



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103221567 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201180056325. 6

(22) 申请日 2011. 06. 22

(30) 优先权数据

2010-260590 2010. 11. 22 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 05. 22

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2011/064317 2011. 06. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/070271 JA 2012. 05. 31

(73) 专利权人 新日铁住金株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 丸山直纪 桥本浩二 龟田正春

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 陈建全

(51) Int. Cl.

C22C 38/28(2006. 01)

C22C 38/54(2006. 01)

C21D 9/46(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2002053933 A, 2002. 02. 19,

CN 101652495 A, 2010. 02. 17,

JP 2003064446 A, 2003. 03. 05,

JP 2008115426 A, 2008. 05. 22,

CN 101278066 A, 2008. 10. 01,

审查员 王仁娟

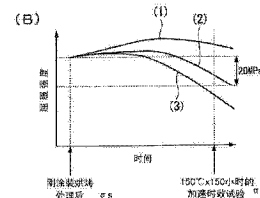
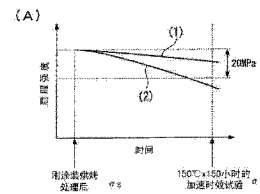
权利要求书1页 说明书18页 附图3页

(54) 发明名称

涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板及其制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种兼顾常温非时效性和烘烤硬化性且涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板。所述涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板以质量%计含有C:0.0010~0.010%、Si:0.005~1.0%、Mn:0.08~1.0%、P:0.003~0.10%、S:0.0005~0.020%、Al:0.010~0.10%、Cr:0.005~0.20%、Mo:0.005~0.20%、Ti:0.002~0.10%、Nb:0.002~0.10%、N:0.001~0.005%,剩余部分由Fe及不可避免的杂质构成,铁素体分率为98%以上,铁素体的平均粒径为5~30μm,板厚的1/2厚部分以及表层部分的位错密度的最低值分别为5×10¹²/m²以上,平均位错密度在5×10¹²~1×10¹⁵/m²的范围内。



CN 103221567 B

1. 一种涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板,其以质量%计含有 C : 0.0010 ~ 0.010%、Si :0.005 ~ 1.0%、Mn :0.08 ~ 1.0%、P :0.003 ~ 0.10%、S :0.0005 ~ 0.020%、Al :0.010 ~ 0.10%、Cr :0.005 ~ 0.20%、Mo :0.005 ~ 0.20%、Ti :0.002 ~ 0.10%、Nb :0.002 ~ 0.10%、N :0.001 ~ 0.005%,剩余部分由 Fe 及不可避免的杂质构成,铁素体分率为 98%以上,铁素体的平均粒径为 5 ~ 30 μm ,板厚的 1/2 厚部分以及表层部分的位错密度的最低值分别为 $5 \times 10^{12}/\text{m}^2$ 以上,平均位错密度在 $5 \times 10^{12} \sim 1 \times 10^{15}/\text{m}^2$ 的范围内。
2. 根据权利要求 1 所述的涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板,其以质量%计进一步含有 B :0.005% 以下。
3. 根据权利要求 1 所述的涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板,其进一步含有总计 0.3 质量%以下的选自 Cu、Ni、Sn、W、V 中的一种或两种以上。
4. 根据权利要求 1 所述的涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板,其进一步含有总计 0.02 质量%以下的选自 Ca、Mg、REM 中的一种或两种以上。
5. 根据权利要求 1 ~ 4 中任一项所述的涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板,在至少一个表面上施加有镀层。
6. 一种涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板的制造方法,其中,对下述钢坯进行热轧,接着进行冷轧,然后在退火温度为 700 ~ 850 $^{\circ}\text{C}$ 的范围内进行退火,进行 500 ~ 700 $^{\circ}\text{C}$ 间的平均冷却速度为 2 $^{\circ}\text{C}$ / 秒以上的冷却,使线载荷 A 为 $1 \times 10^6 \sim 2 \times 10^7 \text{N/m}$ 的范围、张力 B 为 $1 \times 10^7 \sim 2 \times 10^8 \text{N/m}^2$ 的范围、且张力 B/ 线载荷 A 为 2 ~ 120 的范围,进而在轧制率为 0.2 ~ 2.0% 的条件下进行调质轧制,所述钢坯以质量%计含有 C :0.0010 ~ 0.010%、Si :0.005 ~ 1.0%、Mn :0.08 ~ 1.0%、P :0.003 ~ 0.10%、S :0.0005 ~ 0.020%、Al :0.010 ~ 0.10%、Cr :0.005 ~ 0.20%、Mo :0.005 ~ 0.20%、Ti :0.002 ~ 0.10%、Nb :0.002 ~ 0.10%、N :0.001 ~ 0.005%,剩余部分由 Fe 及不可避免的杂质构成。
7. 根据权利要求 6 所述的涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板的制造方法,其中,所述钢坯以质量%计进一步含有 B :0.005% 以下。
8. 根据权利要求 6 所述的涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板的制造方法,其中,所述钢坯进一步含有总计 0.3 质量%以下的选自 Cu、Ni、Sn、W、V 中的一种或两种以上。
9. 根据权利要求 6 所述的涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板的制造方法,其中,所述钢坯进一步含有总计 0.02 质量%以下的选自 Ca、Mg、REM 中的一种或两种以上。
10. 根据权利要求 6 ~ 9 中任一项所述的涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板的制造方法,其中,在所述调质轧制前,在至少一个表面上施加有镀层。

涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板及其制造方法。

背景技术

[0002] 对于汽车的侧板、发动机罩等中使用的外板用钢板,要求具有张力钢性以及抗压痕特性(压痕性)。为了提高该压痕性,提高屈服强度、实现高强度化是有效的。另一方面,在进行压制成型时,为了抑制平面变形的发生、确保高的面精度,需要降低屈服强度。

[0003] 作为满足这样相反的两个特性且兼顾压制成型性和高强度化的钢板,开发出了烘烤硬化(BH)钢板。该BH钢板是通过在压制成型后实施包括高温加热、高温保持在内的涂装烘烤处理从而使屈服强度提高的钢板。

[0004] 这里,对BH钢板进行详细说明。图1(A)是示意性地表示现有BH钢板的屈服强度的经时变化的曲线图。在钢板中,以固溶状态残留的C(固溶C)和N(固溶N)在涂装后的烘烤处理(通常加热至170℃左右并保持数十分钟)中扩散至压制成型时导入的位错,将该位错固定,从而提高屈服强度。该屈服强度的提高部分为烘烤硬化量(BH量),BH量通常随着固溶C量或固溶N量的增加而增加。

[0005] 然而,在这样的硬化机制中存在以下问题。图1(B)是示意性地表示固溶C量或固溶N量增加时现有BH钢板的屈服强度的经时变化的曲线图。

[0006] 为了增加BH量而增加固溶C量或固溶N量时,如图1(B)所示,在压制成型前部分位错已被固溶C或固溶N固定(常温时效)。而且,在压制成型时会产生因屈服点拉伸引起的被称作拉伸应变的波状表面缺陷,产品特性明显劣化。并且,在涂装烘烤后,固溶C、固溶N会作为铁碳化物、铁氮化物析出。然后,随着时间的推移,碳化物、氮化物成长,当粗大化进一步加剧时,屈服强度会大幅地降低。

[0007] 解决该常温时效问题、制造出同时满足耐常温时效性和优异的烘烤硬化性这两方面的钢板被认为是困难的,是长年的技术问题。

[0008] 针对这个问题,专利文献1、专利文献2以及专利文献3中公开了通过添加Mo来兼顾烘烤硬化性和时效硬化性的方法。

[0009] 另外,专利文献4中公开了下述方法:通过控制调质轧制时的轧制线载荷及调质轧制中的钢板的形状,从而防止拉伸应变的发生。

[0010] 现有技术文献

[0011] 专利文献

[0012] 专利文献1:日本特开昭62-109927号公报

[0013] 专利文献2:日本特开平4-120217号公报

[0014] 专利文献3:日本特开2000-17386号公报

[0015] 专利文献4:日本特开2002-235117号公报

发明内容

[0016] 发明所要解决的问题

[0017] 然而,虽然专利文献 1 以及专利文献 2 中规定了 Mo 单独的成分范围,但根据 C 量、以及 Ti、Nb 的量,存在可得到硬化的情况和得不到硬化的可能性。例如,就 Mo 添加量而言,在现有技术中,其范围被记载为 0.001 ~ 3.0% 或 0.02 ~ 0.16%。但是,如果仅是控制为上述 Mo 添加量的话,其作用并不稳定,有时可以获得 50MPa 的烘烤硬化量,有时只能获得 10MPa 的烘烤硬化量。

[0018] 另外,专利文献 3 中,除 Mo 成分范围外,还规定了位错密度。但是,专利文献 3 的钢板也存在烘烤硬化后屈服强度随着时间的推移而降低的可能性。

[0019] 此外,专利文献 4 对调质轧制时的轧制线载荷和钢板的形状控制进行了规定。专利文献 4 中,对影响钢板内位错密度的均匀性的重要参数即调质轧制时的张力、以及该张力与轧制线载荷之间的相关关系并没有进行规定。另外,虽然提到了防止调质轧制后拉伸应变的发生,但并未提及压制成型、涂装烘烤后的时效特性,且屈服强度的维持、压痕特性的确保等均不稳定。

