〔19〕中华人民共和国专利局

[11]公开号 CN 1078426A

〔12〕发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 93105016.2

[51] Int.Cl[5]
B32B 15/18

〔43〕公开日 1993年11月17日

[22]申请日 93.4.19

[30]优先权

[32]92.4.20 [33]JP [31]98461/92

[71]申请人 新日本制铁株式会社

地址 日本东京都

[72]发明人 赤松聪 松村义一 濑沼武秀

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利代理部

代理人 陈 健

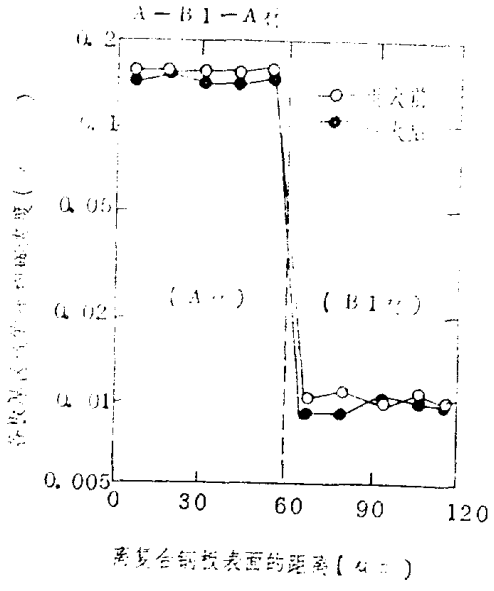
B32B 31/20 C21D 9/46

说明书页数: 11 附图页数: 2

[54]发明名称 薄复合钢板及其制造方法

[57]摘要

本发明涉及由不同成分的二种以上的层组成的薄复合钢板及其制造方法，使其在不损失各层独有特性的条件下形成复合结构，并为使其能兼备多种特性而从根本上避免各层间碳的扩散。在上述薄复合钢板中，通过在相邻两层中各层平衡碳活度的差值所限定的温度以下进行热处理，以从根本上避免各层间的碳扩散，其结果可制造出各层板厚方向的平均碳浓度梯度极小的、兼备各层特性的薄复合钢板。



权　利　要　求　书

1. 薄复合钢板，其特征在于：在由成分不同的二种以上的层组成的薄复合钢板中，各层内板厚方向的平均碳浓度梯度极小。

2. 各层内板厚方向的平均碳浓度梯度极小的薄复合钢板，其特征在于：在由不同成分的二种以上的层组成的复合钢板中，相邻两层 i、j 中的各平衡碳活度 $ac(i)$、$ac(j)$ 在 700℃－900℃时满足(1)式：

$$|ac(i)-ac(j)|/(ac(i)-ac(j))<0.02 \qquad (1)$$

3．如权利要求 1 或 2 所述的钢板，上述各层的板厚为 0.01～1 毫米。

4. 如权利要求 1～3 中任一项所述的钢板，其特征在于：上述各层内的板厚方向的平均碳浓度梯度满足(2)式；

$$0.8\leqslant ci/\underline{c}\leqslant 1.2$$

式中，$\underline{c}$ 为层整体的平均碳浓度；c_i 为层界面等的板厚方向上局部部位的平均碳浓度。

5. 各层内板厚方向的平均碳浓度梯度极小的薄复合钢板的制造方法，其特征在于：在由不同成分的二种以上的层组成的薄复合钢板的制造过程中，经热轧及冷轧后，相邻两层 i、j 中的各平衡碳活度 $ac(i)$、$a(j)$ 以满足(1)式的温度进行热处理；

$$|ac(i)-ac(j)|/(ac(i)-ac(j))<0.02 \qquad (1)$$

6. 如权利要求 5 所述的薄复合钢板制造方法，在热轧及冷轧后，进行装箱退火热处理。

说　　明　　书

薄复合钢板及其制造方法

本发明涉及例如汽车内外板、薄板建材、容器用钢材及电磁钢板等所用的薄复合钢板及其制造方法，更详细地讲，本发明涉及下述钢板及其制造方法：由两种以上的不同成分的层构成的薄复合钢板，使其不损失各层独有特性地成为复合结构。

