

技術解説

# In-Mold법에 의한 구상흑연주철의 제조

Carl R. LOPER\*, Jr., PhD, P. E.\*\*

## 1. 서 론

주철에서 구상흑연을 생산하는 방법이 발견된 후 곧 이어서 주물인은 회주철을 생산하는 것처럼 쉽게 구상흑연주철을 생산하는 기술을 개발하는데 관심을 갖게 되었다. 꾸준한 노력을 통해서 주물인은 재현성이 매우 높은 구상흑연주철을 생산하는 방법을 알 수 있었다. 그러나 종래의 구상흑연주철 생산시의 처리과정에서는 계속해서 어려움이 뒤따라 왔다.

이러한 문제점에 대한 한가지 해결책이 제시되었는데 이는 주형내에서 회주철을 적당히 처리하여 구상흑연주철로 만드는 것이다. 주형내에서의 구상화처리는 여러가지 공정상의 이점을 가지고 있는데, 예를 들면, 마그네슘 회수율의 증가, 마그네슘 소멸현상(fading)의 최소화와 분리된 접종처리(separate inoculation treatment) 없이 고품질의 주조품을 생산한다는 것이다. 그러나 이 처리를 하기 위해서는 적절한 용탕의 준비, 적당한 구상화재, 후속반응을 적당히 조절할 수 있도록 고안된 처리실(treatment chamber), 고품질의 주조품을 생산하는데 적당한 탕구방안등이 필요하다.

### 가. In-Mold법의 이점

In - Mold법의 주된 이점은 회주철 용탕을 준비하여 처리시의 환경오염(연기, 섬광, 튀등), 드로스의 제거 및 처리, 레들을 유지하는 특별한 과정, 마그네슘처리한 주철용탕 주입시의 특유한 어려움등 종래의 처리방법에서의 모든 복잡함을 피하면서 주입한다는 것이다. 이 주철의 화학반응은 종래의 처리에서와 마찬가지로 구상흑연주철에 요구되는 화학성분과

주형내에서의 처리과정을 필요로 한다. 주철용탕에 첨가된 마그네슘은 탈산제와 탈황제로서 작용하고 이러한 기본적인 기능을 다한 후에야 흑연을 구상화시키는데 기여를 한다. 적당한 한도내에서 처리제로 첨가되는 합금(treatment alloy)량의 변동에 따른 원탕(base iron)의 유험함량의 변동은 인정된다. 그러나 In - mold법은 종래의 처리만큼 원탕의 유험함량의 변동에 적응할 수 있는 것은 아니다. 그러므로 일관되고 재현성있는 원탕의 유험함량이 얻어질 수 있어야 In - mold 처리에서 만족스러운 결과를 얻을 수 있다.

In-mold법에서는 보통 마그네슘의 회수율이 높기 때문에 처리재의 양이 적어도 되므로 이 처리 중에 보다 적은 양의 규소가 첨가된다. 따라서 원탕의 규소함량은 전형적으로 종래의 처리법보다 높는데 이로 인하여 로 라이닝의 수명이 연장된다는 이점이 있다.

많은 공장에서, 마그네슘처리의 소멸현상(fading)이 임계적인 작업인자이다. 마그네슘의 소멸속도는 많은 작업상의 특징에 따라 좌우되나 용탕온도가 높을수록 빨라지고 용철의 부피대표면적의 비가 작아질수록 감소한다. 근본적으로 레들의 부피가 증가하고 레들의 적당한 용량까지 채워짐에 따라서 마그네슘의 소멸속도는 감소한다. In-mold 처리는 처리한 때와 응고시작 사이의 시간폭이 대단히 짧으므로 소멸현상을 최소화한다. 실용적인 관점에서 볼 때, 소멸은 일어나지 않는다. 대신에 관심사는 용철내에서 마그네슘의 유효용해(effective solution)가 확실한가 하는 것이다. 즉 첨가된 합금이 조절될 수 있고 재현성이 있도록 용철 내에 분포될 수 있어야만 한다는 것이다. 이와 마찬가지로, 주철의 접종도 마그네슘 처리와 동시에 일어나고 접종의 소멸현상도 근본적으로

\* 위스콘신-메디슨대학교 금속공학과교수

무시된다. 결과로서 In-mold 처리한 구상흑연주철의 구상흑연수가 종래의 방법에 의한 것보다 훨씬 많아지는 것을 기대할 수 있다. 그리고 기계적성질이 구상흑연의 형태와 수(그리고 기지조직)에 의해 영향을 받기 때문에 종래의 방법에 의한 것보다 우수한 성질을 나타낸다.

이 효과는 그림 1에서 알 수 있다. 여기에 5개의 ASTM 등급의 구상흑연주철에 대한 최소의 항복강도와 연신율 값이 품질기준선이 되도록 사용되었다. 이 곡선 위에 플로트된(Plot) 항복강도와 연신율 값은 ASTM 기준에 적합하거나 이를 초과하는 구상흑연주철을 가리킨다. 만일 항복강도와 연신율이 이 곡선 밑이라면 그 주철은 만족할만한 것이 못된다. 이러한 요구치에 대한 미달의 이유는 부적당한 구상화(1~3% 버미쿨러흑연에 해당하는 base), 특히 적은 구상흑연수(셀(cell)간의 편석을 동반하는 후육주물에서 얻어진 것과 같이)와 탄화물의 존재 등에 기인한다.

