



(19) 대한민국특허청(KR)  
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년02월15일  
 (11) 등록번호 10-1949063  
 (24) 등록일자 2019년02월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B22C 9/04* (2006.01) *B22C 3/00* (2006.01)  
*B22C 9/10* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*B22C 9/04* (2013.01)  
*B22C 3/00* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7012585
- (22) 출원일자(국제) 2015년10월19일  
 심사청구일자 2017년05월10일
- (85) 번역문제출일자 2017년05월10일
- (65) 공개번호 10-2017-0070119
- (43) 공개일자 2017년06월21일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2015/079474
- (87) 국제공개번호 WO 2016/080132  
 국제공개일자 2016년05월26일
- (30) 우선권주장  
 JP-P-2014-233403 2014년11월18일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문현  
 JP63183744 A

- (73) 특허권자  
**가부시키가이샤 고베 세이코쇼**  
 일본 효고Ken 고베시 주오구 와카노하마 가이간도  
 오리 2초메 2방 4고
- (72) 발명자  
**츠츠미 가즈유키**  
 일본 651-2271 효고Ken 고베시 니시쿠 다카쓰카다  
 이 1초메 5반 5고 가부시키가이샤 고베 세이코쇼  
 고베 소고 기쥬츠 젠큐죠 내
- (74) 대리인  
**장수길, 김명곤**

전체 청구항 수 : 총 2 항

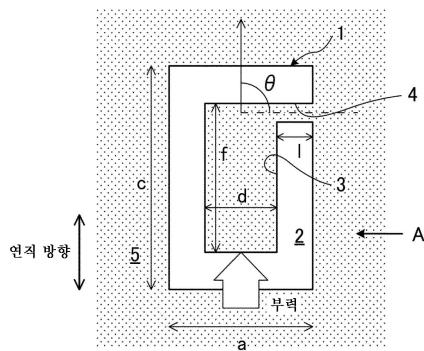
심사관 : 홍성의

## (54) 발명의 명칭 소설 모형 주조 방법

**(57) 요약**

발포 모형의 내부에 충전한 주물사가 부상하는 것을 억제하여, 마무리 상태가 양호한 주물을 주조할 수 있게 한다. 주형(1)의 외부와 공동부(3)를 연통시키는 개구부(4)를 발포 모형(2)에 형성하여, 개구부(4)에 도형체를 도포한다. 개구부(4)에 도포한 도형체를, 단면 2차 모멘트가 I, 연직 방향의 판 두께가 h, 길이가 L인 빔으로 간주한다. 이때, 공동부(3)의 체적을  $V(\text{mm}^3)$ , 공동부(3)에 충전하는 주물사의 벌크 밀도를  $\rho_s(\text{kg}/\text{mm}^3)$ , 용탕의 밀도를  $\rho_m(\text{kg}/\text{mm}^3)$ , 연직 방향에 대한 개구부(4)의 각도를  $\theta$ , 주탕 시에 가장 온도가 높아졌을 때의 도형체의 항절 강도를  $\sigma_b(\text{MPa})$ 라고 한다. 그리고, 이하의 식을 충족하도록, 개구부(4)의 단면 형상, 개구부(4)의 각도  $\theta$  및 도형체의 항절 강도  $\sigma_b$ 를 설정한다.

$$\sigma_b I > V(\rho_m - \rho_s) \{(hL/2)\sin\theta - \cos\theta\}$$

**대 표 도**

(52) CPC특허분류  
*B22C 9/10* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

내부에 공동부를 갖는 발포 모형의 표면에 도형체를 도포하여 이루어지는 주형을 주물사 내에 묻은 후에, 상기 주형 내에 금속의 용탕을 쏟아 부어, 상기 발포 모형을 소실시켜 상기 용탕과 치환함으로써, 주물을 주조하는 소실 모형 주조 방법에 있어서,

상기 주형의 외부와 상기 공동부를 연통시키는 개구부를 상기 발포 모형에 형성하여, 상기 개구부에 상기 도형체를 도포함과 함께,

상기 개구부에 도포한 상기 도형체를, 단면 2차 모멘트가  $I(\text{mm}^4)$ , 연직 방향의 판 두께가  $h(\text{mm})$ , 길이가  $L(\text{mm})$ 인 뼈으로 간주하였을 때, 상기 공동부의 체적을  $V(\text{mm}^3)$ , 상기 공동부에 충전하는 상기 주물사의 벌크 밀도를  $\rho_s(\text{kg}/\text{mm}^3)$ , 상기 용탕의 밀도를  $\rho_m(\text{kg}/\text{mm}^3)$ , 중력 가속도를  $g(\text{mm/sec}^2)$ , 연직 방향에 대한 상기 개구부의 각도를  $\Theta$ , 주탕 시에 가장 온도가 높아졌을 때의 상기 도형체의 항절 강도를  $\sigma_b(\text{MPa})$ 라고 하면, 이하의 식을 충족하도록, 상기 개구부의 단면 형상, 상기 개구부의 각도 및 상기 도형체의 항절 강도를 선정하는 것을 특징으로 하는 소실 모형 주조 방법.

