

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B22D 11/06

C22C 38/40

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97104835.5

[45] 授权公告日 2001 年 6 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 1067306C

[22] 申请日 1997.3.21 [24] 颁证日 2001.5.2

[21] 申请号 97104835.5

[30] 优先权

[32] 1996.3.22 [33] FR [31] 9603545

[73] 专利权人 犹齐诺 - 萨西洛公司

地址 法国皮托

共同专利权人 蒂森钢铁股份公司

[72] 发明人 菲利普·帕拉迪斯

克里斯蒂昂·马尔乔尼

马努埃尔·博巴迪拉

让 - 米歇尔·达马斯

[56] 参考文献

EP164678 1985.12.18 C22C38/54

EP481481 1992.4.22 B22D11/06

US5160382 1992.11.3 C22C38/50

WO9513889 1995.5.26 B22D11/06

[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 郑修哲

审查员 26 57

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图页数 0 页

[54] 发明名称 在一个或两个带凹坑表面的活动壁连续
铸造奥氏体不锈钢带的方法及铸造设备

[57] 摘要

一种直接从钢水连续铸造奥氏体不锈钢的方法, 钢水成分的重量%为: $C \leq 0.8\%$; $Si \leq 1\%$; $Mn \leq 2\%$; $P \leq 0.045\%$; $S \leq 0.030\%$; $Cr: 17.0-20.0\%$; $Ni: 8.0-10.5\%$, 在一个铸造机浇在一个活动壁上或两活动壁之间, 活动壁的外表面设有凹坑, 并且包住弯月面的区域由控制成分的情性气体保护, 按照本发明,

钢水的 $Cr_{\text{equ}}/Ni_{\text{equ}}$ 比大于 1.55,

式中: $Cr_{\text{equ}} = \%Cr + 1.37 \times \%Mo + 1.5\%Si + 2 \times \%Nb + 3 \times \%Ti$;

$Ni_{\text{equ}} = \%Ni + 0.31 \times \%Mn + 22 \times \%C + 14.2 \times \%N + \%Cu$,

使用的一个或多个壁的表面包括直径为 100—1500 μm 和深度为 20—150 μm 的接触凹坑。

所用的情气包括, 或至少部分为可溶在钢中的气体。

ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1.一种直接从钢水连续铸造奥氏体不锈钢的方法,钢水成分的重量%为: $C \leq 0.8\%$; $Si \leq 1\%$; $Mn \leq 2\%$; $P \leq 0.045\%$; $S \leq 0.030\%$; $Cr: 17.0 - 20.0\%$; $Ni: 8.0 - 10.5\%$, 在一个铸造机浇在一个活动壁上或两活动壁之间,活动壁的外表面设有凹坑,并且包住弯月面的区域由控制成分的情性气体保护,其特征在于:

钢水的 Cr_{equ}/Ni_{equ} 比大于 1.55,

式中: $Cr_{equ} = \% Cr + 1.37 \times \% Mo + 1.5 \% Si + 2 \times \% Nb + 3 \times \% Ti;$

$Ni_{equ} = \% Ni + 0.31 \times \% Mn + 22 \times \% C + 14.2 \times \% N + \% Cu,$

使用的一个或多个壁是整个表面包括直径为 $100 - 1500\mu m$ 和深度为 $20 - 150\mu m$ 的接触凹坑。

所用的情气包括可溶在钢中的气体。

2.按照权利要求 1 的方法,其特征在于所述的 Cr_{equ}/Ni_{equ} 为 1.55 - 1.70.

3.按照权利要求 1 或 2 的方法,其特征在于所述的凹坑的直径为 $700 - 1500\mu m$ 和深度为 $80 - 120\mu m$.

