



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0050188
(43) 공개일자 2009년05월20일

(51) Int. Cl.

B22D 11/12 (2006.01) B21B 45/00 (2006.01)
B22D 31/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0116489
(22) 출원일자 2007년11월15일
심사청구일자 2007년11월15일

(71) 출원인

재단법인 포항산업과학연구원
경북 포항시 남구 효자동 산-32번지

(72) 발명자

유기성
경북 포항시 남구 효자동 438-14 부자마을 502호
정희돈
경상북도 포항시 남구 지곡동 교수A 8/1103

(74) 대리인

홍성철

전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 연속주조설비의 슬라브 표면결함 제거방법

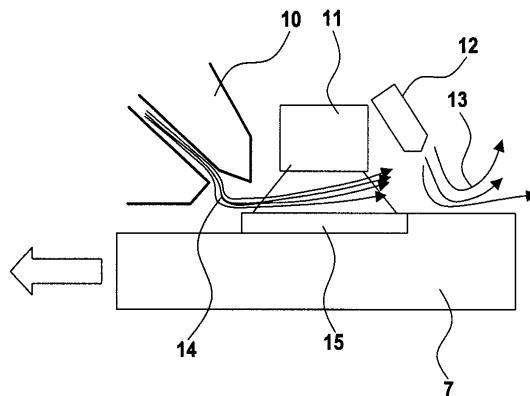
(57) 요약

본 발명은 연속 주조 설비에서 생산되는 슬라브의 표면결함을 제거하기 위한 방법에 관한 것으로서, 고주파 유도 가열에 의한 표피효과에 의해 슬라브 사면의 표면을 용융하는 단계와; 용융된 표면에 고압의 산소를 분사하여 용융철의 산화를 유발하는 단계와; 고압수로 산화된 용융철을 제거하는 단계로 이루어지는 연속주조 설비의 슬라브 표면결함제거 방법을 제공한다.

상기 슬라브 사면의 표면을 용융하는 단계는 표피효과 두께(δ)만큼 용융하는 것을 특징으로 한다.

이로서, 연속주조 라인과 열연라인을 연속공정으로 구성이 가능하고, 고온상태의 슬라브의 표면결함을 효율적으로 제거하며, 별도의 슬라브 정정 설비를 설치하지 않고 종래의 연속주조설비를 개량함으로써 2차적인 표면결함을 방지하고 비용면에서 경제적인 효과가 있다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

고주파 유도가열에 의한 표피효과에 의해 슬라브 사면의 표면을 용융하는 단계와;
 용융된 표면에 고압의 산소를 분사하여 용융철의 산화를 유발하는 단계와;
 고압수로 산화된 용융철을 제거하는 단계로 이루어지는 연속주조 설비의 슬라브 표면결함제거 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 슬라브 사면의 표면을 용융하는 단계는 아래식에 의한 표피효과 두께(δ)만큼 용융하는 것을 특징으로 하는 연속주조설비의 슬라브 표면결함제거방법.

(식)

$$\delta = 5.03 \sqrt{\text{비저항}/(\text{투자율} * \text{주파수})}$$

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

<1> 본 발명은 연속주조설비에서 생산되는 슬라브의 표면결함을 제거하기 위한 방법에 관한 것으로서, 연속주조설비 라인에서 슬라브를 절단 후 고온 상태의 슬라브를 고주파 유도가열장치에 의해 슬라브의 결함이 존재하는 표면만을 용융하고, 고압의 산소로 용융층을 고속으로 산화시켜 스카핑(scarfing)하면서 산화층을 고압수에 의해 제거하여 압연 공정에 바로 투입함으로써 압연공정의 가열로에서 슬라브의 재가열 열량을 대폭적으로 줄일 수 있는 방법에 관한 것이다.

