

# 鑄鋼의 鑄型選定法

康 元 亨\*

## I. 序 言

鑄鋼의 製造工程에는 模型 제작, 鑄造型, 용해, 주입, 후처리등이 包含되며 各 工程은 製品의 質에 直接, 間接적으로 큰 影響을 준다.

이들 工程중에서도 造型은 製品의 品質은 勿論 製造原価를 크게 左右하는 要素이며 이의 선정에 따라서 工場設備 및 layout가 결정되는 가장 중요한 核心이라 할 수 있다.

先進 外國의 경우 製品의 諸般特性에 맞는 주형을 선정하기 위해서 주형의 精密度, 強度, 貯藏性, 投資設備等 制約要因을 컴퓨터에 의해 比較 選定하는 方式을 採択하고 있음을 감안할 때 우리나라의 與件을 考慮한 各鑄型의 特性을 研究 分析하는 것이 주형 선정에 도움이 될 수 있으리라 생각한다.

## II. 鑄型의 材料

鋼鑄型으로서 公業적으로 使用되고 있는 것은 砂型이며 주입되는 鋼의 材質과 형상에 따라서 砂의 種類 및 鑄結제를 달리해야 하며 即 주형을 선정해야 한다. 따라서 알맞는 주형재료의 選択은 鑄型選定의 가장 重要한 要素이다.

### 1. 鑄物 砂

주물사의 조건으로서 成形性 (cohesiveness) 通氣性 (permeability) 耐火性 (refractoriness) 保温性 (heat insularity) 復用性 (durability) 등이 要求되며 이를 만족시키는 주물사로서는 硅砂 (silica sand) zircon 砂, chromite 砂, olivine 砂, chamotte 砂가 主를 이루며 鑄型의 種類와 形상에 따라서 위의 砂中 特定の 砂 또는 2種이상을 併用하고 있다.

가. 硅砂 (silica sand)

鑄物砂의 例를 들면 硅砂가 연상될 정도로 주물사로서 가장 많이 쓰이는 재료이며 購入이 용이하고 粒子의 수명이 긴 長점이 있으나 용탕이 접촉하여 加熱되면 팽창하기 시작하여 573℃에서 α狀態가 β狀態의 粒子로 變態하면서 急팽창한다.

따라서 규사는 주형의 팽창에 의한 결함 (vein, scab, rat tail, metal penetration) 이 잘 발생하며 活性이 비교적 높다. 용융금속과 잘 반응하는 편이다.

나. Zircon 砂 (zirconium silicate  $ZrO_2 \cdot SiO_2$ )

열팽창율이 낮으므로 鋼의 주물사로서 알맞다고 할 수 있으며 또한 化學적으로 活性이 낮으므로 용융금속과의 반응이 거의 없다.

또한 열팽창율이 낮을수록 粒度가 작은 것을 사용할 수 있으므로 주물표면이 미려하다. 또한 열전도도가 높아서 냉각속도를 증가시킨다.

이때 주형벽과 용탕사이에 빨리 응고 금속층을 형성하므로 metal penetration을 방지할 수 있다.

Zircon 砂는 粒度分布가 좁기 때문에 砂溫이 上昇하거나 용탕의 壓力이 증가하면 Penetration이 발생한다.

Zircon 砂는 高價이므로 이 砂의 사용은 不良防止, 후처리작업의 省略으로 인한 利益이 되는 限度内에서 制限해야 할 것이다.

다. Olivine 砂

Olivine 岩 ( $Mg \cdot Fe$ )<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>를 파쇄하여 만든 人工砂이며 耐火度는 높지 않으나 化學적으로 안정되어 高溫에서 용탕과 flux를 형성치 않으며 팽창율이 낮아서 팽창에 의한 결함이 적다. 또한 규사에서 유발되는 硅肺症이 발생치 않는다는 長점이 있다. 新砂의 경우 용탕과 接觸하면 多量의 수증기와 CO<sub>2</sub>를 발생케 하는 不純物이 包含되므로 cold shut (湯境) pin hole 등이 발생하기 쉽다.

따라서 新砂는 한번 加熱한 후 사용함이 좋다. Olivine 砂는 austenitic manganese

\* (株) 現代洋行 理事  
주물기술 Vol. 2, No. 2 (1978)

steel 주입시 燒着방지에 效果가 있다.

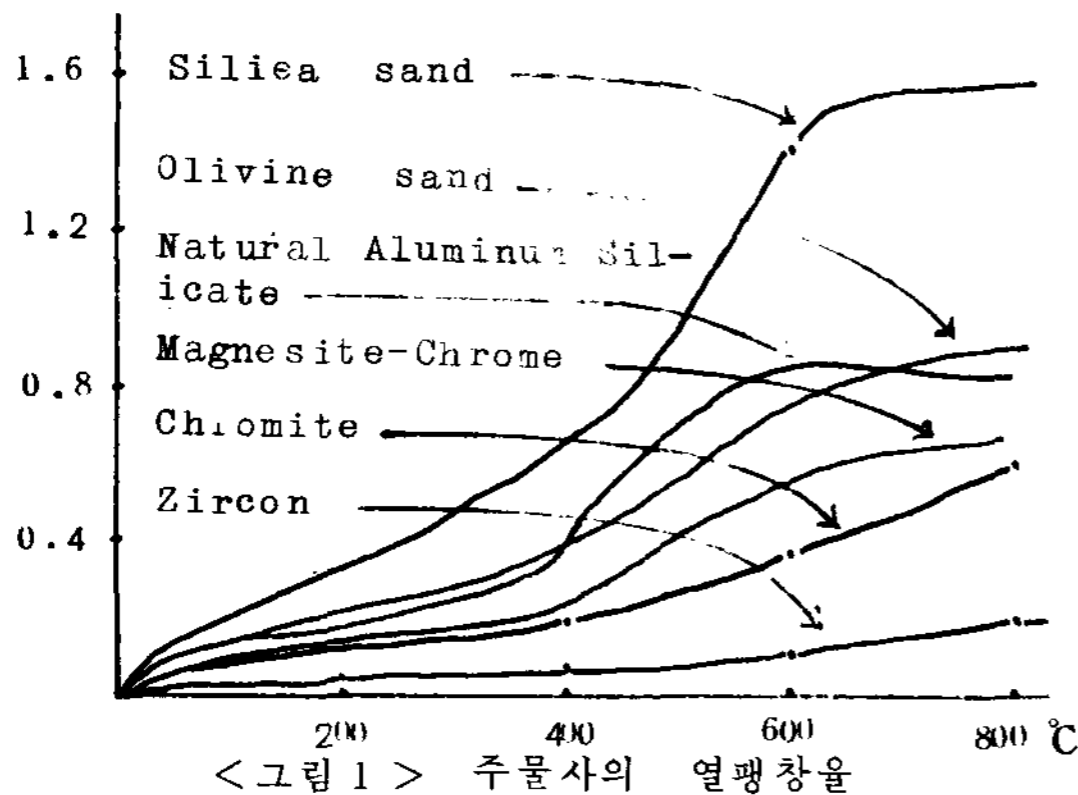
라. Chromite 砂

餘他の 砂보다 주형팽창에 의한 結合발생이 적으며 밀도가 높으며 냉각속도를 증가시킨다. 모든 粘結劑와 잘 結合하지만 酸化性 有機自硬性의 경우는 砂의 소비가 많으므로 적합치 않다.

