



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년06월18일  
 (11) 등록번호 10-1403770  
 (24) 등록일자 2014년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 B22D 15/04 (2006.01) B22D 7/12 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-7017858  
 (22) 출원일자(국제) 2011년12월21일  
 심사청구일자 2013년12월06일  
 (85) 번역문제출일자 2013년07월08일  
 (65) 공개번호 10-2013-0140819  
 (43) 공개일자 2013년12월24일  
 (86) 국제출원번호 PCT/CA2011/050790  
 (87) 국제공개번호 WO 2012/083452  
 국제공개일자 2012년06월28일  
 (30) 우선권주장  
 61/460,029 2010년12월22일 미국(US)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR101177584 B1  
 KR1019960021265 A  
 KR1020020051088 A  
 KR1020020060715 A

(73) 특허권자  
**노벨리스 인코퍼레이티드**  
 캐나다 온타리오(엠8제트 1제이5) 토론토 에반스  
 에비뉴 191  
 (72) 발명자  
**앤더슨 마크**  
 미국 워싱턴주 (99016) 스포케인 밸리 이스트 몬  
 트고메리 18008  
**비쇼프 토드 에프.**  
 미국 워싱턴주 (99037) 스포케인 밸리 이스트 11  
 스트 시티. 15702  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**원석희, 김명신, 박장규, 김민철, 이동기, 박지하**

전체 청구항 수 : 총 22 항

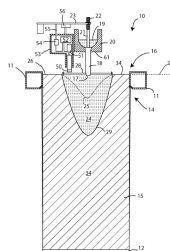
심사관 : 오성환

**(54) 발명의 명칭 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법**

**(57) 요약**

예시적 실시예는 직접 냉각 구조에 의해 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티의 완전한 제거 또는 부분적인 제거 방법을 제공한다. 상기 방법은, 미리 결정된 높이의 상면을 갖는 직립 잉곳을 형성시키기 위해 스파우트로부터 직접 냉각 구조 몰드 내로 용융 금속을 도입시킴으로서 금속 잉곳을 주조하는 단계를 수반한다. 상기 구조의 완료시에, 스파우트의 하부 팁은 잉곳의 상면의 중앙 또는 중앙에 인접하는 위치에서 용융 금속의 상면 아래에 유지되는 것이 바람직하다. 스파우트를 통한 후속 전달을 위해 금속이 용융 상태를 유지하도록 상기 스파우트 내 및 상기 스파우트에 공급되는 금속에 충분한 열을 유지시키면서 스파우트를 통한 금속 유동이 종료된다. 잉곳의 금속이 수축되고 축소될 때 상기 잉곳의 상면에 부분적인 수축 캐비티가 형성된다. 바람직하게는, 부분적인 수축 캐비티가 스파우트의 하부 팁을 노출시키기 전에, 부분적인 수축 캐비티로부터의 용융 금속의 모든 유출 또는 상당한 유출을 회피시키면서 부분적인 수축 캐비티는 용융 금속으로 적어도 부분적으로 충전되며, 바람직하게는 충전되거나 또는 과잉 충전되며, 그 후 상기 스파우트를 통한 금속 유동이 종료된다. 상기 단계들은 상기 상면에 부분적인 수축 캐비티를 형성시키고, 그 후 적어도 부분적으로 충전되며, 바람직하게는 충전 또는 과잉 충전되며, 부분적인 수축 캐비티가 스파우트의 하부 팁을 노출시키기 전에, 부분적인 수축 캐비티를 스파우트로부터의 용융 금속으로 충전하는 공정을 적어도 한번 반복시키고, 바람직하게는 (완전한 수축 캐비티의 제거가 필요한 경우) 잉곳의 금속의 추가적인 축소 또는 수축에 의해 상면의 임의의 부분이 미리 결정된 높이 아래로 수축 또는 축소가 없을 때까지 반복된다. 그 후, 스파우트는 잉곳의 용융 금속과의 접촉으로부터 제거되며, 잉곳의 모든 부분들은 금속이 완전하게 고체로 되는 온도로 냉각된다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**보어만 제임스**

미국 워싱턴주 (99016) 그린에이커스 노스트 플로  
라 2207

**펜튼 웨인 제이.**

미국 워싱턴주 (99216) 스포케인 밸리 이스트 헤로  
이 애비뉴 16704

**신든 데이비드**

미국 워싱턴주 (99036) 벨리포드 사우스 매디슨 로  
드 13615

**턴지 존 스티븐**

미국 아이다호주 (83858) 래스드럼 웨스트 캄루프  
즈 드라이브 6797

**와그스태프 로버트 브루스**

미국 워싱턴주 (99016) 그린에이커스 이스트 헨리  
로드 22710

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

직접 냉각 구조에 의해 구조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티의 완전한 제거 또는 부분적인 제거 방법에 있어서, 미리 결정된 높이의 상면을 갖는 직립 잉곳을 형성시키기 위해 스파우트로부터 직접 냉각 구조 몰드 내로 용융 금속을 도입시킴으로서 금속 잉곳을 구조하는 단계;

상기 구조의 완료시에, 상기 스파우트를 통한 후속 전달을 위해 금속이 용융 상태를 유지하도록 상기 스파우트 내 및 상기 스파우트에 공급되는 금속에 충분한 열을 유지시키면서 상기 스파우트를 통한 용융 금속 유동을 종료시키는 단계;

상기 잉곳의 금속이 수축될 때 상기 상면에 부분적인 수축 캐비티를 형성시키고, 이어서 상기 부분적인 캐비티로부터 용융 금속의 모든 유출 또는 상당한 유출을 회피시키면서 상기 부분적인 수축 캐비티를 적어도 부분적으로 충전시키며, 그 후 상기 스파우트를 통한 금속 유동을 종료시키는 단계;

상기 상면에 부분적인 수축 캐비티를 형성시키고, 이어서 상기 부분적인 수축 캐비티를 상기 스파우트로부터의 용융 금속으로 적어도 부분적으로 충전시키며, 그 후 상기 스파우트를 통한 금속 유동을 종료시키는 공정을 적어도 한번 반복시키는 단계;

상기 공정의 상기 반복을 종료시키는 단계; 및

상기 잉곳의 용융 금속과의 접촉으로부터 상기 스파우트를 제거하고, 상기 잉곳의 모든 부분들을 금속이 완전히 고체로 되는 온도로 냉각시키는 단계를 포함하는, 구조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 잉곳의 상기 금속의 추가적인 수축 또는 축소에 의해 상기 상면의 임의의 부분이 상기 잉곳의 상기 미리 결정된 높이 아래로 수축 또는 축소되지 않을 경우에만 상기 공정의 상기 반복을 종료시키는 단계가 실시되는, 구조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 부분적인 수축 캐비티들의 상기 적어도 부분적인 충전들 중 적어도 일부는 상기 캐비티들을 과잉 충전시키는 단계를 포함하는, 구조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 부분적인 수축 캐비티들의 상기 적어도 부분적인 충전 단계들의 모두는 상기 캐비티들을 과잉 충전시키는 단계를 포함하는, 구조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서,

상기 상면의 높이가 결정되고, 각각의 적어도 부분적인 충전은 상기 높이가 미리 결정된 하위 레벨로 하강될 때 개시되며, 그리고 상기 적어도 부분적인 충전과 일치하는 미리 결정된 상위 레벨로 상기 높이가 상승될 때 종료되는, 구조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,

상기 미리 결정된 하위 레벨과 상기 미리 결정된 상위 레벨은, 각각의 적어도 부분적인 충전 후에 이전의 각각의 부분적인 충전의 레벨보다 더 높은 값으로 각각 설정되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서,

상기 상면의 상기 높이는 표면 레벨 센서에 의해 결정되며, 각각의 적어도 부분적인 충전 후에 상기 상위 레벨의 상기 더 높은 값에 적어도 대응하는 양만큼 상기 표면 레벨 센서가 상승되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 8**

제 5 항에 있어서,

상기 상면의 상기 높이는 표면 레벨 센서에 의해 결정되며, 상기 표면 레벨 센서는 상기 주조 완료로부터 상기 공정의 반복의 상기 종료까지 점진적으로 그리고 연속적으로 상승되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 9**

제 1 항에 있어서,

상기 스파우트는 상기 주조 완료부터 상기 스파우트의 상기 제거까지 고정된 높이에서 유지되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서,

상기 공정은 2회 내지 15회 반복되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 11**

제 3 항에 있어서,

상기 부분적인 수축 캐비티들은 4 내지 6 mm의 과잉 높이만큼 과잉 충전되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 12**

제 1 항에 있어서,

상기 잉곳의 모든 부분들이 금속이 완전히 고체로 되는 온도로 냉각된 후에, 상기 잉곳이 최대 150 mm의 전체 높이의 용기 크라운을 가질 때까지, 상기 공정이 반복되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 13**

제 1 항에 있어서,

상기 잉곳의 모든 부분들이 금속이 완전히 고체로 되는 온도로 냉각된 후에, 상기 잉곳이 최대 50 mm의 전체 높이의 용기 크라운을 가질 때까지, 상기 공정이 반복되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 14**

제 1 항에 있어서,

상기 금속이 용융 상태를 유지하도록 상기 스파우트 내로 또는 상기 스파우트 둘레로 열을 도입시킴으로서 상기 스파우트 내의 금속에 충분한 열이 유지되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 15**

제 1 항에 있어서,

상기 금속이 용융 상태를 유지하도록 상기 스파우트로 용융 금속을 공급하는 출탕통 내에 열을 도입시킴으로서 상기 스파우트에 공급되는 금속에 충분한 열이 유지되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 16**

제 1 항에 있어서,

상기 주조 중에, 분배 백이 상기 스파우트에 연결되며, 상기 분배 백은 상기 주조의 완료시에 상기 스파우트로부터 제거되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 17**

제 1 항에 있어서,

상기 상면에 부분적인 수축 캐비티들을 형성시키고 그 후 상기 부분적인 수축 캐비티들을 적어도 부분적으로 충전시키는 상기 공정 동안, 상기 스파우트의 하부 팁은 항상 상기 잉곳 내의 용융 금속의 표면 아래에 유지되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 18**

제 17 항에 있어서,

부분적인 수축 캐비티의 상기 적어도 부분적인 충전은, 상기 부분적인 수축 캐비티의 수축이 상기 스파우트의 상기 하부 팁을 노출시키기 전에 개시되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 19**

제 1 항에 있어서,

상기 스파우트는 상기 잉곳의 상기 상면의 중앙에 위치되거나 또는 상기 중앙에 인접하여 위치되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 20**

제 1 항에 있어서,

상기 부분적인 수축 캐비티를 적어도 부분적으로 충전하는 각각의 상기 공정 사이에 일시 정지가 존재하는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 21**

제 20 항에 있어서,

상기 일시 정지는 5초 이상 지속되는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**청구항 22**

직접 냉각 주조에 의해 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티의 제거 방법에 있어서,

미리 결정된 높이의 상면을 갖는 직립 잉곳을 형성시키기 위해 스파우트로부터 직접 냉각 주조 몰드 내로 용융 금속을 도입시킴으로서 금속 잉곳을 주조하는 단계;

상기 주조의 완료시에, 상기 스파우트를 통한 후속 전달을 위해 금속이 용융 상태를 유지하도록 상기 스파우트 내 및 상기 스파우트에 공급되는 금속에 충분한 열을 유지시키면서 상기 스파우트를 통한 용융 금속 유동을 종료시키는 단계;

상기 잉곳의 금속이 수축될 때 상기 상면에 부분적인 수축 캐비티를 형성시키고, 이어서 상기 부분적인 캐비티로부터 용융 금속의 모든 유출 또는 상당한 유출을 회피시키면서 상기 부분적인 수축 캐비티를 과잉 충전시키며, 그 후 상기 스파우트를 통한 금속 유동을 종료시키는 단계;

상기 상면에 부분적인 수축 캐비티를 형성시키고, 이어서 상기 부분적인 수축 캐비티를 상기 스파우트로부터의 용융 금속으로 과잉 충전시키며, 그 후 상기 스파우트를 통한 금속 유동을 종료시키는 공정을 반복시키는 단계;

