(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110062814 A
(43)申请公布日 2019.07.26

(21)申请号 201780076526.X

(22)申请日 2017.05.24

(30)优先权数据
10-2016-0169693 2016.12.13 KR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2019.06.11

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/KR2017/005381 2017.05.24

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2018/110779 KO 2018.06.21

(71)申请人 株式会社POSCO
地址 韩国庆尚北道

(72)发明人 崔点镕 朴美男 李敏亨

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 蔡胜有 苏虹

(51)Int.Cl.
C22C 38/38(2006.01)
C22C 38/34(2006.01)
C22C 38/02(2006.01)
C22C 38/20(2006.01)
C22C 38/58(2006.01)
C22C 38/60(2006.01)
C22C 38/22(2006.01)
C22C 38/42(2006.01)
C22C 38/44(2006.01)

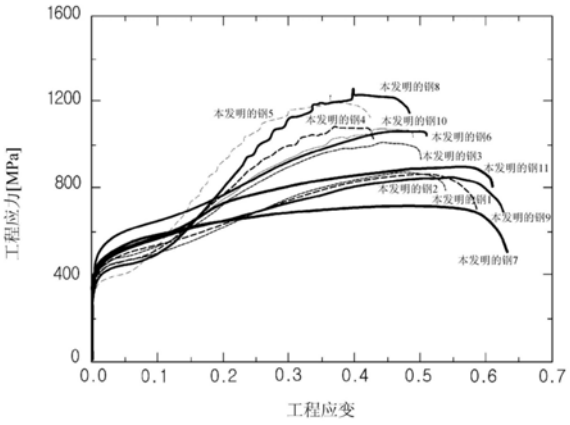
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

具有优异的强度和延展性的低合金钢板

(57)摘要

公开了一种低合金钢,该低合金钢通过使合金元素的添加最小化以减少热轧期间的表面开裂、并且同时通过将Cr用作主要组分之一来确保耐腐蚀性、并且通过高Mn设计来实现TRIP或TWIP现象,从而具有优异的热加工性、高强度和高延展性。根据本发明的一个实施方案,具有优异的强度和延展性的低合金钢板包含以总组成的重量百分比(%)计的:0.05%至0.3%的C、0.7%至2.5%的Si、8%至12%的锰Mn、13%至15.5%的Cr、0.5%至3.0%的Cu、0.1%至0.2%的N、0.25%或更少的铝Al、0.25%或更少的锡(Sn),并且其余部分为铁(Fe)和其他不可避免的杂质。低合金钢板的显微组织包含以体积分数计5%或更少的铁素体相和/或马氏体相中作为显微组织,其余部分包含奥氏体相。



CN 110062814 A

1.一种强度和延展性优异的低合金钢板,所述低合金钢板包含以总组成的重量百分比(%)计的:0.05%至0.3%的碳(C)、0.7%至2.5%的硅(Si)、8%至12%的锰(Mn)、13%至15.5%的铬(Cr)、0.5%至3.0%的铜(Cu)、0.1%至0.2%的氮(N)、0.25%或更少的铝(Al)、0.25%或更少的锡(Sn),并且其余部分为铁(Fe)和其他不可避免的杂质,

其中,所述低合金钢板的显微组织包含体积分数为5%或更少的铁素体相和马氏体相中的至少一者,并且其余部分包含奥氏体相。

2.根据权利要求1所述的低合金钢板,还包含0.2%或更少的镍(Ni)。

3.根据权利要求1或2所述的低合金钢板,还包含0.2%或更少的钼(Mo)。

4.根据权利要求1所述的低合金钢板,其中所述低合金钢板的延伸率为40%或更大。

5.根据权利要求1所述的低合金钢板,其中所述低合金钢板的拉伸强度为650MPa或更大。

具有优异的强度和延展性的低合金钢板

技术领域

[0001] 本公开涉及适用于诸如汽车和铁路轨道的结构材料的高强度且高延展性的钢板，并且更具体地，本发明涉及通过使合金元素如Ni最少化并且利用Cr和Mn作为主要组分来控制显微组织而使强度和延展性优异的低合金钢板以及其制造方法。