[0020] 本发明者们发现:由于因涂装烘烤处理引起的应变时效硬化而暂时增加的屈服强度会在涂装烘烤处理后开始降低,从而导致压痕性的劣化(时效劣化)。

[0021] 本发明者们认为时效劣化是因下述机制而产生的。下面,参照图 1 (A) 进行详细说明。

[0022] 首先,通过进行压制成型,不仅对钢板施加应变,而且会导入线状的缺陷即位错。但是,有时会产生通过压制成型施加的应变(预应变)的分布变得不均匀的部位,或者有时进而会产生预应变低于 1% 的部位。这样,无法充分确保位错的量,而且位错分布不均匀。其结果是,涂装烘烤后,在位错未分布的部位,固溶 C、固溶 N 作为铁碳化物、铁氮化物析出。这些铁碳化物、铁氮化物自身由于在涂装烘烤处理刚结束后微细地存在,因此强度会暂时上升,但之后随着时间的推移,碳化物、氮化物成长,向粗大化发展。随着粗大化的加剧,分散强化能力降低,因此如图 1 (A) 所示,屈服强度开始逐渐降低,压痕性劣化。另一方面,当在原材料钢板内存在某一定值以上的位错时,成型、涂装烘烤后,即使时间推移,碳化物和氮化物的粗大化也会被抑制,伴随屈服强度的降低而引起的压痕性的劣化得到抑制。

[0023] 就上述涂装烘烤后的时效劣化问题而言,通过增加压制成型时的成型量而施加足够的应变来确保位错密度即可防止。然而,对于汽车的外板等,由于成型形状已事先确定,因此对压制成型量有限制。所以,针对钢板整体要确保位错密度、进而使位错均匀地分布是很困难的。

[0024] 因此,本发明是鉴于上述情况而完成的发明,其目的在于提供兼顾常温非时效性和烘烤硬化性、且涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板。

[0025] 用于解决问题的手段

[0026] 本发明者们发现:通过在适宜的条件下进行压制成型工序之前、即作为钢板生产工序的最后阶段的调质轧制,可以得到位错密度得以确保且位错均匀地分布的钢板,其结果是,涂装烘烤后的耐时效性提高。本发明是基于所述发现而完成的。

[0027] 本发明提供涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板,其以质量 % 计含有 C :0.0010 ~ 0.010%、Si :0.005 ~ 1.0%、Mn :0.08 ~ 1.0%、P :0.003 ~ 0.10%、S :0.0005 ~

0.020%、Al :0.010 ~ 0.10%、Cr :0.005 ~ 0.20%、Mo :0.005 ~ 0.20%、Ti :0.002 ~ 0.10%、Nb :0.002 ~ 0.10%、N :0.001 ~ 0.005%，剩余部分由 Fe 及不可避免的杂质构成，铁素体分率为 98% 以上，铁素体的平均粒径为 5 ~ 30 μm ，板厚的 1/2 厚部分以及表层部分的位错密度的最低值分别为 $5 \times 10^{12}/\text{m}^2$ 以上，平均位错密度在 $5 \times 10^{12} \sim 1 \times 10^{15}/\text{m}^2$ 的范围内。

[0028] 本发明的钢板可以以质量 % 计进一步含有 B :0.005% 以下。另外，也可以进一步含有总计 0.3 质量 % 以下的选自 Cu、Ni、Sn、W、V 中的一种或两种以上。此外，还可以进一步含有总计 0.02 质量 % 以下的选自 Ca、Mg、REM 中的一种或两种以上。并且，可以在至少一个表面上施加有镀层。

[0029] 另外，本发明提供涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板的制造方法，其中，对下述钢坯进行热轧，接着进行冷轧，然后在退火温度为 700 ~ 850 $^{\circ}\text{C}$ 的范围内进行退火，进行 700 ~ 500 $^{\circ}\text{C}$ 间的平均冷却速度为 2 $^{\circ}\text{C}$ / 秒以上的冷却，使线载荷 A 为 $1 \times 10^6 \sim 2 \times 10^7 \text{N/m}$ 的范围、张力 B 为 $1 \times 10^7 \sim 2 \times 10^8 \text{N/m}^2$ 的范围、且张力 B / 线载荷 A 为 2 ~ 120 的范围，进而在轧制率为 0.2 ~ 2.0% 的条件下进行调质轧制，上述钢坯以质量 % 计含有 C :0.0010 ~ 0.010%、Si :0.005 ~ 1.0%、Mn :0.08 ~ 1.0%、P :0.003 ~ 0.10%、S :0.0005 ~ 0.020%、Al :0.010 ~ 0.10%、Cr :0.005 ~ 0.20%、Mo :0.005 ~ 0.20%、Ti :0.002 ~ 0.10%、Nb :0.002 ~ 0.10%、N :0.001 ~ 0.005%，剩余部分由 Fe 及不可避免的杂质构成。

[0030] 本发明的制造方法中，上述钢坯可以以质量 % 计进一步含有 B :0.005% 以下。另外，上述钢坯也可以进一步含有总计 0.3 质量 % 以下的选自 Cu、Ni、Sn、W、V 中的一种或两种以上。此外，上述钢坯还可以进一步含有总计 0.02 质量 % 以下的选自 Ca、Mg、REM 中的一种或两种以上。并且，可以在上述调质轧制前在至少一个表面上施加有镀层。

[0031] 发明效果

[0032] 根据本发明，可提供兼顾常温非时效性和烘烤硬化性、且涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板。

附图说明

[0033] 图 1 是用于对现有 BH 钢板的屈服强度的经时变化进行说明的示意曲线图。

[0034] 图 2 是用于对本发明的实施方式的应变时效硬化型钢板的屈服强度的经时变化进行说明的示意曲线图。

[0035] 图 3 是用于对由 TEM 照片求出位错密度的方法进行说明的图。

具体实施方式

[0036] 以下，对本发明的涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板进行详细说明。

[0037] 本发明的涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板以质量 % 计含有 C :0.0010 ~ 0.010%、Si :0.005 ~ 1.0%、Mn :0.08 ~ 1.0%、P :0.003 ~ 0.10%、S :0.0005 ~ 0.020%、Al :0.010 ~ 0.10%、Cr :0.005 ~ 0.20%、Mo :0.005 ~ 0.20%、Ti :0.002 ~ 0.10%、Nb :0.002 ~ 0.10%、N :0.001 ~ 0.005%，剩余部分由 Fe 及不可避免的杂质构成，铁素体分率为 98% 以上，铁素体的平均粒径为 5 ~ 30 μm ，板厚的 1/2 厚部分以及表层部分的位错密度的最低值分别为 $5 \times 10^{12}/\text{m}^2$ 以上，平均位错密度在 $5 \times 10^{12} \sim 1 \times 10^{15}/\text{m}^2$ 的范围内。

[0038] 以下,对本发明限定了钢材成分的理由进行说明。另外,在没有特别说明的情况下,%这一表述是指质量%。

[0039] (C:0.0010%以上且0.010%以下)

[0040] C是影响应变时效硬化性的元素,但当超过0.010%时,无法确保原材料的常温非时效性。另外,由于C是使钢板的强度上升的元素,因此当C的含量增多时强度提高,但压制成型时的加工性会劣化,所以不适合作为汽车外板用的钢板。进而,为了确保常温非时效性,Ti、Nb元素的添加量变多,无法避免由析出物引起的强度上升,从而加工性变差,且经济上也变得不利,因此将上限设为0.010%。另外,优选C为0.0085%以下,进一步优选C为0.007%以下。

[0041] 另外,当减少C的含量时,烘烤硬化性可能会降低,因此C的含量宜为0.0010%以上。此外,优选C为0.0012%以上,进一步优选C为0.0015%以上。

[0042] (Si:0.005%以上且1.0%以下)

[0043] Si是对提高钢板的强度有用的元素,但当大量含有时,强度变得过高,可能会损害加工性,另外,在实施镀锌的情况下,锌难以附着,可能会损害密合性,因此将上限设为1.0%。此外,优选Si为0.7%以下。

[0044] 另一方面,当Si含量过少时,会导致炼钢阶段的成本上升,此外烘烤硬化性可能会降低,因此宜为0.005%以上。另外,优选Si为0.01%以上,进一步优选Si为0.02%以上。

[0045] (Mn:0.08%以上且1.0%以下)

[0046] Mn是对提高钢板的强度有用的元素,但当大量含有时,与Si同样地强度变得过高,可能会损害加工性。另外,在实施镀锌的情况下,锌难以附着,可能会损害密合性,因此将上限设为1.0%。此外,优选Mn为0.8%以下,进一步优选Mn为0.7%以下。

[0047] 另一方面,当Mn含量过少时,烘烤硬化性可能会降低,因此宜为0.08%以上。另外,优选Mn为0.1%以上,进一步优选Mn为0.2%以上。

[0048] (Al:0.010%以上且0.10%以下)

[0049] 当Al的含量过多时,强度变得过高,加工性可能会明显降低。此外,在成本上也变得不利,因此将上限设为0.1%。另外,优选Al为0.05%以下,进一步优选Al为0.04%以下。

[0050] 此外,Al以AlN的形式固定固溶N,其具有控制钢板的常温时效性、涂装烘烤后的硬化量的降低的效果,但当低于0.01%时,无法确保常温非时效性,并且有成型、涂装烘烤后的屈服强度降低的倾向。另外,优选Al为0.02%以上,进一步优选Al为0.03%以上。

[0051] (Mo:0.005%以上且0.20%以下)

