

FRC Cold-Box 법

박성윤, 이증명, 윤명진

1. 서론

지난 25년간, cold-box 점결제 기술은 괄목할 만큼 발전해 왔다.

중자 및 주형의 제작을 위하여, 경화 기구가 다른 여러가지 종류의 화학 점결제들이 사용되고 있다.

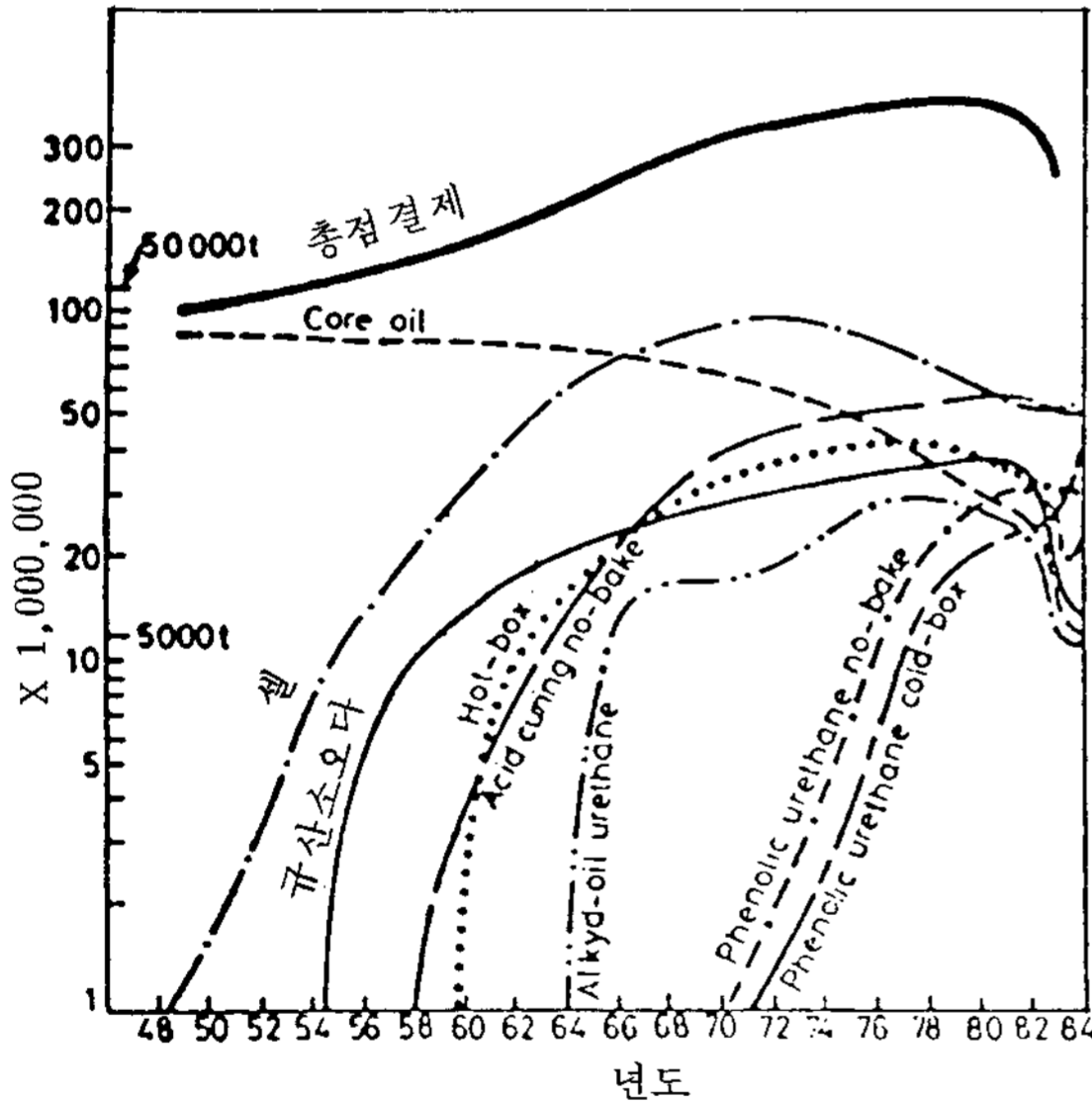


그림. 1 미국의 점결제 사용량 추세

이들중 몇가지는 생산성을 향상시키고, 주물의 생산원가를 줄이는데 공헌하였다. 1968년에 소개된 Ashland법으로 알려진, 아민가스로 경화되는 Phenolicisocyanate system은 주철 및 비철에 있어서, 생

산성, 품질 및 원가 절감에 큰 영향을 미쳤다. 따라서 현재 및 장래에 있어서 점결제는 다음과 같은 조건들이 요구된다.

- 환경 공해가 없을 것
- 대량생산에서 효과적으로 중자 및 주형의 품질을 유지할 것
- 주물 불량률이 없을 것
- 후처리가 간편할 것

한편 FRC (free radical cure)로 알려진 가장 최근에 개발되어, 판매되고 있는 cold-box system에 대하여 경화기구 및 주물에 대한 적용을 소개하고자 한다.

FRC 법은 주철 및 비철 주물 생산에서 생기는 여러가지 문제점의 대안을 제시해 주고 있다. FRC 법은 다른 cold-box법에 비하여 다음과 같은 많은 장점들이 있다.

1. 혼련사의 가사 기간이 길다.
2. 신속한 경화와 생산성이 높다.
