하는 일은 피하여야 한다. 예를 들면, 아황산 여과액은 알콜 함량이 높기 때문에 흡습성이 크다.

수성계에서 벤토나이트, 점토, 인산염 및 규산소다가 고온 점결제로 쓰인다. 보통의 수용성 점결제와 더불어, 염료업계에서 쓰는 계와 비슷한 분산 점결제가 또한 쓰인다. 이런 점결제는 공기 중에서 비가역적으로 건조가 된다. 그러나, 10%까지의 잔류 수분이 측정되며(내화재료, 부유제, 공

기 중 습도 등에 따라서 다르다.) 따라서 라디에이터 및 뜨거운 공기 등과 같은 보조 건조 조건을 갖추는 것이 좋다.

노바라크(novalak), 말레네이트(maleinate) 및 케톤(ketone)과 같은 알콜에 용해되는 인조 레진은 천연 레진과 몇몇 알콜에 녹는 플라스틱과 함께 알콜계에서 점결제로 쓰인다. 각 내화재료와의 결합관계에 따라서 점결제 형태를 선택한다. 예를 들면 흑연과 결합능이 좋은 점결제가 지르콘에 꼭 합당하지는 않을 것이다. 점결제의 표면으로의 이동, 표면 형성 그리고 광택이 있는 탄소의 형성 등이 또한 중요한 선택 기준이다.

4. 준비 및 도포

준비 과정의 목적은 재료의 다음 처리 단계에서 사용할 수 있는 상태로 만드는 것이다. 도형제의 경우 이를 위하여 보통 전달 액체에 혼합하여 짓는다. 이렇게 함에 있어서 완전히 일어나거나 그렇지 않는 화학적 및 물리적 변화가 콜로이드 상태에서 일어난다. 따라서 정확한 준비 과정이 도형제의 거동에 크게 영향을 미친다.

1) 액체 도형제의 준비

시판되고 있는 도형제는 주로 전달 액체로 알콜이나 물을 써서 바로 사용할 수 있다. 보통 만들기가 복잡하고 효과적 전달 매체가 되게하기 위하여 액체로서 필요한 전달성을 주는 특수한 혼합이 필요하다. 어려운 준비 단계는 공급자가 한다.

사용처에서는 준비 단계가 비교적 간단하며 주로 분산 과정이 중요하다. 이것은 분리 및 침전이 보관 및 운반하는 동안 일어나기 때문이며 알콜기본의 도형제의 경우가 특히 그러하다.

몇몇 경우에는 바람직한 농도와 점도를 맞추기 위하여 전달 액체를 더 첨가하기도 한다. 혼합은 수동으로 하거나 혹은 페달 스테러(paddle stirrer)를 이용하는 것이 좋다. 전달을 가할 필요는 없고 실제로 그렇게 하면 점도나 유체 거동에 변화를 주기 때문에 바람직하지 못하다.

현대의 바로 사용할 수 있는 수성 도형제는 전 혼합을 하거나 회석을 하지 않고 공급되는 용기에서 바로 사용하도록 만들었다. 이 새로운 발전은 오스트레일리아에서 알려지고 사용되었으며 모든 형태의 주물 생산에 널리 적용되었다. 유럽, 영국 및 미국에서 이런 형태의 도형제는 비교적 새로운

것이였으며 주된 기술적 발전으로 간주되였다.