近几年用轧制接合法、浇注铸造法、爆炸接合法等各种制造方法开发出具有复合结构的复合钢板。构成复合结构的各层钢有含碳量极少的极低碳钢到低碳高强度钢，以及高铬不锈钢、高合金钢等多种钢。把这些不同成分和特性的各种钢作为表面层和内层组合起来使其成为多层结构的一张板材，并兼备各层原有加工性、耐蚀性等多种特性的高功能钢板相继作为复合钢板被开发出来。对于这样的复合钢板来说，为使其在复合结构的状态下仍保持由各单层材料特性所推测到的特性，当然不希望在制造过程中各层成分产生变化。但是制造板厚度达到数毫米以下的薄钢板时，在以再结晶退火为代表的热处理过程中，如像碳等在钢中高速扩散的元素会跨越层界面产生扩散，这点常成为制造薄复合钢板的问题。

例如，表层为普通低碳钢、内层为加工性优异的极低碳钢的复合钢板在退火过程中，因碳从表面层向内层扩散，阻碍内层再结晶集聚组织的形成，招致再结晶温度上升和加工性变坏。又如表层为不锈钢，内层为低碳钢时，因内层的碳向表层扩散，与表层中的铬形成碳化物，使耐蚀性下降等。这类问题明显的例子不胜枚举。在以往的技术中，作为避免这类因碳扩散而招致材质劣化的方法，已有日本专利申请特开昭 53—50007 号，日本专利申请特开昭 62—13332 号公报等以碳扩散为前提进行成分设计的方法和日本 专利申请特开昭 54—49916 号 ，日本专利申请特开昭 58—113326 号公报等规定热处理条件，以尽量抑制碳扩散的方法等。但都不是从根本上避免碳扩散的措施。

本发明的目的在于提供下述薄复合钢板的成分设计及其制造方法：由两种以上不同成分的层组成的薄复合钢板，使其不损失各层独有特性地成为复合结构，并为使其能兼备多种特性而彻底避免各层间碳的扩散。

本发明通过下述薄复合钢板及其制造方法来实现上述目的：

11 一种薄复合钢板，其特征在于：在由成分不同的二种以上的层组成的薄复合钢板中，各层内板厚方向的平均碳浓度梯度极小。

2．一种各层内板厚方向的平均碳浓度梯度极小的薄复合钢板，其特征在于 ：在由不同成分的二种以上的层组成的复合钢板中，相邻两层 i,j 中的各平衡碳活度 $ac(i),ac(j)$ 在 700℃—900℃时满足

(1)式：

$$|ac(i)-ac(j)|/(ac(i)-ac(j))<0.02 \quad (1)$$

3. 上述各层的板厚为 0.01～1 毫米的上述第 1 项或第 2 项记载的钢板。

4. 上述第 1 项～第 3 项的任一项所记载的钢板，其特征在于：上述各层内的板厚方向的平均碳浓度梯度满足(2)式：

$$0.8 \leqslant ci/\underline{c} \leqslant 1.2 \quad (2)$$

式中：$\underline{c}$ 为层整体的平均碳浓度；c_i 为层界面等的板厚方向上局部部位的平均碳浓度。

5. 各层内板厚方向的平均碳浓度梯度极小的薄复合钢板制造方法，其特征在于：在不同成分的二种以上的层组成的薄复合钢板的制造过程中，热轧及冷轧后，相邻两层 i、j 中各平衡碳活度 $ac(i)$、$ac(j)$ 以满足(1)式的温度进行热处理：

$$|ac(i)-ac(j)|/(ac(i))-ac(j))<0.02 \quad (1)$$

6. 在热轧及冷轧后，由装箱退火 进行处理的上述第 5 项记载的薄复合钢板制造方法。

本发明提供通过各种层的组合可同时兼备二种以上特性的薄复合钢板的有效制造方法。因为能从根本上避免曾成为复合钢板制造过程中的大问题，即热处理中碳的扩散，所以可期待在产业上有极大的效果。

