



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월25일  
(11) 등록번호 10-1366299  
(24) 등록일자 2014년02월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C21C 5/28 (2006.01) C21C 7/00 (2014.01)  
(21) 출원번호 10-2012-0079086  
(22) 출원일자 2012년07월20일  
심사청구일자 2012년07월20일  
(65) 공개번호 10-2014-0013178  
(43) 공개일자 2014년02월05일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR100300209 B1\*  
KR100728416 B1\*  
JP2000034520 A  
KR100285343 B1  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
주식회사 포스코  
경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)  
(72) 발명자  
김용인  
경북 포항시 남구 지곡로 260, 106동 1101호 (지곡동, 효자그린1차아파트)  
(74) 대리인  
남승희

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 김중혁

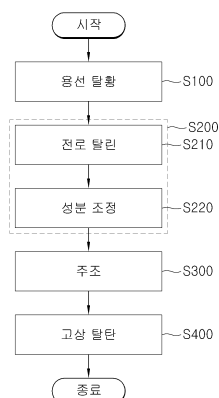
(54) 발명의 명칭 강의 제조 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 강의 제조 방법은 용선을 마련하는 과정, 용선에 산소를 취입하여 상기 용선을 정련하는 과정, 용선을 응고시켜 고상 상태의 슬라브를 제조하는 과정, 고상 상태의 슬라브를 탈탄하는 과정을 포함하고, 용선에 산소를 취입하여 정련하는 과정에 있어서, 용선 중 탄소의 농도가 1.5 중량% 내지 4 중량%일 때 산소 취입을 종료한다.

따라서, 본 발명의 실시형태에 의하면, 탈황 및 전로 정련 조업 이후에 용강 중의 산소 함유량이 종래의 전로 정련을 통해 제조한 용강에 비해 매우 낮으며, 최소한으로 존재한다. 이에 종래에서와 같이 별도의 탈산 과정이 필요 없으며, 탈산제와 산소 간의 반응으로 인한 탈산 개재물이 생성되지 않는다. 따라서, 탈산 개재물에 의한 결함 발생을 방지할 수 있어, 제품의 품질을 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

용선을 마련하는 과정;

상기 용선에 산소를 취입하여 상기 용선을 정련하는 과정;

상기 용선을 응고시켜 고상 상태의 슬라브를 제조하는 과정;

상기 고상 상태의 슬라브를 탈탄하는 과정을 포함하고,

상기 용선에 산소를 취입하여 정련하는 과정에 있어서,

상기 용선 중 탄소의 농도가 1.5 중량% 내지 4 중량%일 때 산소 취입을 종료하며,

상기 고상 상태의 슬라브를 탈탄하는데 있어서, 상기 슬라브가 안치되는 반응 튜브 내부를 1200K 내지 1300K의 온도로 가열하는 강의 제조 방법.

### 청구항 2

용선을 마련하는 과정;

상기 용선에 산소를 취입하여 상기 용선을 정련하는 과정;

상기 용선을 응고시켜 고상 상태의 슬라브를 제조하는 과정;

상기 고상 상태의 슬라브를 탈탄하는 과정을 포함하고,

상기 고상 상태의 슬라브를 탈탄하는 데 있어서,

상기 반응 튜브 내부를 1200K 내지 1300K의 온도로 가열하고,  $H_2O$ 와  $H_2$ 를 함유하는 혼합 가스를 이용하여 고상 탈탄하는 강의 제조 방법.

### 청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 슬라브를 제조하는 과정에 있어서, 스트립 캐스팅(Strip casting) 방법을 이용하는 강의 제조 방법.

### 청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 고상 상태의 슬라브를 탈탄하는 과정은,

상기 슬라브가 안치되는 반응 튜브 내부를  $H_2/Ar$  분위기로 조성하는 과정; 및

상기 반응 튜브 내부에  $H_2O$ 와  $H_2$ 가 혼합된 가스를 공급함으로써, 상기 슬라브와 반응시켜 탈탄하는 과정을 포함하는 강의 제조 방법.

### 청구항 5

삭제

### 청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 반응 튜브 내부를  $H_2/Ar$  분위기로 조성하는 데 있어서, 상기  $H_2/Ar$  전체 부피에서  $H_2$ 가 1% 내지 4% 차지하는 강의 제조 방법.

## 청구항 7

청구항 4에 있어서,

상기 혼합 가스의 습도를 조절하는 과정을 포함하는 강의 제조 방법.

