



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03823264.2

[45] 授权公告日 2007 年 6 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 1321763C

[22] 申请日 2003.8.27 [21] 申请号 03823264.2

[30] 优先权

[32] 2002. 8. 29 [33] AU [31] 2002951075

[86] 国际申请 PCT/AU2003/001097 2003. 8. 27

[87] 国际公布 WO2004/020126 英 2004. 3. 11

[85] 进入国家阶段日期 2005. 3. 29

[73] 专利权人 联邦科学和工业研究组织

地址 澳大利亚澳大利亚首都直辖区

[72] 发明人 D·D·梁 W·博百德格

D·R·伊斯特 R·V·艾伦

[56] 参考文献

JP1202345A 1989. 8. 15

JP10102178A 1998. 4. 21

CN1246395 2000. 3. 8

审查员 韩晓刚

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利

商标事务所

代理人 董敏

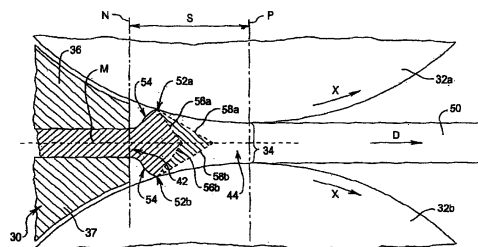
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 7 页

[54] 发明名称

双辊铸造镁合金带的工艺和镁合金带

[57] 摘要

一种利用双辊铸造生产镁合金带的工艺，包括如下步骤：将熔融合金从供应源供应到输送装置；将熔融合金从输送装置输送到喷嘴长出口和一对基本平行辊，这对辊彼此分开，在二者之间形成咬入区；旋转所述辊，由此将合金从腔室经过咬入区拉出；以及使冷却液体流过每个辊，从而利用冷却的辊吸收热量将腔室中接收的合金冷却，由此合金在经过咬入区成为热轧合金带之前在腔室中达到合金基本完全凝固。合金在供应源保持在足够高的温度，用以使合金在输送装置中保持在过热温度；熔融合金深度在含有辊轴线的平面中高出咬入区中心线约 5mm 到约 22mm；以及保持冷却辊吸收热能处于足够水平，用以使咬入区出来的合金带表面温度低于约 400℃；由此热轧合金带基本没有裂纹并具有好的表面质量。



1. 一种通过双辊铸造生产镁合金带的工艺，其特征在于所述工艺包括如下步骤：

(a) 将熔融合金从供应源供应到输送装置；

(b) 将熔融合金从输送装置经过喷嘴输送到喷嘴长出口与一对平行辊之间形成的腔室，这对辊上下彼此分开，在二者之间形成咬入区；

(c) 沿相反方向旋转所述辊，由此将合金从腔室经过咬入区拉出，同时执行步骤(b)的输送；以及

(d) 在旋转步骤(c)过程中使冷却流体流过每个辊，用于提供辊的内部冷却，从而利用冷却的辊吸收热量将腔室中接收的合金冷却，由此在合金经过辊之间形成的咬入区之前在腔室中获得镁合金完全凝固，并由此以热轧合金带的形式输出；

并且所述工艺还包括：

使合金在供应源保持在足够高的温度，用以使合金在输送装置中保持在合金液相线温度以上的过热温度；

使输送装置中的熔融合金深度保持在含有辊轴线的平面中咬入区中心线之上的足够的、受控的、稳定的高度；以及

在步骤(c)中保持冷却辊吸收的热量处于足够水平，用以使自咬入区出来的合金带表面温度低于 400℃。

2. 如权利要求 1 所述的工艺，其特征在于保持在供应源中的合金的温度足以保持输送装置中的合金处于合金液相线温度以上 15℃到 60℃的温度。

3. 如权利要求 1 或权利要求 2 所述的工艺，其特征在于冷却步骤(c)中吸收的热量足以保持所述表面温度低于 400℃。

4. 如权利要求 1 或权利要求 2 所述的工艺，其特征在于步骤(c)中吸收的热量足以保持所述表面温度为 180℃到 300℃。

5. 如权利要求 3 所述的工艺，其特征在于所述表面温度在合金固相线温度以下不低于 85℃。

6. 如权利要求 1 或 2 所述的工艺,其特征在于所述辊对经过咬入区的凝固合金施加的单位载荷是每毫米辊长度 2 到 500kg。

7. 如权利要求 6 所述的工艺,其特征在于单位载荷为每毫米辊长度 100 到 500kg。

8. 如权利要求 6 所述的工艺,其特征在于施加的单位载荷导致热轧带的厚度压下量为 4%到 9%。

9. 如权利要求 1 或 2 所述的工艺,其特征在于在从喷嘴出口到包含辊轴线平面的缩回距离的起始部分上,合金在喷嘴出口到每个辊表面之间具有相应的凸出弯月面形状。

10. 如权利要求 9 所述的工艺,其特征在于每个弯月面形状从喷嘴出口开始伸出多至所述缩回距离的 35%。

11. 如权利要求 10 所述的工艺,其特征在于每个弯月面形状从喷嘴出口开始伸出所述缩回距离的 10%到 30%。

12. 如权利要求 1 或 2 所述的工艺,其特征在于在从喷嘴出口到所述包含辊轴线平面的缩回距离的最后 5%到 15%之前,合金在上下表面之间达到完全凝固。

13. 如权利要求 1 或 2 所述的工艺,其特征在于在步骤(a)之前,将输送装置和喷嘴中的每个预热到接近所需操作温度。

14. 如权利要求 13 所述的工艺,其特征在于预热是通过将热空气吹过输送装置和喷嘴来实现的。

15. 如权利要求 13 所述的工艺,其特征在于输送装置预热到从 500℃到 655℃的温度,喷嘴预热到从 200℃到 400℃的温度。

16. 如权利要求 1 或 2 所述的工艺,其特征在于在输送步骤(b),合金从喷嘴出口的中间区输出,相对于从出口的横向外边缘流出的合金,该中间区稍微靠向合金流过喷嘴方向的上游一小段距离,由此减小或消除了热轧带宽度上的温度变化。

17. 如权利要求 16 所述的工艺,其特征在于所述一小段距离小于 7mm。

18. 如权利要求 1 或 2 所述的工艺,其特征在于在熔融合金上保

持保护气氛，用于防止氧化和着火危险，并且所述气氛包括少量比例的氢氟碳化物。

19. 如权利要求 18 所述的工艺，其特征在于所述氢氟碳化物是 1,1,1,2-四氟乙烷。

20. 如权利要求 18 所述的工艺，其特征在于氢氟碳化物在气氛中占 2 到 6% 体积百分数。

21. 如权利要求 18 所述的工艺，其特征在于具有氢氟碳化物的所述气氛包括 SF₆/干燥空气混合物。

22. 如权利要求 1 或 2 所述的工艺，其特征在于保持输送装置中的熔融合金深度的步骤提供了在咬入区中心线之上的 5mm 至 22mm 的稳定的熔融合金高度。

23. 如权利要求 22 中所述的工艺，其特征在于所述合金具有低水平的合金元素添加，所述稳定的高度为 5mm 到 10mm。

24. 如权利要求 22 中所述的工艺，其特征在于所述合金具有高水平的合金元素添加，所述稳定的高度为 7mm 到 22mm。

25. 利用权利要求 1 到 24 中的任一项所述的工艺生产的镁合金带，其特征在于所述铸态带的微观组织中初生镁的二次枝晶臂间距为 5 到 15 μ m，并且金属间化合物二次相均匀分布。