배경기술

- <2> 연속주조 공정은 제강공정에서 생산된 용강을 주형(mold)에 주입하고 연속적으로 인발하여 냉각시켜 직접 소정의 반제품 슬라브를 제조하는 공정이다.
- <3> 일반적으로 연속 주조 설비에서 주조되는 슬라브(Slab)의 표면은 몰드 오실레이터에 의한 오실레이션 마크(Oscillation Mark) 및 연주설비 밴딩부에서의 표면 크랙(Crack), 몰드 파우더 등의 비금속 개재물이나 가스 등의 내부 개재물 등에 의해 결함이 발생한다. 이러한 슬라브 표면 결함은 압연 공정을 통해 제거되지 않기 때문에 열연 및 냉연 제품의 표면결함(표면 요철 및 줄무늬 흠 등)을 유발한다.
- <4> 이와 같은 문제에 대하여, EP 0488846 A1에서는 주조 후 슬라브를 야드장에 옮긴 후 LNG와 산소를 이용하여 표면을 깎아내어 표면결함을 제거하기도 하고, JP 10-314908 1998.12. 2 에서는 연속 주조 설비의 슬라브 절단 장치 앞에 플라즈마 토치(Plasma Torch) 및 회전형 암(Arm)을 이용하여 표면결함을 제거하는 방식을 제안하였다.
- <5> 그러나, 위와 같은 종래기술에서는 상온 혹은 500℃ 이하의 냉각된 슬라브(Slab)를 사용하기 때문에 표면결함을 제거하기 위한 별도의 공정이 필요하고, 냉각된 슬라브를 가열 재용해시 2차적인 표면결함을 유발할 위험이 있다.
- <6> 즉 일반적으로 종래에는, 도 1에 도시된 바와 같이, 연속주조설비에서 생산된 슬라브를 슬라브 정정공장(19)에서 표면결함을 제거하기 위하여 액화천연가스(LNG) 및 산소 등을 이용한 화염에 의해 표면을 깎아내고, 2차로 표면을 글라인더(Grinder)로 갈아내고, 마지막으로 사람에게 의해 육안검사를 하고 결함이 있는 부분은 핸드 스카핑 장비로 깎아낸다.
- <7> 그러나, 화염에 의한 스카핑시 화염의 역류로 인한 문제를 해결하기 위하여 슬라브 끝단에서 10~15cm 떨어진 부분부터 하게되어, 도 2와 같이 미 스카핑 영역(16)이 발생하고, 화염의 중심부는 많이 깎이고, 화염의 가장자리

는 적게 깎여서 스카핑 마크(17)가 발생하게 되어 2차 표면 결함의 원인이 되었다.

- <8> 또한, 기존 공정에서는 일부 사람에 의한 작업을 해야 하기 때문에 야드(yard)에서 상온까지 슬라브의 온도를 떨어뜨린 후 슬라브 정정 작업을 하게 되므로, 대규모의 슬라브 야드(18)가 필요하고 슬라브 정정공장(19)이 필요하게 되므로 막대한 비용이 소요된다는 문제가 있었다.
- <9> 또한, 슬라브는 스카핑(Scarfig) 후에 압연 공정에 투입하기 위해 가열로에서 다시 상온으로부터 재결정 온도까지 가열해야 하므로 막대한 열 에너지를 필요로 하게 되어 경제성이 떨어지는 단점을 가지고 있고, 슬라브의 온도를 상온까지 떨어뜨리는 데 걸리는 시간과 압연 공정의 가열로에서의 재가열 온도를 감안하면 연속주조설비에서 주조된 슬라브가 압연공정에 투입되기까지 소요되는 시간은 수일이 소요된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <10> 본 발명은 상기의 문제점들을 해결하기 위해서 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 기존의 연속주조설비 끝단에 고주파 유도가열 방식으로 슬라브의 표면만을 용융하고 고온의 산소 및 고압수로 산화층을 제거하는 시스템을 추가함으로써 고온상태의 슬라브의 표면결함을 효율적으로 제거하고 압연공정에서의 재가열량을 최소화하는 방법을 제공하는 것이다.
- <11> 또한, 연속주조설비 끝단에 연속라인으로 표면결함 제거 시스템을 설치함으로써 작업장의 공간을 최소화하여 작업 효율을 높이며, 별도의 슬라브 스카핑 설비를 설치하지 않고 종래의 설비를 개량함으로써 비용면에서 상당히 저렴한 표면결함 제거 혹은 스카핑 장치를 제공하는 것이다.
- <12> 본 발명의 다른 목적은 고온 상태의 슬라브 표면의 개재물이 고주파 유도가열에 의해 발생하는 힘(Electro/Magnetic Field에 의해 야기된 슬라브에 수직한 방향의 Electrostatic Force)에 의해 부상하는 효과를 제공함으로써 종래 기술보다 우수한 슬라브 표면 품질을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

- <13> 본 발명은 상기 목적을 달성하기 위해서, 고주파 유도가열에 의한 표피효과에 의해 슬라브 사면의 표면을 용융하는 단계와 용융된 표면에 고압의 산소를 분사하여 용융철의 산화를 유발하는 단계와 고압수로 산화된 용융철을 제거하는 단계로 이루어지는 연속주조 설비의 슬라브 표면결함제거 방법을 제공한다.
- <14> 특히, 상기 슬라브 사면의 표면을 용융하는 단계는 표피효과 두께(δ)만큼 용융하는 것을 특징으로 한다.

