



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년01월11일  
(11) 등록번호 10-1695232  
(24) 등록일자 2017년01월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B22D 11/04 (2006.01) B22D 11/059 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-7034113  
(22) 출원일자(국제) 2013년06월11일  
심사청구일자 2014년12월04일  
(85) 번역문제출일자 2014년12월04일  
(65) 공개번호 10-2015-0009985  
(43) 공개일자 2015년01월27일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2013/003654  
(87) 국제공개번호 WO 2014/002409  
국제공개일자 2014년01월03일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2012-143839 2012년06월27일 일본(JP)  
JP-P-2013-041673 2013년03월04일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP01170550 A\*  
JP02155532 A\*  
JP2001105102 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
제이에프이 스틸 가부시카이가이사  
일본 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2방  
3고  
(72) 발명자  
나베시마 세이지  
일본국 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2  
방 3고 제이에프이 스틸 가부시카이가이사 치테키자  
이산부 나이  
이와타 나옴치  
일본국 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2  
방 3고 제이에프이 스틸 가부시카이가이사 치테키자  
이산부 나이  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
이철

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 이정엽

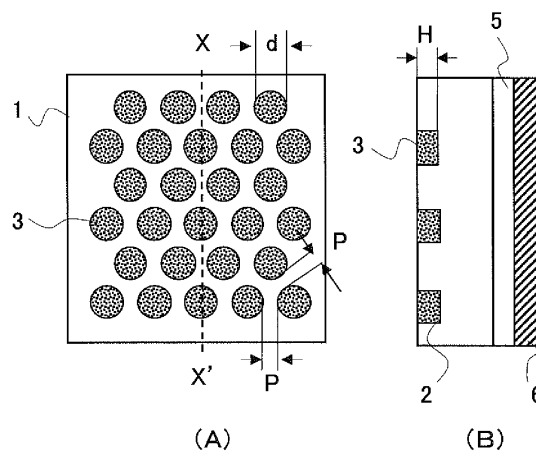
(54) 발명의 명칭 연속 주조용 주형 및 강의 연속 주조 방법

(57) 요약

응고 초기의 응고 셀의 불균일 냉각에 의한 표면 균열, 그리고, 포정(包晶) 반응을 수반하는 중탄소강에서의 δ 철로부터 γ 철로의 변태에 기인하는 응고 셀 두께의 불균일에 의한 표면 균열을 방지할 수 있는 연속 주조용 주형(鑄型)을 제공한다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



본 발명의 연속 구조용 주형(1)은, 메니스커스보다도 상방의 임의의 위치에서 메니스커스보다도 20mm 이상 하방의 위치까지의 구리 주형 내벽면의 범위에, 구리의 열전도율에 대하여 그 열전도율을 30% 이하로 하는 금속이, 원형 오목홈(2)의 내부에 충전되어 형성된, 직경 2~20mm의 복수개의 저열전도 금속 충전부(3)를 각각 독립적으로 갖고, 또한, 저열전도 금속 충전부에서의 상기 금속의 충전 두께(H)는, 상기 원형 오목홈의 깊이 이하로서 상기 저열전도 금속 충전부의 직경(d)에 대하여 하기의 (1)식의 관계를 만족한다.

$$0.5 \leq H \leq d \quad \cdots (1)$$

(72) 발명자

**아라마키 노리치카**

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반  
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자이산  
부 나이

**미키 유지**

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반  
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자이산  
부 나이

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

수냉식 구리 주형(鑄型)의 내벽면으로서, 메니스커스보다도 상방의 임의의 위치에서 메니스커스보다도 최소 20mm 하방의 위치까지의 내벽면의 범위에, 구리의 열전도율에 대하여 그 열전도율을 30% 이하로 하는 금속이, 상기 내벽면에 형성한 원형 오목홈 또는 의사(擬似) 원형 오목홈의 내부에 도금 수단이나 용사(thermal spraying) 수단에 의해 충전되어 형성된, 직경 2~20mm 또는 원상당경 2~20mm의 복수개의 저열전도 금속 충전부를 각각 독립적으로 갖고, 또한, 상기 저열전도 금속 충전부에서의 상기 금속의 충전 두께는, 상기 원형 오목홈 또는 상기 의사 원형 오목홈의 깊이 이하로서 상기 저열전도 금속 충전부의 직경 또는 원상당경에 대하여 하기의 (1)식의 관계를 만족하는 연속 구조용 주형.

$$0.5 \leq H \leq d \quad \cdots (1)$$

단, (1)식에 있어서, H는 금속의 충전 두께(mm), d는 저열전도 금속 충전부의 직경(mm) 또는 원상당경(mm)이다.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 수냉식 구리 주형의 내벽면에는, 두께가 2.0mm 이하인 니켈 합금의 도금층이 형성되어 있고, 상기 저열전도 금속 충전부는 상기 도금층으로 덮여 있는 연속 구조용 주형.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 저열전도 금속 충전부끼리의 간격이, 당해 저열전도 금속 충전부의 직경 또는 원상당경에 대하여 하기의 (2)식의 관계를 만족하는 연속 구조용 주형.

$$P \geq 0.25 \times d \quad \cdots (2)$$

단, (2)식에 있어서, P는 저열전도 금속 충전부끼리의 간격(mm), d는 저열전도 금속 충전부의 직경(mm) 또는 원상당경(mm)이다.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 저열전도 금속 충전부끼리의 간격이, 상기 (2)식의 관계를 만족하는 범위 내에서 상기 주형의 폭방향 또는 주조 방향에서 상이한 연속 구조용 주형.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 저열전도 금속 충전부가 형성된 범위 내의 구리 주형 내벽면에 있어서의 저열전도 금속 충전부가 차지하는 면적률이 10% 이상인 연속 구조용 주형.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

주형 하부의 상기 저열전도 금속 충전부가 형성되어 있지 않은 범위의 주조 방향 길이로서, 상기 저열전도 금속 충전부의 하단 위치에서 주형 하단 위치까지의 거리가, 정상 주조시의 주편(鑄片) 인발 속도에 대하여 하기의 (3)식의 조건을 만족하는 연속 구조용 주형.

$$L \geq V_c \times 100 \quad \cdots (3)$$

단, (3)식에 있어서, L은 저열전도 금속 충전부의 하단 위치에서 주형 하단 위치까지의 거리(mm), Vc는 정상 주조시의 주편 인발 속도(m/min)이다.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 저열전도 금속 충전부의 직경 또는 원상당경이, 2~20mm인 범위 내에서 상기 주형의 폭방향 또는 주조 방향에서 상이한 연속 주조용 주형.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 저열전도 금속 충전부의 두께가, 상기 (1)식의 관계를 만족하는 범위 내에서 상기 주형의 폭방향 또는 주조 방향에서 상이한 연속 주조용 주형.

#### 청구항 9

제1항에 기재된 연속 주조용 주형을 이용하여 텅디시 내의 용강(溶鋼)을 상기 연속 주조용 주형에 주입하여 용강을 연속 주조하는 강의 연속 주조 방법.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 연속 주조용 주형에는, 정상 주조시의 주편 인발 속도에 따라서 하기의 (4)식으로 산출되는 거리(R) 이상으로 메니스커스보다도 하방의 위치까지의 범위에 상기 저열전도 금속 충전부가 형성되어 있고, 정상 주조시의 주편 인발 속도를 0.6m/min 이상의 범위 내로 하여, 결정화 온도가 1100℃ 이하이고, 또한, 염기도((질량% CaO)/(질량% SiO<sub>2</sub>))가 0.5~1.2인 몰드 파우더를 사용하여 연속 주조하는 강의 연속 주조 방법.

$$R=2 \times Vc \times 1000 / 60 \cdots (4)$$

단, (4)식에 있어서, R은 메니스커스로부터의 거리(mm), Vc는 정상 주조시의 주편 인발 속도(m/min)이다.

#### 청구항 11

제9항에 있어서,

상기 용강은, 탄소 함유량이 0.08~0.17질량%의 중탄소강이며, 당해 용강을, 주편 두께가 200mm 이상인 슬래브 주편으로 하여 1.5m/min 이상의 주편 인발 속도로 연속 주조하는 강의 연속 주조 방법.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은, 주형(鑄型) 내에서의 응고 셸(solidified shell)의 불균일 냉각에 기인하는 주편(鑄片; cast piece) 표면 균열을 방지하여 용강(溶鋼; molten steel)을 연속 주조할 수 있는 연속 주조용 주형에 관한 것이며, 그리고, 이 주형을 사용한 강의 연속 주조 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 강의 연속 주조에서는, 주형 내에 주입된 용강은 수냉식 주형에 의해 냉각되고, 주형과의 접촉면에서 용강이 응고되어 응고층(「응고 셸」이라고 함)이 생성된다. 이 응고 셸을 외각(outer shell)으로 하고, 내부를 미(未)응고층으로 하는 주편은, 주형 하류측에 설치된 물 스프레이나 기수 스프레이(air-water spray)에 의해 냉각되면서 주형 하방으로 연속적으로 인발(drawn)된다. 주편은, 물 스프레이나 기수 스프레이에 의한 냉각에 의해 중심부까지 응고되고, 그 후, 가스 절단기 등에 의해 절단되어, 소정 길이의 주편이 제조되고 있다.

[0003] 주형 내에 있어서의 냉각이 불균일해지면, 응고 셸의 두께가 주편의 주조 방향 및 주편 폭방향에서 불균일해진

다. 응고 셀에는, 응고 셀의 수축이나 변형에 기인하는 응력이 작용한다. 응고 초기에 있어서는, 이 응력이 응고 셀의 박육부(thin portion)에 집중되고, 이 응력에 의해 응고 셀의 표면에 균열이 발생한다. 이러한 균열은, 그 후의 열응력(thermal stress)이나 연속 주조기의 롤(roll)에 의한 굽힘 응력(bending stress) 및 교정 응력(leveling stress) 등의 외력에 의해 확대되어, 큰 표면 균열이 된다.

[0004] 주편에 존재하는 표면 균열은, 다음 공정의 압연 공정에 있어서 강 제품(steel product)의 표면 결함이 된다. 따라서, 강 제품의 표면 결함의 발생을 방지하기 위해서는, 주편 표면을 용삭(scarfing)하거나 또는 연삭(polishing)하여, 주편 단계에서 그 표면 균열을 제거하는 것이 필요해진다.

[0005] 주형 내의 불균일 응고는, 특히, 탄소 함유량이 0.08~0.17질량%인 강에서 발생하기 쉽다. 탄소 함유량이 0.08~0.17질량%인 강에서는, 응고시에 포정 반응(peritectic reaction)이 일어난다. 주형 내의 불균일 응고는, 이 포정 반응에 의한 δ 철(페라이트(ferrite phase))로부터 γ 철(오스테나이트(austenite phase))로의 변태 시의 체적 수축에 의한 변태 응력(transformation stress)에 기인한다고 생각되고 있다. 즉, 이 변태 응력에 기인하는 변형에 의해 응고 셀이 변형되고, 이 변형에 의해 응고 셀이 주형 내벽면으로부터 떨어진다. 주형 내벽면으로부터 떨어진 부위는 주형에 의한 냉각이 저하되고, 이 주형 내벽면으로부터 떨어진 부위(이 주형 내벽면으로부터 떨어진 부위를 「디프레션(depression)」이라고 함)의 응고 셀 두께가 얇아진다. 응고 셀 두께가 얇아짐으로써, 이 부분에 상기 응력이 집중되어, 표면 균열이 발생한다고 생각되고 있다.

[0006] 특히, 주편 인발 속도를 증가시킨 경우에는, 응고 셀로부터 주형 냉각수로의 평균 열유속(average thermal flux)이 증가할(응고 셀이 급속 냉각됨) 뿐만 아니라, 열유속의 분포가 불균칙하고 또한 불균일해지기 때문에, 주편 표면 균열의 발생이 증가하는 경향이 있다. 구체적으로는, 주편 두께가 200mm 이상인 슬래브 연속 주조기에 있어서는, 주편 인발 속도가 1.5m/min 이상이 되면 표면 균열이 발생하기 쉬워진다.

