

技術資料

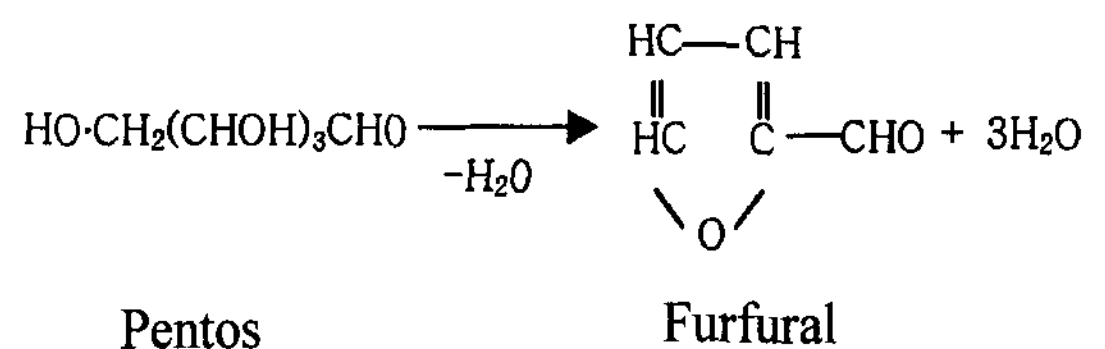
Furan 자경성 주물사 점결법

배기호

Furan No-Bake Process

Gee-Ho Bae

Furan자경성(No-Bake) 산경화점결제(酸硬化粘結劑)는 1958년 미국에서 주조(鑄造)용으로 개발되어 많은 단계의 기술적 발전이 이루어져왔다. 높은 열간강도, 우수한 붕괴성 그리고 재질 및 크기에 관계없이 모든 주물에 사용할 수 있는 장점으로 1980년경부터는 이 분야에서 가장 많이 사용되어지고 있는 수지(樹脂)와 산촉매(酸觸媒)로 이루어진 2액성의 유기 자경성 점결법(粘結法)이다. 여기에서는 현재 국내에서 적용되고있는 내용 및 응용면을 화학적 측면에서 검토해 보려 한다.



변성되어 제조된다. 그리고 미반응 Formaldehyde 제거, 수지안정성, 사피복성(砂被服性), 강도향상 및 반응억제를 위해 여러 첨가제를 사용하나 이러한 첨가제는 대신 바람직한 수지성질을 저해시킬 수 있다.

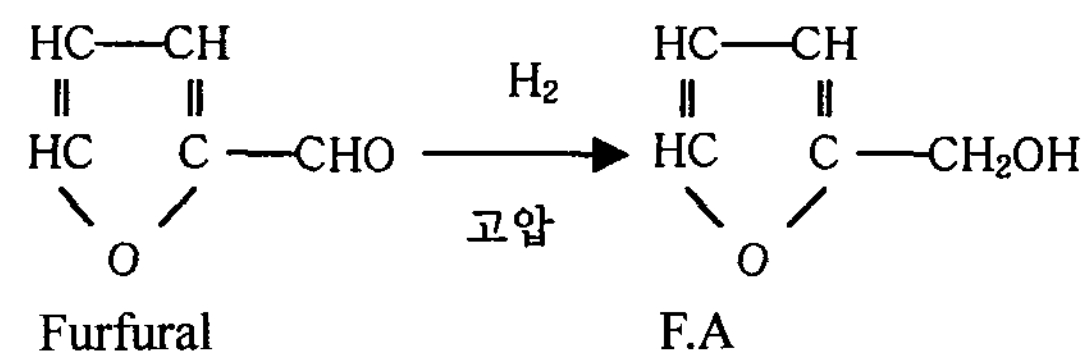
요소/Formaldehyde/F.A수지의 경화는 산성(酸性)하에서만 축합반응이 진행되며 이때 H₂O가 분리되면서 methylene결합(-CH₂-), ether결합(-CH₂-O-CH₂-)을 만들고, 최종에는 고분자량의 중합체가 된다. 따라서 작업 온도가 높고, 습도가 낮으며 사립간(砂粒間)의 통기성이 높은 경우에 수분의 증발속도가 높아져서 경화반응이 빨라진다.

Furan수지의 질소함유량은 사용한 요소의 양에 비례하여 0~11% 범위로서 Zero, 저, 중, 고 질소 Furan 수지로 분류할 수 있고, 수분은 0~30%범위로서 수분 함량이 높으면 경화가 지연되어 높은 초기강도를 얻기 어렵다. 현재 국내에 일반적으로 사용되는 제품은 질소와 수분이 각각 5%이내의 제품이 주로 사용되고 있다.

Silan은 무기의 주물 사립자(砂粒子)와 수지간의 Coupling agent로 작용하여 강도와 내습성을 개선시키기 위해 사용한다. 일반적으로 국내제품은 수지제조시 첨가하여 공급하고 있지만 그 효력을 상실할 우려로 제 3성분으로 사용직전 수지에 혼합하는 경우가 있다.

1. 수 지

Furan 수지의 주원료인 Furfuryl Alcohol(이하 F.A로 표기)의 공업적 제법은 산화동(酸化銅), Cr촉매를 이용 Furfural을 고압에서 수소를 첨가하는 방법으로 얻는다.



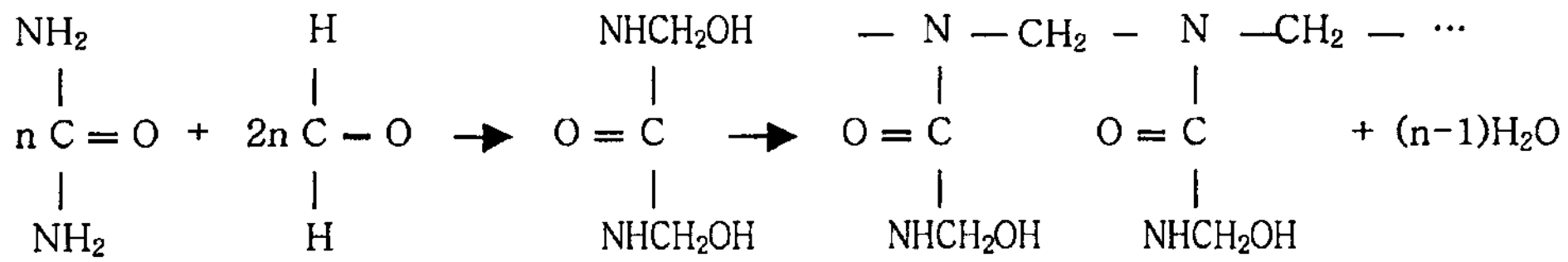
Furfural은 각종 목재, 곡물(穀物), 면실(綿實), 곡입피(穀粒皮) 등 pentosan을 함유하는 식물체를 희광산(稀鑛酸)과 가열하여 pentos를 얻은 후 탈수하여 Furfural을 얻는다.

Furan수지는 기본적으로 요소((NH₂)₂CO), phenol (C₆H₅OH), Formaldehyde(CH₂O)와 다른 많은 원료로

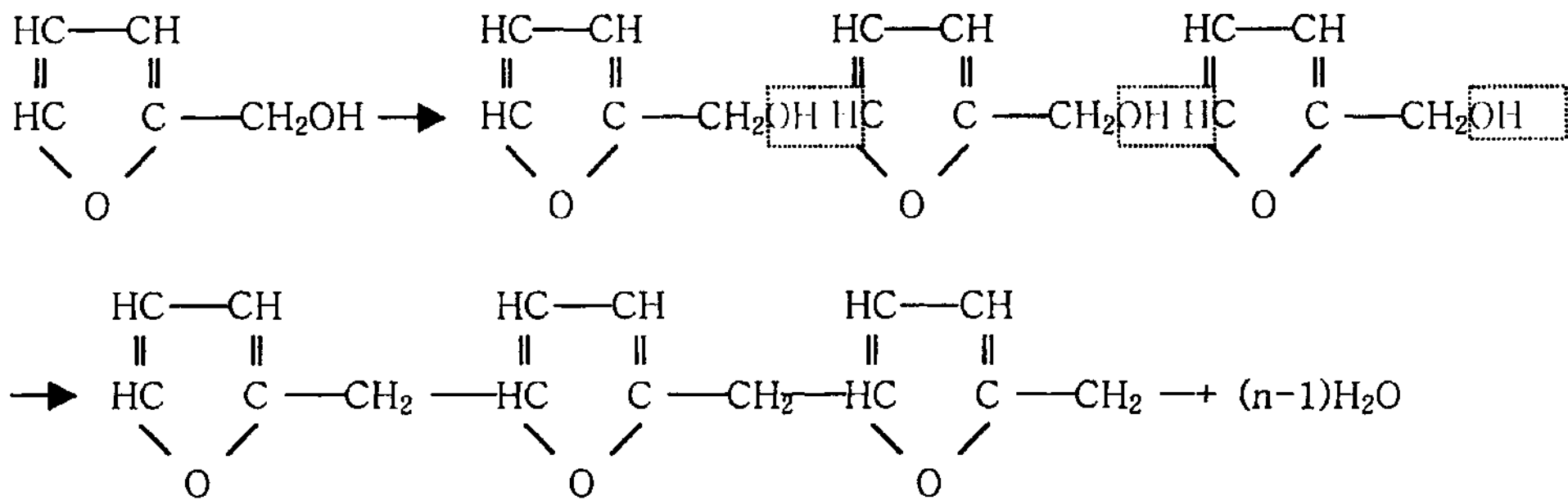
신명에이치에이(Shinmyung Huettenes Albertus CO., LTD)

“본 기술자료는 2000년도 춘계학술발표 및 기술강연대회에서 발표된 내용임.”