$$\sigma b I > V(\rho_m - \rho_s)g\{(hL/2)\sin\Theta - \cos\Theta\}$$

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 연직 방향에 대한 상기 개구부의 각도  $\Theta$ 를  $90^\circ$ 로 하는 것을 특징으로 하는 소실 모형 주조 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001]

본 발명은 주물을 주조하는 소실 모형 주조 방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

[0002]

일반적인 사형 주조에 의한 방법에 대하여, 치수 정밀도가 우수한 주물을 주조하는 방법이 몇 가지 제안되어 있다. 예를 들어, 인베스트먼트 주조법(별명, 로스트 왁스법), 석고 주형 주조법, 소실 모형 주조법 등이 개발되어 있다.

[0003]

소실 모형 주조법은, 발포 모형의 표면에 도형체를 도포하여 이루어지는 주형을 주물사 내에 묻은 후에, 주형 내에 금속의 용탕을 쏟아 부어, 발포 모형을 소실시켜 용탕과 치환함으로써, 주물을 주조하는 방법이다.

[0004]

특허문현 1에는, 주조 시의 주입 시간을, 모형의 모듈러스(모형의 체적 ÷ 모형의 표면적)에 따라 설정하는 소실 모형 주조법이 개시되어 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0005]

(특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2011-110577호 공보

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0006] 그런데, 일반적인 캐비티 주조법으로 내부 공간을 갖는 주물을 만드는 경우, 측면 단면도인 도 3에 도시하는 바와 같이, 상형(21)과 하형(22)의 사이에 형성되는 공동(23) 내에, 주물의 내부 공간에 상당하는 형상의 코어(24)라고 불리는 사형을 배치한다. 그러나, 측면 단면도인 도 4에 도시하는 바와 같이, 주조 중, 코어(24)는 용탕에 둘러싸여, 연직 방향으로 부력을 받는다. 그 때문에, 코어(24)를 지지하는 지지 부분이 없으면 코어(24)는 부상해 버린다. 코어(24)가 부상하면, 내부 공간의 위치가 어긋난 주물이 완성되게 된다.

[0007] 그래서, 측면 단면도인 도 5에 도시하는 바와 같이, 수평 방향으로 돌출된 플랜지라고 불리는 잉여부(25)를 코어(24)에 설치하여, 잉여부(25)를 개재시켜 상형(21)과 하형(22)으로 코어(24)를 지지함으로써, 코어(24)의 부상을 방지하고 있다.

[0008] 한편, 소실 모형 주조법의 경우, 발포 모형의 내부에 주물사를 충전하여 내부 공간의 형상을 만드는데, 제품 외의 부분에 플랜지를 설치하여 발포 모형의 내부에 충전한 주물사를 지지하는 것은 불가능하다. 그 때문에, 주조 중, 발포 모형의 내부에 충전한 주물사가 용탕에 둘러싸여, 연직 방향으로 부력을 받아 부상하는 「띄워짐」이 발생한다.

[0009] 그래서, 측면 단면도인 도 6에 도시하는 바와 같이, 주물사(15)에 둘러싸인 발포 모형(12)의 외부와 발포 모형의 내부를 연통시키는 넓은 개구 부분(17)을 발포 모형(12)의 상부에 형성하여, 발포 모형(12)의 내부에 충전한 주물사(16)에 부력 이상의 적재 하중을 부여한다. 그에 의해, 발포 모형(12)의 내부에 충전한 주물사(16)의 부상을 방지하고 있다. 그러나, 주조하는 주물의 형상에 제약이 있는 경우에는, 발포 모형(12)에 넓은 개구 부분(17)을 형성할 수 없고, 소실 모형 주조법을 채용할 수 없다.

