

技術資料

最近 有機鑄型法の 動向

南世雄*

Recent Trend on the Organic Binder Molds

S. W. Nam

1. 서 언

四月初 機會가 있어 先進化技術의 動向을 파악코져 약 一週日 日本 關西地方 工場을 見學하게 되었다.

2-3年前만 해도 거의 주물공장에서는 furan process와 生型法 等으로 line化 되었고 鑄鋼工場에서는 furan process, 다이칼process CO2型 Pep set형등 多様な 造型法으로, 그工場 特性에 알맞는 process를 導入 使用하고 있었다.

今般 現況을 살펴볼때 昨年度에 새로히 開發된 造型法이 全般에 걸쳐 압도적으로 시험적용되어 사용하고 있는 사실을 보고 우리 工場도 하루속히 各工場 特性에 적합한 process를 導入하여 生産性 向上과 環境오염 등 원가절감에 努力해야 할것 같다.

현재와같이 기능공부족의 심각한 현상을 감안하여 自動化 로봇트化的 研究및 導入이 大企業 中心으로 進行되고 있으며 우리들 中小企業도 이에 발 맞추어 機械化 및 운반수단의 改善등을 着手한다면 重勞動에서 輕노동으로 전환되고 작업의 흐름이 後處理 工程에서 지연되지 않는 工程을 改善한다면 상당한 效果가 기대된다.

최근 일본주물업계에서 많이 使用되는 주형법 몇가지를 소개한다.

2. 알카리레솔수지(Alkaline Resol Resin) 조형법

편의상 상기 조형법을 ARR 造型法으로 호칭한다.

* 한국오일레스(주)

일본에서 非量産의 中·大物 鑄型 造型法에서는 최근 有機 自硬性 鑄型이 많이 使用되고 있었다.

특히 주강에서 燒着, 熱間龜裂, 浸炭, 浸硫 gas 결합 등의 문제점이 많으며, 全面的으로 이 造型法이 導入되어지지 않았다. 그러나 量産 造型法으로서 有機 gas 硬化鑄型에는 우레탄계Coldbox法이 많이 採用되고 있으나, 作業環境이 나쁘고 게스결합이 많으며, 可使時間이 짧고, 또한 耐溫性이 나쁜 여러가지 문제점을 갖고 있는것이 現狀이다.

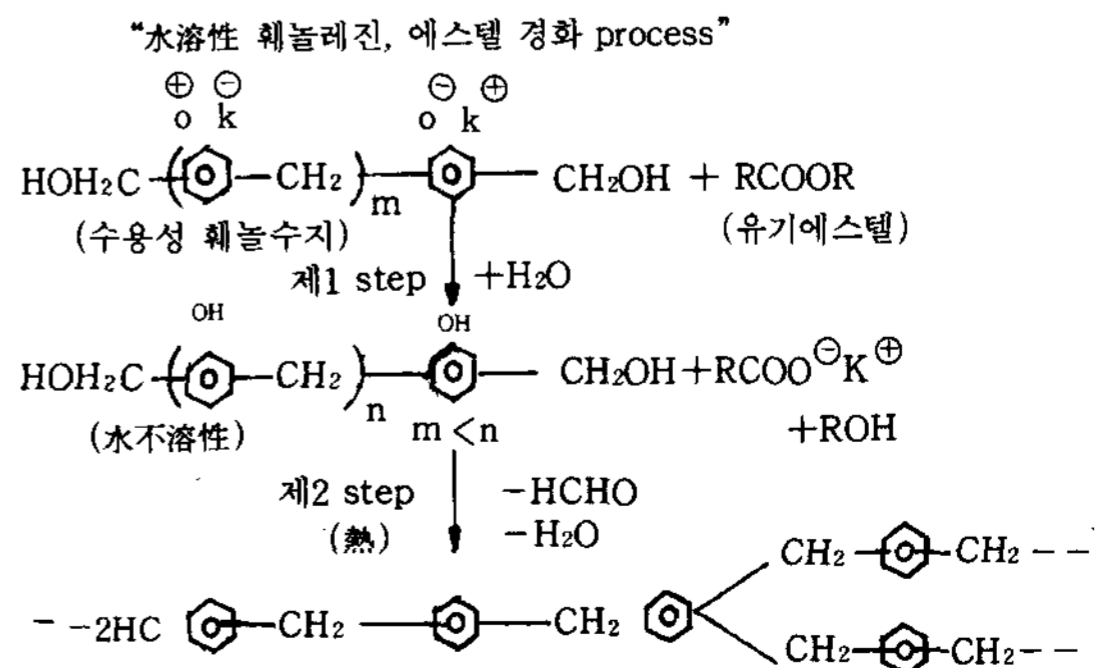
본 ARR法은 알카리레솔수지 조형법으로서 硬化劑에 의한 自硬化type과 gas硬化 type 2종류가 數年前에 開發되어 그 普及이 활발히 展開되고 있다.

특히 鑄鋼에 있어서 그전의 有機鑄型法에 比하여 品質上 問題點이 大幅減少된 process라고 生覺한다.

2.1 ARR 法 (Alkaline Resol Resin)

알카리레솔레진과 有機에스텔을 이용하여 常溫 鑄型 造型法으로서 硬化劑로서는 液體의 有機에스텔을 使用, 常溫自硬性 type과 개미산(蟻酸)메칠을 gas化하여 通氣하므로서 數秒內 常溫 硬化되는 gas硬化 type의 二種類가 있다.

[硬化機構]



兩者 共히 優秀한 高温特性을 갖이며 化學元素로서 N₂分과 硫黃分을 全然 含有치 않으며 他有機造型法에 比하여 구조결합이나 作業環境面에서 우수한 특징을 가지고 있다.

ARR法이 硬化原理는 알카리 금속으로 安定化된 Resol(레솔), resin과 有機 에스테이 접촉할 때 우선 有機에스테이 加水分解하여 그결과로 生成되는 有機酸이 레솔수지의 알카리 금속을 中和시키기 위해 안정화 된 레솔레진이 重合하여 硬化된다.

ARR 自硬性用 수지와 경화제의 종류 및 성질은 표1, 표2와 같다.

표 1. ARR 自硬性樹脂의 性狀

名 稱	500	510A
性 狀	水溶性 赤褐色液體	水溶性 赤褐色液體
成 分	알카리 리솔樹脂	알카리 리솔樹脂
粘度(20°C)	80~120cp	60~100cp
比重(20°C)	1.22~1.24	1.22~1.24
性 能	遲硬性	速硬·高強度
遊離 휘늘	無	無
消 防 法	非危險物	非危險物

표 2. ARR 自硬性 硬化劑의 性狀

名 稱	C-3A	C-4A	C-5A	C-10	C-30	C-60
性 狀	低 粘 性 無 色 透 明 液 體					
成 分	有 機 에 스텔					
粘 度	2~4cp	2~4cp	2~4cp	2~4cp	1~3cp	1~3cp
比 重	1.03~ 1.04	1.05~ 1.07	1.07~ 1.09	1.10~ 1.12	1.11~ 1.13	1.12~ 1.14
硬化速度	遲 硬 性 ←—————→ 速 硬 性					
消 防 法	第 4 類 第 3 石 油 類					

ARR gas 경화법의 수지와 개미산 메칠의 性狀을 표3에 보여준다.