对附图简单说明如下：

图1是表示从复合钢板的表面朝向板材厚度方向的平均碳浓度变化的图。

图2是表示另外的实施例中从复合钢板的表面朝向板材厚度方向的平均碳浓度变化的图。

下面，详细说明本发明。

在复合钢板的制造中，是把不同成分的两种以上的层组合起来成为多层结构的一张板材，之后进行热轧、冷轧，然后在退火工序和回火工序中进行热处理。

发明者们经反复研究发现，在不同成分的两种层之间发生的碳的扩散不仅起因于碳的浓度差，还要受各层钢中所含硅、锰、铬等其它成分的影响和随着各层在热处理时不同的组织状态出现各种变化。实验证实，在极端情况下，从各层中碳的平均浓度来看，也有从低浓度层向高浓度层发生与浓度梯度相反方向扩散的情形。并且明确，作为与碳浓度相关的扩散条件的指标，热处理前各单层的成分和 由热处理温度所决定的各层中的平衡碳活度是极为重要的因素。

以下，基于以上见解来叙述本发明的限定理由。

首先，说明成为扩散条件的判定基准的平衡碳活度。钢中溶质元素活度的表记方法有 *Henry* 基准，*Raoult* 基准等各种方法。但本发明中，若着眼的两层中的活度的表记相同，则不必有限定 。由此在以下的实施例中 ，考虑到碳所在的相有区别的情况，以25℃时的石墨状态为基准进行了表记。另一方面，本发明中复合钢板的各层组织并

非一定是单相组织。例如，也可以考虑在奥氏体中铬系碳化物是分散的二相组织，在铁素体中渗碳体和微细钛、铌系碳氮化物是混在的三相组织。

于是，本发明中如果像这样各层都成为多相组织时，要考虑在热处理温度时由各层成分所决定的平衡状态下的平衡活度。所以本发明中所限定的碳活度，不仅要考虑钢成分，还要考虑热处理温度下的组织状态之后才能确定。但这种碳活度只要是平衡碳活度，一般可根据成分组成和温度，由热力学的平衡计算求出。此种计算，例如使用像"*THERMO — CALC*"(*The Thermo — calc Databank system. Sundman B; Jansson . B ; Andersson. J— o calphad*, 9, (2), 153 —190 *Apr—June* 1985)那样的把热力学参数作为数据库的计算工具就可计算。

下面说明本发明(1)式的活度条件的限定理由。

如上所述，以钢中的碳为首的溶质元素的活度并非只由钢的成分决定，它还直接受该钢的存在温度的影响和间接地受组织变化的影响。反过来说，两种钢的碳活度在任何温度下都相同的条件，除非两种钢的成分相同，否则是不会存在的。但是，即使活度隔着层界面不连续变化的场合，在500℃以下的低温区域，元素不具有只能沿着内分板厚的各层厚度距离扩散的扩散性，所以，起因于各层扩散的浓度变化是微弱的。

在高温状态下，所有层中的元素参与扩散，在无限长的时间保持

高温的极端情况下，各层的成分完全均一化是热力学常识。本发明所考虑的对象碳的扩散，是指除了碳以外的元素很少扩散，只有碳在产生扩散的温度范围在层中跨越层界面产生扩散现象。板厚数毫米以下的薄钢板的热处理温度约为600℃—1000℃。所以，该温度区域内的温度，在复合钢板的制造过程中，冷轧后的退火工序和回火工序常用作为热处理温度。

特别是在进行以装箱退火为代表的长时间的热处理时，这种现象容易明显化。这是由于碳扩散需要有温度，同时还需要在该温度下的扩散时间。

即在该温度进行复合钢板的热处理时，只要相邻两个层中的平衡碳活度差大，就有碳从活度高的层向活度低的层产生扩散的可能性。于是在本发明中，在热处理过程中作为起因于碳扩散的各层中碳浓度变化不显著的条件，就要选定满足(1)式的温度，作为热处理条件，从而限定出避免碳扩散的制造条件。反过来说，在前面所指温度范围的中间温度700℃—900℃时，由满足(1)式的层组合而成的复合钢板即为本发明钢板。