3. 인장 강도가 높고, 모든 종류의 중자에 적용 가능하다
4. 중자 저장 기간이 길다.
5. 가스 발생량이 적다.
6. 칫수 정밀도 및 열적 안정성이 개선되었다.
7. 탈사성이 개선되고 열간 균열이 감소
8. 기존의 cold-box용 기계를 쉽게 개조할 수 있다.

FRC 법이 비철 주물 산업에 소개된 이래로, 같은 경화기구를 사용하는 점결제의 개발로 FRC 법의 사용 범위는 다양해졌으며, 그 범위는 주철 주물에 까지 확장되었다.

위에서 이야기드린 비철 주물에서의 잇점이외에도, 주철 주물에서 특수사 또는 첨가제를 사용하지 않고도 베이닝을 감소시키거나 없앨 수 있다.

주물의 품질을 개선하면서도, 생산원가를 상당히 낮출 수 있다는 것이 현장 시험과 생산에서 증명되었다.

2. 공정

FRC법은 활성 탄소-탄소의 이중 결합이 있는 비닐 불포화 우레탄 소 중합체의 유기 점결제, free radical 의 중합을 유발시키는 유기 히드록 과산화물, 중자의 보관기간을 개선시키는 실란, 그리고 경화를 촉진시키는 희석된 SO₂가스로 구성되어 있다.

본 법은 점결제를 경화시키기 위하여, 부식성의 산이나 염기를 사용하지 않는다. 점결제는 산 경화성도 아니고, 알카리 경화성도 아니다. 경화 과정에서 (그림 .2), 불포화 수지와 교차 결합하고 있는 단위체는, 유기 과산화물과 희석된 아황산 가스의 반응 생성물인 radical에 의해, 말단 이중 결합에서 활성화되어, macro-radical이 생성된다.