• 요소-Formaldehyde의 중축합 (重縮合);



• F.A의 중축합



가장 큰 문제는 그 가격이 매우 높은 점이다.

2. 촉 매

경화제는 사(砂)중의 알칼리 오염물질(PH가 7이상인 물질)을 먼저 중화하고, 수지의 축합에 의한 경화와 가교반응을 개시시켜, 그 가교(架橋)반응을 유지시킨다.

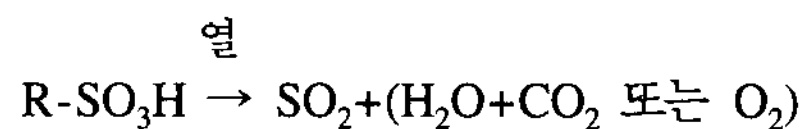
경화제의 선택은 수지의 경화에 큰 영향을 주는 용인으로서 경화반응속도는 경화제의 종류 및 첨가량에 의해 조절된다. Furan자경성의 축합반응은 수분이 생성되어 경화속도가 지연되므로 대기에 노출된 외부에서부터 중심부로 향하여 경화가 진행된다.

Furan자경성 경화제의 반응성은 인산(H₃PO₄), TolueneSulfonic Acid(T.S.A, CH₃C₆H₄SO₃H), Xylene-Sulfonic Acid(X.S.A, (CH₃)₂C₆H₃SO₃H), Benzene Sulfonic Acid(B.S.A, C₆H₅SO₃H)순서이며, 인산 촉매는 모두 수분을 가지고 있는 비교적 약산이므로 반응성이 낮다.

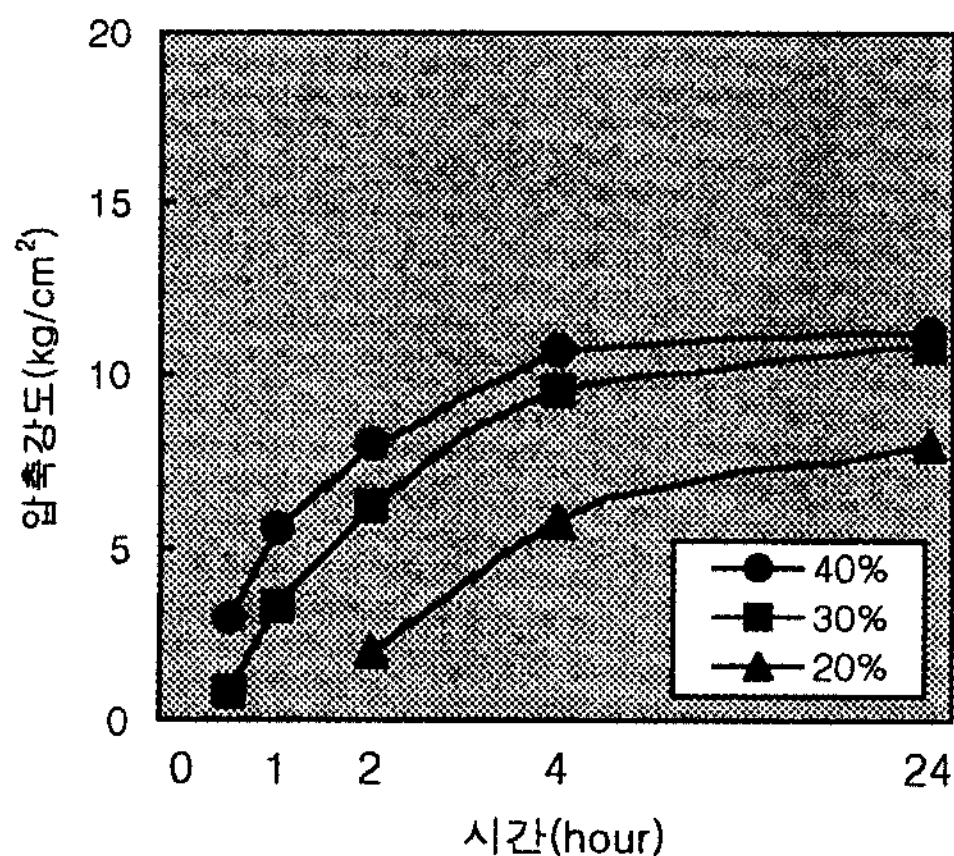
국내에서는 X.S.A 또는 T.S.A에 Methanol을 용제로 하여 사용하고 있으나 주로 계절적 변화가 적은 X.S.A계에 황산으로 산가(酸價)를 150~450범위에서 조정된 제품이 사용되고, 소규모 사용업체에서만 인산을 사용하고 있다.

경화제의 주입 또는 발형시 발생하는 변화를 보면 다음과 같다.

• X.S.A와 T.S.A.계의 경우 :



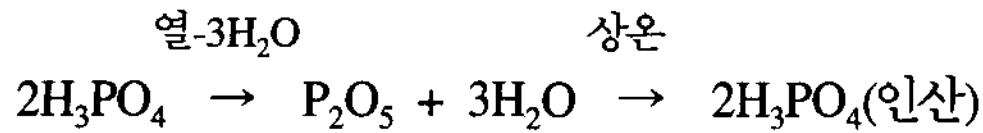
• 인산의 경우 열분해시 P₂O₅가 소량 나타날 가능성이 있지만 P₂O₅는 매우 흡습성이 있으므로 곧 공기중



<경화제의 첨가량에 의한 강도>

조건 - 수 지 : SF-3460/1% (to 사)
 경화제 : FO-0834/20,30,40%(to 수지)
 입사/작업온도 : 20°C
 사 : 표1의 주문진 신사

수분과 반응하여 인산으로 돌아간다.



동절기에 경화속도를 빠르게 하기 위해 산가(酸價)가 높은 경화제를 사용할 경우 주탕(鑄湯)시 강한 황산취기를 발생하고 경우에 따라 주물 표면에 침황과 주강이나 Ductile주철에서 중대한 문제를 일으킬 가능성이 있으므로 주의해야 한다.

3. 사(砂)

현재 국내 주물업체는 호주사와 주문진사로 주로 사용하고 있으며 특수강업체에서 표면사로 크로마이트사를 사용하고 있다.

Furan수지의 경화속도 및 강도는 사의 입형, 입도분포, Pan분(미분), PH값 및 불순물(염류, 알칼리류, 점토분)의 함유량에 영향을 받는다. 특히 불순물은 경화 촉매와 반응해서 산농도를 저하시키므로 경화속도가 지연된다. 따라서 사의 종류에 따라 Furan수지를 경화시키는 분위기까지 PH를 내리기 위한 산(酸)의 양이 달라지며, 불순물이 많을 때 산의 양도 많아진다. 이 불순물과의 반응에 의해 소비되는 산의 양을 산소비량(酸消費量, Acid Demand Value)이라고 한다.

산소비량 시험은 사중에 산가용성물질(통상 경화제 용해)량을 정량하는 것으로 단순히 H₂O에 용해되는 물질량만의 영향을 확인하는 PH시험으로는 유무가 확실하지 않은 것을 확인할 수 있어 실제 경화속도를 예측하는데 특히 중요하다. 즉, 주물사의 적합 유무는 산소비량을 측정하면 대체적으로 판정할 수 있다.

산소비량이 음의 값을 가지면 사에 산성분이 존재하

고 있는 것을 나타내고, 소비량이 6 mL/50 gr이상인 경우는 사용이 부적합하다. Olivin사는 염기성(Alkali성)에 강해 산촉매로 경화가 되지 않으며, 최종적인 적합 유무는 주물사의 강도시험결과를 확인하지 않으면 판정을 할 수 없다. 회수사의 경우는 산소비량이 2 mL/gr이하인 사가 바람직하다.

산소비량의 측정방법(ASTM113-87-S)

1) 유리수분을 제거한 모래 50GR을 250 mL 비이커에 넣고, 증류수 50 mL와 0.1N HCl용액 50 mL를 가한 후 25°C에서 Teflon으로 코팅된 Magnetic Stirring Bar를 이용 5분 동안 교반한다.

