



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 88107739.9

[51] Int.Cl⁴

B22D 11/06

[43] 公开日 1989年10月18日

[22] 申请日 88.11.7

[30] 优先权

[32] 87.11.9 [33] US [31] 118,404

[71] 申请人 哈茨来特带钢公司

地址 美国佛蒙特

[72] 发明人 杰罗姆·B·阿兰

沃吉克·茨克茨皮尔斯基

J·F·贝里梧德

廉姆斯·G·维拉

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利

代理部

代理人 吴大建

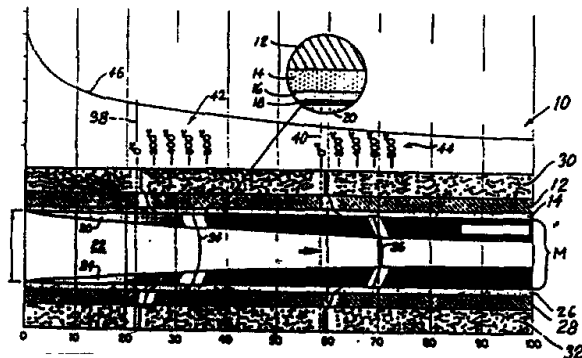
说明书页数: 26

附图页数: 5

[54] 发明名称 一种改善连续铸机的具有永久性透气多孔隔离覆盖层的薄回转环状挠性铸造带的性能和平面度的方法以及铸造带的组合物

[57] 摘要

一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法,其带式铸模中至少有一个运动的模壁是由薄的环状挠性金属铸造带组成,其改进的特点为:在被铸金属(M')与该铸造带(12, 28 或 50)之间具有一层含氮的混合气体(18A),该含氮混合气体所含氮的体积百分数可以有效地增强其传热效果,而且该混合气为惰性。



权 利 要 求 书

1. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其带式铸模中至少有一个运动的模壁是由薄的环状挠性金属铸造带组成，其改进的特点为：在被铸金属（M'）与该铸造带（12、28或50）之间具有一层含氮的混合气体（18A），该含氮混合气体所含氮的体积百分数可以有效地增强其传热效果，而且该混合气为惰性。

2. 按权利要求1所述的一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸造金属铸件的方法，并且还具有以下特点：上述可以有效地增强其传热效果的氮体积百分数足以减少铸造带（12、28或50）的热变形，并足以在尺寸和形状都一样的活动铸模（10A、10B或10C）中实现更高的生产率。

3. 一种由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按权利要求1所述，并且还有以下的特点：所述含氮混合气体（18A）含有至少8%（体积）的氮气。

4. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法中，其改进按权利要求1所述，并且具有以下的特点：所述铸造带（12、28或50）具有永久性的多孔隔离覆盖层（14），其面向被铸金属（M'）的一面有透气性孔隙且所述含氮混合气体（18A）含有至少8%（体积）的氮气。

5. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按权利要求1所述，并且具有以下的特点：所述挠性铸造带（50）是由最少含85%（重量）铜的高铜合金制成，且在该

铸造带的面向被铸金属 (M ') 的一面上牢固地粘上永久性隔离复盖层 (1 4) , 该层有透气性孔隙。

6 . 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法, 其改进按权利要求 2 所述, 其特点为: 所述含氮混合气体 (1 8 A) 含有至少 8 % (体积) 的氮气。

7 . 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法, 其改进按权利要求 2 所述, 其特点为: 所述含氮混合气 (1 8 A) 含有至少 1 5 % (体积) 的氮气。

8 . 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法, 其改进按权利要求 2 所述, 其特点为: 所述的薄的挠性带 (5 0) 的宽度最少为 1 4 英寸 (3 5 6 m m) , 并由最少含有 8 5 % (重量) 的铜的高铜合金制成, 且在该铸造带的面向被铸金属 (M ') 的一面上牢固地粘上永久性隔离复盖层 (1 4) , 该层有透气性孔隙。

9 . 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法, 其改进按权利要求 4 所述, 并且还具有以下特点: 在上述复盖层 (1 4) 与运动铸造带之间有间隙的某个位置上引入含氮混合气, 该含氮混合气为惰性, 且由于熔融金属 (2 2) 进入带式铸模而使该含氮混合气膨胀而由透气性孔隙中逸出, 并在被铸金属 (M ') 与铸造带 (1 2 、 2 8 或 5 0) 之间形成含氮气膜 (1 8 A) 。

1 0 . 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法, 其改进按权利要求 9 所述, 并且具有以下特点: 上述使含氮混合气由透气性孔隙中膨胀出来以形成含氮混合气膜是通过在熔融金属 (2 2) 进入运动带式铸模中之前在永久性的铸造带复盖层 (1 4)

上涂敷一干燥多孔性涂敷层(16)实现的。

11. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按权利要求4、9或10所述，并且还具有以下特点：所述宽而薄的挠性铸造带(50)是由最少含有85%(重量)铜的高铜合金制成的。

12. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按前述各权利要求条款中之任一条款所述，并且还具有以下特点：确定金属铸件(M')由运动带式铸模(10A、10B或10C)离开时的预定的要求温度范围(desired predetermined range of temperature)，用传感器读出由运动带式铸模出来的金属铸件的温度并控制所述混合气体(18A)中的氮体积百分数以便使金属铸件的温度保持在该预定的要求温度范围内。

13. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按权利要求12所述，其特点为：采用传感器读出由运动带式铸模出来的金属铸件(M')的表面温度，其测量点沿该表面宽度方向分布，确立这些检测点的预定要求温度范围，控制所述混合气体(18A)的氮体积百分数，以便使表面上各检测点的温度都控制在预定的要求温度范围之内。

14. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，在该铸模中有一进口，其铸造带在该进口处进入模内，同时熔融金属也在该进口处进入模内，其改进按前述各权利要求条款中之任一条款，其特点为：在该入口处充满干燥的含氮混合气，该混合气为惰性且达到可有效地增强传热效果的氮体积百分数。

15. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按前述各权利要求条款中之任一条款所述，其特点为：所述铸造带（50）由具有杨氏弹性模量范围约为 $1.5 \sim 1.8 \times 10^6$ 磅/英寸²（约 $10.3 \sim 12.4 \text{ N/cm}^2$ ）的材料制成。

16. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按前述各权利要求条款中之任一条款所述，其特点为：该混合气体中除氮之外的气体主要为氦气。

17. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按前述各权利要求条款中之任一条款所述，其特点为：该混合气体中除氮之外的气体主要为氩气。

18. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按前述各权利要求条款中之任一条款所述，且该运动带式铸模具有第一和第二两条铸造带，两带对置，金属铸件在两带之间成形，其改进之特点为：金属铸件（M'）的第一表面和该第一铸造带（12或50）之间有第一含氮混合气体（18A）层，金属铸件（M'）的第二表面和该第二铸造带（28或50）之间有第二含氮混合气体层，该第一和第二含氮混合气体层中均为惰性混合气且均达到可有效地增强其传热效果的氮体积百分数，采用传感器读出由该二铸造带之间出来的金属铸件的第一和第二表面的温度，预先确定所要求的该第一表面温度和该第二表面温度之间的关系，控制该第一和第二混合气体层的混合气体以保持上述要求的温度关系。

19. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按权利要求18所述，并且还具有以下特点：在双带

式连续铸造机中，该第一铸造带为上部铸造带（12或50）而该二铸造带为下部铸造带（28或50），其第一混合气层中之氮体积百分数大于第二混合气层。

20. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按权利要求18所述，并且还具有以下特点：所述第一铸造带为上部铸造带（12或50），所述第二铸造带为下部铸造带（28或50），所述介于下部铸造带与被铸金属（M'）的第二表面间的第二含氮混合气为氮与一种重于空气的惰性气体组成。

21. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按权利要求20所述，其特点为：该重于空气的气体为氩气。

22. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按权利要求20所述，其特点为：该重于空气的气体为二氧化碳。

23. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按权利要求12、13、18、19、20、21或22所述，其特点为：对所述气膜中的氮含量的控制包括下述步骤：调整该混合气中氮的体积比例，使混合气中至少有一种惰性气体为氮气，氩气和二氧化碳中之一种，且该混合气中氮的体积百分数不少于8%。

24. 在一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法中，该铸模中至少一个运动壁面是由薄的环状挠性金属铸造带组成，其改进之特点为：采用具有永久性多孔透气性隔离复盖层（14）的铸造带（12、28或50），其复盖层在铸造带面向被

铸金属的一面上且具有含氮混合气(18A)，该含氮混合气达到足以有效地增强其传热效果的氮体积百分数。

25. 一种直接由熔融金属在运动带式铸模中连续铸成金属铸件的方法，其改进按权利要求24所述，并且还具有以下特点：该含氮混合惰性气含有足量的氮使凝固速率增大，以改进铸件的冶金状态，使之优于在不具有永久性透气孔隙的同类带式铸模中在没有上述含氮混合气体情况下的铸件。

26. 一个用于直接由熔融金属在连续铸造机中连续铸成金属铸件的宽而薄的环状挠性铸造带，其特点为：该铸造带(50)的材料为含铜不少于85%（重量）的高铜合金。

27. 按权利要求26所述的宽而薄的环状挠性铸造带，并且还具有以下特点：该铸造带(50)上粘有永久性的隔离复盖层(14)，其复盖层具有透气性孔隙。

28. 一个用于直接由熔融金属在连续铸造机中连续铸成金属铸件的宽而薄的环状挠性铸造带，其特点为：该铸造带(50)是由具有杨氏弹性模量范围在 $15 \sim 18 \times 10^6$ 磅/英寸² ($10.3 \sim 12.4 \times 10^6$ N/cm²) 的金属材料制成。

