技術解說

吸　壓　造　型

小林俊尚 著*
姜 春 植 譯**

1. 머 리 말

現在 有機粘結劑를 使用한 鑄型은 널리 普及되어 있다.

有機自硬性鑄型은 最近 10年間에 顯著히 퍼진 造型法인데, 이 大部分이 手作業으로 되고 있다.

造型速度의 高速化, 造型工數의 節減 및 치수精度의 向上等, 鑄物의 生産에 크게 貢獻해 온 有機自硬性鑄型이기는 하나, 1個의 模型으로 1日 10個程度의 造型이 限度로서, 1日에 20個로부터 100個程度의 中롯트의 生産은 不可能하다.

造型後, 所定時間을 지나서 模型을 빼내고, 다음의 造型을 爲한 準備時間이 必要하기 때문이다.

速硬性의 自硬性 粘結劑로 各레진 製造業者에 依해 硏究, 販賣되고는 있으나, 可使時間을, 短縮하기 때문에 造型作業性이 나빠진다.

可使時間이 길고, 또, 模型빼기 까지의 時間이 짧은 造型法으로서 現在 使用되고 있는것으로서는, 熱 또는 가스를 利用해서 卽時 硬化시키는 方法이 있다.

熱硬化에 依한 鑄型鑄造法은 金型을 使用할것, 熱에 依한 型의 變形이 생기지 말것, 硬化直後에 鑄型이 뜨겁기 때문에 取扱이 힘들다는 것, 또 熱에너지를 多量使用한다는 等의 여러가지 問題가 있다.

한편, 가스硬化에 依한 鑄型造型法에는, 從來로부터, 콜드박스 (cold Box) 造型機가 있는데, 本機는 主로 셀 (shell) 코어 代身으로서 生型用코어를 對象으로 하여 왔다.

큰 코어를 만드는 造型機는 큰 클램프 (clamp) 力을 必要로 하기 때문에, 대단히 큰 裝置가 됨이 缺點이다.

또, 自硬性鑄型의 코어는 生産速度의 點으로 부터는 主型과 같은 自硬性으로 만드는 것이 一般的이다.

그런데, 前述한바와 같이, 自硬性의 生産速度를 더 빨리 하기 爲해서는, 主型 및 코어를 가스硬化性鑄型으로 하여야 한다.

"가스硬化鑄型으로 主型을"이라고 하는 思考方式은 以前부터 識者들에 依해 指摘되어 왔다.

그런데 裝置가 대단히 커져버리는 問題가 있었다.

가스硬化鑄型의 主型을 簡單한 裝置로 만드는 方法－이것을 實現한 것이 吸壓造型法이다.

吸壓造型法은 自硬性鑄型의 自動化라고 하는 硏究課題로부터의 産物로, 1981年6月부터 硏究開始하여, 試作實驗을 되풀이해서, 1983年5月 名古屋에서 施行

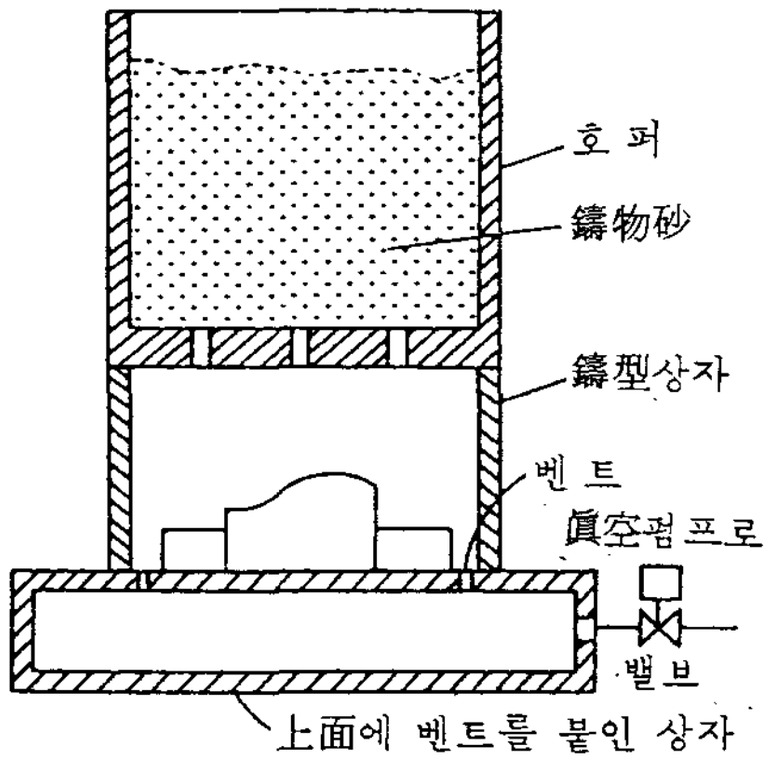


Fig.1 吸 引 充 塡

* 日本新東工業株式會社
** 서울工大 敎授

하여 日本鑄物協會 第103回 全國講演大會에서 發表하였다.

2. 造型原理

吸壓造型法은 가스硬化性鑄物砂를 높은 眞空壓으로 瞬間的으로 鑄型상자 또는 코어상자에 充填시키고, 眞空力에 依한 吸引으로 硬化가스를 鑄型 또는 코어에 通해서, 硬化시킴으로서 鑄型을 만드는 方法이다.

2.1 主型造型

吸壓造型法으로 主型造型을 하는 경우의 原理圖를 Fig1, 2 및 3에 나타내었다.

上面에 벤트 프러그 (Vent Plug) 가 박혀 있는 상자가 있고, 상자로부터는 발브 (Valve), 리시버 탱크 (Receiver Tank) 를 거쳐 眞空 펌푸에 配管되어 있다.

