

|||||  
**現場技術**  
 |||||

## Furan Resin 자경성 주형법의 적용과 공정관리

蔣 允 石

### The Application and Control of Furan Resin Molding Process.

Y.S.Chang

#### 1. 서 언

Furan resin molding process는 자경성 주형법으로 조형과 탈사가 용이하여 특히 대형주조품의 주형으로 그 장점이 인정되고 있으며, 주형사를 재생하여 사용가능하므로 폐사를 버리는데 어려움이 제거되는 이점이 있다. 이러한 이점때문에 구미지역에서 상당히 널리 적용되고 있는 주형법이다. 그러나, 국내에 처음으로 전면적으로 적용하는데는 주형사와 설비의 선정, lay-out, 공정관리법, 시험설비의 준비 등 상당한 검토가 있었다.

현재까지 적용상에 큰 문제점이 있다고는 생각되지 않으며 월간 주강품 약 1200-1500ton을 생산하고 있으며 최대단중은 주강품 270ton, 주철품 300ton이 생산되었다.

여기서는 한국중공업(주) 창원공장에 적용한 경험을 중심으로 설비와 주형법에 대해서 보고한다.

#### 2. 주요설비 및 공정

그림 1에 주형사의 흐름도를 표시한다.

대형 주강품을 flask를 사용하여 조형한다면 다양한 규격의 flask를 수천톤 보유하여야 할 것이며, 제품 형상에 따라서 flask를 준비하는 시간이 조형공수의 60%이상을 점유하게 되고 주입시 용강 누출

방지 등 안전도에 많은 노력이 필요하다. 그러므로 당사는 flaskless moulding방법을 채택하였으며 대형 moulding pit가 flask역할을 한다.

Moulding 작업을 능률적으로 하기 위하여 2대의 movable continuous mixer(25ton/hr)가 moulding pit를 따라서 이동하면서 주형사를 공급한다. 또한 중차 조형용으로 1대의 stationary continuous mixer(15-ton/hr)가 별도로 설치 되어 있다.

주입후 제품 해체시 제품 주변의 resin이 완전히 연소되므로 moulding pit내에서 탈사가 가능하다. Resin이 연소되지 않은 주형은 vibrating grate에 장입하면 큰 철판은 분리되고, jaw crusher에 의해 파쇄되어 jolting conveyer에 의해 운반된다. 재생 공정중 주요설비의 기능은 다음과 같다.

- magnetic separator : 주형사가 재생되기 전에 vibrating grate를 통과한 작은 철판을 분리시킨다.
- metal detector : magnetic separator에서 분리되지 않은 비자성 철판(stainless steel등)을 분리시킨다.
- hammer breaker : resin이 연소되지 않은 큰 주형 덩어리를 파쇄한다.
- rotary screen : 모래 재생전 미분쇄된 덩어리는 제거된다.
- six cell scrubber : sand주위에 미연소 상태의 resin과 미분을 제거하기 위하여 압

한국중공업(주) 기술연구소.

※ 당학회 1988년도 정기총회시 수상한 기술상 내용임

축 공기를 취입하여 모래를 상부 target에 부딪치게하여 6개의 target cell을 통과하므로써 resin과 미분이 제거되어 재생이 완료되며 재생처리 능력은 14ton/hr이다.

-static cooler : 재생사의 온도가 30℃이상이면 static cooler내로 유입되어 수냉 coil에 의해 냉각된다.

-silo : 신사저장용 1개, 재생사 저장용 2개 및 크로마이트사 저장용으로 1개가 사용되고 있다. 저장된 신사와 재생사는 pneumatic system에 의해 terminal hopper로 이송된다.

### 3. 주형사의 선택

주형사를 재생회수하기 위해서 사면에 피복된 수지를 제거하는 과정으로 파쇄와 scrubbing공정을 거칠 때 지탱할 수 있는 입자의 강도를 갖는 것이 무엇보다 중요하다고 생각되었다. 그래서, 전국 대부분의 산사와 자연사의 시료를 직접 채취하여 시험하고, 검토한 결과 목표로 하는 다음 표1의 주형사를 찾는데 실패했다.