주철을 열처리하면 미세조직의 변화에 따라서 기계적 성질은 변한다. 이 변동은 품질 기준선에 평행하게

일어난다. 예를들면, 기지 내에 웨라이트가 증가하면 오른쪽 아래쪽으로 내려가고 퍼얼라이트 양이 많으면 왼쪽으로 이동하면서 증가한다. 단, 탄화물을 제거하면 기준선의 아래쪽에서 위쪽으로 이동한다. 이 기준선 위쪽으로 값을 가질수록 좋은 품질의 주철이라고 생각된다. 이것은 여러가지의 이유가 있는데, 구상흑연의 수(구상흑연수가 많을수록 성질이 개선된다), 감소된 셀간의 편석등에 기인한다. In-mold 법에서의 많은 구상흑연수는 종래의 처리방법에 따른 주철과 In-mold 법에 의한 주철을 명백히 구분하는데 효과가 있다.

나. In-mold 법의 공정상 필요사항

In-mold 법에서 처음 생각해야 할 것은 적절한 원탕이 공급되어야 한다는 것이다. 이 원탕에 대한 요구는 마그네슘 함금이 덜 쓰이기 때문에 원탕의 규소함량이 높아야 하고 후접종이 필요치 않다는 것을 제외하고는 종래의 처리법과 같다. 여기서 높은 유황 함량의 원탕을 사용하는데 대한 주의사항은 종래의 방법에서와 마찬가지로 마그네슘 사용량이 많아지고 반응생성물이 증가한다는 것이다.

이 방법에 알맞은 구상화처리재의 개발을 위하여 많은 노력이 행하여져 왔다. 여러 변수들 중에서 다음 사항이 고려되어 왔다. 즉 입자크기와 분포의 영향, 합금조성의 영향, 여러가지 희석재(diluent)와 마그네슘 입자(granule)의 혼합물 사용가능성, 그리고 입자화(particulate)된 물질에 비교해서 고체블럭(solid block) 형태의 처리재의 사용 등이다. 이러한 변수들은 반응성(reactivity) 뿐만 아니라 합금의 용해속도(dissolution rate)에 영향을 끼친다는 것이 실증되어져 왔다. 그림 2는 현재 미국에서 가장 널리 사용되는 구상화처리재의 특징을 설명하는 소책자의 일부를 나타낸 것이다.

주형 내에서의 구상화처리에 관련하여 처리실(treatment chamber)의 기하학적 형태가 수많은 논의의 주제가 되어 왔지만 처리실의 형상을 지배하는 필수적인 변수들은 이 방법에 대한 초창기의 특허에서 지적된 것과 마찬가지로이다. 주어진 처리합금(treatment alloy)에 대해 마그네슘의 방출(release)은 마그네슘 위로 흐르는 용철에 노출된 표면적의 함수이다. 마그네슘은 합금이 처리실 안에 남아 있고 용탕이 처리실을 흐르는 한 계속해서 방출될 것이다. 마그네슘의 방출은 종래의 방법에서 관찰된 것과 마찬가지로 격렬한 교반에 의해 일어난다. 그러나 In-mold 처리는 이