背景技术

[0002] 已经持续使用高强度且高延展性的钢板来减轻汽车车身的重量。近年来，已经开发并使用了与现有的析出强化钢或固溶强化钢相比可加工性优异的相变组织钢。相变组织钢以DP(双相)钢、TRIP(相变诱导塑性)钢和CP(复合相)钢为代表。相变组织钢的机械性能、如拉伸强度和延伸率水平分别根据母相的形状以及第二相的类型和分数而变化。

[0003] 作为相变组织钢之一的TRIP钢在退火处理期间形成奥氏体之后的冷却处理期间可以控制冷却速率和冷却终止温度两者，从而通过在室温下使奥氏体部分残余而部分地提高强度和延展性。亚稳态残余奥氏体通过变形转变成马氏体，从而通过用增加的强度来延迟局部应力集中的松弛和颈缩来增加延伸率。因此，重要的是，TRIP钢在室温下残余超过一定分数的奥氏体。为此目的，应将奥氏体稳定元素与大量Mn一起添加，以在室温下保持一定百分比的残余奥氏体。

[0004] 另一方面，存在TWIP(孪晶诱导塑性)钢，TWIP钢通过在钢中添加大量的C和Mn以及上述相变织构钢而构成奥氏体单相。在TWIP钢的情况下，TWIP钢表现出优异的拉伸强度和延伸率。但是，当TWIP钢中C的含量为以重量计0.4％时，除非Mn的含量为以重量计约25％或更大，否则不能稳定地获得引起孪晶现象的奥氏体。而且，当TWIP钢中C的含量为以重量计0.6％时，除非Mn的含量为以重量计约20％或更大，否则不能稳定地获得奥氏体。另外，应添加大量的奥氏体稳定元素，使得奥氏体在室温下稳定地存在，因为形成了对可加工性极其不利的HCP结构的ε马氏体(ε)和BCT结构的马氏体(α')。

[0005] PCT公开专利申请第2012/077150号涉及一种具有优异的机械性能和可成型性的高Mn含量的TWIP钢，并且该专利申请包括用于冷退火和重结晶热处理的冷轧退火钢。在该专利文献中，另外添加有合金元素如C、Al和Si，以使奥氏体相稳定或控制堆垛缺陷能(SFE)。

[0006] 如上所述，添加大量合金组分的TWIP钢和TRIP钢在制造时固化成奥氏体单相，热加工性被减弱，并且在热轧中容易发生由夹杂物如铝引起的缺陷。存在的缺点在于，制造技术(如铸造和轧制处理)因存在问题而是非常困难的，并且制造成本因合金成本的大幅增加而较高。

[0007] (专利文献0001)PCT公开的专利公开第2012-077150号(2016年6月14日)

发明内容

[0008] 技术问题

[0009] 本发明使合金元素的添加最小化以减少热轧期间的表面开裂、通过将Cr构造为主

要组分之一来确保耐腐蚀性、并且通过高Mn设计来实现TRIP或TWIP现象，从而提供具有优异的热加工性、强度和延展性的低合金钢板。

[0010] 技术方案

[0011] 根据本发明的一方面，一种强度和延展性优异的低合金钢板包含以总组成的重量百分比(%)计的：0.05％至0.3％的碳(C)、0.7％至2.5％的硅(Si)、8％至12％的锰(Mn)、13％至15.5％的铬(Cr)、0.5％至3.0％的铜(Cu)、0.1％至0.2％的氮(N)、0.25％或更少的铝(Al)、0.25％或更少的锡(Sn)，并且其余部分为铁(Fe)和其他不可避免的杂质，其中，低合金钢板的显微组织包含体积分数为5％或更少的铁素体相和马氏体相中的至少一者，并且其余部分包含奥氏体相。

[0012] 低合金钢板还可以包含0.2％或更少的镍(Ni)。

[0013] 低合金钢板还可以包含0.2％或更少的钼(Mo)。

[0014] 低合金钢板的延伸率可以为40％或更大。

[0015] 低合金钢板的拉伸强度可以为650MPa或更大。

[0016] 有益效果

[0017] 根据本发明的各实施方案的强度和延展性优异的低合金钢板通过实现TRIP或TWIP现象而具有650MPa或更大的拉伸强度和40％或更大的延伸率，并且可以用于汽车部件或其他结构材料。