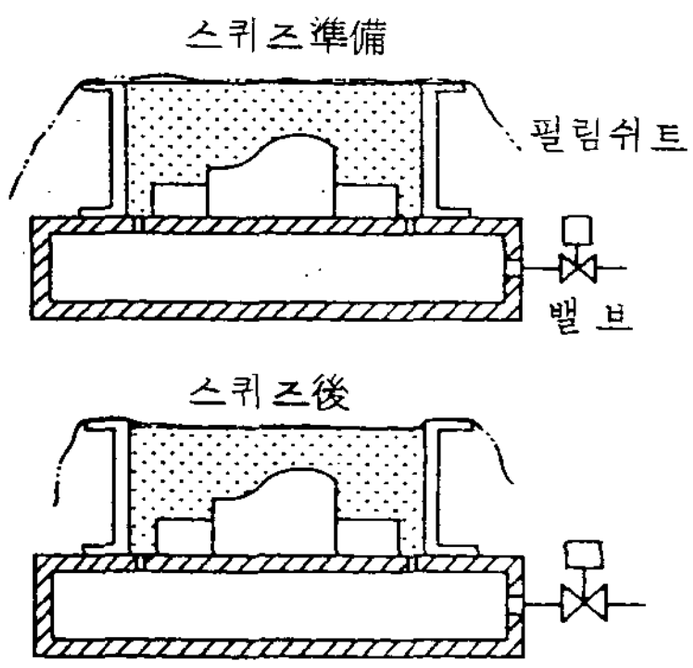


Fig.2 吸引 스퀴즈

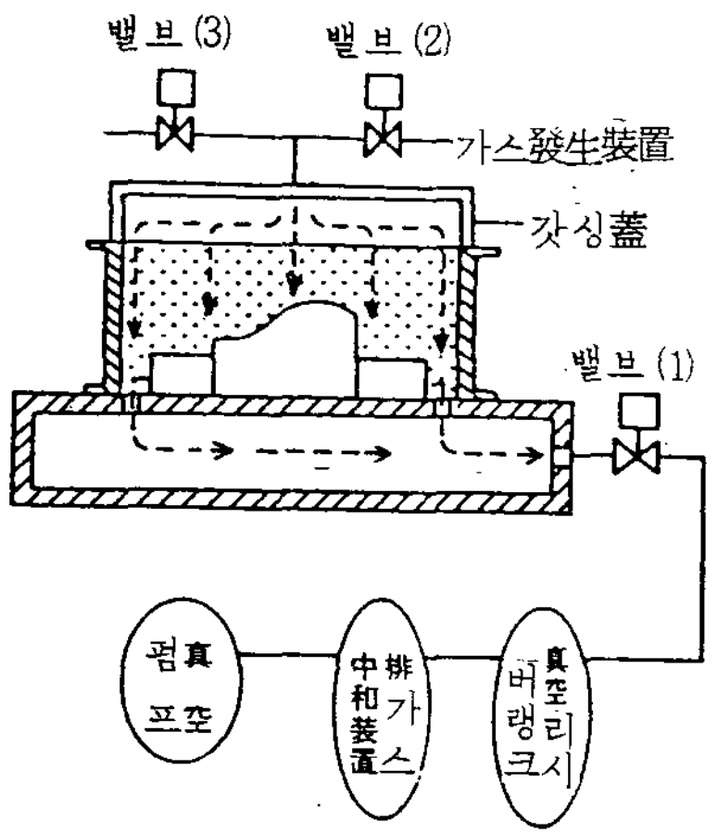


Fig.3 吸引 갓싱

패턴프레이트 (Pattern Plate) 에 鑄型상자를 設置한 後, 鑄型상자 上部에 上部 開放의 砂充填用 호퍼 (Hopper) 를 設置한다.

호퍼밑에는 鑄物砂의 流出孔이 複數個가 있다.

眞空펌프를 作動해서 리시버 탱크內 壓力을 -500mmHg의 高眞空壓으로 維持시킨後, 발브를 열면, 상자안 및 鑄型상자안이 삽시간에 高眞空이 되고, 이와 함께 호퍼內의 모래는 주형상자안으로 힘차게 吸引充填된다.

充填에 要하는 時間은 0.5~2.0秒이다.

또한, 充填密度를 높이고자 할 때에는 Fig 2에 나타내는바와 같이 吸引 스퀴즈 (Squeeze) 를 한다.

卽, 鑄物砂가 充填된 鑄型상자위에 필름 쉬트 (Film sheet) 를 덮은 후에 발브를 열면, 下部상자, 주형상자內가 眞空이 되어 필림 쉬트部分은 밑에 힘이 加해진다.

이 吸引力으로 充填되어 있는 鑄物砂가 스퀴즈 되어 充填密度가 높아진다.

鑄型硬化의 原理를 Fig 3에 나타낸다. 鑄物砂가 充填된 鑄型상자위에 거싱 (Gushing) 蓋를 設置한다.

거싱蓋로부터 발브(2)와 連結하여 가스發生裝置가 있고 또 발브(3)을 連結하여 大氣와 接續되어 있다.

眞空펌프作動後, 발브(1), 발브(2)를 同時에 열면 硬化가스가 砂內에 擴散된다.

所定量의 硬化가스를 導入한 後, 발브(2)를 막고, 발브(3)을 열어, 퍼징 (purging) 을 한다.

鑄物砂中을 通過한 硬化가스는, 眞空펌프앞에 設置되어 있는 排가스中和裝置로 完全히 淨化되기 때문에, 系外로 漏出됨은 없다.

硬化가스 通氣時間은, 鑄型의 두께, 使用砂의 粒度에 따라 다르나, 一般的으로 2~5 sec로 퍼징 時間은 20~40 sec이다.

2.2 코어 造型

코어 造型을 하는 경우의 原理圖를 Fig 4, Fig 5에 나타낸다.

