



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년10월14일
(11) 등록번호 10-1317977
(24) 등록일자 2013년10월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22D 7/02 (2006.01) B22D 7/12 (2006.01)
B22D 15/04 (2006.01) B22D 21/04 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-7023952
(22) 출원일자(국제) 2007년02월28일
심사청구일자 2011년10월11일
(85) 번역문제출일자 2008년09월30일
(65) 공개번호 10-2008-0104168
(43) 공개일자 2008년12월01일
(86) 국제출원번호 PCT/CA2007/000309
(87) 국제공개번호 WO 2007/098583
국제공개일자 2007년09월07일
(30) 우선권주장
60/777,914 2006년03월01일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2001513445 A*
US20050011630 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
노벨리스 인코퍼레이티드
캐나다 온타리오(엠8제드 1제이5) 토론토 에반스
에비뉴 191
(72) 발명자
와그스태프 로버트 브루스
미국 워싱턴주 그린아크레스 피.오.박스 891
(74) 대리인
원석희, 김명신, 박장규, 이동기

전체 청구항 수 : 총 13 항

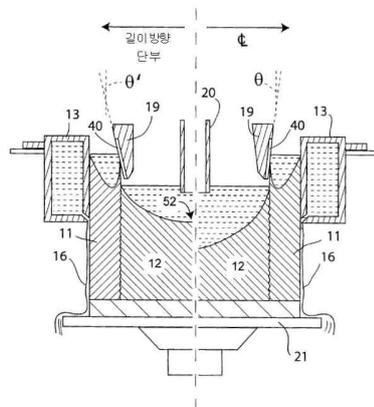
심사관 : 이정엽

(54) 발명의 명칭 높은 주조수축 계수를 갖는 순차주조금속

(57) 요약

본 발명은 순차 응고에 의해 형성된 2 이상의 층을 갖는 잉곳을 형성하도록 DC 몰드에서 금속을 주조하기 위한 방법 및 장치에 관한 것으로서, 상기 장치는 유입단부를 2 이상의 공급 챔버로 분할하도록 몰드의 유입단부에 하나 이상의 냉각된 분할 벽을 구비하며, 금속은 내부층과 하나 이상의 외부층을 형성하도록 챔버에 공급되며, 상기 분할 벽은 하나 이상의 외부층에 대해 금속을 접촉시키기 위한 금속-접촉면을 가지며, 상기 접촉면은 금속이 수직에 대해 외부층으로부터 하부방향으로 멀어지도록 경사지는 각도로 배열되어 있으며, 상기 각도는 각각의 길이방향 단부에 접근하는 분할 벽의 중앙부로부터 이격된 분할 벽의 위치에서 증가되며, 상기 장치는 내부층 또는 코어 잉곳으로서 높은 수축 계수를 갖는 금속을 주조하는데 적합한 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도9



특허청구의 범위**청구항 1**

복합 금속 잉곳 주조장치에 있어서,

유입단부, 배출단 개구부 및 배출단 내에 끼워맞춤되고 주조 동안 몰드의 축방향으로 이동하는 가동성 하부 블록을 갖는 직사각형 개구단부 몰드 캐비티;

상기 유입단부를 2 이상의 공급 챔버로 분할하도록 상기 배출단 개구부 위에서 중단되는, 상기 몰드의 유입단부에서의 하나 이상의 냉각된 분할 벽; 및

상기 2 이상의 공급 챔버 중 하나에 내부층용 금속을 공급하기 위한 수단과 상기 공급 챔버의 적어도 다른 하나에 하나 이상의 외부층용 다른 금속을 공급하기 위한 하나 이상의 수단을 포함하며;

상기 하나 이상의 분할 벽은 상기 하나 이상의 외부층용 금속과 접촉하기 위한 금속-접촉면을 가지며, 상기 접촉면은 상기 외부층용 금속으로부터 하부방향으로 멀어지도록 수직에 대해 경사지는 각도로 배열되며, 상기 각도는 상기 하나 이상의 분할 벽의 중심에서의 작은 각도로부터 상기 분할 벽의 각각의 길이방향 단부에 접근하는 상기 하나 이상의 분할 벽 상의 위치에서 증가되는 것을 특징으로 하는 주조장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 하나 이상의 외부층용 다른 금속을 공급하기 위한 하나 이상의 수단은 상기 내부층용 금속을 공급하기 위한 상기 수단보다 상기 몰드내에서 더 높은 위치에서 상기 몰드내로 상기 외부층용 금속을 도입하도록 위치된 것을 특징으로 하는 주조장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 길이방향 단부에서의 상기 하나 이상의 분할 벽의 상기 각도는 그 중앙에서의 상기 각도의 적어도 두배인 것을 특징으로 하는 주조장치.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 하나 이상의 분할 벽의 상기 각도는 상기 길이방향 단부에서 3 내지 7°이며, 그 중앙에서 1 내지 2° 인 것을 특징으로 하는 주조장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 분할 벽은 연장된 중앙부를 가지며,

상기 각도는 상기 중앙부 내에서 일정하게 유지되며, 그 후 상기 중앙부를 지나 증가되는 것을 특징으로 하는 주조장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 내부층용 금속을 공급하기 위한 상기 수단에 연결된 순 알루미늄보다 더 높은 수축 계수를 갖는 용탕을 공급하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 주조장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 용탕 공급수단은 2.5 내지 15 wt%의 Mg를 함유하는 알루미늄-마그네슘 합금을 공급하는 것을 특징으로 하는 주조장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 다른 금속을 공급하기 위한 하나 이상의 수단에 연결된 용탕 공급수단을 포함하며,

상기 용탕은 상기 내부층에 공급된 상기 금속보다 더 낮은 수축 계수를 갖는 금속인 것을 특징으로 하는 주조장치.

