

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5766816号
(P5766816)

(45) 発行日 平成27年8月19日(2015.8.19)

(24) 登録日 平成27年6月26日(2015.6.26)

(51) Int.Cl.

F 1

B22D 11/10 (2006.01)

B22D 11/10

11/10

D

B22D 11/049 (2006.01)

B22D 11/049

11/049

B22D 7/00 (2006.01)

B22D 7/00

7/00

D

請求項の数 21 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2013-544988 (P2013-544988)
 (86) (22) 出願日 平成23年12月21日 (2011.12.21)
 (65) 公表番号 特表2014-501176 (P2014-501176A)
 (43) 公表日 平成26年1月20日 (2014.1.20)
 (86) 國際出願番号 PCT/CA2011/050790
 (87) 國際公開番号 WO2012/083452
 (87) 國際公開日 平成24年6月28日 (2012.6.28)
 審査請求日 平成26年8月8日 (2014.8.8)
 (31) 優先権主張番号 61/460,029
 (32) 優先日 平成22年12月22日 (2010.12.22)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 512049948
 ノベリス・インコーポレイテッド
 NOVELIS INC.
 カナダ、エム8ゼット・1ジエイ5、オン
 タリオ、トロント、エバンズ・アベニュー
 191番
 (74) 代理人 100100158
 弁理士 鮫島 瞳
 (74) 代理人 100068526
 弁理士 田村 恒生
 (74) 代理人 100138863
 弁理士 言上 恵一
 (74) 代理人 100145403
 弁理士 山尾 憲人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋳造インゴットにおける収縮巣の除去

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ダイレクトチル鋳造による金属インゴット鋳造物の収縮巣を完全または部分的に除去する方法であって、前記方法が、

溶融金属をスパウトからダイレクトチル鋳型に注入して、所定の高さの上面を有する直立型インゴットを形成することにより、金属インゴットを鋳造する工程と、

前記鋳造の完了に伴い、スパウトを通した溶融金属の流れを終了させ、一方でスパウトを通したその後の注入のための金属を溶融した状態に保つように、スパウト内部のおよびスパウトに供給される金属内の十分な熱を維持する工程と、

前記インゴットの金属が収縮したときに、前記上面に部分的な収縮巣を形成し、前記部分的な収縮巣から溶融金属が流出しないようにしながら、前記部分的な収縮巣に溶融金属を少なくとも部分的に充填し、それから前記スパウトを通した金属の流れを止める工程と、

前記上面に収縮巣を形成し、前記スパウトからの溶融金属を前記部分的な収縮巣に少なくとも部分的に充填し、それから、前記スパウトを通した金属の流れを終了する前記工程を、少なくとも1回反復する工程と、

前記工程の前記反復を終了する工程と、

前記インゴットの溶融金属との前記スパウトの接触を除去し、前記インゴットの全ての部分の金属が完全に固体になる温度まで冷却する工程とを含む方法。

【請求項2】

10

20

前記インゴットの金属のさらなる収縮または縮小が、前記上面の任意の部分が前記インゴットの前記所定の高さよりも低く収縮または縮小する原因とならないときにのみ、前記工程の前記反復の前記終了が遂行される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記部分的収縮巣の前記少なくとも部分的な充填のうち少なくとも一部が、溶融金属が前記収縮巣のリムの高さを超えるように、前記収縮巣に前記溶融金属を過剰充填する工程を含む、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記部分的な収縮巣を前記溶融金属で少なくとも部分的に充填する、前記複数回の工程の全てが、溶融金属が前記収縮巣のリムの高さを超えるように、前記収縮巣に前記溶融金属を過剰充填する工程を含む、請求項 1 または 2 に記載の方法。

10

【請求項 5】

前記上面の高さが決定され、また前記高さが所定の下限になった時にそれぞれの少なくとも部分的な充填が開始し、前記上面の高さが、前記少なくとも部分的な充填に従って、所定の上限まで上昇した時に、それぞれの少なくとも部分的な充填が終了する、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

毎回の少なくとも部分的な充填の後、前記反復の前記終了の前に、前記所定の下限および前記所定の上限が増加する、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

20

前記上面の前記高さが表面レベルセンサーにより決定され、また前記センサーが毎回の少なくとも部分的な充填の後で、上昇する、請求項 5 または 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記上面の前記高さが、表面レベルセンサーにより決定され、前記センサーが、鋳造の前記終了から前記工程の反復の前記終了まで徐々にかつ連続的に上昇する、請求項 5 または 6 に記載の方法。

【請求項 9】

前記スパウトが、鋳造の前記終了からスパウトの前記除去まで固定の高さに維持される、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 10】

30

前記工程が 2 ~ 15 回反復される、請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 11】

前記溶融金属が前記収縮巣のリムの高さを 4 ~ 6 mm 超えるように、前記溶融金属を前記部分的収縮巣に過剰充填する、請求項 3 または 4 に記載の方法。

【請求項 12】

前記インゴットの全ての部分を金属が完全に固体になる温度まで冷ました後で、前記インゴットが、合計高さが最大 150 mm のクラウンを隆起するまで前記工程が反復される、請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 13】

前記インゴットの全ての部分を金属が完全に固体になる温度まで冷ました後で、前記インゴットが、合計高さが最大 50 mm のクラウンを隆起するまで前記工程が反復される、請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

40

【請求項 14】

スパウトの内部または周囲に熱を供給することで、前記金属を溶融した状態に保つようにスパウト内の金属内で十分な熱が維持される、請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 15】

スパウトに溶融金属を供給するローンダー内に熱を供給することにより、前記金属を溶融した状態に保つように、スパウトに供給される金属内で十分な熱が維持される、請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

50

【請求項 16】

前記铸造中に配布用バッグが前記スパウトに接続され、前記铸造の終了に伴い、前記配布用バッグが前記スパウトから除去される、請求項1～15のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 17】

部分的収縮巣の前記上面での形成を許容し、それから前記部分的収縮巣を少なくとも部分的に充填する前記工程の間は常に、前記スパウトの下部先端が前記インゴットの溶融金属の面より下に維持される、請求項1～16のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 18】

部分的収縮巣の前記少なくとも部分的な充填が、前記部分的収縮巣の収縮によってスパウトの前記下部先端が露出する前に開始される、請求項17に記載の方法。

【請求項 19】

前記スパウトが前記インゴットの前記上面の中央に位置する、請求項1～18のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 20】

前記部分的収縮巣を少なくとも部分的に充填する前記工程のそれぞれの間に一時停止がある、請求項1～19のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 21】

前記一時停止が少なくとも5秒の持続時間である、請求項20に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、铸造インゴットにおける収縮巣の部分的または完全な除去に関する。さらに特定すれば、本発明は、金属インゴット、特に（排他的ではないが）アルミニウムおよびアルミニウムを主成分とする合金でできたインゴットのダイレクトチル（DC）铸造中に形成される巣の部分的または完全な除去に関する。

【背景技術】**【0002】**

金属インゴット、特にアルミニウムおよびアルミニウムを主成分とする合金でできたものは、ダイレクトチル（DC）铸造技術により形成しうるが、ここで、インゴットサポート（いわゆる「底部ブロック」）が、徐々に当初の位置から铸造型の下側端に近づいて下がるにつれて、溶融金属がチルド・アニュラー（普通は矩形）の铸造型の上端に供給される。周辺の面が铸造型自体を支持し、インゴットの高温の中央からの溶融金属の漏れを防止するために十分に固体となるまで、铸造型は周辺部の周りで铸造型内の溶融金属の塊を冷ます。このように、インゴットサポートが徐々に下降するにつれて、インゴットは、所定の長さまで成長し、一方、溶融金属は連続的に上端で铸造型に注入される。冷却工程を促進するように、冷却水は普通は铸造型の下側端のすぐ下のインゴットの表面に注がれる。

【0003】

いったんインゴットがその最大の長さに達すると、溶融金属の供給は停止し、インゴットサポートは、所定位置に固定されたままになり、インゴットの重みを支える。インゴットが冷却され、引き続き凝固するにつれて、金属は収縮・縮小する。冷却はインゴットの周辺面から始まるため、その上端にあるインゴットのコアは冷めて凝固する最後の部分であり、また金属収縮は、インゴットの上面の中央位置に形成される巣の出現から明らかとなる。この巣を完全なインゴットの冷却の後で残す場合、インゴットの上端の一部分は、一般に巣より下で切り取られ、インゴットに平坦な上面が提供される。このように切り取られた金属はリサイクルすることができるが、それにもかかわらず、この手順は高価であり効率がよくない。巣がこのように除去されない場合、「ワニ革割れ」として知られる不良がインゴットの圧延時に発生しうる。これには、圧延されるインゴットの2つの面から延びるテーパー付き形状（ワニのあごに似ている）の形成が関与し、これは圧延が進むにつれて最終的に1つになり2層のラミネートが形成されるが、これは廃棄しなければなら