4.按照权利要求 1 或 2 的方法,其特征在于所述的情气是含 50 - 100% 氮气和 0 - 50% 氢气的混合物。

5.按照权利要求 1 或 2 的方法,其特征在于所述的钢带在铸出后直接在 $800 - 1200^\circ C$ 下进行热轧,压缩比大于或等于 5%。

6.按权利要求 1 或 2 的方法,其特征在于所述的活动壁包括沿相反方向转动的有水平轴的两个冷却辊的外表面。

7.一种连续铸造薄的金属产品的设备,该设备包括一个或两个冷却的活动壁,所述的产品在其上凝固,所述的壁设有凹坑,及可控制包住弯月面的气体成分的装置,其特征在于所述的凹坑是接触的,并有直径为 $100 - 1500\mu m$, 和深度为 $20 - 150\mu m$ 。



8.按照权利要求 7 的设备，其特征在于所述的活动壁包括沿相反方向转动的有水平轴的两个冷却辊的外表面。

说 明 书

在一个或两个带凹坑表面的活动壁上 连续铸造奥氏体不锈钢带的方法及 铸造设备

本发明涉及金属的连续铸造。更具体地说，涉及通过在一个活动壁上或两个活动壁之间液态金属的凝固连续铸造出如不锈钢之类薄带型的金属的设备。更具体地说，这些活动壁可包括带水平轴的一个或两个辊的侧表面的活动壁，这些辊的内部激烈冷却。

近年来由液态金属直接铸造薄钢带的方法的发展中有了相当的进展。现在看来最可能迅速进入工业应用是双辊铸造，其中辊是内部冷却的，并沿相反的方向分别绕水平轴转动，并设成相互面对，辊表面之间的最小距离等于铸造钢带的要求的厚度（例如几 mm）。容纳钢水的铸造空间由辊的侧表面限定，钢带在其上开始凝固，还由设在辊的端部的耐火侧封板限定。可选择地，辊可由两条冷却的运动的带来代替。为了铸出有较薄厚度的产品，已有建议通过把钢水沉积在单一的转动的辊的冷却表面上进行凝固。

立即得到好的钢带表面质量是使铸造操作成功的重要的元素。因为直接从钢水铸造薄钢带的主要优点是它可以消除或相当减少热轧通常铸造的厚的中间产品的操作量。当钢铸成厚的规格，可以通过打磨消除表面缺陷。在任何情况下，较大程度的轧制量意味着缺陷量明显地减小。相反地，在薄带铸造法中，直接在铸造中强制得到含少量缺陷的表面。特别是，铸带必须尽可能没有称为“微裂纹”的小的表面裂纹，因为在钢带成为最终厚度的冷轧后，这些裂纹会损害最终产品的表面质量。

这些微裂纹一般深度为 $40\mu\text{m}$ ，缝宽小于或等于 $20\mu\text{m}$ ，另外，应指出裂缝常在富有含镍、锰之类在凝固时易偏析的元素的区域。因此很清楚地轧制时钢凝固时形成这些缺陷。这与钢凝固时收缩有关，收缩量取决于凝固范围，因此取决于铸造金属的成分。在钢和辊表面之间的接

触条件也非常重要，因为它们控制了对凝固有关的热交换。它们主要由辊的表面粗糙度控制，另外在表面不是很光滑的情形下，在凝固时也受在表面的受侵蚀部分存在的气体的性能控制。因为这种气体形成金属和辊之间的“毯子”似的保护气体，其对热交换的影响取决于它的特点及有多少气体加入。特别，这两个参数被模子插入装置控制，该装置用来特别在称为“半月面”的钢水表面与辊接触区，保护钢水免受空气的氧化。一般，当用氮气之类在钢水中有大的溶解度的惰气，比用氩气之类在钢水中不溶的惰气，热交换更强烈。

EP 0309247 建议使辊表面有凹坑形的粗糙度，也就是具有直径为 0.1 - 1.2mm 及深度为 5 - 100 μ m 的圆形或椭圆形孔的侵蚀孔。EP 0409645 也考虑了惰气的性能，及建议结合使用凹坑及在钢水中可溶的气体（氮气、氢气、CO 或 NH_4 ）和不可溶的气体（氩或氦气）的混合物。溶解度太大的惰气有不能防止金属直接渗入凹坑的底部的危险，在这种情形下，发生迅速凝固，产生微裂纹（与严格光滑的铸造表面情形一样），另外在钢带的表面还留下形成凹坑的负像的凸起。相反地，在钢中完全不溶的气体含有过分膨胀和在钢带表面产生孔的问题。在其它的文件中，还有建议用激光加工（EP 0577833）或用喷丸方法（JP 6134553 和 JP6328204）产生辊表面的凹坑。在上述文件中，凹坑是非接触的，相互间由光滑或不太粗糙的区域分开。

