



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98100564.0

[43]公开日 1998年10月14日

[11] 公开号 CN 1195585A

[22]申请日 98.2.23

[30]优先权

[32]97.2.21 [33]GB[31]9703651.1

[32]97.7.21 [33]GB[31]9715360.5

[71]申请人 克瓦洛金属连铸有限公司

地址 英国设菲尔德

[72]发明人 迈克·克拉克

[74]专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公
司

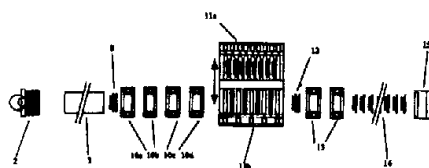
代理人 顾红霞

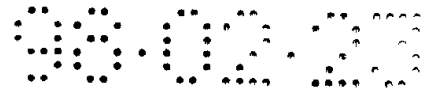
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图页数 7 页

[54]发明名称 金属材料连续制备方法及其设备

[57]摘要

本发明涉及一种从熔融金属直到最终轧制产品的生产钢材的方法。包括通过匹配质量流速而连在一起的铸造工序和轧制工序。这里轧制工序包括初轧阶段和随后的二次轧制阶段，并在初轧机组和二次轧制机组间布置有一温度控制装置。此温度控制装置包括一个第一状态和第二状态，使得钢材经过相同的二次轧制机组，可分别实现以奥氏体态或铁素体态轧制。





权 利 要 求 书

5 1. 一种从熔融金属直至最终轧制产品的生产钢材的方法，其中钢材的形式为棒材、型材或带材，它包括一个铸造工序和一个轧制工序，其中轧制工序包括初轧阶段和二次轧制阶段，初轧机组和二次轧制机组各包括一至六台轧机，其中，铸造工序和轧制工序连续进行，熔融金属流入铸造工序中的流速与带钢穿过轧制工序的流速相互匹配，其中在初轧机组和二次轧制机组之间布置着一个温度控制装置，其特征在于温度控制装置包括一个第一状态，在该状态，它工作使得钢带在随后的二次轧制中以奥氏体态进行轧制；和一个可供选择的第二状态，在该状态，它工作使得钢带在随后的二次轧制中以铁素体态进行轧制，所述的温度控制装置可在第一状态和第二状态间选择性地操作，这样钢带可相应地以奥氏体态或替换的铁素体态通过相同的二次轧制机组。

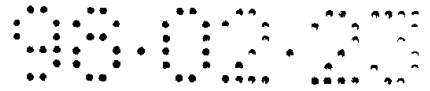
15 2. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述温度控制装置包括一个热量保持装置，其在第一状态，包围钢材，以保持钢中的热量；其可打开，形成第二状态，使钢材暴露于周围冷空气中。

20 3. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述温度控制装置包括一个供热或热量保持装置，和一个单独的去热或冷却装置。

25 4. 按照权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述供热或热量保持装置与去热装置彼此平行布置，在第一状态，供热或热量保持装置与初轧和二次轧制机组成直线布置，而去热装置偏离该线布置，在第二状态，去热装置与初轧和二次轧制机组成直线布置，而供热或热量保持装置偏离该线布置。

30 5. 按照权利要求 3 所述的方法，其特征在于，供热或热量保持装置与去热装置顺序串联布置，彼此在同一生产流水线上，在第一状态，供热或热量保持装置开关切换到工作状态，而去热装置切换到非工作状态；在第二状态，去热装置开关切换到工作状态，而供热或热量保持装置切换到非工作状态。

35 6. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述温度控制装置包括在第二状态提供强制冷却如水冷的装置。



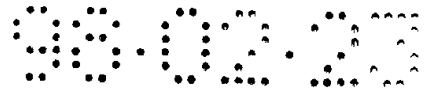
7. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述温度控制装置包括在第一状态的一个感应加热装置。

5 8. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，相应于最终薄钢带厚度范围 0.75-5mm，连铸扁坯厚度范围为 55-85mm，而扁坯连铸速度范围为 4.8-7.2 米/分钟。

10 9. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，钢材保持流速积至少为 0.315 平方米/分钟。

15 10. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，通过以同步方式控制轧辊缝隙和整个铸造与轧制工序的速度可实现不需中断整个相连的铸造和轧制工序，就可连续改变钢带的厚度和形状，在初轧机组和二次轧制机组中至少有一个机组包括至少一架带有一个动态形状控制套筒辊的轧机。

