

T
G
Z
J

連鑄技術
譯文集



太原钢铁公司编译

编 者 的 话

为配合我公司合金钢板坯连铸机生产，我们选择了日本部分连铸专利文献资料，由我科组织翻译、汇编成《连铸专利译文集》供大家参考。该译文集的技术校对由张凝琪工程师担任。

由于我们水平所限，错误难免，请批评指正。

太钢科质处情报科

1984年8月

目 录

不锈钢板坯的连续铸造法	杨小俊译 (1)
马氏体不锈钢的连铸方法	刘任凯译 (5)
冷轧铁素体不锈钢的生产方法	王国斌译 (10)
奥氏体不锈钢的连铸法	王 斌译 (13)
立弯式连注机的板坯连铸法	沈 让译 (17)
断定引锭杆插入动作正确性的方法	沈 让译 (21)
防止连铸结晶器损耗的方法	王 斌译 (23)
连续铸造坯的气水冷却装置	高宗仁译 (27)
金属在结晶器内壁附着的方法	林和平、张玉全译 (30)
连续铸造中铸坯表面温度的控制方法	韩冬生译 (33)
用超声波测定钢液的凝固层厚度的方法	杨立志译 (40)
控制连铸中间包钢液面的方法	杨立志译 (43)
连续铸钢设备电磁搅拌控制方法	韩冬生译 (46)
细流混入熔渣的检测方法	刘任凯译 (50)
高性能电磁钢板坯的连铸法	杨立志译 (54)
表面性质优良的铸坯连铸方法	胡培义、张玉全译 (60)
纯净钢的连铸生产	韩俊明译 (63)
连铸中铸坯宽度尺寸的控制法	吕秀芹译 (66)
连铸结晶器内液面的自动观测法	吕秀芹译 (69)
连铸结晶器内温度控制方法	沈 让译 (70)
检测钢流中带入熔渣的方法	沈 让译 (74)
无缺陷铸坯的连续浇注法	李德玉译 (78)
很少产生轧制缺陷的奥氏体不锈钢的生产方法	江淑兰译 (85)

不锈钢板坯的连续铸造法

公开专利号： 昭53—26730

申请日期： 昭51（1976）8月25日

专利详细内容

1. 发明名称

不锈钢板坯的连续铸造法

2. 专利申请范围

1) 具有如下特征的不锈钢板坯连铸法。即在不锈钢板坯的连铸中，铸坯通过结晶器后进入二次冷却区时，规定二次冷却喷水量为 $1.01/\text{kg}$ —钢以上，并延长两次冷却区的长度，使冷却水的喷水长度达到铸坯完全凝固的位置以下、或可喷冷却水的全部区域，二次冷却区改分为复数区域，二次冷却水量按上部区域注水量：下部区域注水量 = $6\sim 7:3\sim 4$ 的比例分配。

1) 属于专利申请范围第一项记载的不锈钢板坯的连续铸造法。但二次冷却区划分为四个区域，并按上部两个区域的注水量：下部两个区域的注水量 = $6\sim 7:3\sim 4$ 的比例来分配二次冷却水量。

3. 发明的详细说明

本发明是有关防止发生内部裂纹的不锈钢板坯的连铸方法。

众所周知，在不锈钢板坯的连铸过程中，铸坯常常发生内部裂纹。内部裂纹发生在铸坯完全凝固之前，所以在裂纹发生时，树枝状结晶凝固后期，浓缩了的钢水就侵入到裂纹中，形成大的链状硫化物，从而损害了产品的弯曲性能，造成质量上的问题。

连铸坯的内部裂纹是造成上述产品缺陷的原因，本发明就是有关防止连铸坯内部产生裂纹的一种不锈钢板坯连铸方法。其要点在于控制二次冷却水量和分配比，就是说铸坯通过结晶器之后进入二次冷却区，此时控制二次冷却水喷水量在 $1.01/\text{kg}$ —钢以上，并延长二次冷却区的长度，使冷却水的喷水区域长度达到铸坯完全凝固位置以下、或可喷冷却水的全部区域，同时划分二次冷却区为复数，（最好分为四个区域）。二次冷却水量按上部区域（上部两个区域）的用水量：下部区域（下部两个区域）的用水量 = $6\sim 7:3\sim 4$ 之比分配。用这种方法，可以抑制由于未凝固钢水的静压力所引起的铸坯凝固坯壳的鼓肚，而且可以防止凝固坯壳内产生热应力，从而防止内部发生裂纹。

下面，就本发明的原理与实施情况，按照实验结果具体说明如下。

采用连铸法注入结晶器内的铸流，利用结晶器及二次冷却区进行冷却，使之一面从

表面向内部凝固,一面向下方移动。在存在未凝固钢水的范围内,钢水的静压力就会影响到铸坯的凝固坯壳,以致在凝固坯壳强度低、难以承受钢水的静压力时,凝固坯壳就会在辊子之间膨胀,膨胀后的铸坯再接触到辊子时,要受到压应力,这时将在凝固坯壳内侧产生抗拉应力。然而,由于凝固坯壳、尤其是靠近凝固坯壳的内部温度处于接近固相线的很高温度,抗拉强度极低,所以在夹辊压力之下产生抗拉应力,发生裂纹,这就是产生内部裂纹的机理之一。

