

技術資料

## 주조상태에서 페라이트형 구상흑연주철 제조기술

김 석 원\*

### Manufacturing of Ferrite Type DCI in the As-Cast State

S · W · Kim \*

#### 1. 서 론

구상흑연주철은 회주철에 비하여 흑연이 구상화되어 있으므로 notch effect가 적어 응력집중을 완화시킴으로써 좋은 물리적성질 때문에 근년 기계주조재료, 산업기계재료, 방위산업용, 금형산업용에 사용이 점차 증가되어져 가고 있다.

구상흑연주철은 기지조직(Matrix)에 따라서 여러가지 서로다른 기계적성질이 나타내며, 그 기지조직은 응고과정중의 응고양상의 차, 즉 응고속도 및 합금원소에 의해서 상당한 차이가 나타난다. 이러한 상기조건을 적절히 제어하므로써 구상흑연주철의 기지조직은 단상조직 또는 혼합조직(2상, 3상혼합조직)을 얻을 수 있다.

특히 자동차용 구상흑연주철은 기지조직이 페라이트형이 요구된다. 그 이유는 페라이트형 구상흑연주철은 매우 좋은 연신을 및 가공성이 좋고, 또한 기계적 성질이 우수하기 때문이다. 이러한 페라이트형 구상흑연주철은 특별한 경우를 제외하고는 열처리를 통하여 얻을 수 있으며 이와 같이 한 번 주조된 제품을 열처리에 의해서 페라이트형 구상흑연주철을 얻는 것은 원가면에서나, 공정면에서 생산공장에서는 손해가 아닐 수 없다. 따라서 두께나 비록 얇은 구상흑연주철을 주방상태에서 페라이트형 구상흑연주철을 만들기 위하여서 여러가지 제조방법을 검토해 보고자한다.

#### 2. 용탕의 화학성분의 영향

구상흑연주철의 기본 성분은 대표적인 흑연화 원소인 C, Si 이다. C, Si가 높으면 높을수록 흑연

화면에서는 유리하지만 너무 높으면 carbon dross나 chunky 흑연의 생성때문에 충격치의 저하가 초래된다.

주방시 페라이트형 구상흑연주철을 얻기위해서는 제품의 두께에 따라서 화학성분은 다르다. 페라이트화에 중요한 영향을 미치는 C, Si도 제품의 두께가 25mm 이하일 경우에는 TC 3.7%, Si 2.8% 정도, 25-50mm 경우에는 TC 3.6%, Si 2.5%, 50mm이상 두께의 제품에는 TC 3.6%, Si 2.1%가 적당하다고 권장되어지고 있다.

우선 주방상태에서 페라이트형 구상흑연주철을 얻기위해서는 페라이트화를 방해하는 화학성분을 될수록 없어야한다. Thielmann은 직경 30mm의 환봉에서 기지조직에 미치는 합금원소의 영향을 조사한 결과중에서 페라이트량에 미치는 미량원소들과의 관계식을 다음과 같이 나타내었다.

$$F(\text{Ferrite량}) = 961 \exp(-Px) (\%)$$

여기서

$$Px = 3.0Mn - 2.65(Si - 2.0) + 7.75Cu + 90.$$

$$0Sn + 357Pb + 331Bi + 20.1As + 906Cr + 71.7Sb$$

따라서 기지조직을 페라이트화하기위해서는 이들 미량원소들을 잘 조절해야 된다. 특히 주방시 페라이트화의 기지조직을 얻기위해서는 세멘타이트의 안정화 원소인 Cr, Mn등을 특히 주의하지 않으면 안된다. 또한 용해할 때 고온용해나 장시간 용탕을 노내에서 보지함에 따라서 세멘타이트의 안정화작용이 강한 용해 O 량이나 용해 N량의 증가로 주방시 페라이트기지 구상흑연주철을 얻기가 어렵기 때문에 또한 주의하지 않으면 안된다.

