

[51] Int. Cl⁷

C22C 38/00

C21D 9/46

C21D 9/48 C21D 8/02

C21D 8/04

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 98806617.3

[45] 授权公告日 2002 年 5 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 1084797C

[22] 申请日 1998.9.24

[21] 申请号 98806617.3

[30] 优先权

[32]1998.4.27 [33]JP [31]116788/1998

[86] 国际申请 PCT/JP98/04283 1998.9.24

[87] 国际公布 W099/55927 日 1999.11.4

[85]进入国家阶段日期 1999.12.27

[73] 专利权人 日本钢管株式会社

地址 日本东京

[72]发明人 北野总人 森田正哉 细谷佳弘

藤田毅 井上正 岩淵正洋

石井武雄

[56] 参考文献

JP8 - 41587A

1996. 2. 13

审查员 王怀东

[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 朱登河

权利要求书 2 页 说明书 48 页 附图页数 10 页

[54]发明名称 具有优秀成形性、面板定形性和抗砾痕性的冷轧钢板与镀锌钢板及其制造方法

[57] 摘要

公开了一种具有优秀成形性、面板定形性和抗砧痕性的冷轧钢板。它含有 0.005 ~ 0.015% 的 C、0.01 ~ 0.2% 的 Si、0.2 ~ 1.5% 的 Mn、0.01 ~ 0.07% 的 P、0.006 ~ 0.015% 的 S、0.01 ~ 0.08% 的固溶态 Al、不大于 0.004% 的 N、不大于 0.003% 的 O、0.04 ~ 0.23% 的 Nb, 其中 $\{1.0 \leq (\text{Nb}\% \times 12) / (\text{C}\% \times 93) \leq 3.0\}$, 以及平衡量的 Fe 和不可避免的杂质; 冷轧钢板满足下述关系: $\exp(\varepsilon) \times (5.29 \times \exp(\varepsilon) - 4.19) \leq \sigma / \sigma_{0.2} \leq \exp(\varepsilon) \times (5.64 \times \exp(\varepsilon) - 4.49)$ 其中 $0.002 < \varepsilon \leq 0.096$, ε 表示真应变, $\sigma_{0.2}$ 表示 0.2% 弹性极限应力, σ 表示相对于真应变 ε 的真应力。

ISSN 1008-4274

知识产权出版社出版

权 利 要 求 书

1. 一种具有优秀成形性、面板定形性和抗硌痕性的冷轧钢板，含有重量百分比 0.005~0.015% 的 C、重量百分比 0.01~0.2% 的 Si、重量百分比 0.2~1.5% 的 Mn、重量百分比 0.01~0.07% 的 P、重量百分比 0.006~0.015% 的 S、重量百分比 0.01~0.08% 的固溶态 Al、重量百分比不大于 0.004% 的 N、重量百分比不大于 0.003% 的 O、重量百分比 0.04~0.23% 的 Nb 以及平衡量的 Fe 和不可避免的杂质，其中 Nb 和 C 满足公式(1)表示的关系，冷轧钢板满足公式(2)表示的关系：

$$1.0 \leq (\text{Nb}\% \times 12) / (\text{C}\% \times 93) \leq 3.0 \quad \dots (1)$$

$$\exp(\varepsilon) \times (5.29 \times \exp(\varepsilon) - 4.19) \leq \sigma / \sigma_{0.2} \leq \exp(\varepsilon) \times (5.64 \times \exp(\varepsilon) - 4.49) \quad \dots (2)$$

其中 $0.002 < \varepsilon \leq 0.096$ ， ε 表示真应变， $\sigma_{0.2}$ 表示 0.2% 弹性极限应力， σ 表示相对于真应变 ε 的真应力。

2. 按照权利要求 1 所述的冷轧钢板，其特征在于，还包括重量百分比 0.0001~0.002% 的 B。

3. 按照权利要求 1 或 2 所述的钢板，其特征在于，在所述冷轧钢板上面镀有锌。

4. 一种制造如权利要求 1 或 2 所述的冷轧钢板的方法，包括下列步骤：

制备熔融钢并连铸所述钢；

进行热轧处理，其中在 $(\text{Ar}_3 - 100)^\circ\text{C}$ 或更高的温度终轧以形成热轧钢带，并且在 $500 \sim 700^\circ\text{C}$ 卷取所述钢带；以及
对热轧钢带连续进行冷轧处理。

5. 按照权利要求 4 所述的方法，还包括下列步骤：

对所述热轧钢带进行退火处理或镀锌处理。

6. 按照权利要求 4 所述的方法，还包括下列步骤：
对所述热轧钢带进行退火处理和镀锌处理。

说明书

具有优秀成形性、面板定形性和抗砾痕性
的冷轧钢板与镀锌钢板及其制造方法

5

技术领域

本发明涉及一种冷轧钢板与镀锌钢板及其制造方法，该钢板具有优秀成形性、面板定形性和抗砾痕性，满足汽车外部面板的要求。

10

背景技术

15

汽车外部面板用钢板要求具有优秀成形性、面板定形性和抗砾痕性(抵抗局部凹陷)。面板成形性由指数如屈服强度、延伸率和 n 值(加工硬化指数)评价。面板定形性和抗砾痕性在许多情况下也用屈服强度和加工与涂层-烤漆处理后的屈服强度评价。如果钢板屈服强度减弱，那么压制成形性提高。可是，面板成形后的抗砾痕性不能令人满意。另一方面，如果钢板的屈服强度增加，那么抗砾痕性改善。可是，在压制成形性方面产生问题如出现皱褶或裂纹。针对这种情况，进行了各种研究来努力获得在压制成形时具有低的屈服点而在成形及烤漆后具有高的屈服强度的钢板，以用作汽车外部面板。作为在屈服强度方面满足这两种矛盾需求的冷轧钢板，开发了一种应用钢中碳原子应变时效现象的烘烤硬化钢板，下文称为“BH 钢板”。

20

25

具体而言，已经知道的一种制造具有优秀深冲性能的 BH 钢板的方法中，通过在具有很低碳含量(大约 50ppm)的钢中添加能形成碳氮化合物的元素如 Nb 和 Ti 来制备冷轧钢板，其中这些元素的添加量同碳的原子比不大于 1。例如，日本专利公开(Kokoku)No. 60-46166 指出将添加 Ti 或 Nb 的低碳钢在接近 900℃ 的高温下退火，来制造特定的 BH 钢板。日本专利公开(Kokai) No.61-276928 指出通过在 700~850℃ 的温度范围内退火来制造超低碳 BH 钢板。

30

在 JP'166 公开的技术中，优点在于可以提高 BH 性能和 r 值。然而，由于是在高温下退火，恐怕存在铁素体晶粒长大导致的表面粗糙。此外，由于钢板本身软，尽管可获得高的 BH 性能，但是经过压制成形和烤漆步骤之后的屈服强度不够高。另一方面，在 JP'928 公开的技术中，同 JP'166 相比退火温度低，因此满足要求的表面性能和屈服强度。可是，基本上不能提高要求的 BH 性能和 r 值。还应该指出这些已有技术主要目的在于提高钢板的 BH 性能，以便使钢板具有改进的抗硌痕性。因此，恐怕出现抗自然时效性能的劣化，也就是在压力成形时出现拉伸变形，这起因于钢板在室温储存时发生的屈服点伸长。在这种情况下，就钢板的实际使用而言，BH 量限制在 60MPa 左右。

如上所述，传统方法制造的冷轧钢板不能满足表面性能、抗自然时效性能和抗硌痕性要求，而这是用于汽车外部面板的钢板所要求的。

本发明的一个目的是提供一种满足汽车外部面板要求的、具有满意的表面性能、抗自然时效性能和抗硌痕性的冷轧钢板和镀锌钢板及其制造方法。

发明概述

(1) 本发明提供一种具有优秀成形性、面板定形性和抗硌痕性的冷轧钢板，该钢板含有重量百分比 0.005~0.015% 的 C、重量百分比 0.01~0.2% 的 Si、重量百分比 0.2~1.5% 的 Mn、重量百分比 0.01~0.07% 的 P、重量百分比 0.006~0.015% 的 S、重量百分比 0.01~0.08% 的固溶态 Al、重量百分比不大于 0.004% 的 N、重量百分比不大于 0.003% 的 O、重量百分比 0.04~0.23% 的 Nb 以及平衡量的 Fe 和不可避免的杂质，其中 Nb 和 C 满足公式 1) 表示的关系，冷轧钢板满足公式 2) 表示的关系：

$$1.0 \leq (\text{Nb}\% \times 12) / (\text{C}\% \times 93) \leq 3.0 \quad \dots 1)$$

$$\exp(\epsilon) \times (5.29 \times \exp(\epsilon) - 4.19) \leq \sigma / \sigma_{0.2} \leq \exp(\epsilon) \times (5.64 \times \exp(\epsilon) - 4.49)$$

… 2)

其中 $0.002 < \epsilon \leq 0.096$, ϵ 表示真应变, $\sigma_{0.2}$ 表示 0.2% 弹性极限应力, σ 表示相对于真应变 ϵ 的真应力。

5 (2) 本发明提供一种如上述条款(1)所述的、具有优秀成形性、面板定形性和抗硌痕性的冷轧钢板, 该钢板还包括重量百分比 0.0001~0.002% 的 B。

10 (3) 本发明提供一种具有优秀成形性、面板定形性和抗硌痕性的镀锌钢板, 这种钢板通过在条款(1)或(2)所述的冷轧钢板上面镀锌获得。

(4) 本发明提供一种制造如上述条款(1)或(2)所述的、具有优秀成形性、面板定形性和抗硌痕性的冷轧钢板的方法, 包括下列步骤:

15 制备熔融钢并连铸该钢;

进行热轧处理, 其中在 $(Ar_3-100)^\circ\text{C}$ 或更高的温度终轧, 并且钢板在 $500\sim 700^\circ\text{C}$ 卷取;

对热轧钢板连续进行冷轧处理和退火处理。

20 (5) 本发明提供一种制造镀锌钢板的方法, 该钢板具有条款(3)所述的优秀成形性、面板定形性和抗硌痕性, 包括下列步骤:

制备熔融钢并连铸上述钢;

进行热轧处理, 其中在 $(Ar_3-100)^\circ\text{C}$ 或更高的温度进行终轧, 并且在 $500\sim 700^\circ\text{C}$ 卷取该钢板;

25 对热轧钢板连续进行冷轧处理和镀锌处理。

(6) 本发明提供一种具有优秀面板表面定形性和抗硌痕性的冷轧钢板, 该钢板含有重量百分比 0.004~0.015% 的 C、重量百分比 0.01~0.2% 的 Si、重量百分比 0.1~1.5% 的 Mn、重量百分比 0.01~0.07% 的 P、重量百分比 0.005~0.015% 的 S、重量百分比 0.01~0.08% 的固溶

30

态 Al、重量百分比不大于 0.005% 的 N、还有选自于由重量百分比 0.02~0.12% 的 Nb 和重量百分比 0.03~0.1% 的 Ti 组成的群组中至少一种元素，以及平衡量的 Fe 和不可避免的杂质，其中 C、Nb、Ti、N 和 S 满足公式 1) 表示的关系，冷轧钢板满足公式 2) 表示的关系：

$$-0.001 \leq C\% - (12/93)Nb\% - (12/48)Ti^* \leq 0.001 \quad \dots 1)$$

其中， $Ti^* = Ti\% - (48/14)N\% - (48/32)S\%$ ，当 Ti^* 不大于 0 时，认为 Ti^* 为 0。

$$\exp(\epsilon) \times (5.29 \times \exp(\epsilon) - 4.19) \leq \sigma / \sigma_{0.2} \leq \exp(\epsilon) \times (5.64 \times \exp(\epsilon) - 4.49) \quad \dots 2)$$

其中 $0.002 < \epsilon \leq 0.096$ ， ϵ 表示真应变， $\sigma_{0.2}$ 表示 0.2% 弹性极限应力， σ 表示相对于真应变 ϵ 的真应力。

(7) 本发明提供一种如上述条款(6)所述的、具有优秀面板表面定形性和抗砾痕性的冷轧钢板，本钢板还包括重量百分比 0.0001~0.002% 的 B。

(8) 本发明提供一种具有优秀面板表面定形性和抗砾痕性的镀锌钢板，这种钢板通过在条款(6)或(7)所述的冷轧钢板上面镀锌获得。

(9) 本发明提供一种制造如上述条款(6)或(7)所述的、具有优秀面板表面定形性和抗砾痕性的冷轧钢板的方法，包括下列步骤：

首先制备熔融钢液并连铸成钢；然后进行热轧处理，其中终轧温度为 $(Ar_3 - 100)^\circ\text{C}$ 或更高；并且在 $500 \sim 700^\circ\text{C}$ 卷取钢板；

对热轧钢板连续进行冷轧处理和退火处理。

(10) 本发明提供一种制造镀锌钢板的方法，该钢板具有条款(8)所述的优秀面板表面定形性和抗砾痕性，包括下列步骤：

首先制备熔融钢并连铸成钢；然后进行热轧，其中终轧温度为 $(Ar_3 - 100)^\circ\text{C}$ 或更高；并且在 $500 \sim 700^\circ\text{C}$ 卷取钢板；

对热轧钢带连续进行冷轧处理和镀锌处理。

附图简述

图 1A 和图 1B 分别表示按照本发明第一个实施例的钢板, 其延伸率 $E1$ 和 $(Nb \times 12)/(C \times 93)$ 之间以及 r 值与 $(Nb \times 12)/(C \times 93)$ 之间的关系, 其中, 该钢板的 $C=0.0075\text{wt}\% \sim 0.0095\text{wt}\%$, 钢板厚度 $=0.8\text{mm}$ 。

5 图 2 表示按照本发明第一实施例评价抗硌痕性和定形性的方法。

图 3 是一个曲线图, 表示按照本发明第一实施例, P0.1(面板产生 2%、4%和 8%应变时的抗硌痕载荷)和 δ (面板产生 2%应变时回弹量) 如何受到 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 、 $\exp(\varepsilon)$ 和钢成分的影响。

10 图 4 是一个曲线图, 表示按照本发明第一实施例, P0.1(面板产生 2%、4%和 8%应变时的抗硌痕载荷)和 δ (面板产生 2%应变时回弹量) 如何受到 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 、 $\exp(\varepsilon)$ 和钢成分的影响。

图 5 是一个曲线图, 表示按照本发明第一实施例, P0.1(面板产生 2%、4%和 8%应变时的抗硌痕载荷)和 δ (面板产生 2%应变时回弹量) 如何受到 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 、 $\exp(\varepsilon)$ 和钢成分的影响。

15 图 6 是一个曲线图, 表示按照本发明第一实施例, 终轧温度和卷取温度如何影响 P0.1(面板产生 2%应变时的抗硌痕载荷)、 δ 和 Wca (波高的算术平均值)。

图 7 表示按照本发明第二实施例, 如何进行评价抗硌痕性和定形性的实验。

20 图 8 是一个曲线图, 表示按照本发明第二实施例, P0.1(面板产生 2%、4%和 8%应变时的抗硌痕载荷)和 δ (面板产生 2%应变时回弹量) 如何受到 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 、 $\exp(\varepsilon)$ 和钢成分的影响。

图 9 是一个曲线图, 表示按照本发明第二实施例, P0.1(面板产生 2%、4%和 8%应变时的抗硌痕载荷)和 δ (面板产生 2%应变时回弹量) 如何受到 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 、 $\exp(\varepsilon)$ 和钢成分的影响。