표 3. ARR gas 硬化法の 수지와 개미산 메칠의 性狀

	수 지	경 화 제
名 稱	ARR 800A	개미산 메칠
性 狀	水溶性 赤褐色液體	無色 透明液體
成 分	알카리 리솔수지	개미산 메칠
粘度(20°C)	80~120cp	0.3~1.0cp
比重(20°C)	1.23~1.25	0.96~0.98
消 防 法	非危險物	第4類 개미산 에스테일류

2.2 ARR 法の 特徵

2.2.1 ARR 自硬性 特徵

ARR 자경성은 從來 有機 自硬性에 比較하여 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

1. 珪砂, 크로마이트砂, 오리빈사 등 全般的인 주물사에 적용되며, 주물사의 종류에 따라 경화특성의 차이는 거의없다.

2. 硬化速度는 경화제의 選定에 따라 速硬性에서 遲硬性까지 폭넓게 조절할 수 있도록 개발되어 있다.

3. 混練時나 造型時 냄새가 적고, 注湯時 연기, 냄새등의 發生이 적다.

4. N₂分을 全然 含有하지 않기 때문에 캐스결합을 대폭 감소시킨다. 또한 주물표면은 극히 양호하다.

5. 유황(S)分을 含有치 않기 때문에 DCI구상화 저해는 물론 주강에 浸硫가 없어 Hair crack이 減少되고 주입시 亞황산 gas 발생이 없다.

6. 주형의 急熱膨脹이 적고 Veining 결함과 hot tears가 적다.

7. 열간강도가 높고 耐Erosion, 耐penetration 耐 燒着性에 優秀하기 때문에 두꺼운 대형 주강품에 적합하다고 생각된다.

8. 주형의 고온 移動性이 良好하여 從來의 有機鑄型(후란주형)에 比하여 두께가 얇은 주강품의 열간 龜裂을 대폭감소가 가능하다.

9. 珪탄이 적기 때문에 저탄소 스텔레스 주강등의 특수강에도 적용할 수 있다.

10. pin hole, blow hole등의 결함이 적다.

2.2.2 ARR Gas 硬化法의 特徵

이 法은 앞에서 기술한바와 같이 自硬性의 특징도 겸하고, 동시에 從來의 우레탄 cold box 法등에 比하여 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

1. 金型이나 模型의 모래붙음 등이 적고, 離型性이 良好하므로 주형은 높은 생산성으로 量産된다.

2. 개미산 메칠(蟻酸)은 냄새가 적고, 독성역시 낮기 때문에 排Gas의 中和處理가 別途로 필요치 않는다.

3. 개미산 메칠을 경화제로서 反應하기 때문에 주형에 잔유되는 것이 적다. 그러므로 주형저장시 냄새가 발생되지 않는다.

4. 混練砂는 一液性으로 可使時間은 1~5일 이상으로 매우길다. 이때문에 自動機의 作業완료시

(대부분 Box Type 中子 제작기 사용) blow head, sand 메가진 내의 모래붙음 등 청소작업이 생략되고 가동시간을 지연시킬 염려가 없다.

5. 鑄型的 耐溫性이 좋고, 높은 습도하에서 保存하여도 강도가 거의 一定하여 劣化되지 않는다.

6. 塗型을 생략할 때가 많다.

7. 鑄鋼, 鑄鐵, 銅合金, Al 合金 에도 良好한 主物표면을 얻을 수 있다.

8. 中子砂가 生型砂內에 混入되어도 영향은 적다.

2.3 ARR 自硬性 鑄型的 常溫 特性에 對하여

2.3.1 砂 種類와 樹脂添加量에 따른 영향.

珪砂의 종류와 수지 첨가량에 따라 強度 시험을 한 결과를 표4에서 보여준다.

珪砂의 종류가 달라도 강화속도는 거의 변화지 않으며 규사의 경우 1.5~2.0% 레진 첨가량으로 實用強度가 얻어진다.

특수사의 종류와 레진 첨가량에 따른 강도시험치를 표5에서 보여 준다.

크로마이트砂, 질콘砂에서는 0.6~0.8%, 오리빈砂는 2.0~2.5%레진 첨가로서 실용강도를 얻을 수 있다.

2.3.2 硬化劑 添加量에 따른 影響

경화제의 첨가량을 변화 시킬때의 영향을 그림1에서 보여준다.

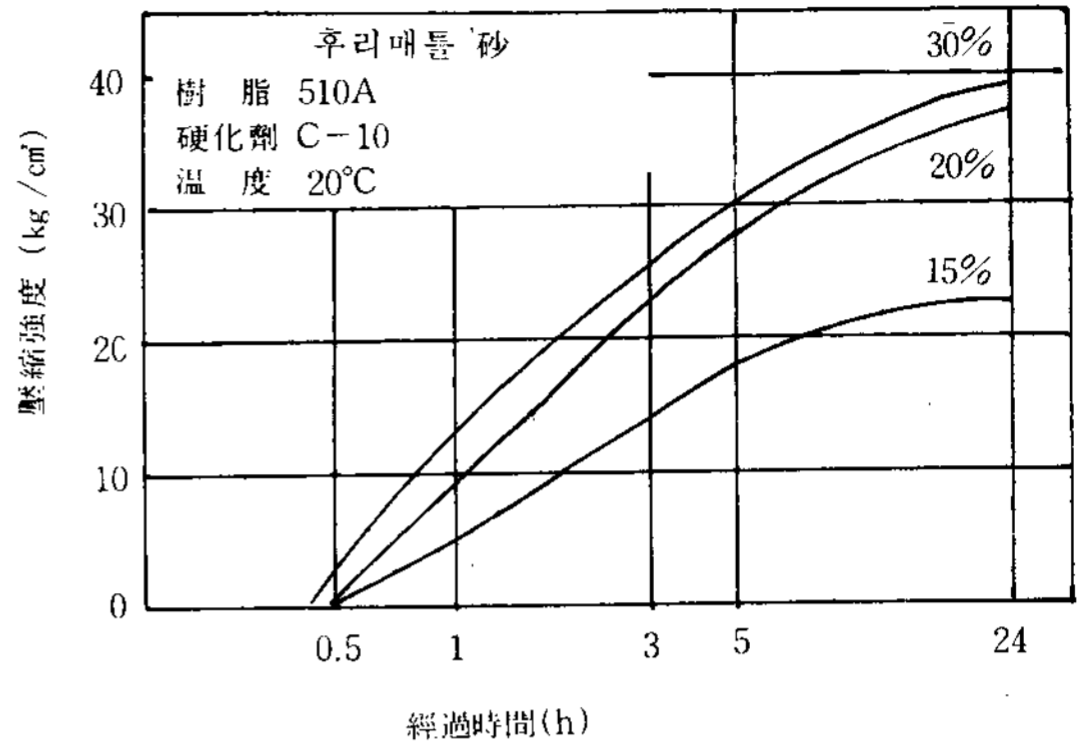


그림 1. 硬化劑의 添加量에 따른 影響(20°C)

경화제가 많을 수록 高強度를 나타내는 경향은 있으나, 20%이상(대레진)에서는 변화가 적다는 것이다. 즉, 경제성을 감안하여 20%前後에서 實用되고 있다. 첨가량에 대한 경화속도에는 영향이 적다.