청구항 10

복합 잉곳 주조방법에 있어서,

유입단부, 배출단 개구부 및 상기 배출단 내에 끼워맞춤되고 주조 동안 몰드의 축방향으로 이동하는 가동성 하부 블록을 갖는 직사각형 개구단부 몰드 캐비티, 및 상기 유입단부를 내부층과 하나 이상의 외부층을 주조하기 위한 2 이상의 공급 챔버로 분할하도록 상기 배출단 개구부 위에서 중단되는 몰드의 유입단부에서의 하나 이상의 냉각된 분할 벽을 포함하며, 상기 하나 이상의 분할 벽은 상기 하나 이상의 외부층용 금속과 접촉하기 위한 금속-접촉면을 가지며, 상기 접촉면은 상기 외부층용 금속으로부터 하부방향으로 멀어지도록 수직에 대해 경사지는 각도로 배열되며, 상기 각도는 상기 하나 이상의 분할 벽의 중앙부로부터 상기 분할 벽의 각각의 길이방향 단부로 이격되는 상기 하나 이상의 분할 벽 상의 위치에서 증가되는 복합 금속 잉곳을 주조하기 위한 장치를 제공하는 단계;

상기 2 이상의 공급 챔버 중 하나에 내부층용 금속을 공급하는 단계;

상기 공급 챔버의 하나 이상의 다른 하나에 하나 이상의 외부층용 다른 금속을 공급하는 단계; 및

상기 장치의 배출단 개구부로부터 잉곳을 배출하도록 상기 몰드의 축방향으로 상기 하부 블록을 이동시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 주조방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 내부층용 금속은 순 알루미늄보다 더 높은 수축 계수를 갖는 금속인 것을 특징으로 하는 주조방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 내부층용 금속과 상기 하나 이상의 외부층용 금속은 이들 각각의 수축 계수의 차이가 큰 것을 특징으로 하는 주조방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 하나 이상의 외부층용 다른 금속은 상기 내부층용 금속을 공급하기 위해 선택된 위치보다 상기 몰드내에서 더 높은 위치에서 상기 몰드내로 도입되는 것을 특징으로 하는 주조방법.

청구항 14

2 이상의 챔버를 형성하는 하나 이상의 분할 벽을 갖는 직접 냉각 주조장치내에서 금속의 내부층과 다른 금속의 하나 이상의 금속 클래딩층을 주조하는 방법에 있어서,

내부층용 금속은 상기 하나 이상의 외부층의 금속보다 더 높은 수축 계수를 가지며,

상기 하나 이상의 분할 벽을 상기 하나 이상의 외부층에 공급된 금속과 접촉하지만 상기 공급된 금속으로부터 하부방향으로 멀어지도록 수직에 대해 경사지는 각도로 배치시키며, 상기 각도를 상기 하나 이상의 분할 벽의 중앙부로부터 상기 분할 벽의 길이방향 단부로 이격된 위치에서 증가시키는 것을 특징으로 하는 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 직접 냉각(DC) 주조 기술에 의해 금속, 특히 알루미늄 및 알루미늄 합금의 주조에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 순차 응고를 포함하는 직접 냉각 주조에 의한 금속층의 공동 주조(co-casting)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 금속 잉곳은 통상적으로 용탕의 직접 냉각 주조에 의해 제조된다. 이는 냉각된 벽, 상단 개구부 및 하단 개구부(주조 개시후)를 갖는 몰드내로 용탕을 주입하는 것을 포함한다. 금속은 주조 공정동안 하강하는 금속 잉곳으로서 몰드의 하단부로부터 배출된다. 다른 경우에 있어서, 주조는 수평으로 실시되지만, 절차는 본질적으로 동일하다. 이러한 주조 기술은 알루미늄 및 알루미늄 합금의 주조에 특히 적합하지만, 다른 금속에도 역시 사용될 수 있다.

[0003] 이 종류의 주조 기술은 모노리틱 잉곳, 즉 동일한 금속으로 단일 층으로 주조된 잉곳에 관한 와그스태프의 미국 특허 제6,260,602호에서 폭넓게 논의되고 있다. 순차 응고 기술에 의한 층상 구조를 주조하기 위한 장치 및 방법은 앤더슨 등의 미국특허공개 제2005/0011630 A1에 개시되어 있다. 순차 응고는 제 1 층(예컨대, 내부층 또는 코어로서의 층)을 주조한 후 이어서 동일한 주조 공정으로 적절한 응고도가 얻어지면 제 1 층에 다른 금속의 하나 또는 그 이상의 층을 주조하는 것을 포함한다.

[0004] 이들 기술은 효과적이고 훌륭한 반면, 응고 및 냉각시에 높은 수축 계수를 갖는 하나 또는 그 이상의 합금으로 순차 응고 기술을 사용하고자 할 때 어려움에 직면할 수 있다. 특히, 이러한 금속이 다른 금속의 외부층에 대한 기재를 형성하는 내부층으로서 사용되는 경우, 주조 공정동안 특히 층상 구조를 구비한 직사각형 잉곳 주조의 최말단에서, 그리고 특히 잉곳 형성의 초기 단계 동안 내부층은 외부층을 전단하는 (또는 약화된 접착력을 나타내는) 경향을 갖는다.

[0005] 순 알루미늄에 다른 원소의 첨가는 더 큰 또는 더 작은 정도로 수축 계수를 변화시키는 것이 알려져 있다. 일부 원소는 수축 계수를 증가시키며, 다른 원소는 그것을 감소시킨다. 마그네슘 및 아연과 같은 원소는 순 알루미늄과 비교하여 수축 계수를 증가시키는 반면, 구리, 철, 실리콘 및 니켈과 같은 원소는 수축 계수를 감소시킨다. 수축 계수는 일반적으로 알루미늄에 첨가된 원소의 퍼센트에 따라 대략 선형으로 변화된다.

[0006] 모든 순차-주조 금속 구조체에 잠재적으로 경험한 바와 같이, 전술한 어려움은 내부층이 높은 수축 계수, 특히 마그네슘 및/또는 아연, 특히 이들 원소를 비교적 높은 농도, 예컨대 약 2.5 wt% 이상의 Mg 함량을 함유할 때, 특히 알루미늄 자체보다 더 높은 수축 계수를 갖는 알루미늄 합금으로부터 제조될 때 더욱 심각하다. 그러나, 하나의 층의 금속의 수축 계수가 특별하게 높지 않지만, 2개의 인접한 층, 즉 하나의 층에 상당한 양의 니켈을 함유하는 합금과 인접한 층에 구리를 함유하는 합금의 수축 계수 사이의 큰 차이가 있으면 유사한 문제점에 직면하게 된다. 이들 원소 양쪽은 순 알루미늄과 비교하여 수축 계수의 감소를 일으키지만, 니켈은 구리보다 수축 계수에 더욱 네거티브한 영향을 가지며, 따라서 이들 원소의 상대적 농도에 따라 각각의 수축 계수의 차이가 매우 클 수 있다.

