

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl<sup>7</sup>

C21D 8/02

# [12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95104541.5

[45]授权公告日 2000年9月13日

[11]授权公告号 CN 1056416C

[22]申请日 1995.3.29 [24]颁证日 2000.6.17

[21]申请号 95104541.5

[30]优先权

[32]1994.3.29 [33]JP [31]058583/1994

[73]专利权人 川崎制铁株式会社

地址 日本兵库县

[72]发明人 横田毅 佐藤进 宇城工

富桧房夫 小林真 金成昌平

[56]参考文献

CN1019552A 1988. 7.13 C21D8/02

JP1-136930A 1989. 5.30 C21D8/04

JP5-179358A 1993. 7.20 C21D8/02

审查员 葛松生

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨丽琴

权利要求书 1 页 说明书 22 页 附图页数 1 页

[54]发明名称 平面各向异性小的铁素体不锈钢带的制造方法

[57]摘要

本发明涉及一种平面各向异性小且 r 值和耐凹陷性优良的铁素体不锈钢带的制造方法,它是在铁素体不锈钢坯料上,实施由含有一次轧道以上的粗轧工序,以及含有一次轧道以上的轧制的精轧工序所组成的热轧之后,进行热轧板退火,酸洗,冷轧,及最终退火,其特征在于:在所述的粗轧工序中,在轧制温度为 970—1150℃,被轧材料与轧辊之间的摩擦系数在 0.3 以下,并且压下率为 40—75% 的条件下,至少进行一次轧道的轧制。

ISSN 1008-4274



## 权利要求书

---

1. 一种平面各向异性小的铁素体不锈钢带的制造方法，它是在铁素体不锈钢坯料上，实施由含有一次轧道以上的粗轧工序，以及含有一次轧道以上的轧制的精轧工序所组成的热轧之后，进行热轧板退火，酸洗，冷轧，及最终退火，其特征在于：在所述的粗轧工序中，在轧制温度为 $970-1150^{\circ}\text{C}$ ，被轧材料与轧辊之间的摩擦系数在0.3以下，并且压下率为40-75%的条件下，至少进行一次轧道的轧制。

2. 按照权利要求1所述的铁素体不锈钢带的制造方法，其特征在于，在所述精轧工序中，在轧制温度为 $600-950^{\circ}\text{C}$ ，压下率为20-45%的条件下，至少进行一次轧道的轧制。

3. 按照权利要求1所述的铁素体不锈钢带的制造方法，其特征在于：在所述精轧工序中，被轧材料与轧辊之间的摩擦系数在0.3以下的条件下，至少进行一次轧道的轧制。

4. 按照权利要求1所述的铁素体不锈钢带的制造方法，其特征在于：在所述精轧工序中，在轧制温度为 $600-950^{\circ}\text{C}$ ，压下率为20-45%，被轧材料与轧辊之间的摩擦系数在0.3以下的条件下，至少进行一次轧道的轧制。

5. 按照权利要求1所述的铁素体不锈钢带的制造方法，其特征在于：被轧材料与轧辊之间的摩擦系数是把0.3以下改换成0.2以下。



## 说 明 书

---

### 平面各向异性小的铁素体不锈钢 带的制造方法

本发明涉及平面各向异性小，且 $r$ 值及耐凹陷性优良的铁素体不锈钢带的制造方法。

通常，铁素体不锈钢是将连续铸造的铸坯加热之后，经过热轧（粗轧及精轧）—热轧板退火—冷轧—最终退火等各个工序制造的。

一般来说，由于这样制造的铁素体不锈钢耐应力裂纹腐蚀性优良，价格便宜，因而在各种厨房用具，汽车构件等领域被广泛地使用；但与奥氏体不锈钢相比，其具有冲压成形性（ $r$ 值，耐凹陷性）稍差的缺点。再有，在冲压成形时，除了 $r$ 值、凹陷性之外， $r$ 值的平面各向异性（以下简称为 $\Delta r$ 或者平面各向异性）也成为重要的因素。这就是为什么 $\Delta r$ 大时，在冲压成形品中会产生大耳（耳凸）的原因。

因此，若在铁素体不锈钢的冲压成形性改善的同时能使轧制平面各向异性显著变小，则即使过去难适用冲压成形的一些严格的用途中也能代替奥氏体不锈钢地加以使用。然而，到目前为止，还没有对各种成分的铁素体不锈钢都适用的，能同时改善 $r$ 值、耐凹陷性以及平面各向异性的技术方案。