29. 按权利要求28所述的宽而薄的环状挠性铸造带，并且还具有以下特点：该铸造带(50)上粘有永久性的隔离复盖层(14)，其复盖层具有透气性孔隙。

一种改善连续铸机的具有永久性透气多孔隔离复盖层的薄回转环状挠性铸造带的性能和平面度的方法以及铸造带的组合物

本发明与加强薄而宽的回转挠性带表面及带中的传热效果有关。该挠性带用以形成各种黑色和有色金属连续铸造机中的运动模壁，其正面即面向被铸金属的一面具有永久性多孔隔离复盖层，该复盖层具有透气性孔隙，按所列专利号 4 5 8 8 0 2 1 专利之规定。更为具体地说，本发明是以通过增大和控制被铸金属向铸造带传热的传热率，使之更加均匀并能稳定在较高的传热率值上的方法来实现提高带的平面度的，改善传热又是通过在被铸金属与铸造带之间形成一含氮气膜达到的，该气膜与被铸金属不产生反应。在某些实施方案中，采用铜或铜合金铸造带以增强传热效果和改善带的平面度。金属的凝固可以稳定在较高的凝固速率下进行，其铸件的冶金状态和外观均有所改进。

在先前所采用的工艺中，力图使连续铸造机中铸造带上的熔融金属与铸造带之间的传热率减小，甚至降为极小，以便保护宽而薄的回转挠性铸造带，以达到使带的扭曲、翘曲、起皱、浪弯、局部凹陷等变形为极小的目的。

为了到达此种目的，在带与金属接触之前，就对双带式铸造机的挠性铸造带进行有控制的升温。同时，还使热流体，例如蒸汽在铸造区域的进口处的空心压辊内进行循环，以提高铸造带的温度。接着，

将用于冷却铸造带的反(内)面的高速冷却液通入带的内表面,使其冷却效果与在熔融金属同铸造带正面相接触的同时刻或仅略早片刻才产生,这一过程为美国专利号4082101专利所申请的内容,在该专利中有所描述。铸造带升温所用的方法及装备为美国专利3937270及4002197所描述及申请。此外,还采用直接蒸汽,在带未进入铸造区前在带的反面进行预热,以便减小带在未进入铸造区和进入之后的温差,从而减少其变形。这种蒸汽预热所采用的方法和装备为美国专利4537243所描述和申请。

为了减少向回转带和移动式边堰中传输热量的传热率,改进它们在承受热应力和机械应力下的耐久性和改善铸造成品,铸造带和边堰的正面复盖有隔离和保护材料,例如在美国专利3871905、4588021和4545423中所描述和保护的那些材料。4588021号专利描述一种具有孔隙率可以调整的单一复盖层,复盖层采用熔接的方法粘于带上,带通常是由低碳钢冷轧而成,其厚度范围约为0.035英寸至0.065英寸。有些带是由含钛的钢制成的,如美国专利4092155所描述,该种钢材在冷轧中产生加工硬化。据信,熔接上的复盖层的孔隙率的可调整特性是需要的而且是很重要的,其意义在于,合适的孔隙率水平,对于复盖带的隔离效果和耐久性能起很大的作用,同时这种透气的孔隙加强了带子在熔融金属中的不浸润性能。据信,对不浸润性的增强主要是由于截留在多孔性复盖层的孔隙中的空气的作用。当熔融金属与具有复盖层的带子接触时,孔隙中的空气受热膨胀而逸出,在熔融金属与复盖层间形成气膜,从而在连续铸造过程中铸件成型的最初时刻也是关键的时刻即固化金属皮形成的时刻,起到阻止熔融金属润湿具有复盖层的带子

的作用。

美国专利 4 4 8 7 1 5 7 及 4 4 8 7 7 9 0 描述并申请了：一种能在宽而薄的环状挠性铸造带上产生隔离保护复盖层的机具、一种往返移动的热喷枪以及可以横向跟踪热喷涂铸造带的系统。

在美国专利 4 5 9 3 7 4 2 及 4 6 4 8 4 3 8 中还描述并申请通过将惰性气体注入模内和使惰性气体散布在运动的模面上以便保护模腔内熔融金属表面免受氧和其它有害气体如氢、水蒸汽、硫的氧化物、碳酸气等的损害的方法和所用器具。在该专利中提到一些惰性的且与被铸金属基本不起反应的适合于作为保护之用的气体如氮、氩、二氧化碳。此外，在专利中还建议，在模内被铸金属下部采用比空气轻的气体，在被铸金属上部采用比空气重的气体。所提到的比空气轻的气体是氮气，它比空气约轻 3%，所提到的比空气重的气体是氩气，它比空气约重 35%。

在双带式连续铸造机中，特别是在那些用于铸造铜的铸造机中，移动式边堰是由将许多开槽的堰块悬挂于挠性金属带的全长上而构成的，各堰块均可沿着带自由滑动。这些堰块在一冷却室内通过可控冷却液的喷洒而使之冷却，冷却后的堰块温度要进行测量，然后在堰块返回铸造区之前要涂敷隔离材料。这些堰块希望用青铜合金来制造，青铜合金比以往在铸铜中所用的镍铬钢具有更好的抗热裂的性能和更好导热性能。所用的青铜合金是 Usines a Cuivre et a Zinc de Liege 的商用名称为“Bronze Corson”的材料，其组分为：Ni：1.5~2.5%，Si：0.4~0.9%，Fe：0.1~0.3%，Cr：0.1~0.5%，余 Cu。由这种材料制成的堰块可将铸造铜棒（成品）两侧面的热量迅

速传走。这种采用“Bronze Corson”合金堰块连续生产铸铜棒的方法和设备，在美国专利4 1 5 5 3 9 6中描述并为该专利的保护内容。

铸造带的扭曲、翘曲、起皱、浪弯、局部凹陷等变形问题在靠近铸模进口处表现得尤为明显。通常在从带和铸模进口处的辊轮切线算起约1.5~2.0英寸(即约3.8~5.1cm)范围内，变形更显著，如美国专利3 9 3 7 2 7 0及4 0 0 2 1 9 7的图3所说明。

过去一些年来铸铝的经验表明，铝含量较高的铝和铝合金有较窄的固化温度范围，即其固化温度不超过150℃，可以在双带式连续铸造机中连续铸造成符合商用技术规范的成品而不会遇到过多的困难。然而那些固化温度范围超过400℃的铝合金就很难采用连续铸造的方法制成符合商用技术规范的成品。

以上所提及的所有专利及本申请专利均转让给同一受让者。在此参照上述专利的内容。

本发明之目的在于提供一种改进连续铸造机的方法和一种新的铸造带，该连续铸造机具有活动铸模，其中至少有一个模壁是由薄的回转挠性环状金属铸造带构成，该带具有永久透气性的多孔隔离复盖层。

本发明的其它的目的是改进由具有宽而薄的回转挠性环状铸造带作为铸模的一个或几个模壁的连续铸造机生产出的铸造成品的冶金状态和外观。另外的目的是增加铸造的生产率。

本专利发明者发现，宽而薄的回转环状挠性铸造带的翘曲、浪弯，起皱和局部凹陷的问题是由沿着带表面和带中的温度梯度引起的这可以通过加强传热大幅度地减轻，特别是在由上部铸造带和下部铸

造带组成的双带式铸造机中。本发明的这一基本概念与以前的技术原则完全不一样而且还是相反的。按以前的技术原则，为了保护铸造带就要加强它们的热绝缘，因而将绝缘复盖层热喷涂并粘结于带的表面上，该复盖层由透气性多孔材料构成，以便空气可截留于其中，当受热膨胀后可以在熔融金属和带的复盖层之间形成一隔离气体层。

按照本发明，其中一个见解就是被铸金属和铸造带之间提供具有较高导热性能的气体膜，以便热量可以更快地和更均匀地由该导热气膜传出。本发明者还发现，在该气膜中采用含氮气体可以显著地改进铸造过程的传热率和传热学动态特性也可以改善铸造成品的冶金状态和外观。

各种气体的导热系数载于由 Chemical Rubber Publishing Co 在 1947 年出版的物理化学手册 (Hand book of Chemistry and Physics)，第三版的第 1868 页上。空气、氮气、氩气、二氧化碳及氮气的数值如下：

空气，0℃	0.0000568
氮气，70 ~ 8℃	0.0000524
氩气，0℃	0.0000389
二氧化碳，0℃	0.0000307
氮气，0℃	0.000339

其意义并不在于这些绝对数值和它们的准确度，而在于氮气与空气和其它气体相比较的相对导热性。可以看出，氮气的导热系数约为空气的 6 倍，氮气的 6.5 倍，氩气的 8.7 倍，二氧化碳的 11 倍。