[0007] 따라서, 이들 종류의 금속 공동 주조시에 개선된 주조 설비 및 기술이 필요하다.

발명의 상세한 설명

[0008] 본 발명의 예시적 실시예는 복합 금속 잉곳 주조장치를제공한다. 상기 장치는 유입단부, 배출단 개구부 및 배출단 내에 끼워맞춤되고 주조 동안 몰드의 축방향으로 이동하는 가동성 하부 블록을 갖는 직사각형 개구단부 몰드 캐비티를 포함한다. 또한 상기 장치는 상기 유입단부를 2 이상의 공급 챔버로 분할하도록 상기 배출단 개구부 위에서 종단되는 몰드의 유입단부에서의 하나 이상의 냉각된 분할 벽 및 상기 공급 챔버 중 하나에 내부층용 금속을 공급하기 위한 수단 및 상기 공급 챔버의 다른 하나에 하나 이상의 외부층용 다른 금속을 공급하기 위한 하나 이상의 수단을 포함한다. 상기 또는 각 분할 벽은 상기 하나 이상의 외부층용 금속과 접촉하기 위한 금속-접촉면을 가지며, 상기 접촉면은 상기 외부층용 금속으로부터 하부방향으로 멀어지도록 수직에 대해 경사지는

각도로 배열되며, 상기 각도는 상기 분할 벽의 중앙부로부터 그 각 길이방향 단부로 이격되는 상기 하나 이상의 분할 벽 상의 위치에서 증가된다.

[0009] 다른 예시적 실시예는 복합 잉곳 구조방법을 제공한다. 상기 방법은 유입단부, 배출단 개구부 및 배출단 내에 끼워맞춤되고 구조 동안 몰드의 축방향으로 이동하는 가동성 하부 블록을 갖는 직사각형 개구단부 몰드 캐비티, 및 상기 유입단부를 내부층과 하나 이상의 외부층을 구조하기 위한 2 이상의 공급 챔버로 분할하도록 상기 배출단 개구부 위에서 종단되는 몰드의 유입단부에서의 하나 이상의 냉각된 분할 벽을 포함하며, 상기 하나 이상의 분할 벽은 상기 하나 이상의 외부층용 금속에 접촉하기 위한 금속-접촉면을 갖는 복합 금속 잉곳을 구조하기 위한 장치를 제공한다. 상기 접촉면은 상기 외부층용 금속으로부터 하부방향으로 멀어지도록 수직에 대해 경사지는 각도로 배열되며, 상기 각도는 상기 벽의 각 길이방향 단부에 접근하는 위치에서 증가된다. 상기 방법은 상기 2 이상의 공급 챔버 중 하나에 내부층용 금속을 공급하는 단계, 상기 공급 챔버의 하나 이상의 다른 하나에 하나 이상의 외부층용 다른 금속을 공급하는 단계, 및 상기 장치의 배출단 개구부로부터 잉곳을 배출하도록 상기 몰드의 축방향으로 상기 하부 블록을 이동시키는 단계를 더 포함한다.

[0010] 또 다른 예시적 실시예는 장치에 2 이상의 챔버를 형성하는 하나 이상의 분할 벽을 갖는 직접 냉각 구조장치내에서 금속의 내부층과 다른 금속의 하나 이상의 금속 클래딩층을 구조하는 방법에 있어서, 내부층용 금속은 상기 하나 이상의 외부층의 금속보다 더 높은 수축 계수를 가지며, 상기 하나 이상의 분할 벽을 상기 하나 이상의 외부층용 금속으로부터 하부방향으로 멀어지도록 수직에 대해 경사지는 각도로 배치시키며, 상기 각도는 상기 분할 벽의 길이방향 단부에 접근하는 위치에서 증가된다.

[0011] 본 명세서의 용어 "직사각형"은 용어 "정사각형"을 포함하는 의미로 사용되는 것을 인식하여야 한다.

실시예

[0021] 본 발명은 예를 들면 앤더슨 등의 2005년 1월 20일에 공개된 미국특허공개 제2005/0011630호(본 명세서에 참조로 편입됨)에 개시된 형태의 구조 장치를 사용할 수 있다. 이 장치는 내부층(예컨대, 코어 잉곳)상에 하나 이상의 외부층(예컨대, 클래딩층)을 형성시키기 위해 순차 응고에 의해 금속을 구조하는 것을 가능하게 한다. 또한, 본 발명은 와그스태프의 미국특허 제6,260,602호(본 명세서에 참조로 편입됨)에 개시된 기술을 포함한다.

[0022] 본 명세서에서 사용된 용어 "외부" 및 "내부"는 매우 느슨하게 설명되는 것이다. 예를 들면, 2층 구조체에 있어서 엄밀히 말하자면 외부층 또는 내부층이 없을 수 있으나, 일반적으로 최종 제품으로 가공될 때 외부층은 대기, 외기 또는 눈에 노출되는 것이다. 또한, "외부"층은 "내부"층보다 종종 더 얇으며, 통상적으로 하부 "내부"층 또는 코어 잉곳 상에 얇은 코팅층으로서 제공된다. 잉곳의 경우에 있어서, 시트 물품을 형성하도록 열간 및/또는 냉간압연되며, 잉곳의 양쪽의 주(압연)면을 코팅하는 것이 바람직하며, 확실히 인식할 수 있는 "내부" 및 "외부"층이 존재한다. 이러한 환경에 있어서, 내부층은 "코어" 또는 "코어 잉곳"으로서 종종 언급되며, 외부층은 "클래딩" 또는 "클래딩층"으로서 언급된다.

