



등록특허 10-2299552



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월07일  
(11) 등록번호 10-2299552  
(24) 등록일자 2021년09월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C21D 8/02* (2006.01) *C22C 29/12* (2006.01)  
*C22C 38/44* (2006.01) *C22C 38/46* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*C21D 8/021* (2013.01)  
*C22C 29/12* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-0119327
- (22) 출원일자 2019년09월27일  
심사청구일자 2019년09월27일
- (65) 공개번호 10-2021-0037114
- (43) 공개일자 2021년04월06일
- (56) 선행기술조사문헌  
공개특허공보 제10-2007-0053147호(2007.05.23.)\*  
공개특허공보 제10-2016-0071949호(2016.06.22.)\*  
공개특허공보 제10-2018-0056965호(2018.05.30.)\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
현대제철 주식회사  
인천광역시 동구 중봉대로 63 (송현동)

(72) 발명자  
주성웅  
인천광역시 동구 중봉대로 63  
강문석  
인천광역시 동구 중봉대로 63  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인  
특허법인아주

전체 청구항 수 : 총 7 항

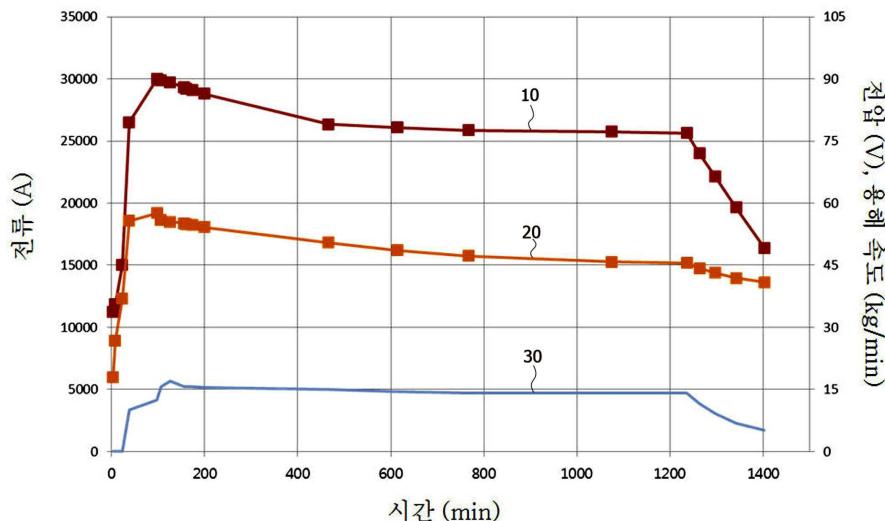
심사관 : 최정식

(54) 발명의 명칭 일렉트로 슬래그 재용융 공정을 이용한 잉곳의 제조방법 및 이를 이용한 고청정 다이캐스팅용 금형강의 제조방법

### (57) 요 약

본 발명의 일 측면에 따른 다이캐스팅용 금형강의 제조방법은,  $\text{CaF}_2$ : 55.0 ~ 61.0 중량%,  $\text{CaO}$ : 16.0 ~ 18.00 중량%, 및  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 19.0 ~ 22.0 중량%를 포함하는 일렉트로 슬래그 재용융(ESR) 공정용 ESR 슬래그를 준비하는 단계, ESR 슬래그에 소모 전극을 용해시켜 ESR 잉곳을 형성하는 단계, 잉곳을 자유 단조하는 단계, 및 단조된 잉곳을 켄칭(Quenching) 열처리하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

*C22C 38/44* (2013.01)

*C22C 38/46* (2013.01)

(72) 발명자

**신명철**

인천광역시 동구 중봉대로 63

**염성호**

인천광역시 동구 중봉대로 63

---

**최순재**

인천광역시 동구 중봉대로 63

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

- (a)  $\text{CaF}_2$ : 55.0 ~ 61.0 중량%,  $\text{CaO}$ : 16.0 ~ 18.00 중량%, 및  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 19.0 ~ 22.0 중량%를 포함하는 일렉트로 슬래그 재용융(ESR) 공정용 슬래그를 준비하는 단계; 및
- (b) 상기 슬래그에 소모 전극을 용해시켜 잉곳을 제조하는 단계로서,
- (b-1) 용해속도를  $12.5 \pm 2 \text{kg/min} \rightarrow 17.0 \pm 2 \text{kg/min} \rightarrow 15.6 \pm 2 \text{kg/min}$ 으로 변화시키면서 상기 ESR 공정용 슬래그를 용해시키는 램프 업(Ramp-up) 단계;
- (b-2) 용해속도를  $15.6 \pm 2 \text{kg/min} \rightarrow 14.2 \pm 1 \text{kg/min}$ 으로 변화시키면서, 상기 용해된 ESR 슬래그로부터 잉곳의 정상 부분을 제조하는 스테디 스테이트(Steady-state) 단계; 및
- (b-3) 용해속도를  $11.5 \pm 2 \text{kg/min} \rightarrow 5.1 \pm 2 \text{kg/min}$ 으로, 상기 잉곳 상부의 응고 직전까지 용해속도를 서서히 낮추어주는 핫 탑(Hot-top) 단계를 포함하는, 상기 잉곳을 제조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 잉곳의 제조방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 잉곳을 제조하는 단계는 불활성 가스 분위기 또는 진공 분위기 하에서 수행되는 것을 특징으로 하는,

잉곳의 제조방법.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 램프 업(Ramp-up) 단계는,

조업 시간:  $150 \pm 10$ 분,

전류:  $11230 \pm 50\text{A} \rightarrow 30000 \pm 30\text{A} \rightarrow 29350 \pm 70\text{A}$ , 및

전압:  $20 \pm 2\text{V} \rightarrow 57.6 \pm 2\text{V} \rightarrow 55.1 \pm \text{V}$ 의 조건으로 진행하는 것을 특징으로 하는,

잉곳의 제조방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 스테디 스테이트(Steady-state) 단계는,

조업 시간:  $1750 \pm 100$ 분,

전류:  $29200 \pm 50\text{A} \rightarrow 25650 \pm 50\text{A}$ , 및

전압:  $54.9 \pm 2\text{V} \rightarrow 45.5 \pm 2\text{V}$ 의 조건으로 진행하는 것을 특징으로 하는,

잉곳의 제조방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 핫 탑(Hot-top) 단계는,

조업 시간:  $130 \pm 10$ 분,

전류:  $24000 \pm 50$ A  $\rightarrow 16400 \pm 50$ A, 및

전압:  $44.3 \pm 2$ V  $\rightarrow 40.9 \pm 2$ V의 조건으로 진행하는 것을 특징으로 하는,

잉곳의 제조방법.