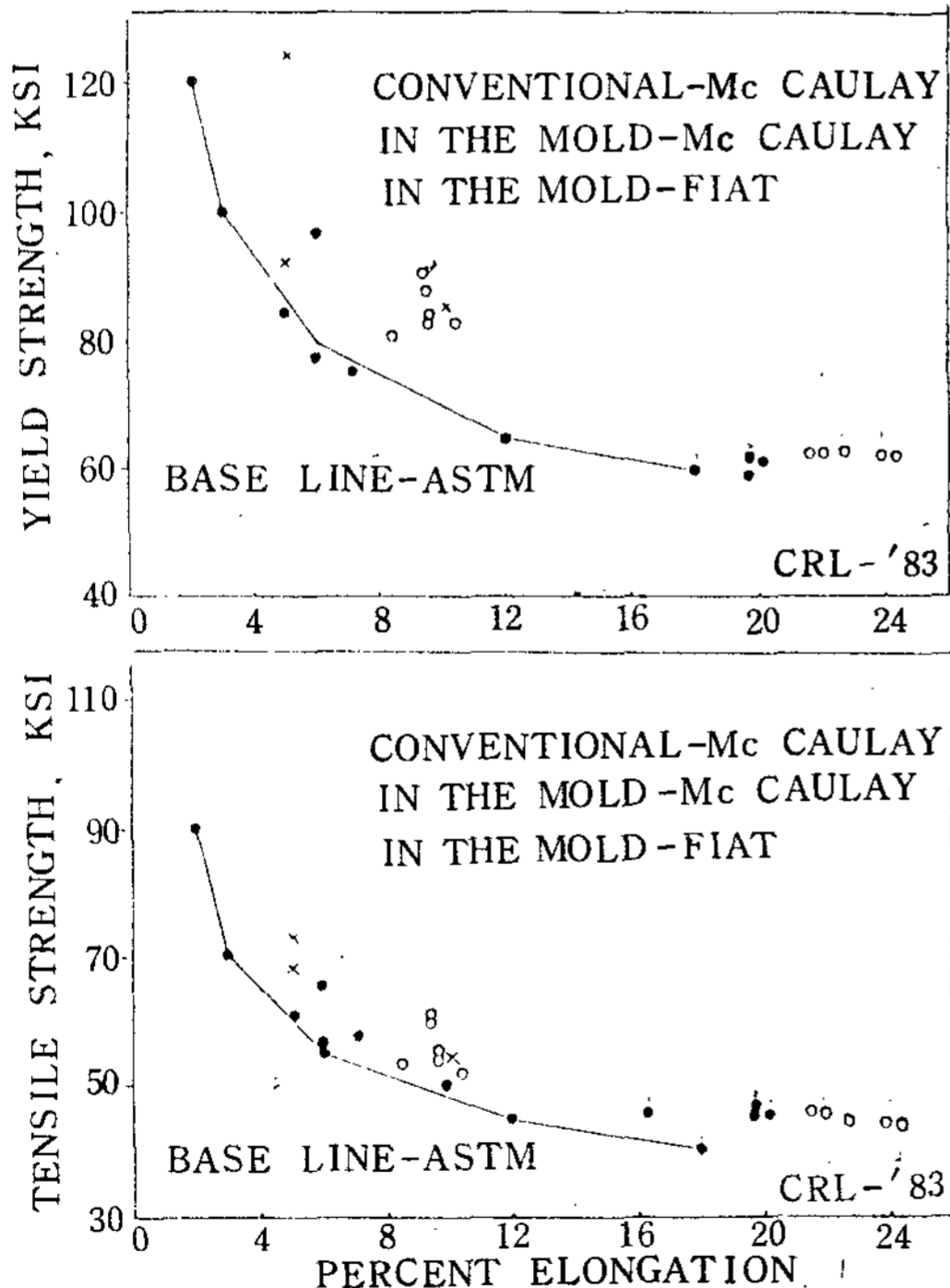


Fig.1. Typical tensile properties obtained from conventionally treated ductile iron and from ductile iron treated in the mold. Comparison is made to minimum values of tensile strength vs. elongation and yield strength v. elongation from ASTM standards.

것을 처리실 내에 한정시키면서 이 반응을 조절하려고 한다. 따라서 용탕은 구상화처리재를 넘쳐흐르면서 처리실로 들어가게 되고 용탕의 흐름은 처리실에서 나가는 출구에서 조절된다. 그리고 마그네슘은 처리실을 가득 채운 용탕의 비교적 일정한 압력 하에서 방출된다. 이 과정이 처리실 내로의 공기의 흡입을 최

소로 하고 마그네슘 처리에 대한 재현성 있는 용탕의 조건을 제시한다.

마그네슘처리에는 항상 탈산, 탈황 및 용탕흐름으로부터 제거되어야 하는 드로스의 발생을 가져온다. 용탕으로부터 이 드로스의 분리는 처리실내에서와 용탕이 흘러들어가는 탕구계에서 이루어진다. 가압식과 비가

## NODULOY 5LC Magnesium Ferrosilicon for In-Mold Nodularization

NODULOY 5LC is a proprietary magnesium ferrosilicon alloy sized specifically for use in in-mold nodularization of ductile iron. As shown in the chemical analysis below, the cerium content of this alloy is adequate to neutralize the effects of tramp elements, and the calcium content is sufficiently low to improve the reactivity of the alloy and minimize the chances for included particles, etc.

NODULOY 5LC for in-mold use features exceptional product uniformity and consistency. The material is thin cast prior to crushing to minimize segregation effects. The uniformity of NODULOY 5LC is particularly important in in-mold applications since extremely precise addition levels are required for effective and consistent nodularization by this method.