[0052] Mo是对提高烘烤硬化性有用的元素,且在本发明中是对抑制碳化物和氮化物的粗大化(成长)有用的元素。如上所述,涂装烘烤后,在位错未分布的部位,固溶C、固溶N会作为碳化物、氮化物析出。由于该碳化物、氮化物自身较硬,因此强度会暂时上升,但当碳化物、氮化物成长而进一步粗大化时,屈服强度会降低,产生时效劣化。此外,Mo是对确保原材料的常温非时效性极为有效的元素。当Mo的含量低于0.005%时,无法得到防止涂装烘烤后的时效劣化的效果,因此将下限设为0.005%。另外,优选Mo为0.03%以上,进一步优选Mo为0.05%以上。

[0053] 另一方面,当Mo含量过多时,强度变得过高,可能会损害加工性。此外,烘烤硬化性也会降低,从而价格高且经济上也变得不利,因此将上限设为0.2%。

[0054] (N :0.001% 以上且 0.005% 以下)

[0055] 将 N 的含量设为 0.005% 以下是因为 :当添加超过 0.005% 的 N 时,若不增加 Ti 的添加量就难以确保必要的原材料的常温非时效性。并且,还因为 :无法抑制成型、涂装烘烤后的屈服强度的时效降低,而且强度变高,从而可能会损害加工性。另外,优选 N 为 0.004% 以下。

[0056] 另一方面,当减少 N 的含量时,烘烤硬化性可能会降低,因此设为 0.001% 以上。另外,优选 N 为 0.002% 以上。

[0057] (Cr :0.005% 以上且 0.20% 以下)

[0058] Cr 具有下述作用 :抑制时效中钢板中的析出物的粗大化,并且还改善常温非时效性。然而,当 Cr 过多添加时,有降低烘烤硬化量的效果,而且强度变高,可能会损害加工性,因此将上限设为 0.2%。另外,优选 Cr 为 0.1% 以下,进一步优选 Cr 为 0.05% 以下。

[0059] 当 Cr 的含量过少时,上述效果小,因此宜为 0.005% 以上。另外,优选 Cr 为 0.01% 以上,进一步优选 Cr 为 0.03% 以上。

[0060] (Ti :0.002% 以上且 0.10% 以下)

[0061] (Nb :0.002% 以上且 0.10% 以下)

[0062] Ti 和 Nb 都是用于获得 Nb-Ti-IF 钢这种加工性(或者还包括镀覆性)良好的钢所需的元素。但是,当大量含有 Ti 和 Nb 时,BH 量减少,进而再结晶温度上升,可能会损害加工性,因此 Ti 和 Nb 的上限设为 0.10%。另外,Ti 的含量优选为 0.08% 以下,进一步优选为 0.01% 以下。Nb 的含量优选为 0.07% 以下,进一步优选为 0.05% 以下。

[0063] 此外,将 Ti 和 Nb 的下限设为 0.002% 是因为 :当低于 0.002% 时,铁素体粒径增大,调质轧制后的钢板内的位错密度的不均匀性增大,其结果是,难以抑制成型、涂装烘烤后的屈服强度的降低。另外,当低于 0.002% 时,难以通过固定固溶 C、固溶 N 来确保原材料的常温非时效性。此外,Ti 的含量优选为 0.003% 以上。Nb 的含量优选为 0.003% 以上,进一步优选为 0.005% 以上。

[0064] (P :0.003% 以上且 0.10% 以下)

[0065] P 与 Si、Mn 同样地是对提高钢板的强度有用的元素,但当大量含有时,强度变得过高,可能会损害加工性。另外,在实施镀锌的情况下,锌难以附着,可能会损害密合性。此外,P 是在晶界浓化而容易引起晶界脆化的元素,因此将上限设为 0.10%。另外,优选 P 为 0.06% 以下,进一步优选 P 为 0.04% 以下。

[0066] 另外,当 P 的含量过少时,会导致炼钢阶段的成本上升,此外烘烤硬化性可能会降低,因此宜为 0.003% 以上。另外,优选 P 为 0.01% 以上,进一步优选 P 为 0.02% 以上。

[0067] (S :0.0005% 以上且 0.020% 以下)

[0068] S 是作为杂质存在于钢中的元素,且会形成 TiS 而减少有效的 Ti。另外,若添加超过 0.02%,则在热轧时会引起红脆性,可能会引起钢板表面开裂这样的所谓的热脆性,因此优选尽量减少。另外,优选 S 为 0.01% 以下,进一步优选 S 为 0.005% 以下。

[0069] 此外,当 S 的含量过少时,会导致炼钢阶段的成本上升,并且烘烤硬化性可能会降低,因此宜为 0.0005% 以上。另外,优选 S 为 0.002% 以上。

[0070] 另外,S 和 P 是不可避免的杂质,优选尽量减少。

[0071] 此外,在本发明中,除上述元素外,还可以在 0.005% 以下的范围内添加 B。

[0072] 本发明者们发现：在B单独的情况下效果小，但通过与上述Mo复合添加，可以满足烘烤硬化性和常温非时效性这两个特性。

[0073] 特别是当添加了超过0.006%的C时，有时可见常温非时效性稍有劣化的倾向，但若此时添加B，则有常温非时效性被改善的倾向。然而，即使过多地添加B，其效果也会饱和，成本上变得不利。另外，由于总拉伸降低、钢材的性能劣化，因此优选将上限设为0.005%。

[0074] 另外，B添加的下限没有特别限制，但为了改善常温非时效性且防止发生屈服点拉伸，优选将下限设为0.0002%。另外，优选B为0.0004%以上，进一步优选B为0.0006%以上。

[0075] 另外，在本发明中，除上述元素外，还可以在总含量为0.3%以下的范围内添加选自Cu、Ni、Sn、W、V中的一种或两种以上。

[0076] Ni、Sn、Cu、W、V分别是提高钢强度的元素。然而，当过多地添加这些元素时，可能会损害加工性，因此优选将选自Cu、Ni、Sn、W、V中的一种或两种以上的总含量的上限设为0.3%。另外，进一步优选选自Cu、Ni、Sn、W、V中的一种或两种以上的总含量为0.15%以下。

[0077] 此外，选自Cu、Ni、Sn、W、V中的一种或两种以上的总含量的下限没有特别限制，但为了在热处理时获得提高强度的效果，优选为0.005%以上。另外，进一步优选选自Cu、Ni、Sn、W、V中的一种或两种以上的总含量为0.01%以上。

[0078] 在本发明中，除上述元素外，还可以在总计0.02质量%以下的范围内添加选自Ca、Mg、REM中的一种或两种以上。

[0079] Ca、Mg及REM是对控制氧化物及硫化物的形态有效的元素，具有提高成型性的效果。这些元素的含量的下限没有特别规定，但为了有效地对形态进行控制，Ca含量、Mg含量及REM含量优选以总量计为0.0005%以上。另一方面，当过多地添加时，氧化物及硫化物量变得过大而成型性降低，因此Ca含量、Mg含量及REM含量优选以总量计为0.02%以下。另外，本发明中的REM是指La及镧系的元素。

[0080] 另外，本发明中的应变时效硬化型钢板优选铁素体分率为98%以上。除铁素体以外的剩余部分是珠光体及贝氏体中的一种或两种。当铁素体分率低于98%而增加珠光体或贝氏体时，加工性降低，因此优选将铁素体分率设为98%以上。

[0081] 此外，本发明中的应变时效硬化型钢板优选铁素体的平均粒径为5~30 μm 的范围内。这样使钢板中的铁素体粒径微细且均匀地分布具有使后述的位错更均匀地分散的效果。

[0082] 然而，当铁素体的平均粒径低于5 μm 时，由于原材料的屈服强度增加，因此在压制成型加工后会发生被称为平面变形的起皱，而且成型、涂装烘烤后的耐时效性降低。另一方面，当铁素体平均粒径超过30 μm 时，无法充分确保板厚的1/2厚部分的位错密度，而且钢板内的位错密度的不均匀性增大，成型、涂装烘烤后的耐时效性降低。因此，优选将铁素体平均粒径的适当范围设为5~30 μm 。

[0083] 另外，大量的电子显微镜观察的结果表明：位错分布会使常温时效特性、烘烤硬化性及涂装烘烤后的耐时效特性大为改变。

[0084] 本发明者们对常温时效特性、烘烤硬化性、涂装烘烤后的耐时效特性良好的样品进行了电子显微镜观察。其结果发现：当板厚的1/2厚部分以及表层部分的位错密度的最

低值分别为 $5 \times 10^{12}/\text{m}^2$ 以上、而且平均位错密度为 $5 \times 10^{12} \sim 1 \times 10^{15}/\text{m}^2$ 的范围内时, 现有技术即成型、涂装烘烤后的压痕特性的经时降低或屈服强度的降低得到抑制。此外, 还明确得知: 当具有上述范围内的位错密度时, 压制成型性优异, 而且可获得一定量的涂装烘烤硬化量。

[0085] 以下, 对上述位错密度的最低值以及平均位错密度的限定理由进行说明。

[0086] 当板厚的 1/2 厚部分以及表层部分的位错密度过小时, 无法充分获得抑制涂装烘烤后碳化物析出的效果, 可能会由经时变化而引起屈服强度降低即压痕性劣化, 因此优选将板厚的 1/2 厚部分以及表层部分的位错密度的最低值分别设为 $5 \times 10^{12}/\text{m}^2$ 以上。

[0087] 另外, 当平均位错密度低于 $5 \times 10^{12}/\text{m}^2$ 时, 除了涂装烘烤后由经时变化引起的屈服强度降低即压痕性劣化外, 还有原材料的常温非时效性降低的倾向。原材料的常温非时效性降低的原因虽然还不清楚, 但可以认为是因为: 由于相对于固溶 C 来说位错密度小, 因此通过常温时效而较容易在钢板中移动的可动位错被迅速固定。