<表 1> 鑄物砂의 物理的 性질

종 류	밀도(g/cm <sup>3</sup> )	팽 창 율
Silica	2.70	0.0180
Zircon	4.73	0.0032
Mullite	2.50	0.0092
Olivine	3.36	0.0137
Chromite	4.45	0.0062

( 팽창율 : 1100 (C)에서 )



2. 鑄物砂의 粘結劑

粘結劑에 關해서는 鑄型의 種類에서 記述하기로 한다.

III. 鑄型의 종류와 特性

생산성 向上, 원가절감을 통한 기업의 이윤을 위하여 새로운 주형이 끊임없이 研究 開發되어 實用化되고 있다.

각 주형조형법은 생산되는 製品, 數量, 企業의 性格에 따라서 그의 特長을 살려서 이용되고 있으며 大部分이 砂型에 속한다. 그의 粘結제 및 조형방식에 따라서 鋼鑄型은 아래와 같다.

鑄鋼 鑄型의 種類

- A. 生 型
- B. 油砂型

- C. shell mold
- D. hot box 型
- E. 自硬性 鑄型
  - a. 無機 自硬性
  - b. 有機 自硬性
- F. 개스 硬化型
  - a. 無機系
  - b. 有機系
- G. 其他 ( 無粘結 ) 鑄型
  - a. full mold
  - b. V-process 型
- I. 生 型

생형은 주형으로서 가장 오랜 역사를 갖고 있으며 최초에는 점토를 함유한 自然砂의 利用이 主였으나 大量生産에 이용, 機械 조형을 시작하면서 珪砂에 점토류 粘結제를 混練한 人工 生型砂를 사용하게 되었다. 생형은 주형 재료가 低廉하며 기온, 습도에 대하여 큰 制限없이 使用할 수 있으며 관리가 용이하여 많이 사용되고 있는 주형의 하나이다. 또한 생형은 中小物의 量産에 가장 生産性이 좋은 조형방법으로서 기계조형에 의한 生型은 점차 수요가 증가되고 있다. 생형의 粘結제로서는 점토류가 사용되며 이의 粘結력은 점토의 靜電氣的 粘結力, 점토와 砂粒사이의 水分에 의한 表面張力, 外力變形에 對한 粒子間의 摩擦 저항력 등에 의해서 일어난다.

점토류는 鉱物學的으로 montmorillonites ( $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2nH_2O$ ) kaolinites ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) illite ( $KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$ ) 의 3가지 group로 나뉘어진다. 주물용 粘結劑로서는 Bentonite가 많이 쓰이며 이는 montmorillonites group에 屬한다. Bentonite는 Na型(sodium), Ca型(calcium) 및 Ca型을 Na鹽으로 活性化한 3種類가 있으며 주입되는 강종, 용탕/砂의 比, 조형설비등에 의해서 선정해야 한다. 벤토나이트의 성질 및 狀態에 의한 주물결합의 발생은 상당히 민감하므로 벤토나이트의 管理가 가장 重要하다.

가. 생형의 장단점

- 1) 장 점
  - 가) 제품 톤당의 주형재료비가 낮다.
  - 나) 中小物 鑄鋼의 量産化가 용이하다.
  - 다) 원재료의 구입이 용이하다.

라) 회수사의 재생처리에 特殊한 설비를 要하지 않는다.

마) 기온, 습도에 대한 영향이 적어 管理가 용이하다.

2) 단 점

가) 量産에 따른 機械化의 경우 분진, 진동, 소음등의 공해가 심하다.

나) 제품에 비하여 주물사의 量이 많다.

다) 주입시 gas 발생 量이 많아서 결합 발생이 빈번하다.

라) 제품의 형상, 生型砂에 의해서 주형의 경도가 달라진다.

마) 生型砂중의 不純物이 많아서 耐火도가 낮다.

바) 주입시 生型砂 중의 수분이 주형벽의 一部層에 凝縮되어 주형의 강도를 저하시킨다.

사) 不良發生 原因이 많아서 이의 対策이 어렵다.

生型の 특성인 中小物의 量産을 위해서는 기계조형이 効果的이며 기계조형의 생산성을 증가시키기 위해 高速高压化되어 가고 있다. 주형사의 充填방법은 jolt, squeeze, vibrating을 이용하며 이의 채용방식(단독 또는 병용)에 따라서 주형의 경도가 달라진다.

<表 2> 충전법에 따른 주형의 경도

충진방식	주형경도(평균)
Squeeze	70.4
Jolt	50.6
Jolt와 Squeeze	85.7
Jolt후 Jolt와 Squeeze	87.0
Squeeze후 Jolt와 Squeeze	85.6

최근 주물업계는 生産性向上으로 競争力을 強化하기 위해서 生型造型機를 많이 採用하고 있으며 특히 自家生産工場에서 이런 傾向이 두드러진다.

高速高压化에 따른 주형재료의 조건, 砂處理設備의 自動調節장치, 砂充填方式, 공해문제 등의 諸要素가 完全할 경우 생산성이 높은 生型조형의 長점이 再現될 수 있으리라 생각한다.

2. Shell Mold

砂의 粒度 5~7号에 phenol resin으로 coating하여 280℃~350℃정도의 金型에서 소성하여 主型과 中子를 만드는 方法으로 砂의 條件은 제한되지 않고 여러가지 種類의 砂가 利用되며 粘結劑로서는 phenol formaldehyde resin과 novorak系 resin, 尿素 formaldehyde resin 등이 많이 쓰인다. 이들은 加熱에 의해 최초 급격히 軟化하여 一連의 内部 化学變化를 거친후 응고하여 不溶性 生成物로 변한다. shell주형의 造型법에는 dump조형법과 吹入조형법이 있다. dump법은 주로 主型造型에 쓰이고 吹入法은 中子造型用으로 많이 쓰인다.

가. Shell Mold법의 장단점

1) 長 点

가) 장기보관이 가능하다.

나) 제품의 精度가 높아 加工이 必要없는 경우가 많다.

다) 주형의 강도가 크다.

라) 조형속도가 빠르다.

2) 短 点

가) 分割面에서 sand fin이 발생하기 쉽다.

나) 가열온도가 상승할 경우(350℃~400℃)는 금형자체의 변형, shell mold의 冷却中 변형 shell mold 冷却의 問題가 있다.

다) 주입시 gas 발생이 많기 때문에 공해 문제 gas에 의한 不良發生이 문제가 된다.

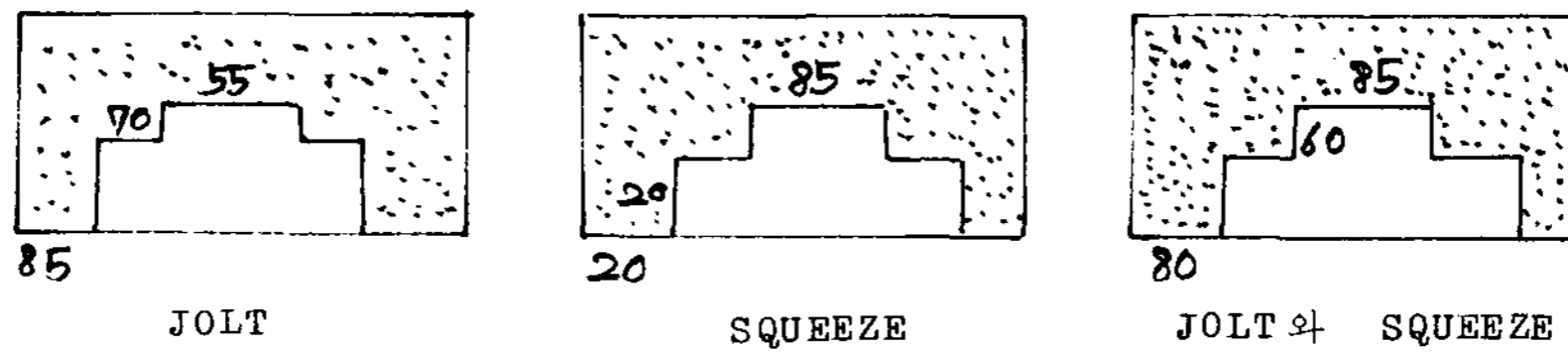
라) 造型 에너지費가 많이 所要되며 砂의 混練, 加熱時 脱臭裝置가 要한다.