대체로 산사는 강도, 입형과 입도에 문제가 있고, 자연사는 SiO<sub>2</sub>함량, 산소비량과 PH에 문제가 있다. 그래서, 차선택으로 채취때 수세 및 건조를 하고 있는 주문진사를 선택하게 되었으나 주강사로 사용하

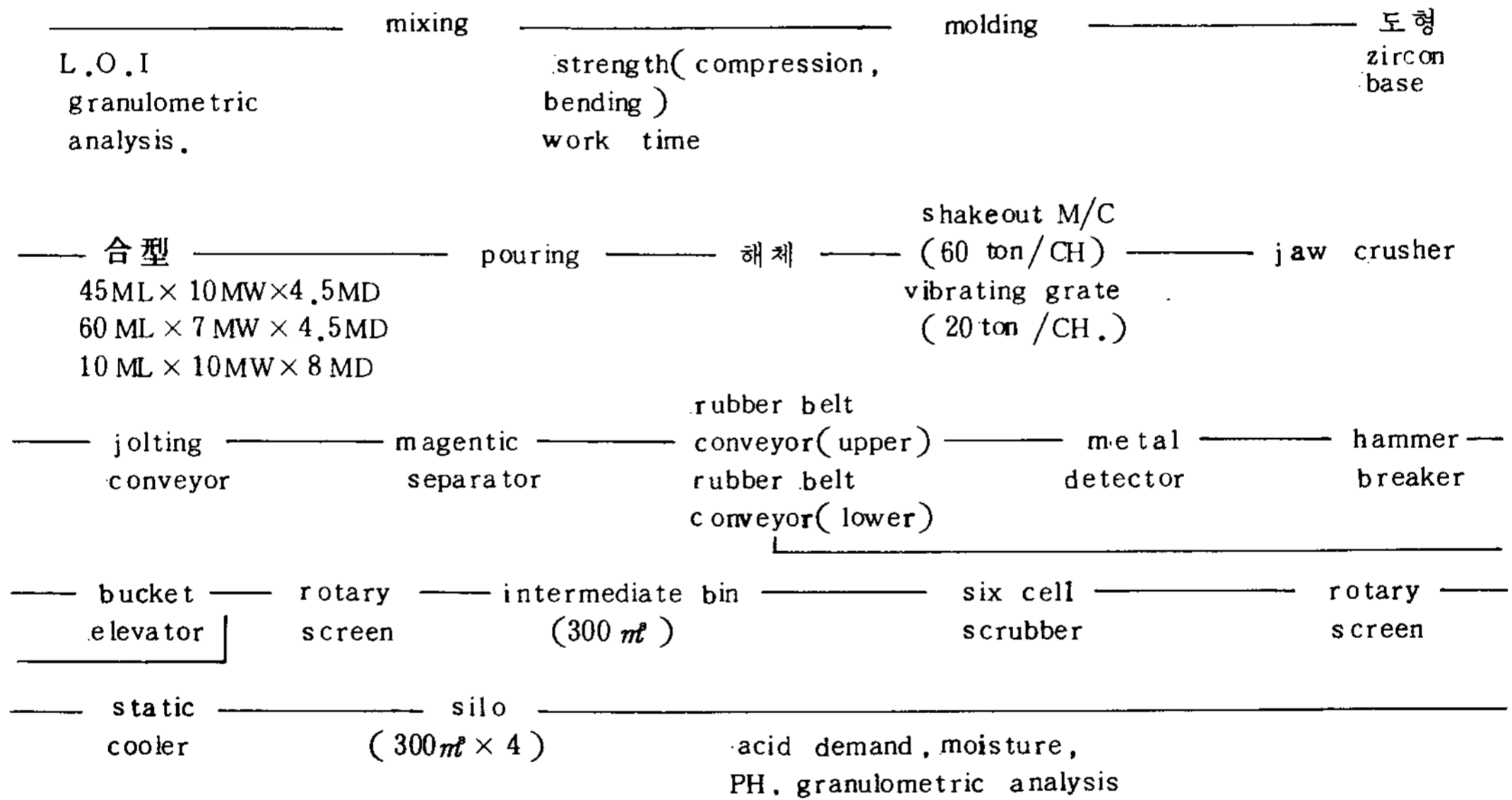


그림 1. Molding sand flow chart

표 1. 목표 주형사의 특성 및 구비조건

항 목	silica sand	비 고
chemical composition	SiO <sub>2</sub> > 95 %	
PH	7 - 8	
acid demand value	0-3 ml/50 gr. sand	
moisture	< 0.2 %	
grain shape	round or subangular	
grain size	AFS No. 45	

기에는 내화도와 입도에 다소 미흡한 점이 없다고 할 수 없다. 따라서, 고온부 등에 표면사로 부분적인 크로마이트사의 사용은 불가피하다 하겠다.

