

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B22D 11/06 (2006.01)

C22C 38/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480033542.3

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100574935C

[22] 申请日 2004.10.8

[21] 申请号 200480033542.3

[30] 优先权

[32] 2003.10.10 [33] US [31] 60/510,479

[86] 国际申请 PCT/AU2004/001375 2004.10.8

[87] 国际公布 WO2005/035169 英 2005.4.21

[85] 进入国家阶段日期 2006.5.15

[73] 专利权人 纽科尔公司

地址 美国北卡罗来纳州

[72] 发明人 拉马·B·马哈帕特拉

尤金·B·普雷托里厄斯

戴维·J·索辛斯基

[56] 参考文献

CN1260740A 2000.7.19

JP2003154441A 2003.5.27

JP2001220642A 2001.8.14

WO9828452A 1998.7.2

审查员 李星星

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 马高平 杨 梧

权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 3 页

[54] 发明名称

钢带以及铸造钢带的方法

[57] 摘要

本发明提供了一种铸造钢带的方法，所述方法在至少一个铸造辊的铸造表面上引入熔融的普通碳钢，其中熔融钢具有在大气压下测得的低于 120ppm 的自由氮含量和低于大约 6.5ppm 的自由氢含量。所述自由氮含量可以低于 100ppm 或者低于 85ppm。大气压下，所述氢含量可以在 1.0 和 6.5ppm 之间。利用所述方法生产得到带厚小于 5mm 或者小于 2mm 的新型普通碳钢铸造钢带。

1. 一种铸造钢带的方法，其包括：

在至少一个铸造辊的铸造表面上引入熔融的普通碳钢，其中所述熔融钢具有在大气压下测得的低于 120ppm 的自由氮含量和低于 6.5ppm 的自由氢含量；以及

凝固所述熔融钢，以在所述铸造辊上形成金属壳，从而形成薄钢带，其中所述金属壳具有由所述熔融钢中的氮和氢含量反应出的氮和氢水平。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其中，大气压下所述自由氮含量低于 100ppm。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其中，大气压下所述自由氮含量低于 85ppm。

4. 如权利要求 1、2 或 3 所述的方法，其中，大气压下所述自由氢含量在 1.0 和 6.5ppm 之间。

5. 一种铸造钢带的方法，其包括：

组装一对被冷却的铸造辊，所述铸造辊在其之间具有辊隙并且具有邻近所述铸造辊的端部的限制端盖；

在所述一对铸造辊之间引入熔融的普通碳钢，以在所述铸造辊上形成浇注熔池，其中所述端盖限制所述熔池，所述熔融钢在大气压下具有低于 120ppm 的自由氮含量和低于 6.5ppm 的自由氢含量；

反向旋转所述铸造辊并凝固所述熔融钢，以在所述铸造辊的铸造表面上形成金属壳，以便用于形成薄钢带，其中所述金属壳具有由所述熔融钢中的含量反应出的氮和氢水平；以及

通过所述铸造辊之间的辊隙形成凝固的薄钢带，从而产生从辊隙向下输送的凝固了的钢带。

6. 如权利要求 5 所述的方法，其中，大气压下所述自由氮含量低于 100ppm。

7. 如权利要求 5 所述的方法，其中，大气压下所述自由氮含量低于 85ppm。

8. 如权利要求 5、6 或 7 所述的方法，其中，大气压下所述自由氢含量在 1.0 和 6.5ppm 之间。

9. 一种通过执行权利要求 1 所述的铸造钢带的方法而生产得到的钢带。
10. 如权利要求 9 所述的钢带, 其中, 大气压下所述自由氮含量低于 100ppm。
11. 如权利要求 9 所述的钢带, 其中, 大气压下所述自由氮含量低于 85ppm。
12. 如权利要求 9 或 10 所述的钢带, 其中, 大气压下所述自由氢含量在 1.0 和 6.5ppm 之间。
13. 如权利要求 11 所述的钢带, 其中, 大气压下所述自由氢含量在 3.0 和 6.5ppm 之间。
14. 如权利要求 10 或 11 所述的钢带, 其中, 钢带的厚度小于 5mm。
15. 如权利要求 14 所述的钢带, 其中, 钢带的厚度小于 2mm。
16. 一种通过执行权利要求 5 所述的铸造钢带的方法而生产得到的钢带。
17. 如权利要求 16 所述的钢带, 其中, 大气压下所述自由氮含量低于 100ppm。
18. 如权利要求 16 所述的钢带, 其中, 大气压下所述自由氮含量低于 85ppm。
19. 如权利要求 16 或 17 所述的钢带, 其中, 大气压下所述自由氢含量在 1.0 和 6.5ppm 之间。
20. 如权利要求 18 所述的钢带, 其中, 大气压下所述自由氢含量在 3.0 和 6.5ppm 之间。
21. 如权利要求 17 或 18 所述的钢带, 其中, 钢带的厚度小于 5mm。
22. 如权利要求 18 所述的钢带, 其中, 钢带的厚度小于 2mm。
23. 一种铸造钢带的方法, 包括:
在至少一个铸造辊的铸造表面上引入熔融的普通碳钢, 其中所述熔融钢具有在大气压下测得的低于 120ppm 的自由氮含量和低于 6.9ppm 的自由氢含量, 使得氮和氢的分压之和不超过约 1.15 大气压;
在所述铸造辊的铸造表面上形成熔融金属的浇注熔池; 以及
凝固所述熔融钢, 以在所述铸造辊上形成金属壳, 从而形成薄钢带, 其中所述金属壳具有由所述熔融钢中的氮和氢含量反应出的氮和氢水平。

钢带以及铸造钢带的方法

技术领域

本发明涉及铸造钢带。其特别适用于在辊式铸造机中连续铸造厚度小于5mm的薄钢带。

背景技术

辊式铸造机中，熔融金属在至少一个铸造辊的铸造表面上冷却，并形成薄钢带。在利用双辊式铸造机的辊式铸造中，熔融金属被引入一对冷却的对置旋转的铸造辊之间。钢壳在移动中的铸造表面上凝固并且在铸造辊之间的辊隙处辊夹在一起，从而产生从辊隙向下输送的凝固了的片材。术语“辊隙”用在这里表示铸造辊相互最靠近的总的区域。任何情况下，熔融金属通常由钢包倾倒入小的容器中，从该小容器通过金属输送系统流到一般位于铸造辊的铸造表面上方的分布式的浇口。在双辊式铸造中，熔融金属在铸造辊之间输送，以形成支撑在邻近辊隙的辊的铸造表面上并沿辊隙的长度延伸的熔融金属浇注熔池。这样的浇注熔池通常限制在邻近铸造辊的端部通过滑动接合保持的侧板或挡板之间，以拦起浇注熔池的两端。

当利用双辊式铸造机铸造薄钢带时，浇注熔池中的熔融金属一般会处于1500°C及以上量级的温度。因此，在铸造辊的铸造表面上必须实现非常高的冷却速率。熔融金属壳在铸造表面上的初始凝固的高热通量和大量成核是形成钢带所需的。美国专利 No.5760336 通过引用被结合于此，该专利公开初始凝固的热通量可以通过以下方法来提高，即调节钢熔融化学性质，使得形成的金属氧化物的主要部分在初始凝固温度下为液体，从而成为形成在熔融金属与各个铸造表面之间的界面处的基本上为液体的层。如美国专利 No.5934359 和 6059014 以及国际申请 AU 99/00641(这些文献通过引用被结合于此)所公开的，初始凝固中钢的成核会受到铸造表面的纹理的影响。特别是，国际申请 AU 99/00641 公开铸造表面上的尖峰和沟槽构成的随机纹理可以通过提供分布于整个铸造表面上的大量成核位置而增强初始凝固。

钢的熔融化学性质，特别是进行薄带浇注之前的冶金钢包炉中的钢的熔

融化学性质已经受到关注。我们过去已经注意到钢金属中的氧化物夹杂物和氧的水平以及它们对所产生的钢带的质量的影响。我们现在已经发现钢带的质量和薄钢带的生产还可以通过控制熔融钢中的氢水平和氮水平来提高。控制氢水平和氮水平过去在板坯铸造中曾经被研究过,但是据我们所知,在薄带铸造领域还没有受到过关注。例如,参见 P. Zasowski 和 D. Sosinsky 所著并于 1990 年发表于《炼钢会议论文集》(Steelmaking Conference Proceedings) 第 253 - 259 页的文章《对连续铸模中热散失的控制》(Control of Heat Removal in the Continuous Casting Mould) 以及 D. Sosinsky, M. Maeda 和 A. Mclean 所著并于 1985 年 3 月发表于《冶金学报》(Metallurgical Transactions) 第 16b 期第 61 - 66 页的文章《CaO-MgO-SiO₂ 熔渣中的水蒸气溶解度的确定和预测》(Determination and Prediction of Water Vapor Solubilities in CaO-MgO-SiO₂ Slags)。

