



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0056713
(43) 공개일자 2014년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22D 11/16 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0121979

(22) 출원일자 2012년10월31일

심사청구일자 2012년12월27일

(71) 출원인

현대제철 주식회사

인천광역시 동구 중봉대로 63 (송현동)

(72) 발명자

양정승

충남 아산시 문화로 257-24, 202동 1401호 (권곡동, 아산충무서해그랑블아파트)

안재환

충남 당진시 무수동옛길 99, 107동 1203호 (읍내동, 남산공원휴먼빌아파트)

장철호

충남 당진군 당진읍 원당리 한라비발리아파트 104-1804호

(74) 대리인

나동규

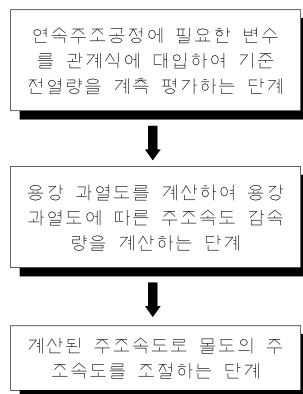
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 몰드 직하 응고두께 제어방법

(57) 요약

본 발명은 연속주조시의 용강 과열도를 계측 평가하여 이를 통해 주조속도를 변경하여 용강이 응고되어 주변의 응고 두께를 일정하게 하는 몰드 직하 응고두께 제어방법에 관한 것으로서, 연속주조공정에서 주조에 따른 변수를 관계식에 대입하여 주변 전열량을 계측 평가하는 단계와, 상기 계산된 주변 전열량을 통해 몰드를 냉각시키는 유출입 냉각수의 온도차에 따른 용강 과열도를 계산하고, 상기 계산된 용강 과열도에 따른 주조속도 감속량을 계산하는 단계와, 상기 계산된 주조속도 감속량으로 몰드의 주조속도를 조절하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

연속주조공정에서 주조에 따른 변수를 관계식에 대입하여 주편 전열량을 계측 평가하는 단계;

상기 계산된 주편 전열량을 통해 몰드를 냉각시키는 유출입 냉각수의 온도차에 따른 용강 과열도를 계산하고, 상기 계산된 용강 과열도에 따른 주조속도 감속량을 계산하는 단계; 및

상기 계산된 주조속도 감속량으로 몰드의 주조속도를 조절하는 단계;를 포함하는 몰드 직하 응고두께 제어방법.

관계식

$$\text{주편 전열량} = \frac{Q * \Delta T / A}{v} * L$$

여기서, v는 주조속도이고, Q는 몰드를 냉각시키는 냉각수량이며, ΔT는 몰드를 냉각시키는 유출입 냉각수의 온도차(유출 - 유입)이고, A는 주편/몰드의 접촉면적이며, L은 주편/몰드의 접촉길이를 나타냄.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 주조속도 감속량을 계산하는 단계는 상기 몰드를 냉각시키는 유출입 냉각수의 온도차와 주편 전열량을 대비하여 상기 용강 과열도를 계산하는 몰드 직하 응고두께 제어방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 용강 과열도가 10℃ 상승되면 주조속도를 0.03m/min 감속시키는 몰드 직하 응고두께 제어방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 몰드 직하 응고두께 제어방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 연속주조시의 용강 과열도를 계측 평가하여 이를 통해 주조속도를 변경하는 몰드 직하 응고두께 제어방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로, 연속주조기는 제강로에서 생산되어 래들(Ladle)로 이송된 용강을 턴디쉬(Tundish)에 받았다가 연속주조기용 몰드로 공급하여 일정한 크기의 주편을 생산하는 설비이다.

[0003] 연속주조기는 용강을 저장하는 래들과, 턴디쉬 및 상기 턴디쉬에서 출강되는 용강을 최초 냉각시켜 소정의 형상을 가지는 연주주편으로 형성하는 연주용 몰드와, 상기 몰드에 연결되어 몰드에서 형성된 연주주편을 이동시키는 다수의 핀치롤을 포함한다.