상기 잉곳의 상기 금속의 추가적인 수축 또는 축소에 의해 상기 상면의 임의의 부분이 상기 미리 결정된 높이 아래로 수축 또는 축소되지 않을 경우에 상기 공정의 상기 반복을 종료시키는 단계; 및

상기 잉곳의 용융 금속과의 접촉으로부터 상기 스파우트를 제거하고, 상기 잉곳의 모든 부분들을 금속이 완전히 고체로 되는 온도로 냉각시키는 단계를 포함하는, 주조된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티 제거 방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 주조 잉곳 내의 수축 캐비티의 부분적 또는 완전한 제거에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 금속 잉곳, 특히 (이에 한정되지는 않지만) 알루미늄 및 알루미늄계 합금들로 제조된 잉곳의 직접 냉각(DC) 주조 중에 형성되는 캐비티들을 부분적 또는 완전히 제거하는 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 금속 잉곳들, 특히, 알루미늄 및 알루미늄계 합금들로 제조된 금속 잉곳들은, 잉곳 지지체("저부 블록"으로 칭함)가 몰드의 하단부를 폐쇄시키는 초기 위치로부터 점진적으로 하강될 때, 냉각된 환상 (통상적으로 직사각형) 몰드의 상단부 내로 용융 금속이 공급되는, 직접 냉각(DC) 주조 기술들에 의해 성형될 수 있다. 몰드는, 주변 표면이 그 자체를 지지하도록 그리고 잉곳의 열중심으로부터의 용융 금속의 누설을 회피하도록 충분히 고체로 될 때까지, 그의 주변부를 둘러싸는 몰드 내의 용융 금속의 본체를 냉각시킨다. 이러한 방식으로, 잉곳 지지체가 점진적으로 하강될 때, 용융 금속이 상단부에서 몰드 내로 연속적으로 도입되는 동안 잉곳은 미리 결정된 길이로 성장된다. 냉각수는 통상적으로 냉각 프로세스를 강화시키기 위해 몰드의 하단부 바로 아래의 잉곳의 표면에 주입된다.

[0003] 잉곳이 그의 최대 길이에 도달되면, 용융 금속의 공급이 중지되며, 잉곳 지지체는 잉곳의 중량을 지지하는 장소에 고정되어 유지된다. 잉곳이 냉각되어 계속적으로 고화될 때, 금속은 수축되고 축소된다. 냉각은 잉곳의 주변 표면으로부터 개시되기 때문에, 그의 상단부에서의 잉곳의 코어는 마지막으로 냉각되어 고화되는 부분이며, 금속 수축은 잉곳의 상면의 중심 위치에 형성되는 캐비티의 출현으로부터 분명하게 된다. 이 캐비티가 완전한 잉곳 냉각 후에 잔류하게 되면, 잉곳의 상단부의 일부는, 일반적으로 평탄한 상면을 갖는 잉곳을 제공하도록 캐비티 아래에서 절단된다. 이와 같은 금속 절단부는 재생될 수 있지만, 이러한 절차는 비용적으로 불필요하며, 비효율적이다. 캐비티가 이와 같이 제거되지 않는다면, 잉곳의 압연 중에 "앨리게이터링(alligatoring)"으로 알려진 결함이 발생될 수 있다. 이는, 압연이 진행되어 폐기되어야 하는 2층 적층체를 형성할 때, 궁극적으로 합쳐지는 잉곳의 2개의 압연면들로부터 연장되는 테이퍼진 형상(앨리게이터의 턱과 유사함)의 형성을 수반한다.

[0004] 과거에는, 금속 수축에 대한 보상은, 잉곳의 명목상의 "상면" 위에 용융 금속 저장기를 유지시키고, 이에 따라 캐비티가 형성될 때 용융 금속이 캐비티 내로 추가로 하강하는 것이 가능하도록 하는 것에 의해 제공되었다. 예를 들면, 1966년 7월 26일에 에이.제이.잉햄에게 발행된 미국 특허 제3,262,165호에 설명된 바와 같이, 이는 단열체에 의해 용융 상태가 유지되는 용융 금속의 풀로 부분적으로 충전될 수 있는 단열 벽이 제공된 몰드의 헤드를 제공하는 것에 의해 달성될 수 있다. 대안적으로, 수축 보상은 금속 풀을 용융 상태로 유지시키기 위해 잉곳 위에 단열 공간을 다시 제공하는 가요성 고온 토폭(topping) 라이너를 제공하는 것에 의해 달성될 수 있다. 이러한 라이너들은, 예를 들어 1978년 3월 28일에 알.이.에터베리에게 발행된 미국 특허 제4,081,168호에 개시되어 있다. 이러한 "고온 토폭(hot top)"의 사용은 직접 냉각 주조 프로세스에서는 편리하지 않으며, 저장기 자체의 용융 금속이 적절한 잉곳과 접촉하여 냉각되고 고화될 때 잉곳의 상부로부터의 과잉 금속을 제거할 필요성이 존재할 수 있다.

[0005] 전술한 잉햄의 특허에서는, 응고괴(solidifying mass)의 충전, 예를 들어 캐비티가 형성될 때 추가의 용융 금속을 캐비티 내로 첨가하는, 반복 충전을 또한 제안한다. 그러나, 이 해결책은, 메인 주조 공정이 종료되면 몰드 위의 채널과 스파우트들 내의 용융 금속이 고화되는 경향이 있고, 또한 일반적으로는 가능하지 않은 유출을 회피하면서 캐비티의 충전을 허용할 수 있는 정밀한 제어가 필요하기 때문에, 종래의 직접 냉각 주조 장치에서는 일반적으로 가능하지 않다.

[0006] 발명자인 시.알보게티에게 1985년 8월 7일에 공개된 유럽 특허 출원 EP 0 150 670호는, 몰드 또는 런너 내의 금속 레벨이 측정 코일 수단에 의해 금속 내에 유도된 와전류의 크기를 측정하는 것에 의해 조절되며, 이 와전류의 크기는 코일로부터 용융 금속까지의 거리에 비례하는, 주조 장치를 개시한다. 이러한 거리의 감시는 알루미늄

늄의 전자 구조에서 사용되지만, 직접 냉각 구조에서는 사용되지 않는다.

[0007] 발명자들인 쿠파 등에게 2010년 2월 11일에 공개된 미국 공개 특허 공보 US 2010/0032455호는, 구조를 위한 분배 시스템에서의 용융 금속의 유동을 제어하는데 사용하기 위한 제어 핀 시스템을 개시한다. 제어 핀은 스파우트를 통한 용융 금속의 유동을 제어하고, 이 유동이 정지되었을 때 스파우트 내의 금속의 응고를 방지하도록 제어 핀 또는 스파우트를 위한 열을 제공한다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 이들 선행기술에도 불구하고, 직접 냉각 구조에 의해 성형된 잉곳 내의 수축 캐비티를 제거하기 위한 개선된 방법 또는 장치의 필요성이 존재한다.

**과제의 해결 수단**

[0009] 예시적 실시예는 직접 냉각 구조에 의해 성형된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티의 완전한 제거 또는 부분적인 제거 방법을 제공한다.

[0010] 본 발명의 방법은, 미리 결정된 높이의 상면을 갖는 직립 잉곳(upright ingot)을 형성시키기 위해 스파우트로부터 직접 냉각 구조 몰드 내로 용융 금속을 도입시킴으로서 금속 잉곳을 구조하는 단계를 수반한다. 상기 구조의 완료시에, 스파우트의 하부 팁은 잉곳의 상면의 중앙 또는 중앙에 인접하는 위치에서 용융 금속의 상면 아래에 유지되는 것이 바람직하다. 스파우트를 통한 후속 전달(subsequent delivery)을 위해 금속이 용융 상태를 유지하도록 스파우트 내 및 상기 스파우트에 공급되는 금속에 충분한 열을 유지시키면서 스파우트를 통한 금속 유동을 종료시킨다. 잉곳의 금속이 수축되고 축소될 때 상기 잉곳의 상면에 부분적인 수축 캐비티를 형성시킨다. 바람직하게는, 부분적인 캐비티가 스파우트의 하부 팁을 노출시키기 전에, 부분적인 캐비티로부터의 용융 금속의 모든 유출 또는 상당한 유출을 회피시키면서 부분적인 수축 캐비티는 용융 금속으로 적어도 부분적으로 충전, 바람직하게는 충전되거나 또는 과잉 충전되며, 그 후 상기 스파우트를 통한 금속 유동을 종료시킨다.

[0011] 상기 상면에 부분적인 수축 캐비티를 형성시키고, 그 후 캐비티가 스파우트의 하부 팁을 노출시키기 전에, 상기 부분적인 수축 캐비티를 스파우트로부터의 용융 금속으로 적어도 부분적으로 충전, 바람직하게는 충전 또는 과잉 충전시키는 공정을 적어도 한번 반복시키고, 바람직하게는 (완전한 캐비티의 제거가 필요한 경우) 잉곳 금속의 추가적인 축소 또는 수축에 의해 상면의 임의의 부분이 미리 결정된 높이 아래로 수축 또는 축소되지 않을 때까지 반복시킨다. 그 후, 스파우트는 잉곳의 용융 금속과의 접촉으로부터 제거되며, 잉곳의 모든 부분들은 금속이 완전하게 고체로 되는 온도로 냉각된다.

[0012] 본 명세서에서 사용된 용어 "부분적인 수축 캐비티"는, 캐비티 충전 수단이 채용되지 않은 경우 냉각 완료 후에 잉곳에 형성되는 금속 수축과 축소로부터 얻어지는 완전한 캐비티의 크기의 일부만을 나타내는 캐비티를 의미한다. 즉, 부분적인 수축 캐비티는 완전하게 형성된 수축 캐비티의 깊이보다 더 적은, 미리 결정된 깊이를 갖는 캐비티이다.

[0013] 용어 "적어도 부분적인 충전"은 부분적인 수축 캐비티가 과잉 충전되거나, 정확하게 충전되거나 또는 단지 부분적으로 충전되는 것을 포함한다. 용어 "과잉 충전" 또는 "과잉 충전된"은, 실질적으로 용융 금속이 캐비티로부터 유출되지 않고 주위 고체 캐비티 림(rim)의 레벨 이상의 높이로, 용융 금속이 부분적인 수축 캐비티 내로 도입되는 것을 의미한다. 이는, 금속 풀이 캐비티의 림을 초과하는 거리로 상승될 때, 용융 금속의 표면 장력이 금속 풀의 주변부를 둘러싸는, 하강 가압 메니스커스(downwardly turned confining meniscus)를 형성하기 때문이다. 이와 같은 캐비티를 "충전"한다는 용어는, 금속 풀의 표면이 캐비티의 주변 고체 림의 높이에 도달하지만 초과하지는 않는 정도로 캐비티가 충전된다는 것을 의미한다. 용어 "부분적인 충전"은 "충전"에 필요한 양보다 더 적은 금속 도입량을 의미한다. "과잉 충전"이 상기 단계들의 모두에 사용되지 않는 경우, 최종 단계들 중 하나 또는 그 이상의 단계에서 사용하는 것이 가장 바람직하다. 과잉 충전은, 냉각이 진행되고 그리고 부분적인 캐비티의 체적이 작게 되기 시작할 때 이 과잉이 이후의 충전 단계들에서 보다 중요한 경향이 있을 때, 많은 용융 금속이 부분적인 수축 캐비티 내로 공급될 수 있도록 한다. 바람직하게는, 모든 충전 단계들은 부분적인 수축 캐비티들의 충전 또는 과잉 충전 중의 하나를 수반한다. 간략화를 위해, 이하의 설명에서 사용되는 용어 "캐비티 충전", "충전 단계들" 등은, 문맥이 정확한 캐비티 충전에만 관련된 것임이 명확하지않는 한, 부분적인 캐비티 충전, 정확한 캐비티 충전 및 캐비티 과잉 충전의 모두를 포함하는 일반적인 용어로서 의도된다.



또한, 이들 용어들은 부분적인 수축 캐비티들의 충전에 관한 것임을 이해할 것이다.

