



(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

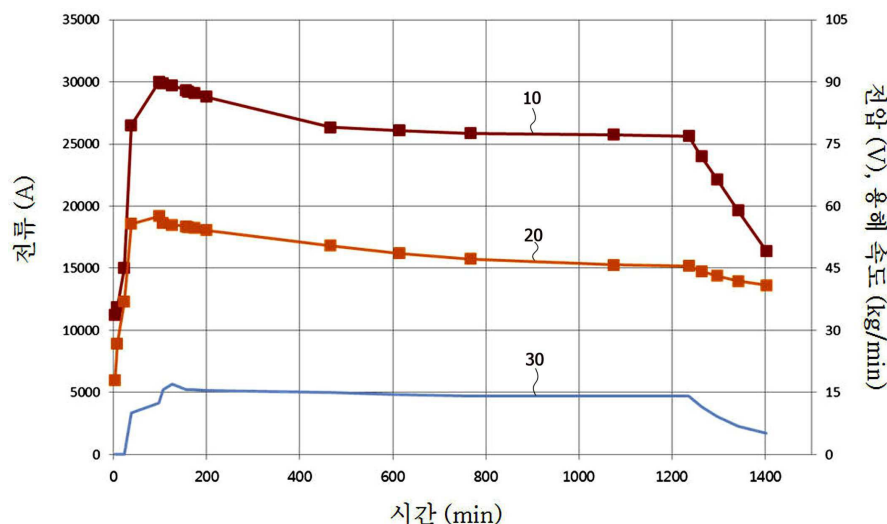
심사관 : 최정식

(54) 발명의 명칭 **일렉트로 슬래그 재용용 공정을 이용한 잉곳의 제조방법 및 이를 이용한 고정정 다이캐스팅용 금형강의 제조방법**

(57) 요약

본 발명의 일 측면에 따른 다이캐스팅용 금형강의 제조방법은, CaF_2 : 55.0 ~ 61.0 중량%, CaO : 16.0 ~ 18.00 중량%, 및 Al_2O_3 : 19.0 ~ 22.0 중량%를 포함하는 일렉트로 슬래그 재용용(ESR) 공정용 ESR 슬래그를 준비하는 단계, ESR 슬래그에 소모 전극을 용해시켜 ESR 잉곳을 형성하는 단계, 잉곳을 자유 단조하는 단계, 및 단조된 잉곳을 퀴칭(Quenching) 열처리하는 단계를 포함한다.

대표도 - 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) CaF_2 : 55.0 ~ 61.0 중량%, CaO : 16.0 ~ 18.00 중량%, 및 Al_2O_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 ± 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 ± 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 ± 10 분,

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

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

잉곳의 제조방법.

청구항 7

(a) CaF_2 : 55.0 ~ 61.0 중량%, CaO: 16.0 ~ 18.00 중량%, 및 Al_2O_3 : 19.0 ~ 22.0 중량%를 포함하는 일렉트로 슬래그 재용용(ESR) 공정용 ESR 슬래그를 준비하는 단계;

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

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

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

(b-3) 용해속도를 $11.5 \pm 2kg/min \rightarrow 5.1 \pm 2kg/min$ 으로, 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 고정형 다이캐스팅 금형강의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 일렉트로 슬래그 재용용(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 맞는 금형의 내구성과 밀접한 연관성을 가지고 있다.

[0003] 일반적으로 다이캐스팅 금형은, 제강 공정을 통한 잉곳(Ingot) 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 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 측면에 따른 잉곳의 제조방법은, CaF_2 : 55.0 ~ 61.0 중량%, CaO : 16.0 ~ 18.00 중량%, 및 Al_2O_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 ± 10 분이고, 전류: $11230 \pm 50\text{A} \rightarrow 30000 \pm 30\text{A} \rightarrow 29350 \pm 70\text{A}$, 전압: $20 \pm 2\text{V} \rightarrow 57.6 \pm 2\text{V} \rightarrow 55.1 \pm \text{V}$, 용해속도: $12.5 \pm 2\text{kg/min} \rightarrow 17.0 \pm 2\text{kg/min} \rightarrow 15.6 \pm 2\text{kg/min}$ 으로 변화시키면서 진행할 수 있다.

