

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 93105335.8

[45] 授权公告日 2001 年 4 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 1064870C

[22] 申请日 1993.4.30 [24] 颁证日 2001.2.3

[21] 申请号 93105335.8

[30] 优先权

[32] 1992.4.30 [33] US [31] 876,885

[73] 专利权人 埃立盖尼·勒达伦姆有限公司

地址 美国宾夕法尼亚州

[72] 发明人 戴维·布赖恩·洛

约翰·达纳·璠曼 卡尔·施瓦哈

[56] 参考文献

JP63183755 1988. 7. 29 B22D11/06

US4678719 1987. 7. 7 B22D11/06

审查员 26 55

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

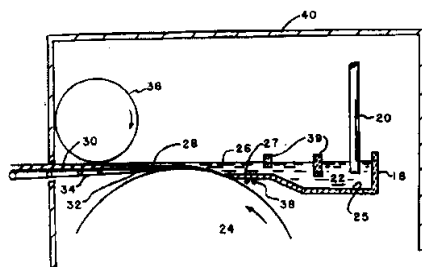
代理人 吴明华

权利要求书 4 页 说明书 9 页 附图页数 1 页

[54] 发明名称 直接浇注连续金属带的方法和装置

[57] 摘要

一种用直接浇注使熔融金属成为结晶的连续铸造带的方法和装置,包括控制对浇注槽供应熔融金属,浇注槽对相邻的铸造滚筒表面基本水平,出口端的熔融金属的水平面接近铸造滚筒的最高处,使半固态铸造带基本水平地从铸造滚筒最高处的附近分离,以及在运送分离的铸造带同时提供第二次冷却以使铸造带固化。





权 利 要 求 书

1. 一种直接将熔融金属铸造成结晶金属连续铸造带的方法, 它包括:

控制对一浇注槽的熔融金属供应, 将来自浇注槽出口端的、基本均匀流动和温度的、且具有一自由上表面的熔融金属基本水平地输送至相邻不接触的铸造面; 以及

使铸造面基本向上地经过出口端, 铸造面包括一个绕其基本水平放置的纵轴旋转的圆柱形滚筒的单个表面, 以提供使熔融金属固化的初步冷却;

其特征在于, 该方法还包括:

提供靠近铸造滚筒的槽, 使在槽出口端内熔融金属的水平面保持在接近铸造滚筒的最高处, 并保持离开槽的熔融金属顶部、底部和侧面的表面张力;

在铸造带处于具有未固化的上表面的半固态时, 使铸造带基本水平地从铸造滚筒表面最高处的附近分离; 以及

在将铸造带从铸造面上分离后对连续铸造带提供二次冷却, 使其固化。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在铸造滚筒自最高处起最多为 20 度的一弧度范围内基本水平地分离铸造带。

3. 如权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 在自最高处起 15 度的一弧度范围内分离铸造带。

4. 如权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 自最高处起 10 度到 15 度的一弧度范围内分离铸造带。

5. 如权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 分离发生在铸造滚筒最高处的下游一侧。

6. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 第一次和第二次冷



却的联合效应为一小于每秒 2000 摄氏度的冷却率。

7. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 以气体气氛的方式提供第二次冷却。

8. 如权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 所述的气体是惰性的。

9. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 通过使分离的铸造带的上表面与一至少与铸造带等宽的旋转滚筒相接触来提供第二次冷却。

10. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 包括在完成固化过程中基本水平地运送从铸造滚筒上分离后的、半固态铸造带。

11. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 包括在铸造带平面上基本无净力的条件下运送半固化的铸造带。

12. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在铸造带平面内带有少量张力的情况下运送半固化的铸造带。

13. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在铸造带平面内带有少量压缩力的情况下运送半固化的铸造带。

14. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 对浇注槽的出口端加热, 以保持熔融金属的温度基本均匀, 且在液相线温度之上。

15. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 包括维持在浇注槽出口端处靠近铸造滚筒的气体的温度和成份以控制固化。

16. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于,
使铸造带基本水平地、从铸造滚筒自最高处 20 度的一弧度范围内分离; 以及

在进一步固化过程中基本水平地运送来自铸造滚筒的半固态铸造带、且在其平面上没有净力或只有较小的张力或压力。

17. 一种将熔融金属直接铸造成结晶金属的连续铸造带的装置, 它包括:

由可绕其基本水平布置的纵轴旋转的圆柱形滚筒的单个表面

所形成的、用以提供熔融金属的初步固化冷却的、活动的铸造面；

具有与被铸造带大致等宽的 U 形出口端的浇注槽, 该出口端基本水平地靠近铸造滚筒表面; 以及

控制对浇注槽供应熔融金属的装置;

其特征在于, 该装置还包括:

使出口端内熔融金属保持基本均匀流动和温度、并使熔融金属水平面保持在接近铸造滚筒最高处的装置;

当铸造面向上运动经过浇注槽的出口端时, 使具有未固化上表面的半固态铸造带从铸造滚筒表面基本水平地分离的装置;

向分离的半固化铸造带提供第二次冷却, 使其完成固化的装置; 以及

在完成铸造带固化过程中运送从分离装置分离下来的半固态铸造带的装置。

18. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 铸造滚筒的直径小于 24 英寸。

19. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 铸造滚筒的直径小于 12 英寸。

20. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 分离装置在铸造滚筒自最高处起的 20 度的一弧度范围内。

21. 如权利要求 20 所述的装置, 其特征在于, 分离装置在 15 度的弧度范围内。

22. 如权利要求 20 所述的装置, 其特征在于, 分离装置在 10 到 15 度的弧度范围内。

23. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 分离装置安置在铸造滚筒最高处的下游一侧。

24. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 包括在浇注过程中对浇注槽出口端加热的装置。

25. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 第二次冷却装置



包括一个在分离装置后面、用来和已分离铸造带的上表面接触的旋转滚筒。

26. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 第二次冷却装置包括提供气体气氛的装置。

27. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 运送基本上没有净力作用在铸造带平面上的半固态铸造带的装置。

28. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 运送只有较小张力作用在铸造带平面上的半固态铸造带的装置。

29. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 运送只有较小压力作用在铸造带平面上的半固态铸造带的装置。

30. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 运送半固态铸造带的装置基本上是水平的。

31. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 浇注槽的出口端比浇注槽的进入端浅。

32. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于,
形成活动铸造面的圆柱形铸造滚筒直径小于 24 英寸;
浇注槽的 U 形出口端比浇注槽的进入端浅; 以及
使出口端内熔融金属基本保持均匀流动和温度的装置包括使熔融金属水平面接近铸造滚筒的最高处的装置和对出口端加热的装置。

说明书

直接浇注连续金属带的方法和装置

本发明涉及到将合金从熔融金属直接浇注成连续的板或带成品的方法和设备。特别涉及从靠近铸造滚筒表面顶部的浇注槽出口端输送熔融金属以形成所需厚度的连续金属带。

在常规的金属带生产中,其方法可包括一些将熔融金属浇注成锭料、坯块或厚板的步骤,然后按典型的方式包括一个或几个阶段的热轧和冷轧。以及在生产流程中任一阶段的酸洗和退火,以便生产出所要求的厚度和质量的金属带。通过省去常规方法中的若干生产步骤生产连续金属带的成本,特别是铸态的标准规格在 0.010 英寸到 0.160 英寸(0.025 到 0.40 厘米)金属带的成本可以降低。铸态金属带通过常规的冷轧,酸洗和退火可被加工成象箔材一样薄的各种不同的标准规格,如 0.001 到 0.12 英寸(0.025 到 0.30 厘米)。