### 청구항 7

(a)  $\text{CaF}_2$ : 55.0 ~ 61.0 중량%,  $\text{CaO}$ : 16.0 ~ 18.00 중량%, 및  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 19.0 ~ 22.0 중량%를 포함하는 일렉트로 슬래그 재용융(ESR) 공정용 ESR 슬래그를 준비하는 단계;

(b) 상기 ESR 슬래그에 소모 전극을 용해시켜 ESR 잉곳을 형성하는 단계로서,

(b-1) 용해속도를  $12.5 \pm 2$ kg/min  $\rightarrow 17.0 \pm 2$ kg/min  $\rightarrow 15.6 \pm 2$ kg/min으로 변화시키면서 상기 ESR 공정용 슬래그를 용해시키는 램프 업(Ramp-up) 단계;

(b-2) 용해속도를  $15.6 \pm 2$ kg/min  $\rightarrow 14.2 \pm 1$ kg/min으로 변화시키면서, 상기 용해된 ESR 슬래그로부터 잉곳의 정상 부분을 제조하는 스테디 스테이트(Steady-state) 단계; 및

(b-3) 용해속도를  $11.5 \pm 2$ kg/min  $\rightarrow 5.1 \pm 2$ kg/min으로, 상기 잉곳 상부의 응고 직전까지 용해속도를 서서히 낮추어주는 핫 탑(Hot-top) 단계를 포함하는 상기 잉곳을 제조하는 단계;

(c) 상기 잉곳을 자유 단조하는 단계; 및

(d) 단조된 잉곳을 켄칭(Quenching) 열처리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,

다이캐스팅용 금형강의 제조방법.

### 청구항 8

삭제

### 청구항 9

제7항에 있어서,

상기 (b)의 소모 전극은, 탄소(C): 0.31~0.35 중량%, 실리콘(Si): 0.2~0.4 중량%, 망간(Mn): 0.6~0.7 중량%, 인(P): 0 초과 0.01 중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.002 중량% 이하, 크롬(Cr): 4.8 ~ 5.5 중량%, 니켈(Ni): 0.14 ~ 0.22 중량%, 몰리브덴(Mo): 1.0 ~ 2.7 중량%, 바나듐(V): 0.8 ~ 1.15 중량%, 철(Fe) 및 기타 불순물을 함유하는 것을 특징으로 하는,

다이캐스팅용 금형강의 제조방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 잉곳 제조방법 및 고정정 다이캐스팅 금형강의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 일렉트로 슬래그 재용융(ESR) 공정을 활용하여 용해속도 및 슬래그 조성의 변화를 통해 청정도가 우수한 잉곳의 제조방법 및 이를 이용한 다이캐스팅용 금형강의 제조방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최근 자동차 산업과 기술의 발전에 따라 자동차 금형의 요구되는 형상이 점점 더 복잡해지고, 요구 물성이 높아

져 가고 있다. 자동차 부품 제작을 위한 다이캐스팅 금형강 제품은 내열피로, 내마모성, 청정도와 같은 소재의 수명이 중요함에 따라, 사용환경에 따른 금형의 품질 수준이 중요하다. 특히 다이캐스팅 강의 청정도는 다이캐스팅 시 맞닿는 금형의 내구성과 밀접한 연관성을 가지고 있다.

[0003] 일반적으로 다이캐스팅 금형은, 제강 공정을 통한 잉곳(Ingots) 생산 → 단조 → 열처리 → 금형 가공 → 열간 사출의 공정을 통해 생산된다. 상기 공정 중, 일반적인 생산 공정은 소재 내 편석 및 청정도가 원하는 품질을 나타내기에 부적합하다.

[0004] 이에 관련된 기술로는 대한민국 공개특허공보 제10-2018-0056965호(2018.05.30 공개, 고온 열전도도가 뛰어난 장수명 다이 캐스팅용 열간 금형강 및 그 제조방법)가 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 청정도가 우수한 잉곳 및 다이캐스팅용 금형강을 제조하는 방법을 제공하는데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 측면에 따른 잉곳의 제조방법은,  $\text{CaF}_2$ : 55.0 ~ 61.0 중량%,  $\text{CaO}$ : 16.0 ~ 18.00 중량%, 및  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 19.0 ~ 22.0 중량%를 포함하는 일렉트로 슬래그 재용융(ESR) 공정용 슬래그를 준비하는 단계; 및 상기 슬래그에 소모 전극을 용해시켜 잉곳을 제조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0007] 본 발명에 있어서, 상기 잉곳을 제조하는 단계는 불활성 가스 분위기 또는 진공 분위기 하에서 수행될 수 있다.