使 $r$ 值及耐凹陷性提高的技术，有如在日本专利特开昭53



-48018号公报以及特公平2-7391号公报上提出的在极低的C,N钢中添加Nb及Ti的方法。

再有,在特开平5-179358号公报中提出过在热轧工序中通过附加大压力下的轧制来改善耐凹陷性,在特开平3-219013号公报中改善 $r$ 值等技术。但是,在这些技术中,仅仅附加大压力下,会在钢板的表层部发生大的剪断应变,常发生由钢板与轧辊的烧结在一起所引起的不能热轧,钢板的表面特性易遭损坏的这样的问题。

此外,在特开昭62-10217中,提出了通过使(应变速度)/(摩擦系数)的值在500以上来改善冲压成形时的耐凹陷性的技术。但是,该技术也只改善了耐凹陷性,不能改善平面各向异性。此外,正如其说明书中所记载的那样,由于这种方法是在所说的780-940°C的低温区域给与大的应变速度的技术,因而存在着咬入不良及形状不良的问题。

由此,上述的现有技术不能使 $r$ 值或耐凹陷性提高的同时使平面各向异性缩小。

上述这些现有技术还会随着场合的不同,容易引起钢板的表面特性恶化,咬入不良,形状不良等各种问题。

另一方面,作为缩小平面各向异性的技术,有如日本专利特开昭52-39559中所公开的方法。根据该说明书的记载,只有在严格限制1次冷轧压下率与2次冷轧压下率的比以及总压下率的场合下才能改善平面各向异性。特别是平面各向异性( $\Delta r$ )缩小到0.11、0.13的只是对于低C、N-Ti添加剂钢一次冷轧压下率为87%的高压下率(而2次冷轧压下率为0%)的情况,受到更严格的限制。而在其

它的成分、轧制条件下，任何一种的平面各向异性都在0.45以上，改善效果很小。加之，正如说明书中所记载的那样，由于87%的冷轧压下率比通常的冷轧压下率高，因而轧制困难，而且有容易有尺寸精度差，钢板形状不好的问题。在这里，没有叙述耐凹陷性，但认为凹陷的成因是在热轧时，在板厚中心部形成的(001)热轧织构，万一所形成的(001)热轧织构，使冷轧的一次压下率增大成87%，也不使其很大地破坏，因而耐凹陷性不可能大幅度地改善。

在日本专利特开昭54-56017中，记载了Al含量高的铁素体不锈钢，通过把N量限制在0.025~0.12%，并且 $0.015 < N - (14/27)Al < 0.055\%$ ，使平面各向异性小于0.14及0.21。

这样，在用上述现有技术改善平面各向异性的情况下，要求成分及冷轧条件受严格的限制。另外，这些技术只提出了平面各向异性的改善，没有提出同时提高r值和耐凹陷性。

本发明的主要目的，是提供一种以铁素体不锈钢坯料为对象，制造出比用以往的制造方法，不但平面各向异性小，而且具有优良的r值及耐凹陷特性的铁素体不锈钢的方法。

更具体地说，本发明的目的是提供一种对成分不附加严格限制，对范围较广的各种成分的铁素体不锈钢都能制造成有r值在1.3以上，凹陷高度在20 $\mu$ m以下，以及平面各向异性( $\Delta r$ )的绝对值在0.25以下等特性的制造方法。

再有，本发明的另一个目的是提供一种不会发生钢板表面特性恶化、咬入不良、形状不良等现象的制造铁素体不锈钢带的方法。



本发明人为解决上述问题作了精心研究，发现在铁素体不锈钢热轧的粗轧工序中，控制轧辊与坯料之间的摩擦系数是重要的因素。在这基础上，通过适当控制铁素体不锈钢的热轧条件，特别是它的粗轧或者进一步的精轧条件，就有可能改善 $r$ 值和耐凹陷性，使平面各向异性变小，此外其它的制造上的问题也能同时解决。

本发明是将上述的观点具体化后作出的，它的主要内容如下：

(1). 一种平面各向异性小的铁素体不锈钢带的制造方法，它是在铁素体不锈钢坯料中，进行含有一轧道以上的粗轧工序，以及含有一轧道以上轧制的精轧工序所组成的热轧，此后进行热轧板退火，酸洗，冷轧，还有最终退火，其特征在于：在所述粗轧工序中，在轧制温度为 $970-1150^{\circ}\text{C}$ ，被轧材料与轧辊之间的摩擦系数在 $0.3$ 以下，并且压下率为 $40-75\%$ 的条件下进行至少一轧道的轧制。

(2). 在上述(1)中，在所述精轧工序中，在轧制温度为 $600-950^{\circ}\text{C}$ ，压下率为 $20-45\%$ 的条件下进行至少一轧道的轧制。