26. 如权利要求 25 所述的镁合金带，其特征在于所述金属间化合物二次相的颗粒尺寸为 1 μ m。

27. 如权利要求 25 所述的镁合金带，其特征在于所述微观组织在整个带厚度上具有等轴 α 镁枝晶。

双辊铸造镁合金带的工艺和镁合金带

技术领域

本发明涉及镁及镁合金(以下一般统称为“镁合金”)的双辊铸造。

背景技术

双辊铸造金属概念的提出比较早,可以至少追溯到 Henry Bessemer 在 1900 年中期的发明。但是,其后不到 100 年,就引起人们对可以商用的双辊铸造开始研究。Bessemer 提出的概念是基于使用金属输送系统的带材生产,其中熔融金属向上输送经过两个横向分开的平行辊之间形成的咬入区。最近的方案是基于熔融金属向下输送到辊上。但是,人们逐渐认可的优选结构是辊垂直分开而不是那些早期方案中的水平分开,从而使合金输送基本沿水平方向。虽然辊是垂直分开的,但其轴线优选地处于一个平面中,此平面与垂直方向倾斜一个小的角度,约为 15° 。具有这种倾斜,下辊相对于上辊朝下游位移,即朝向合金输送到并离开咬入区的方向。

虽然已经有一些商用的双辊铸造,但局限在一定范围内。并且其所应用的合金范围也受到局限,因为其应用基本上限制在适合的铝合金上。迄今,在建立镁合金双辊铸造的适合工艺方面进展有限。

为了成功地实现镁合金双辊铸造的实用工艺,例如达到基本上连续或半连续生产,尚需要解决几个问题。第一个问题是镁合金熔体容易氧化和着火,同时任何来源的水分都存在爆炸的潜在危险。使用适合的熔渣或适合的气氛建立的工艺可以防止氧化和着火的危险,同时也能隔离水分。并且,镁以及不含或仅含有少量铍的一些镁合金,如 AZ31,在熔化状态具有高的氧化趋势,使传统熔渣或气氛控制在双辊铸造作业期间不充分。但是,克服这些问题增大了双辊铸造工艺复杂性,使复杂性成为一个问题。

另一个问题是,与铝合金相比,镁合金的热容使其趋于快速凝固。

而且，与铝合金相比，一些镁合金，如 AM60 和 AZ91，在固相线和液相线温度之间具有相当宽的凝固范围或温度区间。镁合金的此范围或区间为约 70 到 100℃ 或更大，而很多铝合金为约 10 到 20℃。大的凝固范围或区间造成铸造状态下双辊铸造板的表面缺陷和内部偏析缺陷。

重要的是持续不断地需要减小操作成本的问题，包括消耗材料和铸造操作的成本，从而使双辊铸造比其它技术更具有竞争性，使其更灵活地应用于短操作周期（例如，一天）和长操作周期（例如，数周），并使其应用范围拓展。这是双辊铸造的普遍问题，但考虑到上述的其它问题，这对于镁合金的铸造更为严重。在扩展双辊铸造技术达到增强所生产带材的物理性能时也存在一些问题。虽然这也是该技术一个一般问题，但对于镁合金特别严重，因为在生产表面质量好以及基本无内部偏析缺陷的基本无裂纹带材方面存在问题。

发明内容

本发明提供了一种用于镁和镁合金的双辊铸造工艺，至少在优选方式下，至少可以改进上述问题中的一个或者多个。

本发明旨在提供一种双辊铸造镁合金的改进工艺，用于生产所需厚度和宽度的镁合金带材。本发明的工艺使带材的宽度根据需要达到并超过约 300mm，例如达到约 1800mm。一般地，带材的厚度从约 1mm 或小于 1mm，直到约 15mm，但优选的厚度是约 3mm 到 8mm。

本发明工艺用于铸造镁合金，它是通过将熔融合金供应到喷嘴与一对辊之间形成的腔室中，该对辊是反向旋转并基本平行，其内部流体冷却，并且基本彼此上下分开，从而在二者之间形成咬入区。所述工艺包括通过喷嘴输入熔融镁合金，通过冷却辊吸收热量使镁合金冷却，从而在镁合金通过辊之间形成的咬入区之前，镁合金在此腔室中达到基本完全凝固。

本发明工艺的这些基本特征与铝合金双辊铸造所需的相同。但是，这基本上就是镁合金与铝合金的各自工艺之间相似的内容。实际上除了上述相似之处，铝合金铸造工艺对适合于镁合金的工艺几乎不提供

任何指导。而且，在某种程度上双辊铸造已经试图用于其它合金，但发现这些合金所需的工艺与铝合金使用的工艺相似，也对适合于镁合金的工艺几乎不提供任何指导。

因此，根据本发明，提供一种利用双辊铸造制造镁合金的工艺，其特征在于所述工艺包括如下步骤：

(a) 将熔融合金从供应源供应到输送装置；

(b) 将熔融合金从输送装置经过喷嘴输送到喷嘴长出口与一对基本平行辊之间形成的腔室，这对辊上下彼此分开，在二者之间形成咬入区；

(c) 沿相反方向旋转所述辊，由此将合金从腔室经过咬入区拉出，同时执行步骤(b)的输送；以及

(d) 在旋转步骤(c)过程中使冷却液体流过每个辊，提供辊的内部冷却，从而利用冷却的辊吸收热量将腔室中接收的合金冷却，由此合金经过辊之间形成的咬入区之前在腔室中达到镁合金基本完全凝固，并由此以热轧合金带的形式输出；

并且所述工艺还包括：

使合金在供应源保持在足够高的温度，用以使合金在输送装置中保持在合金液相线温度以上的过热温度；

使输送装置中的熔融合金深度保持在含有辊轴线的平面中咬入区中心线之上的足够的、受控的、基本稳定的熔融合金高度；以及

在步骤(c)中保持冷却辊吸收热能处于足够水平，用以使从咬入区出来的合金带表面温度低于约 400℃；

从而热轧的合金带基本没有裂纹并且具有好的表面质量。

在本发明的工艺中，从适合的熔融合金源向中间包供应镁合金，镁合金可以从包括中间包的输送装置供应到喷嘴入口端，从喷嘴中流过并经过喷嘴出口端进入腔室。但是，也可以使用浮箱或其它可利用形式的输送装置替代中间包。并需要输送装置提供受控的、基本稳定的熔融镁合金熔体落差。即，在中间包、浮箱或类似装置中的熔融合

金需要保持在一定深度，从而其中的熔融合金表面处于受控的、基本稳定的高度（或熔体落差），此高度处于喷嘴水平延伸中心面与含有辊轴线的平面相交处以上。相交处基本对应于该平面中辊的咬入区中心线，相对于此相交处，本发明提供的铸造上述带厚度的镁合金的熔体落差优选的是 5mm 到 22mm。对于镁和合金元素含量低的镁合金，例如市售纯镁和 AZ31，熔体落差可以是 5mm 到 10mm；对于合金元素含量高的合金，例如 AM60 和 AZ91，是 7mm 到 22mm。

本发明需要的熔体落差 5 到 22mm 与铝合金双辊铸造所需的落差有较大差异。在后种情况中，熔体落差一般保持在约 0 到 1mm 的最小值。这个本身很明显的差异，与很多其它重要差异相关，这将从下面描述中变得清楚。

在本发明工艺中，供应到中间包或其它输送装置的镁合金是过热的，在其液相线温度以上。过热的程度可以是液相结温度以上约 15℃ 到约 60℃。一般地，这个范围的低端，例如从 15℃ 到约 35℃，优选地从约 20℃ 到 25℃，比较适合于镁以及合金元素含量较低的镁合金。对于合金元素含量较高的合金，比较适合这个范围的高端，一般是从约 35℃ 到约 50℃ 和 60℃。

镁合金的双辊铸造所需的过热程度与铝合金所需的相似。对于铝合金的双辊铸造，过热程度为合金液相线以上约 20℃ 到 60℃，通常是约 40℃，而本发明中添加元素含量低的镁合金为 15℃ 到 35℃，添加元素含量高的镁合金为 35℃ 到 50℃ 和 60℃。尽管存在这种相似性，但两个明显不同类型的铝合金和镁合金之间的重要不同之处，特别是合金元素含量较高的镁合金，在于液相线与固相线温度之间的各自温度范围。因此，虽然铝合金的通常液相/固相温度范围为约 10℃ 到 20℃，但至少是合金元素含量较高的镁合金的较常见范围是约 70℃ 到 100℃，完全超出铝合金的范围。即使铝合金和镁合金的凝固范围相似，例如合金元素含量较低的镁合金，这些镁合金也具有远比铝合金好的铸造性。