## 청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 혼합 가스의 습도  $pH_2/(pH_2O+pH_2)$ 가 0.7 내지 0.85인 강의 제조 방법.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 강의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 결함 발생을 억제할 수 있는 강의 제조 방법에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 제강 조업은 통상적으로 용선 예비 정련, 전로 정련, 노외 정련 및 주조 공정으로 이루어진다. 용선 예비 정련 단계에서는 용선에 탈황제를 투입하여 용선에 함유된 황을 황화합물(CaS, MgS, NaS 등)의 형태로 제거하며, 전로 정련에서는 산소( $O_2$ )를 취입하여 용선에 함유되어 있는 인(P), 탄소(C), 규소(Si), 망간(Mn) 등을 제거한다. 이때, 용선에 함유되어 있는 탄소(C)는 취입되는 산소와 반응함으로써, 일산화탄소(CO)로 산화되어, 가스 상태로 제거되고, 인(P)은 산소와 반응하여 복합 화합물( $P_2O_5$ )로 형성되어 슬래그로 제거된다.

[0003] 한편, 용선에 산소를 취입하여 인 및 탄소 성분을 제거하는 동안, 용강 중의 산소 농도가 급격히 증가하게 되며, 높은 산소 농도는 제품의 특성을 저하시키는 요인이 된다. 이에, 종래에는 용강에 탈산제를 투입하여 산소를 제거하는 탈산 조업이 필수적으로 이루어진다. 즉, 용선 내에 알루미늄(Al), 규소(Si) 및 티탄(Ti) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 탈산제를 장입하면, 알루미늄( $Al_2O_3$ ), 실리카( $SiO_2$ ), 산화티탄( $TiO_2$ ) 등과 같은 탈산 개재물이 생성된다. 이때,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ 와 같은 탈산 개재물은 주변에 핀홀(pin hole), 피팅(pitting) 등과 같은 결함을 유발시키는 요인이 된다.

[0004] 이러한 결함 발생을 억제하기 위하여 종래에는 정련 단계에서 탈산 순서 조정, 용강의 가스 버블링, 진공 환류, 슬래그 조성 제어, 칼슘(Ca) 투입 등과 같은 다양한 방법으로 탈산 개재물을 제어하는 하였다. 또한, 연주 공정에서는 재산화 방지 제어, 턴디쉬 유동 제어, 몰드 유동 제어, 몰드 플럭스 제어, 냉각 제어, 전자기 교반 등의 다양한 방법으로 탈산 개재물을 제어하는 하였다.

[0005] 하지만, 탈산 작업시 생성된 탈산 개재물로 인한 제품의 결함이 여전히 발생되고 있는 실정이다.

[0006] 한국 출원 제10-2009-0046043호에는 탈탄을 실행한 후 Si와 Mn을 소정의 양만큼 투입하여 탈산하는 과정을 포함하는 극저탄소 청정강의 정련방법이 개시되어 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국 출원 제10-2009-0046043호

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 일 기술적 과제는 결함 발생을 방지할 수 있는 강의 제조 방법을 제공하는 데 있다.
- [0009] 본 발명의 다른 일 기술적 과제는 제조 공정 및 시간을 단축할 수 있는 강의 제조 방법을 제공하는 데 있다.

### 과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명에 따른 강의 제조 방법은 용선을 마련하는 과정, 상기 용선에 산소를 취입하여 상기 용선을 정련하는 과정, 상기 용선을 응고시켜 고상 상태의 슬라브를 제조하는 과정, 상기 고상 상태의 슬라브를 탈탄하는 과정을 포함하고, 상기 용선에 산소를 취입하여 정련하는 과정에 있어서, 상기 용선 중 탄소의 농도가 1.5 중량% 내지 4 중량%일 때 산소 취입을 종료한다.
- [0011] 본 발명에 따른 강의 제조 방법은 용선을 마련하는 과정, 상기 용선에 산소를 취입하여 상기 용선을 정련하는 과정, 상기 용선을 응고시켜 고상 상태의 슬라브를 제조하는 과정, 상기 고상 상태의 슬라브를 탈탄하는 과정을 포함하고, 상기 고상 상태의 슬라브를 탈탄하는 데 있어서,  $H_2O$ 와  $H_2$ 를 함유하는 혼합 가스를 이용한다.
- [0012] 상기 슬라브를 제조하는 과정에 있어서, 스트립 캐스팅(strip casting) 방법을 이용하는 것이 바람직하다.
- [0013] 상기 고상 상태의 슬라브를 탈탄하는 과정은, 상기 슬라브가 안치되는 반응 튜브 내부를  $H_2/Ar$  분위기로 조성하는 과정 및 상기 반응 튜브 내부에  $H_2O$ 와  $H_2$ 가 혼합된 가스를 공급함으로써, 상기 슬라브와 반응시켜 탈탄하는 과정을 포함한다.
- [0014] 상기 반응 튜브 내부를 1200K 내지 1300K의 온도로 가열하는 과정을 포함한다.
- [0015] 상기 반응 튜브 내부를  $H_2/Ar$  분위기로 조성하는 데 있어서, 상기  $H_2/Ar$  전체 부피에서  $H_2$ 가 1% 내지 4% 차지한다.
- [0016] 상기 혼합 가스의 습도를 조절하는 과정을 포함한다.
- [0017] 상기 혼합 가스의 습도  $p_{H_2}/(p_{H_2O}+p_{H_2})$ 가 0.7 내지 0.85인 것이 바람직하다.