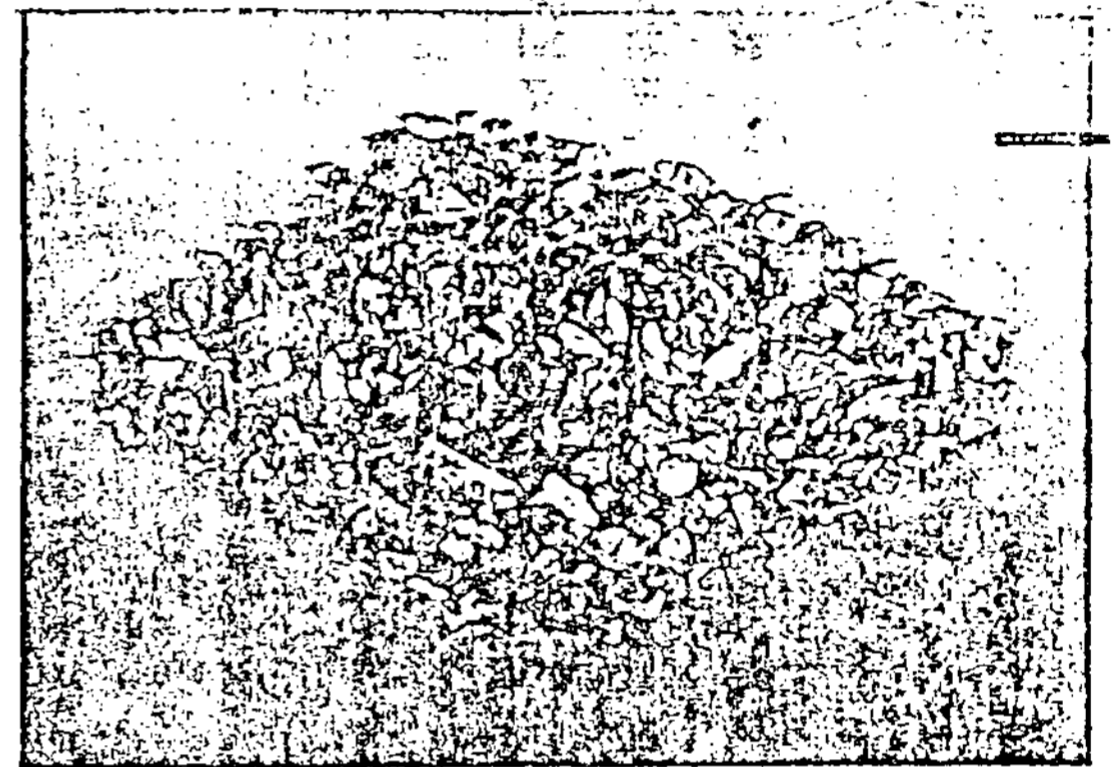
### APPLICATION INFORMATION

NODULOY 5LC is widely used at an addition level of 0.8%, although this may range from 0.6% to 1.0%, depending on the sulfur level and other characteristics of the base iron. It is recommended that the sulfur level be kept below 0.02% maximum or, preferably, 0.01% for optimum nodularizing effectiveness. Because of the calcium, silicon and aluminum contents of the alloy, no post-inoculation is necessary.

**Bulk Density:** Approximately 123 lbs./cu. ft.

**Apparent Density:** 3.50-3.73g/cc

**Melting Temperature:** Liquidus: 2100°F ± 20°F  
Solidus: 1710°F ± 20°F



### PRODUCT DESCRIPTION

#### Typical Chemical Composition

% Mg	% Si	% Ce	% Ca	% Al	% Fe
5.50/ 6.75	43 48	0.35/ 0.60	0.35/ 0.75	1.15 max.	bal.

**Standard Size:** 5 mesh x 18 mesh (4mmx1mm)

**Friability:** Comparable to 50% FeSi. Some fines produced on repeated handling of crushed sizes.

**Packaging:** Pallet boxes, 500lb. drums.

**Storage:** Dry covered storage recommended.

**Magnetic Properties:** Non-magnetic.

Figure 2: General data prepared concerning the MgFeSi alloy most widely used for in the mold treatment in the United States of America

압식의 탕구방안 모두가 이점에서 유효하고 널리 쓰인다.

각각의 주형 공간 안으로 용탕을 분배, 공급할 수 있고 드로스를 분리할 수 있도록 탕구계를 고안하는 것은 필수적이다. 드로스는 주형모래와 접촉할 때 달라붙을 수 있지만 본질적으로 부유시켜 제거되는 것이다. 유속 (flow rate) 은 이 분리가 이루어질 수 있도록 탕구계를 가득 채워서 흐름 정도로 감소되어야만 한다.

### 다. 주조품 생산에의 In-mold 법의 적용

주조업계에서 In-mold 법을 적용하는 이유는 많은데 그 중 몇가지는 다음과 같다.

- 1) 주형 내에서의 용탕의 처리는 소멸현상을 효과적으로 제거한다.
- 2) 이 공정으로 처리합금의 유효성이 최대이고, 고품질의 주철을 생산할 수 있다.
- 3) 화염과 연기 발생등 구상흑연주철생산에서 전형

적인 것이 제거된다.

4) 주입 레들에서 드로스를 제거할 필요가 없다.

5) 주입할 주형이 준비될 때까지 주입될 용탕이 유지되어야 한다(용탕온도가 유지되어야 한다).

6) 용탕은 다른 화학조성 변화가 일어나지 않기 때문에 pigging의 방지를 위한 복잡한 처리를 할 필요 없이 다시 쓸 수 있다.

7) 주입공정을 전자동화할 수 있다.

그러나 이 공정의 달갑지 못한 점은 상업적인 면에서 나타나고 있다. 가장 분명한 것은 처리실과 드로스를 조절하는 탱구계의 존재때문에 불가피하게 커진 탱구계(낮은 회수율)가 주조품 배열에 대해 평가되어야만 하나 10~15%의 회수율 감소는 일반적인 것이다.

드로스를 탱구계에서 잡아내지만은 개재물은 때때로 주조품에서도 발견된다. 이러한 개재물들은 널리 퍼져 있지만 동적으로 응력을 받는 제품(dynamically stressed component)에서 현저하다.