[0007] 종래, 상기의 포정 반응을 수반하는 강종(「중탄소강(medium-carbon steel)」이라고 함)의 주편 표면 균열을 방지할 목적으로, 결정화(crystallization)되기 쉬운 조성의 몰드 파우더(mold powder)를 사용하는 것이 시도되고 있다(예를 들면, 특허문헌 1을 참조). 이것은, 결정화되기 쉬운 조성의 몰드 파우더에서는, 몰드 파우더층의 열저항이 증대하여, 응고 셀이 완(緩)냉각(slow cooling)되는 것에 기초하고 있다. 완냉각에 의해 응고 셀에 작용하는 응력이 저하되어, 표면 균열이 적어지기 때문이다. 그러나, 몰드 파우더에 의한 완냉각 효과만으로는, 충분한 불균일 응고의 개선은 얻어지지 않고, 변태량이 큰 강종에서는 균열의 발생을 방지할 수 없다.

[0008] 그래서, 주편의 표면 균열을 방지하기 위해, 연속 주조용 주형 자체를 완냉각화하는 수법이 다수 제안되고 있다. 예를 들면, 특허문헌 2나 특허문헌 3에는, 표면 균열을 방지하기 위해, 주형 내벽면에 오목 가공(홈이나 환공(circular hole))을 행하여, 에어 갭(air gap)을 형성시킴으로써 완냉각을 도모하는 방법이 제안되고 있다. 그러나, 이 방법에서는, 홈의 폭이 큰 경우에는, 몰드 파우더가 홈의 내부에 유입되어 에어 갭이 형성되지 않아, 완냉각의 효과가 얻어지기 어렵다는 문제가 있다.

[0009] 또한, 주형 내벽면에 형성한 오목부(세로홈, 격자홈, 환공)에 몰드 파우더를 유입시키고, 규칙적인 열전달 분포를 부여하여 불균일 응고량을 줄이는 방법도 제안되고 있다(예를 들면, 특허문헌 4 및 특허문헌 5를 참조). 그러나, 이 방법에서는, 오목부로의 몰드 파우더의 유입이 불충분한 경우에는, 오목부에 용강이 침입하여 구속성 브레이크 아웃(constrained breakout)이 발생하거나, 혹은, 오목부에 충전되어 있던 몰드 파우더가 주조 중에 벗겨지고, 그 부위에 용강이 침입하여 구속성 브레이크 아웃이 발생하거나 한다는 문제가 있다.

[0010] 또한, 주형 내벽면에 에어 갭을 형성시킬 때에, 주형 내벽면에 형성한 쇼트 블래스트면(shot blasted region)이나 오목 가공면의 홈폭이나 환공을 작게 하는 방법도 제안되고 있다(예를 들면, 특허문헌 6 및 특허문헌 7을 참조). 이 방법에서는, 몰드 파우더는, 계면 장력 작용(interfacial tension effect)에 의해, 쇼트 블래스트면이나 오목 가공면의 홈폭이나 환공에 유입되지 않고, 에어 갭은 유지된다. 그러나, 주형의 마모에 의해 에어 갭량 자체가 감소하는 점에서, 그 효과는 점차 소멸한다는 문제가 있다.

[0011] 한편, 규칙적인 열전달 분포를 부여하여 불균일 응고를 저감할 목적으로, 주형 내벽면에 홈 가공(세로홈, 격자홈)을 행하고, 이 홈에 저열전도(low thermal conductivity) 재료를 충전하는 방법이 제안되고 있다(예를 들면, 특허문헌 8 및 특허문헌 9를 참조). 이 방법에서는, 세로홈 또는 격자홈과 구리(copper; 주형)와의 경계면, 그리고, 격자부의 직교부에 있어서, 저열전도 재료와 구리와의 열변형(thermal strain)차에 의한 응력이 작용하여, 주형 구리판 표면에 균열이 발생한다는 문제가 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 일본공개특허공보 2005-297001호  
 (특허문헌 0002) 일본공개특허공보 평6-297103호  
 (특허문헌 0003) 일본공개특허공보 평9-206891호  
 (특허문헌 0004) 일본공개특허공보 평9-276994호  
 (특허문헌 0005) 일본공개특허공보 평10-193041호  
 (특허문헌 0006) 일본공개특허공보 평8-257694호  
 (특허문헌 0007) 일본공개특허공보 평10-296399호  
 (특허문헌 0008) 일본공개특허공보 평1-289542호  
 (특허문헌 0009) 일본공개특허공보 평2-6037호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0013] 본 발명은, 상기 사정을 감안하여 이루어진 것으로, 그 목적으로 하는 바는, 연속 주조용 주형의 내벽면에, 구리보다도 열전도율이 낮은 복수개의 부위를 각각 독립적으로 형성시키고, 이에 따라, 구속성 브레이크 아웃의 발생 및 주형 표면의 균열에 의한 주형 수명 저하를 일으키는 일 없이, 응고 초기의 응고 셀의 불균일 냉각에 의한 표면 균열, 그리고, 포징 반응을 수반하는 중탄소강에서의 δ 철로부터 γ 철로의 변태에 기인하는 응고 셀 두께의 불균일에 의한 표면 균열을 방지할 수 있는 연속 주조용 주형을 제공하는 것이다. 또한, 이 연속 주조용 주형을 사용한 강의 연속 주조 방법을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0014] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 요지는 이하와 같다.
- [0015] [1] 수냉식 구리 주형의 내벽면으로서, 메니스커스(meniscus)보다도 상방의 임의의 위치에서 메니스커스보다도 20mm 이상 하방의 위치까지의 내벽면의 범위에, 구리의 열전도율에 대하여 그 열전도율을 30% 이하로 하는 금속이, 상기 내벽면에 형성한 원형 오목홈(circular concave groove) 또는 의사(擬似; quasi-) 원형 오목홈의 내부에 충전되어 형성된, 직경 2~20mm 또는 원상당경(equivalent circle diameter) 2~20mm의 복수개의 저열전도 금속 충전부를 각각 독립적으로 갖고, 또한, 상기 저열전도 금속 충전부에서의 상기 금속의 충전 두께는, 상기 원형 오목홈 또는 상기 의사 원형 오목홈의 깊이 이하로서 상기 저열전도 금속 충전부의 직경 또는 원상당경에 대하여 하기의 (1)식의 관계를 만족하는 연속 주조용 주형.
- [0016]  $0.5 \leq H \leq d \quad \cdots (1)$
- [0017] 단, (1)식에 있어서, H는 금속의 충전 두께(mm), d는 저열전도 금속 충전부의 직경(mm) 또는 원상당경(mm)이다.
- [0018] [2] 상기 수냉식 구리 주형의 내벽면에는, 두께가 2.0mm 이하인 니켈 합금의 도금층이 형성되어 있고, 상기 저열전도 금속 충전부는 상기 도금층으로 덮여 있는, 상기 [1]에 기재된 연속 주조용 주형.
- [0019] [3] 상기 저열전도 금속 충전부끼리의 간격이, 당해 저열전도 금속 충전부의 직경 또는 원상당경에 대하여 하기의 (2)식의 관계를 만족하는, 상기 [1] 또는 상기 [2]에 기재된 연속 주조용 주형.
- [0020]  $P \geq 0.25 \times d \quad \cdots (2)$
- [0021] 단, (2)식에 있어서, P는 저열전도 금속 충전부끼리의 간격(mm), d는 저열전도 금속 충전부의 직경(mm) 또는 원상당경(mm)이다.
- [0022] [4] 상기 저열전도 금속 충전부끼리의 간격이, 상기 (2)식의 관계를 만족하는 범위 내에서 상기 주형의 폭방향

또는 주조 방향에서 상이한, 상기 [3]에 기재된 연속 주조용 주형.

- [0023] [5] 상기 저열전도 금속 충전부가 형성된 범위 내의 구리 주형 내벽면에 있어서의 저열전도 금속 충전부가 차지하는 면적률이 10% 이상인, 상기 [1] 내지 상기 [4] 중 어느 하나에 기재된 연속 주조용 주형.
- [0024] [6] 주형 하부의 상기 저열전도 금속 충전부가 형성되어 있지 않은 범위의 주조 방향 길이로서, 상기 저열전도 금속 충전부의 하단 위치에서 주형 하단 위치까지의 거리가, 정상 주조시의 주편 인발 속도에 대하여 하기의 (3)식의 조건을 만족하는, 상기 [1] 내지 상기 [5] 중 어느 하나에 기재된 연속 주조용 주형.
- [0025]  $L \geq V_c \times 100 \dots (3)$
- [0026] 단, (3)식에 있어서, L은 저열전도 금속 충전부의 하단 위치에서 주형 하단 위치까지의 거리(mm),  $V_c$ 는 정상 주조시의 주편 인발 속도(m/min)이다.
- [0027] [7] 상기 저열전도 금속 충전부의 직경 또는 원상당경이, 2~20mm인 범위 내에서 상기 주형의 폭방향 또는 주조 방향에서 상이한, 상기 [1] 내지 상기 [6] 중 어느 하나에 기재된 연속 주조용 주형.
- [0028] [8] 상기 저열전도 금속 충전부의 두께가, 상기 (1)식의 관계를 만족하는 범위 내에서 상기 주형의 폭방향 또는 주조 방향에서 상이한, 상기 [1] 내지 상기 [7] 중 어느 하나에 기재된 연속 주조용 주형.
- [0029] [9] 상기 [1] 내지 상기 [8] 중 어느 하나에 기재된 연속 주조용 주형을 이용하고, 턴디시(tundish) 내의 용강을 상기 연속 주조용 주형에 주입하여 용강을 연속 주조 하는, 강의 연속 주조 방법.
- [0030] [10] 상기 연속 주조용 주형에는, 정상 주조시의 주편 인발 속도에 따라서 하기의 (4)식으로 산출되는 거리(R) 이상으로 메니스커스보다도 하방의 위치까지의 범위에 상기 저열전도 금속 충전부가 형성되어 있고, 정상 주조시의 주편 인발 속도를 0.6m/min 이상의 범위 내로 하여, 결정화 온도가 1100℃ 이하이고, 또한, 염기도(basicity; (질량%CaO)/(질량%SiO<sub>2</sub>))가 0.5~1.2인 몰드 파우더를 사용하여 연속 주조 하는, 상기 [9]에 기재된 강의 연속 주조 방법.
- [0031]  $R = 2 \times V_c \times 1000 / 60 \dots (4)$
- [0032] 단, (4)식에 있어서, R은 메니스커스로부터의 거리(mm),  $V_c$ 는 정상 주조시의 주편 인발 속도(m/min)이다.
- [0033] [11] 상기 용강은, 탄소 함유량이 0.08~0.17질량%의 중탄소강이며, 당해 용강을, 주편 두께가 200mm 이상인 슬래브(slab) 주편으로 하여 1.5m/min 이상의 주편 인발 속도로 연속 주조하는, 상기 [9] 또는 상기 [10]에 기재된 강의 연속 주조 방법.

### 발명의 효과

- [0034] 본 발명에 의하면, 복수의 저열전도 금속 충전부를, 메니스커스 위치를 포함하여 메니스커스 근방의 연속 주조용 주형의 폭방향 및 주조 방향으로 설치하기 때문에, 메니스커스 근방의 주형 폭방향 및 주조 방향에 있어서의 연속 주조용 주형의 열저항이 규칙적이고 또한 주기적으로 증감한다. 이에 따라, 메니스커스 근방, 즉, 응고 초기에서의 응고 셀로부터 연속 주조용 주형으로의 열유속이 규칙적이고 또한 주기적으로 증감한다. 이 열유속의 규칙적이고 또한 주기적인 증감에 의해, δ 첼로부터 γ 첼로의 변태에 의한 응력이나 열응력이 저감되어, 이들 응력에 의해 발생하는 응고 셀의 변형이 작아진다. 응고 셀의 변형이 작아짐으로써, 응고 셀의 변형에 기인하는 불균일한 열유속 분포가 균일화되고, 또한, 발생하는 응력이 분산되어 각각의 변형량이 작아진다. 그 결과, 응고 셀 표면에 있어서의 균열의 발생이 방지된다.

