

技術解説

塗型材에 대한 새로운 이해 (I)

著 { Garry S. Lukaeek*
Hans J. Heine**

譯 - 李榮商

西紀 紀元前 4500 年이나 되는 옛날에, 中國의 漢나라에서는 塗型에 의해 좋은 鑄物表面을 얻을 수 있음을 알고 있었다. 그 후에 극적인 발전이 이루어졌다. 이 글은 도형에 관한 최신 정보를 傳하는 것으로서, 주로 도형재의 構成, 도형재의 選擇法, 混練法, 塗型方法에 대해 기술한다.

鑄物 副資材의 메이커 입장에서 도형재의 生産이라는 것은 比較的 새로운 영역이다. 전에는 大部分의 鑄物工場이, 스스로가 塗型材의 處方을 결정하고, 塗型材를 배합하고, 製造하였다. 따라서 塗型材의 開發은 科學的이라 하기 보다는 예능적인 것이었다. 그 후 도형재가 鑄物生産에서 重要的 것이라는 認識이 점차로 높아짐에 따라, 새로운 공업이 태어났다.

現在 塗型材 메이커는, 過去에 鑄物技術者가 發展시킨 原理와 같은 原理를 利用하고 있다. 이들은, 塗型材가 主型이나 中子에 使用되는 이유는, 鑄物살갓을 改善하고 모래와 金屬間에 생기는 鑄物缺陷을 감소시키는 것이라는 것을 認識하고 있다.

塗型材의 使用 目的은, 모래보다 높은 용점의 것을 써서 砂粒과 金屬間에 防壁을 만들어 줌으로써, 달성될 수 있다. 그런데 이 防壁의 浸透性은 耐火物의 種類와 도형층 두께에 따라 달라진다. 其他의 塗型材 性質로서는, 骨材에 대한 接着力과 骨材에의 浸透性, 金屬에로존에 대한 저항성, 低가스 發生量, 剝離性의 改善 등이 必要한 것이다.

塗型材를 開發함에 있어, 메이커로서는 使用者의 使用 技術 條件을 배려할 必要가 있다. 즉, 塗型材의 必須條件은 현탁성이 타당한 시간 동안 維持될 것, 塗布性이 쉬울 것, 保存性이 좋을 것, 박테리아에 의한 劣化가 없을 것, 其他 粘度, 稠度, 固形分, pH 值 등이 一定하게 維持되지 않으면 안되고, 더우기 使用함에 있어 安全한 것이 아니어서는 안된다.

적절하게 塗型된 경우, 無塗型의 鑄物에 비하여 월

씬 훌륭한 鑄物 살갓을 얻을 수 있고, 짧은 時間에 鑄物의 淸淨도 이루어질 수 있어야 할 것이다. 그러나 이를 위해서는 塗型되는 主型이나 中子和 마찬가지로 塗型材의 品質 또한 좋아야 한다.

塗型에 관한 定義 몇가지

Water breaking 이라는 것은, 塗型되는 中子나 主型の 표면이 塗型材의 液媒(액체매체)를 받아들이지 않을 때에 나타나는 현상이다. 즉 액매와 耐火物이 분리되어, 액매가 中子나 主型面을 흘러 떨어져서, 그 때문에 耐火物이 씻겨져서 塗型되지 않는 부분이 생긴다.

塗型龜裂(도형균열)이라는 것은, 稠度가 너무 높은 塗型材가 너무 두껍게 도형된 경우나, 凹(요)부에 도형재가 흘러들어서 도형층이 너무 두껍게 된 경우에, 건조한 후에 흔히 나타나는 현상이다.

塗型핀홀은 혼련이 부적당한 때문에 도형재에 거품이 일어나서 미세한 氣泡가 塗型材內에 말려 들어가 생기는 것이다. 이것은 稠度가 너무 높아서 分散되어 있는 미세한 氣泡가 液面으로부터 빠져 나가지 못해서 생긴다.

中子나 主型 表面에의 浸透는 塗型材가 이들의 表面에 들어가서, 砂粒間의 空隙(공극)을 充填(충전)하는 塗型能力을 나타내주고 있다.

發泡는 스퀴리狀 塗型材를 混練할 때에 볼 수 있는데, 스퀴리의 교반을 멈춘 후 10 내지 20 초 사이에 거품이 꺼지면 使用할 수 있다.

塗型材 品質에의 影響因子

大部分의 塗型材는, 耐火物, 液媒, 懸탁제, 바인더, 化學變成劑의 主要 五成分으로 되어있다.

