

技術資料

SO₂ 法에 의한 鑄造型法

崔 昌 鉦*

1. 序 言

SO₂ 法은 furan系樹脂를 粘結劑로 한 鑄物砂로 造型한 후 SO₂ 가스를 吹入하므로 常溫에서 순간적으로 硬化하여 鑄型을 生産하는 方法으로서 1971年 프랑스 S.A.P.I.C. 社에 의하여 처음으로 알려진 가스硬化性鑄型法인 Cold box 法의 일종으로서 이를 또한 Hardox 法이라고도 부르고 있다.

SO₂ 法은 furan樹脂를 사용하는 點에서 Furan 自硬性鑄型法과 가스를 利用하는 點에서 CO₂ 鑄型法의 兩特徵를 갖고 있다. 즉 Furan 自硬鑄型法은 人力, 資源 및 에너지節約, 生産性向上, 高品質鑄物, 산업폐기물감소 등의 특징과 Cold box 法은 Shell molding 法의 대체를 포함하여 高生産性, 에너지節約, 可使時間등의 合理化, 코스트節減 등의 方法으로 利用되는 것으로 종래 Cold box 法은 urethan系粘結劑이나 SO₂ 法은 furan系粘結劑로서 이는 Table 1 과 같이 國家에 따라 다소 다른 명칭으로 사용되고 있다.

아직 SO₂ 法을 國內에서 사용하는 것으로 알려지지 않고 있어 이를 문헌을 통한 자료에 의하여 소개 하고 져 한다.

2. Hardox 法의 特徵

SO₂ 法은 Furan 自硬性鑄型法, Cold box 法의 兩特徵를 갖인 生産性增大, 品質向上등 다음과 같은 利點을 갖인 것으로 알려지고 있다.

- 1) 가스의 침투가 빨라 反應이 빠르며 硬化가 확실하다.
- 2) 混砂後 砂의 可使時間이 길며 분위기(溫度, 濕度등)의 영향이 적다.
- 3) 微細한 粒子의 鑄物砂도 사용이 용이하며 vent hole의 簡略化가 될 수 있다.
- 4) 混練砂의 流動性이 우수하고 混練時 악취등이 없으며 건강에 無害하다.
- 5) 가스發生量이 적으므로 가스결함이 적다.
- 6) 硬化後 鑄型의 強度는 대단히 높다.
- 7) 鑄수精度가 양호하고 熔湯의 步留가 向上 된다.
- 8) 鑄物表面이 미려하고 결함이 적다.
- 9) 鑄込後 鑄型의 崩괴성이 우수하며 후처리작업이 용이 하다.
- 10) 輕合金이나 銅合金鑄物에서도 崩괴성이 우수하다.
- 11) 砂의 再生, 再利用이 용이하고 간단한 설비로서 실시 할 수 있다.

Table 1. Furan Cold Box 實施權 取得狀況

國名	프로세스名	會社名
프랑스	HARDOX	S.A.P.I.C
일 본	HARDOX	花王QUAKER(株)
서 독	HARDOX	HUETTENS-ALBERTUS
이탈리	HARDOX	DOTTG, CAVENAGHI
미 국	INSTA-DRAW	CORE-LUBE
영 국	SO-FAST	BORDEN LTD
영 국	SO-FAST	NORTH WEST ALLOYS

3. SO₂ 法의 材料

Furan 自硬性鑄型法과 SO₂ 法의 鑄型材料를 비교하면 Table 2 와 같다.

SO₂ 法에 사용하는 粘結劑, 및 SO₂ 法의 硬化機構, 硬化性能은 Furan 自硬性鑄型法과 같다. 다른점은 SO₂ 法은 混練時에는 硬化劑를 添加하지 않고 SO₂ 가스를 취입하므로 硬化劑를 鑄型內의 反應으로서 순간적으로 生成시켜 硬化하는 것이다. 따라서 SO₂ 法은 可使時間이 길다.

* 東亞大學校工科大學 副教授

Table 2 . Furan 自硬性鑄型法과 SO₂ 法の 鑄型材料 비교

	Furan 自硬性鑄型法	SO ₂ 法
粘結劑	furan樹脂 : 酸觸媒로써 탈수 縮合을 하는 酸硬化性樹脂	furan樹脂 : 酸觸媒에서 탈수 縮合을 하는 酸硬化性樹脂
硬化劑	硬化劑 : 無機酸 - 인산, 황산, 또는 복합산 有機酸 - PTSA, 술폰산 또는 복합산	過酸化物 : SO ₂ 를 酸化하여 硬化劑를 만드는 酸化劑 아황산가스 : 鑄型內에 취입하여 酸化되어 硬化劑를 만드는가스

SO₂ 法の 反應經路의 一例를 나타내면 Fig1과 같다.