- [0014] 반복된 충전 단계들은, 특히 파잉 충전이 실행될 때, 상면에서 단차식 용기 "크라운(crown)"을 갖는 잉곳을 제조하는 경향이 있다. 그러나 잉곳 헤드가 수축될 때, 이 헤드 내의 금속은 단순 부분적인 충전이 실행되는 경우에도 단차식 크라운 형상을 형성하는 방식으로 고화될 수 있다.
- [0015] 적게는 2개의 캐비티 충전 단계들이 존재하지만, 통상적으로 3개 이상이며, 15개 이상의 단계들이 존재할 수 있다. 이들 단계들 사이의 일시 정지는, 일반적으로 규정된 부분적인 수축 캐비티, 즉 금속 풀의 표면 높이의 측정 가능한 감소를 형성시키기 위해, 잉곳내의 금속 풀의 주변부에서의 금속 고화 및 충분한 수축을 허용하도록 충분히 길다. 바람직하게는, 일시 정지는 금속-전달 스파우트의 최하부 팁이 대기에 노출될 만큼 길지 않다.
- [0016] 다른 예시적 실시예는, 직접 냉각 구조에 의해 형성된 금속 잉곳 내의 수축 캐비티를 제거하는 방법을 제공한다.
- [0017] 본 발명의 방법은, 미리 결정된 높이의 상면을 갖는 직립 잉곳을 형성시키기 위해 스파우트로부터 직접 냉각 구조 몰드 내로 용융 금속을 도입시키는 것에 의해 금속 잉곳을 구조하는 단계를 포함한다. 구조 완료시에, 스파우트 내의 금속 내에 충분한 열을 유지시키면서 스파우트를 통한 용융 금속 유동을 종료시키고, 그리고 스파우트를 통한 후속 전달을 위해 금속의 용융 상태를 유지하도록 스파우트를 공급한다.
- [0018] 잉곳의 금속이 수축될 때 상면에 부분적인 수축 캐비티를 형성시키고, 그 후 부분적인 캐비티로부터의 용융 금속의 모든 유출 또는 부분적인 유출을 회피시키면서 상기 부분적인 수축 캐비티를 파잉 충전시키고, 그리고 그 후 스파우트를 통한 금속 유동을 종료시킨다. 상면에 부분적인 수축 캐비티를 형성시키고, 그 후 스파우트로부터의 용융 금속으로 부분적인 수축 캐비티를 충전시키고, 이어서 스파우트를 통한 금속의 유동을 종료시키는 단계들은 적어도 한번 반복된다. 상기 단계들의 반복은, 상면의 임의의 부분이 미리 결정된 높이 아래로 수축 또는 축소되도록 하는, 잉곳의 금속의 추가적인 축소 또는 수축이 없을 때까지 반복된다. 그 후, 스파우트는 잉곳의 용융 금속과의 접촉으로부터 제거되며, 잉곳의 모든 부분들은 금속이 완전하게 고체로 되는 온도로 냉각된다.
- [0019] 각각의 캐비티 충전 공정(operation)의 개시는, 시간 스케줄에 따라, 또는 금속 풀이 잉곳 내로 하강할 때 금속 풀의 표면 영역의 측정된 높이에 따라 결정될 수 있다. 잉곳의 수축률이 잘 알려진 경우에는, 캐비티 충전 공정들은 적절한 깊이의 부분적인 수축 캐비티들의 형성을 허용하도록 충분한 간격으로 실행되도록 조절될 수 있다. 그러나 더욱 바람직하게는, 부분적인 수축 캐비티들의 깊이가 측정되고, 충전 공정들은 이들이 미리 결정된 검지 레벨들에 도달했을 때 개시된다.
- [0020] 캐비티 깊이 측정은 다양한 방식, 예를 들어 조작자(적절한 깊이의 캐비티가 관찰되었을 때 충전 공정을 개시시키는 스위치를 작동시키는 사람)에 의해 시각적으로 달성되거나, 또는 센서, 예를 들어 미리 결정된 부분적인 수축 캐비티 깊이가 검출되었을 때 자동적으로 충전 공정을 촉발하도록 설계된 레이저 표면 높이 검출기 또는 광학 장치의 사용에 의해 자동적으로 달성될 수 있다. 그러나 부분적인 수축 캐비티들의 깊이는, 용융 금속 내에 전류를 유도하고 캐비티 깊이의 지표로서 유도 전류의 강도를 사용하는 센서에 의해 결정되는 것이 가장 바람직하다. 센서 전류를 유도하는 센서의 종류로서 용융 금속 표면에 근접하여 작동되는 센서가 채용되는 경우, 센서는, 바람직하게는, 센서와 부분적인 수축 캐비티를 충전시키는 용융 금속 사이의 접촉을 회피시키기 위해 부분적인 충전 단계들의 진행과 함께 상승된다. 센서의 이와 같은 상승 또는 인상은 단차적(예를 들어, 각각의 충전 단계의 종료 후)으로 실행되지만, 불요한 센서/금속 접촉을 회피시키도록 유효한 일정 속도에서 연속적으로 실행되는 것이 가장 바람직하다. 센서와 용융 금속 사이의 측정 분리의 차이는, 센서의 이동에도 불구하고 캐비티의 표면 높이를 계산하고, 종료될 진행중인 충전 단계와 적절한 일시 정지 후에 개시될 추가 단계를 결정하는 논리 제어기에 공급된다.
- [0021] 캐비티 충전 단계들 사이에 일시 정지 없이, 수축 캐비티가 형성될 때 부분적인 수축 캐비티 내로 용융 금속이 연속적으로 도입될 수 있지만, 특히, 잉곳이 동시에 충전되는 캐비티의 대상이 되는 다수 중의 하나인 경우(동시에 작동되는 다수의 DC 구조 몰드를 포함하는 몰드 테이블을 갖는 구조 장치에서 종종 발생됨), 금속 유출을 회피하도록 충전물을 적절하게 제어하는 것은 어렵다. 따라서, 충전 단계 중에, 캐비티 내로의 용융 금속 유동을 정지시키고 금속을 방해 없이 냉각시켜 수축시키는 일시 정지에 의해 분리된 다수의 개별 충전 단계로 캐비티를 충전시키는 것이 바람직하다. 각각의 충전 단계 사이의 일시 정지는, "접힘(fold)" (잉곳이 압연 밀로 보내질 때 잔류되어서는 안 되는 결함)을 일으키는 이전에 고화된(previously-solidified) 금속의 상부 위로 용융 금속을 주입하는 위험 없이, 추가의 충전 단계가 실행될 수 있는 깊이로 부분적인 구조 캐비티가 재형성되도록



한다. 일시 정지의 최소 지속 시간은 용융 금속의 냉각률과 수축률, 즉 이 공정 중에 잉곳의 외측을 흐르는 냉각수의 냉각효과 및 구조되는 합금의 열전도율에 주로 의존한다. 따라서, 최소 지속 시간은 가변적이며, 통상적으로 5초 이상, 종종 10초 이상 및 더욱 통상적으로는 15초 이상이다. 따라서, 통상적으로, 최소 지속 시간은 5 내지 15초 범위이며, 더욱 통상적으로는 10 내지 15초 범위이다. 따라서, 충전 단계들의 횟수는 이하의 고려 사항들, 즉 일시 정지의 지속시간, 각각의 충전 단계에 요구된 시간, 및 소망 정도로의 캐비티의 제거에 요구된 시간, 또는 충전 단계들에 사용 가능한 용융 금속의 양 중 일부 또는 전부에 의해 결정된다. 사용 가능한 용융 금속의 양은, 충전 스파우트 및 스파우트를 공급하는 출탕통(laundry) 내의 용융 금속의 양에 의해 결정되거나, 또는 금속이 고체로 되기 위해 충분히 냉각되면 캐비티 충전을 위해 더 이상 사용할 수 없기 때문에 용융 금속의 냉각속도에 의해 결정된다.

[0022] 예시적 실시예들은 완전한 수축 캐비티 제거를 위해 채용될 수 있지만, 또한 부분적인 캐비티 제거, 즉 부분적인 캐비티 충전을 위해 제공될 수도 있다. 부분적인 캐비티 충전은, 압연 전 또는 후에 잉곳으로부터 폐기되는 금속이 적기 때문에 캐비티 충전이 전혀 없는 것보다 이점을 제공한다. 더욱이, 적절한 주조가 완료된 후에 완전한 캐비티 제거를 위해 사용 가능한 용융 금속이 불충분할 때, 단순한 부분적인 캐비티 제거가 어떤 경우에서 필요할 수 있다. 또한, 잉곳들은 일반적으로 캐비티 충전 공정 중에 물로 냉각되기 때문에, 부분적인 캐비티들의 형상이 변하고, 캐비티 충전 진행이 제한되기 시작하고, 그리고 연속적인 측면들로부터 냉각되기 시작하며, 이에 따라 나머지 캐비티가 캐비티의 상면의 미리 결정된 높이 아래로 연장되더라도, 이러한 캐비티는 동일한 깊이의 "자연적인" 캐비티(충전 공정들 없이 형성된 것의 하나)보다 잉곳으로부터 적은 금속을 변위시킨다.

[0023] 적절한 주조 종료시에 충전 단계들에 대한 용융 금속의 유용성은 다양한 수단에 의해 확보될 수 있다. 주조 종료시에, 몰드로 금속을 공급하기 위해 사용된 금속 용해로는, 몰드로의 금속 유동이 종료되도록 종종 뒤로 기울어진다. 그러나 용융 금속은, 노로부터 몰드로 용융 금속을 이송시키기 위해 제공된 출탕통 또는 다른 채널들 내에 존재한다. 노가 뒤로 기울어지기 전에 출탕통 내의 용융 금속 레벨을 유지시켜 캐비티 충전을 위한 용융 금속을 잔류시키도록 하나 또는 그 이상의 댐(dam)이 채용될 수 있다. 그러나 이러한 금속이 출탕통 또는 몰드를 공급하는 스파우트 내에서 응결되자마자, 이 금속은 캐비티 충전 공정에 대해 더 이상 사용될 수 없다. 금속 냉각이 너무 빠르게 진행되는 경우, 금속 응결은 추가의 가열과 함께 용융 금속을 제공하는 것에 의해 지연되거나 방지될 수 있다. 이는, 출탕통 또는 스파우트용 히터(예를 들어, 출탕통 및/또는 스파우트의 벽 또는 금속 내에 투입된 전기 히터)들을 제공하는 것에 의해, 또는 출탕통 또는 스파우트의 외부로부터 열을 제공하는 것에 의해, 예를 들어 이들 부분들의 외부에 불꽃(예를 들어, 프로판 토치 등)을 향하게 하는 것에 의해 실시될 수 있다. 금속 댐과 채널/스파우트 히터들의 조합이 채용될 수 있다.

[0024] 예시적 실시예들은, (후술하는 바와 같이) 단층 잉곳 또는 다층 잉곳, 즉 코어층과 하나 이상의 클래딩층을 갖는 다층 잉곳의 구조를 위해 채용될 수 있다. 후자의 경우, 클래딩층들은 통상적으로 코어보다 매우 얇기 때문에 금속 수축에 대한 보상이 요구되지 않으며, 예시적 실시예들은 두꺼운 코어층에 대해서만 채용된다.

[0025] 예시적 실시예들은 철, 구리, 마그네슘, 알루미늄 및 그들의 합금들과 같은 다양한 금속의 주조 중에 실행될 수 있다. 동일한 금속의 고체 표면을 적시지 않는, (이에 의해 과잉 충전이 가능한) 임의의 금속에 대해 과잉 충전이 소망되는 경우, 기본적으로, 본 발명의 방법은 수축 캐비티를 형성하는 경향이 있는 임의의 금속에 적합하다. 알루미늄 및 알루미늄계 합금들이 특히 적합하다.

**도면의 간단한 설명**

[0026] 도 1은 주조 공정의 종료시 및 예시적 실시예에 따른 장치를 포함하는 직접 냉각 주조 장치를 개략적으로 도시하는 도면이다.

도 2a 내지 도 2h는 수축 캐비티의 형성과 제거의 점진적인 스테이지들에서의 주조 잉곳을 개략적으로 도시하는 도면이다.

도 3은 도 2a 내지 도 2h의 충전 단계들을 나타내는 그래프도이다.

도 4는 주조 몰드로 용융 금속을 전달하고, 제어 핀을 포함하는 스파우트를 도시하는 측면도이다.