[0088] 此外, 当平均位错密度超过 $1 \times 10^{15}/\text{m}^2$ 时, 明确可知: 钢板的拉伸降低, 不仅在压制成型时会产生裂纹, 而且烘烤硬化性会降低。其原因尚不清楚, 但可以认为是因为: 由于涂装烘烤处理前的初期位错密度高, 因此在涂装烘烤处理中无法将可动位错固定。

[0089] 另外, 位错密度 ρ 通过下述方法来测定: 从距离钢板表层为 $500 \mu\text{m}$ 以内的区域和钢板的 1/2 厚度部分分别切取透射电子显微镜 (TEM) 用的薄膜试样来制作试样, 接着利用透射电子显微镜进行图像观察, 利用 $\rho = 2N/(Lt)$ 来计算位错密度。这里, 如图 3 所示, L 是在 TEM 照片上绘制的彼此正交的平行线 5、5 的总线长, N 是这些线 5 与位错线交叉的数, t 是薄膜试样的厚度。t 的值可以精确地求出, 但通常可以简单地使用 $0.1 \mu\text{m}$ 的值。另外, 关于图像观察, 在距离钢板表层为 $500 \mu\text{m}$ 以内的区域和钢板的 1/2 厚度部分分别对 3 个薄膜试样进行观察, 对 3 个试样的可观察区域内的位错密度的最低部分和 3 个试样的平均位错密度进行测定。

[0090] 另外, 本发明中的应变时效硬化型钢板优选的是: 涂装烘烤后的时效后屈服强度 σ_f 不比涂装烘烤刚结束后的屈服强度 σ_s 低 20MPa 以上。即, 优选 $\sigma_f > \sigma_s - 20\text{MPa}$ 。这里, 参照图 2 对涂装烘烤后的时效后屈服强度 σ_f 及涂装烘烤刚结束后的屈服强度 σ_s 进行说明。

[0091] 图 2 (A)、(B) 是示意性地表示本发明中的应变时效硬化型钢板的涂装烘烤处理后的屈服强度的经时变化的曲线图。

[0092] 如图 2 (A) 所示, 将涂装烘烤处理刚结束后的屈服强度设为 σ_s , 将 $150^\circ\text{C} \times 150$ 小时的加速时效试验 (加速时效热处理) 后的时效后屈服强度设为 σ_f 。另外, 本发明者们发现: 当时效后屈服强度 σ_f 低于屈服强度 $\sigma_s - 20\text{MPa}$ 时 (参照图 2 (A) 中的曲线 (2)), 压痕性大为降低。因此, 在本实施方式中, 优选该时效后屈服强度 σ_f 大于屈服强度 $\sigma_s - 20\text{MPa}$ (参照图 2 (A) 中的曲线 (1))。

[0093] 这里, 加速时效试验的条件以与使用本发明的应变时效硬化型钢板的产品的实际使用环境相当的方式来进行设定。在本实施方式中, 将满足这样的条件的 $150^\circ\text{C} \times 150$ 小时的热处理作为加速时效试验。

[0094] 另外, 在本实施方式中, 如图 2 (B) 的曲线 (1)、曲线 (2) 所示, 在涂装烘烤处理后, 有时屈服强度会暂时上升。这可以认为是根据钢板的碳含量的不同而产生的。但是, 即使

在这种情况下,也只要时效后屈服强度 σ_f 大于屈服强度 $\sigma_s - 20\text{MPa}$ 即可。由于即使涂装烘烤处理后屈服强度暂时上升也可以获得本发明的效果,因此没有关系。

[0095] 然而,如图 2 (B) 中的曲线(3)所示,即使如上所述那样屈服强度暂时上升,也不能说时效后屈服强度 σ_f 低于屈服强度 $\sigma_s - 20\text{MPa}$ 的情况是满足本实施方式的。

[0096] 进而,本发明中的应变时效硬化型钢板可以是冷轧钢板、热浸镀锌板、合金化热浸镀锌板、电镀钢板、各种表面处理钢板中的任一种,均可以获得发明效果。作为镀层,可以是锌、铝、锡、铜、镍、铬或以它们为主体的合金镀层中的任一种,还可以包含除上述以外的元素。另外,当对这些钢板的至少一个面施加含有锌的层时,可以防止温热成型(例如温热压制成型)中的氧化和脱炭,可以更有效地获得本发明的效果。

[0097] 而且,在至少一个表面上含有锌的层可以通过电镀法、热浸镀法、涂布法、蒸镀法等中的任一方法来施加,其方法不受限制。此外,在含有锌的层中可以含有除锌以外的元素。

[0098] 另外,本发明的钢板进一步优选为能够较容易地得到上述细小晶体粒径的冷轧钢板。

[0099] 接着,对本发明的涂装烘烤后的耐时效性优异的应变时效硬化型钢板的制造方法进行说明。另外,本发明的应变时效硬化型钢板不限于利用该制造方法制造的钢板。

[0100] 在本发明的制造方法中,在作为钢板生产工序的最终阶段的调质轧制之前,在退火温度为 $700 \sim 850^\circ\text{C}$ 的范围内进行退火,接着,进行 $700 \sim 500^\circ\text{C}$ 间的平均冷却速度为 $2^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上的冷却。然后,在下述条件下进行调质轧制:将调质轧制中的轧辊的线载荷设为 A (N/m)、将调质轧制时施加到钢板的张力设为 B (N/m^2) 时,线载荷 A 满足 $1 \times 10^6 \sim 2 \times 10^7 \text{N}/\text{m}$, 张力 B 满足 $1 \times 10^7 \sim 2 \times 10^8 \text{N}/\text{m}^2$, 且张力 B/ 线载荷 A 满足 $2 \sim 120$, 而且轧制率为 $0.2 \sim 2.0\%$ 。

[0101] 以下,对上述制造条件的限定理由进行说明。

[0102] 首先,将调整成上述成分的钢水用连续铸造法制成铸坯或钢坯、或者用铸锭法制成钢坯,在高温的状态下不进行加热而实施热轧或加热后实施热轧。

[0103] 另外,为了更有效地获得本发明的效果,优选在热轧后,实施脱氧化皮处理,进行冷轧而制成冷轧钢板。

[0104] 进而,可以在其后进行退火而制成冷轧钢板,但进一步优选退火后,对冷轧钢板的至少一个表面实施镀锌,从而形成含有锌的层,制成热浸镀锌钢板、合金化热浸镀锌钢板、电镀锌钢板。

[0105] 另外,含有锌的层可以通过电镀法、热浸镀法、涂布法、蒸镀法等任一方法来形成,其方法不受限制。

[0106] 此外,在本发明中,钢板板厚没有限制,但板厚为 $0.4 \sim 6\text{mm}$ 是特别有效的。

[0107] 另外,本发明中的退火优选在下述条件下进行:退火温度为 $700 \sim 850^\circ\text{C}$ 的范围内,且 $700 \sim 500^\circ\text{C}$ 间的平均冷却速度为 $2^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上。这是因为:当退火温度在该范围外时,可能无法将固溶 C、固溶 N 控制成适宜的量,或者可能难以使具有抑制涂装烘烤后碳化物析出的作用的 Mo 存在于晶粒内。进而,当退火温度过高时,晶体粒径还可能会变得粗大,因此退火温度及平均冷却速度优选在上述范围内。

[0108] 另外,在本发明中,为了得到适宜的晶体粒径,优选将上述退火温度范围内的保持

时间设为 20 ~ 280 秒。

[0109] 接着,制成冷轧钢板、镀锌钢板、合金化热浸镀锌钢板,然后进行调质轧制。

[0110] 在本发明中,调质轧制的条件优选:将调质轧制时的线载荷设为 A (N/m)、将调质轧制时施加到钢板的张力设为 B (N/m²)时,A 满足 $1 \times 10^6 \sim 2 \times 10^7$ N/m, B 满足 $1 \times 10^7 \sim 2 \times 10^8$ N/m²,且 B/A 满足 2 ~ 120,而且轧制率为 0.2 ~ 2.0%。

[0111] 当线载荷 A 低于 1×10^6 N/m 时,钢板中的位错导入量少,不仅会发生由经时变化引起的屈服强度降低即压痕性劣化,而且还有原材料的常温非时效性降低的倾向。

[0112] 另外,当线载荷 A 超过 2×10^7 N/m 时,由于平均位错密度增大,因此钢板的拉伸降低,不仅在压制成型时会发生开裂,而且烘烤硬化性可能会降低。

[0113] 当张力 B 低于 1×10^7 N/m²时,钢板形状差,例如在作为汽车用的外板使用时,有时是不适合的。

[0114] 另外,当张力 B 超过 2×10^8 N/m²时,可能会发生钢板断裂,在生产率上是不适合的。

[0115] 这里,B/A 是影响钢板内的位错密度均匀性的本发明中最重要的参数。当该 B/A 低于 2 时,位错无法被导入至板厚中心部,会产生由成型、涂装烘烤后的经时变化引起的屈服强度降低即压痕性劣化。另一方面,即使 B/A 超过 120,有时板厚中心部的位错导入也是不充分的,还有时钢板面内的位错密度的不均匀性会增加,从而会产生由成型、涂装烘烤后的经时变化引起的屈服强度降低即压痕性劣化。

[0116] 另外,当调质轧制率低于 0.2% 时,钢板内的位错导入量变得不充分,不仅原材料的常温非时效性降低,而且成型后的位错密度的不均匀性增大。因此,可能会产生由涂装烘烤后的经时变化引起的屈服强度降低即压痕性劣化。