25 图 10 是一个曲线图, 表示按照本发明第二实施例, P0.1(面板产生 2%、4%和 8%应变时的抗硌痕载荷)和 δ (面板产生 2%应变时回弹量) 如何受到 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 、 $\exp(\varepsilon)$ 和钢成分的影响。

图 11 是一个曲线图, 表示按照本发明第二实施例, 终轧温度和卷取温度如何影响 P0.1(面板产生 2%应变时的抗硌痕载荷)、 δ 和 Wca (波动高度的算术平均值)。

30 图 12 是一个曲线图, 表示按照本发明第二实施例的例子 3 的贮存时间和 $\Delta YPe1$ (钢板表面光轧后在 25°C 储存时的 $YPe1$ 恢复量) 之间的关系。

系。其中，时效温度为 25℃，○表示 6 号钢样品（本发明），△表示 18 号钢样品（对比例）。

实施本发明的最佳模式

为获得能用作汽车外部面板的钢板并具有满意的表面性能、抗自然时效性能和抗砾痕性的冷轧钢板和镀锌钢板及其制造方法，本发明的发明者们进行了广泛的研究。

结果发现通过合金设计可以提高面板的抗砾痕性，其中合金设计的重点在于面板成形阶段的低应变区域的加工硬化行为，而不同于现有技术中通过增加 BH 值来提高汽车外部面板所要求的抗砾痕性。还发现通过积极抑制 BH 值可以赋予钢板良好的表面性能和良好的抗自然时效性。这些结果使得本发明的发明者们可以开发稳定制备冷轧钢板和镀锌钢板的技术，该钢板具有优秀的面板表面成形性能和抗砾痕性以及具有至少 340MPa 的高抗拉强度。

现在描述本发明的一些实施例。

(第一实施例)

下面描述按照本发明第一实施例的使用添加元素的原因、限制添加元素含量的原因、限制拉伸特性的原因以及限制工艺条件的原因。在下文的说明中，“%”表示“重量百分比”

(1) 添加元素的含量

C: 0.005~0.015%

同 Nb 形成的碳化物影响面板成形工序中低应变区域的加工硬化，对提高抗砾痕性有贡献。如果 C 含量低于 0.005%，不能获得特定的效果。如果 C 含量超过 0.015%，肯定提高面板的抗砾痕性。可是，面板定形性受到损害。因此得出结论要求 C 含量在 0.005 到 0.015% 的范围内。

Si: 0.01~0.2%

硅可有效地强化钢。然而，如果 Si 含量低于 0.01%，不能获得固溶强化效果。另一方面，如果 Si 含量超过 0.2%，那么钢板表面性能受到损害。此外，镀锌后会产生表面剥落缺陷。因此，Si 含量应该在 0.01 到 0.2% 的范围内。

Mn: 0.2~1.5%

Mn 用于沉淀硫化物和抑制热塑性的劣化。Mn 也能有效地强化钢。如果 Mn 含量低于 0.2%，钢板会产生热脆性，导致屈服强度降低。此外，不能获得本发明钢板的高机械强度特征。并且，Mn 涉及提高钢的可加工性能，对在热轧工序中控制 MnS 的形态是必要的。应该指出在热轧工序通过重溶和再沉淀过程导致细小的 MnS 颗粒形成。这些 MnS 颗粒会阻碍钢板的晶粒长大。可是，如果 Mn 的含量不低于 0.2%，那么可以消除由于 MnS 颗粒出现造成的上述危害。为了在热轧工序有效地控制 MnS 颗粒的形态，需要添加至少含量为 0.45% 的 Mn。然而，如果 Mn 含量超过 1.5%，那么钢板会硬化且面板的定形性会劣化。因此得出结论要求 Mn 含量在 0.2 到 1.5% 的范围内。

P: 0.01~0.07%

磷可最有效地固溶强化钢。可是，如果 P 含量低于 0.01%，那么 P 不能表现出足够的强化特性。另一方面，如果 P 含量超过 0.07%，那么钢板的塑性受到损害。而且在连续镀锌工艺中的合金化处理工序，会产生有缺陷的镀层。因此，得出结论要求 P 含量在 0.01 到 0.07% 的范围内。

S: 0.006~0.015%

如果硫的添加量超过 0.015%，那么会导致钢的热脆。可是，如果 S 含量低于 0.006%，那么热轧工序中氧化皮剥离性能受到损害，并产生明显的表面缺陷。因此，得出结论要求 S 含量在 0.006 到 0.015% 的范围内。

固溶态 Al: 0.01~0.08%

铝用于对钢脱氧和固定 N 成氮化物。可是如果 Al 含量低于 0.01%，那么不能充分脱氧和固定氮。另一方面，如果 Al 含量大于 0.08%，那么钢板的表面性能会劣化。因此，Al 含量应该在 0.01 到 0.08% 的范围内。

$N \leq 0.004\%$

氮固定为 AlN 的形式。然而，如果 N 含量超过 0.004%，那么不可能获得钢板需要的成形性。自然，N 含量不应超过 0.004%。

$O \leq 0.003\%$

氧形成涉及氧化物的夹杂物，从而严重影响钢的晶粒长大。如果 O 含量超过 0.003%，那么在退火阶段会损害晶粒长大，不能获得满意的成形性和满意的面板定形性。自然，O 含量不应该超过 0.003%。为了抑制本发明规定成分的钢中的氧含量在 0.003%或更低，有必要使用最佳的制造条件。例如，固溶态 Al 应该控制在合适的含量水平，并且氧应在第二次精炼工艺后的处理工序中进行控制。

Nb: 0.04~0.23%

铌和 C 结合形成细小的碳化物颗粒。这些细小的碳化物颗粒在面板成形阶段影响加工硬化行为，从而有利于提高面板的抗砾痕性。可是，如果 Nb 含量低于 0.04%，那么不能获得特定的效果。另一方面，如果 Nb 含量超过 0.23%，尽管抗砾性提高一些，但是面板定形性如回弹特性和表面挠度劣化。自然，Nb 含量应该在 0.04 到 0.23%的范围内。

$(Nb \times 12)/(C \times 93)$: 1.0~3.0

在本发明中为提高钢板的成形性，绝对必须控制 $(Nb \times 12)/(C \times 93)$ 。如果 $(Nb \times 12)/(C \times 93)$ 的值低于 1.0，那么不能充分地固定 C，导致不能获得本发明目标要求的高 r 值和高塑性。可是，如果其值超过 3.0，那么形成固溶体的 Nb 含量太高，导致低塑性。在此情况下，不可能获得本发明目标要求的成形性。因此，得出结论要求 $(Nb \times 12)/(C \times 93)$ 的值应该在 1.0 到 3.0 的范围内。图 1A 和图 1B 表示延伸率 E1 和 $(Nb \times 12)/(C \times 93)$ 之间的、r 值与 $(Nb \times 12)/(C \times 93)$ 之间的关系。

为提高要求的抗砾痕性，除了上述添加元素之外，要求添加下述含量的 B。

B: 0.0001~0.002%

如果添加 B，那么晶界得到强化，结果提高了抗第二次加工脆性的性能。铁素体晶粒也减少了，从而保证屈服强度的绝对值，并提高抗砾痕性。可是，如果 B 含量小于 0.0001%，不能获得这些效果。另一方面，如果 B 含量超过 0.002%，那么屈服点增加，面板定形性受到损害。因此，得出结论要求 B 含量在 0.0001~0.002%的范围内。

(2) 拉伸特性

$$\exp(\varepsilon) \times (5.29 \times \exp(\varepsilon) - 4.19) \leq \sigma / \sigma_{0.2} \leq \exp(\varepsilon) \times (5.64 \times \exp(\varepsilon) - 4.49)$$

其中 $0.002 < \varepsilon \leq 0.096$, ε 表示真应变, $\sigma_{0.2}$ 表示 0.2% 弹性极限应力, σ 表示相对于真应变 ε 的真应力。

5 在含有上述条款(1)所述的添加元素、Fe 和不可避免的杂质的本发明钢板中。拉伸试验获得的流变应力 σ 相对于 0.2% 弹性极限应力 $\sigma_{0.2}$ 的比率即 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 应该介于 $\exp(\varepsilon) \times (5.29 \times \exp(\varepsilon) - 4.19)$ 和 $\exp(\varepsilon) \times (5.64 \times \exp(\varepsilon) - 4.49)$ 之间。其中, 拉伸试验条件是真应变 ε 大于 0.002 而不大于 0.096 即 $0.002 < \varepsilon \leq 0.096$ 。

10 如果 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 低于上述下限, 在面板产生 2% P0.1、4% P0.1 和 8% P0.1 条件下的抗砾痕载荷高达 160~190N, 如图 3~5 所示。为测量抗砾痕载荷, 钢板成形为如图 2 所示的模拟面板, 其中对钢板施加 2%、4% 或 8% 应变并随后在 170℃ 进行 20 分钟的热处理。然后, 测量使模拟面板产生 0.1mm 残余位移的载荷。可是, 如果 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 低于上述下限, 15 那么回弹量 δ (对具有 2% 应变的面板测量) 高达 7~10%, 损害了面板定形性。另一方面, 如果 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 高于上述上限, 回弹量 δ 小到 2~5% 以改善面板定形性。然而, 抗砾痕性低到 140~175N。换句话说, 不能改善抗砾痕性。在这种条件下, 比率 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 应该在 $\exp(\varepsilon) \times (5.29 \times \exp(\varepsilon) - 4.19)$ 和 $\exp(\varepsilon) \times (5.64 \times \exp(\varepsilon) - 4.49)$ 之间的范围内。

20 一种用作汽车外部面板钢板所要求的、具有优秀面板表面性能和抗砾痕性的冷轧钢板和镀锌钢板, 可以通过控制上述条款(1)所述的添加元素组分和上述条款(2)所述的拉伸特性来获得。

这种具有特殊性能的钢板可以按照下述方法制造。

(3) 钢板制造工艺

25 在第一个步骤中, 冶炼上述条款(1)所述成分的钢。通常使用转炉方法冶炼这种钢, 也可以使用电炉方法冶炼。熔融钢水连铸成扁坯。铸造后的扁坯或冷却后的扁坯立即加热, 进行热轧。热轧在下述条件下进行: 终轧温度设定为不低于 $(A_{r3}-100)^{\circ}\text{C}$, 并且钢板卷取温度设定在 500~700℃。如果终轧温度低于 $(A_{r3}-100)^{\circ}\text{C}$, 那么 2%P0.1 (即面板施

加 2%应变时的抗硌痕载荷)低到 140~150N, 如图 6 所示。换句话说, 不能改善抗硌痕性。如果卷取温度低于 500℃, 2%P0.1 高, 即 155-165N。可是, 具有 2%应变的面板的回弹量 δ 高达 8~10%, 导致面板定形性变差。另一方面, 如果卷取温度高于 700℃, 那么 Wca 值(即波动高度算术平均值, 测量长度为 25mm, 在面板脊线附近选择 10 个点的测量值的平均值)大, 位于一个值在 0.4 和 0.6 μm 之间的范围内, 导致面板定形性差。因此, 得出结论终轧温度应不低于 $(A_{r3}-100)^\circ\text{C}$, 并且卷取温度应该在 500~700℃ 范围内。

在下一个步骤中, 热轧钢带进行酸洗、冷轧和随后的连续退火。作为一种选择, 在连续退火后进行镀锌。为提高钢板的深冲性(r 值), 冷轧压下量应至少为 70%。退火应优选在铁素体相再结晶温度范围内进行。并且, 本发明使用的涂层并不限于连续镀锌。具体而言, 即使对连续退火获得的钢板进行表面处理如磷酸镀锌或电镀锌, 也不会对最终钢板的性能产生问题。

图 1A~6 表示了根据本发明的第一实施例的图。在图 3~5 中, 钢板的成分及参数如下表 A 所示。

表 A

	C(wt%)	(Nb×12)/ (C×93)	B(wt%)	2%BH (MPa)	2,4,8% P0.1(N)	δ (%)	备注
○	0.0060~0.0080	1.4~1.6	0.0003~0.0006	0	165~200	3~5	本发明钢
◦	0.0060~0.0080	1.2~1.8	tr.	0	160~195		
●					160~185	7~10	对比例钢
●	0.0060~0.0080	1.2~1.8	tr.	0	140~175	2~5	
▲	0.0020~0.0040						
△	0.0025~0.0045	0.5~0.7	tr.	30~45	160~190	7~9	

图 6 中符号的含义如下表 B 所示。

表 B

例1的3号钢样品

Wca (μm)	2%P0.1 (N)		δ %	
	140~150	155~165	≤4	8~10
≤0.2	≤4	≤4	○	○
0.2~0.4	●	●	●	●
0.4~0.6	●	●	●	●

(第二实施例)

下面描述按照本发明第二实施例的使用添加元素的原因、限制添加元素含量的原因、限制拉伸性能的原因以及限制生产工艺条件的原因。在下文的说明中，“%”表示“重量百分比”。

5 (1) 添加元素的含量

C: 0.004~0.015%

10 同 Nb 或 Ti 一起形成的碳化物影响面板成形工序中低应变区域的加工硬化，对提高抗砾痕性有贡献。如果 C 含量低于 0.004%，不能获得特定的效果。如果 C 含量超过 0.015%，肯定提高面板的抗砾痕性。可是，面板定形性受到损害。因此，得出结论要求 C 含量在 0.004 到 0.015% 的范围内。

Si: 0.01~0.2%

15 硅可有效地强化钢。然而，如果 Si 含量低于 0.01%，不能获得强化效果。另一方面，如果 Si 含量超过 0.2%，那么钢板表面性能受到损害。此外，镀锌后会产生表面剥落缺陷。因此，Si 含量应该在 0.01 到 0.2% 的范围内。

Mn: 0.1~1.5%

20 Mn 用于沉淀硫化物和抑制热塑性的劣化。Mn 也能有效地强化钢。如果 Mn 含量低于 0.1%，钢板会产生热脆性。然而，如果 Mn 含量超过 1.5%，那么钢板会硬化且面板的定形性会劣化。因此，得出结论要求 Mn 含量在 0.1 到 1.5% 的范围内。

P: 0.01~0.07%

25 磷可最有效地强化钢。可是，如果 P 低于 0.01%，那么 P 不能表现出足够的强化特性。另一方面，如果 P 含量超过 0.07%，那么钢板的塑性受到损害。在连续镀锌工艺中的合金化处理工序，会产生有缺陷的镀层。因此，得出结论要求 P 含量在 0.01 到 0.07% 的范围内。

S: 0.005~0.015%

如果硫的添加量超过 0.015%，那么会导致钢的热脆。可是， S

含量低于 0.005%就所要求钢板的制造成本而言是不必要的，因为这要对钢水进行脱硫和脱气处理。因此，得出结论要求 S 含量在 0.005 到 0.015%的范围内。

固溶态 Al(Sol. Al): 0.01~0.08%

5 铝用于对钢脱氧。可是如果 Al 含量低于 0.01%，那么不能充分脱氧。另一方面，如果 Al 含量大于 0.08%，那么钢板的表面性能会劣化。因此，Al 含量应该在 0.01 到 0.08%的范围内。

$N \leq 0.005\%$

10 氮固定为 TiN 的形式。然而，如果 N 含量超过 0.005%，钢板抗自然时效性降低。自然，N 含量不应超过 0.005%。

Nb: 0.02~0.12%

15 铌和 C 结合形成细小的碳化物颗粒。这些细小的碳化物颗粒在面板成形阶段影响加工硬化行为，从而有利于提高面板的抗砾痕性。可是，如果 Nb 含量低于 0.02%，那么不能获得特定的效果。另一方面，如果 Nb 含量超过 0.12%，那么尽管某种程度上提高了抗砾痕性，但面板定形性如回弹特性和表面挠度劣化。自然，Nb 含量应该在 0.02 到 0.12%的范围内。