### 발명의 효과

- [0018] 본 발명의 실시형태들에 의하면, 탈황 및 전로 정련 조업 이후에 용강 중의 산소 함유량이 종래의 전로 정련을 통해 제조한 용강에 비해 매우 낮으며, 최소한으로 존재한다. 이에 종래에서와 같이 별도의 탈산 과정이 필요 없으며, 탈산제와 산소 간의 반응으로 인한 탈산 개재물이 생성되지 않는다. 따라서, 탈산 개재물에 의한 결함 발생을 방지할 수 있어, 제품의 품질을 향상시킬 수 있다. 또한, 고가의 탈산제를 사용하지 않아도 되므로, 저원가 조업이 가능하며, 탈산 조업이 생략됨에 따라 전체 정련 조업 시간이 단축되는 효과가 있다.
- [0019] 그리고, 고상 탈탄 방법으로 탄소(C)의 함량을 조절함에 따라, 제조하고자 하는 제품의 탄소 농도의 변경이 용이한 장점이 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 슬라브(Slab)의 제조 방법을 순서적으로 나타낸 흐름도
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 고상 탈탄 방법에 이용되는 고상 탈탄 장치의 요부를 도시한 단면도

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다.
- [0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 슬라브(Slab)의 제조 방법을 순서적으로 나타낸 흐름도이다. 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 고상 탈탄 방법에 이용되는 고상 탈탄 장치의 요부를 도시한 단면도이다.
- [0023] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 강의 제조 방법은 용선 탈황 처리 단계(S100), 용선에 함유된 인(P), 탄소(C), 규소(Si), 망간(Mn) 등을 제거하고, 제품에 요구되어지는 성분을 조절하는 정련 단계(S200), 정련된 용선을 주조하여 고상 상태의 슬라브(slab)로 제조하는 주조(Casting) 단계(S300), 고상 상태의 슬라브를

탈탄하는 고상 탈탄 단계(S400)로 이루어진다.