另外,当二次冷却水不能正确分配时,铸坯从某一区域移向下一区域,或者从二次冷却区移向自然冷却区时,铸坯表面会出现温度回升。在这种情况下,如果铸坯内部仍残留未凝固钢水,则在温度回升时期,铸坯坯壳内侧产生抗拉应力。加之,凝固坯壳内壁在高温下的抗拉强度极低,如前所述,在这种情况下也会产生内部裂纹。这是产生内部裂纹的机理之二。弄清铸坯表面温度回升时,凝固坯壳厚度方向的应力分布,是了解第二个机理的线索,为此而作的调查结果如第一图所示。在第一图中;a表示温度开始回升时,凝固坯壳厚度方向的温度分布与应力分布情况、b表示温度回升60℃时的温度和应力分布情况。TSL是固相线温度位置、SC是板坯中心。

鉴于这样两个内部裂纹发生机理,其防止措施应该是:(1)凝固坯在辊子之间时不产生膨胀;(2)铸坯在完全凝固之前,铸坯表面不出现温度回升,做到这两点是有效而且重要的。

为了满足上述两条件,本发明人就二次冷却区冷却水的喷水方法作了专门研究,结果表明:如果冷却水喷水量在1.0l/kg—钢以上,二次冷却区的长度更长到完全凝固位置以下,并把二次冷却区划分为4段,把上面两段与下面两段的用水量按6~7对3~4之比分配,就能满足上述(1)与(2)的条件,并能完全防止不锈钢板坯在连铸时发生内部裂纹。

第2图表示的是第二次冷却水的分配对SUS430钢铸坯表面温度变化影响研究结果的一例。二次冷却水的用水量保持在1.0l/kg—钢,按第1图纵轴所示的距离划分二次冷却区为1、2、3、4四个区域(M表示结晶器、AC为自然冷却段),对上部(1+2)区域与下部(3+4)区域冷却水按下表第1表的A、B、C进行分配时,铸坯表面温度的变化如第2图所示。

第2图说明,按本发明冷却水分配条件A进行冷却时,铸坯由结晶器M移至二次冷却区后,表面温度急剧下降为900℃左右、其后铸坯移至自然冷却段AC,表面温度就保持870~900℃之间比较均匀的温度,而不出现极度的温度回升。从采用条件A所铸的SUS430钢板坯取样试验,完全看不到发生内部裂纹。

与此相反,用条件B进行冷却,由于下部(3+4)区域的冷却水配合比例低于条件A,因此铸坯由2区域移至3区域时,就产生表面温度回升,最大约达85℃。从采用条件B所铸的SUS430钢板坯取样调查,可以观察到发生了相当严重的内部裂纹。按照内部裂纹的起点位置来推算,可以看出裂纹发生的时间是在铸坯温度回升,铸坯向下移动30cm处的那一点上(温度回升约为40℃)。

条件C则是铸坯在完全凝固之前,就要离开二次冷却区的那一段极短的二次冷却区(如以往例)产生温度回升的(没有第2图第四区域),而且分配给下部区域(第三区

第 1 表

条 件	铸造温度 (℃)	浇铸速度 m/min	二次冷却水的分配(%)		二 次 冷 却 区 的 长 度	备 考
			(1+2) 区 域	(3+4) 区 域		
A	1540 } 1555	0.8	65	35	铸坯完全凝固位置以下	本发明法
B	1540 } 1550	0.8	75	25	铸坯完全凝固位置以下	比较例
C	1528 } 1553	0.8	78	22	铸坯完全凝固位置以下	比较例

域)的冷却水也不多。在这种(条件C的)情况下,离开二次冷却区之后(离开第三区域之后)的铸坯表面,温度回升约达140℃之多(如第2图所示)。从采用条件C所铸的SUS430钢的板坯取样试验,可以观察到内部产生大量裂纹。另外,按照裂纹的起点位置推算(与条件B同样),看出内部裂纹的发生时间,是在铸坯离开二次冷却区之后,被拉至20cm的时候。从上述条件A与条件B的比较可以看出,防止铸坯表面产生温度回升,对于防止内部裂纹发生是至关重要的。并且从条件A与条件C的比较也可以看出,延长二次冷却区的长度,使冷却水的喷水长度达到铸坯完全凝固位置以下,或可喷冷却水的全部区域,也是必要的。为了不发生温度回升,或者即便回升,也能抑制在最低限度(约30℃以下),而不致成为产生内部裂纹的原因,采用二次冷却区冷却水的分配方法是十分有效的。其配比可按条件A那样,上部两个区域的用水量:下部两个区域的用水量=65:35,即可充分满足要求。这个配比如按下述实例所示,可以允许有某些变更,按照60~70:30~40即6~7:3~4的配比就可以达到本发明的目的。这样,为了适当分配冷却水用水量,就必须把二次冷却区划分为许多区域。从设备的维护上讲,希望分为四个区域。按上述那样制定其上部两区域与下部两区域的用水量分配比,在实际操作中是很方便的。

二次冷却水量对产生内部裂纹的影响如第3图所示。由图示结果可知,冷却水量若是1.0l/kg一钢以上,即使浇铸速度加快,也不会发生内部裂纹。而在冷却水量不足的情况下,冷却水量愈少,发生裂纹的倾向就愈显著。为防止内部裂纹发生,故设定二次冷却水用水量为1.0l/kg一钢以上,这对本发明来说是个重要条件,通过这一方法,可以生产良好的铸坯,拉坯速度可以加快。另外,喷水量如果不足1.0l/kg一钢就容易产生内部裂纹,其所以如此,是由于铸坯表面温度升高,凝固坯壳的强度变低,在辊子之间容易出现鼓肚所致。