10

20

30

40

50

ない。

【0004】

過去において、インゴットの名目的な「上面」より上に溶融金属の貯蔵場所を持たせて、さらに、巣が形成されたときに溶融金属が巣に降下できるようにすることで、金属収縮のための補正がなされてきた。たとえば、米国特許第3,262,165号(A. J. Ingham, 1966年7月26日公開)に説明があるとおり、これは、断熱材によって溶融状態が保たれている溶融金属のプールで部分的に充填させうるような断熱壁を鋳型の頭に提供することで実施できる。別 の方法として、収縮の補正は、この場合もインゴットより上に溶融した金属のプールを保持するための断熱された空間を提供する、柔軟性のあるホットトッピングライナーを提供することで達成しうる。こうしたライナーは、たとえば、米国特許第4,081,168号(R. E. Attebury, 1978年3月28公開)に開示されている。こうした「ホットトップ」の使用は、ダイレクトチル鋳造プロセスでは不便であり、またこの場合も、インゴットプロバーと接触して溶融貯蔵場所自体が冷めて凝固したときに、インゴットの上部から余分な金属を除去する必要が生じうる。

【0005】

上記に特定した特許のInghamもまた、凝固する質量を反復的に補充すること、すなわち、さらなる溶融金属を巣が形成するときに巣に追加することを推奨している。しかし、この解決策は、従来型のダイレクトチル鋳造装置では一般には可能ではない。なぜなら、鋳型の上のチャネルおよびスパウト内の溶融金属は、主要な鋳造作業がいったん終了すると凝固する傾向にあり、また、いずれにせよ巣の充填が可能で、流出を避けるような種類の精密な制御は一般に可能でなかった。

【0006】

欧州特許出願第EP 0 150 670号(1985年8月7日公開、発明者C. Alborghetti)では鋳造装置が開示されているが、ここで、鋳型またはランナー、または同種のものにおける金属のレベルは、測定用コイルを用いて金属によって誘導された渦電流の規模を測定することで調整されるが、この規模は、コイルから金属融解物までの距離に比例する。こうした距離のモニタリングは、アルミニウムの電磁鋳造で使用されるが、ダイレクトチル鋳造では使用されない。

【0007】

米国特許公報第US 2010/0032455号(2010年2月11日、発明者Cooper et al.)では、鋳造のための分配システムで、溶融金属の流れの制御に使用される制御ピンシステムが開示されている。制御ピンは、スパウトを通した溶融金属の流れを制御し、また、流れが停止したときに、スパウト中の金属の凝固を防止するために、制御ピンまたはスパウトの加熱を提供する。

【0008】

これらの開示にもかかわらず、ダイレクトチル鋳造により形成されたインゴット内の収縮巣を除去するための改善された方法および装置の必要性がある。

【発明の概要】

【0009】

模範的な実施形態は、ダイレクトチル鋳造による金属インゴット鋳造物の収縮巣を完全または部分的に除去する方法を提供している。この方法には、溶融金属をスパウトからダイレクトチル鋳型に注入して、所定の高さの上面を有する直立型インゴットを形成することによる、金属インゴットの鋳造が含まれる。鋳造が完了したときに、スパウトの下部先端は、インゴットの上面の中央またはその付近で溶融金属の上面よりも下に維持されることが好ましい。スパウトを通した金属の流れは終了し、一方、スパウトを通したその後の注入のために金属を溶融した状態に保つように、スパウトの内部およびスパウトに供給される金属内に十分な熱を維持する。インゴットの金属が収縮・縮小するにつれて、部分的収縮巣が、インゴットの上面に形成されるようになる。部分的巣がスパウトの下部先端を露出する前に、部分的収縮巣が少なくとも部分的に充填されることが好ましく、また溶融

10

20

30

40

50

金属で充填または過剰充填されることが好ましく、一方で、部分的巣からの溶融金属の全てまたはかなりの流出が回避され、それからスパウトを通した金属の流れが止まる。部分的収縮巣の上面での形成を許容し、それから少なくとも部分的に充填し、また好ましくは、巣が下部先端を露出する前に、部分的収縮巣がスパウトからの溶融金属によって充填または過剰充填される工程が、少なくとも一回、好ましくは（完全な巣の除去が要求される場合）インゴットの金属のさらなる縮小または収縮によって、上面の任意の部分が所定の高さよりも低く縮小または収縮することがなくなるまで反復される。それからインゴットの溶融金属とのスパウトの接触が除去され、またインゴットの全ての部分が、金属が完全に固体になる温度まで冷却される。

【0010】

10

本書で使用するとき、「部分的収縮巣」という用語は、巣充填の手段を採用しなかった場合に、完全な冷却後にインゴット内に形成される、金属収縮および縮小から結果的に生じる完全な巣のサイズの一部のみを表す巣を意味する。すなわち、部分的収縮巣は、完全に形成された収縮巣の深さよりも小さい所定の深さを持つものである。

【0011】

部分的収縮巣を「少なくとも部分的に充填する」という用語には、そうした巣を過剰充填する、そうした巣を正確に充填する、またはそうした巣を部分的にのみ充填することが含まれる。「過剰充填する」または「過剰充填した」という用語は、溶融金属が、周囲にある固体の巣のリムのレベルより上の高さまで部分的収縮巣に注入されるが、巣からの実質的な溶融金属の流出はないことを意味する。これは、それが巣のリムよりも上にある距離だけ盛り上がったときに、下方向に曲がった限定するメニスカスを金属プールの周囲のまわりに形成させる溶融金属の表面張力のために可能である。こうした巣を「充填する」という用語は、金属プールの表面が巣の周りの固体リムの高さに達しているが、それを越えない範囲で巣が充填されることを意味する。「部分的充填」という用語は、明らかに「充填」に要求されるよりも少ない金属の注入量である。「過剰充填」が全ての工程について使用されていない場合、最後の工程のうち1つ以上について使用されることが最も好ましい。過剰充填は、冷却が進むにつれて、より多くの溶融金属を部分的収縮巣に供給できるようにし、またこの過剰は、巣の容積が小さくなる後半の充填工程で、より重要となる傾向がある。好ましくは、全ての充填工程で、部分的収縮巣の充填または過剰充填のいずれかが関与する。簡略化するために、下記の明細書で使用するとき、「巣充填」、「充填工程」、およびこれに類する用語は、文脈によって正確な巣充填にのみ関連していることが明らかでない限り、部分的巣充填、正確な巣充填および巣の過剰充填の全てを網羅する包括的な用語として意図される。また、これらの用語は、理解されるとおり、部分的収縮巣の充填を意味する。

20

【0012】

30

反復的な充填工程では、特に過剰充填が実施されたときに、上面に段階的に盛り上がった「クラウン」を持つインゴットが生成される傾向がある。しかし、そのインゴットのヘッドが縮小するとき、ヘッド内の金属は、単なる部分的充填が実施されたときでさえも、段階的なクラウン形状を形成するように凝固しうる。

【0013】

40

わずか2回の巣充填工程しかないこともあるが、通常は少なくとも3回で、最大15回以上ともしうる。これらの工程間の一時停止は、一般に、インゴット内の金属プールの周囲の金属の凝固および十分な収縮が、明確な部分的収縮巣を形成、すなわち金属プールの表面高さの測定可能な減少を形成するのに、十分な長さである。好ましくは、一時停止は、金属を注入するスパウトの最下部の先端が大気に露出されるほどには長くない。

【0014】

別の模範的な実施形態は、ダイレクトチル铸造による金属インゴット铸造物の収縮巣を除去する方法を提供している。この方法は、溶融金属をスパウトからダイレクトチル铸造型に注入して、所定の高さの上面を有する直立型インゴットを形成することによる、金属インゴットの铸造を含む。铸造の完了に伴い、スパウトを通した溶融金属の流れが終了し、

50

一方で、スパウトを通したその後の注入用に金属を溶融した状態に保つために、スパウトの内部およびスパウトに供給される金属内の十分な熱が維持される。インゴットの金属が縮小するにつれて、部分的収縮巣がインゴットの上面に形成されるようになり、それから、部分的収縮巣が過剰充填され、一方、溶部分的巣からの融金属の全てまたはかなりの流出が防止され、それから、スパウトを通した金属の流れが止まる。部分的収縮巣が上面で形成されるようにし、それから、部分的収縮巣をスパウトからの溶融金属で過剰充填し、それに続き、スパウトを通した金属の流れを止める工程は、少なくとも一回反復される。それから、工程の反復は、インゴットの金属のそれ以上の収縮または縮小によって上面の任意の部分が所定の高さより低く収縮または縮小されなくなるときに終了される。それから、インゴットの溶融金属とのスパウトの接触は除去され、インゴットの全ての部分が、金属が完全に固体になる温度まで冷却される。