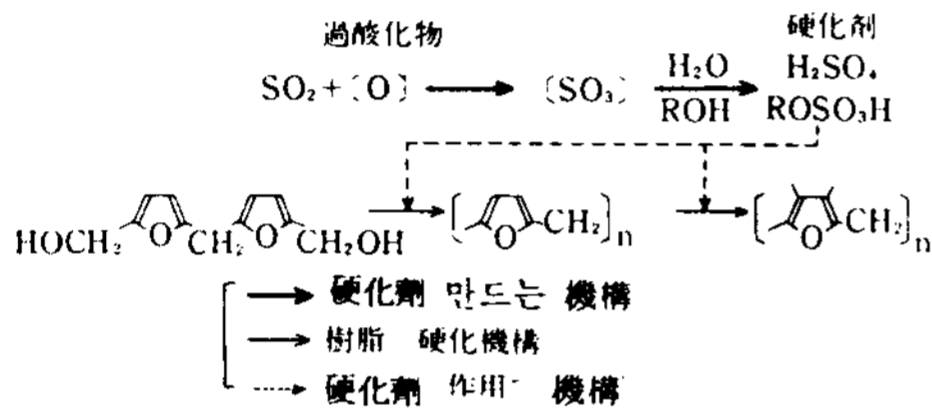


Fig 1 SO₂ 法の 反應經路 一例

Fig 1에서 보인바와 같이 過酸化物이 SO₂ 를 酸化하여 硬化劑를 만들어서 이는 furan樹脂와 반응하여 硬化하게 된다.

3-1 樹脂

樹脂로서는 Furan 自硬性鑄型法에서 대표하는 酸硬化性樹脂은 모두 사용할 수 있으므로 構造, 組成에 의하여 Table 3과 같이 분류할 수 있다.

Furan 自硬性鑄型法에서는 현재 高級 furan 樹脂가 品質, 性能등 여러가지 이유에서 주류를 이루고 있는 바와 같이 SO₂ 法에서도 高級 furan樹脂가 이용되고 있다.

Table 3 . 酸硬化性樹脂의 種類

略 稱	名 稱	備 考
FA / F	furfuryl alcohol / formaldehyde 系 樹脂	
PF / FA	Phenol-formaldehyde / furfuryl alcohol 系 樹脂	
UF / FA	Urea-formaldehyde / furfuryl alcohol 系 樹脂	高級 furan, 中급 furan 저급 furan
UF - PF / FA	Urea-phenol-formaldehyde / furfuryl alcohol 系 樹脂	
PF	Phenol-formaldehyde 系 樹脂	

3-2 過酸化物

過酸化物은 -OO- 結合을 갖는 酸素가 과잉으로 있는 狀態의 강한 酸化劑이다. 過酸化物은 構造, 特性에 의하면 Table 4와 같이 분류한다.

過酸化物은 통상 熱, 충격, 金屬, 酸, 알카리에 민감하여 급격한 分解를 일으키기 쉬운性質을 갖고 있는 것으로 SO₂ 法用 과산화물도 이점 충분한 주의를 要한다.

3-3 亞黃酸가스

SO₂ 는 製紙, 纖維, 食品, 金屬, 化學業界등 産業的으로 광범위하게 이용되고 있는 가스이다.

SO₂ 가스는 無色으로서 侵入性냄새를 갖인 不燃性가스이다. 아황산가스의 일반적 特性은 Table 5와 같다.

SO₂ 가스의 操作壓力은 大氣壓以上 5.9 氣壓(6 bar)을 초과하지 않는다. 40°C에서 SO₂ 의 증기壓은 5.5 氣壓(5.6 bar)이므로 容器가 40°C를 조금만 넘어 도 위험하다. 따라서 容器는 補强材를 사용하고 있다.

Table 4. 過酸化物的 分類

	명 칭	一 般 式	代 表 的 物 質
有 機 過 酸 化 物	케톤퍼옥사이드	構造는 各種	메칠에칠케톤퍼옥사이드
	디아실퍼옥사이드	$\begin{matrix} \text{O} \\ \\ \text{R}_1 - \text{C} - \text{O} - \text{O} - \text{C} - \text{R}_2 \\ \text{O} \end{matrix}$	벤졸퍼옥사이드
	퍼옥시 에스테르	$\begin{matrix} \text{O} \\ \\ \text{R}_1 - \text{C} - \text{O} - \text{O} - \text{R}_2 \end{matrix}$	t - 부틸퍼아세테이트
	하이드로퍼옥사이드	R - OOH	t - 부틸하이드로퍼옥사이드
	알킬퍼옥사이드	R ₁ - O - O - R ₂	지 - t 부틸하이드로퍼옥사이드
	過 酸	$\begin{matrix} \text{O} \\ \\ \text{R} - \text{C} - \text{O} - \text{O} - \text{H} \end{matrix}$	過 酢 酸
無 機 過 酸 化 物	金屬過酸化物	M - O - O - M	過酸化나트륨
	過할로젠酸 (鹽)	M - X - O ₄	과염소산 (나트륨)
	過망간酸 (鹽)	M - M - O ₄	과망간산카리
	過黃酸 (鹽)	M ₂ - S ₂ - O ₈	과황산암모니움
	過炭酸 (鹽)	M ₂ - C ₂ - O ₆	과탄산나트륨
	過붕산 (鹽)	M - B - O ₃	過붕산나트륨
	過酸化水素	H - O - O - H	過酸化水素