Fig 4는 鑄物砂를 垂直割코어상자에 充填하는 경우의 原理圖이다.

코어상자는 背部에 中空室을 갖고 있고 캐비티 (Cavity) 部에는 中空室과 連通하는 벤트프러그 (Vent Plug) 가 꽂혀 있다.

코어상자는 背部에 中空室을 갖고 있고 캐비티 (Cavity) 部에는 中空室과 連通하는 벤트프러그 (Vent Plug) 가 꽂혀 있다.

中空室은 발브와 連結되어 리시버탱크, 眞空펌프에

接續되어 있다.

먼저 코어상자의 合型을 하고, 호퍼를 上部에 設置한다.

다음에 발브를 作動하면 캐비티內가 高眞空이 되고, 이와 同時에 호퍼內의 鑄物砂는 힘차게 캐비티 內에 吸引充塡된다.

다음에, Fig 5에 나타내는 바처럼 호-퍼를 들어내고, 거싱蓋로 砂供給口를 막는다.

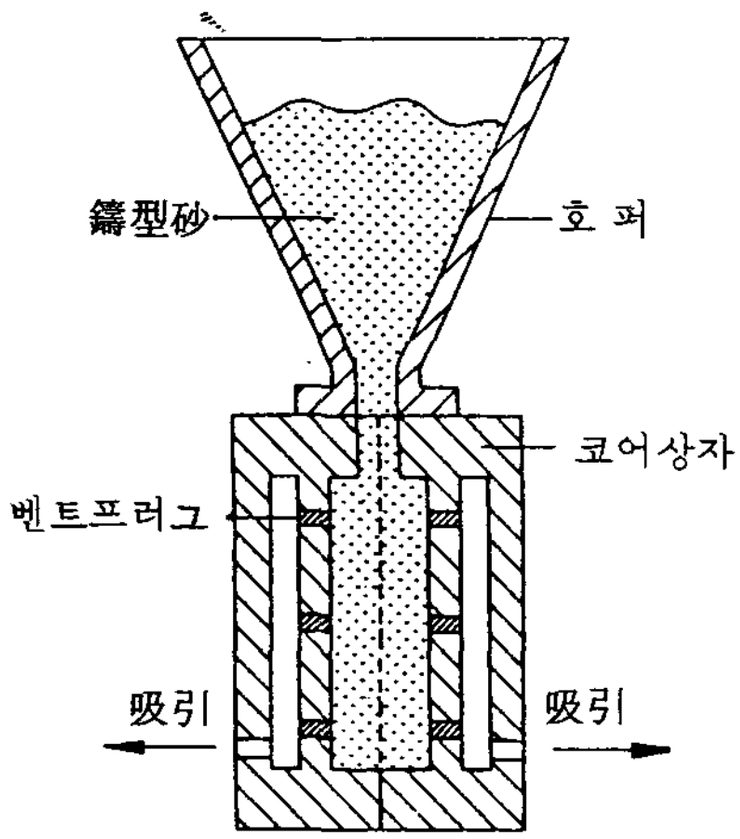


Fig.4 코어造型 ~ 吸引充塡

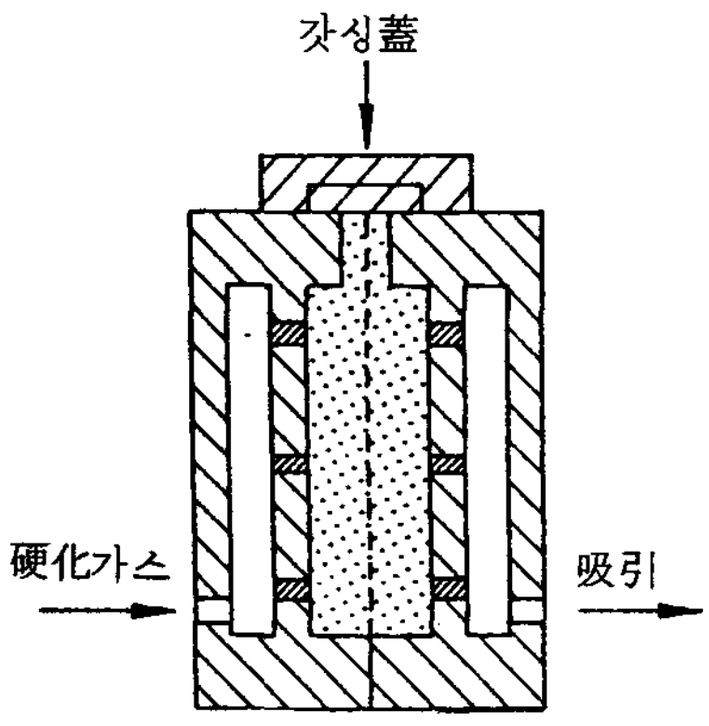


Fig.5 코어造型 ~ 吸引갓싱

발브를 바꾸어서 좌측의 配管을 가스發生裝置에 接續한 後, 右側配管으로부터 吸引을 하면, 캐비티內에 硬化가스가 導入된다.

所定量의 硬化가스를 導入後, 발브를 바꾸어 淸淨空氣로 퍼징을 한다.

3. 特 徵

吸壓造型法은 眞空壓을 利用해서 鑄物砂를 充塡, 硬化시키는 方法이기 때문에 다음과 같은 特徵이 있다.

3.1 木型을 使用할 수 있다.

差壓이 적기 때문에, 模型에 들어 붙음, 型의 摩耗가 적고, 木型을 使用할 수가 있다.

木型은 輕量이기 때문에, 型을 交換할때, 다루기가 좋고, 製作費用이 쌀뿐만 아니라, 製作할때 까지의 時間 (納期) 이 짧아 진다.

3.2 크램프 (Clamp) 를 必要로 하지 않는다.