还有建议（EP 0396862）辊设有圆周槽，隔开 50 μ m - 3mm，10 μ m - 1mm 宽及 30 - 500 μ m 深。

另一个文件（WO 95/13889）建议在辊表面上设 10 - 50 μ m 深，隔开 100 - 200 μ m 的圆周峰和槽。这种腐蚀加工相应于考虑金属成分的要求，其例如 SUS 304 型奥氏体不锈钢，其中 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}}$ 比必须小于 1.6，最好甚至小于 1.55。后一要求相当于说金属的凝固必须在初生的奥氏体相中发生。如果 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}}$ 比大于上述值，钢带会有鳄鱼皮形式的凹坑，其会变成微裂纹。

但是，经验表明。在这些奥氏体不锈钢类型下，钢带对热裂很敏感。因此有形成大的纵向裂纹的危险，这构成与要求避免的微裂纹同样严重的问题。为了避免这一问题，必须强烈地降低在钢中存在的造成脆性的



残余元素（如硫或磷）。这导致选择原材料和/或钢水熔炼方法的特别要求，这样不可避免地增加了产品的成本。

另外，上述方法不完全满意，因为在很多情形下，即使与浇到光滑的辊或没有控制粗糙度的辊上相比，微裂纹有明显的减少，但仍然看到产品中有微裂纹。

本发明的目的给钢铁制造商提供一种方法，使它们可把例如 SUS 304 型（但不只限于此）的奥氏体不锈钢制成几 mm 厚的薄钢带，只有很少的微裂纹及纵向裂纹，但不要求钢水有极低的残余元素的含量。

按照本发明，提供了一种直接从钢水连续铸造奥氏体不锈钢的方法，钢水成分的重量%为： $C \leq 0.8\%$ ； $Si \leq 1\%$ ； $Mn \leq 2\%$ ； $P \leq 0.045\%$ ； $S \leq 0.030\%$ ； $Cr: 17.0 - 20.0\%$ ； $Ni: 8.0 - 10.5\%$ ，在一个铸造机浇在一个活动壁上或两活动壁之间，活动壁的外表面设有凹坑，并且包住弯月面的区域由控制成分的情性气体保护，其特征在于：

钢水的 Cr_{equ}/Ni_{equ} 比大于 1.55，

式中： $Cr_{equ} = \% Cr + 1.37 \times \% Mo + 1.5 \% Si + 2 \times \% Nb + 3 \times \% Ti$ ；

$Ni_{equ} = \% Ni + 0.31 \times \% Mn + 22 \times \% C + 14.2 \times \% N + \% Cu$ ，

使用的一个或多个壁的整个表面包括直径为 $100 - 1500\mu m$ 和深度为 $20 - 150\mu m$ 的接触凹坑。

所用的情气包括可溶在钢中的气体。

本发明还提供了一种连续铸造薄的金属产品的设备，该设备包括一个或两个冷却的活动壁，所述的产品在其上凝固，所述的壁设有凹坑，及可控制包住弯月面的气体成分的装置，其特征在于所述的凹坑是接触的，并有直径为 $100 - 1500\mu m$ ，和深度为 $20 - 150\mu m$ 。

下面会明白，本发明的目的通过把对金属成分，铸造表面的粗糙度及情气的成分的要求结合起来而达到。

如已经说明过，对热裂敏感的金属的薄带在凝固时极易产生纵向裂纹。为了消除这一缺陷，按照本发明，建议钢带的凝固不完全在初



生的奥氏体相中，而在包括初生铁素体的相中。但是初生铁素体的百分比不能太大，以便减小金属凝固时从铁素体转为奥氏体时发生的收缩。在这些条件下，为了得到这一结果，其成分（重量%）为： $C \leq 0.08\%$ ； $Si \leq 1\%$ ； $Mn \leq 2\%$ ； $P \leq 0.045\%$ ； $S \leq 0.030\%$ ； $Cr: 17.0 - 20.0$