根据本发明的薄复合钢板及其制造方法，即使进行以装箱退火为代表的长时间的热处理，在热处理时各构成层间基本上也不产生碳扩散，因此各层内在板厚方向上几乎不产生平均碳浓度梯度。

构成本发明复合钢板层结构的各层钢可用含碳量极微量的极低碳钢到低碳高强度钢、含硅7%以下的电磁钢，还有高铬不锈钢及高

合金钢等。各层的厚度为0.01～1毫米，最佳厚度为0.02～0.6毫米。

在上述第1项中，所谓各层内板厚方向上的平均碳浓度梯度，是指碳原子由于扩散从各层界面流入、流出的结果所产生的层内宏观碳浓度梯度，在组织为多相组织和析出物分散组织的情况下，是指包含主相(*matrix*)的体积分率的算术平均值的梯度。

另外，所谓该梯度极小，是指在层界面等的板厚方向上局部部位的平均碳浓度C_i与各层内整个层的平均碳浓度$\underline{c}$的比值要满足下述(2)式：

$$0.8 \leqslant ci/\underline{c} \leqslant 1.2 \qquad (2)$$

即在ci与$\underline{c}$的比值超过(2)式的范围时，则碳从外部向层内流入或流出，在板厚方向上就会产生大的平均碳浓度梯度。

下面来说明本发明的第一个实施例。

用表1所示三种成分的钢，*A*材作为表层、表背各占板厚的10%，*B*1材作内层，厚度占80%，用电子束焊制备成*A*—*B*1—*A*材，以同样*A*材作为表层，*B*2材作为内层制备成*A*—*B*2—*A*材，两者都热轧到3.0毫米，再经冷轧到全厚0.6毫米后，以750℃温度进行3小时退火。在图1上表示出退火前后从板表面到板厚中心方向120微米之间碳平均浓度(为防止因各层内组织引起的局部碳浓度变化，取某厚度位置上的较宽广平面的平均浓度)对板厚方向的变化。碳浓度是用*SIMS*(二次离子质量分析)沿板厚断面边溅射边分

析。把所得离子强度用另外准备好的由各种碳浓度钢板测定所得的检测线换算成浓度。

从图 1 和图 2 可知，在退火前 $A-B1-A$ 材和 $A-B2-A$ 材两者大体上都在图中央部以虚线表示的层界面为界，碳浓度相互分离，没产生碳扩散。但退火后，$A-B1-A$ 材与退火前一样，碳浓度在层界面相互分离，且在 $B1$ 层内也几乎没有浓度变化。而 $A-B2-A$ 材则在 $B2$ 层一侧明显产生可认为是碳从 A 层扩散的浓度梯度。即以 A 材构成的层的平均碳浓度梯度，对于 $A-B1-A$ 材来说满足（2）式，与此相反，对 $A-B2-A$ 材来说则不满足(2)式。在表 1 中还表示出由 A、$B1$ 和 $B2$ 材各自成分计算出的 750℃时平衡碳活度和符合作为本发明指标的(1)式的各复合材的数值。从此表中可知，$A-B1-A$ 材属于本发明钢板。由此可知，不能单靠碳浓度判定退火时有无碳扩散的问题可用本发明预测出。即根据本发明可识别哪种组合在热处理中没有碳浓度的变化，同时为了避免由于碳扩散而造成材质劣化，可针对构成复合钢板之一层的成分来确定另一层的成分。

表　1

	钢成分（wt%）			750℃时平衡碳活度 ao（25℃石墨基准）	与A钢相接的复合钢状态下(1)式左边
	C	Sl	Mn		
A　材	0.17	0.45	1.16	0.1129	-
B 1 材	0.01	0.25	0.16	0.1106	0 .010
B 2 材	0.01	0.03	0.35	0.1005	0.058