2) 교반중 0.1N-NaOH 용액으로 PH7.0까지 역적정한다.

3) 건조규사 50 gr을 빼고 상기시험을 행한다.(공시험)

$$\text{산소비량} = (A-B) \times f \text{ mL/50 gr}$$

A : 공시험 0.1N NaOH 소비량(mL)

B : 본시험 0.1N NaOH 소비량(mL)

f : 0.1N NaOH용액 factor

국내에서 일반적으로 사용하고 있는 주물사의 분석 결과는 표 1과 같다.

모든 주물공장은 경제적인 면과 폐기량(廢棄量)을 적게 함과 동시에 경우에 따라 주물사 자체의 성질을 개선하기 위해 일정한 입도분포와 입도지수, 낮은 L.O.I가 유지된다면 기계적 또는 연소에 의해 재생하고 있다. 통상의 기계적 재생으로 90%이상 재사용되며 연소재생 또는 연소/기계 병용 재생에 의해서는 100% 재사용도 가능하다.

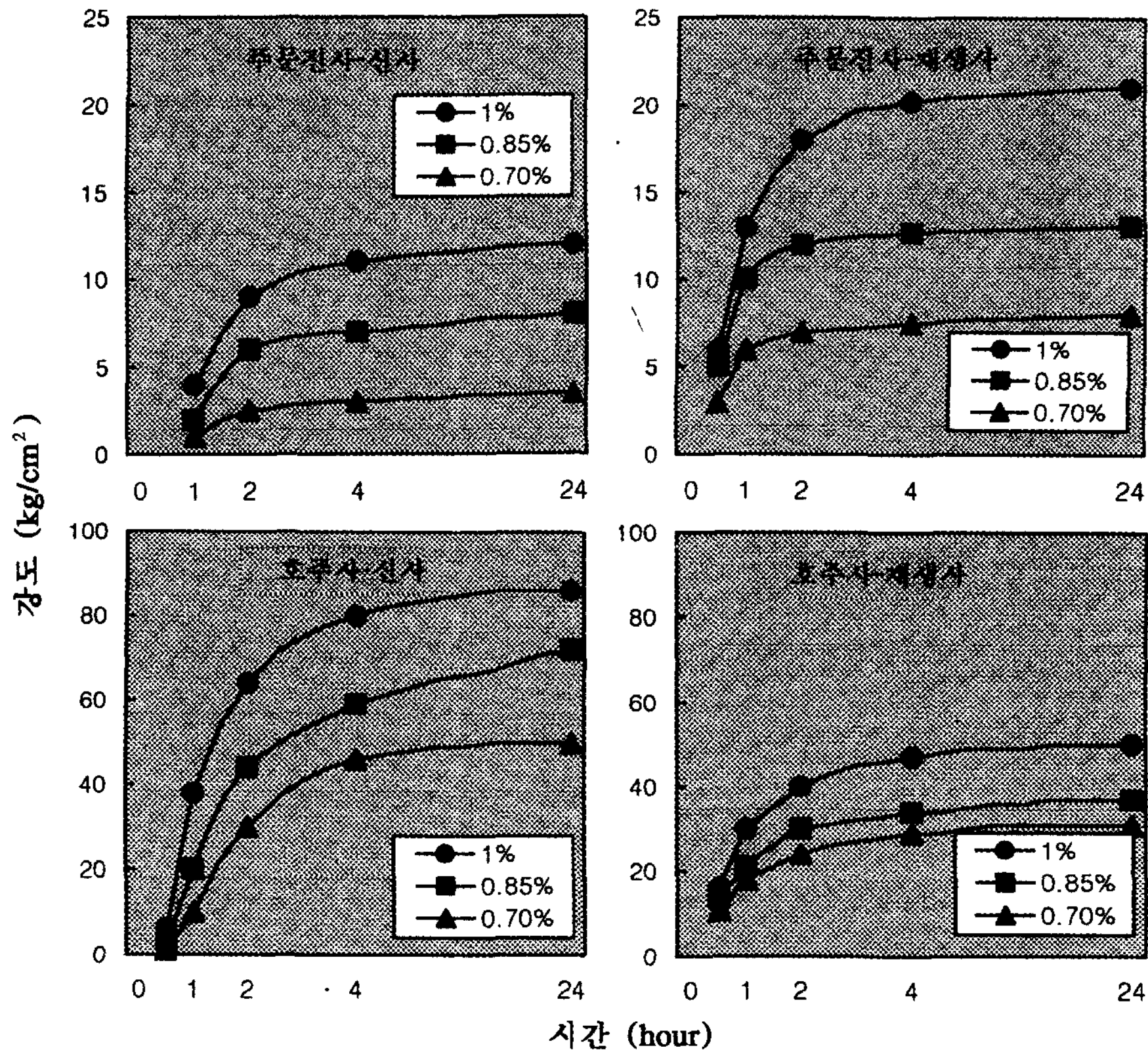
연소 및 기계적 재생에서 특별히 문제되는 것은 없지만 주물사내에 조개껍질 미분이 포함되어 있는 경우 상당량의 탄산칼슘(CaCO₃)을 함유하고 있어 이 탄산

표 1. 신사

구분	입도지수	L.O.I	PH	ADV	점토분(%)	겉보기비중 (g/cc)	비고
주문진사	31.0	0.40	7.10	+3.5	0.26	1.456	T사입수
호주사	30.0	0.05	7.40	+1.2	0.06	1.612	S사입수
chromite	55.0	0.01	8.26	+1.6	0.06	2.622	I사입수

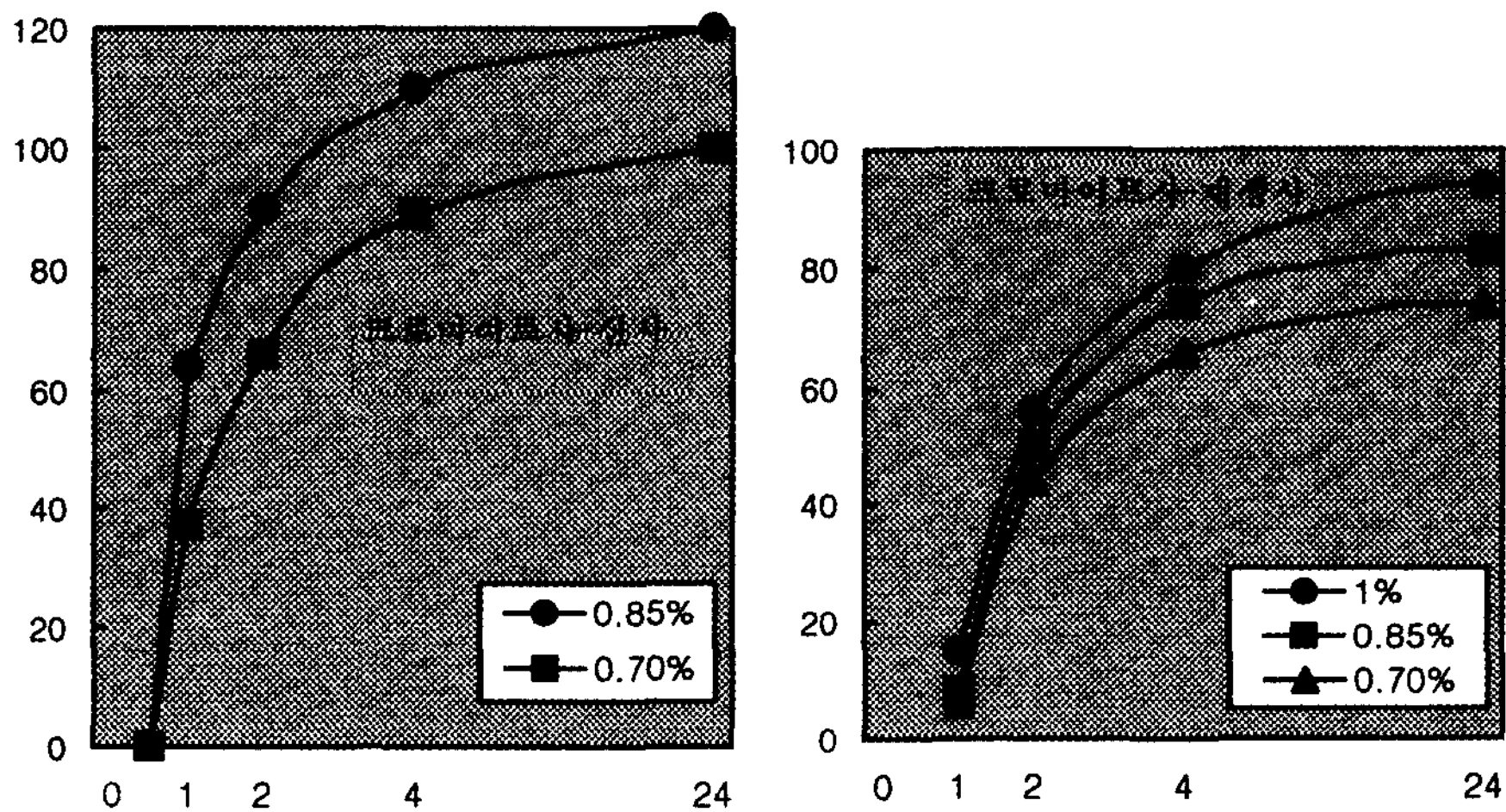
재생사

구분	입도지수	L.O.I	PH	ADV	Total gas (ml/gr)	N ₂ (ppm)	S (ppm)	비고
주문진사	33.5	3.70	4.56	-0.1	2.03	689	841	T사
호주사	31.0	1.70	3.50	-1.6	1.60	321	560	S사
chromite	56.7	0.05	4.52	+4.8	1.35	129	311	I사



