



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103260794 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 20

(21) 申请号 201180061969. 4

J. S. 廷盖 R. B. 沃斯塔夫

(22) 申请日 2011. 12. 21

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(30) 优先权数据

代理人 原绍辉 傅永霄

61/460029 2010. 12. 22 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int. Cl.

2013. 06. 21

B22D 7/12(2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

B22D 15/04(2006. 01)

PCT/CA2011/050790 2011. 12. 21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/083452 EN 2012. 06. 28

(73) 专利权人 诺维尔里斯公司

地址 加拿大安大略省

(72) 发明人 M. 安德森 T. F. 比肖夫

J. 布尔曼 W. J. 芬顿 D. 辛登

审查员 李莎莎

权利要求书2页 说明书13页 附图15页

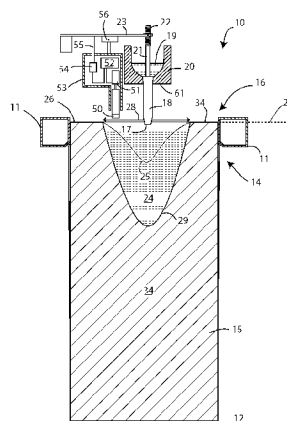
(54) 发明名称

排除通过直接冷铸而铸造的金属锭中的缩孔的方法

属的接触,并且允许锭的所有部分冷却到金属完全为固体的温度。

(57) 摘要

示例性实施例提供一种完全或部分地排除通过直接冷铸而铸造的金属锭中的缩孔的方法。该方法涉及通过将熔融金属从浇口引入到直接冷铸模具内以形成具有在预定高度处的上表面的直立锭来铸造金属锭。在完成铸造时,浇口的下顶端优选地维持在锭的上表面中心处或附近、在熔融金属中在上表面下方。终止了通过浇口的金属流动、而同时维持了在浇口内和供应给浇口的金属中充分的热以保持金属为熔融的以用于在随后通过浇口而递送。在锭金属收缩和收紧时,允许部分缩孔形成于锭的上表面中。优选地,在部分孔暴露了浇口的下顶端之前,部分缩孔优选地被过量填充了熔融金属,而同时避免熔融金属从部分孔全部或大量溢出,并且然后终止了金属通过浇口的流动。重复进行了允许部分缩孔形成于上表面中、并且优选地在孔暴露下顶端之前利用来自浇口的熔融金属而过量填充部分缩孔的步骤,优选地直到锭金属的进一步收缩不再造成上表面的任何部分在预定高度下方收紧。然后移除浇口与锭的熔融金



1. 一种完全或部分地排除通过直接冷铸而铸造的金属锭中的缩孔的方法,所述方法包括:

a. 通过将熔融金属从浇口引入到直接冷铸模具内以形成具有在预定高度处的上表面的直立锭来铸造金属锭;

b. 在完成所述铸造时,终止熔融金属通过所述浇口的流动,而同时维持浇口内和供应给浇口的金属中充分的热来保持所述金属熔融以便随后通过所述浇口递送;

c. 当所述锭的金属收紧时,允许部分缩孔形成于所述上表面中,然后至少部分地填充所述部分缩孔、而同时避免熔融金属从所述部分孔全部或大量地溢出,并且然后终止金属通过所述浇口的流动;

d. 重复进行 c 中的步骤至少一次;

e. 终止所述步骤的重复;以及

f. 移除所述浇口与所述锭的熔融金属的接触,并且允许所述锭的所有部分冷却到所述金属完全为固体的温度。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中当所述锭的金属的进一步收缩或收紧不造成所述上表面的任何部分在所述锭的所述预定高度下方收缩或收紧时,终止所述步骤的重复。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述部分缩孔的所述至少部分填充中的至少某些包括过量填充所述孔。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述部分缩孔的所述至少部分填充中的全部包括过量填充所述孔。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,包括:确定所述上表面的高度,并且当所述高度降落到预定较低水平时开始每个至少部分填充、并且当所述高度升高到与所述至少部分填充一致的预定上部水平时终止每个至少部分填充。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,其中在每个至少部分填充之后、在终止所述步骤的重复之前,所述预定较低水平和所述预定较高水平各自设置为较高值。

7. 根据权利要求 6 所述的方法,其中,由一种表面水平传感器来确定所述上表面的所述高度,并且在每次过量填充至少对应于所述预定较高水平的所述较高值的量之后升高所述传感器。

8. 根据权利要求 5 所述的方法,其中,由一种表面水平传感器来确定所述上表面的所述高度,并且在从所述铸造完成到终止重复所述步骤,所述传感器逐渐地并且连续地升高。

9. 根据权利要求 1 所述的方法,包括:从所述铸造完成直到所述浇口的移除,维持所述浇口在固定高度处。

10. 根据权利要求 1 所述的方法,包括:所述步骤重复 2 至 15 次。

11. 根据权利要求 3 所述的方法,其中,以 4 至 6mm 的过大高度来过量填充所述部分缩孔。

12. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在允许所述锭的所有部分冷却到所述金属完全为固体的温度之后,重复所述步骤直到所述锭具有总高度多达 150mm 的升高凸度。

13. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在允许所述锭的所有部分冷却到所述金属完全为固体的温度之后,重复所述步骤直到所述锭具有总高度多达 50mm 的升高凸度。

14. 根据权利要求 1 所述的方法,其中通过将热引入到所述浇口内或所述浇口周围,来

维持所述浇口内金属中的充分的热以保持所述金属为熔融的。

15. 根据权利要求 1 所述的方法,其中通过将热引入到向所述浇口供应熔融金属的流槽内,来维持供应给所述浇口的金属中的充分的热以保持所述金属为熔融的。

16. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在所述铸造期间,分配袋连接到所述浇口,并且在所述铸造完成时从所述浇口移除所述分配袋。

17. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在允许部分缩孔形成于所述上表面中、并且然后至少部分地填充所述部分缩孔的步骤期间,总是维持所述浇口的下顶端在所述锭中的熔融金属的表面下方。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其中在所述部分缩孔的收缩暴露所述浇口的所述下顶端之前,开始部分缩孔的所述至少部分填充。

19. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述浇口定位于所述锭的所述上表面中心处或附近。

20. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在至少部分地填充所述部分缩孔的步骤中每一个之间存在停顿。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,其中所述停顿为至少 5 秒的持续时间。

排除通过直接冷铸而铸造的金属锭中的缩孔的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及部分地或完全排除铸锭中的缩孔。更特定而言，本发明涉及部分地或完全地排除在直接冷(DC)铸金属锭、特别地(但并非详尽地)由铝和铝基合金制成的锭期间所形成的这样的孔。

背景技术

[0002] 金属锭，特别是由铝和铝基合金制成的那些，可通过直接冷(DC)铸技术形成，其中，熔融金属被进给到激冷环形(通常为矩形)模具的上端内，因为使锭支承件(“所谓的下垫脚/底部块”)从闭合所述模具的底端的初始位置逐渐下降。模具冷却了在模具中在其周围的熔融金属主体，直到周围表面充分结实以支承它本身并且避免熔融金属从锭的热中心泄露。以此方式，当锭支承件逐渐下降时，锭增长到预定长度，而熔融金属在上端处被持续地引入到模具内。冷却水通常倾倒入模具底端正下方的锭的表面上以促进冷却过程。

[0003] 一旦锭已到达其最大长度，则停止熔融金属的供应，并且锭支承件保持固定就位，承载着锭的重量。当锭冷却并且继续凝固时，金属收缩并且收紧。由于从锭的周围表面开始冷却，在其上端处的锭芯为冷却和凝固的最后部分，并且由于出现了在锭的上表面的中心位置处所形成的孔，金属收缩变得显然。如果在完成锭冷却后允许留下这种孔，那么锭上端的一部分通常在孔下方被切掉以向锭提供平坦上表面。虽然以此方式切掉的金属可被重复利用，但这个程序是成本较高并且低效的。如果并不以此方式移除孔，那么在锭轧制期间可能会出现被称作“鳄纹(alligatoring)”的缺陷。这涉及形成从锭的两个轧制面延伸的倾斜渐细的形状(类似于鳄鱼的颚)，随着轧制进行，这两个轧制面最终会合在一起以形成必须废弃的两层层压件。

[0004] 在过去，通过将熔融金属的储存器保持在锭的标称“上表面”上方，从而使得当形成孔时熔融金属可用于下降到孔内，则已提供了对金属收缩的补偿。例如，如在美国专利 3,262,165 (其在 1966 年 7 月 26 日授予给 A. J. Ingham)中所解释，这通过向模具的头提供绝热壁来进行，绝热壁可部分地填充有熔融金属池，通过绝热而使得熔融金属池保持熔融。可替代地，可通过提供柔性热顶衬里来实现收缩补偿，柔性热顶衬里同样提供了在锭上方的绝热空间以用于保持熔融金属池。这样的衬里例如被披露于美国专利 4,081,168 中，其在 1978 年 3 月 28 日授予给 R. E. Atterbury。这样的“热顶”的使用对于直接冷铸过程而言是不方便的并且同样其可当熔融储存器本身与锭适当接触而冷却并且凝固时导致需从锭的上部移除过量金属。

[0005] Ingham 在上文所提到的专利中建议重复补给/补足凝固质量，即，当孔形成时添加另外熔融金属到孔。但是，在常规直接冷铸设备中这种解决方案通常是不可能的，因为一旦主铸造操作已终止，则在模具上方的通道和浇口中的熔融金属倾向于凝固，且无论如何，允许填充孔而同时避免溢出的这种精确控制通常是不可能的。

[0006] 在 1985 年 8 月 7 日公开并且确定 C. Alborghetti 为发明人的欧洲专利申请 EP 0 150 670 披露了一种铸造设备，其中通过借助于测量线圈而测量在金属中所感应的涡电流

的量值,来调节在模具或浇道 / 流道(runner)等中的金属液位,该量值与从线圈到金属熔体的距离成比例。这样的距离的监视被用在铝的电磁铸造中,但并不用于直接冷铸。

[0007] 在2010年2月11日公开并且确定Cooper等人为发明人的美国专利公告no. US 2010/0032455披露了一种用来控制在铸造所用的分配系统中控制熔融金属流动的控制销系统。该控制销控制着熔融金属通过浇口的流动,并且提供对控制销或浇口的加热以当流动停止时防止金属在浇口中凝固。

[0008] 尽管有这些公开,仍需要一种用于排除由直接冷铸所形成的锭中的缩孔的改进的方法和设备。

发明内容

[0009] 示例性实施例提供一种完全或部分地排除通过直接冷铸而铸造的金属锭中的缩孔的方法。该方法涉及通过将熔融金属从浇口引入到直接冷铸模具内以形成具有在预定高度处的上表面的直立锭来铸造金属锭。一旦完成铸造,浇口的下顶端优选地被维持在上表面下方呈熔融金属,在锭的上表面处或锭的上表面的中心处。终止了通过浇口的金属流动,而同时维持了在浇口内金属中充分的热、并且供应所述浇口以保持金属熔融用于随后通过浇口递送。当锭的金属收缩和收紧时允许在锭的上表面中形成部分缩孔。优选地,在部分孔暴露了浇口的下顶端之前,部分缩孔至少部分地被填充、并且优选地被填充或过量填充了熔融金属,而同时避免了熔融金属从部分孔的全部或大量溢出,并且然后终止了金属通过浇口的流动。使得允许部分缩孔形成于上表面中、并且然后在孔暴露所述下顶端之前从浇口向部分缩孔至少部分地填充,并且优选地填充或过量填充熔融金属的步骤重复了至少一次,并且优选地(如果需要完全排除孔)直到锭的金属的进一步收紧或收缩不造成上表面的任何部分在预定高度下方收紧或收缩。然后移除浇口与锭的熔融金属之间的接触,并且允许锭的所有部分冷却到金属完全为固体的温度。

[0010] 如本文中所用的术语“部分缩孔”表示占完全孔大小的仅一部分的孔,如果不采用孔填充手段,在完全冷却后,在锭中由于金属收缩和收紧而造成完全孔。也就是说,部分缩孔为具有比完全形成的缩孔的深度更少的预定深度的部分缩孔。

[0011] 术语“至少部分填充”部分缩孔包括了过量填充这样一种孔,确切地填充该孔或者仅部分填充该孔。术语“过量填充”或“过度填充”表示将熔融金属引入到部分缩孔内到高于周围固体孔边沿水平的高度,但并不使得大量熔融金属从该孔溢出。由于熔融金属的表面张力,这是可能的,熔融金属的表面张力允许当金属池上升了孔边沿上方的一定距离时绕金属池的周围形成下弯封闭弯液面。术语“填充”该孔表示将该孔填充到一定程度使得金属池的表面到达,但并不超过孔的周围固体边沿的高度。术语“部分填充”明显地为金属引入量小于“填充”所需量。如果“过量填充”并不用于所有步骤,其最优选地用于最后步骤中的一个或多个步骤。“过量填充”使得随着冷却继续,更多的熔融金属可用于进给到部分缩孔内,并且当孔的体积变得更小时,这种过量倾向于在后来的填充步骤中更加显著。优选地,所有填充步骤涉及填充或过量填充部分缩孔。为了简单起见,如下文的描述中使用的术语“孔填充”、“填充步骤”和类似术语预期为涵盖了部分孔填充、准确孔填充和孔过量填充之中所有这些的一般性术语,除非从上下文显然它们仅涉及准确孔填充。而且,这些术语指部分缩孔的填充,如将理解的那样。