下面来说明本发明的第二个实施例。

用表2所示二种成分的钢，以奥氏体系不锈钢*A*材作为表层，表背各占板厚的15%，以普通钢*B*材作为内层，占板厚的70%，浇注法铸成复层钢板后，热轧至4毫米，再经冷轧至全厚0.8毫米，然后以670℃和870℃进行1小时退火处理。用光学显微镜观察该退火板的板厚断面。经670℃退火的材料在表层一侧的层界面附近沿奥氏体界观察到铬系碳化物，而在870℃退火的材料中却未见铬碳化物。再在上述钢板上进行食盐水喷射试验和42%氯化镁腐蚀试验发现，经870℃退火处理的复合钢板腐蚀性与单独*A*材的不锈钢板腐蚀性相同，但经670℃退火的材料耐蚀性显著变坏，可能是由于析出而生成缺络带之故。

表2中还表示出由*A*、*B*各自材料成分计算出的在670℃和870℃温度下的平衡碳活度和符合作为本发明指示的(1)式的复合材料的值。从此表可知，870℃的热处理温度是满足本发明(1)式的条件。显然从670℃退火的材料中所见到的*A*层中的碳化物的析出是由于*B*层里的碳扩散来提供而新生成的。从碳化物在板材厚度方向上的存在状态而言，在*A*层中板厚方向的平均碳浓度上产生很大梯度。

从上述可知，采用本发明的条件，可选定避免碳扩散的热处理温度，可制造出不损失各层原有特性的复合钢板。

表　2

	钢成分（wt%）					各热处理温度下平衡碳活度ac（25℃石墨基准）		复合钢状态下的(1)式左边	
	C	Si	Mn	Ni	Cr	670°C	870°C	670°C	870°C
A材	0.06	0.51	0.83	8.7	18.1	0.00 014	0.00074	0.998	0.012
B材	0.005	0.03	0.80	<0.01	<0.01	0.15834	0.00072		