已知有许多不同的生产直接浇铸金属带的方法和装置。一般地说,这些方法包括通过一测流孔将熔融金属横跨一缝隙喷射到一快速运动的急冷表面,如一轮子或连续带上;将旋转的急冷表面局部地浸入一熔融金属池的方法;将水平的链带作为急冷基底,熔融金属流过其上而固化的方法;以及在成对铸造滚筒间设置熔融金属池的竖直铸造方法。已经长期尝试过,通过孔隙直接浇注金属来工业化生产出良好质量和结构的金属带,但是对结晶态金属带仍成效甚少。

最近提出了一些其它的直接浇注加工方法,但是还没有发展成工业化生产方法。例如在 1991 年 9 月 3 日发布的美国专利第 5,045,124 号中提出的一种利用一连续铸机生产奥氏体不锈钢冷轧带或板的加工方法,在该连续铸机里一铸型壁与铸造带同步运动,此后,表皮通过轧制。在 1988 年 12 月 29 日提出申请、1989 年 8 月

10 日公布的国际申请公报 PCT/US88/04641 号中公开了另一种加工方法,它利用一种熔化的金属带铸造系统,其中熔融金属从浇注槽被输送到单个激冷表面上,这样,金属带有一个未固化的上表面,使这上表面与一个间隔距离基本上等于金属带厚度、并且温度不会使被铸造的金属的上表面凝固的上滚筒接触。在同一天提出申请、1989 年 10 月 19 日公布的国际申请 PCT/US88/04643 号中公开了一种带有分流器的特殊中间包。在 1990 年 3 月 14 日提出申请、1990 年 9 月 20 日公布的另一国际申请 PCT/US90/01211 号中也公开了相同的加工方法和装置,但进一步描述了一种开槽的激冷表面。

还有另一种方法,将熔融金属从浇注槽直接浇注到一移动的铸造面上以形成连续的结晶金属带,利用熔融金属的表面张力形成表面质量、边沿和结构良好的被铸金属带的上表面、侧表面和下表面。还提供了一种具有熔融金属进入端和出口端的浇注槽的装置,通过一 U 形结构,完全成为均匀的熔融金属流离开出口端至运动的铸造表面。1987 年 7 月 7 日公布的美国专利第 4,678,719 号解决了如上所说、与直接浇注方法和装置的从前技术有关的许多问题。1987 年 12 月 29 日公布的美国专利第 4,715,428 号描述了一种在浇注槽的出口端处辐射冷却熔融金属的有关方法。

但仍然需要一种用于工业化生产中的直接浇注金属带的方法和装置,其产品的表面质量应与常规方法生产的相当或更好。这种方法和装置应能生产出厚度和平直度均匀,上下表面光滑且没有疏松的板或带。此外,这种方法和装置应该最大限度地降低或消除金属带从铸造面上分离后发生的卸运损害,并且适合于铸造标准规格范围为 0.010 至 0.160 英寸(0.025 至 0.40 厘米)的连续金属带。直接浇注金属带应该具有良好的表面质量,边沿和结构,各种性能至少与常规方法浇注的金属带同样好,并且适合于浇注碳素钢和不锈钢。

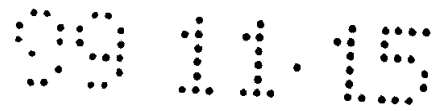
根据本发明,提供了一种将熔融金属直接铸造成结晶材料的连

续带材的方法。这种方法包括控制对浇注槽的熔融金属的补给,浇注槽将流动和温度基本均匀、具有自由上表面的熔融金属从其出口端基本水平地输送至相邻的铸造面。铸造面通常向上运动经过浇注槽的出口端,铸造面包括一绕基本水平置放的纵轴旋转、为熔融金属凝固提供初步冷却的圆柱形滚筒的单个表面,浇注槽的出口端安装在靠近铸造滚筒的地方,这样,浇注槽出口端内熔融金属的水平面就接近铸造滚筒的最高处。该方法还包括在铸造带处在上表面尚未凝固的半固态时、将铸造带基本水平地从靠近铸造滚筒表面的最高处分离,然后在铸造带离开铸造面后在输送装置上使连续铸造带获得第二次冷却,以便固化铸造带。