10

【0015】

それぞれの巣充填作業の開始は、時間表に従い、またはインゴットに注入されたときの金属プールの表面領域の測定される高さに従い、決定される。インゴットの収縮速度が周知の場合、巣充填作業は、適切な深さの部分的収縮巣が形成されるのに十分な間隔で実行するよう計時できる。しかし、さらに好ましくは、部分的収縮巣の深さは測定され、充填作業は深さが所定の感度レベルに達したときに開始される。巣の深さ測定は、たとえば、オペレータ（適切な深さの巣が観察されたときに、充填作業を開始するためのスイッチを作動させる人員）によって目視で、または自動的にセンサーの手段で、たとえば、レーザーによる表面高さ検出器または所定の部分的収縮巣の深さが検出されたときに充填作業を自動的に開始するよう設計された光学装置の使用によってなど、いくつかの方法で達成しうる。しかし、部分的収縮巣の深さは、溶融金属内の電流を誘導し、誘導電流の強度を巣の深さのインジケータとして使用するセンサーを用いて決定されることが、好ましい。溶融金属面の近くで動作する、電流を誘導する種類のセンサーなどのセンサーを採用するとき、部分的充填工程が進行するにつれて、センサーと部分的収縮巣を充填する溶融金属との接触を避けるために、センサーの高さが上がることが好ましい。こうしたセンサーの隆起や上昇は、段階的（たとえば、各充填工程が終わった後など）に実行しうるが、無用なセンサー／金属の接触を避けるために有効な固定の速度で連続的に実施することがさらに好ましい。センサーと溶融金属との間で測定された分離の差は、センサーの移動にもかかわらず巣の面の高さを計算し、進行中の充填工程がいつ終了されるか、また適切な一時停止の後でさらなる工程がいつ開始されるかを判断する、ロジックコントローラに供給してもよい。

20

【0016】

溶融金属は、それが形成されるときに部分的収縮巣に連続的に、すなわち巣充填工程間で一時停止することなく注入できるが、特にそのインゴットが同時に巣充填の対象となっているいくつかの1つである場合（同時に運転される複数のDC鋳型を含む鋳型台を備えた鋳造装置でよく発生する）に、金属の流出を避けるために充填速度を適切に制御することは困難である。したがって、巣への溶融金属の流れは停止し、妨げなく金属の冷却および収縮が起こる一時停止で分離された複数回の個別の充填工程で巣を充填することが望ましい。各充填工程間の一時停止により、溶融金属を既に凝固した金属の上に注いで「フォールド」（普通はインゴットが圧延機に送られる際に残っていてはならない欠陥）がつくというリスクなしに、巣を部分的に鋳造して、さらなる充填工程を実行しうる深さを再形成できる。一時停止の最小期間は、溶融金属の冷却および縮小の速度に依存し、これは主に、この作業中にインゴットの外側全体に通常は常に流れている水の冷却効果と、鋳造する合金の熱伝導率に依存する。最小時間はこうして変化しうるが、通常は5秒以上、ときには10秒以上、また普通は15秒以上である。したがって、最小時間は、通常は5～15秒の範囲にあり、またさらには通常10～15秒であるといえる。したがって、充填工程の回数は、以下の考慮事項の一部または全てにより決定される：こうした一時停止の期間、各充填工程に必要な時間、および巣を希望の範囲で除去するために必要な時間、または充填工程で利用できる溶融金属の量。利用可能な溶融金属の量は、充填用スパウトおよ

30

40

50

びスパウトに供給するローンダー（鋳造の適切な終了後）内の溶融金属の量によりそれ自身で、または溶融金属の冷却速度によって決定される可能性があるが、これはひとたび十分に冷却され固体になると、金属を巣充填にもはや利用できなくなるためである。

【0017】

模範的な実施形態を完全な収縮巣の除去に採用しうる一方、これらはまた部分的巣の除去、すなわち部分的な巣の充填をするために採用できる。部分的巣充填は、巣充填に対しでは全く利益を提供してくれない。これは、圧延の前後でインゴットから廃棄される金属は少ないためである。その上、適切な鋳造の完了の後で完全な巣除去に対して不十分な溶融金属しか利用できない一部の場合においては、単なる部分的巣の除去が必要であることもある。その上、インゴットは、一般に巣の充填操作中はまだ水によって冷却されているため、部分的巣の形状は、巣充填が進行し側面からの冷却が続くにつれて変化し、幅がせまくなり、こうしてたとえ残っている巣が巣の上面の所定の高さより下に延びている場合でも、こうした巣はインゴットから、同じ深さの「自然な」巣（充填作業なしに形成されたもの）よりも少な目の金属を置き換える。

【0018】

鋳造の終了時に充填工程に溶融金属を利用できるかどうかは、様々な手段により確認しうる。鋳造の終わりに、金属を鋳型に供給するために使用される溶融金属の炉は、金属の鋳型への流れが止まるようにしばしば後方に傾けられる。しかし、溶融金属は、溶融金属を炉から鋳型に移動させるために備わっているローンダーまたはその他のチャネル内にまだ存在する。炉を後ろに傾ける前に、ローンダーの溶融金属レベルを維持するために、1つ以上のダムを採用して、巣充填のための溶融金属を維持しうる。しかし、ローンダー、または鋳型に供給するスパウトにあるこうした金属が凝固するとすぐに、金属はもはや巣充填作業用には利用できなくなる。金属冷却が早すぎる可能性がある場合、追加的な熱を溶融金属に供給することで、金属の凝固を遅らせるか防止することができる。これは、たとえば、ローンダーおよび／またはスパウトのためのヒーター（たとえば、ローンダーおよび／またはスパウトの壁の電気ヒーター、または金属に浸す電気ヒーター）を提供することにより、またはローンダーまたはスパウトの外側から、たとえば炎（たとえば、プロパントーチまたは同種のもの）を向けるなどで熱をこれらの部分の外側に供給することにより行うことができる。金属ダムおよびチャネル／スパウトヒーターの組合せを採用しうる。

【0019】

模範的な実施形態は、単一層のインゴット（下記に例証）または複数層のインゴット、すなわちコア層および少なくとも1つ被覆層を備えたインゴット鋳造物の鋳造のために採用しうる。後者の場合に、被覆層は、コアに比べて普通はかなり薄いため、金属収縮についての補正は必要なく、模範的な実施形態は厚めのコア層にのみ採用される。

【0020】

模範的な実施形態は、鉄、銅、マグネシウム、アルミニウムおよびそれらの合金など、各種の金属の鋳造時に実施しうる。基本的に、この方法は、収縮巣を形成する傾向にある任意の金属について適切であることがあり、また過剰充填が望ましい場合には、同一の金属の固体表面を濡らさない（それによって過剰充填が可能となる）任意の金属について適切である。アルミニウムおよびアルミニウムを主成分とする合金は、特に適している。

【図面の簡単な説明】

【0021】

模範的な発明の実施形態を、以下のとおり添付図面に関連して詳細に説明する。

【図1】図1は簡略化した概略図であり、鋳造作業の最後にダイレクトチル鋳造装置を示し、模範的な実施形態による装置を含む。

【図2】図2A～2Hは、鋳造インゴットを収縮巣の形成および除去における進行段階で概略的に示したものである。

【図3】図3は、図2A～2Hの充填工程のグラフ表示である。

【図4】図4は、溶融金属を鋳型に注入するためのスパウトの側面図であり、制御ピンを

10

20

30

40

50

含む。

【図5】図5は、図4のスパウトおよび制御ピンの垂直断面図である。

【図6】図6は、2つのインゴットを同時に鋳造し、本明細書の模範的な実施形態に従い操作する鋳造台の平面図である。

【図7】図7Aおよび7Bは、金属収縮についての補正を一切せずに製造した(図7A)、および模範的な実施形態に従い金属収縮についての補正を行い製造した(図7B)、インゴットの上部の写真に基づく図面である。

【図8】図8は、下記の例2に記載したとおり、インゴット鋳造物についてインゴットのヘッドの巣の比較を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

10

【0022】

本書で鋳型を描写して使用するとき「環状」という用語は、開いた入り口および出口を持つ鋳造キャビティを取り囲むかまたは外接する、効果的に連続した任意の希望の形状の鋳型の壁または鋳造面を有する鋳型を意味する。鋳型の壁の形状は長方形または正方形であることが多いが、対応する断面形状のインゴットを製造する円形またはその他任意の対称またはさらには非対称の形状でもよい。希望に応じて、取り巻く鋳型の壁は長さおよび/または形状を調節可能とすることができる、たとえば一組の平行な側壁の間にスライド可能な端壁を提供して、壁によって定義される鋳造キャビティの断面積および形状を変化させることができる。こうした構成では、端壁を側壁と一体にすることはできないが、壁を近接させて組み合わせることで端壁および側壁から構成される結合した鋳型の壁が効果的に連続なものとなり、溶融金属の漏れが防止される。