2) 페이스트(paste)의 준비

액체 제품과 마찬가지로 실제 준비 과정은 제조 공장에서 이미 실행되였다. 그러나, 페이스트의 농도가 크고 점도가 크기 때문에 전달 액체를 섞어서 원하는 도포할 수 있는 상태로 맞추는 것은 어

렵다. 페이스트 상은 액체를 쉽사리 흡수하지 않으며 두꺼운 덩어리는 기계적으로 파쇄하였을 때만 액상을 흡수할 수 있다. 따라서 회석제를 단계적으로 첨가하는 것이 좋다. 많은 경우에 공급 용기는 그 부피가 바로 사용할 수 있는 제품을 얻기에는 충분하지 않으며 회석하지 전에 먼저 페이스트를 큰 용기 혹은 준비 공장에 분산 시키는 것이

표 4. 도포방법의 적합성

도포대상물	도표법			
	디핑법	브러싱법 혹은 스와방법	플로우 코팅법	스프레이법.
코어-소량생산				
소형	A + W +	A + W +	A - W -	A - W -
중형	A + W +	A + W +	A + W +	A + W +
대형	A 0 W +	A + W +	A + W +	A + W +
코어-대량생산				
소형	A + W +	A 0 W 0	A - W -	A + W +
중형	A + W +	A 0 W 0	A 0 W +	A 0 W +
대형	A 0 W +	A 0 W 0	A + W +	A + W +
주형-소량생산				
소형	A - W -	A + W +	A - W -	A + W +
중형	A - W -	A + W +	A 0 W 0	A + W +
대형	A - W -	A + W +	A 0 W 0	A + W +
주형-대량생산				
소형	A - W -	A - W -	A - W -	A - W +
중형	A - W -	A 0 W 0	A 0 W 0	A + W +
대형	A - W -	A + W +	A 0 W 0	A + W +

+ 적용가능 혹은 일반적임
A 알콜 기본의 도형제

0 조건부 가능
W 수성 도형제

- 부적합 혹은 일반적이 아님

좋다.

3) 도포

일반적 도포 방법으로는 브러싱법 (brushing), 디핑법 (dipping), 스와빙법 (swabbing) 혹은 스프레이법 (spraying) 등이 있다. 이 방법들은 기술적인 면에서 서로 크게 다르다. 도포하는 동안의 도형체의 거동이 도포법에 합당하여야 하며 도포법의 특성을 고려하여야 한다. 각 방법에 대하여 유동학적 최적 조건이 있으며 따라서 모든 방법에 적합한 만능 도형체가 있다. 예를 들면 브러싱하는 동안 없어져야 하는 붓의 흔적이 나타날 수 있으며 따라서 도형체는 퍼지지 않고 흘러야 한다. 흐르는 거동은 디핑법에 있어서는 오히려 악영향을 미친다. 즉, 도형체의 두께의 변화가 너무 심하며 쉽게 찢어진다. 따라서 용액의 흐르는 성질이 작아야 한다. 즉 흐르지 않거나 정지 상태에서 이동 거리가 짧아야 한다.

① 브러싱법 : 여러가지 형태의 제품에 대한 도포법의 타당성은 표 4에서 보이는 바와 같다. 이 방법은 가장 간단하며 실제로 도포법 중 가장 오래된 방법이다. 그러나 바람직한 균일한 도형층을 얻기 위해서는 시간이 걸리고 기술이 필요하다. 특히 주형이나 코어에 예리한 각과 언더컷 (undercut) 이 있을 때 이 방법으로 도포한다.

요즈음에는 전달 액체를 거의 흡수하지 않거나 대형 주형의 경우에 우선적으로 이 방법으로 도포한다. 가능한한 붓의 사용 횟수를 감소시키기 위하여 좋고 부드러운 다람쥐의 털로 만든 붓을 사용하고 도형체의 점도에 주의를 기울여야 한다. 이 방법이 장점은 어느 곳이든 필요한 위치에 도포할 수 있고 따라서 도형체를 절약할 수 있다는 점이다.

② 디핑법 : 가장 품위 있고 빠른 이 방법은 대량 생산에 적합하다.

탱크를 이미 존재하는 생산 라인에 건립할 수 있으며 일정한 주형 부분에 대하여 자동화할 수 있다. 한개 또는 여러개의 코어를 유압으로 조절하는 장치로 들어 올려서 적당한 탱크에 담근다. 자동화 혹은 기계화한 디핑법은 수동식에 비하여 담그는 속도가 보통 더 느리고 과정이 더 순조로운 장점이 있다.