[0117] 另一方面,当调质轧制率超过 2.0% 时,不仅钢板的延展性可能会劣化、成型性可能会降低,而且涂装烘烤硬化量也可能会减少。

[0118] 通过如此设定调质轧制的条件,可以赋予钢板均匀且足够的应变量。其结果是,可以确保能够充分获得烘烤硬化性的位错密度,而且还可以使位错均匀地分布。因此,可以抑制成为涂装烘烤后的时效退化的原因的碳化物和氮化物的析出。

[0119] 接着,在调质轧制后,进行加工成型例如拉深加工等压制成型加工。压制成型法没有特别规定,可以施加拉深加工、鼓凸成型加工、弯曲加工、减薄拉深加工、冲压加工等。

[0120] 根据以上说明的本发明的应变时效硬化型钢板,通过上述成分及构成,即可在压制成型前的阶段赋予足够的应变量。其结果是,可以确保足够的位错密度,因而可以使固溶 C、固溶 N 稳定地固定于位错中。由此,可以充分获得烘烤硬化性。

[0121] 进而,可以使 2% 预应变中的涂装烘烤硬化量提高至 30MPa 以上。

[0122] 另外,对于本发明的应变时效硬化型钢板而言,由于通过调质轧制均匀地赋予了应变,因此可以提高位错分布的均匀性。其结果是,可以减少未导入位错的部分,从而可以抑制被认为是涂装烘烤后时效劣化原因的碳化物和氮化物的析出。其结果是,可以使涂装烘烤后的时效后屈服强度超过涂装烘烤刚结束后的屈服强度 -20MPa。也就是说,可以大为抑制因涂装烘烤后的时效引起的屈服强度的降低量,进而可以防止压痕性的劣化。

[0123] 此外,根据本发明的应变时效硬化型钢板,可以获得室温非时效特性,因此可以提高压制成型性。

[0124] 另外,根据本发明的应变时效硬化型钢板的制造方法,通过在上述退火条件下进

行退火,可以使 Mo 以固溶状态存在于晶粒内。存在于粒内的 Mo 由于具有抑制涂装烘烤后的碳化物析出的作用,其结果是,可以进一步提高涂装烘烤后的耐时效劣化性。进而,还可以将钢板中的固溶 C、固溶 N 控制成适宜的量,可以提高烘烤硬化性、耐时效劣化。

[0125] 另外,即使碳化物或氮化物析出,由于添加了 Mo,因此碳化物或氮化物的粗大化也能够得到抑制。由此,可以防止由碳化物或氮化物的粗大化引起的屈服强度降低或压痕性降低。

[0126] 另外,通过使钢板中的铁素体粒径微细地分布,可以使位错更均匀地分布。

[0127] 实施例

[0128] 以下,用实施例对本发明的效果进行说明,但本发明并不局限于以下的实施例中使用的条件。

[0129] 在本实施例中,首先将表 1 及表 2 中所示成分的钢进行熔炼,通过连续铸造按照常规方法制成板坯。接着,在加热炉中加热至 1200℃,在 900℃ 的终轧温度下进行热轧,在 700℃ 的温度下卷取,然后实施酸洗,制成热轧钢板。

[0130] 接着,以 80% 的压下率对热轧钢板进行冷轧,然后在表 3 及表 4 所示的条件下进行再结晶退火。另外,此时得到的钢板的板厚示于表 3 及表 4。

[0131] 然后,对于一部分钢板的表面,在表 3 及表 4 所示的条件下实施镀覆,对钢板的表层施加含有锌的层。

[0132] 接着,使用实施了镀覆的钢板进行调质轧制,制成具有如表 5 及表 6 所示的铁素体平均粒径,最小位错密度及平均位错密度的冷轧钢板。另外,此时的线载荷 A、张力 B 及轧制率的各条件示于表 3 及表 4。

[0133] 然后,进行常温非时效性的评价试验。具体而言,作为加速时效条件进行 100℃ × 60 分钟的热处理,然后使用通过上述制法得到的各冷轧钢板来制作 JIS5 号试验片。使用该试验片进行拉伸试验,测定屈服点拉伸(YPEL)的量。结果如表 5 及表 6 所示。另外,当 YPEL 量超过 0.5% 时,在调质轧制后进行的压制成型中会出现被称作拉伸应变的图案缺陷,不适合作为外板,因此将 YPEL 量超过 0.5% 的试验片判断为 NG (不合格)。

[0134] 接着,通过测定 BH 量来进行烘烤硬化性的评价试验。首先,使用通过上述制法得到的各冷轧钢板来制作 JIS5 号试验片,附加 2% 的拉伸预应变,然后在保持 170℃ × 20 分钟的条件实施相当于涂装烘烤的热处理,测定涂装烘烤硬化量(BH)量。将该结果示于表 5 及表 6。另外,在本评价中,将低于日本铁联(一般社团法人日本铁钢联盟:The Japan Iron and Steel Federation)规格中作为涂装烘烤硬化型钢板所需的 BH 量规定的 30MPa 的试验片判断为 NG。

[0135] 然后,进行耐时效特性的评价试验。具体而言,通过测定涂装烘烤处理前后的与压痕性相关的屈服强度的经时变化来进行耐时效特性的评价试验。具体来说,对上述热处理后的试验片,进行与使用了本发明的应变时效硬化型钢板的产品的实际使用环境相当的加速时效试验,测定时效中的屈服强度变化。

[0136] 首先,试验片使用 JIS5 号试验片,在附加 2% 的拉伸预应变后,进行 170℃ × 20 分钟的相当于涂装烘烤的热处理。接着,作为加速时效试验,在 150℃、150 小时的条件下进行热处理,然后通过拉伸试验测定加速时效后的屈服强度,并测定加速时效试验前后的屈服强度的降低量。另外,关于耐时效特性的评价方法,当该降低量(加速时效前屈服强度 - 加

[0139]

表2

	成分组成 (质量%)																备注	
	C	Si	Mn	P	S	Al	Mo	Ti	Nb	Ni	Cu	Cr	N	Sn	W	V		B
实施例31	0.0055	0.7	0.5	0.03	0.003	0.04	0.15	0.025	0.007	0.002	0.03	0.002	0.002	—	—	—	—	—
实施例32	0.0082	0.02	0.2	0.06	0.003	0.05	0.18	0.003	0.07	0.003	0.04	0.003	0.003	—	—	—	0.0004	—
实施例33	0.0082	0.02	0.2	0.06	0.003	0.05	0.18	0.003	0.07	0.003	0.04	0.003	0.003	—	—	—	0.0004	—
实施例34	0.0084	0.02	0.2	0.06	0.003	0.05	0.18	0.003	0.07	0.003	0.04	0.003	0.003	—	—	—	—	—
实施例35	0.0017	0.01	0.6	0.03	0.002	0.03	0.05	0.01	0.007	0.002	0.18	—	—	—	—	—	—	—
实施例36	0.0017	0.01	0.6	0.03	0.002	0.03	0.05	0.01	0.007	0.002	0.18	—	—	—	—	—	—	—
实施例37	0.0017	0.01	0.6	0.03	0.002	0.03	0.05	0.01	0.007	0.002	0.18	—	—	—	—	—	—	—
实施例38	0.0017	0.01	0.6	0.03	0.002	0.03	0.05	0.01	0.007	0.002	0.18	—	—	—	—	—	—	—
实施例39	0.0062	0.1	0.8	0.03	0.003	0.04	0.13	0.08	0.003	0.002	0.03	0.02	0.01	—	—	—	0.002	—
实施例40	0.002	1.5	0.2	0.02	0.003	0.03	0.002	0.01	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例41	0.002	0.02	1.3	0.02	0.003	0.03	0.002	0.01	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例42	0.002	0.02	0.2	0.12	0.003	0.03	0.002	0.01	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例43	0.002	0.02	0.2	0.02	0.025	0.03	0.002	0.01	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例44	0.002	0.02	0.2	0.02	0.003	0.004	0.1	0.01	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例45	0.002	0.02	0.2	0.02	0.003	0.15	0.002	0.01	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例46	0.002	0.02	0.2	0.02	0.003	0.03	0.002	0.01	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例47	0.002	0.02	0.2	0.02	0.003	0.03	0.42	0.01	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例48	0.002	0.02	0.2	0.02	0.003	0.03	0.1	0.001	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例49	0.002	0.02	0.2	0.02	0.003	0.03	0.1	0.15	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例50	0.002	0.02	0.2	0.02	0.003	0.03	0.1	0.01	0.001	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例51	0.002	0.02	0.2	0.02	0.003	0.03	0.1	0.01	0.01	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例52	0.002	0.02	0.2	0.02	0.003	0.03	0.1	0.01	0.005	0.007	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例53	0.002	0.02	0.2	0.02	0.003	0.03	0.1	0.01	0.005	0.002	0.001	—	—	—	—	—	—	—
实施例54	0.002	0.02	0.2	0.02	0.003	0.03	0.1	0.01	0.005	0.002	0.3	—	—	—	—	—	—	—
实施例55	0.002	0.02	0.2	0.02	0.003	0.03	0.002	0.01	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例56	0.002	0.02	0.2	0.02	0.003	0.03	0.002	0.01	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	0.007	—
实施例57	0.013	0.02	0.7	0.03	0.002	0.03	0.03	0.006	0.005	0.003	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例58	0.04	0.02	1.9	0.03	0.002	0.04	0.03	0.006	0.005	0.003	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例59	0.0006	0.02	0.5	0.03	0.003	0.03	0.1	0.01	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例60	0.002	0.003	0.5	0.03	0.003	0.03	0.1	0.01	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例61	0.002	0.02	0.06	0.03	0.003	0.03	0.1	0.01	0.005	0.002	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例62	0.002	0.02	0.5	0.03	0.003	0.03	0.1	0.01	0.005	0.0007	0.05	—	—	—	—	—	—	—
实施例63	0.0015	0.02	0.1	0.01	0.003	0.03	0.1	0.01	0.005	0.002	0.02	—	—	—	—	0.1	0.05	—
实施例64	0.0015	0.02	0.1	0.01	0.003	0.03	0.1	0.01	0.005	0.002	0.02	—	—	—	—	—	—	Ca:0.002 Mg:0.002
实施例65	0.0015	0.02	0.1	0.01	0.003	0.03	0.1	0.01	0.005	0.002	0.02	—	—	—	—	—	—	La:0.001 Ce:0.004