[0010] 본 발명의 목적은, 발포 모형의 내부에 충전한 주물사가 부상하는 것을 억제하여, 마무리 상태가 양호한 주물을 주조하는 것이 가능한 소실 모형 주조 방법을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은 내부에 공동부를 갖는 발포 모형의 표면에 도형체를 도포하여 이루어지는 주형을 주물사 내에 묻은 후에, 상기 주형 내에 금속의 용탕을 쏟아 부어, 상기 발포 모형을 소실시켜 상기 용탕과 치환함으로써, 주물을 주조하는 소실 모형 주조 방법에 있어서, 상기 주형의 외부와 상기 공동부를 연통시키는 개구부를 상기 발포 모형에 형성하여, 상기 개구부에 상기 도형체를 도포함과 함께, 상기 개구부에 도포한 상기 도형체를, 단면 2차 모멘트가  $I(\text{mm}^4)$ , 연직 방향의 판 두께가  $h(\text{mm})$ , 길이가  $L(\text{mm})$ 인 범으로 간주하였을 때, 상기 공동부의 체적을  $V(\text{mm}^3)$ , 상기 공동부에 충전하는 상기 주물사의 별크 밀도를  $\rho_s(\text{kg}/\text{mm}^3)$ , 상기 용탕의 밀도를  $\rho_m(\text{kg}/\text{mm}^3)$ , 중력 가속도를  $g(\text{mm/sec}^2)$ , 연직 방향에 대한 상기 개구부의 각도를  $\Theta$ , 주탕 시에 가장 온도가 높아졌을 때의 상기 도형체의 항절 강도를  $\sigma_b(\text{MPa})$ 라고 하면, 이하의 식을 충족하도록, 상기 개구부의 단면 형상, 상기 개구부의 각도 및 상기 도형체의 항절 강도를 선정하는 것을 특징으로 한다.

$$\sigma bI > V(\rho_m - \rho_s)g\{(hL/2)\sin\Theta - \cos\Theta\}$$

### 발명의 효과

[0013] 본 발명에 따르면, 주형의 외부와 공동부를 연통시키는 개구부를 발포 모형에 형성하여, 개구부에 도형체를 도포한다. 주조 시에, 공동부는, 개구부에 도포한 도형체에 의해 지지된다. 공동부를 지지하는 개구부의 도형체를, 단면 2차 모멘트  $I$ , 연직 방향의 판 두께  $h$ , 길이  $L$ 의 범으로 가정하면, 범 이론으로부터 상기 식이 유도된다. 그래서, 개구부의 단면 형상, 개구부의 각도 및 도형체의 항절 강도를, 상기 식을 충족하도록 선정함으로써, 개구부의 도형체가 손상되지 않도록 할 수 있다. 이에 의해, 발포 모형의 내부에 충전한 주물사가 부상하는 것을 억제할 수 있으므로, 마무리 상태가 양호한 주물을 주조할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 주형의 측면 단면도이다.

도 2는 도 1을 A 방향에서 본 측면도이다.

도 3은 캐비티 주조법에 있어서의 측면 단면도이다.

도 4는 캐비티 주조법에 있어서의 측면 단면도이다.

도 5는 캐비티 주조법에 있어서의 측면 단면도이다.