[0012] 重复的填充步骤倾向于产生在上表面处具有阶梯状升高“凸形 / 冠状物”的锭,特别是当执行过量填充时。但是随着锭头部收紧,在头部中的金属可以用一定方式凝固使得形成了阶梯状凸形,即使当仅执行部分填充时。

[0013] 可只有少至两个孔填充步骤,但通常存在至少三个或可能多达 15 个或更多的步骤。在这些步骤之间的停顿通常足够长以允许实现在锭中的金属池周围处的金属凝固和充分收缩以形成限定的部分缩孔,即,金属池的表面高度的可测量的减小。优选地,并不使停顿太长从而使得金属递送浇口的最低顶端向周围空气暴露。

[0014] 另一示例性实施例提供一种排除通过直接冷铸而铸造的金属锭中的缩孔的方法。该方法包括通过将熔融金属从浇口引入到直接冷铸模具内以形成具有在预定高度处的上表面的直立锭来铸造金属锭。在完成铸造时,终止了熔融金属通过浇口的流动,而同时维持了在浇口内和供应给浇口的金属中的足够的热以保持金属为熔融的用于随后通过浇口递送。当锭的金属收紧时,允许在锭的上表面中形成部分缩孔,并且然后过量填充部分缩孔,而同时避免了熔融金属从部分孔全部或大量溢出,并且然后终止了金属通过浇口的流动。重复进行允许在上表面中形成部分缩孔,然后利用来自浇口的熔融金属而过量填充部分缩孔,之后终止金属通过浇口的流动的流动的这些步骤至少一次。然后,当锭金属的进一步收缩或收紧并不造成上表面的任何部分在预定高度下方收缩或收紧时,终止这些步骤的重复。然后移除浇口与锭的熔融金属的接触,并且允锭的所有部分冷却到金属完全为固体的温度。

[0015] 可根据时间安排或者根据金属池表面的区域的所测量高度(当其下降到锭内时)来确定每个孔填充操作的开始。如果锭的收缩速率为熟知的,孔填充操作可被定时以在足以允许形成合适深度的部分缩孔的间隔发生。但更优选地,测量了部分缩孔的深度,并且当深度到达预定感测水平时开始填充操作。可以多种方式来实现孔深度测量,例如由操作者(当观察到合适深度的孔时促动一种开关以开始填充操作的人)目测,或者借助于传感器而自动地进行,例如通过使用一种激光表面高度检测器、或一种被设计成当检测到预定部分缩孔深度时自动触发填充操作的光学装置。

[0016] 但是,最优选地借助于传感器来确定部分缩孔的深度,传感器在熔融金属中感应了电流、并且使用感应电流的强度作为孔深度的指示。当采用靠近熔融金属表面而操作的传感器,诸如感应了电流的传感器类型时,当部分填充操作进行时优选地升高了传感器的高度,以便避免在传感器与填充一种部分缩孔的熔融金属之间的接触。传感器的这种上升或升高可逐步进行(例如,在每个填充步骤结束之后),但更优选地,以有效地避免不希望的传感器 / 金属接触的固定速率而持续地进行。然后可将所测量的传感器与熔融金属之间的差异馈送到逻辑控制器,逻辑控制器计算孔的表面高度,尽管传感器移动,并且逻辑控制器判断何时终止正在进行的填充步骤、并且在合适停顿之后何时开始另一步骤。

[0017] 虽然当部分缩孔形成时熔融金属可被持续地引入到部分缩孔内,即在孔填充步骤之间没有停顿,但难以适当地控制填充速率以避免金属溢出,特别是若在锭为同时经受孔填充的多个中的一个的情况下(在具有包含若干同时操作的 DC 铸模的模具台的铸造设备中常常会出现这种情况)。因此希望以由特定停顿而分离开的多个离散的填充步骤来填充孔,在停顿期间,停止了熔融金属到孔内的流动,并且允许金属不受干扰地冷却和收紧。在每个填充步骤之间的停顿允许部分铸造孔再形成到特定深度,这个深度允许执行进一步填充步骤、而没有熔融金属倾倒到先前凝固的金属的顶部上以造成“皱褶”(当锭被发送到轧

机时通常不能允许保留的缺陷)。停顿的最短持续时间取决于熔融金属的冷却速率和收紧,这主要取决于在此操作期间通常保持在锭外侧上流动的水的冷却效果,和被铸造的金属的热导率。当最短持续时间可因而不同时,其通常不短于 5 秒,常常不短于 10 秒,并且更通常地不短于 15 秒。因此可以说成最短通常在 5-15 秒的范围,并且更通常地 10-15 秒的范围。因此,通过以下考虑中的某些或全部来确定填充步骤的数量:这样的停顿的持续时间,每个填充步骤所需的时间,以及在所希望的程度上排除孔所需的时间,或者可用于填充步骤的熔融金属量。可用熔融金属的量本身可由在填充浇口和供应所述浇口的流槽(laundry)中熔融金属量(在适当终止铸造后)、或者熔融金属的冷却速率来决定,因为一旦金属已充分冷却变成固体,则金属不再可用于孔填充。

[0018] 虽然示例性实施例可用于完全缩孔排除,它们也可用于部分孔排除,即,部分孔填充。部分孔填充仍提供优于完全不进行孔填充的益处,因为随后在轧制前或轧制后已从锭丢弃更少的金属。此外,在某些情况下,当不充分的熔融金属可在适当完成铸造后用于完全孔排除时,可需要仅将部分孔排除。而且,由于锭在孔填充操作期间通常仍被水冷却,部分孔的形状改变并且当孔填充继续进行、并且从侧部的冷却继续时变得更窄,因而即使在其余孔在孔的上表面的预定高度下方延伸的情况下,这样的孔将从锭转移比相同深度的“自然”孔(不进行填充操作而形成的孔)更少的金属。

[0019] 可通过各种手段来确保当适当终止铸造时熔融金属对于填充步骤的可用性。在铸造结束时,用于将金属供应给模具的熔融金属炉常常向后倾斜,从而使得终止了金属到模具的流动。但是,熔融金属仍存在于流槽中、或者被设置为将熔融金属从炉转移到模具的其它通道。可采用一个或多个堰(dam)来在使炉向后倾斜之前维持在流槽中的熔融金属水平,因而保持了用于孔填充的熔融金属。但是,一旦这样的金属在流槽中、或者在供应所述模具的浇口中冻结,则金属就不再可用于孔填充操作。如果金属冷却可能太快,则能通过向熔融金属提供额外热来延迟或防止金属冻结。这可例如通过提供用于流槽和/或浇口的加热器(例如,在流槽和/或浇口的壁中的、或浸没于金属中的电加热器)、或者通过从流槽或浇口外部提供热,例如通过将火焰(例如,从丙烷火炬等)导向至这些部件的外部来进行。可采用金属堰和通道/浇口加热器的组合。

[0020] 示例性实施例可用来铸造单层锭(如下文所说明)或者多层锭,即被铸造为具有芯层和至少一个包覆层的锭。在后一种情况下,包覆层相对于芯通常相当薄,因此无需对金属收缩做出补偿并且示例性实施例可仅用于较厚的芯层。

[0021] 可在铸造多种金属,诸如铁、铜、镁、铝和其合金期间执行示例性实施例。基本上,该方法可适用于倾向于形成缩孔的任何金属,并且如果需要过量填充,适用于并不润湿相同金属的固体表面(由此使得可以进行过量填充)的任何金属。铝和铝基合金是特别合适的。

附图说明

[0022] 将在下文中参考附图来详细地描述本发明的示例性实施例,在附图中:

[0023] 图 1 为示出在铸造操作结束时并且包括根据示例性实施例的设备的直接冷铸设备的简化示意图;

[0024] 图 2A 至图 2H 示意性地示出了在缩孔的发展和排除的进展阶段的铸锭;

- [0025] 图 3 为图 2A 至图 2H 的填充步骤的图形表示；
- [0026] 图 4 为用于将熔融金属递送到铸模并且包括控制销的浇口的侧视图；
- [0027] 图 5 为图 4 的浇口和控制销的竖直纵截面图；
- [0028] 图 6 为用于同时铸造两个锭并且根据本文中的示例性实施例而操作的铸造台的顶视平面图；
- [0029] 图 7A 和图 7B 为基于无试图补偿金属收缩的任何意图而生产的(图 7A)和根据示例性实施例补偿了金属收缩而生产(图 7B)的锭的顶部的照片的图；以及
- [0030] 图 8 为示出如在下文的描述中的示例 2 中所描述般铸造的锭的锭头部孔对比的曲线图。

具体实施方式

[0031] 如本文中用于描述模具所用的术语“环形”表示了一种具有环绕或围绕着具有打开的入口和出口的铸造腔的任何所希望形状的有效持续模具壁或铸造表面的模具。模具壁的形状常常为矩形的或正方形的,但也可为圆形的或者任何其它对称或甚至不对称的形状以产生相对应截面形状的锭。若需要,环绕的模具壁的长度和/或形状可以是可调整的,例如,通过提供可在一对平行侧壁之间滑动的端壁,以改变由壁所限定的铸造腔的截面积和形状。在这样的布置中,尽管端壁可能并非是与侧壁一体的,壁紧密地装配在一起从而使得组合的模具壁构成端壁并且侧壁有效地连续并且避免熔融金属泄露。

[0032] 图 1 为在铸造操作结束时一种直立直接冷铸设备 10 的简化示意竖直截面图。该设备包括:水冷直接冷铸模具 11,优选地在顶视平面图中为矩形环形、但可选地为圆形或其它形状;以及,下脚垫 12,其在铸造操作期间由合适支承器件(未图示)从初始闭合并且密封所述模具 11 下端 14 的上部位置逐渐竖直向下移动到支承着完全形成的铸锭 15 的下部位置(如图所示)。在铸造操作中,通过竖直中空浇口 18 或等效金属进给机构将熔融金属引入到模具上端 16 内、而同时缓慢地降低下脚垫 12 来产生锭。熔融金属 19 从金属熔炉(未图示)经由形成模具上方的水平通道的流槽 20 而供应到浇口 18。浇口 18 环绕着控制销 21 的下端,控制销 21 以将在下文中更全面描述的方式调节并且周期性地终止熔融金属通过浇口的流动。控制销 21 具有从浇口向上延伸的上端 22。上端 22 枢转地附连到控制臂 23,控制臂 23 根据需要来升高或降低控制销以调节或终止熔融金属通过浇口的流动。在铸造操作期间,控制销 21 由控制臂 23 保持在升高位置从而使得熔融金属可自由地并且快速地流淌通过浇口 18 并进入到模具 11 内。为了进行铸造,流槽 20 和浇口 18 被充分降低以允许浇口的下顶端 17 浸渍到胚锭中形成池 24 的熔融金属内以避免熔融金属的飞溅和湍流。这最小化了氧化物形成,并且在形成于金属池顶部处的氧化物膜下方引入新熔融金属。顶端也可具备呈金属网织物形式的分配袋(未图示),当熔融金属进入模具时,其帮助分配和过滤熔融金属。在完成铸造时,控制销 21 移动到下部位置,其中,其阻挡浇口并且完全防止熔融金属通过浇口,由此终止了熔融金属到模具内的流动。在此时,下垫脚 12 不再下降,或者仅以较小的量进一步下降,并且新铸锭 15 保持由下垫脚 12 支承就位,并且其上端仍在模具 11 中。在铸造操作期间,冷却水从绕其下周围的模具 11 中的开口倾倒至锭 15 的外部上,并且这优选地在终止铸造之后持续一段时间。熔融金属池 24 保持在与锭的完全固体区域 34 的界面 29 上方。随着时间流逝并且锭进一步冷却并且继续凝固,界面 29 上升经过锭并

且金属池收缩并且当锭完全为固体时最终消失。在界面 29 处,固体枝晶(dendrity)从固体表面生长并且收缩,抽吸入周围熔融金属并且造成金属池 24 的表面高度减小,由此在锭完全凝固时造成铸造孔 25 形成。在铸造完成点处,但在进一步冷却之前,锭在如图所示的预定所希望的竖直高度 27 处具有上表面 26,并且表面 26 基本上是平坦的,即使在锭仍具有由在表面处的完全固体区域 34 的凝固金属所包围的金属池 24。预定需要的高度 27 表示在若不发生金属收缩的情况下将会实现的锭上端的预期位置。但是在完成铸造之后,在锭冷却并且进一步凝固时,金属收缩并且收紧并且最终缩孔 25 形成于锭的上面 26 的中心处,并且到达预定表面高度 27 下方显著的深度。例如,对于商业大小的锭而言,100 至 150mm 或更大的孔深度是常见的。在铸造操作结束时,与熔融金属池 24 的表面大体上相对应的上表面的中心区域 28 中发生收缩。区域 28 与锭 15 的侧部和端部向内间隔开,因为锭的这部分比热损失更快的侧部和端部更晚冷却和凝固。

[0033] 根据一种示例性实施例,优选地,以将在下文中更全面地解释的方式,在完成了铸造操作之后,使在浇口 18 内的金属和供应给浇口的流槽 20 中的金属保持熔融。然后,当收缩开始并且缩孔 25 开始形成于锭的上表面 26 中时,产生部分缩孔,来自浇口 18 的熔融金属被递送到熔融池 24 以升高熔融金属表面并且因而再填充所述部分缩孔从而补偿收缩。可以由特定停顿分离开的一系列离散步骤重复地进行这种填充操作,每次首先允许形成部分缩孔并且然后将熔融金属递送到熔融金属池 24,并且然后再次停顿用于进一步收缩。参考附图的图 2A 至图 2H 进一步解释了这种逐步重复填充。在这些附图中并且也在图 1 中,物品 50 表示用于监视和控制熔融金属填充操作的表面高度传感器。传感器 50 优选地尽可能靠近浇口 18 定位以感测紧邻包围着浇口的熔融金属池的高度。还应当指出的是图 2A 至图 2H 仅示出了具备大很多的高度的锭的上部。