[0018] 此外，根据本公开的各实施方案，低合金钢板包含作为主要组分之一的Cr并且具有优异的耐腐蚀性、使合金元素的添加最小化并且在热加工性方面是优异的。

附图说明

[0019] 图1至图4是示出了根据本发明的一个实施方案的在对本发明的钢和比较钢进行热轧中发生边缘开裂的程度的照片。

[0020] 图5至图10是根据本发明的一个实施方案的热退火之后的本发明的钢和比较钢的显微组织的光学显微照片。

[0021] 图11至图14是示出了根据本发明的一个实施方案的显微组织根据本发明的钢9的热轧退火温度改变的光学显微照片。

[0022] 图15是示出了根据本发明的一个实施方案的本发明的钢和比较钢的拉伸试验结果的图。

[0023] 最佳实施方式

[0024] 根据本公开的一个实施方案的强度和延展性优异的低合金钢板可以包含以总组成的重量百分比(%)计的：0.05％至0.3％的碳(C)、0.7％至2.5％的硅(Si)、8％至12％的锰(Mn)、13％至15.5％的铬(Cr)、0.5％至3.0％的铜(Cu)、0.1％至0.2％的氮(N)、0.25％或更少的铝(Al)、0.25％或更少的锡(Sn)，并且其余部分为铁(Fe)和其他不可避免的杂质。低合金钢板的显微组织可以包含体积分数为5％或更少的铁素体相和马氏体相中的至少一者，并且其余部分包含奥氏体相。

[0025] 发明的实施方式

[0026] 在下文中，将参照附图详细描述本公开的实施方案。提供以下实施方式以将本公开的技术构思传达给本领域普通技术人员。然而，本公开不限于这些实施方案，并且本公开

可以以另一形式实施。在附图中，可能未示出与描述无关的部分以阐明本公开，并且另外，为了易于理解，或多或少地夸大地示出了组分的尺寸。

[0027] 根据本发明的一个实施方案的强度和延展性优异的低合金钢板包含以总组成的重量百分比(％)计的：0.05％至0.3％的碳(C)、0.7％至2.5％的硅(Si)、8％至12％的锰(Mn)、13％至15.5％的铬(Cr)、0.5％至3.0％的铜(Cu)、0.1％至0.2％的氮(N)、0.25％或更少的铝(Al)、0.25％或更少的锡(Sn)，并且其余部分为铁(Fe)和其他不可避免的杂质。

[0028] 下面将对根据本发明的强度和延展性优异的低合金钢板中包含的各组分的作用和含量进行描述。在下文中，％是指重量％。

[0029] C：0.05至0.3％。

[0030] 碳是奥氏体形成元素并且是用于通过固溶强化来增加材料的强度的有效元素。尽管添加大量的C以便确保高强度是有利的，但是当过量地添加C时耐腐蚀性降低，因此上限被限制成0.3％。另一方面，下限限制成0.05％，以考虑到熔炼期间的脱碳负荷并获得以最小量的C来增加强度的效果。优选地添加在0.05％至0.3％的范围内的C，以通过添加C来确保强度和确保稳定的生产。

[0031] Si：0.7％至2.5％

[0032] 部分地添加硅，因为硅具有脱氧效果并且是铁素体稳定元素。但是，如果硅过量，则与耐腐蚀性和冲击韧性相关的机械性能将劣化。当添加大量的Si时，铁素体含量增加以在热轧期间引起表面开裂，并且存在在制造期间轧制负荷增大的问题，因此，上限限制成2.5％。另一方面，下限限制成0.7％，以便通过添加Si来控制奥氏体相的稳定性、控制应变诱导马氏体的形成、以及便于生产。为了通过添加Si来控制相分数以及控制奥氏体相变期间的变形机理，优选地将Si的范围限制在0.7％至2.5％。

[0033] Mn：8％至12％

[0034] 锰是奥氏体形成元素并且是构成添加Cr的钢中的奥氏体相的主要元素。特别地，Cu用作Ni的替代元素。当在生产时含有大量Mn的情况下，基于氧化物的夹杂物导致生产缺陷或耐腐蚀性劣化。减少夹杂物需要另外的技术、如用以减少溶解氧的特殊精炼，并且制造成本增加。因此，上限限制成12％。用于添加Ni的最小量和用于确保奥氏体单相或者一些铁素体或马氏体组织的最小量为约8％。因此，Mn的范围优选地限制成8％至12％。