도 5는 도 4의 스파우트와 제어 핀의 수직 단면도이다.

도 6은 동시에 두 개의 잉곳을 주조하고, 예시적 실시예들에 따라 작동되는 주조 테이블을 도시하는 평면도이다.

도 7a와 도 7b는 금속 수축을 보상하기 위한 임의의 시도 없이 제조된 잉곳들의 상부의 사진을 기반으로 하는 도면(도 7a) 및 예시적 실시예에 따른 금속 수축에 대한 보상을 갖고 제조된 잉곳들의 상부의 사진을 기반으로 하는 도면(도 7b)이다.

도 8은 하기의 실시예 2에서 기술된 바와 같은 잉곳 주물에 대한 잉곳 헤드 캐비티 비교를 나타내는 그래프도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0027]

본 발명의 예시적인 실시예들을 첨부하는 도면들을 참조하여 이하에서 상세하게 설명한다.

[0028]

몰드 수단을 기술하기 위해 본 명세서에서 사용된 용어 "환상(annular)"은, 효과적으로 연속적인 몰드 벽 또는 개방 입구와 출구를 갖는 주조 캐비티를 둘러싸거나 또는 외접하는 임의의 소망 형상의 주조 표면을 갖는 몰드를 의미한다. 몰드 벽의 형상은 종종 직사각형 또는 정사각형이지만, 원형 또는 대응하는 단면 형상의 잉곳들을 제조하기 위한 임의의 다른 대칭적 또는 비대칭적 형상일 수 있다. 원하는 바에 따라, 포워 몰드 벽은, 벽들에 의해 형성된 주조 캐비티의 단면적과 형상을 변화시키기 위해 한 쌍의 평행 측벽들 사이로 슬라이딩 가능한 단부 벽들을 제공하는 것에 의해, 그의 길이 및/또는 형상을 조정할 수 있다. 이와 같은 배치에서는, 단부 벽들이 측벽들과 일체로 되어 있지 않지만, 단부 벽과 측벽들로 구성된 합성 몰드 벽이 효과적으로 연속적이며 그리고 용융 금속 누출을 회피하도록, 벽들은 밀접하게 서로 끼워맞춘다.

[0029]

도 1은 주조 공정의 종료시의 직립 직접 냉각 주조 장치(10)의 간략화한 개략 수직 단면도이다. 이 장치는, 평면에서 보았을 때 바람직하게는 직사각형 환상 형상이지만, 선택적으로 원형 또는 다른 형상을 갖는 수냉식 직접 냉각 주조 몰드(11), 및 주조 공정 중에 몰드(11)의 하단부(14)를 초기에 폐쇄시키고 밀봉하는 상부 위치로부터 완전하게 형성된 주조 잉곳(15)을 지지하는 하부 위치(도시된 바와 같음)로, 적절한 지지 수단(도시되지 않음)에 의해 수직 하방 방향으로 서서히 이동되는 저부 블록(12)을 포함한다. 잉곳은, 저부 블록(12)이 느리게 하강되는 동안, 수직 중공 스프라우트(18) 또는 동등의 금속 공급 기구를 통해, 몰드의 상단부(16) 내로 용융 금속을 도입시키는, 주조 공정에서 제조된다. 용융 금속(19)은 금속 용해로(도시되지 않음)로부터 몰드 위에 수평 채널을 형성하는 출탕통(launders)(20)을 통해 스프라우트(18)에 공급된다. 스프라우트(18)는 이하에서 상세하게 기술하는 방식으로 스프라우트를 통한 용융 금속의 유동을 조절하고 그리고 정기적으로 종료시키는 제어 핀(21)의 하단부를 둘러싼다. 제어 핀(21)은 스프라우트로부터 상방으로 연장되는 상단부(22)를 구비한다. 이 상단부(22)는, 스프라우트를 통한 용융 금속의 유동을 조절하거나 또는 종료시킬 필요가 있을 때, 제어 핀을 상승시키거나 하강시키는 제어 암(23)에 피봇 가능하게 부착되어 있다. 주조 공정 중에, 제어 핀(21)은 용융 금속이 스프라우트(18)를 통해 몰드(11) 내로 자유롭게 빠르게 흐르도록 제어 암(23)에 의해 상승 위치에서 유지된다. 주조를 위해, 출탕통(20)과 스프라우트(18)는, 스프라우트의 하부 팁(17)이 용융 금속의 스플래시와 난류를 회피하도록 배아 잉곳(embryonic ingot) 내에 풀(24)을 형성하고 있는 용융 금속 내로 담기도록, 충분히 하강되어 있다. 이는 산화물 형성을 최소화하고, 금속 풀의 상부에 형성되는 산화막 아래로 신선한 용융 금속을 도입시킨다. 이 팁에는 또한 용융 금속이 몰드로 진입할 때, 용융 금속을 분배시키고 여과시키는 것을 지원하는 금속 메시 패브릭(metal mesh fabric)의 형태인 분배 백(distribution bag)(도시되지 않음)이 제공되어 있다. 주조가 완료되면, 제어 핀(21)은 스프라우트를 차단하는 하부 위치로 이동되어 용융 금속이 스프라우트를 통과하는 것을 완전하게 방지하며, 이에 의해 용융 금속이 몰드 내로 유동되는 것을 종료시킨다. 이때, 저부 블록(12)은 더 이상 하강하지 않거나 또는 소량으로만 하강되며, 새로운 주조 잉곳(15)은 그의 상단부가 아직 몰드(11) 내에 있는 저부 블록(12)에 의해 지지된 위치에 잔류된다. 주조 공정 중에, 냉각수는 몰드(11)의 하부 주변부 둘레의 개구부들로부터 잉곳(15)의 외부로 주입되고, 이는 주조가 종료된 후에 소정 시간 동안 계속되는 것이 바람직하다. 용융 금속의 풀(24)은 잉곳의 완전 고체 영역(34)과의 계면(29) 위에 잔류된다. 시간이 경과하고 잉곳이 추가로 냉각되어 고화가 계속됨에 따라, 이 계면(29)은 잉곳과 금속 풀 수축을 통하여 상승되고, 최종적으로는 잉곳이 완전하게 고체로 될 때 사라진다. 계면(29)에 있어서, 고체 수지상정(solid dendrite)은 고체 표면으로부터 성장하여 수축되고, 주위 용융 금속을 끌어당겨, 금속 풀(24)의 표면 높이의 감소를 일으키며, 이에 의해 잉곳이 완전히 고화될 때 주조 캐비티(25)의 형성을 일으킨다. 주조 완료 시점에서, 그러나 추가 냉각 전에, 잉곳은, 도시된 바와 같이, 미리 결정된 소망 수직 높이(27)의 상면(26)을 가지며, 잉곳이 표면(26)에서 완전한 고체 영역(34)의 고화 금속에 의해 둘러싸이는 금속 풀(24)을 가지더라도, 이 상면(26)은 실질적으로 평탄하다. 미리 결정된 소망 높이(27)는 금속 수축이 발생되지 않은 경우에 달성되는 잉곳의 상단부의 의도된 위치를 나타낸다. 그러나 주조 완료 후에 잉곳이 추가로 냉각되어 고화될 때, 금속은 수축되고 축소되며, 결국에는, 수축 캐비티(25)가 잉곳의 상면(26)의 중앙에 형성되고 미리 결정된 표면 높이(27) 아래의 상당한 깊

이에 도달하게 된다. 예를 들면, 100 내지 150 mm 이상의 캐비티 깊이가 상업 규모의 잉곳에서 공통된다. 수축은 주조 공정의 종료시에 용융 금속 풀(24)의 표면에 일반적으로 대응하는 상면의 중앙 영역(28)에서 발생된다. 중앙 영역(28)은, 잉곳의 이 부분이 열 손실이 빠른 측면들과 단부들 보다 더 늦게 냉각되고 고화되기 때문에, 잉곳의 측면들과 단부들로부터 내측으로 이격되어 있다.

[0030] 예시적 실시예에 따르면, 스프라우트(18) 내의 금속과 이 스프라우트에 공급하는 출탕통(20) 내의 금속은 이하에서 더욱 상세히 설명하는 방식의 주조 공정의 완료 후에 용융 상태를 유지한다. 그 후, 수축이 개시되고 잉곳의 상면(26)에 수축 캐비티(25)의 형성이 개시되어 부분적인 수축 캐비티가 생성되면, 스프라우트(18)로부터의 용융 금속은 용융 금속 표면을 상승시키도록 용융 금속 풀(24)로 전달되며, 이에 따라 수축에 대한 보상을 위해 부분적인 수축 캐비티를 재충전시킨다. 이 충전 공정은 일시 정지(pause)에 의해 분리된 일련의 개별 단계들로 반복적으로 실시되며, 매회 처음에는 부분적인 수축 캐비티의 형성을 허용하며, 그 후 용융 금속을 용융 금속 풀(24)로 전달하고, 그 후에 추가 수축을 위해 다시 정지시킨다. 이 단계적인 반복 충전은 첨부하는 도면들 중 도 2a 내지 도 2h를 참조하여 추가로 설명한다. 이들 도면들 및 도 1에 있어서, 참조 부호 "50"은 용융 금속 충전 공정을 감시하고 제어하는데 사용된 표면 높이 센서를 나타낸다. 바람직하게는, 센서(50)는 스프라우트를 인접하여 둘러싸는 용융 금속 풀의 높이를 검지하기 위해 스프라우트(18)에 가능한 한 근접하여 위치되어 있다. 또한, 도 2a 내지 도 2h는 매우 높은 높이의 잉곳의 상부들만을 도시한다는 것을 유의하여야 한다.

[0031] 도 2a는 주조 완료 직후, 즉, 도 1에 도시된 상황 직후의 잉곳과 장치를 도시한다. (만약에 있다면) 분배 백은 스프라우트로부터 제거되어 있으며, 표면 높이 검출기(50)는 잉곳의 표면에 근접하여 위치되어 있다. 검출기(50)로부터의 정보에 기초하여, 잉곳(15)은, (이 도면에서는 매우 얇은) 부분적인 수축 캐비티(25a)를 형성하도록 상면(26)의 영역(28)이 미리 결정된 소량(예를 들어, 2 mm 만큼 작음)으로 하강할 때까지 주조 후에 정지된다. 표면 영역(28)은 도 1에 도시된 바와 같은 완전하게 형성된 수축 캐비티(25)를 생성하기 위해 필요한 최대한으로 하강하는데 충분한 시간이 허용되지 않는다. 실제로는, 표면 영역은 스프라우트 내의 용융 금속이 공기에 노출되도록 하는, 스프라우트의 하부 팁(17)을 노출시킬 수 있는 충분한 하강을 허용하지 않는 것이 바람직하다. 스프라우트에 인접한 표면 영역(28)이 미리 결정된 양으로 하강되면, 용융 금속은 부분적인 수축 캐비티(25a)에 재충전(적어도 부분적으로)을 일으키도록 스프라우트(18)로부터 금속 풀(24) 내로 공급되며, 실제로는, 도 2b에 도시된 바와 같이 과잉 충전(over-fill)이 바람직하다. 즉, 상면(26)의 주변 고체 부분(34)의 높이 이상의 높이, 즉 미리 결정된 잉곳 표면 높이(27) 이상의 위치로 부분적인 캐비티를 충전시키도록, 충분한 용융 금속이 금속 풀(24) 내로 도입된다. 상면의 인접하여 둘러싸는 고체 부분(34)의 높이 이상의 위치로 충전하는 것이 가능한데, 이는, 그의 상면(33)이 점선으로 나타낸 바와 같이 주변 잉곳의 표면 레벨(27) 이상이라도, 하방으로 거꾸로 선 메니스커스(downwardly turned meniscus)(31)가 용융 금속 풀(24)의 주변부를 에워싸며 형성되고, 용융 금속 내의 표면 장력이 부분적인 캐비티(25a)의 수평방향의 범위 내에서 유지되기 때문이다. 물론, 스프라우트(18)로부터 공급된 용융 금속의 양은, 용융 금속이 잉곳의 주위 표면을 가로질러 펼쳐지도록 하기 위해 부분적인 캐비티(25a)를 넘쳐 흐르지 않도록 하는 것이 바람직하며, 부분적인 캐비티로부터의 작고 무의미한 유출량은 실제로 용인될 수 있다. 일반적으로, 상면(33)의 높이는 잉곳의 주위 고체 부분(34) 보다 최대 약 8 mm 높을 수 있지만, 4 내지 6 mm 범위의 과잉 높이가 더 바람직하다.