### 도면의 간단한 설명

- [0035] 도 1은 본 발명에 따른 연속 주조용 주형의 일부를 구성하는 주형 장변(long side) 구리판을 내벽면측으로부터 본 개략 측면도이다.
- 도 2는 도 1에 나타내는 주형 장변 구리판의 저열전도 금속 충전부가 형성된 부위의 확대도이다.
- 도 3은 주형 장변 구리판의 3개소의 위치에 있어서의 열저항을 저열전도 금속 충전부의 위치에 준하여 개념적으로 나타내는 도면이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 연속 주조용 주형의 일부를 구성하는 주형 장변 구리판으로서, 직경이 상이한 저열전도 금속 충전부가 주조 방향 및 주형 폭방향으로 설치된 주형 장변 구리판을 내벽면측으로부터 본 개략



측면도이다.

도 5는 본 발명에 따른 연속 주조용 주형의 일부를 구성하는 주형 장변 구리판으로서, 두께가 상이한 저열전도 금속 충전부가 주조 방향 및 주형 폭방향으로 설치된 주형 장변 구리판을 내벽면측으로부터 본 개략 측면도 및, 그의 A-A' 단면도, B-B' 단면도이다.

도 6은 본 발명에 따른 연속 주조용 주형의 일부를 구성하는 주형 장변 구리판으로서, 저열전도 금속 충전부가, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격을 바꾸어 주조 방향 및 주형 폭방향으로 설치된 주형 장변 구리판을 내벽면측으로부터 본 개략 측면도이다.

도 7은 구리 주형 내벽면에 구리 주형 표면의 보호를 위한 도금층을 형성한 예를 나타내는 개략도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] (발명을 실시하기 위한 형태)

[0037] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명을 구체적으로 설명한다. 도 1은, 본 발명에 따른 연속 주조용 주형의 일부를 구성하는 주형 장변 구리판으로서, 내벽면 측에 저열전도 금속 충전부가 형성된 주형 장변 구리판을 내벽면측으로부터 본 개략 측면도이다. 도 2는, 도 1에 나타내는 주형 장변 구리판의 저열전도 금속 충전부가 형성된 부위의 확대도로서, 도 2(A)는 내벽면측으로부터 본 개략 측면도, 도 2(B)는, 도 2(A)의 X-X' 단면도이다.

[0038] 도 1에 나타내는 연속 주조용 주형은, 슬래브 주편을 주조하기 위한 연속 주조용 주형의 예이다. 슬래브 주편용의 연속 주조용 주형은, 한 쌍의 주형 장변 구리판과 한 쌍의 주형 단변(short side) 구리판을 조합하여 구성된다. 도 1은, 그 중의 주형 장변 구리판을 나타내고 있다. 주형 단변 구리판도 주형 장변 구리판과 동일하게, 그 내벽면측에 저열전도 금속 충전부가 형성되는 것으로 하여, 여기에서는, 주형 단변 구리판에 대한 설명은 생략한다. 단, 슬래브 주편에 있어서는, 그 형상에 기인하여 장변면측의 응고 셀에 응력 집중이 일어나기 쉬워, 장변면측에서 표면 균열이 발생하기 쉽다. 따라서, 슬래브 주편용의 연속 주조용 주형의 주형 단변 구리판에는, 반드시 저열전도 금속 충전부를 설치할 필요는 없다.

[0039] 도 1에 나타내는 바와 같이, 주형 장변 구리판(1)에 있어서의 정상 주조시의 메니스커스의 위치보다도 거리(Q) (거리(Q)는 임의의 값) 떨어진 상방의 위치에서, 메니스커스보다도 거리(R)만큼 하방의 위치까지의 주형 장변 구리판(1)의 내벽면에는, 복수개의 저열전도 금속 충전부(3)가 설치되어 있다. 여기에서, 「메니스커스」란 「주형 내 용강탕면(upper surface of molten steel)」이다.

[0040] 이 저열전도 금속 충전부(3)는, 도 2에 나타내는 바와 같이, 주형 장변 구리판(1)의 내벽면측에 각각 독립적으로 가공된, 직경(d)이 2~20mm인 원형 오목홈(2)의 내부에, 도금 수단이나 용사(thermal spraying) 수단 등에 의해, 구리(Cu)의 열전도율에 대하여 그 열전도율이 30% 이하인 금속(이하, 「저열전도 금속」이라고 기재함)이 충전되어 형성된 것이다. 여기에서, 도 1에 있어서의 부호 L은 주형 하부의 저열전도 금속 충전부(3)가 형성되어 있지 않은 범위의 주조 방향 길이로서, 저열전도 금속 충전부(3)의 하단 위치에서 주형 하단 위치까지의 거리이다. 또한, 도 2에 있어서의 부호 5는 냉각수 유로, 부호 6은 백 플레이트(back plate)이다.

[0041] 도 1 및 도 2에서는, 저열전도 금속 충전부(3)의 주형 장변 구리판(1)의 내벽면에 있어서의 형상이 원형이지만, 원형으로 제한될 필요는 없다. 예를 들면 타원형과 같은, 소위 「모서리(corner)」를 갖지 않는, 원형에 가까운 형상인 한, 어떠한 형상이라도 상관없다. 단, 원형에 가까운 형상인 경우라도, 이 원형에 가까운 형상의 저열전도 금속 충전부(3)의 면적으로부터 구해지는 원상당경은 2~20mm의 범위 내인 것이 필요하다.

[0042] 복수의 저열전도 금속 충전부(3)를, 메니스커스 위치를 포함하여 메니스커스 근방의 연속 주조용 주형의 폭방향 및 주조 방향으로 설치함으로써, 도 3에 나타내는 바와 같이, 메니스커스 근방의 주형 폭방향 및 주조 방향에 있어서의 연속 주조용 주형의 열저항이 규칙적이고 또한 주기적으로 증감한다. 이에 따라, 메니스커스 근방, 즉, 응고 초기에서의 응고 셀로부터 연속 주조용 주형으로의 열유속이 규칙적이고 또한 주기적으로 증감한다. 이 열유속의 규칙적이고 또한 주기적인 증감에 의해,  $\delta$  철로부터  $\gamma$  철로의 변태(이하 「 $\delta/\gamma$  변태」라고 기재함)에 의해 발생하는 응력이나 열응력이 저감되어, 이들 응력에 의해 발생하는 응고 셀의 변형이 작아진다. 응고 셀의 변형이 작아짐으로써, 응고 셀의 변형에 기인하는 불균일한 열유속 분포가 균일화되고, 또한, 발생하는 응력이 분산되어 각각의 변형량이 작아진다. 그 결과, 응고 셀 표면에 있어서의 표면 균열의 발생이 방지된다. 또한, 도 3은, 주형 장변 구리판(1)의 3개소의 위치에 있어서의 열저항을 저열전도 금속 충전부(3)의 위치에 준하여 개념적으로 나타내는 도면이다. 도 3에 나타내는 바와 같이, 저열전도 금속 충전부(3)의 설치 위치에서는 열저항이 상대적으로 높아진다.



- [0043] 초기 응고로의 영향을 감안하면, 저열전도 금속 충전부(3)의 설치 위치는 메니스커스 위치보다도 20mm 이상 하방의 위치까지 형성하는 것이 필요하다. 저열전도 금속 충전부(3)의 설치 범위를 메니스커스 위치보다도 20mm 이상 하방의 범위로 함으로써, 저열전도 금속 충전부(3)에 의한 열유속의 주기적인 변동의 효과가 충분히 확보되어, 표면 균열이 발생하기 쉬운 고속 주조시나 중탄소강의 주조시에 있어서도, 주변 표면 균열의 방지 효과를 충분히 얻을 수 있다. 저열전도 금속 충전부(3)의 설치 범위가 메니스커스 위치보다도 20mm 미만인 경우에는, 주변 표면 균열의 방지 효과가 불충분해진다.
- [0044] 또한, 저열전도 금속 충전부(3)의 설치 위치는, 정상 주조시의 주변 인발 속도에 따라서 하기의 (4)식으로부터 산출되는 거리(R) 이상 메니스커스보다도 하방의 위치까지로 하는 것이 바람직하다.
- [0045] 
$$R=2 \times V_c \times 1000 / 60 \cdots (4)$$
- [0046] 단, (4)식에 있어서, R은 메니스커스로부터의 거리(mm), Vc는 정상 주조시의 주변 인발 속도(m/min)이다.
- [0047] 즉, 거리(R)는, 응고 개시한 후의 주변이 저열전도 금속 충전부(3)가 설치된 범위를 통과하는 시간에 관계되어 있고, 응고 개시 후로부터 적어도 2초간은, 주변이 저열전도 금속 충전부(3)가 설치된 범위 내에 체재(stay)하는 것이 바람직하다. 주변이 응고 개시 후로부터 적어도 2초간은 저열전도 금속 충전부(3)가 설치된 범위에 존재하기 위해서는, 거리(R)는 (4)식을 충족하는 것이 필요해진다.
- [0048] 응고 개시한 후의 주변이 저열전도 금속 충전부(3)가 설치된 범위 내에 체재하는 시간을 2초 이상 확보함으로써, 저열전도 금속 충전부(3)에 의한 열유속의 주기적인 변동의 효과가 충분히 얻어져, 표면 균열이 발생하기 쉬운 고속 주조시나 중탄소강의 주조시라도, 주변 표면 균열의 방지 효과가 얻어진다. 저열전도 금속 충전부(3)에 의한 열유속의 주기적인 변동의 효과를 안정적으로 얻는 데에 있어서는, 주변이 저열전도 금속 충전부(3)가 설치된 범위를 통과하는 시간으로서 4초 이상을 확보하는 것이 보다 바람직하다.
- [0049] 한편, 저열전도 금속 충전부(3)의 상단부의 위치는 메니스커스 위치보다도 상방인 한 어느 위치라도 상관없고, 따라서, 거리(Q)는 0을 초과한 임의의 값이라도 상관없다. 단, 주조 중에 메니스커스는 상하 방향으로 변동하기 때문에, 저열전도 금속 충전부(3)의 상단부가 항상 메니스커스보다도 상방 위치가 되도록, 메니스커스보다도 10mm 정도 상방 위치까지, 바람직하게는 20mm 정도 상방 위치까지, 저열전도 금속 충전부(3)를 설치하는 것이 바람직하다. 또한, 메니스커스 위치는, 주형 장변 구리판(1)의 상단으로부터 60~150mm 하방 위치로 하는 것이 일반적이며, 이에 따라서 저열전도 금속 충전부(3)의 설치 범위를 결정하면 좋다.
- [0050] 저열전도 금속 충전부(3)의 주형 장변 구리판(1)의 내벽면에 있어서의 형상은, 원형 또는 원형에 가까운 것으로 한다. 이하, 원형에 가까운 것을 「의사 원형」이라고 칭한다. 저열전도 금속 충전부(3)의 형상이 의사 원형인 경우에는, 저열전도 금속 충전부(3)를 형성시키기 위해 주형 장변 구리판(1)의 내벽면에 가공되는 홈을 「의사 원형홈」이라고 칭한다. 의사 원형이란, 예를 들면 타원형이나, 모서리부를 원이나 타원으로 하는 장방형 등, 모서리부를 갖고 있지 않은 형상이며, 나아가서는, 꽃잎 모양과 같은 형상이라도 상관없다.
- [0051] 특허문헌 8 및 특허문헌 9와 같이, 세로홈 혹은 격자홈을 형성하고, 이 홈에 저열전도 금속을 충전한 경우에는, 저열전도 금속과 구리와의 경계면 및 격자부의 직교부에 있어서, 저열전도 금속과 구리와의 열변형차에 의한 응력이 집중되어, 주형 구리판 표면에 균열이 발생한다는 문제가 일어난다. 이에 대하여, 본 발명과 같이, 저열전도 금속 충전부(3)의 형상을 원형 또는 의사 원형으로 함으로써, 저열전도 금속과 구리와의 경계면은 곡면 형상이 되는 점에서, 경계면에서 응력이 집중되기 어려워, 주형 구리판 표면에 균열이 발생하기 어렵다는 이점이 발현한다.
- [0052] 저열전도 금속 충전부(3)의 직경 및 원상당경은 2~20mm인 것이 필요하다. 2mm 이상으로 함으로써, 저열전도 금속 충전부(3)에 있어서의 열유속의 저하가 충분해져, 상기 효과를 얻을 수 있다. 또한, 2mm 이상으로 함으로써, 저열전도 금속을 도금 수단이나 용사 수단에 의해 원형 오목홈(2)이나 의사 원형 오목홈(도시하지 않음)의 내부에 충전하는 것이 용이해진다. 한편, 저열전도 금속 충전부(3)의 직경 및 원상당경을 20mm 이하로 함으로써, 저열전도 금속 충전부(3)에 있어서의 열유속의 저하가 억제되고, 즉, 저열전도 금속 충전부(3)에서의 응고 지연이 억제되고, 그 위치에서의 응고 셀로의 응력 집중이 방지되어, 응고 셀에서의 표면 균열 발생을 방지할 수 있다. 즉, 직경 및 원상당경이 20mm를 초과하면 표면 균열이 발생하는 점에서, 저열전도 금속 충전부(3)의 직경 및 원상당경은 20mm 이하로 하는 것이 필요하다. 또한, 저열전도 금속 충전부(3)의 형상이 의사 원형인 경우는, 이 의사 원형의 원상당경은 하기의 (5)식으로부터 산출된다.
- [0053] 
$$\text{원상당경} = (4 \times S / \pi)^{1/2} \cdots (5)$$