还设置有一种直接将熔融金属铸造成结晶材料的连续金属带的装置,它包括一活动铸造面,一浇注槽,用来控制供应熔融金属至浇注槽的装置,使半固态的铸造带从铸造滚筒上分离的装置,以及用来输送除下的半固态铸造带并使它完成固化的装置。铸造面包括一绕基本水平放置的纵轴旋转、为熔融金属提供初步冷却的圆柱形滚筒的单个表面。浇注槽的出口端约与被铸造带等宽,并靠近铸造面安装,这样,在出口端内熔融金属的水平面就接近铸造滚筒表面的最高处。该装置包括一使出口端处的熔融金属的流动和温度基本保持均匀的装置。在靠近铸造滚筒最高处设置有一个能基本水平地将处于半固态的铸造带分离的装置,以及向已分离的铸造带提供第二次冷却使之完成固化的装置。还设置一在铸造带完成固化期间从分离装置基本水平地输送铸造带的装置。

图 1 是本发明中的金属带铸造装置示意图。

图 1 一般表示一个在铸造面 24 上直接铸造熔融金属带状或板状连续产品 30 的浇注槽 18。使熔融金属 22 从一容器(未示出)通过一喷嘴 20,最好是一浸没的输入喷嘴(SEN)送到浇注槽 18。注塞杆或滑动闸门机构(未示出)或其它合适的装置通过出液口或喷嘴 20



可以控制供给浇注槽 18 的熔融金属流。所示的浇注槽 18 基本上是水平的,并具有一进入端和一靠近铸造面 24 的出口端。

将熔融金属 22 提供给浇注槽 18 可以通过任何通常的方法和装置,例如槽、中间包、或熔融金属泵来完成。

铸造面 24 可以是单个的铸造轮或成对铸造轮或滚筒中的一个。铸造面的成分对被铸造的金属带可能是关键的,然而虽然某些面会比其它面有更好的结果,但它却并不成为本发明的一部分。本发明的方法和装置已经成功地采用了铜、碳钢和不锈钢的铸造面。铸造面包括一个绕其基本水平放置的纵轴旋转的圆柱形滚筒的单个表面。

重要的是铸造面以控制的速度可运动地经过浇注槽,并可提供所需的急冷率来吸收足够的热量,导致熔融金属初步凝固成带状。铸造面 24 运动地经过浇铸槽 18 的速度范围可在每分钟 20 到 500 英尺(每分钟 6 到 152.4 米),最好是每分钟 50 到 300 英尺(每分钟 15.2 到 91.4 米),这个速度适合于结晶状金属的工业化生产。实际的铸造速度对金属带的厚度起着重要作用,但必须与本发明的其它一些因素相平衡。铸造面 24 应被足够冷却,以便使熔融金属急冷,从熔融金属中吸收热量,使金属带开始凝固成结晶状。由铸造面 24 提供的急冷率小于每秒 $10,000\text{ }^{\circ}\text{C}$,通常小于每秒 $2,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这种局部的冷却速度可通过对铸造金属带显微结构内的晶枝臂测定来估计。虽然在金属带厚度上冷却速度不同,但是一个总的或平均的冷却速度可在 $2000\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 或略小的数量范围内。

铸造面的一个重要方面是它经过浇注槽 18 出口端的运动方向是向上的,并有一个在出口端处熔融金属池的自由面。出口端处熔融金属池的自由面对形成铸造带的良好顶面质量是必须的。所谓“自由”的意思是,熔融金属的顶面或上表面不受结构的限制,即它不与浇注槽结构、滚筒或类似的东西接触,它在浇注槽 18 出口端处

自由地流向低处。

另一个重要特征是,浇注槽 18 的位置靠近铸造滚筒 24,这样,浇注槽 18 的内底面 27 基本上是水平的,并处在铸造滚筒最高处的下面。通过这种使浇注槽靠近铸造滚筒上面象限的安排,浇注槽 18 出口端处熔融金属池的自由面就靠近铸造滚筒的最高处。靠近的意思是槽 18 出口端里的熔池水平面略低、略高或处于铸造滚筒的最高处。已经发现,它对连续铸造金属带产品的均匀厚度、坚实性无疏松和平直度以及光滑的上表面都是重要的。