나. 鑄鋼에의 応用

응고속도가 일반 砂型에 비해서 늦기 때문에 收縮발생이 쉬우며 특히 水圧品 高 Mn강 stainless鋼은 方向性응고에 對해서 충분히 檢討해야 되며 大型의 경우 운반도중의 破損, 變形에 유의해야 한다. 도형은 alcohol계의 zircon도형이 좋다. 또한 shell鑄型은 中大型보다는 小型鑄鋼에 알맞는 鑄型이며 鋼種에 따라서 결합발생의 문제가 있으므로 주의를 要한다.

1) 저탄소, 저합금강

주입시 발생하는 gas에 의해 주물의 살이



<그림 2> 충전방식에 따른 주형경도 분포

두꺼운 부분에 pin hole 이 잘 발생한다. 이때는 100~150 mesh 의 FeO 를 30% 이상 함유한 산화철을 3~5% 정도 사용하면 효과가 있다. olivine 砂 zircon 砂를 사용하거나 주형에 Al, Si 粉末을 발라도 효과가 있으며 질소 gas 의 発生源이 되는 hexa methylene tetramine 의 함량을 줄일 수 있는 low hexa resin 또는 no hexa resin 을 사용하기도 한다.

2) 高 Mn 주강품

表面砂로서는 olivine 砂가 良好하며 olivine 砂를 한번 소성시킨 것이 gas 결합방지에 효과가 크다.

3) Stainless steel

주형사로서 珪砂가 많이 쓰이고 있으나 olivine 砂나 zircon 砂가 表面砂로서 좋다.

3. 自硬性 鑄型

多品種 小量의 中型, 大型物에 많이 사용해오던 乾燥型은 주물사의 流動性이 나쁘고 생형강도가 낮으며 건조시 변형이 야기되며 造型工期가 긴점, 건조費가 많이 所要되는 短점을 갖고 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 개발해 온 것이 自硬性이며 이는 常溫에서 硬化후 離型하기 때문에 주형의 변형이 없고 경화후 주형강도가 크고 混砂의 流動性이 좋기 때문에 작업공수가 절감된다. 自硬性鑄型은 大別하여 무기계와 유기계로 나뉘며 粘結劑의 종류 및 성질에 따라서 硬化시간, 주형강도, 주입후 잔류강도가 변하며 아래와 같이 분류할 수 있다.

無機系 自硬性 鑄型

1. cement 계
2. 규산소오다계

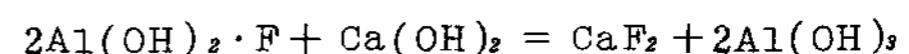
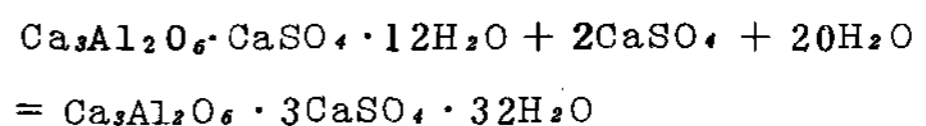
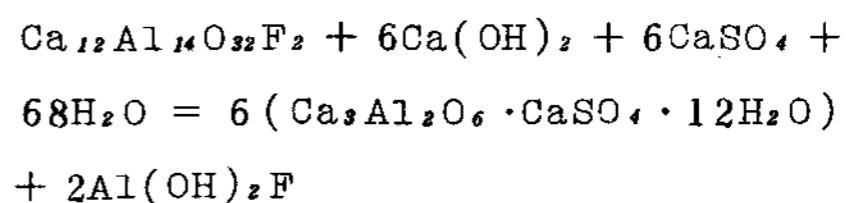
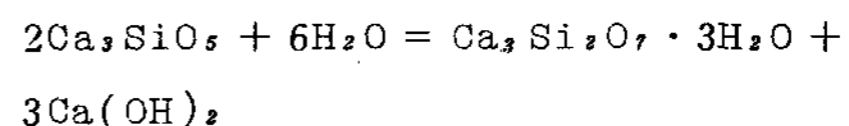
有機系 自硬性 鑄型

1. furan 계
2. urethane 계
3. phenol 계

3-1. OJ Process

Cement process 는 자경성 주형으로서 가장 오래된 것이며 점토계 건조형보다 주형재료비가 높지만 造型工數가 절감되며 炉에서의 乾燥費가 所要되지 않고 주형의 精度가 높은점, 造型기술에 숙련을 要하지 않는점이 利点이다. 一般 cement 주형이 鋼鑄型으로서는耐火度가 낮고 유기자경성에 비해 流動性, 경화속도, 주형강도가 떨어지고 붕괴성, 회수율이 나빠며 분진의 발생도 많은 편이다. 따라서 일반 cement 주형은 강의 주형으로서 適合치 않은바 cement 주형의 改良型인 OJ process 에 대해서 記述키로 한다.

OJ process 는 상품명인 jet cement 인 超速硬 cement 를 珪砂와 混合하여 造型하는方法이다. 이 速硬性 cement 는 三成分系 化合物  $11CaO \cdot 7Al_2O_3$  와  $O_3 \cdot CaF_2 \cdot 3CaO \cdot SiO_2$  固溶体 및  $CaSO_4$  의 水和反應에 의한 생성물  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$  에 의해서 初期강도가 생기며  $3CaO \cdot SiO_2$  固溶体の 水和에 의해 생성된  $3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$  에 의해서 長期강도가 얻어지도록 되어있다. 이의 水和反應式은 아래와 같다.