与以前那些寻求通过抑制由熔融金属向铸造带传热来达到保护宽

而薄的回转挠性铸造带的目标的方法和装备相反，本发明极大地增强这一传热以便：（1）改善带的平面度，（2）改善铸造成品的冶金状态，（3）改进铸造成品的外观，（4）较大幅度地增加铸造生产率，（5）提供控制连续铸造动力状态的方法。在以前的技术中，紧贴在被铸金属上的气膜构成了由被铸金属向铸造带传输热量中的最大的阻力，在本发明中提供了不与金属起反应的含氦气膜后就有以下好处：（6）使传热率大为增加，（7）还使这一增加了的传热率沿凝固的金属表面宽度方向更加均匀。以上所述各条优点也因此而产生。

在此所用的名词：“增强了的传热（enhanced heat transfer）”，“传热的增强（enhancing of the heat transfer）”以及“传热的增强作用（enhancement of the heat transfer）”，其含意是包括下列概念：（i）增加传热率，及/或（ii）使这一增大了的传热率沿着被铸金属表面宽度方向更加均匀及/或增加其凝固率从而：改善铸造成品的外观及/或增加其铸造生产率，铸造生产率是以每小时公斤计并且增加生产率是指与同样尺寸的同产品相比而言的。

“有效地增强其传热效果的氦体积百分数（a heat-transfer — enhancement — effective percentage by volume — amount of Helium）”这一术语指的是，在被铸金属与带式铸模的运动铸造带之间的气膜中所含氦气的体积百分数足以有效地增强其传热效果。

按照本发明的另一个见解，通过采用导热率比以往采用的钢带高得多的材料制成的铸造带会惊人地改进带的平面度和产品的冶金状态并且提高产品的小时吨产量。采用导热率高的铸造带可以使每单位时

间(秒)通过带传出热量与采用钢带的情况相比增大,带中温度梯度减小。

按照本发明的另一个见解,采用由杨氏弹性模量低得多的材料制造的铸造带,具有比在以往技术中所用钢带有低得多的刚度模量,这样就会惊人地改善宽而薄的回转挠性铸造带的平面度,铸造成品的冶金状态、外观和每小时的产量(吨)都得到提高。

本发明者发现,采用高铜合金制造宽而薄的回转挠性铸造带,在上二段中所述的那些惊人的改善都可以实现,被铸金属和铸造带界面上的温差可以减小。

虽然铜具有比钢和铁都高的导热系数是众所皆知的,反对采用铜的偏见仍然存在。首先,以往总认为,在薄的铸造带中,高的绝缘性能优于低的。其次,过去采用钢是因为认为在使用条件下,钢带有更好的耐久性能而且钢材承受双带式铸造机中作用于带上的巨大的张力的能力较强。一般所采用的带上的张力高于每平方英寸10000磅。

以往,认为铜合金只适于制造双带式连续铸造机的边堰块。然而,这些体积较大的矩形堰块的作用与宽而薄的挠性铸造带迥然不同,其尺寸与后者也有很大差异。具体地说,铸造带是在相当大的拉伸应力和弯曲应力下作旋转和弯曲运动的,而堰块则处于压力作用下互相压在一起,使在铸造区中的堰块之间没有缝隙,以防熔融金属泄漏和产生飞边。例如,典型的中等大小的铜合金堰块的规格是,高2.36英寸(60mm),横向宽度1.97英寸(50mm),沿铸造方向的长度为1.57英寸(40mm)。而金属铸造带是又宽而又薄的,典型的厚度范围为0.035英寸~0.065英寸(0.89mm~1.65mm),其宽度可达76英寸(1930mm)

上下，具体宽度取决于双带式连续铸机的宽度尺寸。环状挠性带的长度为340英寸上下，随铸造机长度变化较大。

上已说到，铜或高铜合金的杨氏弹性模量 E 小于钢。铜或含铜高于85%（重量）的高铜合金的弹性模量的范围为约 $1.5 \sim 1.8 \times 10^6$ 磅/英寸²，（约 $10.3 \sim 12.4 \times 10^6$ N/cm²），而钢的 E 约为 30×10^6 磅/英寸²（ 21×10^6 N/cm²）。

（新近的一个令人吃惊的发现是，由加工硬化的铜或高铜合金制成的铸造带，其屈服强度接近于标准低碳钢铸造带，因而在受张力作用下，铜和高铜合金的铸造带比先前采用的一般钢的铸造带有更大的弹性伸长量。）

可能有人会想，因为铜的强度低而且热膨胀系数大，不适宜于制造铸造带。如上所述，挠性铸造带经常要在高于10000磅/英寸²的拉力下运行。据报道，铜在100℃下的热膨胀系数为 17.4×10^{-6} /℃，而低碳钢在同样的温度下的热膨胀系数为 13.0×10^{-6} /℃，据信100℃代表在铸造过程中铸造带的平均温度，即在该温度下铜的膨胀量为钢的4/3倍。我们的试验，至少是我们的试验可以表明，虽然铜的热膨胀系数稍高，但是在同样的连续铸造的条件下，铜铸造带的实际热膨胀量小于钢铸造带，因为在这种条件下，铜带的平均温度比铜带明显的均匀，而在面向熔融金属一侧，铜带温度低于钢带。再加上，因铜的杨氏弹性模量低，其结果沿带厚度方向引起的温差弯矩就小，这是因为Cu的 E 小，由热膨胀引起的力就小。

在审查以下关于目前较好的实施方案的说明及附图后，会对本发明的其它各有关内容、见解、优点及目的有更全面的了解，所附的图

未按比例画出，不过它们的画法有助于清晰的图示和说明问题。

图 1 为沿双带式连续金属铸造机的活动铸模的纵（即上/下游方向）向中心线剖开的竖面示意图，图上示出由铸模进口端不远处开始约 20% 整个铸模长度的部分。为了图示和说明清楚，图的竖向比例比水平大得多。在图上绘出两条用解析法计算的温度曲线，这两条曲线是沿上下方向贯穿活动铸模的。我们相信，该图可以表示按美国专利 4 5 9 3 7 4 2 及 4 6 4 8 4 3 8 所描述的采用氮气保护熔融金属时模内的情况和温度梯度。虽然图上所示活动铸模是水平方向的，应理解这类铸模一般是向下游方向（“铸流”）倾斜的。

图 2 与图 1 相似，但图 2 所示两条用解析法计算的温度曲线可以很好地表示采用不与被铸金属起反应的含氮气体膜时的情况，该气体膜在被铸金属与宽而薄的回转挠性铸造带之间形成。

图 3 为双带式铸造机中辊轮和绕过辊轮的带的简单透视图，借以说明由带的弯曲刚度而产生的抬高效应。

图 4 所示两条曲线分别为采用先前工艺的钢铸造带和采用铜或高铜合金铸造带下，含镁铝合金铸品沿宽度方向所测得的扁锭的厚度。

图 5 为用以说明问题的横截面示意图。该视图包括双带式连续铸造机的活动铸模的上下钢铸带的接近于铸模的进口部分，用以说明先前技术中的问题。该问题，在本发明中已克服或者已大为减轻。

参见图 1，双带式活动铸模 10 和被铸金属 M 的运动方向为向右（“铸流”方向（casting flow））。活动铸模 10 的上部以宽而薄的回转钢带 12 为壁，该钢带之正（即下）表面有一永久性复盖层 14，该复盖层采用熔焊粘接的方法固定于带 12 之上且具有透气性孔隙，如美国专利 4 5 8 8 0 2 1 中所描述。该美国专利已在介绍

背景情况中提到。永久性的复盖层 1 4 外面还有一层干燥的多孔性涂敷层 1 6 (见放大图), 在该层之外有一惰性气体膜 1 8, 该层气体可为氮气。被铸金属 M, 例如用以铸造铝扁锭的铝, 包括上部凝固壳 2 0, 内部熔融金属芯 2 2 和下部凝固壳 2 4。应注意, 凝固部分 2 0 及 2 4 的厚度沿着铸流方向逐渐增大, 而液芯的厚度相应逐渐减小。在下部凝固壳的下面是一层与上部气体膜 1 8 相似的气体膜 (图中未示出), 其下为干燥多孔涂敷层涂敷于覆盖层 2 6 上, 该覆盖层粘于下部宽而薄的回转挠性铸造带 2 8 的正 (上) 表面。

按照以前的技术, 铸造带 1 2 及 2 8 是钢制成的, 以便有足够韧度和抵抗应力应变的能力, 并且能承受巨大的张力和在连续铸造中所产生的应力差。

在过去的技术中, 为了使铸造带 1 2 及 2 8 的反面冷却和使金属固化, 在铸造带 1 2 及 2 8 的反面 (即上铸造带 1 2 的上表面, 下铸造带 2 8 的下表面) 上维持高速冷却液的流动, 冷却液可为水, 且一般含有腐蚀抑制剂。在图中上部带的冷却剂为 3 0, 下部为 3 2。

第一个和第二个采用分析的方法计算的温度分布图分别为 3 4 与 3 6。这两个温度分布图 3 4、3 6 是由上向下画的, 即与铸流方向垂直的方向, 且贯穿活动铸模 1 0。第一个温度分布图代表垂直于铸流方向的第一个平面 3 8 上的计算温度情况, 平面 3 8 用点画线表示。平面 3 8 在距模进口处 (下游方向) 约 2 0~2 5 cm (约 8~1 0 英寸) 处。模的进口处在图底部厘米标尺上表示为 0。第一个温度分布图的温标示于图上 4 2 处, 其温度标度在冷却剂 3 0 之上的部位, 由平面 3 8 起向右标, 其 0 °C 位于平面 3 8 上。