- [0054] 단, (5)식에 있어서, S는 저열전도 금속 충전부(3)의 면적(mm<sup>2</sup>)이다.
- [0055] 도 1에서는, 주조 방향 또는 주형 폭방향으로 동일 형상의 저열전도 금속 충전부(3)를 설치하고 있지만, 본 발명에서는 동일 형상의 저열전도 금속 충전부(3)를 설치할 필요는 없다. 저열전도 금속 충전부(3)의 직경 또는 원상당경이 2~20mm의 범위 내이면, 도 4에 나타내는 바와 같이, 직경이 상이한 저열전도 금속 충전부(3)를 주조 방향 또는 주형 폭방향으로 설치해도 상관없다(도 4에 있어서, 직경 d1>직경 d2). 이 경우도, 주형 내에서의 응고 셀의 불균일 냉각에 기인하는 주편 표면 균열을 방지하는 것이 가능하다. 단, 저열전도 금속 충전부(3)의 직경 또는 원상당경이 장소에 따라 대폭으로 상이하면, 저열전도 금속 충전부(3)의 면적률이 국소적으로 높은 영역에서 응고가 늦어져, 그 위치에서 표면 균열이 발생할 우려가 있기 때문에, 보다 바람직하게는 단일한 직경 또는 원상당경으로 한다. 도 4는, 본 발명에 따른 연속 주조용 주형의 일부를 구성하는 주형 장변 구리판으로서, 직경이 상이한 저열전도 금속 충전부가 주조 방향 및 주형 폭방향으로 설치된 주형 장변 구리판을 내벽면측으로부터 본 개략 측면도이다.
- [0056] 원형 오목홈 및 의사 원형 오목홈에 충전하여 사용하는 저열전도 금속의 열전도율은, 구리의 열전도율(약 380W/(m·K))에 대하여 30% 이하일 필요가 있다. 구리의 열전도율에 대하여 30% 이하의 저열전도 금속을 사용함으로써, 저열전도 금속 충전부(3)에 의한 열유속의 주기적인 변동의 효과가 충분해져, 주편 표면 균열이 발생하기 쉬운 고속 주조시나 중탄소강의 주조시에 있어서도, 주편 표면 균열의 방지 효과가 충분히 얻어진다. 본 발명에 있어서 사용하는 저열전도 금속으로서, 도금이나 용사에 용이한 니켈(Ni, 열전도율: 약 80W/(m·K)) 및 니켈 합금이 적합하다.
- [0057] 또한, 저열전도 금속 충전부(3)의 충전 두께(H)는 0.5mm 이상으로 할 필요가 있다. 충전 두께를 0.5mm 이상으로 함으로써, 저열전도 금속 충전부(3)에 있어서의 열유속의 저하가 충분해져, 상기 효과를 얻을 수 있다.
- [0058] 또한, 저열전도 금속 충전부(3)의 충전 두께는 저열전도 금속 충전부(3)의 직경 및 원상당경 이하로 할 필요가 있다. 충전 두께를 저열전도 금속 충전부(3)의 직경 및 원상당경과 동등, 또는 그들보다도 작게 하기 때문에, 도금 수단이나 용사 수단에 의한 원형 오목홈 및 의사 원형 오목홈으로의 저열전도 금속의 충전이 용이해지고, 또한, 충전한 저열전도 금속과 주형 구리판과의 사이에 극간(gap)이나 균열이 발생하는 일도 없다. 저열전도 금속과 주형 구리판과의 사이에 극간이나 균열이 발생한 경우에는, 충전한 저열전도 금속의 균열이나 박리가 발생하여, 주형 수명의 저하, 주편의 균열, 나아가서는 구속성 브레이크 아웃의 원인이 된다. 즉, 저열전도 금속 충전부(3)의 충전 두께는, 하기의 (1)식을 만족하는 것이 필요하다.
- [0059]  $0.5 \leq H \leq d \cdots (1)$
- [0060] 단, (1)식에 있어서, H는 금속의 충전 두께(mm), d는 원형 오목홈의 직경(mm) 또는 의사 원형 오목홈의 원상당경(mm)이다. 이 경우, 금속의 충전 두께는 원형 오목홈 혹은 의사 원형 오목홈의 깊이 이하로 한다.
- [0061] 또한, 저열전도 금속 충전부(3)의 충전 두께(H)의 상한값은, 원형 오목홈의 직경(d)으로 결정된다. 단, 충전 두께(H)가 10.0mm를 초과하면 상기 효과는 포화되기 때문에, 충전 두께(H)는, 원형 오목홈의 직경(d) 이하이고 또한 10.0mm 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0062] 본 발명에 있어서, 두께가 동일한 저열전도 금속 충전부(3)를 주조 방향 또는 주형 폭방향으로 설치할 필요는 없다. 저열전도 금속 충전부(3)의 두께가 상기 (1)식의 범위 내인 한, 도 5에 나타내는 바와 같이, 두께가 상이한 저열전도 금속 충전부(3)를 주조 방향 또는 주형 폭방향으로 설치해도 상관없다(도 5에 있어서, 두께 H1>두께 H2). 이 경우도, 주형 내에서의 응고 셀의 불균일 냉각에 기인하는 주편 표면 균열을 방지하는 것이 가능하다. 단, 저열전도 금속 충전부(3)의 두께가 장소에 따라 대폭으로 상이하면, 저열전도 금속 충전부(3)의 두께가 상대적으로 두꺼운 영역에서 국소적으로 응고가 늦어져, 그 위치에서 표면 균열이 발생할 우려가 있기 때문에, 보다 바람직하게는 단일한 두께로 한다. 도 5는, 본 발명에 따른 연속 주조용 주형의 일부를 구성하는 주형 장변 구리판으로서, 두께가 상이한 저열전도 금속 충전부가 주조 방향 및 주형 폭방향에 설치된 주형 장변 구리판을 내벽면측으로부터 본 개략 측면도 및, 그 A-A' 단면도, B-B' 단면도이다.
- [0063] 또한, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격은, 저열전도 금속 충전부(3)의 직경 및 원상당경의 0.25배 이상인 것이 바람직하다. 즉, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격은 저열전도 금속 충전부(3)의 직경 또는 원상당경에 대하여 하기의 (2)식의 관계를 만족하는 것이 바람직하다.
- [0064]  $P \geq 0.25 \times d \cdots (2)$
- [0065] 단, (2)식에 있어서, P는 저열전도 금속 충전부끼리의 간격(mm), d는 저열전도 금속 충전부의 직경(mm) 또는 원

상당경(㎜)이다.

- [0066] 여기에서, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격이란, 도 2에 나타내는 바와 같이, 서로 이웃하는 저열전도 금속 충전부(3)의 단부(端部) 간의 최단 거리이다. 저열전도 금속 충전부끼리의 간격을 「 $0.25 \times d$ 」 이상으로 함으로써, 간격이 충분히 크고, 저열전도 금속 충전부(3)에 있어서의 열유속과 구리부(저열전도 금속 충전부(3)가 형성되어 있지 않은 부위)의 열유속과의 차이가 커져, 상기 효과를 얻을 수 있다. 저열전도 금속 충전부끼리의 간격의 상한값은 특별히 규정하지 않지만, 이 간격이 커지면, 저열전도 금속 충전부(3)의 면적률이 저하되기 때문에 「 $2.0 \times d$ 」 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0067] 도 1에서는, 주조 방향 또는 주형 폭방향에 동일 간격으로 저열전도 금속 충전부(3)를 설치하고 있지만, 본 발명에서는 동일 간격으로 저열전도 금속 충전부(3)를 설치할 필요는 없다. 도 6에 나타내는 바와 같이, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격을 바꾸어 저열전도 금속 충전부(3)를 주조 방향 또는 주형 폭방향으로 설치해도 상관없다(도 6에 있어서, 간격  $P1 >$  간격  $P2$ ). 이 경우에도, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격은 (2)식의 관계를 만족하는 것이 바람직하다. 저열전도 금속 충전부끼리의 간격이 주조 방향 또는 주형 폭방향에서 상이한 경우라도, 주형 내에서의 응고 셀의 불균일 냉각에 기인하는 주편 표면 균열을 방지하는 것이 가능하다. 단, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격이 하나의 주형 내에서 크게 상이하면, 저열전도 금속 충전부(3)의 면적률이 국소적으로 높은 영역에서 응고가 늦어져, 그 위치에서 표면 균열이 발생할 우려가 있기 때문에, 보다 바람직하게는 단일한 간격으로 한다. 도 6은, 본 발명에 따른 연속 주조용 주형의 일부를 구성하는 주형 장변 구리판으로서, 저열전도 금속 충전부가, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격을 바꾸어 주조 방향 및 주형 폭방향으로 설치된 주형 장변 구리판을 내벽면측으로부터 본 개략 측면도이다.
- [0068] 저열전도 금속 충전부(3)가 형성된 범위 내의 구리 주형 내벽면에 있어서의 저열전도 금속 충전부(3)가 차지하는 면적률( $\varepsilon$ )은 10% 이상인 것이 바람직하다. 이 면적률( $\varepsilon$ )을 10% 이상 확보함으로써, 열유속이 작은 저열전도 금속 충전부(3)가 차지하는 면적이 확보되고, 저열전도 금속 충전부(3)와 구리부와 열유속차가 줄어들어, 상기 효과를 안정적으로 얻을 수 있다. 또한, 저열전도 금속 충전부(3)가 차지하는 면적률( $\varepsilon$ )의 상한은 특별히 규정하지 않지만, 전술한 바와 같이, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격을 「 $0.25 \times d$ 」 이상으로 하는 것이 바람직하고, 이 조건을 최대의 면적률( $\varepsilon$ )로 하면 좋다.
- [0069] 또한, 주형 하부의 저열전도 금속 충전부(3)가 형성되어 있지 않은 범위의 주조 방향 길이, 즉, 저열전도 금속 충전부(3)의 하단 위치에서 주형 하단 위치까지의 거리가, 정상 주조시의 주편 인발 속도에 대하여 하기의 (3)식의 조건을 만족하는 것이 바람직하다.
- [0070] 
$$L \geq Vc \times 100 \cdots (3)$$
- [0071] 단, (3)식에 있어서, L은 저열전도 금속 충전부의 하단 위치에서 주형 하단 위치까지의 거리(㎜), Vc는 정상 주조시의 주편 인발 속도(m/min)이다.
- [0072] 저열전도 금속 충전부(3)의 하단 위치에서 주형 하단 위치까지의 거리(L)가 (3)식을 만족하는 경우는, 완냉각의 영역이 적당한 범위로 억제되고, 특히, 고속 주조를 행할 때에도 주형으로부터 인발된 시점에서의 응고 셀의 두께가 확보되어, 주편의 벌짐(bulging; 용강 정압(static pressure)에 의해 응고 셀이 부풀어 오르는 현상)이나 브레이크 아웃의 발생을 방지할 수 있다.
- [0073] 저열전도 금속 충전부(3)의 배열은, 도 1에 나타내는 바와 같은 지그재그(zigzag) 배열이 바람직하지만, 본 발명에 있어서 저열전도 금속 충전부(3)의 배열은 지그재그 배열로 한정되는 것이 아니고, 어떠한 배열이라도 상관없다. 단, 상기의 저열전도 금속 충전부끼리의 간격(P) 및 저열전도 금속 충전부(3)가 차지하는 면적률( $\varepsilon$ )이 전술한 조건을 만족하는 범위 내의 배열인 것이 바람직하다.
- [0074] 또한, 저열전도 금속 충전부(3)는, 연속 주조용 주형의 장변 주형 구리판과 단변 주형 구리판의 쌍방에 설치하는 것을 기본으로 하지만, 슬래브 주편과 같이 주편 단변 길이에 대하여 주편 장변 길이의 비가 큰 경우에는, 주편 장변측에 표면 균열이 발생하는 경향이 있어, 저열전도 금속 충전부(3)를 장변측에만 설치해도, 본 발명의 효과를 얻을 수 있다.
- [0075] 또한, 도 7에 나타내는 바와 같이, 저열전도 금속 충전부(3)를 형성시킨 구리 주형 내벽면에, 응고 셀에 의한 마모나 열이력(thermal history)에 의한 주형 표면의 균열을 방지하는 것을 목적으로 하여, 도금층(4)을 형성하는 것이 바람직하다. 이 도금층(4)은 일반적으로 이용되는 니켈계 합금, 예를 들면 니켈-코발트 합금(Ni-Co 합금) 등을 도금함으로써 충분하다. 단, 도금층(4)의 두께(h)는 2.0㎜ 이하로 하는 것이 바람직하다. 도금층(4)의 두께(h)를 2.0㎜ 이하로 함으로써, 열유속에 미치는 도금층(4)의 영향을 적게 할 수 있어, 저열전도 금속