(3). 在上述(1)中，在所述精轧工序中，被轧材料与轧辊之间的摩擦系数在 $0.3$ 以下的条件下进行至少一轧道的轧制。

(4). 在上述(1)中，在所述精轧工序中，在轧制温度为 $600-950^{\circ}\text{C}$ ，压下率为 $20-45\%$ ，被轧材料与轧辊之间的摩擦系数在 $0.3$ 以下的条件下进行至少一轧道的轧制。

在这里，一轧道是指在轧钢机所具有的1个台架中进行一次轧制。

并且，根据上述本发明，可以制出以较宽范围的铁素体不锈

钢组成的坯料为对象，有比过去的制造方法较优良的 $r$ 值，耐凹陷性，及小的轧制平面各向异性的钢带。更具体的铁素体不锈钢的组成的合适范围如下所示。

钢的组成为：

C: 0.1wt%以下，最好是0.0010-0.080wt%

Si: 1.5wt%以下，最好是0.10-0.80wt%

Mn: 1.5wt%以下，最好是0.10-1.50wt%

Cr: 11-20wt%以下，最好是14-19wt%

Ni: 2.0wt%以下，最好是0.01-1.0wt%

P: 0.08wt%以下，最好是0.010-0.080wt%

S: 0.0100wt%以下，最好是0.0010-0.0080wt%

N: 0.1wt%以下，最好是0.002-0.08wt%

还可根据需从以下成分选取1种或2种，其余部分是Fe和不可避免的杂质。

Nb: 0.050-0.30wt%, Ti: 0.050-0.30wt%

Al: 0.010-0.20wt%, V: 0.050-0.30wt%

Zr: 0.050-0.30wt%, Mo: 0.50-2.5wt%

Cu: 0.50-2.5wt%,

本发明具体的实施情况在以下对发明的具体说明，以及在权利要求的范围中予以展示。

本发明的实质是在铁素体不锈钢的制造方法中，按照以下三个条件进行热轧的粗轧工序中的至少一轧道的轧制：①轧制温度为970-1150°C，②压下率为40-75%，并且③摩擦系数在0.30以下；能获得 $r$ 值，耐凹陷性和平面各向异性这三个特性均优良的制



品。

然而，在铁素体不锈钢的热轧中的润滑轧制的技术，虽然在例如专利公报特开平4-27902号中公开过，但这种技术是以抑制表面缺陷作为目的的，而不是以改善制品的上述三个特性(r值，耐凹陷性，平面各向异性)为目的的。由它们实施例的公开可详细得知，在实验室规模的实施中，设定与粗轧工序相当的工序为最初的3~4次轧道，那一次轧道的压下率都大大低于37%。摩擦系数的值也没有任何表示。

另一方面，若按照使用润滑剂的18%Cr不锈钢的热轧的精轧工序(不是粗轧工序)的摩擦系数的测定例(在热轧带的精轧中的最适合的设定控制法(2)，塑料加工春季讲演会，PP.29-32中的P30；1984年5月)摩擦系数是0.397-0.147。没有示出粗轧工序中至少一轧道必需把摩擦系数调整成0.3以下轧制。

铁素体不锈钢的粗轧工序的轧制温度一般在1000-1300°C的范围里。相对于现有技术的本发明的特征是从改善产品的r值，耐凹陷性，平面各向异性的观点出发，针对粗轧工序，综合确定其要素、轧制温度、压下率、摩擦系数的条件。即，在粗轧工序的至少1轧道中应同时满足上述三个要素的条件，由此达到最上述的发明目的。

图1是表示粗轧和精轧的对r值的面内各向异性影响。

以下，对形成本发明的实验研究成果予以说明。

商用的由铁素体不锈钢(C: 0.058wt%、Si: 0.32wt%、Mn: 0.52wt%、Cr: 16.5wt%、Ni: 0.09wt%、P: 0.027wt%、S: 0.0038wt%、N: 0.0317wt%)制成的钢带在1150°C下加热，进行由4



次轧道构成的粗轧工序、由5~7次轧道构成的精轧工序所组成的热轧，成为4.0mm厚的热轧钢板。在粗轧工序中，使最后一次轧道（轧制温度：1020~1080℃）的压下率和轧辊与轧制钢材间的摩擦系数( $\mu$ )发生变化，并且在精轧工序（轧制温度：830~860℃，摩擦系数：0.1）中使1次轧道的最大压下率发生变化。

把用以上方法所得到的热轧钢板，经过热轧板退火—酸洗—冷轧—最终退火工序而制成0.7mm的冷轧退火板。从这冷轧退火板中取试验片，测定r值的平面各向异性( $\Delta r$ )。根据 $\Delta r = (r_L - 2r_D + r_C) / 2$ 来求出 $\Delta r$ 。其中， $r_L$ 、 $r_D$ 和 $r_C$ 分别表示各个轧制方向的、相对于轧制方向45°的方向的、相对于轧制方向90°的方向的r值。图1示出了对 $\Delta r$ 有影响的轧制条件。