중합 반응은 이러한 macro-radical에 새로운 레진과 단위체를 추가함으로써, 경화된 고품중합체가

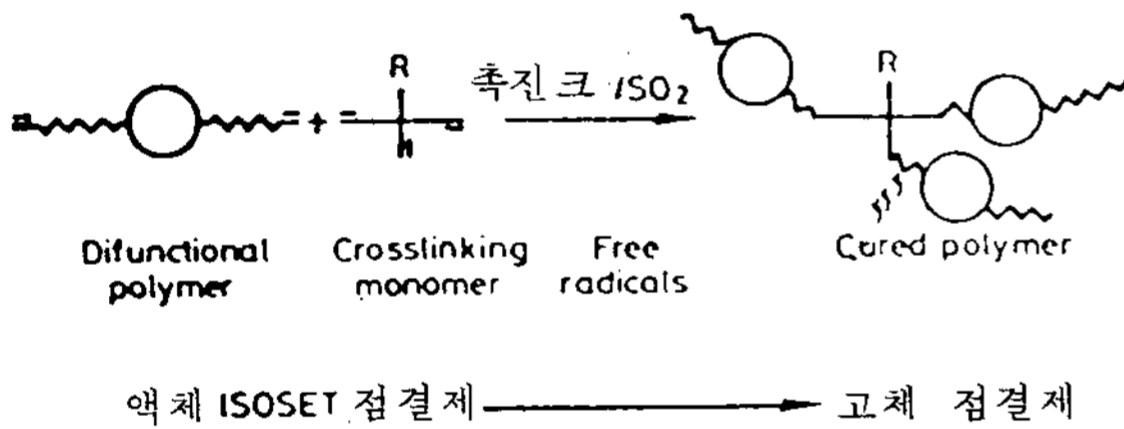


그림. 2 FRC (free radical cure) 의 경화기구

생성된다. 이러한 radical 중합 반응은 액상 점결제가 순간적으로 경화가 된다.

FRC법의 중자 및 주형제작 과정은 Ashland 법과 유사하다. 이는 즉시 사용가능한 고품질의 중자를 생산하는 상온 가스 경화 방법이다. 그러나 점결제는 규사의 산성이나 염기성에 의해 큰 영향을 받지 않는다. FRC법은 여러 종류의 주물사에 사용할 수 있고, 이 점이 염기성, 산성 경화방식에 비하여 큰 장점이다. (표. 1)

그렇기 때문에, 염기성인 오리빈사와 같은 특수사처럼 용탕과 주물사의 반응이 중요한 특수작업에 사용할 수 있으므로, 적용 범위가 광범위하고 다양하다. 다른 cold-box법에서는 베이닝과 같은 결함을 제거하거나, 칫수 정밀도를 개선하기 위해서 때때로 무기질의 첨가제 또는 고가의 특수사를 사용하고 있는데, FRC 점결제에서는, 칫수가 정확하면서도, 베이닝을 감소 내지 제거할 수 있다는 것이다.

본 점결제는 섭씨 316도인 영구 주형에 사용할 경우에 칫수 정밀도를 유지할 수 있도록 개발되었다. 이러한 온도에서 변형을 줄이는 것은 중자에 도형후 건조시킬때에도 유리하다.

3. 경화

경화는 아황산 가스를 질소에 1-10%로 희석시킨 것을 통과시킨후, 중자나 주형중에 잔류하는 가스를 제거하기 위해 질소 또는 건조 공기로서 청정함

표. 1 종류가 다른 주물사에서의 적용

성질 방치시간 주물사	인 장 강 도 (psi)				
	즉 시	2 h	3 h	24 h	24시간 경과 후 즉시
규 사	154	208	224	307	180
호 수 사	120	158	179	223	143
zircon	250	262	273	458	×
zircon / silica	180	190	347	502	198
chromite / silica (1.3 % 점결제)	143	147	258	407	155
olivine (2.25 % 점결제)	127	147	145	207	123

주) 점결제 : 1.5%

으로써 이루어 진다. SO₂법은 아황산가스 농도가 100%인데 반하여, FRC법은 혼련사를 경화시키는데 낮은 농도의 가스가 사용되는 것이다. 경화속도는 경화제의 양, 온도 및 경화제가 중자를 통과하는 속도에 비례한다.