수동식 디핑법은 매우 빨리 끝나고 과잉의 도형체가 묻어 나와서 흔들어서 도형체 방울을 제거하여야 한다. 코어 프린트도 도포되는 단점이 있으

며 특히 나중에 코어가 더 큰 조립체에 조립되는 경우에 그렇다. 너무 얇아져서 주조하는 동안에 보호 기능을 유지할 수 없어지게 되므로 이것을 도형층의 두께를 감소시켜 고치려는 것은 좋지 않다. 이런 이유로 미리 조립한 코어 전체를 담그는 방법으로 이를 극복할 수 있다.

③ 스와빙법 : 이 방법은 실제로 중형 혹은 대형에 적용하는 점만 제외하면 브러싱법의 연장으로 볼 수 있다. 도형체의 점도가 적당하면 브러싱법에 비하여 빠르다. 그리고 깊은 공간에 대해서도 비교적 쉽게 도포할 수 있다. 이 방법을 적용하면 붓의 흔적을 없애고 특별한 경우에 두꺼운 도형층을 빨리 형성시킬 수 있다.

④ 스프레이법 : 이 방법은 오랫동안 시도되었고 적용하기 위한 특별한 장치가 개발되었다. 점도가 매우 큰 도형체에 대해서는 압력 스프레이 장치가 좋다. 압력으로 전달하는 용기에 특정한 양의 도형체를 붓는다. 총에 연결되는 두번째 파이프는 일정한 스프레이를 주기 위한 이중 노즐에 연결된다. 전달 액체의 방울이 너무 작아지는 것을 방지하기 위하여, 공기 압력은 가능한한 낮게 유지할 필요가 있다.

알콜 기본의 도형체를 사용할 때에는 압력 용기 대신에 고압 피스톤 펌프를 이용하는 비공기식 방법이 좋다. 불행하게도 3~4kg/mm² 정도로 분사 압력이 높기 때문에 피스톤과 노즐의 마모가 심하다.

유럽에서 공기 혼합법이 도입되었다. 이 방법은 비공기법과 압력 용기법이 조합된 방법이다. 이 방법 역시 피스톤펌프에 의하여 작동한다. 그러나 압력이 1/8 정도를 낮다. 그래도 여전히 마모가 일어나는 것이 단점이다. 이 방법에 있어서는 전달 액체의 약간의 분무작용이 있다.

⑤ 플로우 코팅법 (flow coating) : 이 방법은 디핑법에 비하여 새롭고 빠른 방법이며 코어에만 제한되는 방법은 아니다. 그러나 소형 및 중형 주형에도 적용할 수 있다. 이 방법에서는 도형체가 펌프에 의하여 공급 탱크에서 팬 노즐을 통하여 전달되는 계를 기본으로 한다. 도형체 스트림 (stream) 은 가능한한 넓게 팬에 의하여 퍼져서 도포하려고 하는 주형 부분 위에 전달된다. 부유체는 도형체가 충분히 흘러서 너무 두꺼운 층이 형성되지 않도록 하여야 한다. 따라서 디핑법에서의 도형체보다 도형체가 유동성이 더 커야 한다. 과잉의 도형 액체는 큰 통에 모이고 공급 탱크로 회수된다.

수거용 통은 벽과 통 자체에 충분한 경사가 있어서 재료가 탱크로 흘러갈 수 있도록 만들어져 있다.

주형 부분 중 이 방법으로 도포되는 위치는 좋은 결과를 얻기 위하여 중요하다. 가능하면 수평면을 기울여서 두꺼운 도형층이 형성되지 않아야 하고 아래의 옆 쪽에 가능한한 방울이 형성되지 않아야 한다. 지르콘과 같이 단단한 광물 성분이 있는 도형제의 경우 특히 그렇지만 펌프 장치의 마모가 문제가 된다. 근래에는 로터 / 스테이터(rotor / stator) 원리에 따라서 작동하며 펌프의 축과 베어링은 연마성 매질 밖에 놓여 있는 펌프를 이용할 수 있게 되었다.