[0034] 图 2A 示出了在完成铸造后不久,即在图 1 所示的情形之后不久的锭和设备。分配袋(若有的话)已从浇口移除并且表面高度检测器 50 已靠近锭表面定位。基于来自检测器 50 的信息,允许锭 15 在铸造之后直立,直到上表面 26 的区域 28 下降预定较小量(例如,小至 2mm)以形成部分缩孔 25a(在此视图中,其很浅)。不允许表面区域 28 有充分时间下降到形成如图 1 中所示完全成型的缩孔 25 所需的完全程度。实际上,优选地并不允许表面区域下降到足以暴露浇口的下顶端 17,这将会允许在浇口中的熔融金属向空气暴露。一旦与浇口相邻的表面区域 28 下降了预定量,则熔融金属从浇口 18 进给到金属池 24 内以造成部分缩孔 25a 再填充(至少部分地),并且实际上优选地过量填充,如图 2B 中所示。也就是说,足量的熔融金属被引入到金属池 24 内以将部分孔填充到上表面 26 的周围固体部分 34 高度上方的高度,即,到预定锭表面高度 27 上方的位置。可以填充到上表面的紧邻周围固体部分 34 的高度上方的位置,因为下弯的弯液面 31 形成于熔融池 24 的周围、并且在熔融金属内的表面张力保持了在部分孔 25a 的水平约束内的池,即使其上表面 33 在周围锭的表面水平 27 上方,如由点线所示。当然,从浇口 18 供应的熔融金属量应优选地不太多从而使得熔融金属从部分孔 25a 溢流以跨越锭的整个周围表面上而扩展/蔓延,但实际上可容许从部分孔的较小和不明显量的溢出。通常,表面 33 的高度可多达在锭的周围固体部分 34 上方约 8mm,但更优选地设置了在 4-6mm 范围的过量高度。

[0035] 一旦部分孔 25a 已过量填充到如由检测器 50 所确定的所希望的程度,则熔融金属通过浇口 18 的流动暂停并且允许锭进一步冷却。在此时段期间,如图 2C 中所示,固体/液

体界面 29 由于冷却和凝固形成新固体层 35 而在锭中上升,并且相应地减小金属池 24 的大小。新的固体金属层 35 延伸直到所述收缩金属池 24 周围的表面 26、并且形成完全围绕池边缘的边沿 45。由于过量填充部分孔 25a 和由于层 35 中金属的相对快速冷却(这在收缩已有机会下拉金属池 24 的周围部分的表面高度之前造成金属的凝固)而使得边沿相对于周围固体区 34 升高。

[0036] 在允许锭在图 2 的步骤后冷却一段时间之后,除了形成图 2C 的边沿 45 的熔融金属之外,熔融金属池 24 的上表面 33 由金属收缩和收紧而下拉以形成另一部分缩孔(未图示)。当另一部分缩孔到达如由检测器 50 所确定的预定深度时,浇口 18 再次打开并且熔融金属流入到熔融金属池内以再次过量填充所述部分缩孔到紧邻周围锭表面和边沿 45 的水平以上的水平,如图 2C 中所示。一旦在另一部分缩孔已被过量填充熔融金属的情况下,金属通过浇口 18 的流动再次暂停并且允许锭进一步冷却。

[0037] 如图 2D 至图 2G 中所示,这个过程重复若干次。也就是说,允许锭直立持续另一时段、直到在锭的上表面中形成又一部分缩孔,在此时段期间,界面 29 进一步升高以形成新金属层 35a、35b、35c 和 35d,各自具有升高的边沿 45a、45b、45c 和 45d。每个另一部分缩孔本身被过量填充了来自浇口 18 的熔融金属、直到由先前过量填充的操作所形成的周围边沿的水平以上的水平。继续这种允许形成部分缩孔和然后过量填充所述部分缩孔的重复或迭代程序,直到到达了锭金属的任何其余收缩或收紧将不会造成表面 26 的任何部分下降到低于预定高度 27 下方的点。然后终止了重复的过量填充步骤、并且浇口 18 (以及流槽 20)通过升高而被移除与熔融金属池 24 的接触,如图 2H 中所示,图 2H 示出了当锭完全为固体时的条件。将会注意到,尽管可在完全凝固之后留下部分孔 25h,其最低点 26h 仍高于表示锭端部的预期位置的预定高度 27 上方。

[0038] 因而,在完成了过量填充操作之后,锭的上表面 26 具有在预定高度 27 上方突伸出的升高的阶梯状凸度 49。当锭为矩形时,凸度 49 具有大体上矩形阶梯状角锥体的形状,其中阶梯由部分缩孔的循序过量填充所造成的边沿而形成。实际上,凸度 49 可到达在预定高度 27 上方多达 150mm 的总高度,取决于过量填充的操作的次数和在每个阶梯处实现的过量表面高度,但具有多达约 50mm 的更优选的高度。例如,到 4mm 的过量高度的七个这样的过量填充步骤将会各自产生总高度 28mm、或也许由于金属冷却而收缩造成的略微更小的总高度。出于某些目的,更高的凸度比更低的凸度更有利(例如,由于在随后的锭轧制期间造成“鳄纹”的更小的可能性)。凸度 49 通常由于其与随后的轧制操作的兼容性而不被切掉,但若需要,可例如,通过在预定高度 27 水平锯切所述锭而将其切下,以在原始预期的高度处提供具有完全平坦上表面的锭。即使在切掉凸度 49 的情况下,其并不包含大量金属,因此废弃或返回用于再循环的金属量不是很大。

[0039] 虽然这个示例性实施例的意图是为了在每个部分填充步骤实现对于部分缩孔的过量填充,实际上可采用临时刚好填充(或可能甚至略微不足填充),特别地如果在一个或多个随后的填充步骤中补偿了由此形成的减少的金属水平的情况下。但是,在其它示例性实施例中,刚好部分缩孔排除可为目的,在此情况下,在如由图 2H 所表示的完全填充之前终止了填充步骤。例如,填充步骤可停止在中间阶段,诸如由图 2E 所表示,之后,金属池将在周围锭的表面下方凝固和收缩,但最终缩孔将小于在没有这些步骤的情况下形成的孔,例如,通过允许锭完全冷却,如由图 2A 所表示。

[0040] 部分缩孔的过量填充操作的次数可不同,但其一般为至少 3 次和通常不大于 15 次。更大量的填充操作次数比更少量的次数更佳,因为熔融金属表面总是保持更接近所希望的水平 27。但是,如果尝试太多的填充操作,则难以检测进一步部分孔形成并且提供足够少量的熔融金属用于过量填充步骤。此外,升高的边沿 45 可能没有时间来凝固和成型。因此,在得到针对每种情形的填充操作的最佳次数的这些考虑之间存在权衡。这可通过试验和实验或者通过诉诸于计算机模型来确定。

[0041] 也在图 3 中以曲线表示填充操作。在图中从左向右的直立条表示了在该程序中的各个阶段的紧邻所述浇口周围的锭的上部。左边的条表示在完成铸造时的锭,并且示出了在所希望的锭高度 27 处的熔融池的表面高度 28。条还示出表面高度 28a,当检测时,表面高度 28a 触发第一孔填充操作。界面 29 的位置由此数字所标示的一条线来指示,而浇口的顶端位置 17 (其优选地并不改变,直至程序的末端)由虚线 17 示出。如由阶梯状箭头 48 所表示,第一填充操作将表面从高度 28a 向上移动到如第二直立条中所示的新高度 28b。然后冷却将高度降低至位置 28c,这触发了新填充操作,以此类推。再次参考图 1,更详细地描述了金属水平传感器 50 和附随设备。金属水平传感器 50 被示出靠近浇口 18 的一侧而定位并且,如先前所指出的那样,其被定位并且预期用以感测在大体上锭的中心处紧邻浇口 18 周围的熔融金属的表面高度。这个传感器合并了感应线圈(未图示),感应线圈在其下方的熔融金属中形成感应电流。当金属表面更靠近时在感应线圈中的功率更大,并且当金属表面退却时,在感应线圈中的功率减小。因而,在线圈中所测量的功率或电流被转变为熔融金属表面 28 离传感器的距离的量度。但是,如由图 2A 至图 2H 中的箭头 47 所示,当继续进行部分孔填充时使传感器 50 向上移动以便在熔融金属的水平升高时保持传感器不与熔融金属接触。在来自控制电路 52 (例如,可编程的逻辑控制器,PLC)的指令的情况下,由电动或液压马达 51 来使传感器 50 的竖直位置上下变化,这些单元容纳于外壳 53 中,外壳 53 也保持马达 54,马达 54 也从控制电路 52 得到指令。当需要时,马达 54 操作一种杆 55,杆 55 使控制臂 23 绕枢轴 56 移动,以由此升降所述控制销 21。

[0042] 在孔填充操作期间,来自传感器 50 的信息被馈送到控制器 52,控制器 52 确定控制销 21 何时由马达 54 升高从而使得金属可流入到金属池 24 内以填充部分孔,即何时预定孔的深度到达预定限度。传感器 50 感测添加到部分孔的熔融金属的表面水平的高度的增加,并且基于此,控制器 52 确定了控制销何时降低以切断通过浇口 18 的金属流动。控制器然后可使马达 51 升高所述传感器 50,持续地或者以逐步的方式,以维持着在锭的上表面与传感器之间的合适分隔。基于来自传感器 50 的信息,控制器 52 相应地确定需要多少过量填充操作、以及根据预先编程到控制器内的信息它们何时开始和终止。

[0043] 为了能使熔融金属以所需方式添加到部分缩孔,必须可以仅精确地在所需的时间通过浇口 18 供应足量的熔融金属。在此示例性实施例中,这借助于在浇口 18 中操作的控制销 21 来实现,如先前所示。在附图中的图 4 和图 5 中示出了合适的控制销和浇口组合 57。在此示例性实施例中,浇口 18 为优选地由耐火陶瓷材料制成的管状主体,其耐受由用于铸造操作所用类型的熔融金属侵蚀。管状主体的外表面具有扩大的向外呈锥形的上端 58,中央圆柱形管筒 58,以及通到顶端 17 的向内呈锥形的喷嘴 60。上端 58 被成形为装配到流槽 20 的下壁 61 中相对应形状的孔内(参看图 1),装配充分精确以防止金属泄露,而同时牢固地但可移除地保持浇口就位。浇口(图 5)的内表面 62 对于从上端 58 到喷嘴 60 的大部分

距离为圆柱形,但在与下端处的喷嘴相同的程度上向内倾斜呈锥形。内表面 60 的锥形部段与控制销 21 协同工作以当需要时限制并且阻挡喷嘴。控制销 21 呈中空管 64 的形式,在其下端处承载着陶瓷材料的异型插塞 65。当控制销处于如图 5 中所示的下部位置时,完全阻挡了熔融金属通过浇口的流动。当控制销升高时,熔融金属可绕插塞 65 流动,并且随着插塞升高直到其到达浇口的内表面的圆柱形部分,在插塞与浇口之间的开口面积增加。因此,可通过适当地升高或降低控制销 21 来相当精确地控制熔融金属的流率。插塞 65 紧邻顶端 17 而设置的现实意味着在一旦控制销完全降低的情况下立即切断金属流动,因为在插塞下方并无金属从顶端 17 继续疏放。

[0044] 为了保持在浇口 18 中的任何金属总是熔融的,控制销 21 在其内部具备电加热器 66,电加热器 66 以电引线 67 进行供电,电引线 67 经由线(未图示)连接到外部电源(未图示)。电加热器 66 在其下端处附连到插塞 65,并且可由绕加热丝模制的陶瓷材料而制成,从而使得,如果中空控制销 21 泄漏,则加热器 66 的电加热丝将受到防护避免被熔融金属侵蚀。

[0045] 在其上端处,控制销 21 具有外螺纹元件 69,外螺纹元件 69 承载着内螺纹环 70,内螺纹环 70 具备直径对置的突出销 71,销 71 枢转地保持于控制臂 23 的 Y 形端部段 72 上的相对应的凹槽中。如先前关于图 1 所描述的那样,控制臂 23 使销升降,并且由销 71 所提供的枢转布置允许控制销 21 保持竖直并且与浇口 18 在轴向对准,无论控制臂 23 绕枢轴 56 枢转时控制臂 23 的角度是多少。在环 70 与螺纹元件 69 之间的螺纹连接允许与控制臂 23 无关地升降控制杆 21,从而使得控制销可适当地承座于浇口 18 中以当控制销处于由控制臂 23 所允许的最低位置时完全闭合浇口。螺纹元件 69 在各个高度具有通孔 73,从而使得扭转销 75 可暂时插入以便利于控制销 21 的旋转。

[0046] 电加热器 66 能够向浇口 18 内的金属传递充分的热以保持金属熔融,即使在通过浇口的流动完全被控制销 21 切断时。在替代实施例中,浇口 18 的主体可包含一种嵌入式加热器,或者可具有外部加热器以总是保持在浇口内的金属为熔融的。作为另一替代,可采用如在 US 2010/0032455 中所披露的控制销与浇口组合(US 2010/0032455 的公开具体地通过此引用而合并到本文中)。