%； Ni： 8.0 - 10.5 % 之间的奥氏体不锈钢（例如按 AISI 标准的 SUS 304 型钢）必须另外满足下列条件： $Gr_{equ}/Ni_{equ} > 1.55$ ，最好 1.55 $< Gr_{equ}/Ni_{equ} < 1.70$ 。当 Gr_{equ}/Ni_{equ} 为 1.55 - 1.70，在凝固结束前开始的铁素体 - 奥氏体转变的体积变化保持相当小且很容易通过加入钢水而补偿。当 $Gr_{equ}/Ni_{equ} > 1.70$ ，铁素体 - 奥氏体转变的体积收缩开始增加，减少微裂纹就不明显了。

Gr_{equ}/Ni_{equ} 比由 Hammar 和 Swensson 公式计算出，也就是

$$\text{式中： } Cr_{equ} = \% Cr + 1.37 \times \% Mo + 1.5 \times \% Si + 2 \times \% Nb + 3 \times \% Ti;$$

$$Ni_{equ} = \% Ni + 0.31 \times \% Mn + 22 \times \% C + 14.2 \times \% N + \% Cu.$$

为了可以满足限制表面缺陷的作用，具体的钢的成分必须与铸辊的表面的形状密切相关，其特征在全部表面上极好的热交换的均匀性。从这一观点出发，通常在现有技术中用的形状结构中铸造表面调节到以便使侵蚀区域（槽或凹部）被光滑或不太粗糙的区域相互隔开，这些结构是不合适的。这是特别由于不可能使气体从一个凹部区域穿到另一个区域，因为金属与冷却的辊直接接触的比较宽的部分有突然改变，和金属与减轻冷却条件的保护气体层接触处的相同的宽部分的突然改变。当金属是凝固时易发生铁素体 - 奥氏体转变的铸件，上述改变对钢带的冷却的好的均匀性有损，并成为主要的缺点。

在这些条件下，接触辊表面上刻有凹坑，其对金属和辊之间的直接接触留下了少的地方，并允许惰气从一个凹坑传到另一个凹坑，使得可以达到要求的均匀性。粗糙度的峰用作凝固起始的位置，而凹坑部分构成凝固时金属的“收缩连接”，并允许比如果辊的表面有光滑的或不太粗糙的表面设在凹坑之间的表面，有更好地分配的应力。当然，如果用严格光滑的表面的辊，也可以达到冷却的均匀性。但是，冷却会太突然，从出现可阻缓铁素体 - 奥氏体转变的收缩连接不再得到任何好处。这就产生大量的裂纹。另外，会失去通过改变成分和惰气的流速，调节热交换的强度的可能性，否则改变成分和惰气的流速可以例如调节铸造时辊的隆起（见法国专利申请 FR 2732627）。

另外，如 WO 95/13889 所公开，使用凹坑代替槽，因为辊表面结构的随机的特点，使在产品宽度上凝固更均匀。

为了得到想要的结果，如果接触的凹坑具有至少近似圆形，必须直径为 $100 - 150\mu\text{m}$ 。不必说它们也可有或多或少近似的椭圆形。在这种情形下，它们的尺寸必须它们有基本等于上面已说的类型的圆坑基本相等的表面积。它们的深度为 $20 - 150\mu\text{m}$ 之间。

凹坑可用通常已知的装置（如用激光加工，光刻或喷丸）刻在辊上。在最后一情形下，不用说用为得到要求尺寸的凹坑的方法必须考虑镍层的机械性能，该镍层通常覆盖辊的铜套管的表面。