20

【0023】

図1は、鋳造作業の最後における直立型ダイレクトチル鋳造装置10の単純化した概略垂直断面である。装置は、平面図が矩形の環状の形状が好ましいが、円形またはその他の形状であってよく、水冷式ダイレクトチル鋳型11と、適切なサポート手段(非表示)により、鋳造作業中に、当初、鋳型11の下端14を閉じ封じていた上の位置から完全に成型された鋳造インゴット15を支持する下の位置(図示のとおり)に徐々に垂直下方向に移動する底部ブロック12とを含む。インゴットは、底部ブロック12をゆっくりと下げながら、溶融金属を鋳型の上端16から垂直方向の中空のスパウト18または同等な金属供給メカニズムを通して注入することで、鋳造作業で製造される。溶融金属19は、金属溶解炉(非表示)から鋳型の上の水平経路を形成するローンダー20を経由してスパウト18に供給される。スパウト18は、さらに詳細に後述する方法で、スパウトを通した溶融金属の流れを調節および定期的に止める制御ピン21の下端を取り囲む。制御ピン21は、スパウトから上方に延びる上端22を持つ。上端22は、スパウトを通した溶融金属の流れを調節または停止する必要に応じて、制御ピンを昇降する制御アーム23に旋回できるように取り付けられている。鋳造作業中、制御ピン21は、溶融金属が、スパウト18を通して鋳型11内に自由にかつすぐに流れるように、制御アーム23によって上昇した位置に保持される。鋳造では、ローンダー20およびスパウト18は、スパウトの下部先端17が、溶融金属の飛沫や内部での乱流を防ぐために初期インゴット内にプール24を形成する溶融金属に浸かるのに十分なだけ下げられる。これにより、酸化物の形成が最小に抑えられ、また鮮度の高い溶融金属が、金属プールの上に形成される酸化膜の下に注入される。先端にはまた、鋳型に入る際に溶融金属の配分およびろ過の役目をする金属メッシュ生地の形態で配布用バッグ(a distribution bag)(非表示)が供給されうる。鋳造の完了時、制御ピン21が、下の位置に移動し、そこで、スパウトを塞ぎ、また溶融金属がスパウトを通過することを完全に防止し、それによって溶融金属の鋳型への流れが止まる。この時点で、底部ブロック12はそれ以上は下がらないか、あるいはさらにわずかだけ下がり、新しく鋳造されたインゴット15が、その上端がまだ鋳型11内にある状態で底部ブロック12によって支持された所定位置にとどまる。鋳造作業中、冷却水が鋳型11の下部の周囲にある開口部からインゴット15の外部に注がれるが、これは、鋳造が終了した後、一定時間続行するのが好ましい。溶融金属24のプールは、インゴットの完

30

40

50

全に固体の領域 3 4 との境界面 2 9 の上にとどまる。時間の経過と、インゴットのさらなる冷却、および継続的な凝固に伴い、境界面 2 9 はインゴットを通して上昇し、金属プールは収縮し、インゴットが完全に固体になるときに最終的に消失する。境界面 2 9 で、固体の樹枝状結晶成長が固体の表面から成長し収縮して、周囲の溶融金属を引き入れ、金属プール 2 4 の面の高さの低減がもたらされ、それによってインゴットの完全な凝固に伴い铸造の巣 2 5 が形成される。铸造が完了した時点で、しかしさらに冷却する前に、インゴットは、図示のとおり所定の希望の垂直高さ 2 7 の上面 2 6 を持ち、また面 2 6 は本質的に平坦であるが、インゴットは、なおも表面上で完全に固体の領域 3 4 の凝固した金属により囲まれた金属プール 2 4 を持つ。所定の希望の高さ 2 7 は、金属収縮が発生しなかつた場合に達成されるインゴットの上端の意図する位置を表す。しかし、インゴットがさらに冷却され凝固するにつれて、铸造の完了後、金属は収縮・縮小し、最終的に収縮巣 2 5 が、インゴットの上面 2 6 の中央に形成され、所定の面の高さ 2 7 より下のかなりの深さに達する。たとえば、巣の深さ 100 ~ 150 mm 以上は、商業サイズのインゴットでは一般的である。収縮は、铸造作業の終わりに溶融金属プール 2 4 の表面と一般的に対応する上面の中央領域 2 8 で発生する。領域 2 8 は、インゴットのこの部分が、熱損失の早い側面および端部よりも遅く冷却および凝固するため、インゴット 1 5 の側面および端部から内側に間隔をあける。

【 0 0 2 4 】

模範的な実施形態によれば、スパウト 1 8 内の金属と、スパウトに供給するローンダー 2 0 内の金属は、铸造作業の完了後も、好ましくは後述する方法で溶融状態であり続ける。それから、収縮が開始され、収縮巣 2 5 がインゴットの上面 2 6 に形成し始めて部分的収縮巣を生成すると、スパウト 1 8 からの溶融金属が溶融プール 2 4 に供給され、溶融金属面が上昇し、こうして部分的収縮巣が再充填され、収縮分の補正がなされる。この充填作業は、一連の一時停止によって分離された個々の工程の中で反復的に実行でき、毎回まず部分的収縮巣が形成され、それから溶融金属が溶融金属プール 2 4 に供給され、さらなる収縮のために、それから再び一時停止される。この段階的に反復する充填について、さらに添付図面の図 2 A ~ 2 H に関連して説明する。これらの図面において、また図 1 においても、品目 5 0 は、溶融金属充填作業の監視・制御に使用される表面高さセンサーを表す。センサー 5 0 は、スパウトのすぐ周辺の溶融金属プールの高さを感知するために、スパウト 1 8 のできるだけ近くに配置することが好ましい。また、図 2 A ~ 2 H は、はるかに背の高いインゴットの上部のみを表示していることに注意されたい。

【 0 0 2 5 】

図 2 A は、铸造の完了後すぐ、すなわち図 1 で表示した状況のすぐ後でのインゴットおよび装置を示す。配布用バッグ（ある場合）は、スパウトから除去されており、また表面高さ検出器 5 0 は、インゴットの表面の近くに配置されている。検出器 5 0 からの情報に基づき、インゴット 1 5 は、铸造の後、上面 2 6 の領域 2 8 が所定の少量（たとえば、わずか 2 mm）だけ下がり、部分的収縮巣 2 5 a（この表示ではこれは非常に浅い）を形成するまで動かないでいる。表面領域 2 8 は、図 1 に示すような完全に形成された収縮巣 2 5 を作成するために必要とされる完全な範囲に下げるための十分な時間が許容されない。実際に、表面領域は、スパウトの下部先端 1 7 を晒し、スパウト内の溶融金属を空気にさらすのに十分なだけ下がらないことが好ましい。いったんスパウトに隣接する表面領域 2 8 が所定の量だけ下がると、溶融金属がスパウト 1 8 から金属プール 2 4 に供給され、部分的収縮巣 2 5 a が再充填（少なくとも部分的に）されるが、実際には図 2 B に示すとおり、過剰充填が好ましい。すなわち、十分な溶融金属が金属プール 2 4 に注入されて、上面 2 6 の周辺の固体の部分 3 4 よりも高い高さ、すなわち所定のインゴット面の高さ 2 7 よりも高い位置に部分的巣が充填される。上面のすぐ周辺の固体部分 3 4 の高さよりも高い位置への充填が可能であるが、下方向に曲がったメニスカス 3 1 が、溶融プール 2 4 の周辺の周りに形成され、また、その上面 3 3 が点線で図示のとおり、周辺のインゴットの表面レベル 2 7 の上であっても、溶融金属内の表面張力により部分的巣 2 5 a の水平の制限内でプールが保持されるためである。もちろん、スパウト 1 8 から供給される溶融金属

10

20

30

40

50

の量は、溶融金属が部分的巣 25a を溢れて、インゴットの周辺の表面を横切って広がるほど多いべきでないが、部分的巣からの少ない些少な量の流出は、実際には許容されうる。一般に、表面 33 の高さは、インゴットの周辺の固体部分 34 よりも最高約 8 mm 上でありうるが、余分な高さ 4 ~ 6 mm の範囲がさらに好ましくは提供される。

【0026】

いったん部分的巣 25a が検出器 50 により決定された希望の範囲で過剰充填されると、スパウト 18 を通した溶融金属の流れは一時停止し、インゴットはさらに冷却される。この間、図 2C に示すとおり、インゴット内の固体 / 液体境界面 29 は、冷却および凝固により上昇し、新しい固体層 35 が形成され、したがって金属プール 24 のサイズは小さくなる。固体金属の新しい層 35 は、収縮する金属プール 24 の周囲の表面 26 まで伸び、プールの端部の周り全体にリム 45 を形成する。リムは周辺の固体領域 34 に相対的に上昇するが、これは部分的巣 25a の過剰充填のため、および層 35 の金属の比較的素早い冷却のためであるが、これが、収縮が金属プール 24 の周辺部品の面の高さをもたらす前に、金属の凝固を引き起こすためである。

【0027】

インゴットを図 2B の工程のあと一定時間冷ました後、プール 24 の溶融金属の上面 33 は、図 2C のリム 45 の形成を除き、金属の収縮および縮小により引き下げられ、さらなる部分的収縮巣（非表示）が形成される。さらなる部分的収縮巣が検出器 50 によって判断される所定の深さに達すると、スパウト 18 は再び開き、溶融金属が溶融金属プールに流入し、図 2C に示すとおり、部分的収縮巣をすぐ周辺のインゴットの表面およびリム 45 の上のレベルまで再び過剰充填する。いったん、さらなる部分的収縮巣が溶融金属で過剰充填されると、スパウト 18 を通した金属の流れは再び一時停止し、インゴットはさらに冷却される。