[0004] 다시 말해서, 상기 래들과 턴디쉬에서 출강된 용강은 몰드에서 소정의 폭과 두께 및 형상을 가지는 연주주편으로 형성되어 핀치롤을 통해 이송되고, 핀치롤을 통해 이송된 연주주편은 절단기에 의해 절단되어 소정 형상을 갖는 슬라브(Slab) 또는 블룸(Bloom), 빌렛(Billet) 등의 주편으로 제조된다.

[0005] 관련 선행기술로는 한국공개특허공보 제2011-0000392호 (공개일: 2011년 01월 03일, 명칭: 연속 주조의 주조 속도 제어 방법)가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 연속주조시의 용강 과열도를 계측 평가하여 이를 통해 주조속도를 변경하여 용강이 응고되어 주편의 응고 두께를 일정하게 하는 몰드 직하 응고두께 제어방법을 제공하는 것이다.
- [0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않는다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 몰드 직하 응고두께 제어방법은, 연속주조공정에서 주조에 따른 변수를 관계식에 대입하여 주편 전열량을 계측 평가하는 단계와, 상기 계산된 주편 전열량을 통해 몰드를 냉각시키는 유출입 냉각수의 온도차에 따른 용강 과열도를 계산하고, 상기 계산된 용강 과열도에 따른 주조속도 감속량을 계산하는 단계와, 상기 계산된 주조속도 감속량으로 몰드의 주조속도를 조절하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0009] 관계식

$$\text{주편 기준 전열량} = \frac{Q * \Delta T / A}{v} * L$$

- [0010]
- [0011] 여기서, v는 주조속도이고, Q는 몰드를 냉각시키는 냉각수량이며, ΔT는 몰드를 냉각시키는 유출입 냉각수의 온도차(유출 - 유입)이고, A는 주편/몰드의 접촉면적이며, L은 주편/몰드의 접촉길이를 나타냄.
- [0012] 상기 주조속도 감속량을 계산하는 단계는 상기 몰드를 냉각시키는 유출입 냉각수의 온도차와 주편 전열량을 대비하여 상기 용강 과열도를 계산할 수 있다.
- [0013] 상기 용강 과열도가 10℃ 상승되면 주조속도를 0.03m/min 감속시킬 수 있다.

발명의 효과

- [0014] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은, 연속주조시의 용강 과열도를 계측 평가하여 이를 통해 주조속도를 변경하므로, 용강이 응고되는 주편의 두께를 일정하게 유지시킬 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 실시예와 관련된 연속주조기를 용강 흐름을 중심으로 나타낸 개념도이다.
- 도 2는 도 1의 몰드 및 그와 인접한 부분에서의 용강의 분포 형태를 보인 개념도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 의한 연속주조 시 몰드 출구에서 형성되는 응고셀의 두께 예측방법을 개략적으로 나타낸 순서도이다.
- 도 4는 몰드에서 주조속도와 몰드 전열량을 임의의 값으로 하여 수치해석한 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다. 도면들 중 동일한 구성요소들은 가능한 어느 곳에서든지 동일한 부호로 표시한다. 또한 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0017] 도 1은 본 발명의 실시예와 관련된 연속주조기를 용강의 흐름을 중심으로 나타낸 개념도이다.
- [0018] 연속주조(continuous casting)는 용융금속을 바닥이 없는 몰드(Mold)에서 응고시키면서 연속적으로 주편 또는

강괴(steel ingot)를 뽑아내는 주조법이다. 연속주조는 정사각형, 직사각형 또는 원형 등 단순한 단면형의 긴 제품과 주로 압연용 소재인 슬라브, 블룸 또는 빌릿을 제조하는 데 이용된다.