[0140] 表3

	退火条件			板厚 (mm)	镀锌条件			调质轧制条件			
	退火温度 (°C)	保持时间 (秒)	平均冷却速度 (°C/秒)		镀锌法	镀锌 浴温度 (°C)	合金化处理 温度 (°C)	线载荷 A (N/m)	张力 B (N/m)	B/A	轧制率 (%)
实验例1	800	60	40	0.6	无	—	—	4×10^6	8×10^7	20	1
实验例2	870	60	40	0.6	无	—	—	4×10^6	8×10^7	20	1
实验例3	650	60	40	0.6	无	—	—	4×10^6	8×10^7	20	1
实验例4	800	60	1	0.6	无	—	—	4×10^6	8×10^7	20	1
实验例5	800	60	3	0.6	无	—	—	4×10^6	8×10^7	20	1
实验例6	800	60	40	0.6	无	—	—	5×10^6	1×10^7	20	1
实验例7	800	60	40	0.6	无	—	—	5×10^7	1×10^7	0.2	1
实验例8	800	60	40	0.6	无	—	—	4×10^6	4×10^6	1	1
实验例9	800	60	40	0.6	无	—	—	4×10^6	3×10^8	75	1
实验例10	800	60	40	0.6	无	—	—	1×10^7	1×10^7	1	1
实验例11	800	60	40	0.6	无	—	—	1×10^8	2×10^8	200	1
实验例12	800	60	40	0.6	无	—	—	8×10^5	1×10^8	125	1
实验例13	800	60	40	0.6	无	—	—	3×10^7	1×10^6	3.3	1
实验例14	800	60	40	0.6	无	—	—	2×10^5	1.5×10^7	7.5	1
实验例15	800	60	40	0.6	无	—	—	1×10^8	2×10^7	20	1
实验例16	800	60	40	0.6	无	—	—	5×10^7	1.5×10^8	3	1
实验例17	800	60	40	0.6	无	—	—	1.5×10^7	3×10^7	2	1
实验例18	800	60	40	0.6	无	—	—	4×10^6	8×10^7	20	0.1
实验例19	800	60	40	0.6	无	—	—	4×10^6	8×10^7	20	0.4
实验例20	800	60	40	0.6	无	—	—	4×10^6	8×10^7	20	1.7
实验例21	800	60	40	0.6	无	—	—	4×10^6	8×10^7	20	2.4
实验例22	800	60	10	0.6	热浸镀锌	450	—	6×10^6	8×10^7	13.3	1
实验例23	800	60	10	0.6	合金化 热浸镀锌	450	500	8×10^6	8×10^7	10	1
实验例24	820	60	40	0.7	无	—	—	4×10^6	8×10^7	20	1
实验例25	820	300	40	0.7	无	—	—	4×10^6	8×10^7	20	1
实验例26	640	15	40	0.7	无	—	—	6×10^6	8×10^7	13.3	1
实验例27	820	60	50	0.7	无	—	—	2×10^6	1.5×10^7	7.5	1
实验例28	820	60	50	0.8	无	—	—	1×10^6	2×10^7	20	1
实验例29	820	60	50	0.8	无	—	—	2×10^7	1.5×10^8	7.5	1
实验例30	820	60	50	0.8	无	—	—	1.5×10^7	3×10^7	2	1

[0141] 表 4

	退火条件			板厚 (mm)	镀覆条件			调质轧制条件			
	退火温度 (°C)	保持时间 (秒)	平均冷却速度 (°C/秒)		镀覆法	镀锌 浴温度 (°C)	合金化处理 温度 (°C)	线载荷 A (N/m)	张力 B (N/m)	A/B	轧制率 (%)
实验例31	820	60	10	0.8	合金化 热浸镀锌	450	500	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例32	780	60	60	0.8	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例33	780	60	60	0.8	合金化 热浸镀锌	450	530	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例34	800	60	40	0.7	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例35	800	60	40	0.7	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例36	800	60	40	0.7	热浸镀锌	450	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例37	800	60	40	0.7	无	—	—	5×10 ⁵	1×10 ⁷	20	1
实验例38	800	60	40	0.7	无	—	—	5×10 ⁷	1×10 ⁷	0.2	1
实验例39	800	60	40	0.7	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1.4
实验例40	800	60	40	0.7	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例41	800	60	40	0.7	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例42	800	60	40	0.7	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例43	800	60	40	0.7	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例44	800	60	40	0.7	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例45	800	60	40	0.7	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例46	800	60	40	0.7	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例47	800	60	40	0.7	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例48	800	60	40	0.7	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例49	800	60	40	0.7	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例50	800	60	40	0.7	无	—	—	8×10 ⁶	8×10 ⁷	10	1
实验例51	800	60	40	0.7	无	—	—	8×10 ⁶	8×10 ⁷	10	1
实验例52	800	60	40	0.7	无	—	—	8×10 ⁶	8×10 ⁷	10	1
实验例53	800	60	40	0.7	无	—	—	8×10 ⁶	8×10 ⁷	10	1
实验例54	800	60	40	0.7	无	—	—	8×10 ⁶	8×10 ⁷	10	1
实验例55	800	60	40	0.7	无	—	—	8×10 ⁶	8×10 ⁷	10	1
实验例56	800	60	40	0.7	无	—	—	8×10 ⁶	8×10 ⁷	10	1
实验例57	800	60	40	0.7	无	—	—	8×10 ⁶	8×10 ⁷	10	1
实验例58	800	60	40	0.7	无	—	—	8×10 ⁶	8×10 ⁷	10	1
实验例59	800	60	40	0.7	无	—	—	8×10 ⁶	8×10 ⁷	10	1
实验例60	800	60	40	0.7	无	—	—	8×10 ⁶	8×10 ⁷	10	1
实验例61	800	60	40	0.7	无	—	—	8×10 ⁶	8×10 ⁷	10	1
实验例62	800	60	40	0.7	无	—	—	8×10 ⁶	8×10 ⁷	10	1
实验例63	800	60	40	0.6	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例64	800	60	40	0.6	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1
实验例65	800	60	40	0.6	无	—	—	4×10 ⁶	8×10 ⁷	20	1

[0143]

[0144] 表 5

	铁素体 平均粒径 (μm)	最小位错密度 ($/\text{m}^2$)		平均位错 密度 ($/\text{m}^2$)	YPEL (%)	BH量 (MPa)	BH后的 降低量 (MPa)	备注
		板厚1/2厚 部分	表层部分					
实验例1	20	3×10^{13}	6×10^{13}	8×10^{13}	0	35	10	本发明例
实验例2	35	4×10^{12}	5×10^{13}	7×10^{13}	0.8	35	30	比较例
实验例3	10	3×10^{13}	7×10^{13}	8×10^{13}	0	15	25	比较例
实验例4	20	2×10^{13}	6×10^{13}	7×10^{13}	0	10	30	比较例
实验例5	18	2×10^{13}	6×10^{13}	7×10^{13}	0	30	20	本发明例
实验例6	20	3×10^{12}	8×10^{12}	8×10^{12}	1.8	20	25	比较例
实验例7	19	6×10^{14}	2×10^{15}	4×10^{15}	0	25	10	比较例
实验例8	20	3×10^{12}	2×10^{13}	5×10^{13}	0.7	30	30	比较例
实验例9	21	2×10^{13}	3×10^{13}	4×10^{13}	0	31	13	本发明例
实验例10	20	4×10^{12}	3×10^{13}	3×10^{13}	0	30	30	比较例
实验例11	22	3×10^{12}	4×10^{13}	6×10^{13}	0.6	32	30	比较例
实验例12	19	1×10^{12}	8×10^{12}	1×10^{13}	0.9	31	30	比较例
实验例13	20	2×10^{12}	5×10^{13}	6×10^{13}	0	22	18	比较例
实验例14	20	1×10^{13}	4×10^{13}	6×10^{13}	0	32	12	本发明例
实验例15	21	7×10^{12}	4×10^{13}	8×10^{13}	0	31	12	本发明例
实验例16	21	1×10^{13}	8×10^{13}	1×10^{14}	0	32	11	本发明例
实验例17	19	6×10^{12}	5×10^{13}	7×10^{13}	0	33	8	本发明例
实验例18	20	1×10^{12}	4×10^{12}	4×10^{12}	2.1	34	32	比较例
实验例19	19	6×10^{12}	7×10^{12}	1×10^{13}	0.3	32	17	本发明例
实验例20	20	8×10^{13}	5×10^{14}	7×10^{14}	0	31	11	本发明例
实验例21	20	4×10^{14}	2×10^{15}	5×10^{15}	0	19	19	比较例
实验例22	18	3×10^{13}	7×10^{13}	8×10^{13}	0	33	9	本发明例
实验例23	18	5×10^{13}	8×10^{13}	1×10^{14}	0	32	10	本发明例
实验例24	23	3×10^{13}	7×10^{13}	8×10^{13}	0	33	12	本发明例
实验例25	33	4×10^{12}	6×10^{13}	7×10^{13}	0.3	30	31	比较例
实验例26	4	3×10^{13}	7×10^{13}	8×10^{13}	0.7	32	27	比较例
实验例27	18	1×10^{13}	4×10^{13}	6×10^{13}	0	32	8	本发明例
实验例28	21	7×10^{12}	4×10^{13}	8×10^{13}	0	31	9	本发明例
实验例29	19	1×10^{13}	8×10^{13}	1×10^{14}	0	32	10	本发明例
实验例30	20	6×10^{12}	5×10^{13}	7×10^{13}	0	33	12	本发明例