下面,归纳本发明的几个实例与比较例,如第2表。

第 2 表

	浇 铸 温 度 (℃)	浇铸速度 (m/分)	二次冷却 水 量	二次冷却水的分配(%)				内部裂纹发生状况
				1区域	2区域	3区域	4区域	
比 较 例	(1)	1533~1558	0.8	1.0	78	22		内部裂纹轻微
	(2)	1540~1550	0.9	1.2	81	19		内部裂纹大量发生
	(3)	1535~1560	0.9	0.7	65	35		内部裂纹轻微
	(4)	1532~1556	1.0	0.7	65	35		内部裂纹大量发生
	(5)	1528~1545	0.8	1.0	75	25		内部裂纹大量发生
	(6)	1540~1560	0.9	1.2	55	45		内部裂纹大量发生
实 例	(7)	1530~1555	1.0	1.0	65	35		无 内 部 裂 纹
	(8)	1532~1552	1.1	1.2	60	40		无 内 部 裂 纹

在第2表中, 比较例(1)与(2)是过去铸坯在完全凝固之前, 就离开二次冷却区的例子, 二次冷却水的分配也是本发明范围以外的方法。

比较例(3)与(4)是二次冷却区的长度及冷却水的分配在本发明范围, 但喷水量不足1.0l/kg—钢情况的例子。

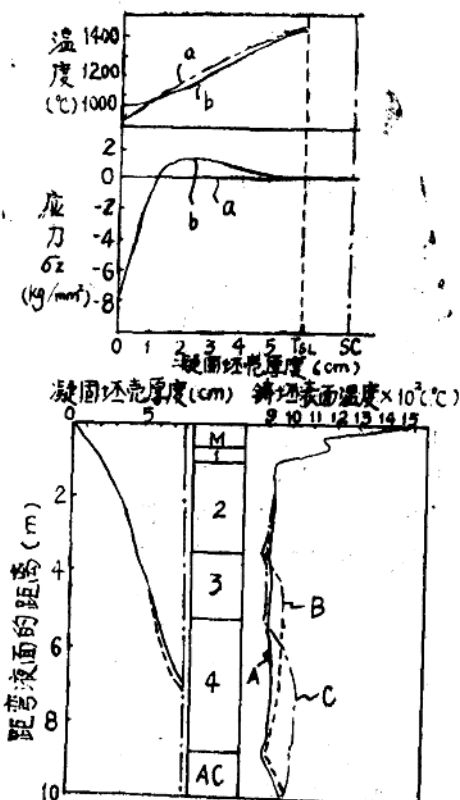
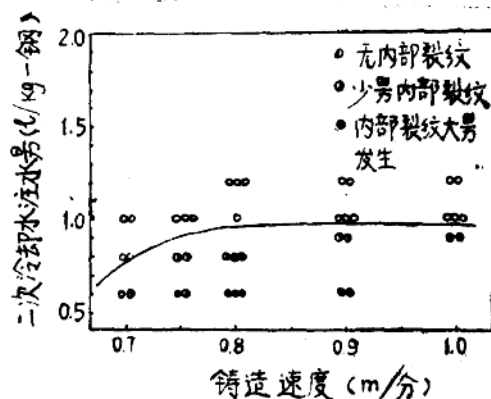
比较例(5)与(6)是二次冷却区的长度及喷水量在本发明范围之内, 但用水量的分配不在本发明范围的例子。

实例(7)与(8)是按照本发明延长二次冷却区的长度, 使冷却区的喷水位置超过铸坯完全凝固位置以下, 用水量为1.0l/kg—钢以上, 上部区域与下部区域用水量的分配比皆在6~7:3~4范围内的实施结果。

第2表的结果表明, 本发明的喷水条件即便缺少一个, 也将不能抑制内部裂纹的产生。

4. 附图的简单说明

第1图是连铸坯凝固坯壳厚度方向的温度分布和由此产生的内部应力之间的关系图。第2图表示二次冷却水的分配条件影响到铸坯表面温度变化的关系。第3图表示二次冷却用水量影响到内部裂纹发生的关系。



杨小俊 译

牛文仁 校

马氏体系不锈钢的连铸方法

公开专利号: 昭57-70060

申请日期: 1980年10月20日

专利详细内容

1. 发明的名称

马氏体系不锈钢的连铸方法

2. 申请专利的范围

在马氏体系不锈钢连铸中, 采用调整二次冷却区各段冷却条件措施, 以适应浇铸条件变化, 避免产生马氏体相变。

方法的特征是当浇铸条件变更, 需要短时间停浇时, 在再次开浇后, 使停浇以前铸完的铸坯, 通过2次冷却区的各段, 并调整各段冷却条件, 以避免产生马氏体相变。

3. 发明的详细说明

本发明与马氏体系不锈钢的连续铸造方法有关。具体来说, 是当浇注宽度变更或钢种变更等, 需要短时间停浇时, 马氏体系不锈钢的连铸方法。

很早以来, 就有人提出过有关连铸过程中变更浇注宽度或变更浇注钢种的种种方法。但大都采用了首先暂停浇注(一般为2~3分钟), 然后变更结晶器的宽度或变更浇注钢种, 最后再重新开始浇铸的方法, 并且多采用与拉坯速度正比例的方式, 控制连铸二次冷却水量。在这种情况下, 当浇注停止时, 2次冷却水量值将成为零或近于零。而当浇注重新开始, 拉坯速度恢复到正常时, 2次冷却水量, 也恢复到正常的冷却水量。但是, 如前所述, 浇注暂停时, 连铸机内还存在有部分铸坯, 即浇注停止以前铸成的部分铸坯, 当浇注重新开始时, 这部分铸坯已经过了相当长的时间, 浇注重开后, 若仍以通常的冷却水量进行冷却, 则铸坯表面温度将显著降低。这对一般普通钢连铸来说, 即使出现这种情况, 影响也不会很大。但对于含碳量在0.15%以上的马氏体系不锈钢来说, 却会因上述短时间暂停, 引起过冷, 而产生下述裂纹。