至少在弯月面区域，在那里环境气体陷的辊表面和弯月面之间的凹坑处，这些凹坑的尺寸必须与对它们适合的气氛成分相匹配。例如不可以用纯氮，它在钢中不溶，会形成一厚的毯层而使钢和辊之间的接触太不均匀。这会使在金属壳和辊接触的点与不接触的点之间有太大的及太突然的温差。这使得凝固减慢，以及金属壳的凝固减慢太多，这会造成裂纹。相反地，使用如纯的氮之类可溶气体，在凹坑的直径在上述限定的范围的顶端并有浅的深度的情形下，也是不适合的，因为不会防止钢深地渗入凹坑，并因此有太大的与辊接触的区域。这样必须避免的问题又出现，附加会在钢带上产生与辊的粗糙度成负像的凸块。因此必须通过模拟和/或试验，确定在弯曲面区域出现什么样的气氛的成分对一定的凹坑一定的金属成分是合适的。更一般地说，可以用含氮气（ $50 - 100\%$ ）及氢气（ $0 - 50\%$ ）的气氛。与接触的凹坑直径为 $700 - 1500\mu\text{m}$ ，深度为 $80 - 120\mu\text{m}$ 相配合，铸造 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}}$ 比为 $1.55 - 1.7$ 之间的 SUS 304 型不锈钢，用这种气氛可以得到好的结果。

也需要连接铸造机设有气氛保护装置，使弯月面区域空气的成分很好地控制。为这个目的，法国专利申请 FR 2727388 所述的装置是满意的，但是也可以用其它相当的装置。

为了使最终产品有更好的表面质量，也可以采取在浇铸后在 $800 - 1200\text{ }^\circ\text{C}$ 之间在线轧制，压缩比大于或等于 5% 的措施。这可以减小铸带的粗糙度，使冷轧最终产品有很好的表面外观。

作为实例，表 1 示出钢的 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}}$ 比对铸在两辊之间的钢带上测

量的每 dm^2 的微裂纹的数目的影响。这一结果是在两个平均的凹坑直径（600 和 $1000\mu\text{m}$ ）和包括 90 % 氮气和 10 % 氢气的情形下得到的。相应于各试验的钢的成分列于表 2：这些钢是 SUS 304 型奥氏体不锈钢，其残余元素含量不是特别低。

表 1： $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}}$ 比对每平方分米微裂纹数目的影响

$\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}}$	每平方分米微裂纹数目， 平均凹坑直径 $600\mu\text{m}$	每平方分米微裂纹数目， 平均凹坑直径 $1000\mu\text{m}$
1.40 (参考)	20	0
1.56	40	0
1.61	80	0
1.63	120	0
1.66	200	0
1.69	300	20
1.72	420	60
1.75	580	130
1.78	760	250
1.80	960	320
1.84		570

表 2: 表 1 试验中所用的钢的成分

%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Ni	%Cr	%Cu	%Mo	%Nb	%Ti	%N	%Cr _{eq}	%Ni _{eq}	%Cr _{eq} / %Ni _{eq}
0.056	1.57	0.020	0.003	0.238	10.47	18.04	0.244	0.058	0.003	0.003	0.0523	18.49	13.18	1.40
0.021	1.52	0.020	0.002	0.453	10.40	18.13	0.035	0.062	0.003	0.003	0.0530	18.91	12.12	1.56
0.018	1.58	0.022	0.002	0.524	10.18	18.07	0.035	0.027	0.004	0.003	0.0441	18.91	11.73	1.61
0.054	1.42	0.023	0.002	0.255	9.04	18.03	0.161	0.188	0.001	0.003	0.0451	18.68	11.46	1.63
0.054	1.49	0.021	0.005	0.260	9.07	18.30	0.079	0.233	0.004	0.001	0.0452	19.02	11.45	1.66
0.014	1.63	0.021	0.001	0.470	10.01	18.65	0.178	0.162	0.002	0.003	0.0421	19.59	11.69	1.69
0.016	1.55	0.020	0.001	0.502	10.02	18.78	0.027	0.108	0.002	0.003	0.0441	19.69	11.50	1.71
0.041	1.30	0.023	0.004	0.371	6.81	18.27	0.107	0.162	0.008	0.002	0.0469	19.07	10.89	1.75
0.037	1.22	0.022	0.003	0.337	8.63	18.05	0.148	0.173	0.003	0.002	0.0413	18.80	10.56	1.76
0.041	1.14	0.017	0.004	0.347	8.56	18.39	0.019	0.019	0.002	0.002	0.0496	18.94	10.52	1.80
0.040	1.20	0.024	0.004	0.354	8.53	18.57	0.156	0.186	0.002	0.002	0.0407	19.37	10.52	1.84