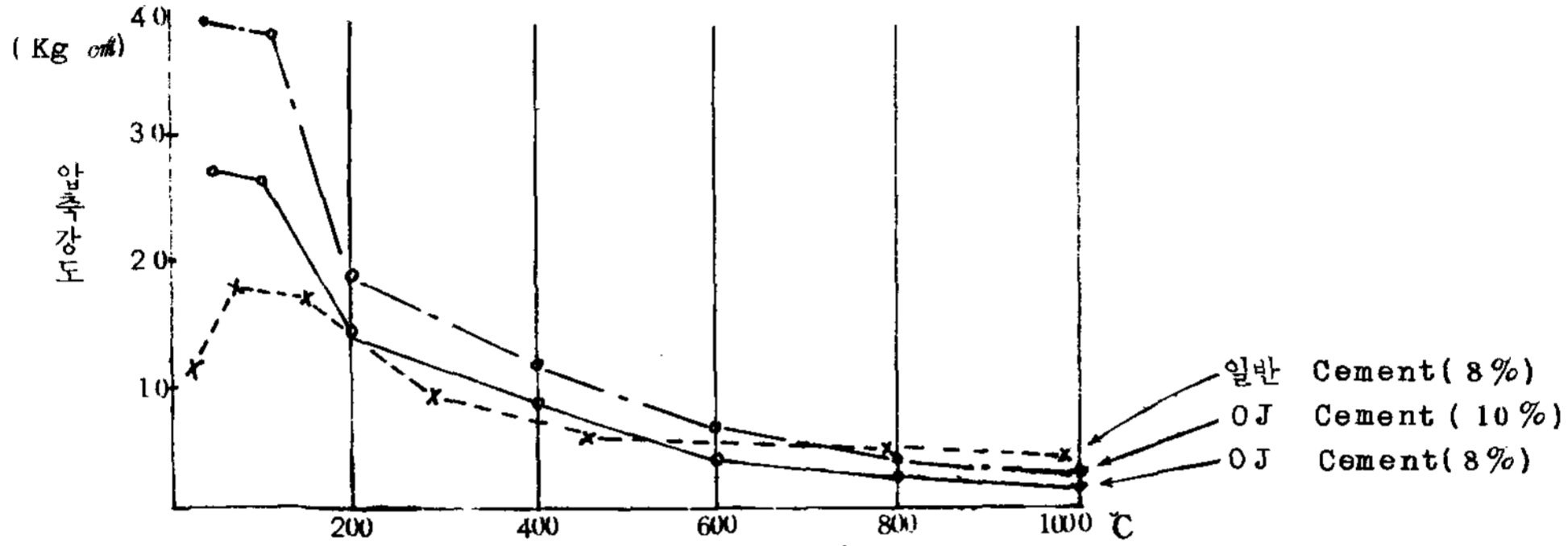


또한 可使時間, 경화속도, 표면안정도 등의 제반 성질을 改良하기 爲해서 소정의 硬化促進劑, 遲延劑, 表面安定性 改良劑를 使用한다.

가. OJ process의 長短点

1) 長 点

- 가) 乾燥가 必要없다.
- 나) 硬化速度가 빨라서 生産性이 좋다.
- 다) 주형의 精밀도가 높다.
- 라) 型拔後 表面安定度가 높다.



<그림 3> 가열온도에 의한 잔류강도

라) 表面安定性이 不足되며 이 때 燒着이 발생한다.

나. OJ Process의 적용

1) 設 備

OJ process는 일반 cement process와 다른 特殊한 설비가 要하지는 않으나 砂溫관리상 回收砂의 tank가 2基以上 설치되든가 砂溫調節機가 설치되면 便利하다.

주물사, cement, 각종 첨가제의 자동計量供給機, jet mixer, screw conveyor方式의 연속 mixer가 使用되기도 한다. 砂再生장치는 pneumatic型으로서 충분하지만 製品에 따라서 습식회수의 경우도 있으며 회수사의 사용상 문제점은 점결제, 微分複合粒子的 量이다. 이들은 耐火度와 通氣度를 떨어뜨린다.

2) 조 형

회수사의 사용량을 一定하게 정확히 조절해야 하며 기온에 따른 영향은 경화 촉진제, 지연제를 첨가함으로써 온도에 관계없이 일정한 성질을 얻을 수 있다. 첨가 수분량에 따라서 가사시간이 달라지며 適正水分은 砂의 種類 및 粒度分布에 의해 다르지만 4.0~4.5%가 표준이다.

붕괴성이 나쁠 때는 cement 배합량을 줄이고 붕괴제를 첨가한다. 소착방지를 위하여 표면 안정제의 첨가 및 초기 水分발산방지

마) 混砂의 유동성이 良好하다.

바) 가열잔류강도가 낮다.

사) 粘結劑의 硬化促進劑, 遲延劑에 따라서 可使시간의 조절이 가능하다.

3) 短 点

- 가) 기온에 따른 영향이 있다.
- 나) 첨가수분량에 따라서 일반적으로 성질이 달라진다.
- 다) 회수사의 배합비에 따라 주형성질이 변한다.

를 위해서 vinyl포장을 하면 效果가 있다. 도형제는 alcohol제나 水性 어느것이든 좋다. 수성도형의 경우 大型物에 많이 쓰이며 150°C정도에서 잘 건조해야 한다. 그 외에는 건조가 없이도 사용 가능하다.

自硬性鑄型의 경우 유기제에서 무기제로의 전환경향이 점차 증대되고 있는바 cement(OJ) process는 주강공장의 생산성 향상에 알맞는 조형법이다. 향후 좀더 많은 研究와 開發을 통해서 점결제 및 첨가제의 국산화가 要한다.

3-2. NVK Process

NVK-process는 Dical process의 一種으로서 주형사는 규사, 규산소다, dicalcium silicate로서 구성되며 이의경화반응은

- 1)  $2CaO \cdot SiO_2$  및  $Ca(OH)_2$ 의 水和反應에 따르는 규산소다의 경화
- 2)  $Ca^{++}$ 에 의한 규산소다의 gel化
- 3) 염기交換反應에 의한  $SiO_2$ 의 생성과 그의 gel化에 의한 이의 反應은 無發熱反應으로 경화의 속도가 느리다.

가. NVK Process의 長短点

1) 長 点

- 가) 주형의 건조가 필요하다.
- 나) 조형기술에 숙련이 要하지 않음.
- 다) 주형의 精밀도가 높다.

라) 불량율이 비교적 낮다.

2) 短点

가) 주입후 붕괴성이 나쁘다.

나) 大型物에 소착이 심하다.

다) 回收砂의 관리가 必要하다.

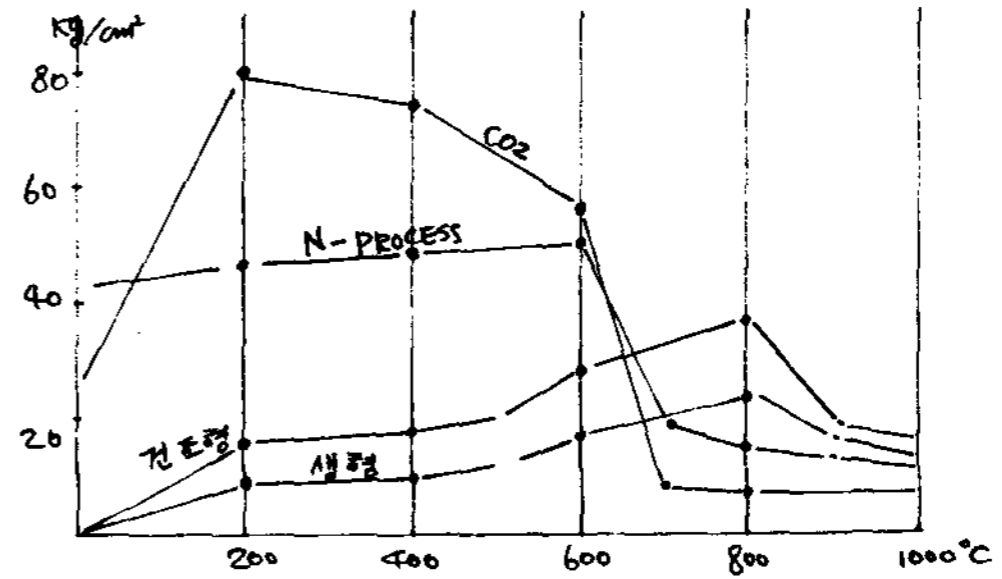
나. NVK-Process 적용

이 조형법에 사용되는 경화제 K-powder 는 CaO 48~51% SiO<sub>2</sub> 25~28% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7~10% MgO 8~10%의 化学組成을 갖고 있다.