이 방법에 대해서는 새로운 품질관리개념이 요구된다. 각 처리실에 붙은 주조품은 종래방법에서 한 처리레들과 다른 처리레들과의 관계처럼 각각의 처리과정을 나타낸다. 종래의 처리에서는 구상화처리재의 부적당한 양은 덜 처리된(under treated) 구상흑연주철을 유발하는 반면에 In-mold 법은 구상화처리재가 다 소비된 때까지 적절하게 처리된 주철과 미처리된 주철에 의해 특징지어진다. 검사과정은 이 효과 뿐만 아니라 처리과정 중의 변동에 영향을 미치는 다른 인자도 확인할 수 있어야만 한다.

이 문제에 대해서 표준적인 해결책은 강구되지 않고 있다. 한가지 방법은 제품의 구상화율(nodularity)과 합격여부(acceptability)를 확인하기 위하여 생산된 전 주조품을 100% 검사하는 것이다. 다른 방법은 금속, 처리, 주형이 재현성 있고 신빙성 있다는 것을 확인하기 위해 품질관리수법인 "up front" 법을 채택하는 것이다. 어떤 경우에는 이 두가지가 같이 이용된다. In-mold 법은 종래의 방법과는 다소 다르다는 것이 완전히 인정되어야만 한다.

### 2. 공정의 검토

주형내에서 구상흑연주철을 생산하기 위하여 낮은 유황함량(0.01%)의 주철로 처리하는 것은 미국 특허 No. 3,703,922의 특허공정이다. 이 과정은 가압 탱구계에서 특별히 고안된 처리실 내에 놓여질 마그네

슘 웨로실리콘 합금의 정확한 무게를 알아야 한다. 구상화처리는 그림 3에 있는 바와 같이 이 처리실 내에서 원탕이 처리재를 넘쳐 흐르면서 일어나게 된다.

이 방법의 주된 이점은 :

1) 연기와 반응가스의 제거 처리반응에서 모든 반응생성물은 좋은 집진기 역할을 하는 생형주형사에 의하여 흡수된다.

2) 마그네슘의 회수율은 80~90%이다. 용탕-합금간의 반응이 주형내에서 제한된 장소에서 제한된 속도로 일어나는데 마그네슘은 마그네슘산화물로 되면