从图1可知，粗轧工序的最终轧道在无润滑( $\mu=0.6$ )的情况下，其压下率即使增加， $\Delta r$ 也不怎么改善，而在 $\mu=0.1$ 时，若压下率在40%以上则可显著地改善 $\Delta r$ 。

还可从图中知道，在粗轧工序的最终轧道中，使 $\mu=0.1$ ，压下率在40%以上时，若粗轧工序中的1次轧道的最大压下率高，则 $\Delta r$ 可更进一步地改善。

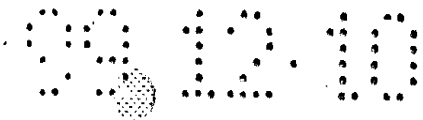
通过使粗轧工序的最终轧道的压下率在45%以上， $\Delta r$ 的改善效果变得更加显著。

下面，具体说明本发明中的铁素体不锈钢带的制造条件。

#### • 粗轧工序

在热轧的粗轧工序的至少一次轧道的轧制中是满足下述(1)、(2)和(3)的条件下进行轧制。

(1) 轧制温度：970~1150℃



粗轧的轧制温度未达到 $970^{\circ}\text{C}$ 的情况下，难促进铁素体不锈钢的再结晶，加工性差，平面各向异性不仅没有改善，在大压力下轧制时还会显著缩短轧辊的寿命。另一方面，一旦温度超过 $1150^{\circ}\text{C}$ ，铁素体颗粒形成在轧制方向拉长的组织，平面各向异性变大。因此，粗轧的轧制温度必须在 $970\sim 1150^{\circ}\text{C}$ ，最好在温度范围是 $1000\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 。

### (2) 压下率：40~75%

粗轧的压下率未达到40%时，由于板厚中心部未再结晶组织大量残存，因而加工性差，也不能改善平面各向异性。然而，超过75%压下率的轧制存在着咬入不良，轧辊与钢板烧结在一起，而且会有因咬入时的冲击所引起的板厚变动的危险性。因此，粗轧的压下率必须在40~75%，最好的压下率范围是45~60%。

### (3) 摩擦系数：0.30以下

一旦粗轧的摩擦系数超过0.30，虽然在钢板表层部强剪断应变区域引起再结晶，但在板厚中心部大部分作为未再结晶组织残留下来，因而加工性差，平面各向异性也不能改善。此外，由于钢板与轧辊绕结在一起会引起钢板表面特性显著恶化。与此相对，若粗轧的摩擦系数在0.30以下，显著地促进了板厚中心部分的静的再结晶，可改善 $r$ 值，耐凹陷性以及平面各向异性。因此，必须使粗轧的摩擦系数在0.30以下，最好是0.2以下。该摩擦系数的下限值在轧辊咬入坯料的情况下能够轧制的范围内无论怎样小都可以。再有，用于使摩擦系数降低的润滑方法可以用本技术领域的工作人员都公知的任意方法。

通过同时满足上述(1)，(2)，以及(3)的条件进行“至少一次

轧道的轧制”，可同时改善 $r$ 值，耐凹陷性及平面各向异性。例如，即使满足了上述(1)和(2)的条件，而不能同时满足(3)，就不能得到非常小的平面各向异性。

上述的“至少一次轧道的轧制”在粗轧工序的哪个阶段进行都行。实际上，如果在粗轧工序中，可在满足上述(1)的温度条件的机架的轧道中，满足上述(2)和(3)的条件下进行轧制。

#### • 精轧工序

继续上述的粗轧工序，在精轧工序中通过进行满足下述(4)，(5)以及(6)的条件的至少一次轧道的轧制，平面各向异性可得到更好的改善，即使只满足下述(6)的摩擦系数的条件也可得到相应的效果。

#### (4) 轧制温度：600-950°C

在轧制温度未达到600°C的条件下要确保20%的压下率是困难的，并且也加剧了轧辊的磨损。另一方面，一旦轧制温度超过950°C，由于轧制应变的聚集小，不能期待有平面各向异性的改善效果。因此，轧制温度必须在600-950°C的范围，以750-900°C的范围为好。

#### (5) 压下率：20-45%

在压下率未达到20%时看不到平面各向异性的改善，另一方面，压下率若超过了45%就会使钢板的表面特性恶化。因此，压下率必须在20-45%的范围，以25-35%的范围为好。