[0008] 본 발명에 있어서, 상기 잉곳을 제조하는 단계는, 상기 ESR 슬래그를 용해시키는 램프 업(Ramp-up) 단계; 상기 용해된 ESR 슬래그로부터 잉곳의 정상 부분을 제조하는 스테디 스테이트(Steady-state) 단계; 및 상기 잉곳 상부의 응고 직전까지 용해속도를 서서히 낮추어주는 핫 탑(Hot-top) 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 본 발명에 있어서, 상기 램프 업(Ramp-up) 단계는, 조업 시간:  $150 \pm 10$ 분이고, 전류:  $11230 \pm 50$ A → 30000±30A →  $29350 \pm 70$ A, 전압:  $20 \pm 2$ V →  $57.6 \pm 2$ V →  $55.1 \pm 2$ V, 용해속도:  $12.5 \pm 2$ kg/min →  $17.0 \pm 2$ kg/min →  $15.6 \pm 2$ kg/min으로 변화시키면서 진행할 수 있다.

[0010] 본 발명에 있어서, 상기 스테디 스테이트(Steady-state) 단계는, 조업 시간:  $1750 \pm 100$ 분이고, 전류:  $29200 \pm 50$ A →  $25650 \pm 50$ A, 전압:  $54.9 \pm 2$ V →  $45.5 \pm 2$ V, 용해속도:  $15.6 \pm 2$ kg/min →  $14.2 \pm 1$ kg/min으로 변화시키면서 진행할 수 있다.

[0011] 본 발명에 있어서, 상기 핫 탑(Hot-top) 단계는, 조업 시간:  $130 \pm 10$ 분이고, 전류:  $24000 \pm 50$ A →  $16400 \pm 50$ A, 전압:  $44.3 \pm 2$ V →  $40.9 \pm 2$ V, 용해속도:  $11.5 \pm 2$ kg/min →  $5.1 \pm 2$ kg/min으로 변화시키면서 진행할 수 있다.

[0012] 본 발명의 다른 측면에 따른 다이캐스팅용 금형강의 제조방법은, (a)  $\text{CaF}_2$ : 55.0 ~ 61.0 중량%,  $\text{CaO}$ : 16.0 ~ 18.00 중량%, 및  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 19.0 ~ 22.0 중량%를 포함하는 일렉트로 슬래그 재용융(ESR) 공정용 ESR 슬래그를 준비하는 단계; (b) 상기 ESR 슬래그에 소모 전극을 용해시켜 ESR 잉곳을 형성하는 단계; (c) 상기 잉곳을 자유 단조하는 단계; 및 (d) 단조된 잉곳을 켄칭(Quenching) 열처리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명에 있어서, 상기 (b) 단계는, (b-1) 상기 ESR 슬래그를 용해시키는 램프업(Ramp-up) 단계; (b-2) 상기 용해된 ESR 슬래그로부터 잉곳의 정상 부분을 제조하는 스테디 스테이트(Steady-state) 단계; 및 (b-c) 상기 잉곳 상부의 응고 직전까지 용해속도를 서서히 낮추어주는 핫-탑(Hot-top) 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명에 있어서, 상기 (b)의 소모 전극은, 탄소(C): 0.31~0.35 중량%, 실리콘(Si): 0.2~0.4 중량%, 망간(Mn): 0.6~0.7 중량%, 인(P): 0 초과 0.01 중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.002 중량% 이하, 크롬(Cr): 4.8 ~ 5.5 중량%, 니켈(Ni): 0.14 ~ 0.22 중량%, 몰리브덴(Mo): 1.0 ~ 2.7 중량%, 바나듐(V): 0.8 ~ 1.15 중량%, 철(Fe) 및 기타 불순물을 함유할 수 있다.

## 발명의 효과

[0015] 본 발명에 따르면, 형석( $\text{CaF}_2$ )의 함량이 높은 본 발명의 슬래그는 ESR을 통한 재용해를 거치면서 비금속 개재물

의 면적을 낮추고, 개재물의 크기를 줄여 청정도가 우수한 다이캐스팅용 금형강의 제조를 가능하게 한다. 또한, 적절한 잉곳 용해속도와 사용되는 슬래그를 통한 정련 및 재용해 공정을 거치는 과정에서 전극 내 개재물의 크기는 적어지고 편석은 줄어들게 하여, 재용해 잉곳 및 금형강 제품의 전체적인 청정도를 향상시킬 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0016]

도 1은 일렉트로 슬래그 재용해(ESR) 공정이 진행되는 시간에 따른 전류값, 전압값 및 용해속도의 변화를 나타낸 그래프이다.

도 2 및 도 3은 비교예의 슬래그와 실시예의 슬래그를 사용하여 조업한 두 개의 제품에 대해 개재물의 면적 및 개재물의 최대 길이를 각각 비교하여 나타낸 그래프들이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017]

이하, 첨부한 도면을 참고하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명을 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 본 명세서에서 설명하는 실시예들에 한정되지 않는다. 본 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성 요소에 대해서는 동일한 도면 부호를 붙였다. 또한, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0019]

일렉트로 슬래그 재용해(Electro-Slag Remelting, 이하 "ESR"로 통칭함) 공정은 1954년 소련의 패이튼(Paton) 전기용접 연구소에서 개발된 후 공업화되었다. 이 방법은 형석( $CaF_2$ )을 주성분으로 산화칼슘( $CaO$ ), 산화알루미늄( $Al_2O_3$ ) 등의 산화물을 함유하는 용융 슬래그의 전기 저항열을 이용하여 소모성 전극을 용해하는 방식으로, 용융된 금속액적이 슬래그 중을 침강하여 수냉식 주형 내에서 위 방향으로 지속적으로 용해와 응고를 진행시켜 편석이나 개재물이 적은 건전한 응고 조직을 갖는 잉곳을 제조할 수 있다. ESR 공법을 통하여 양호한 표면과 균일한 주조 조직을 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 불순물 원소나 비금속 개재물을 효과적으로 감소시킬 수 있기 때문에 기계적 성질을 크게 향상시킬 수 있다.

[0020]

ESR 공법은 응고속도를 강괴의 특성에 맞게 조절하는 것이 가능하여, 재래식 잉곳에서 발생하는 성분 및 조직 불균일성과 비금속 개재물을 최소화할 수 있으므로, 고품질의 잉곳을 얻을 수 있다.