第二个温度分布图代表垂直于铸流方向的第二个平面 4 0 (用点

划线表示)上的计算温度情况。平面40位于距离模的进口处(下游方向)约55~65cm(约21~25英寸)处。第二个温度分布图36的温标示于图上标44的部位,其0℃位于平面40上,温度标度由左向右。

为了使读者更好地理解这类双带式活动铸模10的热动力学特性,在图的上部有一条相对热流率分布曲线46。在模的进口处即熔融金属进入模的部位上,其相对热流率为最大,并沿下游方向逐渐减小。该曲线46的斜率和形状随下列因素而改变:铸模的特性,具体的被铸金属M,被铸金属进模温度,被铸合金成分,固化温度范围,凝固时释放的潜热,铸造速率等。不过,应该了解到,这条曲线46一般地可以代表采用当今双带式活动铸模铸造一系列金属特别是铸造铝或铝合金扁锭中的情况。

在图2中所示的双带式活动铸模10A与图1所示相同,但在被铸金属M'(譬如铝或铝合金扁锭)与两铸造带之间所形成的气膜18A是由不与金属M'反应的含氮气体组成。图2中的被铸金属称为M',以表明所铸造的金属扁锭比采用以往的技术铸出的扁锭即图1中的M在冶金状态以及外观上均有改进。气膜18A中所用气体可以是例如氮气和25%(体积)的氦气的混合物。还应理解,在被铸金属M'与下部铸造带之间还有一层含氮的惰性气体,图上未示出。

一种在被铸金属M'的表面与两铸造带之间提供含氮惰性气膜层18A的方法是,在铸造带进入活动铸模时,将含氮惰性气体截留在带的永久性的多孔复盖层14和干燥的多孔涂敷层16之中,像美国专利4593742及4648438的图3、4和9所描述的那样。

另一种在被铸金属 M' 的表面与两铸造带之间提供含氮惰性气膜层 1 8 A 的方法是，按上述两个美国专利中图 6 或图 7 及 8 所描述的方法将含氮惰性气体注到进入活动铸模 1 0 A 的金属的上表面及/或下表面，同时也使该气体截留于永久性的复盖层 1 4 及带的涂敷层 1 6 中，如上二专利图 3、4 及 9 所描述。

为了取得显著的改进效果，该干燥含氮惰性气 1 8 A 应至少含 8% (体积) 干氮气，希望含 15% (体积) 以上的干氮气，最好含 20% (体积) 以上的干氮气。温度分布图 3 4 A 与 3 6 A 就是代表采用 25% (体积) 的干氮气下的温度分布情况。该含氮气体的另一主要成分希望为氮气、氩气或二氧化碳中之一，对于连续铸铝，最好是氮气。

在将氮气与上述几种气体中之一相混合时，应该特别注意到，由于氮气的相对密度很小，会出人意料地影响环孔球形流量计的标定，从而使读数偏低，也就是如果采用同样的球形流量计来同时测量氮气和氮、氩、二氧化碳等的流量，就会造成氮流速过快，其混合物中氮体积含量过大。将干燥氮气与干燥的氮、氩、二氧化碳等气体相混合，应采用压力槽调节器、一对球和一对环形孔(球和锥管)组成的流量计(未示出)。这一混合过程应采用自动控制以便获得下面要说到的好处。

按本发明，所采用的涂敷层或分隔层 1 6，应为干燥的，多孔性的材料且不为被铸金属所润湿。我们已经得出结论，在以往的技术中在如图 1 所示双带式活动铸模中常用来做为绝缘隔层的各种天然和合成的油品，在与熔融金属接触时易于产生气体。这类油在受热时易于分解而产生氢气。氢气会被热金属吸收而引起脆性和气孔。而且我们

还得出结论，认为由油品释放出的各种气体显然阻碍含氮气膜 1 8 A 进入铸模 1 0 A 或 1 0 B。永久性的透气多孔复盖层 1 4 及干燥多孔涂敷层 1 6 有助于截留和吸收含氮气体层 1 8 A 并将之带入模内。

在本发明中采用的各种干燥的铸造带涂敷层 1 6 中，最好的一种是在铸造过程中可以连续涂敷而且可以调整的干涂敷剂（无油的），例如由缺氧乙炔火焰产生的乙炔碳黑。其涂敷可以是连续的，也可以是间断的，也可以间断调整。其它适于做为铸造带干涂敷层 1 6 的材料是石墨或其它含碳物质，其中还可含有二硫化钼。二硫化钼的润滑性可以使铝金属扁锭 M 的刚凝固的外壳 2 0 及 2 4 冷缩时所受的摩擦力减小，该摩擦力由未凝固的晶间的低共熔物产生。

可以注意到，图 2 中的计算温度分布图 3 4 A 及 3 6 A 与图 1 中的计算温度分布图 3 4 及 3 6 相比，有显著的改进，以后还要详细描述。

在图 2 中还示出双带式活动铸模 1 0 B，它与已描述过的双带式活动铸模 1 0 A 相同，不过它的宽而薄的回转挠性铸造带已由如图 3 所示的带 5 0 取代，而且该带是由高铜合金制成。这种高铜合金可以是例如 UNS C 1 9 5 0 0 牌号的合金，其正常成分为，铁 1 . 5 %，钴 0 . 8 %，锡 0 . 6 %，磷 0 . 1 %。

图 3 所示为在双带式活动铸模 1 0 C 或 1 0 B（图 2）中，宽而薄的回转挠性铸造带 5 0 绕过辊轮 5 2 的那一部分，其旋转方向由箭头 5 3 表示。带 5 0 所用的铜或高铜合金的弹性模量比常用的碳钢低，这就带来了几个令人吃惊的而且是以前不被人们所认识的优点。在一定的厚度下，这种带在通过辊轮时的弯曲应力较小。而且，一般厚度的带，在通过辊轮之后离开辊轮时，特别是上游辊轮即带进活动

模时，总要抬高一个距离“Y”或称凸起。如果在理想下，带不抬高，它将沿着辊轮园周的切向 5 4 而成一直线，与铸模的流线同在一平面上。然而，带子金属材料的刚度使带子不可能沿着切线方向直线运动，而总是有一凸起，凸起的方向朝向模内。图 3 中的抬高量“Y”就是带子超过平行于流线的切面 5 4 的凸起量。

根据我们的公式，Y 值可以如下确定：

$$(1) \quad Y = E h^2 / 12 D S$$

式中 h 是带的厚度，D 是辊轮 5 2 的直径，S 是所考虑的带子的部位的实际拉应力。公式两边的量纲已调整合适，可适用任何单位制，例如可以用磅/英寸² 与英寸代入。采用由铜或高铜合金制成的带 5 0，其抬高量 Y 可以比采用钢时减少，因为铜或高铜合金的弹性模量只有钢的一半。因此，由这一新的材料制成的带 5 0 有助于在采用主射进料 或者 闭池进料方法向铸模输送熔融金属中使接管咀与铸模之间有一紧密的处处均匀的配合。在以往的技术中接管咀的不均匀配合是由于很宽的带的边缘部位与当中部位的配合紧密程度不一致引起的。而且，由本发明带来的铸模的更好的平行度对铸造高镁铝合金是重要的。在其它因素相同情况下，所获得的好处（抬高量减小）与弹性模量成反比。这就是说，如果钢带的抬高量 Y 是约 0.30 mm，在同一辊轮上受同样的张力的铜带的抬高量称为 0.17 mm。但若铜的允许应力为钢的 80%，则其抬高量 Y 将为 0.21 mm 左右。在这种计算中，只应考虑局部拉应力，而不考虑带的平均应力，因为带的边缘，如果相对地冷一些的话，将承受总拉力中的较大部分因而有较高的应力 S 值，其抬高量将小于带的当中部分。

前面已经说过，铜或高铜合金所制成的铸造带，其屈服强度已接

近在以往的技术中所用的典型的标准低碳钢铸造带，而铜的杨氏模量 E 只约为钢的一半，这就带来了另一个很大的好处。对于带厚度 h 为一定的情况，在通过辊轮 5 2 上时引起的带中弯曲应力，铜带比钢带小。因此我们现在相信铜带是有前途的，它实际上比现在通用的典型钢制铸造带更加耐用，寿命更长。铜制铸造带中的铜含量至少应为 85%（重量）。有些含有少量铁、钴等元素和去氧铜的高铜合金具有所需要的性质。

另一个使我们相信这类高铜合金铸造带会更加耐用，具有更长的使用寿命和未来的前途的原因是它有比以往技术中所用钢带更好的热传导性能。铜在 27°C (81°F) 时的导热系数 K 为 $3.98 \text{ w t} / \text{c m} / ^{\circ}\text{C}$ ，而钢在同样温度下的导热系数为 $0.803 \text{ w t} / \text{c m} / ^{\circ}\text{C}$ 。这样，铜的导热系数约为钢的 5 倍，因而可以有减少沿带厚度 h 方向的温差的好处。因而高铜组分的带 5 0 沿厚度方向的温差应力比较小，温差应力会引起不稳定。换言之，由于约为钢的 5 倍的高导热系数与约为钢的一半的弹性模量 E 同时起作用，可以显著地减少带 5 0 上需要平直的铸模定形区域 A 的自产生的会引起不稳定的弯曲应力。其结果，引起如本申请书中附图 5 以及专利 3 9 3 7 2 7 0 和 4 0 0 2 1 9 7 中图 8 所示空穴与凹陷的热膨胀推力就大为减少。

