

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 6 月 22 日 (22.06.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/101770 A1

- (51) 国际专利分类号:
F41H 5/04 (2006.01) *B32B 15/00* (2006.01)
B21B 1/38 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/109781
- (22) 国际申请日: 2016 年 12 月 14 日 (14.12.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510926272.9 2015 年 12 月 14 日 (14.12.2015) CN
- (71) 申请人: 宝山钢铁股份有限公司 (BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。
- (72) 发明人: 赵小婷 (ZHAO, Xiaoting); 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。 闫博 (YAN, Bo); 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。 姚连登 (YAO, Liandeng); 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。 焦四海 (JIAO, Sihai); 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。 李红斌 (LI, Hong-

bin); 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。

- (74) 代理人: 上海专利商标事务所有限公司 (SHANGHAI PATENT & TRADEMARK LAW OFFICE, LLC); 中国上海市桂平路 435 号, Shanghai 200233 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,

[见续页]

(54) Title: DUAL-HARDNESS CLAD STEEL PLATE AND PRODUCTION METHOD THEREOF

(54) 发明名称: 一种双重硬度复合钢板及其制造方法



图 1

(57) Abstract: A dual-hardness clad steel plate. One surface of the steel plate is a high-hardness layer, the other surface of the steel plate is a low-hardness layer, and a combination of atoms is achieved between the high-hardness layer and the low-hardness layer by rolling bonding, wherein Mn13 steel is adopted for the low-hardness layer, and the Brinell hardness of the high-hardness layer is greater than 600. Further disclosed is a production method of the dual-hardness clad steel plate, comprising: 1) respectively preparing a high-hardness layer slab and a low-hardness layer slab; 2) assembling: preprocessing combined faces of the slabs, carrying out peripheral welded sealing on joint faces of the slabs, and carrying out vacuumizing treatment on a composite slab after welded sealing; 3) heating; 4) carrying out composite rolling; 5) cooling; and 6) carrying out thermal treatment, wherein the heating temperature is 1050-1100°C, the heating time is 2-3min/mm × slab thickness, and water cooling is performed on the heated slab, and the water temperature is lower than 40°C. The steel plate has different hardness characteristics and good low-temperature toughness.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2017/101770 A1



IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD,
TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种双重硬度复合钢板，其中一个表面为高硬度层，其另一个表面为低硬度层，高硬度层和低硬度层之间通过轧制复合实现原子结合，其中低硬度层为 Mn13 钢，高硬度层的布氏硬度大于 600。还包括一种双重硬度复合钢板的制造方法：1) 分别制备高硬度层坯和低硬度层坯；2) 组坯：对板坯结合面进行预处理，并对板坯贴合面进行四周焊接密封，对焊接密封后的复合坯进行抽真空处理；3) 加热；4) 复合轧制；5) 冷却；6) 热处理：加热温度为 1050~1100℃，加热时间为 2~3min/mm×板厚，对加热后的复合板进行水冷，水温小于 40℃。该钢板兼具不同硬度特性和良好的低温韧性。

一种双重硬度复合钢板及其制造方法

技术领域

本发明涉及一种钢板及其制造方法，尤其涉及一种复合钢板及其制造方法。

背景技术

一般来说，钢板厚度和硬度级别的增加有利于提高装甲车辆的防护能力。然而，钢板的厚度增加并不利于车量减重，影响车辆的战术机动性。同时，钢板硬度超出一定范围后，接触到枪弹或炮弹后会产生崩落，这些碎片则会直接危及人身安全和仪器设备的正常运行。

公告号为 CN202750372U，公开日为 2013 年 2 月 20 日，名称为“一种新型防弹机柜”的中国专利文献公开了一种具有防弹功能的柜体。该柜体外设置有防弹披甲，防弹披甲由 616 装甲钢板和凯夫拉复合板粘接而成，616 装甲钢板为防弹披甲的外层，凯夫拉复合板为防弹披甲的内层。外层 616 装甲钢板采用采用 8 毫米厚的钢板，内层凯夫拉复合板为 7 毫米厚的钢板。然而，该篇中国专利文献中并没有涉及相关钢板的产品特点和综合性能。

为此，期望获得一种钢板，这种钢板应当既具有很高的硬度，又能够吸收较大的冲击动能。

发明内容

本发明的目的在于提供一种双重硬度复合钢板，其在两个不同的表面具有两种不同的硬度特性。该双重硬度复合钢板的其中一个表面具有超高硬度，相对于该表面的另一表面则具有相对较低的硬度与较高的低温韧性。本发明所述的双重硬度复合钢板实现了高、低硬度和高韧性的结合。另外，本发明所述的双重硬度复合钢板具有良好的机械加工性能和优良的防弹性能。