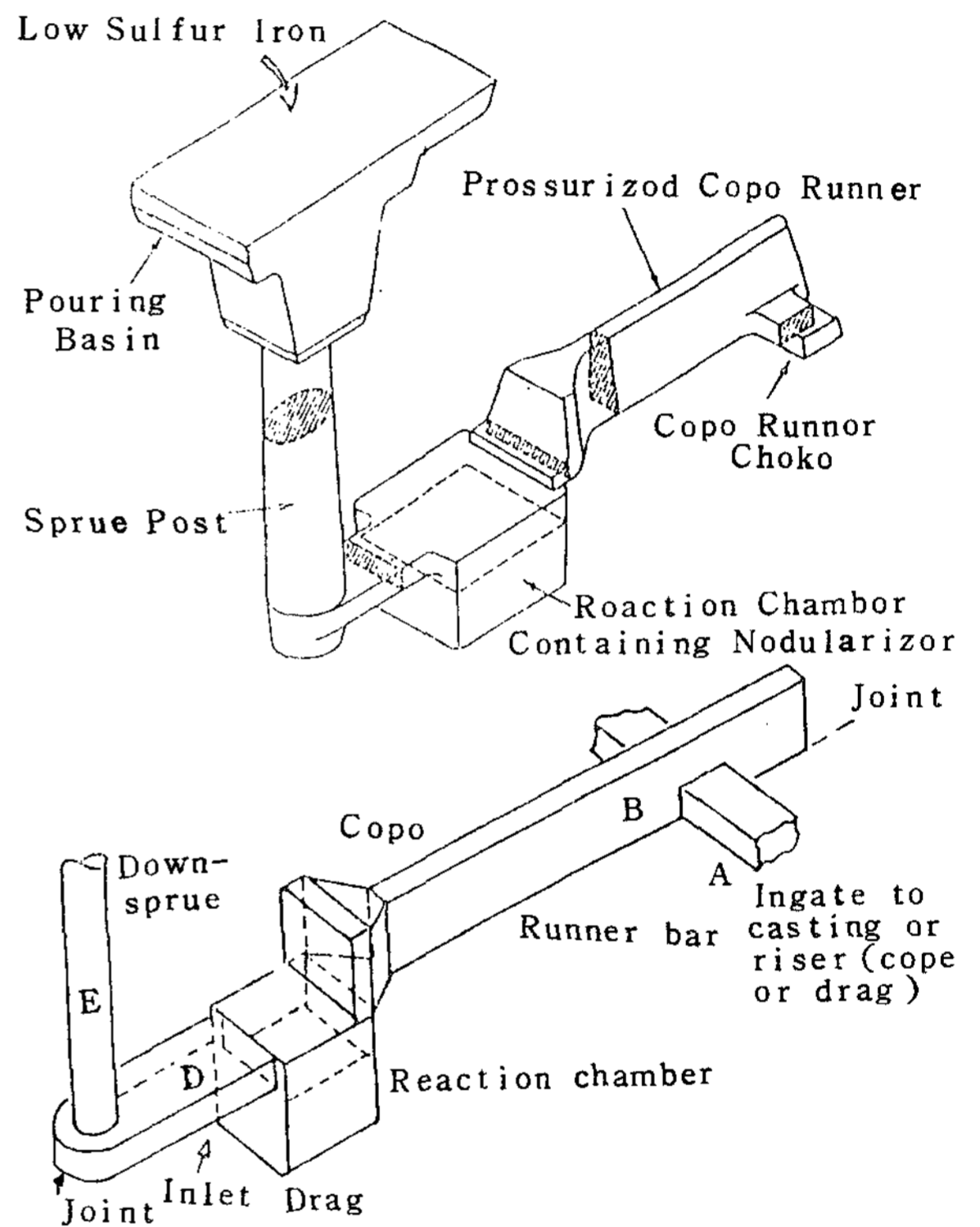


Fig. 3. Typical example of gating system for treatment of ductile cast iron in the mold. The system is always pressurized through the reaction chamber. The remainder of the gating system can be either pressurized or non-pressurized, but should be designed to insure the delivery of clean, treated iron to the mold cavity.

서 산소와의 접촉을 최소화하면서 계속 원탕의 탈황을 하게 된다.

3) 처리합금의 핵형성효과가 웨로실리콘에 의한 접종처리의 필요성을 배제한다. 이 핵형성효과는 종래의 방법에서보다 많은 수의 구상흑연을 얻기에 충분하고 또한 이 결과로서 탄화물의 생성도 찾아보기 힘들다.

4) 레들온반이 최소화되므로 용탕온도손실이 감소된다.

5) 이 과정은 주입장치의 내화물에 마그네슘이나 알루미늄산화물이 생기지 않기 때문에 자동주입하기에 알맞다.

가. 원탕에 대한 요구사항

이 방법에 의하여 처리될 원탕은 유황함량이 0.01%이하 될 수 있는 한 0.005%인 깨끗한 고온의 용탕이어야 한다. (유황함량이 높으면 처리합금량이 많아지고 반응생성물의 양이 많아진다) 대부분의 경우 원탕은 이 수준으로 탈황된다.

이 방법에서는 단지 1%내지 그 이하의 처리합금이 사용되므로 원탕은 전형적으로 규소함량이 높다. 전형적인 원탕의 조성은 다음과 같다.

- Si: 2.00 ~ 2.25% Mn: 0.03% (ferritic)
- C: 3.60 ~ 3.80% Mn: 0.60% (pearlitic)
- P: 0.03% Cr: 0.02%
- S: 0.01% Cu: 0.05%
- V: 0.02%

나. 탕구계

이 방법에서 보통 쓰이고 있는 탕구계는 반응실로 들어가는 입구는 하나로, 출구는 하나 또는 여럿으로 구성되어 있다. 처리실을 통과할 때는 완전가압탕구계가 요구되고 처리실을 지나서는 가압 또는 비가압계로 한다. 그림 3에 나타낸 탕구계는 다음 관계에 의한 것이다.

- A = 초크부 면적 또는 주입구 면적
- B = A + 0.01 A (탕도)
- C = A + 0.12 A (반응실 출구)
- D = A + 0.30 A (반응실 입구)
- E = A + 0.30 A min. (탕구) (down sprue)

다. 반응실의 설계 (design)와 크기

반응실의 설계는 주입속도와 반응실의 표면적에 기초를 두고 한다. (용탕흐름에 노출되는 표면적) 반응실의 설계방법은 다음과 같다.

- 1) 주조품, 탕구계, 압탕을 포함하는 총 주입중량을 결정한다. (이 방법의 회수율은 100 lb 중량까지 약 40 ~ 60%)
- 2) 주입시간을 결정하고 주입속도를 계산한다.
- 3) 용해반응계수 (solution factor) 식을 이용하여 반응실면적을 계산한다.

$$\text{용해반응계수} = \frac{\text{주입속도}}{\text{반응실면적}}$$

용해반응계수는 상수인데 보통 0.7 ~ 0.9이다. 0.04%의 최종 마그네슘함량에 대해서는 0.8의 용해반응계수를 사용한다.

4) 사용될 마그네슘합금의 양을 계산한다. 0.04%의 최종 마그네슘함량에 대해 주조중량의 약 1%에 상당하는 합금량이 요구된다.

5) 마그네슘합금의 부피를 계산한다. 5 x 18 메쉬 (4 x 1 mm) MgFeSi 합금의 밀도는 약 0.073 lb/in<sup>3</sup> (2.02 x 10<sup>-6</sup> kg/mm<sup>3</sup>) 이다.

$$\text{합금부피} = \frac{\text{합금무게}}{\text{합금밀도}}$$

6) 합금의 깊이 (alloy depth)를 계산한다.

$$\text{합금의 깊이} = \frac{\text{합금부피}}{\text{반응실면적}}$$

7) 반응실 깊이를 계산한다.

$$\text{반응실 길이} = \text{합금의 깊이} + \text{반응공간 (최소한 0.6인치 또는 15 mm)} + \text{입구깊이 (변수)}$$

라. 주조품

이 방법에 의하여 생산된 주조품의 기계적성질은 다른 방법에 의해 생산된 것과 비교가 된다. 그리고 대부분의 경우 전자가 우수하다. 그러나 각 주조품은 분리된 처리가 행해진 것이고 각 주조품의 구상화율을 증명하기 위하여 시험을 해보아야 한다. 음과검사는 가장 만족스러운 것으로 생각되고 있다.