- [0024] 용선 탈황 처리 단계(S100)는 메인 정련 단계(S200) 이전에 실시되는 용선 예비 처리 단계로서, 주로 용선 중 황(S)을 제거한다. 용선 중의 황(S)은 편석되기 쉽고 고온에서 취성을 유발시켜 인장율, 연신율 및 충격치를 감소시킨다. 이에, 용선 중의 황(S)의 함유량을 조절하여 용선의 청정화를 유도한다. 황(S)을 제거하는 조업은 예컨대, 기계적 교반(Kanvara Reactor; KR) 설비를 이용하여 실시될 수 있다. 즉, 용선에 CaO계 및 CaC<sub>2</sub>와 같은 탈황제를 투입한 후, 기계적 교반(Kanvara Reactor; KR) 설비의 임펠러(Impeller)를 용선에 침지시킨다. 그리고 임펠러를 일정한 속도로 회전시키면, 용선 중 황(S)과 탈황제가 반응하여 환원 반응에 의해 제거된다.
- [0025] 물론 용선 탈황 처리 단계(S100)는 상기에 서술한 탈황 방법에 한정되지 않고, 본격적인 정련 단계(2009 전에 용선을 처리하는 다양한 조업이 해당될 수 있다.
- [0026] 정련 단계(S200)는 용선 중에 함유된 인(P)을 제거하는 전로 탈린 단계(S210), 제품에 요구되어지는 성분을 조절하는 성분 조정 단계(S220)를 포함한다. 다른 말로 하면, 전로 탈린 단계(S200)는 용선 중 함유된 인(P)을 제거하는 1차 정련 단계이고, 성분 조정 단계(S200)는 용선 중 함유된 성분을 조절하여 제품에 요구되어지는 함량에 맞게 조절하는 2차 정련 단계이다. 전로 탈린 조업은 전로에서 이루어지며, 용선에 산소(O)를 취입하여 상기 산소와 인(P)을 아래의 [반응식 1]과 같이 반응시켜 상기 인(P)을 제거한다. 이때, 용선 중에 함유된 탄소(C), 규소(Si), 망간(Mn) 역시 아래의 [반응식 2] ~ [반응식 4]과 같이 취입되는 산소와 반응되어 제거된다. 즉, 전로 탈린 조업을 통해 인(P) 뿐만 아니라, 탄소(C), 규소(Si), 망간(Mn)의 농도가 조절된다.
- [0027] [반응식 1]:  $2[P] + 5/2 O_2 = P_2O_5$
- [0028] [반응식 2]:  $[C] + 1/2 O_2 = CO(g)$
- [0029] [반응식 3]:  $[Si] + O_2 = SiO_2$
- [0030] [반응식 4]:  $[Mn] + 1/2 O_2 = MnO$
- [0031] 실시예에 따른 전로 탈린 단계(S210)에서는 상술한 바와 같이 산소를 취입하여 탄소의 농도를 조절하되, 탄소(C)의 농도가 종래의 정련 방법에 비해 높은 상태에서 산소 취입 즉, 산소 취입을 종료한다. 즉, 용선에 산소를 취입하면서 정련을 진행하다가 탄소(C)의 농도가 1.5 중량% 내지 4 중량%가 될 때 산소의 취입을 종료한다. 이에, 전로 탈린 종료 시점에서 종점 탄소 농도는 1.5 중량% 내지 4 중량%이며, 이때 인(P)은 0.01 중량% 내지 0.05 중량%, 규소(Si)는 0.001 중량% 이하가 되도록 제거된다.
- [0032] 한편, 전로와 같이 대기압 하에서 처리되는 경우 탄소(C)과 산소(O)의 농도의 곱은 경험적으로 아래의 식 1과 같다.
- [0033]  $[C] * [O] = 18 \sim 24$  ----- (식 1)
- [0034] 이때 탄소(C)의 단위는 중량%(wt%)이며 산소(O)의 단위는 ppm이다. 따라서, 전로 탈린 종료 시점에 탄소(C)의 농도가 1.5 중량% 내지 4 중량%로 제어가 될 경우 상기 식1에 의하면 산소(O)의 농도가 12ppm 내지 16ppm 이하로 잔류하게 된다. 이 경우 종래의 공정과 다르게 금속 산화제(탈산제)의 투입을 통한 탈산 공정이 불필요하여, 탈산제로 인한 탈산 개재물이 생성되지 않고, 탈산 개재물에 의한 결함이 발생되지 않는다.
- [0035] 하지만, 전로 탈린 조업 시에 산소(O) 취입을 높게 조절하여 탄소(C)의 농도가 1.5 중량% 미만으로 제어되는 경우, 용선 중 산소의 농도가 높아 금속 산화제(탈산제)의 투입을 통한 탈산 공정이 불가피하며, 이로 인한 비금속 개재물 및 결함이 발생하는 문제가 있다. 반대로, 전로 탈린 조업 시에 산소(O)의 취입을 낮게 조절하여 탄소(C)의 농도가 4%를 초과하는 경우에는 제품에서 요구하는 인(P)의 농도로 제어하기가 곤란하게 되는 문제가 있다. 통상의 제품에서 요구되어지는 인(P)의 농도는 0.01 내지 0.03%이며, 인(P) 첨가강의 경우 통상적인 인(P) 요구 수준은 0.05% 인데, 이는 제품에서의 기계적 성질을 향상하기 위함이다.