Ti: 0.03~0.1%

20 与 Nb 类似，Ti 形成细小的碳化物颗粒。这些细小的碳化物颗粒明显提高面板的抗砾痕性。可是，如果 Ti 含量低于 0.03%，那么不能获得特定的效果。另一方面，如果 Ti 含量超过 0.1%，面板定形性受到损害。镀锌钢板的表面也受到损害。自然，Ti 应该在 0.03 到 0.1%的范围内。

$-0.001 \leq C\% - (12/93)Nb\% - (12/48)Ti^* \leq 0.001$

25 其中， $Ti^* = Ti\% - (48/14)N\% - (48/32)S\%$ ，当 Ti^* 不大于 0 时，认为 Ti^* 为 0。

在本发明中， $C\% - (12/93)Nb\% - (12/48)Ti^*$ (其中 $Ti^* = Ti\% -$

(48/14)N%-(48/32)S%，当 Ti^* 不大于 0 时，认为 Ti^* 为 0，由 C、Nb、Ti 决定。)应该至少为 -0.001 % 且不超过 0.001 %。如果超过 0.001 %，抗自然时效性劣化。如果小于 -0.001 %，形成固溶体的 Ti 或 Nb 增加，损害钢板表面性能，增加屈服点，导致面板定形性恶化。

5 在本发明中，为提高抗二次加工脆性和抗硌痕性，除了上述添加元素之外，要求添加下述含量的 B。

B: 0.0001~0.002%

10 如果添加 B，那么晶界得到强化，结果提高了抗第二次加工脆性的性能。铁素体晶粒也减少了，从而保证屈服强度的绝对值，并提高抗硌痕性。可是，如果 B 含量小于 0.0001%，不能获得这些效果。另一方面，如果 B 含量超过 0.002%，那么屈服点增加，面板定形性受到损害。因此，得出结论要求 B 含量在 0.0001~0.002% 的范围内。

(2) 拉伸特性

$$\exp(\varepsilon) \times (5.29 \times \exp(\varepsilon) - 4.19) \leq \sigma / \sigma_{0.2} \leq \exp(\varepsilon) \times (5.64 \times \exp(\varepsilon) - 4.49)$$

15 其中 $0.002 < \varepsilon \leq 0.096$ ， ε 表示真应变， $\sigma_{0.2}$ 表示 0.2% 弹性极限应力， σ 表示相对于真应变 ε 的真应力。

20 在含有上述条款(1)所述的添加元素、Fe 和不可避免的杂质的本发明钢板中，拉伸试验获得的流变应力 σ 相对于 0.2% 弹性极限应力 $\sigma_{0.2}$ 的比率即 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 介于 $\exp(\varepsilon) \times (5.29 \times \exp(\varepsilon) - 4.19)$ 和 $\exp(\varepsilon) \times (5.64 \times \exp(\varepsilon) - 4.49)$ 之间。其中，拉伸试验条件是真应变 ε 大于 0.002 而不小于 0.096 即 $0.002 < \varepsilon \leq 0.096$ 。

25 如果 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 低于上述下限，在面板产生 2% P0.1、4% P0.1 和 8% P0.1 条件下的抗硌痕载荷高达 160~210N，如图 8~10 所示。为测量抗硌痕载荷，钢板成形为如图 2 所示的模拟面板，其中对钢板施加 2%、4% 或 8% 应变并随后在 170℃ 进行 20 分钟的热处理。然后，测量使模拟面板产生 0.1mm 残余位移的载荷。可是，如果 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 低于上述下限，那么回弹量 δ (对具有 2% 应变的面板测量) 高达 7~11%，损害了面板定形性。另一方面，如果 $\sigma / \sigma_{0.2}$ 高于上述上限，回弹量 δ 小到 1~5%。然而，抗硌痕性低到 140~165N。换句话说，不能改善抗硌痕性。

一种适合用作汽车外部面板钢板所要求的、具有优秀面板表面性能和抗硌痕性的冷轧钢板和镀锌钢板，可以通过控制上述条款(1)所述的添加元素组分和上述条款(2)所述的拉伸特性来获得。

这种具有特殊性能的钢板可以按照下述方法制造。

5 (3) 钢板制造工艺

在第一个步骤中，冶炼上述条款(1)所述成分的钢。通常使用转炉方法冶炼这种钢，也可以使用电炉方法冶炼。熔融钢水连铸成扁坯。铸造后的扁坯或冷却后的扁坯立即加热到 1050℃或更高的温度，进行热轧。热轧在下述条件下进行：终轧温度设定为不低于($A_{r3}-100$)℃，并且卷取温度设定在 500~700℃。如果终轧温度低于($A_{r3}-100$)℃，那么 2%P0.1(即面板施加 2%应变时的抗硌痕载荷)低到 140~155N，如图 11 所示。换句话说，不能改善面板的抗硌痕性。如果卷取温度低于 500℃或高于 700℃，2%P0.1 高，即达到 156-175N。可是，Wca 值(即波动高度算术平均值，测量长度为 25mm，在面板脊线附近选择 10 个点的测量值的平均值)大，位于一个值在 0.2 和 0.6 μm 之间的范围内，导致面板定形性差。

在下一个步骤中，热轧钢板进行酸洗、冷轧和随后的连续退火。作为一种选择，在连续退火后进行镀锌。为提高钢板的深冲性，冷轧压下量应优选至少为 70%。退火应在铁素体相再结晶温度范围内进行，但不超过 930℃。并且，本发明使用的涂层并不限于镀锌。具体而言，即使对连续退火所获得的钢板进行表面处理如磷酸镀锌或电镀锌，也不会对最终钢板的性能产生问题。

图 7~17 表示了本发明的第二实施例。在图 8~10 中，各符号的含义如下表 A'所示，图 11 中符号的含义如下表 B'所示。

表 A'

$C^*=C-(12/93)Nb-(12/48)Ti^*$	添加 Nb 或 Ti 的情况
$C-(12/91)Zr^*$	添加 Zr 的情况
	$(Zr^*=Zr-(91/14)N-(91/32)S)$
$C-(12/51)V$	添加 V 的情况

		2, 4, 8% P0.1 (N)	2%BH (MPa)	δ (%)	备注
C=0.004 ~0.01wt% C*=-0.0008 ~0.002wt%	○ 添加 Ti, B	170~210	0~20	2~5	本发明钢
	△ 添加 Nb	160~200	0~15	3~6	
	□ 添加 Nb, Ti	160~190			
	▽ 添加 Ti	160~200	0~20	2~6	
	▲ 添加 Nb	180~210	30~45		对比例钢
	▼ 添加 Zr	170~200	0~25	7~11	
	■ 添加 V	160~200	0~25		
	● 添加 Ti, B	145~165	0~20	2~5	
	△ 添加 Nb	140~160	0~15	1~5	
C=0.001 ~0.0035wt% C*=-0.0004 ~0.0015wt%	△ 添加 Nb	140~180	30~45	5~9	

表 B'

例1的8号钢样品

Wca (μm)	2%P0.1(N)	$\delta \leq 6\%$		$\delta = 7 \sim 10\%$	
		140~155	156~165	156~165	165~175
≤ 0.2			○		
0.2 ~ 0.4		●	◎	①	②
0.4 ~ 0.6		●	◎		

现在描述本发明的一些例子，来说明本发明的产生的主要效果。

例子

(例子 1)

在实验室制备表 1 所示成分的钢水，随后连铸得到厚度为 60mm 的扁钢坯。在表 1 中所示的样品 No.1 到 7 表示本发明规定成分的钢，而样品 No.8 到 15 表示对比例的钢。扁钢坯利用初轧机降低钢板的厚度到 30mm，随后在空气条件下将钢坯在 1050℃ 加热 1.5 小时，用于热轧加工(利用粗轧机进行)。在粗轧之后，在 900℃ 进行终轧，随后在 630℃ 进行卷取模拟，从而获得具有 3mm 厚的热轧钢板。然后，对热轧钢板进行酸洗，随后冷轧将其厚度降低到 0.8mm，接着在 840℃ 连续退火处理 90 秒。作为一种选择，在 840℃ 连续退火处理 90 秒之后，在 460℃ 时进行镀锌，接着在 530℃ 进行合金化处理。并且，随后对退火钢板或镀锌钢板进行 1.0% 的表面光轧加工，以便制备用于试验的样品。这些样品用于拉伸试验(JIS No.5 的测试样，按照 JIS Z 2241 规定的方法

测试)和用于测试 r 值、2%BH 量(按照 JIS G 3135 规定的方法测试)以及 $\Delta YPe1$ (样品表面光轧后在 25℃储存 6 个月的屈服点伸长的恢复量)。样品也要构成图 2 所示的模拟面板(在形成 2、4、8%应变的三个水平下成形)。在 170℃热处理 20 分钟后,检验面板的抗硌痕性和面板的定形性。抗硌痕性在 P0.1 的载荷下,即面板产生 0.1mm 的残余位移(在下文说明中,2%P0.1、4%P0.1 和 8%P0.1 分别表示面板具有 2、4、6%的应变)的条件下评价。另一方面,面板定形性利用回弹量 δ 和波动高度算术平均值 Wca (JIS B 0610)表示。回弹量 δ 利用面板产生 2%应变时的曲率半径 R' 和压模曲率半径 R 来定义,即 δ 定义为 $(R'/R-1) \times 100$ 。这里 δ 不大于 6%,即 $\delta \leq 6\%$,评价结果标记为 $\bigcirc$ 。这里 δ 为 7~10%,即 $\delta = 7 \sim 10\%$,评价结果标记为 Δ 。这里 δ 大于 10%,即 $\delta > 10\%$,评价结果标记为 $\times$ 。另一方面,对于表面波动高度,每个具有长度 25mm,在面板的脊线附近选择 10 个位置测量,并且其平均测量值表示为 Wca 。这里 Wca 不大于 $0.2 \mu m$,即 $Wca \leq 0.2 \mu m$,评价结果标记为 $\bigcirc$ 。这里 Wca 大于 $0.2 \mu m$ 但不大于 $0.4 \mu m$,即 $0.2 \mu m < Wca \leq 0.4 \mu m$,评价结果标记为 Δ 。这里 Wca 大于 $0.4 \mu m$ 但不大于 $0.6 \mu m$,即 $0.4 \mu m < Wca \leq 0.6 \mu m$,评价结果标记为 $\times$ 。

表 2 表示测量和评价结果。在样品 No.1~7 中,每个成分都在本发明规定的范围内,延伸率 $E1$ 高达 41.6~45.0%。平均 r 值,即 $(r0+2r45+r90)/4$,高达 1.80~2.20。本发明的任何样品的 $\Delta YPe1$ 都是 0%。另一方面,回弹量 δ 和波动高度 Wca 也很小,分别为 3-5%和 $0.09 \mu m \sim 0.17 \mu m$,保证良好的面板定形性。并且,面板具有 2%、4%、8%应变时的抗硌痕性 P0.1 高达 158N-193N。

另一方面,钢样品 No.8~15 中,每个成分都不在本发明规定的范围内,不能同时满足成形性、定形性和抗硌痕性。具体而言,对比样品 No.8~9 中的每个表现出 2%BH 高达 33~42MPa,并且 $\Delta YPe1$ 为 0.9%-2.2%,表明这些对比样品不满足抗自然时效性。还发现抗硌痕性 P0.1 在 2%-8%应变时为 165N-193N,表明具有高的抗硌痕性。然而,

5 每个对比样品延伸率 $E1$ 和 r 值低, 回弹量 δ 和 Wca 大, 表明这些对比样品不满足成形性和定形性要求。对比钢样品 No.10 延伸率 $E1$ 和 r 值高, 回弹量 δ 和 Wca 低, 表明这些样品满足成形性和定形性的要求。可是, 抗硌痕性载荷 $P0.1$ 在 2%-8%应变时降低到 148N-172N。对比钢样品 No.11 的 $\sigma_{0.2}$ 高达 265-270MPa, 表明样品的抗硌痕性满足要求。然而, 这些钢样品的回弹量 δ 和 Wca 大, 表明这些样品的定形性差。并且这些钢样品的延伸率 $E1$ 和 r 值低。对比钢样品 No.12~13 中的每个表现出高的 r 值, 即 2.02~2.20, 但 $E1$ 低即 35.8~36.8%。并且这些钢样品 $\sigma_{0.2}$ 高达 240-250MPa, 表明满足抗硌痕性要求。然而, 这些钢样品 10 的回弹量 δ 和 Wca 大, 表明这些对比钢样品的定形性不满足要求。对比钢样品 No.14~15 中的每个的延伸率 $E1$ 低, 即 37.0~38.5%, 并且 r 值低, 即 1.51~1.69, 表明这些样品的定形性差。

表 1

钢样品 编号	C	Si	Mn	P	S	sol.Al
1	0.0067	0.02	0.30	0.040	0.008	0.060
2	0.0080	0.06	0.65	0.020	0.012	0.035
3	0.0085	0.14	0.55	0.050	0.01	0.059
4	0.013	0.07	1.20	0.020	0.009	0.070
5	0.010	0.13	0.90	0.055	0.011	0.062
6	0.0072	0.02	0.80	0.025	0.01	0.040
7	0.011	0.04	0.60	0.040	0.013	0.030
8	0.0045*	0.05	0.65	0.055	0.01	0.063
9	0.0081	0.03	0.45	0.064	0.0075	0.055
10	0.0033*	0.05	0.55	0.035	0.007	0.059
11	0.019*	0.10	0.75	0.060	0.012	0.070
12	0.0076	0.06	0.52	0.042	0.009	0.040
13	0.010	0.05	0.80	0.039	0.01	0.040
14	0.0070	0.04	0.59	0.015	0.008	0.037
15	0.010	0.05	0.80	0.040	0.01	0.038

*: 在本发明范围之外

(续)

表 1

钢样品 编号	N	Nb	B	O	(12/93)* (Nb/C)	备注
1	0.0022	0.062	tr.	0.0020	1.2	本发明
2	0.0030	0.081	tr.	0.0024	1.3	本发明
3	0.0020	0.145	tr.	0.0022	2.2	本发明
4	0.0035	0.141	tr.	0.0017	1.4	本发明
5	0.0018	0.202	tr.	0.0019	2.6	本发明
6	0.0025	0.073	0.0003	0.0025	1.3	本发明
7	0.0019	0.119	0.0008	0.0020	1.4	本发明
8	0.0025	0.024	tr.	0.0019	0.7*	对比例
9	0.0022	0.050	tr.	0.0025	0.8*	对比例
10	0.0025	0.038*	tr.	0.0023	1.5	对比例
11	0.0030	0.191	tr.	0.0022	1.3	对比例
12	0.0025	0.200	tr.	0.0017	3.4*	对比例
13	0.0024	0.270*	tr.	0.0018	3.5*	对比例
14	0.0032	0.081	tr.	0.0036*	1.5	对比例
15	0.0024	0.100	tr.	0.0043*	1.3	对比例