【0028】

このプロセスが、図 2D ~ 2G に示すとおり、複数回反復される。すなわち、なおさらなる部分的収縮巣がインゴットの上面に形成されるまで、インゴットをさらに一定の期間だけ静置させるが、その間に境界面 29 が隆起し、さらに新しい金属 35a、35b、35c および 35d の層を形成し、それぞれ隆起したリム 45a、45b、45c および 45d を有する。さらなる部分的収縮巣のそれぞれは、それ自身が以前の過剰充填作業により形成された周辺のリムよりも上のレベルまで、スパウト 18 からの溶融金属で過剰充填される。部分的収縮巣を形成させ、それから部分的収縮巣を過剰充填するこの反復的または繰り返しの手順が、インゴットの金属の残りのいかなる収縮または縮小が表面 26 のどの部分をも所定の高さ 27 よりも下に下げないという点に達するまで継続される。反復的な過剰充填工程は、それから終了し、インゴット全体が完全に固体となった状態を示す図 2H に示すとおり、スパウト 18 が持ち上がり（ローンダー 20 に沿って）、溶融金属プール 24 との接触から除去される。部分的巣 25h が完全な凝固の後に残っている可能性があるとしても、その最下点 26h はなおもインゴットの端部の意図される位置を表す所定の高さ 27 より上であることに注意されたい。

【0029】

こうして、過剰充填作業が完了した後、インゴットの上面 26 は、所定の高さ 27 より上に突き出した隆起した段階状のクラウン 49 を持つ。インゴットが矩形の場合、クラウン 49 は一般に矩形の段階状のピラミッドの形状を持ち、ここでこの段階は連続的な部分的収縮巣の過剰充填により生成されたリムによって形成される。実際には、過剰充填の回数および各工程で達成される過剰な面高さにより、クラウン 49 は合計高さが所定の高さ 27 に対して最大 150 mm に達することもあるが、より好ましい高さは約 50 mm までである。たとえば、こうした過剰充填工程が 7 回で、余分な高さが毎回 4 mm であれば、合計高さ 28 mm、または冷却時の金属の縮小によってこれよりも多少低い高さを持つクラウン 49 が生成される。一部の目的では、高めのクラウンが低めのクラウンよりも有利である（たとえば、その後のインゴット圧延時の「ワニ革割れ」の原因となる可能性が低いため）。クラウン 49 は、その後の圧延作業との適合性から一般に切り取られないが、

10

20

30

40

50

たとえば、インゴットを本来意図した高さで完全に平坦な上面を持つインゴットを提供するために所定の高さ 27 レベルで切断することにより、希望に応じて切り取ることもできる。クラウン 49 を切り取った場合でも多くの量の金属を含んでおらず、廃棄されるか、またはリサイクルに戻す金属の量は、それほど大きくない。

【0030】

この模範的な実施形態の意図は、各部分的充填工程で、部分的収縮巣の過剰充填を達成するためである一方、臨時の単なる充填（またはおそらくは、わずかに不足気味の充填でさえも）を、特に金属レベルが減少しても一回以上のその後の充填工程で相殺される場合には、実際に採用ができる。しかし、その他の模範的な実施形態において、単なる部分的収縮巣の除去を目標とすることが可能、その場合、充填工程は図 2H によって表現される完全な充填の前に終了する。たとえば、充填工程は図 2E によって表わされたものなど中間段階で停止することもでき、それに続いて、周辺のインゴットの表面より下に金属プールを凝固・縮小するが、最終的な収縮巣は、こうした工程なしで、たとえば図 2A で表されるインゴットを完全に冷却させることにより形成される巣よりも小さくなる。

10

【0031】

部分的収縮巣の過剰充填作業の回数は異なりうるが、通常は少なくとも 3 回で、普通は 15 回を超えることはない。充填作業の回数が多いことは、少ない回数よりもよいが、なぜなら溶融金属面が常に希望のレベル 27 に近い状態に保たれるためである。しかし、充填作業を多く試みすぎると、さらなる部分的巣の形成の検出や、過剰充填工程のための十分少量な溶融金属の供給が困難になる。その上、隆起したリム 45 は、凝固や形成をする時間がないこともある。それ故に、これらの考慮事項には、それぞれの状況について充填作業の最適な回数につながるトレードオフがある。これは、試行錯誤や実験によってまたはコンピュータモデルの助けを借りて決定される。

20

【0032】

充填作業は、図 3 にもグラフとして表示している。この図で左から右の、真っ直ぐに伸びたバーは、この手順の様々な段階でのスパウトのすぐ周辺でのインゴットの上の部分を表している。左側のバーは、鋳造の完了時のインゴットを表し、希望のインゴット高さ 27 での溶融したプールの面の高さ 28 を示している。バーはまた、検出時に第一の巣充填作業を引き起こす面の高さ 28a を示す。境界面 29 の位置はこの番号で識別される線によって示され、またスパウトの先端 17 の位置は（これは、手順が終わるまで変更しないことが好ましい）点線 17 で表示される。段階状の矢印 48 で表されるとおり、第一の充填作業は、高さ 28a から二つ目の真っ直ぐなバーで示される新しい高さ 28b に移動する。それから冷却によって高さが位置 28c に減少し、これが新しい充填作業の引き金となる。もう一度図 1 を参照するが、金属レベルセンサー 50 および付随的な装置についてさらに詳しく説明がある。金属レベルセンサー 50 は、スパウト 18 の一方の端に近い位置に示されている。また前述のとおり、これは、一般にインゴットの中央でのスパウト 18 のすぐ周辺の溶融金属の面の高さを感知するように位置づけられ、それが意図されている。このセンサーには、その下にある溶融金属内で誘導電流を生成する誘導コイル（非表示）が組み込まれている。誘導コイルの電力は、金属表面が近いときに大きくなり、金属表面が遠ざかるときに減少する。コイルの測定した電力または電流は、こうして、センサーからの溶融金属面 28 の距離の測定値に変換される。しかし、図 2A ~ 2H で矢印 47 で示したとおり、センサー 50 は、レベルが上がったときに溶融金属と接触しないように、部分的巣の充填が進むにつれて、上方向に移動する。センサー 50 の垂直位置は、制御回路 52（たとえば、論理制御装置、PLC）からの命令下で、電気または油圧モーター 51 により上下するが、これらのユニットは、ハウジング 53 内に格納されており、これはまたモーター 54 を保持し、これがまた制御回路 52 からの命令を受ける。モーター 54 は、ロッド 55 を作動させ、これが、制御アーム 23 を旋回軸 56 の周りで移動させ、これにより要求に応じて制御ピン 21 の昇降をする。

30

【0033】

巣充填作業中、センサー 50 からの情報はコントローラ 52 に供給され、これが制御ビ

40

50

ン21をモーター54によって上昇させ、金属が金属プール24に流れ込んで部分的巣を充填するか、すなわちいつ所定の巣の深さが所定の限度に達するかの判断をする。センサー50は、部分的巣に追加された溶融金属の表面レベルの高さの増大を感知し、またこれに基づき、コントローラ52が制御ピンを一つ下げてスパウト18を通した金属の流れを閉じるかを判断する。コントローラは、それからモーター51に連続的にまたは段階的にセンサー50を上げさせ、インゴットの上面とセンサーの間の適切な分離を維持する。コントローラ52は、センサー50からの情報に基づき、コントローラに予めプログラムされた情報に従い、それに応じて、何回の過剰充填作業が必要とされるか、またいつ開始し終了するかを判断する。

【0034】

10

部分的収縮巣に要求される形で追加する溶融金属を有効にするために、ちょうど十分な量の溶融金属を、必要とされる回数で正確にスパウト18を通して供給することが可能な必要がある。これは、前記に示したとおり、スパウト18内で動作する制御ピン21により、この模範的な実施形態で達成される。適切な制御ピンおよびスパウトの組合せ57を、添付図面の図4および5に示す。この模範的な実施形態において、スパウト18は、鋳造作業に使用する種類の溶融金属に対する耐性を持つ耐火性セラミック材料でできた管状体であることが好ましい。管状体の外部表面には、外方向に向かって拡大するテーパーのある上端58、中央の円筒形バレル59、および先端17につながる内方向にテーパーのあるノズル60がある。上端58は、ローンダー20(図1を参照)の下側壁61の対応した形状の穴に嵌合するような形状をしており、この嵌合は、スパウトをしっかりと所定位置に保持しているときに金属の漏れを防止するだけの十分な精度があるが取り外しも可能である。スパウト(図5)の内側面62は、上端58からノズル60までの大部分の距離について円筒形であるが、下端のノズルと同一の程度で内方向にテーパーが付いている。内側面60のテーパーのついた部分は、希望に応じてノズルを制限・ブロックするため制御ピン21と連動して機能する。制御ピン21は、その下端でセラミック材料の湾曲プラグ65を運ぶ中空の管64の形態である。図5に示すとおり、制御ピンが下の位置にあるとき、スパウトを通した溶融金属の流れが完全に遮断される。制御ピンが上の位置にあるとき、溶融金属はプラグ65の周りを流れることができ、スパウトの内側面の円筒形の部分に達するまでプラグが上昇するにつれて、プラグとスパウトの間の開口部の面積が増える。ゆえに、溶融金属の流量は、適切に制御ピン21を上げ下げすることでかなり精密に制御できる。プラグ65が先端17にすぐ隣接して提供されているという事実は、制御ピンを完全に下げるとき、プラグの下には先端17からの排出を続行するための金属が全くないために、金属の流れが直ちに遮断することを意味する。