眞空壓을 利用해서 하기 때문에, 型의 크램프를 할 必要가 없다.

鑄型상자內 또는 코어상자內를 眞空으로 하면, 鑄型상자와 샌드박스 (Sand Box) 와 패턴프레이트 (pattern Plate) 또는 左右코어상자와 샌드박스와가 서로잡아 당겨 합쳐서 실 (Seal) 을 보다 確實하게 해주기 때문이다.

더구나 砂充塡때와 이들의 틈으로 부터 鑄物砂가 튀어나오지 않기 때문에 安全하고, 또, 硬化時에는 硬化가스 (트리에칠아민 또는 亞硫酸가스 〔SO_2〕 等의 有害가스) 가 型外로 새어나옴이 없어 安全하다.

3.3 充塡機構가 簡單하다.

콜드박스機의 充塡은 2~3 kg/Cm² 의 壓力으로 불어 넣는 方式인데, 이 경우 호-퍼는 2 ~ 3 kg/Cm² 의 空氣壓에 견딜 수 있는 튼튼한 圓형상자의 容器로, 더우기, 密閉狀態로 할 必要가 있다.

吸壓造型機의 充塡裝置는, 下部에 구멍 또는 스릿트 (Slit) 가 있는 호-퍼로서 上部는 開放이다.

그렇기 때문에, 淸掃가 簡單하고, 短時間에 할 수가 있다.

또, 鑄型상자內 또는 코어箱子內를 삽시간에 高眞空壓으로 해서 充塡하므로 瞬間的인 充塡을 하고 다음에 硬化가스를 通하기 爲해서 곧 型빼기가 되어 鑄型生產은 自硬性과 比較해서 아주 良好하고 同一鑄型을 連續해서 生產할 수가 있어서 管理가 쉽다.

3.4 大物主型, 코어造型이 可能하다.

크램프를 必要로 하지 않는 것 또한 充塡機構가 簡單하다는 것 때문에, 從來 自硬性鑄型으로 밖에 되지 못했든 큰主型, 코어의 造型이, 比較的 簡單한 裝置로 된다.

吸壓造型과 從來의 吸入式 콜드박스造型 및 自硬性鑄型造型의 比較를 表1에 나타 내었다.

表 1 다른造型法과의 比較

項 目	吸壓造型	自硬性	콜드박스
生 産 性	○	×	○
木型使用	○	○	×
機械構造	간단한 구조	-	密閉式構造
호 - 퍼	不 要	-	○
크 램 프	大物可	自 由	大物困難
상자크기	小	大	小
設置面積	○	△ 넘치는 모래	△ 브로우헤르
가스샘, 모래튀어나옴	○	-	×
作業환경 (모래넘침)	○	×	△
生産管理	○	×	○

4. 適用可能한 造型法

本 프로세스는 鑄型상자中 또는 코어箱子中에 鑄物砂를 吸引에 依해 充塡하는 것이기 때문에, 自硬性砂를 鑄型상자에 充塡하는 것도 可能하다.

그런데, 自硬性砂의 경우는, 型빼기까지의 一定한 時間을 維持하지 않으면 안된다.

卽, 生産性의 改善의 餘地가 없다. 本 프로세스를 最大限 살린다고 하면 가스를 通하기에 依해서, 곧 型빼기가 될 수 있는 가스硬化性砂를 適用함이 좋다.

現在 利用되는 가스硬化性鑄型은 다음과 같다.

- 有機
  - 이소큐어法 (콜드박스法) 〔페놀·우레탄~아민〕
  - 하독스法 (So_2 法) 〔후란·퍼옥사이드 ~ SO_2〕
  - 라임鑄型法 〔페놀·消石灰~CO_2〕
- 無機 —— CO_2 法 (가스型法) 〔물유리~CO_2〕

4.1 이소큐어(Isocure) 法 (콜드박스法)

페놀 (phenol) 樹脂와 포리아이소시아네이트(polyisocyanate)를 쓰는 鑄型造型法으로, 室溫에서 數秒間으로 鑄型이 造型되고, 卽時 使用可能한 强度에 到達한다.

또 셀法, 핫박스法과 달라서, 熱을 使用하지 않기때문에 "콜드 박스法"이라고 불리고 있다.

反應式은 다음과 같다.

Part Ⅰ Part Ⅱ

$$HO\text{-}R_1\text{-}OH + OCN\text{-}R_2\text{-}NCO \xrightarrow{TEA}$$

結合樹脂 (포리우레탄樹脂)

$$\left[-OR_1 - OOCNH - R_2 - NHCO \right]_n$$

添加量은 Part Ⅰ, Part Ⅱ 를 各各等量, 合計로 砂에 對해 1.2~2.2 % 添加해서 使用한다.

바인다 (Binder)는 標準型, 速硬型, 長可使時間型, 耐濕性型等, 目的에 따라서 여러種類가 市販되고 있다.

바인다 및 觸媒로 어느것도 化學藥品의 一種이므로, 取扱함에 있어서 注意를 하여야 한다.

觸媒의 TEA (트리에칠 아민)의 排氣가스는 一般으로 燐酸水溶液에 吸收中和되는데 이 中和液의 廢棄는 産業廢棄物의 廢酸에 該當한다.