- [0019] 연속주조기는 래들(10)과 턴디쉬(20), 몰드(30), 2차냉각대(60 및 65), 및 핀치롤(70)을 포함할 수 있다.
- [0020] 턴디쉬(Tundish, 20)는 래들(Ladle, 10)로부터 용융금속을 받아 몰드(Mold, 30)로 용융금속을 공급하는 용기이다. 래들(10)은 한 쌍으로 구비되어, 교대로 용강을 받아서 턴디쉬(20)에 공급하게 된다. 턴디쉬(20)에서는 몰드(30)로 흘러드는 용융금속의 공급 속도조절, 각 몰드(30)로 용융금속 분배, 용융금속의 저장, 슬래그 및 비금속 개재물(介在物)의 분리 등이 이루어진다.
- [0021] 몰드(30)는 통상적으로 수냉식 구리제이며, 수냉된 용강이 1차 냉각되게 한다. 몰드(30)는 구조적으로 마주보는 한 쌍의 면들이 개구된 형태로서 용강이 수용되는 중공부를 형성한다. 슬라브를 제조하는 경우에, 몰드(30)는 한 쌍의 장벽과, 장벽들을 연결하는 한 쌍의 단벽을 포함한다. 여기서, 단벽은 장벽보다 작은 넓이를 가지게 된다. 몰드(30)의 벽들, 주로는 단벽들은 서로에 대하여 멀어지거나 가까워지도록 회전되어 일정 수준의 테이퍼(Taper)를 가질 수 있다.
- [0022] 몰드(30)는 몰드에서 뽑아낸 연주주편이 일정 모양을 유지하고, 아직 응고가 덜 된 용융금속이 유출되지 않게 강한 응고각(凝固殼) 또는 응고셸(Solidified Shell, 81)이 형성되도록 하는 역할을 한다. 수냉 구조에는 구리관을 이용하는 방식, 구리블록에 수냉홈을 뚫는 방식, 수냉홈이 있는 구리관을 조립하는 방식 등이 있다.
- [0023] 몰드(30)는 용강이 몰드의 벽면에 붙는 것을 방지하기 위하여 오실레이션(oscillation, 왕복운동)되며, 오실레이션시 몰드(30)와 응고셸(81)과의 마찰을 줄이고 타는 것을 방지하기 위해 파우더(Powder)와 같은 윤활제가 이용된다. 파우더는 몰드 내의 용융금속에 첨가되어 슬래그가 되며, 몰드(30)와 응고셸의 윤활뿐만 아니라 몰드 내 용융금속의 산화·질화 방지와 보온, 용융금속의 표면에 떠오른 비금속 개재물의 흡수의 기능도 수행한다.
- [0024] 2차 냉각대(60 및 65)는 몰드(30)에서 1차로 냉각된 용강을 추가로 냉각한다. 1차 냉각된 용강은 지지롤(60)에 의해 응고각이 변형되지 않도록 유지되면서, 물을 분사하는 스프레이수단(65)에 의해 직접 냉각된다. 연주주편의 응고는 대부분 상기 2차 냉각에 의해 이루어진다.
- [0025] 인발장치(引拔裝置)는 연주주편이 미끄러지지 않게 뽑아내도록 몇 조의 핀치롤(미 도시됨)들을 이용하는 멀티드라이브방식 등을 채용하고 있다. 핀치롤은 용강의 응고된 선단부를 주조 방향으로 잡아당김으로써, 몰드(30)를 통과한 용강이 주조방향으로 연속적으로 이동할 수 있게 한다.
- [0026] 연속적으로 생산되는 연주주편은 소정의 절단기(미 도시됨)에 의해 일정한 크기로 절단된다.
- [0027] 즉, 용강(M)은 래들(10)에 수용된 상태에서 턴디쉬(20)로 유동하게 된다. 이러한 유동을 위하여, 래들(10)에는 턴디쉬(20)를 향해 연장하는 슈라우드노즐(Shroud nozzle, 15)이 설치된다. 슈라우드노즐(15)은 용강(M)이 공기 에 노출되어 산화·질화되지 않도록 턴디쉬(20) 내의 용강에 잠기도록 연장한다.
- [0028] 턴디쉬(20) 내의 용강(M)은 몰드 내로 연장하는 침지노즐(Submerged Entry Nozzle, 25)에 의해 몰드 내로 유동하게 된다. 침지노즐(25)은 몰드(30)의 중앙에 배치되어, 침지노즐(25)의 양 토출구에서 토출되는 용강(M)의 유동이 대칭을 이룰 수 있도록 한다. 침지노즐(25)을 통한 용강(M)의 토출의 시작, 토출 속도, 및 중단은 침지노즐(25)에 대응하여 턴디쉬(20)에 설치되는 스톱퍼(Stopper, 21)에 의해 결정된다. 구체적으로, 스톱퍼(21)는 침지노즐(25)의 입구를 개폐하도록 침지노즐(25)과 동일한 라인을 따라 수직 이동될 수 있다.
- [0029] 몰드 내의 용강(M)은 몰드(30)를 이루는 벽면에 접한 부분부터 응고하기 시작한다. 이는 용강(M)의 중심보다는 주변부가 수냉되는 몰드(30)에 의해 열을 잃기 쉽기 때문이다. 주변부가 먼저 응고되는 방식에 의해, 연주주편(80)의 주조 방향을 따른 뒷부분은 미응고 용강(82)이 응고셸(81)에 감싸여진 형태를 이루게 된다.
- [0030] 핀치롤(70)이 완전히 응고된 연주주편(80)의 선단부(83)를 잡아당김에 따라, 미응고 용강(82)은 응고셸(81)과 함께 주조 방향으로 이동하게 된다. 미응고 용강(82)은 위 이동 과정에서 냉각수를 분사하는 스프레이수단(65)에 의해 냉각된다. 이는 연주주편(80)에서 미응고 용강(82)이 차지하는 두께가 점차로 작아지게 한다. 연주주편(80)이 일 지점(85)에 이르면, 연주주편(80)은 전체 두께가 응고셸(81)로 채워지게 된다. 응고가 완료된 연주주편(80)은 절단 지점(91)에서 일정 크기로 절단되어 슬라브 등과 같은 주편(P)으로 나누어진다.
- [0031] 몰드(30) 및 그와 인접한 부분에서의 용강(M)의 형태에 대해서는 도 2를 참조하여 설명한다. 도 2는 도 1의 몰드(30) 및 그와 인접한 부분에서의 용강(M)의 분포 형태를 보인 개념도이다.
- [0032] 도 2를 참조하면, 침지노즐(25)의 단부 측에는 통상적으로 도면상 좌우에 한 쌍의 토출구(25a)들이 형성된다.