在合金元素含量较高的镁合金的双辊铸造中，熔融合金的完全凝

固必须控制在喷嘴出口与辊咬入区之间的较窄区域内。考虑到这点，令人意外的是，过热明显超过合金液相线是适合的。可以理解的是，这种明显过热增大了使合金完全凝固需要从熔融合金中散发的热量。另外，镁合金比较宽的液相线/固相线温度范围，例如合金元素含量较高的镁合金，也使完全控制凝固变得困难。但是，一般地，只要在从辊中轧出的合金带的表面温度处于所需范围内的条件下进行铸造，就可以实现所需控制。特别是，需要从辊中轧出的合金带的表面温度低于约 400℃。

对于镁合金的双辊铸造，再次说明，熔融合金的凝固必须控制在喷嘴出口与辊咬入区之间的较窄区域内。这个区域的宽窄程度对于合金元素含量较低的合金以及合金元素含量较高的合金是不同的。尽管如此，并且较低程度的过热适合于合金元素含量较低的合金，但这些合金的过热程度是令人意外的，这即使可以接受，但较窄的凝固范围是适用的。再次说明，只要在从辊中轧出的合金带的表面温度低于约 400℃的条件下进行铸造，就可以实现所需控制。但是，对于合金元素含量低的合金，优选的温度是基本低于 400℃，例如约 180℃到约 300℃。

如上所述，带的表面温度低于约 400℃是必需的。但是，需要低于此温度值的程度随合金元素含量而变。对于合金元素含量较高的镁合金，为得到具有高表面质量的无裂纹带材，需要从辊中轧出的合金带的表面温度为约 300℃到 400℃。对于合金元素含量较低的镁合金，为得到具有高表面质量的无裂纹带材，需要从 300℃到约 180℃的较低表面温度。

随着温度逐渐升高，裂纹、表面缺陷和最终过热点等缺陷增多。但是，从辊中轧出的带达到此温度就需要非常高程度的热量吸收，特别是合金元素含量较低的合金。可以理解的是，吸收热量需要匹配过热产生的热量，越过合金液相线和固相线之间温度范围所需的热量，以及满足表面温度明显低于固相线的要求。但是，表面温度达到 180℃到 400℃的全范围取决于所用合金的固相线温度。它将随着带厚度

增大而下降，因为表面温度在带中心升高到固相线以下的适当温度。

上述带表面温度的上限 400℃ 处于铸造镁合金固相线温度以下约 40℃ 到 190℃ 的水平上。为了保证带中心的温度处于适当的大小，表面温度优选地不低于所用合金固相线温度以下约 85℃。这个要求不仅是简单地保证带全部凝固，而且，要保证合金带整个厚度上具有足够强度，用于在施加于辊上的所需单位载荷下得到没有裂纹或表面缺陷的产品。

要求在生产镁合金时使表面温度达到低于 400℃ 的上述范围，是区别本发明工艺与生产铝合金带工艺的特征。对于铝合金，仅需要带在整个厚度上凝固，使带中心达到刚低于固相线温度。在这种条件下，铝合金带具有足够强度，使其能够热轧。但是，对于镁合金带，需要所有厚度基本上足够低于固相线温度，以便将带热轧。

单位载荷的大小是本发明与生产铝合金带工艺明显不同的另一个特征。本发明镁合金工艺中作用在辊上的单位载荷是每毫米辊长度上约 2kg 到约 500kg。优选的范围是 100 到 500kg/mm。但是，此范围可以低到约 2 到约 20kg/mm，因此本发明工艺中的单位载荷比双辊铸造生产铝合金所用的单位载荷低一个数量级以上。对于铝合金，通常使用约 300 到约 1200kg/mm 的单位载荷。在每种情况下，得到的热轧合金移动到并穿过辊的咬入区。铝合金所用的单位载荷大小造成热轧时厚度减小约 20% 到约 25%。相反，本发明所需的单位载荷造成生产镁合金带时厚度减小约 4% 到约 9%。

由于合金带表面温度范围为 180℃ 到 400℃，所施加的载荷以及得到的厚度减小程度便于生产基本没有裂纹并具有好的表面质量的镁合金带。当所施加的载荷以及得到的厚度减小程度较高时，生产基本没有裂纹的带更难以实现，同时表面缺陷也变得更加容易出现。

考虑到液相线/固相线范围并且也为了避免偏析，从熔体吸收热量以及镁合金的凝固进行得相当快。与每个辊表面接触的合金的温度快速下降到固相线以下，但随着凝固进行到形成的带中心，冷却减慢。随着形成的带朝辊之间的咬入区前进，穿过带厚度的表示合金在液相

线温度的纵截面线具有 V 形，V 形指向带前进方向并从合金接触每个辊处开始延伸。表示合金在固相线温度的那些截面线也具有 V 形，V 形也指向前进方向并从那些接触点开始延伸，但 V 形的臂具有较大的坡口角度。因此，合金在液相线和固相线的那些线之间的温度范围在从每个辊表面到形成的带的中心这段距离的方向上增大。但需要此范围的增大保持在最小值。一般可以发现，如果从辊咬入区出来的带的表面温度低于约 400℃，例如，在 300℃到 400℃范围内，可以实现上述目的。

在喷嘴与辊之间形成的腔室中，平行于穿过辊轴线平面的截面面积减小，在辊之间的咬入区达到最小值，因为辊的表面是弯曲的。喷嘴出口到此平面的距离称为“缩回”。在经过此缩回距离时，出口出来的熔融镁合金在与辊接触之前经过缩回距离的一个短的起始部分。与每个辊的接触是沿其表面的纵向线。出口到每个辊各自接触线的距离取决于形成出口的喷嘴边缘的宽度，喷嘴在辊之间装配的接近程度以及辊的直径。在本发明工艺中，缩回也随辊的直径而改变，对于直径约 185mm 的辊，缩回可以在约 12mm 到约 17mm 的范围内。缩回随着辊直径的增大或减小而增大或减小，例如，对于直径约 255mm，缩回最优选的是约 28 到约 33mm，例如约 30mm。

缩回的起始部分，即从喷嘴出口到合金接触每个辊表面的上述线，取决于辊的直径和缩回。但是，缩回的起始部分使得包括镁合金表面张力和熔体落差的因素能在整个起始部分长度上在每个上和下熔融金属表面保持凸出的半月形。根据得到的带厚度，起始部分可以达到缩回的约 35%，例如从约 10%到 30%，合金的凝固在其余长度部分完成，并在辊咬入区之前完成。从合金凸出弯月面形状与辊接触的线开始，优选地，合金在上下表面之间的完全凝固在缩回的最后 5%到 15%预先完成，随后立即进入辊的咬入区。因此，在所形成的带的整个厚度上合金完全凝固可以在不大于约 50%的缩回距离内完成。但是，从过热温度开始的一些冷却将在喷嘴中以及缩回的起始部分中发生。

本发明镁合金双辊铸造的特征比铝合金的标准做法具有实际的效

益。这与铸造循环开始的启动有关。本发明的程序使启动不超过几分钟，例如本发明是从 0.5 直到 3 到 5 分钟，而铝合金的标准做法长达 50 分钟。

在铝合金双辊铸造的实际做法中，使用 lay-off 启动或 hard-sheet 启动。在 lay-off 启动中，当铸造循环开始时辊的旋转速度超过生产速度，例如超过 40%。熔融合金不能充满喷嘴和较高速度旋转辊之间形成的腔室。这样，虽然宽度逐渐变宽，但仅能得到比所需尺寸较薄和较窄的断板。当得到完整宽度时，辊速度逐渐下降，使板厚度逐渐增大。最终，腔室充满，在生产辊速度下建立稳定运行。

对于 hard-sheet 启动，辊速度开始明显低于生产速度，例如低 40%。低速度使喷嘴和辊形成的腔室充满，并快速开始生产完全厚度和宽度的“hard sheet”。辊速度逐渐增大到生产辊速度下的稳定运行。