[0035] Cr：13.0％至15.5％

[0036] 铬是代表性的铁素体形成元素并且是增加耐腐蚀性的元素。特别地，铬是极大地影响氮溶解度的元素。为了使热轧期间的表面开裂最小化，优选地在用铁氧体进行凝固时控制初始相，以免以非常低的水平控制微量元素、特别是作为晶间偏析元素的S和P。当铁素体的量超过一定量时，铁素体在高温下存在于铁素体和奥氏体两相中，从而导致热加工性的劣化并且在热轧中产生大量的裂纹。另外，在最终产品的制造中存在比所需的铁素体相多的一些铁素体相，导致机械性能的劣化。因此，Cr的上限限制成15.5％。另一方面，当Cr的含量太低时，存在通过在高温下凝固时以奥氏体初始相进行凝固来控制作为晶间偏析源的P和S的量的问题。如果上述控制不充分，则将在制造过程中发生大量的表面开裂。另外，要求至少13.0％的铬，以获得最小的耐腐蚀性和对碳钢的优异耐腐蚀性。因此，优选地将Cr的含量限制成13.0％至15.5％，以便将初始相固化成在所需合金元素的范围内的铁素体并且保持最低不锈钢等级的耐腐蚀性。

[0037] Cu:0.5%至3.0%

[0038] 铜是类似于Mn和Ni的奥氏体形成元素。作为代替Ni而添加的元素，当Cu被过量添加时，会因超过溶解度而析出为Cu，从而在加热时导致晶界脆化。因此，能够在不超过溶解度的情况下控制奥氏体的稳定性的最大含量为3.0%。另一方面，最小含量为0.5%。当含量小于0.5%时，添加Cu没有意义并且不会影响奥氏体的稳定性和形成。因此，Cu优选地被限制成0.5%至3.0%。

[0039] N:0.1%至0.2%

[0040] 氮与Ni一起是代表性的奥氏体形成元素，并且氮是与Cr和Mo一起改善材料的耐腐蚀性的元素。最小N含量(该含量显示N的添加效果并且与C一起改善具有间隙元素的材料的强度)为0.1%。通常，施加压力以增加N的溶解度，以便使材料中的大量的N溶解。即使作为用于增加N的溶解度的代表性元素的Cr和Mn大量存在，但在不施加大气压力的情况下能够最大程度地溶解的N的量为0.2%。因此，优选的是，适量的N限制在0.1%至0.2%的范围内。

[0041] Al:0.25%或更少

[0042] 铝是添加Cr的不锈钢中的铁素体形成元素并且是用于在炼钢中进行脱氧的有用元素。同时，已知的是，Al在改性时增加奥氏体相的堆垛缺陷能以形成应变诱导马氏体或机械孪晶，并且改善耐延迟断裂性，即，模制之后产生的裂纹。如果Al含量超过0.25%，则产生较大的Al基夹杂物并导致表面缺陷。另外，当过量地添加Al时，则会在高温下含有大量的铁素体相，这在热轧期间导致开裂。因此，Al的含量被限制成0.25%。

[0043] Sn:0.25%或更少

[0044] 锡已知为是通过在退火期间控制退火氧化皮(annealing scale)的厚度来改善材料的耐腐蚀性并改善酸洗性能的元素。换句话说，当添加Sn时，可以提高抑制在冷轧或热轧退火处理中产生的氧化皮表面层上形成SiO_2氧化物的效果，并且可以提高冷轧退火处理的效率。然而，Sn的过量添加会导致热加工性的劣化和生产过程的降低，因此上限限制成0.05%。另外，就耐腐蚀性而言，当添加Sn时，将Sn添加至不锈钢的钝化层的表面以增加涂层的耐性。因此，Sn的含量限制在0.05%的范围内。

[0045] 根据本发明的一个实施方案，低合金钢板还可以含有以重量百分比%计的0.2%或更少的Ni和/或0.2%或更少的Mo。

[0046] 镍是奥氏体形成元素并且起到与Mn相同的作用。大多数Ni被Mn取代，并且一些镍作为杂质如废料(scrap)存在。Ni的残留量限制成0.2%。

[0047] 钼是增加耐腐蚀性以及形成铁素体的昂贵元素。Mo的含量限制成0.2%。

[0048] 根据本发明的满足合金元素组成范围的低合金钢板在显微组织中具有体积分数为5%或更少的铁素体相和马氏体相中的至少一者，并且其余部分包含奥氏体相。另外，根据本发明的低合金钢板可以含有除铁素体相和马氏体相之外的不可避免的析出相，但其体积分数之和为5%或更小。