<수지 함량에 따른 Sand의 강도비교>

작업조건 - 입사, 작업온도 : 25°C 수 지 : SF-3460(F. A 85%)/0.7, 0.85, 1%(to사)
 발 형 : 30분 경화제 : FO-0825(A. V 250)/30%(to수지)



염(炭酸鹽)을 함유하는 사가 경화제 작용에 문제를 일으키는 경우가 있다.

탄산염이 주조과정 또는 연소재생 중에 열로 인해

산화되어 수용성의 강한 알칼리성 석회 또는 산화칼슘(CaO)으로 전환된다. 사중에 석회가 존재하고 있으면, 이것을 경화제로 중화하기 전에는 수지의 경화가 시작

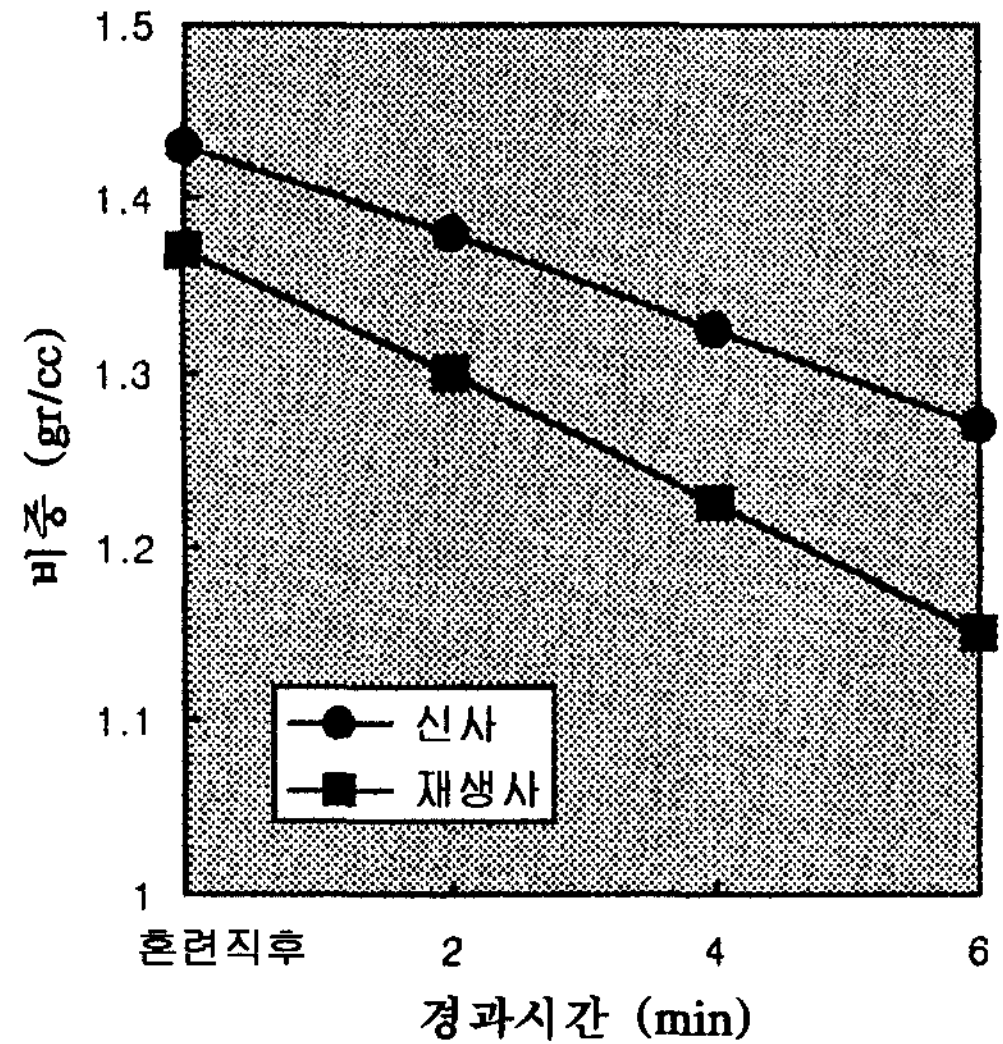
되지 않는다. 연소재생에는 전부의 탄산염이 석회로 전환하지만, 기계적 재생에서는 주조공정의 열만으로 탄산염이 석회로 전환되므로, 그 전환위 정도는 주물의 크기, Sand/Metal비, 사의 열영향정도 등에 의해 크게 좌우된다. 재생기에서 나오는 사의 ADV는 열의 영향을 받은 사중의 석회 전환량에 좌우되므로 이때는 석회를 중화하기 위해 경화제의 양을 변경해야 한다.

4. 경화에 영향을 주는 요인

4.1 온도

Furan자경성에서 온도는 촉매와 같이 중요하다. 일반적인 반응속도는 10°C상승하면 2배로 된다고 알려져 있지만 실험과 문헌에 의하면 Furan자경성은 8°C상승에 반응속도가 약 2배가 되는 것으로 알려져 있다. 예를 들면 20°C에서 10분의 가사시간을 가지는 혼련사는 28°C에서 5분, 36°C에서 2.5분, 12°C에서 20분, 4°C에서 40분이 된다. 즉, 하루의 작업중 온도차가 16°C이상까지 변동하면 한가지의 경화제로 조형작업이 불가능할 수 있으므로 사온과 작업온도에 따라 경화제의 종류와 사용량을 변화시켜야만 한다.

저온에서의 최종강도는 수지가 경화반응에 참여한 정도만의 강도를 나타내며 장시간 방치해도 수지경화가

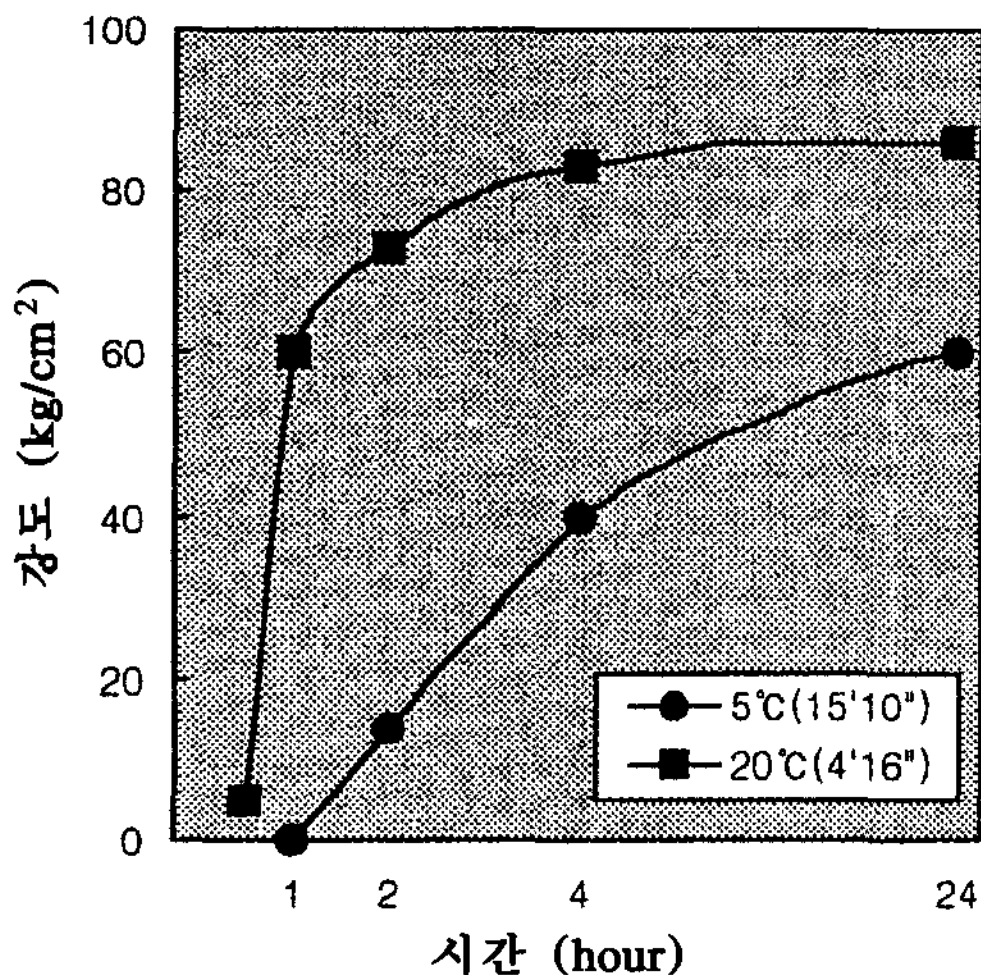


<혼련사의 시간경과에 따른 겉보기 비중변화>

조건 - 사 : 표1, 호주사 신사
 입사/작업온도 : 25°C
 수 지 : SF-3460/1% (to 사)
 경화제 : FO-0831/30%(to 수지)

시험방법 - 10cm 높이에서 자연 낙하시켜
 일정부피에서 무게측정

도중에 정지되므로 동절기의 조형작업시 작업온도와 사 온 등의 관리가 필요하다.