在图 4 上示出，在双带式活动铸模 1 0 (图 F) 采用一般钢铸带时，1.4 英寸 (35.5 mm) 宽的 AA 3 1 0 5 铝合金 (含 0.5% 镁) 扁锭上测得的厚度 (以英寸表示) 分布图 6 0。在图中还示出在具有两个高铜合金铸造带 5 0 (图 3) 的双带活动铸模 1 0 C 中的同样宽度同样合金扁锭的厚度分布 6 2。在曲线 6 0 与 6 2 上，各有 15 个测量点 6 4，它们沿整个扁锭的宽度分布，间距为 1 英寸。在

铸造用于提供测量以绘制曲线 6 0 与 6 2 的两个扁锭时，双带式铸造机是这样调整的，在采用钢带和高铜合金带时，模腔的形状和尺寸（在常温下和带子在旋转中测量）完全一样。当采用高铜合金带 5 0 时，其厚度均匀性的显著改进从图上一目了然。而且这一改进是在扁锭上下表面均未采用含氮气氛的情况下取得的。在两个扁锭的铸造中都是采用先前采用的干氮气 1 8 作为保护气。

现请看图 5 中的横剖面图，图中示出双带式活动铸模 1 0 的钢铸造带 1 2 及 2 8，高速流动的冷却液 3 0 及 3 2，被铸金属 M。已固化的外皮或壳层在液芯 2 2 之外。因注意，该剖面图 5 与铸流方向相垂直，故所示凝固层 2 0 及 2 4 厚度大致均匀。带 1 2 及 2 8 产生了热变形，与美国专利 3 9 3 7 2 7 0 及 4 0 0 2 1 9 7 图 8 所示情况相同，这导致带 1 2、2 8 与凝固金属 2 0、2 4 之间产生明显的间隙 7 0 和紧贴区域 7 2。可以注意到，在以往的技术中，如果采用了保护气，间隙 7 0 就充满保护气 1 8，如若不然则为空气所充填。

为了更清楚地说明我们的新发现，在图 5 中有意略去带上的永久性复盖层 1 4 和涂敷层 1 6（见图 1）。现在请回到图 1 上，可以看出，活动铸模上的 4 个固体构件（即带 1 2，复盖层 1 4，涂敷层 1 6 和凝固外壳 2 0）的计算温降总和约为 220°C ，而保护氮气层 1 8 的计算温降约为 380°C 。若该层为空气，由于空气的导热系数与氮气相近，故温降也为此数。总的温降约为 600°C 即 220°C 与 380°C 之和。这样，气体层 1 8 上的温降就是 4 个固体构件上温降总和的 1.73 倍，也是总的温降 600°C 的 63%。

简而言之，在如图 1 所示的采用以往技术的活动铸模中，由熔融金属芯 2 2 至铸造带外表的总温降的大部分或者说是主要部分，发生

于保护气膜层 1 8，在没有惰性气保护情况下发生于空气膜中。而且在以往的技术中，该气膜层 1 8 的温度降与活动铸模 1 0 的 4 个固体构件上的温降总和的比例是 1.73。反过来说就是 4 个固体构件上的温降总和与气膜温降的比是 0.58。

（请理解，在此采用经细致分析计算而得的温度是由于就我们所知至今还没有人设计出能测量具有熔融金属铸流的双带式活动模中温度的方法。）

现在回到图 5，使我们注意的是，由于惰性保护气膜 1 8 上的较大温降，很可能存在一个我们所不希望的正反馈机理（在没有惰性保护气时空气层的温降很大，情况也一样），下面来说明这一问题。

如上所说，本发明在处理铸造带热不稳定性问题的做法和以往的做法正好相反。我们并不知道为什么采用氮气体为惰性气膜 1 8 A（图 2）或者氮的混合气体为气膜会改变合金铝的连续铸件。不过我们已发现了三种理论，它们都适应一系列的事实。这三个理论可称为：（i）均衡理论，（ii）正反馈理论，（iii）“活性”氮吹洗理论。

第一个理论认为，传热气膜 1 8 A 与上述模壁三固体层的热阻间的均衡是所述好结果的关键。我们相信，正如在上面所讨论的，在先前技术中，气膜 1 8 构成总热阻的主要部分。在图 1 中所示的计算温度分布曲线 3 4 与 3 6 表明模壁 3 层固体（带 1 2、复盖层 1 4、涂敷层 1 6）总的温差约 140℃而氮气层 1 8 的温差约为 400℃。换言之，在原先的技术中，通过气膜层 1 8 的温降与通过模壁三层固体的温降总和之比为 2.8。即，仅 25% 总温度降产生于模壁三层固体构件中，而 75% 的温降产生于氮气膜之中。

与此相对比，图 2 所示计算温度分布 3 4 A 及 3 6 A 说明氩氮混合气使总温度降的分布产生很大的改变：三层模壁固体的温降约为 220°C （三层为：带 1 2，复盖层 1 4 和涂敷层 1 6），而新的气膜 1 8 A 的计算温降减小到 260°C 。换言之，新气膜层 1 8 A 的温降与三模壁固体层温降之比为 1.2，只是原先技术下的一半左右。其结果在模壁固体与新气体膜 1 8 A 之间的温降分配比例，更趋于平衡或平均或均衡。现在总的温降中有 45% 是产生于几层固体中而有 55% 是产生新的气膜层 1 8 A 中。按照我们的均衡理论，这一改变是合乎要求的。

倘若再仔细地观察曲线 3 4 和 3 6 与相对应的曲线 3 4 A 和 3 6 A 的相异之处，可看出在图 2 中的复盖层 1 4 和涂敷层 1 6 总的温差中所占的比例较图 1 中来得大，是图 1 中的 1.6 倍。由于采用新的传热性较好的气膜（或气体层）1 8 A，促使了保护层 1 4 与 1 6 起到它们保护铸造带的作用。由曲线 3 4 A 及 3 6 A 可看出，带 1 2、复盖层 1 4、涂敷层 1 6 上的温降与气体层 1 8 A 上的温降大致的均衡，按照我们的均衡理论，这是符合希望的。

在双带式活动铸模 1 0 B 中采用高铜合金带 5 0 并同时采用传热气体膜 1 8 A（图 2），将使复盖层 1 4 及 1 6 上的温差所占的比例在采用钢带和以往用的气体层 1 8 时更大，这一点已在上面与实现均衡联系起来进行描述。如果超越均衡理论进行思考，很有可能将来的证据会使我们相信：要是模壁上三层固体的温差超过气体层 1 8 A，其结果会更有利于实现温度梯度的均衡状态。

第二个关于正反馈的理论，需要用较长的篇幅来说明，它集中了我们对于新的传热气膜 1 8 A 的导热系数高于空气，氮气和二氧化碳

(也就是1 8 A热阻小于后者)的深入的理解和由图5的启示而得的新认识及新发现。这一正反馈理论认为有一个内在的不稳定的热—机械过程在起作用。(图5中)运动着的金属带1 2或2 8在运行中纵向受较大的拉力。而在图5中沿着带宽 W 方向所造成的情况,实际上是一薄段在受压缩载荷下形成的。因此,薄段1 2或2 8是不稳定的,易于产生翘曲和凹陷。沿着横向,即侧面或 W 方向的引起不稳定的压缩载荷,是由带的边缘区域一般比较冷引起的。在“冷边框”现象中,铸造带中面对热金属2 0、2 2和2 4的部分产生热膨胀。其结果不仅像前面提到的专利3 9 3 7 2 7 0和4 0 0 2 1 9 7的图8所说明在带的上游区造成变形,而且还在带的冷边框产生拉应力从而使带的当中部位变松并且易于产生变形。这一相对湿度低又受高拉应力的边缘实际上形成了一种限制沿 W 方向位移的不动的机械障碍物,它限制了当中部位的热膨胀,造成带子当中部位处于图5中 W 方向的压应力。

熔融金属与铸造带的上游的初次接触所产生的初次热冲击效应不可避免地要使铸造带产生局部的翘曲、卷曲、凹陷、起皱等变形,这已在本文多次提及的专利3 3 9 7 2 7 0及4 0 0 2 1 9 7的图8中示出。如果所产生的卷曲变形在带的旋转过程中极迅速地消失,在熔融金属2 2产生坚硬的凝固外壳2 0、2 4(见图5)之前带就恢复平直,那么铸件就不会有问题。如若不然,图5中所示的铸造带的卷曲变形与熔融金属的凝固外壳2 0、2 4上所形成的浪弯就会一起起到破坏从此以后的带与被铸金属间的接触的作用。于是形成图5中的空隙7 0,它们由空气或保护气体1 8充填。空气、氮气、氩气和二氧化碳,这些气体本身都是高度绝热的。如果间隙各处厚度不均匀又

存在这些高度绝热气体，那么活动模壁各处局部热阻就会相应有很大的变化。各处热阻的差异就会使各处局部热流率不同，热阻小处，热流率大。而热流率的差异又进一步使铸造带 1 2 或 2 8 各处局部温度不同。热流率大处，其温度高，带的靠热金属一侧尤为厉害。于是，带上凸出的局部部位的温度，如图 5 中之 7 2 就要进一步变得比凹陷的局部区域如图 5 中之 7 4 部位更高（即更热）。