충전부(3)에 의한 열유속의 주기적인 변동의 효과를 충분히 얻을 수 있다. 또한, 도 7은, 구리 주형 내벽면에 구리 주형 표면의 보호를 위한 도금층을 형성한 예를 나타내는 개략도이다.

[0076] 이와 같이 구성되는 연속 주조용 주형을 이용하여 주편을 연속 주조할 때에, 주형 내에 첨가하는 몰드 파우더로서는, 결정화 온도(crystallization temperature)가 1100℃ 이하이고, 또한, 염기도( $((\text{질량}\% \text{CaO})/(\text{질량}\% \text{SiO}_2))$ )가 0.5~1.2의 범위 내인 몰드 파우더인 것이 바람직하다. 여기에서 결정화 온도란, 용융 상태의 몰드 파우더를 급냉하여 유리화시켜, 유리화된 몰드 파우더를 재차 승온하는 과정에서, 결정이 생성되는 온도이다. 이에 대하여, 용융 상태의 몰드 파우더를 강온(降溫)하는 과정에서, 몰드 파우더의 점도가 급격한 증가를 나타내는 온도를 응고 온도(solidification temperature)라고 한다. 따라서, 몰드 파우더에 있어서, 결정화 온도와 응고 온도는 상이하며, 결정화 온도 쪽이 응고 온도에 비하여 더 낮다.

[0077] 몰드 파우더의 결정화 온도를 1100℃ 이하로 하고 또한 염기도( $((\text{질량}\% \text{CaO})/(\text{질량}\% \text{SiO}_2))$ )를 1.2 이하로 함으로써, 주형벽으로의 몰드 파우더 고착층의 형성이 방지되어, 저열전도 금속 충전부(3)에 의한 규칙적이고 주기적인 열유속의 변동에 대한 몰드 파우더층에 의한 영향을 최소한으로 억제할 수 있다. 즉, 저열전도 금속 충전부(3)에 의한 규칙적이고 주기적인 열유속의 변동을 유효하게 응고 셀에 부가할 수 있다. 한편, 몰드 파우더의 염기도( $((\text{질량}\% \text{CaO})/(\text{질량}\% \text{SiO}_2))$ )를 0.5 이상으로 확보함으로써, 몰드 파우더의 점도는 높아지지 않고, 주형과 응고 셀과의 간극으로의 몰드 파우더의 유입량이 확보되어, 구속성 브레이크 아웃을 미연에 방지할 수 있다.

[0078] 본 발명에서 사용하는 몰드 파우더에는, 용융 특성을 제어하기 위해,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$  등을 첨가해도 좋다. 또한, 몰드 파우더의 용융 속도를 제어하기 위한 탄소를 첨가해도 좋고, 나아가서는, 그 외의 불가피적 불순물을 함유해도 좋다. 단, 몰드 파우더의 결정화를 촉진시키는 효과가 있는 불소(F)는 10질량% 미만,  $\text{MgO}$ 는 5질량% 미만,  $\text{ZrO}_2$ 는 2질량% 미만으로 하는 것이 바람직하다.

[0079] 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 의하면, 복수의 저열전도 금속 충전부(3)를, 메니스커스 위치를 포함하여 메니스커스 근방의 연속 주조용 주형의 폭방향 및 주조 방향으로 설치하기 때문에, 메니스커스 근방의 주형 폭방향 및 주조 방향에 있어서의 연속 주조용 주형의 열저항이 규칙적이고 또한 주기적으로 증감한다. 이에 따라, 메니스커스 근방, 즉, 응고 초기에서의 응고 셀로부터 연속 주조용 주형으로의 열유속이 규칙적이고 또한 주기적으로 증감한다. 이 열유속의 규칙적이고 또한 주기적인 증감에 의해,  $\delta/\gamma$  변태에 의한 응력이나 열응력이 저감되어, 이들 응력에 의해 발생하는 응고 셀의 변형이 작아진다. 응고 셀의 변형이 작아짐으로써, 응고 셀의 변형에 기인하는 불균일한 열유속 분포가 균일화되고, 또한, 발생하는 응력이 분산되어 각각의 변형량이 작아진다. 그 결과, 응고 셀 표면에 있어서의 균열의 발생이 방지된다.

[0080] 또한, 상기 설명은 슬래브 주편용의 연속 주조용 주형에 관하여 행했지만, 본 발명은 슬래브 주편용의 연속 주조용 주형에 한정되는 것이 아니라, 블룸(bloom) 주편용이나 빌렛(billet) 주편용의 연속 주조용 주형에 있어서도 상기를 따라 본 발명을 적용할 수 있다.

[0081] 실시예 1

[0082] 중탄소강(화학 성분, C: 0.08~0.17질량%, Si: 0.10~0.30질량%, Mn: 0.50~1.20질량%, P: 0.010~0.030질량%, S: 0.005~0.015질량%, Al: 0.020~0.040질량%)을, 내벽면에 여러 가지의 조건으로 저열전도 금속 충전부가 설치된 수냉 구리 주형을 이용하여 주조하고, 주조 후의 주편의 표면 균열을 조사하는 시험을 행했다. 이용한 수냉 구리 주형은, 장변 길이가 1.8m, 단변 길이가 0.26m인 내면 공간 사이즈를 갖는 주형이다.

[0083] 사용한 수냉 구리 주형의 상단에서 하단까지의 길이(=주형 길이)는 900mm이며, 정상 주조시의 메니스커스(주형 내 용강탕면)의 위치를, 주형 상단으로부터 100mm 하방 위치로 설정했다. 우선, 주형 상단보다 80mm 하방의 위치에서 주형 상단보다 300mm 하방의 위치까지의 범위(범위 길이=220mm)에, 주형 내벽면에 원형 오목홈의 가공을 행했다. 이어서, 이 원형 오목홈의 내부에 도금 수단을 이용하여 니켈(열전도율: 80W/(m·K))을 충전시켜, 저열전도 금속 충전부를 형성시켰다. 그때, 주형 상단보다 80mm 하방의 위치에서 주형 상단보다 190mm 하방의 위치까지의 범위와, 주형 상단보다 190mm 하방의 위치에서 주형 상단보다 300mm 하방의 위치까지의 범위에서, 저열전도 금속 충전부의 직경(d), 충전 두께(H), 저열전도 금속 충전부끼리의 간격(P)을 변화시킨 수냉 구리 주형도 준비했다. 니켈의 원형 오목홈으로의 충전 깊이는, 원형 오목홈의 깊이와 동일하게 했다.

[0084] 또한, 주형 상단보다 80mm 하방의 위치에서 주형 상단보다 750mm 하방의 위치까지의 범위(범위 길이=670mm)에, 상기와 동일한 방법으로 저열전도 금속 충전부를 형성시킨 수냉 구리 주형도 준비했다.



- [0085] 주형 내의 메니스커스 위치를 주형 상단으로부터 100mm 하방 위치로 설정했기 때문에, 주형 상단에서 300mm 하방의 위치까지의 범위에 저열전도 금속 충전부를 설치한 주형에서는, 도 1에 있어서의 거리(Q)가 20mm이고, 거리(R)가 200mm이고, 거리(L)가 600mm가 되며, 주형 상단으로부터 750mm 하방의 위치까지의 범위에 저열전도 금속 충전부를 설치한 주형에서는, 거리(Q)가 20mm이고, 거리(R)가 650mm이고, 거리(L)가 150mm가 된다.
- [0086] 원형 오목홈의 구멍 깊이가 깊은 경우는, 수회에 걸쳐 도금, 표면 연삭을 반복하여 행하여, 소망하는 형상의 저열전도 금속 충전부를 주형 내벽면에 형성시켰다. 그 후, 주형 내벽면의 전체면에 Ni-Co 합금을 도금하여, 주형 상단에서의 두께 0.5mm, 주형 하단에서의 두께 1.0mm의 도금층을 시공했다(저열전도 금속 충전부에서의 Ni-Co 도금층 두께는 약 0.6mm).
- [0087] 또한, 비교를 위해, 저열전도 금속 충전부를 설치하지 않고, 주형 내벽면에, 주형 상단에서의 두께가 0.5mm, 주형 하단에서의 두께가 1.0mm인 Ni-Co 도금층을 시공한 수냉 구리 주형도 준비했다.
- [0088] 연속 주조 조업에 있어서는, 몰드 파우더로서, 염기도( $((\text{질량}\% \text{CaO})/(\text{질량}\% \text{SiO}_2))$ )가 1.1, 응고 온도가 1210℃, 1300℃에서의 점성률이 0.15Pa·s인 몰드 파우더를 사용했다. 이 몰드 파우더는 본 발명의 적합한 범위의 것이다. 응고 온도란, 전술한 바와 같이, 용융 상태의 몰드 파우더를 강온하는 과정에서, 몰드 파우더의 점도가 급격한 증가를 나타내는 온도이다. 정상 주조시에서의 주형 내의 메니스커스 위치는, 주형 상단으로부터 100mm 하방 위치로 하고, 메니스커스가 저열전도 금속 충전부의 설치 범위 내에 존재하도록 제어했다. 또한, 정상 주조시의 주편 인발 속도는 1.7~2.2m/min로 하고, 주편의 표면 균열을 조사하는 주편은, 모든 시험에서, 정상 주조시의 주편 인발 속도가 1.8m/min인 주편을 대상으로 했다. 메니스커스로부터 저열전도 금속 충전부의 하단 위치까지의 거리(R)는 200mm 이상이기 때문에, 모든 시험에서, 거리(R)와 정상 주조시의 주편 인발 속도(Vc)와의 관계는 (4)식을 만족한다. 턴디시 내의 용강 과열도는 25~35℃로 했다.
- [0089] 연속 주조가 종료된 후, 주편 장변의 표면을 산세정(pickling)하여 스케일(scale)을 제거하고, 표면 균열의 발생수를 측정했다. 중탄소강 주편의 표면 균열의 발생 상황을 표 1 및 표 2에 나타낸다. 주편 표면 균열의 발생 상황은, 주편의 길이를 분모로 하고, 표면 균열이 발생한 부위의 주편의 길이를 분자로 하여 산출한 값을 이용하여 평가했다. 또한, 표 1 및 표 2의 비교란에는, 본 발명의 범위 내의 시험을 본 발명에, 저열전도 금속 충전부를 갖기는 하지만 본 발명의 범위를 만족하지 않는 수냉 구리 주형을 사용한 시험을 비교예, 저열전도 금속 충전부를 갖고 있지 않은 수냉 주형을 사용한 시험을 종래예로 표시하고 있다.