发明内容

具体而言,我们已经发现,通过控制钢熔融过程中的氢和氮水平,在钢中硫水平较低的情况下,可以通过辊式铸造生产出具有极好的成份和产品质量的普通碳钢带。本发明提供了一种铸造钢带的方法,其包括:

在至少一个铸造辊的铸造表面上引入熔融的普通碳钢,其中所述熔融钢具有在大气压下测得的低于大约 120ppm 的自由氮含量和低于大约 6.5ppm 的自由氢含量; 以及

凝固所述熔融钢以在所述铸造辊上形成金属壳,从而形成薄钢带,其中所述金属壳具有由所述熔融钢中的氮和氢含量反应出的氮和氢水平。

所述铸造钢带的方法可以通过以下步骤来执行:

组装一对被冷却的铸造辊,所述铸造辊在其之间具有辊隙并且具有邻近所述铸造辊的端部的限制端盖;

在所述一对铸造辊之间引入熔融的普通碳钢,以在所述铸造辊上形成浇注熔池,其中所述端盖限制所述熔池,所述熔融钢在大气压下具有低于大约 120ppm 的自由氮含量和低于大约 6.5ppm 的自由氢含量;

反向旋转所述铸造辊并凝固所述熔融钢,以在所述铸造辊的铸造表面上形成金属壳,以便用于形成薄钢带,其中所述金属壳具有由所述熔融钢中的含量反应出的氮和氢水平; 以及

通过所述铸造辊之间的辊隙形成凝固的薄钢带，从而产生从辊隙向下输送的凝固了的钢带。

作为替代，本发明提供了一种铸造钢带的方法，其包括：

在至少一个铸造辊的铸造表面上引入熔融的普通碳钢，其中，所述熔融钢具有在大气压下测得的低于大约 100ppm 的自由氮含量和低于大约 6.5ppm 的自由氢含量；以及

凝固所述熔融钢，以在所述铸造辊上形成金属壳，从而形成薄钢带，其中，所述金属壳具有由所述熔融钢中的氮和氢含量反应出的氮和氢水平。

所述铸造钢带的方法可以通过以下步骤执行：

组装一对被冷却的铸造辊，所述铸造辊在其之间具有辊隙并且具有邻近所述铸造辊的端部的限制端盖；

在所述一对铸造辊之间引入熔融的普通碳钢，以在所述铸造辊上形成浇注熔池，其中所述端盖限制所述熔池，所述熔融钢具有在大气压下测得的低于大约 100ppm 的自由氮含量和低于大约 6.5ppm 的自由氢含量；

反向旋转所述铸造辊并凝固所述熔融钢，以在所述铸造辊的铸造表面上形成金属壳，以便用于形成薄钢带，其中所述金属壳具有由所述熔融钢中的含量反应出的氮和氢水平；以及

通过所述铸造辊之间的辊隙形成凝固的薄钢带，从而产生从辊隙向下输送的凝固了的钢带。

作为另一种替代，本发明提供了一种铸造钢带的方法，其包括：

在至少一个铸造辊的铸造表面上引入熔融的普通碳钢，其中所述熔融钢具有在大气压下测得的低于大约 85ppm 的自由氮含量和低于大约 6.5ppm 的自由氢含量；以及

凝固所述熔融钢，以在所述铸造辊上形成金属壳，从而形成薄钢带，其中所述金属壳具有由所述熔融钢的氮和氢含量反应出的氮和氢水平。

所述铸造钢带的方法可以通过以下步骤来执行：

组装一对被冷却的铸造辊，所述铸造辊在其之间具有辊隙并且具有邻近所述铸造辊的端部的限制端盖；

在所述一对铸造辊之间引入熔融的普通碳钢，以在所述铸造辊上形成浇注熔池，其中所述端盖限制所述熔池，所述熔融钢具有在大气压下测得的低于大约 85ppm 的自由氮含量和低于大约 6.5ppm 的自由氢含量；

反向旋转所述铸造辊并凝固所述熔融钢，以在所述铸造辊的铸造表面上形成金属壳，以便用于形成薄钢带，其中所述金属壳具有由所述熔融钢中的含量反应出的氮和氢水平；以及

通过所述铸造辊之间的辊隙形成凝固的薄钢带，从而产生从辊隙向下输送的凝固了的钢带。

在这些方法的任何一种中，所述自由氮含量可以为 60ppm 或者更小，所述自由氢含量可以在 1.0 和 6.5ppm 之间。所述自由氢含量例如可以在 2.0 和 6.5ppm 之间或者 3.0 和 6.5 之间。

用于本发明目的普通碳钢被限定为少于 0.65 % 的碳、少于 2.5 % 的硅、少于 0.5 % 的铬、少于 2.0 % 的锰、少于 0.5 % 的镍、少于 0.25 % 的钼，少于 1.0 % 的铝，以及在利用电弧炉制造碳钢的过程中通常会出现的诸如硫、氧和磷之类的其它元素。碳的重量含量在 0.001 % 到 0.1 % 范围内、锰的重量含量在 0.01 % 到 2.0 % 的范围内、硅的重量含量在 0.01 % 到 2.5 % 的低碳钢可以用于上述方法中，并且可以利用这些方法制造出低碳铸造钢带。钢中铝的重量含量可以在 0.01 % 或者更少的量级。例如，铝的重量可以少至 0.008 % 或更少。熔融钢可以是硅/锰镇静钢。

在这些方法中，钢中硫的含量可以为 0.01 % 或者更小；钢中硫的重量含量可以为 0.007 %。

在这些方法中，自由氮可以通过按照以下描述的热导率方法标定的发光摄谱仪来测量。自由氢水平可以通过 Hereaus Electronite 制造的氢直接读取浸没系统 (“Hydris”) 来确定。

所允许的自由氮和自由氢水平的最大值可以是总压力不超过 1.0 大气压的。在某些情况下，可能采用更高的压力，而自由氮和自由氢的水平可以相应地更高。例如，如以下说明的，铁水静压头可以为 1.15，使得自由氮和自由氢水平要更高，如图 3 所示。但是出于用作本发明方法中的参数的目的，自由氮和自由氢水平在 1.0 大气压下测量，虽然在更高的正的气压下实施所述方法时熔融金属中自由氮和自由氢的实际水平更高。

本发明提供了具有由于其制造方法而赋予的优良特性的铸造钢带。该钢带是普通碳钢。

附图说明

为了更加全面地阐述本发明，以下将参照附图对迄今为止做出的实验性工作的例证性结果进行说明。所述附图中：

图 1 是示例性带铸造机的示意性侧视图；

图 2 是图 1 所示铸造机的一部分的方法截面图；

图 3 是一图表，示出了为了铸造钢带，低碳钢中允许的氮水平和氢水平。

具体实施方式

图 1 和 2 示出了根据本发明工作的双辊式连续带铸造机。以下就使用双辊式铸造机连续铸造钢带来说明所述的实施例。但是本发明不限于使用双辊式铸造机，而可以延及其它类型的连续带铸造机。

图 1 示出了根据本发明的可以生产钢带的示例性生产线上的相继的部件。图 1 和 2 示出了总体上用 11 表示的、生产铸造钢带 12 的双辊式铸造机，所述钢带 12 沿传送路径 10 行进，跨过引导工作台 13 到达包括夹辊 14A 的夹辊台 14。紧接在离开夹辊台 14 之后，钢带可以进入到包括一对轧薄辊 16A 和支撑辊 16B 的热轧机 16，通过该热轧机，钢带被热轧以减小其厚度。经轧制的钢带行进到输出辊道 17，在该输出辊道上钢带可以通过与经由喷水器 18（或者其它适合的装置）提供的水接触以及通过辐射而利用对流被冷却。任何情况下，经轧制的钢带可以随后穿过包括一对夹辊 20A 的夹辊台 20 并从那里行进到缠卷装置 19。在该缠卷装置处对带进行最后的冷却（如果需要的话）。