[0023] 도 1은 직사각형 내부층 또는 코어 잉곳(12)의 둘 다의 주 면(압연 면)상에 외부층(11)을 구조하기 위해 사용된 장치(10)(앤더슨 등의 변형 장치)를 도시한다. 이 변형 장치에 있어서, 코팅층은 구조 동안 첫번째로 (적어도 부분적으로) 응고되며, 그 후 코어층은 외부층과 접촉식으로 구조된다. 이 장치는 전형적으로 코어층(12)으로서 높은 수축 계수를 갖는 합금(예컨대 높은 Mg 합금)을 구조할 때 사용된다. 상기 장치는 냉각수의 스트림(16)을 배출되는 잉곳(emerging ingot)(17)상에 분산시키는 워터 자켓(15)의 일부를 형성하는 몰드 벽(14)을 구비하는 직사각형 구조 몰드 조립체(13)를 포함한다. 일반적으로 이 방식에서의 잉곳 주물은 직사각형 단면을 가지며, 최대 178 cm x 89 cm(70인치 x 35인치)의 크기를 갖는다. 통상적으로 잉곳 주물은 전통적인 열간 및 냉간 압연 절차에 의해 압연 밑에서 클래드 시트, 예컨대 브레이징 시트로 압연시키는데 사용된다.

[0024] 몰드의 유입 단부(18)는 분할 벽(19)(가끔 "냉각" 또는 "냉각 벽"으로 언급됨)에 의해 하나가 잉곳 구조체의 각 층을 이루는 3개의 공급 챔버로 분리된다. 분할 벽(19)은 양호한 열전도성을 위해 구리로 제조되며, 용탕 레벨 위에서 분할 벽과 접촉하는 수냉식 냉각 설비(도시되지 않음)에 의해 냉각이 유지된다. 그 결과, 분할 벽이 냉각되며, 용탕이 분할 벽과 접촉되어 응고된다. 화살표 A로 나타낸 바와 같이, 3개의 챔버 각각에는 조절가능한 스톱(도시되지 않음)을 구비한 개별 용탕 이송 노즐(20)에 의해 소망 레벨까지 용탕 금속이 공급된다. 통상적으로 외부층(11)을 위해 선택된 금속은 코어(12) 금속(후자는 이 예시적 실시예에 있어서 높은 수축 계수를 갖는 금속임)과는 다르다. 수직으로 이동가능한 하부 블록 유닛(21)은 몰드의 개방 하단부(22)를 초기에 닫으며, 그 후 구조 동안 하강되어(화살표 B로 나타냄) 배아 복합 잉곳(embryonic composite ingot)이 몰드로부터 빠져나갈 때 이를 지지한다.

- [0025] 도 2는 코어층(12)의 용탕(23)과 좌측 클래딩층(11)의 용탕(24)이 몰드와 상호 접촉하는 좌측 분할 벽(19)에 인접한 도 1의 장치의 구역의 확대도이다. 액체에서 고체로 냉각될 때 금속 합금은 금속의 온도가 금속의 액상선 온도와 고상선 온도 사이에 있을 때 중간 반-고체 또는 "겔썬한(mushy)" 상태를 거친다. 클래딩층(11)을 형성하는 금속(24)은 용탕 집수 구역(25), 상기 용탕 집수 구역 아래의 반-고체 또는 겔썬한 존(26) 및 상기 겔썬한 존 아래의 완전 고체 구역(27)을 갖지만, 이들 구역은 몰드 벽(14)과 분할 벽(19)의 냉각 효과에 의해 나타난 방식으로 외형을 이룬다. 냉각된 분할 벽(19) 바로 아래의 클래딩층(11)의 내부면(28)은 고체이지만, 고체 금속의 외각(shell)은 겔썬한 존(26)과 용탕 집수 구역(25)을 둘러쌀 만큼 매우 얇다. 이 표면은 분할 벽의 하단부 아래의 코어층(12)의 용탕(23)과 접촉되어, 용탕으로부터의 열이 외각내의 얇은 구역(29)의 클래딩층의 고체 표면(28)의 일부를 재용융시킨다. 이 재용융은 그들이 응고될 때 그들의 계면에서의 층 사이의 양호한 접촉을 제공한다. 이 구역(29) 아래에서, 코어층의 금속은 그 액상선 온도 이하로 떨어지며, 겔썬한 존(30)은 더 아래의 고체 금속(31)으로 형성된다. 그러나, 코어층의 금속이 완전히 고체가 되는 동안, 화살표 "32" 방향, 즉 높은 수축 계수에 의해 잉곳의 중심 내측으로 강하게 접촉된다. 이는 코어층을 따라 클래딩층(11)의 금속을 끌어당기며, 따라서 클래딩층의 전체 내부면(28)을 내측으로 끌어당긴다. 이러한 방식으로, 클래딩층의 이동은 분할 벽(19)과 접촉하는 것에 의해 상단부에서 억제되며, 클래딩층의 금속은 도시된 바와 같이 분할 벽의 하단부에 인접한 균열(fracture)(33)을 형성할 수 있다. 이러한 균열이 발생하게 되면, 코어층의 용탕과 클래딩층이 혼합되어 계면이 더 이상 유지되지 않기 때문에 주조 공정을 종료하여야 한다.
- [0026] 이 종류의 균열은 잉곳 형성의 초기 단계 동안, 즉 몰드로부터 잉곳의 처음 12 내지 30인치의 배출 동안 발생하기 쉽다. 이는 주조 공정의 개시에서 마주치는 "버트 컬"로 잘 알려진 현상에 의해 그 시점에서 잉곳에 부과된 과잉 응력 때문이다. 이 현상은 클래딩층의 한쪽에서 보여지는, 그의 한쪽의 길이방향 단부에 있는 배출되는 잉곳(17)의 하부 구역을 도시하는 도 3에 개략 형태로 도시되어 있다. 잉곳의 최하부(34)에서, 금속은 상당한 열 용량을 갖는 하부 블록(21)과 접촉하며, 따라서 그 하단부에서 잉곳을 빠르게 냉각시킨다. 따라서, 이 구역에 있어서, 잉곳은 하부 및 측면 양쪽(냉각된 몰드 표면으로부터의 1차 냉각 및 몰드 바로 아래의 잉곳과 접촉하는 워터 스프레이 또는 제트(16)로부터의 2차 냉각에 의해)이 냉각된다. 잉곳이 더 빠져나오고 길이방향으로 성장할 때, 하부 블록의 냉각 영향은 증가된 간격으로 인해 감소되며, 그 후 주로 잉곳의 측면으로부터 냉각이 일어난다. 하부로부터의 냉각 및 측면으로부터의 냉각의 조합은 도시된 바와 같이 잉곳 컬(ingot curl)의 초기 구역을 이룬다. 잉곳의 하단부는 잉곳의 모서리를 들어올리는 토크 " τ_1 "의 영향을 받아 잉곳의 벽이 "35"에서 내측으로 굽혀지도록 한다. 이들 위치에서 코어 금속의 수축에 의해 부과된 수평 응력과 조합되어 얻어지는 잉곳 상에 부과된 수직 응력은 클래딩층의 균열 위험을 실질적으로 증가시키는 것을 인식하여야 한다.
- [0027] 또한, 일반적으로 주조의 초기 단계의 경우에, 초기 단계 후에 일어나는 주조 단계보다 더 빠르게 실행된다. 이는 다양한 층내의 용탕의 더 깊은 집수가 생성될 수 있으며, 이어서 코어 금속에 의해 생성된 수축력(후술하는 바와 같은 응고 표면을 따라 생성되는 힘)을 증가시킨다. 또한, 이런 이유로 주조의 초기 단계 동안의 균열은 후속 공정보다 더 쉽게 일어난다.
- [0028] 주조의 초기 단계 동안 더욱 발생하기 쉬울 뿐만 아니라, 나타난 균열 또는 금속 결함은 잉곳 중심보다 잉곳의 길이방향 단부 구역에서 더욱 쉽게 일어난다. 이 이유는 다음과 같다. 도 4는 도 1에 도시된 장치로 주조할 때 직사각형 잉곳(17)의 하나의 길이방향 단부(간략화를 위해 내부층(12)으로 나타냄)을 나타내는 도면이다. 파선(50)은 잉곳내에서 액체로부터 고체로의 천이 라인, 소위 열 수렴 라인(thermal convergence line)(더욱 명확하게는 표면으로써 언급됨)이다. 상기 라인은 금속이 용탕 공급노즐(20)에 더 가까운 잉곳의 길이방향 중앙 쪽에서 더 깊으며(도 1), 잉곳의 길이방향 최외 단부쪽에서 더욱 얇고 평탄해지게 된다. 그러나, 지점 "52"에서, 열 수렴 라인은 두 갈래로 갈라지고 잉곳의 각 모서리로 상방으로 연장된다. 이는 잉곳의 단부면(54) 뿐만 아니라 측면(56, 58)으로부터 일어나는 냉각 때문이다. 열 수렴 라인에서 금속이 응고되는 동안, 수축은 화살표 "A", "B" 및 "C"로 나타낸 바와 같이 응고면에 평행하게 일어난다. 분기 지점(52)보다 더 중앙의 잉곳 위치에서, 잉곳은 냉각되며, 따라서 일반적으로 각 측면으로부터 동등하게 수축되며, 그러나 분기 지점을 지나 잉곳의 단부 쪽에서 단부면(54)으로부터의 냉각(열손실) 및 수축은 단부면에 접근하는 동안 더욱 영향을 받는다. 이는 후술하는 바와 같이 잉곳이 측면의 단부에서 내측으로 컬(curl) 또는 토크를 발생시킨다.
- [0029] 잉곳의 상단부에 작용하는 힘은 도 5에 도시되어 있다. 분기 지점(52)을 지나 단부면(54) 쪽으로의 잉곳의 부분에서, 잉곳의 상부는 중앙선(60)으로부터 측면, 예컨대 측면(56)으로 양쪽 외측으로 작용하는 힘(힘 "X")(이 중 화살표(62)로 표시됨) 및 중앙선(60) 쪽에서 내측으로 작용하는 힘(힘 "Y")에 의해 작용을 받는다. 단부면이 접근하는 동안, 외측으로 향한 힘 "X"는 열 수렴 라인(50)의 분기선을 따라 힘의 방향의 변경이 일어나기 때문에 내측으로 향한 힘 "Y"보다 더 점진적으로 작아진다. 이는 도 5에 도시된 바와 같이 잉곳의 모서리 상에