带上任意分布的局部高温区产生局部的热膨胀并使带产生局部变形。平带 1 2 或 2 8 上如图 5 所示的 7 2 处的较小的局部热膨胀造成局部的变形，或产生凹陷或凸出，或拱起，这种局部效应相当的大，从而产生如图 5 所示的凹谷 7 4。

据信，这些局部的热——机械变形效应会由称为正反馈的一系列不稳定的有害过程加剧。所产生的局部拱起 7 2 和局部凹谷会使已开始形成的间隙 7 0 进一步扩大，使由空气或保护气 1 8 所造成的局部热阻进一步加厚。在局部区域 7 0 的热流率又进一步减少，从而造成凹陷区的带 7 4 温度进一步降低，而在凸出区域 7 2 的带则仍保持高温下或者进一步升温，其结果使 7 0 处的带金属的距离进一步加大。这一进一步的分离使凹谷 7 4 扩大，因而带 1 2 或 2 8 的凹谷区 7 4 进一步远离凝固金属 2 0 或 2 4，其运动方式犹如杠杆，7 2 处犹如支点，整个杠杆绕着支点向离开金属方向运动。

因而，整个过程是一个正反馈的过程，分得越开，就会进一步使带 1 2 的凹谷区像杠杆一样离开凝固金属 2 0 越远。这一不稳定的热——机械动力学的不利影响也许要加剧到产生如图 5 所示的贯通凹谷 7 4。实际上，带在“脊”7 2 与“谷”7 4 之间上下波动，其上下距离在极端情况下甚至可达 3 mm（1/8 英寸），从而相应影响铸

造成品 M 的质量。

若采用图 2 中含氮气膜 1 8 A 来取代图 1 及 5 中所示先前用的惰性保护气层 1 8 (或空气), 其各处间隙 7 0 的变化对局部热阻、局部热流率和局部带温的影响就可大为减小。其结果, 沿着双带式活动铸模宽度方向的热——机械效应就变得相当的均匀, 从而带来使带宽变得稳定和平直的好处。

我们的理论认为, 提供了含氮气膜 1 8 A 会极大地减小各处热阻差别, 从而几乎完全制止了以前不稳定的有害过程的加剧作用, 即基本上阻止了或抑制了或防止了上述不希望的正反馈作用。因为氮气的热阻仅约为空气的 $1/6$, 氮气的 $2/13$, 氧气的 $10/87$, 二氧化碳的 $1/11$, 这就带来了含氮气膜 1 8 A 因厚度变化而使各处热阻变化的绝对值小得多的好处。这样, 间隙 7 0 就不会再过度扩大, 也不会造成各处传热有过大差异致使铸造带产生皱曲、浪弯或凹陷。模内引起逐渐增大的不稳定性和不均匀性已被抑制。运动中的宽而薄的挠性带 1 2 及 2 8 与凝固金属 2 0、2 2 及 2 4 界面之间的热——机械相互作用与反作用已被限制住和控制住。因而, 我们的结论是, 气膜 1 8 A 应该是惰性的, 同时其热传导性应在实际可能范围内尽可能地好, 以使活动铸模 1 0 A 或 1 0 B 的热——机械动力状态尽可能的稳定, 因而我们得出应用含氮气体层 1 8 A 的结论。我们的结论已被当今的试验所证实。

我们的第三种理论认为氮是一种“活性”的高效吹洗气体。氮气的高导热系数是与该元素气态原子的高速有关的。氮的高导热性能显然与氮原子本身具有较大活性和体积很小密切相关, 这使氮原子可以进入复盖层 1 4 的透气孔隙之中, 置换或吹洗出截留于其中的以往用

的气体，这一特性是我们所希望的，因为这些气体对双带式活动铸模的稳定性是不利的。含氮气膜 1.8 A 起了稳定和促进传热的作用，而以往的保护气 1.8 起破坏稳定和阻抗传热的作用。

不论我们的理论是否正确，在试验中，所提供的含氮气膜 1.8 A 已获得了很好的结果，这将在底下进行讨论。

我们相信，如果读者知道一些关于在以往双带式铸模 1.0 中连续铸造铝合金的特点，就会有助于更好地了解本发明的具体改进效果。在铸造中，合金成分和铸造条件微小的改变都有可能使铸品质量产生较大变化。我们相信主要的因素是在铸造中带的稳定性与阻止带的变形。合金化的影响可以通过一类铝合金的标准冶金状态来说明。当铝扁锭中镁的含量低于 1.8% 时，在凝固之前镁是稳定的溶解于合金之中的，凝固之后镁也是存在于固溶体之中的，并起增加合金硬度与强度的作用。若在铸造中，稳定性参量稍有变化，在铸造含镁低于 1.8% 的铝合金时所遇到的麻烦比铸造含镁高于 1.8% 的铝合金少得多。

若铝合金中镁含量增加至 1.8% 以上，即将出现一种冶金情况。在熔融状态下，镁以镁与铝或其它合金元素形成各种不稳定或半稳定状态的复合物形式存在。一般地讲，这些复合物或者溶体的密度各不相同，在熔融状态下有偏析的倾向。这些成分的熔点也不一样。一些工业铝合金，它们凝固温度范围超过 40℃。凝固时间越长，偏析就越严重。打个比方，如要将豆汤、西红柿汁、蛤肉等的混合物冻结，就必须一边搅拌，同时必须迅速冷冻而且一次冻住，使各种成分来不及浮出或下沉、或析出。如果凝结过慢，第二相就会偏析，也就是合金元素含量不定的共熔复合物会析出，这些复合物易于起到增加

合金硬度的作用。凝结得慢往往会出现粗大而且不均匀的晶粒，而且在表面底下会检查到孔洞和重熔。共熔物最后凝固，而后来的轧制中可能又会造成斑点、裂缝、分层、破裂等问题。

在含镁高于1.8%的铝合金（如大多数AA5000铝合金）的铸造中，快速均匀凝固的标志（用冶金学的术语说）就是在主平面下1.25~2.5mm区域内枝状晶的平均尺寸为10微米（0.0004英寸）。我们的试验表明，采用了本发明，产品就应该有所要求的特点。（关于枝状晶尺寸的定义请见R. E. Spear及G. R. Gardner “Dendrite Cell Size”在American Foundrymen's Society Transaction 71, 1963, 209~215）。

采用图2的干燥氮气18A代替图1的干燥氮气，已使双带式铸造机在铸造AA3003铝合金中的产量（吨/小时）增加30%。应注意，在这里的讨论中，AA是Aluminum Association（美国铝业协会）的分类牌号。

在铸造AA5052铝合金中，所采用的干燥惰性气膜18A，是一种至少含20%（体积）氮的混合气，除氮外的主要成分是氩。这种混合气形成传热气膜18A。虽然这种合金的固化温度范围为42℃。在采用这种气膜后，铸锭的质量很好，若用以往的干燥氮气膜18进行保护，铸锭就会出现微裂纹。

在铸造AA6061铝合金中，采用干燥惰性气体膜18A，所含氮至少20%（体积），其它成分成为氩，这层气膜起传热气膜18A。虽然固化温度范围高达70℃，其外观有很大的改进。

在铸造AA3000系列的铝合金中，如采用氮气的体积含量不

少于20%的干燥含氮气氛18A作为传热气膜(18A)以代替氮气保护气氛18,在同样的铸流率下,可以使铝扁锭的出口温度平均降低55℃。

若在铸造锌的扁锭中,采用氮气体积含量不少于20%(余为氮气)的干燥气氛作为传热气膜18A,在其它预定的操作参量不变情况下,可使其在锌锭出口温度由采用干燥的氮气保护膜18下的600°F(315℃)降至425°F(218℃)。

曾经在双带式活动铸模10B中铸造AA3105铝合金(镁含量0.5%),其铸带14(图4)宽33.5mm(1.4英寸)由高铜合金带50制成,其上有永久性复盖层26,采用熔融粘接的方法固定。在铸造中采用基本上是干燥氮气的惰性保护膜18。与先前采用的钢带12及28,采用同样的由干燥氮气组成的惰性保护气氛18,在同样的铸造速度下相比较,其出口温度可低约60℃,温度差可减少35℃。而且由肉眼对表面质量检查表明传热相对的均匀,铝扁锭表面更高,而且其厚度可由62表示比先前的60有所改进。由高铜合金带50铸出的铝合金扁锭的形状比较均匀,表面较平,而不像在采用钢带铸造中出现当中凹陷那样(60)(图4)。

上面所述几种产品的外观都比同种材料在以往的铸模10(图1)中进行铸造时有所改进。采用本发明的另一结果是扁锭出模时沿宽度方向的温度更加均匀,也就是在被铸金属M'上面和下面采用含氮气氛18A之后,沿着宽度方向的温差减小了。铸造扁锭出口温度更加均匀又有利于扁锭的下一步联机轧制,从而使产品产量提高,质量更均匀。本发明扩大了可铸合金范围,可用于固化温度范围较大的合金,在一般情况下可提高双带式铸造的速度。