如图 2 所示，双辊式铸造机 11 包括支撑一对冷却的铸造辊 22 的主机架 21，所述铸造辊 22 具有铸造表面 22A 且并排设置，在两辊之间存在一辊隙。普通碳钢的熔融金属可以在铸造操作过程中从钢包（未示出）提供到浇口盘 23，穿过耐火罩 24 到达分送器（distributor）25，并从那里穿过金属输送浇口 26，其中所述金属输送浇口一般位于铸造辊 22 之间的辊隙 27 上方。这样被输送到辊隙 27 的熔融金属形成被支撑在铸造辊表面 22A 上的熔池 30，所述熔池通过一对侧盖、侧挡板或侧板 28 被限制在辊的端部处，所述侧盖、挡板或板可以通过一对包括连接至侧板保持件的液压缸单元（或其它适合的装置）的推进器（未示出）设置成邻近辊的端部。熔池 30 的上表面（一般称为“弯月”面）可以高出输送浇口的下端，使得输送浇口的下端浸入到熔池内。

铸造辊 22 经过水冷, 以便在移动中的辊的铸造表面上结壳。然后这些壳在铸造辊之间的辊隙 27 处辊夹在一起 (有时候在壳之间存在熔融金属), 从而生产出凝固了的带 12, 带 12 从辊隙被向下输送。

机架 21 支撑铸造辊滑架, 所述铸造辊滑架可以在组装台和铸造台之间水平移动。

铸造辊 22 可以通过由电动、液压或者风动马达及传送装置驱动的驱动轴 (未示出) 反向旋转。辊 22 具有铜的盘边 (peripheral wall), 该盘边形成有一系列纵向延伸并在周向上间隔开的水冷通道, 冷却水被提供到所述水冷通道。这些辊一般直径可以约为 500mm, 并且长度最高约为 2000mm, 以便生产宽度约为 2000mm 的带产品。

浇口盘 25 具有传统结构。其由诸如氧化镁 (MgO) 之类的耐火材料形成宽形盘。浇口盘 25 的一侧接收来自钢包的熔融金属, 并设置有溢出口 24 和应急塞 25。

输送浇口 26 形成为由诸如矾土石墨 (alumina graphite) 之类的耐火材料制成的长形体。其下部渐缩, 向内且向下收敛, 位于铸造辊 22 之间的辊隙上方。

浇口 26 可以具有一系列水平间隔开并大致垂直延伸的流动通道, 以便在辊的整个宽度上以适当的低速排出熔融金属, 并将辊之间的熔融金属输送到发生初始凝固的辊表面上。或者, 浇口可以具有单个连续的槽形出口, 用于直接向辊之间的辊隙输送低速流动的帘状的熔融金属, 并且/或者浇口可以浸入到熔融金属熔池中。

熔池通过一对侧盖板 28 被限制在辊的端部处, 当辊滑架位于铸造台处时, 所述侧盖板 28 邻近并保持抵靠于辊的台阶状端部。侧盖板 28 例如由诸如氮化硼之类的强耐火材料制成, 并且具有扇形侧边以匹配辊的台阶状端部的弯曲。侧板可以安装在板保持件中, 所述板保持件可以在一对液压缸单元 (或者其它适合的装置) 的致动下在铸造台处移动, 以使侧板与铸造辊的台阶状端部接合, 以为铸造操作过程中形成在铸造辊上的金属熔池形成端盖。

双辊式铸造机可以是例如美国专利 5184668、5277243、5488988 以及/或者 5934359; 美国专利申请 No.10/436336 以及国际专利申请 PCT/AU93/00593 中举例并描述的类型, 上述文献的公开内容通过引用被结合于此。可以参考上述专利文献中的适当的结构细节, 但是这种参考不构

成本发明的内容。

表 1 和图 3 中给出了控制普通碳钢的薄铸造片材中的自由氮和氢水平的结果。如图 3 所示,当自由氮水平低于大约 85ppm 并且自由氢水平低于大约 6.5ppm 时,所生产得到的薄铸造带达到优良的“冷轧”钢质量。自由氮或自由氢水平相应地在大约 85ppm 或大约 6.5ppm 以上的各炉次 (heat) 不能产生优良的冷轧钢质量的薄铸造带。但是我们发现,氢水平是关键参数,而氮水平可以高达 100ppm 或 120ppm。

图 3 示出了对于普通碳钢的薄轧钢的结果。表 1 给出了对图 3 所示每一炉次的分析。如图 3 所示,示出的左侧曲线基于部分氮和部分氢的总压力等于 1 大气压的计算基础。

表 1

最新 LMF 化学分析								
序号	LMF C	LMF Si	LMF Mn	LMF N	LMF S	LMF P	LMF Al	H,ppm
822*	0.0493	0.265	0.6266	0.0075	0.011	0.0112	0.0042	7.3
1019	0.049	0.282	0.6122	0.0055	0.012	0.0113	0.0009	7
1057*	0.0622	0.2818	0.4894	0.008	0.013	0.0102	0.0008	8.3
1060*	0.0541	0.2986	0.5642	0.0081	0.0084	0.0107	0.0012	7.3
1071*	0.0547	0.1939	0.5616	0.0056	0.0076	0.0088	0.0029	5.6
1074*	0.0504	0.2989	0.5531	0.0042	0.0087	0.0149	0.002	6.3
1078*	0.0598	0.3212	0.6165	0.0081	0.0092	0.0155	0.0018	6.5
1079	0.0572	0.3368	0.6122	0.0067	0.0095	0.0117	0.0014	8.9
1080*	0.0582	0.2508	0.5688	0.0087	0.0119	0.011	0.0017	7.3
1082*	0.0606	0.2777	0.5603	0.0084	0.0094	0.0131	0.0016	7.4
1087*	0.0568	0.2794	0.5981	0.0078	0.0067	0.0166	0.0019	8.4
1088*	0.0534	0.3077	0.6044	0.0081	0.0106	0.0155	0.0025	8.3
1091	0.0479	0.2262	0.5565	0.0084	0.0095	0.026	0.0024	9
1095	0.0448	0.2343	0.5963	0.007	0.0086	0.0072	0.0013	8.5
1098*	0.0567	0.3831	0.4559	0.008	0.0119	0.0111	0.0017	7
1099*	0.0532	0.2718	0.5324	0.0071	0.0109	0.0129	0.0015	6.8
1100*	0.0533	0.2685	0.5658	0.0074	0.0088	0.0108	0.0022	7.7
1103*	0.0548	0.2997	0.6137	0.0071	0.0115	0.012	0.0016	7.1
1104*	0.054	0.2799	0.6771	0.0067	0.008	0.0114	0.0024	7.4
1106*	0.047	0.3229	0.6281	0.0058	0.01	0.0104	0.0028	7.6
1110*	0.0434	0.3068	0.6848	0.0046	0.006	0.0111	0.0014	4.4
1111	0.0414	0.3002	0.5669	0.005	0.0089	0.0163	0.0019	5.6
1113*	0.0289	0.0798	0.4376	0.0044	0.0053	0.0101	0.0182	4.6
1113	0.0416	0.2212	0.5914	0.0053	0.0067	0.0119	0.0025	6.2
1114*	0.0489	0.3034	0.5943	0.0055	0.0058	0.008	0.0017	3.9
1115*	0.0594	0.3404	0.6565	0.0053	0.0064	0.0129	0.0021	4.7
1116	0.0507	0.3725	0.6806	0.0062	0.0095	0.0123	0.0051	5