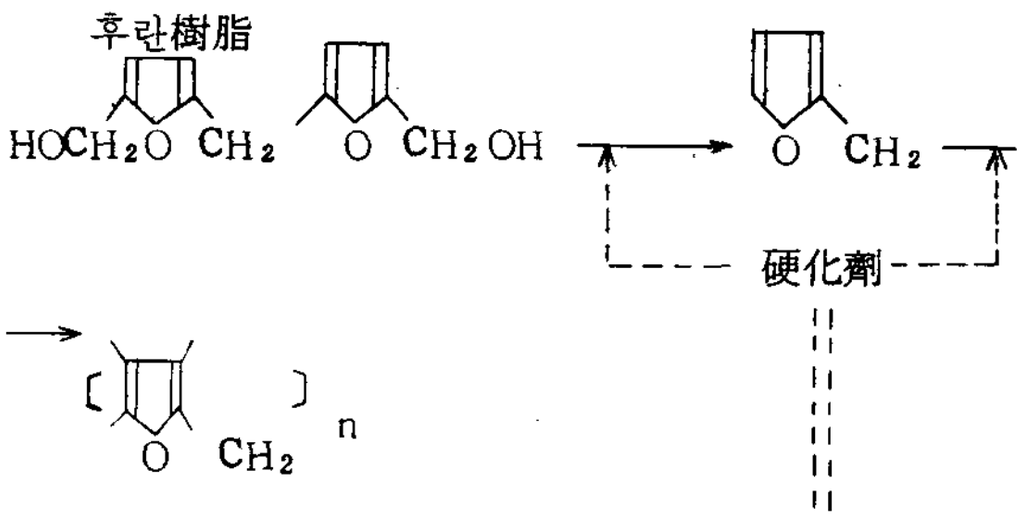
따라서, 公的인 認可를 얻은 化學處理工場에 委託해서 廢棄를 해야 한다.

4.2 하록스 法 (SO_2 法)

후란樹脂와 過酸化物 (퍼옥사이드) 를 쓰는 鑄型造型法으로, SO_2 를 通하여 硬化한다.

卽, SO_2 와 過酸化物에 依해 硫酸을 生成하고, 이 硫酸과 후란樹脂와가 高速의 縮合反應을 하여, 高分子化하고, 强度가 나타난다.

反應式은 다음과 같다.



過酸化物

$$SO_2 + [O] \rightarrow [SO_3] \xrightarrow[ROH]{H_2O} ROSO_3H$$

H_2SO_4

添加量은 후란樹脂가 砂에 對해 0.8~1.2 %, 過酸化物은 樹脂에 對해서 40~60 % 配合하고, SO_2는 砂에 對해서 0.4 % 程度 쓴다.

過酸化物은 酸, 알카리, 金屬, 熱, 摩擦 等에 依해 分解하는 아주 不安定한 物質이기 때문에, 混練은 短時間에 함과 함께 樹脂를 砂에 均一하게 混合한 後, 添加하고 混練해야 한다.

過酸化物用의 펌프, 配管은 接液部가 스테인레스, 테

프론, 포리에치렌等의 것을 使用해야 한다.

4.3 라임鑄型法

鑄物砂中에 石灰를 加하고, 造型後 CO_2 가스를 불어넣어 急速히 硬化하도록 한 鑄型造型法으로, 一般으로는 砂에 消石灰 ($Ca(OH)_2$)와 補助粘結劑인 水溶性페놀樹脂와를 混練해서, 造型後 CO_2가스를 通해서 硬化한다.

樹脂類를 主粘結劑로하고, 消石灰를 補助粘結劑로 해서, 消石灰를 補助粘結劑로 하는 方法도 있으나, 어쨋든, $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3$ 로 해서 생기는 $CaCO_3$ 와 熱로 樹脂를 重合시킨다.

添加量은 水溶性페놀樹脂가 砂에 對해서 3.0~5.5%, 消石灰 1.0~3.0 이다.

本 프로세스는 無害의 CO_2 가스를 쓰는 點이 뛰어난 것인데, 水溶性페놀樹脂의 粘性이 높은 것과 添加量이 많기 때문에 前述한 두가지의 造型法에 比해서, 砂의 流動性이 나쁘고, 吸壓造型法은 簡單한 모양의 것뿐에만 使用할 수 있다.

4.4 CO_2 法

鑄物砂中에 물유리를 添加하고, 造型後 CO_2 가스를 불어 넣어서 急速히 硬化되도록한 鑄型造型法이다.

添加量은 물유리가 砂에 對해서 4.0～6.0%이다.

물유리는 一般的으로 硅酸나트리움을 使用하는데,硬化速度, 崩壞性이 좋아 진다는 理由때문에 最近에는 硅酸카리움을 使用하는 法도 나타났다.

그런데, 어느것도, 粘性, 添加量이 많아서, 混練砂의 流動性이 그렇게 좋지 않기 때문에, 라임 鑄型法과 같이, 吸壓造型法은 簡單한 모양에만 使用할 수 있다.

5. 吸壓造型의 實施例

吸壓造型法을 利用한 主型造型機가 實際 鑄造工場에서 稼動하고 있는데, 그 實施狀況에 對해서 말하기로 한다.

이 工場의 造型設備는, 후란自硬性設備 디사마틱 (Disamatic) 및 數臺의 F型 造型機였다.

이 中에서 F型 造型機를 除去하고, 水平割吸壓造型機를 設置하였다.

對象品으로서 ①從來의 후란으로 造型하고 있었으나 生產롯드가 많아서 生產이 잘 맞아들어 가지 않는 것, ②디사매틱으로 하고 있었으나 주형상자의 크기에 들어가지 않는것, ③디사매틱이나 F型造型機와 같은 生砂의 鑄型에서는 치수精度가 나오지 않는 두꺼운 것을 考慮하여 採用한 것이다.

納入은 吸壓造型의 테스트케이스 (Test Case)로서, 1982 年 5月에 하였고, 今日까지 順調롭게 運轉되고 있다.

이 工場은 多品種少量生產의 鑄物工場으로, 닥타일 (Ductile) 製品을 生產하고 있다.

生產量은 約 400 t／月이다.

本 造型機로 H프로세스方案의 鑄型을, 이소큐어 (Isocure) 砂로 自動造型을 하고 있다.