**4. Furan resin의 특성과 경화기구**

다음 표 2에 주요 furan resin의 규격을 나타내었다.

화학적 성분의 영향을 살펴보면 다음과 같다.

(1) % nitrogen

발전 설비용 주강품과 같이 고품질의 주강품에는 특히 nitrogen gas로 인한 porosity 나 Pin-hole 류의 결함을 제어하기 위하여 엄격히 관리할 항목으로 사료된다.

(2) % water

Furan resin이 함유한 수분의 주요 역할은 일종의 희석재료 (diluent)로써 resin의 점도를 감소시켜 혼련 효과가 있고 경화속도를 지연시키고 조형사의 강도를 저하시키며 gas 결합을 증대하는 영향이 있다.

(3) % F.A(furfuryl alcohol)

Furan resin에 있어서 furfuryl alcohol은 기본적으로 중요한 성분으로 경화반응의 주체가 되며 그 함량에 따라 gas 결합의 다소 및 재생·회수율의 고·저등과 관련이 있다.

또한, furfuryl alcohol 95%이상의 high furan resin은 최종강도가 다소 저하되며, 보관 및 보존기간이 짧고, 경화반응의 control이 어려운 점이 있다.

따라서, 사처리 설비의 온도 조절기능 및 조형사의 수분 및 산 소비량과 resin 자체의 PH, 수분함량 및 free formaldehyde 함량등을 종합적으로 검토 F.A. 함량을 결정해야 할 것으로 생각된다.

(4) % free formaldehyde

free formaldehyde(HCHO)는 H<sub>2</sub>O와 더불어 일종의 반응 부산물이며, 함량이 적정치보다 많으면 경화반응을 지연시켜 가사시간(bench life)이 길어진다. 그리고 주형과 코어의 강도를 저하시킨다.

표 2. Specification of major furan resins

구분	type	% F.A	% N <sub>2</sub>	% H <sub>2</sub> O	% formaldehyde	application
A	F/F.A	> 90 %	0	0	-	steel casting
B	"	> 80 %	3	3	< 1.5	cast iron casting