1117	0.0437	0.2258	0.563	0.0067	0.008	0.0121	0.0012	5
1118*	0.0629	0.3149	0.633	0.0081	0.0086	0.0143	0.001	7.7
1120*	0.0486	0.2935	0.5384	0.0077	0.0063	0.0074	0.0048	7.7
1121*	0.0492	0.314	0.6371	0.0073	0.0093	0.0163	0.0012	7.9
1122*	0.0525	0.2639	0.5867	0.0085	0.011	0.0141	0.0009	7.5
1123	0.0578	0.3238	0.5966	0.0058	0.0082	0.0124	0.0023	5.2
1125*	0.0682	0.3221	0.5786	0.0063	0.0055	0.0083	0.0005	4.7
1128*	0.0408	0.2456	0.5895	0.005	0.0083	0.0095	0.0016	5.1
1130	0.0378	0.3219	0.627	0.0073	0.0087	0.0172	0.0023	5.1
1133	0.0398	0.2899	0.574	0.0054	0.0084	0.0092	0.0033	5.2
1134	0.0558	0.2612	0.6039	0.0055	0.009	0.0148	0.0038	5.9
1135	0.0567	0.2085	0.6093	0.0052	0.0125	0.0151	0.0015	4.6
1144*	0.0554	0.3702	0.6315	0.0077	0.0098	0.0108	0.0027	6.7
1160*	0.0448	0.3338	0.5496	0.0054	0.0055	0.0078	0.004	4.4
1161	0.057	0.3182	0.6093	0.0054	0.0066	0.0092	0.0015	4.2
1163	0.0499	0.3198	0.6033	0.0053	0.0056	0.0078	0.0026	4.2
1164	0.0352	0.2783	0.59	0.0058	0.0058	0.0076	0.0025	3.6
1167	0.0451	0.3395	0.6026	0.0054	0.0073	0.0086	0.0024	3.5
1168	0.0515	0.2841	0.5897	0.0058	0.0043	0.0059	0.0018	3.9
1170	0.0366	0.2839	0.5958	0.0062	0.0054	0.0077	0.0018	4
1171	0.0454	0.304	0.586	0.007	0.0053	0.0073	0.0031	4.7
1172	0.0372	0.291	0.618	0.005	0.006	0.0087	0.0017	3.5
1173	0.0537	0.3049	0.6171	0.0051	0.0038	0.0086	0.0014	5.2
1180	0.054	0.2706	0.6285	0.0055	0.0069	0.006	0.001	4
1182	0.0543	0.3296	0.6386	0.0062	0.0082	0.0094	0.0013	4.5
1182	0.0511	0.3008	0.6025	0.0049	0.0057	0.0099	0.0015	4.2
1183	0.0549	0.2859	0.6147	0.0069	0.0082	0.0087	0.0003	3.7
1183	0.0492	0.2718	0.6245	0.0063	0.0054	0.0085	0.0007	3.8
1188	0.0511	0.3076	0.6298	0.0073	0.0042	0.0076	0.0048	4.4
1189	0.0562	0.3133	0.646	0.0063	0.0031	0.0083	0.0085	3.2
1189	0.0452	0.3536	0.6902	0.0049	0.0014	0.0079	0.0132	4.1
1193*	0.0556	0.2864	0.6116	0.0059	0.0063	0.0084	0.0017	3.7
1196	0.0103	0.2989	0.6053	0.0052	0.0018	0.0082	0.0171	4
1198	0.0531	0.2643	0.6123	0.007	0.0064	0.0079	0.003	5
1200*	0.0534	0.2627	0.6082	0.0078	0.0107	0.007	0.0018	6.7
1205*	0.0544	0.2696	0.6037	0.0078	0.0097	0.0063	0.0011	6.8
* 表示减小的热通量次序 (reduced Heat Flux Sequences)								

表 1 中所有炉次的成份都以重量百分比计, 并且示于图 3 中。炉次的热通量指数 (heat flux index) 在理想水平附近 ± 0.7 兆瓦/平方米的范围, 即给定铸造速度的标准热通量附近的一个范围内。作为示例, 对于 80 米/分钟的铸造速度, 给定铸造速度的标准热通量为 15 兆瓦/平方米, 而对于 65 米/

分钟的铸造速度,标准热通量为 13 兆瓦/平方米。表 1 中注星号的炉次的热通量指数在 ± 0.7 兆瓦/平方米的允许范围内,如图 3 所示。图 3 中的曲线示出了在自由氮和自由氢的分压之和总体上为 1.0 大气压的情况下要产生可接受的 ± 0.7 兆瓦/平方米的热通量指数而允许的自由氮和自由氢的水平。如图 3 所示,除了炉次 1110 和 1125 之外,所有自由氮水平低于大约 85ppm 并且自由氢水平低于大约 6.5ppm 的炉次具有希望范围内的热通量。在炉次 1110 中,自由氧水平通常较低,约为 10ppm,而对于炉次 1125,铸造设备存在机械问题。

最近,又制成了具有表 2 所示的成份的低氮、低氢的炉次。氮水平在 42 到 118ppm 的范围,而氢水平在 3.0 到 6.9ppm 的范围。但是,6.9ppm 的氢水平伴随 1 大气压以上的铁水静压头,即,1.15 大气压,如图 3 中右侧曲线所示。

表 2

序号	炉次编号	C	MN	N	S	SI	P	AL	H,ppm
1734	248991	0.0502	0.5653	0.0042	0.0079	0.2615	0.0124	0.0006	4.6
1705	248296	0.048	0.5767	0.0054	0.0087	0.3154	0.017	0.0019	4.6
1701	142523	0.0461	0.5798	0.0053	0.0051	0.2729	0.0112	0.0008	5.1
1696	248237	0.0513	0.5793	0.0055	0.0052	0.2902	0.0112	0.0014	5
1695	248227	0.0559	0.5701	0.0066	0.0039	0.2436	0.0115	0.0006	6
1694	248207	0.0487	0.5763	0.0059	0.0081	0.2643	0.0172	0.0007	4.3
1691	248031	0.0481	0.5851	0.0063	0.0063	0.2605	0.0119	0.0006	4.4
1690	142250	0.0507	0.5928	0.0058	0.007	0.2582	0.0138	0.0009	3.2
1690	142248	0.0554	0.5859	0.0079	0.0057	0.2583	0.017	0.001	4.3
1689	248008	0.0473	0.5747	0.0051	0.0049	0.2631	0.014	0.0011	2.9
1689	248007	0.0538	0.575	0.0056	0.0055	0.2611	0.0127	0.0007	3.6
1688	248005	0.0493	0.5802	0.0053	0.0038	0.2629	0.0127	0.0008	4.6
1687	247994	0.0467	0.5974	0.0055	0.0045	0.2653	0.0129	0.001	3.8
1687	247992	0.0497	0.5791	0.0049	0.0056	0.2541	0.0114	0.0009	3.7
1684	247975	0.0498	0.5839	0.0061	0.0064	0.248	0.012	0.0007	3.7
1684	247973	0.051	0.5716	0.0052	0.0031	0.2743	0.0122	0.0007	4.5
1683	247968	0.0488	0.5782	0.0062	0.0067	0.2774	0.0173	0.0008	3.9
1683	247965	0.0533	0.5753	0.0069	0.0081	0.2744	0.0183	0.0008	5
1681	247954	0.0532	0.5354	0.0058	0.0061	0.2432	0.0152	0.0017	4.1
1680	247934	0.0528	0.5861	0.0051	0.0049	0.2506	0.0106	0.0008	4.4
1679	247927	0.0524	0.5325	0.0063	0.0074	0.2521	0.0139	0.0007	4
1679	247925	0.0496	0.5266	0.0063	0.0065	0.2388	0.0121	0.0007	3.3
1679	247923	0.0549	0.5395	0.0063	0.0044	0.2354	0.0126	0.0007	4.5
1678	247917	0.0562	0.572	0.0052	0.0064	0.27	0.0156	0.0029	2.7
1678	247915	0.0499	0.6139	0.0052	0.0073	0.2789	0.0134	0.0009	3.3
1677	247910	0.0543	0.5721	0.0055	0.0088	0.2444	0.0163	0.0008	3.3

