후란自硬性 鑄型의 製造法

崔 昌 鈺

1. 序 論

自硬性鑄型이란 砂一粘結剤混合物을 成型後 模型을 발취하여 必要하다면 塗型을 하고 鑄型을 乾燥하거나 熱을 가할 必要도 없이 熔融金属을 鑄込할수 있도록 단시간에 自然硬化되는 鑄型을 의미하는 것으로 규산소오다, 시멘트등 無機粘結材를 사용한 無機自硬性鑄型과 有機粘結材를 사용하는 有機自硬性鑄型으로 分類한다. 이중 有機自硬性鑄型에 利用하는 粘結剤로서 一般的인 条件은 우선 常温에서 液相이며 다음은 必要에 따라서 常温에서 硬化反応이 일어나야 하는 것이다. 한편 최종상태에 있어서는 800℃ 이상의 熔融金属과 接触하여 熔融金属의 表面이 凝固가 始作될 때까지 接触한 砂粒位置를 固定시켜야 하는 것이다. 이와같은 조건을 만족하는 것으로는 지금까지 高分子化学工業에 의하면 페놀수지(phenol resin), 풀푸릴알콜계 樹脂를 含有한 후란樹脂(furan resin), 우레탄樹脂(urethan resin), 불포화폴리에스테르樹脂(unsaturated polyester resin), 알킷 樹脂(alkyd resin), 변형유리아樹脂(urea resin, 尿素樹脂), 변성멜라민樹脂(melamine resin)등을 열거할 수 있다. 이들 중에 현재 実用化되고 있는 것으로는 후란樹脂에 이어 우레탄樹脂 粘結剤의 応用이다. 또한 最近에는 페놀樹脂도 利用되고 있다. 이들 有機粘結剤중에 후란수지를 利用한 自硬性鑄型의 보급이 증가되고 있으므로 国内鑄型材料와 관련 후란自硬性鑄型의 製造法에 대하여 검토하고저 한다.

2. 使用材料

후란自硬性鑄型法의 使用材料는 硅砂 또는 지르콘砂를 골재로 하여 粘結剤로 후란樹脂와 硬化剤로 酸을 사용한다. 후란樹脂의 역사는 오래되어 19세기 중엽에 이미 소개되여 1940년경부터는 많은 研究가 실시되어 우수한 耐熱性, 耐摩耗性, 耐酸性, 내알카리性을 갖인 成型材料로서 基礎가 確立되었다. 따라서 이러한 후란樹脂를 鑄物用으로 주목하기 시작한 것은 1960年경으로서 加熱硬化型 (Hot Box Process)으로부터 酸硬化型 (No Bake process)의 개발이다.

2-1 후란수지

후란수지 (furane resin)의 주원료인 풀푸랄(furfral)은 일반으로 식물중에 함유되어 있는 펜토오스 (pentose)를 탈수 축합하여 만든다. 工業的으로는 옥수수의 심, 사탕수수의 짠 지끄기, 목화의 짠지끄기 등을 加圧下에서 수증기와 처리하거나 희유산 또는 염산과 처리하여 製造한다. 풀푸릴알콜 (furfuryl alcohol)은 furfral를 酸化銅, 크롬촉매를 使用하여 接触的으로 高圧水素를 添加하여 만든다 이를 그림 1에 表示한다.

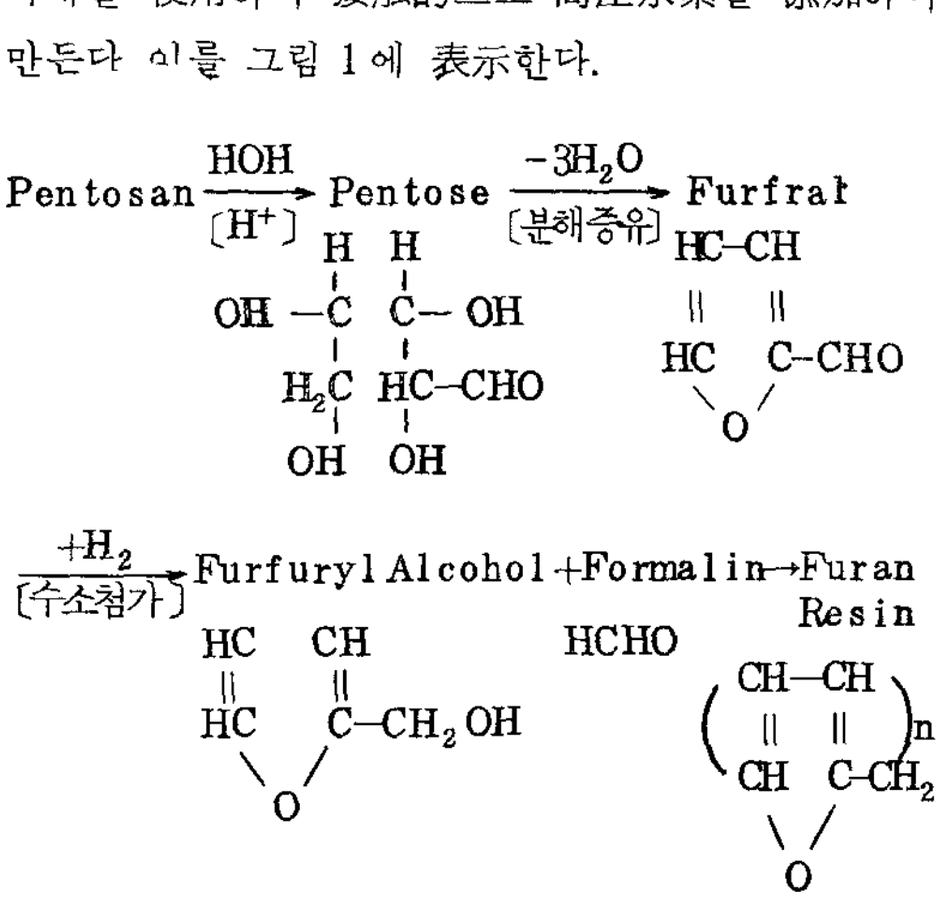


그림 1. Furan Resin의 製造工程図

Furfral 및 furfuryl alcohol은 加熱 또는 酸을 添加하면 重合하지만 鑄型用 粘結剤로서는 価格이 비싸므로 単独으로 使用보다도 formaldehyde, urea 및 phenol등과 共重合한 樹脂로 현재 製造使用되고 있다. 따라서 후란계 樹脂는 変性剤의 種類에 따라서 다음과 같이 分類한다.