Table 5. 亞黃酸가스의 一般特性

분 子 量	64.06	比重 (液體 25°C)	1.37
가스狀의 密度 關係	2.21 (空氣 = 1)	蒸氣壓 (30°C, 1atm)	4.5
絕對 (0°C, 1kg/cm ²)	2.93 kg / m ³	定壓比熱 (氣體)	0.152 cal / g°C
通氣能力	SO ₂ : 空氣 = 30 : 1	生成熱 (氣體, 25°C, 1atm)	71 kcal / mole
沸點 (1 atm)	- 10°C	냄새를 느낄 수 있는 정도	0.3 ~ 1 ppm
融點 (1 atm)	- 79°C	위험의 농도	0.04% (400 ppm)
MAK 값	2 ppm		

4. 混 練

砂粒子和 粘結劑의 混練은 Furan 自硬性鑄型法과 동일하게 短時間에 均일하게 混練될 수 있는 것으로 batch 式 또는 연속式 mixer 가 있어 그의 선택은 工場의 layout, 混練砂의 所要量등으로 결정한다. 混練效果가 나쁜 것이나 混練중에 熱을 發生하거나 混練에 장시간을 要하는 mixer 는 정상적인 鑄型強度를 低下하거나 可 使時間을 단축하기 때문에 不適合하다. 또한 過酸化物 用펌프, 配管의 材質에 대하여 安全性등을 고려하여

선택하여야 한다.

樹脂와 過酸化物의 添加順序는 통상 Furan 自硬性鑄 型法과 반대로 樹脂를 먼저 添加하고 다음에 過酸化物 을 添加함이 필요하다. 이를 Fig 2에 나타낸다.

樹脂 및 過酸化物의 添加量은 砂의 種類, 性狀에 의 하여 크게 다르다. 통상 0.8 ~ 1.2% / 砂와 40 ~ 60 % / 樹脂의 범위에서 사용된다.

Fig 2는 樹脂 1.2% / 砂 및 過酸化物 40% / 樹脂의 경우, 樹脂와 過酸化物 添加順序에 따라 混練砂 放置 時間別 鑄型의 壓縮強度를 나타낸다.

樹脂→過酸化物的 順序가 높은 強度를 갖는 것을 알 수 있다.

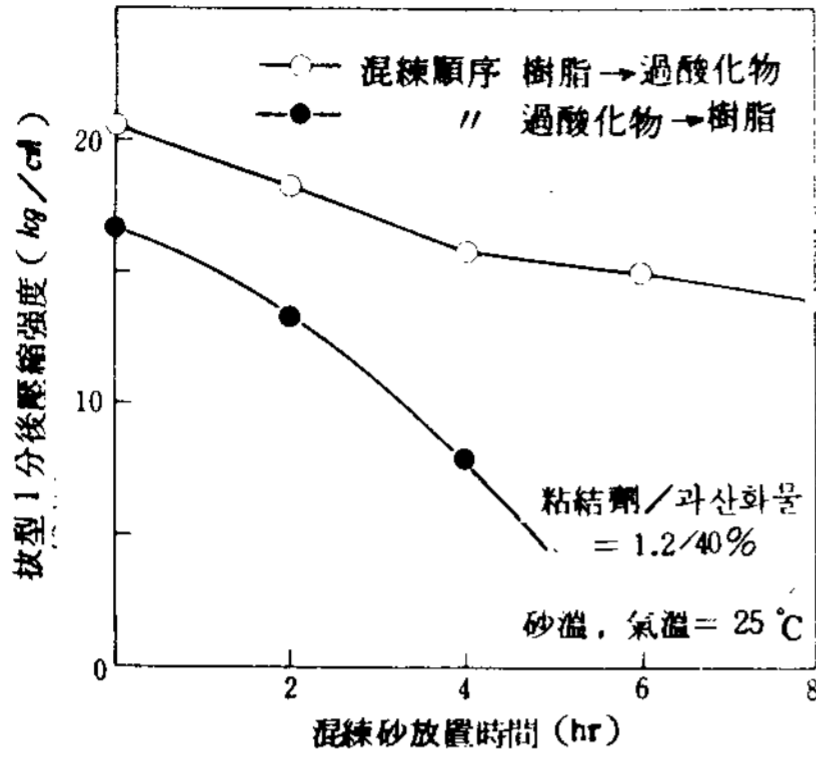


Fig 2 樹脂 및 過酸化物的 添加順序와 可使時間

SO₂法에서는 混練砂중에는 樹脂와 過酸化물만을 含有하므로 新砂에서는 約半日間の 可使時間을 갖고 있다. 때로는 效果를 잃은 것은 過酸化物的 分解때문이다. 所以 이는 鑄物砂중의 不純物(酸, 알카리, 金屬等)이 主要因 이다. 再生砂系에서 可使時間이 짧은 것은 여기에 기인 한다. 따라서 鑄物砂의 選定, 특히 再生砂를 사용하는 경우 過酸化물이 分解, 效果를 잃은 物質에 충분히 注意를 할 필요가 있다. 이와같이 硬化性의 失活은 過酸化物的 分解때문 이므로 過酸化物的 增量은 可使時間의 延長에 有效 할 뿐만 아니라 可使時間이 지난 鑄物砂라 하여도 過酸化物的 少量 再添加에 의하여 效果가 회복 된다. 또 溫度에 의한 영향은 硬化性 뿐만 아니라 可使時間에도 짧은 것이 크다는 특징이다.