*: 在本发明范围之外

表 2

钢样品 编号	退火 方法	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	TS (MPa)	El (%)	平均 r 值	2%BH (MPa)	ΔY_{Pe1} (%)	$\sigma (\epsilon = 0.02)$ (MPa)	$\sigma (\epsilon = 0.04)$ (MPa)
1	CA	225	373	42.5	1.88	0	0	283	318
	CG	227	370	42.0	1.85	0	0	286	322
2	CA	229	377	43.0	1.95	0	0	289	324
	CG	230	375	42.6	1.92	0	0	289	324
3	CA	235	388	45.0	2.20	0	0	294	328
	CG	232	390	44.6	2.10	0	0	294	327
4	CA	233	396	42.0	1.97	0	0	293	328
	CG	230	392	41.6	1.93	0	0	293	323
5	CA	230	370	42.5	2.15	0	0	288	321
	CG	230	375	42.0	2.11	0	0	286	320
6	CA	235	380	42.0	2.00	0	0	298	328
	CG	233	376	41.6	1.94	0	0	293	324
7	CA	233	385	43.0	1.99	0	0	295	323
	CG	225	380	42.0	1.93	0	0	284	316

*公式(1)范围之外

CA: 连续退火 CG: 连续镀锌

(续)

表 2

钢样品 编号	退火 方法	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	TS (MPa)	El (%)	平均 r 值	2%BH (MPa)	ΔY_{Pe1} (%)	$\sigma (\epsilon = 0.02)$ (MPa)	$\sigma (\epsilon = 0.04)$ (MPa)
8	CA	240	343	41.0	1.70	35	1.0	270*	296*
	CG	245	345	39.7	1.65	33	0.9	276*	300*
9	CA	260	399	36.5	1.55	40	2.0	290*	315*
	CG	258	402	35.9	1.51	42	2.2	290*	311*
10	CA	213	358	43.5	2.00	0	0	280*	312*
	CG	210	357	43.0	1.97	0	0	272*	305*
11	CA	270	410	38.0	1.60	0	0	320*	363*
	CG	265	404	37.5	1.57	0	0	313*	357*
12	CA	244	386	36.8	2.20	0	0	304	339
	CG	240	385	36.0	2.10	0	0	299	335
13	CA	247	400	36.3	2.15	0	0	307	340
	CG	250	402	35.8	2.02	0	0	310	345
14	CA	228	370	38.5	1.69	0	0	288	319
	CG	225	368	38.2	1.65	0	0	282	319
15	CA	255	406	37.0	1.60	0	0	307*	342*
	CG	258	404	37.5	1.51	0	0	304*	344*

*公式(1)范围之外

CA: 连续退火 CG: 连续镀锌

(续)

表 2

钢样品 编号	σ ($\varepsilon=0.08$) (MPa)	2%PO.1 (N)	4%PO.1 (N)	8%PO.1 (N)	δ (%)	Wca(μm)	备 注
1	385	158	167	183	3(O)	0.10(O)	本发明
	389	159	168	186	3(O)	0.10(O)	本发明
2	387	160	171	186	4(O)	0.10(O)	本发明
	389	160	171	189	4(O)	0.15(O)	本发明
3	397	163	173	192	5(O)	0.17(O)	本发明
	392	163	173	190	4(O)	0.14(O)	本发明
4	392	163	175	191	3(O)	0.15(O)	本发明
	388	161	170	189	3(O)	0.14(O)	本发明
5	390	160	171	190	3(O)	0.10(O)	本发明
	388	160	169	190	3(O)	0.13(O)	本发明
6	395	167	175	193	4(O)	0.15(O)	本发明
	392	164	173	189	4(O)	0.12(O)	本发明
7	390	164	174	188	4(O)	0.12(O)	本发明
	383	159	168	184	3(O)	0.09(O)	本发明
8	355*	166	170	185	7(Δ)	0.26(Δ)	对比例
	361*	165	172	188	8(Δ)	0.30(Δ)	对比例

*公式(1)范围之外

CA: 连续退火 CG: 连续镀锌

(续)

表 2

钢样品 编号	$\sigma (\epsilon=0.08)$ (MPa)	2 δ PO.1 (N)	4 δ PO.1 (N)	8 δ PO.1 (N)	δ (%)	Wca(μ m)	备 注
9	374*	178	190	193	11(X)	0.50(X)	对比例
	372*	180	187	193	11(X)	0.49(X)	对比例
10	377*	154	160	172	2(O)	0.10(O)	对比例
	373*	148	157	170	2(O)	0.08(O)	对比例
11	419*	182	197	196	12(X)	0.46(X)	对比例
	415*	177	195	190	11(X)	0.44(X)	对比例
12	408	168	177	189	7(Δ)	0.25(Δ)	对比例
	405	166	173	188	7(Δ)	0.24(Δ)	对比例
13	416	168	175	191	8(Δ)	0.29(Δ)	对比例
	419	171	181	194	10(Δ)	0.29(Δ)	对比例
14	388	161	159	190	3(O)	0.12(O)	对比例
	382	158	160	187	3(O)	0.10(O)	对比例
15	416*	166	174	191	11(X)	0.27(Δ)	对比例
	415*	165	177	190	11(X)	0.32(Δ)	对比例

*公式(1)范围之外

CA: 连续退火 CG: 连续镀锌

(例子 2)

在实验室制备表 1 所示的本发明的 No.2 钢样品成分的钢水, 随后连铸得到厚度为 50mm 的扁钢坯。钢坯利用初轧机降低钢板的厚度到 25mm, 随后在空气条件下将钢板在 1250℃ 加热 1 小时, 随后进行热轧加工以降低热轧钢板的厚度到 2.8mm。在热轧处理中的终轧温度和卷取温度分别在 770~930℃ 和 450~750℃ 的温度范围内变化。然后, 热轧钢板进行酸洗, 随后将其厚度冷轧降低到 0.75mm, 接着在 825℃ 保温处理 90 秒。并且, 随后对钢板进行延伸率为 1.2 % 的表面光轧加工。如此制备的薄钢板的机械性能和面板性能象例子 1 那样进行检验。表 3 表示其结果。本发明 No.1~3 钢样品中的每个的终轧温度低于(Ar₃-100)℃。这些钢样品中的每个表现出在 2%-8% 应变下的低 P0.1 值, 即 139N-159N, 以及高 Wca 值即 0.35 μm~0.4 μm, 这表明这些钢样品的抗硌痕性和定形性差。并且这些钢样品的 r 值低到 1.69~1.77。No.7 和 12 钢样品中的每个的卷取温度低于 500℃。这些钢样品中的每个分别表现出高的 $\sigma_{0.2}$ 即 243-248MPa, 表明具有良好的抗硌痕性。然而, 这些钢样品的回弹量 δ 高达 8%, 而 Wca 高达 0.3 μm, 表明这些钢样品的面板定形性差。No.11、15 和 18 钢样品中的每个的卷取温度高于 700℃。这些钢样品中的每个表现出低的 $\sigma_{0.2}$, 即 210-216MPa, 以及低的 δ 值, 即 2%。然而, 其 Wca 高达 0.42~0.43 μm。这些钢样品的抗硌痕性载荷也低。另一方面, 钢样品 No.4-6、8-10、13、14、16 和 17 中的每个在终轧温度和卷取温度方面都在本发明规定的范围内, 发现其成形性、抗硌痕性和定形性都满足要求。

表 3

No.	钢样品 编号	终轧温度 (°C)	卷取温度 (°C)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	TS (MPa)	El (%)	平均 r 值	$\sigma (\varepsilon=0.02)$ (MPa)
1	钢 2	770**	540	212	375	41.3	1.73	275*
2			600	217	372	42.0	1.69	281*
3			660	215	370	42.0	1.77	280*
4		810	530	230	380	43.0	1.89	289
5			600	227	375	43.5	1.92	285
6			670	225	377	44.0	1.95	285
7		850	470**	243	382	41.0	1.80	293*
8			530	232	377	42.8	1.88	292
9			590	230	370	43.3	1.93	289
10		890	650	230	373	43.0	1.95	293
11			715**	216	370	43.3	1.82	281*
12			450**	248	382	41.2	1.82	301*
13		930	550	233	371	42.8	1.90	292
14			650	226	378	43.5	1.98	287
15			750**	210	367	42.7	1.83	274*
16			550	230	370	42.8	1.91	290
17			650	225	375	43.2	1.95	283
18			750**	212	368	43.7	1.81	277*

(续)

表3

No.	$\sigma (\epsilon = 0.04)$ (MPa)	$\sigma (\epsilon = 0.08)$ (MPa)	2%, 4%, 8% P0.1 (N)	δ (%)	Wca (μm)	备注
1	306*	375*	139 - 153	2(O)	0.35(Δ)	对比例
2	313*	383*	143 - 159	2(O)	0.40(Δ)	对比例
3	311*	380*	144 - 156	2(O)	0.40(Δ)	对比例
4	322	392	152 - 179	4(O)	0.15(O)	本发明
5	317	387	150 - 175	4(O)	0.10(O)	本发明
6	318	388	150 - 177	3(O)	0.09(O)	本发明
7	328*	400*	155 - 182	8(Δ)	0.30(Δ)	对比例
8	324	392	154 - 178	4(O)	0.10(O)	本发明
9	320	390	151 - 178	4(O)	0.12(O)	本发明
10	322	392	154 - 177	4(O)	0.12(O)	本发明
11	313*	382*	144 - 156	2(O)	0.43(X)	对比例
12	334*	407*	160 - 184	8(Δ)	0.30(Δ)	对比例
13	325	394	155 - 180	4(O)	0.07(O)	本发明
14	321	385	153 - 171	3(O)	0.18(O)	本发明
15	305*	372*	139 - 152	2(O)	0.42(X)	对比例
16	321	390	152 - 178	4(O)	0.18(O)	本发明
17	315	384	150 - 170	3(O)	0.17(O)	本发明
18	309*	377*	142 - 155	2(O)	0.42(X)	对比例

*: 在公式(1)范围外

**: 在本发明范围外

(例子 3)

在实验室制备表 4 所示成分的钢水(表 4 中的 No.1 到 15 表示本发明的例子, 而例子 No.16 到 29 表示对比例的钢), 随后连铸得到厚度为 60mm 的扁钢坯。扁钢坯利用初轧机降低钢板的厚度到 30mm, 随后在空气条件下将钢坯在 1100℃加热 1 小时, 进行热轧加工(利用粗轧机进行)。在粗轧之后, 在 890℃进行终轧, 随后在 600℃进行卷取模拟, 从而获得具有 3mm 厚的热轧钢板。然后, 热轧钢板进行酸洗, 随后将其厚度冷轧降低到 0.75mm, 接着在 850℃连续退火处理 90 秒。作为一种选择, 在 850℃连续退火处理 90 秒之后, 在 460℃时进行镀锌, 接着在 500℃进行合金化处理。并且, 随后对退火钢板或镀锌钢板进行 1.0%的表面光轧加工, 以制备试验用样品。这些样品用于拉伸试验(JIS No.5 的测试样, 按照 JIS Z 2241 规定的方法测试)和用于测试 2% BH 量(按照 JIS G 3135 规定的方法测试)以及 ΔY_{Pe1} (样品表面光轧后在 25℃储存 6 个月的屈服点伸长的恢复量)。样品也要构成图 7 所示的模拟面板(在应变为 2%、4%、8%的三个水平模制)。在 170℃热处理 20 分钟后, 检验面板的抗砾痕性和面板的定形性。抗砾痕性在 P0.1 的载荷下且面板产生 0.1mm 的残余位移(在下文说明中, 2%P0.1、4%P0.1 和 8%P0.1 分别表示面板具有 2、4、8%的应变)的条件下评价。另一方面, 面板定形性利用回弹量 δ 和波动高度算术平均值 W_{ca} 表示(JIS B 0610)。回弹量 δ 利用面板产生 2%应变时的曲率半径 R' 和压模曲率半径 R 来定义, 即 δ 定义为 $(R'/R-1) \times 100$ 。这里 δ 不大于 6%, 即 $\delta \leq 6\%$, 评价结果标记为 $\bigcirc$ 。这里 δ 为 7~10%, 即 $\delta = 7 \sim 10\%$, 评价结果标记为 $\triangle$ 。这里 δ 大于 10%, 即 $\delta > 10\%$, 评价结果标记为 $\times$ 。另一方面, 对于表面波动高度, 每个具有长度 25mm, 按照 JIS B0610 规定的方法在面板的脊线附近选择 10 个位置测量, 并且其平均测量值表示为 W_{ca} 。这里 W_{ca} 不大于 $0.2 \mu m$, 即 $W_{ca} \leq 0.2 \mu m$, 评价结果标记为 $\bigcirc$ 。这里 W_{ca} 大于 $0.2 \mu m$ 但不大于 $0.4 \mu m$, 即 $0.2 \mu m < W_{ca} \leq 0.4 \mu m$, 评价结果标记为 $\triangle$ 。这里 W_{ca} 大于 $0.4 \mu m$ 但不大于 $0.6 \mu m$, 即 $0.4 \mu m < W_{ca} \leq 0.6 \mu m$, 评价结果标记为 $\times$ 。

表 5 表示测量和评价结果。在样品 No.1~15 中, 每个成分都在本发明规定的范围内, 2%BH 量是 0 到 26MPa, 而 $\Delta YPe1$ 为 0。对比例样品 No.16 的含 C 量为 0.0025%且 2%BH 量为 36-38MPa, 而本发明钢样品的 2%P0.1、4%P0.1 和 8%P0.1 要高即 150-180N、160-192N 和 175-208N, 表明钢板具有高的抗砾痕性。由于 $\delta \leq 6\%$ (评价结果标记为 ○)和 $Wca < 0.2 \mu m$ (评价结果标记为 ○), 本发明钢样品也满足面板定形性要求。对于经过表面软化退火在 25℃储存 18 个月的样品(本发明的钢样品 No.6 和对比例钢样品 18)测量了屈服点延长的恢复量 $\Delta YPe1$, 其结果表示在图 12 中。本发明的钢样品 No.6 储存 18 个月后的 $\Delta YPe1$ 值低于 0.2%, 表明具有优秀的抗自然时效性。另一方面, 对比例钢样品 No.18 的 $\Delta YPe1$ 值大于 2.2%, 表明其抗自然时效性明显恶化。

不在本发明范围内的钢样品对比例 No.16-29 分别表现出高的 2%P0.1、4%P0.1 和 8%P0.1 即 140-195N、151-202N 和 160-213N, 表明钢板具有高的抗砾痕性。然而, 对比例钢样品 No.16、18、19、23、24 和 29, 2%BH 量为 33-45MPa, $\Delta YPe1$ 值不小于 0.2%即 $\Delta YPe1 \geq 0.2\%$, 而 Wca 大于 $0.2 \mu m$ 即 $Wca > 0.2\%$ 。换句话说, 对比例钢样品比本发明钢样品的抗自然时效性和面板成形性差。对比例钢样品 No.17、20-22 和 25-28 的 $\Delta YPe1$ 值为 0, 表明具有满意的抗自然时效性。可是, 这些对比例的钢样品的回弹量 δ 不小于 7%, 即 $\delta \geq 7\%$, 表明这些钢样品不具有满意的面板定形性。

表 4

钢样品 编号	化学成份(%重量百分比)							
	C	Si	Mn	P	S	sol.Al	N	Nb
1	0.0044	0.015	0.31	0.04	0.007	0.06	0.0025	0.04
2	0.0072	0.06	0.67	0.02	0.012	0.035	0.003	0.062
3	0.0088	0.14	0.55	0.05	0.009	0.059	0.0022	0.072
4	0.013	0.08	1	0.015	0.009	0.07	0.0035	0.097
5	0.01	0.17	0.9	0.055	0.011	0.062	0.004	0.077
6	0.0066	0.075	1.2	0.045	0.008	0.042	0.0018	0.046
7	0.011	0.053	0.85	0.033	0.013	0.025	0.0027	0.08
8	0.0059	0.01	0.75	0.06	0.01	0.055	0.0044	0.042
9	0.0071	0.065	0.8	0.045	0.011	0.059	0.0019	0.05
10	0.005	0.035	0.97	0.035	0.0065	0.04	0.0027	tr.
11	0.0095	0.04	0.69	0.05	0.012	0.053	0.0032	tr.
12	0.0066	0.02	1.3	0.039	0.009	0.037	0.002	tr.
13	0.0088	0.1	0.73	0.02	0.01	0.04	0.0025	0.062
14	0.0055	0.062	0.52	0.03	0.008	0.051	0.0024	0.02
15	0.01	0.049	0.33	0.061	0.012	0.069	0.003	tr.