[0032] 부분적인 캐비티(25a)가 검출기(50)에 의해 소망 범위로 과잉 충전되면, 스프라우트(18)를 통한 용융 금속의 유동이 일시 정지되며, 그리고 잉곳은 추가로 냉각된다. 이 사이에, 도 2c에 도시된 바와 같이, 고체/액체 계면(29)은 새로운 고체층(35)을 형성하는 냉각 및 고화에 의해 잉곳 내에서 상승되고, 이에 따라 금속 풀(24)의 크기는 감소된다. 고체 금속의 새로운 층(35)은 수축 금속 풀(24)을 에워싸는 상면(26)까지 연장되며 금속 풀의 가장자리를 모두 에워싸는 림(45)을 형성한다. 이 림은 부분적인 캐비티(25a)의 과잉 충전 때문에, 그리고 수축이 금속 풀(24)의 주변부들의 표면 높이를 끌어내리는 기회를 갖기 전에 금속의 고화를 일으키는 층(35) 내의 금속의 상대적으로 빠른 냉각 때문에, 주위 고체 영역(34)에 대해 상승된다.

[0033] 잉곳이 도 2b의 단계에 이어 소정 시간 동안 냉각된 후에, 도 2c의 림(45)을 형성하는 것을 제외하고, 금속 풀(24)의 용융 금속의 상면(33)은 추가의 부분적인 수축 캐비티(도시되지 않음)를 형성하도록 금속 수축 및 축소에 의해 끌어내려진다. 이 추가의 부분적인 수축 캐비티가 검출기(50)에 의해 결정된 바와 같은 미리 결정된 깊이에 도달되면, 스프라우트(18)는 다시 개방되고, 도 2c에 도시된 바와 같이 인접하여 둘러싸는 잉곳 표면과 림(45)의 레벨 이상의 레벨로 부분적인 수축 캐비티를 다시 과잉 충전시키도록, 용융 금속은 용융 금속 풀 내로 유동된다. 추가의 부분적인 수축 캐비티가 용융 금속으로 과잉 충전되면, 스프라우트(18)를 통한 금속의 유동은 다시 일시 정지되고 잉곳은 추가로 냉각된다.

[0034] 도 2d 내지 도 2g에 도시된 바와 같이, 이 프로세스는 수회 반복된다. 즉, 잉곳은, 계면(29)이 각각 상승된 림



(45a, 45b, 45c, 45d)을 갖는 새로운 금속층(35a, 35b, 35c, 35d)들을 형성하도록 추가로 상승되는 시간 동안, 잉곳의 상면 내에 추가의 부분적인 수축 캐비티가 형성될 때까지, 추가 기간 동안 방치된다. 각각의 추가의 부분적인 수축 캐비티 자체는 이전의 과잉 충전 공정에 의해 형성된 주위 립의 레벨 이상의 레벨까지 스파우트(18)로부터의 용융 금속으로 과잉 충전된다. 부분적인 수축 캐비티들을 형성하고 그 후 이 부분적인 수축 캐비티들을 과잉 충전시키는 이 반복적인 또는 되풀이되는 절차는, 잉곳의 금속의 임의의 나머지 수축 또는 축소가 상면(26)의 임의의 부분이 미리 결정된 높이(27) 아래로 하강되지 않도록 하는 지점에 도달할 때까지, 계속된다. 그 후, 반복적인 과잉 충전 단계들이 종료되고, 잉곳이 완전하게 고체로 된 조건을 도시하는 도 2h에 나타낸 바와 같이, (출탕통(20)과 함께) 스파우트를 상승시키는 것에 의해 스파우트(18)는 용융 금속 풀(24)과의 접촉으로부터 제거된다. 완전 고화 후에 부분적인 캐비티(25h)가 잔류하더라도, 그의 최하점(26h)은 잉곳의 단부의 의도된 위치를 표시하는 미리 결정된 높이(27) 이상이라는 것을 유의하여야 한다.

[0035] 따라서, 과잉 충전 공정이 완료된 후에, 잉곳의 상면(26)은 미리 결정된 높이(27) 이상으로 돌출하는 용기된 단차식 크라운(crown)(49)을 갖는다. 잉곳이 직사각형일 때, 크라운(49)은 일반적으로 직사각형 단차식 피라미드 형상을 가지며, 단차부는 부분적인 수축 캐비티들의 연속적인 과잉 충전에 의해 생성된 립에 의해 생성된다. 실제로는, 크라운(49)은 과잉 충전 공정의 횟수 및 각 단계에서 달성된 과잉 표면 높이에 따라 미리 결정된 높이(27) 이상의 최대 150 mm의 전체 높이에 도달할 수 있지만, 더 바람직하게는 최대 약 50 mm의 높이를 가질 수 있다. 예를 들어, 각각 4 mm의 과잉 높이의 7회의 과잉 충전 단계들은 28 mm의 전체 높이를 갖는 크라운(49)을 생산하거나 또는 금속의 냉각에 의한 수축에 의해 약간 더 작을 수 있다. 일부 목적들을 위해, (예를 들어, 후속 잉곳 압연 중에 "얼리게이터링(alligatoring)"의 발생 가능성이 적기 때문에) 더 높은 크라운이 더 낮은 크라운보다 더 유리하다. 크라운(49)은 후속 압연 공정들과의 호환성 때문에 일반적으로 절단되지 않지만, 필요에 따라, 예를 들어 원래 의도된 높이로 완전하게 평탄한 상면을 갖는 잉곳을 제공하기 위해 미리 결정된 높이(27)의 레벨로 잉곳을 절단할 수 있다. 크라운(49)이 절단되더라도, 이는 금속을 다량으로 함유하지 않으며, 따라서 스크랩화 또는 재순환을 위해 복귀되는 금속의 양이 매우 많지는 않다.

[0036] 이 예시적 실시예의 의도는, 각각의 부분적인 충전 단계에서 부분적인 수축 캐비티들의 과잉 충전을 달성하기 위한 것이지만, 실제로는 간헐적인 단순 충전이 채용될 수 있으며(또는, 과소 충전), 특히 감소된 금속 레벨에서는 하나 또는 그 이상의 후속 충전 단계들에서 보상된다. 그러나 다른 예시적 실시예들에 있어서는, 단순한 부분적인 수축 캐비티의 제거가 목표일 수 있으며, 이러한 경우에는 충전 단계들은 도 2h에 나타낸 바와 같은 완전한 충전 전에 종료된다. 예를 들면, 충전 단계들은 도 2e에 나타낸 바와 같이 중간 스테이지(stage)에서 정지되며, 이어서 금속 풀은 고화되어 주위 잉곳의 표면 아래로 수축될 것이지만, 최종적인 수축 캐비티는, 예를 들어 도 2a에 나타낸 바와 같은 잉곳을 완전히 냉각시키도록 하는 단계들 없이 형성되는 캐비티보다 더 작을 것이다.

[0037] 부분적인 수축 캐비티들의 과잉 충전 공정 횟수는 가변적이지만, 통상은 3회 이상, 15회 이하이다. 용융 금속 표면이 항상 소망 레벨(27)에 근접하여 유지되기 때문에, 많은 횟수의 충전 공정이 적은 횟수보다 더 낫다. 그러나 너무 많은 충전 공정들이 시도되면, 추가적인 부분적인 캐비티 형성이 검출되고 과잉 충전 단계들을 위해 충분하게 소량의 용융 금속을 제공하는 것이 곤란하다. 더욱이, 용기 립(45)들이 고화하여 형성되는 시간을 갖지 않을 수 있다. 그 결과, 각각의 상황에 대한 충전 공정의 최적 횟수를 이끌어내는 이들 고려사항들 사이에 상충관계(trade-off)가 존재한다. 이는, 시험과 경험에 의해, 또는 컴퓨터 모델에 의지하는 것에 의해 결정될 수 있다.

[0038] 충전 공정들은 또한 도 3에 그래픽으로 나타나 있다. 도면에서 좌측에서 우측으로의 직립 바들은 충전 절차에서의 다양한 스테이지들에서 잉곳 스파우트를 인접하여 둘러싸는 잉곳의 상부들을 나타낸다. 좌측의 바(bar)는 주조 완료시의 잉곳을 나타내며, 소망 잉곳 높이(27)에서의 용융 금속 풀의 표면 높이(28a)를 나타낸다. 바는 또한, 표면 높이를 검출했을 때 제1 캐비티 충전 공정을 촉발하는 표면 높이(28a)를 나타낸다. 계면(29)의 위치는 이 참조 부호에 의해 식별되는 선으로 나타나며, 스파우트의 팁(17)의 위치(바람직하게는, 충전 절차의 종료까지 변화되지 않음)는 파선(17)으로 나타내었다. 단차식 화살표(48)로 나타낸 바와 같이, 제1 충전 공정은, 높이(28a)를 제2 직립 바로 나타낸 바와 같은 새로운 높이(28b)까지 표면을 이동시킨다. 그 후, 냉각하여 높이를 위치(28c)로 감소시키고 새로운 충전 공정 등을 촉발한다. 다시 도 1을 참조하여, 금속 레벨 센서(50)와 동반 장치들을 상세히 설명한다. 금속 레벨 센서(50)는 스파우트(18)의 일측에 근접하여 도시되어 있으며, 전술한 바와 같이, 일반적으로 잉곳의 중앙에 있는 스파우트(18)를 인접하여 둘러싸는 용융 금속의 표면 높이를 감지하도록 위치되어 있다. 이 센서는 그 아래의 용융 금속 내에 유도 전류를 생성시키는 유도 코일(도시되지 않음)을 내장한다. 유도 코일의 전력은, 금속 표면이 후퇴되는 것과 같이 금속 표면이 더 근접하여 축소될 때 크

게 된다. 코일에서 측정된 전력 또는 전류는 센서로부터의 용융 금속 표면(28)의 거리의 척도로 변환된다. 그러나 도 2a 내지 도 2h의 화살표(47)로 나타낸 바와 같이, 센서(50)는 용융 금속의 레벨이 상승할 때 용융 금속과의 접촉으로부터 센서를 유지시키기 위해 부분적인 캐비티들의 충전 진행에 따라 상방으로 이동된다. 센서(50)의 수직 위치는 제어 회로(52)(예를 들어, 프로그램 가능한 논리 제어기, PLC)로부터의 지시에 의해 전기 모터 또는 유압 모터(51)에 의해 상하로 변동되며, 이들 유닛들은 제어 회로(52)로부터의 지시를 수취하는 모터(54)를 유지시키는 하우징(53) 내에 수용되어 있다. 모터(54)는 필요에 따라, 피봇(56)을 중심으로 제어 암(23)을 이동시켜 제어 핀(21)을 상승 또는 하강시키도록 로드(55)를 작동시킨다.

[0039] 캐비티 충전 공정 중에, 센서(50)로부터의 정보는 제어기(52)로 제공되어, 제어 핀(21)이 모터(54)에 의해 상승될 때를 결정하며, 이에 따라 금속은, 예를 들어 미리 결정된 캐비티의 깊이가 미리 결정된 한계에 도달했을 때 부분적인 캐비티를 충전하도록 금속 풀(24) 내로 유동될 수 있다. 센서(50)는 부분적인 캐비티에 첨가된 용융 금속의 표면 레벨의 높이의 증가를 감지하고, 이에 기초하여, 제어기(52)는 제어 핀이 스파우트(18)를 통한 금속 유동을 차단시키도록 하강될 때를 결정한다. 제어기는, 잉곳의 상면과 센서 사이의 적절한 분리를 유지시키도록, 연속적으로 또는 단차적 방식으로 센서(50)를 상승시키도록 모터(51)를 구동시킬 수 있다. 따라서, 센서(50)로부터의 정보에 기초하여 제어기(52)는 얼마나 많은 과잉 충전 공정이 필요한가를 결정하며, 제어기에 프로그래밍된 정보에 따라 이들 과잉 충전 공정들을 개시하고 종료할지를 결정한다.