사용 원료중에서 가장 중요한 것은 선철로써 선철의 화학성분중의 미량원소 Cu, Cr, Ti, As, V,

\* 全北大學校

Sn,Pb,Al등 가운데 (Ti+As)량의 구상화 판정을 하는데 가장 중요하다고 생각되어진다. 이들의 합금원소로써 구상화율을 판정키 어려울 경우 Al,Sb,Sn을 추가하여 검토하여도 된다. 탄화물 안정화 원소 Mn,P,Cu,Cr,As,V,Sn,Mo,Bi,Sb,Zn,W,Te등의 함유량이 적은 선철을 사용하고 C,Si,Mn등의 성분량을 적절히 조절하고 세멘타이트량을 증가시키는 잔류 Mg량을 될수록 적게 함에 따라 주방상태에서도 기계적 성질의 좋은 페라이트형 구상흑연주철을 얻을 수 있다.

또한 다른 추가장입물도 이와 같은 관점을 고려하고 선별하여 사용함이 좋다고 생각되어진다.

### 3. 흑연구상화제의 영향

기지조직을 페라이트화 하기 위해서는 어떠한 방법의 구상화접종이든 먼저 세멘타이트를 조장할 수 있는 접종은 되도록이면 사용하지 않아야 된다.

현재 시중에서 많은 흑연구상화제가 시판되고 있지만, 페라이트형 구상흑연주철을 생산하기 위해서는 흑연구상화제의 영향을 고려하여 가능하면 Mg사용량을 억제하는 것이 보다 효과적이다. Mg의 첨가량이 많아서 잔류 Mg가 많아지면 용탕중에 용해 N량이 많게 되어지기 때문에 이것이 과냉의 역할을 하게되어 세멘타이트의 증가로 페라이트화를 방해하게 된다.

Mg 이외의 구상화제로써는 Ca,Ce,La등 희토류원소를 고려할 수 있다. 그러나 Ca만의 접종으로 구상의 흑연화가 불충분하므로 완전한 구상흑연조직을 얻기 위해서는 상당량의 첨가가 필요하게 된다. 실험에서는 Ca-Si(Ca 약3%) 로써 흑연 구상화제로 사용한다면 10%정도를 첨가하여 흑연의 구상화를 얻을 수 있다. 그러므로 Ca는 단독으로 보다는 희토류와 불화물을 함께 첨가하는 경우에는 염기성 라이닝 용탕에서 예로써 Ca-Si 2%와 희토류 불화물 0.2%의 첨가로써 완전히 구상흑연조직을 얻을 수 있다. 그러나 사용상 실제적으로 Ca나 희토류원소로써 구상흑연주철의 조직을 얻기가 불완전할 때에는 소량의 Mg을 병용 첨가하면 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

Ca나 희토류 원소 및 Mg을 사용할 경우 금형 주조에서는 0.015%, 사형주조에서는 0.02-0.03%정도의 Mg를 잔류시키므로써 구상흑연주철

의 기지조직은 Mg만으로 처리한 구상흑연주철보다 페라이트량이 보다 많은 구상흑연을 제조할 수 있을 것이다.

### 4. 주형내 접종의 영향

주방상태로써 구상흑연주철의 기지조직을 페라이트화하기 위해서는 접종을 고려하여야 한다. 접종이라함은 주철의 품질을 향상 시키기 위해서 야금학적 대표적인 기술이다. 구상흑연주철에서는 접종하므로써 공정 셀수가 많아지고 공정 세멘타이트의 정출(chill화)을 방지하므로써 기지조직을 좋게하여서 기계적 성질을 향상시키는 목적으로 실시되어진다.

접종제의 주요성분은 세멘타이트의 결합을 약하게하고 세멘타이트 형성을 억제하는 직접적인 작용을 갖는 접종제로써 유효한 원소로 구성되어진다.

접종제로써 Fe-Si(Si 75%,Ca 1%, Al 2%, O<sub>2</sub> 0.02%)을 사용하여서 실험결과 접종 후 시간의 경과에 따른 접종효과의 변화를 그림 1에 나타내었다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 접종 후 10초이상이 경과하면 기지조직의 페라이트율