再有，如果满足上述(4)的轧制温度条件，即使在精轧工序的任何一次轧道中实施这条件的轧制，也能呈现平面各向异性的改善的效果。

## (6) 摩擦系数: 0.3以下

摩擦系数在0.3以下时, 由于板厚中心部的静的再结晶的促进, 或者应变的聚集增多, 同时改善了 $r$ 值, 耐凹陷性及平面各向异性这3个特性。并且, 压下率加高时, 呈现出防止轧辊与钢板烧结在一起, 以及板厚变动降低的效果。

再有, 在本发明中, 上述处理条件以外的制造条件可按常规方法进行。例如, 坯料的加热温度范围是 $1050-1300^{\circ}\text{C}$ , 粗轧工序是 $900-1300^{\circ}\text{C}$ , 精轧工序是 $550-1050^{\circ}\text{C}$ , 热轧板退火是 $650-1100^{\circ}\text{C}$ , 冷轧板退火最好为 $750-1100^{\circ}\text{C}$ , 并且, 润滑油的种类, 润滑方法也可根据常规方法决定。

只要是铁素体不锈钢, 不论其成分组成如何本发明都是可适用的, 如果按下面的成分组成就会更适合。

钢的组成为, 其含有:

C: 0.1wt%以下, Si: 1.5wt%以下,

Mn: 1.5wt%以下, Cr: 11-20wt%以下,

Ni: 1.5wt%以下, P: 0.08wt%以下,

S: 0.010wt%以下, N: 0.1wt%以下,

还可根据需从下述成分中选出1种或2种成分, 而其余部分为Fe以及不可避免的杂质。

Nb: 0.050-0.30wt%, Ti: 0.050-0.30wt%,

Al: 0.010-0.20wt%, V: 0.050-0.30wt%,

Zr: 0.050-0.30wt%, Mo: 0.50-2.5wt%,

Cu: 0.5-2.5wt%,

再有, 在上述组成中, 如果在高温( $800-1300^{\circ}\text{C}$ )区域成为构



成 $\alpha + \gamma$ 的2相组织的下述成分组成, 则从粗轧工序中的 $\alpha$ 相向着 $\gamma$ 相的部分变态量增加, 由于润滑—大压力下轧制时, 板厚中央部分 $\{100\}$ 方位的铁素体带的截断可以更强劲的力进行, 这是对耐凹陷性以及平面各向异性的改善有利的。

钢的组成为, 其含有:

C: 0.0010-0.080wt%, Si: 0.10-0.80wt%,

Mn: 0.10-1.50wt%, Cr: 14-19wt%,

Ni: 0.01-1.0wt%, P: 0.010-0.080wt%,

S: 0.0010-0.0080wt%, N: 0.001-0.08wt%,

还可根据需从下述成分中选出1种或2种成分, 而其余部分为Fe以及不可避免的杂质。

Nb: 0.05-0.30wt%, Ti: 0.05-0.3wt%,

Al: 0.01-0.2wt%, V: 0.05-0.3wt%,

Zr: 0.05-0.3wt%, Mo: 0.50-2.5wt%,

Cu: 0.5-2.5wt%,

#### 实施例1

把表1所示化学组成的钢A-L, 经过熔炼, 成为初轧板坯之后, 在 $1200^{\circ}\text{C}$ 加热后, 在由4台粗轧轧钢机, 7台精轧轧钢机所组成的热轧机中轧制成板厚为4.0mm的热轧板。将该热轧板按照通常的方法进行热轧板退火( $850^{\circ}\text{C} \times 4\text{hr}$ )—酸洗—冷轧(压下率82.5%)—最终退火( $860^{\circ}\text{C} \times 60\text{秒}$ ), 使其成为板厚为0.7mm的冷轧钢板。这里, 在上述热轧中使粗轧工序中的第3或第4台的压下率, 摩擦系数发生变化。再有, 粗轧工序中的另外几台的压下率任何一台都比上述第3或第4台的压下率小。精轧工序中1次轧道的最大压下率

为18%以下。对A1j、D1j、以及E3j的试样，在精轧轧钢机第7台中进行摩擦系数0.1的润滑轧制(摩擦系数的调整与实施例2相同)，其它的试样用作无润滑轧制。粗轧工序的第3台或第4台的摩擦系数的调整使润滑剂[花野商事制，产品名为T2(低融点的玻璃系物质：配合有 $P_2O_5$ ， $B_2O_3$ ， $Na_2O$ 的石油)与水的混合比发生变化。摩擦系数的值以公知方法的Orowan的混合摩擦轧制理论为依据求出。

【表1】

化学成分 (wt%)