<온도차에 의한 강도변화>

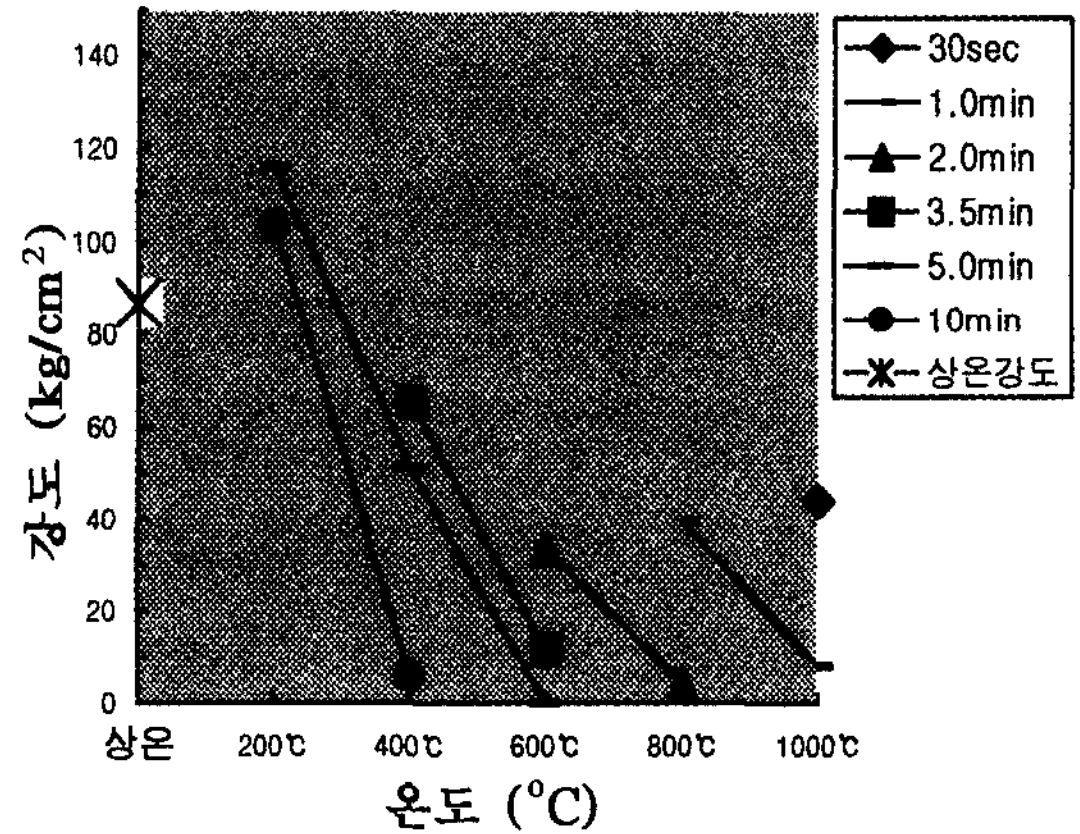
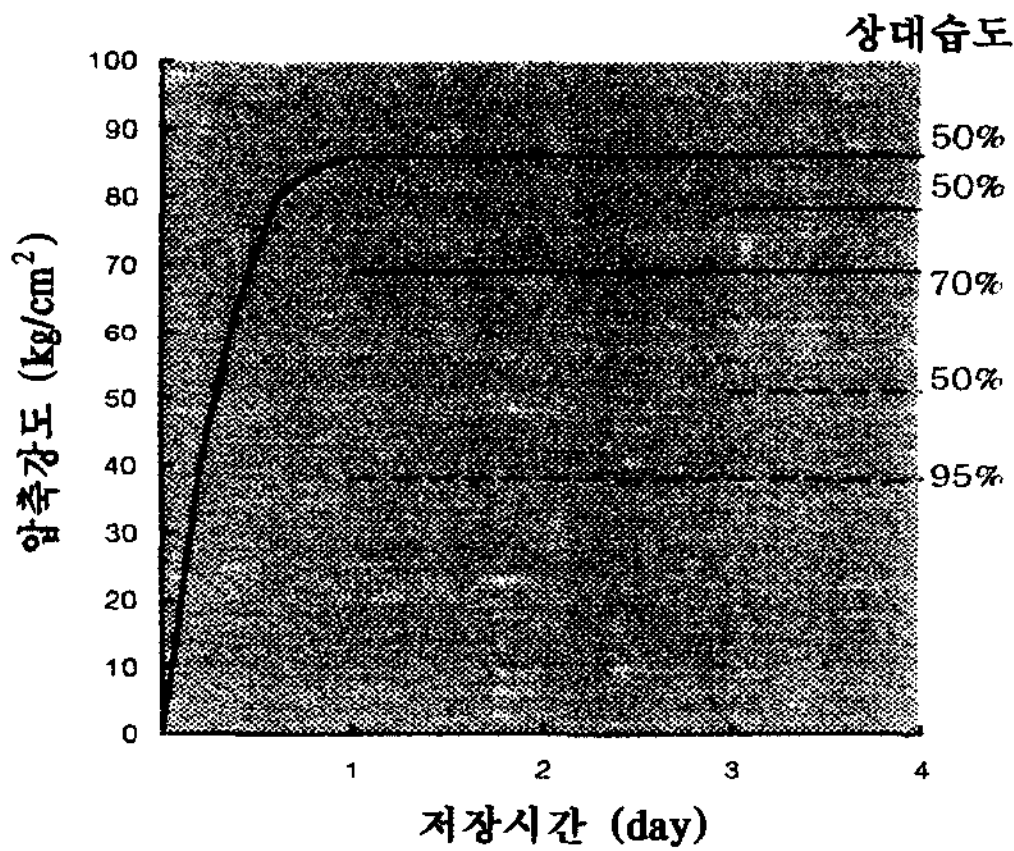
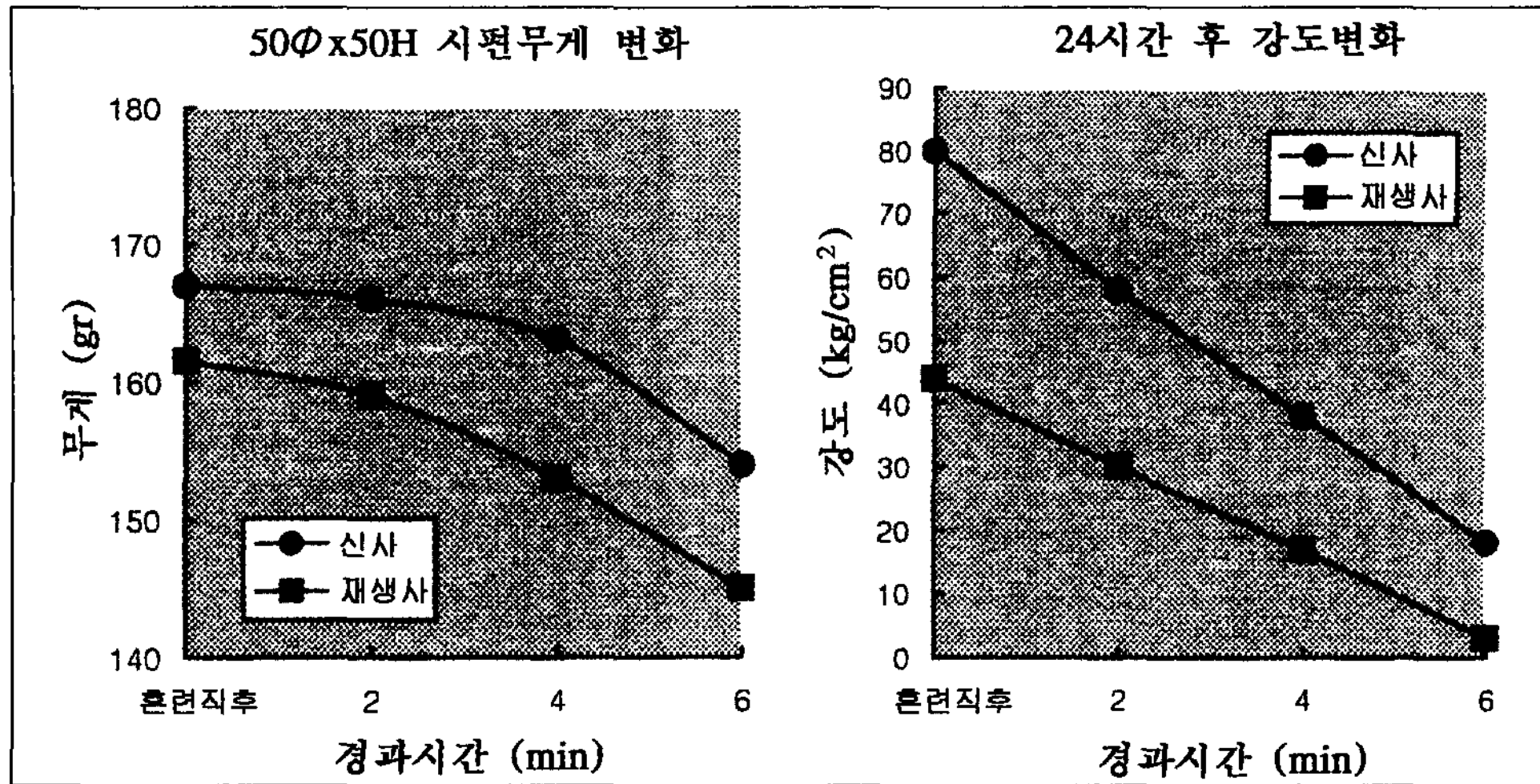
조건 - 수 지 : SF-3460/1.0% (to 사)
 경화제 : FO-0831 (A.V310)/30%(to 수지)
 발형시간 : 40분
 () : 외관상 반응 확인시간
 사 : 표 1의 호주사 신사