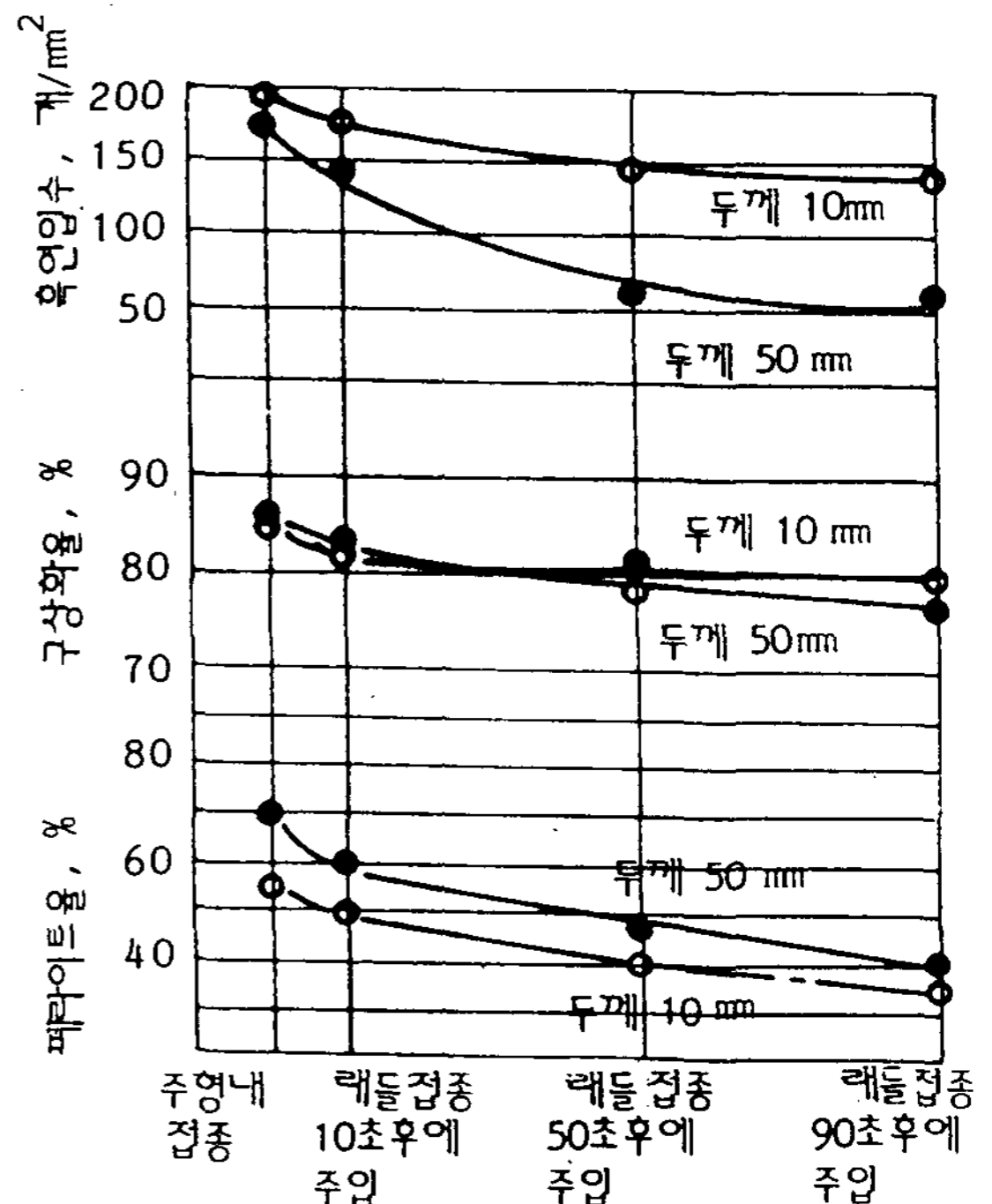


그림 1. 시간경과에 따른 접종효과의 변화

에 크게 영향을 미치지 못하고 또한 응고속도가 두꺼운 쪽이 얇은 것보다 페라이트화율이 크게 나타났다. 그러므로 10초이내에 집종효과로 구상 흑연주철 기지조직을 페라이트화로 하기 위해서는 특별한 집종방법이 필요하게 되기때문에 개발된 집종법이 주형내 집종법이다.