为了实现上述目的，本发明提出了一种双重硬度复合钢板，其一个表面为高硬度层，其另一个表面为低硬度层，高硬度层与低硬度层之间通过轧制复合

实现原子结合，其中低硬度层为 Mn13 钢，高硬度层的布氏硬度大于 600。

在本技术方案中，低硬度层是指其相对于高硬度层具有较低的硬度。另外，由于低硬度层为 Mn13 钢，因此，其布氏硬度一般低于 250。

在本技术方案中，Mn13 钢是指将 Mn 含量控制在 $10\% < \text{Mn} < 20\%$ 范围内的钢，此类钢的微观组织基本为单一的奥氏体组织。

进一步地，上述高硬度层的化学元素质量百分比为：

C: 0.35~0.45%;

Si: 0.80~1.60%;

Mn: 0.3~1.0%;

Al: 0.02~0.06%;

Ni: 0.3~1.2%;

Cr: 0.30~1.00%;

Mo: 0.20~0.80%;

Cu: 0.20~0.60%;

Ti: 0.01~0.05%;

B: 0.001~0.003%;

余量为 Fe 和不可避免的杂质。

上述高硬度层中的各化学元素的设计原理为：

C: 在钢中可以起到固溶强化的作用，其是对钢的强度贡献最大且成本最低的强化元素。为了达到一定的硬度级别，希望钢中含有较高含量 C，然而，C 含量过高，会对钢的焊接性能和韧性产生不利影响。为此，综合考虑钢板的强韧性匹配，在本发明所述的双重硬度复合钢板的高硬度层中的 C 含量应当控制为 0.35~0.45%。

Si: Si 是脱氧元素。另外，Si 可以溶于铁素体中，以起到固溶强化的作用，其仅次于碳、氮、磷而超过其它合金元素，因此，Si 能够显著地提高钢的强度和硬度。如果需要利用 Si 固溶强化作用，其加入量通常不低于 0.6%。在上述高硬度层中，Si 含量需要被控制 0.8~1.6% 的范围之间以起到固溶强化作用。

Mn: Mn 可以降低钢的临界冷却速度，以此大大提高淬透性，并且会对钢产生固溶强化作用。但是，当 Mn 含量过高时，会使得马氏体转变温度下降幅度太多，导致室温残余奥氏体增加，不利于钢的强度增加；在铸坯中心偏析部

位生成粗大的 MnS，令板厚中心的韧性降低。鉴于此，在上述高硬度层中的 Mn 含量应当控制为 0.3~1.0%。

Al: Al 也是脱氧元素。同时，Al 还可以与氮形成细小难溶的 AlN 颗粒，细化钢的显微组织，并且抑制 BN 的生成，使 B 以固溶状态存在，从而保证钢的淬透性。一旦 Al 含量超过 0.06% 时，会在钢中生成粗大的氧化铝夹杂物。因此，将高硬度层中的 Al 含量控制为 0.02~0.06%。

Ni: Ni 在钢中只溶于基体相铁素体和奥氏体中，并且不形成碳化物，其所产生的奥氏体稳定化作用非常强。Ni 是保证钢的高韧性的主要元素，考虑到 Ni 的强化作用及其添加成本，将高硬度层中的 Ni 含量设定为 0.3~1.2%。

Cr: Cr 是缩小奥氏体相区元素，其也是中强碳化物元素。Cr 也可溶于铁素体。Cr 能够提高奥氏体的稳定性，使得 C 曲线向右偏移，由此来降低临界冷却速度，以提高钢的淬透性。上述高硬度层中的 Cr 含量需要控制为 0.3~1.0%。

Mo: 由于 Mo 在钢中可以同时存在于固溶体相和碳化物相中，因此，Mo 对于钢兼具有固溶强化和碳化物弥散强化的作用，从而起到显著提高钢的硬度和强度的作用。为此，上述高硬度层中的 Mo 含量需要控制为 0.20~0.80%。

Cu: Cu 在钢中主要以固溶态和单质相沉淀析出状态存在，固溶的 Cu 可以起到固溶强化作用。由于 Cu 在铁素体中的固溶度会随着温度降低而迅速减小，因而，在较低温度下，以过饱和固溶的 Cu 以单质形式沉淀析出，从而起到析出强化作用。在上述高硬度层的加入 0.2~0.6% 的 Cu，可以显著地提高钢的抗大气腐蚀能力。