浇注槽 18 可以取多种形状,然而,出口端通常应该是 U 形的,具有一底,两侧面并且和要浇注的金属带近似等宽。如图 1 所示,浇注槽 18 可含有挡料墙、低坝或缓冲板 39。以阻挡和减缓熔融金属 22 的流动,从而有助于在浇注槽 18 的出口端形成一均匀的金属流。槽 18 的出口端与槽 18 的进入端 25 相比最好较浅。已经发现,一相对较深的进入端 25 有助于平稳的、基本上均匀的熔融金属流经过内表面 27 而流至铸造面上。如美国专利第 4,678,719 号所描述的,在出口端处的熔融金属有顶部表面张力,而离开槽的熔融金属有边缘表面张力,它们分别部分形成铸造带 28 的顶部和边缘。由于表面张力,底表面在通常呈 U 形结构的内底面和铸造面 24 之间形成弯月形状。

本发明的一个重要特征包括在槽 18 的出口端处的熔融金属有基本均匀的温度。温度的均匀性以及均匀金属流的形成可通过适当的预热和隔热而获得。可以选择的另一方法是可以使用加热装置 38,例如将加热元件或类似的部件置于槽 18 的出口端处。

本发明方法和装置的另一个特征是,铸造带是从靠近铸造面 24 的最高处或顶部处被基本水平地分离的,而金属带 28 基本上呈半固态,即有一个未固化的上表面。如图 1 所示,当铸造面通常向上经过槽 18 的出口端时,分离装置 32 基本上是水平地放置在靠近铸造滚筒

24 的最高处。分离装置 32 可取通常的形状,如一把刀片或喷气分离装置,以便于从铸造面上除下金属带,并使与铸造滚筒的接触时间减至最短。重要的是,大多数或所有的分离装置 32 基本上是水平的,以便最大限度地减少分离时金属带的卸运损害,因为这时金属带处于半固化状态,即具有一个未固化的上表面,而它的底表面却因与铸造滚筒接触而初步固化。已经发现,如果分离装置不是基本上呈水平状态的,则会出现半固态铸造带的未固化上表面将以不同于整条铸造带行速的速度流动的倾向。例如,一个向下的分离装置会使未固化的上表面向下流动的速度快于铸造带的速度。这种情况在完成固化后会造成铸造带的上表面虽能满足要求,但质量却肯定较差的结果。一个向上的分离装置由于相反的原因也会造成同样的质量较差结果。

已经发现,应在铸造滚筒自最高处起的 20 度、15 度更好、最好 10 至 15 度的一弧度范围内使金属带分离。此外,分离装置最好处于铸造滚筒最高处的下游一侧。按照本发明的半固态金属带的卸运,避免了由于半固态金属带固有的抗拉弱点而造成的对金属带产品的严重损害。水平分离可使重力作用降到最低限度,因为不然的话,当金属带从铸造滚筒的最高处或顶部向下移动时,它自身的重量会使金属带碎裂。

与半固态的铸造带从铸造面上的分离相配合,本方法宁愿基本水平地输送半固态的铸造带。固化是在从铸造面 24 上卸下后,运送经过分离装置 32 和输送装置 34 时完成的。一般地说,输送装置 34 与分离装置 32 对齐或连成一体。对输送装置 34 的通常要求是,它对被传送的铸造带没有或施加很小摩擦。从理想上说来,凝固时在带的平面上没有净力作用在半固态的铸造带上。但实际上很可能使用少量张力或压力来运送输送装置 34 上的铸造带。力的大小,如果有的话也是难以测出的。虽然本发明基本上设想没有净力作用在半固态

的铸造带上,但根据被铸造的合金成分,可以使用微量或少量张力或压力。当在很少或没有摩擦力的可取情况下,基本上水平地输送半固态铸造带时,就能生产出具有良好上表面质量的固态铸造带。