钢	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	N	Nb	Ti	Mo	B	备注
A	0.011	0.49	0.51	0.024	0.0041	11.2	0.01	0.033	0.0076	—	0.16	—	—	
B	0.0074	1.38	0.58	0.025	0.0048	11.4	0.11	0.008	0.0081	—	0.18	—	—	
C	0.059	0.41	0.62	0.031	0.0050	16.2	0.09	0.082	0.0135	—	—	—	—	*
D	0.061	0.31	0.64	0.030	0.0049	16.3	0.29	0.014	0.0452	—	—	—	—	*
E	0.061	0.32	0.59	0.033	0.0045	16.2	0.10	0.001	0.0348	—	—	—	—	*
F	0.0021	0.29	0.52	0.026	0.0018	16.5	0.10	0.001	0.0213	0.18	—	—	—	*
G	0.0020	0.31	0.51	0.025	0.0021	16.4	0.11	0.11	0.0221	0.15	—	—	—	*
H	0.0022	0.32	0.50	0.025	0.0020	16.5	0.11	0.12	0.0198	0.15	—	1.5	0.0011	*
I	0.0019	0.31	0.48	0.024	0.0015	16.4	0.09	0.001	0.0201	—	0.11	—	—	*
J	0.0020	0.30	0.47	0.021	0.0022	16.2	0.10	0.002	0.0030	0.09	—	—	—	
K	0.0082	0.06	0.15	0.025	0.0042	17.8	0.08	0.024	0.0161	—	0.26	1.2	—	
L	0.0043	0.30	0.16	0.027	0.0012	19.1	0.21	0.011	0.0052	0.34	—	1.9	—	
M	0.052	0.25	0.15	0.031	0.0061	16.5	0.11	0.021	0.0011	—	—	—	—	
N	0.020	0.17	0.30	0.027	0.0065	16.5	0.09	0.033	0.0095	—	0.80	—	—	

\*) 在高温区域 $\alpha + \beta$ 的2相组织的钢

用由上述方法所得到的钢板作试样，用下述方法测定r值、 $\Delta r$ 以及凹陷性的各个特性值。

#### r值

将JIS13号B试验样片给予15%的拉伸应变后，用3点法求出平均的r值。

#### $\Delta r$

从由上述方法求出的各方向的r值中，根据 $\Delta r = (r_L - 2r_D + r_C) / 2$ 。求出 $\Delta r$ 。其中， $r_L$ 、 $r_D$ 及 $r_C$ 分别表示轧制方向，相对于轧制方向成 $45^\circ$ 的方向，相对于轧制方向成 $90^\circ$ 的方向。

#### 凹陷性

对由轧制方向采样的JIS5号试验样片，给予20%的拉伸应变，用表面粗度计测量凹陷性的高度。

表2示出了针对上述粗轧工序的1次轧道中的最大压下率，摩擦系数，轧制温度的各个制造条件得出的特性值，进一步说，用本发明方法制造的钢板全是良好的，不会发生钢板特性恶化，咬入不良，形状不良的任何一种的现象。

[表2]

钢	粗轧			$\Delta r$	r	凹陷高度 ( $\mu\text{m}$ )	备注
	最大压下率 (%)	摩擦系数	轧制温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )				
A 1	42	0.2	1071	0.11	1.81	10	发明例
2	47	0.2	1045	0.09	1.87	8	发明例
3	45	* 无润滑	1051	0.34	1.36	26	比较例
B 1	45	0.1	1063	0.12	1.74	12	发明例
2	* 32	0.1	1050	0.37	1.18	27	比较例
3	45	0.2	* 1170	0.35	1.21	27	比较例
C 1	46	0.2	1053	0.08	1.51	14	发明例
2	62	0.1	1045	0.10	1.59	13	发明例
3	* 30	* 0.4	1073	0.39	1.10	38	比较例
D 1	41	0.2	1017	0.08	1.41	8	发明例
2	46	0.2	1046	0.07	1.42	8	发明例
3	58	0.1	1052	0.07	1.48	6	发明例
4	42	* 无润滑	1076	0.36	1.08	31	比较例
E 1	43	0.2	1051	0.09	1.36	8	发明例
2	47	0.1	1055	0.09	1.37	7	发明例
3	62	0.1	1052	0.08	1.40	7	发明例
4	* 35	* 无润滑	1087	0.35	0.98	33	比较例
F 1	42	0.2	1071	0.05	1.86	9	发明例
2	51	0.2	1050	0.05	1.95	7	发明例
3	* 35	0.1	1038	0.33	1.35	29	比较例
G 1	40	0.1	1057	0.07	1.91	10	发明例
2	43	0.1	1062	0.06	1.90	8	发明例
3	61	0.1	1049	0.04	1.99	8	发明例
H 1	41	0.2	1046	0.09	1.76	13	发明例
2	46	0.2	1055	0.08	1.78	12	发明例
3	42	* 无润滑	1055	0.31	1.29	31	比较例
I 1	43	0.1	1051	0.11	1.79	7	发明例
2	48	0.1	1054	0.10	1.81	7	发明例
J 1	42	0.2	1034	0.13	1.83	18	发明例
2	61	0.2	1060	0.13	1.85	16	发明例
K 1	42	0.1	1041	0.12	1.77	10	发明例
2	61	0.2	1050	0.11	1.78	9	发明例
L 1	43	0.2	1068	0.11	1.68	18	发明例
2	60	0.1	1047	0.09	1.69	17	发明例