東亜大学校工科大学教授

1) Furfuryl Alcohol／Formaldehyde계樹脂 (FA/F)

FA／F樹脂는 furfuryl alcohol 함유량이 높은 후란수지로서 N_2를 함유하지 않고 耐熱性, 強度및 긴 可使時間등의 여러가지 우수한 特徵을 갖고 있기 때문에 大形鑄鋼, 大形鑄鉄, 스텐레스鋼鑄型에 使用한다. 다만 高価의 FA분이 많기 때문에 価格이비싸다.

2) Urea-Formaldehyde ／Furfuryl Alcohol 계樹脂 (UF／FA)

UF／FA樹脂는 価格도 比較的 싸며 硬化速度의 관리도 용이하다. 질소 함유량은 통상 5~15%의 樹脂가 많다. N_2 함유량이 낮은 것은 耐熱性이 우수하나 価格이 비싸며, N_2 함유량이 높은것은 耐熱性은 나쁘나 価格이 低廉하다. 질소가스의 발생으로 인하여 鑄鋼用으로는 부적당하나 鑄鉄, 銅合金, 알미늄合金用鑄型으로 使用한다. 一部 저질소의 것은 鑄鋼用으로 使用하는 경우도 있다.

3) Phenol-Formaldehyde／FurfurylAlcohol 계樹脂 (PF／FA)

PF／FA樹脂는 질소를 함유하지 않으므로 질소가스発生이 없고 耐熱性이 우수하나, 硬化速度는 温度의 依存性이 크다. 鑄鉄, 鑄鋼, 스텐레스鋼鑄型에사용하고 있다.

4) Urea-Phenol-Formaldehyde／Furfuryl Alcohol계樹脂 (UF-PF/FA)

UF-PF/FA樹脂는 질소 함유량을 낮추기 위하여 요소 (urea) 의 일부를 phenol로 치환한것으로 질소의 함유량은 2～5%의 것이 많다. 硬化速度는 UF/FA樹脂와 PF/FA樹脂의 중간 정도이다. 鑄鋼鑄鉄用鑄型으로서 使用한다.

表1는 韓国, 日本, 美国, 및 英国의 主要業体別 후란樹脂의 種類를 分類하였으며 表2는 韓國 FOSECO 후란樹脂의 種類別 性状을 나타낸다.

表1. 후란樹脂系 自硬性粘結剤의 種類 및 分類

種類 / 業体名	FA/F	PF/FA	UF/FA	UF-PF/FA
韓國 FOSECO		Furotec CSR 200 〃 CSR 235 Eeolotec CSR 280 Furotec CSR 7500	Furotec 〃 CSR 150 〃 CSR 180 〃 CSR 749 〃 CSR 768 〃 CSR 868 〃 CSR 1013 M 〃 CSR 1503 〃 CSR 1802	
韓国 江南化成(株) 日本 大日本잉크化学工業㈱	EXP-C-7798	Foundrez TD-806LC 〃 TD-3387FLV	Foundrez TD-3389-F 〃 EX-NB-1005 〃 TD-3392 〃 TD-3387	
日本 花王 Quaker㈱			花王 light 140A 240A 340B 340A	
日本 神戸理化学工業㈱		X - furan 425	X-furan K - 20 - W K - 55 W 643	
日本 日立化成工業㈱	Hita furan VF-901	Hita furan VF-603 VF-653	Hita furan VF-903 VF-905	
美国 Ashland Chemicals Co	Chem Rez 250		Chem Rez 200 205 208 651	
英国 Fordath Ltd		Fordath CS 1003 CS 300 MOD CS 121	Fordath CS 130 CS 120 CS 90	

表 2. 韓國 FOSECO 후란樹脂粘結劑의 性狀

	Type of Resin	Density 20 ℃	F.A.	Free Formal-dehyde	Free Phenol	PH	N_2	Viscos-ity	Recommended Catalyst	Application
Low Grade										
CSR 749	UF/FA	1.20±0.05	40 Min	0.9 Max	–	7 – 8	9 Max	10—20	Foseco all Catalyst	economic Ingot case
CSR 768 M	〃	〃	〃	〃	–	〃	〃	〃	〃	〃
CSR 768 MI	〃	〃	42 Min	〃	–	〃	8 Max	〃	〃	〃
CSR 868	〃	〃	45 Min	0.7 Max	–	〃	〃	〃	〃	〃
Medium Grade										
CSR 150	UF/FA	1.2±0.05	50 Min	0.9 Max	–	〃	7 Max	〃	〃	all grade grey cast iron
CSR 180	〃	1.15±0.05	65 Min	0.5 Max	–	〃	5.4 Max	〃	〃	〃
CSR 1013 M	〃	〃	〃	〃	–	〃	3.7 Max	5—10	〃	〃
Top Grade										
CSR 1503	UF/FA	1.15±0.05	75 Min	0.3 Max	–	〃	3.7 Max	5—10	〃	high grade grey cast iron
CSR 1802	〃	1.10±0.05	90 Min	0.3 Max	–	〃	1.8 Max	5—10	〃	GCI,DCI, steel casting
Nitrogen Free										
CSR 235	PF/FA	1.15±0.05	75 Min	1.0 Max	0.5 Max	5 – 6	—	5—10	CSC 165	gengral grade steel
CSR 280	〃	〃	80 Min	0.9 Max	0.3 Max	〃	—	20—30	CSC 285	high grade steel casting
CSR 200	〃	1.20±0.05	–	0.9 Max	1 Max	〃	—	20—30	CSC 392	〃
CSR 7500	〃	1.15±0.05	80 Min	0.6 Max	0.2 Max	〃	—	20—30	CSC 350K	〃

2-2 후란系樹脂用 硬化劑

후란계수지는 여러가지 酸을 硬化劑로 使用하는 것이 가능하나 약산은 硬化速度가 늦고 必要強度를 얻기 위해서는 長時間을 要한다. 또한 규사와 均一하게 混合하여 樹脂와 均一하게 反応하기 위하여 液相일 必要가 있다.