序号	炉次编号	C	MN	N	S	SI	P	AL	H,ppm
1677	247907	0.0491	0.5727	0.0076	0.008	0.2383	0.0214	0.0004	4.6
1676	142129	0.0505	0.5408	0.0061	0.0077	0.2374	0.0161	0.0005	3.9
1676	247898	0.0449	0.535	0.0052	0.0072	0.2589	0.0156	0.0008	3.9
1676	247896	0.0521	0.54	0.0071	0.0051	0.2273	0.0139	0.0005	5.1
1675	247894	0.0474	0.5398	0.006	0.0082	0.2442	0.0173	0.0005	3.3
1675	247892	0.0476	0.5845	0.0062	0.0092	0.2641	0.0215	0.0007	4.1
1674	247886	0.0518	0.6002	0.0061	0.0087	0.2544	0.0178	0.0022	3.3
1674	247884	0.0538	0.5682	0.0062	0.0081	0.2553	0.0164	0.0015	4
1673	142103	0.0471	0.5582	0.007	0.0063	0.2293	0.0207	0.003	4.1
1673	247874	0.0516	0.5262	0.0062	0.0049	0.2469	0.0161	0.0007	5.4
1672	247871	0.0533	0.5458	0.007	0.0057	0.2457	0.0216	0.0009	4.4
1672	247869	0.0478	0.554	0.0063	0.0059	0.2095	0.0242	0.0012	5.2
1671	247859	0.049	0.5848	0.0059	0.0051	0.2666	0.0108	0.0005	5
1670	247848	0.0505	0.5728	0.0064	0.0062	0.2402	0.0207	0.0007	4.7
1667	247817	0.0468	0.5921	0.0052	0.0059	0.268	0.0141	0.0013	3.5
1662	247612	0.0495	0.5773	0.0072	0.0075	0.2548	0.018	0.001	5.6
1657	247525	0.048	0.57	0.0068	0.004	0.257	0.019	0	4.8
1657	247524	0.051	0.58	0.0077	0.004	0.246	0.016	0	5.8
1656	247515	0.0491	0.5768	0.0052	0.0076	0.2457	0.0115	0.0007	3.3
1656	247513	0.0496	0.5965	0.0053	0.0064	0.2916	0.0092	0.0008	4.2
1655	247507	0.0463	0.5777	0.0058	0.0093	0.2608	0.0117	0.0005	4.3
1655	247505	0.0503	0.5691	0.0053	0.0061	0.2403	0.0173	0.0008	6.9
1654	247490	0.0541	0.5753	0.0065	0.0064	0.2533	0.0094	0.001	4.2
1652	247484	0.0496	0.5877	0.0064	0.0064	0.251	0.0139	0.0009	5.3
1651	141683	0.0566	0.6004	0.0058	0.0061	0.2698	0.0094	0.0008	4.7
1650	247461	0.0467	0.5729	0.006	0.0038	0.2663	0.0095	0.001	4.2
1650	141675	0.0519	0.5787	0.006	0.0052	0.2629	0.0098	0.0013	5
1649	141666	0.0546	0.6045	0.0056	0.0065	0.2755	0.0108	0.0009	4.2
1648	247441	0.0502	0.5949	0.0057	0.0049	0.2708	0.0097	0.0008	3.4
1648	247439	0.0493	0.5818	0.0047	0.0079	0.2588	0.012	0.0008	4.2
1647	247430	0.0483	0.5972	0.006	0.0037	0.2643	0.0069	0.0012	4.2
1646	141641	0.0497	0.5954	0.0044	0.0054	0.3043	0.0062	0.0011	3.6
1645	247410	0.0482	0.5731	0.0051	0.008	0.2456	0.0083	0.0007	3.8
1644	247403	0.05	0.6043	0.0065	0.0053	0.2547	0.0073	0.0007	4.2
1643	247399	0.0536	0.5801	0.0061	0.0054	0.2433	0.0075	0.0012	4.9
1642	247392	0.0531	0.5978	0.005	0.0056	0.2651	0.009	0.001	3.5
1642	247390	0.0499	0.5788	0.005	0.0066	0.2669	0.0077	0.0008	3.1
1640	247377	0.0519	0.5601	0.0055	0.0085	0.2511	0.0099	0.0026	3.7
1639	247362	0.0507	0.5192	0.0069	0.0054	0.2132	0.0096	0.0005	3.7
1639	247360	0.0492	0.5146	0.006	0.0058	0.1896	0.0094	0.0004	4.5
1638	247352	0.0492	0.587	0.0065	0.0084	0.2734	0.009	0.0006	3.7
1638	141578	0.0517	0.5727	0.0067	0.0111	0.2632	0.0155	0.0006	4.5
1637	247337	0.0484	0.5415	0.0059	0.0069	0.2201	0.0115	0.0006	4.4
1637	247335	0.0531	0.5491	0.0068	0.0076	0.2374	0.0102	0.0009	4.5
1636	141557	0.0504	0.5592	0.0076	0.0087	0.2491	0.0114	0.0005	4.4
1634	247319	0.049	0.5424	0.0071	0.007	0.2094	0.0111	0.0003	4.6
1633	247310	0.0486	0.59	0.006	0.0089	0.2655	0.0098	0.0002	4.1

序号	炉次编号	C	MN	N	S	SI	P	AL	H,ppm
1632	247133	0.0519	0.5795	0.0067	0.005	0.2511	0.0093	0.0006	3.9
1632	247130	0.0461	0.5733	0.0058	0.0043	0.2421	0.0091	0.0004	4
1631	141348	0.0505	0.575	0.0057	0.0047	0.2434	0.0087	0.0007	3.5
1631	141347	0.0463	0.5886	0.0056	0.0065	0.2798	0.0098	0.0006	3.9
1630	341342	0.0521	0.5775	0.0075	0.0077	0.2387	0.0133	0.0005	4.6
1624	141300	0.0456	0.5921	0.005	0.0068	0.2586	0.0086	0.0006	4
1623	141288	0.051	0.5978	0.0055	0.0064	0.2766	0.0107	0.0012	3.5
1621	247048	0.047	0.5613	0.0043	0.0066	0.2423	0.0112	0.0005	3.5
1621	247046	0.0499	0.553	0.0048	0.0062	0.2546	0.0105	0.0006	3.9
1620	247036	0.0531	0.5953	0.0053	0.0087	0.2463	0.0104	0.0008	3.5
1619	141253	0.0506	0.5932	0.005	0.007	0.2589	0.0152	0.0011	3.6
1619	141252	0.0485	0.5782	0.0064	0.0085	0.2363	0.0133	0.001	3.9
1618	247018	0.0532	0.589	0.0057	0.0077	0.2359	0.0104	0.0004	4.3
1617	247011	0.0457	0.5767	0.0051	0.0053	0.2647	0.0105	0.001	3.3
1616	246997	0.0521	0.6192	0.0118	0.0044	0.2344	0.0072	0.0007	3.3
1611	246957	0.0533	0.574	0.0076	0.0078	0.2251	0.0151	0.0004	4.2
1610	246942	0.0469	0.5853	0.0063	0.0085	0.2698	0.011	0.0007	3.3
1610	246940	0.0535	0.5926	0.0063	0.0081	0.2533	0.0093	0.0006	4
1609	141146	0.0529	0.5733	0.0054	0.0073	0.223	0.0101	0.0007	3.4
1609	141141	0.0547	0.5534	0.0069	0.009	0.2169	0.0093	0.0005	4
1608	246915	0.0489	0.5895	0.006	0.007	0.2751	0.0093	0.0008	3.4
1607	141117	0.0537	0.5756	0.007	0.0077	0.2419	0.0122	0.0007	3.4
1606	141097	0.0512	0.5936	0.0057	0.0065	0.2582	0.0115	0.0005	3.6
1605	246877	0.0527	0.6154	0.0078	0.0056	0.2507	0.0092	0.0009	3.5
1605	246879	0.0497	0.5939	0.0055	0.0072	0.2418	0.0124	0.0009	3.1
1604	246862	0.0483	0.6336	0.0053	0.006	0.2694	0.0088	0.001	4.6
1603	246854	0.0522	0.6157	0.0058	0.0069	0.2587	0.0103	0.0011	3.2
1603	246852	0.0536	0.5455	0.005	0.0057	0.2468	0.01	0.0011	3.8
1602	246836	0.0468	0.6049	0.0044	0.0062	0.2748	0.0109	0.001	4.6
1601	246824	0.052	0.5846	0.0044	0.0103	0.2392	0.0126	0.0004	4.8
1598	246806	0.0459	0.5803	0.0041	0.006	0.2684	0.0086	0.0006	4.4
1598	246804	0.0499	0.5795	0.0053	0.0077	0.2609	0.011	0.0005	5.2
1597	141011	0.044	0.5661	0.0061	0.0063	0.2635	0.0125	0.0006	5.3
1596	246777	0.0492	0.5378	0.0072	0.0052	0.2417	0.0115	0.0003	4.5
1595	140990	0.0428	0.5817	0.0053	0.0036	0.2529	0.0131	0.0009	4.3
1595	140988	0.0494	0.5583	0.0072	0.0071	0.2074	0.0107	0.0004	4.6
1594	246759	0.048	0.5355	0.0064	0.009	0.2218	0.0094	0.0005	5.1
1594	140978	0.0479	0.5645	0.0065	0.0068	0.228	0.0157	0.0005	5.6
1593	140976	0.0541	0.5799	0.0066	0.0074	0.2485	0.0143	0.001	4.5
1592	246741	0.047	0.5652	0.0053	0.0055	0.2348	0.0127	0.0009	4.9
1591	246739	0.0549	0.5755	0.0075	0.0041	0.2343	0.016	0.001	4.6
1590	246725	0.0404	0.575	0.0045	0.0079	0.2505	0.0109	0.0002	4
1589	140941	0.0524	0.5793	0.0053	0.0057	0.2414	0.0127	0.0011	4.9
1588	246565	0.0477	0.6328	0.0078	0.0065	0.2361	0.0166	0.0012	4
1587	246559	0.0457	0.5635	0.0055	0.0055	0.2446	0.0218	0.0002	3.8
1586	246546	0.0573	0.5793	0.0059	0.0094	0.2237	0.0134	0.0003	3.4
1585	246544	0.0601	0.5434	0.007	0.0067	0.2672	0.0198	0.001	3.5