对于双辊铸造铝合金的这些标准做法形式中的每一种，达到生产辊速度所需的长时间周期回避了对有效和高效温度稳定化的需求。这样，生产过程的启动是过热熔融合金供应到中间包，接着从中间包流到喷嘴。流入的合金逐渐对中间包和喷嘴加热，并且需要长时间达到整个铸造设备的平衡运行温度。

在本发明中可以发现，通过预热中间包或其它输送装置以及喷嘴，可以在短时间内有效达到平衡运行温度。为此，优选地将热空气吹入和流过中间包，接着流过喷嘴从喷嘴出口流出。热空气的温度足以将中间包快速加热到接近所需运行温度，并且可以从约 500℃ 到 655℃，例如从 550℃ 到 600℃。在上述达到的短时间内，将喷嘴加热到足够的温度，此温度在喷嘴出口下降到约 200℃ 到 400℃。例如，当喷嘴具有内部引导构件时，将合金引导到每一出口端，实现沿出口长度均匀的合金流，喷嘴的温度可以在每一出口端达到约 400℃，因为热空气被引导构件阻挡，在出口的中心区为约 200℃。

本发明工艺中使用的预热平衡运行温度的建立不超过几分钟，例如约 3 到 5 分钟。这样，lay-off 过程存在熔融合金流过辊咬入区之前未凝固的严重危险，从而对于镁合金，存在严重的着火危险。而且，

hard-sheet 过程更容易保证所有合金经过辊之前凝固，由于增大了熔融合金从喷嘴与辊之间的腔室涌出的可能性而存在着着火危险。本发明避开对铝合金双辊铸造所用延迟启动程序的需求，因为建立温度平衡所需的短时间使启动接近于全运行辊速度。这样，能快速建立全厚度、全宽度板或带的输出。

在双辊铸造过程中，根据本发明，可以发现从辊咬入区或辊缝输出的带或板的宽度上存在明显温度变化。此变化是带的中心区比边缘区热。此温度变化可高达约 70℃，一般是超过约 20℃。温度变化可以造成称为过热线的表面缺陷，和/或能由于热应力导致带扭曲。类似的温度变化和结果可以在镁合金以外的其它合金中遇到。

我们发现，利用改进形式的喷嘴可以至少减小温度变化。改进喷嘴具有顶板和底板，喷嘴出口的横向范围由每块板的各自边缘限定。在至少一块板的中间区域，其边缘相对于边缘的末端区缩回。边缘的中间区的长度和位置对应于铸造带或板的中间区。虽然每块的中间区可以缩回，但优选地仅是顶板具有这种缩回的中间区。

优选地，缩回在中间区基本上是均匀地，但缩回也可以是弯曲的弧形。缩回优选地小于约 7mm，例如从 2mm 到 4mm。对准所述带上较高温度区域的这种缩回非常有用，能明显减小或消除带宽度上的温度差。因此，减少或阻止了过热线，同时减小或阻止了带的扭曲。

由此表明，对于镁合金的双辊铸造，有几个问题需要解决。第一个问题是氧化和着火的危险。本发明并不回避需要使用基于适合熔渣和气氛建立的程序。相反，这可以进一步减小上述危险。因此，本发明提供的有效启动程序基本避免了熔融合金在经过辊之前未完全凝固而产生的着火危险，或者避免了熔融合金从喷嘴与辊之间腔室涌出。而且，约 2 到 500kg/mm 的低轧制载荷和相应的低轧制压下量，以及有限的过热线和辊之间咬入区之前的快速凝固，进一步减小了熔融合金经过咬入区并且裂纹或表面缺陷暴露于大气中的危险。

如上所述，本发明不回避需要使用适合的气氛控制着火危险，但本发明重要的优选形式提供对建立程序的改进。对于着火控制，通常

的做法是使用六氟化硫在干燥空气中的混合物。SF₆/干燥空气不适合于铝含量高的镁合金，同时在铸造启动或结束时不总是可靠。在每种情况下，我们发现在混合物中加入百分之几的氢氟碳化物，例如约 2 到 6%（体积百分数），可以得到明显改进，特别优选的是 1,1,1,2-四氟乙烷，用符号 HFC - 134a 表示。但是，可以使用具有或没有 SF₆/HFC-134a 的其它气体。

在铸造操作过程中保持 SF₆/干燥空气或其它适合气氛的保护气氛，用于防止着火的风险。当铸造的合金是一种上述混合物提供有限保护的合金时，提供的混合物也含有氢氟碳化物，优选的是 HFC - 134a。这明显提高了防止着火风险的作用。但是，对于 SF₆/干燥空气普遍有效的合金，一般需要在启动时的短时间内以及铸造操作结束时增加氢氟碳化物。

过早凝固的问题，由于镁合金具有好的铸造性，可以通过快速建立平衡操作温度和高速度得到基本解决。对其产生影响的主要因素是诸如上述的预热，以及快速达到轧制速度，和其它的操作条件。

在具有高合金元素含量的、宽凝固范围的镁合金中出现的困难可以由本发明的特征解决，还便于增强本发明生产的镁合金带的物理性能。这里存在与这些问题相关的很多相关特征。

对于铝合金，通过熔融合金与辊表面之间好的接触质量可以达到快速凝固，其中好的接触质量是由于大的轧制压下量为约 20%到 25%。但是，对于镁合金，这种大小的轧制压下量不适合，因为它将造成表面缺陷，如表面裂纹。凸出的弯月面形状使熔融镁合金保持与每个辊最佳接触，并建立均匀凝固前沿，可以进行充分的快速凝固。凸出的弯月面形状是由本发明所需的大熔体落差实现的，而合金与辊的接触仍被避免诸如裂纹的表面缺陷所需的低轧制压下量增强。对于铝合金，大的轧制压下量以及小的熔体落差（如果存在）不能形成凸出的弯月面形状，而是得到凹下的或在凹与凸之间变化的弯月面形状。

利用本发明为生产镁合金带而使用的快速凝固，可以发现能达到很多实际的效益。因此，带的组织中，初生镁的二次枝晶臂间距减小

到约 5 到 15 μm ，而传统铸造技术得到的镁合金组织为 25 到 100 μm 。这种细化导致金属间化合物二次相的均匀分布，从而便于通过带的冷加工提高力学性能。

而且，快速凝固将金属间化合物二次相的颗粒尺寸细化到约 1 μm ，而传统铸造技术得到的镁合金微观组织高达约 25 到 50 μm 。这种细化减小这些颗粒附近的裂纹生成，还便于通过带的冷加工提高力学性能。

通过调节开始凝固到凝固结束时直到带厚度中部的冷却速率，可以控制快速凝固，在形成的带的整个厚度上得到 α 镁枝晶的等轴生长。这与诸如晶粒细化的熔体处理一起，将有害的中心线偏析减小到最低程度，同时保持铸态镁合金带的完整性。这对于铝合金双辊铸造不是一个问题，因为 α 铝枝晶总是柱形的，这些合金中没有偏析问题。

另外，本发明生产的镁合金非常适合于控制其组织和性能的过程。因此，可以对铸态带进行热轧和最后热处理，细化得到的最终制品的组织并增强其力学性能。一些应用的典型要求是细化初生镁晶粒尺寸，并显著均匀化纵向和横向的性能。我们进行了一次或两次纵向冷轧道次，然后是适合的热处理，可以通过再结晶细化初生镁晶粒。而且，在一次或两次纵向冷轧道次之后都施加受控的横向应变，使初生晶粒细化，并且明显均匀化纵向和横向的力学性能。

对于操作成本，可以理解的是，达到稳定凝固和在几分钟内建立生产是特别重要的。建立稳定的热分布在这一方面具有重要性。在带生产过程中充分的镁熔体保护减小了操作之间的准备时间，并允许节约成本的小型或中型操作。