可以看出，对于平均凹坑直径为 $1000\mu\text{m}$ ，一直到 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}}$ 比为 1.69 在内，钢带表面没有微裂或实际上没有微裂。通常认为每 dm^2 微裂纹的密度低于或等于 40 是很好的结果。从这一观点，使用比 $600\mu\text{m}$ 小的直径凹坑得到较不满意的结果。但是，应该强调除了 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}}$ 比为 1.4，对于两类凹坑，是没有纵向裂纹的。出现这种肉眼可见的纵向裂纹是完全不能接受的缺陷，因为它们保持轧制产品上，使它们完全不适合使用。如已经说过的，为了在 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}}$ 比小于 1.55 的钢的表面上不产生这种纵向裂纹，必须减小其造成脆性的元素（特别是硫、磷）的含量，这明显地增加了产品的成品。按照本发明的铸造条件的组合使这个问题解决了。

对凹坑直径对微裂纹产生的影响更详细地进行了研究，其结果总结在表 3 上。考虑对 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}}$ 为 1.63 和 1.80（详细成分见表 2）有两个不同的等级。惰气包括 90% 氮和 10% 氩。

表 3 凹坑直径对每平方分米的微裂纹数目的影响

平均凹坑直径 (μm)	每平方分米微裂纹数目 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}} = 1.63$	每平方分米微裂纹数目 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}} = 1.80$
100	400	2000
400	240	1350
600	120	960
800	30	580
1000	0	320
1200	20	300
1500	50	360

从这些实施例中也可看出主要对凹坑直径为 700 - 1500 μm 和 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}}$ 为 1.63，就微裂纹的密度而有最好的结果。在所有检查的试样中有纵向微裂纹。

就惰气成分（在这些情形下，其在钢中溶解度大或小的特点）的影响而言，研究的结果示于表 4。试验用凹坑平均直径为 1000 μm 的辊。

表 4：惰气成分对每平方分米微裂纹数目的影响

% Ar/% N ₂	每平方分米裂纹数目 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}} = 1.63$	每平方分米裂纹数目 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}} = 1.80$
0/100	5	300
10/90	0	320
20/80	0	360
30/70	10	400
40/60	20	440
50/50	50	490
60/40	90	
80/20	200	
100	300	

应该注意，主要对于氢含量低于或等于 50%， $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}}$ 为 1.63 可得到很好的结果，在氢%/氮% 比为 10/90 - 20/80 时最佳。但是氢高于 50% 时，发现辊的粗造度以过分的方式成负像留在钢带上，不推荐在该范围内工作。

最后，就在铸后在线热轧对钢带的粗糙度 R_a 的影响而言，表 5 示出在惰气包括 90% 氮气和 10% 氢气情形下，对 $\text{Cr}_{\text{equ}}/\text{Ni}_{\text{equ}}$ 比为 1.63，浇在具有平均直径为 1000 μm 的凹坑的辊上的影响。

表5 在线热轧对钢带粗糙度的影响

热轧压缩比	Ra (μm)
0% (没轧制)	10.6
5%	4.2
10%	3.2
20%	2.2
30%	1.6
40%	1.4
50%	1.2

当热轧时厚度的压缩比增加时，钢带的粗糙度减小。现有技术不用热轧的钢带通常的粗糙度值 R_a 至少为约 $4.5\mu\text{m}$ ；因此在本发明理想条件下，压缩比 5% 对得到低的粗糙度值是足够的。

如上面已说明，本发明可应用到浇到一个活动带上或两个活动带之间的铸出金属产品的机器，如单辊铸造机或双带铸造机。就这种机器而言，主要点在于使钢的成分；与具有上述粗糙度特点的液态金属接触的表面，及在弯月区的气相环境符合上述教导。