(续)

表 4

钢样品 编号	化学成份(%重量百分比)									
	C	Si	Mn	P	S	sol.Al	N	Nb		
16	0.0025*	0.05	0.65	0.055	0.01	0.063	0.0025	0.01*		
17	0.003*	0.05	0.55	0.035	0.007	0.059	0.0025	0.02		
18	0.005	0.1	0.75	0.06	0.012	0.07	0.003	0.026		
19	0.0085	0.08	1	0.051	0.008	0.037	0.0037	0.05		
20	0.01	0.05	0.8	0.039	0.01	0.04	0.0024	0.1		
21	0.019*	0.03	0.45	0.064	0.0075	0.055	0.0022	0.15*		
22	0.0055	0.07	0.7	0.05	0.01	0.049	0.003	0.027		
23	0.011	0.055	0.59	0.04	0.01	0.045	0.002	0.056		
24	0.006	0.1	0.73	0.046	0.0085	0.065	0.0032	tr.		
25	0.02*	0.065	1.2	0.035	0.011	0.052	0.0025	tr.		
26	0.0049	0.1	0.82	0.05	0.007	0.056	0.0024	tr.*		
27	0.009	0.045	0.85	0.05	0.01	0.07	0.0029	tr.*		
28	0.0055	0.08	0.7	0.05	0.009	0.052	0.002	tr.*		
29	0.009	0.04	0.5	0.038	0.01	0.059	0.0026	tr.*		

注：符号*表示值不在本发明规定的范围内

Ti*=Ti%-(48/14)N%-(48/32)S%

(其中 Ti*不大于 0 时，认为 Ti*为 0)

(续)

表 4

钢样品 编号	化学成份(%重量百分比)				C-(12/93)Nb- (12/48)Ti*	备注
	Ti	Zr	V	B		
1	tr.	tr.	tr.	tr.	-0.0008	本发明
2	tr.	tr.	tr.	tr.	-0.0008	
3	tr.	tr.	tr.	tr.	-0.0005	
4	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0005	
5	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0001	
6	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0007	
7	0.025	tr.	tr.	tr.	0.0007	
8	0.015	tr.	tr.	tr.	0.0005	
9	0.027	tr.	tr.	tr.	-0.0003	
10	0.037	tr.	tr.	tr.	0.0005	
11	0.07	tr.	tr.	tr.	-0.0008	
12	0.045	tr.	tr.	tr.	0.0004	
13	tr.	tr.	tr.	0.0003	0.0008	
14	0.032	tr.	tr.	0.0013	0.0000	
15	0.067	tr.	tr.	0.0006	0.0003	

注：符号*表示值不在本发明规定的范围内

Ti*=Ti%-(48/14)N%-(48/32)S%

(其中 Ti*不大于 0 时，认为 Ti*为 0)

(续)

表 4

钢样品 编号	化学成份(%重量百分比)				C-(12/93)Nb- (12/48)Ti*	备注
	Ti	Zr	V	B		
16	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0012*	对比例
17	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0004	
18	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0016*	
19	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0020*	
20	tr.	tr.	tr.	tr.	-0.0029*	
21	tr.	tr.	tr.	tr.	-0.0004	
22	0.041	tr.	tr.	tr.	-0.0019*	
23	0.03	tr.	tr.	tr.	0.0017*	
24	0.041	tr.	tr.	tr.	0.0017*	
25	0.12*	tr.	tr.	tr.	-0.0037	
26	tr.*	0.075*	tr.	tr.	---	
27	tr.*	0.11*	tr.	tr.	---	
28	tr.*	tr.	0.025*	tr.	---	
29	tr.*	tr.	0.035*	tr.	---	

注：符号*表示值不在本发明规定的范围内

Ti*=Ti%-(48/14)N%-(48/32)S%

(其中 Ti*不大于 0 时，认为 Ti*为 0)

表5(部分1)

钢样品 编号	退火	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	TS (MPa)	EL (%)	2%BH (MPa)	ΔY_{Pe1} (%)	$\sigma(\epsilon=0.2)$ (MPa)	$\sigma(\epsilon=0.04)$ (MPa)	$\sigma(\epsilon=0.08)$ (MPa)
1	连续退火	229	370	41	0	0	285	321	388
	连续镀锌	231	368	40	0	0	287	323	391
2	连续退火	230	375	40.5	0	0	290	322	390
	连续镀锌	230	377	39.5	0	0	289	325	388
3	连续退火	237	390	39.3	0	0	296	331	403
	连续镀锌	235	392	38.5	0	0	299	330	400
4	连续退火	230	380	39.5	22	0	290	321	389
	连续镀锌	228	383	38.6	20	0	290	320	385
5	连续退火	237	395	39	2	0	299	332	403
	连续镀锌	238	397	38.3	4	0	297	330	405

(续)

表5(部分1)

钢样品 编号	退火	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	TS (MPa)	El (%)	2%BH (MPa)	ΔY_{Pe1} (%)	$\sigma(\epsilon=0.2)$ (MPa)	$\sigma(\epsilon=0.04)$ (MPa)	$\sigma(\epsilon=0.08)$ (MPa)
6	连续退火	235	395	39.3	24	0	296	328	398
	连续镀锌	237	396	38.1	25	0	299	330	396
7	连续退火	235	385	40.3	23	0	296	329	397
	连续镀锌	237	385	39.1	22	0	300	333	400
8	连续退火	230	392	39	20	0	290	322	389
	连续镀锌	233	393	38	20	0	295	325	392
9	连续退火	235	387	39.5	0	0	296	329	397
	连续镀锌	237	385	38.3	0	0	300	330	400
10	连续退火	232	381	40	18	0	292	323	392
	连续镀锌	235	384	38.5	19	0	295	328	399

(续)

表 5(部分 1)

钢样品 编号	2%P0.1 (N)	4%P0.1 (N)	8%P0.1 (N)	δ (%)	Wca (μm)	备注
1	150	160	175	4(O)	0.1(O)	本发明 例子
	150	162	177	4(O)	0.11(O)	
2	153	162	177	4(O)	0.1(O)	
	152	163	175	4(O)	0.13(O)	
3	156	166	186	5(O)	0.1(O)	
	159	165	183	5(O)	0.1(O)	
4	165	177	193	3(O)	0.15(O)	
	162	170	188	3(O)	0.14(O)	
5	160	167	188	5(O)	0.09(O)	
	160	167	190	5(O)	0.13(O)	
6	176	186	205	4(O)	0.15(O)	
	180	188	205	4(O)	0.16(O)	
7	175	186	203	4(O)	0.17(O)	
	178	188	205	4(O)	0.15(O)	
8	163	175	190	3(O)	0.15(O)	
	170	179	195	4(O)	0.15(O)	
9	156	163	181	4(O)	0.08(O)	
	159	165	183	4(O)	0.12(O)	
10	163	173	191	3(O)	0.1(O)	
	169	181	200	4(O)	0.08(O)	

表5(部分2)

钢样品 编号	退火	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	TS (MPa)	El (%)	2%BH (MPa)	ΔY_{Pe1} (%)	$\sigma(\epsilon=0.2)$ (MPa)	$\sigma(\epsilon=0.04)$ (MPa)	$\sigma(\epsilon=0.08)$ (MPa)
11	连续退火	237	395	39.3	0	0	298	331	401
	连续镀锌	236	394	38.4	0	0	296	330	398
12	连续退火	235	387	40	17	0	296	330	397
	连续镀锌	236	389	39.8	18	0	300	330	400
13	连续退火	237	378	40	26	0	297	333	401
	连续镀锌	235	380	39.5	24	0	293	330	391
14	连续退火	233	380	41	0	0	296	325	392
	连续镀锌	235	382	40.6	0	0	294	330	397
15	连续退火	238	398	39	15	0	303	336	405
	连续镀锌	237	395	38.2	16	0	303	331	402

(续)

表5(部分2)

钢样品 编号	退火	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	TS (MPa)	El (%)	2%BH (MPa)	ΔY_{Pe1} (%)	$\sigma(\epsilon=0.2)$ (MPa)	$\sigma(\epsilon=0.04)$ (MPa)	$\sigma(\epsilon=0.08)$ (MPa)
16	连续退火	236	355	43	36*	0.6*	268*	293*	352*
	连续镀锌	235	356	42	38*	0.5*	267*	291*	351*
17	连续退火	242	368	41.5	15	0	267*	295*	357*
	连续镀锌	244	370	40	13	0	273*	310*	366*
18	连续退火	245	390	39	37*	0.7*	294*	318*	385*
	连续镀锌	245	393	38	39*	0.6*	295*	318*	388*
19	连续退火	258	400	38.2	44*	2*	310*	343*	405*
	连续镀锌	255	403	37	45*	1.8*	308*	337*	409*
20	连续退火	256	408	38	0	0	310*	345*	417*
	连续镀锌	260	405	37.2	0	0	315*	344*	413*

(续)

注:符号* 表示值不在本发明规定的范围内

表 5(部分 2)

钢样品 编号	2%P0.1 (N)	4%P0.1 (N)	8%P0.1 (N)	δ (%)	Wca (μm)	备注
11	158	166	185	6(O)	0.13(O)	本发明 例子
	156	165	181	5(O)	0.1(O)	
12	168	181	197	5(O)	0.15(O)	
	173	183	200	5(O)	0.14(O)	
13	179	192	208	6(O)	0.17(O)	
	172	187	199	5(O)	0.18(O)	
14	156	163	178	4(O)	0.12(O)	
	155	165	181	5(O)	0.1(O)	
15	173	185	203	6(O)	0.15(O)	
	175	181	200	6(O)	0.15(O)	
16	160	165	177	5(O)	0.26(Δ)	对比例
	161	165	179	5(O)	0.25(Δ)	
17	140	151	165	8(Δ)	0.15(O)	
	142	152	160	8(Δ)	0.16(O)	
18	183	188	205	9(Δ)	0.25(Δ)	
	185	190	208	10(Δ)	0.26(Δ)	
19	193	202	210	13(X)	0.39(Δ)	
	195	200	212	12(X)	0.42(X)	
20	163	179	199	12(X)	0.19(O)	
	170	178	195	14(X)	0.25(Δ)	

表5(部分3)

钢样品 编号	退火	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	TS (MPa)	El (%)	2%BH (MPa)	$\Delta\gamma_{pe1}$ (%)	$\sigma(\epsilon=0.2)$ (MPa)	$\sigma(\epsilon=0.04)$ (MPa)	$\sigma(\epsilon=0.08)$ (MPa)
21	连续退火	268	410	38	0	0	320*	363*	421*
	连续镀锌	260	415	37	0	0	310*	345*	409*
22	连续退火	256	391	39	0	0	308*	344*	410*
	连续镀锌	251	393	40	0	0	303*	332*	400*
23	连续退火	261	400	38.4	40*	0.8*	308*	347*	415*
	连续镀锌	263	403	37.2	37*	1.2*	310*	343*	420*
24	连续退火	257	394	39	40*	0.6*	309*	347*	415*
	连续镀锌	262	391	38.2	37*	1*	312*	343*	416*
25	连续退火	265	398	38.3	0	0	312*	350*	416*
	连续镀锌	268	403	37.1	0	0	319*	351*	422*

(续)

注:符号* 表示值不在本发明规定的范围内

表5(部分3)

钢样品 编号	退火	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	TS (MPa)	El (%)	2%BH (MPa)	ΔY_{Pe1} (%)	$\sigma (\epsilon=0.2)$ (MPa)	$\sigma (\epsilon=0.04)$ (MPa)	$\sigma (\epsilon=0.08)$ (MPa)
26	连续退火	258	393	38.7	0	0	308*	340*	407*
	连续镀锌	258	390	37	0	0	308*	341*	410*
27	连续退火	265	400	38.3	22	0	313*	345*	412*
	连续镀锌	268	403	37.1	20	0	320*	350*	420*
28	连续退火	237	399	39.3	18	0	310*	345*	419*
	连续镀锌	239	400	38	15	0	315*	345*	422*
29	连续退火	258	388	38.5	35*	0.4*	304*	347*	403*
	连续镀锌	260	391	37.1	33*	0.7*	308*	343*	407*

(续)

注:符号*表示值不在本发明规定的范围内

表 5(部分 3)

钢样品 编号	2%P0.1 (N)	4%P0.1 (N)	8%P0.1 (N)	δ (%)	Wca (μm)	备注
21	176	193	194	14(X)	0.42(X)	对比例
	163	180	190	14(X)	0.4 (Δ)	
22	162	178	191	12(X)	0.25(Δ)	
	160	167	183	12(X)	0.27(Δ)	
23	188	202	212	13(X)	0.49(X)	
	186	199	213	13(X)	0.44(X)	
24	190	202	212	12(X)	0.23(Δ)	
	188	199	211	13(X)	0.25(Δ)	
25	163	184	200	13(X)	0.43(X)	
	175	185	205	14(X)	0.45(X)	
26	162	170	189	11(X)	0.36(Δ)	
	162	173	190	13(X)	0.35(Δ)	
27	185	195	208	13(X)	0.4 (Δ)	
	185	197	208	14(X)	0.52(X)	
28	181	193	207	7(Δ)	0.59(X)	
	183	192	207	8(Δ)	0.55(X)	
29	184	200	206	12(X)	0.44(X)	
	185	198	208	13(X)	0.53(X)	

(例子 4)

在实验室制备表 4 所示的本发明的 No.2 和 14 样品成分的钢水，随后连铸得到厚度为 50mm 的钢坯。钢坯利用初轧机降低钢板的厚度到 20mm，随后在空气条件下将钢坯在 1200℃加热 1 小时，进行热轧加工而降低热轧钢板的厚度到 2.8mm。在热轧处理中的终轧温度和卷取温度分别在 750~930℃和 440~750℃的温度范围内变化。然后，热轧钢板进行酸洗，随后冷轧将其厚度降低到 0.75mm，接着在 800℃连续退火(保温处理)90 秒。并且，随后对钢板进行(1.4 %)表面光轧加工。如此制备的薄钢板构成图 7 所示的模拟面板，并施加 2、4、8%的应变，接着在 170℃热处理 20 分钟，所述热处理相当于涂层-烘烤处理。表 6 表示面板抗砾痕性(2、4、8%三个水平的应变)和面板施加 2%应变的定形性的评价结果。示于表 6 的样品 No.4-7、9-12、15-18、20、21、27-29、32-34 和 36-39 在本发明的范围内。另一方面，No.1-3、8、13、14、19、22-26、30、31、35 和 40 表示对比例。