Fig 3는 furan 再生砂에 의한 可使時間을 나타내며

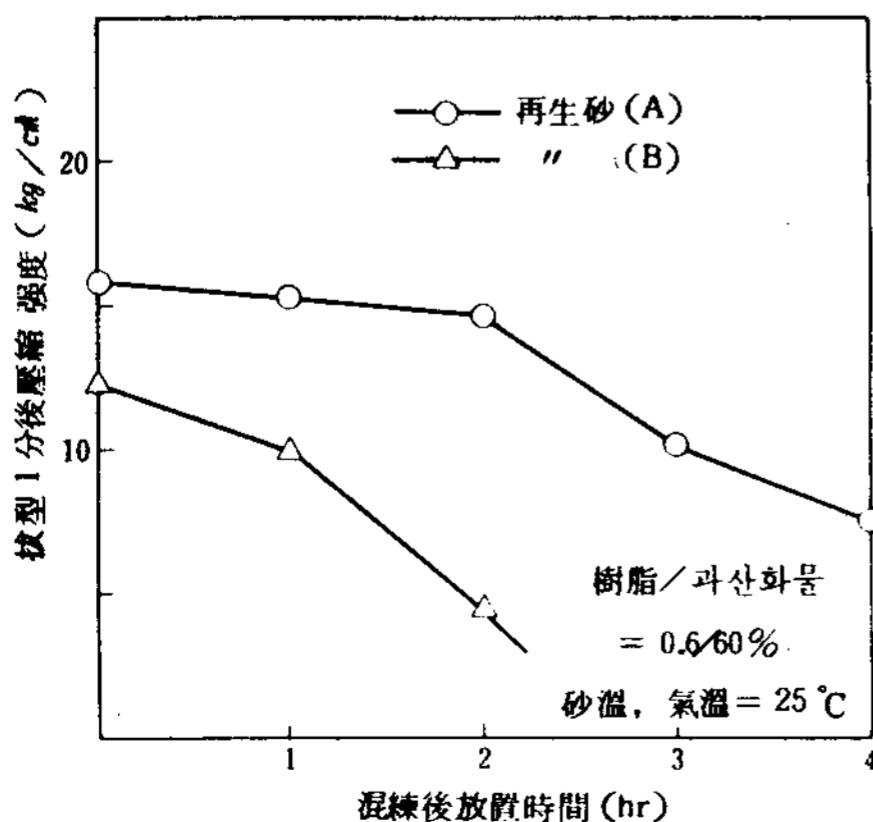


Fig 3 Furan 再生砂에 의한 可使時間

Fig 4는 過酸化物量과 可使時間의 關係를 나타낸다. Fig 5 및 Fig 6는 雰圍氣溫도와 可使時間 및 硬化거동에 대하여 나타낸다.