몰드(30) 및 침지노즐(25) 등의 형태는 중심선(C)을 기준으로 대칭되는 것으로 가정하여, 본 도면에서는 좌측만을 표시한다.

[0033] 토출구(25a)에서 아르곤(Ar) 가스와 함께 토출되는 용강(M)은 화살표(A1, A2)로 표시된 바와 같이 상측을 향한 방향(A1)과 하측을 향한 방향(A2)으로 유동하는 궤적을 그리게 된다.

[0034] 몰드(30) 내부의 상부에는 파우더 공급기(50)로부터 공급된 파우더에 의해 파우더층(51)이 형성된다. 파우더층(51)은 파우더가 공급된 형태대로 존재하는 층과 용강(M)의 열에 의해 소결된 층(소결층이 미응고 용강(82)에 더 가깝게 형성됨)을 포함할 수 있다. 파우더층(51)의 하측에는 파우더가 용강(M)에 의해 녹아서 형성된 슬래그 층 또는 액체 유동층(52)이 존재하게 된다. 액체 유동층(52)은 몰드(30) 내의 용강(M)의 온도를 유지하고 이물질의 침투를 차단한다. 파우더층(51)의 일부는 몰드(30)의 벽면에서 응고되어 윤활층(53)을 형성한다. 윤활층(53)은 응고셀(81)이 몰드(30)에 붙지 않도록 윤활하는 기능을 한다.