H프로세스方案이라고 함은, 鑄型을 垂直으로 해서 水平方向에 스택크 (stack)하여 一端으로부터 鑄込하여 他端으로 向하여 順次로 鑄込하는 鑄造方案으로 ①回收率이 높고, ②鑄物의 品質管理가 容易하다. ③工場의 面積生產性이 좋은 等 많은 利點을 갖는 方案이다.

사진 1 은 使用하고 있는 吸壓造型機로 本機의 諸元을 表2에 나타낸다.

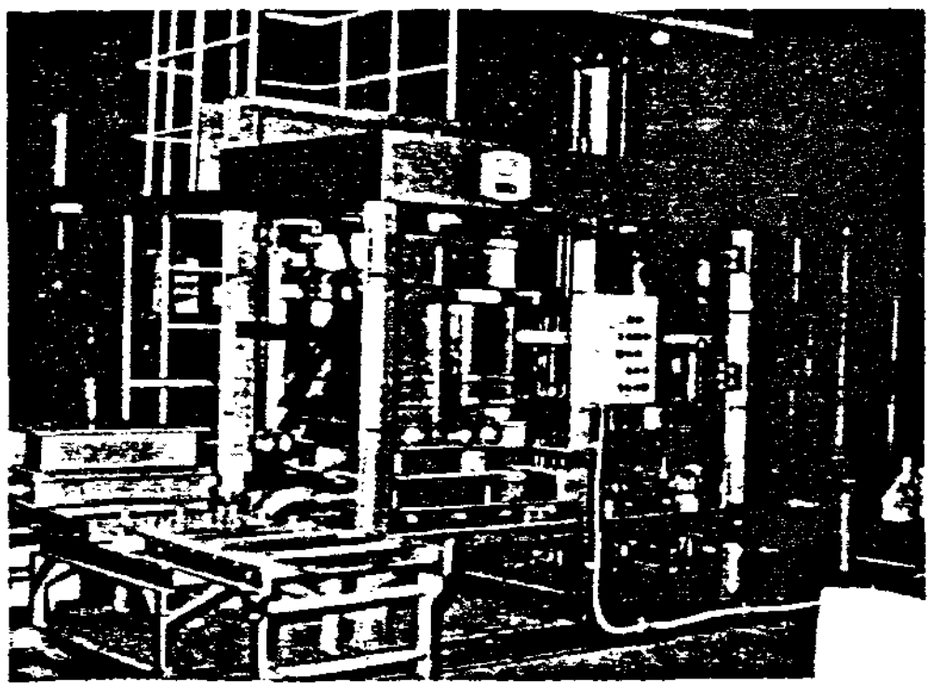


写真 1　主型用吸圧造型機

表2　機械諸元

造　型　機	
상자크기	700×550 (400×300 까지 (可變)
상자높이	40 H～200 H
핀조싸이클	40 sec (含吸引充塡時間)
제　어	全自動
混　練　機	단속式 (40 kg／40 sec／뱃치)
아민가스發生裝置	펌프式
진공펌프 能力	5 m³／min (-500 mmHg), 11 kW
排가스中和方式	인 酸液에 의한 버브링 方式
진공리시버탱크容量	1.6 m³

表3 造型규모

製品材質	닥타일 鑄鐵
使用砂	후리터리와 후리만틀의 混合砂 (再生循環使用)
바인다 (점결제)	이소큐어수지 PART I 0.6%, RART II 0.6%
주입方案	H 프로세스
塗型	스프레이 (알콜塗型)

사진 2에 模型 (木型) 을 나타낸다.

사진 3은 이 模型으로 造型한 鑄型이다.

사진 4는 鑄込狀況, 사진 5는 製品으로 H프로세스 方案이기 때문에, 湯道가 連結되어 있는 狀況이 確認된다.

이 工場에서는 測定器에 依한 鑄型의 强度測定을 하고, 所定의 强度가 되도록 管理를 하고 있다.

測定器는 데이타드社製 No 685 Impact Penetration Tester를 使用하고 있다.

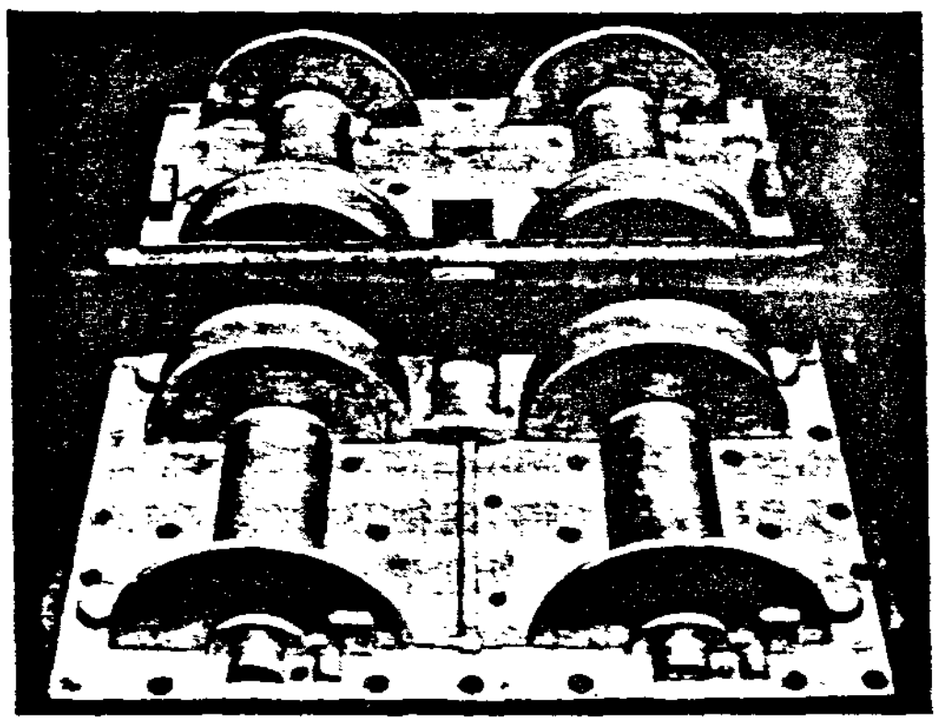


写真 2 模型(木型)