1. 耐火物

耐火物은 가장 重要的 成分이다. 耐火物은 塗型材

* Vice President, Delta Resin & Refractories
** Technical Editor Foundry Management & Technology

의 有效性을 결정지어 주는 것이다. 耐火物의 굵기, 형상, 입도분포, 열팽창특성, 운반중의 不變性, 化學反應性, 熱傳導度, 純度, 比重 등이 적절한 耐火物을 選擇하는 데 있어서 基本이 된다.

粒度가 가늘수록 현탁성이 좋아진다. 粒子의 굵기는 鑄型의 공극의 크기에 의하여 제한을 받는다. 예를들면 粒子가 이 공극보다 훨씬 가는 경우에는 毛細管 現狀으로 鑄型內에 흡수되어, 鑄型 表面의 保護가 不充分해진다.

耐火物의 粒子가 너무 가늘면 건조시에 塗型龜裂이 생긴다. 이러한 경우에는 좀더 굵은 粒子를 첨가하여, 粒度分布를 좋게 함으로써 防止할 수 있다.

塗型性 (coating property)은 塗型材의 바인더나 현탁제에 따라서도 달라진다. 용융금속의 溫度가 높아지면 보다 높은 내화도의 耐火物을 使用할 必要가 있다. 용탕침투결함을 막기 위하여 耐火物의 용점이 鑄入溫度보다 높아야 한다. 一般的으로 耐火度가 높은 材料는 코스트 역시 높다.

塗型材에 쓰이는 耐火物로서는 마그네사이트, 질콘, 크로마이트, 알루미나, 물라이트, 오리빈, 시리카, 滑石, 雲母 및 각종 형상의 炭素를 들 수 있다. 鑄造技術者나 塗型材 메이커나 모두 물라이트나 규산알루미나 혹은 카이아나이트를 알루미나라고 잘못 부르는 수가 있다. 이러한 誤用이 塗型材의 配合 오류에 연결될 可能性이 있다.

塗型材는 베이스가 되는 모래보다 내화도가 높고 또 열팽창특성이 다르지 않으면 안된다. 열팽창성의 차이는 塗型材에 다른 성분을 가함으로써 감소시킬 수 있다. 耐火物은 베이스가 되는 型砂와 金屬 양쪽에 대해서 不活性이어야 한다. 注湯시에 塗型材와 金

屬間에 化學反應이 일어나면 表面 또는 皮下의 結合이 생길 수 있다. 예를 들면, 시리카와 같은 산성내화물을 염기성 용융금속에 쓰는 것은 좋지 않다.

어떤 종류의 특수 塗型材에는, 金屬의 미세조직을 바꾸도록, 金屬과 반응하는 내용물을 加하는 수가 있다. 예를 들면, 텔루륨 塗型材는 회주철에 칠을 유발하여 표면조직을 白鑄鐵로 만드는 效果를 갖는다. (炭素는 세멘타이트 즉 Fe_3C 로 남는다) 이 方法은 마모를 감소시키기 위한 국부적인 硬化部의 造成에 쓰인다. 여러가지 형태의 炭素가 상이한 속도로 揮發하여, 鑄型의 공간부內를 환원분위기로 하고, 鑄物 살갓을 좋게 하고, 쇳물흐름을 좋게 한다.

塗型材의 열전도도가 주입되는 金屬의 冷却速度에 미치는 影響은 金屬과 塗型材의 양적인 差때문에 거의 무시할 수 있다.

塗型材의 현탁성을 생각할 때, 耐火物의 比重은 중요한 요소가 된다. 질콘과 같은 高比重物質을 용액 중에서 현탁시키는 일은 시리카와 比較하면 훨씬 어려운 일이다. 이 때문에 耐火性이 큰 塗型材에 있어서는 현탁성을 갖도록 하는 일이 관건이 된다.

좋은 塗型材의 구비조건

塗型材로서는, 使用者가 좋아하는 매끈한 鑄物表面을 갖도록 하는 能力은 勿論이고, 그 외에 다음 性質들을 가질 것이 必要하다.

1. 우수한 마감面.
2. 흘러 떨어짐성이 없을 것.
3. 수축균열이 없을 것.
4. 크레이터링 (cratering)이나 핀홀이 없을 것.
5. 離液性이 없을 것 (液浸出에 의한 겔수축).