[0035] 응고셀(81)의 두께는 주조 방향을 따라 진행할수록 두꺼워진다. 응고셀(81)의 몰드(30) 내에 위치한 부분은 두께가 얇으며, 몰드(30)의 오실레이션에 따라 자국(oscillation mark, 87)이 형성되기도 한다. 응고셀(81)은 지지롤(60)에 의해 지지되며, 물을 분사하는 스프레이수단(65)에 의해 그 두께가 두꺼워진다. 응고셀(81)은 두꺼워지다가 일부분이 불룩하게 돌출하는 벌징(bulging) 영역(88)이 형성되기도 한다.

[0036] 도 3에 도시된 바와 같이 본 발명은 연속주조공정에서 주조되는 주편의 응고 두께를 일정하게 하기 위하여 연속주조공정에서 주조에 따른 변수를 관계식에 대입하여 주편 전열량을 계측 평가하는 단계와, 계산된 주편 전열량을 통해 몰드(30)를 냉각시키는 유출입 냉각수의 온도차(유출 - 유입)에 따른 용강 과열도를 계산하고, 계산된 용강 과열도에 따른 주조속도 감속량을 계산하는 단계와, 상기 계산된 주조속도 감속량으로 몰드(30)의 주조속도를 조절하는 단계를 통해 주편의 응고 두께를 일정하게 조절하게 된다.

[0037] 상기 주편의 응고두께를 일정하게 하여 제조하는 이유는 주편의 품질을 일정하게 유지시켜 제조하기 위해서이다.

[0038] 상기 주편 전열량을 계측 평가하는 단계는 연속주조공정에서 몰드(30)에서 토출되는 용강(M)이 응고되어 주편으로 형성되는데 이 과정에서 주편의 응고에 관련하여 설정되는 조건들이 변수로 설정되고, 이러한 변수를 관계식에 대입하여 주편 전열량을 계측 평가하게 된다.

[0039] 이때 사용되는 관계식은 다음과 같다.

[0040] 관계식

[0041]
$$\text{주편 전열량} = \frac{Q * \Delta T / A}{v} * L$$

[0042] 여기서, v는 주조속도[m/min]이고, Q는 몰드(30)를 냉각시키는 냉각수량[Nm³/hr]이며, ΔT는 몰드(30)를 냉각시키는 유출입 냉각수의 온도차[°C]이고, A는 주편/몰드(30)의 접촉면적[m²]이며, L은 주편/몰드(30)의 접촉길이[m]를 나타낸다.

[0043] 도 4에 도시된 바와 같이 상기 주편 전열량이 계측 평가되면 계측 평가된 주편 전열량과 냉각시키는 유출입 냉각수의 온도차를 통해 용강 과열도를 계산하게 된다. 그리고, 이렇게 계산된 상기 용강 과열도에 따른 주조속도 감속량을 계산하게 된다.

[0044] 이때, 상기 용강 과열도는 용강(M)이 응고되는 온도를 초과하는 온도를 말한다.

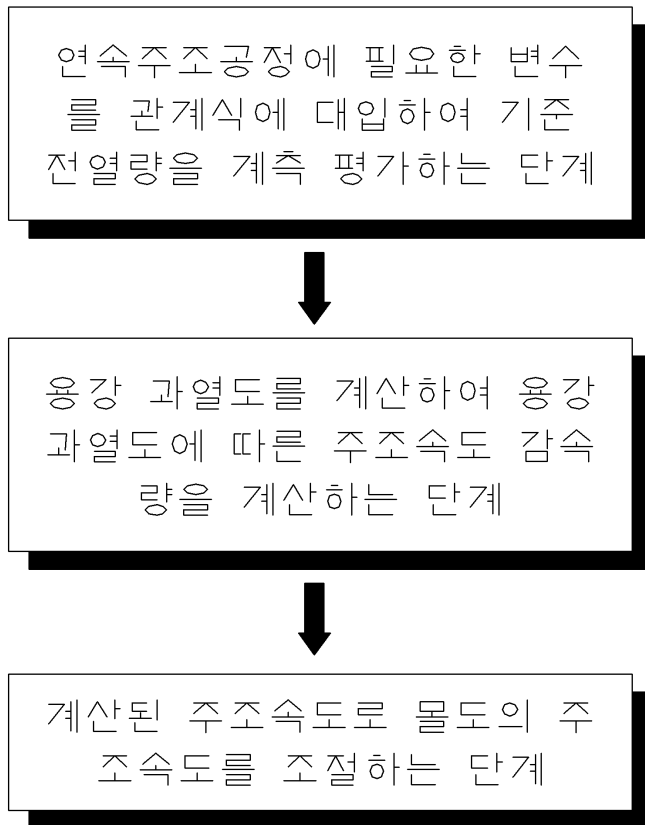
[0045] 여기서, 상기 용강 과열도에 따른 주조속도 감속량은 몰드(30)를 냉각시키는 유출입 냉각수의 온도차와 주편 전열량을 대비하여 용강 과열도를 계산하게 된다.