[0047] 对于以预期方式工作的示例性实施例,也必需确保在流槽 20 中存在足量的金属 19 以过量填充所需要数量般多的部分缩孔,并且可用的金属保持熔融以用于递送到浇口 18 并且通过浇口 18。可实现这种情况的一种方式结合图 6 最佳地解释,图 6 为能同时铸造两个并排锭的 DC 铸造台的简化平面图。在此设备中,由顶部开口的流槽 20 从上方横越串联的铸模 75,顶部开口的流槽 20 具备图 4 和图 5 中所示类型的两个浇口和销组合 57,一个组合用于每个铸模。在此图中,用于控制销 21 的控制臂 23 也可清楚地看到。流槽的一端 20a 被永久地阻挡并且另一端 20b 经由额外流槽、通道、管等(未图示)连接到金属熔炉(未图示)。在完成主铸造操作之后,将堰 77 插入于流槽 20 内、并且由流槽的侧壁和底部中的凹槽(未图示)保持以阻挡任何金属流动。然后终止熔融金属从炉的进一步供应,但由在铸模 75 上方的流槽部分中的堰来保持熔融金属池 19。流槽具有耐火材料衬里 78,其提供绝热从而使得由堰截留在流槽中的金属缓慢冷却并且保持熔融持续较长时段。但若必需,则可加热流槽的堰阻拦部分以便保持金属池为熔融的以递送到浇口 18。因此,流槽的壁可包括一种嵌入式电加热器(未图示),流槽可包括浸没到熔融金属下方的浸没式加热器,或者

可提供到流槽外侧或者从上方直接到金属的加热。

[0048] 使用图 6 的设备,两个串联式金属锭被并排铸造,并且由下文概述的程序来排除或避免在锭中的缩孔。

[0049] 虽然在某些实施例中希望向浇口 18 提供上文所示类型的内部电加热器,但这并非总是必需的。防止金属在浇口 18 中冻结所需的热可来自销 21 周围的槽 20 或浇口 18 中的金属的显热或潜热,或者来自保持于或引入到槽或浇口的固体壁内的热。在铸造操作开始时,例如浇口 18 和销 21 可由某种形式的外加热装置,例如丙烷火炬或者具有明火的其它装置而预热。在铸造操作结束时,浇口和销的金属接触表面不可避免地相当热,因为它们铸造期间已向过热的熔融金属暴露。浇口和销保持足够热持续足以允许发生补足程序的一段时间。例如,可执行总共 8 次或更多次补足迭代而不会发生金属冻结。如果槽 20 配备电壁或浸没式加热器(用于熔融金属),则补足迭代的次数可能并无具体限制,并且实际上,可为 15 或更多。

[0050] 为了更全面地理解示例性实施例,在下文中提供铸造操作的描述。

[0051] 示例 1

[0052] 在附图中的图 6 的平面图中示出的类型的串联模直接冷铸设备中铸造了铝合金锭。

[0053] 在铸造之前,将热控制销插入于浇口内并且各自提供 1000 瓦的功率(全功率)。在到铸件内 100mm 处,功率减小至 25% (250 瓦)。在铸件的终止(下垫脚阻塞)之前 200mm 的铸件长度处,到控制销加热器的功率从 250 瓦增加到 1000 瓦以确保在铸件填充过程结束之前在浇口中的金属保持熔融。

[0054] 当到达铸件所希望的长度时手动地起始了铸造结束顺序。这使得炉向后倾斜并且控制销闭合所述浇口。下垫脚继续向下移动。当炉开始向后倾斜时,将堰手动地放置于分配流槽内以防止金属流回到炉,因而维持足量熔融金属用于填充缩孔。

[0055] 当在模具中的金属水平降低到低于设定点 10mm 时,阻止了下垫脚的下降,在每个模具中的模具金属水平保存为 PLC 存储器中的设定点,金属水平传感器被收回并且直线提起分配流槽。当流槽完全升高时,分配袋(用于导向和过滤熔融金属)被移除,并且操作者降低分配流槽并且通过操作一种控件而延伸模具水平传感器。

[0056] 在 15 秒延迟以确保流槽和金属水平传感器完全降低之后,如上文所示保存的模具金属水平变成了开始设定点并且传感器开始以约 2.0mm/min 的速率斜坡上升。

[0057] 当金属凝固时,在模具中的熔融金属水平缓慢地降低。PLC 比较在每个模具中的实际金属水平与其斜坡设定点。当在模具中的实际金属水平低于设定点 2.0mm 时,相应控制销打开到 25% 流率。金属水平在数秒内升高直到实际金属水平到达新设定点,此时,闭合了控制销。重复这个操作直到在约 14 分钟之后由操作者停止。此时,在锭中心的熔融金属面积已减小(由于金属冻结)到不再能由模具金属水平传感器测量的点(椭圆形金属池到达约 200mm×450mm 的尺寸)。

[0058] 然后停止填充过程,在此时,流槽堰被移除并且升高了模具金属传感器。在八秒之后,分配流槽倾斜并且控制销打开以疏放截留在浇口中的任何剩余金属。

[0059] 附图中的图 7A 和图 7B 为基于照片的图,示出了两个锭的顶部。铸造了图 7A 的锭,而无排除缩孔的任何尝试(现有技术)并且在图中可看到这样的孔 25。利用如上文所示的

孔填充程序形成了图 7B 的锭,并且可以看出图 7A 的缩孔已被完全排除并且替换为直立的条纹或阶梯状凸度 49。原始照片示出了在逐步突出部上的某些金属溢流,由于孔排除程序预期结束之后从浇口的金属流动的非计划持续造成。但是,为了清楚起见,已从图 7B 省略了这种溢流。

[0060] 示例 2

[0061] 同样在图 6 中所示的一般类型的设备中执行示例 1 中所描述类型的铸造操作,但具有未加热的控制销。随着铸造继续,熔融金属的热保持了浇口和销足够热以避免冻结和阻挡。供应到铸造设备的熔融金属的温度充分高以避免由设备中的热损失造成的冻结。铸造过程的细节如下。

[0062] 在保持五个铸模的模具台中执行铸造,但不使用中心模具(位置编号 3)因此仅同时铸造四个锭。实际上,以此方式铸造的锭为残锭,即小于正常高度的锭。向 PLC 程序添加自动化变化以修改槽倾斜和金属水平控制销的定时。在铸造结束时,如正常那样,使炉向后倾斜。当在槽中的金属水平由于收紧而降低到特定水平时,操作者起始了另一铸造结束信号,铸造结束信号造成压板停止,在主槽中的金属堰闭合,并且金属水平控制销闭合。流槽保持向下,允许在槽中的所有金属在此时保持在其中。自动水平控制器械俘获每个锭的头部中的金属水平的读数,并且建立这个新水平作为当前头部水平设定点。自动设定斜坡以在一段时间升高头部水平设定点。当锭头部中的金属收缩时,金属水平控制(MLC)读取在升高的设定点与实际水平之间的差异。当差异到达特定阈值时,销打开以将金属释放到锭头部内。当锭头部充分凝固时,操作者起始最终铸造结束信号,其提升起铸造工位上的流槽并且倾倒入剩余金属,如在正常铸造结束例行程序中那样。

[0063] 铸件的实际细节如下:

[0064] 模具大小 - 30.2×62.2 英寸 (76.7×158 cm)

[0065] 起始头部 - 铝,13 英寸 (33cm) 高

[0066] 合金 - AA3104

[0067] 使用扒渣环(skim ring)

[0068] 铸件长度 - 70 英寸 (178 cm),端部铸件始于 60 英寸 (152 cm) 处

[0069] 铸造开始时的槽温度 - 680°C

[0070] 在炉向后倾斜时的槽温度 - 678°C

[0071] 标准未受热的控制销。

[0072] 如下来加工铸件:

[0073] 正常起始残锭铸造

[0074] 操作者推压 / 按压铸造结束按钮以使炉向后倾斜

[0075] 当激光表明在主堰前方仅 6 英寸金属水平时操作者再次推压 / 按压铸造结束按钮

[0076] o 销闭合

[0077] o 压板停止

[0078] o 主堰闭合

[0079] o 手动将堰(Hand dam)放置于主堰与 Alcan 床过滤器(ABF)出口之间

[0080] o 操作者如正常那样清洁在炉与 ABF 入口之间的槽

[0081] o 以 0.15 英寸 / 分钟 (4mm / 分钟) 的斜坡上升速率使锭头部中的金属水平自动斜

坡上升

[0082] o 销保持闭合持续较短的一段时间、并且然后打开

[0083] o 关于结束测试的决策是基于观察到 #1 中的扒渣环开始冻结到锭头部内。

[0084] #3 堰到槽断开的时间为 7 分钟

[0085] T 形槽并且从槽移除渣壳(skull)

[0086] o 留在槽中的渣壳很厚并且很重

[0087] o 金属在位置 1 和 5 处冻结到浇口内

[0088] o 当头部袋被移除时,它们很重并且充满了糊状物。

[0089] 锭头部轮廓清楚地表明这种自动器械以分步形式允许更多金属到锭头部内。总之,执行八个部分孔填充步骤。所有锭头部测量出在标准锭头部上方 1-1.5 英寸(2.5 至 3.8cm)的凸度。

[0090] 模具 5 表现为“阶梯状”锭头部,表明销被正确地密封。模具 1、2 和 4 具有倾斜的锭头部,表明销未被适当密封并且允许金属持续地漏过。

[0091] 在锭中心线处和在离中心线 ± 2.5 、8 和 12 英寸(± 5.1 、12.7、20.3 和 30.5 cm)处利用超声单元来执行缩孔测量。在附图中的图 8 中示出这些结果。

[0092] 在最深测量处从 3 英寸(7.6cm)至 3.5 英寸(8.9cm)而测量了测试锭孔,在中心线和 ± 2 英寸(± 5 cm)处进行。

[0093] 为了对比,直接地在残锭铸造之后,在同一模具中铸造三个全长锭,但不进行部分填充步骤。两个锭具有与残锭铸造相同的合金(AA3104 - 111129A1 和 AA3104 - 111129A5))并且一个具有不同合金(AA5182 - 111128A1)。从下面的对比铸造(111129-A1 and A5)对这两个锭进行的控制测量表明了孔深度从 7.25 英寸(18.5cm)至 8.0 英寸(20.3cm),也在中心线处和在离中心线 ± 2 英寸(± 5 cm)处测量。对 5182 锭 111128-A1 进行的控制测量表明了孔深度从 7.375 英寸(18.7 cm)至 7.5 英寸(19.1 cm),也在中心线处和在离中心线 ± 2 英寸(± 5 cm)处测量。

[0094] 在测试结束时,在 T 形槽中几乎不留下金属,并且金属变成糊状物。

[0095] 这是在 9.5 个小时不铸造之后的首次铸造,并且这是较短的铸造。在铸造结束时槽中的金属温度低于合金 AA3104 铸件典型温度约 10°C。

[0096] 总之,此测试表明:

[0097] 使用自动化控制铸造结束顺序的头部孔减小是减小锭头部缩孔大小的一种可行方法。

[0098] 在这个 30.2 英寸 $\times$ 62.2 英寸(76.7 $\times$ 158 cm) CBS 锭上,如果比较最短标准的孔和最长减小的孔,则可用锭长度增加 3.75 英寸(9.5 cm)。在 183 lb/inch(32.75 kg/cm),这等同于每个锭大约 7001b(318kg)更多的可用金属。考虑到 54,490 lb(24,768 kg)锭,即 1.2% 容量增加的可能性有多大。

[0099] 示例 3

[0100] 重复了示例 2 的程序,除了电浸没式加热器定位于槽 20 内以在熔融金属进入槽 18 之前提供熔融金属的过热。在铸造开始之前操作加热器以确保在浇口 18 中并不发生金属冻结,因为金属首先通过浇口 18 流淌。此外,浇口 18 和销 21 借助于火炬而被预热,如在示例 2 中那样。

[0101] 浸没式加热器在铸造期间操作以避免金属冻结、并且当铸造终止时保持操作从而使得在补足程序期间,进入浇口 18 的熔融金属并不冻结。以此方式,在浇口 18 和销 21 充分冷却到有阻塞风险之前实现了 12 至 15 次补给迭代。