現在 시판되는 硬化劑는 強酸의 水溶液이 一般的이다. 이들 硬化劑는 酸의 種類에 따라 無機系硬化劑와 有機系硬化劑로 分類한다.

1) 無機系硬化劑

인산, 황산의 水溶液 및 両者의 混合水溶液이 주로 使用된다. 硬化速度는 황산의 含有量이 높은 程度에 따라 速硬化用이 된다.

2) 有機系硬化劑

Para-toluene sulfonic acid benzene sulfonic acid와 같은 방향족슬폰산의 水溶液이 主로 使用된다. 硬化速度 조절을 위하여 황산이 병용하는 경우도 있다.

황산 또는 슬폰산계 硬化劑를 使用하는 경우의 熔融金属 鑄入時에 아유산가스(SO_2)의 発生과 인산계 硬化劑를 使用하는 경우 回収砂중에 인산이 남아있게 된다. 아유산가스의 発生量은 環境汚染防止上 적은것이 좋고 황산 및 슬폰산系 硬化劑를 사용하는 경우는 避하는 것이 좋으므로 高強度型의 樹脂를 使用하여 樹脂量 및 硬化劑量을 減少하는 것이 必要하다. 또한 인산의 경우 인산이 回収砂에 累積하기 쉬우므로 누적한 인산은 가스결함의 原因이 될뿐만 아니라 硬化速度에도 影響을 미친다. 따라서 回収의 回数가 增加함에 따라 인산계의 硬化劑를 使用하는 回収砂는 強度가 顕著히 低下된다.

表3은 國内 후란樹脂用 硬化劑를 分類表示한다.

表 3. 후란樹脂用硬化劑의 種類

酸의 種類 / 業体名	無機酸			有機酸		
	인산	황산	복합산	PTSA	슬폰산	복합산
韓国 FOSECO	CSC-285		CSC-233S	CSC-165	CSC 392 320 350K 500	CSC-300W
江南化成 ㈱					C-22-M C-89-S C-400	

2-3 硅 砂

후란系樹脂는 酸性触媒에 의하여 硬化하므로 규사중의 金属塩도 또한 酸과 反応하므로 규사의 選択에 있어서는 粒形, 粒度分布, 규산분 其他 미량불순물에도 注意할 必要가 있다. 一般으로 후란自硬性鋳型用 규사에 있어서 要求되는 事項은 大略 다음과 같다.

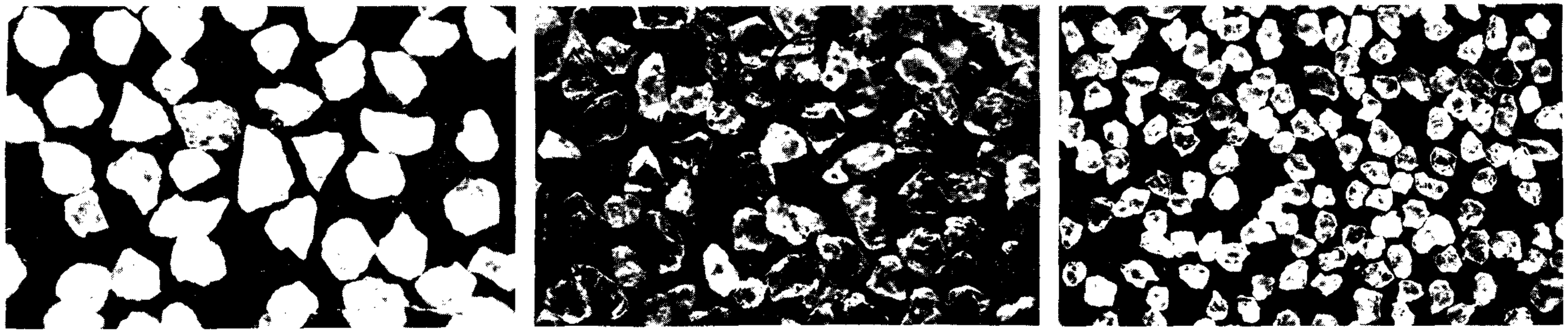
1) 硅砂의 粒度가 均一하며 微粉이나 粘土分이 적을것.

硅砂의 粒度크기와 分布는 후란自硬性鑄型法에 있어서 重要한 인자의 하나이다. 硅砂의 粒度가 微細하면 硬化가 늦다. 이는 粒度가 微細하면 表面積이 增加하여 樹脂의 附着하는 程度가 相対的으로 減少하거나 硬化反応에서 발생하는 水分의 발산이 妨害되어 鋳型중에 水分이 含有되어 있는 状態로 硬化하는 原因으로 追定하고있다. 또한 同一한 理由로서 粘土分이 많은 규사도 좋지않다. 후란自硬性鋳型에 使用하는 규사로서는 隣接한 3 screen(40 mesh로부터 70 mesh或은 100 mesh)이 80%程度가 適当하며 또한 넓은 粒度分布를 갖인것은 sand hopper에서 砂의 分離를 일으켜 鋳型의 品質이 일정하게 되지 않는 경우도 있다. 微粉은 0.1㎜ 또는 140 mesh以上의 크기의 것이 2~3% 以下가 되는 것이 바람직하다. 微粉이 많으면 樹脂量을 增加할 必要가 있으며 粘土分이 많으면 硬化劑로서 酸의 量을 增加시킬 必要가 있다. 또한 veining

表4. 硅砂의 粒度分布

(単位：%)