[0040] 필요한 방식으로 부분적인 수축 캐비티들에 용융 금속을 첨가시키기 위해, 필요한 시간에 정확하게 스파우트(18)를 통해 가장 적당한 양의 용융 금속을 공급하는 것이 가능하여야 한다. 이는, 전술한 바와 같이, 이 예시적 실시예에서는, 스파우트(18) 내에서 작동되는 제어 핀(21)의 수단에 의해 달성된다. 적절한 제어 핀과 스파우트의 조합체(57)가 첨부 도면들 중 도 4와 도 5에 도시되어 있다. 이 예시적 실시예에 있어서, 스파우트(18)는 바람직하게는 주조 공정에 사용된 종류의 용융 금속에 의한 공격에 대한 저항성을 갖는 내화성 세라믹 재료로 제조된 관형체이다. 이 관형체의 외부면은 외측으로 확대된 테이퍼진 상단부(58), 중앙 원통형 배럴(59) 및 팁(17)에 이르는 내측으로 테이퍼진 노즐(60)을 구비한다. 상단부(58)는 출탕통(20)의 하부 벽(도 1 참조) 내의 대응하는 형상의 구멍 내에 끼워맞춤되는 형상이며, 이 끼워맞춤은 금속 누출을 방지하면서 스파우트를 제자리에 단단하게 그러나 제거가능하게 유지하도록 충분히 정밀하게 실시된다. 스파우트의 내부면(62)(도 5 참조)은 상단부(58)로부터 노즐(60)까지의 거리의 대부분에 대해 원통형이지만, 하단부에서 노즐과 동일한 범위로 내측으로 테이퍼져 있다. 필요에 따라, 내부면(60)의 테이퍼진 영역은 노즐을 제한시키고 차단시키기 위해 제어 핀(21)과 협력된다. 제어 핀(21)은, 그의 하단부에서 세라믹 재료의 윤곽 플러그(65)를 이송시키는 중공 관(54)의 형태이다. 제어 핀이 도 5에 도시된 바와 같은 하강 위치에 있을 때, 스파우트를 통한 용융 금속의 유동이 완전히 차단된다. 제어 핀이 상승되는 경우, 용융 금속은 플러그(65) 둘레로 유동될 것이며, 플러그와 스파우트 사이의 개구부의 면적은, 플러그가 스파우트의 내부면의 원통부에 도달할 때까지 플러그가 상승되는 것과 같이 증가된다. 따라서, 용융 금속의 유량은 제어 핀(21)을 적절하게 상승 또는 하강시키는 것에 의해 매우 정밀하게 제어될 수 있다. 팁(17)에 바로 인접하게 플러그(65)를 제공한다는 사실은, 플러그 아래에서 팁(17)으로부터 계속해서 배출되는 금속이 없는 것처럼, 제어 핀이 완전히 하강되면 금속 유동을 즉각 차단시키는 것을 의미한다.

[0041] 항상 용융 상태인 임의의 금속을 스파우트(18) 내에 유지시키기 위해, 제어 핀(21)의 내부에는 와이어(도시되지 않음)를 통해 외부 전기 공급원(도시되지 않음)에 연결되는 도선(67)이 공급된 전기 히터(66)가 제공되어 있다. 전기 히터(66)는 그의 하단부에 설치된 플러그(65)에 부착되며, 중공 제어 핀(21)이 누설되는 경우, 히터(66)의 전열선이 용융 금속에 의한 공격으로부터 보호되도록, 이 전열선의 둘레에 성형된 세라믹 재료로 제조될 수 있다.

[0042] 제어 핀(21)의 상단부에는 제어 암(23)의 Y자형 단부(72)의 대응하는 홈 내에 피봇 가능하게 유지되는 직경방향으로 대향된 돌출 핀(71)들이 제공된 내부 나사식 링(70)을 이송하는 외부 나사식 요소(69)를 구비한다. 도 1과 관련하여 전술한 바와 같이, 제어 암(23)은 핀을 상승 또는 하강시키며, 핀(71)들에 의해 제공된 중추적인 배치는 제어 암이 피봇(56)을 중심으로 피봇될 때 제어 암(23)의 각도에 상관없이, 제어 핀(21)이 수직으로 그리고 스파우트(18)와 축방향으로 정렬되어 유지되도록 한다. 링(70)과 나사식 요소(69) 사이의 나사식 연결은, 제어 로드(21)가 제어 암(23)과 관계없이 상승 또는 하강되도록 하며, 이에 따라 제어 핀이 제어 암(23)에 의해 허용된 최하부 위치에 있을 때, 제어 핀은 스파우트를 완전히 폐쇄시키도록 스파우트(18) 내에 적절하게 놓여질 수 있다. 나사식 요소(69)에는 다양한 높이에서 관통 구멍(73)들이 제공되어 있으며, 이에 따라 트위스트-핀(twist-pin)(75)은 제어 핀(21)의 회전을 용이하게 하도록 일시적으로 삽입될 수 있다.

[0043] 전기 히터(66)는 스파우트를 통한 유동이 제어 핀(21)에 의해 완전히 차단된 경우에도 금속이 용융상태를 유지

하도록 스파우트(18) 내의 금속에 충분한 열을 전달할 수 있다. 대안적인 실시예에 있어서, 스파우트(18)의 본체는 스파우트 내측의 금속을 항상 용융 상태를 유지하도록 매립 히터를 포함하거나 또는 외부 히터를 구비할 수 있다. 다른 대안으로서, US 2010/0032455호에 개시된 바와 같은 제어 핀과 스파우트 조합이 채용될 수 있다(US 2010/0032455호의 내용은 본 명세서에 참조로 편입됨).

[0044] 의도된 방식으로 동작시키는 예시적 실시예들에서는, 많은 부분적인 수축 캐비티들을 과잉 충전시키는데 필요한 충분한 금속(19)을 출탕통(20) 내에 존재시키고, 이용 가능한 금속이 스파우트(18)로 전달되고 스파우트를 통해 전달되도록 이 금속을 용융 상태로 유지시키는 것을 확실하게 할 필요가 있다. 이를 달성하기 위한 한가지 방식은 도 6과 관련하여 가장 잘 설명되어 있으며, 도 6은 동시에 두 개의 나란한 잉곳들을 구조할 수 있는 DC 주조 테이블을 간략화한 평면도이다. 이 장치에 있어서, 탠덤 주조 몰드(75)들은 각 주조 몰드용으로 하나씩, 도 4와 도 5에 도시된 종류의 두 개의 스파우트와 핀 조합체(57)가 제공된 상부 개방형 출탕통(20)에 의해 위에서부터 횡단된다. 이 도면에 있어서, 제어 핀(21)에 대한 제어 압(23)이 또한 명확하게 도시되어 있다. 출탕통의 일단부(20a)는 영구적으로 차단되며, 타단부(20b)는 추가의 출탕통, 채널, 파이프(도시되지 않음) 등을 통해 금속 용해로(도시되지 않음)에 연결되어 있다. 메인 주조 공정의 완료 후에, 댐(dam)(77)이 출탕통(20) 내로 삽입되며, 임의의 금속 유동을 차단하도록 출탕통의 측벽들과 저부 내의 홈(도시되지 않음)들에 의해 유지된다. 그 후, 노로부터의 용융 금속의 추가 공급이 종료되지만, 용융 금속(19)의 풀은 주조 몰드(75) 위의 출탕통의 일부에서 댐에 의해 유지된다. 출탕통은, 댐에 의해 출탕통에 억류된 금속이 천천히 냉각되어 상당한 시간 동안 용융 상태를 유지하도록 단열을 제공하는 내화성 재료의 라이닝(78)을 구비한다. 그러나 필요에 따라, 출탕통의 댐부는 스파우트(18)로 전달하기 위한 금속 풀을 용융 상태로 유지시키기 위해 가열될 수 있다. 이 때문에, 출탕통의 벽들은 매립된 전기 히터(도시되지 않음)를 포함할 수 있으며, 출탕통은 용융 금속 아래에 잠수된 잠입 히터(immersion heater)를 포함하거나, 또는 가열 수단이 출탕통의 외측에 제공되거나 또는 위로부터 금속에 직접 제공될 수 있다.

[0045] 도 6의 장치를 사용하여, 두 개의 탠덤 금속 잉곳들이 나란히 구조될 수 있으며, 잉곳들 내의 수축 캐비티들은 제거되거나 또는 전술한 절차에 의해 회피된다.

[0046] 전술한 종류의 내부 전기 히터를 구비한 스파우트(18)를 제공하는 것이 일부 실시예들에서는 바람직하지만, 이것이 항상 필요한 것은 아니다. 스파우트(18) 내에서의 응결로부터 금속을 유지시키기 위해 필요한 열은, 핀(21)을 둘러싸는 트로프(trough)(20) 또는 스파우트(18) 내의 금속의 검지 가능한 열 또는 잠열로부터, 또는 트로프 또는 스파우트의 고체 벽들 내에 유지되거나 또는 고체 벽들로 도입된 열로부터 비롯된다. 주조 공정의 개시시에, 예를 들어 스파우트(18)와 핀(21)은 외부 가열 장치, 예를 들어 프로판 토치 또는 불꽃을 갖는 다른 장치의 어떤 형태의 장치에 의해 예열될 수 있다. 주조 공정의 종료시에, 스파이트와 핀이 주조 중에 과열된 용융 금속에 노출될 때, 스파우트와 핀의 금속 접촉면들은 필연적으로 매우 고온으로 된다. 스파우트와 핀은 토핑 업(topping up) 절차가 일어날 수 있도록 충분한 시간 동안 충분한 열을 유지한다. 예를 들면, 전체 8회 또는 그 이상의 토핑 업 반복이 금속 응결 없이 실행될 수 있다. (용융 금속에 대해) 트로프(20)에 전기 벽 또는 잠입 히터들이 채용되는 경우, 토핑 업 반복은 특정하게 제한되지 않으며, 실제로는 15회 이상일 수 있다.

[0047] 예시적 실시예들의 보다 완전한 이해를 위해, 주조 공정의 설명을 이하에 제공한다.

[0048] 실시예 1

[0049] 첨부하는 도면들 중 도 6에 도시된 종류의 탠덤 몰드 직접 냉각 주조 장치에서 알루미늄 합금 잉곳들을 구조하였다.

[0050] 주조 전에, 가열식 제어 핀들을 스파우트 내로 삽입하고, 각각 1000 와트(watts)(전용량)로 전력공급하였다. 100 mm 주조시에, 전력은 25% (250 와트)로 감소되었다. 주조 종료(저부 블록의 조업 중단) 전의 200 mm 길이의 주조시에, 주조 충전 프로세스의 종료 전에 스파우트 내의 금속이 용융 상태에 머물러 있도록 제어 핀 히터들로의 전력을 250 와트에서 1000 와트로 증가시켰다.

[0051] 소망 길이의 주조에 도달했을 때, 종료-주조 시퀀스를 수동으로 개시하였다. 이것은 노를 뒤로 기울이고 제어 핀들을 스파우트들에 근접시키는 것이다. 저부 블록은 계속해서 하강시켰다. 노가 다시 뒤로 기울어질 때, 금속이 노로 역류하는 것을 방지하기 위해 댐을 분배 출탕통 내로 수동으로 배치시키고, 이에 따라 수축 캐비티들을 충전시키기 위한 용융 금속의 충분한 체적을 유지시킨다.

[0052] 어느 몰드에서든 금속 레벨이 설정값을 하회하는 10 mm까지 떨어지면, 저부 블록의 하강이 정지되고, 각 몰드의 금속 레벨은 PLC 메모리의 설정값으로서 저장되었으며, 금속 레벨 센서들은 후퇴되고, 분배 출탕통은 위로 쪽

상승되었다. 출탕통이 완전히 상승되었을 때, (용융 금속을 지시하고 여과시키는데 사용되는) 분배 백들을 제거하고, 조작자는 제어기를 조작하는 것에 의해 분배 출탕통을 하강시키고 몰드 레벨 센서들을 확장시켰다.

[0053] 출탕통과 금속 레벨 센서들이 완전히 하강되도록 15초 지연 후에, 전술한 바와 같이 몰드 금속 레벨들은 개시 설정값으로서 저장되고, 센서들을 약 2.0 mm/min의 속도로 증가되기 시작하였다.