即碳含量0.15%以上的马氏体不锈钢, 即使在比较缓慢的冷却速度下, 一般也具有发生马氏体相变的性质。例如, 第1图所示的含C0.25%, Cr13.4%的马氏体钢, 在1100℃加热30分钟后的连续冷却相变曲线(CCT曲线)就是一例。图中A、K、P、M、Z、W、F分别表示奥氏体、碳化物、珠光体、马氏体、贝氏体、铁素体的生成区域, MS表示马氏体相变临界温度, HV表示按照各冷却曲线冷却时, 钢坯的维氏硬度。由第1图可以清楚地看出, 从1100℃降到MS点(200℃)即使经过100分钟以上的时间, 也会发生马氏体相变。在这种钢的连铸中, 若已受到前述那样的暂时停浇——重新开始而引起的过冷, 此时铸坯因温度已经降到了MS点以下, 而发生马氏体相变。并因相变之时的膨胀而产生应力, 出现裂纹。这种由马氏体相变引起的开裂状况的事例, 如第2图所示。第2图所示为SUS420钢(C0.30%、Si0.5%、Mn0.5%、Cr13.4%)。图中, L表示铸坯长度方向(浇注方向)。由第2图可见, 铸坯1上的裂纹, 从端面1a开始伸向内部, 且在宽面一侧的表面端部附近也产生了微细裂纹2。这种因马氏体相变引起的裂纹往往难以消除, 因此, 在以往的马氏体系不锈钢连铸中, 由于铸造过程中, 变更浇注宽度或变更钢种等铸造条件, 采用暂时停浇的办法时, 经常发生裂纹, 使收得率大为降低, 以致被认为, 想在马氏体系不锈钢的连铸中, 实现上述那样的暂时停浇方法来变更铸造条件, 实际上是很难实现的。

本发明就是鉴于上述情况而进行的。其目的就在于连铸马氏体不锈钢中, 出现暂时停浇时, 能够防止停浇前已铸完的铸坯产生裂纹, 避免因此而降低收得率。并使马氏体系不锈钢连铸中改变浇注宽度或变更钢种等铸造条件时, 采取暂时停浇办法的实现成为可能。

就是说本发明是着眼于前述马氏体系不锈钢所以产生裂纹, 是由于暂时停浇而产生

的过冷，引起马氏体相变的这一事实而进行的。其特性是：经过暂停浇注，又重新开浇后，在前记铸坯部分通过二次冷却区的各段时，采取调整各段冷却条件的办法，来避免产生马氏体相变。

以下，参照图示，对本项发明的连铸方法进一步加以具体说明。

第3图是为实施本项发明的连铸法，使用的连铸机的二次冷却设备的一例。被结晶器3间接冷却，并已开始凝固的铸坯1，先经结晶器喷雾装置4直接冷却，再经二次冷却段冷却。二次冷却段由冷却护板5以后的辊板构成。二次冷却段6，如图所示，区分为6Ⅰ、6Ⅱ、6Ⅲ、6Ⅳ四个单元区域，以便能够分别控制各单元区域的冷却水量。通过二次冷却段6的铸坯1，经过夹辊装置7，然后再送往剪切工序等后续工序。

在实施本发明的连续铸造法中，因浇注宽度变更或浇注钢种变更等操作条件的变更而暂时地停止了浇注，并在以后，重新开始浇注时要在推进前述停浇前已铸完铸坯的同时，按顺序调整2次冷却段6的6Ⅰ～6Ⅳ各单元区域的冷却水量，以免铸坯部分发生马氏体相变。就是说只有当前记铸坯部分位于某单元区域期间，6Ⅰ～6Ⅳ区域中该单元的冷却水量才降为零或近于零，不受当时的拉坯速度的限制。在其他时期则要按当时的拉坯速度成比例地拟定冷却水量。在这里，所谓停浇前已铸完铸坯的范围是指按照以前的一般拉坯速度比例地拟定冷却水量，会因过冷而易于产生马氏体相变，所引起的裂纹的范围。其具体的数值范围，因拉坯速度及标准冷却水量或板坯尺寸的不同而异，不能一概而论，所以应通过实验来确定。但在通常的铸造条件下，可如后述比较例所示，从停浇时位于结晶器内液面的部分，至拉坯方向约五米的范围内，容易发生马氏体相变所引起的裂纹，因此，在这种情况下，前述铸坯范围就可以规定为从停浇时位于结晶器内的液面部分，至拉坯方向约五米的范围内。