名称 \ Mesh No.	6	12	20	30	40	50	70	100	140	200	270	Pan	Clay	AFS GFN
안면도사 (천연규사)	—	0.3	0.7	0.7	1.4	2.6	18.6	66.3	7.9	0.3	0.2	0.2	0.9	67.3
임자도사 (천연규사)	—	—	tr	tr	0.5	5.7	42.2	49.1	2.0	0.1	tr	0.1	0.3	60.5
자은도사 (천연규사)	—	—	—	—	tr	0.5	10.5	70.6	17.4	0.6	tr	0.1	0.4	73.7
비금도사 (천연규사)	—	—	—	—	tr	1.5	29.3	60.2	8.2	0.1	tr	0.1	0.6	66.4
영일청하사 (천연규사)	—	0.3	2.0	2.9	7.7	20.6	38.8	24.2	2.3	0.1	0.1	0.2	0.8	51.3
양평사 (인조규사)	—	—	1.2	56.4	28.0	13.6	0.4	0.4	—	—	—	—	—	25.72
소요사 (인조규사)	—	—	0.2	17.4	25.4	41.2	14.4	1.0	0.4	—	—	—	—	35.9
영동사5호 (인조규사)	—	—	5.4	57.2	20.2	13.2	3.4	0.4	0.2	—	—	—	—	25.2
제천사6호 (인조규사)	—	—	—	0.2	13.8	40.2	24.6	8.8	5.2	3.0	1.4	2.8	—	59.32
강진사5호 (인조규사)	—	—	—	10.4	19.6	50.6	15.4	2.6	0.8	0.2	—	0.4	—	76.67
日本掛津규사	—	tr	0.2	1.9	38.7	42.8	11.0	3.4	1.2		0.7			64.5
日本最上규사	—	tr	0.1	14.3	45.7	29.5	8.8	1.0	0.05	0.15	0.1	0.1	—	54.4
호주 Flattery 규사	—	tr	0.1	0.5	9.2	22.4	31.0	26.5	9.8	0.1	0.1	tr	—	97.8
호주 Fremantle 규사	—	tr	0.9	11.3	41.0	27.0	9.1	7.6	2.8	0.1	0.05	0.05	—	62.7
서독 Quarzwerke H_{34}	—	—	1	12	57	28	1	1	—	—	—	—	—	66
서독 Quarzwerke F_{34}	—	—	1	15	50	30	3	1	—	—	—	—	—	67



양 평 사　　소 요 사　　강 진 사

그림 2. 國內人造硅砂의 粒形 例

양 평 사　　소 요 사　　강 진 사

그림 3. 國內人造硅砂의 表面形狀 例 (SEM)

결함방지대책으로서는 可能한 平滑한 粒度構成을 要求한다

表4는 国内 天然규사 및 人造규사의 粒度分布를 나타낸다. 또한 후란自硬性鋳型用砂로 使用하는 日本, 호주 및 西独의 규사에 対한 粒度分布를 參考로 併記하였다.

2) 粒形은 球形에 가깝고 表面은 平滑할 것.

규사의 形状은 樹脂量에 影響을 미치는것으로 球状(round sand grain)이 가장 樹脂量이 적게 소요되며 反対로 角形(angular)인 경우는 樹脂量을 많이 必要로 한다. 또한 규사에 対한 樹脂의 添加量은 규사의 表面積에 比例하므로 규사의 表面積에 関한 試験도 대단히 重要한 管理項目의 하나이다. 규사의 表面積은 파라핀의 浸透時間에 依한 比表面積의 試験法에 依하면 후란自硬性鋳型의 경우 砂의 比表面積으로서는 90～150㎠/g의 範囲가 適当한 것으로 이는 樹脂量이 적고 通気性도 좋으며 높은 가스発生이나 방출에 대한 問題가 없는 것으로 되어 있다. 한편 計算에 의한 규사의 理論表面積은100㎠/g 以下를 要求하고 있다. 또한 규사의 表面積以外에 규사의 表面状態도 有機自硬性鋳型의 管理에 있어서 重要한 要素이다. 규사의 表面에 균렬이 存在하거나 꺼칠게 되면 樹脂의 소요량을 增加시키고 再生에 의한 破砕率이 增加하게 된다. 따라서平滑한 表面을 갖인 것이 必要하다.

国内 人造규사에 대한粒形의 현미경 사진은 그림2에 나타내고 表面形状의 주사전자현미경(SEM) 사진은 그림3에 나타낸다.

3) 硅砂의 水分含有量이 적을 것.

규사중의 水分은 硬化剤의 농도를 희석하여 樹脂의 硬化速度를 顕著하게 지연시키기 때문에 후란自硬性鋳型에 使用하는 규사는 完全히 건조된 것이좋다. 규사의 水分量과 鋳型強度에 관한 研究結果에 依하면 鋳型의 強度는 규사의 水分量에 比例하여 직선적으로 減少함을 나타내고 있다. 또한 후란樹脂는 硬化에 依하여 縮合水를 発生한다.

규사에 含有된 水分이 自硬性砂의 硬化速度 및 強度에 미치는 影響에 対하여 表5에 나타낸다.

4) 酸消費量이 적고 PH가 中性에 가까울 것.

규사의 PH는 硬化에 있어서 重要한 要因이 된다. 酸消費量이 많은 규사의 경우는 酸 硬化剤를 使用하는 후란自硬性鋳型에 있어서는 基準以上으로 硬化剤를 많이 必要로 한다. 반대로 酸 消費量이 적은경우는 硬化가 빨라서 可使時間이 짧게되는경우도 있다. 규사는 一般으로 알카리분을 함유하고 있기 때문에 규사의 添加된 硬化剤는 우선 규사중의알카리分과 中和反応을 일으키고 나머지 酸이 樹脂의 硬化触媒가 된다.

규사의 PH와 酸消費量測定例를 表6에 表示한다.

表5. 규사의 水分이 自硬性砂의 경화속도 및 強度에 미치는 影響

(kg/㎠)

水分 \ 時間	1	2	3	5	24
0 %	4.8	13.2	20.0	28	24.1
0.4 %	0.3	0.4	3.0	13	26.3
0.6 %	0.2	0.3	2.3	10	23.0
0.8 %	0.1	0.23	0.8	5	20.0
1.5 %	0.1	0.2	0.4	3	15.0

비고. 규사 100 %
resin 1.2 %
경화제 0.36 %
온도 20℃, 습도 70 %

表6. 규사의 酸消費量 例

규사種類	규사의 PH	PH5의 酸消費量	PH3의 酸消費量
규사 A	6.5-8.6	16.89	25.24
〃 B	5.6	5.97	20.11
〃 C	6.5	4.02	7.21
〃 D	6.85	2.27	3.09
〃 E	6.80	4.14	5.97

5) SiO_2 分이 높고 不純物이 적을 것.