附图说明

为了更好地理解本发明，下面将参考附图进行说明。在附图中：

图 1 示意性表示本发明使用的双辊铸造设备；

图 2 和 3 分别以侧剖视图和俯视图表示图 1 设备的中间包/喷嘴结构；

图 4 和 5 分别以侧视图和部分俯视图表示图 1 设备的喷嘴/辊结构；

图 6 到 8 表示适合于图 1 设备的另外模块喷嘴结构；

图 9 表示与图 1 设备使用的铝合金凝固相关的放大细节；

图 10 表示适合于本发明使用的喷嘴的改进形式；

图 11 是沿图 10 的线 XI-XI 的剖视图；以及

图 12 对应于图 10，但表示另一种形式的喷嘴。

具体实施方式

在图 1 示意性图示中，设备 10 具有持续供应熔融镁合金的熔炉 12 以及中间包 14。合金可以在需要时从熔炉 12 经过输送管 16 流到中间包 14，此结构可以操控，用于保持中间包 14 中基本稳定的合金落差（head of alloy）。溢出的合金通过管道 18 从中间包 14 流出，收集在容器 20 中。熔炉 10、中间包 14、容器 20 和管道 16 中的每一个都有各自的入口接头 22，由此可以从适当的来源（未图示）供应如前所述维持保护性气氛的气体。熔炉 12 和容器 20 中的每一个具有出口接头 24，由此气体可以排出流到回收容器（未图示）。

图 2 和 3 表示用作中间包 14 的一种类型中间包 26。中间包 26 具有前和后壁 26a 和 26b，侧壁 26c 和底 26d，这些壁一起形成腔室 28。中间包 26 还有盖（未图示）和横向隔板 30，隔板 30 在壁 26c 之间延伸，但其下边缘与底 26d 隔开。隔板 30 将腔室 28 分成后部分 28a 和前部分 28b。

设备 10 还包括喷嘴 30 和辊结构 32。喷嘴 30 从中间包 26 的壁 26a 向前延伸，进入结构 32 的上辊 32a 和下辊 32b 之间的间隙。辊 32a、32b 沿水平延伸，并垂直分开，在二者之前形成咬入区或辊缝 34。结构 32 还包括在辊 32a、32b 远离喷嘴 30 一侧的输出台或输送机 35。

图 2 和 3 的结构以及图 4 和 5 的结构表示喷嘴 30 的另一种形式。其中对应的零件具有相同的参考数字。在每种情况下，喷嘴 30 具有水平放置的、垂直隔开的上板 36 和下板 37 以及相对的侧板 38。合金流动空腔 39 穿过喷嘴 30，并且由水平板 36、37 和侧板 38 围成。中间包 26 中的合金能经过中间包 26 前壁 26a 的开口 40 流入喷嘴 30，合金能从位于板 36、37 远离中间包 26 的边缘的长出口 42 排出到辊 32a、32b 之间。如图 2 和 4 的更清楚表示，板 36、37 和侧板 38 是逐渐变

窄的，从而能延伸到靠近每个辊 32a、32b。但是，出口 42 从含有辊 32a、32b 轴线的平面 P 缩回，从而在喷嘴 30 与辊 32a、32b 之间形成一个腔室 44。

使用设备 10 时，先将中间包 26 和喷嘴 30 预热到如前所述的温度。为达到此目的，热气枪 46(如图 2 和 3 所示)可以插入中间包 26 的后壁 26b 的开口 48。当达到所述温度时，枪 46 缩回并关闭开口 48。接着将熔融合金从熔炉 12 沿管道 16 流入中间包 26。中间包 26 中的合金在线 M 代表的水平面上方保持在所需水平，如图 1 和 2 中虚线 L 所示，其中线 M 穿过喷嘴出口 42 和辊 32a、32b 的咬入区或辊缝的中心。通过如前所述保持适合的气氛使熔融合金受到保护，提供保护的气体供应到接头 22。气氛的压力保持在略高于大气压，并从接头 24 收集溢流出来的气体。

从中间包 26，合金在控制速率下流过开口 40 到达喷嘴 30 的空腔 39。合金从空腔 39 经过出口 42 整个长度排入腔室 44 中，接着流过辊 32a、32b 之间的咬入区或辊缝 34。辊 32a、32b 是内部水冷的，并沿箭头 X 所示的各自方向一致地旋转。熔融合金由于辊 32a、32b 的冷却作用而在腔室 44 中逐渐凝固，形成镁合金带 50(如图 9 所示)沿台子 35 移动。如图 4 和 5 所示，台子 35 可以在靠近辊 32a、32b 的边缘附近具有开口 35a，由此加压气体能供应到带 50 的下表面，进一步冷却带材并协助其在台子 35 上运动。

图 6 和 7 表示另一种结构，其中喷嘴 30 的板 36、37 是由两个相似的模块 30a 和 30b 代替。每个模块可以从各自的中间包 26 接收熔融合金，而每个中间包通过公共管 16(图 6)或各自的管 16(图 7)从熔炉 12 接收合金。

图 8 与图 6 相似，但不是一对模块通过公共管 16 接收合金，而是有两对模块，每对模块具有其模块公用的相应管道 16。

现在看图 9，其中表示了平面 P 和 M。平面 N 平行于平面 P 并经过喷嘴 30 的出口 42，平面 P 与平面 N 之间的距离 S 限定了腔室 44 的水平范围。此距离称为缩回(set-back)，而平面 M 上面的线 L 的

高度（见图 1 和 2）称为熔体落差。如前所述，缩回、熔体落差、辊 32a、32b 的旋转速度以及辊 32a、32b 对合金施加的载荷是可控的，从而对于给定的辊直径达到所需的合金流速。这些参数和从合金吸收热能的速率是可控的，从而在出口 42 与在每个辊 32a、32b 的各个接触 52a、52b 之间，熔融合金形成 54 所示的凸出弯月面形状。通过与每个辊 32a、32b 的接触，从接触 52a、52b 连线开始，合金的表面完全凝固。但是，在线 56a、56b 上游合金基本是完全熔化的，而线 58a、58b 下游合金基本完全凝固，在这两套线之间合金仅是部分凝固的。每套线在合金/带运动方向 D 汇聚的相对速率，决定合金从其接触每个辊 32a、32b 的表面到平面 M 凝固的速率。线 58a、58b 在平面 M 的汇聚点代表基本完全凝固，如前所述，这是在合金到达咬入区或辊缝 34（即，平面 P）之前完成的。

图 10 和 11 表示具有顶板 136、底板 137 和侧板 138 的喷嘴 130。板在其向前的边缘形成长的喷嘴出口 142。底板 137 具有向前的在板 138 之间线性延伸的边缘 137a。在一个通常的结构中，顶板 136 将具有对应的边缘，但具有这种通常结构的铸造带的中心区比边缘区热。为了避免这种情况，顶板 136 的边缘具有中心区 136a，从其各自边缘区 136b 向后凹陷。这种结构，如前所述，使铸造带整个宽度的温度变化减小，从而减小或避免了这种变化的不良后果。

由图 10 和 11 和描述将理解图 12 所示的结构。在这种情况下，顶板 136 的前边缘在边缘区 136b 之间的两个中心区 136b 缩回，在两个区域 136a 之间形成中间区 136c。此结构适合于板 136、137 之间的内隔板产生的更加复杂的温度变化。在图 11 的情况下，可以有两个中心隔板，趋于形成两个中心热区，这两个中心热区被一个中间区隔开，中间区的温度在热区和较冷的边缘区之间。