통상적으로 furan-SO₂ 경화기구는 중자 및 주형중에 0.04-0.05%의 유황분이 잔류한다. FRC 경화는 알칼리 또는 산에 의해 경화되는 것이 아니며, 주물사 무게에 대하여 0.0009%의 아황산 가스가 필요하다. (혼련사 톤당 6-12gm)

주강, 구상흑연주철 및 회주철을 주조할 때에는 이와 같이 중자 및 주형중의 잔류 유황분이 극히 낮은 것이 매우 중요하다.

다른 가스 경화 방식에서는 금형 내부 압력이 높고, 경화 가스를 많이 사용하는데 반하여 FRC법은 적은 양의 경화 가스를 사용한다. 농도가 높으면 인장 강도 및 경화속도에 좋은 영향을 미치지 않는다. (표.2) 따라서 제네레이터, 배관, manifold 및 금형의 부식이 줄어든다.

FRC법에서는 저농도의 가스를 사용함으로써, 조절하기가 쉽고, 적절한 실패를 사용하여 생산성을 높이고, 작업환경을 좋게 할 수 있다.

실험실 및 현장에서 최대강도를 얻기 위해서는 낮은 취입 및 청정 압력으로도 충분하다는 것이 밝혀 졌다. 취입 및 청정 압력은 1.5-2.5 bars이다. 경화 및 강도 향상에는 압력이 가스양보다 더 중요한 요소이다.

표. 2 SO₂ 가스 농도에 따른 인장강도

경 화 제 (SO ₂)	취입시간 (초)	청정시간 (초)	인 장 강 도 (psi)				24시간 경과후 즉시 (psi)
			즉 시	2 h	3 h	24 h	
0.1 %	10	1	125	140	175	209	131
0.5 %	10	3	143	159	167	205	153
1.0 %	10	3	168	235	240	328	165
5.0 %	5	3	147	202	212	318	172
10.0 %	5	3	145	232	232	342	152
50.0 %	1.0	15	165	220	317	315	170
100.0 %	1.5	15	168	215	218	320	168