4.2 충전밀도

혼련사(混練砂)는 혼련 도중부터 경화가 시작되어 사에 피막을 형성한 수지의 점성이 상승한다. 이로 인해 피막 이동이 불가능해지므로 유동성 확보가 가능한 가사시간이내에 조형작업을 마쳐야 한다. 그렇지 않으면 사 입자간의 결함을 방해 또는 불가능하게 할 수 있다. 즉, 혼련사를 방치하면 방치시간에 반비례하여 강도가 저하하므로 혼련부터 조형완료까지의 시간이 짧을수록 최상의 조형강도를 얻을 수 있다.

4.3 수분/습도

사(砂)중에 수분은 산촉매를 희석하고 축합에 의한 경화반응을 지연시킨다. 0.2%이상의 수분을 함유한 사는 경화속도, 강도 및 유동성을 저하시켜 주형 중심부의 경화성이 저하된다. 또한 상대습도가 높을 경우도 경화속도가 지연되므로 하절기의 장마철 작업조건에서 수분을 증발시킬 방안을 강구하고 조형물을 장시간 보관하는 것을 피해야한다.



조건 - 사 : 표(1)의 호주사 신사
 수 지 : 1% (to 사)
 경화제 : 30% (to 수지)

다음은 상대습도 50%에서 시편을 만들고 70%와 95%에서 저장하다가 다시 50%로 저장했을 때의 강도 회복 상황을 보여주고 있다.

5. Furan자경성의 열간변화

5.1 열간강도(24시간 상온경화 시험편 적용)

- 시험조건 - 시험편 크기: 50Φ×50H, 전기로 이용
- 폭열(曝熱)시간: 30sec~10min
- 배합조건 사 : 표1. 호주사 신사
- 수 지:SF-3460/1.0%(to 사)
- 경화제:FO-0834(A.V340)/30%(to 수지)

5.2 가열시 분해 가스의 양 및 조성

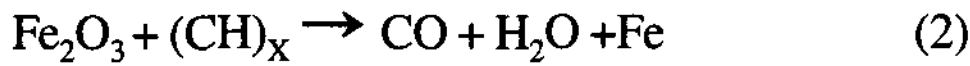
분해온도 (°C)	Furan수지12% 배합사 100gr 에서 발생하는 gas량(cc)	발생가스의 주 성분
200	63	H ₂ O, CO, CO ₂
300	133	H ₂ O, CO, CO ₂ C ₂ H ₆ , CH ₄
400	351	
500	434	
600	467	H ₂ O, CO, CO ₂ H ₂ , O ₂ , C ₂ H ₆ , CH ₄
700	504	
800	583	
900	674	H ₂ O, CO, CO ₂ H ₂ , N ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ ,
1000	715	

5.3 분해가스의 생성메카니즘과 타점결제와 비교

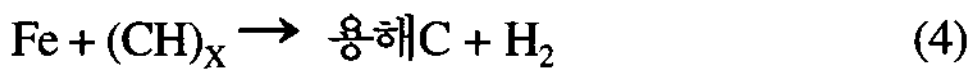
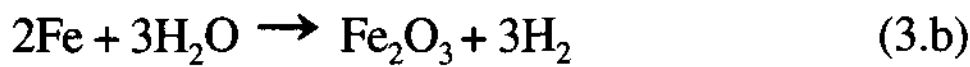
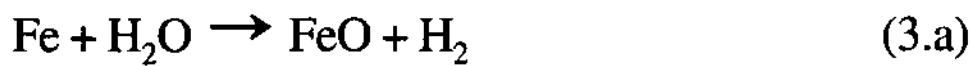
Furan자경성은 용탕(鎔湯) 주입 후 15~30초 사이에

분해되면서 가스발생량이 최고치에 도달하여 pinhole과 같은 주물결함을 일으키는 CO, CO₂, H₂ 및 N₂을 발생한다.

이중 CO와 CO₂는 수지 또는 용탕에 용해되어 있는 탄소가 대기의 산소 또는 Fe₂O₃와 반응해서 생성된다.

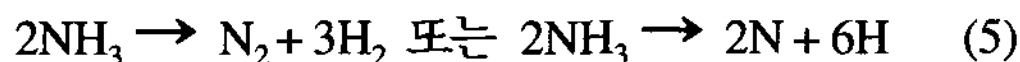


그리고 H₂는 수분과 유기물질로부터 주로 발생된다.



축합반응에 의해 주형내에 잔유하고 있던 수분이 용해된 철과 반응하여 최대의 수소를 발생한다. 액상의 철과 유기화합물이 환원(還元)해서 반응식(4)와 같이 직접 H₂를 생성시키지만 유기화합물이 반응식(1)과 같이 먼저 산소에 산화(酸化)되어 수분이 생성된 후 반응식 3.a와 3.b에 의해 H₂로 전환되기도 한다.

N₂는 NH₃또는 질소화합물이 고온에서 분해하여 생성된다.



실험상 정확한 수치를 얻기에 어려움이 있지만 일반적인 연구결과를 비교하면 각 주물사 점결제 사이에 다음과 같은 순서를 알 수 있다.

CO/CO₂의 Shell = Furan Hot Box > Furan자경성 > Phenol-Urethane > 규산소다계

탄화수소량 Shell > Phenol-Urethane = Ester경화 규산소다계 > Furan자경성 = Furan Hot Box > CO₂경화 규산소다계