[表2] (续)

钢	粗轧			$\Delta r$	r	凹陷高度 ( $\mu\text{m}$ )	备注
	最大压下率 (%)	摩擦系数	轧制温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )				
Alj	42	0.2	1070	0.09	1.89	8	发明例
Dlj	41	0.2	1017	0.06	1.50	6	发明例
E3j	62	0.1	1052	0.07	1.50	5	发明例

从表2中可知, 适合用本发明的钢板, 任何一种都具有优良的r值和耐凹陷性, 同时, 用冷轧1次的方法可得到 $\Delta r$ 为0.13以下, 具有小的面内各向异性。

#### 实施例2

把表1所示化学组成的钢A-L, 经过熔炼, 成为初轧板坯之后, 加热到 $1200^{\circ}\text{C}$ 后, 在由4台粗轧轧钢机, 7台精轧轧钢机所组成的热轧机中轧制成板厚为4.0MM的热轧板。将该热轧板按照通常的方法进行热轧板退火( $850^{\circ}\text{C} \times 4\text{hr}$ )—酸洗—冷轧(压下率 82.5%)—最终退火( $860^{\circ}\text{C} \times 60\text{秒}$ ), 使其成为板厚为0.7mm的冷轧钢板。

这里, 在上述热轧中, 使粗轧工序中的第3或第4台的压下率、摩擦系数发生变化, 并使精轧工序中的第6或第7台的压下率发生变化。再有, 粗轧工序中的另外几台的压下率都比上述第3或第4台的压下率小, 精轧工序中的另外几台的压下率都比上述第6或第7台的压下率小。

上述粗轧工序中摩擦系数的调整用与实施例1相同的方法进行。上述精轧工序中摩擦系数的调整可以用改变润滑剂(日本ク工-力-

制，产品名为HB-20KC：合成脂掺入石油)与水的混合比来进行。

把用上述方法得到的钢板作为试样，用与实施例1相同的方法测定 $r$ 值， $\Delta r$ 以及耐凹陷性的各特性值。

表3示出了根据粗轧工序中的压下率，摩擦系数，轧制温度以及精轧工序中的压下率，轧制温度的各个制造条件所得出的特性值。进一步说，用本发明所制造的钢板根本不会发生表面特性差，咬入不良，形状不良的现象。

[表3]

钢	粗轧			精轧			$\Delta r$	r	凹陷高度 ( $\mu\text{m}$ )	备注
	最大压下率 (%)	摩擦系数	温度 (°C)	压下率 (%)	摩擦系数	温度 (°C)				
A 4	42	0.2	1061	25	0.2	850	0.06	1.96	7	发明例
5	47	0.1	1043	27	0.2	853	0.03	2.01	5	发明例
6	45	*无润滑	1050	21	0.2	852	0.30	1.38	21	比较例
B 4	45	0.1	1063	23	0.2	793	0.07	1.81	8	发明例
5	* 32	0.1	1050	25	0.2	815	0.32	1.20	23	比较例
6	45	0.2	* 1170	25	0.2	820	0.19	1.23	22	比较例
C 4	46	0.2	1053	21	0.25	645	0.03	1.70	8	发明例
5	62	0.1	1045	38	0.25	871	0.03	1.79	8	发明例
D 5	41	0.2	1017	24	0.1	891	0.04	1.64	4	发明例
6	46	0.2	1046	25	0.1	854	0.04	1.65	4	发明例
7	58	0.1	1052	35	0.1	720	0.02	1.69	3	发明例
8	45	0.2	1051	25	0.2	851	0.05	1.60	5	发明例
9	45	0.2	1049	25	无润滑	850	0.06	1.51	7	发明例
1 0	42	* 无润滑	1076	24	0.1	887	0.34	1.14	26	比较例
E 5	43	0.2	1051	31	0.3	814	0.06	1.54	5	发明例
6	47	0.1	1055	24	0.3	853	0.06	1.55	5	发明例
7	62	0.1	1052	23	0.3	862	0.05	1.58	4	发明例
F 4	42	0.2	1071	21	0.1	890	0.03	1.97	6	发明例
5	51	0.2	1050	21	无润滑	861	0.02	2.11	4	发明例
6	51	0.2	1050	39	无润滑	864	0.01	2.23	3	发明例
7	* 35	0.1	1038	25	0.1	850	0.19	1.39	24	比较例
G 4	40	0.1	1057	25	0.2	848	0.02	2.07	5	发明例
5	40	0.1	1062	25	0.2	692	0.02	2.30	5	发明例
6	61	0.1	1049	38	0.2	850	0.01	2.24	3	发明例
H 4	46	0.2	1055	21	0.2	861	0.04	1.89	7	发明例
5	46	0.2	1055	22	0.2	723	0.05	1.92	5	发明例
I 3	43	0.1	1051	30	0.2	851	0.07	1.91	3	发明例
4	48	0.1	1054	30	0.2	852	0.04	1.97	3	发明例
J 3	42	0.2	1034	26	0.2	765	0.08	2.01	9	发明例
K 3	46	0.2	1050	23	0.2	810	0.07	1.82	6	发明例
L 3	60	0.1	1047	24	0.2	815	0.08	1.84	10	发明例