효과

- <15> 본 발명 연속주조 설비의 표면결함 제거방법을 제공함으로써 연속주조 라인과 열연라인을 연속공정으로 구성이 가능하고, 기존의 연속주조설비 끝단에 설치됨으로써 고주파 유도가열 방식으로 고온상태의 슬라브의 표면결함을 효율적으로 제거하며, 별도의 슬라브 정정 설비를 설치하지 않고 종래의 연속주조설비를 개량함으로써 비용면에서 경제적인 표면결함 제거와 압연공정에서 재가열로 인한 열에너지와 시간을 줄일 수 있다.
- <16> 또한, 슬라브 정정 작업장의 공간을 필요로 하지 않기 때문에 작업 효율을 높일 수 있으며, 종래 기술에서 사용되는 아크 혹은 화염, 플라즈마(보통 LNG 및 산소를 이용) 등으로 인해 화염의 크기만큼의 간격으로 스카핑 마크(Scarfig Mark)가 발생하는 문제를 해결할 수 있고, 슬라브 내부온도와 표면온도 차에 의한 2차 표면결함 발생을 최소화 할 수 있다는 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <17> 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- <18> 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 슬라브 표면결함 제거방법이 적용된 연속주조 설비의 측면도이고, 도 4는 본 발명 슬라브 표면결함 제거방법의 원리를 설명하기 위해 슬라브 윗면에서 일어나는 현상을 나타낸 것이다.
- <19> 도 5는 본 발명에서 고주파 유도가열에 의한 표피효과에 의해 국부적으로 슬라브 표면을 용융하는 효과를 설명하기 위한 도표를 나타낸다.