- [0036] 성분 조정 단계(220)는 2차 정련 단계로서, 제조하고자 하는 슬라브 즉, 제품의 요구되어지는 성분을 제어한다. 예컨대, Al(알루미늄), 규소(Si), 망간(Mn) 및 Ti(티탄) 각각이 함유된 합금을 투입하여, 제조하고자 하는 슬라브의 성분을 조절한다. 즉, Al(알루미늄), 규소(Si), 망간(Mn) 및 Ti(티탄) 각각이 함유된 합금의 투입량을 조절하여, 예를 들어 0.55% 이하의 규소(Si), 1.8% 이하의 망간(Mn), 0.070% 이하의 Al(알루미늄), 나머지 Fe 및 기타 불가피하게 함유되는 불순물로 이루어진 탄소강을 제조한다. 여기서, 탄소(C)를 제외한 나머지 성분은 각 용도에 맞게 결정되는 조건이다. 탄소(C)의 농도는 이후 서술되는 고체 탈탄 단계(S400)에서 조절된다.
- [0037] 이와 같이 성분 조정 단계에서 Al(알루미늄), 규소(Si), 망간(Mn) 및 Ti(티탄) 등이 함유된 합금이 투입되더라도, 산소와 Al(알루미늄), 규소(Si) 및 망간(Mn), Ti(티탄) 간의 반응으로 인한 개재물 생성이 최소한으로 이루어지거나, 생성되지 않는다. 이는 전로 탈탄 단계에서 전로를 활용한 용선의 탈탄 조업을 통해 용선 중 산소의 농도가 최소한 즉, 12ppm 내지 16ppm 범위로 존재하기 때문이다. 따라서, 산소와 상기 Al(알루미늄), 규소(Si), 망간(Mn) 및 Ti(티탄) 간의 반응에 의한 비금속 개재물이 생성이 최소화되며, 상기 비금속 개재물로 인한 결함이 발생이 방지된다.
- [0038] 주조 단계(S300)는 정련이 종료된 용선을 응고시켜 주조함으로써 주편으로 제조하는데, 실시예에서는 스트립 캐스팅(strip casting; SC) 방법으로 주편을 제조한다. 하기에서는 일반적인 쌍롤형 박판주조장치(미도시)를 이용한 스트립 캐스팅(strip casting) 방법으로 주편을 제조하는 방법을 간략히 설명한다. 이때, 쌍롤형 박판주조장치는 당 업계에서 통상적으로 사용하는 주조장치이므로, 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0039] 정련이 종료된 용선(이하, 용강)을 턴디쉬(미도시)에 장입한 후, 턴디쉬에 수용되어 있는 용강을 노즐을 통해 한 쌍의 롤의 측면에 부착된 에지댐으로 형성되는 공간에 공급하여 용강풀이 형성되게 한다. 그리고 한 쌍의 롤을 서로 반대 방향으로 회전시키면, 용강과 한 쌍의 롤 사이에서 접촉된다. 이때 용강의 열이 한 쌍의 롤 내부로 전달되어 급속 응고됨에 따라 주편이 제조된다. 이후, 압연 장치(미도시)를 이용하여 주조된 주편을 압연하여 슬라브(slab)를 제조한다.
- [0040] 상기에서는 스트립 캐스팅 방법으로 주편을 제조하는 것을 설명하였으나, 일반적인 캐스팅(conventional casting; CC)에 의해 주조될 수도 있다.
- [0041] 고상 탈탄 단계(S400)에서는 수소( $H_2$ ) 분위기에서 고상 상태인 슬라브를 직접 탈탄하는 것으로, 별도의 고상 탈탄 장치를 이용한다.
- [0042] 도 2를 참조하면, 실시예에 따른 고상 탈탄 장치는 내부 공간을 가지며 폭 방향으로 연장된 몸체(110), 고상 탈탄 반응 공간을 가지며 폭 방향으로 연장 형성되어 몸체(110) 내부에 설치되는 반응 튜브(120), 반응 튜브(120) 내에 설치되며 그 상부에 고상 상태의 시편 즉, 슬라브(S)가 안착되는 보트(130), 반응 튜브(120) 내부를 가열하는 가열 수단(미도시), 적어도 일부가 반응 튜브(120) 내부로 삽입 설치되어 슬라브(S)에 탈탄용 원료를 분사하는 인젝터(140), 반응 튜브(120) 내부를 반응에 용이한 분위기로 조성하는 원료를 공급하는 원료 공급부(170), 일단이 원료 공급부(170)에 연결되고 타단이 인젝터(140)에 연결된 공급관(150) 및 일단이 반응 튜브(120) 내부와 연통되도록 연결되고 타단이 반응 튜브(120)의 외측에 위치하도록 설치되며, 공급관(150)과 대향 위치하는 배출관(160)을 포함한다. 또한, 반응 튜브(120) 내부의 온도를 감지하는 온도 감지기 예컨대, 서모커플(thermo couple)을 포함한다.
- [0043] 여기서, 원료 공급부(170)는 반응 튜브(120) 내부를 반응에 필요한 분위기로 조성하는 분위기 원료 저장부(171), 탈탄을 위한 제 1 원료 및 제 2 원료 각각이 저장된 제 1 및 제 2 탈탄 원료 저장부(172a, 172b), 물이 저장된 수조(173), 일단이 공급관(150)에 연결되고 타단이 분위기 원료 저장부(171), 제 1 및 제 2 탈탄 원료 저장부(172a, 172b) 각각에 각기 연결된 복수의 파이프들(P1 내지 P5)을 포함한다. 예컨대, 파이프들(P1 내지 P5)은 일단이 수조에 연결되고 타단이 공급관에 연결된 제 1 파이프(P1) 일단이 분위기 원료 저장부(171)에 연결되고 타단이 제 1 파이프(P1)에 연결된 제 2 파이프(P5), 일단이 제 1 탈탄 원료 저장부(172a)에 연결되고 타단이 제 2 파이프(P5)에 연결된 제 3 파이프(P3), 일단이 제 2 탈탄 원료 저장부(172b)에 연결되고 타단이 제 2 파이프(P5)에 연결된 제 4 파이프(P4), 일단이 수조에 연결되고 타단이 제 2 파이프(P5)에 연결된 제 5 파이프(P5)로 이루어질 수 있다. 그리고 제 1 내지 제 5 파이프(P1 내지 P5) 각각에는 밸브가 설치된다. 그리고 실시예에 따른 고상 탈탄 단계에서는 반응 튜브(120) 내부를  $H_2$ /Ar 분위기로 조성한 후,  $H_2O$ 와  $H_2$ 가 혼합된 가스(이하, 혼합 가스)를 이용하여 탄소(C)를 제거한다.
- [0044] 분위기 원료 저장부(171)에는 Ar과  $H_2$  가스가 혼합되어 저장되고, 제 1 탈탄 원료 저장부(172a)에는  $H_2$ 가 제 2



탈탄 원료 저장부(172b)에는 Ar이 저장된다.