< 表 1 > 耐火物의 性質

耐火物	化學式	比重 (g/cc)	融點 (°C)
코크스	C	1.6 - 1.8	-
흑연	C	2.1 - 2.3	> 3000
시리카	SiO ₂	2.65	1800
질콘	ZrSiO ₄	4.0 - 4.8	2200
雲母	KAl ₂ (OH, F) ₂ Si ₃ AlO ₁₀	2.3	750 - 1100
滑石	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	2.7	800 - 1350
燒成마그네샤	MgO	3.5 - 3.7	2800
규산알미늄	3Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂	2.6 - 3.0	-
샤모트 (유럽에서 使用)	-	2.6	1700
알루미나	Al ₂ O ₃	3.9	2050

〈表 2〉 金屬種類에 따른 耐火物의 適性

	코크스	흑연	시리카	질콘	운모	활석	소성 마그네샤	규산 알미늄	샤모트
普通鑄鋼	○	○	○	+	-	-	○	-	+
合金鋼鑄鋼	○	○	○	-	-	-	+	-	+
灰鑄鐵	-	+	-	+	○	+	-	○	-
球狀黑鉛鑄鐵	+	+	+	+	+	○	+	○	-
可鍛鑄鐵	+	+	+	+	+	○	+	○	-
銅合金	-	+	-	○	○	+	+	+	-
알미늄合金	-	+	-	+	+	+	+	○	-
마그네슘合金	○	○	-	-	-	-	-	-	-

+ : 適合 또는 흔히 使用되고 있는 것. ○ : 어떤 條件下에서 使用可.
 - : 不適合 또는 보통 使用되고 있지 않는 것.
 Fosco Pty Ltd., Australia 제공.

6. 좋은 현탁성
 7. 一定 期間동안 粘性이 安定할 것.
 8. 一定 範圍內的 젖음성
 9. 一定 範圍內的 가스 함유량
 10. 좋은 피복성
 11. 充分한 건조시의 強度
 12. 저장 安定性
 13. 혐오감을 주지 않는 빛깔
 14. 적당한 가격
 15. 도포후 붓자국이 없을 것.
- (A. J. Broome)

2. 液媒 (Liquid carrier)

塗型材의 成分으로 두번째로 重要한 것은 액매이다. 보통 使用되는 것으로서는, 물, 알콜 및 염소화탄화수소를 들 수 있다. 증기압을 저하시키고, 연소 온도를 높이고, 또 코스트를 낮추기 위해서, 알콜系塗型材에 납사한 같은 石油系 탄화수소를 使用하기도 한다. 알콜로서는 91%와 99% 이소프로필알콜 혹은 혹은 메칠알콜이 쓰이고 또는 이들이 併用되기도 한다. 1.1.1. 트리클로르에탄(C₂H₃Cl₃)과 같은 염소화탄화수소는 速乾性 液媒이다.

液媒로서 물을 쓸 때에는, 技術的으로 많은 問題가 있으나, 이 問題를 解決하기 위해 塗型材 메이커는 化學的 變成劑를 쓰고 있다. 그러나 물의 pH나 硬度는 현탁제나 바인더의 化學的 性質에 影響을 미치게 된다. 예를들면 pH나 硬度가 큰 편차를 나타내면, 塗型材의 粘度에 變化가 생기게 한다.

알콜類는 可燃性 액매이다. 이소프로필알콜은 그 燃燒性이 적당하므로 가장 많이 使用되고 있다. 比較

的 낮은 온도로 천천히 연소한다. 이 때문에 砂表面의 過熱 및 바인더나 화학첨가제의 完全 燃燒를 피할 수 있다. 천천히 燃燒하는 것은 또 塗型材의 바인더의 硬化를 完全하게 하는 것이 된다. 한편 알콜類는 引火點(100°F 以下)이 낮아서 저장이나 取扱에 問題가 있다.

염소화탄화수소용매는 공기건조형이어서 연소시킬 필요가 없다. 보통 使用되고 있는 것은 1.1.1. 트리클로르에탄인데, 사람에게 따라서는 塗型作業時에 불쾌감을 갖는 수도 있고, 毒性도 比較的 높다. 메칠클로라이드(CH₂Cl), 클로르에탄(비닐클로라이드, CH₂CHCl), 四鹽化炭素(CCl₄)는 1.1.1. 트리클로르에탄으로 대체되었다. 염소화탄화수소용매는 使用함에 있어 비용이 높아진다는 점이 아까운 일이다. 이들 용매는 빠르게 휘발하므로 塗型作業을 하기 전에 용매의 많은 部分이 휘발하여 버리기 때문이다.

염소화탄화수소는 우수한 洗劑이고, 脫脂劑이다. 어떤 種類의 化學 노베이크鑄型의 점결제는 이들 용매에 녹는다. 注湯하기 수분전에 스프레이 하여 습型하든가, 主型에 얹히기 직전에 中子를 디핑(dipping) 할 必要가 있든가 하는 경우에는 염소화탄화수소 용매의 使用은 制限을 받게 된다.