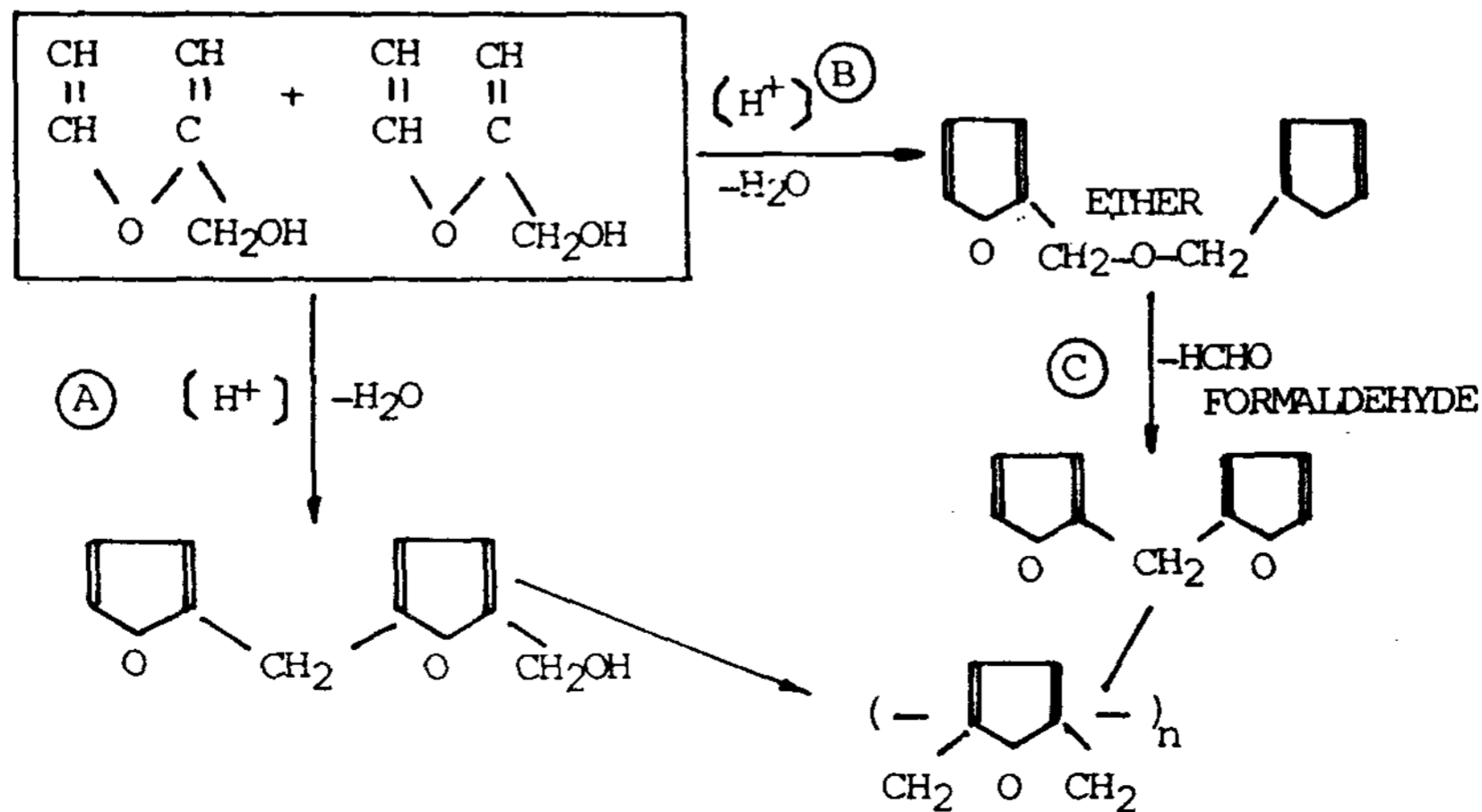


그림 2.furan수지의 경화기구

(5) Furan resin의 경화기구

Furan resin의 경화기구는 매우 복잡하여 정확한 규명은 어렵다고 하나 아래 그림 2와 같이 생각하고 있다.

- 1) A단계 : 산(acid)촉매하에서 furfuryl alcohol의 alcohol기와 furan환의 H와의 탈수 축합반응단계
- 2) B단계 : 산 촉매하에서 탈수에 의한 ether의 결합물의 생성
- 3) C단계 : formaldehyde생성 및 수지의 자가중합물(polymerization)형성단계로 집약된다. 그러나 실제의 반응은 타 furan환의 개환반응에 의한 원소의 영향 등으로 훨씬 복잡하다.

5. 주형사 관리

Resin첨가율을 결정하는 것은 주형사 관리에 가장 중요한 일이다.

어떤 범위내에서 주형강도는 점결제 첨가율에 비례하지만 과도한 첨가로 인한 경제적 손실뿐만 아니라 제품에 pinhole등의 결함 발생에 미치는 영향도 크다.

Resin첨가량에 미치는 중요 인자는

- 1) 주형사의 입도
- 2) 주형사의 산 소비량과 PH
- 3) 수분, 미분함량 등을 들수 있다.

가. 주형사의 입도

입도지수(AFN)가 클수록 주형사의 비표면적이 증대하여 일정한 주형강도를 얻기 위해서는 보다 많은 점결제가 요구된다. 일례로써 주형의 압축강도 450psi를 얻기 위해 입도지수가 AFN 55인 신사를 사용할 경우 furan resin첨가율은 1.8%(wt.%)이나 AFN 25인 신사의 경우는 1.1%로 현저히 낮다. 그러므로, 표면사와 이면사를 구분하여 細粒의 표면사로 주물 표면을 미려하게 하고 粗粒의 이면사를 사용하면 점결제를 절감할 수 있고 통기도도 향상되어 개스결함을 방지할 수 있다.

나. 酸消費量 (acid demand value)과 PH

산 소비량은 주형사의 산 흡수량을 말하며 고유 PH값과는 직접적인 관계가 없다. 일반적으로 산 소비량은 경화반응에 큰 영향을 준다. 즉, 산 소비량이 큰 주형사 일수록 경화가 느리며 극단적인 예로써 경화가 불가능한 경우도 있다.

반대로, 산 소비량이 적은 주형사 일수록 경화가 빠르다. 따라서, 주형사의 화학성분중 MgO, AlO, FeO및 염분 등이 높을 수록 산소비량이 증대하여 catalyst첨가량이 높아지며 제품에 개스결함을 유발할 수 있다.