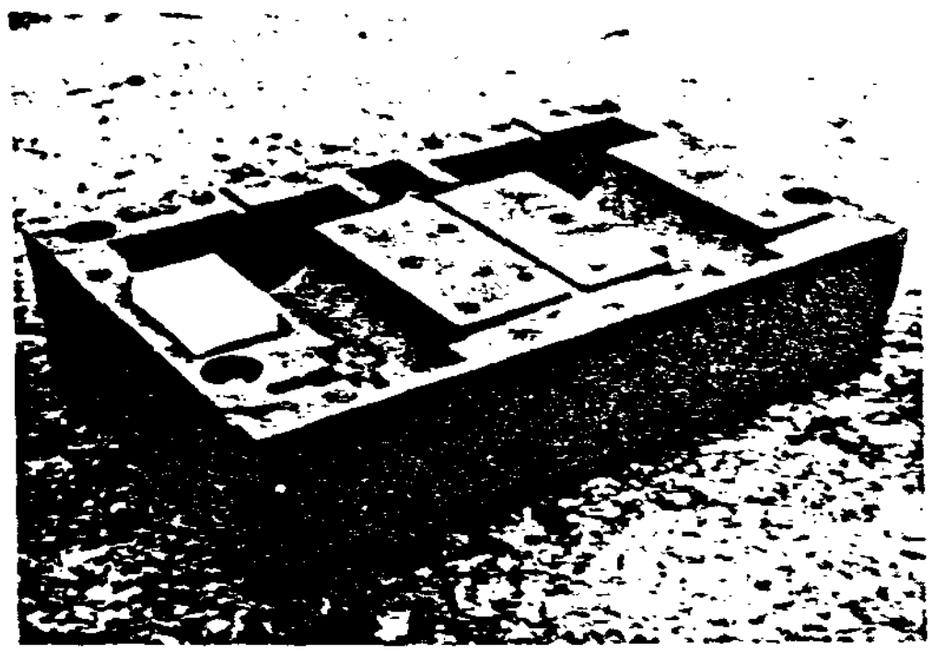


写真 3 鑄型

測定方法은 Fig 6에 나타내는 것처럼, 測定器를 鑄型面에 垂直으로 대어서 놉 (Knob) 部를 손으로 눌

写真 4 注湯狀況

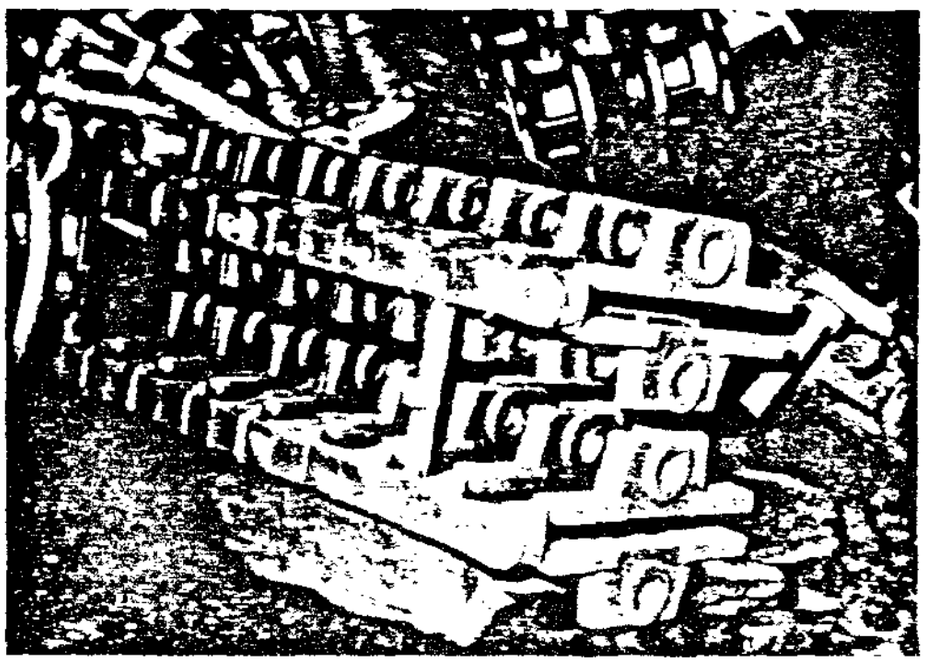


写真 5 製品

르면, 一定의 힘이 測定器先端部에 생긴다.

生端部가 鑄型內部에 一定 깊이에 侵入할 때까지의 누른 回數를 測定한다.

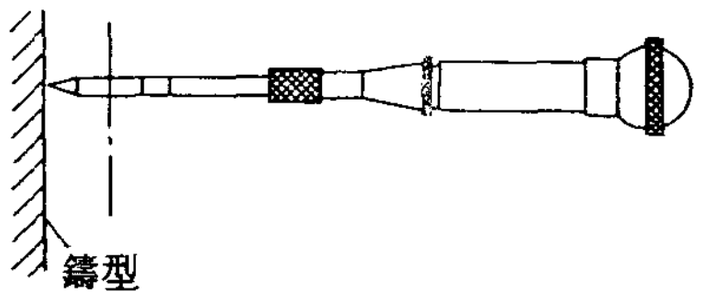
Fig 7은 本 測定器에 依한 測定値와 抗壓力과의 相關關系를 求한 것이다.