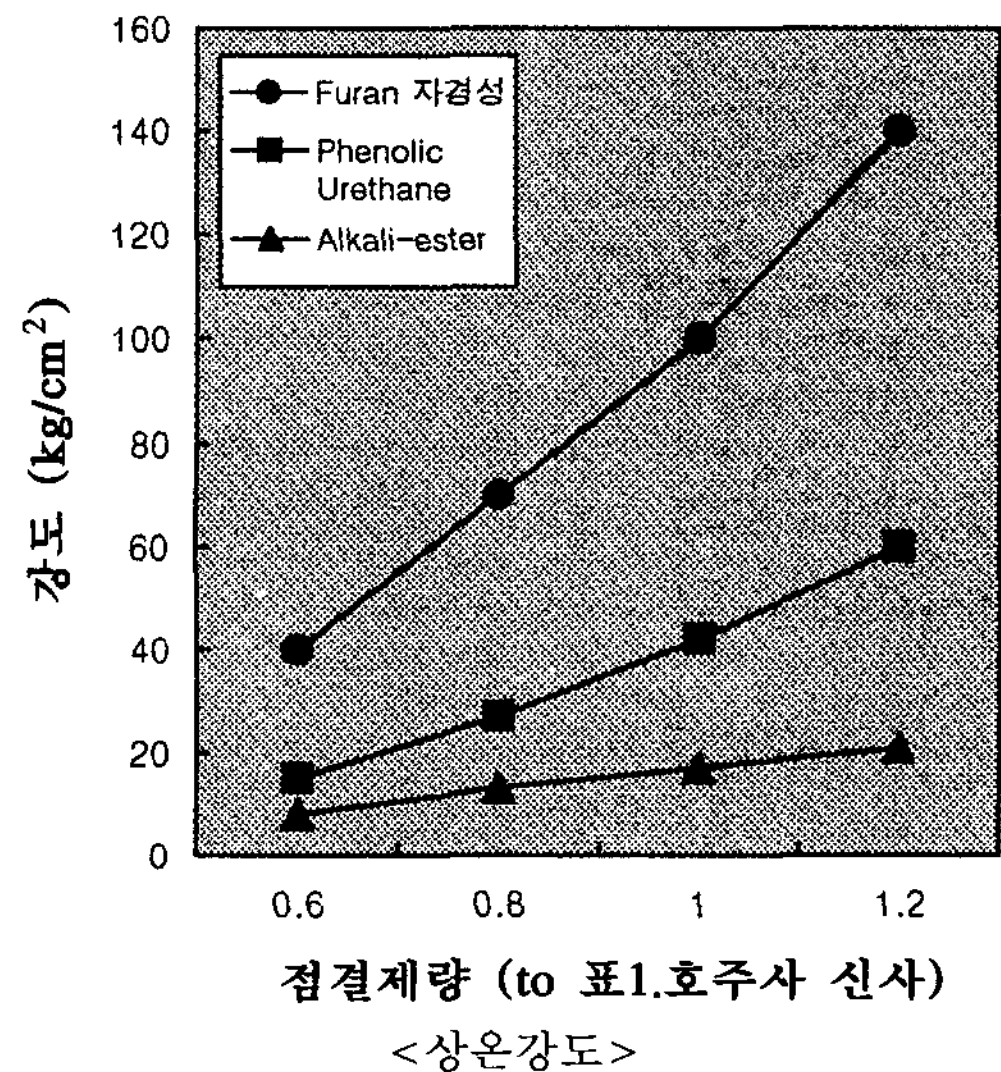
전체Gas발생량 ester경화 규산소다계 > Shell = Furan Hot Box = Furan자경성 > Phenol-Urethane

주물의 결함은 수지인 유기화합물의 분해에 의한 가스발생의 양과 속도 이외에도 가스성분, 용탕 중에 용해하고 있는 가스의 영향, 주탕온도, 용탕의 표면장력 및 주형의 통기도와 같은 중요한 원인들의 복잡한 관계에 의해 발생 유무와 그 정도가 결정된다. 그리고 주형에 사용하는 수지와 잔유점결제(L.O.I수치)의 량에 비례하여 가스발생량이 증가하므로 가능한 사용량을 최소로 하여야 한다. 잔유점결제는 일반주철에서 2.5~3.5%, 주강에서 1.0~1.5%이며, 잔유질소분의 경우 일반주철은 0.2%, 강과 고합금주철에서는 0.01%를 일반적 한계로 말할 수 있다.

6. 유기 자경성 주형의 상온, 열간 특성 비교

6.1 상온강도

국내에서 일반적으로 사용중인 유기자경성 주형의 점결제(촉매 및 촉진제는 미포함)첨가량과 24시간 압축강도의 상관관계를 보면 Furan자경성이 동일 첨가량에서 가장 강도가 높고 Ester경화형 Alkali resol이 가장 낮은 것을 볼 수 있다. 이와 같이 자경성의 종류에 의해 상온강도에 차이가 있는 것은 점결제 자체의 유효수지분에 차이가 있거나 사표면과의 접착성과 유동성에 차이가 영향을 주었다고 생각된다.

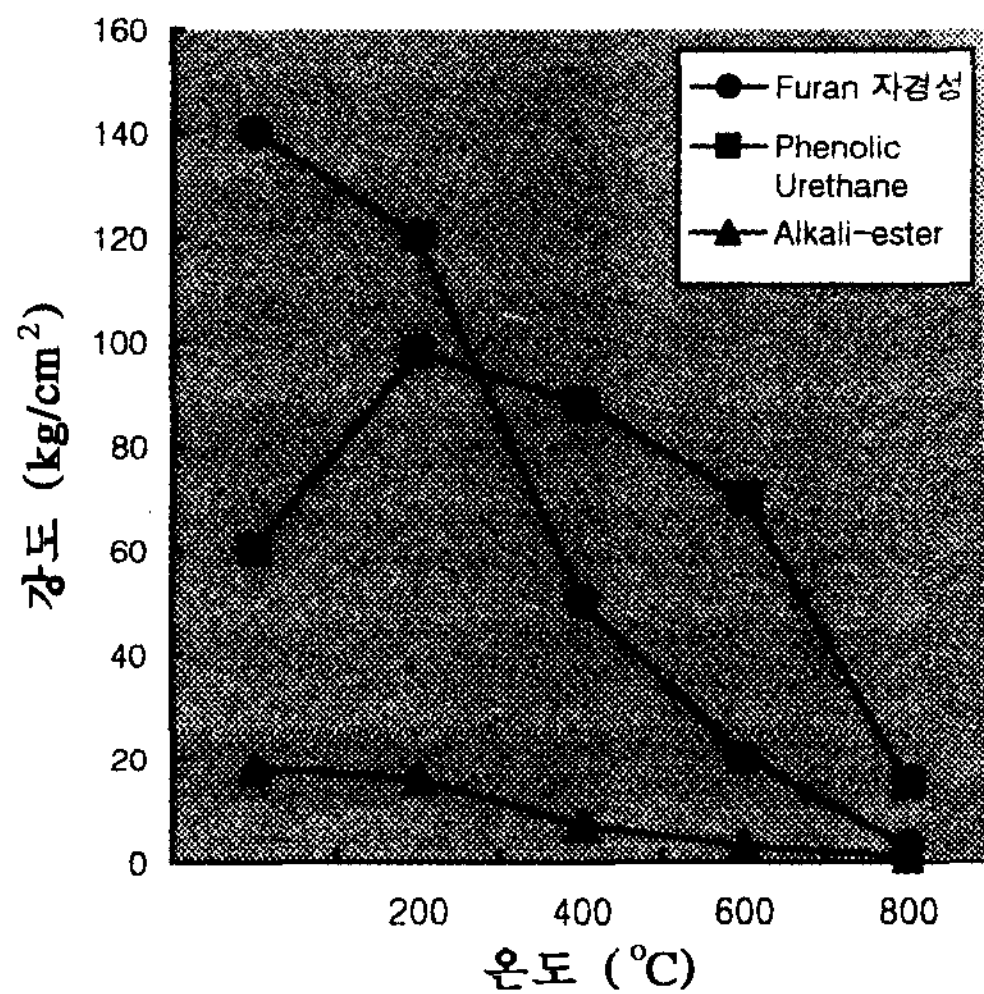


- 조건 · Furan자경성-경화제 30% to 수지
 · Phenolic Urethane-경화촉진제 1% to 수지
 - 점결제비: 수지/경화제 = 1/1
 · Alkali-ester-경화제 25% to 수지

6.2 열간 잔류강도

500×50H크기의 시험편을 24시간 방치 후 알루미늄 호일로 포장하여 200°C에서 30분, 400°C에서 20분, 600°C에서 10분, 800°C에서 8분 가열 후 실온으로 냉각하여 잔류압축강도를 측정했다.

잔류강도는 점결제의 양에 의해 현저한 영향이 있으므로 점결제의 양이 변화한다면 결과가 다르게 나타날 수도 있을 것으로 생각된다.



<열간잔류강도>

- Furan자경성-수지 : 1.2% (to 사)
- 경화제 : 30% (to 수지)
- Phenolic Urethane- 수지/경화제 = 0.6%/0.6%
- 촉진제 : 1% (to 수지)
- Alkali-ester- 수지 : 1.2% (to 사)
- 경화제 : 25% (to 수지)

7. Furan 자경성 주형의 도형제

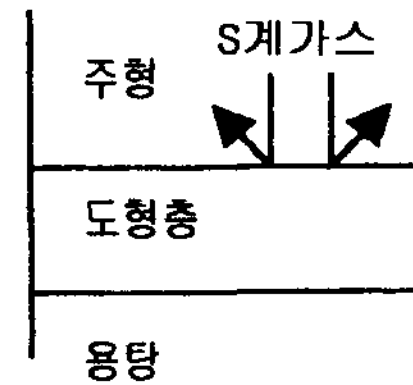
Furan자경성에는 모든 내화물의 수성 및 Alcohol도형제가 사용될 수 있다. 일반적인 조건은 발형 후 3시간 이내에 최종 도달강도의 70~90%에 도달하므로 주형을 완전히 가열하지 않는 경우에는 발형 후 3시간 경과 후에 도형할 필요가 있다. 통기성이 낮은 도형제 (특히 수성 도형제)의 경우 도형시간을 늦추는 다른 이유는 경화반응에 의해 생성된 수분이 주형내부에서 빠져 나오도록 할 필요가 있기 때문이다.