표 4. 珪砂의 種類와 樹脂添加量에 따른 強度試驗(20°C)

鑄物砂	樹脂		硬化劑		壓縮強度 (kg/cm ²)				
	種類	添加量	種類	量	1/2H	1	3	5	24H
호주砂	510A	1.5%	C-10	20%	0.2	8.8	21.1	32.7	46.8
		2.0%			0.3	10.7	24.8	39.2	57.6
石見6號砂		1.5%			0.1	6.0	13.5	17.8	23.2
		2.0%			0.2	8.2	21.6	25.7	34.6
日光6號砂		1.5%			0.3	6.0	13.9	17.3	24.7
		2.0%			0.4	7.9	20.8	25.0	35.2
三河6號砂		1.5%			0.4	7.0	15.8	18.9	23.4
		2.0%			0.6	11.4	23.8	28.0	34.3

표 5 特殊砂의 種類와 樹脂添加量에 따른 強度試驗(20°C)

鑄物砂	樹脂		硬化劑		壓縮強度 (kg/cm ²)				
	種類	添加量	種類	量	1/2H	1	3	5	24H
크로마이트砂	510A	0.6%	C-10	20%	0.8	10.6	21.9	26.4	35.8
		0.8%			1.0	14.2	28.5	32.8	46.9
질콘砂		0.6%			0.7	11.6	25.4	30.1	36.5
		0.8%			0.8	15.0	28.5	33.8	44.9
오리빈砂		2.0%			0.2	7.0	13.8	18.1	22.9
		2.5%			0.4	10.4	20.6	24.7	33.4

2. 3. 3 硬化劑의 種類에 의한 영향

경화제의 종류에 따른 경화속도의 영향을 그림2에서 보여준다.

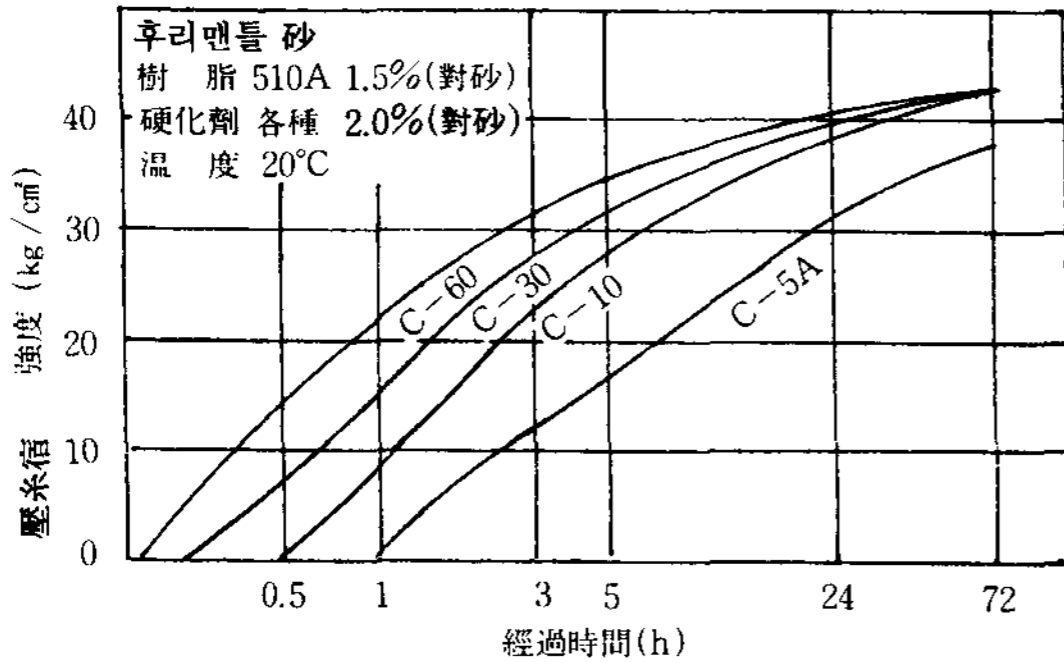


그림2. 硬化劑의 종류에 따른 영향

ARR 自硬性은 경화제 종류를 다르게 함에 따라 경화속도를 조절할 수 있고, 二種類의 경화제를 혼합하여 그 배합 비율을 다르게 함에 따라 경화속도를 자유롭게 조절 가능하다.

2. 3. 4 鑄型의 深部硬化性에 대하여

鑄型의 深部硬化性은 furan자경성 주형보다 良好하여 表面과 中心部와의 경화차가 적고, 또 拔型時間과 可使시간의 比率도 furan자경성 보다 양호하여 同一한 可使時間에서 拔型時間을 임의 짧게 조정 할 수 있다.

2. 4 ARR Gas 硬化 鑄型의 常温 特性

2. 4. 1 砂의 種類와 레진 첨가량에 따른 영향.

砂의 種類와 레진첨가량에 따른 강도시험 결과를 표6에서 보여준다.

표 6 砂의 種類와 樹脂添加量에 따른 強度試驗 (20°C)

鑄物砂	樹脂		壓縮強度(kg/cm ²)		
	種類	添加量	通氣直後	1時間後	24時間後
펄샌드50	800A	1.5%	28.3	38.5	40.3
		1.75%	32.0	41.2	44.9
후센6號	800A	1.75%	28.5	35.5	37.4
		2.0%	30.0	40.5	42.8
크로마이트	800A	0.75%	27.3	34.5	41.5
		1.0%	31.8	41.1	45.2
질콘砂	800A	0.75%	36.9	48.3	50.4
		1.0%	46.4	54.0	56.7
오리빈 6號	800A	2.5%	25.1	26.7	29.1
		3.0%	29.5	33.0	34.8

通氣 直後는 24hr방치강도의 約70%, 1시간후는 24시간 강도의 90~95%정도에 달한다.

규사로서 1.5~2.0% 첨가를, 크로마이트사, 질콘사에는 0.6~0.8%의 레진 첨가량으로 실용강도를 얻을 수 있다.

(참고: 규사에 粉末이 많으면 레진 첨가량은 0.5~0.7% 추가 첨가해야 한다.)