最后，可以理解的是，在不偏离精神或范围的情况下，可以对上述的零件结构和设置进行不同的替代、修改和/或增加。

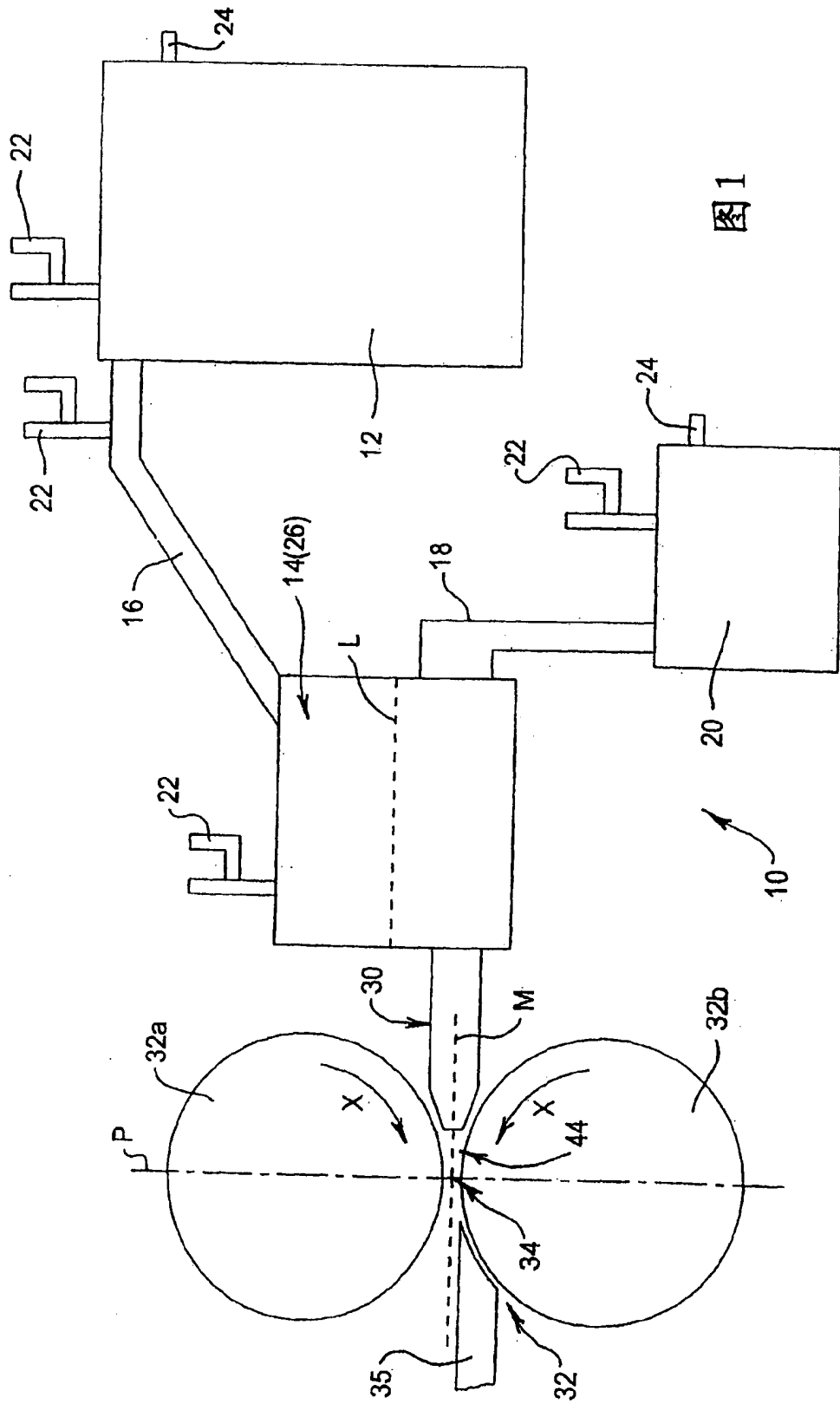


图1

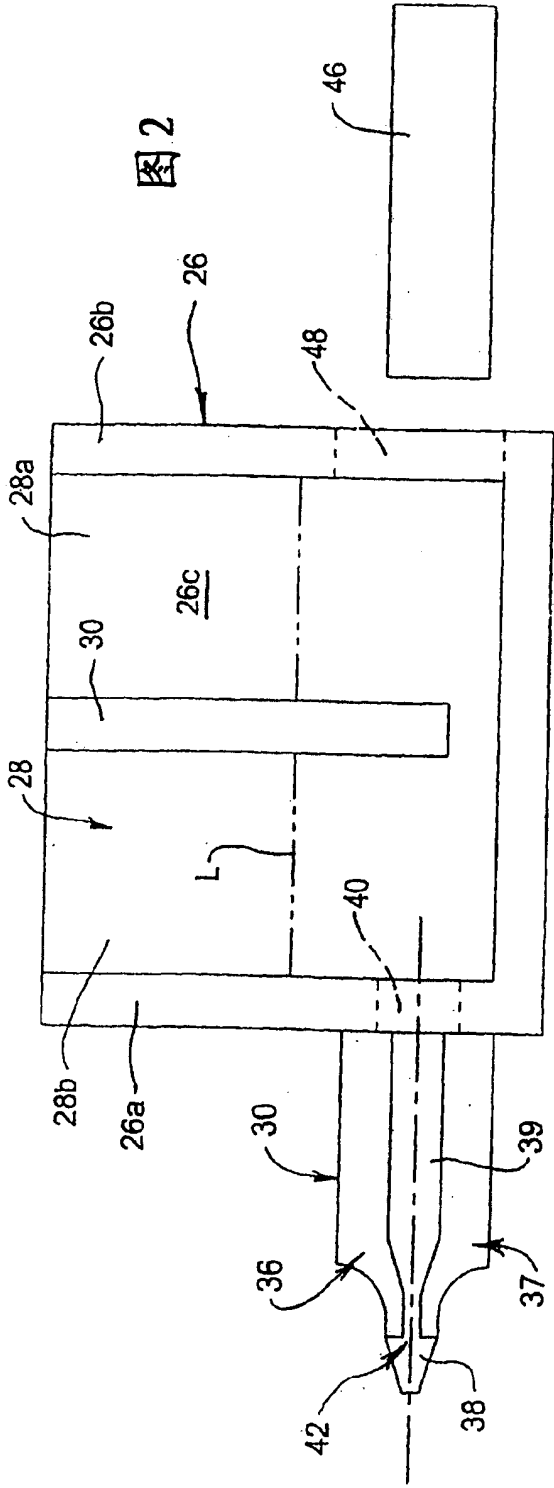


图 2

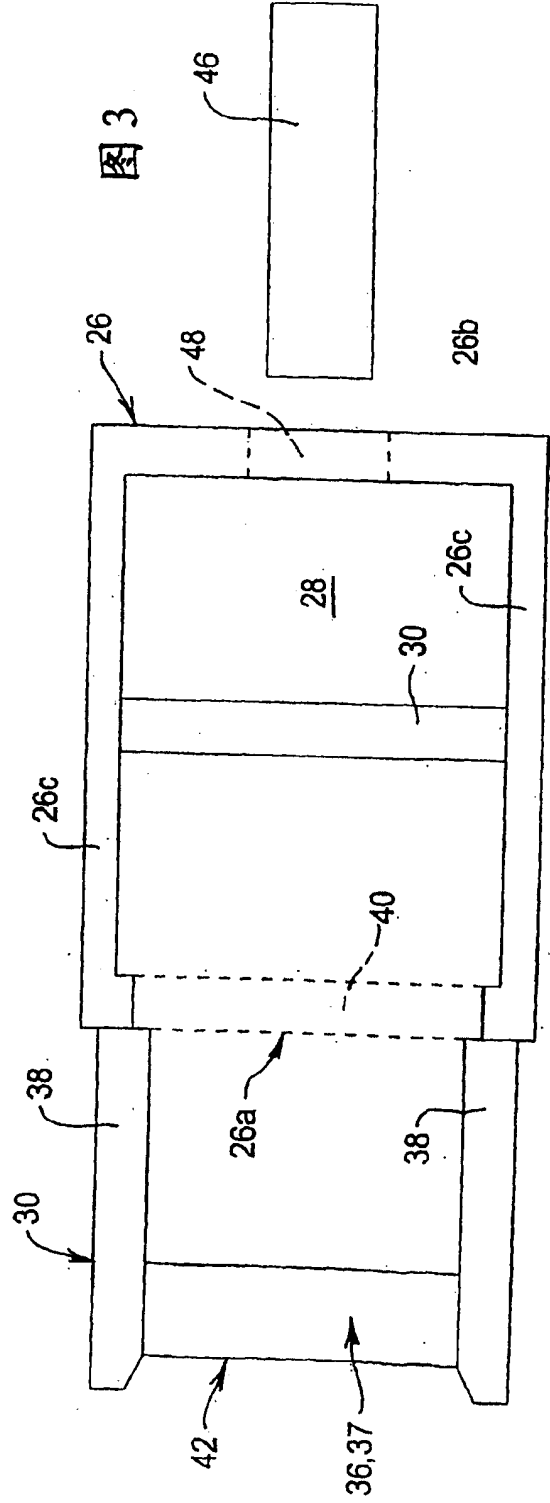


图 3