由表3可见,应用本发明轧制的钢板,任何一种都是有优良的r值和耐凹陷性的,同时 $\Delta r$ 也是0.08以下极小的。

而且,在精轧工序中的一次轧道的最大压下率的效果可由例如试样No. F2, F5, F6的比较可知,同样,润滑的效果可由D6, D8, D9的比较可知,即,压下率越高,或者摩擦系数越小,则 $\Delta r$ 越小, r值越高,而且耐凹陷性优良。

### 实施例3

把表1所示化学组成的钢M与N,经过熔炼,制成初轧板坯之后,在1200°C加热后,在由4台粗轧轧钢机,7台精轧轧钢机所组成的热轧机中轧制成板厚为4.0mm的热轧板。按照通常的方法将该热轧板进行热轧板退火(850°C×4hr)—酸洗—冷轧—最终退火(860°C×60秒),使其成为板厚为0.7mm的冷轧钢板。

这里,在上述热轧中,使粗轧工序中的第4台的压下率,摩擦系数发生变化,并且由精轧工序的第7台的轧制速度的变化使应变速度变化。精轧工序的第7台的摩擦系数是0.2的固定值。再有,粗轧工序中的另外几台的压下率都比上述第4台的压下率小,精轧工序中的另外几台的压下率都比上述第7台的压下率小。

粗轧的摩擦系数,用与实施例1相同的方法,通过变化润滑剂的浓度来调整。摩擦系数的值用与实施例1相同的方法来求出。

把用上述方法得到的钢板作为试样,用与实施例1相同的方法测定r值, $\Delta r$ 以及耐凹陷性的各特性值。

表4示出了在上述粗轧工序中的压下率,摩擦系数,轧制温度以及精轧工序中的压下率,应变速度,轧制温度的各个制造条件得出的特性值。进一步说,用本发明所制造的钢板全不会发生表

面特性差，咬入不良，形状不良的现象。

【表4】

No.	粗轧			精轧				$\Delta r$	r	凹陷高度 ( $\mu m$ )	备注
	压下率 (%)	摩擦系数	温度 ( $^{\circ}C$ )	压下率 (%)	摩擦系数	应变速度 (1/s)	温度 ( $^{\circ}C$ )				
M1	45	0.1	1055	18	0.2	150	862	0.04	1.89	7	发明例
2	* 35	* 无润滑	1060	18	0.2	150	865	0.32	1.76	11	比较例
N1	45	0.1	1061	18	0.2	165	864	0.05	1.95	8	发明例
2	* 35	* 无润滑	1057	18	0.2	165	863	0.27	1.81	14	比较例

从表4中可知，用本发明的钢板具有优良的 $r$ 值和耐凹陷性的同时， $\Delta r$ 也小于0.04。与此相对，比较例中的No.M2与N2，由于在粗轧中压下率低于35%，平面各向异性大。

再有，该比较例无论是否满足特开昭62-10217公开的(应变速度)/(摩擦系数) $\geq 500$ ，平面各向异性仍变大，说明仅仅控制(应变速度)/(摩擦系数)不能改变平面各向异性。

如上所述，本发明可以制造平面各向异性小，并且 $r$ 值及耐凹陷性优良的铁素体不锈钢板，而它的组成没有严格的限制。

并且，本发明能制造出上述优良的铁素体不锈钢板，不会有钢板表面特性差，咬入不良，形状不良的现象。

# 说明书附图

图 1