[0045] 하기에서는 도 2를 참조하여, 고상 탈탄 방법을 설명한다.

[0046] 먼저, 제조된 고상 상태의 슬라브(S)를 반응 튜브(120) 내부에 설치된 보트(130) 상에 안착시킨다. 이후, 가열 수단을 이용하여 반응 튜브(120) 내부를 1200K 내지 1300K의 온도로 가열한다. 예컨대, 반응 튜브(120) 내부의 온도가 1200K 온도 미만이거나, 1300K를 초과하는 경우, 슬라브(S)에 페라이트(ferrite) 상이 생성되거나, 액상이 생성될 수 있다. 따라서, 본 실시예에서는 반응 튜브(120) 내부의 온도가 1200K 내지 1300K가 되도록 한다. 또한, 반응 튜브(120) 내부를 H<sub>2</sub> 가스와 Ar 가스가 혼합된 분위기(H<sub>2</sub>/Ar 분위기)로 조성하는데, 이는 반응 튜브(120)의 내부 또는 Ar 내에 존재하는 산소나 수분에 의해 슬라브(S)가 산화되는 것을 방지하기 위함이다. 이때, H<sub>2</sub>/Ar 전체의 부피에서 H<sub>2</sub>가 1% 내지 4%가 되도록 분위기를 조성하는 것이 바람직하다.

[0047] 예컨대, H<sub>2</sub>/Ar 전체의 부피에서 H<sub>2</sub>가 차지하는 비율이 1% 미만인 경우, 제품 즉, 슬라브(S)의 산화가 발생되며, 4%를 초과하는 경우 폭발 등과 같은 안전상의 문제가 발생할 수 있다. 이에, 실시예에서는 H<sub>2</sub>/Ar 전체의 부피에서 H<sub>2</sub>가 1% 내지 4%가 되도록 분위기를 조성하여, 슬라브(S)의 산화를 방지한다.

[0048] 반응 튜브(120) 내부가 H<sub>2</sub>/Ar 분위기로 조성되면, 수조(173)에 수용된 H<sub>2</sub>O와 제 1 탈탄 원료 저장부(172a)에 저장된 H<sub>2</sub>를 인젝터로 공급한다. 여기서, H<sub>2</sub>O는 수조(173) 내에서 가스 상태로 되거나, 인젝터(140)를 통과하면서 가스 상태가 될 수 있으며, 가스 또는 스팀(steam) 상태의 H<sub>2</sub>O와 H<sub>2</sub>가 인젝터 내부에서 혼합된다. 따라서, 인젝터(140)로부터 H<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O가 혼합된 혼합 가스가 슬라브(S)를 향해 분사되어, 반응 튜브(120) 내부가 H<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O가 혼합된 혼합 가스로 치환된다. 이때, 공급되는 혼합 가스의 습도 즉, pH<sub>2</sub>/(pH<sub>2</sub>O+pH<sub>2</sub>)를 조절하여 슬라브(S)의 산화를 방지할 필요가 있다. 실시예에서는 pH<sub>2</sub>/(pH<sub>2</sub>O+pH<sub>2</sub>)가 0.7 내지 0.85가 되도록 조절하여 슬라브의 산화를 방지한다.

[0049] 예를 들어, pH<sub>2</sub>/(pH<sub>2</sub>O+pH<sub>2</sub>)가 0.7 미만이면 탄소(C) 이외에도 Fe(철)까지 산화가 일어나게 되는 문제가 발생된다. 반대로 pH<sub>2</sub>/(pH<sub>2</sub>O+pH<sub>2</sub>)가 0.85를 초과하면 탈탄 반응이 일어나지 않게 되는 문제가 있다. 따라서, 실시예에서는 pH<sub>2</sub>/(pH<sub>2</sub>O+pH<sub>2</sub>)가 0.7 내지 0.85 되도록 조절하여 슬라브의 산화를 방지한다.

[0050] 이와 같이 H<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O가 혼합된 혼합 가스를 반응 튜브 내에 분사하면, H<sub>2</sub>O로부터 산소(O)가 분리되고, 아래 반응식 5에서와 같이 산소(O)가 슬라브의 탄소(C)와 반응함에 따라 가스 상태의 일산화탄소(CO)로 제거된다.