对比例 No.1~3 和 23-26 钢样品中的每个的终轧温度低于(Ar_3-100)℃，不在本发明的范围内。结果这些对比例的钢样品中的每个表现出 2% P0.1-8%P0.1 值为 140N-158N 和 140N-165N，Wca 值分别为 0.38 μm ~0.43 μm 和 0.37 μm ~0.59 μm ，结果不能获得良好的面板抗砾痕性和优秀的定形性。对比例 No.8、14、31 和 35 钢样品中的每个的卷取温度低于 500℃，这些钢样品中的表现出高抗砾痕性即 2%-8%P0.1 值为 160N-189N。然而，这些钢样品 Wca 高达 0.23-0.45 μm ，回弹量 δ 为 7-8%，表明它们的面板定形性差。

此外，对比例 No.13、19、22、30 和 40 钢样品中的每个的卷取温度高于 700℃。这些钢样品中的每个表现出低的抗砾痕性即 2%-8%P0.1 值为 145N-166N。而且，其 Wca 为 0.33~0.42 μm ，表明面板的定形性差。

另一方面，钢样品 No.4-7、9-12、15-18、20、21、27-29、32-34 和 36-39 中的每个在终轧温度和卷取温度方面都在本发明规定的范围内。结果发现其 2%-8%P0.1 值为 153N-188N，表明具有良好的面板抗砾痕性。本发明样品也满足 δ 值要求，即 $\delta \leq 5\%$ ，以及满足 Wca 要求即 $Wca < 0.2 \mu m$ ，表明具有良好的定形性。

表6

条件编号	钢样品 编号	终轧温度 (°C)	卷取温度 (°C)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	$\sigma(\epsilon=0.02)$ (MPa)	$\sigma(\epsilon=0.04)$ (MPa)
1	钢 2	780*	550	215	283*	313*
2			600	218	284*	315*
3			660	217	282*	318*
4		820	530	230	294	325
5			590	230	291	325
6			630	235	294	328
7			680	233	294	326
8		860	460*	245	299*	331*
9			550	231	295	328
10			600	233	294	327
11			640	235	296	330
12			680	230	294	328
13			730*	220	285*	318*
14		900	450*	249	303*	337*
15			540	235	298	330
16			600	232	296	328
17			650	235	299	330
18			680	230	295	330
19			725*	217	283*	316*
20		930	550	235	295	331
21			680	233	295	330
22			750*	220	285*	318*

(续)

表6

条件编号	σ ($\epsilon=0.08$) (MPa)	2%, 4%, 8% P0.1 (N)	δ (%)	Wca (μm)	备注
1	379*	140 - 155	3(O)	0.38(Δ)	对比例
2	384*	144 - 155	2(O)	0.4 (Δ)	对比例
3	381*	144 - 158	5(O)	0.43(X)	对比例
4	390	155 - 177	4(O)	0.12(O)	本发明
5	387	153 - 175	4(O)	0.1 (O)	本发明
6	394	155 - 177	4(O)	0.18(O)	本发明
7	391	155 - 178	5(O)	0.16(O)	
8	390*	160 - 176	7(Δ)	0.23(Δ)	对比例
9	392	158 - 179	5(O)	0.14(O)	本发明
10	392	157 - 179	4(O)	0.15(O)	本发明
11	394	158 - 177	5(O)	0.08(O)	本发明
12	391	156 - 178	5(O)	0.18(O)	本发明
13	388*	148 - 162	3(O)	0.36(Δ)	对比例
14	397*	161 - 181	8(Δ)	0.26(Δ)	对比例
15	395	158 - 178	4(O)	0.18(O)	本发明
16	390	157 - 177	4(O)	0.12(O)	本发明
17	393	159 - 179	5(O)	0.1 (O)	本发明
18	393	158 - 179	5(O)	0.12(O)	本发明
19	385*	146 - 166	3(O)	0.42(X)	对比例
20	394	158 - 178	4(O)	0.15(O)	本发明
21	394	158 - 179	5(O)	0.19(O)	本发明
22	388*	149 - 165	3(O)	0.41(X)	对比例

注:符号 * 表示值不在本发明规定的范围内

表 6 (续)

条件 编号	钢样品 编号	终轧温度 (°C)	卷取温度 (°C)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	$\sigma (\epsilon = 0.02)$ (MPa)	$\sigma (\epsilon = 0.04)$ (MPa)
23	钢 14	750*	450*	214	280*	315*
24			550	217	282*	320*
25			650	217	282*	318*
26			750*	215	284*	320*
27		840	550	238	303	335
28			600	235	295	333
29			650	235	297	332
30			730*	220	285*	320*
31		890	440*	247	301*	335*
32			550	235	296	334
33			650	237	297	335
34			680	237	303	335
35		920	460*	250	303*	339*
36			520	236	295	333
37			580	233	297	332
38			640	235	297	335
39			680	231	294	331
40			730*	219	284*	318*

(续)

表6(续)

条件编号	σ ($\varepsilon=0.08$) (MPa)	2%, 4%, 8%, 10%, 15% (N)	δ (%)	Wca (μm)	备注
23	382*	140 - 160	3(O)	0.4 (Δ)	对比例
24	382*	145 - 160	3(O)	0.37(Δ)	对比例
25	385*	145 - 165	2(O)	0.43($\times$)	对比例
26	385*	147 - 165	2(O)	0.59($\times$)	对比例
27	401	160 - 185	5(O)	0.18(O)	本发明
28	400	156 - 183	5(O)	0.15(O)	本发明
29	405	157 - 188	4(O)	0.15(O)	本发明
30	388*	147 - 165	3(O)	0.33(Δ)	对比例
31	405*	160 - 189	8(Δ)	0.3 (Δ)	对比例
32	400	157 - 183	5(O)	0.19(O)	本发明
33	401	158 - 185	5(O)	0.18(O)	本发明
34	403	160 - 185	5(O)	0.13(O)	本发明
35	403*	160 - 187	7(Δ)	0.45($\times$)	对比例
36	401	156 - 185	5(O)	0.19(O)	本发明
37	403	158 - 187	5(O)	0.19(O)	本发明
38	402	157 - 185	5(O)	0.17(O)	本发明
39	397	155 - 181	5(O)	0.15(O)	本发明
40	385*	145 - 166	3(O)	0.38(Δ)	对比例

注:符号* 表示值不在本发明规定的范围内

工业应用

如上所述，本发明通过规定钢的成分、拉伸特性和制造工艺条件，能稳定生产满足用作汽车外部面板的钢板所要求的抗硌痕性、表面定形性、抗自然时效性能和拉伸强度为 340MPa 或更高的冷轧钢板和镀锌钢板。因此，本发明在钢铁工业和汽车工业有很高的价值。

5

说明书附图

图1A

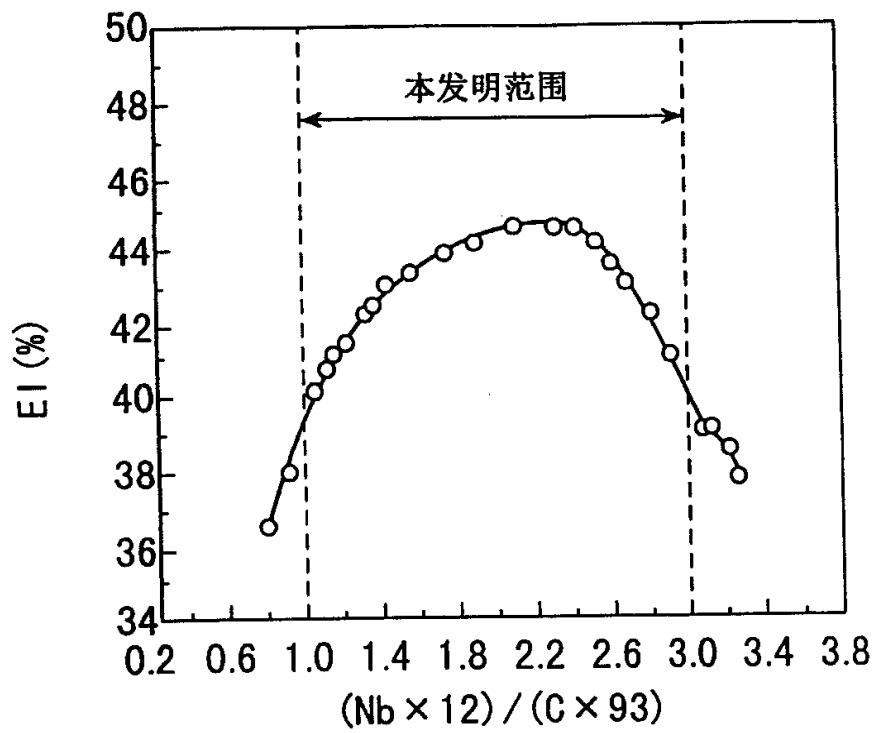
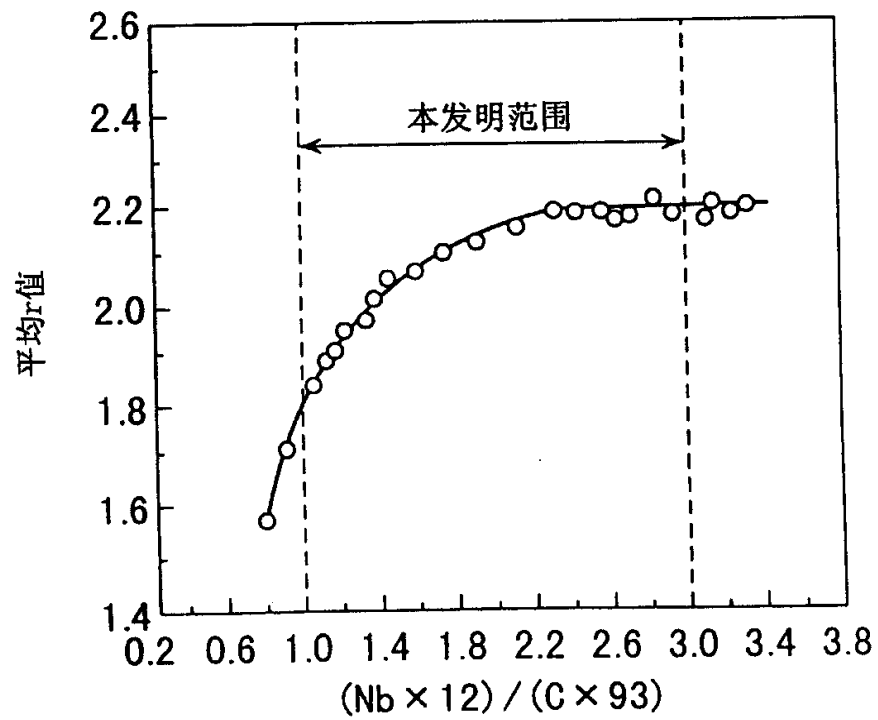