上述控制3Ⅰ～6Ⅳ各单元冷却水量的图谱，如第4图(A)～(G)所示。图中，1为铸坯，1A为停浇时位于结晶器内液面的部位，1B为自该部位起，至拉坯方向为规定长度1范围的铸坯部分。即前述的“停浇前已铸完的铸坯”部分。如第4图(A)所示，当铸坯1B部分位于第1单元区域6Ⅰ时，关闭第1单元区域6Ⅰ的冷却水，使冷却水量为零，其他单元区域6Ⅱ～6Ⅳ的冷却水则开着，并以相应于拉坯速度冷却水量注水。当铸造进行当中，第4图(B)所示那样，铸坯1B部分到达横跨第1单元区域6Ⅰ和第2单元区域6Ⅱ之处时，则切断第2单元区域6Ⅱ的冷却水。在铸造继续进行，到达第4图(D)所示情况时，铸坯1B部分完全脱离了第1单元区域6Ⅰ，到达第2单元区域6Ⅱ及第3单元区域6Ⅲ位置时，第1单元区域6Ⅰ的注水再度开放，同时切断第3单元区域6Ⅲ的冷却水以后即按同样方法进行，铸坯1B部分到达某一单元区域就切断该区域的冷却水，而当铸坯1B部分完全通过某一区域时，该区域的冷却水就重新开放。另外在第4图(C)中，铸坯1B部分虽然已进入了第3单元区域6Ⅲ，但第3单元区域6Ⅲ的冷却水并未切断。但是，铸坯部分1B的浇注方向前端1C部份，即使暂时地喷上了冷却水，比其后端（即浇注停止时位于结晶器内液面的部分）1A部分附近是不易发生过冷的。所以短时间内不会发生问题。

下面，记述了两种实例的比较，一个是比较例，它使用第3图所示的连铸机（2次冷却段的弯曲半径 $R=10\text{m}$ ），按照传统的拉坯速度比例地控制冷却水量，采用变更浇注

宽度而暂时停浇方式进行SUS420钢(C0.30%、Si0.5%、mn0.5%、Cr13.4%)的连续铸造。另一个是实施例,它同样使用第3图所示的连铸机。但采用本发明的方法进行同样的SUS420钢的连续铸造。

比较例

以恒定的拉坯速度0.80m/分,铸造200mm×720mm的板坯,持续3.05分后停止浇注,变更结晶器宽度,然后以0.80m/分的拉坯速度,改铸200mm×740mm的板坯。按照拉坯速度比例地调整2次冷却水量。在第3图所示的P点,测量了当时的铸坯表面温度发现从停浇时位于结晶器内液面的部位Q,向拉坯方向前方延伸 $l=5\text{m}$ 的范围内,铸坯表面温度相当低,特别是前记部位Q的附近,甚至下降到600℃以下。如第5图所示。并且还证实,经过热处理的板坯的这些部位上面集中产生了因马氏体相变而引起的裂纹。详细研究裂纹发生部分后判明,它的组织已经马氏体化,并且,表面硬度显著增高。从而可得出结论,即裂纹的产生是由于前述部分的表层受到过冷却,在进行热处理以前就已发生了马氏体相变所致。

实施例

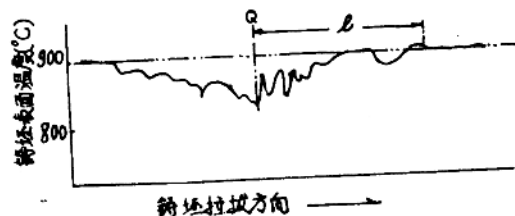
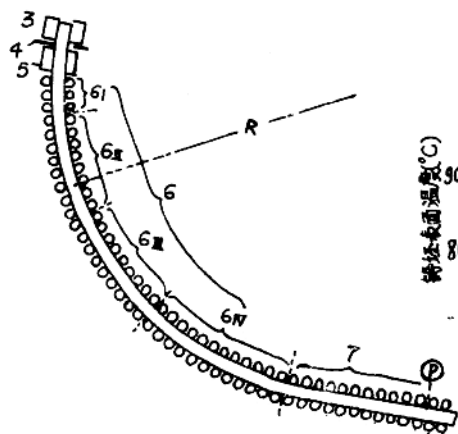
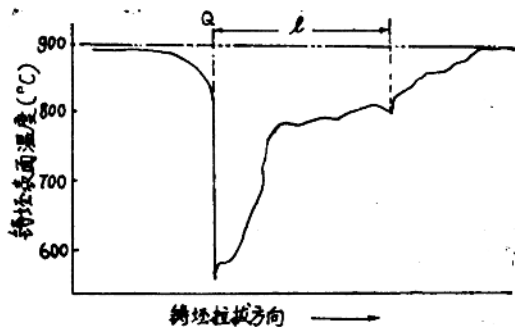
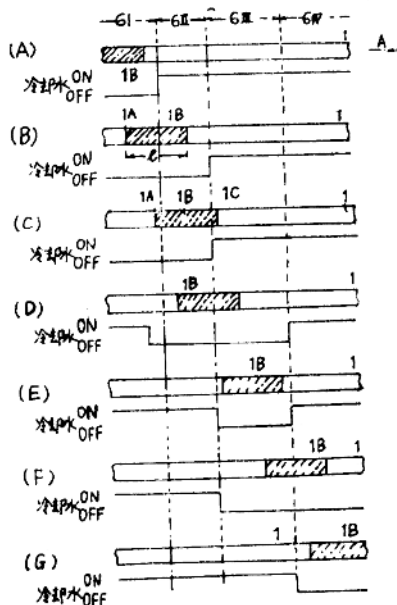
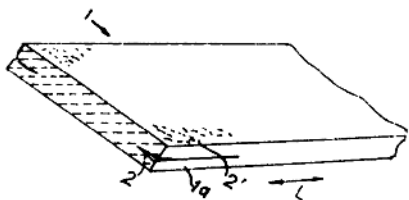
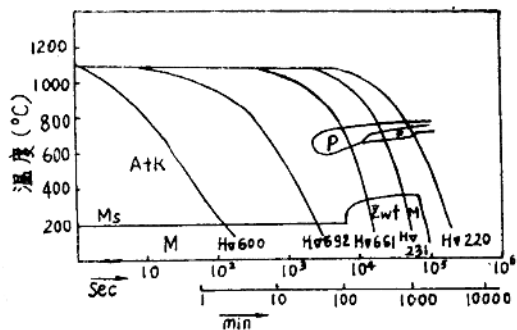
在相同于比较例条件下进行了连续铸造的铸造宽度变更。2次冷却段各单元区域的冷却水量,按照第4图所示的图谱进行调整,即从停浇时位于结晶器内液面的部位开始向拉坯方向延伸5米范围内的这一部分铸坯,通过某单元区域时就切断该区域的冷却水而在其它期间,则按照拉坯速度比例地注入冷却水。也在第3图所示的P点,测定了这时的铸坯表面温度,结果可以看出在停浇时位于结晶器内液面部位到拉坯方向前 $l=5\text{m}$ 的范围内的铸坯表面温度,并未显著下降,并且,板坯表面也几乎没有产生裂纹。板坯表面硬度的测定还证实了硬度没有提高,组织上也完全转变为珠光体,如第6图所示。