Dell은 “용탕의 응고과정에 흑연핵을 유발시키는 흑연화제를 대단히 적은 농축 셀로 만들어서 이들 흑연화제를 주형내에 집종제로 사용하면 주형내에서 용탕응고가 시작될때 이들 농축 셀이 자기 확산작용(self diffusion action)을 방지할 수 있기 때문에 주형내 집종은 탄화물의 제거에 최대로 효과적이다.” 라고 보고하였다.

지금까지 집종은 주로 ladle이나 shank에서 실시되었지만 주형내의 집종을 실시하여 본 결과 집종효과가 현저하게 나타났다.

그림 2는 집종방법에 따라서 흑연입수의 변화와 두께에 따른 흑연입수의 변화를 나타내었다. 페라이트의 증가는 집종방법에 따라서 크게 영향을 받는다.

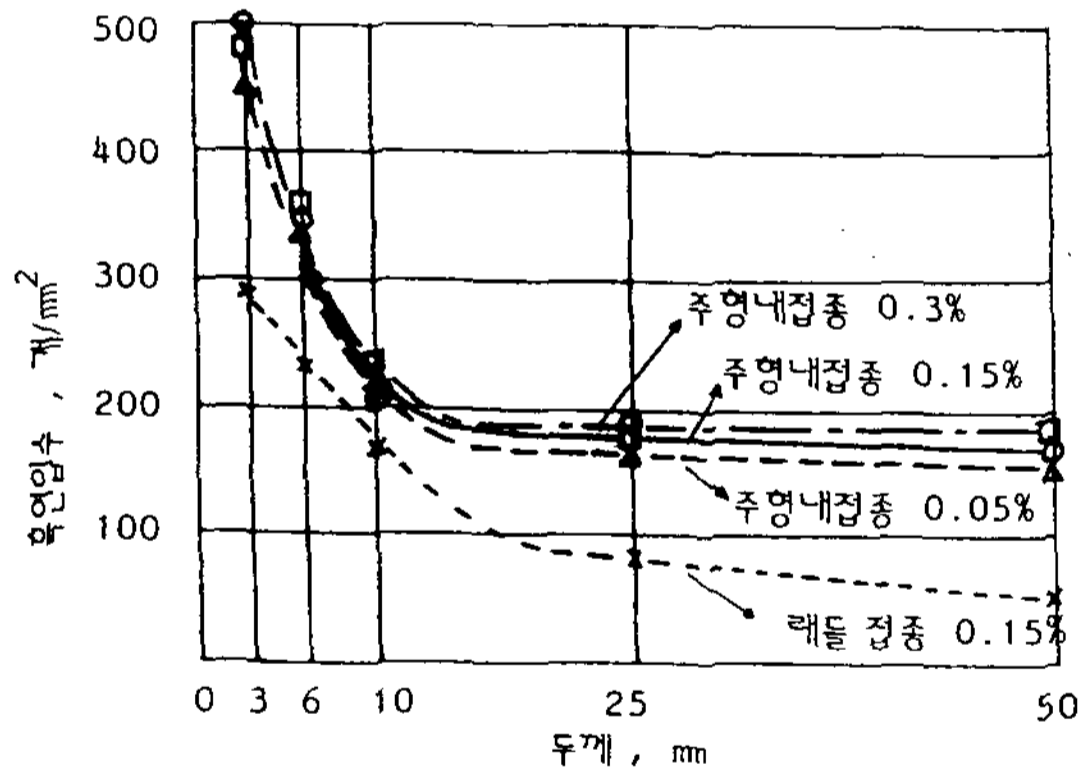


그림 2. 흑연입수에 미치는 집종방법의 영향

그 결과를 그림 3에 표시하였고 얇은 주물에서는 chill화의 방지가 주형내 집종법에 의해서 크게 향상되었음을 또한 나타내주고 있다.