도 6은 소실 모형 주조법에 있어서의 측면 단면도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하, 본 발명의 적합한 실시 형태에 대하여, 도면을 참조하면서 설명한다.
- [0016] (소실 모형 주조 방법)
- [0017] 본 발명의 실시 형태에 따른 소실 모형 주조 방법은, 내부에 공동부를 갖는 발포 모형의 표면에 도형체를 도포하여 이루어지는 주형을 주물사(건조 모래) 내에 묻은 후에, 주형 내에 금속의 용탕을 쏟아 부어, 발포 모형을 소실시켜 용탕과 치환함으로써, 주물을 주조하는 방법이다. 또한, 발포 모형의 공동부는, 주조에 의해 제품 내에 형성되는 공동 부분이다.
- [0018] 소실 모형 주조 방법은, 금속(주철)을 용해하여 용탕으로 하는 용해 공정과, 발포 모형을 성형하는 성형 공정과, 발포 모형의 표면에 도형체를 도포하여 주형으로 하는 도포 공정을 갖고 있다. 그리고, 소실 모형 주조 방법은, 주형을 주물사 내에 묻어 주형의 구석구석까지 주물사를 충전하는 조형 공정과, 주형 내에 용탕(용융 금속)을 쏟아 부음으로써, 발포 모형을 녹여 용탕과 치환하는 주입 공정을 갖고 있다. 또한, 소실 모형 주조 방법은, 주형 내에 쏟아 부은 용탕을 냉각하여 주물로 하는 냉각 공정과, 주물과 주물사를 분리하는 분리 공정을 갖고 있다.
- [0019] 용탕으로 하는 금속으로서는, 회주철(JIS-FC250)이나 편상 흑연 주철(JIS-FC300) 등을 사용할 수 있다. 또한, 발포 모형으로서는, 발포 스티를 등의 발포 수지를 사용할 수 있다. 또한, 도형체로서는, 실리카계 꿀재의 도형체 등을 사용할 수 있다. 또한, 주물사로서는,  $\text{SiO}_2$ 를 주성분으로 하는 「규사」나, 지르코니아 모래, 크로마이트 모래, 합성 세라믹 모래 등을 사용할 수 있다. 또한, 주물사에 점결제나 경화제를 첨가해도 된다.
- [0020] 또한, 도형체의 두께는 3mm 이하가 바람직하다. 도형체의 두께가 3mm 이상이 되면, 도형체의 도포와 건조를 3회 이상 반복할 필요가 있어 손이 많이 가는 데다가, 두께가 불균일해지기 쉽기 때문이다.
- [0021] 여기서, 본 실시 형태에서는, 주형의 외부와 공동부를 연통시키는 개구부를 발포 모형에 형성하여, 개구부에 도형체를 도포함과 함께, 이하의 식 (1)을 충족하도록 개구부의 단면 형상, 개구부의 각도 및 도형체의 항절 강도를 선정하고 있다.
- [0022] 
$$\sigma bI > V(\rho_m - \rho_s)g\{(hL/2)\sin\theta - \cos\theta\} \quad \dots \text{식 (1)}$$
- [0023] 여기서,  $\sigma b$ 는 주탕 시에 가장 온도가 높아졌을 때의 도형체의 항절 강도(굽힘 강도)(MPa),  $V$ 는 공동부의 체적,  $\rho_s$ 는 공동부에 충전하는 주물사의 밸크 밀도,  $\rho_m$ 은 용탕의 밀도,  $g$ 는 중력 가속도,  $\theta$ 는 연직 방향에 대한 개구부의 각도이다. 또한, 개구부에 도포한 도형체를 뼈으로 간주하였을 때,  $I$ 는 단면 2차 모멘트,  $h$ 는 연직 방향의 판 두께(mm),  $L$ 은 뼈의 길이(mm)이다.
- [0024] (도형체의 강도)
- [0025] 도 1은 주형의 측면 단면도이며, 도 2는 도 1을 A 방향에서 본 측면도이다. 여기서, 도 1 및 도 2에 도시하는 바와 같이, 공동부(3)를 내부에 갖는 직육면체의 발포 모형(2)에, 발포 모형(2)의 외부와 공동부(3)를 연통시키는 개구부(4)가 수평 방향( $\theta=90^\circ$ )으로 형성된 주형(1)을 사용하여, 내부에 공동부(3)를 구비한 주물을 주조하는 경우에 대하여 생각해 본다. 여기서, 발포 모형(2)은, 폭이  $a$ (mm), 깊이가  $b$ (mm), 높이가  $c$ (mm)이다. 또한, 공동부(3)는, 폭이  $d$ (mm), 깊이가  $e$ (mm), 높이가  $f$ (mm)이다. 또한, 개구부(4)는, 직경이  $D$ (mm)이고 길이가  $l$ (mm)이다. 또한, 주형(1)의 주위는 주물사(5)로 덮여 있다. 또한, 발포 모형(2)의 형상은 직육면체에 한정되지 않는다.
- [0026] 우선, 아르키메데스의 원리로부터, 공동부(3)에 작용하는 부력  $F$ 는 이하의 식 (2)에 의해 구해진다.
- [0027] 
$$F = V(\rho_m - \rho_s)g \quad \dots \text{식 (2)}$$
- [0028] 주조 시에, 공동부(3)는, 개구부(4)에 도포한 도형체에 의해 지지된다. 공동부(3)를 지지하는 개구부(4)의 도형체를, 단면 2차 모멘트  $I$ , 연직 방향의 판 두께  $h$ , 길이  $L$ 의 뼈으로 가정한다. 뼈 이론으로부터, 단부에 부력  $F$ 가 작용하는 외팔보의 최대 응력  $\sigma_{max}$ 를 구하면, 다음 식 (3)과 같이 계산된다. 또한, 개구부(4) 내의 모래가 하중을 부담하지 않을 것을 전제로 하고 있다.

[0029]  $\sigma_{max} = M/I \times h/2 = hFL/2I = hV(\rho_m - \rho_s)gL/2I \dots$  식 (3)

[0030] 주탕 시에 가장 온도가 높아졌을 때의 도형체의 항절 강도(열간 강도)를  $\sigma_b$ 라고 하면, 이하의 식 (4)가 성립할 때, 개구부(4)의 도형체가 손상되지 않는, 즉 공동부(3)에 충전한 모래가 부상하는 「띄워짐」이 발생하지 않도록 할 수 있다.