序号	炉次编号	C	MN	N	S	SI	P	AL	H,ppm
1584	246536	0.0538	0.5664	0.0064	0.0061	0.2087	0.0161	0.0008	3.8
1584	246528	0.0488	0.559	0.0061	0.0051	0.2251	0.0166	0.0009	4.8
1583	246527	0.0519	0.5723	0.0067	0.0082	0.2173	0.0123	0.0007	4
1582	246520	0.0485	0.582	0.0058	0.0108	0.2435	0.0137	0.0008	3.6
1582	246518	0.052	0.5639	0.0068	0.0104	0.2441	0.0121	0.0005	3.8
1579	246481	0.0514	0.5968	0.0063	0.0058	0.2555	0.0135	0.0007	3.3
1577	246459	0.0496	0.5945	0.0055	0.0056	0.2538	0.017	0.0005	3.1
1577	246457	0.0488	0.5943	0.006	0.0044	0.249	0.0156	0.0007	3.4
1576	246445	0.0446	0.549	0.0054	0.0031	0.2429	0.0105	0.0003	3.1
1575	246439	0.0498	0.5975	0.0049	0.0054	0.2644	0.0142	0.0006	3.2
1573	246414	0.0514	0.606	0.0047	0.0081	0.2639	0.0108	0.0005	3.2
1573	246412	0.0475	0.5915	0.0043	0.006	0.2657	0.0144	0.0006	3.8
1572	246393	0.0475	0.5955	0.0061	0.0072	0.2398	0.0113	0.0005	4.3
1570	246382	0.0501	0.5498	0.006	0.0071	0.2495	0.0122	0.0005	4.3
1569	246367	0.0563	0.5763	0.006	0.0064	0.2326	0.0108	0.0006	3.4
1569	246365	0.0501	0.5745	0.006	0.0063	0.229	0.0127	0.0003	3.6
1568	246356	0.0486	0.5478	0.0058	0.0082	0.2374	0.0129	0.0026	3
1568	246354	0.0499	0.5564	0.0062	0.0078	0.2437	0.013	0.0013	3.3
1567	246341	0.0489	0.5659	0.006	0.0083	0.2291	0.0153	0.0002	3.3
1567	140568	0.0469	0.539	0.0061	0.0069	0.2159	0.0137	0.0004	3.5
1566	246331	0.0452	0.5614	0.0051	0.0086	0.2491	0.0129	0	2.7
1566	246329	0.0433	0.5522	0.0054	0.0072	0.2514	0.0124	0.0006	3.4
1565	246318	0.0504	0.5674	0.0047	0.0068	0.241	0.0115	0	3.8
1564	246304	0.0483	0.5708	0.0038	0.0077	0.2519	0.0119	0	3.1
1564	246302	0.0502	0.5742	0.005	0.0073	0.2563	0.0121	0.0002	3.5
1563	140529	0.0537	0.582	0.0066	0.0061	0.2574	0.0131	0	3.6
1561	140516	0.0546	0.5888	0.0048	0.006	0.2504	0.014	0	3.7
1561	246272	0.0495	0.5774	0.0051	0.0051	0.2423	0.0142	0	3.9
1560	140502	0.0497	0.5865	0.005	0.0061	0.2626	0.0122	0.0004	3.2
1560	140500	0.0494	0.5902	0.0051	0.0037	0.2591	0.0154	0.0001	3.9
1558	246242	0.0479	0.6095	0.005	0.005	0.2586	0.0127	0.0006	3.9
1558	246240	0.0472	0.5867	0.0052	0.008	0.245	0.0107	0.0004	4.5
1556	246020	0.0522	0.607	0.0062	0.0077	0.2674	0.0085	0.0006	3.6
1555	140256	0.0554	0.5559	0.0061	0.0059	0.2504	0.0107	0.0003	4.3
1551	245974	0.0539	0.5876	0.0077	0.0064	0.2776	0.0128	0	4
1550	245965	0.0556	0.5781	0.0078	0.0054	0.2545	0.0127	0	3.9
1550	245963	0.0513	0.5759	0.0074	0.0057	0.2686	0.0131	0	4
1549	245948	0.0549	0.5936	0.0075	0.0069	0.2493	0.0118	0.0002	3.6
1548	245938	0.0528	0.6059	0.0064	0.0059	0.273	0.0142	0.0002	3.7
1548	245936	0.0525	0.602	0.0067	0.0051	0.2828	0.0145	0.0001	3.7
1547	245925	0.0516	0.585	0.0069	0.0061	0.2543	0.0163	0.0003	3.4
1547	445923	0.0593	0.5902	0.0087	0.0087	0.244	0.0195	0.0004	3.6
1545	245912	0.0509	0.567	0.0061	0.0076	0.2583	0.0171	0.0004	3.9
1544	245900	0.0535	0.5995	0.0055	0.0085	0.2546	0.0124	0.0007	3.4
1544	245898	0.0468	0.5968	0.0058	0.0086	0.2499	0.0143	0.001	3.4
1543	140119	0.0492	0.5673	0.0062	0.0081	0.2386	0.0093	0	4.9
1540	245864	0.0518	0.5756	0.0054	0.009	0.2595	0.0163	0.0004	3.6