후란自硬性鋳型法에 使用하는 규사는 SiO_2分이 많은 것이 요구된다. SiO_2 分이 높은 규사는 金属酸化物의 量도 적다. 金属酸化物은 塩基性의 것이 많고 金属酸化物이 많은 것은 酸의 使用量이 많다.따라서 酸을 많이 必要로 하는 규사는 自硬性鋳型에 있어서 経済性이 나쁘고 鋳型의 強度도 低下한다.

自硬性鋳型에 있어서 규사의 SiO_2 分은 96% 以

上을 要求하고 있다. CaO, MgO는알카리分으로써 酸消費量을 增加하고 FeO, Fe_3O_4는 樹脂의 硬化阻害의 作用이 있으므로 1%以上 存在하면 전연 強度를 나타내지 않으며, 0.2%程度 存在하는 경우도 強度를 나타내는 것은 24時間後이다. Al_2O_3도 樹脂의 硬化作用을 妨害하므로 含有量이 적은 硅砂를 使用하는 것이 좋다.表7는 國內, 日本, 호주의 硅砂의 化学成分 例를 表示한다.

表 7. 규사의 化学成分

(单位 : %)

名称 \ 化学成分	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Ig loss
안면도사 (천연규사)	88.7	4.85	0.35	1.12	1.41	0.28
임자도사 (천연규사)	88.7	6.69	0.33	<0.01	0.17	0.42
자은도사 (천연규사)	88.1	6.06	1.46	0.78	1.66	0.34
비금도사 (천연규사)	87.8	4.63	1.17	0.56	1.48	0.7
영일청하사(천연규사)	83.2	7.6	3.52	1.45	0.61	0.52
양 평 사(인조규사)	96.91	2.52	0.56	Tr	Tr	0.01
소 요 사(인조규사)	97.92	0.96	1.11	Tr	Tr	0.01
영동사5호(인조규사)	95.78	3.20	0.50	Tr	Tr	0.50
제천사6호(인조규사)	98.76	0.36	0.75	Tr	Tr	0.12
강진사5호(인조규사)	99.82	0.40	0.74	Tr	Tr	0.51
日本掛津규사	88.58	5.2	3.7	0.3	0.4	0.82
日本最上규사	94.78	3.23	0.13	0.39	0.04	0.40
호주Flattery 규사	99.90	0.04	0.008	0.008	0.002	0
호주Fremantle 규사	99.81	0.08	0.03	0.04	0.01	0.03

6) 알카리토류 및 알카리금속류가 적을 것.

규사중에 炭酸소오다 (Na_2CO_3), 인산소오다 (Na_3PO_4), 염화나트륨 (Nacl), 탄산칼슘 ($CaCo_3$) 등이 含有되어도 硬化가 현저히 저해된다. 어느 경우라도 硬化剤量을 많이하면 초기강도의 回復은 可能하지만 塩類가 含有하지 않을때의 改度 (最終強度)까지는 되지 않는다. 例로서 탄산소오다의 存在는 硅砂에 인산硬化剤를 使用하는 경우 両者가 反応하여 다음式과 같이 된다.

$$3Na_2CO_2 + 2H_3PO_4 = 2Na_3PO_4 + 3H_2O + CO_2$$

인산의 농도가 희석하여 硬化速度가 지연될 뿐만 아니라 생성된 Na_3PO_4, CO_2, H_2O가 樹脂의 粘結力을 弱하게 한다.

3. 配 合

후란自硬性鋳型砂의 配合은 配合比 및 混統方法에 의하여 크게 影響을 받는다.

3-1 配合比

후란自硬性鋳型法에 의한 鋳型의 硬化速度와 強度는 樹脂 및 硬化剤의 種類와 이들 配合比率에 따라 다르다.

配合에 있어서 考慮해야할 점은 규사의 温度, PH 酸消費量, 水分등이다. 규사의 温度는 配合決定에 있어서 특히 중요한 요인이 된다. 후란樹脂의 硬化反応은 発熱反応이므로 규사의 温度가 높으면 反応이 触進된다. 또한 温度가 낮으면 発熱이 늦어 反応이 進行하기 어렵게 된다. 自然의 条件에서는 季節에 따라 気温 (또는 湿度) 의 変化가 있으므로 同一한 配合이라도 硬化速度가 相当히 다르다. 그러

므로 일정의 硬化速度를 얻기 為해서는 규사의 温度를 一定하게 維持하는 것이 좋다. 그러나 이는 相当한 에너지를 必要로 하기 때문에 実際는 많이 하지 않는다.

表 8는 후란混練砂의 混練분위기 温度別 硬化速度의 関係를 나타낸다.

表 8. 후란混練砂의 混練분위기 温度別 硬化速度

混練硬化 분위기	규 사 添加量	樹 脂 添加量	硬化剤 添加量	放置時間 (Hr)				可使時間 (分)
				1	2	3	24	
(砂温) 10 ℃	100	UF/FA 2	20	0	1.6	8	51	20
			30	8	19.6	29.6	62	10
			40	14	28.1	42.8	66	6
20 ℃	100	2	20	0.5	12	23	55	14
			30	32	50.5	55	68	4
			40	39	44	45.6	59	3이내
30 ℃	100	2	20	11	25	36	69	8
			30	38	41	46	53	3이내
			40	36	37	37	42	3이내
10 ℃	100	PF/FA 2	20	0	0.6	1.8	28.6	40
			30	0.9	3.3	7.2	37.9	25
			40	1.8	6.9	16.3	46.5	18
20 ℃	100	2	20	2.8	7.6	15.3	48	14
			30	10.0	18.5	26.3	61	6
			40	13.5	21.6	30.2	63	4
30 ℃	100	2	20	7.2	16.1	24.9	60	8
			30	15.2	28.0	37.6	68	4
			40	20.0	39.2	43.2	59	3

3-2 混練方法

混練에는 **batch mixer**와 **flow mixer**를 利用한다.