다. 수분, 미분함량

주형사에 수분이 높으면 경화반응이 지연되며 미분함량이 많을수록 점결제 첨가량은 증가하며 낮아진다. 신사의 경우 수분은 0.2%wt.이하로 미분은 0.25%wt.이하로 관리하는 것이 바람직하다.

또한 재생사의 작열 감량은 0.8%이하가 되도록 scrubbing을 조절한다.

6. 주형의 강도 특성

Furan resin주형의 중요한 특성중의 하나는 잔류강도가 여타 주형의 것보다 훨씬 낮다. 즉, 잔류강도의 낮음은 붕괴성이 우수함을 뜻하며, 붕괴성의 향상은 사재성·회수 작업의 용이 및 작업환경의 개선, 원가절감의 측면에서도 매우 중요한 역할을 한다.

다음 그림은 furan resin 주형의 온도에 따른 강도를 나타내며 200-250℃의 온도 범위에서는 점결제의 연소과정중 일종의 탄화물 형성으로 일시적인 강도상승 현상이 일어나나 300℃이상에서는 급격한 강도저하를 수반한다.

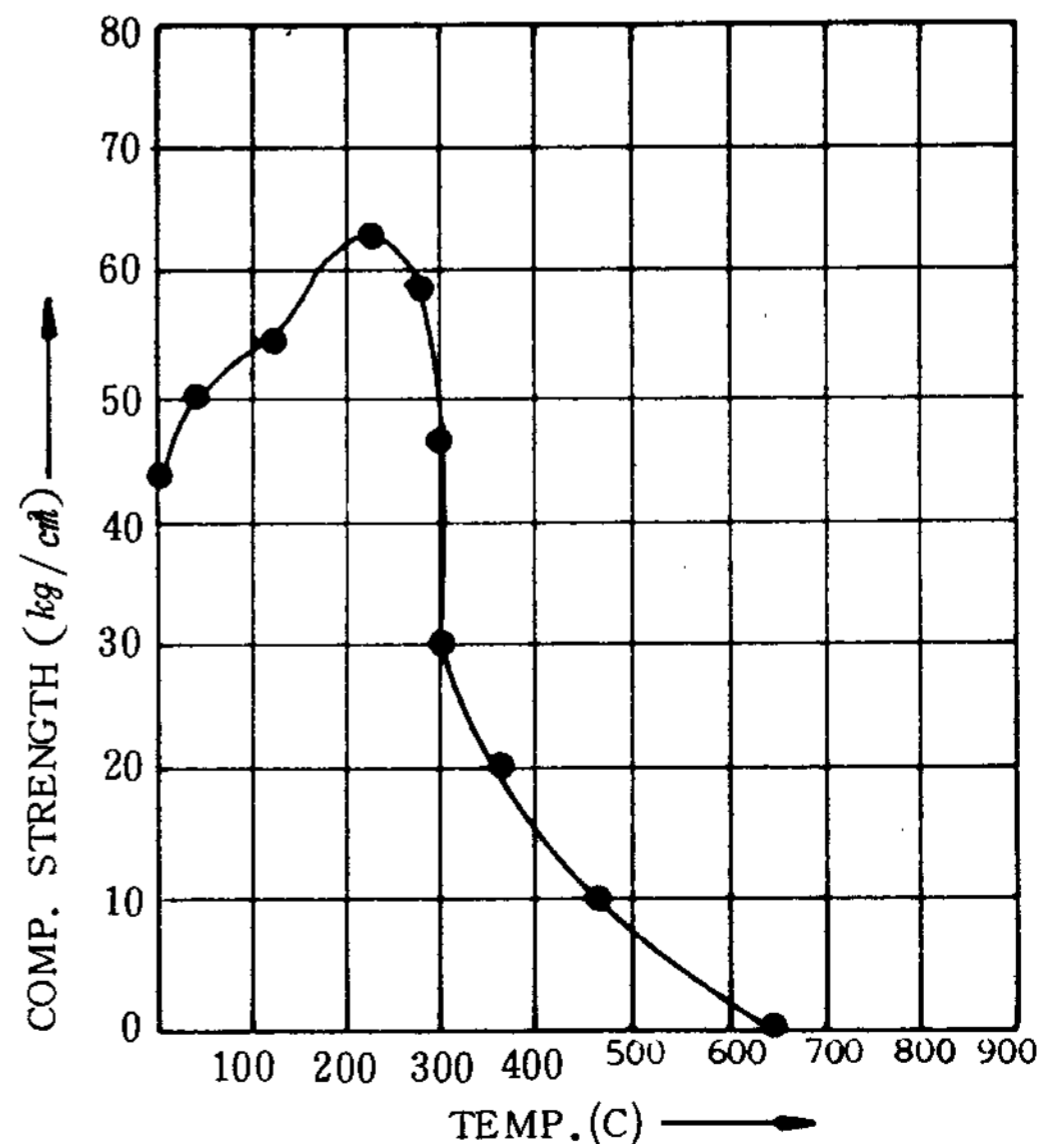


그림 3. Effect of temperature on the strength of mold

따라서, 주입작업시 주입은 신속히 이루어져야 하며 신속주입에 따른 주조방안과 주입온도의 관리에 주의하지 않으면 안된다.

### 7. 결론

- 1) 주형사를 재생회수하여 사용하기 위해서는 주형사의 강도, 내화도, PH등의 기본적인 조건이 중요하나, 현재까지 국내에서 개발된 주형사는 만족하다고 할수는 없다.  
그래서, 표면사로 사용되는 크로마이트사를 수입하여 사용하는 양이 많고, 주조품의 품질에도 상당히 좋지 못한 영향을 초래하고 있다.

따라서, 우수한 조형사의 개발이 필요하다.

- 2) Furan resin을 사용하는 주형법을 대형 주조품 생산에 적용할 때 조형과 탈사가 용이하고 당사와 같이 재생회수 설비를 완벽하게 갖추면 그 이점이 현저하나, furan resin이 고가이고, 품질 관정이 어렵고, 알콜의 함량에 따른 재생사에 잔유하는 양과 주조품에 미치는 영향을 규명할 필요가 있는 등, 앞으로도 좀더 연구해야 할 사항들이 있는 것으로 생각된다.