2. 4. 2 混練砂의 可使時間

ARR Gas 경화법의 混練砂는 一液性으로 可使時間이 길며, 넓은 공기에 노출시키지 않는한 1日 이상의 可使時間을 확보할 수 있으며 뚜껑이 달린 容器에 넣어두면 5日이상 가사 시간을 연장 할 수 있다. 또한 可使時間이 지난 混練砂는 硬化되지 않기 때문에 自動機의 作業 완료시에 있어 blow head 내의 모래붙음이나, 청소를 생략할 수 있다.

또한 可使時間이 經過한 혼련사에 증발된 水分만큼 보급시키면 재혼련 하여 사용할 수가 있다.

2. 4. 3 鑄型의 耐濕性

물을 담은 데시케이터(습도 100%)에 주형을 14일간 방치한 경우 強度 變化를 그림3에서 보여 준다.

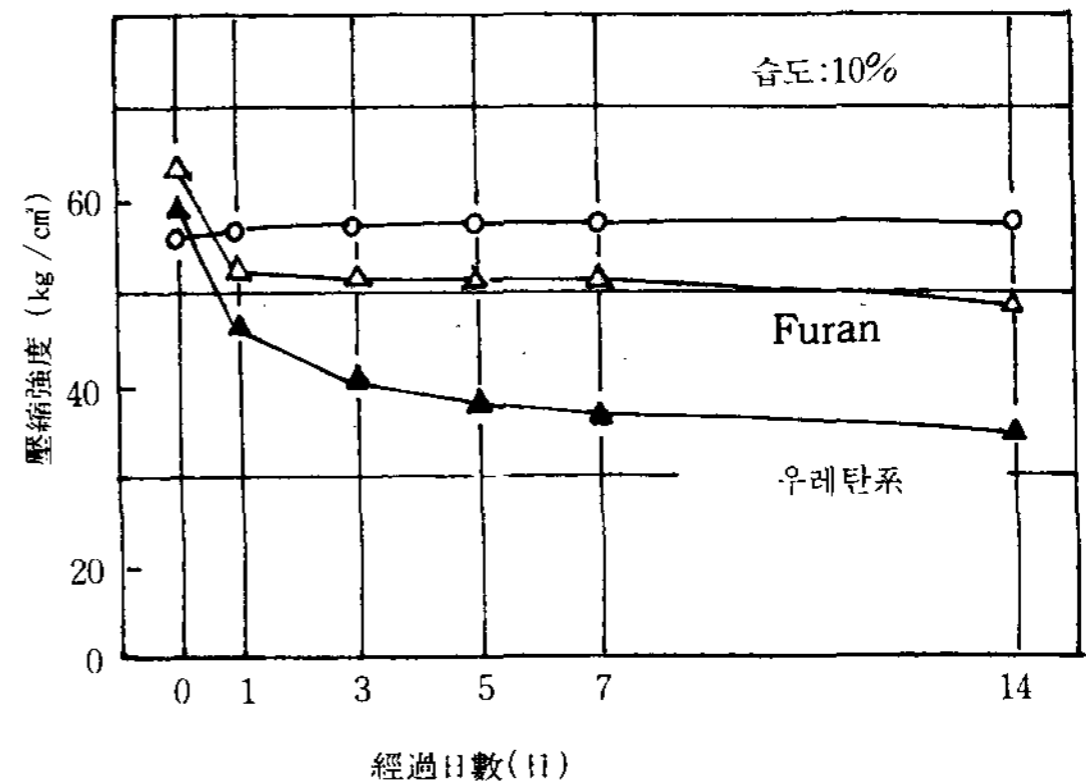


그림3. 각종구형의 高温下에서의 強度변화

ARR gas 경화 주형은 다른 process에 比하여 高温下에서도 全然 강도의 劣化 없이 내습성이 매우 優秀하였다.

2. 5 ARR 鑄型의 高温 特質性

2. 5. 1 殘留強度

웨이우레탄系 鑄型에 比하여 잔유강도가 낮고, 주철, 주강은 물론 Al주물에 대해서도 양호한 붕괴성을 나타낸다.

2. 5. 2 熱間強度

웨이놀우레탄계 주형, 후란자경성 주형에 비해 열간강도가 높고 耐Erosion 耐燒着性 이 우수하며 두꺼운 大型鑄鋼에 대해서도 良好한 주물 表面을 얻을 수 있다.

各種 鑄型의 熱間強度를 그림4에서 보여준다.

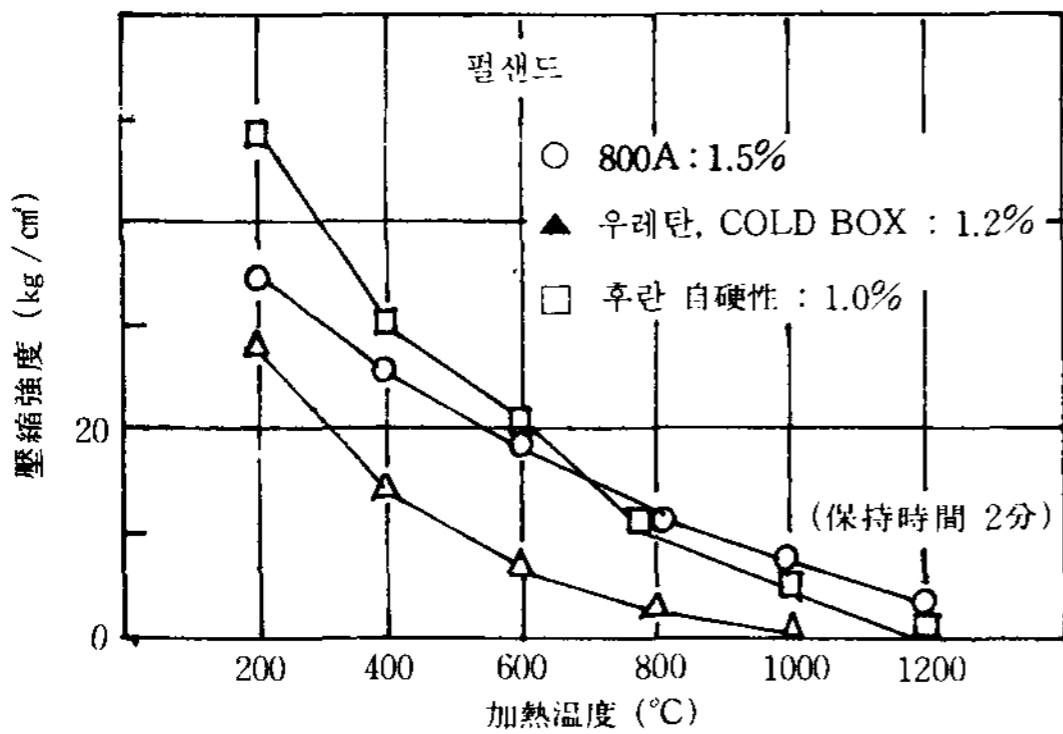


그림4. 各種鑄型의 熱間強度 比較

2. 5. 3 高温移動性(變形性)

鑄型의 高温變形을 비교한 결과를 그림5에서 보여준다.