11. 一种按照权利要求 1 所述的方法制造钢材的设备。



说明书

金属材料连续制备方法及其设备

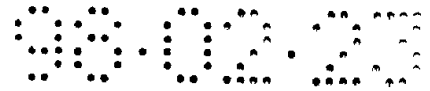
5 本发明涉及金属材料连续制备方法及其设备，特别是针对钢材。

10 一般钢带、棒材或其它型钢制造过程为：在铸造厂或炼钢厂铸造得到各不连续的扁坯，再输送到轧钢厂，在那里在一系列轧钢机组中顺序轧制而成。上述扁坯通常情况下在轧制开始前要再加热。这些扁坯先在第一轧机上来回反复轧制直至达到所需的厚度减少量，然后再送到下一轧机。随扁坯的连续轧制，其截面减小而长度增加。在后序的轧机中扁坯成了长钢带，离开前面的机组，此钢带即进入随后的轧机。这些轧机的轧制速度因而须得到匹配。为了在相应轧机速度匹配上存在容限，在二轧机间可方便地使钢带存在一定程度的打卷。对于钢带，最终所需厚度和宽度的钢带在一卷取装置上卷取，并且每一卷钢与其制备用的各自扁坯相对应。

20 随连铸技术的最新发展，传统的铸造和轧制工序仍旧是非连续的过程。由于铸造和轧制的处理速度不同，这样做很方便。通常，轧制的输出比铸造工序输出的快。但轧机的停机维修时间比铸造设备更频繁，连铸机通常能比轧机每年连续工作很大数目的工时。这种速度差异解决通常通过在铸机和轧机之间设置一个小型坯件缓存库来实现。这个坯件缓存是正在进行的全部工艺中的一个环节，造成工艺中资产的闲置。这也增加了对应于特定尺寸和类型带材以特定顺序闲置的原料总量，同时也需要大量能量输入以保持扁坯具有轧制所需的温度。

30 文献 US-A-5018569，为了监测凝固的开始点，确保凝固开始点保持在相同位置，公开了一种测量和调整连铸生产线中轧机轧速的方法。尽管这对于保持最终产品的质量是有益的，但不能帮助控制随后铸坯的轧制。

35 文献 EP-A-0666122 公开了一种不连续的扁坯热轧的方法，并且在初轧和二次轧制之间，对坯料进行再次加热。对于这种工艺存在半轧品弯斜扭曲的高风险。同时对这种方法，只适于在奥氏体态轧制，而不适于铁素体态轧制，对铁素体态轧制需要一单独的操作。



文献 WO 92/00815 公开了一种制造钢带的连续铸造轧制工艺。对于此工艺，热轧后再次加热，并再次热轧，然后冷却，最后进行铁素体态轧制。因而，当不需要进行铁素体态轧制时，最后的轧机便多余了。

5

本发明的一个目的在于提供一种带钢的连续铸造和轧制的方法，能在奥氏体态轧制和铁素体态轧制，具有最少的轧机数和最短的生产线长度。

10

本发明的一个目的是提供一种带钢的连续铸造和轧制的方法，其中通过轧机的物料流量与来自铸机的物料流量相配合，这样此联结过程为连续的。本发明又一目的是取消对坯料缓存库的需要，减少任何特定生产流程中的物料数量。与上述相应的本发明的一个目的是减少铸造和轧制工序中资产的闲置，降低了最小优化程序规模，增加了生产的灵活性，并缩短了工艺时间。

15

本发明还有一目的在于提供一种具有低能耗的带材连续铸造和轧制的设备和方法，特别是针对薄厚度金属带材。

20

按照本发明，提供一种生产钢材，如棒材、型材或带材的方法，它从熔融金属一直到终轧产品，包括一个铸造工序和一个轧制工序，其中轧制工序包括初轧阶段和随后的二次轧制阶段，初轧和二次轧制机组均包括一到六架轧机，其中，铸造工序和轧制工序是连续的，熔融金属流入铸造工序的速度与钢带通过轧制工序的速度相平衡，在初轧机组和二次轧制机组之间设有温度控制装置，其特征在于，此温度控制装置包括：一个第一状态，在该状态，其动作使进入随后二次轧制阶段的钢材处于奥氏体态；和一个替换的第二状态，在该状态，其动作使进入随后二次轧制阶段中的钢处于铁素体态。这样所述温度控制装置可在第一状态和第二状态间选择性操作，使得钢可相应地以奥氏体态或替换的铁素体态穿过随后的相同的二次轧制阶段。

25

30

最好温度控制装置包括一个热量保持装置，它在第一状态时，包围钢，以保持钢中的热量；并且它可打开，以形成第二状态，此时，让钢暴露于环境冷空气中。

35

或者，温度控制装置包括一个供热或热量保持装置和一个单独的去



热或冷却装置。最好加热或热量保持装置与去热或冷却装置平行布置，在其第一状态，供热或热量保持装置与初轧和二次轧制机组成一条线布置，而去热装置布置成偏离该线；其第二状态，去热装置与初轧和二次轧制机组成一条线布置，而供热或热量保持装置布置成偏离该线。作为一种选择，供热或热量保持装置与去热装置串联，彼此均在一生产线上，对应于其第一状态，供热或热量保持装置开关切换到工作状态，而去热装置开关切换到“停止”状态。对应于其第二状态，去热装置开关切换到工作状态，而供热或热量保持装置开关切换至非工作状态。