[0145]

[0146] 表6

	铁素体 平均粒径 (μm)	最小位错密度 ($/\text{m}^2$)		平均位错 密度 ($/\text{m}^2$)	YPEL (%)	BH量 (MPa)	BH后的 降低量 (MPa)	备注
		板厚1/2厚 部分	表层部分					
实验例31	20	3×10^{13}	6×10^{13}	8×10^{13}	0	35	10	本发明例
实验例32	11	3×10^{13}	7×10^{13}	8×10^{13}	0	35	11	本发明例
实验例33	12	4×10^{13}	7×10^{13}	1×10^{14}	0	30	15	本发明例
实验例34	21	1×10^{13}	5×10^{13}	7×10^{13}	0.4	37	18	本发明例
实验例35	21	1×10^{13}	5×10^{13}	7×10^{13}	0	31	14	本发明例
实验例36	19	2×10^{13}	5×10^{13}	8×10^{13}	0	30	13	本发明例
实验例37	19	4×10^{12}	4×10^{13}	6×10^{13}	0.4	22	27	比较例
实验例38	20	6×10^{14}	2×10^{15}	4×10^{15}	0	27	19	比较例
实验例39	20	4×10^{13}	7×10^{13}	8×10^{13}	0	30	8	本发明例
实验例40	20	4×10^{12}	7×10^{13}	8×10^{13}	0.8	30	30	比较例
实验例41	16	3×10^{13}	6×10^{13}	8×10^{13}	1.2	32	24	比较例
实验例42	21	2×10^{13}	5×10^{13}	7×10^{13}	0.9	31	24	比较例
实验例43	17	2×10^{13}	5×10^{13}	7×10^{13}	1.1	29	21	比较例
实验例44	24	6×10^{13}	7×10^{13}	7×10^{13}	0.8	30	21	比较例
实验例45	23	1×10^{13}	7×10^{13}	8×10^{13}	0.8	32	29	比较例
实验例46	22	8×10^{12}	3×10^{13}	7×10^{13}	1.4	30	24	比较例
实验例47	16	4×10^{13}	8×10^{13}	1×10^{14}	0	25	8	比较例
实验例48	32	2×10^{12}	2×10^{13}	5×10^{13}	0.6	30	24	比较例
实验例49	12	4×10^{13}	8×10^{13}	1×10^{14}	0	9	8	比较例
实验例50	32	2×10^{12}	1×10^{13}	4×10^{13}	0.6	32	24	比较例
实验例51	10	4×10^{13}	7×10^{13}	1×10^{14}	0	8	9	比较例
实验例52	20	4×10^{12}	2×10^{13}	7×10^{13}	1.5	32	23	比较例
实验例53	20	2×10^{13}	7×10^{13}	8×10^{13}	0.6	31	12	比较例
实验例54	20	3×10^{13}	6×10^{13}	1×10^{14}	0	26	13	比较例
实验例55	22	9×10^{13}	7×10^{13}	1×10^{14}	0.6	33	25	比较例
实验例56	18	6×10^{13}	7×10^{13}	1×10^{14}	0.8	30	24	比较例
实验例57	17	3×10^{13}	7×10^{13}	1×10^{14}	1.4	43	26	比较例
实验例58	11	4×10^{13}	7×10^{13}	1×10^{14}	0.9	46	38	比较例
实验例59	20	3×10^{13}	8×10^{13}	9×10^{13}	0	27	6	比较例
实验例60	20	2×10^{13}	5×10^{13}	7×10^{13}	0	26	13	比较例
实验例61	20	4×10^{13}	5×10^{13}	7×10^{13}	0	28	12	比较例
实验例62	20	2×10^{13}	6×10^{13}	8×10^{13}	0	27	9	比较例
实验例63	18	5×10^{13}	6×10^{13}	9×10^{13}	0	36	10	本发明例
实验例64	20	3×10^{13}	6×10^{13}	8×10^{13}	0	35	10	本发明例
实验例65	20	3×10^{13}	6×10^{13}	8×10^{13}	0	35	10	本发明例

[0147] 如表 5 及表 6 所示,对于在本发明的范围内的本发明例而言,在常温非时效性、烘烤硬化性及耐时效性上分别都得到了良好的结果。

[0148] 另一方面,在实验例 2 中,由于退火温度超出了本发明的范围,因此晶体粒径变粗大,其结果是,在板厚 1/2 厚部分未能得到足够的位错密度。另外,在实验例 3 中,未能得到

足够的烘烤硬化性及耐时效特性。这可以认为是因为：由于退火温度低于本发明的范围，因此无法充分确保固溶 C 及固溶 N，进而无法使 Mo 在晶粒内充分存在。

[0149] 在实验例 4 中，由于平均冷却速度过慢，因此与实验例 3 同样地未能获得足够的 BH 量和耐时效特性。

[0150] 在实验例 6、12、37 中，由于线载荷 A 过小，因此无法获得足够的位错密度，其结果是，尤其未能满足耐时效性。另外，在实验例 7、38 中，由于线载荷 A 过大，因此平均位错密度大幅增加，未能获得足够的烘烤硬化性。

[0151] 另外，在实验例 8 中，由于张力 B 过小，其结果是，B/A 的值变小，位错没有被导入至钢板中心部，未能获得充分的耐时效性。

[0152] 此外，实验例 9 虽然常温非时效性、烘烤硬化性及耐时效性均获得了满意的结果，但由于张力 B 的值过大，因此钢板在通过时断裂。

[0153] 在实验例 10、11 中，线载荷 A、张力 B 均在本发明的范围内，而 B/A 的值在本发明的范围外。其结果是，实验例 10、11 中，位错均没有被导入至钢板中心部，未能获得充分的耐时效性。

[0154] 在实验例 13 中，虽然 B/A 的值在范围内，但线载荷 A 过大，因此未能获得充分的烘烤硬化性。

[0155] 在实验例 18 中，由于轧制率过低，因此钢板中没有导入足够的位错，而且位错分布的不均匀性增大。其结果是，YPEL 大幅增加，且未能获得充分的耐时效性。

[0156] 另外，在实验例 21 中，由于轧制率过高，因此平均位错密度大幅增加，未能获得足够的烘烤硬化性。

[0157] 在实验例 25 中，由于退火中的保持时间过长，因此晶体粒径变粗大，其结果是，在板厚 1/2 厚部分未能得到足够的位错密度。另外，在实验例 26 中，由于退火温度低且保持时间也短，因此晶体粒径未能成长至本发明的范围内，其结果是，未能获得足够的常温非时效性及耐时效性。

[0158] 在实验例 40 ~ 43、45、46 中，由于 Mo 的含量低于本发明的范围，因此 YPEL 大幅增加，且烘烤处理后的屈服强度的降低量也变多。这可以认为是因为：对抑制碳化物、氮化物的成长有效的 Mo 少，因此涂装烘烤后碳化物、氮化物成长，产生了时效劣化。另外，还可以认为是因为：Mo 是对确保常温非时效性有效的元素，但由于含量不足，因此 YPEL 大幅增加。

[0159] 另外，实验例 40 ~ 42、45 的 YPEL 增大还可以认为是因为：对提高钢板的强度有效的元素 Si、Mn、P 及 Al 的含量为超出了本发明的范围的含量。

[0160] 此外，实验例 43 的 YPEL 增大可以认为是因为：S 的含量增多，将固溶 C、固溶 N 固定，使对确保常温非时效性有效的 Ti 减少。

[0161] 在实验例 44 中，可以认为由于以 AlN 的形式将固溶 N 固定而具有抑制常温时效性的效果的 Al 的含量过少，因此 YPEL 增大。

[0162] 在实验例 47 中，可以认为由于 Mo 的含量过多，因此强度变得过高，其结果是，烘烤硬化性降低。

[0163] 实验例 48 中 Ti 的含量、实验例 50 中 Nb 的含量分别过少，因此晶体粒径变粗大，未能确保足够的位错密度。其结果是，未能确保涂装烘烤后的耐时效性。另外，关于 YPEL 的增大，可以认为是因为：对确保常温非时效性有效的元素 Ti、Nb 的含量过少。

[0164] 另外,可以认为实验例 49 中 Ti 的含量、实验例 51 中 Nb 的含量分别过多,因此烘烤硬化性降低。

[0165] 在实验例 52 中,可以认为由于 N 的含量相对于 Ti 的含量过多,因此 YPEL 增大。

[0166] 在实验例 53 中,YPEL 增大。这可以认为是因为对确保常温非时效性有效的元素 Cr 的含量不足造成的。

[0167] 另一方面,在实验例 54 中,烘烤硬化性降低,这可以认为是因为 Cr 的含量过多造成的。

[0168] 在实验例 55 中,YPEL 增大,烘烤处理后的屈服强度的降低量也变多了。这可以认为是因为 Mo 的含量过少造成的。另外,在实验例 55 中,Cu、Ni、Sn 的总含量相对于本发明的范围也过多,因此强度提高,这也可以认为是由 YPEL 增大引起的。