采用连续红外（或可见光）辐射监测法对活动模10A或10B或10C出口的被铸金属M'的温度分布进行监测，可以判断和测量温度范围是否控制在最佳状态。于是，操作者可以手动或自动控制铸造成品上面和下面的惰性气膜18A中的氮含量，以实现最佳效果。一般地讲，在其它条件一样的情况下，金属在模中凝固越快，铸件出口的温度就越低。反过来，凝固率越低，铸件出来时的温度就越有可能高。通过调整由环状挠性带确定的活动铸模10A或10B的速度来控制成品出口的温度是办得到的，不过由于实际的原因（包括上游供料和下游轧制方面的原因），活动铸模最好在铸造过程正常进行后就一直保持在最佳速度下运行而没有波动。对凝固率进行调整而又使铸造速率保持在允许的波动范围内可以通过调整所形成的传热气膜18A中氮气与氮气的比例来实现。本发明的一个改进就是在模10A或10B中熔融金属M'的凝固速率是通过改变氮气与氮气或者氮气与二氧化碳等的混合比例来调整到最佳值上。

本发明的另一发展，是可以采用两种不同的含氮混合气，每种混合气中除氮外至少还含有一种惰性气体，其中一种混合气截留在连续铸造机的一个模壁上14、16上，而另一种混合气则引到并截留在另一个模壁26上。在斜置或水平的双带式铸造机中，两个模壁是指上部铸造带12或50和下部铸造带28或50，后者受重力的影响较大，因为它承受被铸金属M'的重量。其结果为该二（顶部和底部）界面处的气膜18A可以适当的调整，以便使连续活动铸模处于真正的均衡传热状态。按美国专利4593742及4648438的图3、4及9所描述的对向上部带和下部带提供惰性气体的方法和装配，就可以实现在铸造过程中实现向两个铸造带提供不同的含氮混合

气。

上述对上、下带采用不同混合气的方案的一个变更方案是，专为双带式铸造机的下部铸造带在接近铸模进口处提供氮气与氩气或二氧化碳（两者均为较重气体）或者其它较重气体的混合气。如果混合气较空气重，它们就不会因为纯氮或氩的混合气的活性而向上逸散。还可以做出适当的变更，以便将这一技术用于目前还不可能的条件下。例如，从理论上讲，在开池供料中，采用较重的气体可以进行温度控制和起保护作用。所谓开池供料就是不采用密封的或半密封式的注入装置，而将熔融金属倾倒入位于下部铸造带上的敞开的池中，该池有一对着上部铸造带的自由表面暴露在外。

由于在被铸金属 M' 的上部和下部含氮气氛 18A 加强了传热，铸造速度一般都有所增加。铸造速度的增加，又使冶金质量改进，产量提高。铸造速度的提高也为将来在铸造黑色金属中与常用连轧机串用提供机会。这种连轧机要求黑色金属的产量稳定在较高的水平上，其最小线速度应在 $9 \sim 12 \text{ m/分}$ （ $30 \sim 40 \text{ 英尺/分}$ ），其厚度范围为 $2.5 \sim 5.1 \text{ mm}$ （ $1 \sim 2 \text{ 英寸}$ ）。

虽然在这里描述的本发明最初是用铝合金和锌合金进行试验的，相信本发明可用于一切可以在连续铸造带上铸造的金属。

在本文中所说“惰性”的意思是指在活动铸造带铸模的条件下对被铸金属基本上是不反应的。

虽然在这里透露了本发明的一些最佳的具体实施方案的详情，应该理解，所描述的这些例子只是为了说明的目的。这些透露不应被误认为本发明仅限于此，因此熟悉技术者可以在不超出下列权利要求书所申请的范围内，改变所描述的方法的某些细节，使之可以适用于具体的连续铸造机的情况。