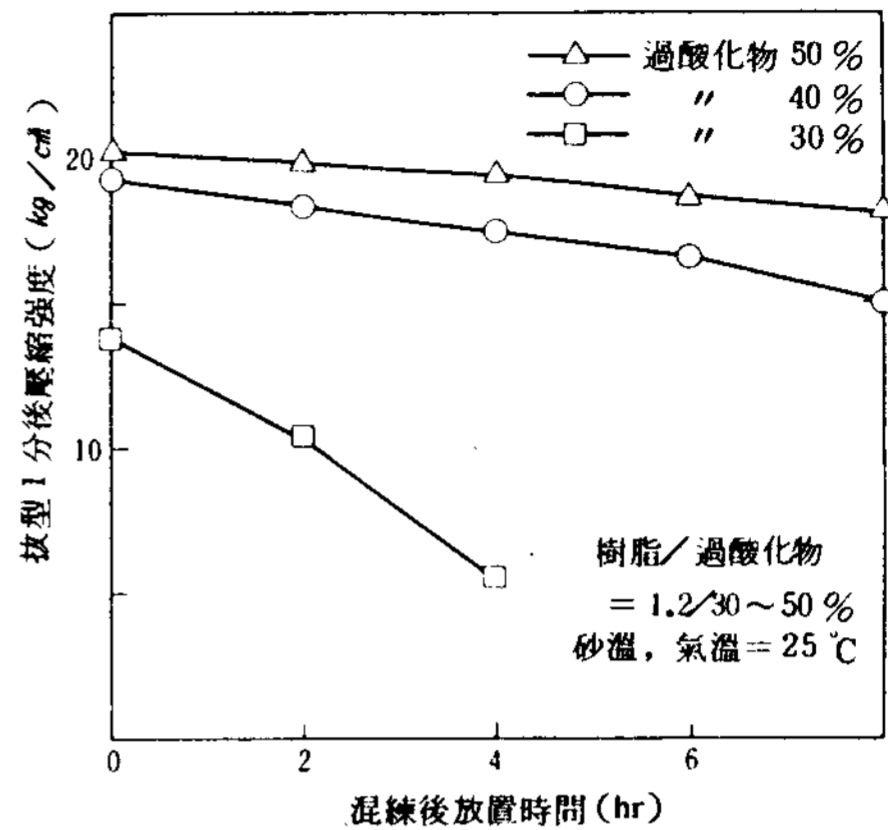


Fig 4 過酸化物量에 의한 可使時間의 變化

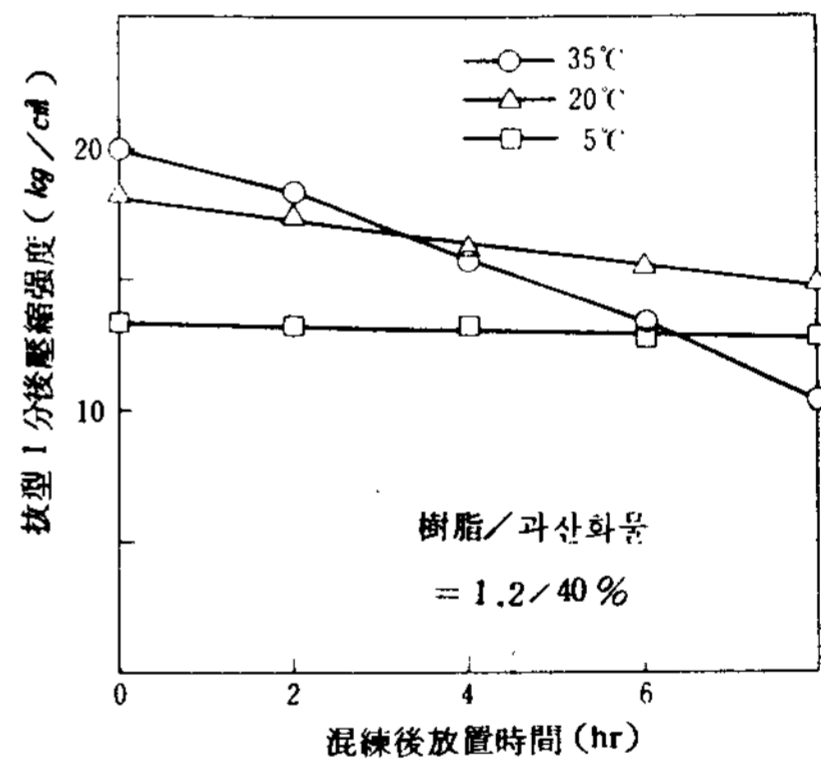


Fig 5 雰圍氣溫도와 可使時間

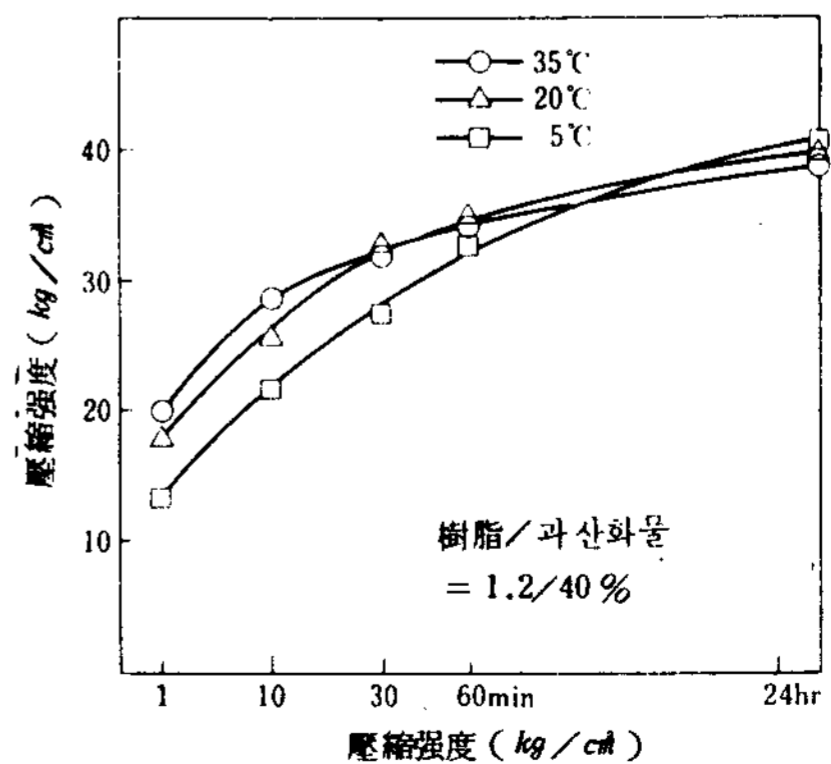


Fig 6 雰圍氣溫도와 硬化舉動 拔型後放置時間

5. 造 型

鑄型強度는 樹脂量과 동시에 充填密度도 중요한 要素이다. 따라서 適正한 樹脂量으로서 混練砂의 充填性을 양호하게 할 需要가 있다.