표 1

| 시험<br>No. | 충진<br>금속 | 직경 d<br>(mm) | 두께 H<br>(mm) | 간격 P<br>(mm) | 면적률 ε<br>(%) | 거리 R<br>(mm) | 거리 L<br>(mm) | 충진 폭위<br>(mm) | 인발 속도<br>Vc<br>(m/min) | 주 변<br>표면 균열 | 주형의<br>상태 | 주 변의<br>경도 | 비 고      |
|-----------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|------------------------|--------------|-----------|------------|----------|
| 1         | Ni       | 2            | 0.5          | 1.0          | 40           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 2         | Ni       | 2            | 1.0          | 2.0          | 23           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 3         | Ni       | 2            | 2.0          | 4.0          | 10           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 4         | Ni       | 4            | 1.0          | 2.0          | 40           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 5         | Ni       | 4            | 2.0          | 4.0          | 23           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 6         | Ni       | 4            | 4.0          | 8.0          | 10           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 7         | Ni       | 6            | 0.5          | 1.5          | 58           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 8         | Ni       | 6            | 2.0          | 3.0          | 40           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 9         | Ni       | 6            | 2.0          | 6.0          | 23           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 10        | Ni       | 6            | 3.0          | 6.0          | 23           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 11        | Ni       | 6            | 6.0          | 12.0         | 10           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 12        | Ni       | 10           | 2.0          | 5.0          | 40           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 13        | Ni       | 10           | 4.0          | 10.0         | 23           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 14        | Ni       | 10           | 8.0          | 15.0         | 15           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 15        | Ni       | 20           | 2.0          | 10.0         | 40           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 16        | Ni       | 20           | 5.0          | 20.0         | 23           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 17        | Ni       | 2            | 1.0          | 5.0          | 7            | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 18        | Ni       | 4            | 2.0          | 0.8          | 63           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 19        | Ni       | 4            | 4.0          | 10.0         | 7            | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 20        | Ni       | 6            | 2.0          | 1.0          | 67           | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 21        | Ni       | 6            | 3.0          | 14.0         | 8            | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |
| 22        | Ni       | 10           | 5.0          | 24.0         | 8            | 200          | 600          | 220           | 1.8                    | 이음<br>균열     | 양호        | 이음<br>경도   | 비고<br>표면 |

[0090]



표 2

| 시험 No. | 시험종류 | 직경 d (mm) | 두께 H (mm) | 간격 P (mm) | 면적률 $\epsilon$ (%) | 거리 R (mm) | 거리 L (mm) | 충전 범위 (mm) | 인발 속도 Vc (m/min) | 주변 표면 균열    | 주형의 상태 | 이전 잔존 결함 | 비고  |
|--------|------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|------------------|-------------|--------|----------|-----|
| 23     | Ni   | 20        | 4.0       | 4.0       | 63                 | 200       | 600       | 220        | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
| 24     | Ni   | 4         | 2.0       | 4.0       | 23                 | 650       | 150       | 670        | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
| 25     | Ni   | 4         | 2.0       | 6.0       | 15                 | 200       | 600       | 110(상과)    | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
|        |      | 6         | 2.0       | 6.0       | 23                 |           |           | 110(하과)    |                  |             |        |          |     |
| 26     | Ni   | 10        | 2.0       | 5.0       | 40                 | 200       | 600       | 110(상과)    | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
|        |      | 10        | 2.0       | 10.0      | 23                 |           |           | 110(하과)    |                  |             |        |          |     |
| 27     | Ni   | 10        | 4.0       | 10.0      | 23                 | 200       | 600       | 110(상과)    | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
|        |      | 10        | 2.0       | 10.0      | 23                 |           |           | 110(하과)    |                  |             |        |          |     |
| 28     | Ni   | 1.8       | 1.0       | 2.0       | 20                 | 200       | 600       | 220        | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
| 29     | Ni   | 2         | 0.4       | 1.0       | 40                 | 200       | 600       | 220        | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
| 30     | Ni   | 4         | 0.4       | 4.0       | 23                 | 200       | 600       | 220        | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
| 31     | Ni   | 6         | 8.0       | 3.0       | 40                 | 200       | 600       | 220        | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
| 32     | Ni   | 10        | 0.4       | 2.5       | 58                 | 200       | 600       | 220        | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
| 33     | Ni   | 10        | 12.0      | 10.0      | 23                 | 200       | 600       | 220        | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
| 34     | Ni   | 25        | 5.0       | 10.0      | 46                 | 200       | 600       | 220        | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
| 35     | Ni   | 1.5       | 2.0       | 6.0       | 33                 | 200       | 600       | 110(상과)    | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
|        |      | 6         | 2.0       | 6.0       | 23                 |           |           | 110(하과)    |                  |             |        |          |     |
| 36     | Ni   | 6         | 2.0       | 1.0       | 69                 | 200       | 600       | 110(상과)    | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
|        |      | 6         | 2.0       | 2.0       | 23                 |           |           | 110(하과)    |                  |             |        |          |     |
| 37     | Ni   | 10        | 15.0      | 10.0      | 23                 | 200       | 600       | 110(상과)    | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |
|        |      | 10        | 10.0      | 10.0      | 23                 |           |           | 110(하과)    |                  |             |        |          |     |
| 38     | -    | -         | -         | -         | -                  | 0         | 900       | 0          | 1.8              | 이전 표면 균열 없음 | 이전 양   | 이전 양     | 비교예 |

[0091]

[0092]

시험 No.1~16은, 저열전도 금속 충전부의 직경(d) 및 충전 두께(H)가 본 발명의 범위 내이며, 또한, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격(P), 저열전도 금속 충전부가 차지하는 면적률( $\epsilon$ ), 저열전도 금속 충전부의 하단 위치에서 주형 하단 위치까지의 거리(L)와 주변 인발 속도(Vc)와의 관계, 메니스커스에서 저열전도 금속 충전부의 하단 위치까지의 거리(R)와 주변 인발 속도(Vc)와의 관계 및, 사용하는 몰드 파우더가 본 발명의 적합한 범위 내이다. 이 시험 No.1~16에서는, 주형에 균열은 발생하지 않고, 또한, 주변에 표면 균열은 발생하지 않았다. 즉, 시험 No.1~16에서는, 주형에 균열을 발생시키는 일 없이, 중탄소강과 같이 표면 균열이 발생하기 쉬운 강에 대해서도, 주변의 표면 균열을 종래와 비교하여 대폭으로 저감할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

[0093]

시험 No.17, 19, 21, 22는, 저열전도 금속 충전부가 차지하는 면적률( $\epsilon$ )이 10% 이하로서, 본 발명의 적합한 범위로부터 벗어난다. 단, 그 외의 조건은 본 발명의 범위 내 및 본 발명의 적합한 범위 내이며, 시험 No.17, 19, 21, 22에서는, 주변에 미세한 표면 균열이 발생했지만, 종래와 비교하여 대폭으로 표면 균열을 저감할 수

있는 것을 확인할 수 있었다.

- [0094] 시험 No.18, 20, 23은, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격(P)의 저열전도 금속 충전부의 직경(d)에 대한 관계가 본 발명의 적합한 범위의 하한값을 벗어난다. 단, 그 외의 조건은 본 발명의 범위 내 및 본 발명의 적합한 범위 내이며, 시험 No.18, 20, 23에서는, 주편에 미세한 표면 균열이 발생했지만, 종래와 비교하여 대폭으로 표면 균열을 저감할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.
- [0095] 시험 No.24는, 거리(L)와 주편 인발 속도(Vc)와의 관계가 본 발명의 적합한 범위를 벗어나고 있기 때문에, 주형 직하의 응고 셀 두께가 얇아져, 주형 직하에서의 벌징량이 커졌다. 그러나, 주형 직하 이후의 2차 냉각대에서, 응고 셀의 표면이 2차 냉각수에 의해 냉각되어, 응고 셀 두께가 증가했기 때문에, 2차 냉각대에서의 벌징량은 통상과 동등해져, 브레이크 아웃에는 이르지 않아, 특별히 문제가 될 것은 없었다. 그 외의 조건은 본 발명의 범위 내 및 본 발명의 적합한 범위 내이며, 주편에 표면 균열은 발생하지 않고, 종래와 비교하여 대폭으로 표면 균열을 저감할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.
- [0096] 시험 No.25는, 저열전도 금속 충전부의 설치 범위의 상부 110mm의 범위와 하부 110mm의 범위에서, 저열전도 금속 충전부의 직경(d)을 본 발명의 범위 내에서 변화시킨 시험이다. 시험 No.25에서는, 저열전도 금속 충전부의 충전 두께(H)가 본 발명의 범위 내이며, 또한, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격(P), 저열전도 금속 충전부가 차지하는 면적률( $\epsilon$ ), 거리(L)와 주편 인발 속도(Vc)와의 관계, 거리(R)와 주편 인발 속도(Vc)와의 관계 및, 사용하는 몰드 파우더가 본 발명의 적합한 범위 내이다. 이 시험 No.25에서는, 주형에 균열은 발생하지 않고, 또한, 주편에 표면 균열은 발생하지 않았다.
- [0097] 시험 No.26은, 저열전도 금속 충전부의 설치 범위의 상부 110mm의 범위와 하부 110mm의 범위에서, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격(P)을 본 발명의 적합한 범위 내에서 변화시킨 시험이다. 시험 No.26에서는, 저열전도 금속 충전부의 직경(d) 및 충전 두께(H)가 본 발명의 범위 내이며, 또한, 저열전도 금속 충전부가 차지하는 면적률( $\epsilon$ ), 거리(L)와 주편 인발 속도(Vc)와의 관계, 거리(R)와 주편 인발 속도(Vc)와의 관계 및, 사용하는 몰드 파우더가 본 발명의 적합한 범위 내이다. 이 시험 No.26에서는, 주형에 균열은 발생하지 않고, 또한, 주편에 표면 균열은 발생하지 않았다.
- [0098] 시험 No.27은, 저열전도 금속 충전부의 설치 범위의 상부 110mm의 범위와 하부 110mm의 범위에서, 저열전도 금속 충전부의 두께(H)를 본 발명의 범위 내에서 변화시킨 시험이다. 시험 No.27에서는, 저열전도 금속 충전부의 직경(d)이 본 발명의 범위 내이며, 또한, 저열전도 금속 충전부가 차지하는 면적률( $\epsilon$ ), 거리(L)와 주편 인발 속도(Vc)와의 관계, 거리(R)와 주편 인발 속도(Vc)와의 관계 및, 사용하는 몰드 파우더가 본 발명의 적합한 범위 내이다. 이 시험 No.27에서는, 주형에 균열은 발생하지 않고, 또한, 주편에 표면 균열은 발생하지 않았다.
- [0099] 시험 No.28~37에서는, 주형 내벽면에 저열전도 금속 충전부가 형성되어 있기는 하지만, 설치 조건이 본 발명의 범위 외이며, 주편에서의 표면 균열 발생과 주형에서의 균열 발생을 동시에 달성할 수는 없었다. 또한, 저열전도 금속 충전부가 형성되어 있지 않은 시험 No.38에서는, 주편 표면에 균열이 발생했다.
- [0100] 실시예 2
- [0101] 중탄소강(화학 성분, C: 0.08~0.17질량%, Si: 0.10~0.30질량%, Mn: 0.50~1.20질량%, P: 0.010~0.030질량%, S: 0.005~0.015질량%, Al: 0.020~0.040질량%)을, 내벽면에 여러 가지의 조건으로 저열전도 금속 충전부가 설치된 수냉 구리 주형을 이용하여, 여러 가지의 주조 조건 및 여러 가지의 몰드 파우더를 사용하여 주조하고, 주조 후의 주편의 표면 균열을 조사하는 시험을 행했다. 이용한 수냉 구리 주형은, 장변 길이가 1.8m, 단변 길이가 0.26m인 내면 공간 사이즈를 갖는 주형이다.
- [0102] 사용한 수냉 구리 주형의 상단에서 하단까지의 길이(=주형 길이)는 900mm이며, 정상 주조시의 메니스커스 위치를 주형 상단으로부터 100mm 하방의 위치로 설정했다. 우선, 주형 상단보다 80mm 하방의 위치에서 주형 상단보다 140~300mm 하방의 위치까지의 범위의 주형 내벽면에 원형 오목홈의 가공을 행했다. 이어서, 이 원형 오목홈의 내부에 도금 수단을 이용하여 니켈(열전도율: 80W/(m·K))을 충전시켜 저열전도 금속 충전부를 형성시켰다. 원형 오목홈의 구멍 깊이가 깊은 경우는, 수회에 걸쳐 도금, 표면 연삭을 반복하여 행하여, 소망하는 형상의 저열전도 금속 충전부를 주형 내벽면에 형성시켰다.
- [0103] 주형 내의 메니스커스 위치를 주형 상단으로부터 100mm 하방 위치로 설정했기 때문에, 도 1에 있어서의 거리(Q)는 20mm이고, 거리(R)는 40~200mm이고, 거리(L)는 600~760mm가 된다.
- [0104] 그 후, 주형 내벽면의 전체면에 Ni-Co 합금을 도금하여, 주형 상단에서의 두께가 0.5mm, 주형 하단에서의 두께