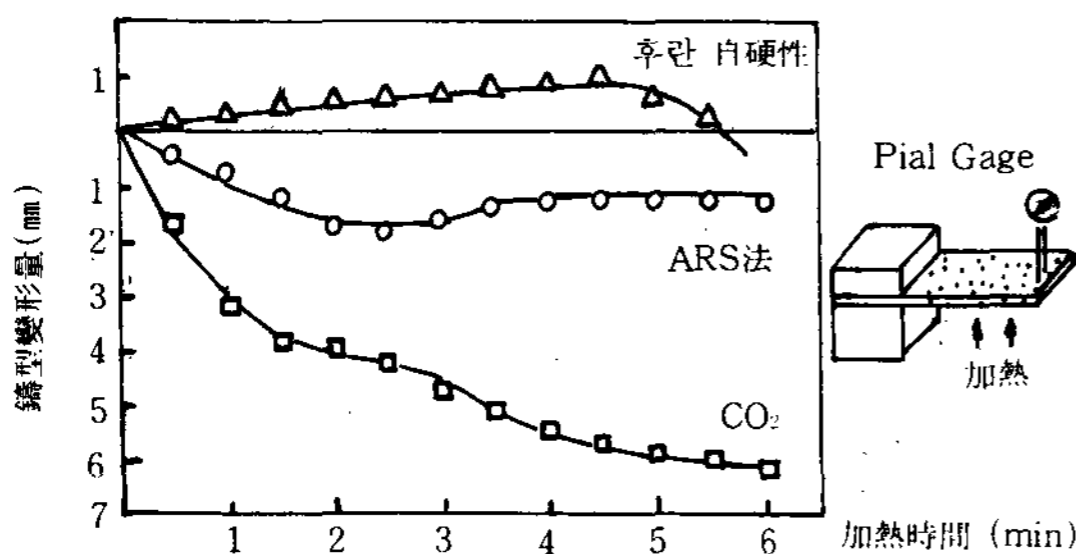


그림5. 各種鑄型의 高温 變形 性比較

ARR주형은 Furan자경성 주형에 비해 가열초기 단계에서 변형성이 있고, 주강에서의 열간 Cracking이 감소되고, 또 가열시간의 경과와 함께 2차 경화를 이르게 재빨리 변형하지 못하게 하므로 팽창으로 인한 결함이 적고, 치수 精度가 良好한 製品을 얻을 수 있다.

2. 5. 4 주형의 급열팽창량

珪砂 크로마이트사의 조형법에 의한 급열팽창량을 그림 6, 7에서 보여준다. 규사로 조형된 ARR 주형은 후란주형 CO₂주형에 비해 가열초기에 팽창량이 적고, 크로마이트사의 경우 ARR주형은 다른 process에 비해 극단적으로 급열팽창량이 적다.

이때문에 Veining결함을 이르지 못한다.

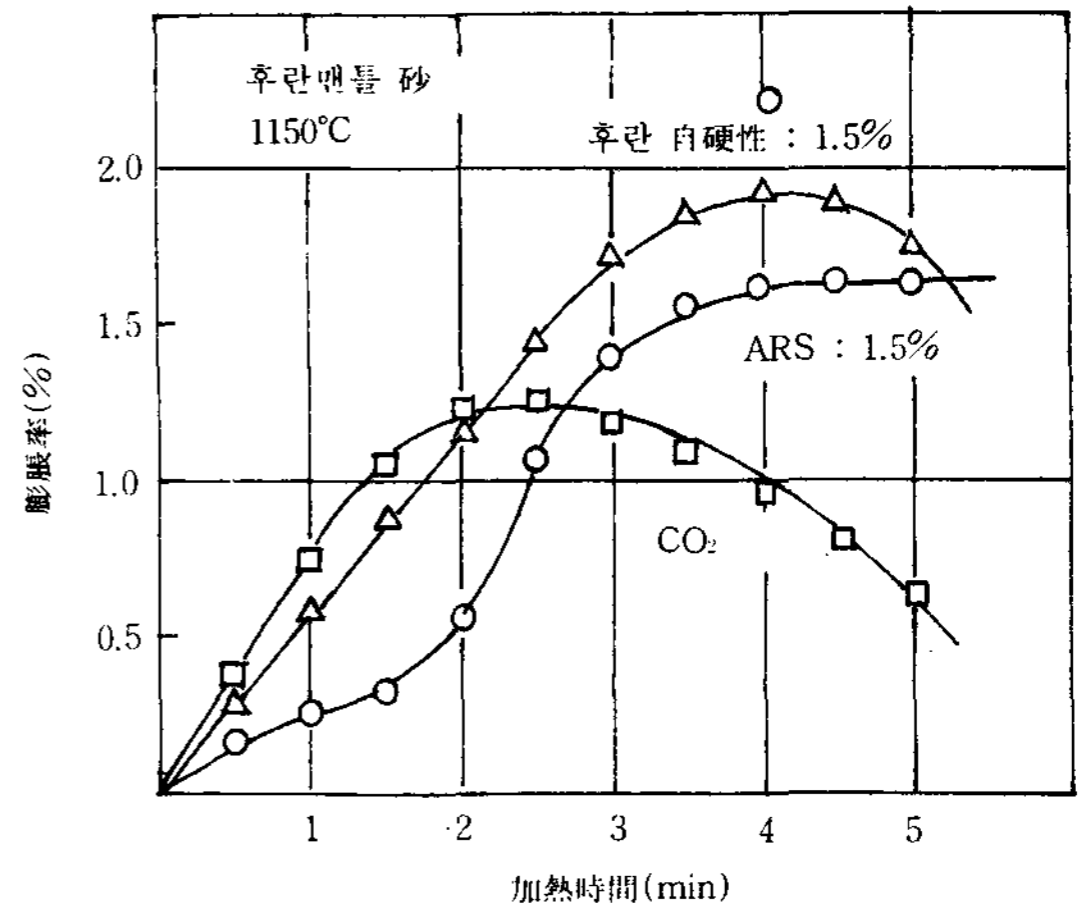


그림6. 各種鑄型의 急熱膨脹量比較 (珪砂)