[0021]

본 발명은 편석 및 청정도 완화의 장점을 가지고 있는 일렉트로 슬래그 재용해(Electro Slag Remelting; 이하, "ESR"로 통칭함) 공정을 다이캐스팅 금형강의 제조단계에서 잉곳 생산과 단조 사이에 추가함으로써, 잉곳의 재용해를 통해 고청정의 프리미엄급 다이캐스팅용 금형강을 생산하고자 한다.

[0022]

고청정한 소재를 갖기 위해서 ESR 공정에서는 용해속도, 재용해시 사용되는 슬래그(Slag)의 성분, 분위기 가스 등의 선정이 중요하다. 본 발명은 다이캐스팅용 금형강을 제조함에 있어, ESR 공정을 활용하여 전극의 용해속도, 슬래그 투입량의 변화를 통한 청정도의 개선 방법을 제공한다.

[0024]

ESR 공정은 슬래그의 전기 저항열을 이용하여 소모성 전극을 용해하는 방식으로, 용융된 금속액적이 슬래그 중을 침강하여 수냉식 주형 내에서 위 방향으로 지속적으로 용해와 응고를 진행시켜 편석이나 개재물이 적은 건전한 응고 조직을 갖는 잉곳을 제조하는 방식이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 ESR 공정은 램프 업(Ramp-up) 단계, 스테디 스테이트(Steady-state) 단계, 및 핫 스탑(Hot-stop) 단계의 세 단계로 구성된다.

[0025]

### 램프 업(Ramp-up) 단계

[0026]

램프 업(Ramp-up) 단계는 ESR 슬래그를 용해시키는 단계로, 후속의 스테디 스테이트(Steady-state) 단계에서 안정적인 용해속도를 유지하기 위한 용해 조건을 만들어주는 단계이다. 램프 업(Ramp-up) 단계는 시간에 따른 전력 공급량을 통해 조업이 제어되며, 지정된 시간에 따라 전력량이 변화하면서 조업이 진행된다.

[0027]

램프 업(Ramp-up) 단계에서의 조업 시간은 약 156분 정도이고, 전류는  $11230 \pm 50A \rightarrow 30000 \pm 30A \rightarrow 29350 \pm 70A$ , 전압은  $20 \pm 2V \rightarrow 57.6 \pm 2V \rightarrow 55.1 \pm V$ , 용해속도는  $12.5 \pm 2kg/min \rightarrow 17.0 \pm 2kg/min \rightarrow 15.6 \pm 2kg/min$ 으로 변화된다.

[0029]

### 스테디 스테이트(Steady-state) 단계

[0030]

스테디 스테이트(Steady-state) 단계에서는 ESR 공정을 통해 제조되는 잉곳의 정상 부분을 제조하는 단계로, 용해속도 및 투입 전력의 안정성이 요구되는 단계이다. 이 스테디 스테이트(Steady-state) 단계는 재용해 잉곳의

중량의 변화에 따라 조업이 제어되며, 지정된 용해속도 및 전력량에 의해 중량이 변화하며 조업이 진행된다.

[0031] 스테디 스테이트(Steady-state) 단계의 조업 시간은 약 1800분 정도이고, 전류는  $29200 \pm 50A \rightarrow 25650 \pm 50A$ , 전압은  $54.9 \pm 2V \rightarrow 45.5 \pm 2V$ , 용해속도는  $15.6 \pm 2kg/min \rightarrow 14.2 \pm 1kg/min$ 으로 변화된다.

### 핫 탑(Hot-top) 단계

[0034] 핫 탑(Hot-top) 단계는 응고수축 등의 내부 품질 악화를 방지하기 위해 잉곳 상부의 응고 직전까지 용해속도를 서서히 낮추어주는 단계이다. 핫 탑(Hot-top) 단계는 재용해 잉곳이 성장함에 따라 감소하는 전극의 중량 변화에 따라 조업이 제어되고, 지정된 용해 속도 및 전력량에 의해 중량이 변화하면서 조업이 진행된다. 핫 탑(Hot-top) 단계의 조업 시간은 약 140분 정도이고, 전류는  $24000 \pm 50A \rightarrow 16400 \pm 50A$ , 전압은  $44.3 \pm 2V \rightarrow 40.9 \pm 2V$ , 용해속도는  $11.5 \pm 2kg/min \rightarrow 5.1 \pm 2kg/min$ 으로 변화된다.

[0035] 상기한 램프 업(Ramp-up) 단계, 스테디 스테이트(Steady-state) 단계, 및 핫 탑(Hot-top) 단계가 진행됨에 따른 전류값, 전압값 및 용해속도의 변화를 도 1에 나타내었다.

[0036] 도 1은 ESR 공정이 진행되는 시간에 따른 전류값, 전압값 및 용해속도의 변화를 나타낸 그래프로서, 참조번호 10은 전류값을, 참조번호 20은 전압값을, 참조번호 30은 용해속도를 각각 나타낸다.

### 일렉트로 슬래그 재용융(ESR) 공정용 슬래그

[0039] 한편, ESR 공정은 형석( $CaF_2$ )을 주성분으로 하여 산화칼슘( $CaO$ ), 산화알루미늄( $Al_2O_3$ ) 등의 산화물을 함유하는 용융 슬래그의 전기 저항열을 이용하여 소모성 전극을 용해하는 방식으로, 용융된 금속액적이 슬래그 중을 침강하여 수냉식 주형 내에서 위 방향으로 지속적으로 용해와 응고를 진행시켜 편석이나 개재물이 적은 건전한 응고조직을 갖는 잉곳을 제조할 수 있다. 이때 슬래그는 전극 내의 불순물을 걸러주는 역할과 정련 역할을 기대할 수 있다.