작용하도록 비틀림 회전 또는 토크 " τ_2 "를 발생시키며, 따라서 짧은 측면(54)의 중앙 쪽에서 모서리로 향하는 경향을 갖는다. 그 결과, 잉곳은 직사각형 "이상적인" 형상(59)에 대해 도 6의 크게 과장하여 도시된 형상을 이룬다. 따라서, 외부면(56, 58)은 잉곳의 최단부에서 내측으로 휘어지는 것을 알 수 있으며, 이 휘어짐이 클래딩 층에 부과된 응력을 부가하여 잉곳을 주조할 때 이 구역에서 층이 분리되는 경향을 증가시키는 것으로 믿어진다. 이 때문에, 전술한 바와 같이, 외부 금속층(도시되지 않음)은, 내부층 또는 잉곳을 접촉할 때, 분할 벽(19)에 의해 유지되기 때문에 이 내측 회전이 쉽게 따라갈 수 없다. 따라서 균열의 가능성이 단부 영역에서 증가된다.

[0030] 예시적 실시예는 클래딩층의 금속과 접촉하는 표면(40)에서 분할 벽(19)을 테이퍼링 또는 각도를 이루게 하고, 잉곳의 수축과 그 길이방향 단부에서 코어 잉곳의 버트-컬 및 내부회전(in-turning)에 의해 생성된 추가적인 힘 양쪽을 수용하도록 잉곳의 중앙과 길이방향 단부 사이의 지점에서 분할 벽의 테이퍼(표면의 기울기)의 각도를 증가시키는 것에 의해 이 문제점을 해결한다. 예를 들면, 도 1에 도시된 형태의 주조장치에 대해, 분할 벽(19)은 수직으로부터 소정 각도, 바람직하게는 0 내지 2°, 더욱 바람직하게는 1 내지 2° 로 테이퍼 또는 각을 이룰 수 있다. 이는 외부 또는 클래딩층의 금속과 접촉 및 억제하는 분할 벽(19)의 표면(40)은 분할 벽의 상부로부터 하부 방향으로 코어층 쪽에서 내측으로 경사진다는 것을 의미한다. 더욱이, 종래 크기의 잉곳에 대해, 분할 벽의 테이퍼 각도는 몰드의 길이방향 단부에서, 예컨대 3 내지 7° 또는 더욱 바람직하게는 3 내지 4° 범위로 증가된다. 각도 선택은 내부층의 금속의 수축 계수(통상적으로, 계수가 높을수록, 중앙과 길이방향 단부 양쪽에서 더 높은 계수의 테이퍼 각도가 요구됨)에 의존한다. 비교를 위해, 높은 수축 계수를 갖지 않는 금속의 모노리틱 잉곳 주조시에, 분할 벽의 테이퍼 각도는 약 1.5° 이며, 분할 벽의 전체 길이에 대해 동일하게 유지될 것이다.