5

10

温度控制装置最好包括一个冷却装置，最好强制冷却，如水冷方式。

温度控制阶段最好包括一加热装置，可以是感应加热方式。

15

对于厚度为 70mm 的扁坯最好连铸速度大约为 6 米/分钟。相应的最终的薄厚度钢带的厚度范围从 0.75mm 到 5mm，铸造扁坯的厚度为 55mm 到 85mm，而连铸扁坯速度为 4.8~7.2 米/分钟。

钢材最好保持流速积至少为 0.315 平方米/分。

20

钢带厚度和形状的改变，可连续进行，不用中断相连的连铸连轧过程，这通过以同步方式控制轧辊缝隙及整个连铸连轧工艺的速度来实现。在初轧机组和二次轧制机组中至少有一个机组中的至少一架轧机带有至少一个动态控制套筒辊。

25

按照本发明，也提供了一种按照本生产方法生产带钢的设备。

现在参照附图，对本发明生产方法及其设备的具体实施例进行更详细的描述。这些附图为：

30

图 1 是按照本发明实施例的设备各阶段的平面视图；

图 2 是铸造产品厚度相对于其铸造速度的关系曲线图；

图 3 是铸造速度相对精轧轧机速度的关系曲线图；

图 4 是本发明另一实施例的设备侧视图，示意表示再加热模式下的结构，包括带钢在各阶段的相应参数；

35

图 5 是本发明又一实施例设备在冷却模式下的一个侧视图；

图 6 是本发明又一实施例侧视图；

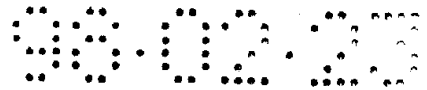


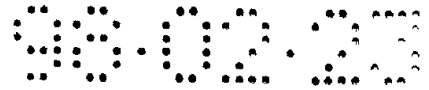
图 7 是本发明又一实施例的侧视图。

5 参照本发明实施例的附图，表明了制造带钢的设备及其方法，从熔融金属到最终钢带，包括铸造工序和轧制工序。图 1 表示其设备的一个实施例，它包括生产钢带的铸造工序 2 和轧制工序 3。熔融金属进入连铸流程 2，并在此凝固。在铸造工序 2 中的凝固过程中，连续扁坯 5 形成时的厚度为 90mm，在铸造或凝固过程结束时其厚度减至 70mm。此连续扁坯 5 导入到除鳞工段 8，然后进入轧制工序 3 中的初轧机 10a。经第一初轧机 10a 后，使钢坯再连续通过轧制工序 3 中的第二轧机 10b、
10 第三轧机 10c、第四轧机 10d，结果钢坯厚度减小到 2mm。这一阶段的 2mm 厚度表示所需最终钢带厚度的一个具体例子。根据最终钢带的厚度，此阶段钢带厚度可以是 5mm。在此阶段我们应称扁坯 5 为钢带 6，因为这更能准确描述现已将厚度减少很多的钢材。随整个流程的继续进行，钢坯 5 或钢带 6 的速度相应地从 0.1m/s 增大到 3.5m/s。

15 在钢带从初轧机组中出来后，实施例的一种模式表明，钢带 6 然后进入再加热和均匀化阶段 11b，以将钢带温度恢复到随后轧制操作所需要的温度，特别是钢带在初轧机组 10 处，其边缘比中心部位冷却的更严重。这样恢复或保持钢带处于奥氏体状态，避免相变到铁素体状态。
20 伴随从奥氏体到铁素体的相变而发生的体积变化，使得相变过程中不能进行满意的轧制，最终钢带的冶金性能不能达到要求的规格。最好加热阶段包括一个电感应加热器。

25 经过再加热和温度均匀化阶段 11b 后，钢带 6 经过第二个除鳞阶段 12，然后再送到两精轧机 13a，13b。经过精轧机 13a，13b 后，就达到了需要的钢带厚度 0.75mm。这里钢带速度相应地增大到 9.3m/s。根据所需最终产品的规格，钢带最终厚度可高达 5mm，钢带最终速度也相应地低些。

30 钢带再通过冷却区域 14，在此实施例中，该冷却区域 14 只是位于最后轧制机组 13 和卷取装置 15 间的一段延展距离。在此情况下这段距离为 50 米。当然按照特定产品的规格，这段距离可在本发明范围内改变。然后钢带抵达最后的钢带卷取装置 15，在此钢带打成通常大小的钢卷。此卷取装置最好包括一个剪切装置，和一重新开始卷取新的一卷带钢的自动装置。
35

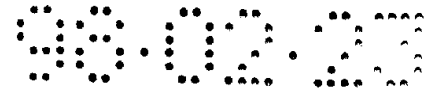


在此实施例的另一种工作模式中，原来的再加热和均匀化阶段 11b 由一个附加的冷却装置 11a 所取代，此冷却装置 11a 可加速从奥氏体相到铁素体相的转化，使在钢带抵达下一架轧机前完成奥氏体到铁素体的转变。在此情况下，后续轧制机组对铁素体态钢带加工。重要的是在任何轧制工序中都要避免钢带发生从奥氏体到铁素体的转变。仅仅关闭再加热器 9 而不需要任何附加的冷却装置，就可获得必要的冷却能力使钢带转变为铁素体状态。