从以上说明可以清楚地看出,采用本项发明的方法进行马氏体系不锈钢的连续铸造,可以收到各种良好效果。①即使因变更宽度和钢种等而暂时地停止操作,也能够有效地防止停浇前铸成的部分铸坯发生裂纹,避免收得率的极端降低从而使铸造过程中进行宽度和钢种的变更等操作实际上成为可能。②并因此使小批量的特定尺寸和特定钢种的马氏体系不锈钢的生产,也能避免收得率的降低,从而使实现连续铸造化成为可能。

4. 图纸的简要说明

第1图是马氏体系不锈钢连续冷却相变曲线的例示图。第2图是SUS420连铸板坯在暂时停浇部分附近产生裂纹的剖面斜视图。第3图是实施本发明的全弧型连铸机略图。第4图(A)~(G)是根据本发明绘制的2次冷却段各单元区域冷却水控制图谱的略图。第5图是比较例的铸坯表面温度变化曲线图。第6图是实施例的铸坯表面温度变化曲线图。

1……铸坯,1B……暂时停浇以前已铸完的铸坯部分,6……2次冷却段,6I~6N……单元区域。



刘任凯 译
牛文仁 校

冷轧铁素体型不锈钢的生产方法

公开专利号: 昭57-146456

申请日期: 昭56(1981)3月4日

专利详细内容

1. 发明的名称

冷轧铁素体型不锈钢的生产方法

2. 专利申请的范围

根据式(1) $\gamma_{pot}(\%) = 288(\%C) - 54(\%Si) + 7.5(\%Mn) + 22(\%Ni) - 18.75(\%Cr) + 350(\%N) + 338.5$ 进行成分调整, 使铁素体型不锈钢的奥氏体势 γ_{pot} 低于65%, 采用连铸方法生产, 并在连铸过程中进行电磁搅拌。

3. 发明的详细说明

本发明是关于冷轧铁素体型不锈钢, 特别是采用连铸方法生产铁素体型不锈钢的方法。

众所周知, 以SUS430为代表的铁素体型不锈钢冷轧板, 在拉伸和深冲时沿钢板轧制方向会产生细条状皱纹, 即发生所谓单向皱折现象。铁素体型不锈钢主要用于汽车窗框, 装饰部件或家庭用厨房机器等, 因此要求外观漂亮。如果发生上述单向皱折, 将会损坏制品的外观, 损坏制品的价值。可是, 采用连铸坯生产的铁素体型不锈钢冷轧板比采用模铸坯容易产生单向皱折现象。其原因是连铸坯中心部分的凝固组织呈柱状晶, 使热轧板中心组织粗大化。因而, 为了防止单向皱折现象, 须细化热轧板中心组织。所以过去防止铁素体型不锈钢单向皱折的方法, 是增加钢中奥氏体势 γ_{pot} , 利用 $\alpha-\gamma$ 转变细化热轧组织。

为了增加铁素体型不锈钢奥氏体势 γ_{pot} , 添加N、C、Mn、Ni等奥氏体形成元素是有效的, 可是这些奥氏体形成元素会使冷轧板硬化, 屈服伸长变大, 其结果容易产生滑移线问题。

本发明鉴于上述情况, 采用连铸方法使冷轧铁素体型不锈钢的单向皱折和滑移线问题同时得到减轻。根据本发明的实验结果, 由于将奥氏体势控制在较低值, 从而可以防止滑移线的产生。并在连铸时采用电磁搅拌, 使结晶组织等轴化, 防止单向皱折的发生。

具体来说, 本发明关于铁素体型不锈钢的生产方法是: 根据公式(1)调整C、Si、Mn、N、Cr、N, 使奥氏体势 γ_{pot} 低于65%, 采用连铸方法生产, 并在铸坯凝固过程中进行电磁搅拌。