[0051] [반응식 5]  $H_2O + C \rightarrow CO + H_2$

[0052] 이때, 혼합 가스의 공급량 또는 탈탄 조업 시간을 제어함에 따라 탄소(C) 성분의 농도를 조절할 수 있으며, 이로 인해 원하는 탄소(C)의 농도를 가지는 슬라브를 제조할 수 있다.

[0053] 하기에서는 도 1 및 도 2를 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 강의 제조 방법을 이용하여 탄소강을 제조하는 방법을 설명한다.

[0054] 먼저 중량%로 C: 4.5% ~ 5%, Si: 0.1% ~ 2%, Mn: 0.10% ~ 1.0%, P: 0.05 ~ 1%, S: 0.01 ~ 0.2, 잔부 Fe 및 불가피한 불순물로 조성되는 용선을 마련한다.

[0055] 이후, 용선의 예비 처리 즉, 탈황 처리를 실시한다(S100). 이를 위해, 용선에 CaO계 및 CaC<sub>2</sub>와 같은 탈황제를 투입한 후, 임펠러(impeller)를 용선에 침지시켜 일정한 속도로 회전한다. 이에, 용선중 황(S)과 탈황제가 반응함에 따라, 상기 황(S)이 환원 반응에 의해 제거된다.

[0056] 탈황 처리가 종료되면, 용선을 전로에 장입하여 전로 탈린을 실시한다(S210). 전로 탈린 조업에서는 전로 내로 장입된 용선에 산소를 취입함으로써, 상기 산소와 인(P)을 아래의 [반응식 1]과 같이 반응시켜 인(P)을 제거한다. 이때, 용선 중에 함유된 탄소(C), 규소(Si), 망간(Mn) 역시 [반응식 2] ~ [반응식 4]과 같이 취입되는 산소

와 반응되어 제거된다. 즉, 전로 탈린 조업 시에 인(P) 뿐만 아니라, 탄소(C), 규소(Si), 망간(Mn)도 산소(O)와 반응하여 제거된다. 본 실시예에서는 탄소(C)의 농도가 1.5 중량% 내지 4 중량%가 될 때 산소의 취입을 종료한다.

[0057] 이와 같이, 전로 탈린 조업 시에 탄소(C)의 농도가 1.5 중량% 내지 4 중량%가 될 때 산소의 취입을 종료함에 따라, 용선에는 12ppm 내지 16ppm의 최소한의 산소가 함유된다. 따라서, 종래에서와 같이 산소 취입을 거친 정련 단계 이후에 산소 농도를 감소시키기 위해 탈산제를 투입할 필요가 없으며, 이로 인해 탈산제로 인한 탈산 개재물이 생성되지 않으며, 탈산 개재물에 의한 결함 발생을 방지할 수 있다.

[0058] 이어서, 전로 탈린 조업이 종료된 용선을 성분 조정하여 제조하고자 하는 제품 즉, 슬라브의 조성이 되도록 제어한다(S220). 예컨대, Al(알루미늄), 규소(Si), 망간(Mn) 및 Ti(티탄) 각각이 함유된 합금을 투입하여, 제조하고자 하는 슬라브의 성분을 조절한다. 실시예에서는 각각의 합금의 투입량을 조절하여 0.55% 이하의 규소(Si), 1.8% 이하의 망간(Mn), 0.070% 이하의 Al(알루미늄), 나머지 철원(Fe) 및 기타 불가피하게 함유되는 불순물로 이루어진 탄소강을 제조한다. 여기서, 탄소(C)의 농도는 제조하고자 하는 탄소강에 따라 고상 탈탄 단계에서 조절된다.

[0059] 이때, 슬라브의 조성 조절을 위해, 상술한 바와 같이 Al(알루미늄), 규소(Si), 망간(Mn) 및 Ti(티탄) 등이 함유된 합금이 투입되더라도, 산소와 Al(알루미늄), 규소(Si), 망간(Mn) 및 Ti(티탄) 간의 반응으로 인한 개재물 생성이 최소한으로 이루어지거나 생성되지 않는다. 이는 전로 탈린 단계에서 전로를 활용한 용선 탈린 조업을 통해 용선 중 산소의 농도가 최소한 12ppm 내지 16ppm으로 적은 양으로 존재하기 때문이다.

[0060] 성분 조정이 종료된 용선은 스트립 캐스팅 방법으로 주편을 제조하고, 압연하여 슬라브를 제조한다(S300).