[0054] 금속이 고화될 때 몰드 내의 용융 금속 레벨은 천천히 저하되었다. PLC는 그의 램핑된(ramped) 설정값과 각각의 몰드 내의 실제의 금속 레벨을 비교하였다. 몰드 내의 실제 금속 레벨이 설정값을 하회하는 2.0 mm까지 떨어지면, 각각의 제어 핀은 25%의 유량(flow rate)으로 개방되었다. 제어 핀이 폐쇄된 시간에서 실제의 금속 레벨이 새로운 설정값에 도달될 때까지 금속 레벨은 수초 내에 상승되었다. 이는 약 14분 후에 조작자에 의해 정지될 때까지 반복되었다. 이 때, 잉곳의 중앙부에 있는 용융 금속 영역은 (금속 응결에 의해) 몰드 금속 레벨 센서들에 의한 측정이 더 이상 불가능한 지점으로 하강되었다(약 200 mm X 450 mm의 크기에 도달된 타원형 금속 풀).

[0055] 그 후, 충전 프로세스를 정지시키고, 출탕통 댐을 제거하고 그리고 몰드 금속 센서들을 상승시켰다. 8초 후에, 분배 출탕통을 기울이고, 스파우트들에 트랩된 임의의 잔류 금속을 배출시키도록 제어 핀을 개방시켰다.

[0056] 첨부하는 도면들 중 도 7a와 도 7b는 두 개의 잉곳들의 상부를 도시하는 사진에 기초한 도면이다. 도 7a의 잉곳은 수축 캐비티를 제거하기 위한 어떠한 시도도 하지 않고 주조한 것이며(종래 기술), 이러한 캐비티(25)를 도면에서 볼 수 있다. 도 7b의 잉곳은 전술한 바와 같은 캐비티 충전 처리가 실시되었으며, 도 7a의 수축 캐비티는 직립 선 모양 또는 단차 크라운(49)에 의해 완전히 제거되고 치환되었다는 것을 알 수 있다. 원 사진은, 캐비티 제거 절차의 의도된 종료 후에, 스파우트로부터의 의도하지 않은 금속 유동의 계속 진행으로부터 기인하는 단차 돌출부를 넘어서는 어떤 금속 오버플로우를 나타내었다. 그러나 이 오버플로우는 도면의 명확화를 위해 도 7b에서 생략되었다.

[0057] 실시예 2

[0058] 실시예 1에 기재된 종류의 주조 공정은 도 6에 도시된 일반적인 종류의 장치이지만, 비가열식 제어 핀을 구비한 장치에서 다시 실행되었다. 주조가 진행될 때, 스파우트와 핀들이 응결되고 폐쇄되는 것을 회피하기 위해, 용융 금속의 열은 스파우트와 핀들을 충분히 고온에서 유지시켰다. 주조 장치에 공급된 용융 금속의 온도는, 장치 내에서의 열손실에 의한 응결을 회피하도록 충분히 상승되었다. 주조 절차의 상세한 설명은 아래와 같다.

[0059] 주조는 5개의 주조 몰드들을 유지하는 몰드 테이블에서 실행되었지만, 4개의 잉곳들을 동시에 주조하기 위해 중앙의 몰드(위치번호 3)는 사용하지 않았다. 실제로는, 이와 같은 주조 잉곳은 스템(stub) 잉곳, 즉 통상의 높이보다 낮은 잉곳이었다. 자동화의 변경은 트로프 기울기와 금속 레벨 제어 핀들의 타이밍을 변경시키는 PLC 프로그램에 추가되었다. 종료-주조시에, 노를 평상시처럼 뒤로 기울였다. 트로프 내의 금속 레벨이 수축에 의해 일정 레벨까지 저하된 경우, 조작자는 다른 종료-주조 신호를 지시하여 압반(platen)들을 정지시키고, 메인 트로프 내의 금속 댐을 폐쇄시키고 금속 레벨 제어 핀들을 폐쇄시켰다. 그때에 트로프 내의 모든 금속이 그 안에 잔류하도록 출탕통은 내려진 채로 있었다. 자동 레벨 제어장치는 각각의 잉곳의 헤드에서의 금속 레벨에 대한 관독을 캡처하고, 이 새로운 레벨을 현재의 금속 레벨 설정값으로서 설정하였다. 램프는 장시간에 걸쳐 헤드 레벨 설정값을 상승시키도록 자동으로 설정되었다. 잉곳 헤드에서 금속이 수축되었을 때, 금속 레벨 제어(MLC)는 상승 설정값과 실제 레벨 사이의 차를 관독하였다. 이 차이가 특정 임계값에 도달될 때 핀들은 잉곳 헤드들 내로 금속을 방출하도록 개방되었다. 잉곳 헤드들이 충분히 응고되었을 때, 조작자는 최종 종료-주조 신호를 지시하고, 주조 스테이션의 출탕통을 상승시키고 주조 루틴의 정상 종료에서와 같이 나머지 금속을 폐기하였다.

[0060] 주조의 실제적인 상세는 다음과 같다:

[0061] · 몰드 크기 - 30.2 x 62.2 인치(76.7 x 158 cm)

[0062] · 개시 헤드 - 알루미늄, 13 인치(33 cm) 높이

[0063] · 합금 - AA3104

[0064] · 스킴 링(skim ring)들이 사용되었음

[0065] · 주조 길이 - 70 인치(178 cm), 종료 주조는 60 인치(152 cm)에서 개시됨

[0066] · 주조 개시에서의 트로프 온도 - 680°C

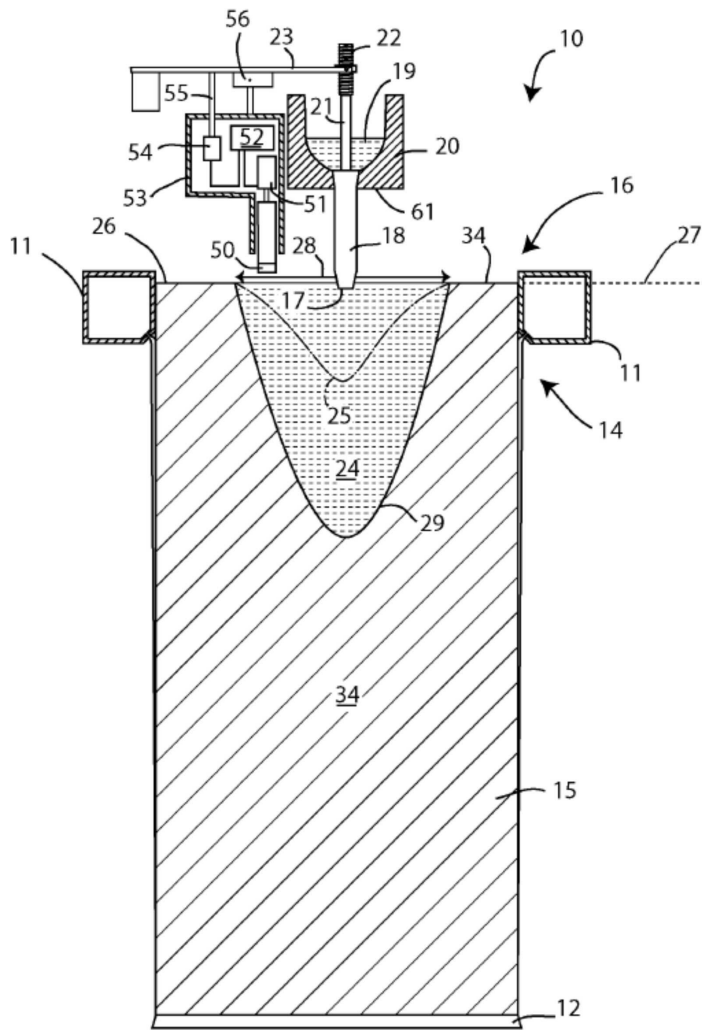


- [0067] · 뒤로 기울인 노에서의 트로프 온도 - 678℃
- [0068] · 표준적인 비가열식 제어 핀들.
- [0069] 주조 처리는 다음과 같다:
- [0070] · 스테브 주조는 정상적으로 개시됨
- [0071] · 조작자는 노를 뒤로 기울이도록 종료-주조 버튼을 누름
- [0072] · 메인 댐 직전에 레이저가 6 인치 금속 레벨을 나타낼 때 조작자는 다시 종료-주조 버튼을 누름
- [0073] ○ 핀들이 폐쇄됨
- [0074] ○ 압반이 정지됨
- [0075] ○ 메인 댐이 폐쇄됨
- [0076] ○ 메인 댐과 알칸 베드 필터(Alcan bed filter)(ABF) 출구 사이에 핸드 댐(hand dam)이 배치됨
- [0077] · 정상시처럼 조작자들은 노와 ABF 출구 사이의 트로프를 청소함
- [0078] · 잉곳 헤드들 내의 금속 레벨을 0.15 인치/분(4 mm/분)으로 자동으로
- [0079] 상승시킴
- [0080] · 트로프 휴식을 개시하고 금속을 배출시키도록 조작자는 최종 시간의 종료-주조 버튼을 누름.
- [0081] ○ 핀들은 짧은 시간 동안 폐쇄되어 유지된 후 개방됨
- [0082] ○ #1의 스킵 링이 잉곳 헤드 내로 응결되기 시작한 것의 관찰에 기초하여 시험 종료를 결정함.
- [0083] · 시험 종료에서의 #3 댐 폐쇄로부터 트로프 휴식(trough break)까지의 시간은 7분임.
- [0084] · 티-트로프(Tee-trough)를 끌어당기고 스컬(skull)을 트로프로부터 제거함
- [0085] ○ 트로프에 남겨진 스컬은 매우 두껍고 무거움
- [0086] ○ 금속은 위치 1과 5에서 스파우트들 내로 응결됨
- [0087] ○ 헤드 백들은 매우 무겁고 그들이 제거되었을 때 완전히 반죽 상태임.
- [0088] 잉곳 헤드의 윤곽은 단계들의 형태에서 잉곳 헤드 내로의 복수의 금속을 허용하는 자동 장치를 명확하게 나타낸다. 합계에서는, 8개의 부분적인 캐비티 충전 단계들이 실행되었다. 모든 잉곳 헤드들은 표준 잉곳 헤드 이상의 1 내지 1.5 인치(2.5 내지 3.8 cm)의 크라운이 측정되었다.
- [0089] 몰드 5는, 핀들이 빠르게 밀봉된 것을 나타내는 "단차" 잉곳 헤드를 나타내었다.
- [0090] 몰드 1, 2 및 4는 핀들이 적절하게 밀봉되지 않고 연속적으로 빠르게 금속을 누설시키는 기울어진 잉곳 헤드를 가졌다.
- [0091] 수축 캐비티 측정들은 잉곳 중심선에서 그리고 중심선으로부터 ±2, 5, 8, 및 12 인치(±5.1, 12.7, 20.3 및 30.5 cm) 떨어진 위치에서 초음파 유닛으로 취하였다. 결과를 첨부하는 도면들 중 도 8에 나타내었다.
- [0092] 중심선 및 중심선으로부터 ±2 인치(±5 cm)에서 취하였을 때, 깊은 측정(deepest measurement)에서 시험 잉곳 캐비티들은 3 인치(7.6 cm) 내지 3.5 인치(8.9 cm)로 측정되었다.
- [0093] 비교를 위해, 직접 스테브 주조한 후에, 부분적인 충전 단계들을 실시하지 않은 3개의 완전한 길이의 잉곳들을 동일한 몰드들에서 주조하였다. 2개 잉곳들은 동일한 합금(AA3104 - 111129A1 및 AA3104 - 111129A5)으로 스테브 주조하였고, 1개는 다른 합금(AA5182 - 111128A1)으로 스테브 주조하였다. 제어 측정은 이하의 비교 주조(111129-A1 및 A5)로부터 2개의 잉곳들에서 실시하였으며, 또한 중심선에서 그리고 중심선으로부터 ±2 인치(±5 cm) 떨어진 위치에서 7.25 인치(18.5 cm) 내지 8.0 인치(20.3 cm)의 캐비티 깊이를 나타내었다. 제어 측정은 5182 잉곳(111128-A1)에서 실시하였으며, 또한 중심선에서 그리고 중심선으로부터 ±2 인치(±5 cm) 떨어진 위치에서 7.375 인치(18.7 cm) 내지 7.5 인치(19.1 cm)의 캐비티 깊이를 나타내었다.
- [0094] 시험의 종료시에, 거의 모든 금속이 티-트로프에 남아있지 않았으며, 금속은 죽(mush) 형태로 전환되었다.