3. 현탁 시스템

塗型材의 第三의 主要한 성분은 현탁 시스템이다. 塗型材의 塗布性을 일정하게 維持하기 위해서는, 모든 耐火物과 添加物들을 현탁시스템으로써 塗型材용액 중에 균일하게 分散시켜줄 必要가 있다. 使用하는 현탁제는 液媒나 耐火物의 種類에 따라 달라진다. 水性塗型材의 현탁시스템으로서 흔히 웨스턴(나트륨)

〈表 3〉 塗型材의 코스트 比較(1980. 7)

耐火物	液 媒	塗型材의 건조·耐火物 / 1b當 코스트	질콘을 100으로 했을 때의 相對使用量	같은 두께로 도포시의 相對 코스트
코 크 스	물	0.14 - 0.16	44	\$ 6.00 - 7.00
黑 鉛	물	0.50 - 0.85	44	\$ 22.00 - 37.00
黑 鉛	알 콜	1.25 - 1.65	44	\$ 57.00 - 73.00
黑 鉛	트리클로르에탄	1.35 - 1.75	44	\$ 64.00 - 77.00
시 리 카	물	0.18	60	\$ 11.00
시 리 카	알 콜	0.60	60	\$ 36.00
시 리 카	트리클로르에탄	0.85 - 1.00	60	\$ 54.00 - 60.00
카 이 아 나 이 트	물	0.30 - 0.33	71	\$ 21.00 - 24.00
카 이 아 나 이 트	알 콜	0.60 - 0.70	71	\$ 42.00 - 50.00
카 이 아 나 이 트	트리클로르에탄	0.85 - 1.00	71	\$ 57.00 - 71.00
마 그 네 샤	물	추천할 수 없음	-	-
마 그 네 샤	알 콜	0.75 - 0.80	78	\$ 47.00 - 62.00
마 그 네 샤	트리클로르에탄	0.88 - 1.10	78	\$ 68.00 - 86.00
질 콘	물	0.38	100	\$ 38.00
질 콘	알 콜	0.50 - 0.70	100	\$ 50.00 - 70.00
질 콘	트리클로르에탄	0.80 - 1.00	100	\$ 80.00 - 100.00

註) 이소프로필알콜은 각론當 \$2.50 트리클로르에탄은 각론當 \$4.00
提供) Ceramco

벤토나이트가 사용된다. 벤토나이트는 그 格子組織內에 물을 흡수하여 膨潤하여 膠狀(고체와 액체로 이루어진 2相 콜로이드 시스템) 網目組織이 되어 耐火物을 부착시킨다. 이 膠化特性에 조금이라도 變化가 생기면 塗型材의 粘度和 보메에 큰 變動을 가져오게 된다. 벤토나이트의 팽윤은, 塗型材의 페이스트 혼련 단계에서 대부분 일어난다(이 점에 대해서는 메이커에 따라 의견이 상이하하다).

알콜系 塗型材에서는 有機벤토나이트나 벤토나이트를 페이스트狀으로 미리 膠化시켜 둔다.

4. 바인딩 시스템

塗型材의 네번째 중요한 성분은 바인딩 시스템이다. 塗型材 中の 내화물입자 상호간과 型砂에의 결합은 바인딩 시스템에 의해서 이루어진다. 노베이크 바인딩의 化學的 결합과 마찬가지로 塗型材에 必要한 바인딩량은 粒子의 크기와 형상에 좌우된다. 바인딩량과 種類에 따라 塗型面 硬度가 달라진다. 塗型表面이 軟하면 接着力이 낮은 것을 의미하고, 注湯時에 塗型介在物이 생길 危險性이 커진다. 塗型表面이 단단한 경우에는 金屬에 의한 용식에는 잘 견디지만 건조중

에 균열이 생겨서 界面에서의 金屬 응고가 不均一해지는 수가 있다(이 점에 대해서는 아직 의견의 일치가 안되어 있다). 大部分의 바인딩은 유기물로서, 注湯時의 가스發生량을 적게 하기 위해 少量이 사용되고 있다.

5. 化學變性劑

塗型材의 다섯번째 즉, 마지막 성분은 화학변성제이다. 塗型材의 性質은 여러가지의 변성제를 添加하여 조정된다. 변성제의 機能은 다음의 네가지를 들 수 있다.

- 가. 砂型에의 塗型材의 浸透 增加(습윤제로서의 機能)
 - 나. 塗型材의 혼합 및 디핑에서의 급속교반으로 생기는 기포를 없앤다(消泡劑로서의 技能).
 - 다. 유기물질의 生物學的 劣化의 防止(防腐劑로서의 機能)
 - 라. 膠網目組織의 破壞를 防止한다(安定劑로서의 機能).
- (다음호에 계속)