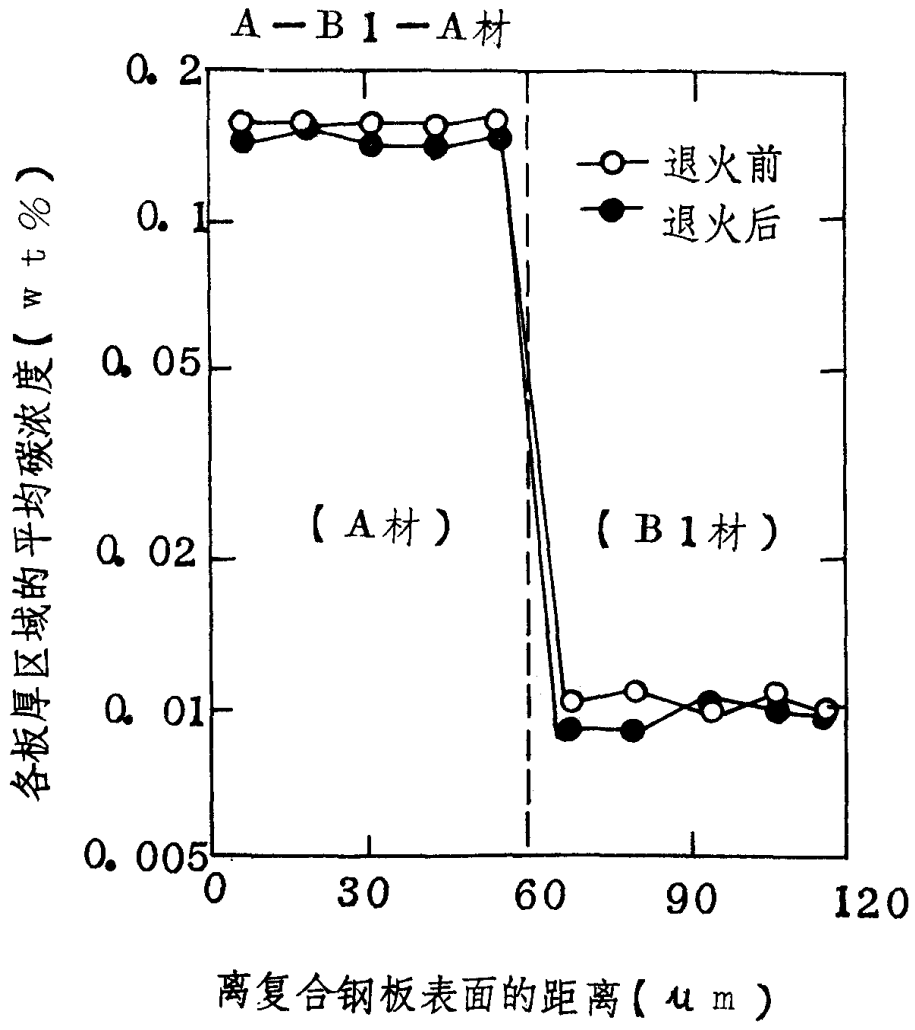

A－B 1－A材
0. 2
0. 1
0. 05
0. 02
0. 01
0. 005
0
30
60
90
120
退火前
退火后
（A材）
（B 1材）
各板厚区域的平均碳浓度（wt%）
离复合钢板表面的距离（μm）

图 1

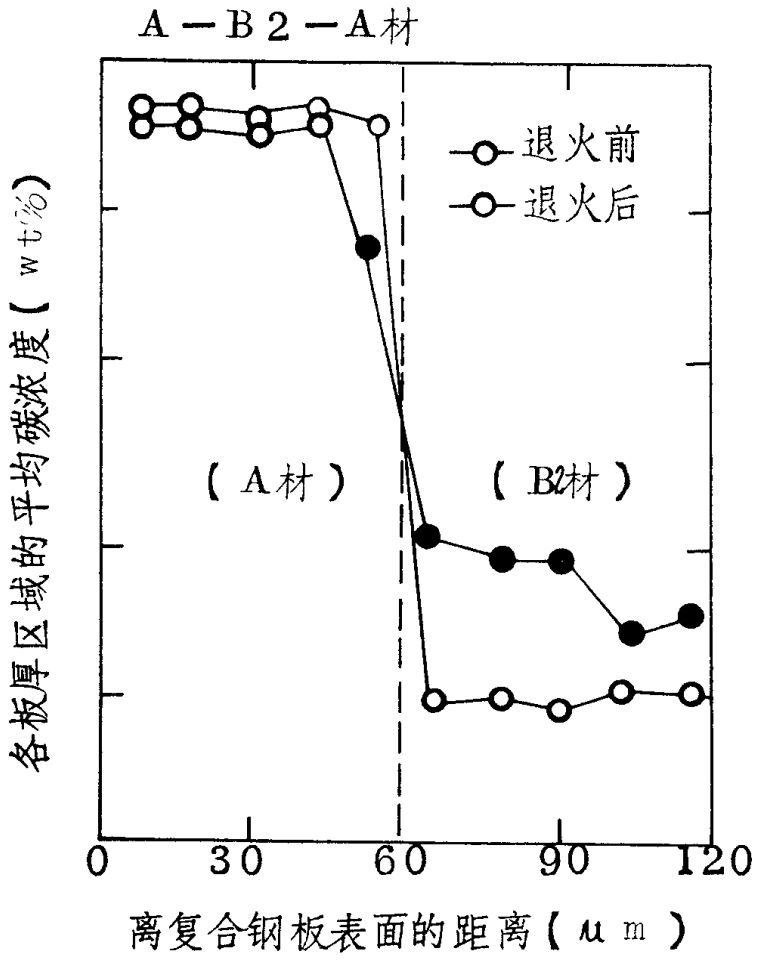

A－B 2－A材
退火前
退火后
（A材）
（B2材）
各板厚区域的平均碳浓度（wt%）
0
30
60
90
120
离复合钢板表面的距离（μm）

图 2