[0031]  $\sigma_b > \sigma_{max} \dots$  식 (4)

[0032] 식 (3)을 식 (4)에 대입하면, 식 (5)가 된다.

[0033]  $\sigma_b I > hV(\rho_m - \rho_s)gL/2 \dots$  식 (5)

[0034] 예를 들어, 개구부(4)를 원기둥상으로 하면, 도형체는 원관상의 층이 된다. 개구부(4)의 원기둥의 직경을 D, 도형체의 두께를 t라고 하면, 단면 2차 모멘트 I는 이하의 식 (6)으로 나타낼 수 있다. 또한, 연직 방향의 판 두께 h는 이하의 식 (7)로 나타낼 수 있다.

[0035]  $I = \pi \{D^4 - (D-2t)^4\}/64 \dots$  식 (6)

[0036]  $h=D \dots$  식 (7)

[0037] 그래서, 식 (6) 및 식 (7)로부터 얻어지는 값을 각각 식 (5)에 대입하였을 때, 식 (5)가 성립하는 열간 강도  $\sigma_b$ 를 갖는 도형체를 선택하면 된다.

[0038] (개구부의 단면 형상)

[0039] 또한, 식 (5)를 변형하면, 식 (8)이 된다.

[0040]  $I > hV(\rho_m - \rho_s)gL/2 \sigma_b \dots$  식 (8)

[0041] 그래서, 단면 2차 모멘트 I가 식 (8)을 충족하도록 개구부(4)의 단면 형상을 설계함으로써, 「띄워짐」이 발생하지 않도록 할 수 있다.

[0042] (개구부의 각도)

[0043] 여기서, 상기 개구부(4)는 수평 방향( $\Theta=90^\circ$ )으로 형성되어 있다. 개구부(4)를 수평 방향( $\Theta=90^\circ$ )으로 형성하면, 개구부(4)의 도형체에 작용하는 응력이 최대가 된다. 그러나, 개구부(4)의 각도를 바꾸면, 개구부(4)의 도형체에 작용하는 응력  $\sigma_{max}$ 를 저감시킬 수 있다. 연직 방향에 대한 개구부(4)의 각도를  $\Theta (0^\circ \leq \Theta \leq 180^\circ)$ 라고 하고, 개구부(4)의 도형체를 범으로 가정하면, 부력의 축 방향 성분  $F_a$ 는, 이하의 식 (9)가 되고, 그 직각 방향 성분  $F_v$ 는, 이하의 식 (10)이 된다.

[0044]  $F_a = F \cos \Theta \dots$  식 (9)

[0045]  $F_v = F \sin \Theta \dots$  식 (10)

[0046] 개구부(4)의 도형체의 단면적을 A로 하여, 범 이론으로부터, 단부에 부력 F가 작용하는 외팔보의 최대 응력  $\sigma_{max}$ 를 구하면, 다음 식 (11)과 같이 계산된다.

[0047]  $\sigma_{max} = M/I \times h/2 - F_a = hFvL/2I - F_a$

[0048]  $= V(\rho_m - \rho_s)g \{(hL/2I) \sin \Theta - \cos \Theta\} \dots$  식 (11)

[0049] 식 (11)을 식 (4)에 대입하면, 식 (12)가 된다.

[0050]  $\sigma_b I > V(\rho_m - \rho_s)g \{(hL/2) \sin \Theta - \cos \Theta\} \dots$  식 (12)

[0051] 그래서, 개구부(4)의 단면 형상, 개구부(4)의 각도  $\Theta$  및 도형체의 항절 강도  $\sigma_b$ 를, 식 (12)를 충족하도록 선정함으로써, 개구부(4)의 도형체가 손상되지 않도록 할 수 있다.

[0052] 예를 들어, 개구부(4)의 단면 형상 및 각도  $\Theta$ 가 결정되어 있는 경우, 식 (12)를 충족하는 항절 강도  $\sigma_b$ 의 도형체를 사용함으로써, 개구부(4)의 도형체가 손상되지 않도록 할 수 있다. 또한, 도형체의 항절 강도  $\sigma_b$ 가 결정되어 있는 경우, 식 (12)를 충족하는 단면 2차 모멘트 I가 되도록 개구부(4)의 단면 형상 및 각도  $\Theta$ 를 설계함으로써, 개구부(4)의 도형체가 손상되지 않도록 할 수 있다.