[0049] 根据本发明的低合金钢板可以根据用于满足上述组分体系的钢水的常规制造方法通过对板坯进行再加热、热轧、热轧退火、酸洗等来制造。

[0050] 例如，可以在正常轧制温度下对板坯进行热轧，并且可以在900℃至1200℃下对经热轧的钢板进行退火10分钟至60分钟。之后，可以通过常规方法对经热轧的钢板进行冷轧以将其制成薄板。根据本发明的一个实施方案的强度和延展性优异的低合金钢板可以例如

在模制用的一般产品中使用并且可以用作带材、棒材、板材、片材、管道或管。

[0051] 在下文中，将参照以下实施例对本发明进行详细描述。然而，以下实施例意在更详细地说明本发明，但本发明的范围不限于这些实施例。

实施例

[0052] 准备与根据本发明的组成的组成范围相对应的钢的试样，并且在热轧和热轧退火之后测量材料的相分数、延伸率和拉伸强度。下面的表1示出了实验钢类型的合金组成(重量%)。

[0053] 【表1】

[0054]

分类	C	Si	Mn	Cr	Cu	N	Ni	Mo	Al	Sn
本发明的钢1	0.078	1.98	10.3	14.1	2.05	0.134	0	0.100	-	-
本发明的钢2	0.080	2.02	8.2	13.9	2.03	0.144	0	0	-	-
本发明的钢3	0.080	1.03	8.9	13.9	2.00	0.157	0.100	0.1	-	-
本发明的钢4	0.078	1.00	9.0	14.1	1.00	0.149	0.060	0.1	-	-
本发明的钢5	0.079	2.01	9.0	14.0	0.51	0.146	0.120	0	-	-
本发明的钢6	0.12	1.79	9.8	14.4	2.0	0.14	0.100	0	0.11	0.003
本发明的钢7	0.082	2.36	11.8	15.3	2.48	0.133	0.100	0.1	-	-
本发明的钢8	0.082	0.198	9.7	14.1	2.00	0.140	0.050	0.05	-	-
本发明的钢9	0.077	2.05	10.3	13.4	1.98	0.160	0.100	0.1	-	-
本发明的钢10	0.21	1.99	10	14.0	2	0.145	0.1	0	0.002	0.003
本发明的钢11	0.1	1.23	9.2	14.1	2.03	0.167	0	0	0.2	0.04
比较钢1	0.086	2.01	4.1	15.9	2.02	0.140	0	0	-	-
比较钢2	0.085	0.197	4.1	15.8	1.96	0.130	0.100	0.06	-	-
比较钢3	0.071	2.04	4.0	15.9	0.27	0.210	0.120	0	-	-
比较钢4	0.087	0.200	6.0	17.9	2.00	0.180	0	0		
比较钢5	0.019	1.88	10.0	14.1	0.82	0.066	0	0	0.002	0.003

[0055] 对通过在普通轧制温度下对如以上述组成那样准备的材料进行热轧而获得的热轧钢板进行热轧退火，以评价显微组织和相分数以及相关的强度和延伸率。

[0056] 图1至图4是示出了本发明的钢和比较钢的热加工性的照片。图1示出了本发明的钢8，图2示出了本发明的钢9，并且图3示出了本发明的钢11。参照图1至图3，确定的是，本发明的钢显示出冷却后的奥氏体单相或马氏体的一部分的组织，使得在热轧时几乎没有边缘开裂。在本发明的钢11(其中，一些铁素体相以5%或更少的量存在)的情况下，在一些边缘处发生开裂，但这不成问题。然而，在图4中所示的比较钢4的情况下，存在相当量的铁素体，这在热轧期间导致严重的开裂，从而在热轧时造成问题。

[0057] 另一方面，在正常轧制温度下对所生产的材料进行热轧。对所准备的热轧钢板进行热轧退火，以确定如下面的表2中所示的显微组织和相分数。在1100℃下进行热轧退火约30分钟之后，进行水冷却，并且在光学显微镜下观察组织。通过使用铁素体范围来测量相分数。作为光学显微镜的观察结果，当存在马氏体相时，通过使用图像分析仪与铁素体范围数据进行比较来分离铁素体分数和马氏体分数。