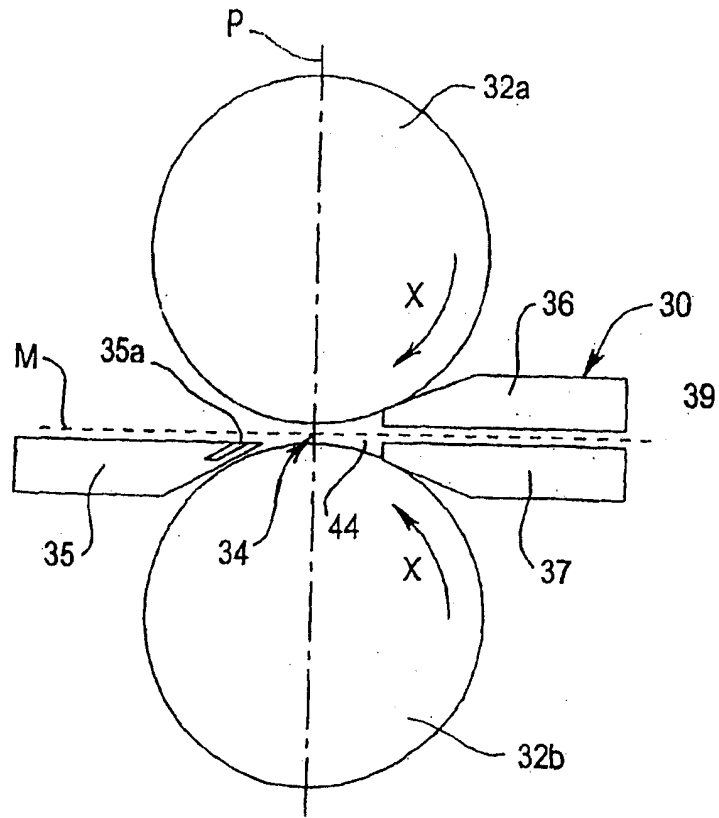


图 4

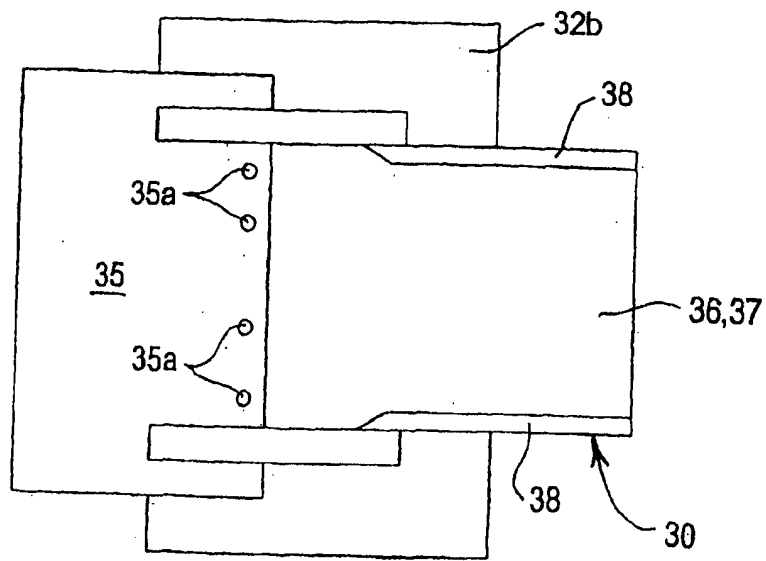


图 5

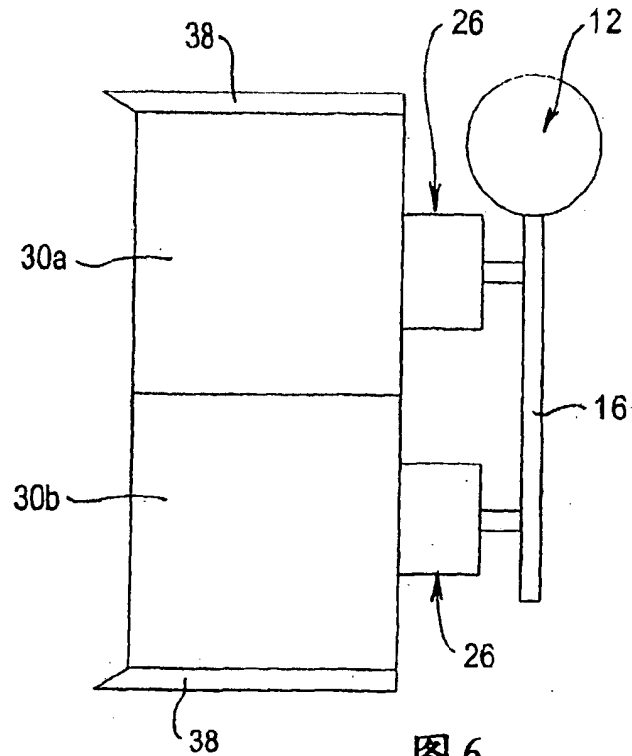


图6

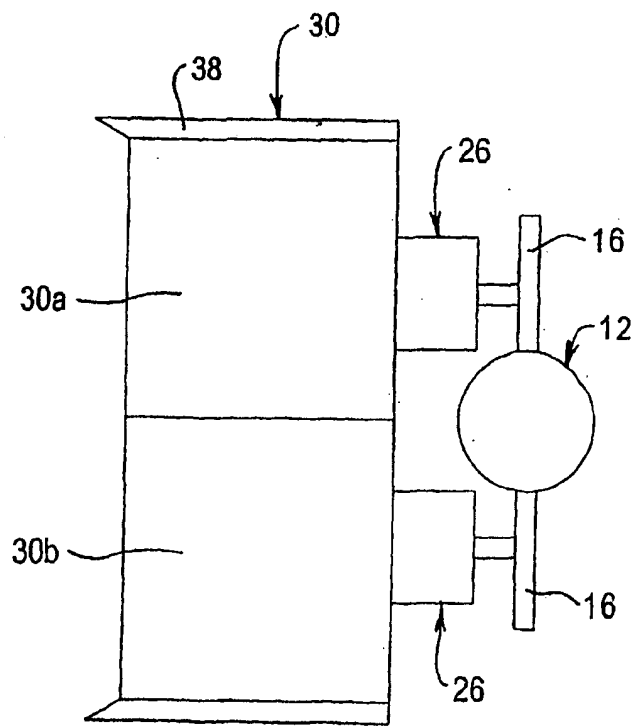


图7

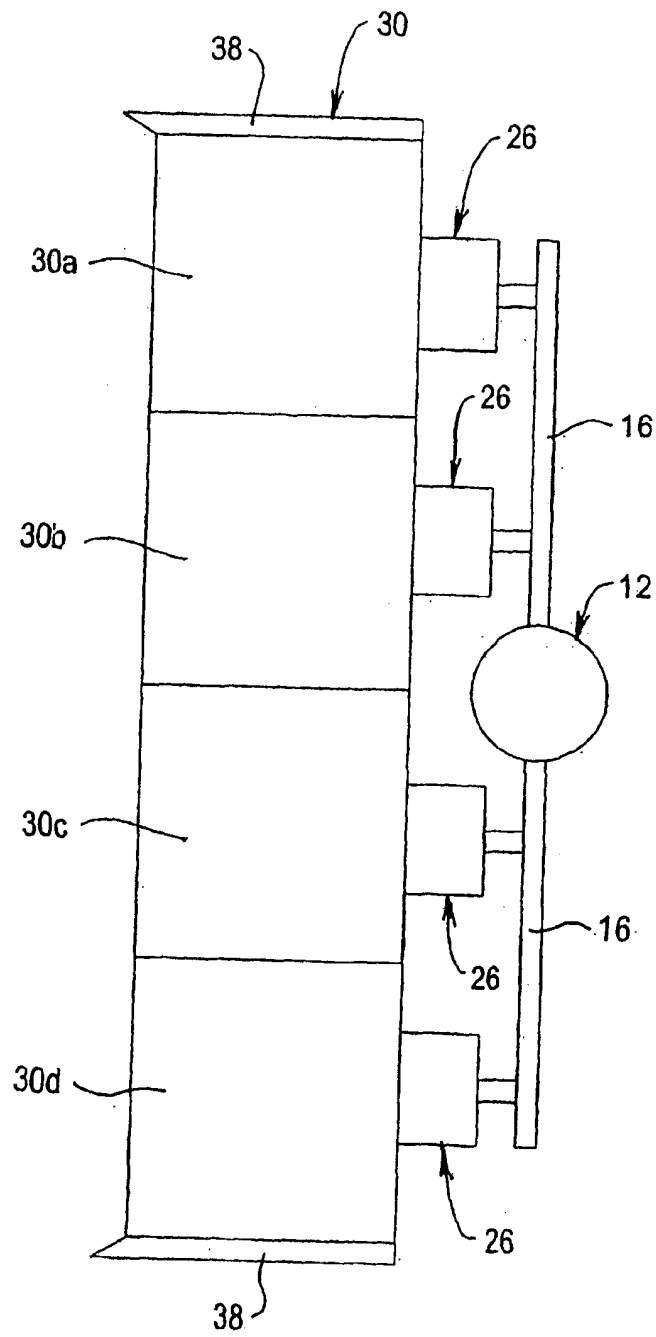