[0040] 최근에 화력발전소 등에서 대규모의 잉곳이 요구됨에 따라, 이를 제조하는 데에 사용되는 이를 제조하기 위한 ESR 장치에 포함된 잉곳 몰드의 규모 또한 커지게 되었다. 이에 따라, 큰 규모의 잉곳 몰드에 슬래그를 적용하게 되면, 슬래그의 온도가 감소되어 슬래그의 고상화 및 결정화가 쉽게 이루어지고, 이들이 ESR 공정 중 용융된 금속 내에 혼입되면, 제조되는 잉곳 표면에 깊은 주름이 발생하여 단조성을 악화시키는 문제점이 있었다. 이에 본 발명에서는, ESR 공정에 사용되는 슬래그의 조성을 적절히 조정하여 용점을 낮추고 유동성을 높임으로써, 이를 대규모의 잉곳 몰드에 적용하더라도 슬래그의 온도 감소로 인한 고상 및 결정화를 방지하여, 청정도가 우수하고 표면 품질이 우수한 잉곳을 제조할 수 있도록 하였다.

[0041] 구체적으로, 본 발명의 일 구현예에 따른 슬래그는  $CaF_2$ : 55.0 ~ 61.0 중량%,  $CaO$ : 16.0 ~ 18.00 중량%, 및  $Al_2O_3$ : 19.0 ~ 22.0 중량%를 포함하는 ESR 공정용 슬래그로서, 형석( $CaF_2$ )의 함량을 높여 강의 청정도를 향상시킨 것을 특징으로 한다.

[0042] 이하, 본 발명에서 제공하는 슬래그에 포함된 각 성분들의 함량과 관련하여 상세히 설명한다.

#### **$CaF_2$ : 55.0 ~ 61.0 중량%**

[0044]  $CaF_2$ 는 ESR 공정용 슬래그의 기본적인 성분으로, 슬래그의 적당한 유동성과 목적으로 하는 용점 및 점도 등을 확보하기 위해서 포함되는데,  $CaF_2$ 는 슬래그의 용점, 점도를 낮춰주어 전극의 비금속 개재물을 흡수 또는 제거하는 효과가 있다. 본 발명에서는, 슬래그를 대규모의 잉곳 몰드에 적용하더라도 슬래그의 온도 감소로 인한 고상화 및 결정화를 방지하기 위하여, 종래에 일반적으로 사용되었던 ESR 슬래그에 비하여 유동성을 높이고, 용점을 내릴 필요가 있다. 따라서,  $CaF_2$ 는 적어도 55.0 중량% 이상의 양으로 포함하는 것이 바람직하다. 다만,  $CaF_2$ 의 함유량이 너무 많게 되면, 슬래그의 비저항이 저하되어 용해가 곤란하게 되므로 상한을 61.0 중량% 이하로 제한하는 것이 바람직하다.

#### **$CaO$ : 16.0 ~ 18.0 중량%**

[0046]  $CaO$ 는 염기성 슬래그를 형성하여 탈황 등 슬래그의 정련효과를 향상시키는 작용이 있다. 따라서, 본 발명에서는 상기와 같은 효과를 얻기 위해서  $CaO$ 를 16.0 중량% 이상으로 포함하는 것이 바람직하다. 다만,  $CaO$  함유량이 너무 많으면 점성의 증가와 고용점화를 촉진하여 제조되는 잉곳의 표면 품질을 악화시킬 수 있으므로, 18.0 중량% 이하로 포함하는 것이 바람직하다.

[0047]  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 19.0 ~ 22.0 중량%

[0048]  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 는 슬래그를 줄(Joule) 발열시킬 때 필요한 전기저항을 확보하는 동시에, 슬래그의 용점의 저하, 전극의 용해 속도등의 안정화, 조업의 안정화, 탈황 반응을 진행시키는데 유용한 원소이다. 따라서, 본 발명에서는 상기와 같은 효과를 얻기 위해  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 를 19.0 중량% 이상으로 포함하는 것이 바람직하다. 다만,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 함량이 22.0 중량%를 초과하면, 상대적으로  $\text{CaF}_2$ 의 함량 저하에 의해 슬래그의 용점이 높아져, 이를 이용해 제조되는 잉곳의 표면에 주름이 발생할 수 있다. 따라서, 본 발명에서는  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 를 19.0 ~ 22.0 중량%의 함량으로 포함하는 것이 바람직하다.

[0050] 본 발명의 다른 관점은 ESR 공정을 적용하여 청정도가 우수한 다이캐스팅용 금형강을 제조하는 방법에 관한 것으로,  $\text{CaF}_2$ : 55.0 ~ 61.0 중량%,  $\text{CaO}$ : 16.0 ~ 18.00 중량%, 및  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 19.0 ~ 22.0 중량%를 포함하는 일렉트로 슬래그 재용융(ESR) 공정용 슬래그를 준비하는 단계, 상기 슬래그에 소모 전극을 용해시켜 잉곳을 제조하는 단계, 상기 잉곳을 단조하여 단조재를 형성하는 단계, 및 상기 단조재를 열처리하는 단계를 포함한다.

[0051] 이하, 본 발명의 일 구체예에 따른 청정도가 우수한 다이캐스팅용 금형강의 제조방법을 단계별로 상세히 설명하도록 한다.

#### 일렉트로 슬래그 재용융(ESR) 공정용 슬래그를 준비하는 단계

[0054] 먼저,  $\text{CaF}_2$ : 55.0 ~ 61.0 중량%,  $\text{CaO}$ : 16.0 ~ 18.00 중량%, 및  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 19.0 ~ 22.0 중량%를 포함하는 일렉트로 슬래그 재용융(ESR) 공정용 슬래그를 준비하는 단계를 수행할 수 있는데, 이때 상기 성분들의 함량에 관한 내용은 앞서 기재한 바와 동일하므로 상세한 설명은 생략한다.