20

【0035】

30

スパウト18内にある任意の金属を常に溶融した状態に保つために、制御ピン21の内部には、配線(非表示)を経由して外部供給電源(非表示)と接続する電気リード67により電気ヒーター66が提供されている。電気ヒーター66はその下端でプラグ65に取り付けられており、中空の制御ピン21が万が一漏れる場合にはヒーター66の電熱線が溶融金属に対する保護をするように、電熱線のまわりに成型したセラミック材料で作ることができる。

40

【0036】

その上端で、制御ピン21は外部からのねじ込み要素69を持ち、これは内面にねじ切りのある輪70を運び、制御アーム23のY字型の端部セクション72にある対応する溝に旋回できるよう保持された、直径方向に反対側に突き出したピン71がある。図1に関連して前述のとおり、制御アーム23はピンを上げ下げし、ピン71によって提供されている旋回可能な配置により、制御ピン21は旋回軸56の周りを選択するときに制御アーム23の角度が何であれスパウト18と垂直および軸方向に整列した状態に保つことができる。輪70とねじ込み要素69との間のねじによる結合により、制御ロッド21は制御アーム23とは独立して上げ下げができる、制御ピンが制御アーム23により許容される最も下の位置にあるときにスパウトを完全に閉じるよう、制御ピンをスパウト18内に適切

50

に配置することができる。ねじ込み要素 6 9 には貫通孔 7 3 が様々な高さで提供されており、制御ピン 2 1 の回転を促進するために、ツイスト式ピン 7 5 を一時的に挿入できる。

【 0 0 3 7 】

電気ヒーター 6 6 は、スパウト 1 8 内で十分な熱を金属に供給し、スパウトからの流れが制御ピン 2 1 によって完全に閉じているときでさえも、金属を溶融した状態に保つ能力がある。代替的な実施形態において、スパウト 1 8 の本体には、スパウト内の金属を常に溶融状態に保つように、埋め込み型ヒーターが含み、または外部ヒーターを持つこともある。なおさらなる代替案として、U S 2 0 1 0 / 0 0 3 2 4 5 5 号で開示された制御ピンおよび注ぎの組合せを採用することもできる (U S 2 0 1 0 / 0 0 3 2 4 5 5 号の開示内容を、参照により特に本明細書に組み込む)。

10

【 0 0 3 8 】

意図される方法で機能する模範的な実施形態について、また、必要に応じた回数だけ部分的収縮巣を過度充填するのに十分な金属 1 9 がローンダー 2 0 内にあること、またスパウト 1 8 への供給、およびそれを通した供給のために利用可能な金属が溶融状態に保たれることを確認する必要がある。これを達成できる 1 つの方法は、図 6 と関連して最もよく説明されているが、これは、横に並べた 2 つインゴットを同時に鋳造する能力のある D C 鋳造台の簡略化した平面図である。この装置で、タンデム鋳型 7 5 は、それぞれの鋳型について (one for each casting mold) 図 4 および 5 で示した種類の 2 つのスパウトおよびピンの組合せ 5 7 が提供された蓋のないローンダー 2 0 によって、上から移動する。この図面では、制御ピン 2 1 用の制御アーム 2 3 がはっきりと表示されている。ローンダーの一方の端 2 0 a は永久的にロックされ、他方の端 2 0 b は、金属溶融炉 (非表示) に追加的ローンダー、チャネル、パイプなど (非表示) を経由して接続される。主な鋳造作業を完了した後、ダム 7 7 をローンダー 2 0 に差込み、側壁およびローンダーの底部の溝 (非表示) によって保持し、金属の流れを遮断する。炉からのそれ以降の溶融金属の供給はこうして終了するが、溶融金属 1 9 のプールは、鋳型 7 5 の上にあるローンダーの一部にダムによって保持される。ローンダーは、ダムによってローンダー内に閉じ込められた金属がゆっくりと冷やされ、相当な期間溶融状態が保たれるように、断熱を提供する耐火材料のライニング 7 8 を持つ。しかし、必要に応じて、ローンダーのダムのある部分は、スパウト 1 8 に供給するための金属プールを溶融状態に保つために加熱することもできる。この理由から、ローンダーの壁には埋め込み型の電気ヒーター (非表示) を含めることができ、ローンダーには溶融金属の下に浸した浸漬ヒーターを含めることができ、または加熱を提供することもできる。ローンダーの外側を、または金属に上から直接的に加熱することもできる。

20

【 0 0 3 9 】

図 6 の装置を使用して、2 つのタンデム金属インゴットを横に並べて鋳造することができ、上述の手順によりインゴット内の収縮巣を除去たり、または回避することができる。

【 0 0 4 0 】

一部の実施形態において、スパウト 1 8 に上記に記載した種類の内部電気ヒーターを備えることは望ましい一方、必ずしも必要ではない。スパウト 1 8 内で金属が凝固しないよう保持するために必要な熱は、ピン 2 1 の周囲のトラフ 2 0 内またはスパウト 1 8 内にある金属の顯熱または潜熱から、あるいはトラフの固体壁またはスパウトに保持されているか、注入された熱からのものである。たとえば、鋳造作業の開始時に、スパウト 1 8 およびピン 2 1 は、たとえばプロパントーチまたは直火を持つその他の装置など、何らかの形態の外部加熱装置によって予め加熱することができる。鋳造作業の終わりに、スパウトおよびピンの金属接触表面は、鋳造時に超高温の溶融金属にさらされてきたため、必然的にかなりの高温となっている。スパウトおよびピンは、補充手順を実行することができるよう十分な時間、十分に高温のままである。たとえば、合計 8 回以上の補充の繰り返しを、金属が凝固することなしに実施できる。トラフ 2 0 に電気壁または浸漬ヒーター (溶融金属用) が装備されている場合、補充の繰り返し回数には、特に限度がなく、また実際には 15 回以上できる。

30

40

50

【0041】

模範的な実施形態のさらに詳細な理解については、鋳造作業の明細が以下に提供されている。

【実施例】

【0042】

・実施例1

アルミニウム合金インゴットは、添付図面の図6の平面図に示す種類のタンデム鋳型ダイレクトチル鋳造装置で鋳造される。

【0043】

鋳造の前に、加熱した制御ピンをスパウトに差込み、それぞれ1000ワットで電源を入れた（全出力）。100mmで鋳型に入れ、電力を25%に低減した（250ワット）。鋳型が終了する前に鋳型長さ200mmで（底部ブロックの停止）、制御ピンヒーターへの電力を250ワットから1000ワットに増大し、鋳型充填プロセスが終了する前に、スパウト内の金属が溶融状態を維持されたようにした。

【0044】

希望の鋳型長さに達したとき、鋳造終了の手順を手動で開始した。これにより、炉が後方に傾き、制御ピンがスパウトを閉止した。底部ブロックは、引き続き下がり続けた。炉が後方に傾き始めたとき、分配ローダーにダムを手動で配置して金属が炉に流れて戻らないようにし、こうして、収縮巣の充填のための十分な量の溶融金属を維持した。

【0045】

いずれかの鋳型の金属レベルが設定ポイントよりも10mm低くなったとき、底部ブロックの降下は停止し、それぞれの鋳型の鋳型金属レベルをPLCメモリの設定ポイントとして保存し、金属レベルセンサーを格納し、分配ローダーを真っ直ぐに上げた。ローダーが十分に上がったとき、配布用バッグ（溶融金属の移動やフィルタリングに使用）を取り除き、オペレータは、ローダーを下げ、コントロールを操作して鋳型レベルセンサーを拡張した。

【0046】

ローダーおよび金属レベルセンサーが完全に降下しているかを確認するための15秒の遅れの後、上記のとおり保存した鋳型の金属レベルが開始設定ポイントとなり、またセンサーは、約2.0mm/分の速度で上昇を始めた。

【0047】

鋳型内の溶融金属レベルが金属を凝固するにつれてゆっくりと下がった。PLCは、それぞれの鋳型の実際の金属レベルをその傾斜設定ポイントと比較した。鋳型内の実際の金属レベルが設定ポイントよりも2.0mmだけ下がったとき、それぞれの制御ピンが25%の流量で開いた。金属レベルは、制御ピンが閉じる実際の金属レベルが新しい設定ポイントに達するまで、数秒内に上昇した。これは、オペレータによって約14分後に停止されるまで反復された。この時点で、インゴットの中央の溶融金属面積は、鋳型金属レベルセンサーによる測定が（金属凝固により）もはや可能ではなくなる点まで減少した（橿円形の金属プールが約200mm×450mmの寸法に達した）。