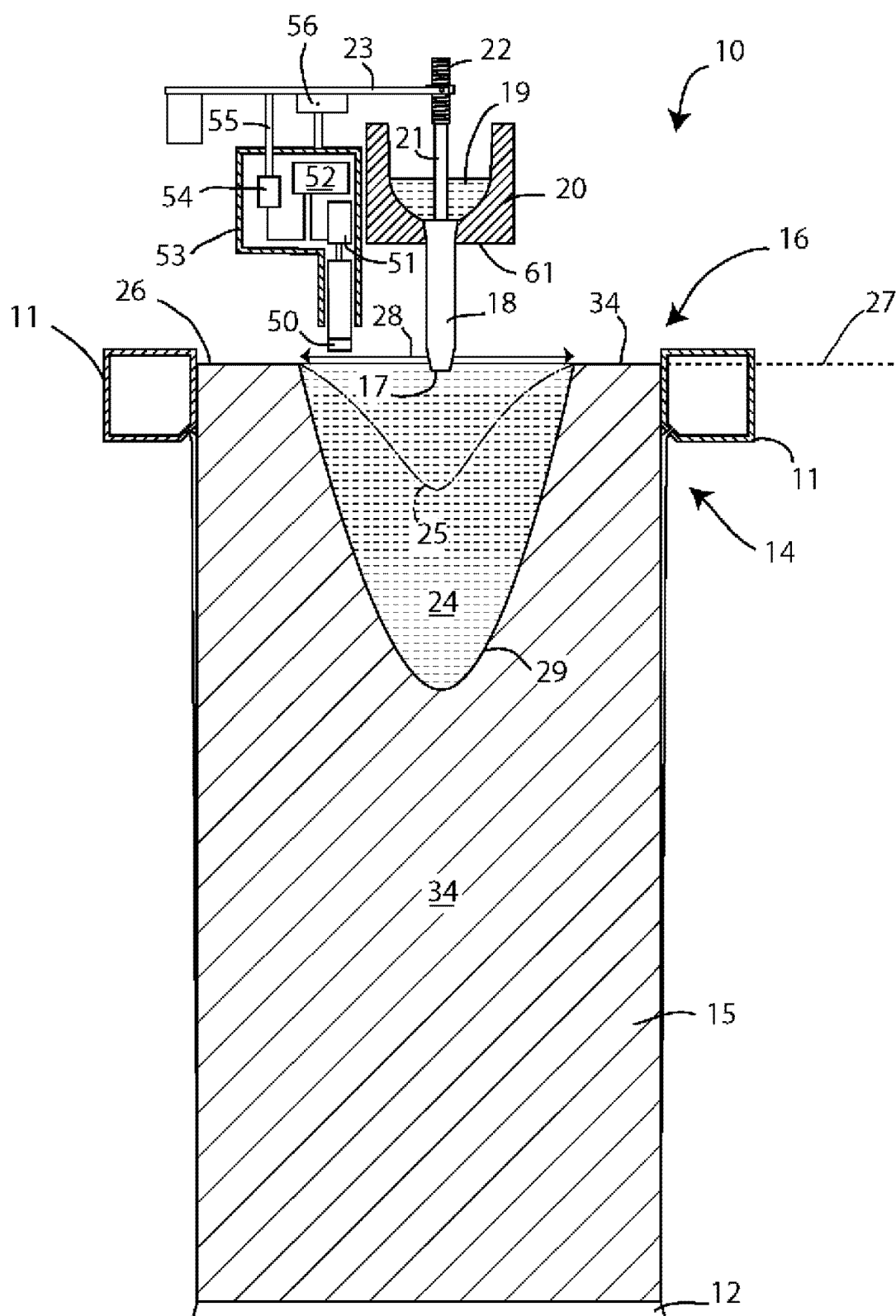


图 1

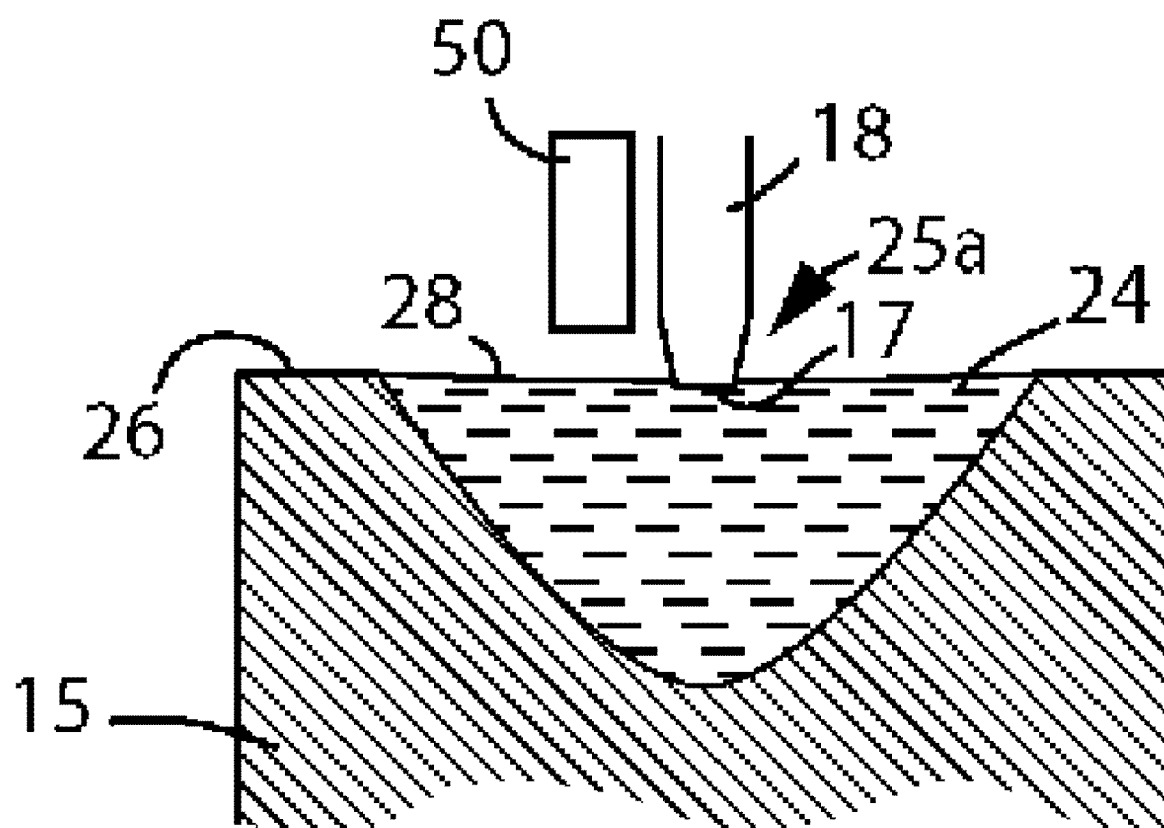


图 2A

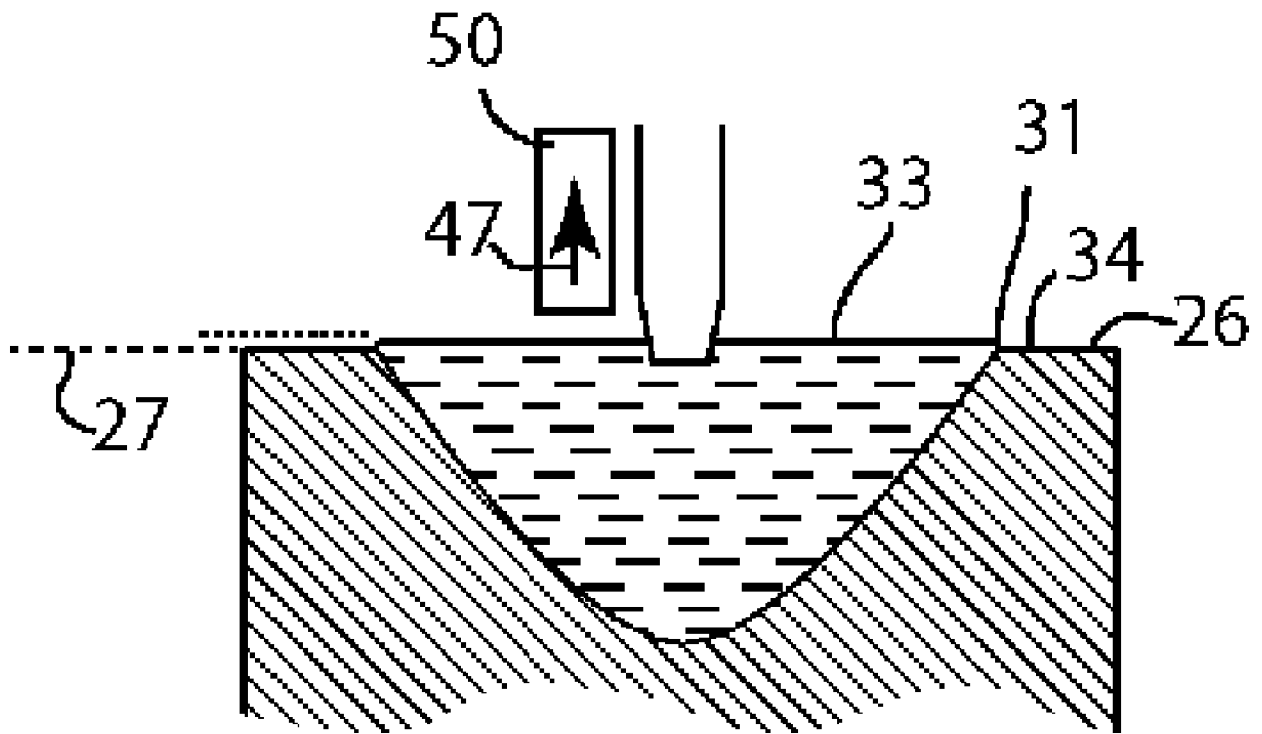


图 2B

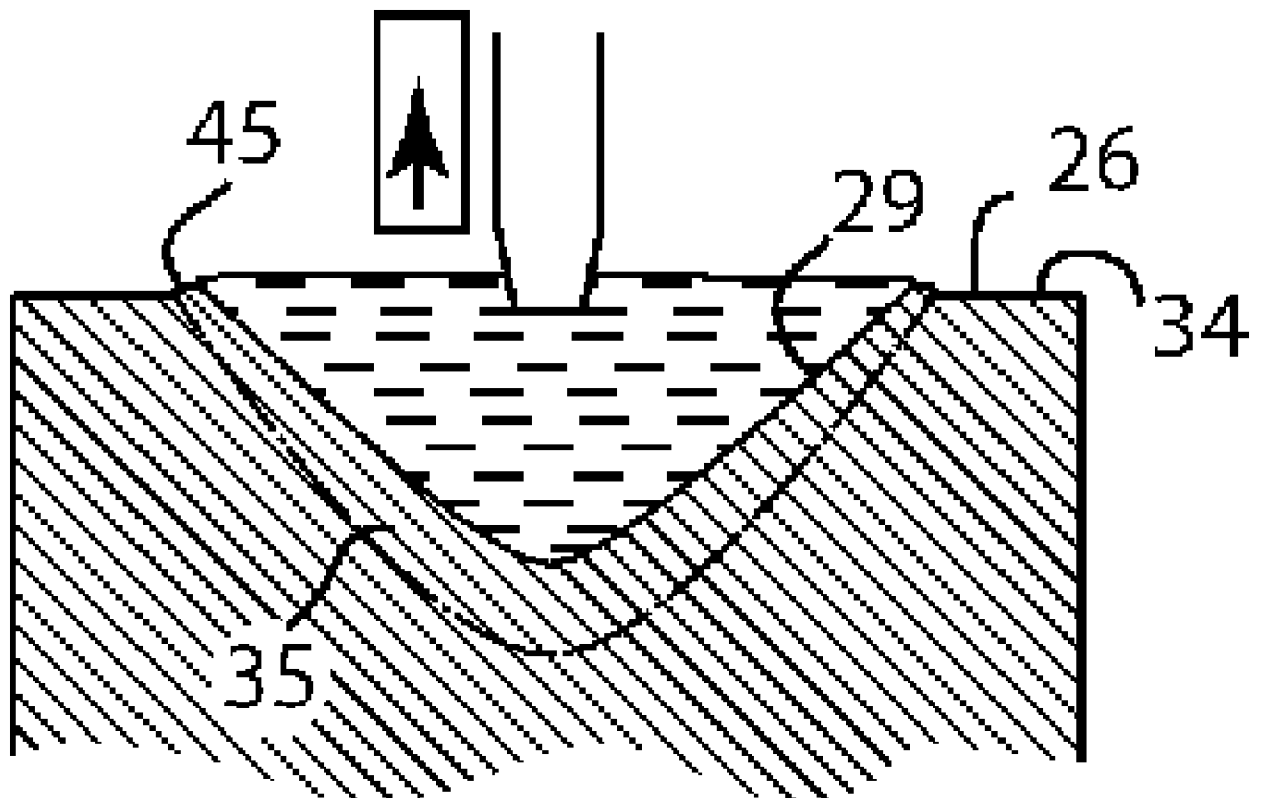


图 2C