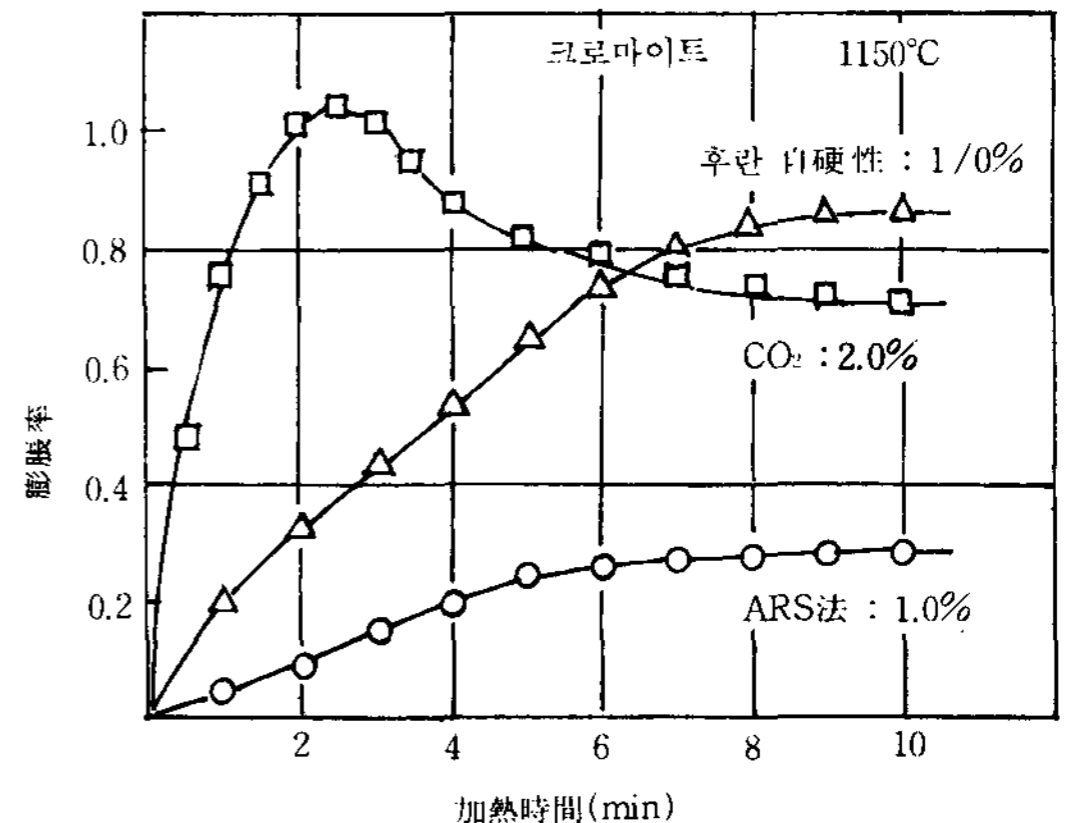


그림7. 各種鑄型의 急熱膨脹量比較 (크로마이트 砂)

2. 5. 5 浸炭 浸硫 영향

ARR 주형과 Furan주형에 스테레스 주강을 注入했을때의 침탄과 침유에 대하여 조사한 결과를 그림8에서 보여준다.

2. 6 ARR法の 適用例

2. 6. 1 ARR 自硬性 適用例

표7에서 보여준다.

2. 6. 2 ARR Gas 硬化法の 適用例(표8)

최근 주강, 주철, 알루미늄 주물에 적용되기 시작하였다.

2. 7 맺음

ARR法은 종래의 有機鑄型에 比較하여 극히 우수한 조형법이다.

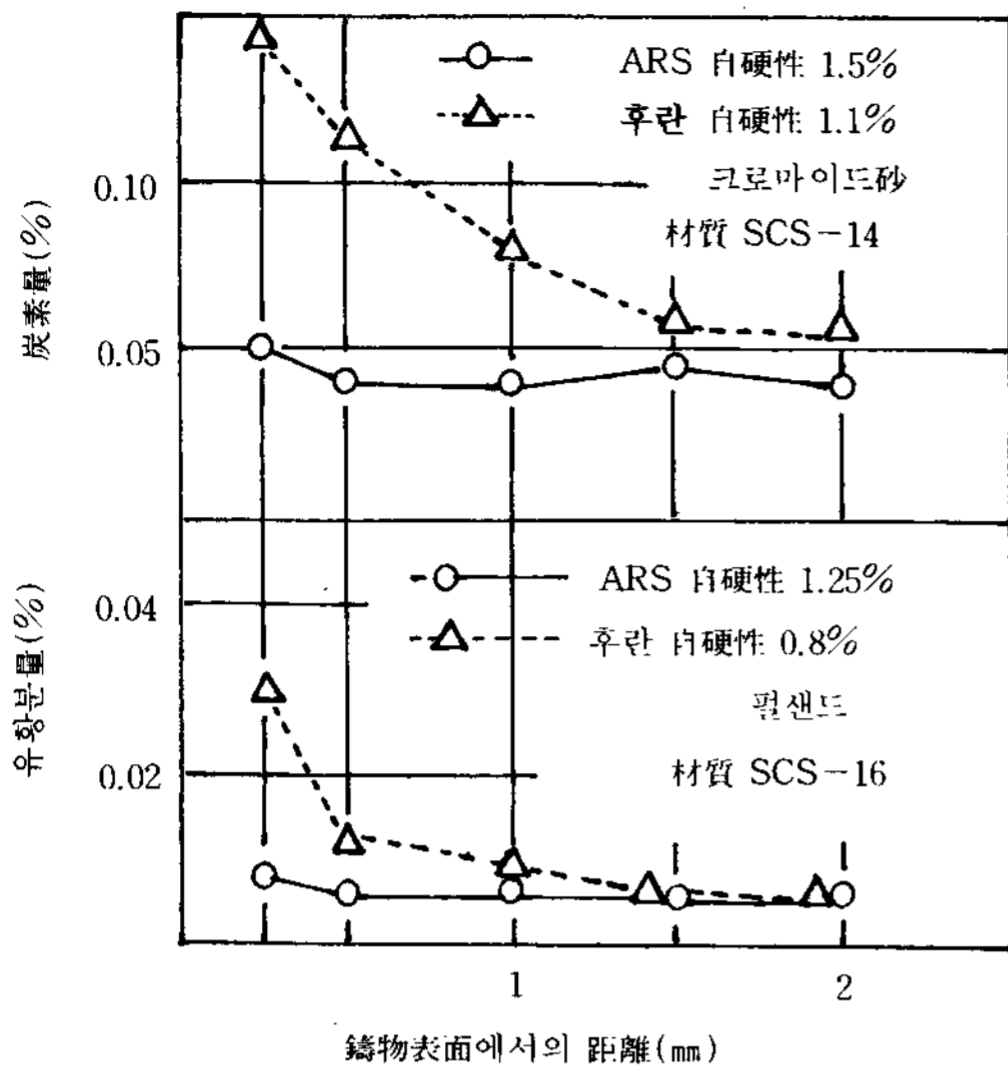


그림8. 各種鑄型에 따른 浸炭, 浸硫에의 影響

1. 모든 주물사에 적용되며, 모래의 종류에 따른 경화특성의 차이가 거의 없다.
2. 自硬性에서는 광범위한 可使시간 조절이 가능하다.
3. Gas 경화법에서 혼련사는 매우 가사시간이 길다.
4. Gas 경화법에는 작업환경이 좋고, 배출 Gas 中和처리가 不要
5. 우수한 고온특성을 가지고 있다.
6. 구조결함이 극히 적고 모든 주물재질에 적용되며, 특히 주강에서는 극단적으로 유리한 조형법이라 할 수 있다.
7. 모래 再生法은 현재 研究中이며 곧 실용화 될 것으로 사료됨

이상 특성을 볼때 ARR法은 금후 점차 그 보급이 확대 될 것이며 주강공장의 中子생산에서 단연 top process로 평가되고 있다.