주)사입자 : 규사

점결제 : 1.5 %

경화제 : SO₂가스

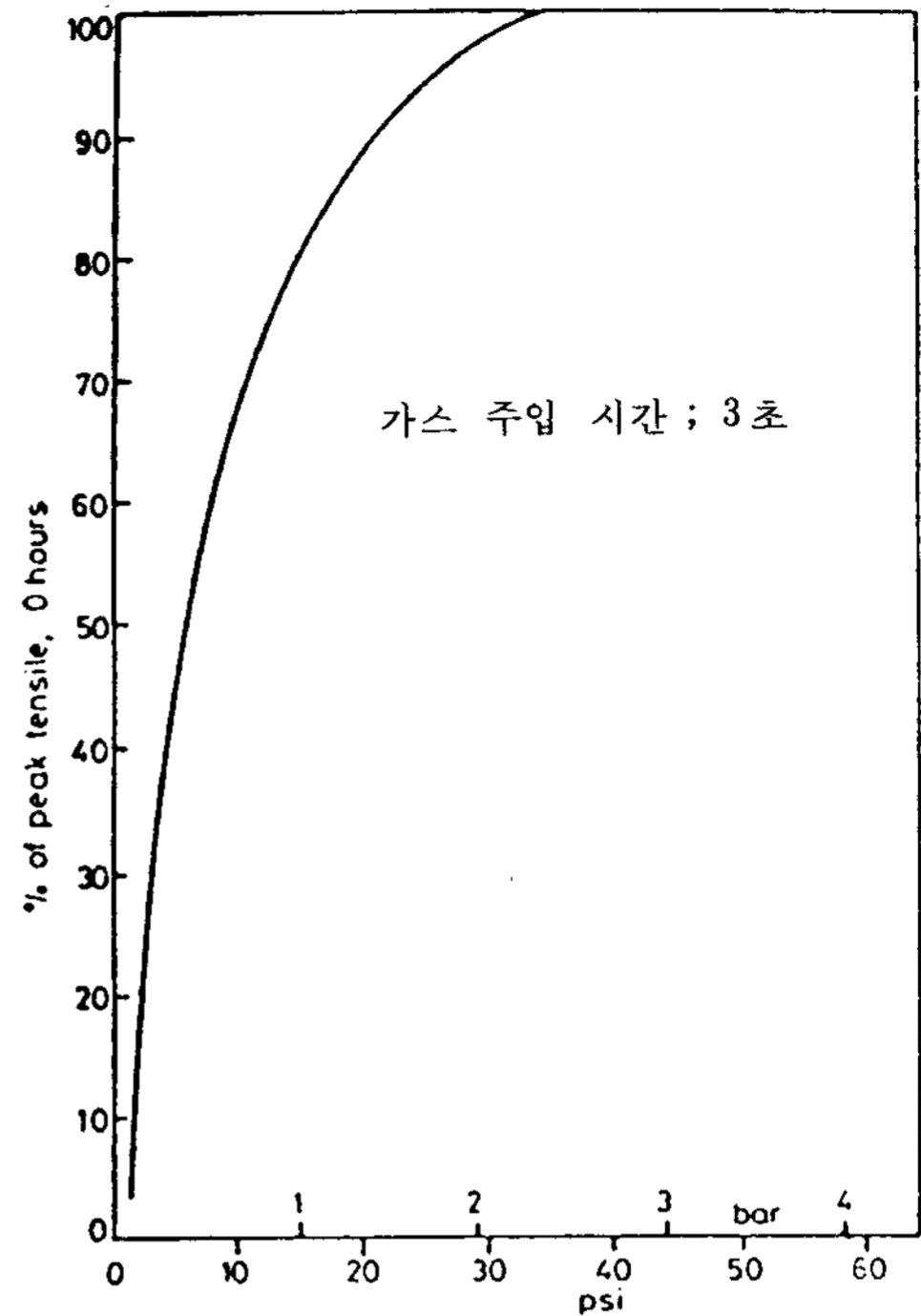


그림. 3 SO₂가스 압력이 강도에 미치는 영향

4. 사용법

적절한 양의 점결제, 유기 과산화물, 점결력 촉진제를 세척 건조 주물사와 연속 믹서로 혼련한다. 혼련사는 유동성이 매우 좋고, 가사 시간이 대단히 길다. (그림. 4.)

혼련사는 경화되는 즉시 충분한 강도가 얻어진다. (그림. 5.)