图 8

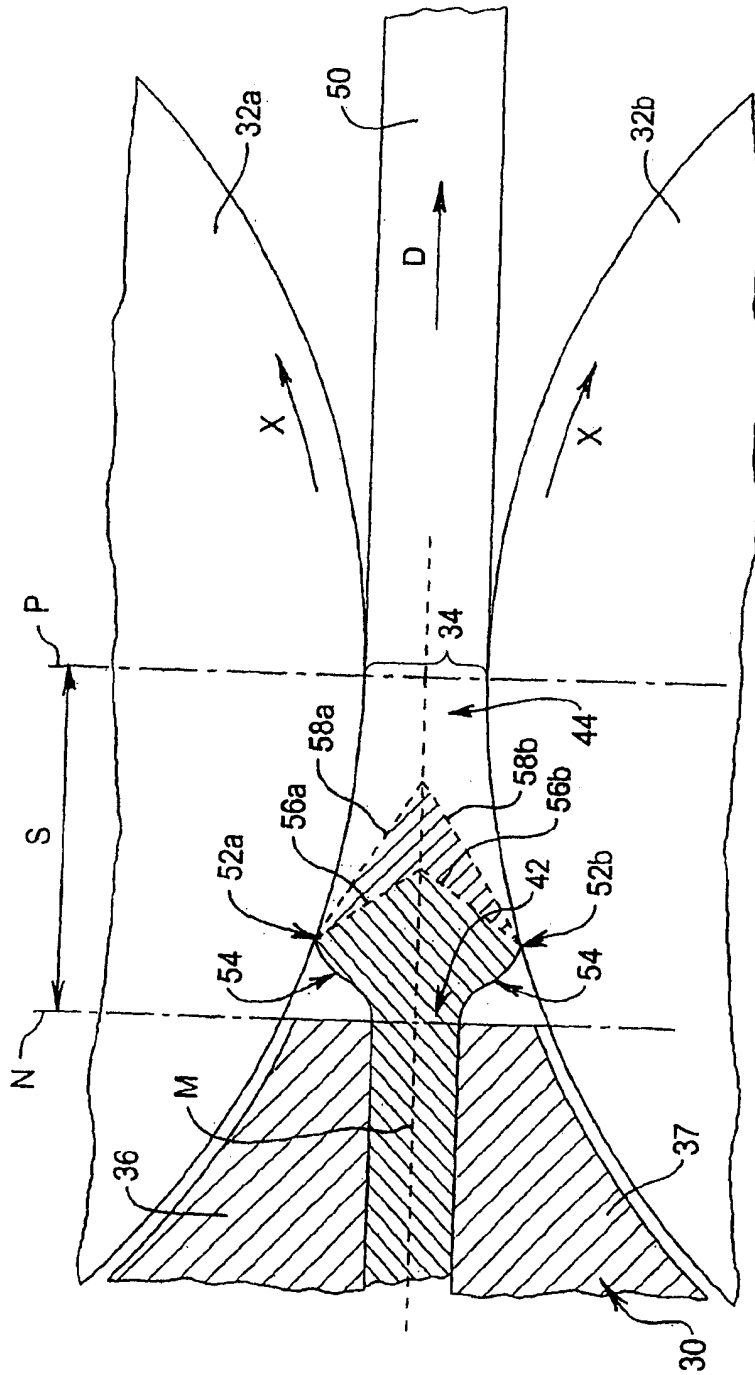


图9

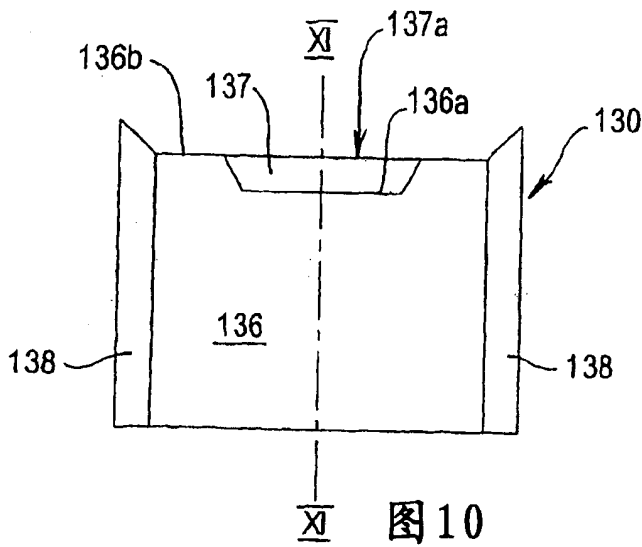


图 10

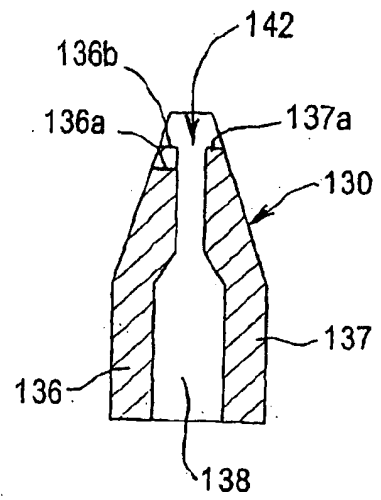


图 11

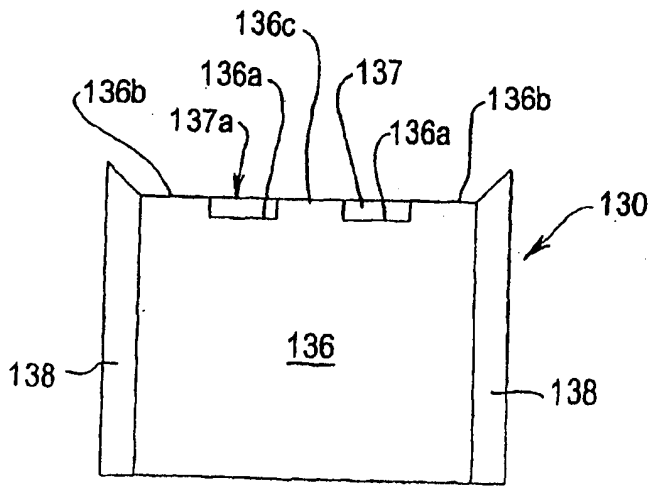


图 12