#### 잉곳 제조 단계

[0057] ESR 공정용 슬래그가 준비되면, 그 슬래그에 소모 전극을 용해시키는 일렉트로 슬래그 재용융(ESR) 공정에 의해 잉곳을 제조할 수 있다. 이때 사용되는 장치의 구성은 특별히 한정하지 않는다. 일 예로서, 상기와 같은 조성을 갖는 슬래그를 ESR 노(furnace)에 담지시키고, 목적하는 바에 따라 적절한 조성을 갖는 소모 전극을 준비한 뒤 전원을 턴온시키면, 슬래그 및 소모 전극의 상단부는 슬래그의 저항 열로 인해 용융된다. 이때 용융된 금속 적상(dropwise)은 슬래그를 통해 아래로 이동하고, 이 과정에서 용융된 금속 내 황(S) 및 기타 원소는 슬래그로 포함되고, 그에 의해 금속은 정제되고 슬래그 아래에 용융 풀을 형성하며, 이는 점진적으로 용광로 벽에서 용광로 바닥까지 냉각되면서 ESR 잉곳을 생성하게 된다.

[0058] 잉곳 제조 단계에서의 상기 소모 전극은 탄소(C): 0.31~0.35 중량%, 실리콘(Si): 0.2~0.4 중량%, 망간(Mn): 0.6~0.7 중량%, 인(P): 0 초과 0.01 중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.002 중량% 이하, 크롬(Cr): 4.8 ~ 5.5 중량%, 니켈(Ni): 0.14 ~ 0.22 중량%, 몰리브덴(Mo): 1.0 ~ 2.7 중량%, 바나듐(V): 0.8 ~ 1.15 중량%, 철(Fe) 및 기타 불순물을 함유하는 강재를 제강 공정을 통해 전극의 형태로 제조할 수 있다.

[0059] 본 발명에서 사용한 전극은 지름이 835mm이고, 길이가 4,400mm이며, 재용해 후 잉곳의 지름은 1,030mm, 길이는 3,000mm이다.

[0060] 본 발명의 일 구체예에 따른 ESR 공정을 이용한 잉곳 제조 단계는 앞서 상세히 설명한 램프 업(Ramp-up) 단계, 스테디 스테이트(Steady-state) 단계, 및 핫 탑(Hot-top) 단계의 세 단계로 구성될 수 있는데, 여기서는 더 이상의 상세한 설명은 생략한다.

[0061] 본 발명의 일 구체예에서, 상기와 같은 ESR 공정은 아르곤(Ar) 등의 불활성 가스 분위기 또는 진공 분위기 하에서 수행될 수 있다. 본 발명에서는 상기와 같이 조성이 적절히 제어된 슬래그를 사용하고, 용해속도, 전력량 및 슬래그 투입량을 통해 우수한 청정도를 갖는 잉곳을 제조할 수 있다.

[0062] 이하에서는, 본 발명의 일 실시예에 따른 다이캐스팅용 금형강 형성을 위한 상기 소모 전극에 포함되는 각 성분의 역할 및 함량에 대하여 설명한다.

#### 탄소(C)

[0064] 탄소(C)는 플라스틱 사출용 금형강의 강도를 향상시키고, 용접성에 가장 큰 영향을 미치는 원소이다. 탄소(C)는 전체 중량의 0.31 ~ 0.35 중량%의 함량비로 첨가될 수 있다. 탄소의 함량이 전체 중량의 0.31 중량% 미만일 경우에는 상술한 첨가 효과를 구현하기 어렵다. 반대로, 탄소의 함량이 전체 중량의 0.35 중량%를 초과할 경우에

는 모재의 충격 인성을 저하시킬 수 있으며, 성형성 및 용접성의 저하를 가져오는 문제점이 있을 수 있다.

#### 실리콘(Si)

[0065] 실리콘(Si)은 페라이트 안정화 원소로 잘 알려져 있어 냉각 중 페라이트 분율을 높여 연성을 증가시키는 원소로 잘 알려져 있다. 한편, 실리콘은 알루미늄과 함께 제강공정에서 강 중의 산소를 제거하기 위한 탈산체로 첨가되며, 고용강화 효과도 가질 수 있다. 상기 실리콘(Si)은 전체 중량의 0.2 ~ 0.4 중량%의 함량비로 첨가될 수 있다. 실리콘의 함량이 전체 중량의 0.2 중량% 미만인 경우 상술한 첨가 효과를 구현하기 어려우며, 실리콘의 함량이 전체 중량의 0.4 중량%를 초과하여 다량 첨가시 강의 용접성을 저하시키며, 재가열 및 열간압연 시에 붉은 스케일(red scale)을 생성시킴으로써 표면품질에 문제를 줄 수 있다.

#### 망간(Mn)

[0068] 망간(Mn)은 오스테나이트 안정화 원소로 저온상의 분율을 증가시키고 고용 강화 효과로 강의 강도를 증가시키는 원소로 사용된다. 즉, 망간은 고용 강화에 효과적이며, 강의 경화능을 증가시킬 수 있다. 망간(Mn)은 전체 중량의 0.6 ~ 0.7 중량%의 함량비로 첨가될 수 있다. 망간의 함량이 0.6 중량% 보다 작을 경우, 목표로 하는 강도 및 물성을 확보하는 것이 어렵다. 또한, 망간의 함량이 0.7 중량%를 초과할 경우, 연신율이 저하되며, 용접성이 저하되고, MnS 개재물 및 중심 편석(center segregation)이 발생하여 플라스틱 사출용 금형강의 연성이 저하되고 내부식성이 저하될 수 있다.

#### 인(P)

[0070] 인(P)은 고용 강화에 의해 강도의 강도를 높이며, 탄화물의 형성을 억제하는 기능을 수행할 수 있다. 상기 인(P)은 전체 중량의 0 초과 0.01 중량% 이하의 함량비로 첨가될 수 있다. 인의 함량이 0.01 중량%를 초과하는 경우에는 슬라브 중심 편석에 의한 내부식성 저하 문제가 있으며 석출거동에 의해 저온 충격치가 저하되는 문제가 있다.