造型方法은 手造型, jolt, vibration, 및 flow 方式이 있으며 특히 flow 方式에서는 混練砂의 流動性이 充填性에 크게 影響을 미치므로 불필요한 樹脂量의 增加는 流動性의 低下를 야기시켜 充填密度의 低下를 가져온다. 물론 경제적으로도 불리 할 뿐만 아니라 鑄物品의 品質, 作業환경, 崩괴성에도 劣影響을 미친다.

SO₂ 法은 Furan 自硬性鑄型法에 비하여 硬化性의 點에서 矽砂에 대한 差異가 적은 것이 특징이다. 또 擴散, 침투성이 좋은 SO₂ 가스를 사용하므로 종래 Cold box 法 보다 미세한 砂粒子라 하여도 硬化性이 우수한 것이 크다란 특징으로 되어 있으나 表面積의 關係에서 粒徑이 적으면 強度가 低下하는 것은 통상의 自硬性鑄型과 같다. 이를 Fig 7에 표시한다.

Fig 7는 Table 6에 표시한 3종의 矽砂로서 硬化거동을 나타낸 것으로 矽砂의 粒子가 적으면 強度는 低下함을 보이고 있다.

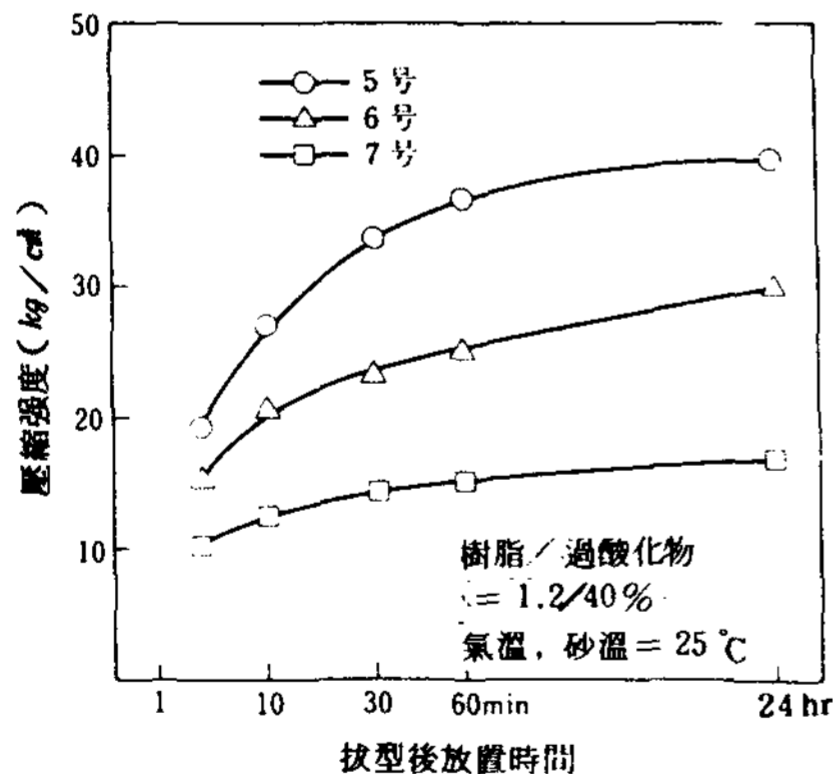


Fig 7 矽砂의 硬化舉動

Table 6 矽砂의 性狀

矽砂種類	粒度分布 (Mesh, %)										AFS GEN	pH	酸消費量 (pH=3)
	20	30	40	50	70	100	140	200	270	pan			
矽砂5號	0.0	4.4	41.6	44.4	8.8	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	36.1	5.9	9.8
矽砂6號	0.0	0.2	3.0	38.7	34.7	13.7	6.3	1.9	1.5	0.0	56.9	6.2	13.0
矽砂7號	0.0	0.0	0.1	1.2	41.2	24.6	10.5	8.4	2.8	1.2	79.8	6.4	15.2

再生砂에서는 新砂보다 添加量을 감소시킬 수 있는 것은 Furan 自硬性鑄型法에서 크다란 특징과 같이 SO₂ 法에 있어서도 이 특징을 갖는 것은 동일하다.

Fig 8는 新砂 및 再生砂의 樹脂添加量과 壓縮強度를 나타낸다. 再生砂는 新砂보다 樹脂添加量은 적어도 壓縮強度는 增加하였음을 알 수 있다.