구상화율도 역시 주형내 집종법이 크게 영향을 미치는 결과를 나타내며 두께가 얇을수록 구상화율은 증가되었다.(그림 4)

이러한 상기의 주형내의 집종방법으로써 종래 사용되어왔던 ladle, shank 집종방법에 비하여 흑연입수에 대한 영향, 페라이트화에 대한 영향, 구

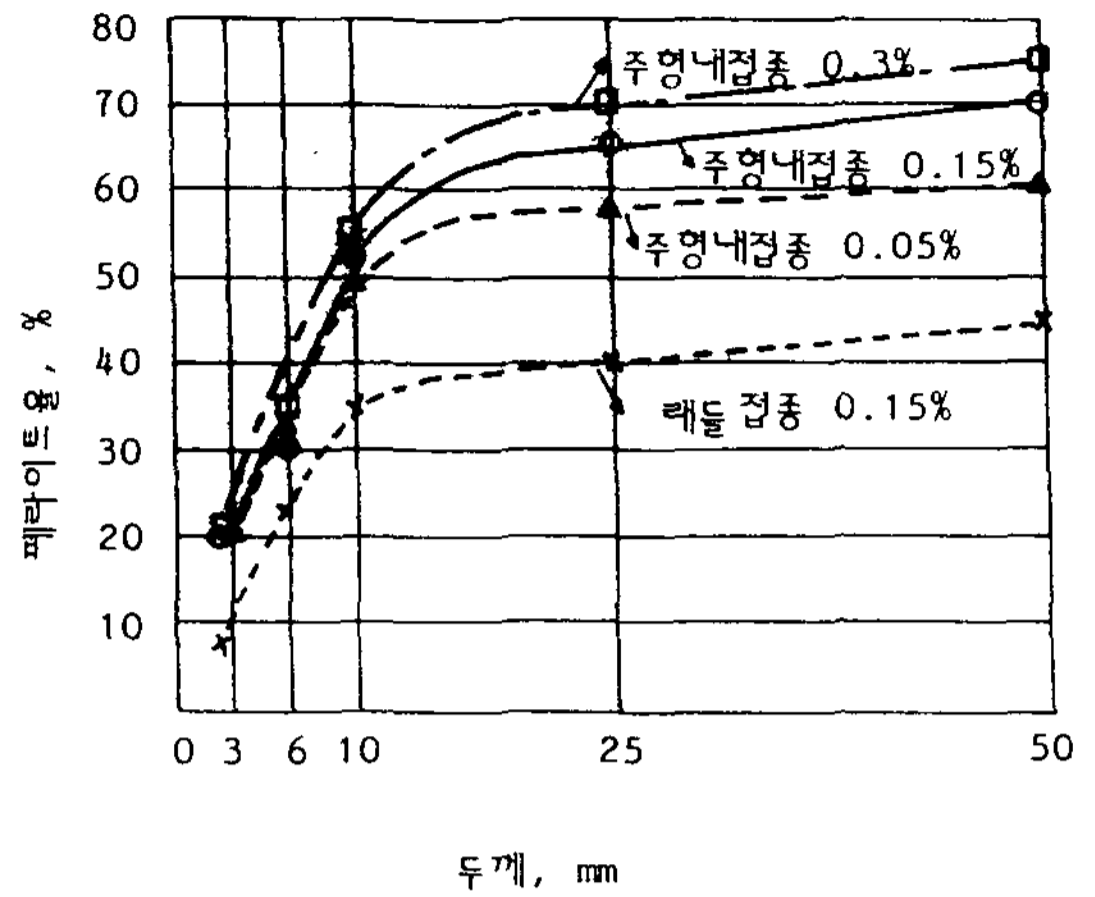


그림 3. 페라이트율에 미치는 집종방법의 영향

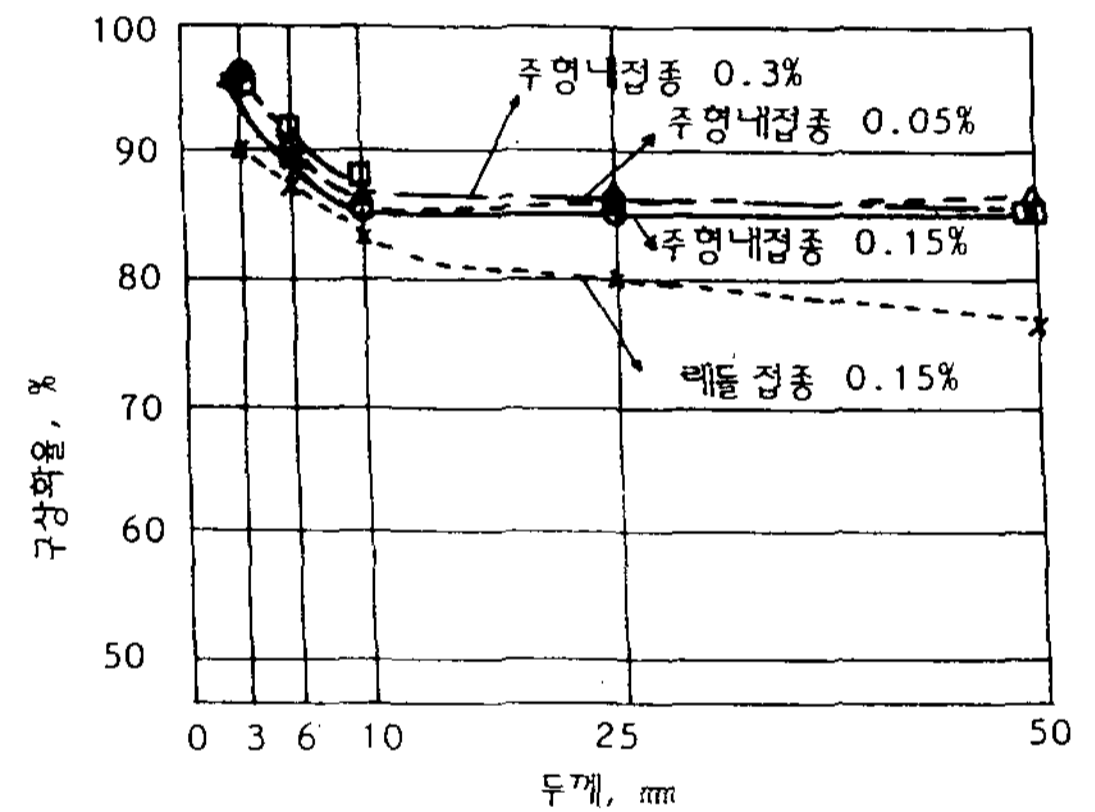


그림 4. 구상화율에 미치는 집종방법의 영향

구상화율 등에 대한 영향등 많은 좋은 영향을 미치므로써 그림 5에 나타낸 것과 같이 기계적 성질이 향상되었다. 그러나 주형내에 집종방법에서 특히 주의하여야 할 것은 집종제가 주형내에서 용탕에 균등하게 녹아들어가서 완전한 집종제 역할을 하여주어야 한다. 만일 이 집종제가 완전한 용입이 되지않아서 이들이 입계이상 석출물로서 되지않도록 집종제의 크기 및 예열등을 충분히 고려하여야 할 것이다. 또한 이들을 위해서 주조방안이나 주입온도에 대해서는 신중히 검토하여야 할 것이다.