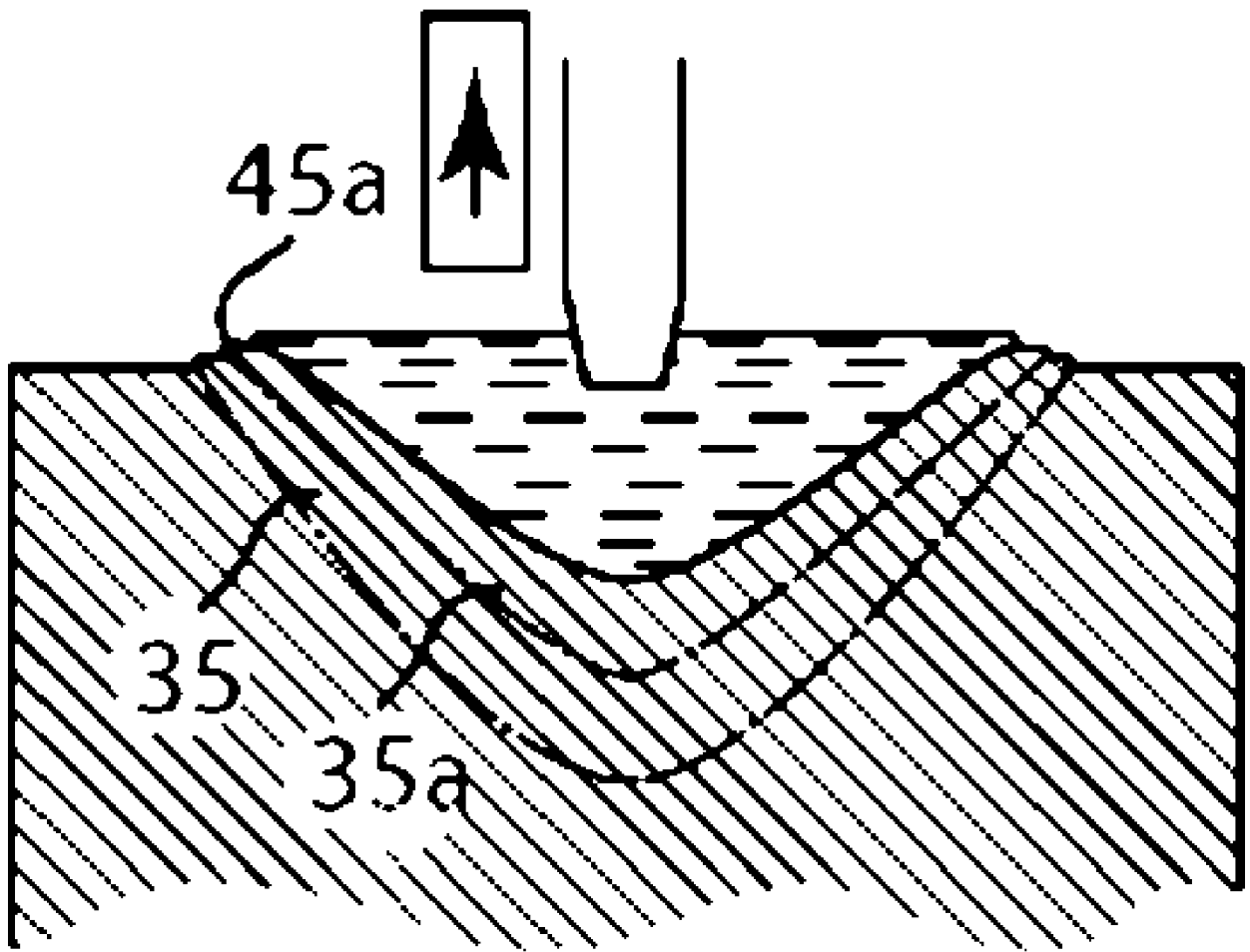


图 2D

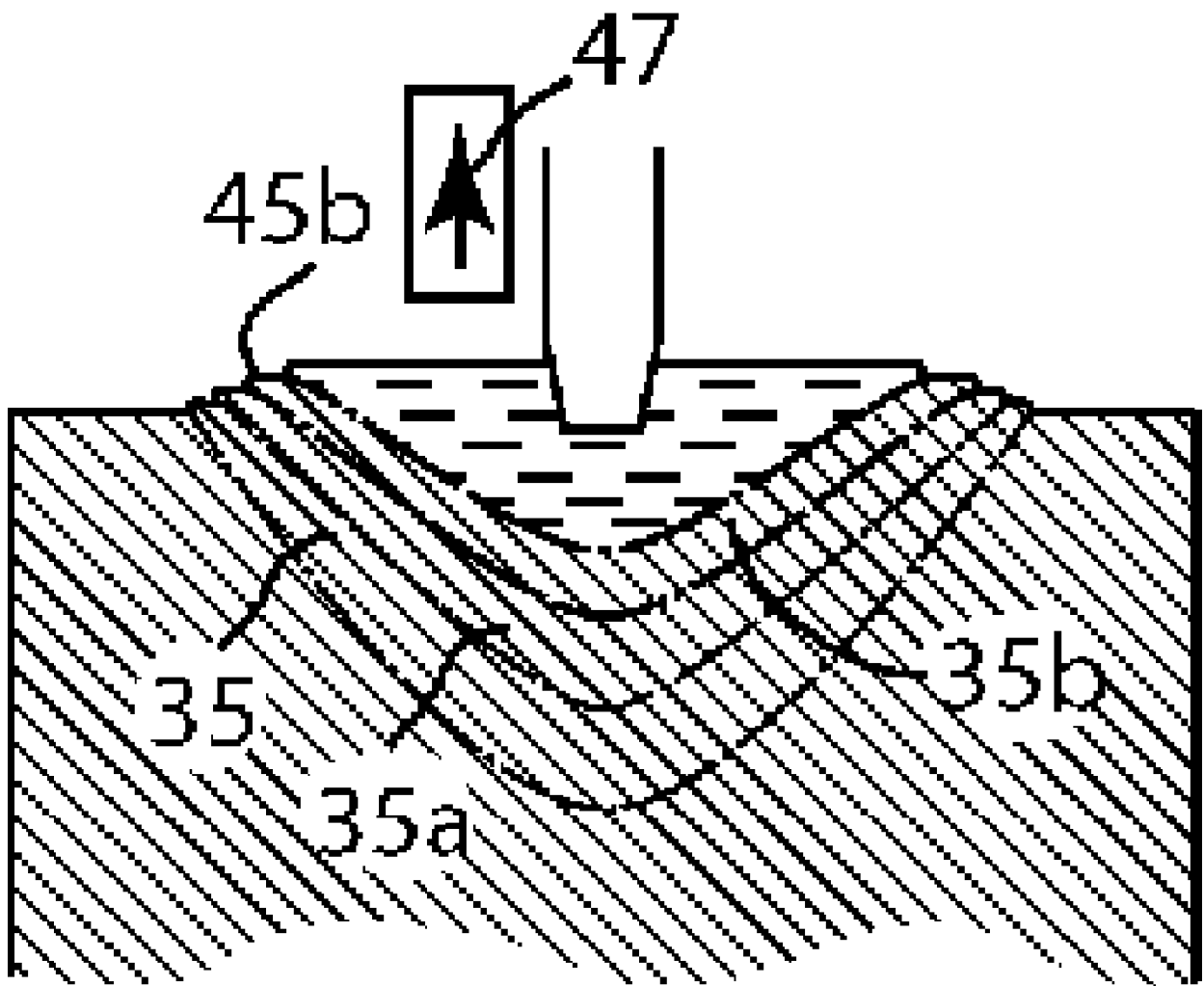


图 2E

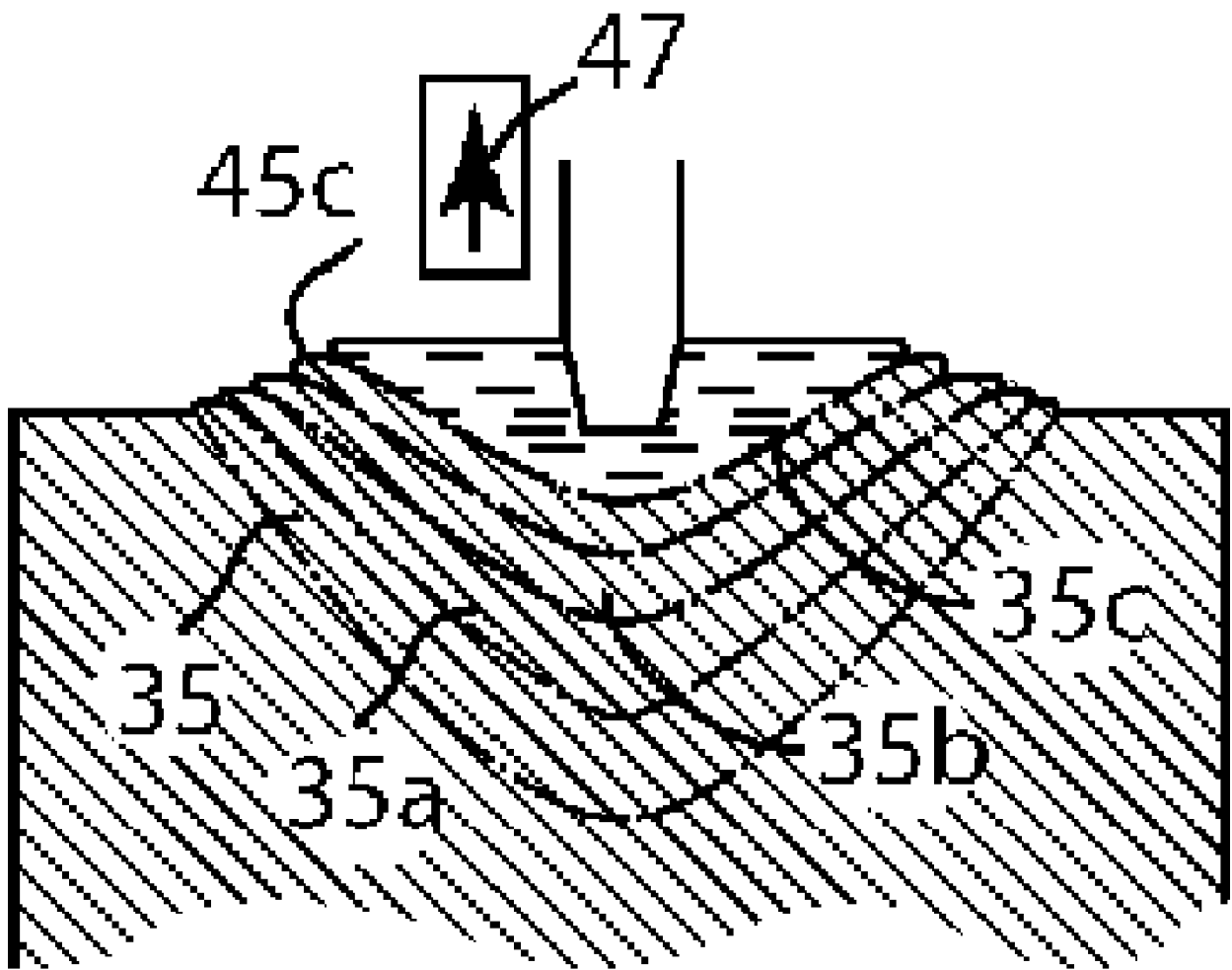


图 2F

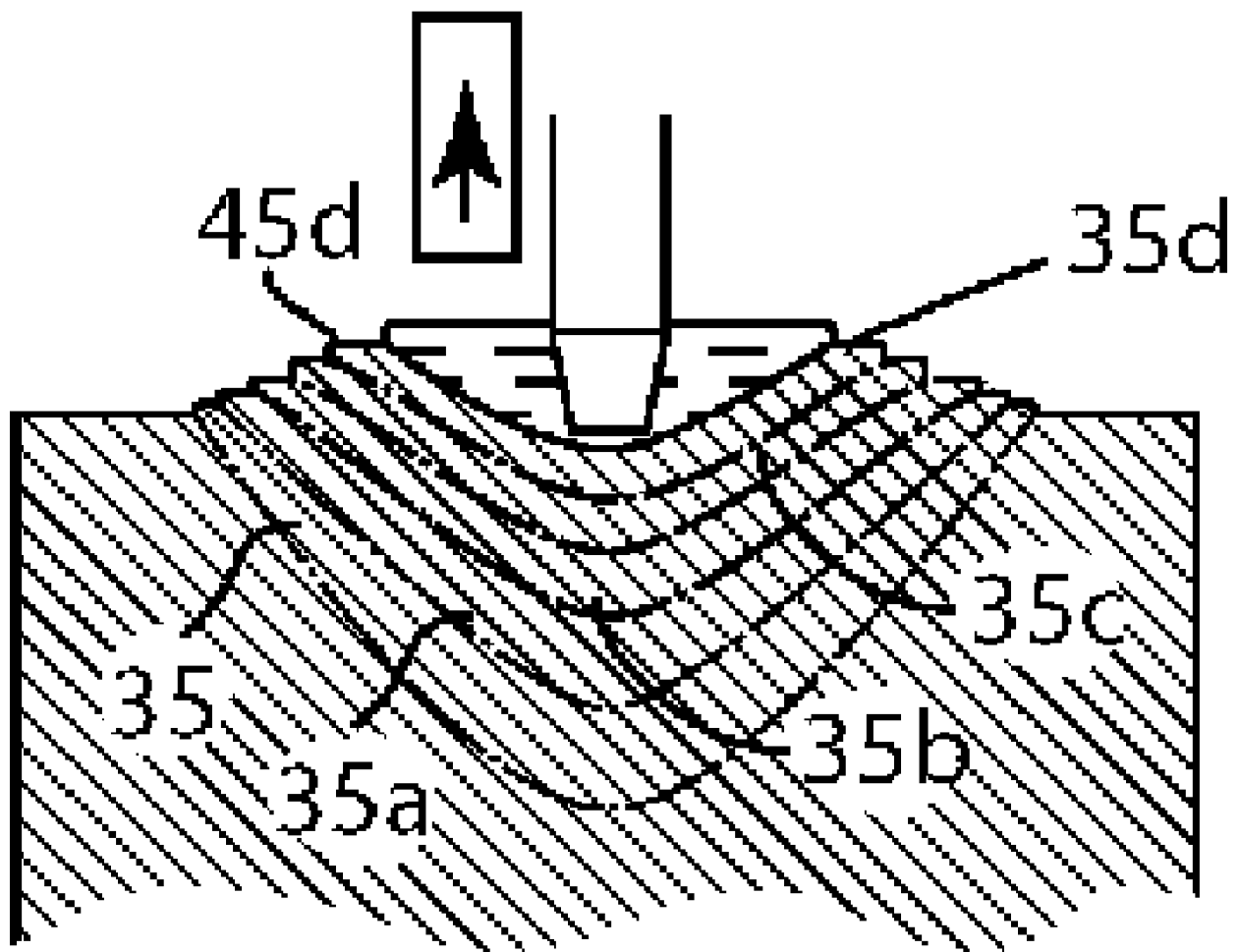