#### 황(S)

[0072] 황(S)은 미세 MnS의 석출물을 형성하여 가공성을 향상시킬 수 있다. 상기 황(S)은 전체 중량의 0 초과 0.002 중량% 이하의 함량비로 첨가될 수 있다. 황의 함량이 0.002 중량%를 초과할 경우, 표면 결함 및 가공균열의 원인이 되며 인성 및 용접성을 저해하고, 저온 충격치를 저하시킬 수 있다.

#### 크롬(Cr)

[0074] 크롬(Cr)은 소입성을 향상시켜 항복강도 하향효과를 형성하는 원소이다. 또한, 크롬(Cr)은 페라이트 및 펠라이트의 고온 상변태 억제 효과가 높은 원소이다. 또한, 크롬(Cr)은 페라이트 안정화 원소로 C-Mn강에 첨가시 용질방해 효과로 탄소의 확산을 저연하여 입도 미세화에 영향을 미친다. 상기 크롬(Cr)은 전체 중량의 4.8 ~ 5.5 중량%의 함량비로 첨가될 수 있다. 크롬의 함량이 전체 중량의 4.8 중량% 미만일 경우에는 상술한 크롬 첨가 효과를 제대로 발휘할 수 없다. 반대로, 크롬의 함량이 전체 중량의 5.5 중량%를 초과하여 다량 첨가시 인성 및 경화성의 관점에서 강의 특성이 저하되는 문제를 줄 수 있다.

#### 니켈(Ni)

[0076] 니켈(Ni)은 인성을 증가시키고 흑연화를 조장하는 원소이다. 상기 니켈(Ni)은 전체 중량의 0.14 ~ 0.22 중량%의 함량비로 첨가될 수 있다. 니켈(Ni)의 함량이 0.14 중량% 미만이면 상술한 첨가 효과가 미흡하고 인성감소가 크고, 0.22 중량%를 초과하면 비경제적이고 잔류오스테나이트를 발생시켜 취화를 발생시킨다.

#### 몰리브덴(Mo)

[0078] 몰리브덴(Mo)은 모재 강도 및 고온 강도의 확보에 유효한 원소이다. 상기 몰리브덴(Mo)은 전체 중량의 0.1 ~ 2.7 중량%의 함량비로 첨가될 수 있다. 몰리브덴(Mo)의 함량이 전체 중량의 1.0 중량% 미만인 경우 상술한 효과를 구현하지 못하며, 전체 중량의 2.7 중량%를 초과하여 다량 첨가시 켄칭성이 지나치게 상승하여 모재 및 용접열 영향부의 인성이 열화되는 문제점이 발생한다.

#### 바나듐(V)

[0080] 바나듐(V)은 탄소와 결합하여 강도 증가에 영향을 끼치는 탄화물을 형성하는 원소이다. 상기 바나듐(V)은 전체 중량의 0.8 ~ 1.15 중량%의 함량비로 첨가될 수 있다. 바나듐의 함량이 전체 중량의 0.8 중량% 미만인 경우 상술한 첨가 효과가 나타나지 않으며, 1.15 중량%를 초과하여 다량 첨가시 탄소 당량이 증가하는 문제가 발생할

수 있다.

#### 단조재를 형성하는 단계

[0082] 상기 ESR 공정을 이용하여 잉곳을 제조한 다음에는, 상기 잉곳을 가열하고 업세팅을 실시하여, 잉곳 내부의 기공을 압착하여 제거하는 단조를 실시한 다음 냉각한다. 본 발명의 일 구체예에서, 상기 잉곳을 재가열한 다음 자유 단조하여 소정의 형상을 갖는 단조재를 형성할 수 있다. 일 구체예에서, 상기 단조는 1,150~1,250°C의 조건으로 실시할 수 있다. 상기 조건에서 상기 금형강 재질 내부 응력이 잔류하는 현상을 방지할 수 있다.

#### 열처리 단계

[0086] 열처리 단계에서는 단조된 상기 잉곳을 약 850 ~ 950°C의 온도에서 가열 및 유지하여 균질화한 후 공냉시키는 단계와, 공냉시킨 상기 잉곳을 850 ~ 950°C에서 가열 및 유지 후 소재 온도가 약 100°C가 될 때까지 급냉(quenching)시키는 단계와, 급냉시킨 잉곳을 550 ~ 650°C에서 가열 및 유지 후 급냉시키는 템퍼링하는 단계를 포함할 수 있다.

[0088] 상술한 제조 과정으로 제조된 고청정 다이캐스팅용 금형강은 청정도 평가를 통해 그 우수성을 입증할 수 있다.

[0089] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예 및 비교예를 통해 본 발명의 구성 및 작용을 더욱 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이는 본 발명의 예시 중 일부로 제시된 것이며 어떠한 의미로도 이에 의해 본 발명이 제한되는 것으로 해석될 수는 없다. 여기에 기재되지 않은 내용은 이 기술 분야에서 숙련된 자이면 충분히 기술적으로 유추할 수 있는 것이므로 그 설명을 생략하기로 한다.

#### 실시예

##### 1. 시편의 제조

[0093] 하기 표 1에 제시된 성분 및 함량을 포함하는 비교예 및 실시예의 슬래그를 사용하여 조업한 두 개의 제품에 대해 ISO4967법으로 청정도 지수를 비교하여 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다.