試驗片은 50φ×50 H의 標準試驗片을 作成하여,

● 測定器

데이타르社製 No.685 Impact Penetratjon Tester

● 測定方法



測定器先端部가 鑄型內部에 一定깊이까지 侵入할 때까지 눌르기 回數를 測定

Fig.6 測 定 方 法

Impact Penetration Tester와 抗壓力測定裝置와로 各各 測定해서 相關關係를 求한것으로, 本工場에 있어서의 鑄型强度의 管理値는, 造型 1 時間後의 測定値 가

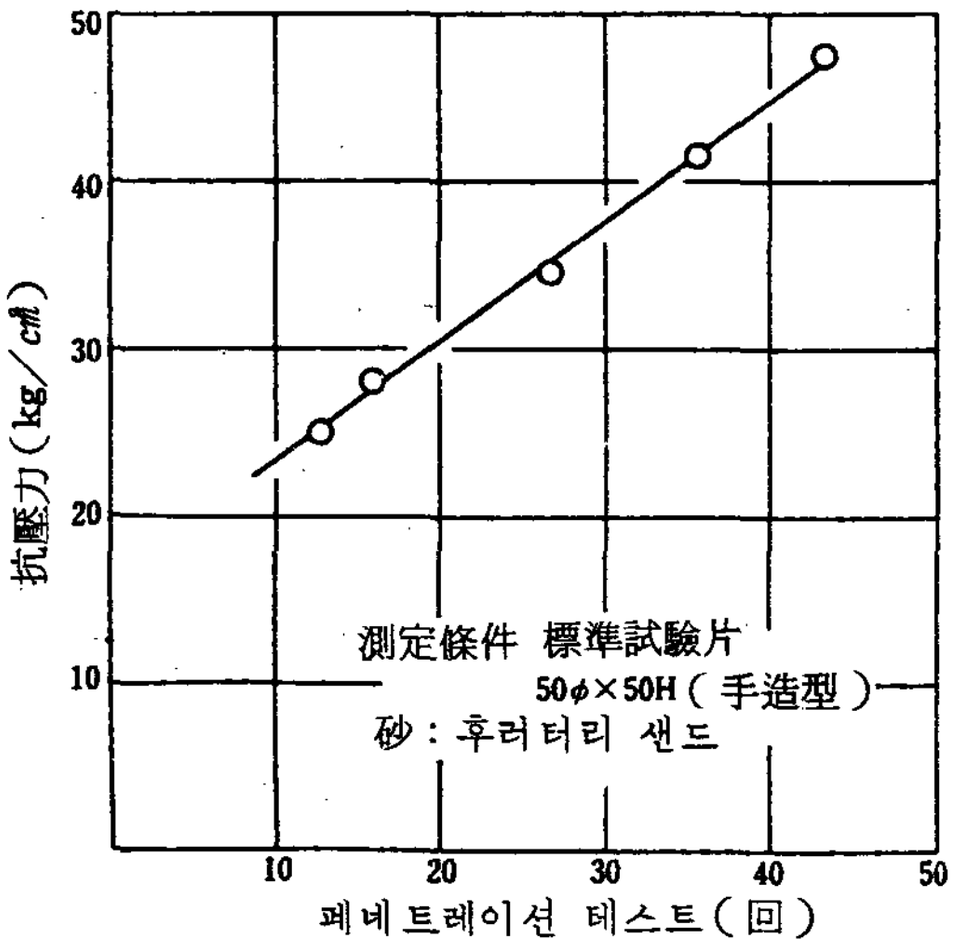


Fig.7 抗壓力과 페네트레이션과의 相關關係

10回 (抗壓力으로 23Kg／Cm²) 가 되도록 하고있다.

이 以下의 回數일것 같으면, 添加量을 減少시켜서 管理를 하고 있다.

機械를 納入해서부터 約1年半 經過했으나 이제까지 以下의 것이 確認되었다.

1) 自硬性에 比해 , 1個의 模型으로 連續的으로 鑄型이 生產되어, 中롯드의 注文에 對應할 수 있도록 되었다.

2) 自硬性에 比해, 砂와 金屬의 比를 작게 하도록 되었다.

3) 木型을 便用할 수 있으므로 模型값이 작아 진다.

4) 自動機械이므로, 作業者가 重勞動으로부터 解放되었다.

5) 吸引方式의 것싱때문에, 냄새가 새어 나오지 않고 作業環境이 좋다.

7) 生型에 依한 製品에 比해 치수精度가 向上되었다.

8) 模型에 樹脂의 들어붙음이 거의 없다.

9) 自硬性에 比해, 充分한 硬化後에 離型하기 때문에 離型時에 鑄型破損이 없다.(機械的으로 型빼내기 하는 것도 破損이 적어지는 要因으로 생각되어 진다.)

6. 맺 음 말

從來 가스硬化性鑄物砂를 利用해서 大型의 鑄型을 만드는 것은, 有毒가스의 새어나옴等으로 困難하였으나, 吸壓造型의 開發에 따라서 一步前進하였다.

가스硬化性 鑄物砂는 一般으로 硬化反應速度가 빠르고, 生產性을 좋게 할뿐더러, 通가스前의 鑄物砂는 保存性이 있다.

卽, 可使時間이 길고, 가스通氣後는 型빼기 處理가 곧 된다는 特色이 있다.

이런 特色으로서 吸壓造型이 생겨 났다.

吸壓造型은 또, 主型, 코어, H프로세스用 兩面鑄型, 셀狀鑄型等 여러가지 鑄型으로의 適用도 可能하다.

眞空力을 利用한 造型法은 V프로세스를 包含하여, 깨끗함과 함께 作業이 安全하고 簡便한 것으로부터 그의 應用分野는 더욱더 넓어져, 今後 多品種 少量生產의 自動化인 FMS, FA 에 이 吸壓造型法이 利用되리라고 생각된다.