粘結劑인 水肖子の mol比는 2.5~3.0 이 많이 사용된다. 조형은 手造型이며 型拔은 硬化 前後에 하여주면 模型의 引拔句

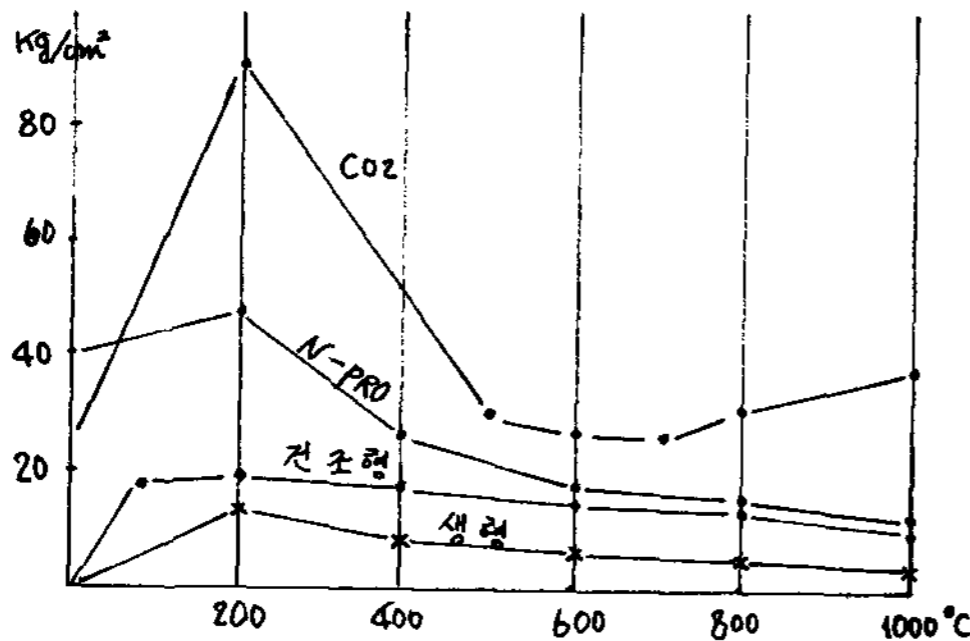
<表 3>

첨가 수량에 의한 OJ砂의 성질



<그림 4> 각종 주형의 고온 압축강도

砂	배합				압축강도 (kg/cm²)					가사시간 (分)	표면안정도	통기도
	cement	표면안전개량제	촉진제	水分	1 hr	2	4	6	1d			
100	8	0.2	1.0	6.5	0.7	2.2	9.1	14.6	27.8	40	98.9	212
				5.0	1.0	3.4	10.6	16.4	29.1	25	98.5	238
				4.0	1.5	3.8	9.0	13.5	22.6	15	96.5	233



<그림 5> 각종 주형의 잔류 압축강도

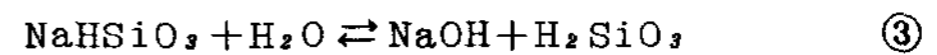
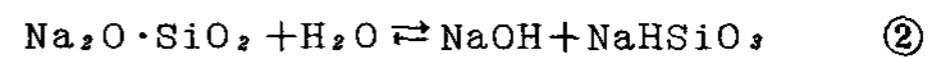
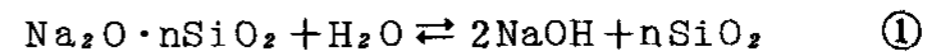
配가 다소 여유있어야 된다. 도형은 alcohol도형이 좋다.

NVK process는 붕괴성, 소착, 배합 관리 등의 문제점과 폐사의 폐기문제가 심각하기 때문에 점차 사용이 감소하고 있으며 이 process 채용시 이에 대한 充分한 檢討가 있어야 한다.

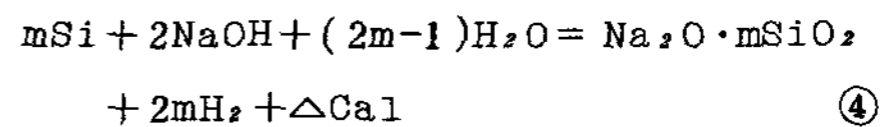
3-3. N-Process

N-process는 발열자경성 주형법으로서 규산소다에 규소분말 또는 규소합금분말을 혼

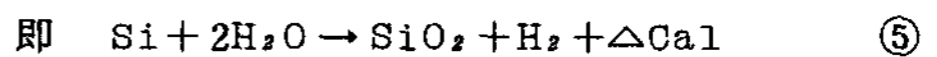
합하면 발열반응이 일어나면서 脫水 및 경화작용이 進行되어 주형을 이루며 이의 硬化反應은 규산소다의 一部分가 加水分解하여 아래와 같이 된다.



H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>는 (H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)<sub>x</sub>를 형성하여 重合 또는 縮合한다. 이 반응에 의하여 유리된 NaOH와 Si분말을 혼합하면



이 일어나 발열한다. ①④式을 종합하면



의 반응이 된다. Si가 산화되어 SiO<sub>2</sub>가 되고 열을 발생하며 수분에서 분해된 수소 gas가 발생한다. 上記의 반응에 의하여 水分이 放出되고 SiO<sub>2</sub>가 증가하면서 強度가 增加, 주형이 硬化한다.

N-process의 長点

1. 주형의 건조가 必要없고 주입시 개스 발생이 적다.

2. 주형의 강도가 크다.

3. 混砂의 유동성이 良好하다.
4. 배합이 간단하고 均質의 재료 구입이 가능하다.

N-process의 短点

1. 수증기 발생에 의한 木型 變形발생
2. 수소가스 발생에 의한 폭발위험
3. 주입후 붕괴성이 나쁘다.
4. 붕괴성이 不良

N-Process의 長点과 大型鑄鋼用으로서의 効用性 때문에 개발된 이래 많이 사용되어 왔으나 점차 유기자경성鑄型으로 전환되어 가는 傾向이 있다.

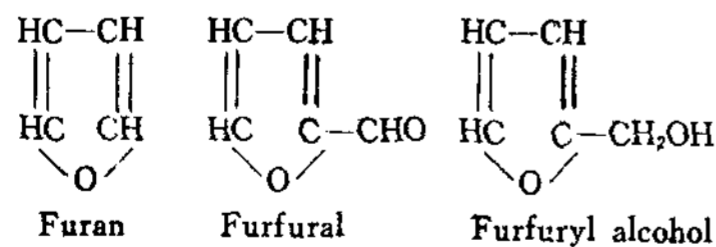
### 3-4. 有機自硬性 鑄型

高分子化学의 발달로 因하여 shell mold 法이 開發된 이래 常溫에서 硬化가 되는 유기자경성의 연구가 계속되어 왔다. 有機自硬性은 無機系에 비하여 少量의 粘結劑로서 주형강도가 크고, 주입후 주형의 붕괴성이 良好하며 제품의 정밀도가 높고 생산성이 향상되는 點, 砂의 반복 사용이 가능하기 때문에 이의 사용이 점차 增加되고 있다. 유기자경성주형은 그의 粘結劑에 따라서furan 系, urethane 系, phenol 系, 變性亞麻仁油로 分類된다.

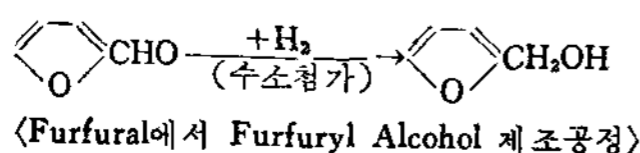
#### 3-4-1. Furan 系 유기자경성 주형

가. Furan 수지의 개요

Furan 또는 동일한 基礎구조를 가진 화합물 즉 furan 核을 가진 화합물 全般을 표시하는 일반명칭을 furan이라 하며 furan 系 화합물 중에서 대량생산되는 중요한 것은 furfural과 furfuryl alcohol 이다. 이들의 구조식은 아래와 같다.