**표 1**

	CaF <sub>2</sub> (중량%)	CaO (중량%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (중량%)
비교예 슬래그	35.0~41.0	25.5~30.5	28.0~32.0
실시예 슬래그	55.0~61.0	16.0~18.0	19.0~22.0

**표 2**

A yeSB type(Al)		C type(Si)	DB type 구형산화물(>13μm)			
Ti (~μmHeavy (4~12μm))		Thin (2~9μm)	Heavy (9~15μm)	Thin (2~5μm)	Thin (3~8μm)	
D0.1.0	0.0	0.0	3.0	1.0	1.0	
00.5	0.0	0.0	2.0	0.5	1.0	
00.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.5	
.1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	

[0096] 상기 표 2를 참조하면, 목표 청정도 지수와 비교했을 때, 구형 개재물의 지수는 다소 열위하지만, 알루미나(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)계의 청정도 지수는 비교 슬래그를 사용했을 때보다 개선 효과가 높았다. 이는, 형석(CaF<sub>2</sub>)의 함량이 높은 슬래그를 사용함에 따라 슬래그의 점성 및 용점이 낮아졌기 때문에 알루미나계의 청정도 지수 개선효과가 나타난 것으로 판단된다.

[0097] 도 2 및 도 3은 비교예의 슬래그와 실시예의 슬래그를 사용하여 조업한 두 개의 제품에 대해 개재물의 면적 및 개재물의 최대 길이를 각각 비교하여 나타낸 그래프들이다.

[0098] 도 2를 참조하면, 개재물의 크기를 비교하였을 때, 비교예의 슬래그를 사용한 제품의 경우 0.83%인데 비해 본 발명의 조성을 만족하는 실시예의 슬래그를 사용한 제품의 경우 0.48%로, 개재물의 면적이 절반 정도의 수준으로 줄어들었음을 알 수 있다.

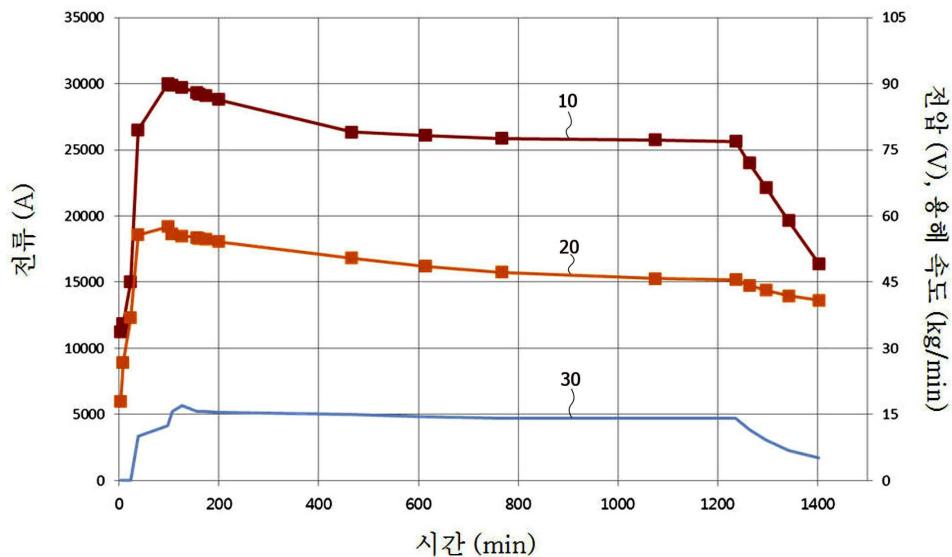
[0099] 도 3을 참조하면, 개재물의 최대 길이를 비교하였을 때, 비교예의 슬래그를 사용한 제품의 경우  $23.1\mu\text{m}$ 인데 비해 본 발명의 조성을 만족하는 실시예의 슬래그를 사용한 제품의 경우  $18.79\mu\text{m}$ 로, 개재물의 최대 길이도 크게 줄어들었음을 알 수 있다.

[0100] 이와 같은 결과를 볼 때, 형석( $\text{CaF}_2$ )의 함량이 높은 슬래그를 사용할수록 단위 면적당 개재물의 면적은 더 낮으며, 최대 개재물의 크기 또한 낮은 값을 갖는 것을 알 수 있다. 따라서, 형석( $\text{CaF}_2$ )의 함량이 높은 본 발명의 슬래그는 ESR을 통한 재용해를 거치면서 비금속 개재물의 면적을 낮추고, 개재물의 크기를 줄여 청정도가 우수한 다이캐스팅용 금형강의 제조를 가능하게 한다. 또한, 적절한 잉곳 용해속도와 사용되는 슬래그를 통한 정련 및 재용해 공정을 거치는 과정에서 전극 내 개재물의 크기는 적어지고 편석은 줄어들게 하여, 재용해 잉곳 및 금형강 제품의 전체적인 청정도를 향상시킬 수 있다.

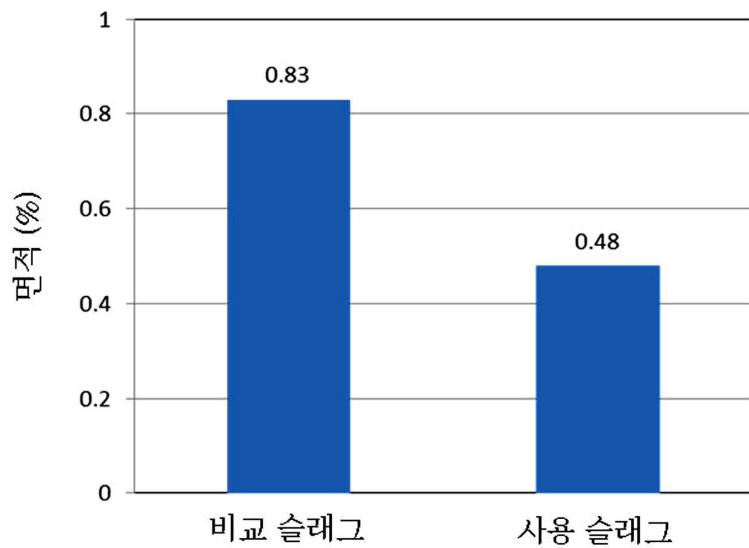
[0101] 이상에서는 본 발명의 실시예를 중심으로 설명하였지만, 당업자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

## 도면

### 도면1



도면2



도면3