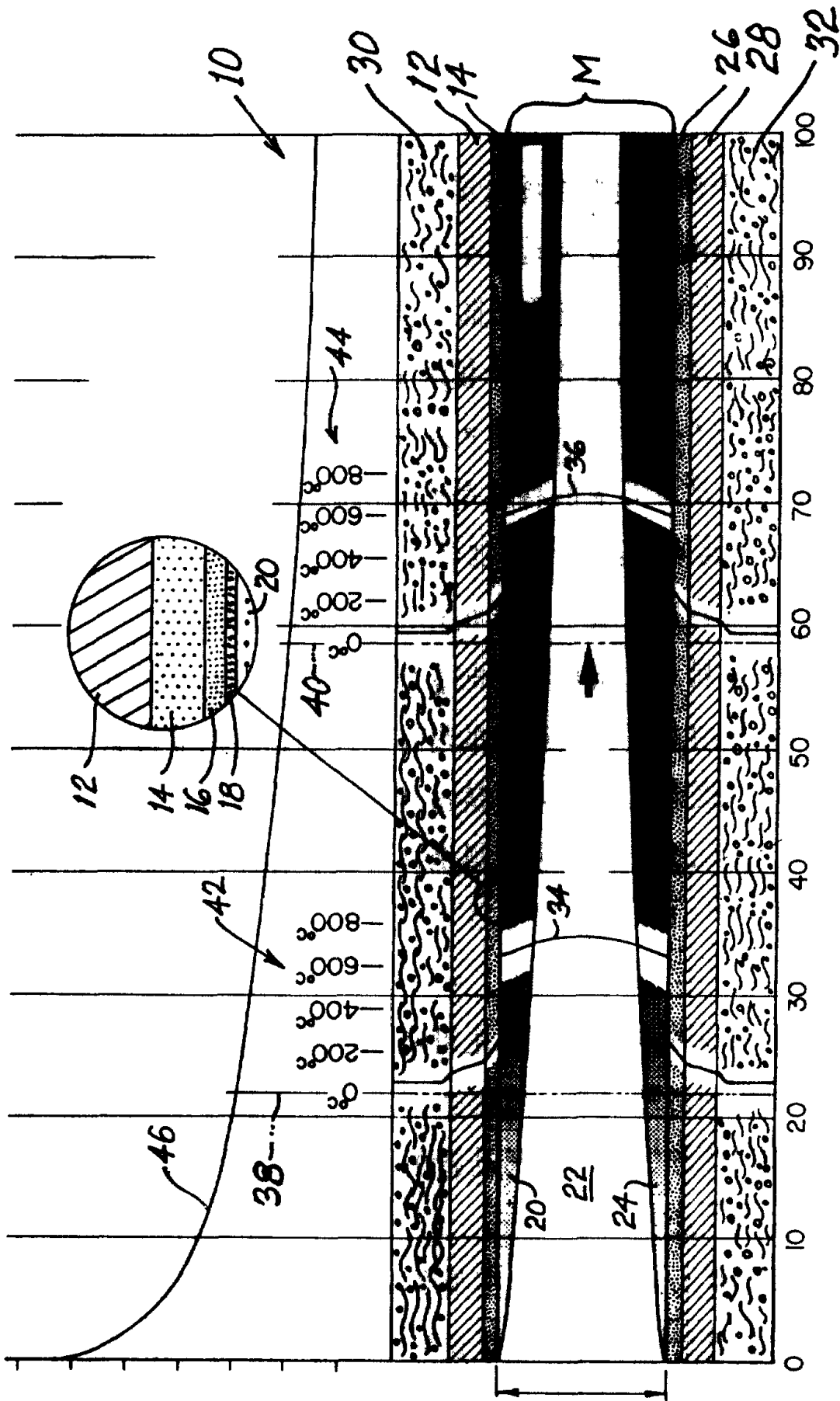


图. 1

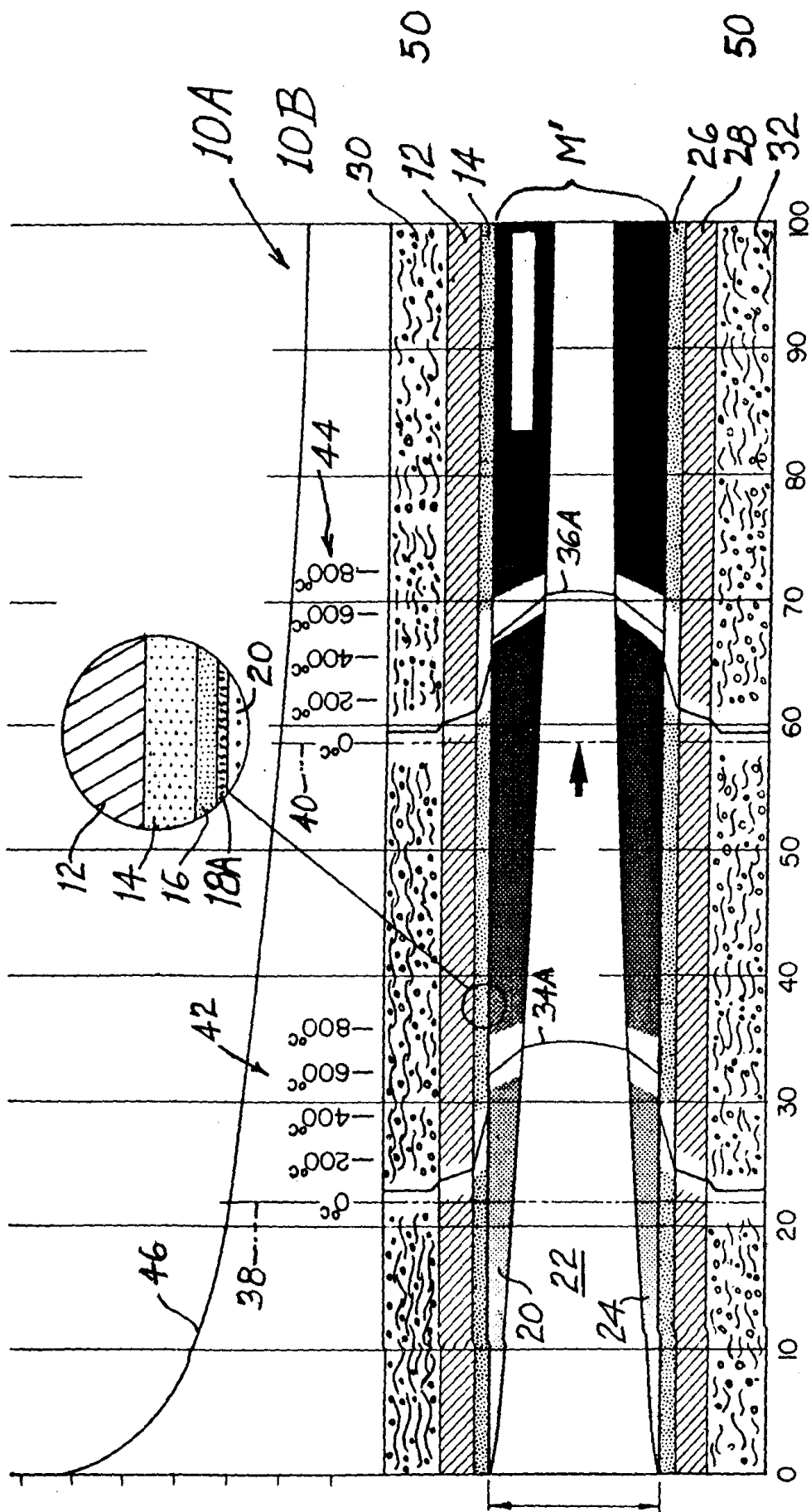
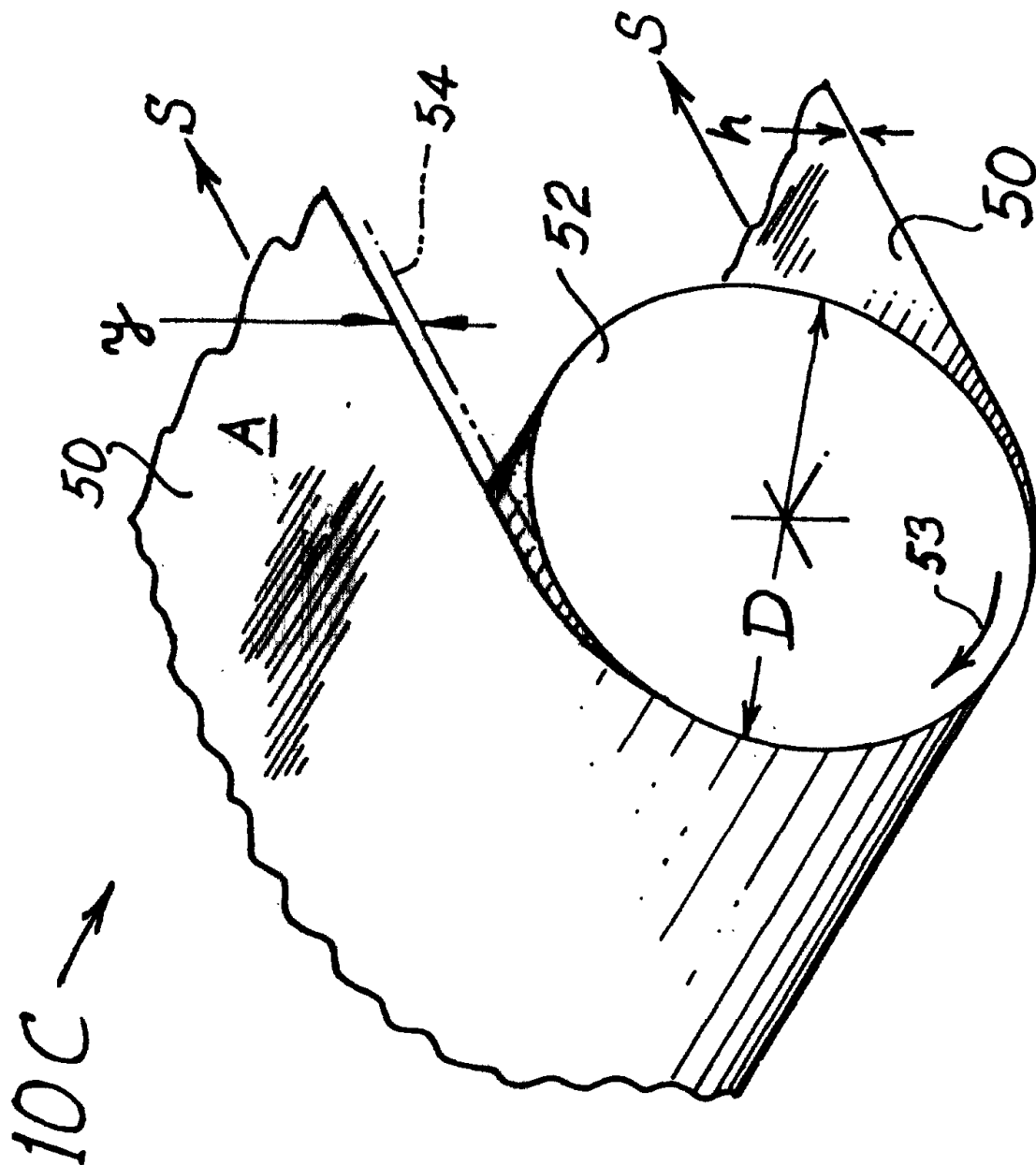


图. 2

图. 3



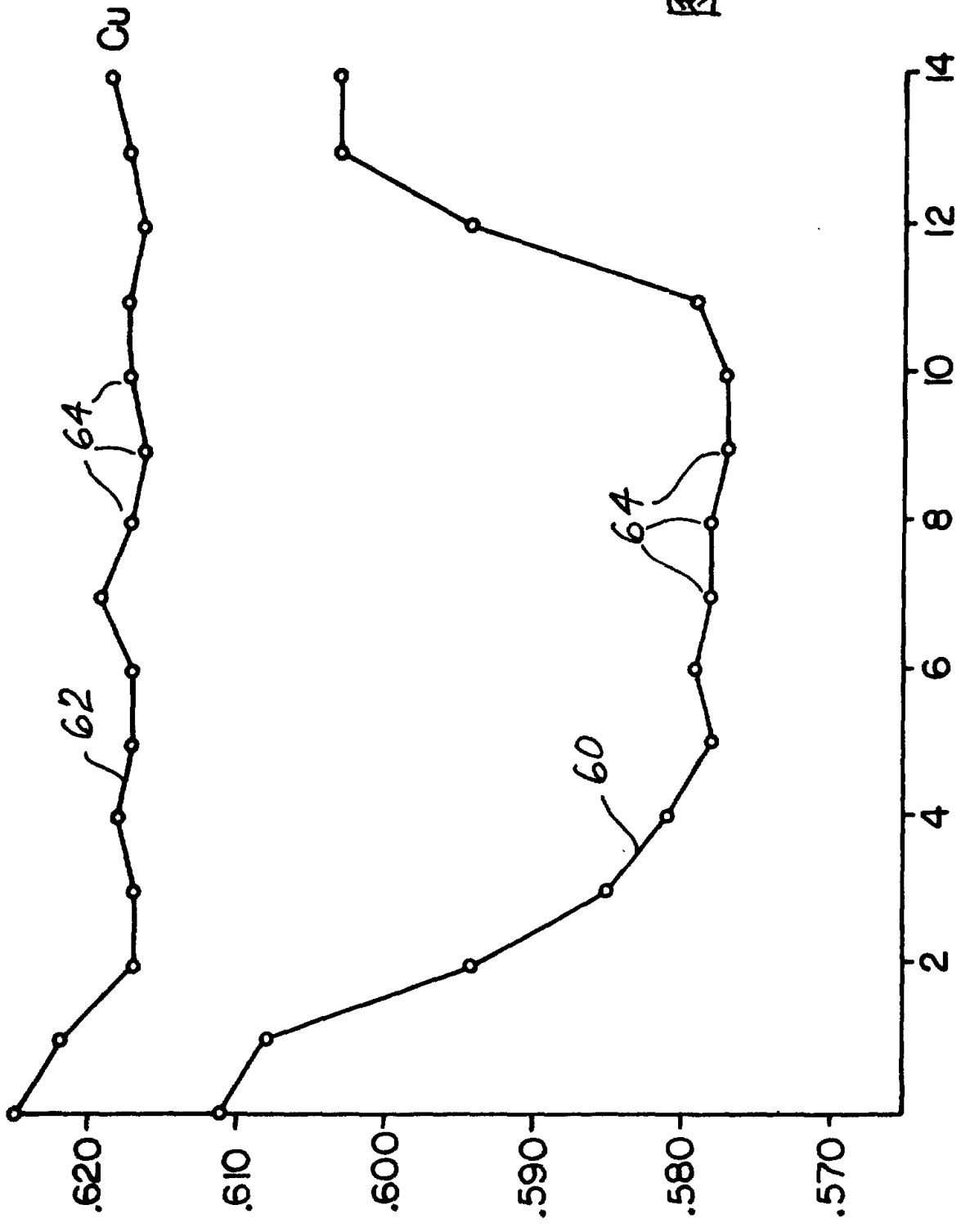


图. 4

图. 5