[0058] 【表2】

[0059]

分类	残余显微组织	
	铁素体 (%)	马氏体 (%)
本发明的钢1	-	-
本发明的钢2	-	3
本发明的钢3	-	-
本发明的钢4	-	-
本发明的钢5	-	-
本发明的钢6	4	-
本发明的钢7	-	-
本发明的钢8	-	2
本发明的钢9	-	-
本发明的钢10	-	-
本发明的钢11	4	-
比较钢1	20	-
比较钢2	30	-
比较钢3	37	-
比较钢4	42	-
比较钢5	15	62

[0060] 参照表2,可以看出,在本发明的钢中的大部分钢中,基质相是奥氏体相,并且残余组织根据成分体系而略微改变,但保持铁素体或马氏体相。此外,确定的是,残留量为5%或更小。然而,在热轧期间发生严重边缘开裂的比较钢的情况下,发现大多数钢是由奥氏体和铁素体相组成的两相组织。特别地,在比较钢5的情况下,热轧退火之后大部分显微组织从奥氏体转变为马氏体相,并且热一部分显微组织保留为残余奥氏体相。确定的是,存在相当量的沿轧制方向的细长铁素体相。在本发明的钢处于退火温度范围内的情况下,确定的是,除了晶粒的差异和一些铁素体相或马氏体相的存在之外,显微组织几乎没有差异。

[0061] 图5至10是示出了在1100℃的热轧退火温度下热处理30分钟,然后被水冷却的本发明的钢和比较钢的组织的光学显微照片。

[0062] 图5是示出了本发明的钢2的显微组织的照片,其中,观察到奥氏体相和残余马氏体相。

[0063] 图6是示出了本发明的钢8的显微组织的照片,其中,观察到奥氏体相和残余铁素体相。

[0064] 图7是示出了本发明的钢9的显微组织的照片,其中,仅观察到奥氏体相。

[0065] 图8是示出了比较钢1的显微组织的照片,其中,观察到在轧制方向上伸长的铁素

体相以及奥氏体相。

[0066] 图9是示出了比较钢4的显微组织的照片，其中，观察到奥氏体相和铁素体相。

[0067] 图10是示出了比较钢5的显微组织的照片，其中，观察到铁素体相和马氏体相以及奥氏体相。

[0068] 图5至图10是对应于表2的代表性显微组织照片。可以确定的是，表2中的测量结果与图5至图10中的观察结果实际上是一致的。

[0069] 另一方面，图11至图14是示出了对于具有本发明的钢9的合金组成范围的试样而言的显微组织根据900℃至1200℃的热轧退火温度而变化的照片。

[0070] 即使当热轧退火温度升至900℃或更高时，晶粒变粗，但已发现的是，可以确保足够理想的组织。

[0071] 图15是示出了根据本发明的一个实施方案的本发明的钢和比较钢的拉伸试验结果的图。

[0072] 参照图15，在本发明的钢的情况下，延伸率百分比大于40％，并且拉伸强度为650MPa或更高。另外，当材料变形或受应力时，应力-应变曲线和拉伸强度的值根据主相、奥氏体相的变形行为而大程度地变化。在本发明的钢5和8(其中，应变诱导马氏体转变良好地发生)中，延伸率可以确保不小于40％，并且拉伸强度为1200MPa，这表明可以确保高强度。

[0073] 尽管已经参照示例性实施方案具体描述了本公开，但是本领域技术人员应理解的是，在不脱离本公开的精神和范围的情况下，可以在形式和细节方面进行各种改变。

[0074] 工业实用性

[0075] 根据本发明的一个实施方案的强度和延展性优异的低合金钢板是Cr-Mn奥氏体不锈钢，Cr-Mn奥氏体不锈钢省去了Ni并且具有优异的物理性能并且可以应用于各种结构材料领域，如汽车结构钢板。