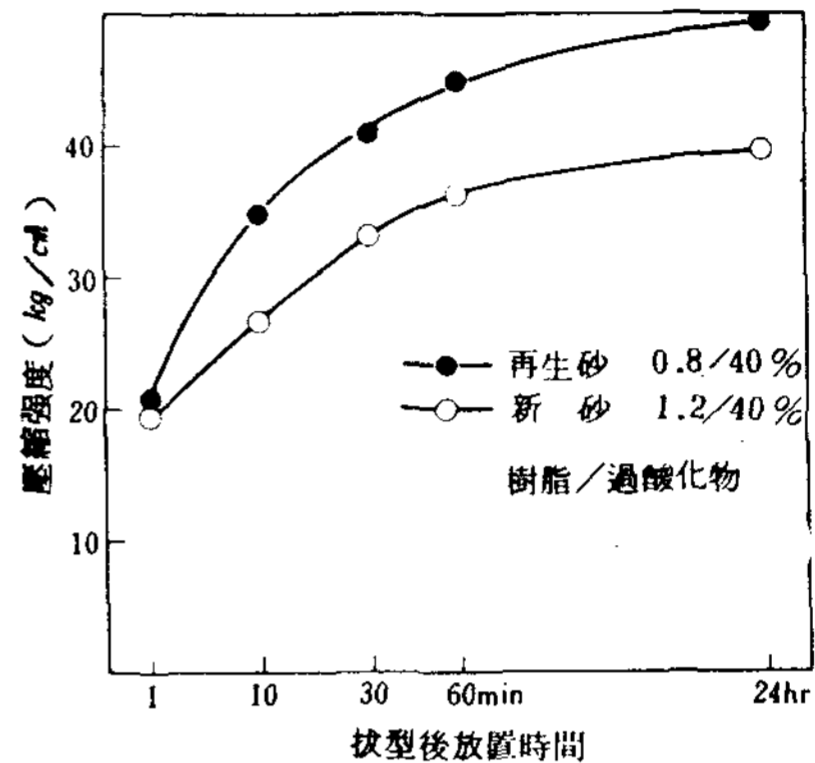


Fig 8 新砂, 再生砂의 壓縮強度 比較

6. SO₂ 法의 設備

SO₂ 法의 主設備는 다음과 같이 構成되어 있다. 이를 Fig 9에 나타낸다.

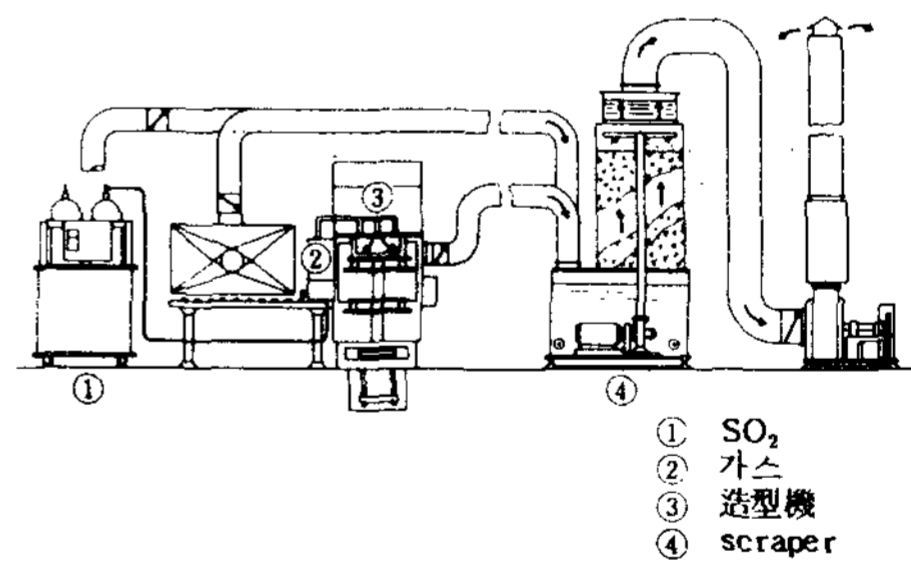


Fig 9 SO₂ 法의 設備概要

6-1 亞黃酸 가스

SO₂ 는 專用의 용기에 충전되어 있으며 보통 液狀의 SO₂ 를 壓力變動이 적은 狀態에서 취급되어도 加溫槽 혹은 加壓 bomb 를 併用한다.

6-2. 가스 發生器

液狀으로 보내는 SO₂ 는 熱交換에 의하여 순간적으로 定化하는 역할을 한다.

6-3 造型機

造型機는 用途, 生産性에 의하여 box 型과 machine 型으로 분류한다.

Box 型은 手造型, jolt, core shooter 와 組合되어 가스硬化하는 造型機로서 주로 多品種 少量, 中品種 中量生産에 適合하다. 造型機製造會社에 따라 여러가지 型式이 시판되고 있으며 SO₂ 가 外部로 누출되지 않고 硬化될 수 있도록 하는 것이 필요하다.

液狀으로 보내는 SO₂ 를 熱交換에 의하여 瞬間적으로 氣化하는 역할을 한다.

Machine 型은 鑄型的 크기, 性狀에 적합한 水平割, 垂直割등 여러가지가 있다.