마. 생산기술의 개선

앞에서 언급한 과정의 한가지 개선방법으로서 주형바깥의 특별히 설계된 반응실 (reaction chamber) 내에서 저유황의 원탕을 처리하는 방법 (U.S. Patent No. 4,238,231)이 있다. 반응실은 세부분으로 이루어져 있다. 주입대야 (pouring basin), 합금반응실 (alloy reaction chamber), 확장실 (expansion chamber). 처리방법은 칭량한 원탕을 주입대야에 붓고, 반응실 내에 있는 합금위를 지나도록 한 다음, 그리고 레들에 쏟는다. 이러한 방법으로 3,000 lbs (1,360 kg)까지의 용탕처리가 가능하다. 이 방법으로 처리된 용탕은 통상의 방법과 같이 Fe-Si 으로 접



종할 수 있다.

이와같이 하여 처리한 용탕을 깨끗한 상태로 유지하기 위하여, 반응실의 출구쪽 단면적은 입구쪽보다 충분히 작게 하여야 하는데, 반응실의 입구와 출구의 비는 최소한 2 : 1 이 되도록 설계한다. 3 : 1 의 비율 쓸때 Mg-Fe-Si 의 회수율은 75%~80% 정도로 개선된다.

합금의 용해율 조정 (solution control) 은 앞에서 약술한 것과 비슷한 방법으로 계산한다. 반응실내에 있는 합금이 깨끗이 녹아나기 위해서, 용탕흐름의 75% 이내에서 처리합금은 완전히 녹아야 한다. 따라서 용탕의 처음 75%는 “과처리 (over treating)” 되고 나중의 25%는 끓어지는 결과를 초래한다. 그러므로 처리 용탕은 필수적으로 완전히 혼합시켜야 한다. (예를 들면 집중하면서 레들에서 레들로 옮김) 3.5% Mg 을 함유하는 Fe-Si (3/8 × 40 mesh) 에 대하여 용해계수 (solution factor), f 는 다음과 같이 주어진다.

$$f = 0.75 = \frac{\text{유속 (lb/sec.)}}{\text{반응실의 면적 (in}^2\text{)}}$$

처리설비 (treatment unit) 의 출구 크기는 다음과 같은 식으로 계산된다.

$$\text{출구 단면적 (in}^2\text{)} = \frac{0.39 \times \text{처리중량 (lb)}}{\text{처리시간 (sec)} \times \sqrt{\text{용탕유효높이}}}$$

필요로 하는 Mg 량은 회수율 65~70%로 하고 통상의 방법으로 계산한다. 합금 반응실의 깊이는 주형내에서 처리할 때와 같이 결정한다. (3/8 × 40 mesh 인 3.5% Mg-Fe-Si 의 밀도는 0.075 lb/in<sup>3</sup> 정도).

이 방법을 이용하여 처리 설비를 보수하지 않고 50 개 정도까지의 레들을 처리할 수 있다. 그러나 처리 설비내의 스톱나 용금이 깨끗이 씻어지지 않은 상태에서 합금을 처리실에 넣으면 미리 연소가 일어난다.

3.5% Mg-Fe-Si 은 보통 1~1.5% 정도 사용한다.

이러한 방법으로 처리하는 것도 문제가 없는 것은 아니다. 이 방법은 시스템 (system) 이 완전히 충만될 수 있는 일정한 속도로 주입되지 않으면 부압이 발생하기 쉽다. 합금반응실이 열을 받았을 경우 합금이 미리 연소하여 처리효율이 떨어진다. 또한 합금반응실 내부를 자주 보수하여야 한다. 이것은 처리방법을 효과적으로 재현하기 위하여 깨끗한 상태로 유지되어야 한다.

### 3. 총 평

인몰드법에 의한 구상화처리법은 오늘날 상업적으로 적용가능한 제조공정이며 전세계의 많은 주물공장들에 의해 사용되고 있다. 인몰드법에 의한 구상화처리 기술이거나 이 방법의 모방에 의해 주물 생산자들은 회주철을 생산하듯 용이하게 구상흑연주철을 생산하게 되었다.

그러나 주어진 공장설비 혹은 주어진 주조품 종류내에서 이 방법을 채택할 것인가 아니할 것인가에 대하여는 의미심장하게 고려해야할 문제로 남아있다.

근본적으로 이 방법은 각각의 처리실이 분리된 레들처리와 같다. 따라서 만들어지는 주조품은 개개 주형의 구상화처리결과에 달려 있다.