如果更详细地说明本方法,那么可以说,本发明对铁素体型不锈钢采用了连铸,并在铸坯凝固过程施行电磁搅拌。即在连铸机的二次冷却带设置了感应线圈,向线圈通入低频电流,由于交变磁场和铸坯未凝固区内感应电流的感应作用,对钢水产生搅拌作用。从而阻止了铸坯内柱状晶的生长,使等轴晶的比率提高,其结果热轧板中心组织得到细化,冷轧板单向皱纹现象也得到减轻。上面所说的铸坯内等轴晶比率的提高与电磁搅拌条件关系很大,本发明选择了适当的搅拌条件,可使等轴晶的比率达到40—75%。

上述铁素体型不锈钢在连铸时进行电磁搅拌能够减轻单向皱纹。本发明就不进行电磁搅拌的连铸铁素体不锈钢(以下称连铸比较材)和采用电磁搅拌的连铸铁素体不锈钢(以下称连铸EMS材)作了调查,根据式(1)调整奥氏体势 γ_{pot} ,观察其单向皱纹发生状况时发现,在奥氏体势 γ_{pot} 高时,连铸比较材和连铸EMS材之间,单向皱纹状况没有有意义的差别。而当奥氏体势低于某个数值时,两种材料的单向皱纹才产生有意义的差别。换言之,电磁搅拌减轻单向皱纹的效果是当奥氏体势 γ_{pot} 低于某个数值时才发挥作用。图1表示了连铸EMS材,连铸比较材,以及模铸材的奥氏体势 γ_{pot} 与单向皱纹的评级关系。这里,单向皱纹的评级方法是将试样拉伸20%,观察试样表面产生条状皱纹的程度,由轻到重顺次按1—5级进行分级。这里供作试样用的材料是在SUS430成分范围内调整奥氏体势 γ_{pot} 。对这些钢通过电磁搅拌或没有电磁搅拌,或模铸后,按下述实施例同样方式进行加工处理,制成0.7mm冷轧板,同时电磁搅拌的条件也与下述实施例一样。从图1可见,连铸比较材的单向皱纹发生程度与 γ_{pot} 有很强的依存关系,奥氏体势 γ_{pot} 越高,单向皱纹的改善效果越明显。相对的连铸EMS材比 γ_{pot} 为65%以下的连铸比较材单向皱纹有明显减轻。与模铸材相比情况差不多相同。当奥氏体势 γ_{pot} 高于65%时几乎与连铸比较材的单向皱纹相同。可以看出,当奥氏体势 γ_{pot} 超过65%时,电磁搅拌对减轻单向皱纹的效果较差,只有当 γ_{pot} 低于65%以下时减轻单向皱纹的效果才是明显的。

上面所说的通过控制奥氏体形成元素,使奥氏体势 γ_{pot} 低于65%,就可以防止钢板硬化,降低屈服伸长,防止滑移线的产生。因而本发明就是将奥氏体势 γ_{pot} 控制在65%以下,并结合在连铸时进行电磁搅拌,使铁素体型不锈钢连铸材的单向皱纹得以减轻,并且使减轻滑移线的产生成为可能。

以下记述本发明的实施例和比较例

实施例

表1的1—3号试样是将SUS430成分调整后,得到奥氏体势 γ_{pot} 分别50%、55%、67%的铸坯,并在连铸凝固阶段进行电磁搅拌,搅拌强度〔电流〔A $\times\sqrt{\text{频率}}(\text{Hz})$ 〕为1500(A $\sqrt{\text{Hz}}$)。按常规方法经1200℃ $\times$ 6小时加热后进行轧制,860℃ $\times$ 8小时退火后酸洗、冷轧、退火酸洗和平整,最后制成0.7mm冷轧板。

比较例

同前面的实施例一样,调整SUS430的化学成分,使其奥氏体势 γ_{pot} 分别为50%、55%、67%,如表1中1—3号试样,在没有电磁搅拌情况下进行连铸,所得到的铸坯采

用与实施例一样的工艺进行处理，制成0.7mm冷轧板。

表 一

试 料 编 号	化 学 成 份						rpot
	C	Si	Mn	Cr	Ni	N	
1	0.058	0.43	0.66	16.20	0.07	0.0435	5%
2	0.063	0.41	0.68	16.10	0.08	0.0444	55%
3	0.071	0.34	0.68	16.10	0.21	0.0537	67%

用实施例和比较例制造的冷轧板，与前面一样，将试样拉伸20%，观察单向皱纹情况，其评级状况如表2。

表 二

试 料 编 号	rpot	单 向 皱 折 评 级	
		实 施 例	比 较 例
1	50%	2.0	3.5
2	55%	2.0	2.8
3	67%	1.5	2.0

从表2可明显看出，当奥氏体势 γ_{pot} 高时，电磁搅拌效果较小，而当奥氏体势低时电磁搅拌效果却显著表现出来。

此外，对实施例的钢板，也调查了滑移线的情况，得到了表3的结果。表3结果是将材料在平整时延伸0.40%，进行拉伸试验所观察到的滑移线情况。

表 三

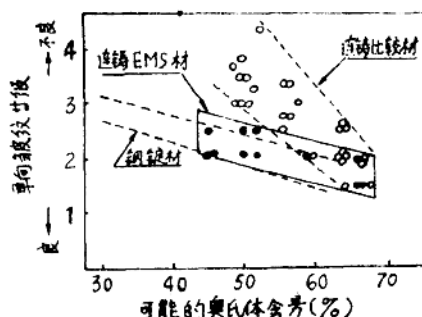
试 料 编 号	1	2	3
rpot	50%	55%	67%
滑 移 情 况	没 有 发 生	没 有 发 生	部 分 发 生