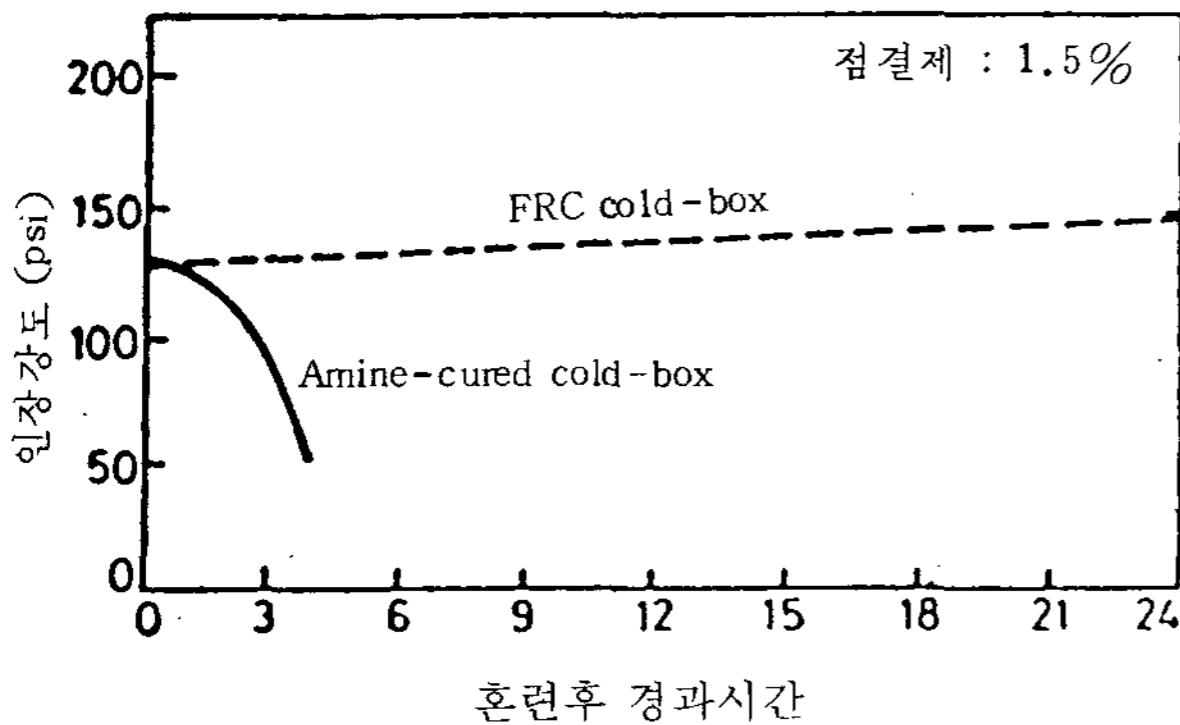


그림. 4 가사시간 비교

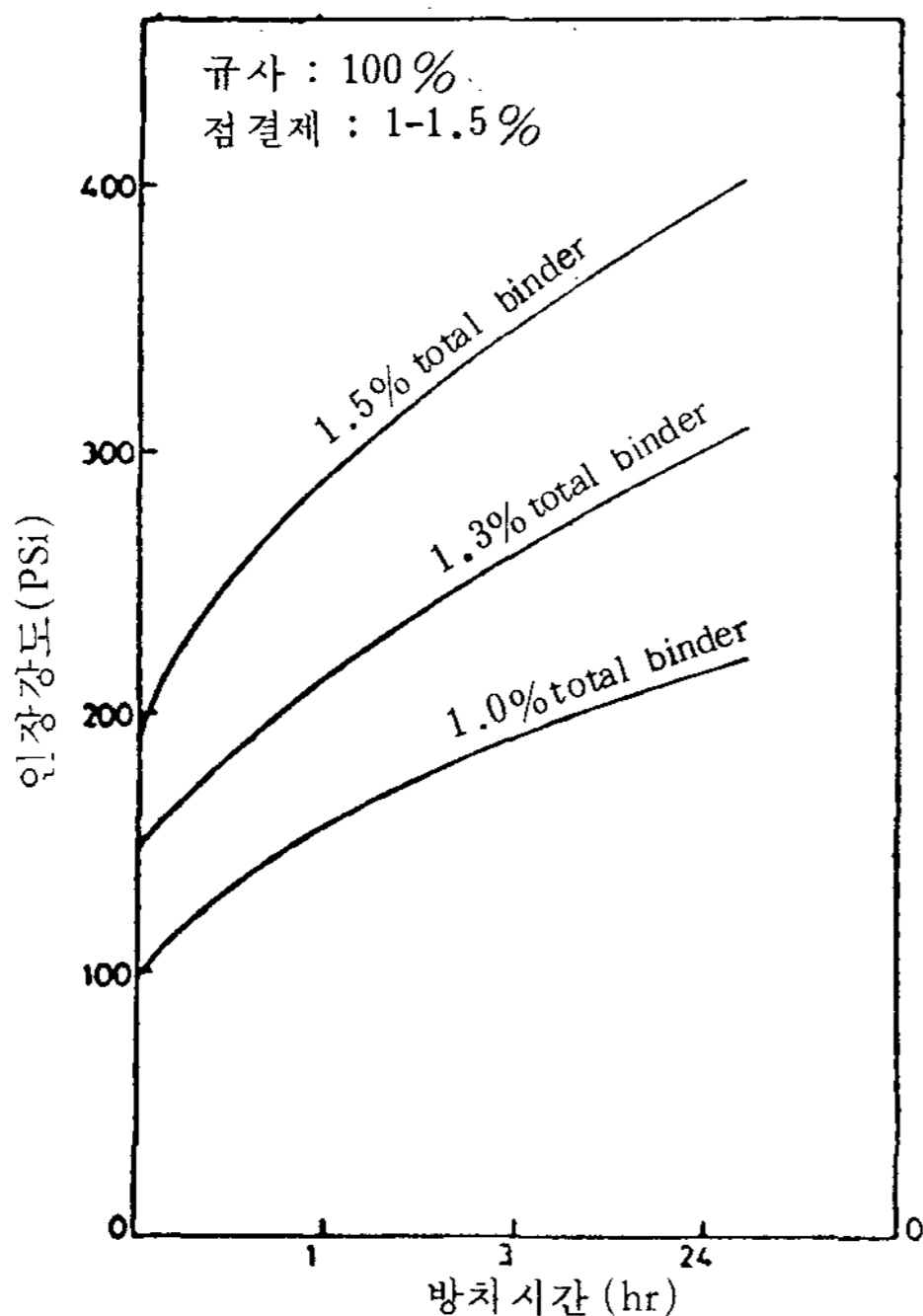


그림. 5 점결제 양에 대한 인장 강도 비교

점결제의 사용량은 주물 공장과 제품에 따라 달라진다. 그 변수들로서는 주물사 종류, 혼련 및 충전의 효율성, 중자 처리 방법 (마부리, 도형, 건조) 및 중자 및 주형의 조립 기술등이다. 또한 중자 운반에 필요한 강도도 점결제 사용량을 결정하는 중요한 기준이다. 대개 세척 건조 규사의 경우, 점결제는 규사의 1.5%, 경화 촉진제는 점결제의 3%, 유기 과산화물은 점결제의 2%정도 첨가한다.

5. 금형 및 장비

주물 공장에서 FRC법을 적용하기는 쉬우며, 특히 다른 cold-box 설비가 있는 경우는 매우 용이하다. 취입 설비를 교체 내지 개조하여, 회석시킨 아황산 가스를 사용한다. 중화조에는 산성용액 대신 가성용액을 사용한다.

FRC법 용으로 설계된 취입 설비는 100%의 SO₂와 운반 가스와의 비율을 자유자재로, 변화시켜 SO₂의 농도를 조정할 수 있다.