这样，本发明的本质在于两阶段轧制工序，其中第一阶段和第二阶段轧制分开，确保钢坯进入第二阶段轧制前借助再加热使其处于奥氏体状态，或者在进入第二阶段轧制前借助强制冷却(如果必要的情况下)使钢坯转变至铁素体状态。这里尽管实施例中在初轧阶段(第一阶段轧制)有四座轧机，而在二次轧制阶段有两座轧机；但其初轧阶段可包括二到四座轧机，而在二次轧制阶段可包括一到三座轧机。

在图 4 中示出了各阶段钢带具体厚度，及与之对应的速度和长度。所有这些数值依据所生产钢材的种类，特别是最终钢带所要求的尺寸等而改变。为了利用本发明连续铸造轧制工序生产最终所需尺寸的钢带，必须平衡铸造物料流量和轧制物料流量。铸造材料的质量流量可被用来确定其连铸扁坯的厚度和连铸扁坯的速度。图 2 示出了如何解决此问题。连铸扁坯的质量流量曲线 A 是以连铸扁坯速度和其厚度乘积作出的，其连铸扁坯速度和扁坯厚度分别为参照坐标轴。水平线 B 是对于给定数目轧机而言，铸造扁坯厚度上限的简单表示。垂直线 C 是连铸扁坯速度上限的简单表示，此速度由铸造工序的操作准则决定。这样所需连铸速度和扁坯厚度在水平线 B 和垂直线 C 限定的范围内曲线 A 右上侧所构成区域中选择。在此范围内，在稳定状态，使生产率最大是必要的，这样尽可能接近线 B 和 C。在生产中，会存在一定次数的流速从最大值下降，如更换铸造工序中的元件如浸液进口喷嘴等，此时必须保证不会导致流速降低到连铸速度或产品厚度落到图 2 中曲线 A 下方的事件发生。

为得到所需质量的钢带制品，优化一些对最终产品质量有关键性影响的一些其它因素，是很必要的。两个重要的因素是连铸扁坯的铸造速度，以及最终钢带的精轧速度。参照图 3，铸造速度为 y 轴，单位为米/分钟；精轧速度为 x 轴，单位为：米/秒。带状区域 a 表示获得产品最佳精轧质量的优选精轧速度范围。此区域 A 也是轧制操作具有最佳稳定



性的范围，具有最小的“钢带弯斜扭曲”的风险。“钢带弯斜扭曲”用来描述钢带堆积，造成整个轧制工序的中断。这会造成很大的废品损失，且相当长的停机维修时间，用来从轧机上取下废钢带。因此“钢带弯斜”是一种要尽一切可能避免的事情，控制“钢带弯斜”风险是一个很重要的参数控制因素。对于本发明，它就更重要了，因为铸造工序与轧制工序是相互匹配的，发生“钢带弯斜扭曲”会使铸造操作不得不停下，再重新开始。带状区域 A 的选择，拥有比现有轧钢机更低的“钢带弯斜”风险。

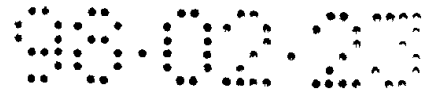
带状区域 B 表示获得最佳精轧质量的优选铸造速度范围。另外考虑到其它因素如铸造工序中元件的最佳磨损，这对整个工艺的总耗有大的影响。画在曲线图中的是对应不同厚度减少的各种选择。线 D 表示厚度从 50 减少到 0.7，线 E 表示厚度从 60 减少到 0.7，线 F 表示厚度从 70 减少到 0.7，线 G 表示从 80 到 0.7，线 H 表示从 90 到 0.7，线 J 从 100 到 0.7，线 K 从 110 到 0.7，而线 L 从 120 到 0.7。在每种情况下，在此实施例中，在此例中最终产品要求厚度为 0.7mm。这样借助这种曲线图，可确定最理想的铸造和精轧速度，再顺序确定铸造工序 2 中相应的钢坯厚度和轧制工序 3 的所有各机组中的钢带厚度。

按照本发明，已经确定扁坯厚度为 70mm 最佳的铸造速度大约为 6 米/分钟。在下述相对应的范围中可取得满意的生产结果：与最终薄钢带从 0.75mm 到 5mm 对应，连铸扁坯厚度范围为从 55 到 85mm，而连铸速度为 4.8~7.2 米/分钟。

关键参数可简化为流速积，它是厚度和速度的乘积。流速本身是一个关键参数，按照本发明，已确定它至少为 0.315 平方米/分钟。此线性流速下限可适用于任何宽度的带钢。

参照图 1、4 和 5，设备 1 包括位于初轧机组和二次轧制机组之间的可供选择的两工作模式：再加热模式和冷却模式。借助相连的铸造工序装置 2、第一加热和均匀化炉 3、一个轧制工序机组 3 和一个最终钢带卷取装置 5，实现从熔融钢水形成最终成品钢带。