[0031] 그들 각각의 단부 쪽으로의 분할 벽의 테이퍼 증가는 도 7A 내지 7D에 개략적으로 도시되어 있으며, 중앙에서의 테이퍼 각도는 각도 θ 로 나타내며, 길이방향 단부에서의 테이퍼 각도는 각도 θ' 로 나타낸다. 단부에서의 각도 θ' 는 중앙에서의 각도 θ 의 적어도 두배가 바람직하지만, 이는 사용된 특정 합금에 따른다. 분할 벽의 단부 쪽으로의 테이퍼 각도의 임의의 증가 정도는 효과적인 것이 종종 발견되지만, 2배 또는 그 이상이 충분한 개선을 부여하는데 바람직하다. 임의의 특정 환경 설정에 대한 가장 바람직한 각도는 서로다른 각도를 사용하여 시험 주조 조작을 실시하고 그 결과를 관찰하는 것에 의해 경험적으로 결정될 수 있다. 분할 벽의 각도 조정과 대조적으로, 몰드 벽(14)은 수직 또는 그 자체로 테이퍼질 수 있으며, 즉 몰드의 하부 쪽에서 외측으로 기울어질 수 있다(테이퍼의 각도가 최대 약 1° 일 수 있다). 이 종류의 테이퍼가 몰드 벽(11)에 대해 사용될 때, 일반적으로 몰드의 전체 길이에 대해 동일하게 유지된다.

[0032] 분할 벽(19)의 표면(40)의 테이퍼 각도의 증가는 중앙으로부터 각각의 길이방향 측면상의 길이방향 단부로 분할 벽의 길이를 따라 점차적으로 및 연속적으로 일어난다. 그러나, 테이퍼 각도를 반드시 이러한 방식으로 증가시킬 필요는 없다. 몰드의 중앙으로부터 잉곳내의 분기점(52)의 개시선 지점에서의 분할 벽의 구역에 있어서, 테이퍼의 각도를 거의 또는 증가시키지 않을 필요가 있다. 따라서, 테이퍼의 각도는 연장된 중앙부(중앙 구역) 내에서 일정하게 유지되며, 그 후 몰드의 중앙으로부터 분할 벽을 따라 이격된 단부 구역에서 증가될 수 있다. 단부 구역에 있어서, 이러한 증가는 점진적으로 일어나는 것이 바람직하고, 또는 테이퍼의 각도를 구역의 개시에서 짧은 간격에 걸쳐 테이퍼의 최대 각도로 빠르게 증가시키고, 그 후 분할 벽의 단부까지 구역의 잔여부 전체를 일정하게 유지시킬 수 있다. 일반적인 근사법으로, 예시적 실시예에 있어서, 중앙의 각 측면에서 테이퍼의 각도가 증가되기 시작하는 위치는 잉곳 길이의 1/4 지점에서 취해질 수 있다. 즉, 일정한(최소) 테이퍼의 중앙 구역은 중앙 구역(제 2 및 제 3 쿼터)을 가로질러 분할 벽을 따라 약 1/4 및 3/4 지점으로 연장하며, 그 후 테이퍼의 각도는 더 큰 간격의 제 1 및 제 4 쿼터에서 증가한다. 이 방식으로 테이퍼진 분할 벽은 도 8에 도시되어 있다.

[0033] 그 길이를 따라 증가되는 각도로 테이퍼질 뿐만 아니라, 분할 벽(19)은 또한 냉각 및 응고 동안 잉곳의 장측면(56, 58)의 수축을 수용하도록 외측으로(미국특허공개 2005/0011630의 도7에 도시된 방식으로) 아치형상일 수 있다. 이는 도 6에 도시된 이들 면의 "만곡형상(bowing-in)" 을 보정하며, 시트 제품으로 압연하기 위한 이상적인 평면 형상에 가깝게 측면을 제조한다.

[0034] 도 9는 본 발명의 예시적인 일실시예에 따른 주조 장치를 도시하는 도 1 상당도이다. 도면은 주조 장치의 중앙 아래 수직으로 나누어져 있다. 우측면은 잉곳의 길이방향 중앙 지점에서의 장치의 수직 단면도이며, 좌측면은 잉곳의 한쪽 길이방향 단부쪽에서의 위치에서의 주조 몰드를 도시한다. 열 분기점(52)이 나타나지만, 도면의 좌측면은 분기점이 이 지점을 지나 잉곳의 단부 쪽으로 더 나타나는 것을 도시한다. 도면의 2개의 절반부는

이들 지점에서의 내부층의 금속의 중앙 응고 지점의 높이의 변화 뿐만 아니라 이들의 서로다른 위치에서의 분할벽(19)의 서로다른 각도(θ 및 θ')를 도시한다. 잉곳의 단부쪽으로의 테이퍼의 각도 θ' 는 중앙(각도 θ)보다 매우 더 크다는 것을 알 수 있을 것이다.

[0035] 본 발명에 있어서, 내부층을 주조하는데 사용된 합금은 높은 수축 계수를 갖는 금속, 예를 들면 고-Mg 또는 고-Zn 알루미늄 합금, 즉 2.5 wt% 이상의 Mg, 바람직하게는 2.5 내지 15 wt%, 더욱 바람직하게는 2.5 내지 9 wt%, 가장 바람직하게는 2.5 내지 7 wt%의 Mg를 함유하는 알루미늄 합금일 수 있다. 적절한 합금의 예는 일반적으로 AA5xxx 시리즈로부터 선택되고, 합금 AA 5083, 5086, 5454, 5182 및 5754를 포함한다.