구상화처리실 설계와 탕구계구성에 대한 일반적인 지침 이외에도 인몰드법에 의해 구상흑연주철을 생산 발전시키기 위해서는 많은 시행착오를 겪어야될 것이다. 즉 인몰드법에 의한 시제품 생산과정을 거쳐 본생산에 임하는 것이 옳은 것이다. 저자의 경험으로 볼 때, 현재 많은 주물공장들이 생산수량이 적은 제품에도 적용하고 있는 실정이라는 하지만 생산량이 적은 제품일 경우는 경제성이 없다고 생각된다.

품질관리는 좋은 주조품 생산을 보증할 수 있도록 채택되어야만 하며 완전구상화를 보증하기 위하여 생산된 주조품을 100% 검사할 수 있는 몇가지 설비들이 선정되었다.

사용되는 검사기술은 주물제품의 특정부위에 대한 비구상화 정도를 파악할 수 있어야 한다는데 중요성이 있으며 인몰드법에 의한 제품에서는 부분적인 비구상화 현상이 자주 나타난다. 사실상 인몰드법에서 구상화처리가 잘못 되었다 하더라도 전체 부위가 구상화율이 낮은 상태가 되는 경우는 드물다. 실제로 저자는 자동차용 크랭크축의 인몰드법에 의한 주물품에서 주형하형 부위에서는 높은 구상화도 주형상형 부위에서는 회주철, 상하의 경계부위에서는 버미쿨라 흑연이 나타나는 것을 관찰하였다.

생산과정에서 품질관리를 보장하기 위해서 원탕의 성분 조정설비, 온도계, 자동주입설비, 주형작업설비 등이 구비되어야 한다. 또한 주조품을 완전히 검사하기 위해서는 형해체와 클리닝룸 (Cleaning room) 에서의 검사가 필요하다.

이 방법의 특성인 주형내에서의 구상화처리는 탕구 인몰드법에 의한 구상흑연주철 생산을 검토한 사람은 누구나 주조품 회수율이 감소된다는 것을 알게 된

다. 따라서 처리실과 주형공간의 적절한 배치가 회수율을 높이고 가격경감을 가져온다.

인몰드법으로 구상흑연주철을 생산하도록 결정하는 데는 여러가지 사항들이 고려되어야 한다는 점은 분명하다. 제품을 주문하는 사람들은 주로 질적인 면(구상화율조절과 개재물 분포)에 대해 관심을 갖는다. 주물을 생산하는 사람들은 생산가격과 전체적인 제조방법에 대한 영향에 대해 관심을 갖는다.

인몰드법에 대한 기본개념은 이해하기가 쉬우나 인

몰드법의 적용에 있어서는 복잡한 제한조건들을 고려하여 이익이 되는 방향에서 이용하도록 하여야 한다. 계에서 용탕으로부터 반응생성물을 완전히 분리하기 어려우므로 인몰드법에 의해서 생산된 주조품이 레들에서 구상화처리한 주조품보다 약간 더 많은 개재물을 가지고 있다는 결과를 초래한다. 따라서 주어진 주조품에 대해 이러한 비금속 개재물의 제품사용 특성에 미치는 영향을 충분히 고려해야만 한다.

주 단 조 품 기 술 도 입 현 황

순서	기술도입자	기술제공사	기술도입명	도입년월일
1	현대엔진공업(주)	The International Mechanite Metal	Mechanite 주물제조	78. 6.24
2	"	神戸製鋼所	크랭크샤프트 및 일반단조품 제조	"
3	화천금속(주)	The International Mechanite Metal	Mechanite 주물제조	"
4	(주)대원사	Nippon chuzo kabusiki kaisha	주형제조	79. 1. 8
5	쌍용중기(주)	The International Mechanite Metal	Mechanite 주물제조	79. 3.26
6	오리엔탈공업(주)	Toyo Fitting Co.	관이음쇠 제조	80. 5. 7
7	현대중공업(주)	Corner & Lada	Pipe Hanger 및 Supports 제작	81. 5. 4
8	"	Kobe Cast Iron Works	단조용 강괴생산	81.10.10
9	한국주철관공업(주)	U.S.Pipe & Foundry Co.	상수도 및 공업용수도배관용 주철관	81.12.17
10	(주)봉신주작소	The International Mechanite Metal	Mechanite 주물제조	"
11	(주)대원사	外山주조(주)	발포성 Styropol 조형제조	82. 7. 1
12	삼미단조(주)	東京鍛工所	각종형 단조품 제조	83. 2. 8
13	한국중공업(주)	Terni - Societa	산업용 주단조품 제조	78. 4. 1
14	(주)세일상사	Uni Cast Development Co.	정밀주조품 제조를 위한 세라믹 주형제조	82. 4. 3
15	(주)서울엔지니어링	戶畑 製作所	순동 및 동합금 주물제조	81.11.26
16	한독분말야금(주)	Sinter Metallwork Krebsöge	분말야금 제품제조	79. 7.13
17	경방기계공업(주)	Ryobi Limited	Die Casting 제품제조	79. 4. 9
18	만도기계(주)	GKN Pawder Met LTD.	분말야금 제품제조업	83. 6.29
19	조일알미늄공업사	Scal Engineering	알미늄판 제조	82. 7. 5

※ 78.6.24 ~ 83.6.29 사이

(상공부 제철과 김시중)