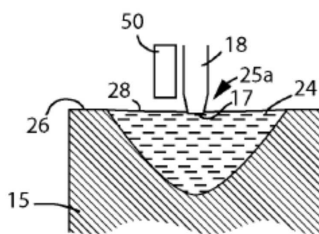
- [0095] 이는 주조 없이 9.5 시간 후의 제1 주물이었으며, 짧은 주물이었다. 주조 종료시의 트로프 내의 금속 온도는 합금 AA3104의 주조에서의 전형적인 온도보다 약 10°C 낮았다.
- [0096] 결론으로서, 이 시험은 하기 사항을 나타내었다:
- [0097] · 자동 제어식 종료-주조 시퀀스를 사용하는 헤드 캐비티 감소는 잉곳 헤드 수축 캐비티의 크기를 감소시키는 실행 가능한 방법이다.
- [0098] · 이 30.2 인치 x 62.2 인치(76.7 x 158 cm) CBS 잉곳에서, 가장 짧은 표준 캐비티와 가장 긴 감소된 캐비티를 비교하면, 사용 가능한 잉곳 길이는 3.75 인치(9.5 cm)까지 증가되었다. 183 lb/인치(32.75 kg/cm)에서, 이는 잉곳당 대략 700 lbs(318 kg)의 이용 가능한 금속에 상당한다.
- [0099] 54,490 lb(24,768 kg)의 잉곳을 고려하면, 최대 1.2% 용량 증가의 가능성 이다.
- [0100] 실시예 3
- [0101] 용융 금속이 트로프(18)에 진입하기 전에 용융 금속에 대해 과열을 제공하도록 트로프(20) 내에 전기 잠입 히터가 위치되는 것을 제외하고는, 실시예 2의 절차를 반복하였다. 히터는, 금속이 최초로 스파우트들을 통해 흐를 때 스파우트(18) 내에서 금속 응결이 발생하지 않도록 주조 개시 전에 작동된다. 또한, 스파우트(18)와 핀(21)들은 실시예 2에서와 같이 토치 수단에 의해 예열된다.
- [0102] 잠입 히터는 금속의 응결을 회피하기 위해 주조 중에 작동되며, 주조가 종료될 때까지 작동을 유지하며, 토핑-업 절차 동안, 스파우트(18)로 진입하는 용융 금속이 응결되지 않는다. 이에 의해, 스파우트(18)와 핀(21)이 폐쇄되도록 충분히 냉각되기 전에, 12 내지 15회 토핑 업 반복이 달성된다.

도면

도면1

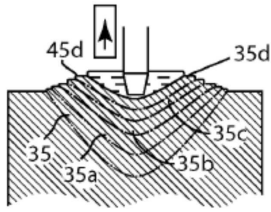


도면2a

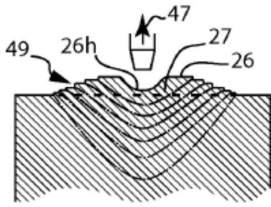




도면2g

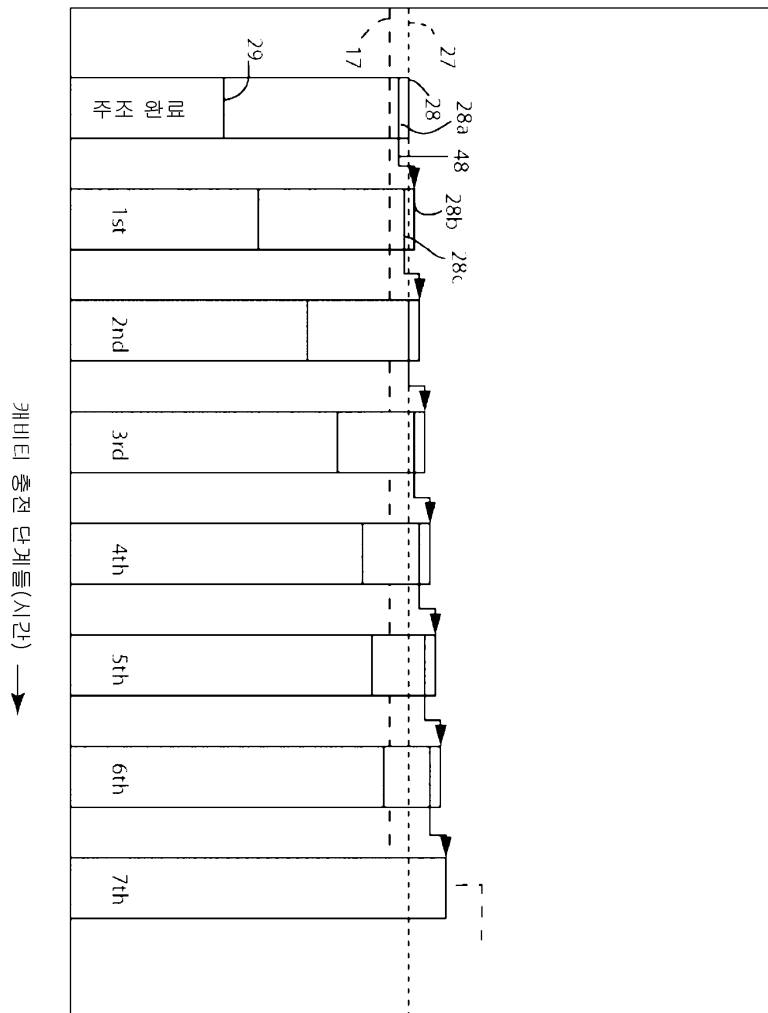


도면2h



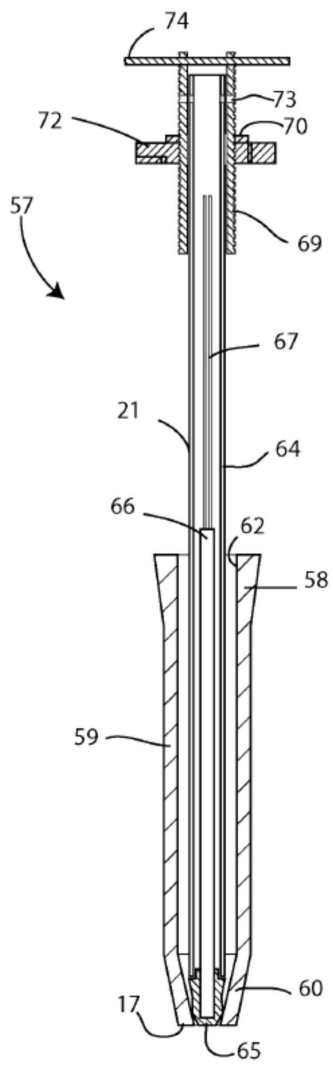
도면3

일곳의 중앙에서의 수직 높이



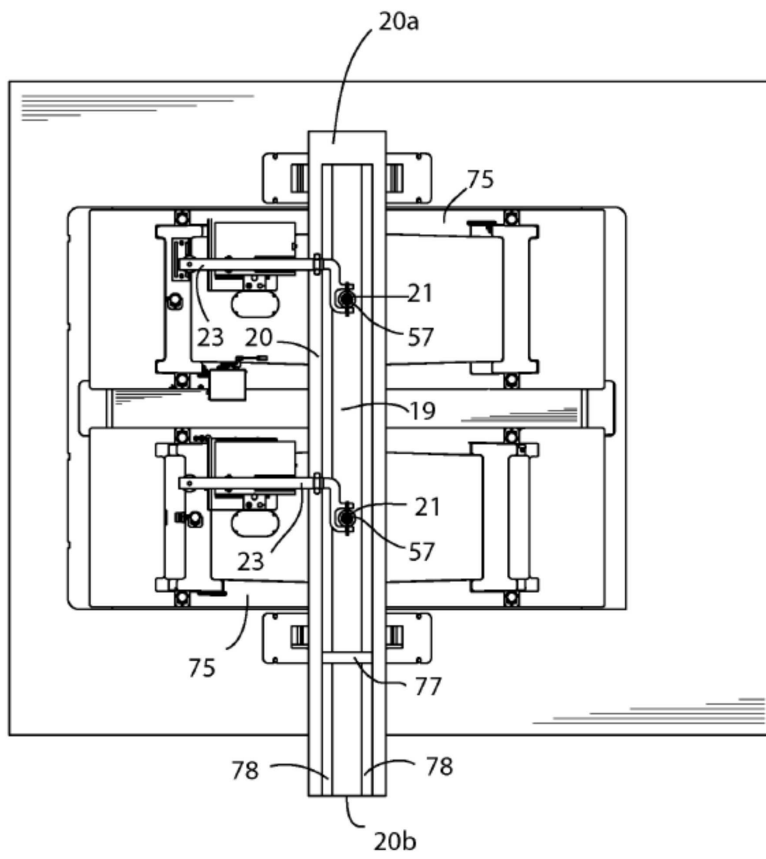


도면5

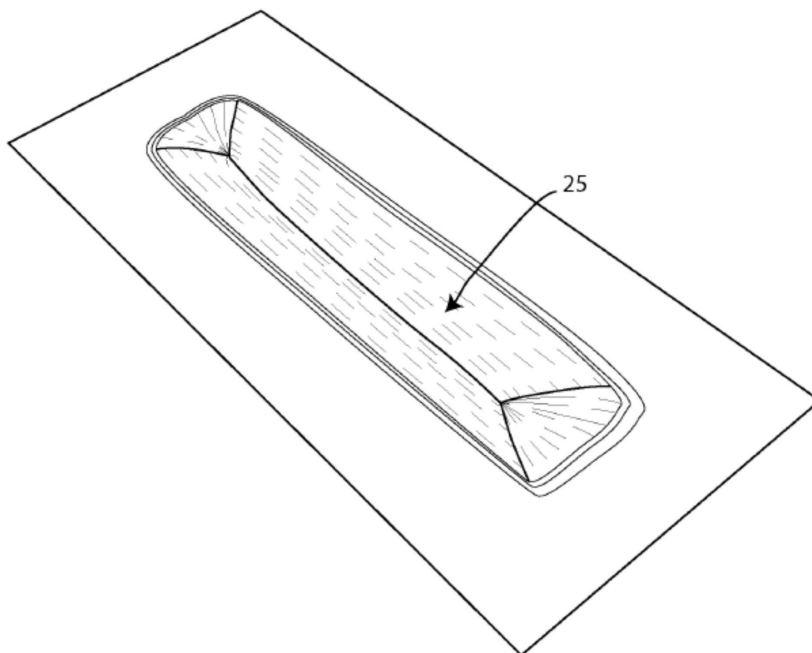




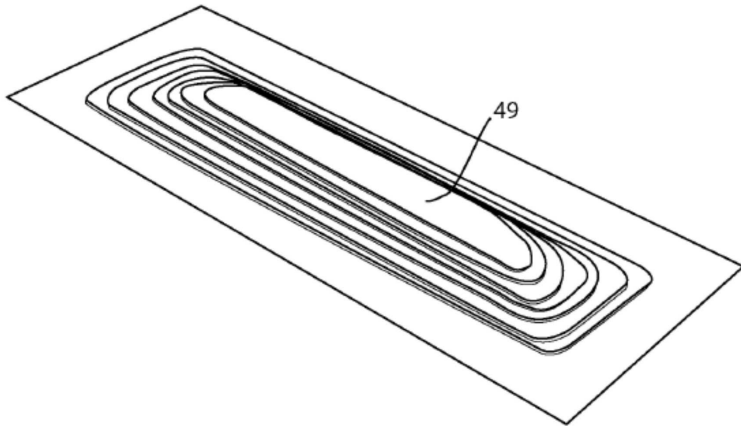
도면6



도면7a



도면7b



도면8

샘프 캐비티 깊이(인치)