7.1 FCD.CV용 도형제

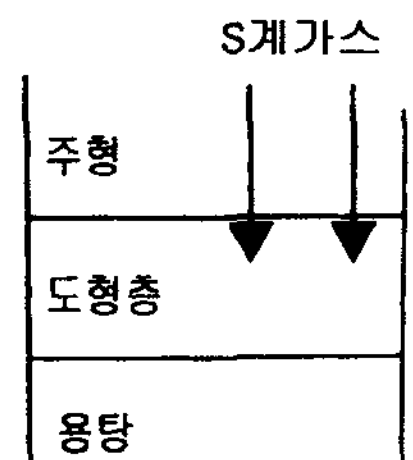
Furan주형으로 주조한 구상흑연 주철은 경화제로 사

용된 유기 슬폰산이 열분해하여 발생한 S계 가스가 주조품의 표층에 구상화 저해층을 발생하고, 주조품의 품질저하와 결함에 연결되는 경우가 있다. 이 침황현상을 도형제로 방지 및 최소화시키는 방법은 발생가스를 용탕에 접촉시키지 않는 다음의 3가지 경우를 생각할 수 있다.

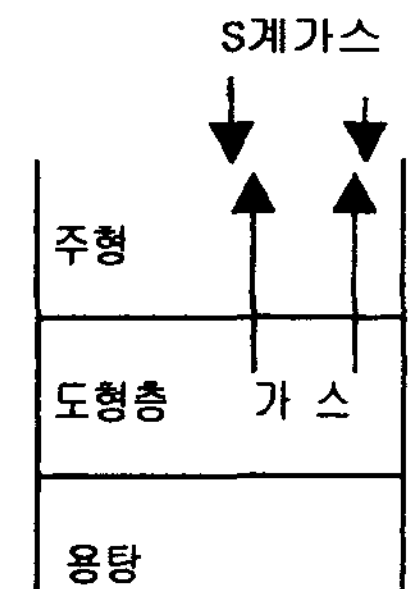
1. 차단효과
주탕시에 도형층 및 주형표층에 소결층 (燒結層)을 만들어 주형에서 발생하는 S계 가스를 차단



2. 흡수 효과
S계 가스와 도형제의 성분(S친화성이 높은 성분)이 반응하여 흡수



3. 가스방지벽 효과
도형중의 배합성분이 주탕시에 열분해하고 가스화되어 용탕과 S계가스의 접촉을 방지



7.2 침투(penetration)방지용 도형제

Furan주형을 포함한 모든 유기자경성 주형은 조건에 따른 차이는 있지만 주철, 주강을 불문하고 침투형 소착이 발생하기 쉬우므로 통상 특수사(Chromite, Zircon)를 사용하여 대처하고 있지만 조형공수, Cost상 승요인이 문제가 되고 있다.

이 문제를 도형제로 방지 및 최소화하기 위해서는 내열성이 높은 도형제를 주형표면에 침투시켜 사립(砂粒)간격을 충전하므로써 주형표층을 더욱 안정한 상태로 하는 것이 가장 효과적이라고 생각된다. 일반적으로 내열성이 높은 Zircon을 기재로 한 도형제를 2중도형 및 두껍게 도형하는 것으로 충분한 효과를 기대할 수 있으며 용제로 Methanol을 사용 시 침투성이 높아 주형을 약하게 할 가능성이 있으므로 I.P.A.를 사

용하는 것이 좋다.

7.3 베이닝(veining)방지용 도형제

Furan주형에서 베이닝 결함의 주원인은 주탕시 주형의 열팽창 등에 의해 균열발생이 원인인 것으로 알려져 있다. 통상 재생사를 사용한 경우 거의 발생하지 않지만, SiO₂함량이 높은 신사인 호주사를 사용하거나 대량 공급한 경우 잘 발생한다.

이 문제를 도형제로 방지 및 최소화하기 위해서는 주탕시 도형제 기제가 주형표층에서 Glass화 및 주형의 SiO₂와 반응해서 용융소결층을 생성하는 것이 유효하다고 생각된다. 단, 이 성질은 기본적으로 내열성이 떨어지므로 하부에 도형하는 것으로 한정하고 상부에는 내열성이 있는 도형제를 사용하는 것이 필요하다.

실제로 Graphite계의 Alcohol성 도형제를 도포한 부분과 하부에 Al₂O₃-SiO₂계 Alcohol성을 사용한 부분의 베이닝결함을 비교해 보면 그 효과가 확인되고 있다.

7.4 침황, 침탄(浸炭)방지용 도형제

Furan주형의 침황, 침탄 현상은 주조시의 열분해 물질에 기인된 것으로 주조품의 열간균열, 내식성 저하, 기계적 성질 저하 등의 결함 원인이 되므로 그 영향을 저지하는 것이 중요하다. 그 동안 침탄문제는 Chromite사를 표면사로 적용하여 그 효과와 확인되었고, 침황문제는 MgO계 도형제를 일반적으로 사용하였지만 그 효과는 불충분하였다.

근래 이 문제를 해결하기 위한 도형제는 기제로 몇 가지 특수산화물(특히 및 제조업체 Know-How)을 사용하여 침탄물질을 산화하고 도형층 및 주형표층에 용융소결층을 생성시켜 침황, 침탄 물질을 주형표면으로부터 차단하는 것이 이용되고 있다.

이 도형제는 주조시 물리적, 화학적 반응을 동반하므로 열적으로 다소 불안정하고 주물표면을 고려하면은 하부에 사용하고, 상부는 Zircon계 도형제를 사용하는 방법이 효과가 있을 것으로 사료된다.

8. 작업환경에 대한 용어 정의 및 기준치

8.1 용어정의

· TWA(시간 가중 평균 농도, Time Weighted Average Concentration) : 근로자가 1일 8시간 또는 주 40시간 정상작업에서 매일 반복 피폭하여도 악영향

을 받지 않는다고 생각되는 농도로, 시간에 중점을 둔 유해물질의 평균농도.

· STEL(단시간 노출 허용 농도, Short Term Exposure Limit) : 근로자가 1회에 15분간 유해요인에 노출되는 허용농도로 1회 노출 간격이 1시간 이상일 경우 1일 4회까지 허용이 될 수 있는 농도

· C(최고허용농도, Ceiling) : 근로자가 1일 작업시간 동안 잠시라도 노출되어서는 안되는 최고 허용 농도.

8.2 작업환경 구분 및 기준치

구분	노출기준치	단위	측정방법	비고
유기용제	1.11	ppm	고체포집법	G.C.(Gas Chromatography)
Xylene	100			
Toluene	200			
IPA	400			
Methanol	200			UVS (Ultraviolet Visible Spectrophotometer)
H ₂ SO ₄	1	mg/m ³	액체포집법	
Phenol	5	ppm		
HCHO	1.5	mg/m ³		

9. Furan자경성의 장단점

장 점

1. 사용한 수지량 및 경화제에 비해 높은 강도를 얻을 수 있다.
2. 주물의 치수 정밀도가 양호하다.
3. 열간강도가 높고 발형성이 우수하다.
4. 혼련사의 유동성이 우수하다.
5. 주조시의 연기와 취기가 유기용제를 사용한 것보다 적다.
6. Cost, 강도, 주물 재질, 작업성 등에 따라 수지의 선택 폭이 넓다.
7. 경화제의 선택폭이 넓다.
8. 점도가 낮으므로 저온에서 취급이나 혼련시의 문제를 최소화 할 수 있다.
9. 수지를 고반응성으로 하여 경화를 저온범위까지 넓힐 수 있다.
10. 주형의 색상 변화로 경화 정도를 파악할 수 있다.

단 점

1. 부식성이 강한 산을 경화제로 사용한다.

2. 가사시간/발형시간이 모래온도에 민감하다.
3. 질소와 황산 잔분이 재생에 문제를 일으킬 가능성이 있다.
4. 기계적 재생에는 재생사 표면을 산성화 한다.
5. 원료부족을 경험했다.
6. 주형에 가요성(可撓性)을 가지게 하기 위해 가소제(可塑濟)를 사용해야 한다.

10. Furan 수지의 개선방향

1. 가스결함을 없애기위해 질소함량을 감소
2. 반응 Type, FA와 반응성 화합물의 혼합, Keton 수지와 FA의 혼합.
3. 사 재생성을 개선.
4. 경화제양을 감소시킬 수 있는 수지의 반응성 개선