- 3) 주입후에 주형의 강도가 급히 저하되므로 주입시간을 약 2분내로 완료할 수 있도록 주조방안에 각별히 고려해야 한다.

## 〈알 림〉

1988년도 어느덧 저물어 가고 있습니다. 회원여러분의 적극적인 도움으로 당학회는 나날이 발전하고 있습니다.

새해에도 지속적인 협조를 부탁드립니다, 회원여러분의 가정에 만복이 깃드시길 기원합니다.

### 1. 1989年度 年會費 納付

1988年度 年會費를 아직 납부하지 못한 각종회원께서는 조속한 시일내에 회비를 납부하여 주시고 1989년도 회비는 아래와 같이 금년도와 동일하오니 3月 31日까지 납부하여 주시기 바랍니다.

1년이상 회비 체납회원에게는 학회재정상 학회지가 중단되오니 양지하시기 바랍니다.

- 정회원입회비 : 3,000 원
- 준회원입회비 : 2,000 원
- 단체 회원
- 년회비 : 10,000 원
- 년회비 : 6,000 원
- 년회비 : 20,000 원이상

※ **종신회원회비**: 150,000 (10,000×15年分)을 일시불 혹은 당해년도내에 3회 분납하시면 종신투록 회비가 면제되는 제도입니다.

회원여러분의 회비는 당학회의 각종 사업수행에 필수적인 재원이오니 한분도 빠짐없이 년회비를 납부하여 주시면 감사하겠습니다.

### 2. 韓國鑄造工學會誌 “주조” 發刊案内

당학회지 “주조”는 그동안 회원여러분의 지속적인 협조에 의하여 1986년까지 연간 4회 발행해오던 것을 1987년 특집 1호 포함 5회, 1988년에는 특집 2호를 추가하여 6회를 발행하여 배포하였습니다.

1989년부터는 격월간 발행에 의하여, 6회(2月, 4月, 6月, 8月, 10月, 12月)를 발간 공급코져 하오니 각 회원께서는 계속해서 기술자료·기술해설·현장기술·연구논문 등 주물에 관련된 많은 내용의 기사를 투고하여 주시기 바랍니다.

또한 주조산업분야 주춧돌으로써 아직 회원에 미가입하신분은 학회가입에 의하여 鑄造工學産業의 最新技術情報誌인 “주조”를 구독하시기 바랍니다.