[0053] (실시예)

[0054] 이어서, 회주철(JIS-FC250)을 용탕으로서 사용하여, 직육면체의 발포 모형의 내부에, 직육면체의 공동부를 형성하고, 직경 D가 16mm이고 길이 1이 25mm인 개구부를 수평 방향( $\theta=90^\circ$ )으로 배치한 주형을 사용하여, 주물을 주조하였다. 여기서, 발포 모형은, 도 1 및 도 2에 있어서, 폭 a가 100mm, 깊이 b가 100mm, 높이 c가 200mm였다. 또한, 공동부는, 폭 d가 50mm, 깊이 e가 50mm, 높이 f가 100mm였다. 또한, 회주철의 밀도  $\rho_m$ 은  $7.1 \times 10^6 \text{ kg/mm}^3$ 였다. 도형제의 종류를 표 1에 나타낸다.

## 표 1

도형제	밸크 밀도 $\rho_c$ ( $\text{g/cm}^3$ )	상온 향질 강도 $TSc'$ (MPa)	풀재 입경 ( $\times 100 \mu\text{m}$ )
A	1.3~1.5	>1.5	1
B	2.8~3.0	>4.4	0.9

[0055]

[0056] 공동부에는 「푸란 자경성 모래」를 충전하였다. 이 「푸란 자경성 모래」는, 모래와 수지와 경화제를 혼련하여 이루어지는 것이다. 자경성 모래에 사용하는 모래는, 규사(주성분은  $\text{SiO}_2$ )이다. 또한, 점결제로서 자경성 모래에 사용하는 수지는, 푸르푸릴알코올을 함유하는 산 경화성 푸란 수지이며, 모래에 대한 첨가량은 0.8%이다. 또한, 경화 촉매로서 자경성 모래에 사용하는 경화제는, 크실렌술폰산계 경화제 및 황산계 경화제를 혼합한 푸란 수지용 경화제이며, 푸란 수지에 대한 첨가량은 40%이다. 이 자경성 모래의 밸크 밀도  $\rho_s$ 는  $1.4 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ 였다.

[0057]

회주철의 밀도 및 자경성 모래의 밸크 밀도를 식 (2)에 대입하면, 이하와 같이 된다.

[0058]

$$F = V(\rho_m - \rho_s)g = 50 \times 50 \times 100 \times (7.1 - 1.4) \times 10^{-6} \text{ kgf}$$

[0059]

$$= 1.4 \text{ kgf} = 14 \text{ N}$$

[0060]

여기서, 열간 강도  $\sigma_b$ 가 불분명한 도형제를 두 번 바르고, 도형제의 평균 두께를 0.8mm로 하였다. 또한, 도형제의 열간 강도를 직접 측정하는 것은 곤란하다. 식 (6)에 대입하여, 개구부의 도형제의 단면 2차 모멘트 I를 구하면, 이하와 같이 된다.

[0061]

$$I = \pi \{ 16^4 - (16 - 2 \times 0.8)^4 \} / 64 = 1.1 \times 10^3$$

[0062]

또한, 식 (3)의 우변은, 이하와 같이 된다.

[0063]

$$hV(\rho_m - \rho_s)gL / 2I = 8 \times 14 \times 25 / (1.1 \times 10^3)$$

[0064]

$$= 2.5 \text{ MPa}$$

[0065]

여기서, 일반적으로 도형제의 열간 강도(주탕 시에 가장 온도가 높아졌을 때의 도형제의 향질 강도)는, 상온의 향질 강도(도형제를 건조시켜 측정한 향질 강도)보다 작다. 그래서, 「띄워짐」을 방지하기 위해서는, 상온의 향질 강도가 열간 강도인 2.5MPa보다 높은 도형제를 선택하면 된다. 도형제 A는 식 (5)를 충족하지 않기 때문에 채용하지 않았다. 도형제 B는 상온의 향질 강도가 2.5MPa보다 높기 때문에, 이것을 선택하였다. 그 결과, 「띄워짐」이 발생하지 않는 주물을 주조할 수 있었다.

[0066]

(효과)

[0067]

이상에 설명한 바와 같이, 본 실시 형태에 관한 소설 모형 주조 방법에 따르면, 주형(1)의 외부와 공동부(3)를 연통시키는 개구부(4)를 발포 모형(2)에 형성하여, 개구부(4)에 도형제를 도포한다. 주조 시에, 공동부(3)는, 개구부(4)에 도포한 도형제에 의해 지지된다. 공동부(3)를 지지하는 개구부(4)의 도형제를, 단면 2차 모멘트 I, 연직 방향의 판 두께 h, 길이 L의 뼈으로 가정하면, 뼈 이론으로부터 상기 식 (12)가 유도된다. 그래서, 개구부(4)의 단면 형상, 개구부(4)의 각도 및 도형제의 향질 강도를, 상기 식 (12)를 충족하도록 선정함으로써, 개구부(4)의 도형제가 손상되지 않도록 할 수 있다. 이에 의해, 발포 모형(2)의 내부에 충전한 주물사가 부상하는 것을 억제할 수 있으므로, 마무리 상태가 양호한 주물을 주조할 수 있다.