序号	炉次编号	C	MN	N	S	SI	P	AL	H,ppm
1540	245863	0.0499	0.569	0.0055	0.0087	0.2646	0.015	0.0002	3.9
1539	245850	0.0544	0.5864	0.005	0.0082	0.2566	0.0125	0.0005	3.7
1538	245837	0.0542	0.5554	0.0057	0.007	0.2291	0.012	0.0002	4
1537	245825	0.0522	0.5892	0.0052	0.0051	0.2694	0.0098	0.0005	2.9
1537	245824	0.0505	0.5761	0.006	0.0065	0.2778	0.0134	0.0004	3.4
1536	140056	0.0512	0.5926	0.0065	0.0087	0.2416	0.0125	0.0002	3.5
1536	245814	0.0578	0.5835	0.0064	0.0098	0.2492	0.0121	0.0002	3.7
1535	140039	0.0492	0.5748	0.0072	0.0088	0.2393	0.012	0.0003	3.8
1535	245797	0.0507	0.5567	0.0075	0.0087	0.2404	0.0113	0.0003	4.1
1534	245789	0.0504	0.5519	0.0047	0.0068	0.2903	0.017	0.0007	2.9
1534	245788	0.0521	0.5839	0.0062	0.0048	0.2573	0.0152	0.0007	3.9
1533	245772	0.0539	0.5858	0.0067	0.0087	0.2602	0.014	0.0004	3.2
1533	245771	0.0557	0.5708	0.0069	0.0085	0.258	0.0143	0.0008	4.1
1532	245769	0.0483	0.5726	0.0055	0.0073	0.2318	0.0143	0.0001	3.6
1532	245767	0.0571	0.5644	0.0052	0.0059	0.2327	0.0137	0	3.8
1530	245559	0.0488	0.562	0.005	0.0043	0.2397	0.0191	0.0005	3.2
1529	245553	0.0541	0.6186	0.0072	0.009	0.2555	0.019	0.0004	3.7
1528	245541	0.0507	0.5565	0.0066	0.0102	0.2477	0.0177	0.0003	3
1528	245539	0.048	0.5393	0.0068	0.0096	0.2412	0.0178	0.0003	4.2
1527	245525	0.0557	0.5628	0.0062	0.0058	0.2499	0.0141	0.0004	3.6
1527	149763	0.0526	0.5941	0.0081	0.0072	0.2513	0.0154	0.0005	4.4
1522	245462	0.0456	0.6022	0.005	0.0068	0.2665	0.0143	0.0006	2.9
1522	245461	0.0501	0.5844	0.0058	0.0077	0.2664	0.0153	0.0003	3.3
1521	149689	0.0478	0.6002	0.0054	0.0089	0.2797	0.0123	0.0005	3.6
1520	245443	0.0478	0.5367	0.0063	0.0064	0.2345	0.0173	0.0004	3.6
1517	245424	0.0541	0.5914	0.0071	0.0062	0.2368	0.0115	0.0003	3.7
1515	149635	0.051	0.6086	0.0064	0.0076	0.2751	0.0119	0.0004	3.5
1515	149634	0.0549	0.6079	0.0065	0.0033	0.2653	0.0116	0.0004	3.5
1514	245403	0.0491	0.5964	0.0071	0.0085	0.2261	0.0097	0.0001	3.5
1514	245400	0.051	0.5616	0.0064	0.0087	0.2517	0.0109	0.0001	3.9
1513	149612	0.0448	0.5826	0.0057	0.0068	0.2585	0.0147	0.0004	3.2
1513	149610	0.0537	0.5647	0.0066	0.0082	0.2466	0.0136	0	3.5
1512	245373	0.051	0.5857	0.0058	0.0086	0.2512	0.0117	0.0005	2.8
1512	245371	0.0507	0.5571	0.0071	0.0075	0.2447	0.0117	0	4
1511	245353	0.0498	0.5823	0.0065	0.0063	0.2387	0.0109	0.0001	3.5
1510	245352	0.0532	0.5931	0.0065	0.0063	0.2623	0.0112	0.0001	3.8
1509	245339	0.0504	0.564	0.0074	0.0089	0.2599	0.0137	0.0003	2.9
1508	245333	0.0561	0.591	0.0071	0.0073	0.2541	0.0119	0.0003	3.6
1507	245308	0.0514	0.5784	0.0053	0.0046	0.2385	0.0118	0.0001	3.6
1506	245295	0.0456	0.5876	0.0053	0.005	0.2488	0.0095	0.0004	3.6
1506	245294	0.0521	0.6418	0.006	0.0063	0.2718	0.0116	0.0005	2.9
1504	245287	0.0524	0.5863	0.0055	0.0042	0.2609	0.0127	0.0012	3.6
1503	245274	0.044	0.5684	0.0053	0.0068	0.2509	0.0096	0.0002	3.1
1503	149504	0.0485	0.5695	0.0057	0.0066	0.2449	0.0097	0.0002	3.5
1502	245262	0.0512	0.5974	0.004	0.0088	0.269	0.0091	0.0002	2.8
1502	245261	0.0475	0.579	0.0045	0.0068	0.256	0.0107	0.0008	4
1500	245082	0.052	0.5876	0.0062	0.0106	0.2418	0.0107	0.0003	2.7

从表 2 所记录的炉次可以看到, 大气压下, 氮的水平最高可达 120ppm, 氢的水平在 1.0、2.0 或 3.0 和 6.5ppm 之间。此外, 炉次 1655 中 6.9ppm 的氢水平伴随 1 大气压以上的铁水静压头 (ferrostatic head), 即大约 1.15 大气压, 如图 3 所示。

自由氮通过利用发光摄谱仪 (“OES”) 进行分析来确定, 其中所述发光摄谱仪按照预定的基准利用热导率 (“TC”) 方法标定。利用电弧和电火花激励的发光摄谱仪 (OES) 是用于确定金属样品的化学成份的优选方法。该处理被广泛用于金属制造工业, 包括初级生产者、铸造厂、压铸机以及制造。由于其快速的分析时间和固有的准确性, 电弧/电火花 OES 系统在控制合金处理方面最为有效。这些摄谱仪可以用于生产周期中的很多方面, 包括对材料的进料检查、金属加工、半成品和成品的质量控制以及对金属材料的化学成份有要求的很多其它应用。

用于标定 OES 的热导率 (TC) 方法一般采用能够在各种各样的金属、耐材以及其它无机材料中测量氮以及氧的基于微处理器、软件控制的仪器。TC 方法采用惰性气体保护熔化原理。一定重量的样品被放置在高纯度的石墨坩埚中, 在足以释放氧、氮和氢的温度下在流动的氦气气流下熔化。样品中以各种形式存在的氧与来自坩埚的碳结合, 形成一氧化碳。样品中存在的氮作为氮分子释放, 而所有的氢都作为氢气释放。

在 TC 方法中, 通过红外吸收 (IR) 来测量氧。样品气体首先进入 IR 模块并穿过 CO 和 CO₂ 检测器。检测作为 CO 或者 CO₂ 出现的氧。在此之后, 样品气体穿过被加热的稀土铜氧化物 (rare-earth copper oxide), 以将 CO 转变成 CO₂ 并将所有的氢转变成水。然后, 气体再次进入 IR 模块并穿过独立的 CO₂ 检测器, 以进行总氧含量测量。该构造使低范围和高范围两者的性能和准确性都实现最大化。

在 TC 方法中, 氮通过使待测量样品气体穿过加热的稀土铜氧化物来测量, 其中所述稀土铜氧化物将 CO 转变成 CO₂ 并将氢转变成水。然后去除 CO₂ 和水, 以免被 TC 单元 (cell) 检测到。然后, 气流穿过 TC 单元, 以进行氮的检测。

如上所述, 自由氢通过 Hereaus Electronite 制造的氢直接读取浸没系统 (“Hydri”) 单元来测量。该单元被认为在以下引用的美国专利 No.4998432、

5518931 和 5820745 中被公开。

尽管已经在上述附图和说明中详细示出并描述了本发明，但是上述内容被认为是说明性而非在特征上进行限制的，应该理解，示出并描述的仅仅是本发明的说明性的实施例，而落入本发明精神范围中的所有变化和变形都希望得到保护。考虑到以上说明，本发明的其它特征对于本领域技术人员是明显的。在不背离本发明的精神和范围的情况下可以做出各种变形。