【0048】

充填プロセスがそれから停止し、その時点でローダーのダムを除去し、鋳型金属センサーを上げた。8秒後、分配ローダーを傾けて、制御ピンを開き、スパウト内に入ったままのいかなる残りの金属も排出した。

【0049】

添付図面の図7Aおよび7Bは、2つのインゴットの上部を示す写真に基づくものである。図7Aのインゴットは、収縮巣を除去する試みなく鋳造（従来の技術）したもので、こうした巣25が図面に表示されている。図7Bのインゴットは、上述の巣充填手順を用いて形成され、および図7Aの収縮巣は完全に除去され、直立した縞状または段階状のクラウン49によって置き換えられたことがわかる。オリジナルの写真は、段階状の突起の上に、巣除去手順の意図的な終了の後、スパウトからの意図しない金属の流れの継続から

10

20

30

40

50

結果的に生じる、いくらかの金属のオーバーフローが示されている。しかし、このオーバーフローは、説明の明瞭化を図るため、図7 Bからは省略した。

【0050】

・実施例 2

例1で説明した種類の鋳造作業を、この場合も図6に示す汎用の装置で実施したが、制御ピンは加熱しなかった。鋳造の進行において、溶融金属の熱はスパウトおよびピンは凝固や閉塞を回避するのに十分な高温に保たれた。鋳造装置に供給される溶融金属の温度は、装置の熱損失による凝固を回避するのに十分なだけ上昇した。鋳造手順の詳細は、以下のとおりである。

【0051】

鋳造は5個の鋳型を有する鋳型台で実施したが、中央の鋳型（位置番号3）は使用しなかったので、4個のインゴットのみを同時に鋳造した。実際に、このようにして鋳造されるインゴットは、スタブインゴット、すなわち通常の高さに満たない高さのインゴットであった。PLCプログラムに自動変更を追加して、トラフ傾きおよび金属レベル制御ピンのタイミングを修正した。鋳造の終了の時点で、炉を通常どおり後方に傾けた。トラフ内の金属レベルが縮小のために一定レベルに下がったとき、オペレータが、別の鋳造終了の信号を開始したが、これが、プラタンの停止、メイントラフ内での金属ダムの閉鎖、および金属レベル制御ピンの閉鎖を引き起こした。ローンダーは下がったままで、その時点でのトラフ内の全ての金属がその内部にとどまった。自動レベル制御装置が、各インゴットのヘッド内の金属レベルについて読み取り値を記録し、この新しいレベルを現在のヘッドレベル設定ポイントとして確立した。傾斜は、時間経過に伴い自動的にヘッドレベル設定ポイントを上げるよう設定した。インゴットヘッド内の金属が縮小したとき、金属レベル制御（MLC）は増大する設定ポイントと実際のレベルの間の差異を読み取った。差異が一定のしきい値に達したときに、ピンは開いて金属をインゴットヘッド内に放出した。インゴットヘッドが十分に凝固したとき、オペレータは、最終的な鋳造終了の信号を開始し、これが、ローンダーを鋳造ステーションに持ち上げ、残りの金属を通常の鋳造終了の手順どおり放出した。

【0052】

鋳造の実際的な詳細は以下のとおりである：

- ・鋳型のサイズ - 30.2 × 62.2インチ (76.7 × 158 cm)
- ・開始ヘッド - アルミニウム、高さ13インチ (33 cm)
- ・合金 - AA3104
- ・スキミングを使用
- ・鋳型の長さ - 70インチ (178 cm)、鋳造終了の開始時: 60インチ (152 cm)
- ・鋳造開始時のトラフ温度 - 680 °C
- ・炉傾斜時のトラフ温度 - 678 °C
- ・標準未加熱制御ピン。

【0053】

鋳造は以下のとおり進行：

- ・スタブキャストを通常通り開始
- ・オペレータが鋳造終了ボタンを押して炉を後方に傾けた
- ・レーザーがメインダムの直前で6インチ金属レベルを示したとき、オペレータが鋳造終了ボタンをもう一度押した
- ・ピン閉鎖
- ・プラタン停止
- ・メインダム閉鎖
- ・ハンドダムをメインダムとAlcanベッドフィルター（ABF）出口の間に配置
- ・オペレータが、炉とABF入り口の間のトラフを通常通り清掃した
- ・インゴットヘッドの金属レベルを0.15インチ/分 (4 mm/分) の勾配で自動的

10

20

30

40

50

に増大

・オペレータはエンド・オブ・キャストボタンを最終的に押して、トラフブレークおよび金属排出を開始した。

・短時間、ピンを閉鎖したままにしてから開いた

・エンドテストの決定は、# 1でスキムリングがインゴットヘッドに凝固し始めたことの観察に基づく。

・エンド・オブ・テストでの# 3ダムの閉鎖からトラフブレークまでの時間は7分。

・ティートラフを引きトラフからスカルを除去

・トラフ内に残っているスカルは、非常に粘度が高くおよび重い

・位置1および5のスパウトに金属が凝固

・ヘッドバッグは非常に重く、除去すると、どろどろしたものがいっぱいであった。

【0054】

インゴットヘッド外形は、自動設備は、工程の形態でより多くの金属をインゴットヘッドに注入できることをはっきりと示した。全体で、8回の部分的巣充填工程を実施した。全てのインゴットヘッドで、標準インゴットヘッドの上、1~1.5インチ(2.5~3.8 cm)のクラウンを測定した。

【0055】

鋳型5は、ピンが正しくシールされていることを示す、「段階的」インゴットヘッドを示す。

【0056】

鋳型1、2、および4は、傾斜のあるインゴットヘッドを持ち、ピンは、正しくシールされておらず、金属が過去に連続的に漏れていたことを示す。

【0057】

超音波装置を用いて、インゴットの中心線および中心線から±2、5、8、および12インチ(±5.1、12.7、20.3および30.5 cm)で、収縮巣の測定をした。結果は、添付図面の図8に示す。

【0058】

試験インゴット巣を、3インチ(7.6 cm)~3.5(8.9 cm)インチから、最も深い測定で、中心線および±2インチ(±5 cm)で測定。

【0059】

比較のために、スタブ鋳造の後、同じ鋳型で3個の全長インゴットを直接鋳造したが、部分的充填工程はしなかった。2つのインゴットはスタブ鋳造と同じ合金(AA3104-111129A1およびAA3104-111129A5)で、1つは異なる合金(AA5182-1111128A1)であった。次の比較用鋳造(1111129-A1およびA5)からの2個のインゴットについて行った対照測定の結果は、巣の深さ7.25インチ(18.5 cm)~8.0インチ(20.3 cm)、中心線および中心線から±2インチ(±5 cm)。5182インゴット1111128-A1について行った対照測定の結果は、巣の深さ7.375インチ(18.7 cm)~7.5インチ(19.1 cm)、中心線および±2インチ(±5 cm)であった。

【0060】

試験の終わりに、ティートラフ内には金属はほとんど残らず、金属がどろどろになった。

【0061】

これは、途中鋳造をせずに9.5時間後の最初の鋳造物で、短い鋳造物であった。

【0062】

鋳造物の端部でのトラフ内の金属温度は合金AA3104の鋳造で典型的な温度よりも約10°C低かった。

【0063】

結論として、このテストの結果：

・自動制御の鋳造終了シーケンスを使用したヘッド巣の減少は、インゴットヘッドの収縮

10

20

30

40

50

巣のサイズを低減する実行可能な方法であった。

・この30.2インチ×62.2インチ(76.7×158cm)C B Sインゴットで使用可能なインゴット長さは、最短の標準巣および最長の低減した巣を比較した場合に3.75インチ(9.5cm)だけ増えた。183ポンド/インチ(32.75kg/cm)、これはインゴットあたり約700ポンド(318kg)使用可能な金属が増えることに等しい。54、490ポンド(24、768kg)インゴットを考慮すると、これは、最大1.2%の能力向上の潜在性がある。

【0064】

・実施例3

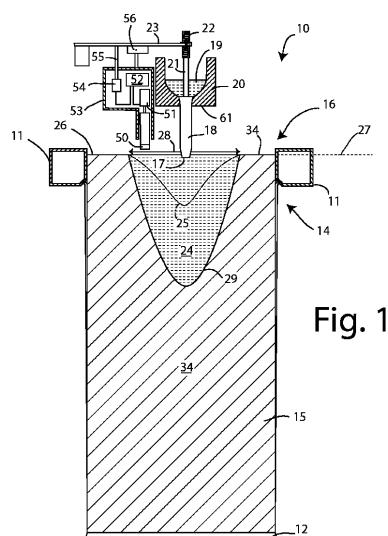
電気浸漬ヒーターをトラフ20内に配置して、トラフ18に入る前に溶融金属にスーパーヒートを提供したことを除き、例2の手順を反復した。ヒーターは、鋳造が開始される前に動作させ、金属がまずそれらを通過するとき、金属の凝固がスパウト18で発生しないようにした。さらに、スパウト18およびピン21は、例2のとおりトーチの手段で予め加熱した。