Cold box 法에서는 Shell mold 法, Hot box 法과 다른 硬化는 常溫에서 進行하기 때문에 金型 뿐만 아니라 木型, 樹脂型도 이용 될 수 있다.

6-4 Scraper

SO₂ 는 대기오염방지법으로 規制되는 物質로서 處理技術은 排煙脫黃을 위시하여 公害防止面에서도 가장 進보된 技術의 하나이다. SO₂ 排가스處理에 대하여 여러가지 方式이 提案되어 있다. 이를 Table 7에 표시한다.

Table 7. 廢가스處理方式의 分類

가스吸收型	가스分散型	가스吸着型
充填塔式	段塔式	固定屬式
hydrofilter 式	十字流接觸式	移動屬式
spray 塔	氣泡式	流動屬式
cyclon 式		
venturi 式		
濡壁式		
jet scraper 式		

Scraper 는 15% NaOH 를 사용한다. SO₂ 1 kg 를 처리하기 위하여 NaOH 3.8 kg 가 필요하며 폐기물은 8.3 kg 이된다. Scraper 內에서 組成物變化를 Fig 10에 나

타낸다.

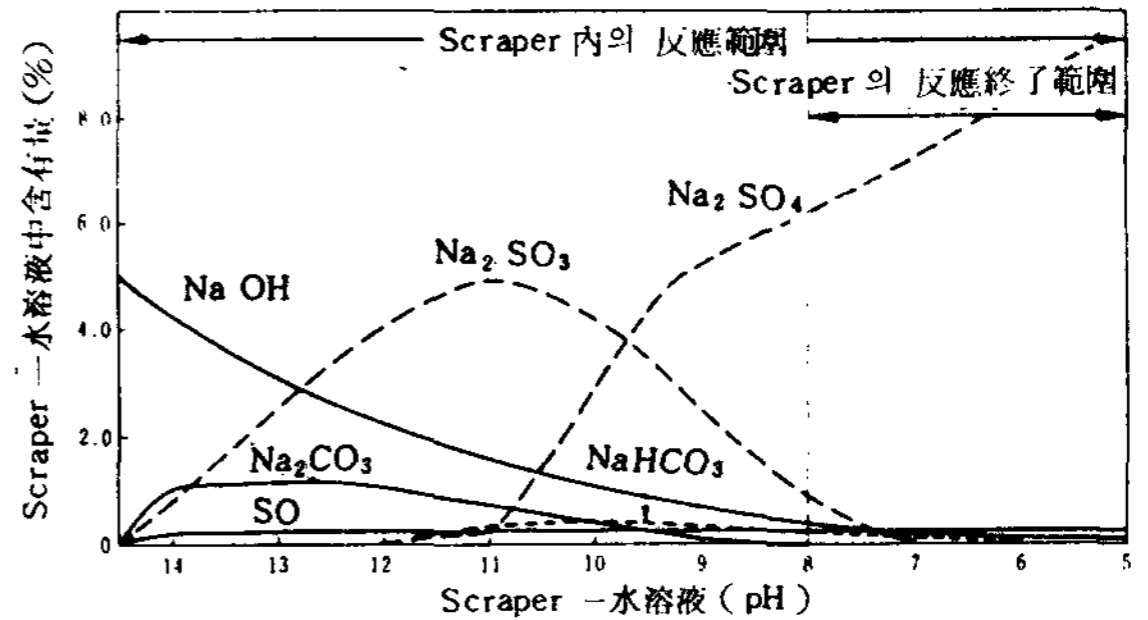


Fig 10 Scraper 에서의 組成物變化의 一例

7. SO₂ 法의 適應分野

SO₂ 法의 利用은 自動車鑄物의 경우 少品種, 大量生産方式은 물론 機械鑄物의 경우 多品種 少量生産方式에도 적용 될 수 있는 造型法이다. 또한 材質적으로 鑄鋼, 鑄鐵로부터 輕金屬까지 광범위하게 적용 가능하다.

可使時間이 긴것을 이용하여 종래 Furan 自硬性鑄型法에서 문제가 되는 복잡한 形狀의 中子도 충분히 充填이 가능하다. 따라서 可使時間不足에 起因하는 充填不良에 의한 鑄物砂가 떨어져 鑄物砂介在의 鑄物결함을 감소 시킬 수 있다. 예를들면 디젤엔진관계의 中子등에 적당하다. 한편 常溫, 熱間에서 強度가 높기때문에 stack mold 에도 적당하며 熔湯의 步留도 대폭 向上한다. 또한 機械적으로 量産이 가능하고 빠른 硬化速度를 갖고 있으므로 Shell mold 法, Hot box 法이나 CO₂ 法이 인용되는 부문에도 적용시키므로 生産性을 향상시킬수 있을 것이다.

8. 結 言

SO₂ 法은 여러가지 특징이 있는 것으로 알려져 있으므로 Furan 自硬性鑄型法을 이용하는 工場에 있어서 이를 活用한다면 生産性擴大, 品質向上 및 製造原價低減 등 合理化를 기할수 있는 方法으로 사료되므로 이에 대한 상세한 검토 및 研究가 필요하다.