钢坯进入再加热和均匀化炉，这个加热炉最好为隧道式加热炉 3。隧道式加热炉的目的在于确保钢带整个断面处于随后轧制操作所需要的温度。钢坯所需温度依赖于后序加工最终钢带的要求。这样或许需要



附加的热量，以及保持所需的温度。这些通过吸入附加的热量或仅借助热绝缘来实现。也可以把来自一个单独铸造装置的一个第二连铸钢坯引入到上述隧道式加热炉中，用于平衡由于铸造装置输出通常低于轧制机组输出，这样轧制工序的生产能力得到充分利用。在第一连铸生产线暂停时，第二连铸钢坯切换到生产线中。

钢带制造设备的下一装置是除鳞装置 8，示于图 4 和图 5 中。在轧制操作前，在此处，可选择性地加一个切边装置（没有示出）。

现在钢坯进入轧制工序装置 3，在本实施例中，它包括一个初轧机组 10（在本实施例中有 4 个轧机），和一个二次轧制机组 13（在本实施例中有一个轧机）。初轧机组 10 与二次轧制机组 13 被温度控制装置 11 分离开。在上述二者之间还有一个二次除氧化皮装置或去鳞装置 12。

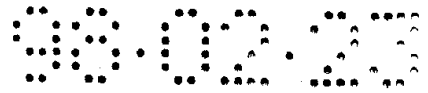
温度控制装置 11 具有两种功能：一是再加热/均匀化功能 11b，二是冷却功能 11a。当此装置需要处于冷却功能状态时，对一定类型的钢带可发生从奥氏体到铁素体的相变；这样使相变在二次轧制前而不是在轧制过程中发生。

可以看出在本实施例中，温度控制装置的冷却单元 11a 和再加热/均匀化单元 11b 可并排布置。这样，具备与随后二次轧制操作需要相对应的功能的单元。当需要随后的二次轧制为奥氏体态轧制时，冷却单元 11a 移到侧边，离开生产线，并且再加热/均匀化单元 11b 从侧边移到钢带生产线上。

轧制机组 13 为精轧机组，在本实施例中有两架轧机，但是可以需要更多架。初轧机组也可以有可选择数目的轧机，通常为 2 到 6 架。最好带有低惰性液压防折器，并在每两个机架间也带有去鳞器。

轧后的钢带然后送到输出辊道 14 上，这里除正常空冷外，也提供可选择的冷却 14a。

钢带卷取装置包括一位于剪切机前的第一夹送辊，在其后是一个可供选择的夹送辊，然后是卷取机。所有上述装置保证剪切并卷取得到需要的最终钢带长度，并且连续接收来自轧机的钢带。



上述设备包括一个控制系统。它带有用于测量钢带和钢坯速度的装置，以及测钢带的断面、形状、厚度和钢带的横向位置。本控制系统还沿整个设备在许多位置连有温度测量传感器，以及在轧制工序中的张力测量仪。

5

控制系统与改变各种参数的操纵系统相联。通过轧辊速度来控制钢带的速度和张力。钢坯或钢带的断面、形状、厚度、宽度和横取向的控制通过铸模、轧辊间隙、操纵装置如动态形状调整辊（DRS）等，以及通过引导辊来实现。温度调整借助隧道式加热炉中的加热装置，以及铸造系统的冷却等实现，还通过加热/均匀化/冷却装置 11，或在每个或一些轧机上进行温度修正。

10

这些参数大多数是相互关联的，控制系统必须考虑对其它参数的影响。在轧制工序改变钢带的厚度，可通过同步方式控制轧辊间隙和整个连续铸造轧制工序的速度来实现。

15

对于给定宽度的薄钢带，宽度/厚度之比越大，越难得到优良的平直度。

20

在很薄的带钢表面中间凸起的容限（或公差）很重要。在轧制中钢带厚度改变时，存在必要进行较大的动态范围内带钢表面凸起控制操作。这些控制通过 DSR，斜辊调整等实现，这里轧辊斜着布置以改变有效的轧辊凸面或其它操作装置。

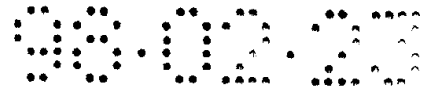
25

轧制很薄的带钢时，需要很小的力产生必要的钢带张力，这是整个工艺控制的一个组成部分。在轧制机组 13 内部间使用特定的防折器来产生必要的应力。为了与快速适时系统相适应，以控制方式施加必要的小力，此防折器须具有低的惰性。液压致动防折器与张力测量用测力仪一起是一种控制薄带钢张力的一种有效手段。

30

现在参照图 6，它是又一个实施例，在这里冷却单元 11a 与再加热/均匀化单元 11b 布置同一条线上。这样当在二次轧制阶段中需要进行铁素态轧制时，冷却单元 11a 与再加热/化单元 11b 布置同一条线上。这样当在二次轧制阶段中需要进行铁素体态轧制时，冷却单元 11a 处于工作状态，而再加热/均匀化单元 11b 处于非工作状态。与之类似对于奥氏体