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

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

[0012] 본 발명의 다른 측면에 따른 다이캐스팅용 금형강의 제조방법은, (a) CaF_2 : 55.0 ~ 61.0 중량%, CaO : 16.0 ~ 18.00 중량%, 및 Al_2O_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(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 층을 침강하여 수냉식 주형 내에서 위 방향으로 지속적으로 용해와 응고를 진행시켜 편석이나 개재물이 적은 건전한 응고 조직을 갖는 잉곳을 제조할 수 있다. ESR 공법을 통하면 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 가능하며, 래식 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 가스의 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 층을 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 $11230 \pm 50\text{A} \rightarrow 30000 \pm 30\text{A} \rightarrow 29350 \pm 70\text{A}$, 전압은 $20 \pm 2\text{V} \rightarrow 57.6 \pm 2\text{V} \rightarrow 55.1 \pm \text{V}$, 용해속도는 $12.5 \pm 2\text{kg/min} \rightarrow 17.0 \pm 2\text{kg/min} \rightarrow 15.6 \pm 2\text{kg/min}$ 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.

[0033] 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.

[0038] 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 수냉식주형 내에서 위 방향으로 지속적으로 용해와 응고를 진행시켜 편석이나 개재물이 적은 건전한 응고 조직을 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.

[0043] 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.

[0045] 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 고융점화를 촉진하여 제조되는 잉곳의 표면 품질을 악화시킬 수 있으므로, 18.0 중량% 이하로 포함하는 것이 바람직하다.

- [0047] **Al₂O₃: 19.0 ~ 22.0 중량%**
- [0048] Al₂O₃는 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 Al₂O₃를 19.0 중량% 이상으로 포함하는 것이 바람직하다. 다만, Al₂O₃의 함량이 22.0 중량%를 초과하면, 상대적으로 CaF₂의 함량 저하에 의해 슬래그의 용점이 높아져, 이를 이용해 제조되는 잉곳의 표면에 주름이 발생할 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 Al₂O₃를 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, CaF₂: 55.0 ~ 61.0 중량%, CaO: 16.0 ~ 18.00 중량%, 및 Al₂O₃: 19.0 ~ 22.0 중량%를 포함하는 일렉트로 슬래그 재용용(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.
- [0053] **일렉트로 슬래그 재용용(ESR) 공정용 슬래그를 준비하는 단계**
- [0054] 먼저, CaF₂: 55.0 ~ 61.0 중량%, CaO: 16.0 ~ 18.00 중량%, 및 Al₂O₃: 19.0 ~ 22.0 중량%를 포함하는 일렉트로 슬래그 재용용(ESR) 공정용 슬래그를 준비하는 단계를 수행할 수 있는데, 이때 상기 성분들의 함량에 관한 내용은 앞서 기재한 바와 동일하므로 상세한 설명은 생략한다.
- [0056] **잉곳 제조 단계**
- [0057] ESR 공정용 슬래그가 준비되면, 그 슬래그에 소모 전극을 용해시키는 일렉트로 슬래그 재용용(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.
- [0063] **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.

[0065] **실리콘(Si)**

[0066] 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 탈산제로 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.

[0067] **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.

[0069] **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.

[0071] **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.

[0073] **크롬(Cr)**

[0074] 크롬(Cr)은 소입성을 향상시켜 항복강도 하향효과를 형성하는 원소이다. 또한, 크롬(Cr)은 페라이트 및 펄라이트의 고온 상변태 억제 효과가 높은 원소이다. 또한, 크롬(Cr)은 페라이트 안정화 원소로 C-Mn강에 첨가시 용질 방해 효과로 탄소의 확산을 지연하여 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.

[0075] **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.

[0077] **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 퀴칭성이 지나치게 상승하여 모재 및 용접 열 영향부의 인성이 열화되는 문제점이 발생한다.

[0079] **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.

[0082] 단조재를 형성하는 단계

[0083] 상기 ESR 공정을 이용하여 잉곳을 제조한 다음에는, 상기 잉곳을 가열하고 열처리를 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℃의 조건으로 실시할 수 있다. 상기 조건에서 상기 금형강 재질 내부 응력이 잔류하는 현상을 방지할 수 있다.