此外,如果铸造带向下移动的话,固态铸造带上的下游夹送滚筒(未示出)的同步运动将足以避免重力而引起的上游半固态铸造带的撕裂或破碎。

在将半固态铸造带从铸造面分离后,还设置一个对连续铸造带进行第二次冷却的装置。在一个实施例里,半固态金属带是由在槽 18 的出口端里的熔融金属上的、分离装置 32 和输送装置 34 上的、适当的保护气氛冷却的。这种气氛可以按需要是惰性的,还原的或氧化的。

在另一个实施例里,在非固化的铸造带上表面上可使用辐射冷却来排热。这种用一组冷却管(未示出)的辐射冷却可以与保护气氛配合使用。

在另一个实施例里,可使已除下的半固态带上部的未固化表面与金属带上的旋转滚筒 36 相接触来提供第二次冷却。滚筒 36 的宽度最好与铸造带相同。滚筒 36 的其它优点是有助于在固态铸造带上提供一个光滑的上表面,并有助于控制带的总厚度和整个宽度上的厚度。还设想可以联合使用任何一个或多个二次冷却装置。

本发明的方法和装置也可以包括一个用来保持靠近铸造面的浇注槽出口端处的保护气氛、温度和成分的装置,以控制固化。特别是本装置可以包括一个壳体机构 40,其中容纳可运动的铸造面 24,浇注槽 18,和对浇注槽提供熔融金属的装置,如喷嘴 20。这种壳体的主要目的是用来控制包围浇注槽 18 内熔融金属 22 的气氛和温度,以及铸造带 28 上的未固化的上表面。根据被铸的合金或金属,最好在熔融金属的附近提供惰性气体,例如氩气。此外,通过壳体 40 的适当隔热或冷却,气氛的温度可以影响整体散热和铸造带 30 的凝固。

作为一个例子,壳体也可以安装在熔融金属表面的附近,以控制氧化和凝固。

虽然理论上不打算有什么限制,但看来,离开浇注槽 18 出口端的熔融金属的固化是从熔融金属离开浇注槽 18 出口端的通常呈 U 形的开口,与铸造面 24 接触时开始的。铸造面对它在浇注槽 18 的出口端处所获得的熔融金属的下部或底部提供初步冷却。通过调节和控制离开浇注槽 18 出口端处熔融金属的水平面形成铸造带的厚度。这一熔融金属池被认为是形成铸造带厚度的一部分,还有一部分带厚是贴紧铸造面 24 而凝固的熔融金属产生的。铸造速度和金属池的深度对决定金属在铸造面上停留时间和形成铸造带的厚度都很重要。通过提高槽 18 出口端处熔融金属水平面或放慢铸造速度可获得较大的厚度。根据被铸造带的厚度,铸造面上凝固的带厚和分离后凝固的厚度会有变化。对于诸如小于 0.050 英寸(0.127 厘米)的较薄的铸造带,半固态铸造带的未固化上表面相信不超过总铸造带厚度的 30%。对于较厚的铸造带,未固化的上表面很有可能较高,可能高达总铸造带厚度的 50%。未固化部分厚度百分比的实际限度看来取决于各运送系统的能力,例如分离装置 32 和输送装置 34 以及与被铸造带有关的合金和熔融温度。

看来,铸造速度,靠近滚筒的浇注,保持靠近铸造滚筒的最高处熔融金属水平面的自由面,基本上水平地从靠近铸造滚筒的最高处除下半固态铸造带,以及基本上水平地输送铸造带;这些因素的综合对所制造的铸造带的均匀厚度和平直度,以及良好的表面质量和整体厚度起作用。对铸造带在铸造滚筒停留时间的控制,铸造带在其整个厚度上得到更加均匀的总体冷却,同时在铸造带的下表面上产生最初的凝固,以赋予熔融金属某些作为带状的结构完整性。