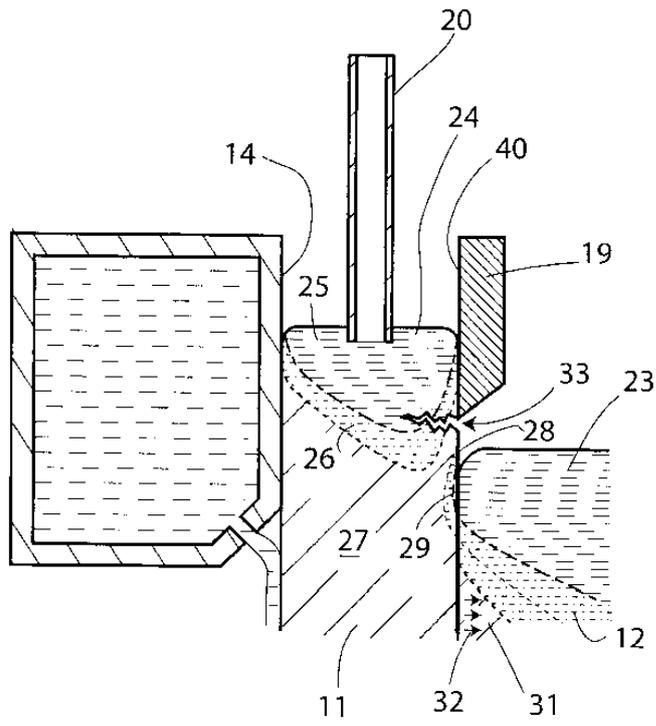
[0036] 클래딩층으로 사용된 합금은 높은 수축 계수를 갖지 않는, 예컨대, 어떠한 Mg 또는 Zn을 더 이상 함유하지 않는 금속이거나 또는 매우 높은 농도의 Mg 또는 Zn을 갖는 않는, 예컨대 2 내지 3 wt% 이하의 Mg를 함유하는 알루미늄 합금이다.

[0037] 그러나, 본 발명은 금속 그 자체가 열 수축의 특히 높은 계수를 갖지 않더라도 이러한 조합은 층 분리를 나타내는 경향이 있기 때문에 내부층과 외부층의 금속 사이에 수축 계수의 현저한 차이가 존재하는 경우에 효과적이다. 본 발명에 있어서, 수축 계수가 층 분리의 발생이 일어나도록 충분히 크면 수축 계수의 차이는 현저하다.

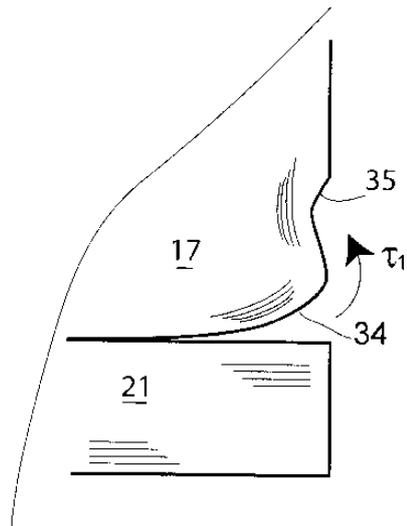
도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1은 단일 분할 벽을 갖는 주조장치를 도시하는 부분 수직 단면도,
- [0013] 도 2는 도 1의 장치에서의 금속 합금 사이의 접촉구역의 개략도,
- [0014] 도 3은 잉곳 주조 동안 생성된 버트-컬(butt-curl)의 예를 도시하는 도 1의 주조장치의 일부를 도시하는 도면,
- [0015] 도 4는 주조 동안 금속의 응고 라인 및 수축력을 도시하는 내부층의 단부의 3차원 도면,
- [0016] 도 5는 금속에 작용하는 힘을 도시하는 도 4의 내부층의 단부의 평면도,
- [0017] 도 6은 금속에 작용하는 힘에 의해 발생된 이상적인 직사각 형상의 뒤틀림을 과장되게 도시하는 내부층(코어 잉곳)의 평면도,
- [0018] 도 7A 내지 7D는 도 9의 장치에 사용된 분할벽의 한가지 형태를 도시하는 도면 및 단면도,
- [0019] 도 8은 본 발명에 따른 분할벽의 다른 실시예를 도시하는 도면 및
- [0020] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따라 구성된 주조 장치의 수직단면도이다.