[0068] 또한, 연직 방향에 대한 개구부(4)의 각도  $\theta$ 를  $90^\circ$ 로 하면, 개구부(4)의 도형체에 작용하는 응력이 최대가 된다. 그러나, 이 경우라도, 개구부(4)의 단면 형상 및 도형체의 항절 강도를, 상기 식 (5)를 충족하도록 선정함으로써, 개구부(4)의 도형체가 손상되지 않도록 할 수 있다.

[0069] 이상, 본 발명의 실시 형태를 설명하였지만, 구체예를 예시한 것에 지나지 않으며, 특히 본 발명을 한정하는 것은 아니고, 구체적 구성 등은 적절히 설계 변경 가능하다. 또한, 발명의 실시 형태에 기재된 작용 및 효과는, 본 발명으로부터 생기는 가장 적합한 작용 및 효과를 열거한 것에 지나지 않으며, 본 발명에 의한 작용 및 효과는, 본 발명의 실시 형태에 기재된 것에 한정되는 것은 아니다.

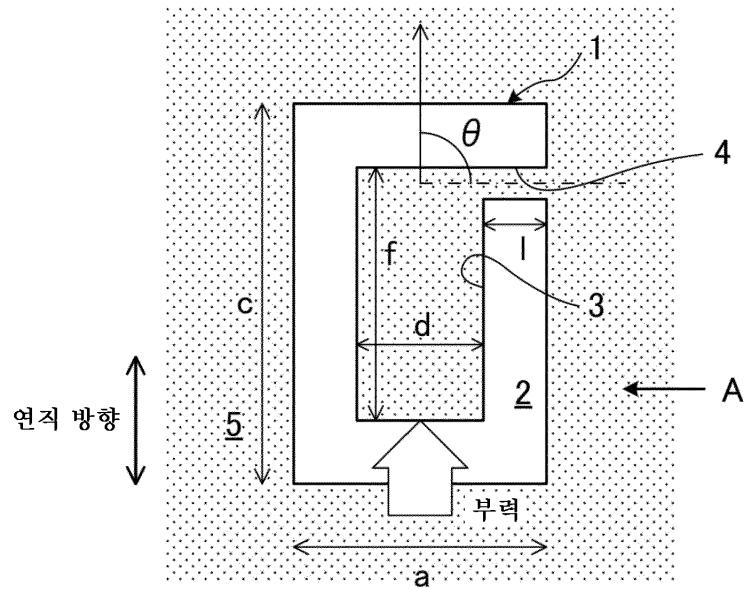
### **부호의 설명**

[0070]

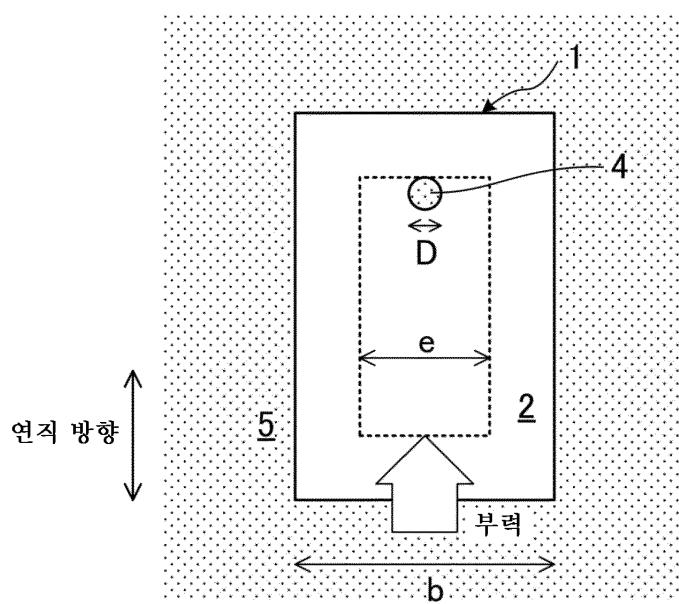
- 1: 주형
- 2: 발포 모형
- 3: 공동부
- 4: 개구부
- 5: 주물사
- 12: 발포 모형
- 15: 주물사
- 16: 주물사
- 17: 개구 부분
- 21: 상형
- 22: 하형
- 23: 공동
- 24: 코어
- 25: 잉여부