虽然本发明的方法认为可以使用各种不同尺寸的铸造滚筒表面,但已发现,当与本发明的其它特征一同使用时,较小直径的铸造滚

筒工作起来较好。这种小铸造滚筒直径可以在小于 24 英寸的数量范围内。当与本发明的其它特征配合使用时,这种小直径铸造滚筒使铸造带在铸造滚筒上的停留时间受到控制,且降到最低程度。有许多实际理由控制铸造面上的停留时间。例如,较短的停留时间可使由于陷入的气体和其它原因所造成铸造带底部的表面质量问题降到最低程度。尽可能使用较小的铸造滚筒也有实际上的优点,例如,由于切角的原故,铸造带较容易从铸造面上脱离。槽 18 的出口端形状更容易与铸造面的形状相配。此外,铸造面和槽的不同热膨胀可被降到最低程度。

说明书附图

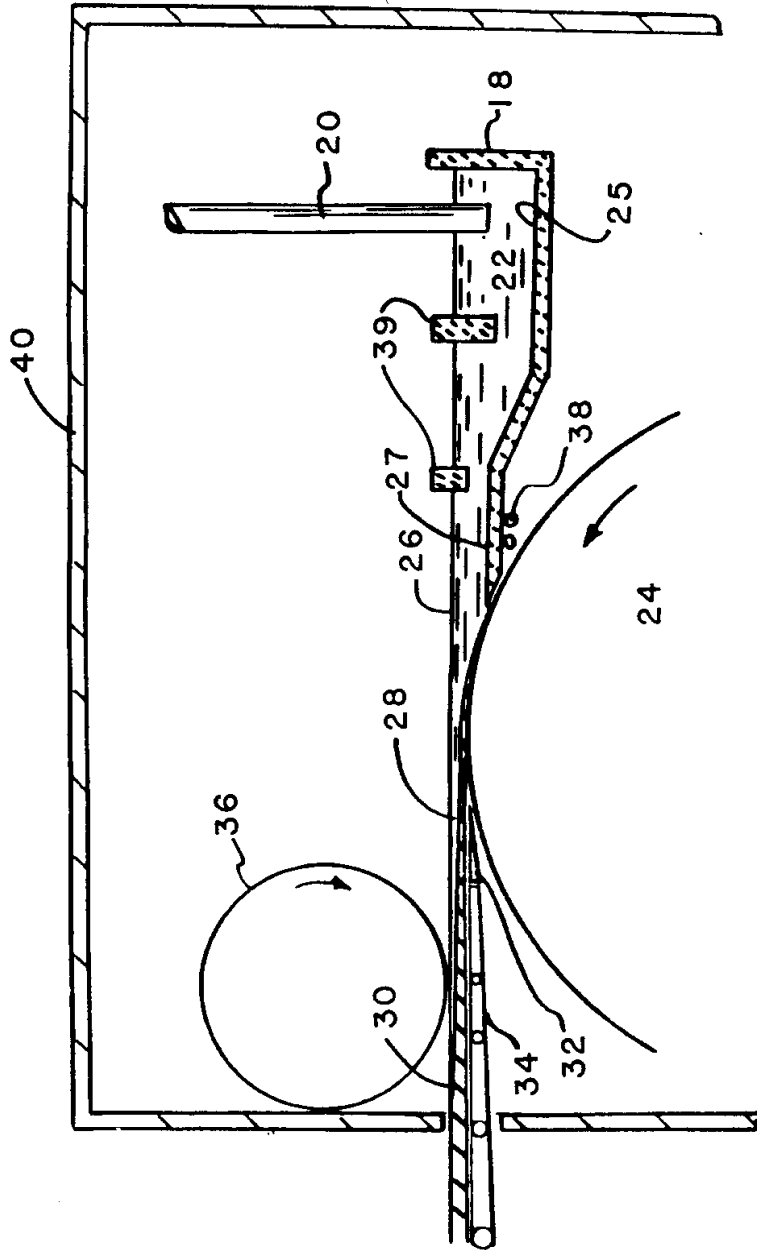


图 1