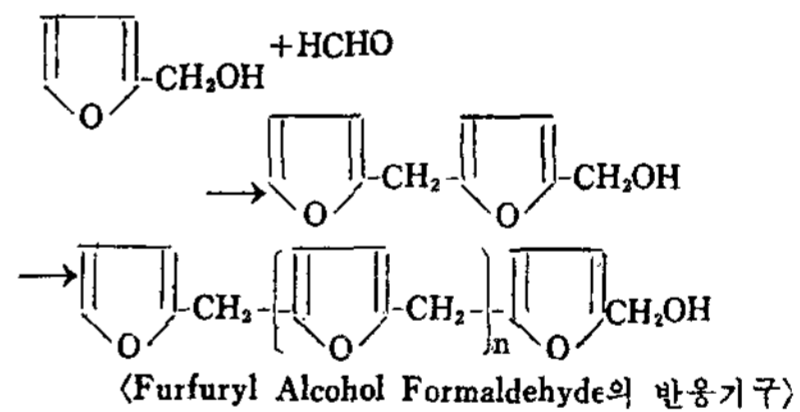
furfural은 cellulose質의 原料를 化学的 처리에 의해 제조한 것이다. 또한 이것에 산화銅, 크롬을 촉매로 수소를 반응시킨 것이 furfuryl alcohol이다. 이들은 어느 것이나 다른 화합물과 반응하여 여러 가지의 다른 수지를 만들 수 있다.



또한 이들은 열과 산촉매 단독 혹은 복합작용에 의해서 重合 또는 樹能化가 가능하다. 따라서 이들 단체(单体)로서도 주형접결제로 사용이 가능하지만 高價이므로 formaldehyde, phenol, 尿素등과 共重合(重縮合)한 수지로서 사용하며 이의 종류는 furfuryl alcohol formaldehyde 系수지, 尿素 formaldehyde furfuryl alcohol 系수지, phenol formaldehyde furfuryl alcohol 系수지, 尿素-phenol formaldehyde furfuryl alcohol 系수지 등이 있으며 각각의 特長과 用途가 다르다. 이들 furan 수지는 일반적으로 분자량이 그다지 크지 않은 液狀縮合物의 형태로서 사용되며 이들 수지에 酸化 촉매를 混合하면 축합반응이 일어나기 시작하여 粘性이 增加하면서 硬化된다. 硬化제로서는 磷酸, 硫酸, paratoluoe sulfonic acid, benzen sulfonic acid 등이 있다.

나. furan 수지 硬化반응

furan 수지는 일반적으로 신성촉매에 의해 硬化되지만 기본적인 硬化반응은 furfuryl alcohol의 제 1 alcohol 基와 furan 環의 제 5 수소와의 脱水縮合 반응이다.



다. Furan 자경성주형의 장단점

#### 1) 장 점

- 가) 건조費가 소요치 않음.
- 나) 조형기술의 숙련이 요하지 않는다.
- 다) 砂 回收 再生率이 높아서 경제적이다.
- 라) 주입후 붕괴성이 좋다.
- 마) 주형의 치수가 정확하다.

#### 2) 단 점

- 가) 砂溫, 氣溫에 의한 영향이 크다.
- 나) 砂의 化学成分가 嚴格히 規制된다.
- 다) 주입시 가스의 발생이 심하다.

라. Furan 주형의 適用

#### 1) 원재료

가) 주물사: furan 수지는 산경화 방식에 의한 조형이기 때문에 금속산화물이 적은 중성일 것. 주물사 중의 수분은 경화제의 농

도를 회석하기 때문에 수분의 양이 적을것. 주물사의 粒廢가 균일하고 미분이나 점토분이 적을것. 특히 산화철분이 적게 함유될 것이다.

나) 수지硬化劑: 일반적으로 강산의 수용액이며 無機散과 有機酸이 前述한 바와 같다.

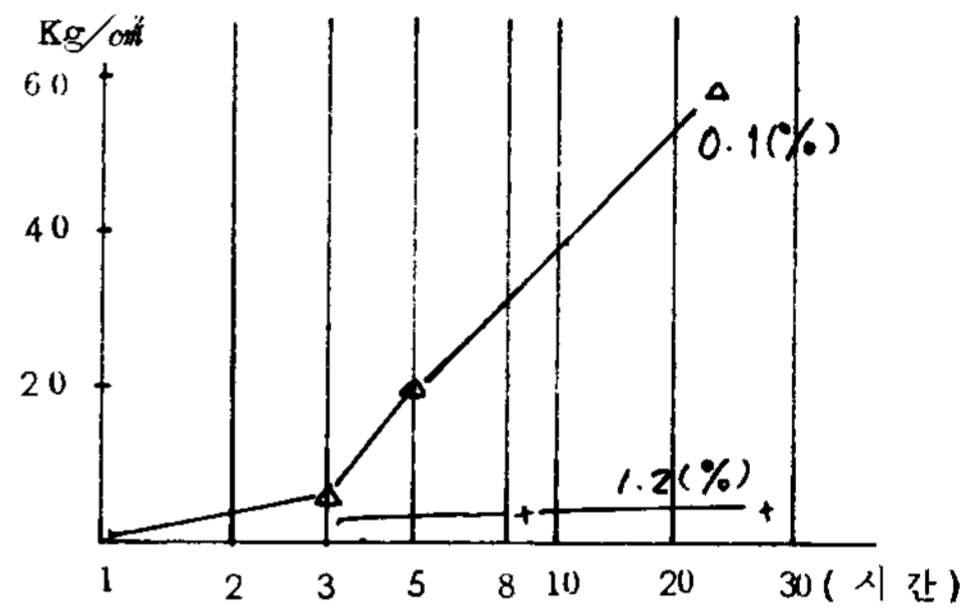
다) 도형제: 일반도형제로서 사용가능하며 주형의 크기에 따라서 alcohol 도형과 水性도형제를 구분하여 사용한다.

라) furan 수지: 變性劑의 種類에 의해 分類되며 furan 수지 概要에서 前述한 바와 같다.