5. 도형제의 미래

장래에는 주물 기술의 형태를 노동 집약의 정도가 덜한 방법을 선호할 것이며 여러가지 새로운 추세를 볼 수 있을 것이다. 작업 속도를 증가시킬 수 있는 도형제가 필요하게 될 것이다. 시간이 걸리고 어떤 경우에는 작업자의 기술이 필요한 디퍼법과 스프레이법 같은 방법은 감소할 것이다. 건조형 도형제를 도포하는 방법이 예측될 것이다. 정전방식 및 핫스프레이(hot spray)같은 복잡한 계가 완성될 것이다. 전달 액체가 화학적으로, 다음에 충전재를 기지에 결합시키는, 고체 형태로 변화되는 전체적으로 고체 형태의 도형제를 사용하는 것도 또한 가능하다. 이와 같은 촉매를 쓴 도형제는 그 전에 화학적으로 결합된 주물사와 마찬가지로 응용되고 채택될 것이다.

비슷한 추세로, 예를 들면 특수광 등과 같은 포토이니시에이터를 사용하여 경화될 수 있는 전달

액체를 쓰는 도형제를 개발하려고 하고 있다. 액체의 양이 적은 발포성 전달계로 된 도형제가 또한 예측된다. 이 빼어난 유동성 재료는 액체 성분의 양이 매우 적기 때문에 건조 에너지가 거의 필요없다.

미래의 주물공장은 환경적 조절에 신경을 써야 할 것이다. 더 깨끗하고 덜 위험한 동형제가 전면 에 나설 것이고 불꽃이 전혀 없는 도형제를 사용하게 될 것이다. 열화학적 경화를 촉진하기 위하여 극히 짧은 시간 동안만 가열할 필요가 있는 열가소성 도형제를 많이 사용하게 될 것이다. 이런 개발이 언제 일어날 것인가 하는 것은 예측하기 어렵다. 그러나 주물의 품질, 에너지 보존 및 환경 개선에 대한 엄격한 요구에 따라서 발전할 것이다.

6. 도형제의 경제성

도형제를 사용할 것인가 하는 것은 도포한 상태나 그렇지 않은 상태로 생산한 주물의 판매 가능성에 따라서 다르다.

재료의 비용은 전체 제조 원가의 1% 밖에 되지 않으며 도포 비용은 보통 주형과 코어 비용의 10% 이하이다. 반면에 적당한 도형제를 쓰면 표면이 상당히 좋아져서 후처리 비용과 불량률을 감소시킨다. 따라서 도형제의 선택은 비용에 의해서가 아니라 제품의 품질과 생산의 경제성에 미치는 좋은 영향에 의하여 결정된다.

실제로 좋은 점이 많으며 도형제의 사용은 점점 늘어나고 있다. 도형제의 사용은 꽤 오래 되었고 기술의 개발을 통하여 성공적으로 유리한 주물 생산의 중요한 부분이 되었다.

해외 주물전시회 및 기술강연회 안내

FOUNDRY ASIA 90

- 주 체 : FMJ International Publication Ltd. (영국)
- 협 찬 : The Institute of British Foundrymen The Foundry Equipment and Supplies Association
- 후 원 : Foundry Trade Journal International Foundry Trade Journal and Metals Industry News
- 일 시 : 1990년 5월 21일 (월)~5월 22일 (화)
- 장 소 : 홍콩 Hilton International Hotel
- 행사내용 : 주물전시회, 주물기술강연회, 공장견학회
- 참가신청 : 상세한 내용이나 참가희망을 원하는 회원은 학회로 연락바람.