图1B



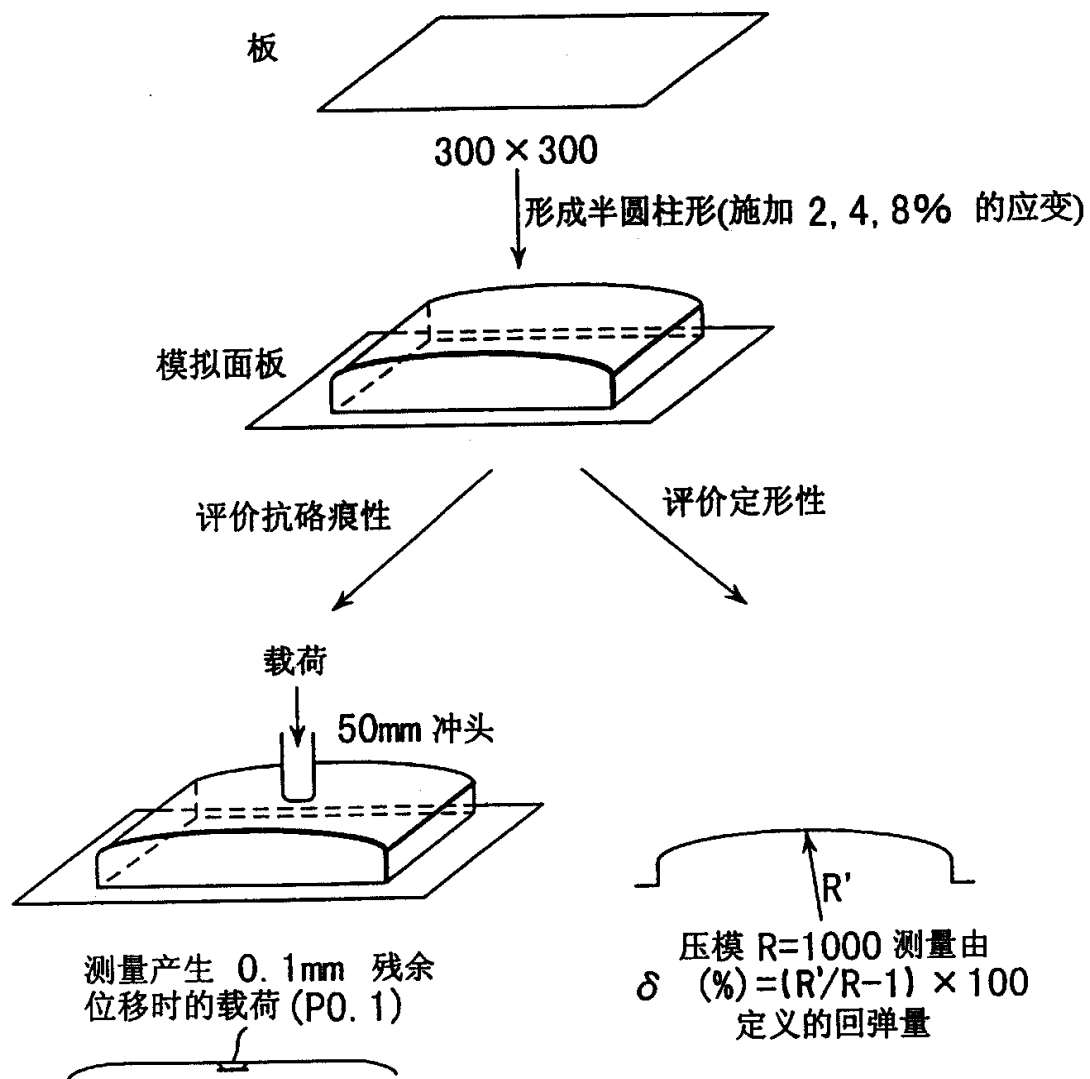


图2

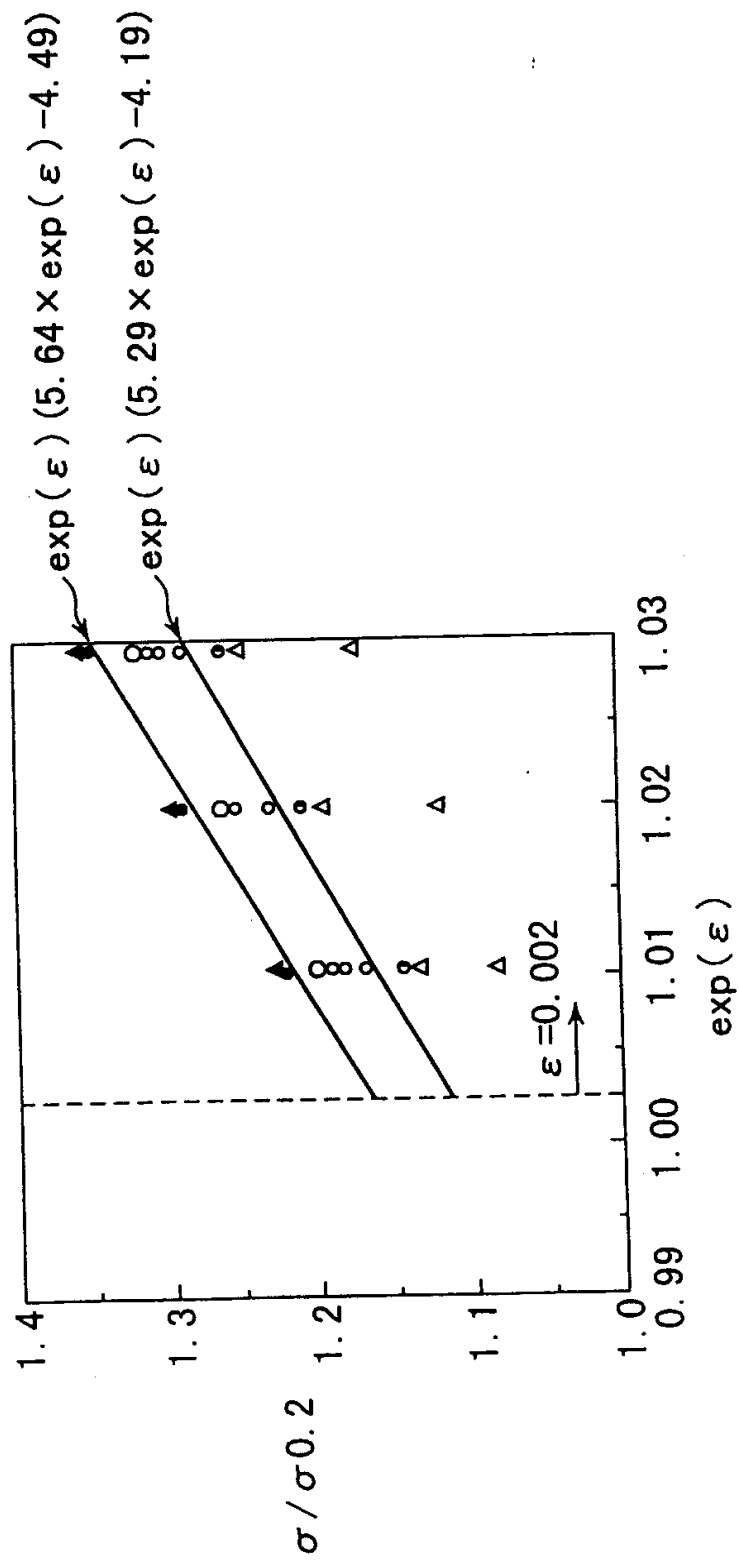


图 3

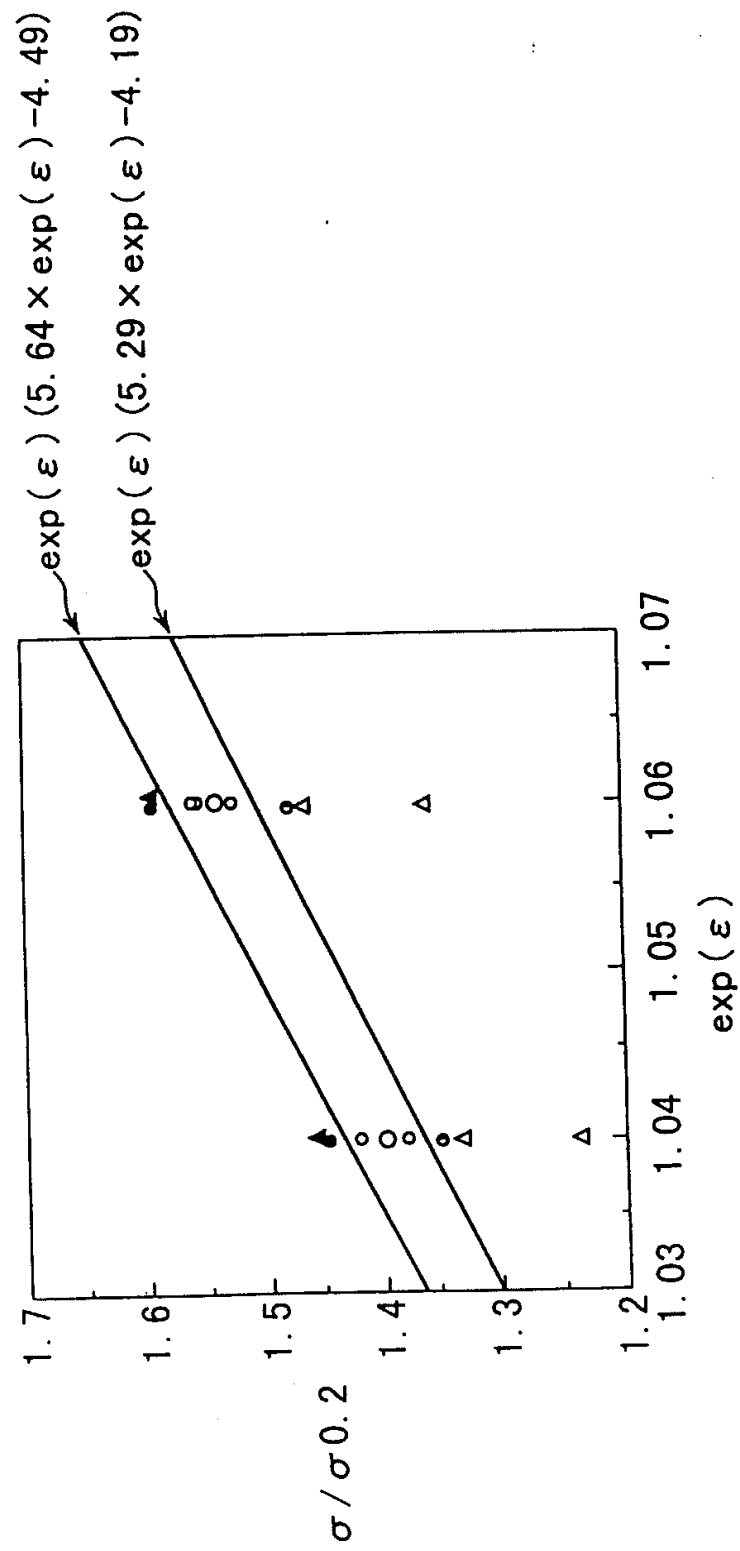


图4

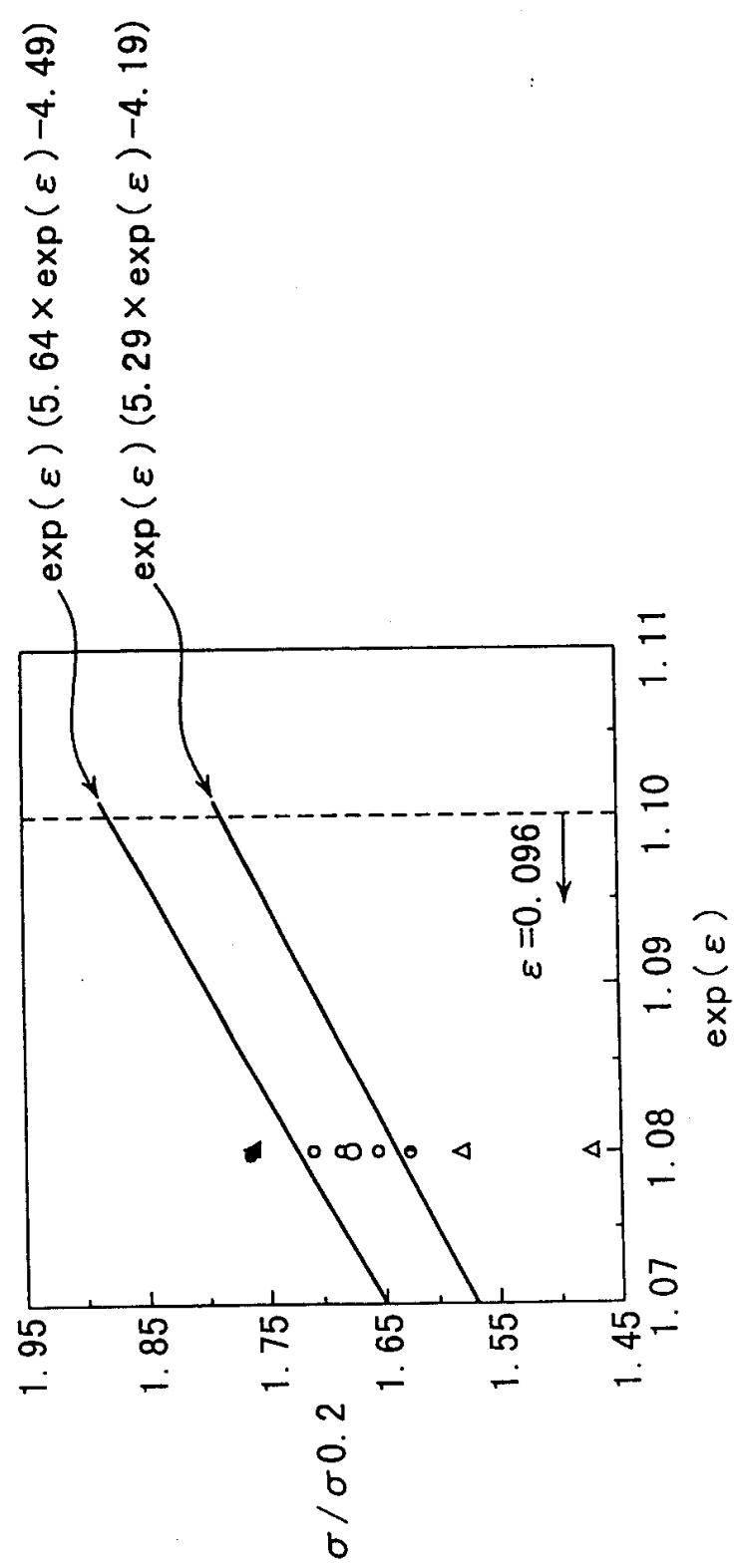


图5

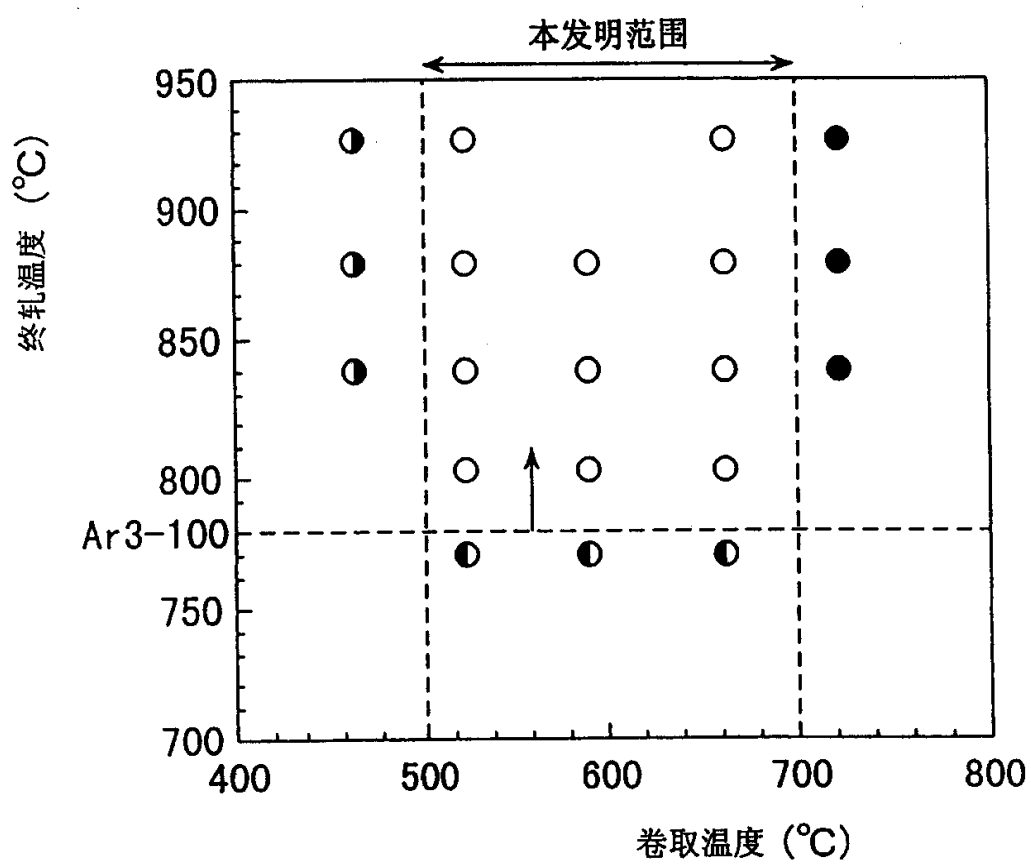


图6