가 1.0mm의 도금층을 시공했다(저열전도 금속 충전부에서의 Ni-Co 도금층 두께는 약 0.6mm).

[0105] 연속 주조 조업에 있어서는, 몰드 파우더로서, 염기도( $(\text{질량}\% \text{CaO})/(\text{질량}\% \text{SiO}_2)$ )가 0.4~1.8, 결정화 온도가 920~1250℃인 것을 사용했다. 결정화 온도란, 전술한 바와 같이, 용융 상태에서부터 급냉하여 유리화시킨 몰드 파우더를 재차 승온 하는 과정에서, 결정이 생성되는 온도이다. 또한, 정상 주조시의 주편 인발 속도는 1.5~2.4m/min, 턴디시 내의 용강 과열도는 20~35℃로 했다. 정상 주조시의 메니스커스 위치는, 주형 상단으로부터 100mm로 하고, 메니스커스가 저열전도 금속 충전부의 설치 범위 내에 존재하고, 또한, 정상 주조시에 메니스커스의 상방 20mm로부터 메니스커스의 하방 40~200mm의 범위에 저열전도 금속 충전부가 위치하도록 제어했다.

[0106] 연속 주조가 종료된 후, 주편 장변의 표면을 산세정하여 스케일을 제거하고, 표면 균열의 발생수를 측정했다. 중탄소강 주편의 표면 균열의 발생 상황을 표 3에 나타낸다. 주편 표면 균열의 발생 상황은, 저열전도 금속 충전부가 설치되어 있지 않은 주형을 사용하여 중탄소강 주편을 주조했을 때의 주편 표면 균열 발생 상황과 비교하여 평가했다. 여기에서, 표면 균열의 발생 및 디프레션(오목함)의 발생 상황은, 주편의 길이를 분모로 하고, 표면 균열 또는 디프레션이 발생한 부위의 주편의 길이를 분자로 하여 산출한 값을 이용하여 평가했다.

표 3

| 시험<br>No. | 종<br>금속 | 직경d<br>(mm) | 두께H<br>(mm) | 간격P<br>(mm) | 면적률ε<br>(%) | 거리R<br>(mm) | 거리L<br>(mm) | 인발 속도<br>Vc (m/min) | 몰드 파우더     |        | 주 변 표면 균열       | 주 변의<br>상태      | 브레이크<br>아웃<br>장모 | 비고 |
|-----------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|------------|--------|-----------------|-----------------|------------------|----|
|           |         |             |             |             |             |             |             |                     | 결정화<br>용기도 | 온도(°C) |                 |                 |                  |    |
| 51        | Ni      | 2           | 0.5         | 1.5         | 30          | 100         | 700         | 1.5                 | 0.80       | 1050   | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 52        | Ni      | 2           | 1.0         | 2.0         | 23          | 150         | 850         | 1.8                 | 0.95       | 1020   | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 53        | Ni      | 2           | 2.0         | 4.0         | 10          | 150         | 650         | 2.0                 | 1.15       | 1100   | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 54        | Ni      | 4           | 1.0         | 2.5         | 34          | 120         | 680         | 1.5                 | 1.00       | 1080   | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 55        | Ni      | 4           | 2.0         | 4.0         | 23          | 100         | 700         | 2.0                 | 1.20       | 1000   | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 56        | Ni      | 4           | 4.0         | 8.0         | 10          | 120         | 680         | 2.4                 | 0.85       | 980    | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 57        | Ni      | 6           | 0.5         | 1.5         | 58          | 80          | 720         | 1.5                 | 0.80       | 1050   | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 58        | Ni      | 6           | 2.0         | 4.0         | 33          | 100         | 700         | 1.8                 | 1.05       | 950    | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 59        | Ni      | 6           | 2.0         | 7.0         | 19          | 150         | 650         | 2.0                 | 1.05       | 1020   | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 60        | Ni      | 6           | 3.0         | 7.0         | 19          | 120         | 680         | 2.0                 | 0.90       | 1090   | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 61        | Ni      | 6           | 6.0         | 12.0        | 10          | 200         | 600         | 2.4                 | 0.90       | 960    | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 62        | Ni      | 10          | 2.0         | 6.0         | 35          | 100         | 700         | 1.8                 | 1.10       | 1020   | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 63        | Ni      | 10          | 4.0         | 12.0        | 19          | 100         | 700         | 2.0                 | 1.00       | 1060   | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 64        | Ni      | 10          | 8.0         | 15.0        | 15          | 150         | 650         | 2.4                 | 1.20       | 960    | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 65        | Ni      | 20          | 2.0         | 12.0        | 35          | 100         | 700         | 2.0                 | 0.80       | 1010   | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 66        | Ni      | 20          | 5.0         | 20.0        | 23          | 100         | 700         | 2.4                 | 1.00       | 1060   | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 67        | Ni      | 4           | 2.0         | 0.8         | 63          | 100         | 700         | 1.5                 | 1.10       | 1020   | 미소 균열           | 미소 균열           | 이음               | 비교 |
| 68        | Ni      | 6           | 2.0         | 1.4         | 60          | 120         | 680         | 2.0                 | 1.00       | 980    | 미소 균열           | 미소 균열           | 이음               | 비교 |
| 69        | Ni      | 20          | 4.0         | 4.0         | 63          | 120         | 680         | 2.4                 | 1.10       | 970    | 미소 균열           | 미소 균열           | 이음               | 비교 |
| 70        | Ni      | 2           | 2.0         | 4.0         | 10          | 100         | 700         | 2.0                 | 1.50       | 1150   | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 이음               | 비교 |
| 71        | Ni      | 4           | 2.0         | 5.0         | 18          | 100         | 700         | 2.0                 | 1.80       | 1250   | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 이음               | 비교 |
| 72        | Ni      | 6           | 2.0         | 6.0         | 23          | 150         | 650         | 2.0                 | 0.40       | 920    | 균열 없음           | 균열 없음           | 이음               | 비교 |
| 73        | Ni      | 6           | 2.0         | 8.0         | 17          | 100         | 700         | 2.4                 | 1.50       | 1080   | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 이음               | 비교 |
| 74        | Ni      | 6           | 2.0         | 8.0         | 17          | 120         | 680         | 2.0                 | 1.00       | 1180   | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 이음               | 비교 |
| 75        | Ni      | 10          | 4.0         | 12.0        | 19          | 100         | 700         | 1.5                 | 1.60       | 1230   | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 이음               | 비교 |
| 76        | Ni      | 6           | 0.5         | 1.5         | 58          | 40          | 760         | 1.5                 | 0.90       | 980    | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 이음               | 비교 |
| 77        | Ni      | 6           | 2.0         | 4.0         | 33          | 40          | 760         | 1.8                 | 1.00       | 1030   | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 이음               | 비교 |
| 78        | Ni      | 6           | 2.0         | 7.0         | 19          | 50          | 750         | 2.0                 | 1.10       | 1040   | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 경도의 디프레션, 미소 균열 | 이음               | 비교 |

[0107]

[0108]

표 3에 나타내는 바와 같이, 시험 No.51~66에서는, 저열전도 금속 충전부의 직경(d), 충전 두께(H)가 본 발명의 범위 내이며, 또한, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격(P), 저열전도 금속 충전부가 차지하는 면적률(ε), 거리(L)와 주 변 인발 속도(Vc)와의 관계, 거리(R)와 주 변 인발 속도(Vc)와의 관계 및, 사용하는 몰드 파우더가 본 발명의 적합한 범위 내이다. 이 시험 No.51~66에서는, 주형에 균열은 발생하지 않고, 또한, 주 변에 표면 균열은 발생하지 않았다. 즉, 시험 No.51~66에서는, 주형에 균열을 발생시키는 일 없이, 또한, 브레이크 아웃을 발생시키는 일 없이, 중탄소강과 같이 표면 균열이 발생하기 쉬운 강에 대해서도, 주 변의 표면 균열을 종래와 비교하여 대폭으로 저감할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

[0109]

시험 No.67, 68, 69는, 저열전도 금속 충전부끼리의 간격(P)이 본 발명의 적합한 범위로부터 벗어난 시험이다. 단, 그 외의 조건은 본 발명의 범위 내 및, 본 발명의 적합한 범위 내이다. 이들 시험에서는, 주 변에 미세한

표면 균열이 발생했지만, 종래와 비교하여 대폭으로 표면 균열을 저감할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

[0110] 시험 No.70, 71, 75는, 사용한 몰드 파우더의 결정화 온도 및 염기도가 본 발명의 적합한 범위로부터 벗어난 시험이다. 단, 그 외의 조건은 본 발명의 범위 내 및, 본 발명의 적합한 범위 내이다. 이들 시험에서는, 주편에 경도의(slight) 디프레션 및 미세한 표면 균열이 발생했지만, 종래와 비교하여 대폭으로 표면 균열을 저감할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