[0169] 在实验例 56 中,YPEL 增大,烘烤处理后的屈服强度的降低量也变多。屈服强度的降低可以认为是因为 Mo 的含量过少造成的,YPEL 的增大可以认为是因为 B 的含量过多造成的。

[0170] 在实验例 57 中,可以认为由于 C 的含量过多,因此 YPEL 大幅增加,常温非时效性降低。另外,烘烤处理后的屈服强度的降低量变多可以认为是因为:由于 C 的含量过多,因此涂装烘烤后析出的碳化物增多,碳化物进而成长。

[0171] 另外,在实验例 58 中,YPEL 增大,而且烘烤处理后的屈服强度的降低量大幅增多。这与实验例 57 同样地可以认为是因为 C 的含量大幅增加造成的。此外,认为对提高强度有用的元素 Mn 的含量过多也是其原因之一。

[0172] 在实验例 59 ~ 实验例 62 中,烘烤硬化性都降低了。这可以认为是因为:对确保烘烤硬化性有效的 C、Si、Mn 及 N 的含有过少。

[0173] 由这些结果可以确认上述发现,并且还可以支持上述限定各钢成分的根据。

[0174] 产业上的可利用性

[0175] 本发明对于用于汽车的侧板、发动机罩等中的外板用钢板是有用的。

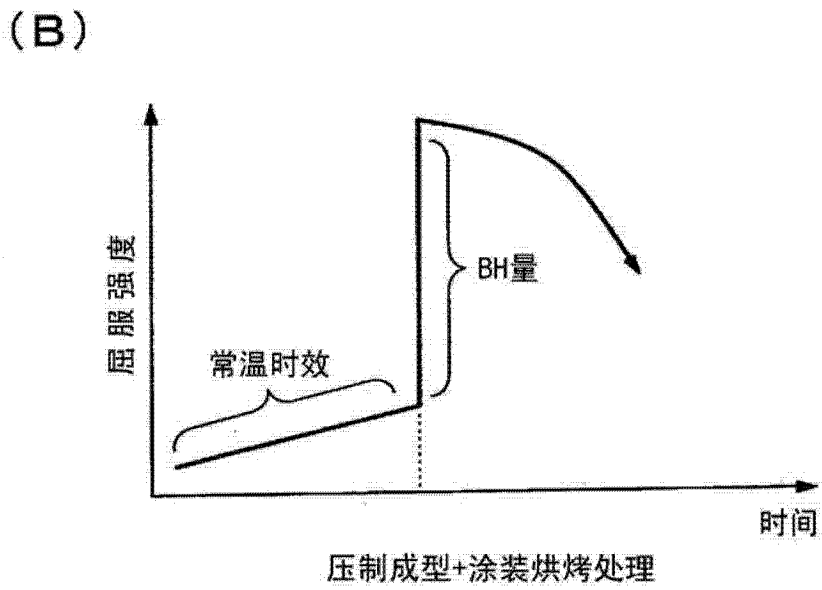
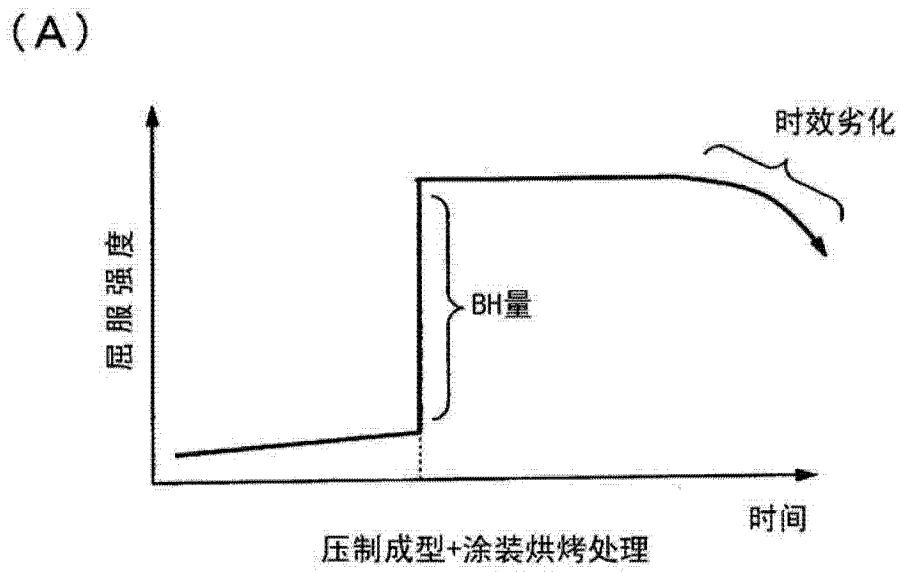


图 1

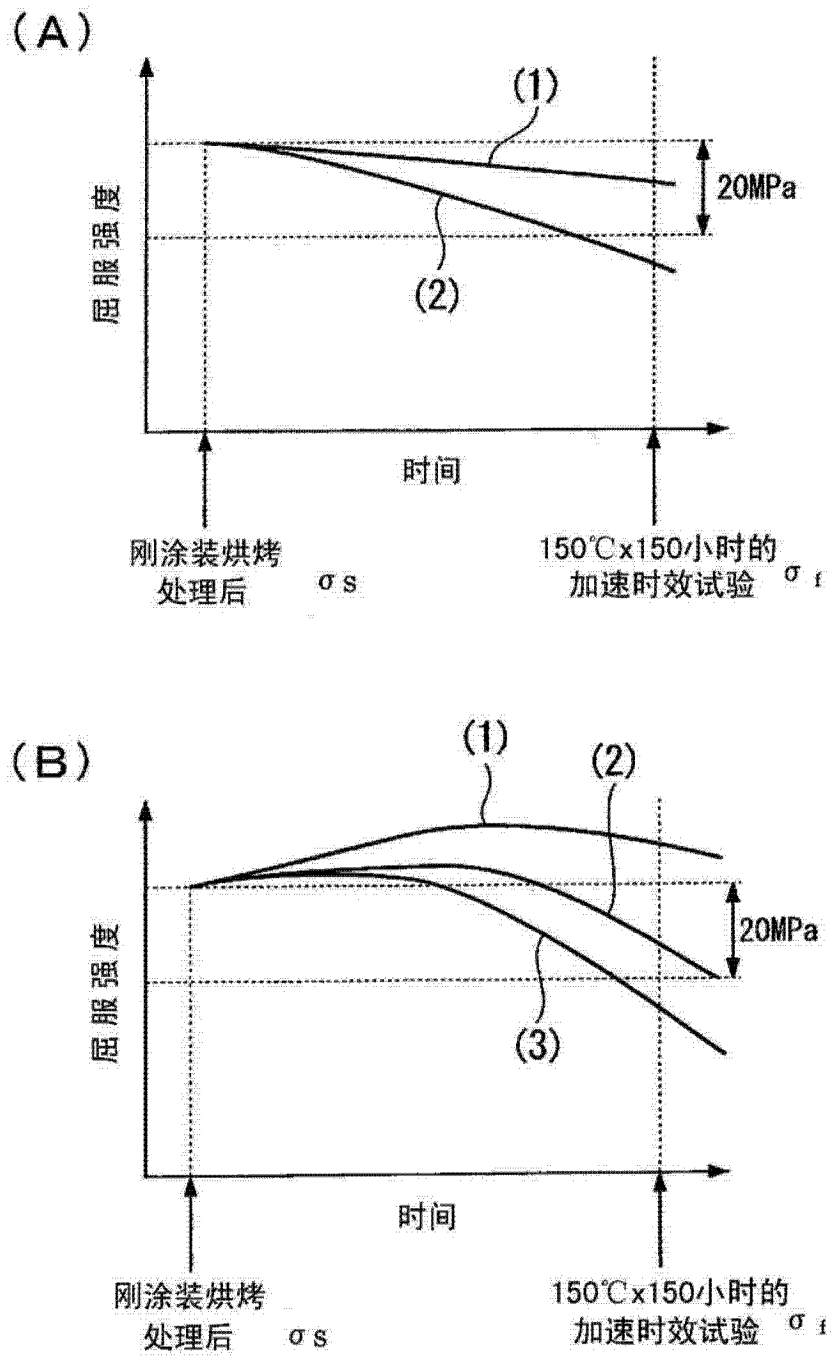


图 2

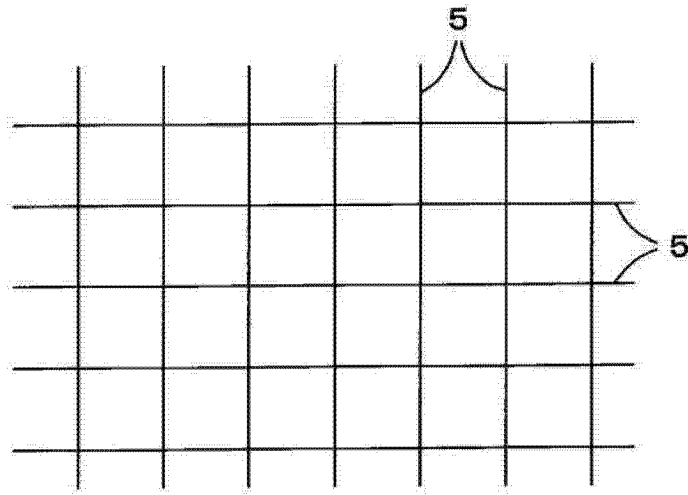


图 3