1) **Batch Mixer**

후란自硬性鋳型砂의 **batch mixer**에 의한 混練方法은 다음 순서에 의한다.

①규사를 믹사에 넣고 硬化剤를 添加한다.

②混練을 始作하여 硬化剤를 규사에 均一히 코팅한다. 混練時間은 30초~60초가 標準이다. 処理砂의 量은 믹사의 効率에 따라 変한다.

③樹脂를 添加하여 再混練한다.

④配出한다.

한편 混練에 의한 注意事項은 다음과 같다.

①硬化剤와 규사의 混練이 不充分하면 硬化剤의 附着한 部分만 硬化하여 強度의 不均일이 일어난다.

②硬化剤와 樹脂의 添加順序가 反対로 되면 硬化剤 添加部分만 硬化하여 黒色의 반점이 나타나게 된다.

③樹脂添加後 混練時間이 길면 믹사내에서 反応이 進行하여 可使時間이 짧아진다.

2) 연속 **Flow Mixer**

樹脂 및 硬化剤의 添加方法은 **batch**式과 같이 硬化剤를 먼저 添加한다. 이 때 硬化剤와 樹脂의 토출관 간격이 서로 直接 接触하지 않도록 30 *cm*이상 距

離를 둘 必要가 있다.

4. 造型

후란自硬性鑄型法에 의한 造型法은 다른 自硬性鑄型의 것과 큰 차이가 없다.

1) 離型

후란自硬性法에 의한 混合砂는 다른 方法에 의한 鑄物砂에 比較하여 模型에 鑄物砂가 붙게 되는 결함(sticker)이 일어나기 쉽다. 防止法으로는 離型剤를 使用하는 경우도 있다.

2) 可使時間

可使時間이라함은 混練後 配合砂의 強度 및 造型性이 維持될 수 있는 時間을 나타낸다. 후란自硬性混合砂의 硬化는 樹脂와 硬化剤의 混合에 의하여 始作되므로 一定時間이 경과되면 急速히 進行한다. 따라서 混練後 可能한 빨리 造型할 必要가 있다.

3) 型込

후란自硬性法에 의한 混合砂는 流動性이 좋고 結合이 容易하므로 CO_2型砂와 같이 가볍게 다짐하여도 充分하다. 또한 후란自硬性法에 의한 混合砂는 高価이므로 使用量을 최소로 하여야 한다.

4) 離型時間과 內部硬化

후란自硬性法에 의한 混合砂는 外気와 接触하지 않는 部分은 硬化가 늦다. 硬化되지 않는 状態에서 離型을 하면 鑄型의 破損이나 木型에 鑄物砂가 붙게 되는 결함이 일어나는 경우가 있다. 내부의 硬化触進法으로는 空気 또는 熱風을 CO_2法과 같이 보내면 効果的이다.

5) 芯金, 가스빼기

鑄型의 芯金은 CO_2型 정도로서 充分하다. 가스빼기는 특히 관심을 갖고 실시할 必要가 있다. 造型時 사란(saran) 등을 埋没하거나 造型完了後 바로 가스침으로 가스빼기 구멍을 만드는 方法이 좋다.

6) 補修方法

簡単한 경우는 鑄型用接着剤로서 보수하나 커다란 경우는 부분을 만들어서 接合하는 것이 좋다.

7) 塗 型

一般으로 알콜도형제가 使用되나 水溶性의 塗型剤도 使用한다. 이때 表面乾燥가 必要하다. 表面이 完全히 硬化된 後에 塗型을 칠하여야 한다. 그렇지 않으면 鑄型균열이나 変形이 일어나는 경우도 있다. 또한 大型鑄型의 경우는 塗型層을 두껍게 하는 것이 좋다.

5. 適用範圍

후란自硬性鑄型法은 특히 鑄物의 크기에는 제한이 없다. 製品別로서는 이형관, 工作機械鑄物, 船舶用部品鑄物, 잉코트케이스, 小型鑄物등 여러가지 製品에 적용된다.

1) 鑄鋼 및 스텐레스鋼鑄鋼

鑄込温度가 가장 높으므로 후란계수지중에서 耐熱性이 우수한 PF/FA계가 実際로 다량 使用되어 良好한 結果를 얻고 있다. UF/FA계에서는 질소함유량 2%가 상한으로 되어 있으며 후란이 상당히 많은 것도 문제로 남아 있다. 일반으로 耐熱性이 우수한 樹脂는 可撓性이 欠乏되어 製品에 균열이 생길 可能性이 많아 이런 경우는 木粉등의 큐숀材를 使用하는 例도 있다.

2) 鑄鉄 및 球状黒鉛鑄鉄

反応의 管理가 容易한 UF/FA계가 많이 사용된다. 단지 回収砂를 使用하는 경우는 LOI의 管理에 注意가 必要하다. 特히 球状黒鉛鑄鉄에 있어서는 硬化剤의 残渣의 影響(主로 S와 P)를 充分히 考慮하여야 한다.

3) 銅合金

鑄鉄과 같이 UF/FA가 使用된다.

A) 알미늄合金

鑄込温度가 낮으므로 鑄型의 崩壊性이 다른 鑄造合金에 比較하여 나쁘다. 耐熱性이 낮은 UF/FA계가 利用된다.

製品別 실시例를 表9에 表示한다.

表 9. 製品別実施 例

製品	新砂	回収砂	樹脂	硬化剤	備考
잉코트케이스 (鋳鉄)	10 (4호규사)	90 (4호규사)	2 (UF/FA)	0.7 (인산)	연속믹샤
터빈케이스 (鋳鋼)	100 (5호·6호)		2 (PF/FA)	0.6 (슬폰산)	Batch믹샤
工作機械部品 (球状黒鉛鋳鉄)	100 (6호규사)		1 (UF/FA)	0.25 (슬폰산)	연속믹샤
一般機械部品	85 (5호규사) 15 (8호규사)		1.5 (PF/FA)	0.8～1 (인산)	심푸손믹샤
	100 (지르콘사)		1.8 (PF/FA)	0.5～0.7 (인산)	심푸손믹샤

6. 設 備

후란自硬性鋳型法은 다른 造型法에 비교하여 設備費가 다소 低廉하다는 것이 特徴으로 되어 있다.