- <20> 도 3에 도시된 바와 같이, 연속주조 설비에서 용융상태의 철은 래들(1)에서 롱노즐(2)을 통하여 턴디쉬(3)로 이동하고 침지노즐(4)을 통하여 주형 진동기(5)에 부어진다. 주형진동기(5)는 일정한 주파수와 진폭을 가지고 상하진동을 하면서 1차 냉각을 하고, 표면 냉각된 상태로 세그먼트(6)를 통하여 진행하면서 2차 냉각을 하게 된다.
- <21> 세그먼트(6)를 통과하면서 미처 빠져 나오지 못한 내부 개재물(몰드 파우더나 가스 성분 등)이 표면에 남게 되고, 세그먼트의 곡률을 빠져 나오면서 벌징(Bulging)등에 의해 표면 크랙(Crack)이 발생하게 된다. 세그먼트(6)를 통과한 슬라브(7)는 800℃ 이상의 고온 상태이며, 슬라브 절단 장치(8)를 이용하여 일정한 크기로 절단한다.
- <22> 도 4에 도시된 바와 같이, 슬라브가 절단된 후 본 발명에서 제시한 방법으로 고온 상태(800℃ 이상)의 슬라브 사면을 동시에 표면만 용융하면서 슬라브 폭방향으로 균일한 압력을 유지하면서 분사되는 산소노즐(10)에 의한 산화반응으로 용융철이 산화철로 변화되면서 고압수 노즐(12)에 의해 씻겨 내려간다.
- <23> 슬라브가 절단된 후 본 발명의 방법으로 표면결함을 제거하는 이유는 래들(1)의 용융철을 연속적으로 주조를 하면서 주조속도가 가변되는데 주조속도에 따라 표면결함 제거 두께를 일정하게 유지하기 힘들기 때문에 절단 후 동일한 이송속도를 유지하여 고주파 유도 가열 장치의 주파수 및 전류량으로 제어를 용이하게 하기 위함이다.
- <24> 이때 고주파 유도가열에 의한 표면 용융점에 이르기까지 소요된 가열 에너지(Energy)는 상온 상태의 슬라브 표면을 가열하는 것에 비해 에너지가 적게 들기 때문에 재가열을 위한 열량이 대폭적으로 줄게 되어 열 경제력의 관점에서 매우 유리한 장점을 가지게 된다.
- <25> 또한, 연속주조 라인을 통과한 슬라브(7)는 800도 이상의 고온상태를 유지하고 있기 때문에 열연공정 초기 가열로에서의 승온량(일반적으로 1000℃에서 1200℃)이 매우 적어서 가열시간이 대폭적으로 단축되기 때문에 연주공정과 열연공정은 연속공정으로 구성이 가능하다는 장점을 가지게 된다.
- <26> 본 발명에서 이용되는 고주파 유도가열은 전자유도(電磁誘導) 작용에 의한 것으로 교류(고주파) 전류가 흐르는 코일 속에 위치하는 금속 등의 도전체는 와전류 손실과 히스테리시스(Hysteresis) 손실의 저항(抵抗)에 의하여 열(熱)이 발생한다. 이와 같이 발생하는 열에너지를 이용하여 피가열(금속 또는 도전체) 물질을 가열하는 것을 유도가열이라 하며 특히 고주파 전류를 이용한 것을 고주파 유도가열이라 한다.
- <27> 코일에 교류(고주파) 전류를 통하면 코일 주변의 교류전류에 의한 교번자속(文番磁束)이 발생하고 이 자계속에 놓인 도전체에는 유도전류가 발생하게 된다. 이 전류를 와전류(도전체에 발생하는 자력선의 변화를 저지하는 전기적인 힘)라 하고 피가열체의 고유저항과 와전류에 의한 줄(Joule)열이 발생하며 이를 와전류 손실이라 하고 유도가열시의 발열원(發熱原)이 된다.
- <28> 이와 같은 고주파 유도가열 방식은 슬라브와 같은 자성체(磁性體)에서는 와전류손실외 히스테리시스(Hysteresis) 손실이라고 하는 자화에 따른 전기적 손실이 생겨서 비철금속에 비해 가열이 쉬우며 가열 효율을 극대화 할 수 있다.
- <29> 원리에서 설명한 와전류는 도체의 표면에 따라 흐르고 있어 도체의 전류에 수직인 단면을 생각하는 경우, 도 5와 같이 그 단면의 단위면적을 통과하는 량, 즉, 전류밀도는 도체의 단면에 대해서 똑같지 않으며 표면에 가까운 곳일수록 전류밀도는 크고 표면에서 중심부로 갈수록 전류밀도는 감소를 하는 현상을 표피효과(表皮效果/Skin effect)라고 한다.
- <30> 표피효과는 주파수에 관계되고 주파수가 높을수록 표피효과가 크게 된다.
- <31> 표피효과 두께(δ)는 아래식에 의해 구하고, 비저항(ρ)과 투자율(μ)은 연속주조 설비에서 생산되어 지는 슬라브의 온도에 따라 따라 조금씩 다른 값을 가지게 된다.

<32>
$$\delta = 5.03 \sqrt{\frac{\text{비저항}}{(\text{투자율} * \text{주파수})}} \text{ (cm)}$$

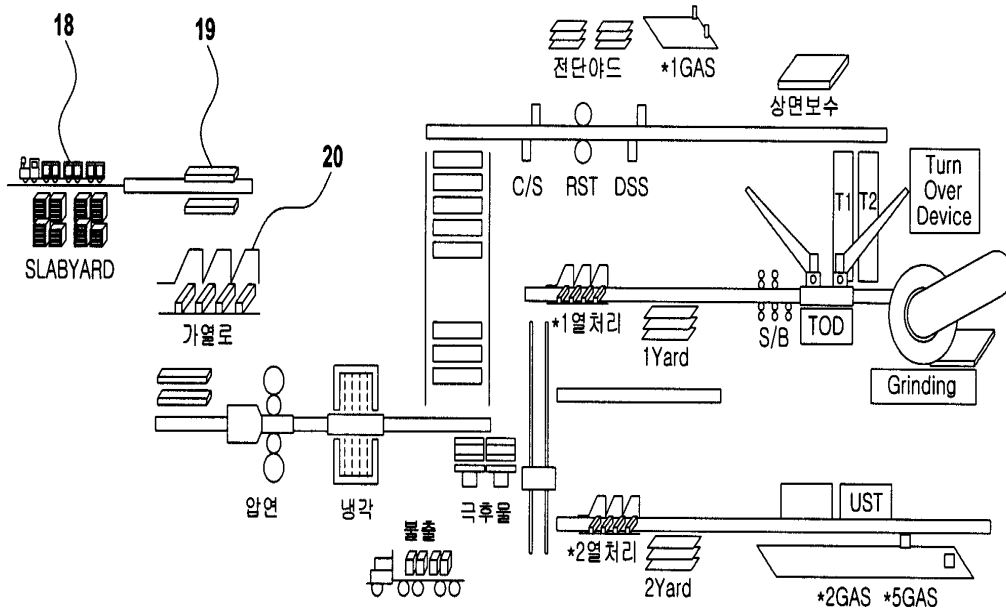
<33> -. ρ (μΩ·cm) : 비저항(比抵抗) (온도함수)