[0046] 이렇게 상기 주조속도 감속량이 용강 과열도에 따라 계산되면 이를 통해 몰드(30)에서 토출되는 용강(M)이 응고되어 형성되는 주편의 주조속도를 감속 또는 증가시켜 주편을 주조하게된다.

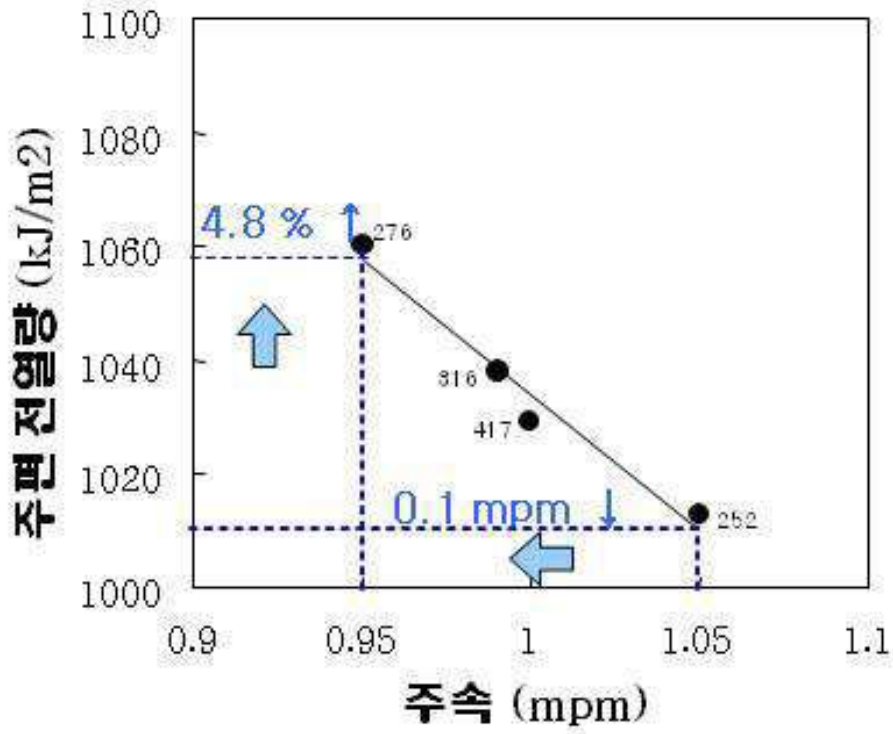
[0047] 이에 따라 상기 용강 과열도가 10°C 상승되면 주조속도를 0.03m/min 감속시켜 주조되는 주편의 두께를 일정하게 유지시키게 된다.

[0048] 상기 용강 과열도가 10°C 미만으로 상승될 때 주조속도를 감속시키게 되면 용강(M)의 온도가 높아 용강(M)이 응고되는 속도가 느려져 응고 두께가 얇아지게 될 수 있으며, 용강 과열도가 10°C를 초과하여 상승될때 주조속도

도면3



도면4



도면5