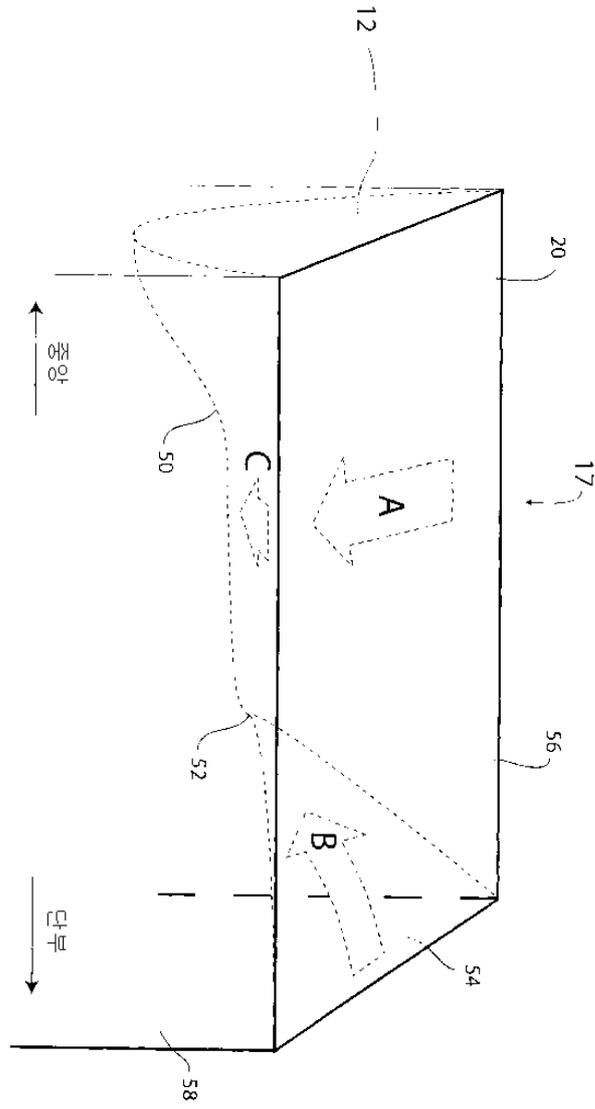
도면2



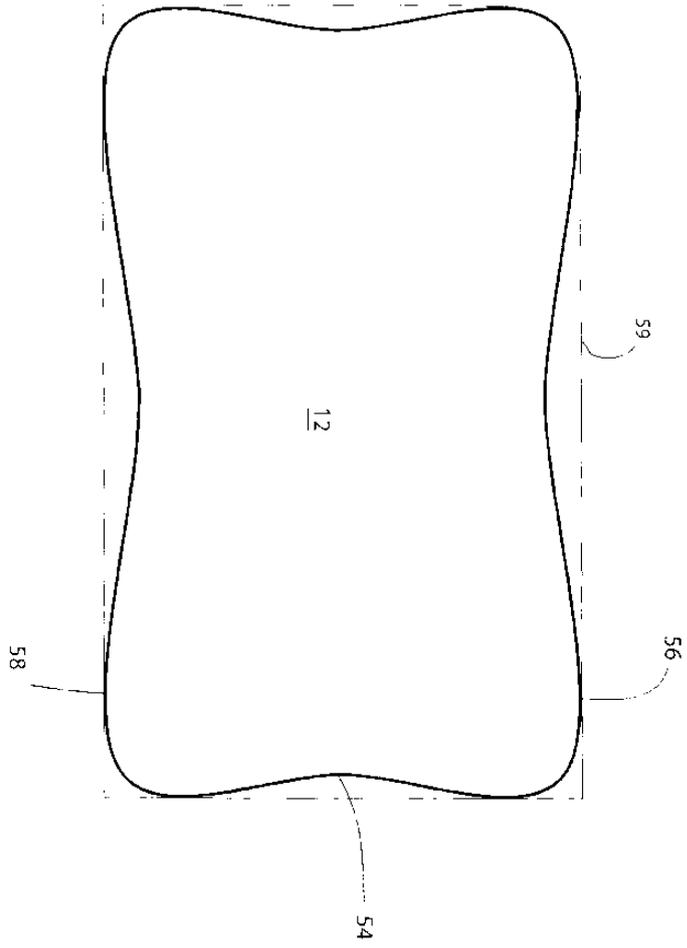
도면3



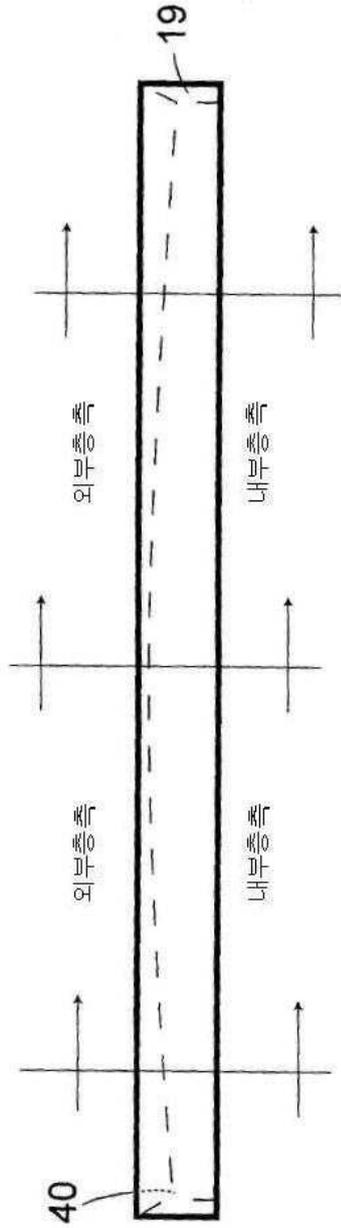
도면4



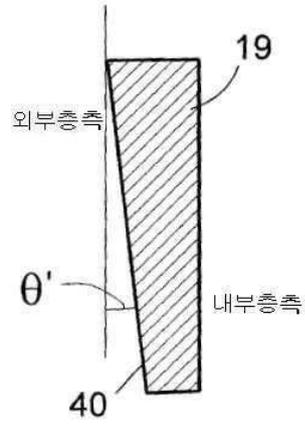
도면6



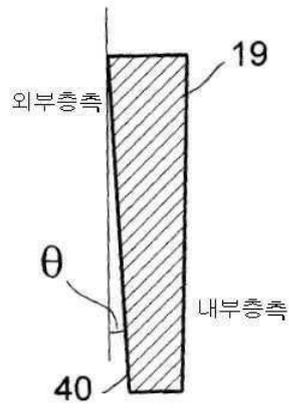
도면7A



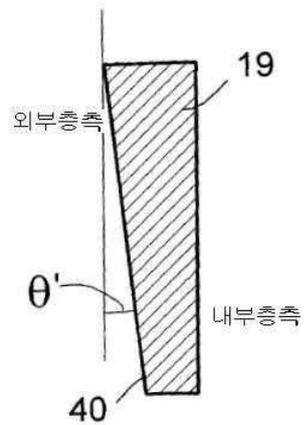
도면7B



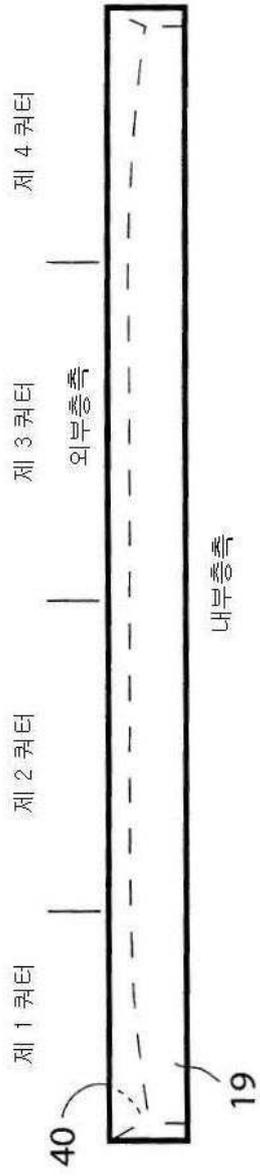
도면7C



도면7D



도면8



도면9