10

【0065】

浸漬ヒーターは、鋳造中に運転し、金属の凝固を防止し、鋳造が終了したときに作業を続け、補充手順中に、スパウト18に入る溶融金属が凝固しないようにした。この手段により、スパウト18およびピン21が閉塞のリスクが生じるのに十分に冷める前に、12~15回の補充の繰り返しが達成された。

【図1】



【図2A】

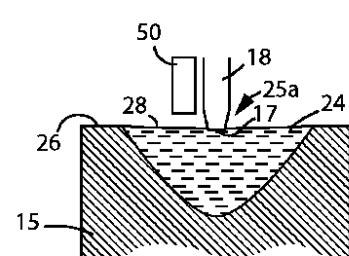


Fig. 2A

【図2B】

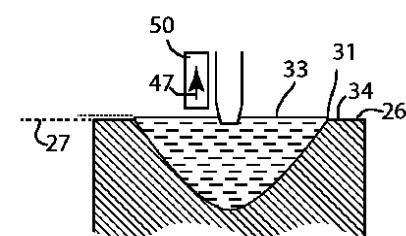


Fig. 2B

【図 2 C】

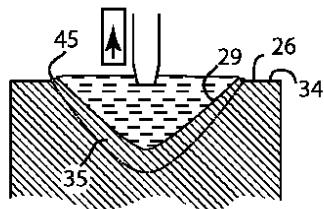


Fig. 2C

【図 2 D】

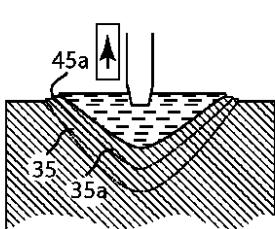


Fig. 2D

【図 2 E】

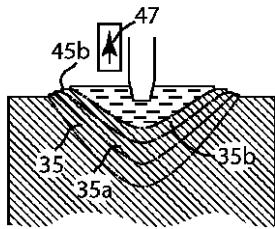


Fig. 2E

【図 2 F】

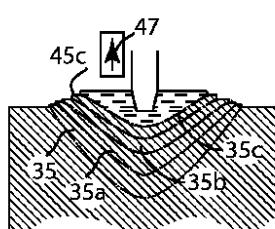


Fig. 2F

【図 2 G】

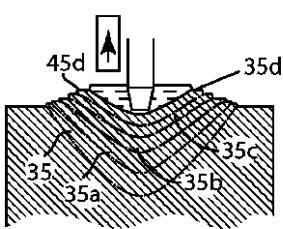


Fig. 2G

【図 2 H】

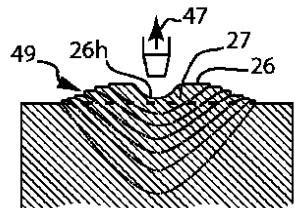
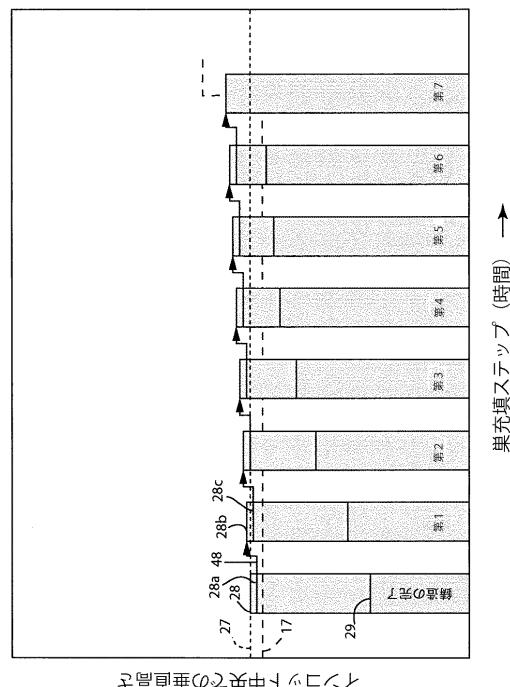


Fig. 2H

【図 3】



【図4】

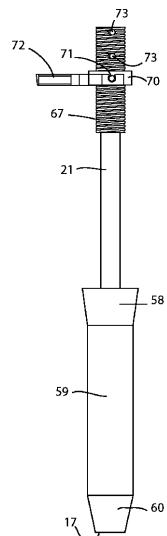


Fig. 4

【図5】

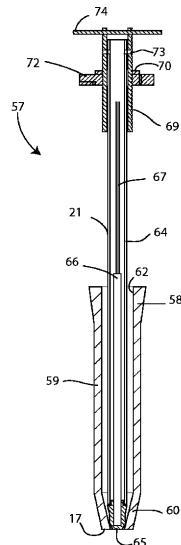


Fig. 5

【図6】

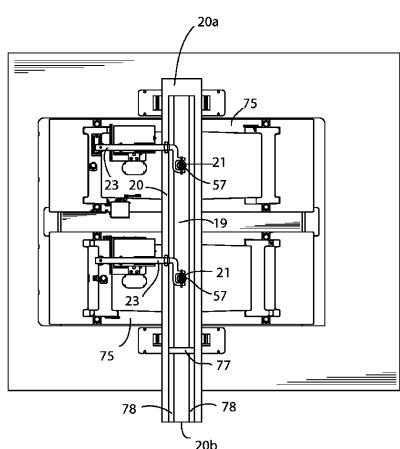


Fig. 6

【図7A】

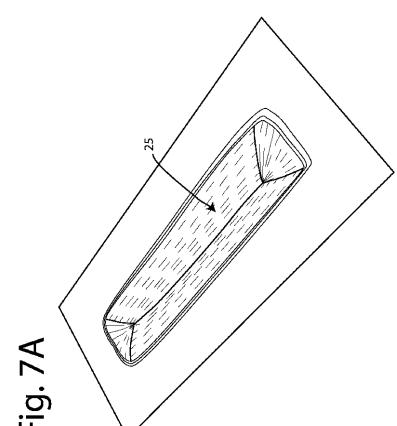


Fig. 7A

【図7B】

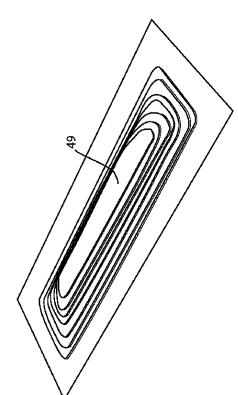


Fig. 7B

【図8】

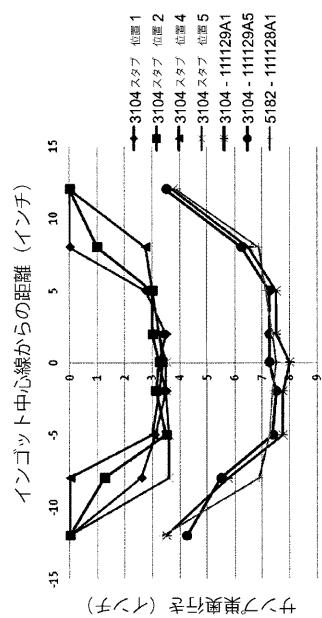


図8

フロントページの続き

(72)発明者 マーク・アンダーソン

アメリカ合衆国99016ワシントン州スポケイン・パレー、イースト・モンゴメリー18008
番

(72)発明者 トッド・エフ・ビショフ

アメリカ合衆国99037ワシントン州スポケイン・パレー、イースト・トゥウェンティファース
ト・コート15702番

(72)発明者 ジェイムズ・ブアマン

アメリカ合衆国99016ワシントン州グリーンエイカーズ、ノース・フローラ2207番

(72)発明者 ウェイン・ジェイ・フェントン

アメリカ合衆国99216ワシントン州スポケイン・パレー、イースト・ヘロイ・アベニュー16
704番

(72)発明者 デイビッド・シンデン

アメリカ合衆国99036ワシントン州バレーフォード、サウス・マディソン・ロード13615
番

(72)発明者 ジョン・スティーブン・ティンジー

アメリカ合衆国83858アイダホ州ラスドラム、ウエスト・カンループス・ドライブ6797番

(72)発明者 ロバート・ブルース・ワグスタッフ

アメリカ合衆国99216ワシントン州グリーンエイカーズ、イースト・ヘンリー・ロード227
10番

審査官 川崎 良平

(56)参考文献 特開昭53-102227(JP, A)

特開昭51-115263(JP, A)

特開平02-211955(JP, A)

実開平07-026057(JP, U)

特開平07-112241(JP, A)

特開平03-027851(JP, A)

特開昭63-268560(JP, A)

特開平08-024996(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B22D 7/00, 11/049, 11/10, 11/16, 11/18, 27/04,
27/06