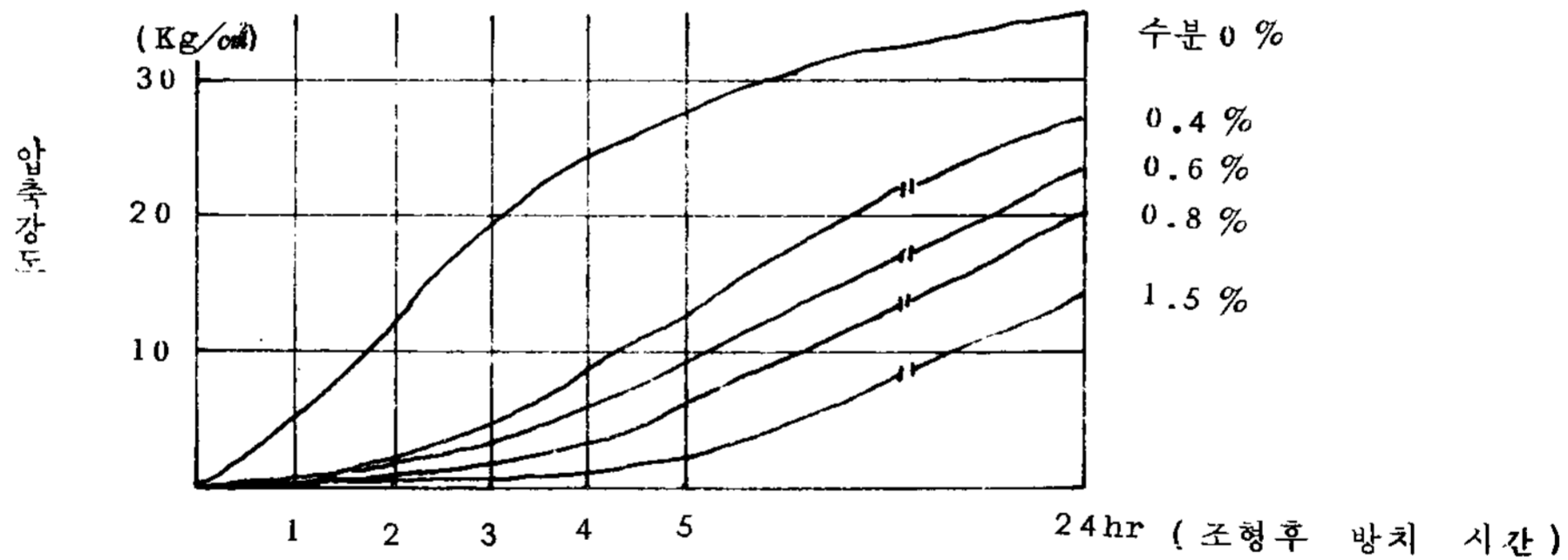
## 2) 設 備

furan 자경성 주형의 조형설비는 他조형 설비에 비해서 간단하며 低廉한 가격이다. 이의 설비로서는 mixing 作用만 가능한 高速 mixer와 古砂를 회수하여 再生할 수 있는 습식 또는 건식회수장치가 必要하다. 設備費, 공해발생을 고려할 때 건식(pneumatic type)이 바람직하다.

furan 수지는 中型大型物의 造型으로는 물론 lot 수가 많지 않은 小型用으로서도 그의 特長이 충분히 發揮되기 때문에 점차 이의 使用이 증대되고 있다. 단지 전술한 바의 短点과 砂의 반복 사용이 残留된 酸의 果積으로 인하여 제한되어야 한다는 点등이 문제점으로 대두되지만 向後 이 조형법의 적절한 이용으로 많은 merit를 얻을 수 있으리라 생각한다.



<圖 7> FeO의 영향



<그림 6> 주물사中的 수분과 경화속도

### 3-4-2. Linocure 法

Urethane系 有機自硬性鑄型用수지로서 여러가지가 있으나 여기에서는 그 代表的인 linocure 法에 대해서 記述한다.

이 方法은 美国의 Ashland Chemical Co.가 1965년 발명한 유기자경성 점결제로서 油變性 alkyd 수지와 poly isocyanate로된 점결제와 경화촉진제를 이용한 것이다. 이의 경화반응은 alkyd와 isocyanate 사이의 urethane 반응이 일어나 型拔可能強度가 발생하며 제 2 단계에서는 urethane 반응과 더불어 공기와의 접촉에 의한 공기산

화가 일어나 최종적인 주형강도에 이르게 된다. 이 조형법은 유기자경성法 中에서도 주물사의 조건이 嚴格하지 않고 砂의 再生성도 양호하다.

#### 가. Linocure 法의 適用

이 process에 所用되는 설비는 통상 유기 자경성주형에서 사용되는 것으로 사용하며 이 法 特有의 설비는 없다.

주물사중의 수분량은 적을수록 좋으므로 건조하여 사용함이 效果的이다.

#### 나. linocure 法의 長短点

##### 1) 長 点



- 가) 주물사의 선정조건이 간단하다.
- 나) 조형기술의 숙련을 필요하지 않음.
- 다) 砂의 유동성이 良好하다.
- 라) 주형 보존기간이 길다.
- 마) 붕괴성이 좋다.
- 바) 砂의 회수 재생율이 높다.

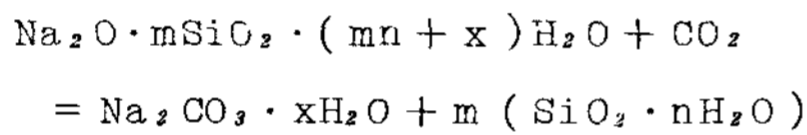
2) 短 点

- 가) 混砂, 造型, 脱砂시 惡臭가 발생한다.
- 나) 유기용제의 취급이 불편하다.

linocure材은 上記의 단점이 있으나 주물사의 選擇範圍가 넓고 砂의 회수 재생이 용이하여 餘他の 유기자경성 보다 많은 利点을 갖고있다.

4. CO<sub>2</sub> Process

규사와 규산소다로 混練하여 조형 후 CO<sub>2</sub> gas를 통과시켜서 주형을 硬化시키는 方法으로서 주물생산에 많이 사용되어 온 process이다. 이의 反應式은



이며 m : 규산소다의 mol比  
n : 규산 gel의 含水量  
x : 탄산소다 결정수의 mol比이다.

위의 反應式에서와 같이 CO<sub>2</sub> gas가 Na<sub>2</sub>O와 反應하여 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>가 생성되며 SiO<sub>2</sub>가 Gel化되어 珪砂粒이 견고하게 결합된다.

가. CO<sub>2</sub> process의 장단점

1) 장 점

- 가) 건조가 不必要하다.
- 나) 주형이 模型과 접촉한 상태에서 硬化되기 때문에 精度가 높다.
- 다) 조형기술의 숙련을 필요하지 않는다.
- 라) 가사시간 조정이 가능하다.
- 마) 惡臭發生이 없다.

2) 단 점

- 가) 흡습성이 강하여 주형강도가 저하된다.
- 나) 주입후 잔류강도가 높아 붕괴성이 나쁘다.
- 다) 表面安定性이 나쁘다.
- 라) CO<sub>2</sub> gas 吹入위한 설비가 要한다.
- 마) CO<sub>2</sub> gas 吹入시간으로 인한 生産性 저하

나. CO<sub>2</sub> Process의 적용

CO<sub>2</sub> 型에 사용되는 砂는 乾燥가 잘되어야 하고 微粉이 적어야 하며 砂温이 높지 않아야 한다. 또한 砂의 粒度分布 즉 粒度의 粗大한 狀態에 따라서 最高強度에 도달하는 시간이 變化하므로 混砂後의 一定한 性質을 얻기 위해서는 粒度分布의 差異에 따른 규산소다 배합을 조절해야 한다. 또한 砂中の 水分量이 증가하면 주형강도가 저하되는 경향이 있다. 따라서 砂中の 遊離水分을 最大限 줄이기 위해서는 乾燥해줄 必要가 있다. 砂中の 粘土分은 生型強度를 증가시키지만 CO<sub>2</sub> gas 吹入後 주형의 강도와 통기도를 저하시킨다. 또한 점토분은 표면 안정성을 저해하는 경향이 있다.

CO<sub>2</sub> 型の 점결제로서 사용되는 규산소다는 mol比에 따라서 硬化속도 및 가사시간이 變하며 조형후 연속적으로 합형 및 주입이 要하는 경우나 冬期의 경우는 mol比가 높은 것이 좋다. 混砂를 放置할 경우는 비닐包裝으로 덮어서 外部空氣와 차단되도록 密閉해야 된다. 混砂後 저장시간이 길수록 주형의 강도가 저하된다. CO<sub>2</sub> 型은 型拔作業이 어렵기 때문에 模型의 引拔分配를 충분히 주어야 한다. CO<sub>2</sub> 型은 大型의 주물에 많이 쓰이므로 소착이나 metal penetration을 방지하기 위해서 耐火度가 높은 주물사를 사용하거나 조형시 ramming을 단단히 함이 좋으며 alcohol제나 zircon제의 도형제를 반드시 塗布해야 한다. 造型後 鑄入前까지의 放置시간이 길어질 경우 CO<sub>2</sub> 型的 吸濕性이 크기 때문에 반드시 건조해 주어야 된다.