대개의 경우 농도가 1-10% 내지 혼련사 1톤당 0.5Kg의 SO₂가 사용된다. 적절한 벤트와 썰을 사용하여 취입 manifold 압력이 2-10 PSI가 되도록 해야 한다. 청정은 건조 공기 또는 질소 가스를 사용하는 데, 압력은 15-30 PSI여야 한다. 밀도가 좋은 중자를 만들기 위해서는 벤트 설계를 잘해야 한다. 금형내에 약간의 배압이 걸리기 위하여, 배기측의 개구면적은 취입면적의 60-80%여야 한다.

배기 배관은 가능한 크게 하고, 최소한 취입 배관보다는 커야 한다. 효율적인 경화가 되기 위해서는 벤트의 단면적과 위치가 매우 중요하다. 수평분활형에서 가스취입 벤트간의 중심 거리가 50-75mm를 넘지 않아야 한다. 상형의 구석 및 가장자리에 취입 벤트를 설치하면 가스의 확산에 도움이 된다. 수직분활형에 있어서는, 구석진 부분이나 가장자리 부분이 모래 취입구로 부터 75mm이상 떨어지면 충전이나, 경화에 도움이 되도록 벤트를 설치해야 한다. corebox의 재료는 나무, 에폭시, 우레탄, 알루미늄 및 주철 등과 같이 다른 cold-box에 사용하는 재료들을 사용할 수 있다.