표 7. 알카리솔 주형수지 自硬性的의 代表的인 適用例

製品名	材質	鑄放重量	鑄型砂	利點
Turbine casing	WC-6	13~20	cromit砂	Gas缺陷, 燒着, 龜裂의 改善, 鑄肌改善
撚線ARM	SC-46	6t	규사/ 크로마이트	갈라짐, 표면개선
Turbine Casing	SC-49	5t	硅砂	깨스결함, 균열개선
Guide Wheel	高Mn鋼	3t	OLivine	燒着, Gas결함改善 鑄肌改良
Cross Rail	高Mn鋼	0.5~2t	"	Gas 欠陷, 燒着의 改善, 鑄肌改良
Runner	SCS-1	4t	Cromite	Gas 欠陷, 引菓·燒着·Hair Crack
Valve body	SCS-13	2t	"	"
Pump Casing	SCS-1, 13	1t	"	"
耐熱 Roll end	SCS-13	1t	"	"
Valve	SC-49	0.5~1t	硅砂	Gas 欠陷, 燒着, 引菓·Crack改善
Machine parts	FCD	0.2~1t	"	球狀化不良없음

표 8. 알카리 resol resin gas 경화법의 代表的인 적용예

材質	模型	造型機	從來process	process교체후 메리트
SC	金型	自動機	아민Cold Box	生産性, Gas 欠陷, 引菓欠陷의 改善
HMn	木型	Gas Box	하독스	生産性, Cost, 鑄肌, 環境의 改善
SC	木型	Gas box	Co ₂	崩壞性, 鑄肌의 改善
SC	樹脂型	"	油中子	生産性, 省에너지 改善
SC	木型	"	VRH	崩壞性, 鑄肌의 改善
Aø	木型	"	RCX Cold box	生産性, 熱變形, Gas欠陷의 改善
FCD	木型	"	아민 Cold box	Gas결陷·可使時間·吸温性, 環境의 改善
FCD	木型	"	후란, Co ₂	Gas 欠陷·球狀化不良·崩壞性的의 改善
SCS	金型	自動機	신규	
SC	木型	Gas box	후란 Co ₂	Gas 欠陷·龜裂, 崩壞性的의 改善

2.8 今後 研究 課題

위에서 설명한 여러가지 좋은 特性이 있으나 아래와 같은 과제가 대두되고 있다.

1. 再生하기 爲한 強力한 Reclaimer의 開發
2. 他process와의 原價分析
3. ARR gas 硬化鑄型用 gas generator의 開發
4. 개미산 에스텔 gas의 주형중에서의 확산정도에 의하여 현저한 強度의 變動이 있기 때문에 bending기술이 금후 중요한 factor가 될 것으로 생각된다.

참고자료 : ①새로운 Binder의 동향에 대하여 高橋春水
 ②알카리레졸수지의 자경성 및 gas경화법 横井満確.

3. 脛놀레솔레진 (Phenolic Resol Resin)의 CO₂ 硬化法

3.1 E-TEC 200(상품명)

본 添加劑는 CO₂gas에 의하여 硬化되는 새로운 有機 레진 주형법이다. 이 造型法을 기본적으로 중자(core)제작용으로 설계되어졌다.

또한 광범위하게 주철, 주강 및 비철주물에 이용되고 있다.

E-TEC 200(영국)의 대표적 成分

명칭 :	phenolic Resol Resin
粘度(25°C)	300~500CPS
Free phenol	0.1%
Free formaldehyde	0.3%

3.2 作業 環境의 改善 效果

E-TEC200 점결제는 주물공장에서 발생하는 作業환경을 대폭 改善하였다. 그例를 들면

1. CO₂ gas로 경화(무취·무해)
 2. 유리(Free)phenol량이 매우 적다
 3. 유리 Formaldehyde량이 매우적다.
 4. 화재 위험한 성분이 전연 없다.
 5. 可使時間이 길다(5시간)
 6. 注入時 냄새나 연기가 적다.
 7. 질소, 유황, 인 등이 함유되어 있지 않다.
- 이상의 特性을 갖이고 있다.

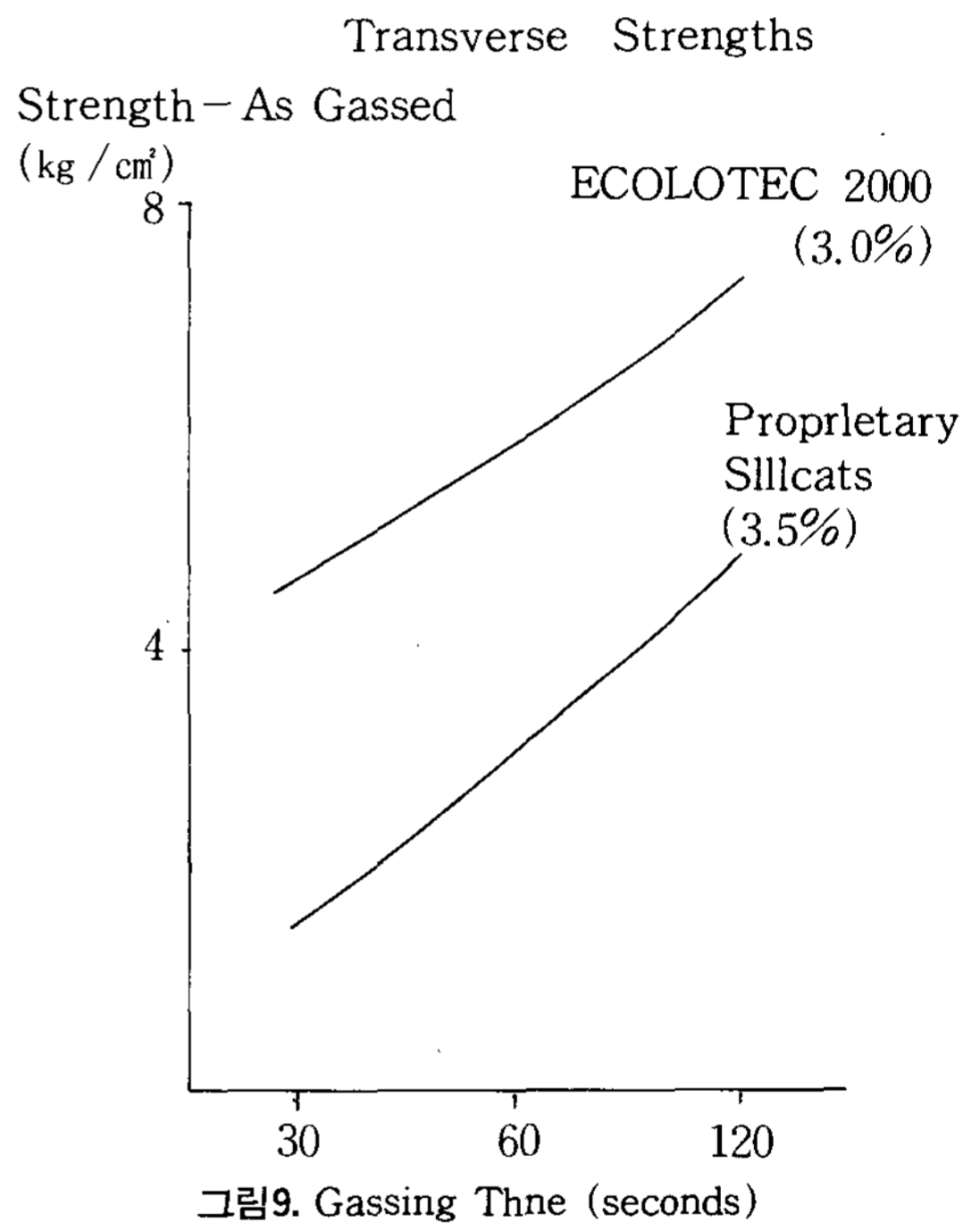
3.3 使用이 簡使하다.