[0061] 그리고, 고상 상태의 슬라브를 탈탄 즉, 고상 탈탄한다(S400). 이를 위해 슬라브(S)를 도 2에 도시된 바와 같은 고상 탈탄 장치의 반응 튜브(120) 내에 장입한다. 이후, 반응 튜브 내부를 1200K 내지 1300K의 온도로 가열하고, 슬라브의 산화를 방지하기 위해 반응 튜브(120) 내부를  $H_2$  가스와 Ar 가스가 혼합된 분위기( $H_2$ /Ar 분위기)로 조성한다. 이때,  $H_2$ /Ar 전체의 부피에서  $H_2$ 가 1% 내지 4%가 되도록 하는데, 이는 슬라브(Slab)의 산화를 방지하기 위함이다. 다음으로, 인젝터를 이용하여 슬라브를 향해  $H_2O$ 와  $H_2$ 가 혼합된 혼합 가스를 분사하여, 반응 튜브(120) 내를 상기 혼합 가스로 치환한다. 이때, 공급되는 혼합 가스의 습도 즉,  $pH_2/(pH_{20}+pH_2)$ 가 0.7 내지 0.85가 되도록 조절하여, 슬라브의 산화를 방지한다. 이와 같이 반응 튜브(120) 내로 혼합 가스가 공급되면, 상술한 반응식 5에서와 같이  $H_2O$ 로부터 분리된 산소가 슬라브의 탄소(C)와 반응함에 따라 가스 상태의 일산화탄소(CO)로 제거된다.

[0062] 여기서, 고상 탈탄 공정 조건 예컨대, 혼합 가스의 공급량 또는 탈탄 조업 시간 등을 제어함에 따라 탄소(C) 성분의 농도를 조절할 수 있다. 즉, 고체 탈탄 공정을 통해 탄소(C)의 농도를 다양한 범위로 변경하여, 다양한 탄소강을 제조할 수 있다. 예컨대, 중량%로 탄소 함유량이 0.02%~0.25%인 저탄소강, 탄소 함유량이 0.25%~0.55%인 중탄소강, 0.55%~1.5%인 고탄소강 혹은 그 이상의 탄소(C) 성분을 함유한 용선을 활용한 박물을 제조할 수 있다.

[0063] 상기에서는 실시예에 따른 슬라브 제조 방법으로 탄소강을 제조하였으나, 이에 한정되지 않고, 탈산 조업을 요하는 다양한 조업에 적용될 수 있다.

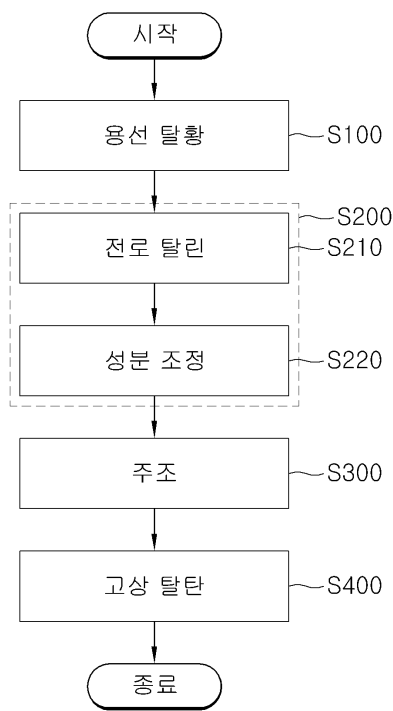
## 부호의 설명

[0064] S: 슬라브  
120: 반응 튜브  
140: 인젝터

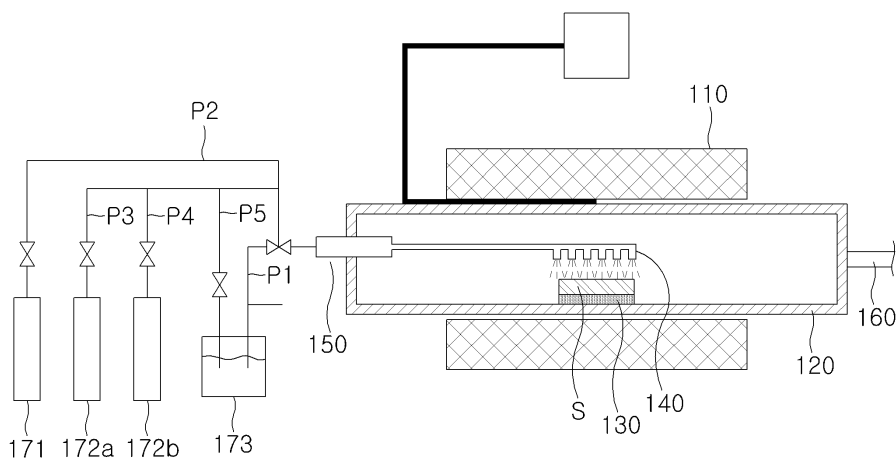


도면

도면1



도면2



170 : 171,172a,172b,173,  
P1, P2, P3, P4, P5