6-1 混練機 (Mixer)

混練機는 여러가지 種類가 시판되고 있다. 粘土系 및 규산소오다系粘結剤의 경우는 混合과 混練(mulling)의 두가지 機能이 要求되지만 후란의 경우는 混合으로서 充分하다.

1) Batch Mixer

Batch式 混練機는 混練砂를 直接 鋳型상자(flask)에 投入할 수 없기 때문에 硬化速度를 늦게하여 可使時間을 길게 할 必要가 있다. 그러므로 可能한 混練時間이 짧으면 効率이 좋은 것으로 温度上昇이 없는 것이 좋다.

種類로서는 Simpson Mixer, Whirl Mixer, Supper Mixer 등이 있다. Simpson Mixer는 回転数가 적고 効率이 낮기 때문에 좋지 않다. Whirl Mixer와 Supper Mixer등은 適当하다.

2) 연속 Flow Mixer

연속式의 것은 混練効率이 좋고 규사와 樹脂및 硬化剤의 投入이 自動的으로 行한다. 必要量을 자유롭게 조절될 수 있어 労動力 節約, 材料節約, 可使時間의 조절등 有利한 点이 있다.

6-2 造型機

混練機에서 排出된 후란混合砂는 그대로 鋳型상자에 投入되어 가볍게 다짐 또는 진동에 의하여 충진한다. 후라混練砂는 流動性이 좋으므로 生型砂와 같이 높은 충진에너지를 必要로 하지 않는다. 다짐에는 木材의 角棒이 使用되며 진동전달장치로서 진동모타가 使用된다.

6-3 鋳型상자運搬裝置

大型鋳形상자의 運搬에는 크레인이 使用되지만 작은 상자나 코어는 로라콘베어에 의하여 운반하는 例가 많다. 鋳型을 運搬하지 않는 경우는 후란混合砂의 可使時間을 길게하여 hopper의 使用도 可能하다.

6-4 古砂回収再生裝置

후란계수지로서 造型한 鋳型은 주탕후 鋳型破砕가 용이하고 崩壊性이 좋은 것은 鋳物에 接한 部分과 그 주위이다. 熱影響이 적은 주형상자側의 部分은 崩壊性이 나빠서 괴상으로 된다. 이를 崩壊하고 소괴로 된 것을 다시 砂粒状으로 微粉化하고 砂粒에 附着한 탄화물 或은 樹脂의 硬化物을 除去하게 된다. 이와같은 古砂回収再生裝置의 例를 그림 4에 表示한다.

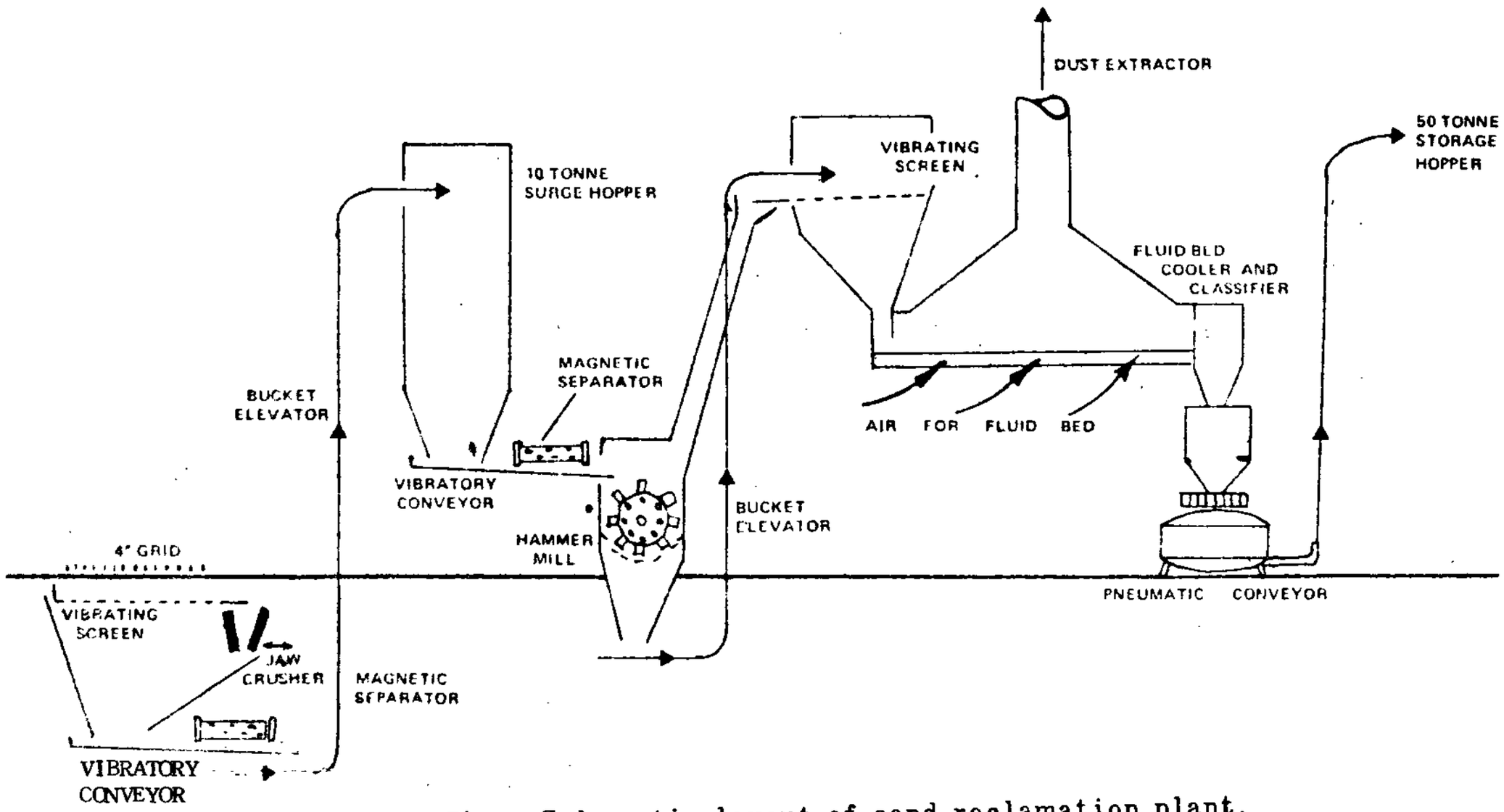


그림 4. Schematic layout of sand reclamation plant.