1. 一液添加로 混研時間이 짧다.

2. 어떤 Type의 Mixer에도 配合可能하다.
3. 可使時間이 길고, CO₂ 通氣後 7日間 보관 사용 할 수 있다.
4. Binder의 粘度가 낮고, 주물사의 유통성이 우수하다.
5. Gas통기 작업이 간단하다.

3.4 E-TEC200 binder의 우수성.

1. Gas 通氣와 同時에 급격한 強度를 얻을 수 있다.
(그림9 참조)



2. CO₂ Gas 통기시간이 짧다.
3. 중자제작 보관이 간편
4. Binder 3%첨가 CO₂ gas 소요량 1%.

3.5 鑄型에서의 特性

1. 붕괴성이 우수하다.
2. veining 현상이 적다.
3. Hot tears defects가 감소된다.
4. 주물표면이 미려하다.
5. 침탄으로 인한 결함이 적다.
6. S.N.P. 함유 되지 않아 합금 주물에 넓히 사용된다.
7. 生型砂에 混入되여도 별 영향이 없다.

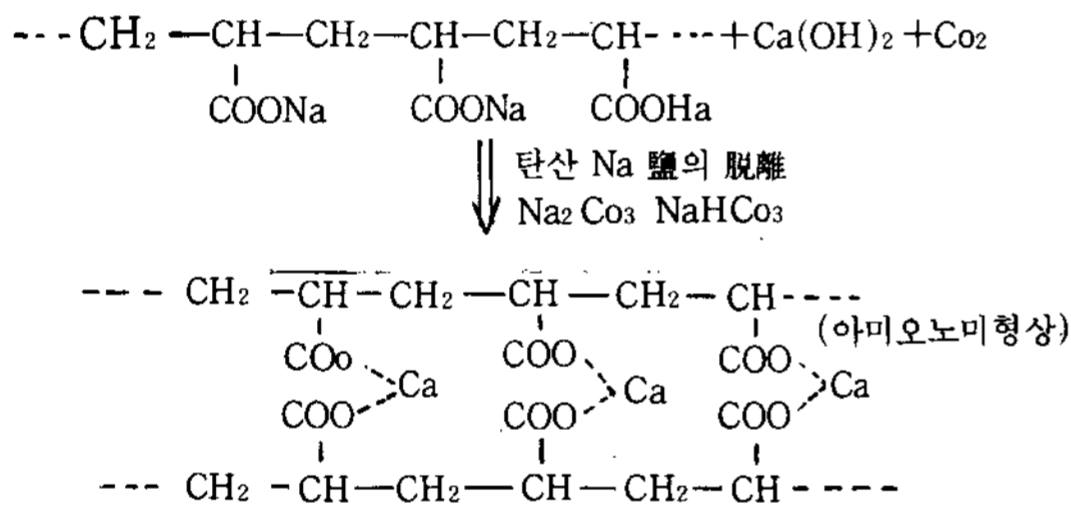
- 8. 도형하지 않아도 표면이 미려하다.
- 9. Al 주물에도 불리성이 우수하다.

이상의 특성을 감안하여, 현재 주철, 주강, 비철 공장에서 규산소다系 CO₂경화 process를 사용하고 있는 공장에서는 이 process의 도입은 간편하다고 생각되며, 일본에서는 표면사를 본 process의 binder를 사용하고 back sand는 furan 주형법으로 시험중에 있다.

4. 포리아크릴 酸鹽系 粘結劑

본 주형법에는 CO₂ gas 硬化法과 加熱硬化法의 二種類가 開發되어졌다.

Gas 硬化法은 포리아크릴 酸鹽에 Ca(OH)₂ 등의 金屬酸化물을 첨가하여 炭酸게스로 硬化시키는 process이며, 그기본적인 경화기구는 아래와 같다.



- 본 process는 다음과 같은 특성을 가지고 있다.
- 1. 공기중의 CO₂와의 접촉이 없다면, 可使時間을 극히 길다.
 - 2. Gas가 새나갈때의 안정성이 높다.

- 3. 排gas 處理가 別途必要치 않는다.
- 4. 규산소다系에 比하여 CO₂소모가 적다.
- 5. 어떤 주물사도 使用 可能하다.
- 6. 鑄型의 膨脹이 적다.
- 7. 붕괴성이 良好하다.
- 8. 環境改善이 容易하다.

• 加熱 Type은 포리아크릴 酸鹽과 金屬酸化물을 砂에 混合後 이砂를 加熱(100~150°C)시켜 硬化시킨다.

- 이 process는 아래와 같은 특징을 가지고 있다.
- 從來의 Gas硬化法에 比하여 거의 同一한 주형 강도를 가지고 있다.
 - 中子を 長期間 保管可能하다.
 - 環境개선
 - 주형fin등 결함이 감소 효과
 - 주물표면이 미려하다. 등이다.

본 process는 無期/有機의 複合binder라는 점과, CO₂Gas 硬化法등의 改良된 process라는 점에서 매우 흥미를 가지며 앞으로 주형용 binder 개발에 있어 하나의 方向을 提示해준 점에 큰 역할을 하였다고 생각된다.

또한 이 process를 完成단계로 이끌기 爲해서 아직 技術的인 주형의 強度 유지면과 耐熱性등 아직은 주철제조공정에 적합하며, 주강 기타 재질에 채용하려면 부단한 改良연구가 이루어져야 할것같다.

참고자료 : ① Jact 신판 주형 조형법
 ② Bcira International Conference 1986.
 ③ 山川産業(株) 새로운 binder의 동향.