从表3可见，当奥氏体势 γ_{pot} 低时，可以防止滑移线的发生。

按照本发明的方法，可以作到既能不产生滑移线，也能有效地防止单向皱纹发生，而且，可以提高生产效率，使用于外观要求很高的各种装饰品、厨房机器的铁素体型不锈钢的生产成为实际上是有益的生产方法。

4. 图1简单说明

图1是铁素体型不锈钢连铸材EMS(带电磁搅拌),不用电磁搅拌连铸比较材和模铸材的奥氏体势 γ_{pot} 与冷轧板单向皱纹评级的相关图。



王国斌 译

牛文仁 校

奥氏体不锈钢的连铸法

公开专利号: 昭53—28729

申请日期: 昭51(1976)8月25日

专利详细内容

1. 发明名称:

奥氏体不锈钢连铸法

2. 专利申请范围:

满足下列关系的奥氏体型不锈钢, 用内衬表面施行非铜镀层(被覆镀层厚度最少1mm)的铜质结晶器, 进行连续铸造的方法。关系式如下:

$$\gamma_{eq} \geq 0;$$

$$Ni_{eq} \geq -0.82(Cr_{eq}) + 25.6$$

[注]: 式中奥氏体的当量 γ_{eq} , Ni当量 Ni_{eq} , Cr当量 Cr_{eq} 。 γ_{eq} 、 Ni_{eq} 及 Cr_{eq} 分别为:

$$Y_{eq} = 30 (\%C + N) + 0.5 (\%Mn) + (\%Ni) - 1.3 (\%Cr) - (\%Mo) + 11.8;$$

$$N_{ieq} = (\%Ni) + 30 (\%C + N) + 0.5 (\%Mn);$$

$$C_{req} = (\%Cr) + (\%Mo) + 1.5 (\%Si) + 0.5 (\%Nb)。$$

②本专利申请范围第1项记载的连铸法为使用沉淀硬化型铜质结晶器。

③本专利申请范围第1项或第2项记载的连铸法的被覆镀层为Ni电铸层。

④本专利申请范围第1项至第3项记载的连铸法的被覆镀层为Cr或者Mo的电铸层。

3 发明的详细说明

本发明是关于奥氏体不锈钢连铸法，特别是有关防止并消除铸坯表面发生网状龟裂的奥氏体不锈钢连续铸造法。

据报导连铸而成的铸坯会发生各种各样的内部缺陷和表面缺陷，其中之一就是铸坯表面的网状龟裂（龟甲状裂纹，星形裂纹）。

关于这种龟裂的生成，在普通钢连铸中曾有过报告，后来发现在不锈钢中，只有奥氏体不锈钢才有这种龟裂现象。发生网状龟裂的原因一般认为是因为铜质结晶器表面被凝固壳磨削，被磨削的结晶器铜分子，浸入铸坯晶界，引起局部高温强度下降，以致发生龟裂。

龟裂一旦发生，处理工作就需要花费很多的劳力和工时，所以这个问题大家都希望在早期得到解决。

作为解决的措施之一，首先就是防止结晶器的铜成分向铸坯移动。为此可以在结晶器表面镀Cr或Mo等，以及为防止被削铜成分浸入晶界或减少其浸入深度而采用改变二次冷却法的手段，但是只单纯使用Cr或Mo等，一般电镀层又存在着镀层耐用次数的问题。根据本发明者的经验来看：镀层在完整的初期阶段，虽然不会发生因磨削铜而产生的龟裂。但到镀层发生若干剥离以后，就不能充分防止龟裂发生了。镀层的耐用次数只达到10几次至几十次左右，在实际操作上无论如何也不能说是一种完善的方法。另外还可看出，加大二次冷却水量或变更冷却方法虽然能减少龟裂，但却不能完全杜绝龟裂，并且冷却水的增加还会导致铸坯内部变形或发生中心裂纹。所以不能说是一种很有效的方法。

本发明除了以上述的铸坯表面龟裂发生机理为依据外，还对不锈钢进行了多次各种调查，最后找到并创立了能够防止产生龟裂的连铸法。本发明的关键就是在奥氏体不锈钢连铸之际，将能够满足下列关系的奥氏体不锈钢，用内壁被覆非铜镀层（镀层厚度最少1mm）的铜质结晶器来进行连铸。其关系式如下：

$$Y_{eq} \geq 0; N_{ieq} \geq 1.04 (C_{req}) - 8.29;$$

$$N_{ieq} \geq -0.82 (C_{req}) + 25.6 \text{ (注：式中奥氏体当量 } Y_{eq}, \text{ Ni当量 } N_{ieq}, \text{ Cr当量 } C_{req} \text{ 分别为：} \\ Y_{eq} = 30 (\%C + N) + 0.5 (\%Mn) + (\%Ni) - 1.3 (\%Cr) - (\%Mo) + 11.8$$

$$N_{ieq} = (\%Ni) + 30 (\%C + N) + 0.5 (\%Mn)$$

$$C_{req} = (\%Cr) + (\%Mn) + 1.5 (\%Si) + 0.5 (\%Nb)$$