Ti: Ti 可以与钢中的 C、N 形成碳化钛、氮化钛或碳氮化钛，从而在钢坯加热轧制阶段，起到细化奥氏体晶粒的作用，进而提高钢的强度和韧性。但是，过高的 Ti 含量会使得钢中形成较多粗大的氮化钛，对于钢的强度和韧性产生不利影响。基于本发明的技术方案，上述高硬度层中的 Ti 含量应当控制在 0.01~0.05% 范围之内。

B: 较少量地添加 B 就能够显著地提升钢的淬透性，并在钢中较为容易地获得马氏体组织。然而，不宜添加太多的 B，其原因在于：B 与晶界之间存在着较强的结合力，其容易偏聚到晶界处，从而影响钢的综合性能。为此，上述高硬度层中的 B 含量需要控制在 0.001~0.003% 范围之内。

本发明所述的双重硬度复合钢板的高硬度层中的不可避免的杂质主要为 P 和 S。

更进一步地，上述高硬度层的微观组织为马氏体和少量残余奥氏体。

更进一步地，上述残余奥氏体的相比比例低于 1%。

在此，基于本发明的技术方案，将高硬度层的微观组织控制为马氏体和少量残余奥氏体的原因在于：残余奥氏体是在淬火后过冷奥氏体发生相变时不可避免出现的组织，严格控制残余奥氏体有利于保证钢种的性能，而马氏体中由于溶解于 α 相中的碳起到固溶强化作用及存在高密度位错亚结构引起的强化作用，使得马氏体具有高硬度特征，因此为了保证高硬度层的硬度，需要将微观组织控制为几乎全部为马氏体组织。

进一步地，上述低硬度层的化学元素质量百分比为：

C: 1.00~1.35%;

Si: 0.30~0.90%;

Mn: 11.0~19.0%;

Al: 0.02~0.06%;

余量为 Fe 和其他不可避免的杂质。

上述低硬度层中的各化学元素的设计原理为：

C: C 是稳定奥氏体的元素，进行快冷时可使奥氏体组织保持到室温。碳含量增加使钢的固溶强化作用增强，这样可以提高 Mn13 钢的强度和硬度。若含碳量过高，钢中的碳化物在固溶处理时，会溶入奥氏体中，因碳化物与奥氏体比容差别大，使固溶后的高锰钢产生孔洞缺陷，导致密度下降，对高锰钢的性能产生影响；若经水韧处理，碳化物有可能沿晶界分布，导致钢的韧性大大下降。

Si: Si 作为脱氧元素加入，同时还有强化固溶体、提高屈服强度的作用。

Mn: Mn 是高锰钢中的主要合金元素，具有扩大奥氏体相区，稳定奥氏体和降低 Ms 点的作用，锰可以使奥氏体组织保持到室温。在钢中锰除了固溶在奥氏体中外，还有一部分存在(Mn, Fe)C 型碳化物中。若锰含量增加，则高锰钢的强度和韧性都会增加，这是因为锰具有增加晶间结合力的作用；若锰含量过高，钢的导热性增加，进而容易产生穿晶组织，影响高锰钢的力学性能。为获得稳定的力学性能，碳含量在 0.9-1.5%时，锰含量一般控制在 11-19%。

Al: Al 也是脱氧元素。同时, Al 还可以与氮形成细小难溶的 AlN 颗粒, 以细化钢的显微组织, 并且抑制 BN 的生成, 使 B 以固溶状态存在, 从而保证钢的淬透性。一旦 Al 含量超过 0.06% 时, 会在钢中生成粗大的氧化铝夹杂物。因此, 将低硬度层中的 Al 含量控制为 0.02~0.06%。

更进一步地, 上述低硬度层还可以进一步添加 Mo: 0.90~1.80%。

在低硬度层中进一步添加合金元素 Mo 的原因在于: Mo 与铁的结合力比较强, 同时钼原子尺寸较大, 不易扩散, 故在加 Mo 的铸态高锰钢中碳化物的析出量较少, 且在奥氏体晶界上不呈网状分布。经水韧化处理后, 钼固溶于奥氏体中, 推迟奥氏体分解, 这对高锰钢的强度和韧性都有利。

进一步地, 本发明所述的双重硬度复合钢板在 -40℃ 下的冲击功不低于 50J。

进一步地, 上述高硬度层与低硬度层的厚度比为 (0.43~3):1。

本发明的目的还在于提供一种双重硬度复合钢板的制造方法。该制造方法能够获得一种复合钢板, 该复合钢板的两个表面具有不同的硬度特性, 其中一个表面具有超高的硬度, 另一个表面则具有相对较低的硬度与较高的低温韧性。通过该制造方法实现了在同一钢板中高、低硬度和高韧性的结合。另外, 由该制造方法所获得双重硬度复合钢板具备良好的机械加工性能和优良的防弹性能。