가스누출을 방지하기 위하여 분활면 및 금형과 가스취입 manifold와의 접촉면에 고무 썰을 설치해야 한다. 썰이 부적절하면 가스 소모량, 중자 불량이 증가하며 작업환경도 나빠진다.

끝으로 가스 중화 작업도 상쾌한 작업 환경에 필요한데, 회석 SO₂ 가스는 여기에 도움이 된다. 잔류 가스는 배기 기구에서 습식 중화조로 보내지며, 물에 용해시킨 가성소다 용액을 통과시킨다.

pH 8-12인 5-10%의 가성소다 용액을 사용하면, 중화 부산물 침전을 효율적으로 막을 수 있다. 1 kg의 SO₂를 중화시키는 데에는 1.27kg의 가성소다가 필요하다.

고품질의 주물을 생산하기 위해서는 도형제의 사

용이 필수적일 수도 있다. 중자표면에 용탕이 직접 충돌하게 되면 씻김이 발생할 수도 있다. 그러나 도형제를 사용하면 이러한 영향을 감소시켜 주물 표면을 미려하게 한다.

수용성, 자연 건조형 및 알콜 도형제등을 포함한 여러가지 도형제를 사용할 수 있다. dipping이 가장 좋은 방법이지만 보통의 도형 방법을 사용할 수도 있다. 또한 탕구 방안도 고려해야 할 사항이다. 용탕이 직접 중자 표면에 충돌하지 않도록 탕구 방안을 세워야 한다. 씻김 결함은 적절한 탕구 방안과 도형제를 사용함으로써 방지될 수 있다.

6. 결론

일반적으로 시험실에서 실험과 현장 적용 결과

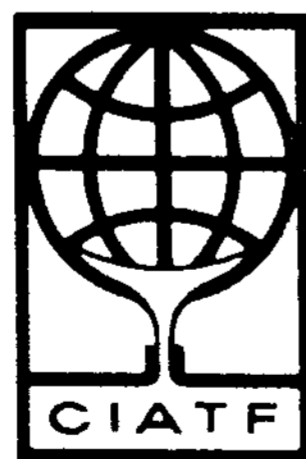
가 다른 경우가 많으나, FRC법의 경우에는 시험실 결과와 현장 적용 결과가 일치한다는 것이 증명되었다. 종래의 다른 cold-box법에 비하여 FRC 법의 주요 정밀도가 높고, 탈사가 용이하고, 주물사 재생이 개선된 것등이다.

표3.는 FRC법과 타 cold-box법의 중자 생산성을 나타낸 자료이다. 나타낸 바와 같이 생산성이 괄목할 만큼 증가 되었으며, 따라서 생산 원가가 절감된다.

혼련사의 가사 시간은 종래의 cold-box의 가사 시간과 비교할 수 없을 만큼 길다. 현재 저탄소강, 스텐강, 망간강, 구상흑연주철, 회주철 및 가단주철등을 포함한 모든 주철 주물에 적용되고 있다.

표. 3 FRC와 타 방법과의 생산성 비교

제 품 명	cores / blow	규사 wt. /blow,kg(lb)	FRC법의 총 경화 시간(초)	타 cold-box 법의 총 경화 시간(초)
tractor head	1	45.4 (100)	6	30
cylinder-head				
perimeter	2	24.5 (54)	3	35
blow water jacket	4	24.5 (54)	3	40
differential yoke	14	9.53 (21)	1	9
impeller vane	2	0.45 (1)	1/2	4
hydraulic pump	2	5.44 (12)	1	12



56. Giesserei-Weltkongress
56th World Foundry Congress
56^e Congrès Mondial de Fonderie
19.-23.V. 1989 Düsseldorf

in Verbindung mit der
 in conjunction with the
 en liaison avec la



7. Internationalen Giesserei-
fachmesse
7th International Foundry Trade Fair
7^e Foire Internationale de la Fonderie
20.-26.V. 1989 Düsseldorf