图 2G

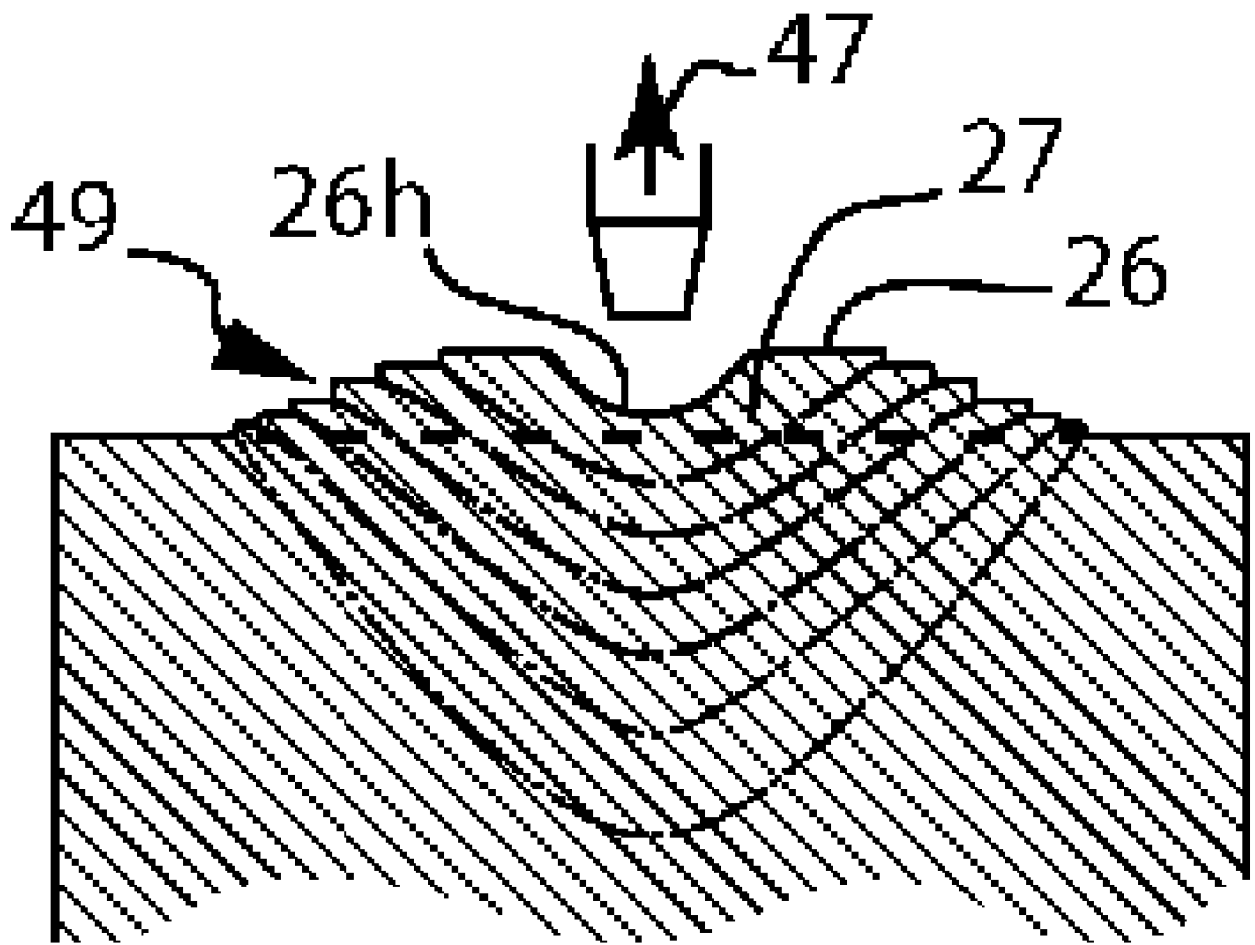


图 2H

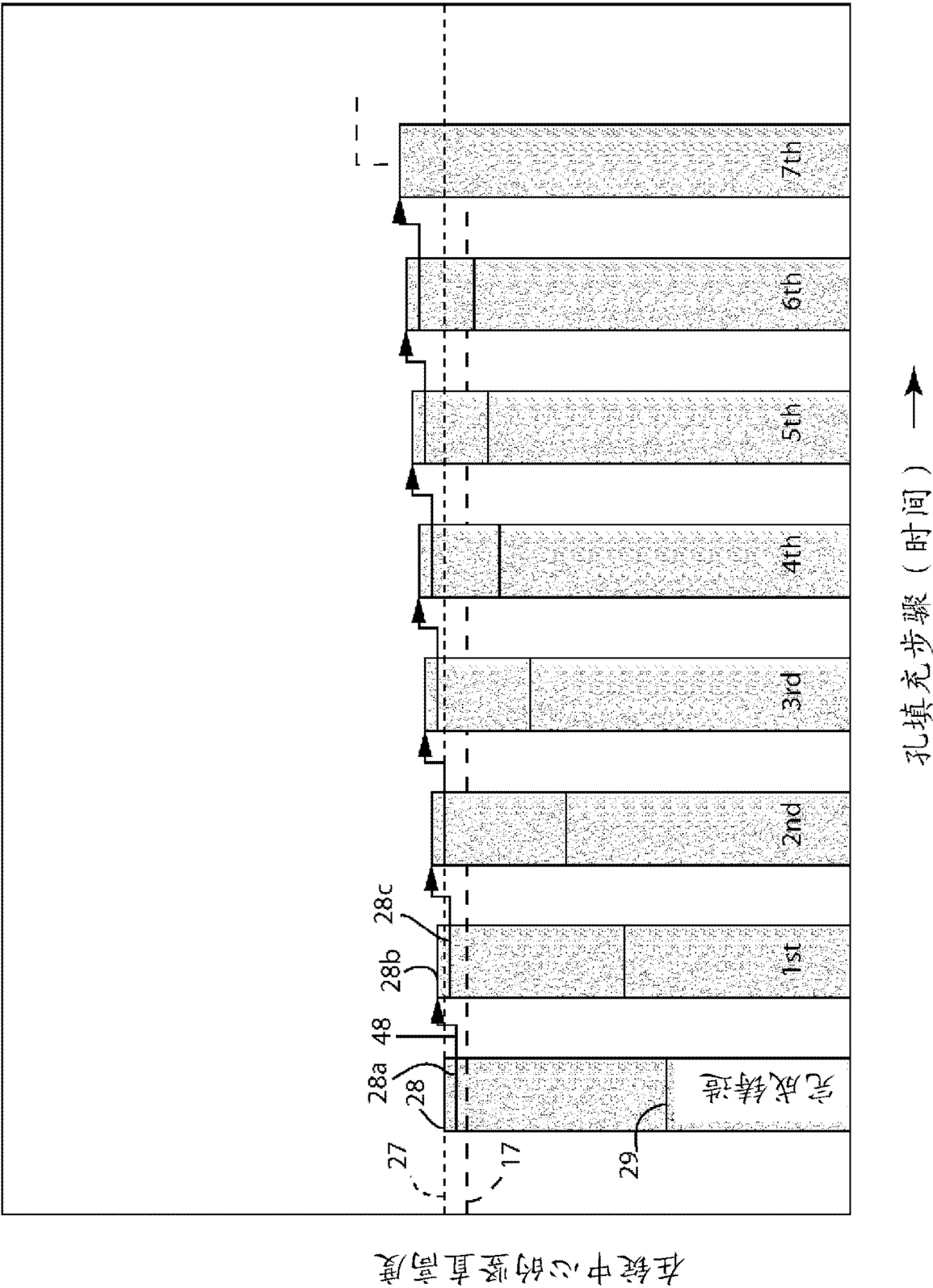


图 3

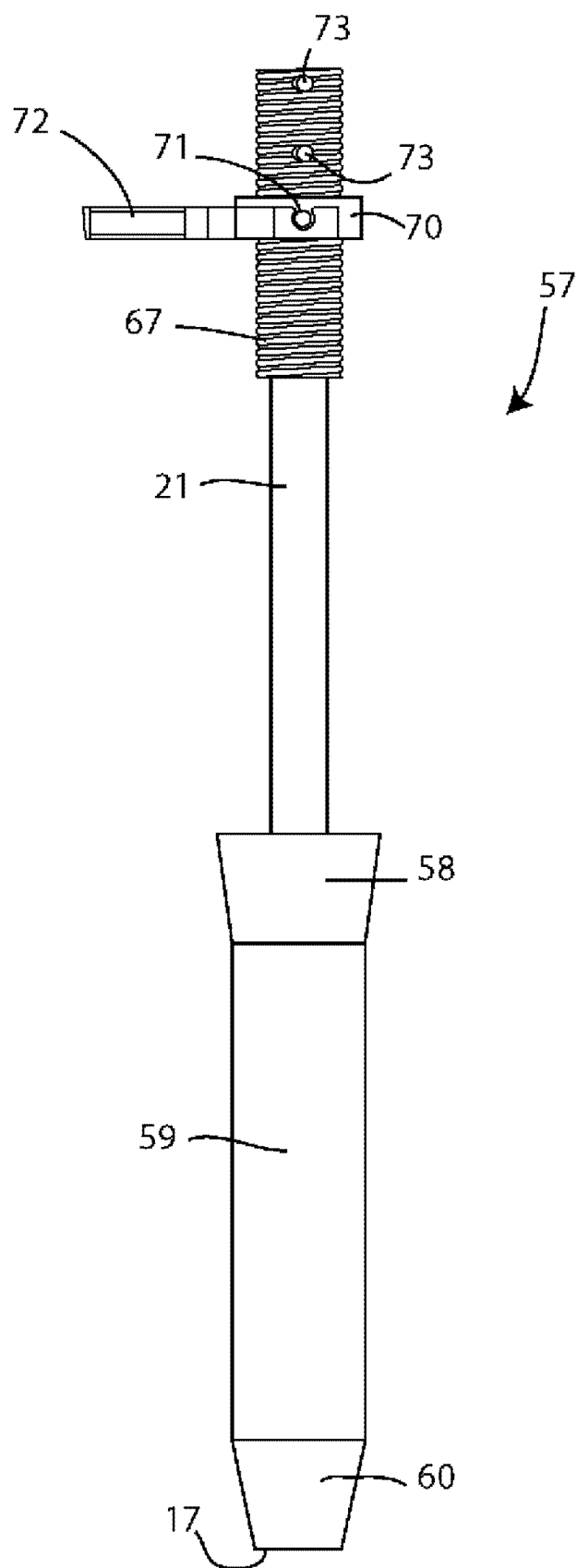


图 4

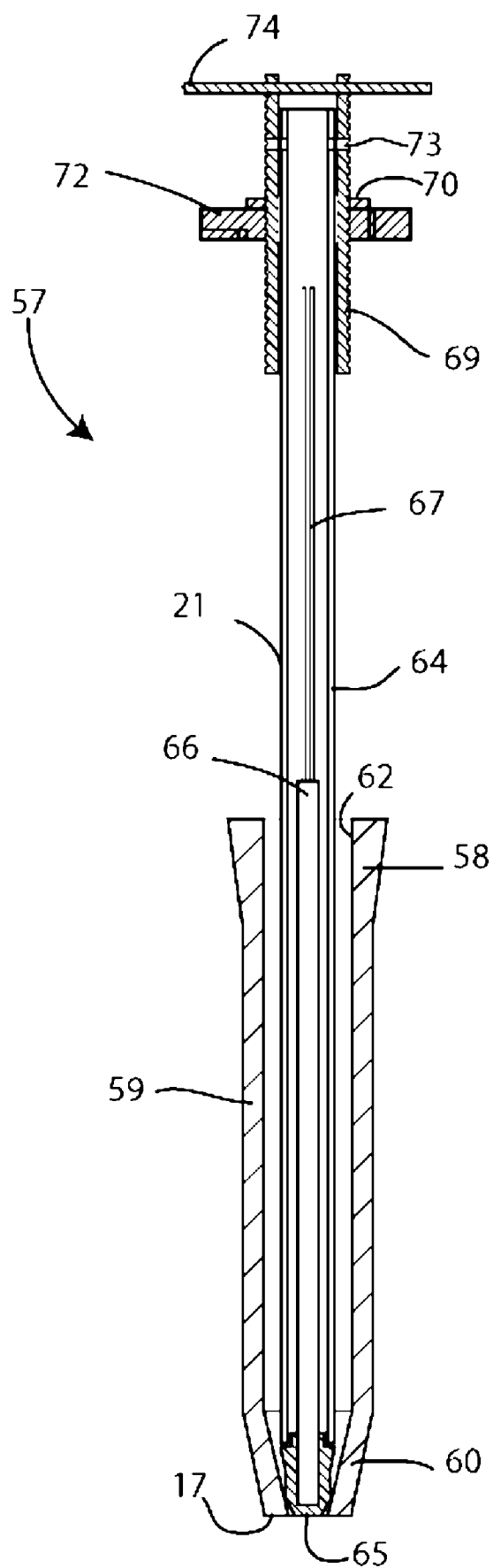


图 5