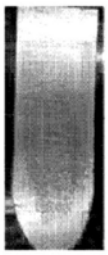


图1

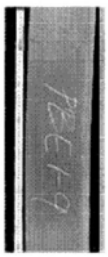


图2

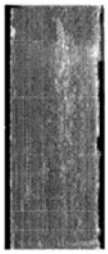


图3



图4



图5

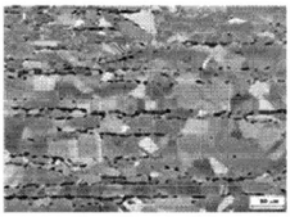


图6

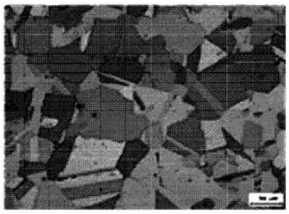


图7

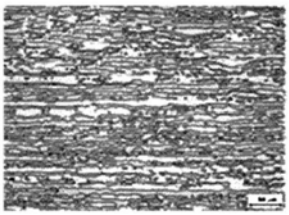


图8

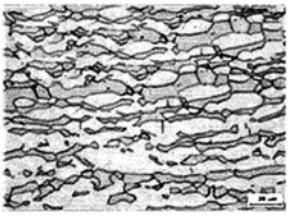


图9

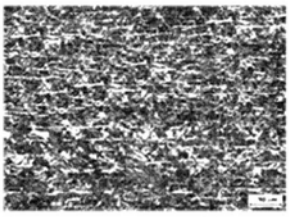


图10

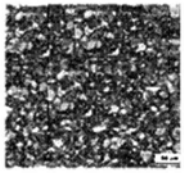


图11

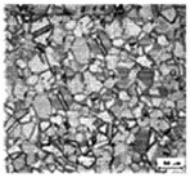


图12

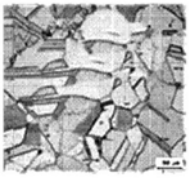


图13

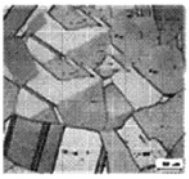


图14

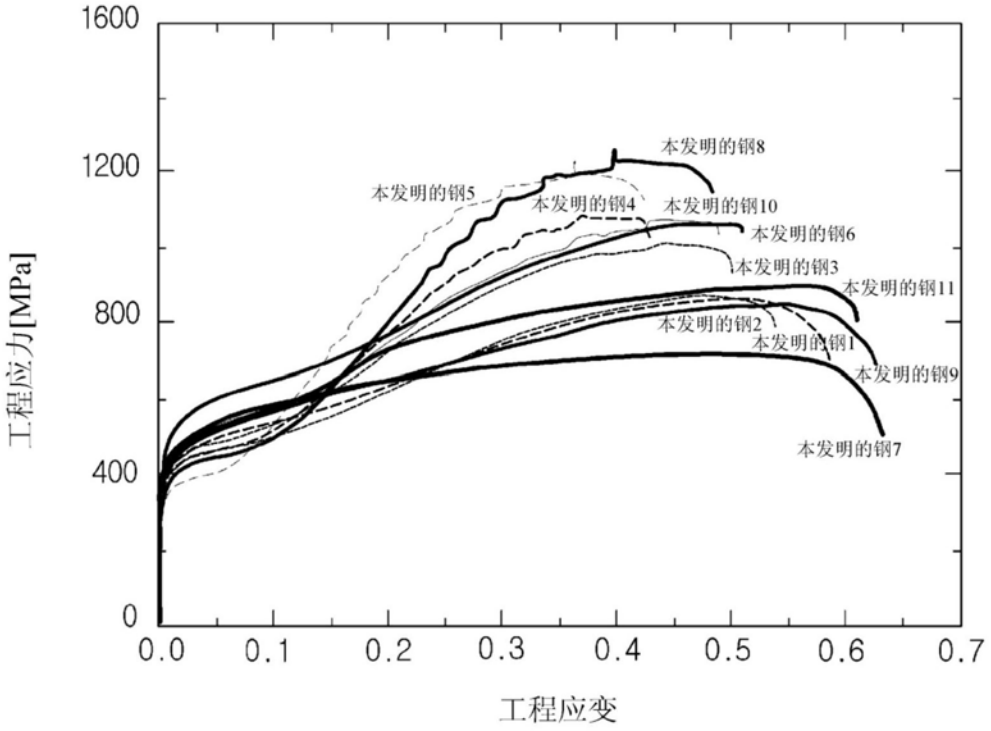

1600
1200
800
400
0
工程应力[MPa]
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
工程应变
本发明的钢8
本发明的钢5
本发明的钢4
本发明的钢10
本发明的钢6
本发明的钢3
本发明的钢11
本发明的钢2
本发明的钢1
本发明的钢9
本发明的钢7

图15