35



态轧制，冷却单元 11a 处于非工作状态，而再加热/均匀化单元 11b 处于工作状态。这样奥氏体态轧制在同样的轧制机组 13 即可进行。

5 参照图 7 又一个实施例，这里冷却装置 11a，使钢带通过足够长的距离，借空气循环和热辐射来进行冷却。另外在冷却模式下，其再加热单元当然处于非工作状态，同时此单元顶盖升起允许借助通过加热单元的空气循环进行冷却。冷却可借助强力空气或氮气流进行，可以在再加热区，或延伸距离区，或两处均进行冷却。

10 这样对于特定规格的钢带，在奥氏体轧制和在铁素体轧制可用相同轧制机组完成。其优点在于可在奥氏体态轧制或在铁素体态轧制，而减少了设备生产线长度，从而降低了建设费用和运行费用。因此，钢带要被冷却相变至铁素体态，但这要在很短长度的钢带下冷却，这是为了当不采用冷却时，钢带仍能进行奥氏体态轧制。气雾冷却(空气和水的混合物)可达到需要的快速和均匀冷却，这样可保持钢带良好的形状。这里还提供了—个附属的排放系统(未示出)，它从喷雾区除去过剩的水和水蒸汽，防止产品不可控制地冷却和在产品区不需要的蒸汽排放。

15



说明书附图

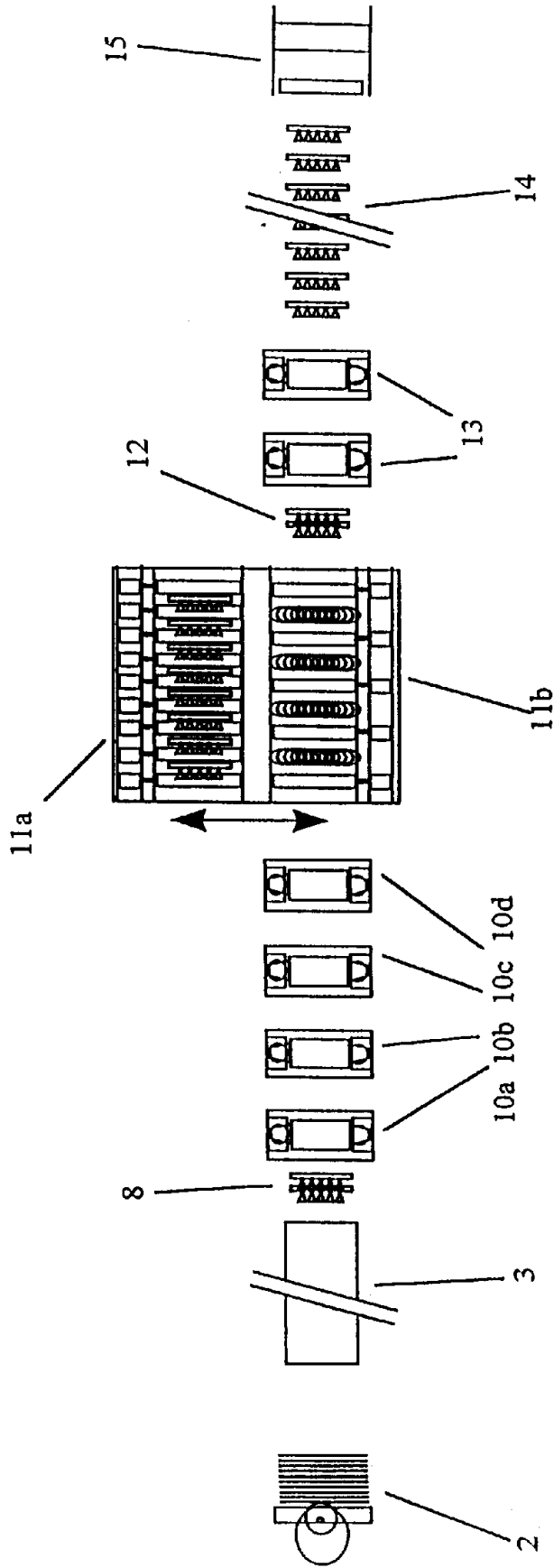
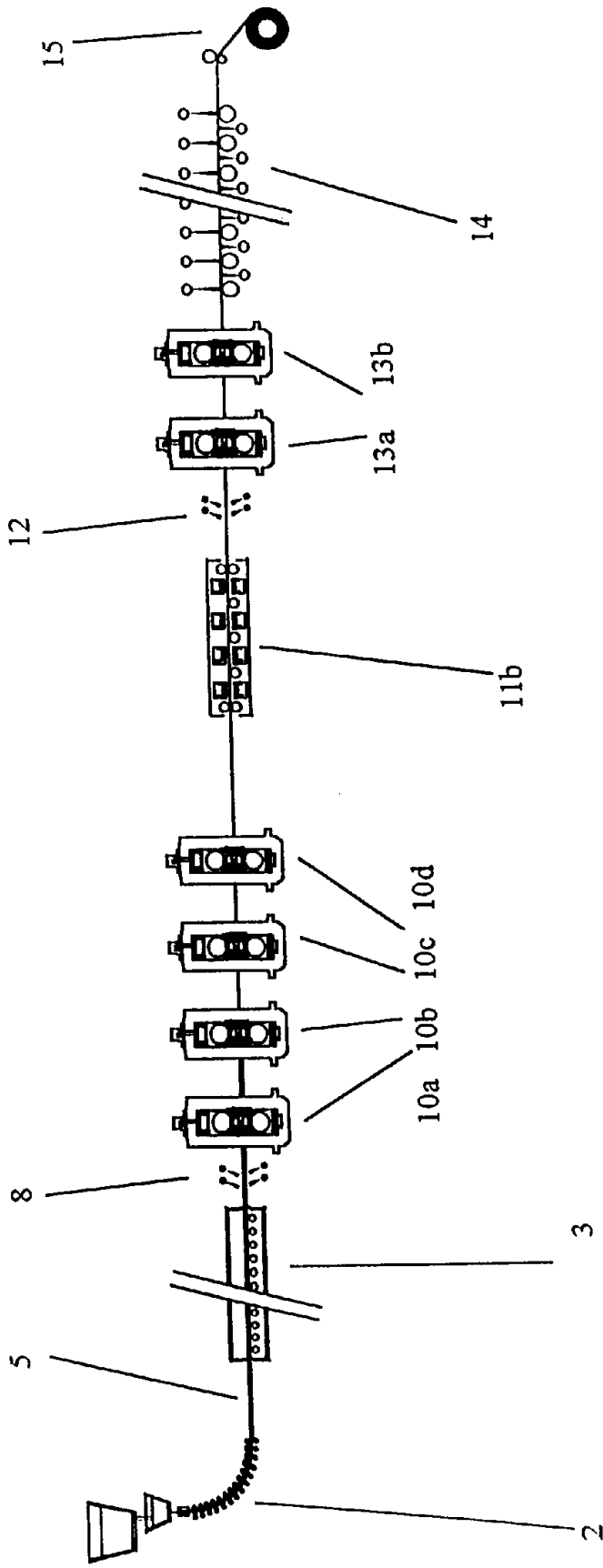