## 도면

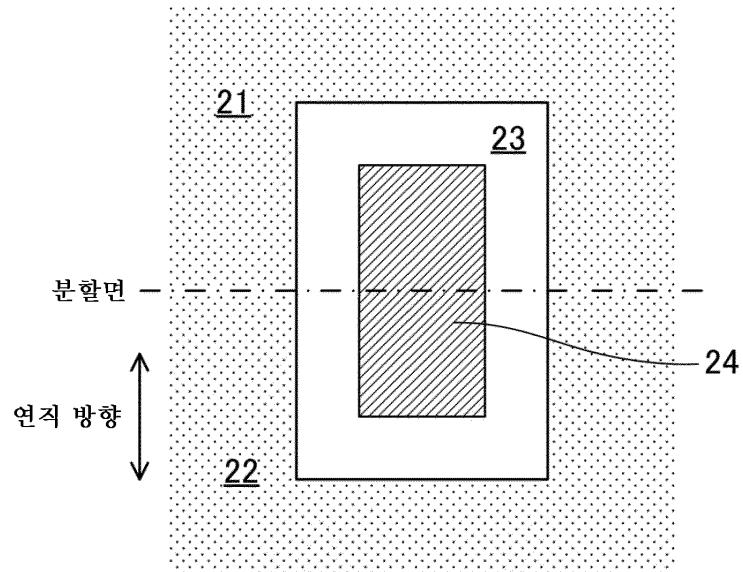
## 도면1



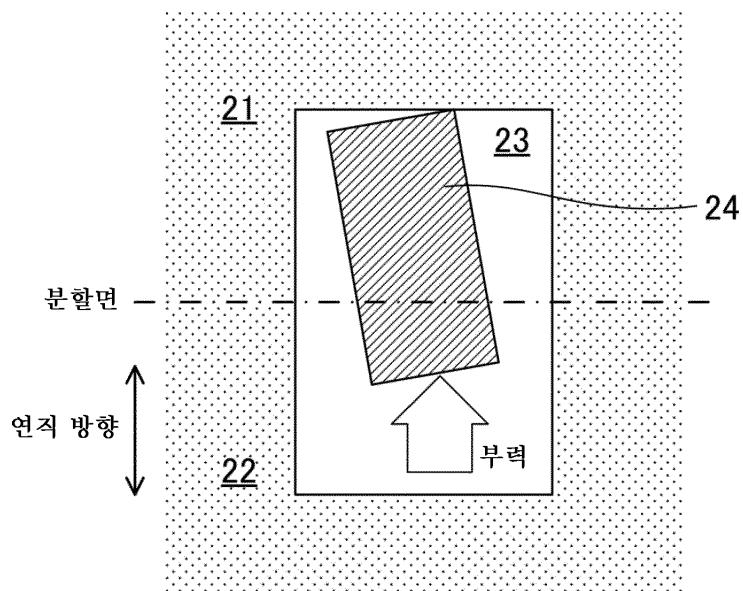
도면2



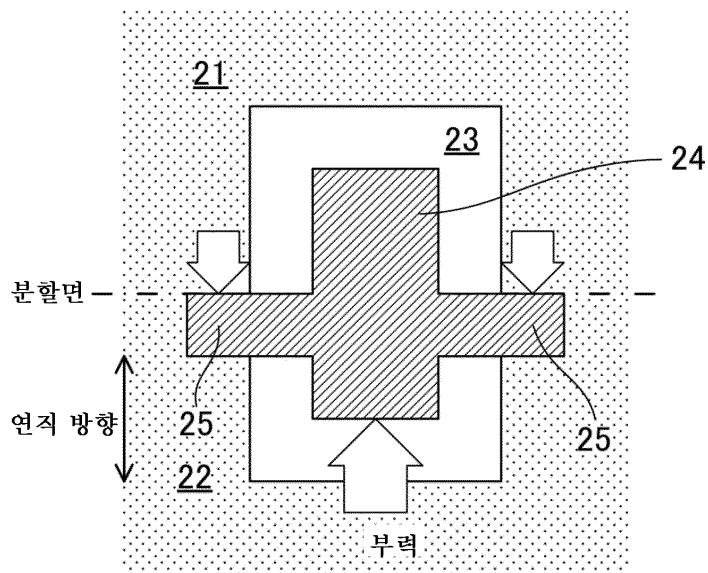
도면3



도면4



도면5



도면6