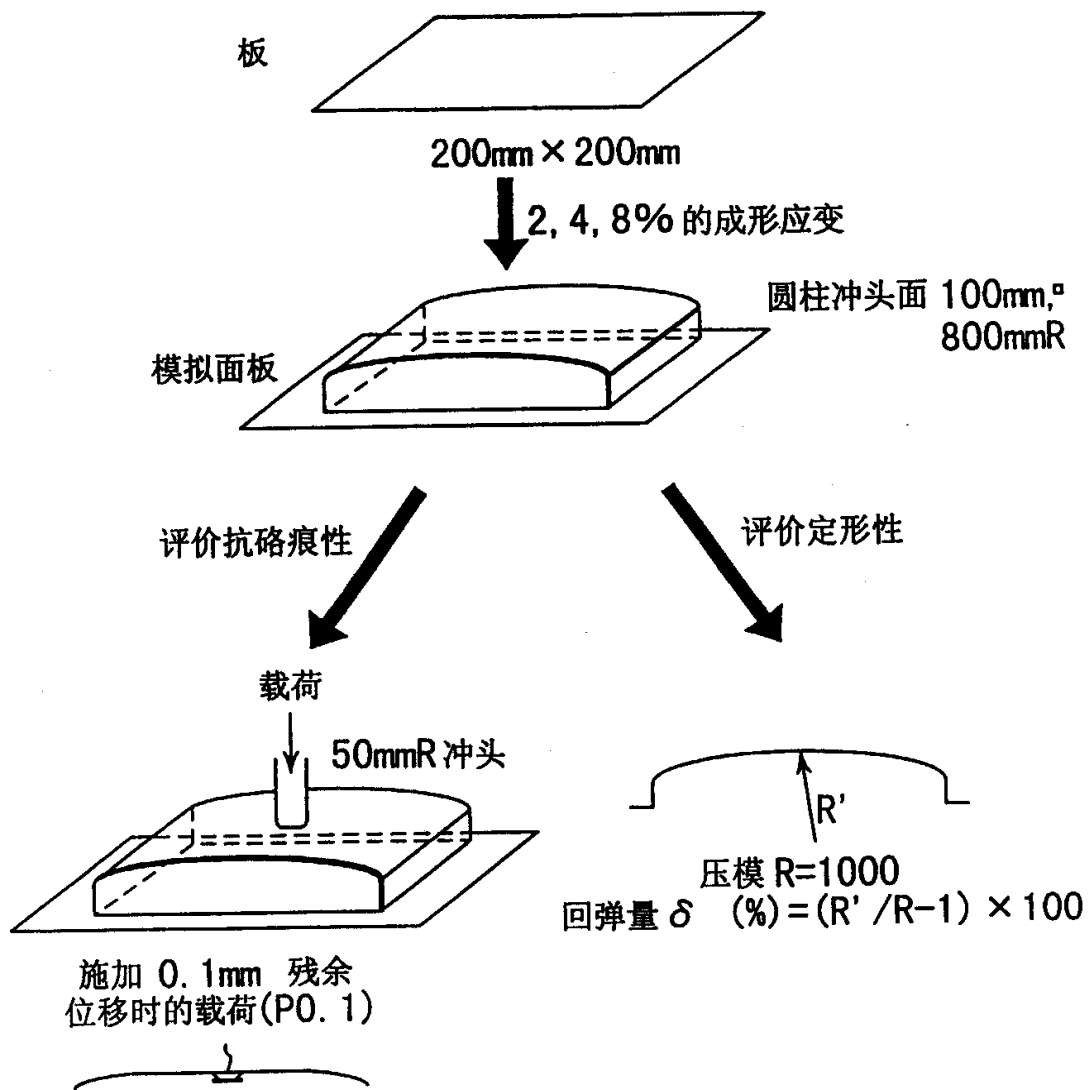


图7

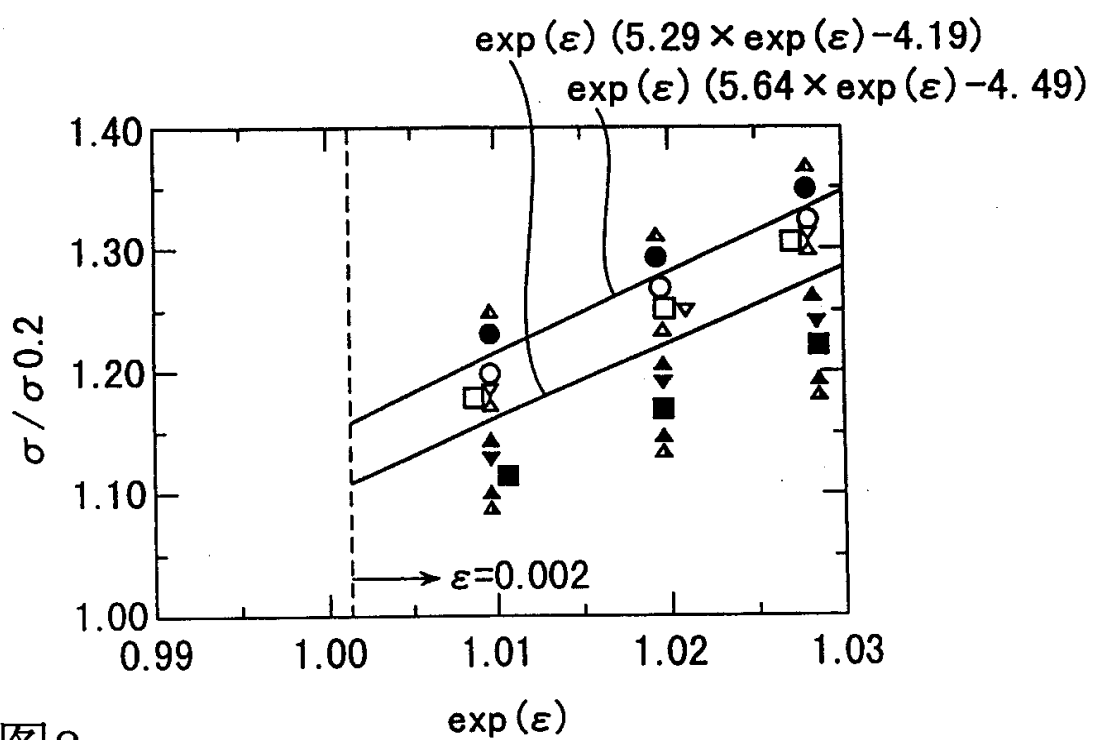


图8

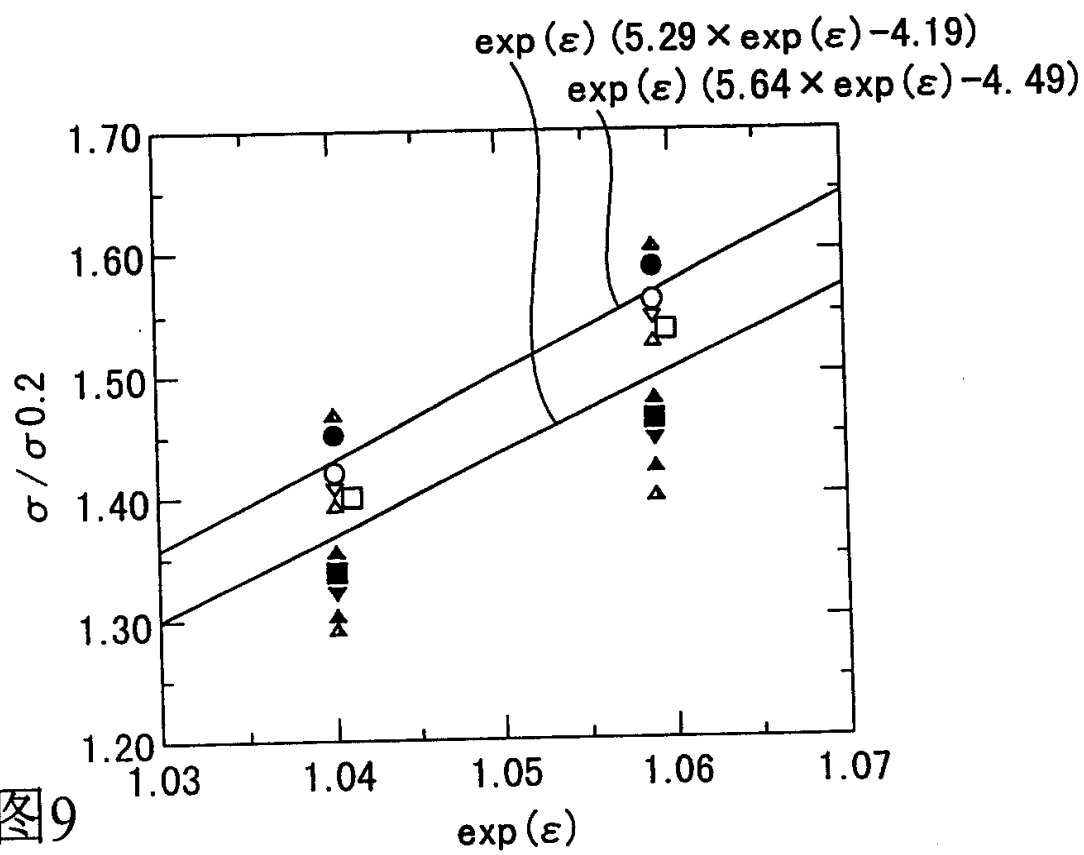


图9

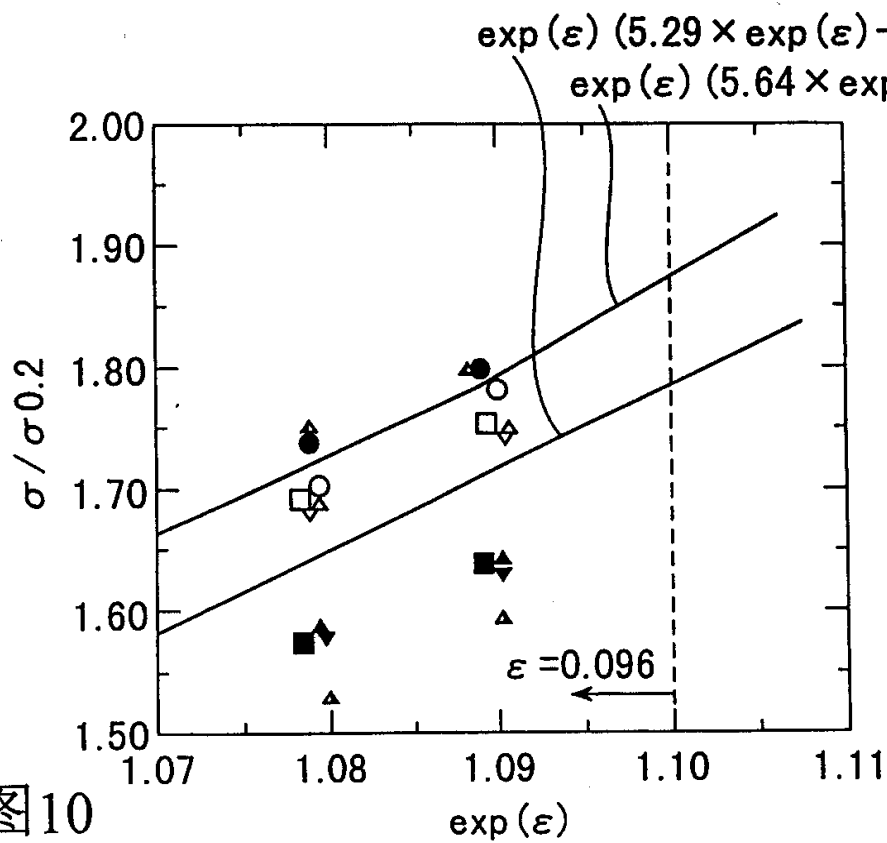


图10

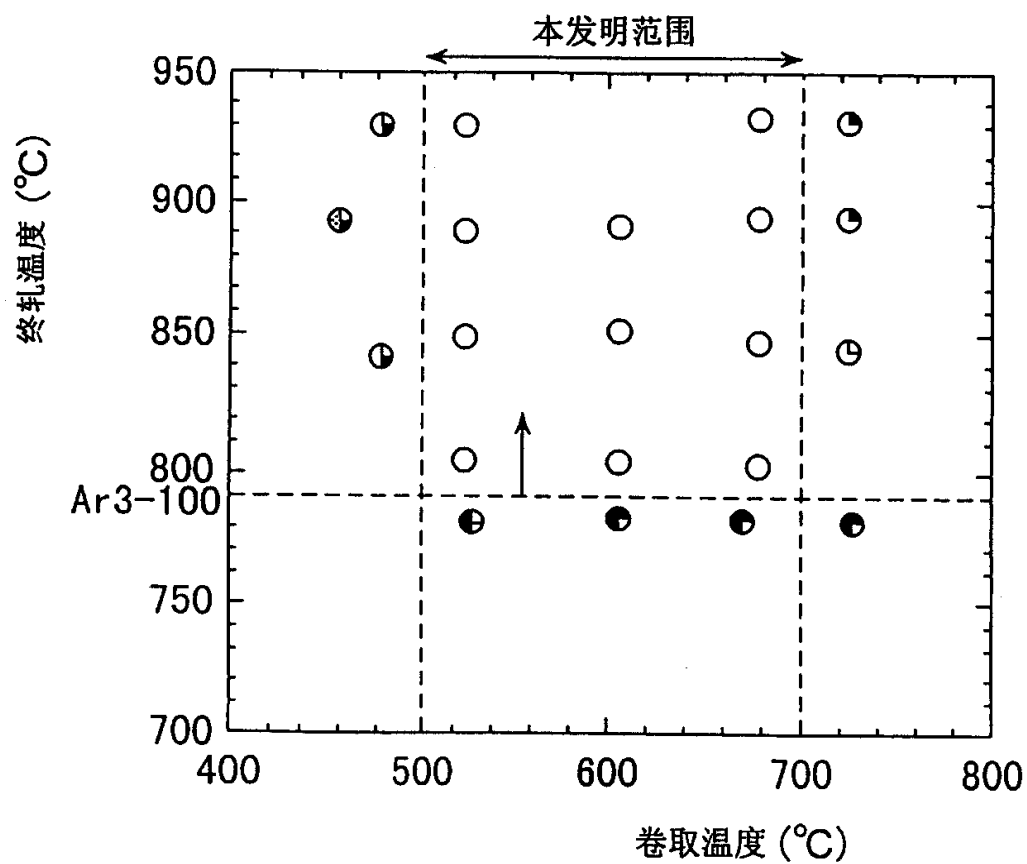


图11

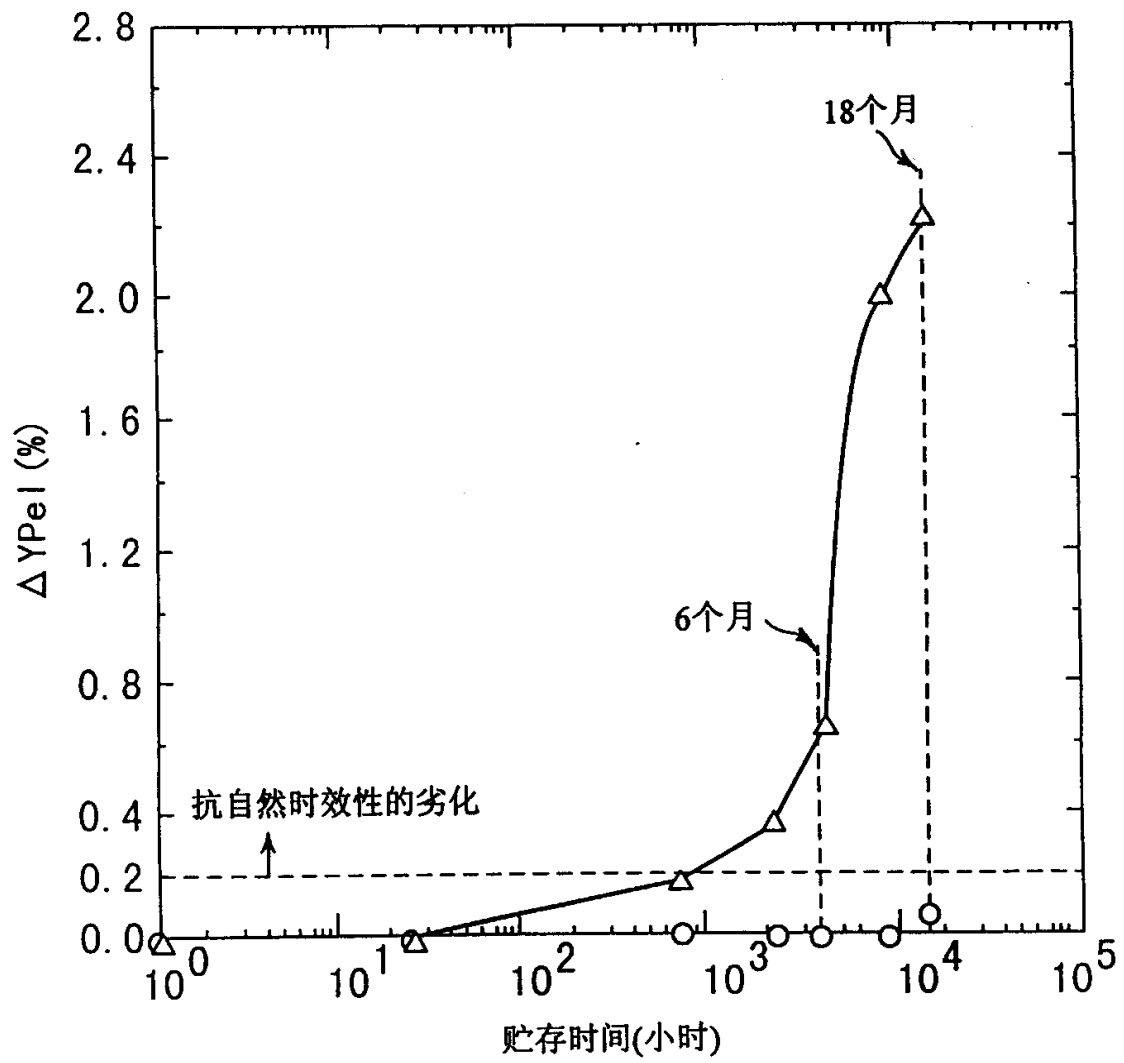


图12