图 1



厚度 (毫米)

90	70	36.4	13.5	5.3	2.0	1.0	0.75
----	----	------	------	-----	-----	-----	------

速度 (米/秒)

0.1	0.2	0.5	1.3	3.5	7.0	9.3
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

长度 (米)

15	60	4.0	5.5	5.5	4.0	15	8.0	5.0	50
----	----	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	----

图 4

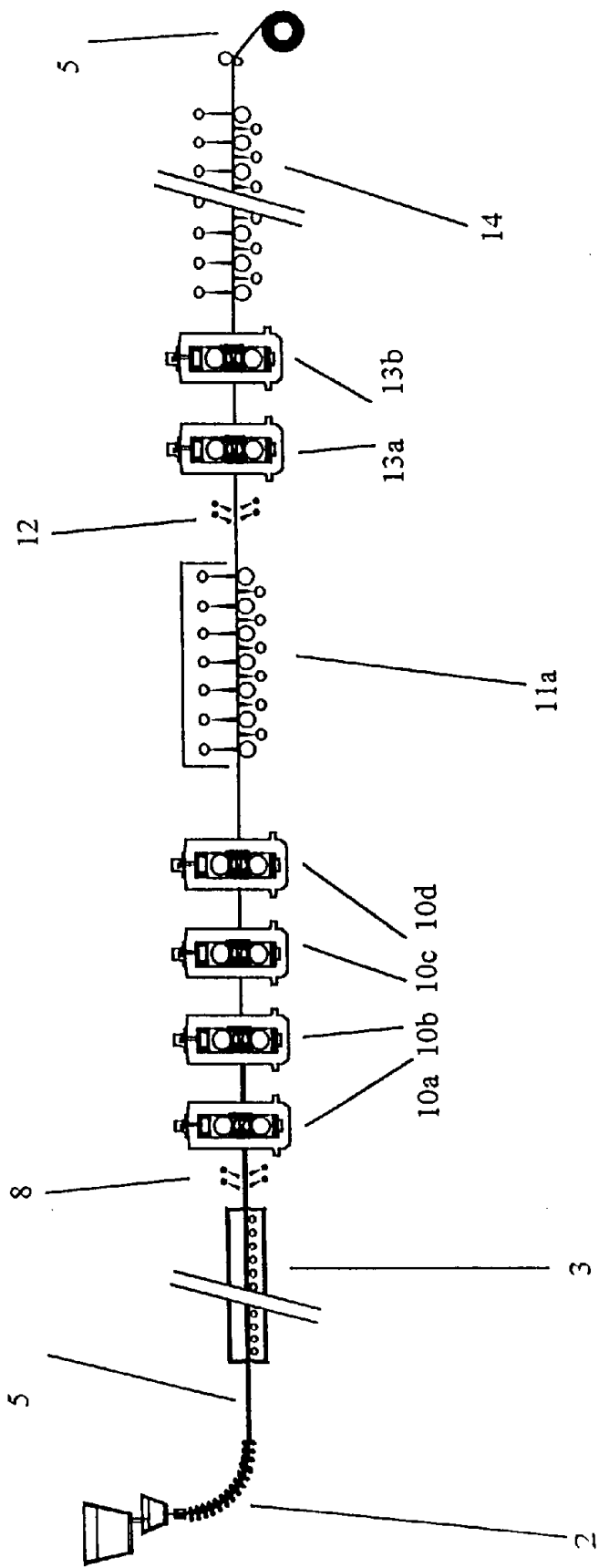


图 5

1101
 1102
 1103
 1104
 1105
 1106
 1107
 1108
 1109
 1110
 1111
 1112
 1113
 1114
 1115
 1116
 1117
 1118
 1119
 1120
 1121
 1122
 1123
 1124