<34> -. μ (μW) : 투자율(透磁率) (온도함수)

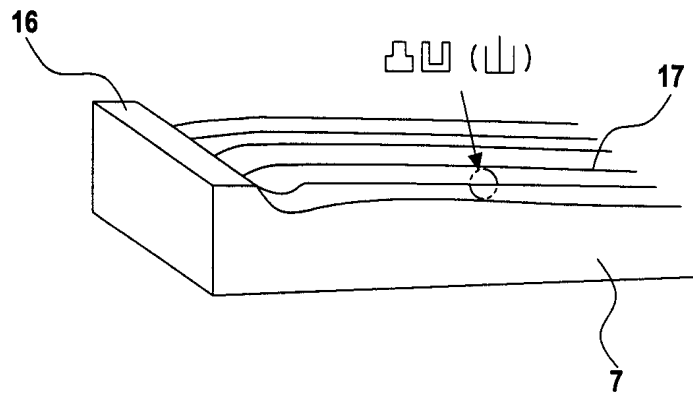
<35> -. f (Hz) : 고주파 유도가열장치의 유도 주파수

도면

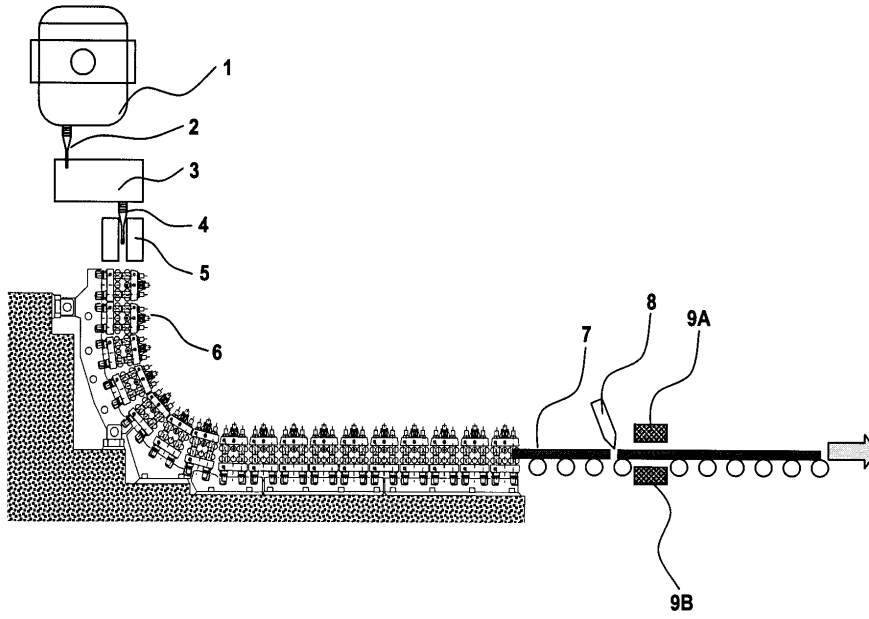
도면1



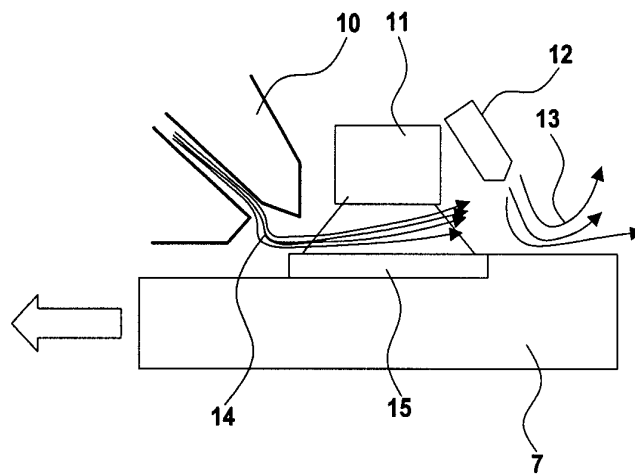
도면2



도면3



도면4



도면5