특히 냉각속도가 빠른 얇은 주물에서는 Mn 0.3% 이상에서 쉽게 입계편석이 일어나고 그 결과 기

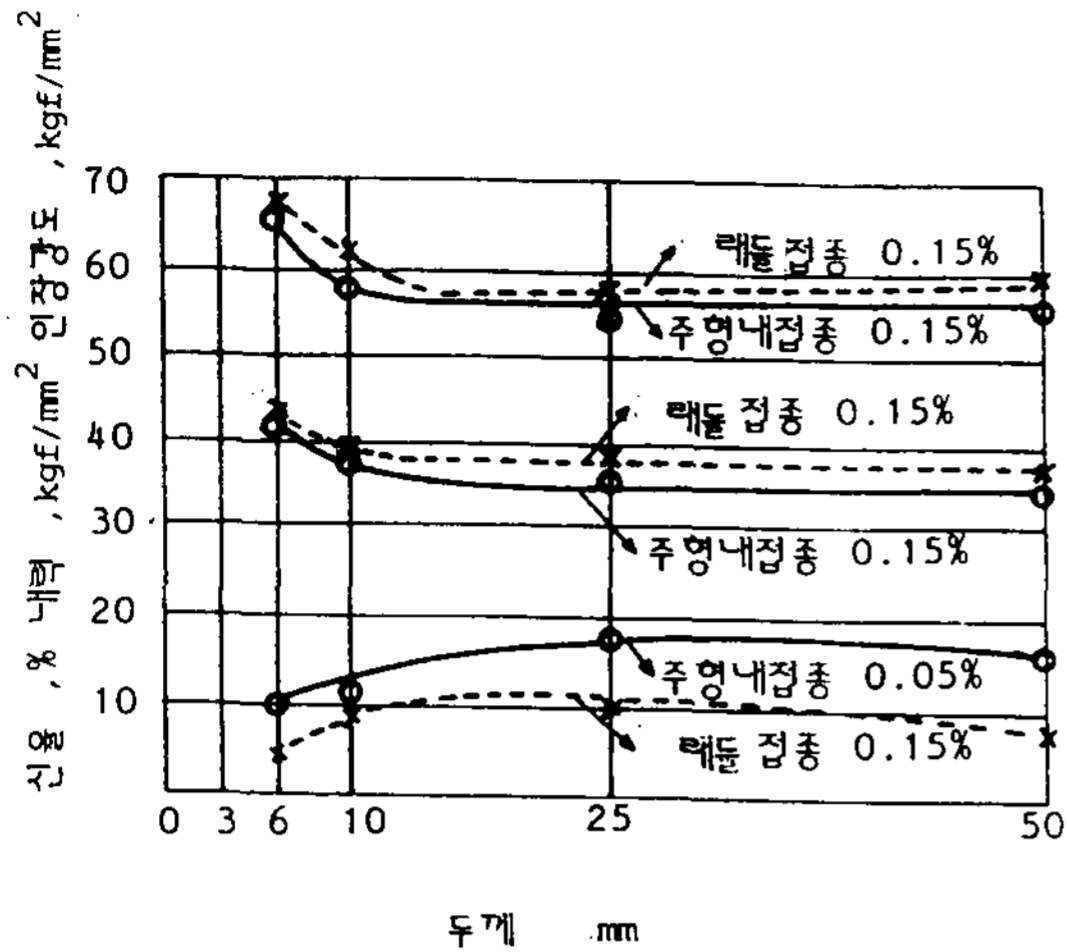


그림 5. 기계적성질에 미치는 접종방법의 영향

기계적 성질이 저하될 것이다. 이와 같은 점을 고려하여 접종법을 개선하면 주형내의 접종방법은 주방시 페라이트의 기지조직을 갖는 구상흑연주

철의 제조에 최고로 간단하고 큰 효과를 얻을 수 있다고 생각되어진다.

### 5. 결 론

페라이트 기지조직의 구상흑연주철을 제조하는 방법에 고려하여야 될 점중에서 냉각속도등 여러 면이 있으나 여기에서는 페라이트형 구상흑연주철의 제조하는 기술에 대해서 간단히 검토하였다.

점차로 모든 산업구조가 경량화되어가는 시대에 구상흑연주철은 가혹한 조건에서도 신뢰받을 수 있는 재질로써 사용되어지기 위해서는 계속적으로 연구검토하여야 할 것이다. 본론에서 서술되지 못한 여러 부분을 보완하여 각 공장의 조건에 맞는 새로운 기술을 개발하여 주방상태에서 페라이트형 구상흑연주철을 생산하게 되면 원가면에서 많은 원가절감이 될 것이며 열처리 공정이 생략되므로 공수나 작업공정이 크게 개선될 것으로 생각된다.

### 기술자료, 기술보고 등에 관한 원고 및 게재요령 모집 안내

당학회지 "주조"는 산업체에서 근무하시는 회원 여러분의 글을 기다리고 있습니다. 다음과 같이 많은 투고로 본 학회지를 빛내주시기 바랍니다.

#### 다 음

1. 원고의 종류 : 기술자료, 기술보고, 기술해설 등
2. 원 고 료 : 본학회의 고료 지급 기준에 의함
3. 표 기 문 자 : 한글, 필요에 따라서 한자 및 영문표기
4. 보 낼 곳 : 한국주조공학회 사무국

(서울특별시 용산구 동부이촌동 300-15 명지상가내)

또한 회원 여러분들이 아시고 싶은 분야나 의견이 있으신 경우 그 내용을 간단히 기술한 것을 적어서 학회로 보내주시면 그 분야에 대하여 게재토록 하겠습니다.