[0111] 시험 No.72는, 사용한 몰드 파우더의 염기도가 본 발명의 적합한 범위로부터 벗어난 시험이다. 단, 그 외의 조건은 본 발명의 범위 내 및, 본 발명의 적합한 범위 내이다. 이 시험에서는, 브레이크 아웃 경보가 발생했지만, 브레이크 아웃은 발생하지 않았다. 이 시험에서는, 주편에 균열은 발생하지 않고, 또한, 주편에 표면 균열은 발생하지 않아, 종래와 비교하여 대폭으로 표면 균열을 저감할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

[0112] 시험 No.73은, 사용한 몰드 파우더의 염기도가 본 발명의 적합한 범위로부터 벗어난 시험이며, 시험 No.74는, 사용한 몰드 파우더의 결정화 온도가 본 발명의 적합한 범위로부터 벗어난 시험이다. 단, 그 외의 조건은 본 발명의 범위 내 및, 본 발명의 적합한 범위 내이다. 시험 No.73, 74에서는, 주편에 경도의 디프레션 및 미세한 표면 균열이 발생했지만, 종래와 비교하여 대폭으로 표면 균열을 저감할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

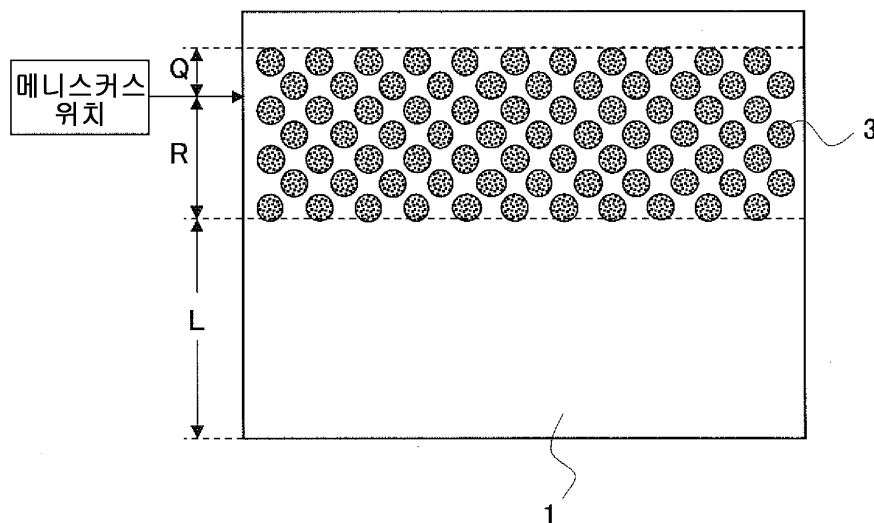
[0113] 시험 No.76~78은, 거리(R)와 주편 인발 속도(Vc)와의 관계가 본 발명의 적합한 범위로부터 벗어난 시험이다. 단, 그 외의 조건은 본 발명의 범위 내 및, 본 발명의 적합한 범위 내이다. 이들 시험에서는, 주편에 경도의 디프레션 및 미세한 표면 균열이 발생했지만, 종래와 비교하여 대폭으로 표면 균열을 저감할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

### 부호의 설명

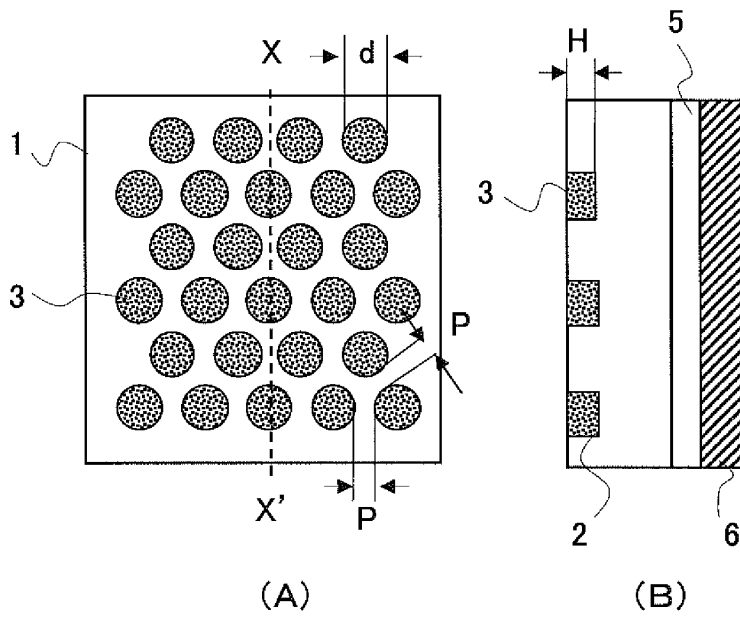
- [0114]
- 1 : 주형 장변 구리판
  - 2 : 원형 오목홈
  - 3 : 저열전도 금속 충전부
  - 4 : 도금층
  - 5 : 냉각수 유로
  - 6 : 백 플레이트

### 도면

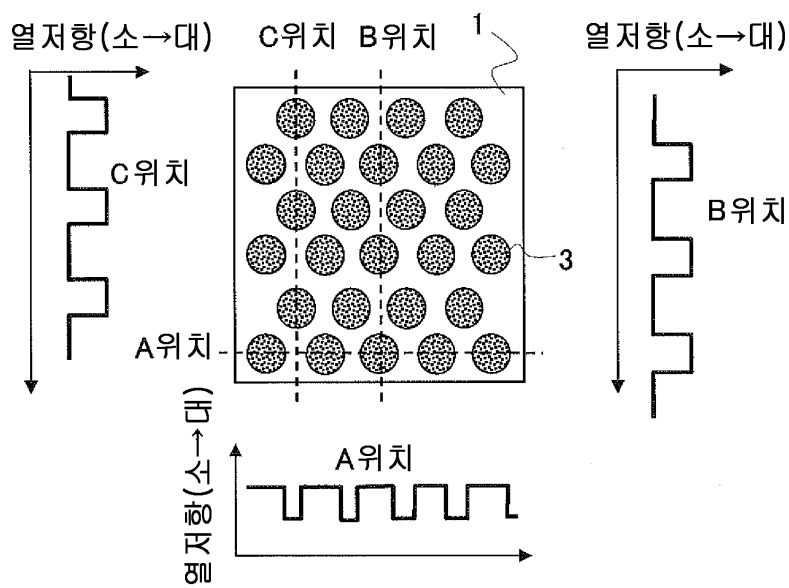
#### 도면1



도면2

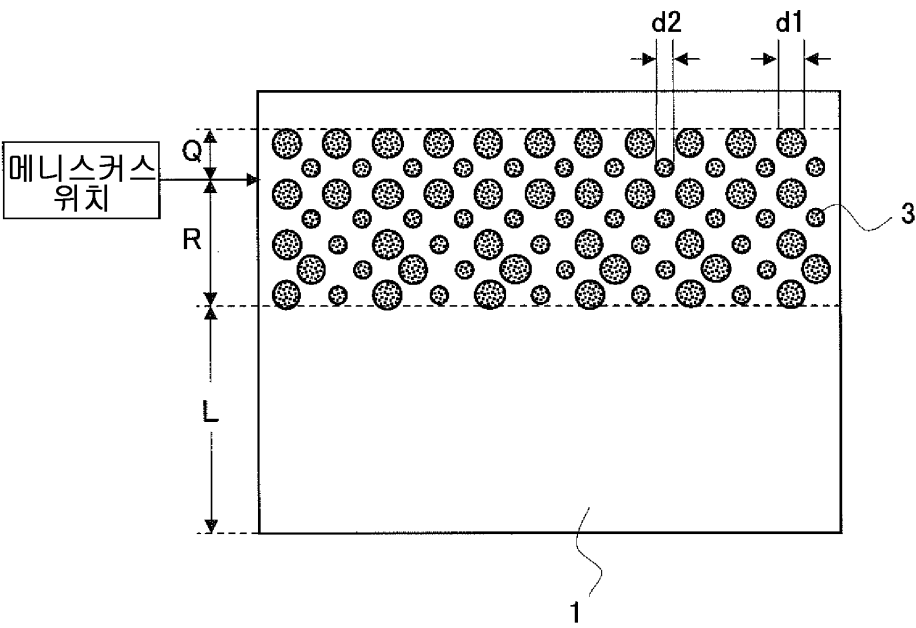


도면3

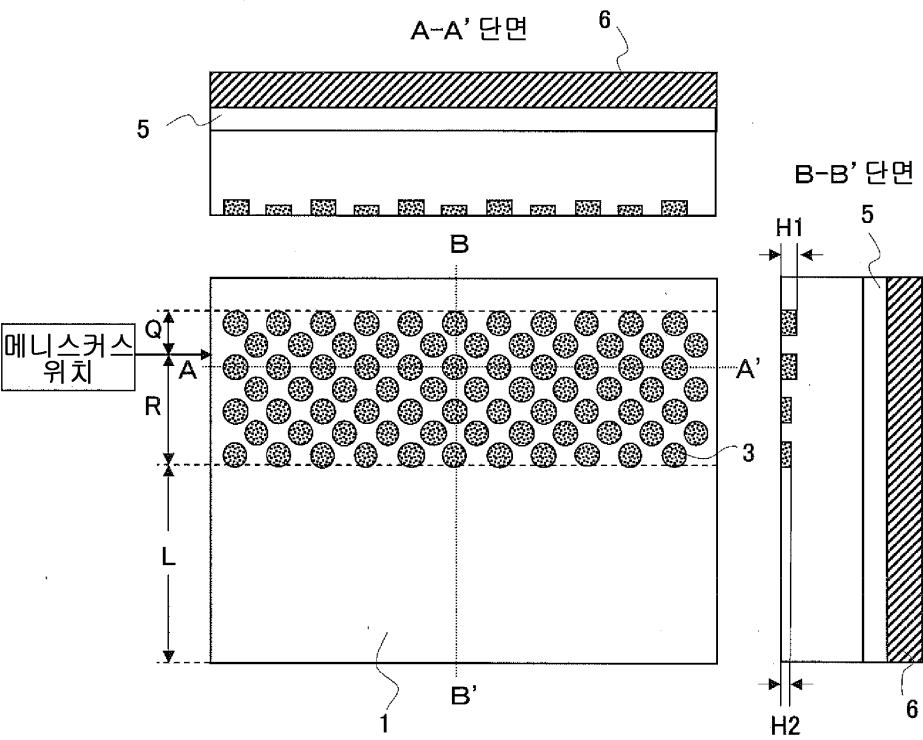




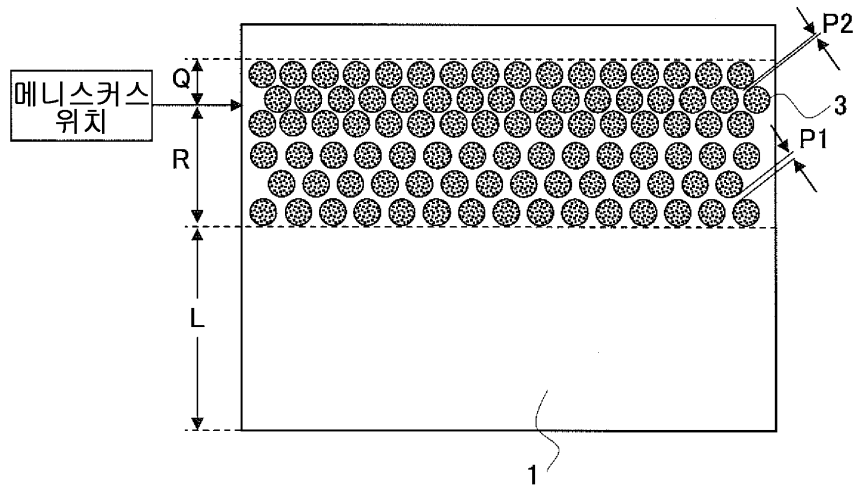
도면4



도면5



도면6



도면7