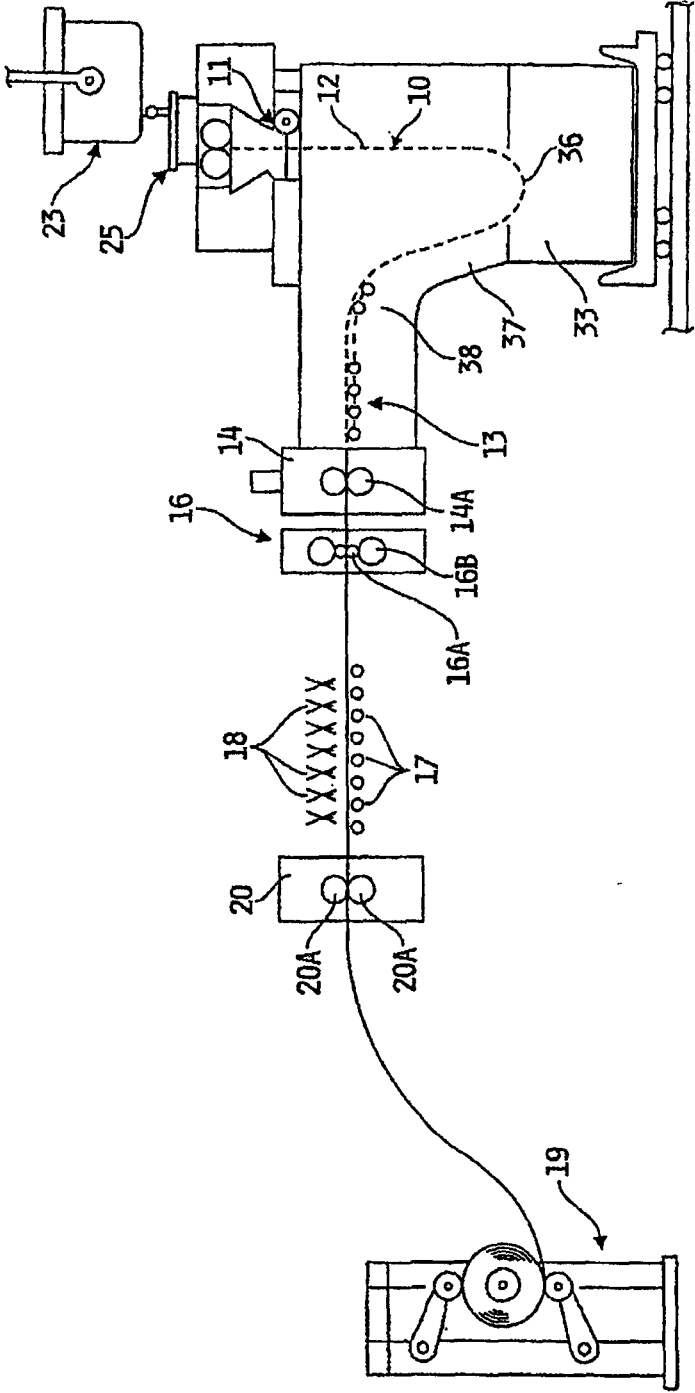


图 1

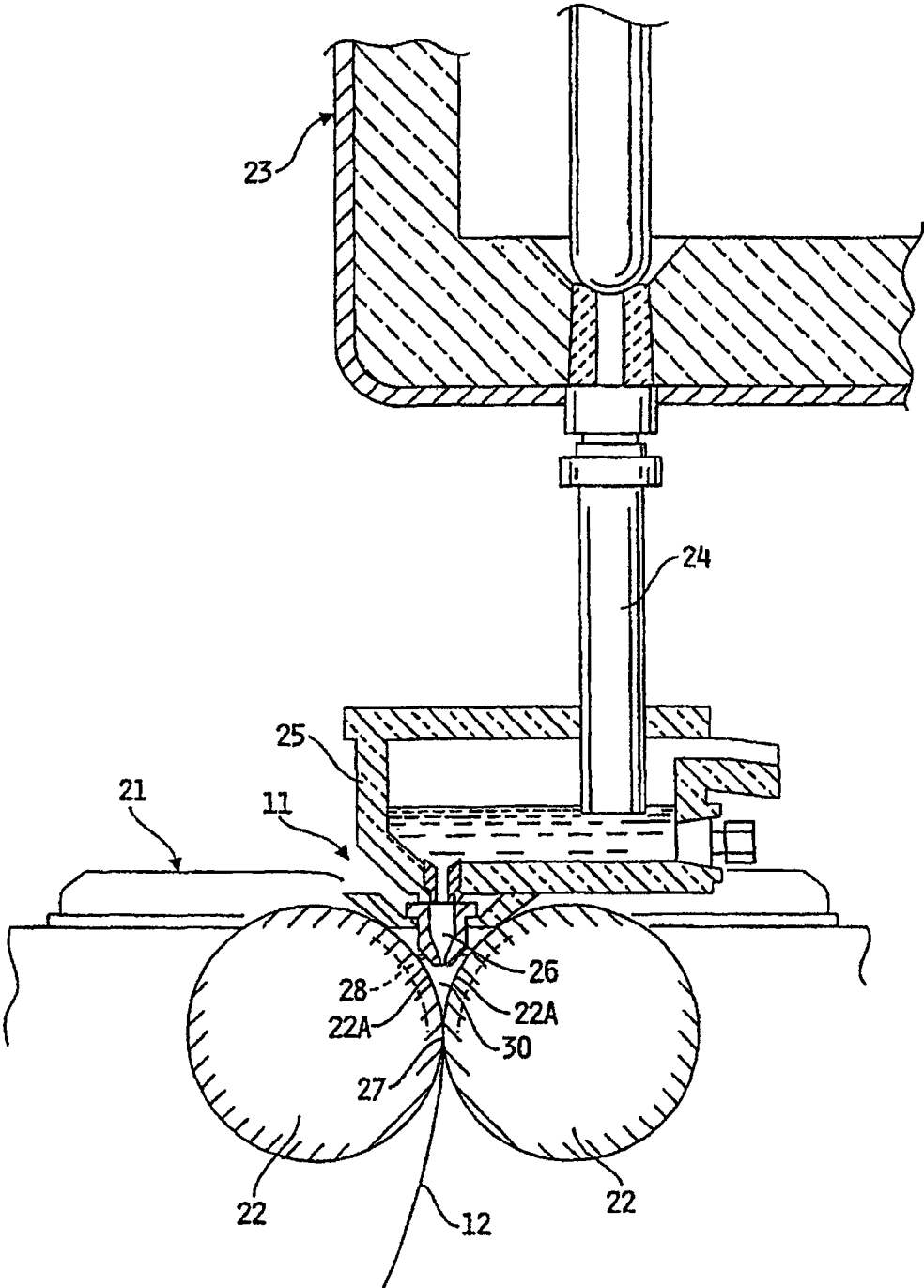


图 2

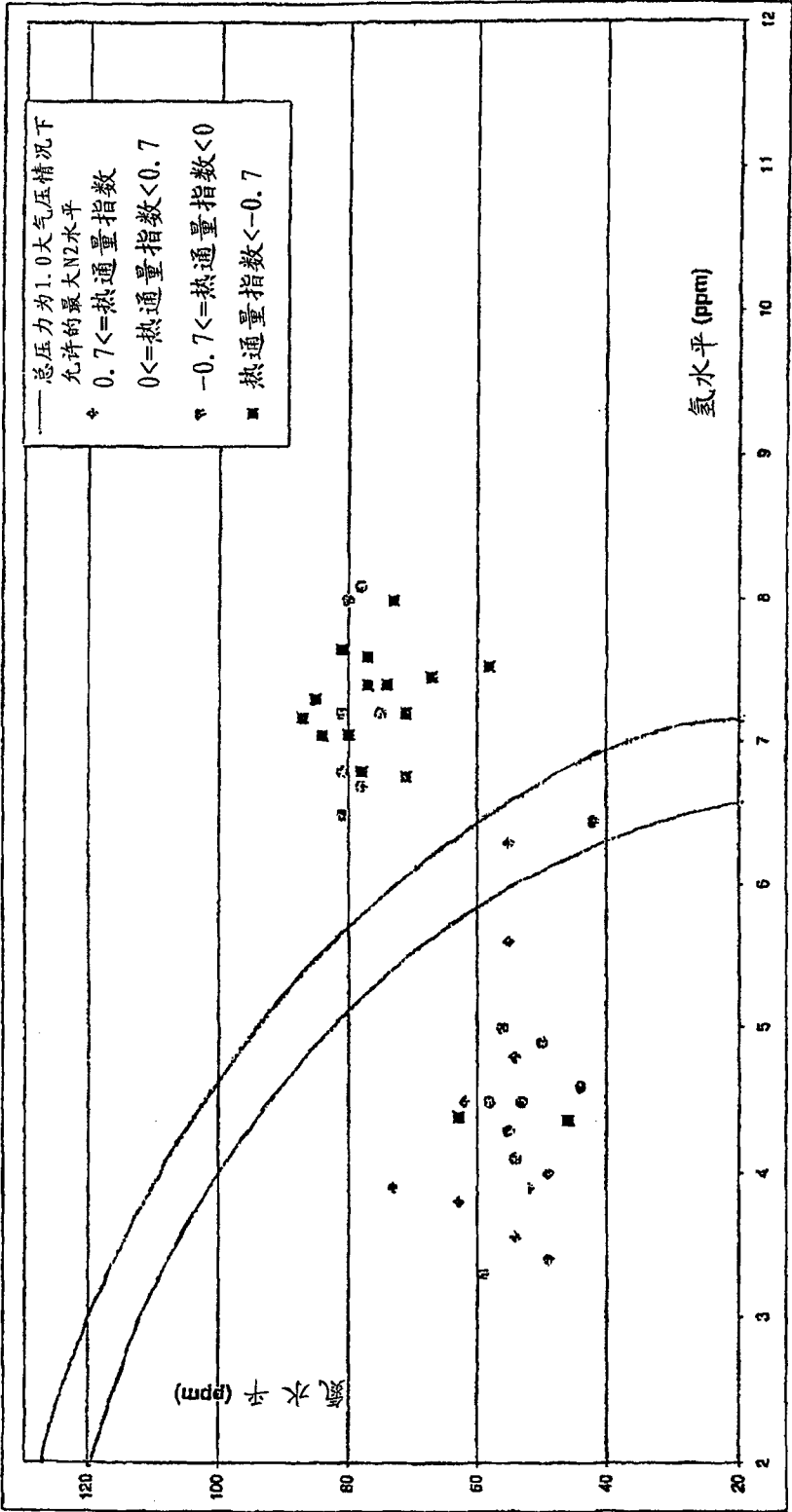


图 3