为了达到上述发明目的, 本发明所涉及的双重硬度复合钢板的制造方法包括步骤:

- (1) 分别制备高硬度层板坯和低硬度层板坯;
- (2) 组坯: 对板坯结合面进行预处理, 并对板坯贴合面进行四周焊接密封, 对焊接密封后的复合坯进行抽真空处理;
- (3) 加热;
- (4) 复合轧制;
- (5) 冷却;
- (6) 热处理: 热处理加热温度为 1050~1100℃, 加热时间为 2~3min/mm×板厚, 对加热后的复合板进行水冷, 水温小于 40℃, 其中板厚的单位为 mm。

本发明所述的双重硬度复合钢板的制造方法的关键之处在于: 通过复合轧制将具有不同硬度特性的板坯原子结合在一起。该制造方法的另一关键之处在

于：将热处理步骤中的加热温度设定为 1050~1100℃，以在低硬度层板坯中获得单一均匀的奥氏体微观组织。对于加热后的复合板采取用温度小于 40℃ 的水进行冷却的目的在于：对于复合板的低硬度层板坯进行水韧化处理，以获得单一的奥氏体微观组织。与此同时，该热处理步骤对于复合板的高硬度层板坯来说是淬火处理，以获得马氏体微观组织。

进一步地，在上述步骤（3）中，加热温度为 1130~1250℃，加热时间为 120~180min。

在步骤（3）中将加热温度控制为 1130~1250℃，且控制加热时间为 120~180min 则是为了保证复合板坯中的合金成分均匀，以在低硬度层中获得完全的奥氏体相，从而减小板坯的屈服应力，进而降低成品复合钢板的变形抗力。

更进一步地，在上述步骤（4）中，控制终轧温度为 850-1000℃。

在步骤（4）中将终轧温度设定为 $\geq 950^{\circ}\text{C}$ 也是为了降低复合板坯在轧制阶段的变形抗力。

本发明的技术方案中的合金成分简单且易于控制，以中碳低合金元素为主，充分利用 C、Si、Mn、Cr、Ni、Cu 和 B 等合金元素的固溶强化作用，以及微合金化元素 Ti 与 C、N 元素形成的细小 Ti (C, N) 质点所起到的细化奥氏体晶粒的作用，在制造过程中通过轧制、热处理等工艺步骤，获得具有不同硬度特性的双重硬度复合钢板。

另外，本发明所述的双重硬度复合钢板中的高硬度层的微观组织为马氏体和少量残余奥氏体，而本发明所述的双重硬度复合钢板中的低硬度层的微观组织为单一奥氏体。

此外，根据实际生产情况来调节高硬度层与低硬度层的厚度比后进行复合组坯，以获得兼具高、低两种不同硬度的双重复合钢板。

本发明所述的双重硬度复合钢板的制造方法通过同一热处理工艺步骤，实现了对于复合钢板中的低硬度层的水韧化处理的同时，还完成了对于复合钢板中的高硬度层的淬火处理。

本发明所述的双重硬度复合钢板具有不同的表面硬度，其中一个表面的布氏硬度 > 600 ，另一表面的布氏硬度 < 250 ，其具备优良的防弹性能，能够满足国内装甲车辆对于钢板提出的防弹要求。