[0085] 열처리 단계

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

[0088] 상술한 제조 과정으로 제조된 고정정 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.

[0091] 실시예

[0092] 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 ₂ (중량%)	CaO (중량%)	Al ₂ O ₃ (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(Al₂O₃)계의 청정도 지수는 비교 슬래그를 사용했을 때보다 개선 효과가 높았다. 이는, 형석(CaF₂)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.

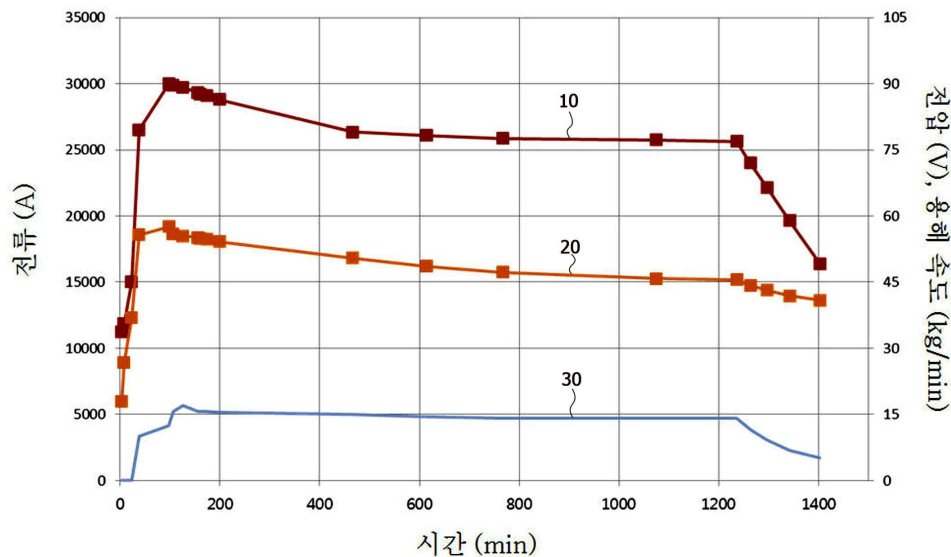
[0099] 도 3을 참조하면, 개재물의 최대 길이를 비교하였을 때, 비교예의 슬래그를 사용한 제품의 경우 23.1 μm 인데 비해 본 발명의 조성을 만족하는 실시예의 슬래그를 사용한 제품의 경우 18.79 μm 로, 개재물의 최대 길이도 크게 줄어들었음을 알 수 있다.

[0100] 이와 같은 결과를 볼 때, 형석(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(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.

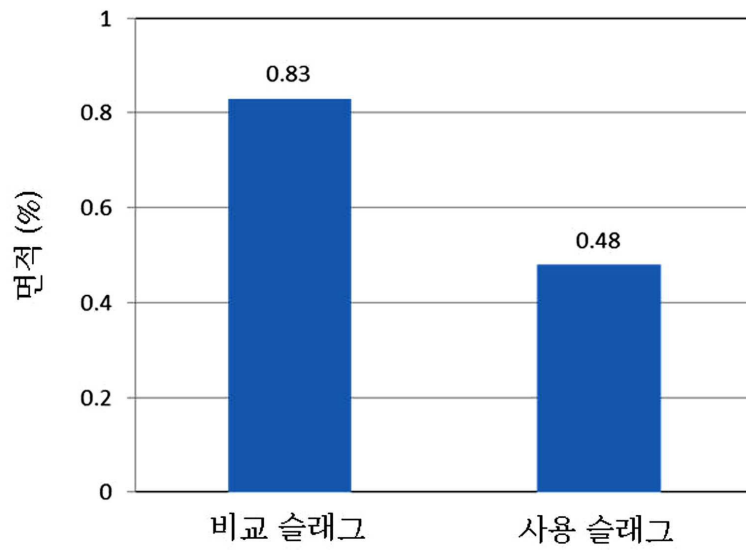
[0101] 이상에서는 본 발명의 실시예를 중심으로 설명하였지만, 당업자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

도면

도면1



도면2



도면3