7. 鑄造缺陷

1) 燒着 (burned-on-sand)

熔融金属과 鑄物砂가 反応하여 鑄物表面에 모래가 附着하여 表面이 거칠게 되거나 砂落이 나쁘게되는 현상으로서 주로 두꺼운 큰 건물에 発生하기 쉽다. 対策으로서는 다짐을 充分히 하고 特히 모서리部分에는 관심을 갖고 다짐할 必要가 있다. 지르콘砂나 크로마이트砂의 配合은 効果的이다. 特히 크로마이트砂는 1100～1300℃에서 소결되어 熱間強度를 発揮하여 燒着防止効果과 優秀하다.

2) 베닝 (veining)

熔融金属鑄込時 鑄型이 균렬되어 핀 (fin, 주물지르러미) 과 같은 것이 생긴 현상으로서 対策은 混合砂의 熱팽창을 抑制할 必要가 있다. 규석材로서 전분등을 添加하는 것도 한 方法이다.

3) 熱間균렬 (hot tear)

樹脂系自硬性鑄型으로서는 可撓性이 낮기때문에 모서리부에 발생한다. 対策으로는 지르콘사나 크로마이트砂를 局部的으로 使用하면 좋다.

4) 가스欠陷 (blow hole, pin hole)

가스빼기를 充分히 하여 熔融金属鑄込後 가스는 着化하여 연소를 한다. 또한 再生砂의 LOI를 저하하며 新砂를 보급하여 S/M비를 낮춘다. 樹脂가 미경화의 경우, 도형의 용매가 충분히 除去되지 않는 경우 가스欠陷이 発生하기 쉬우므로 樹脂가 충분히 硬化한後 (24 時間後) 或은 塗型의 용매를 메타놀에서 浸透性이 적은 I.P.A로 바꾸어서 건조를 충분히 한후 鑄込한다. 또한 鑄込温度, 鑄込速度를 変更하거나 季節에 따라 触媒를 選定하여 添加量을 低下한다.

8. 利点과 缺点

1) 利点

①상온에서 完全히 硬化하기 때문에 소성에 요하는 努力, 時間, 乾燥費가 不必要하므로 造型工数가 절감된다.

②칫수정도가 높아서 鑄型의 보수가 전연 必要로 하지 않는다.

③造型의 熟練度를 그다지 必要로 하지 않는다.

④高強度이므로 芯金을 많이 사용하지 않는다

또한 core box로부터 발취후 바로 塗型이 可能하다.

⑤自硬性이므로 소형성과 같이 악취와 有毒가스의 발생이 없다.

⑥상온硬化이므로 熱気는 전연 없다.

⑦混練時 및 模型발취시 분진의 비산이 相当히 감소된다.

⑧熔融金属鋳込後 崩壊性이 優秀하므로 사용사의 回数가 90～95%정도 可能하므로 반복사용이 되는 鋳物砂의 Closed System이 실현된다.

⑨폐사가 없기 때문에 2차공해의 防止에 이바지한다.

2) 欠点

①温度, 湿度의 影響을 받기 쉽다.

후란自硬性鋳型法의 最大 欠点은 温度湿度의 차이에 의하여 硬化速度가 左右된다. 따라서 규사의 温度 및 규사에 含有된 水分등에 의하여 樹脂 및 硬化剤의 配合을 決定해야 한다.

②규사의 選択이 까다롭다.

후란계 樹脂의 硬化는 규사중의 미량金属塩, 粘土分등의 酸消費物에 左右되므로 규사의 選択에 注意를 要한다.

③木型의 回転率이 낮다.

Shell molding法. Isocure法, 규산소오다法에 比較하여 또한 硬化時間이 길기 때문에 양산하기 위해서는 木型의 数를 많이 할 必要가 있다.

④塗型剤 使用後 일시적으로 強度가 低下하는 경향이 있다.

특히 메칠알콜계塗型剤는 鋳型에 浸透性이 크기 때문에 후란계樹脂를 용해하기 때문에 일시적인 強度低下의 경향이 있다.

9. 結 言

후란自硬性鋳型은 生産性向上, 作業環境改善, 資原節約, 公害防止등 利点이 있으나 国内 鋳型材料의 사정을 考慮하여 原材料의 管理, 高価 또는 N_2 가스의 害등 해결해야할 問題가 있으므로 많은 研究, 開発을 必要로 하는 것으로 더욱이 후란 自硬性鋳型을 使用함에 있어서는 自体의 品質管理가 이루어지지 않고는 우수한 方法이라도 그 價値를 充分히 発揮할 수 없을 것으로 사료된다.

이상과 같이 후란自硬性鋳型製造法에 대한 記述이 充分하지는 못하지만 이에 대한 利用에 조그마한 보탬이 되기를 바라며 助言을 기대합니다.

参 考 文 献

1. JACT編 : 鋳型造型法
2. 日本新東工業㈱編 : 有機自硬性鋳型
3. KIST : 鋳物技術세미나 교재 (1980)
4. NiTTETSU SHOJI Co. : 후란樹脂鋳型의 開発과 実用化
5. 岡見正一 : 후란自硬性鋳型과 渡入技法
6. 綜合鋳物센터 : 有機系自硬性鋳型의 現状과 新管理手法(1)
7. R.Woottom, T.D.Law, D.A. Scrimshire: The British Foundryman.70(1977), 4.
8. KIST: 鋳物技術세미나 교재
9. FOSECO 技術資料
10. 江南化成㈱技術資料
11. 미발표資料