 1125
 1126
 1127
 1128
 1129
 1130
 1131
 1132
 1133
 1134
 1135
 1136
 1137
 1138
 1139
 1140
 1141
 1142
 1143
 1144
 1145
 1146
 1147
 1148
 1149
 1150
 1151
 1152
 1153
 1154
 1155
 1156
 1157
 1158
 1159
 1160
 1161
 1162
 1163
 1164
 1165
 1166
 1167
 1168
 1169
 1170
 1171
 1172
 1173
 1174
 1175
 1176
 1177
 1178
 1179
 1180
 1181
 1182
 1183
 1184
 1185
 1186
 1187
 1188
 1189
 1190
 1191
 1192
 1193
 1194
 1195
 1196
 1197
 1198
 1199
 1200

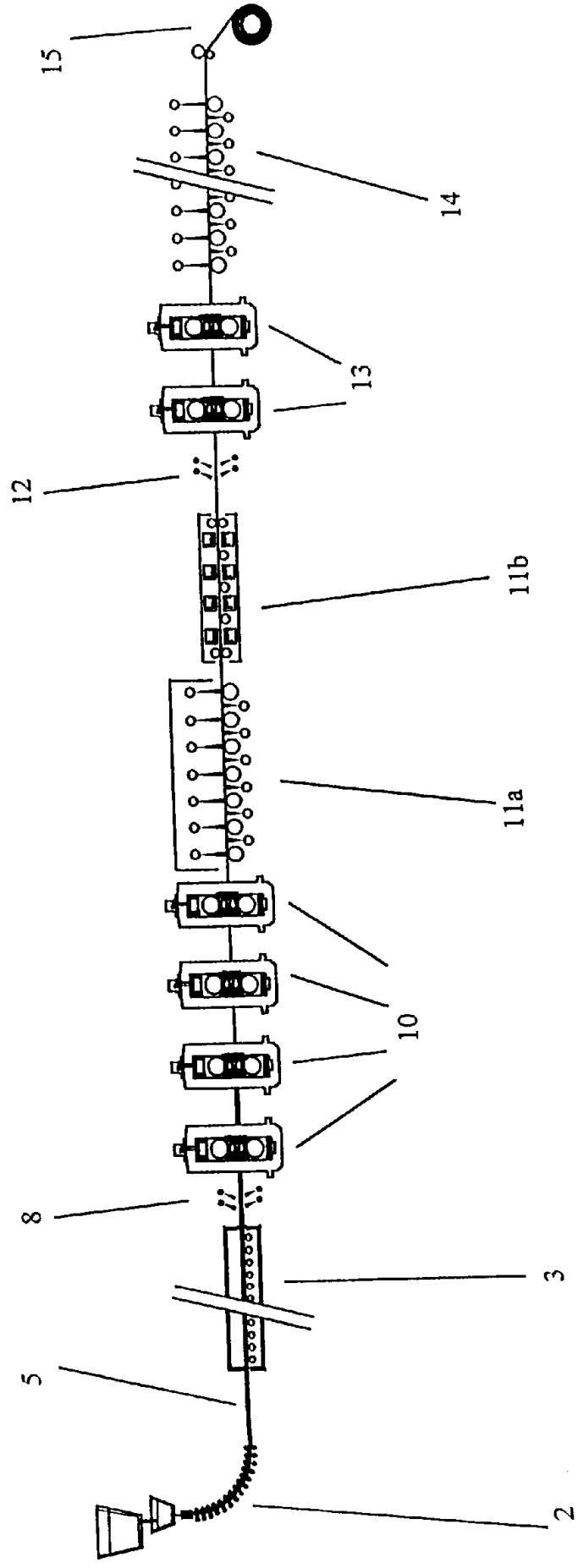


图 6