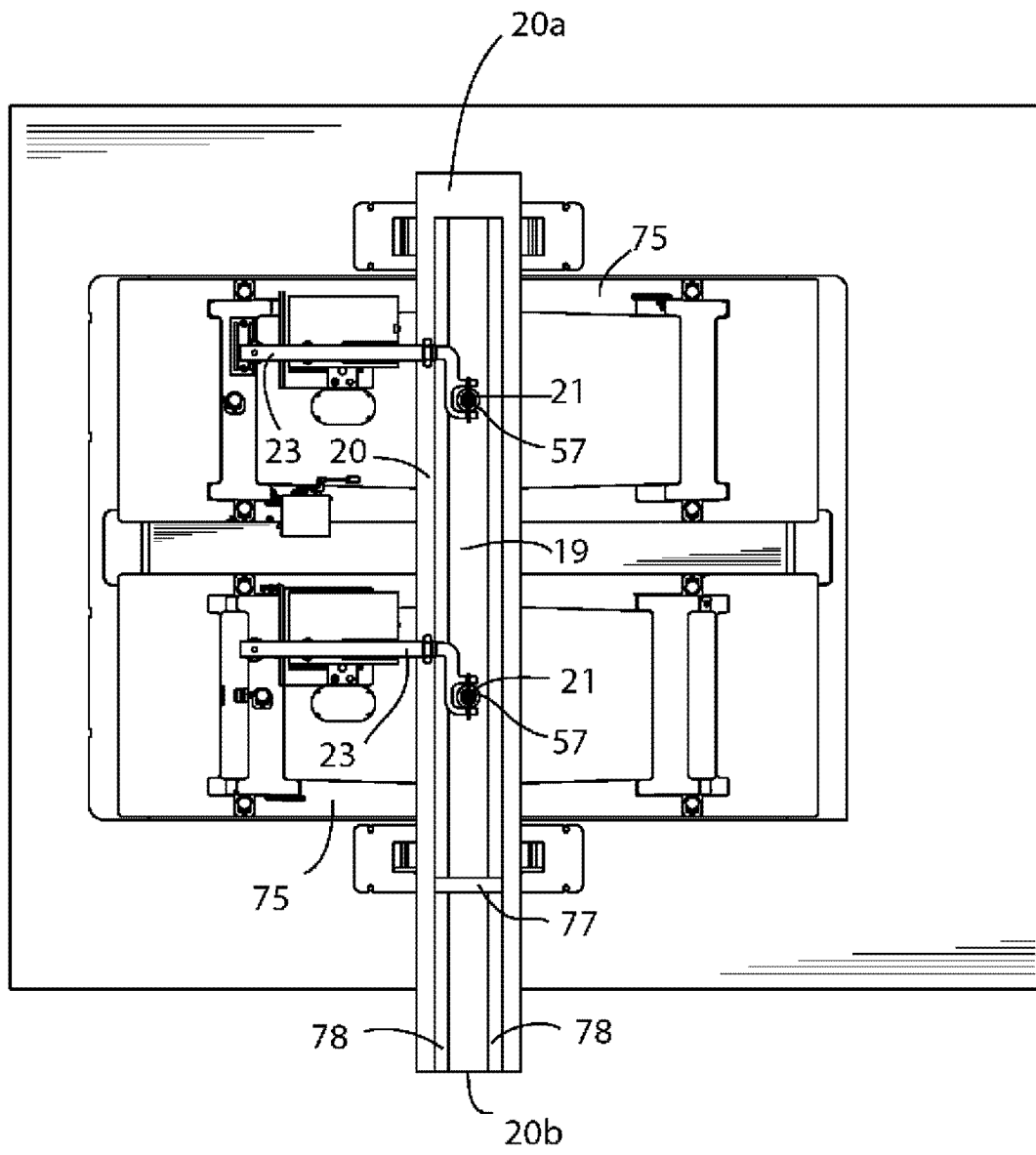


图 6

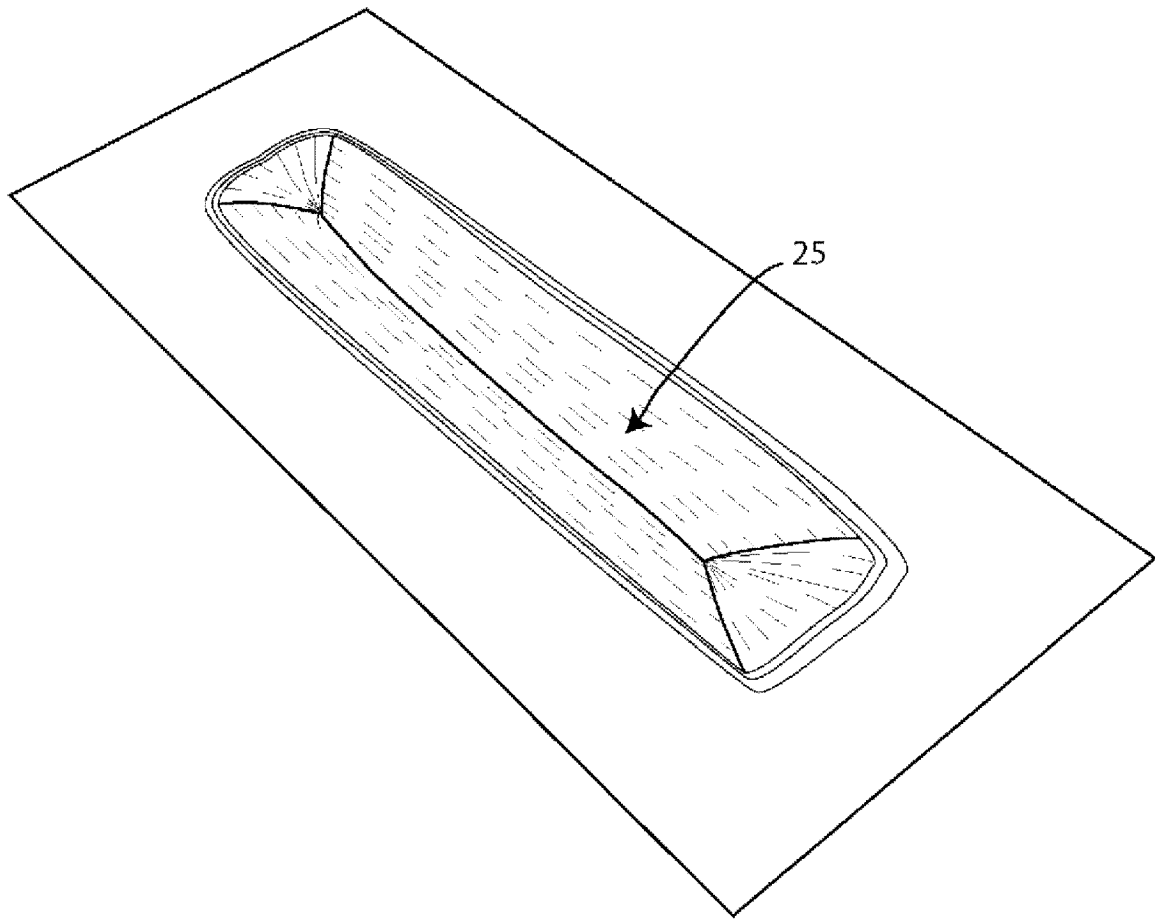


图 7A

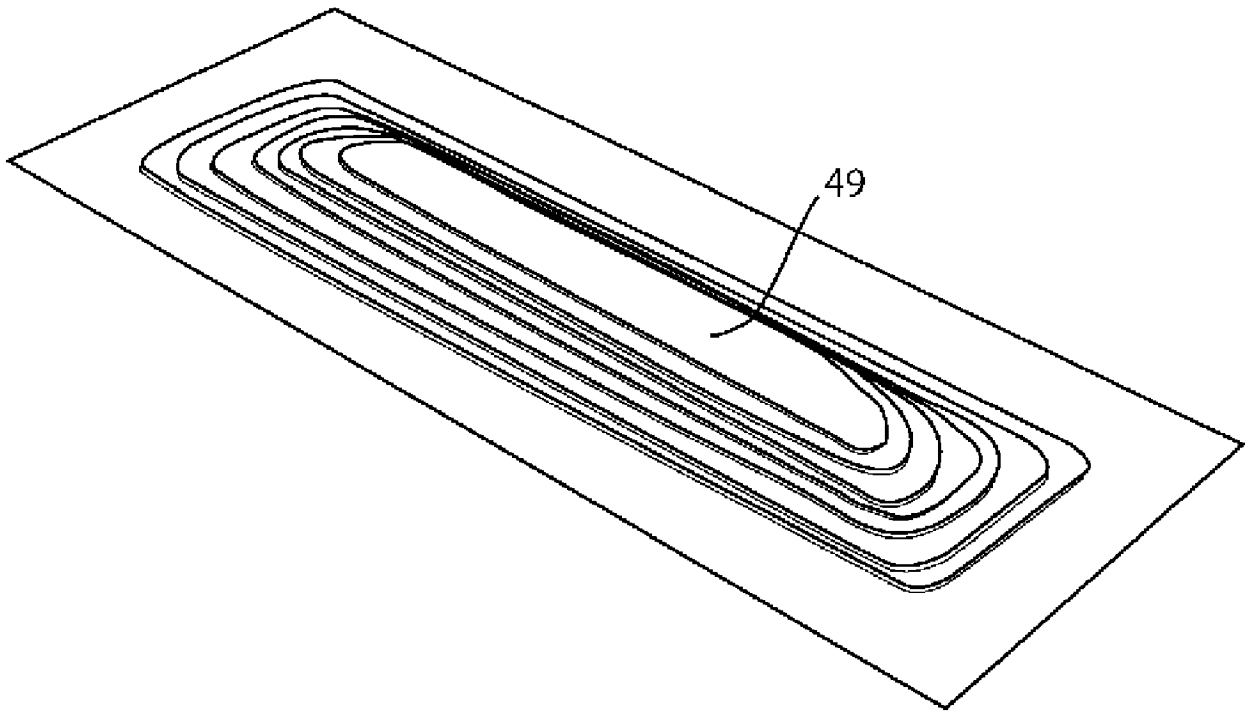


图 7B

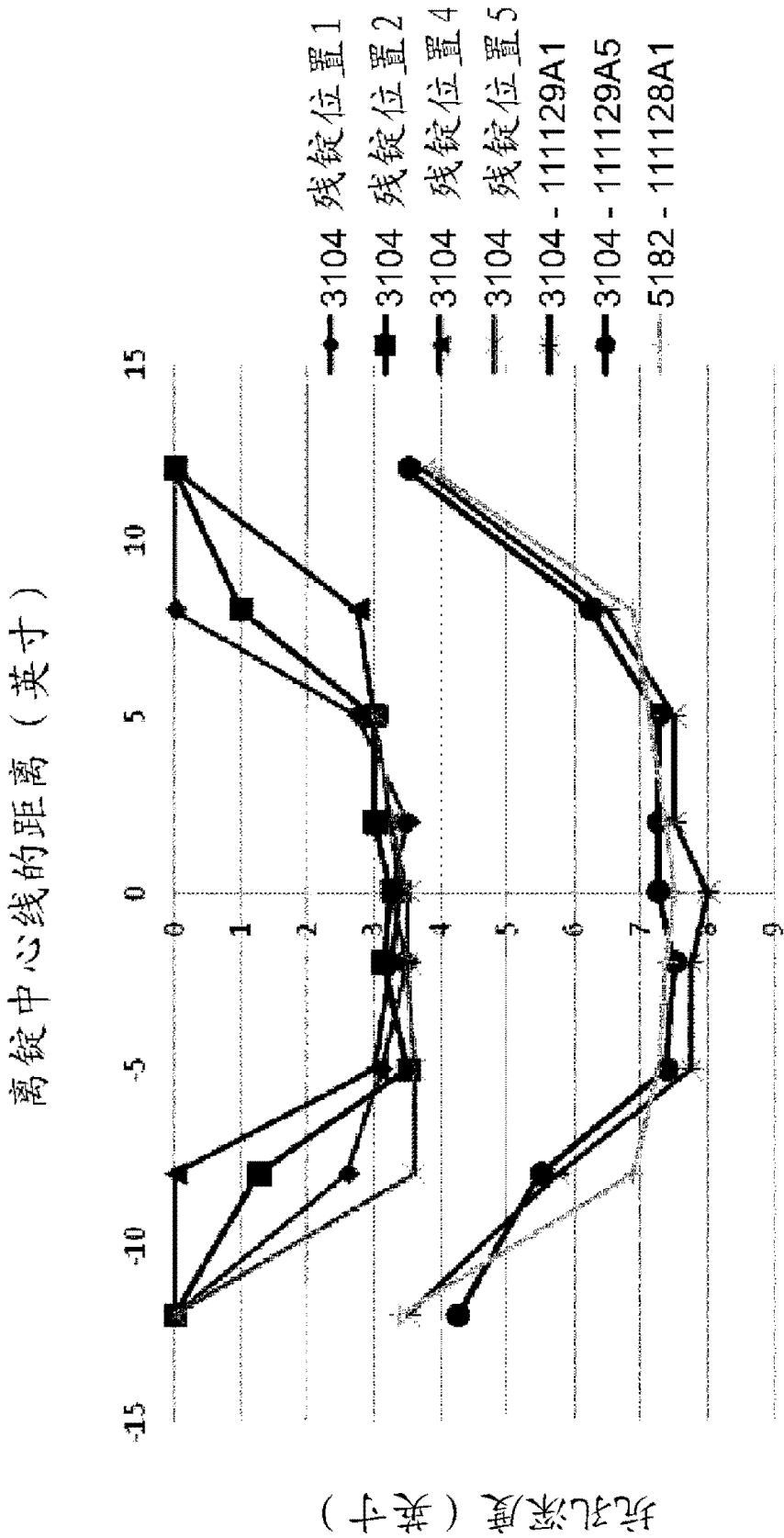


图 8