CO<sub>2</sub> 型은 開發된 以來, 이 型的 欠点들이 많이 있음에도 불구하고 많이 使用되어 왔으며 効率的인 CO<sub>2</sub> gas 吸入性, 규산소오다 선택등에 관한 많은 研究結果 生産성 향상 및 원가절감을 이루어왔다. 最近 개발된 자경성주형 때문에 CO<sub>2</sub> 型 사용이 감소하는 경향이 있다.

5. Full Mold 法

發泡 poly styrene으로 된 모형을 주물사中에 매몰시킨후 용탕을 주입하면 발포 poly styrene이 용탕의 열에 의해서 연소하여 기화된다. 용탕은 기화된 이 中空部

에 채워지면서 주물이 形成된다. 이의 조형법을 full mold라고 하며 모형하나로 제작하는 제품수가 극히 적은 경우 알맞는 process로서 이의 모형 재료비 및 가공비는 木型의 費用에 비하여 극히 저렴하다.

발포성 poly styrene은 탄소가 92% 수소가 8%인 炭化水素로서 발포 前에는 직경 0.5~3mm의 小粒이며 比重 1.0~1.1의 상태가 90~100℃에 발포하면 表4의 物理的 성질을 갖는다.

<表 4> 発泡 Polystyrene의 物理的 성질

비 중	15 ~ 20 kg/m <sup>3</sup>
압축강도	0.4 ~ 1.4 kg/cm <sup>2</sup>
굴곡강도	3 ~ 4 kg/cm <sup>2</sup>
열전도율	50℃에서 0.039 Kcal/m·Hr·℃

일반 포장용, 断熱用的 것으로서는 模型을 만들 수 없고 연소성과 가스발생량, 강도등이 개량된 鑄物用 발포성이 poly styrene이 必要하다.

#### 가. Full Mold의 적용

##### 1. 주물사

poly styrene은 加壓시 變形하므로 조형할 때 加壓하지 않는 유기, 무기계 자경성 주형이나 CO<sub>2</sub> 형이 알맞다. 또한 다량의 gas를 배출할 수 있는 良好한 통기성 penetration이 발생치 않을 것등이 요구된다. 보통 CO<sub>2</sub> process, cement process 유기 自硬性鑄型등이 사용되며 이들은 模型의 발취가 없으므로 주형内部的 硬化상태를 確認할 수가 없다. 따라서 각 주형사의 배합을 一定하게 하여 硬化시간에 의한 關係를 한다. 또한 주형벽이 模型에 의해서 지지되고 있으므로 점결제의 량이 다소 적어도 좋다. 또한 점결제의 량이 적은 경우 砂의 유동성이 良好하다.

점결제를 전연 사용치 않는 경우도 있으나 이 경우 제품의 크기와 형상에 제약이 심하다.

#### 나. Full Mold의 장단점

##### 1) 장 점

가) 模型제작이 廉가이며 간단하다.

나) 조형공수가 절감된다.

다) 제품의 寸수가 정확하다.

##### 2) 단 점

가) 量産이 困難하다.

나) 가스발생이 많으므로 결합발생우려가 있다.

다) 모형연소에 의한 鑄鋼品 局部加炭이 유발된다.

full mold의 短点を 보완하기 위해서 주물사 대신 鐵粒을 사용하고 磁力을 利用 粘結力을 부여한 Magnetic molding process가 개발되었다. 이 방법은 No-binder이기 때문에 유동성, 통기성이 양호하며 鐵粒 再使用이 용이하다. 또한 생산성도 일반 full mold보다 훨씬 높다. 냉각속도는 砂型보다 1.5~2.0배 높지만 과도한 薄肉이 아니면 冷硬組織은 발생치 않으며 통기성이 良好하기 때문에 poly styrene연소시 발생한 탄소의 害가 없다.

또한 magnetic molding법에 사용되는 모형은 기계가공에 의하지 않고 金型에 의하여 発泡成型한다.

## IV. 結 言

鋼의 鑄型으로서 선정시 考慮할 點은 造型의 容易性 鑄型の 精密度, 不良발생率등만이 아니라 投資 設備費 原材料費, 所要工數, 回收率등을 포괄적으로 다루어 全体的으로 어느 鑄型이 企業의 經營 合理化에 도움이 되는가 判斷해야 되리라 생각하며 주조공업의 公害性을 고려하여 주형선정시 環境보호, 産業폐기물 처리가 용이한 것으로 採択해야 될 것이다. 또한 주형선정 範圍를 既存의 造型的에만 局限시키지 말고 생산성 및 제품의 質을 向上시킬 수 있는 무기 및 유기 자경성주형과 無粘結劑 주형으로 視野를 둘러야 할 것이다. 현재 世界的인 鑄型추세는 古砂의 再生, 반복사용이 容易하고 生産性 및 제품의 精度가 높은 有機自硬性鑄型으로 轉換되는 바 우리도 充分히 檢討하여 우리 實情에 알맞는 유기점결제 및 設備를 개발해야 될 것으로 생각한다.

參 考 文 獻

1) W.B. Parkes "Behavior of clay Bonded Sands in a Foundry" B.C.I.R.A Journal 1961  
 2) Harry. W. Dietert "Processing Molding Sand" A.F.S Vol. 62  
 3) D.F. Baker & D.C. Williams "Factors involved in making a sand mixture" A. F.S Vol. 61  
 4) Wm. D. Emmett "Bentonite Properties & Composition" A.F.S Vol. 64  
 5) 日本鑄物技術普及協會 "鑄型造型法"  
 6) R. Williams, M.J. Knight "Internatio-

7) "nal Green Sand Practice" B.C.I.R.A D.A. Taylor "CO<sub>2</sub> Process Improvement" A.F.S New Technology 1961  
 8) Haley, G.D and Leach J.L the Casting Vol. 39  
 9) 金 在: "Phenol Resin" Plastic材料 강좌  
 10) M. Barnabe, P. Hubert & C.Lien "Furan Resin Air Set Sand"  
 11) J.Robins, L.I. Toriello. J. Hamilton" A New Phenolic Urethane No-bake Binder" A.F.S Vol. 79  
 12) Kazuhiro Moriyama and Toshinori Watanabe "Usage of Urethane self Hardening Mold" 鑄物

鑄物工場의 Layout

中小非量産鑄物工場의 機械化

Eoundry 103(1975)5 48/54

中小鑄物工場에 있어서 造型作業을 機械化 함은 鑄物の ton당 直接 노동력을 감소 시킬 수 있으며 作業者의 피로도 감소하고 生産의 융통성을 희생시키지 않은 利点등을 열거할 수 있다.

그림은 주형상자를 造型후 뽑는 (snap flask) 作業에 대하여 機械化를 어떻게 하여야 하는지를 보이고 있다.

이 장치는 2개의 平行한 line이 배치되어 中央의 conveyor는 flask를 회수하는데 사용한다. 鑄型을 型合하는 장치의 배출측에 주형은 人力으로 pallet conveyor 위에 옮겨져 flask를 제거하고 jacket를 설치한다.