另外，本发明所述的双重硬度复合钢板具有优异的低温韧性，其 -40°C 夏

比 V 型纵向冲击功不低于 50J。

此外，本发明所述的双重硬度复合钢板还具有良好的机械加工性能，适用于制造生产获得具有防弹要求的车辆及其结构部件。

本发明所述的双重硬度复合钢板的制造方法可以获得兼具不同表面硬度特性的复合钢板，且该钢板具有优异的低温韧性、优良的防弹性能和良好的机械加工性能。

此外，本发明所述的双重硬度复合钢板的制造方法简单易行，适合于中、厚板生产线上的稳定生产。

附图说明

图 1 为实施例 A4 的双重硬度复合钢板的金相组织照片。

图 2 为实施例 A4 的双重硬度复合钢板中的高硬度层的微观组织图。

具体实施方式

下面将结合附图说明和具体的实施例对本发明所述的双重硬度复合钢板及其制造方法做进一步的解释和说明，然而该解释和说明并不对本发明的技术方案构成不当限定。

实施例 A1-A4

上述实施例中的双重硬度复合钢板采用以下步骤制得：

(1) 分别制备高硬度层板坯和低硬度层板坯，并分别控制高硬度层板坯和低硬度层板坯中的各化学元素如表 1 所示；

(2) 组坯：

(2a) 根据实际需要对于高硬度层板坯和低硬度层板坯进行轧制开坯，开坯厚度根据成品双重硬度复合钢板的厚度以及高硬度层与低硬度层的厚度比决定；

(2b) 对板坯结合面进行预处理，采用铣床或刨床对高硬度层板坯和低硬度层板坯的结合面分别进行加工，去除板坯表面的氧化铁皮或夹渣等缺陷，再对板坯的单面进行清理后，对于板坯单面的四条边进行坡口加工；

(2c) 将经过清洁处理后的两个板坯的清理面对清理面相对放

置，并对板坯-板坯的贴合面进行四周焊接密封；

(2d) 在经过焊接后的板坯边部留有真空通道，对焊接密封后的复合板坯进行抽真空处理；

(3) 加热：加热温度为 1130~1250℃，加热时间为 120~180min；

(4) 复合轧制，并控制终轧温度为 850-1000℃；

(5) 冷却；

(6) 热处理：热处理加热温度为 1050~1100℃，加热时间为 2~3min/mm×板厚，对加热后的复合板在辊道或水池进行水冷，水温小于 40℃。

表 1 列出了实施例 A1-A6 的双重硬度复合钢板的高硬度层和低硬度层中的各化学元素的质量百分比。

表 1. (wt%，余量为 Fe 和其他不可避免的杂质元素)

序号	板坯	C	Si	Mn	Al	Ni	Cr	Mo	Cu	Ti	B	复合板厚度 (mm)	高硬度层与低硬度层的厚度之比
A1	I*	0.36	1.55	0.41	0.034	0.40	0.39	0.30	0.40	0.023	0.0015	6.5	2.25/1
	II*	1.3	0.80	18	0.035	/	/	/	/	/	/		
A2	I	0.38	0.95	0.64	0.047	0.55	0.94	0.55	0.26	0.034	0.0022	8	3/1
	II	1.2	0.65	15	0.045	/	/	1.2	/	/	/		
A3	I	0.40	1.36	0.80	0.038	0.46	0.46	0.28	0.55	0.034	0.0026	15	0.67/1
	II	1.1	0.55	13	0.055	/	/	/	/	/	/		
A4	I	0.39	1.45	0.95	0.042	0.33	0.76	0.34	0.48	0.015	0.0016	20	0.43/1
	II	1.0	0.35	11	0.055	/	/	/	/	/	/		
A5	I	0.42	1.45	0.95	0.042	0.33	0.76	0.34	0.48	0.015	0.0016	12	1/1
	II	1.0	0.35	11	0.055	/	/	0.9	/	/	/		
A6	I	0.41	1.45	0.95	0.042	0.33	0.76	0.34	0.48	0.015	0.0016	16	0.6/1
	II	1.1	0.55	16	0.038	/	/	1.6	/	/	/		

*注：I 表示高硬度层，II 表示低硬度层。

表 2 列出了实施例 A1-A6 的双重硬度复合钢板的制造方法的具体工艺参数。

表 2

序号	步骤 (3)		步骤 (4)	步骤 (6)		
	加热温度 (℃)	加热时间 (min)	终轧温度 (℃)	加热温度 (℃)	加热时间 (min)	水冷温度 (℃)
A1	1250	120	850	1050	19.5	20

A2	1250	180	880	1060	24	22
A3	1200	120	960	1080	38	25
A4	1150	150	980	1090	40	30
A5	1140	160	950	1075	30	24
A6	1230	140	1000	1060	45	28

对上述实施例的双重硬度复合钢板取样后,进行各项力学性能测试,将试验测得到的相关力学性能列于表3中。同时,对于双重硬度复合钢板样品进行射击测试,测试后的结果列于表4中。

表3列出了实施例A1-A4的双重硬度复合钢板的相关力学性能参数。

表3.

序号	高硬度层的布氏硬度 (HB10/3000)	低硬度层的布氏硬度 (HB10/3000)	复合钢板的冲击功 KV2(-40℃) /J
A1	613	217	60
A2	618	230	54
A3	620	210	90
A4	630	210	210
A5	620	223	80
A6	615	235	190

注: A1、A2 中试验板的冲击试样尺寸为 5×10×55mm; A3~A6 中试验板的冲击试样尺寸为 10×10×55mm。冲击试样在试验板厚度截面方向位置为: 在钢板的低硬度层一侧取样, 去掉钢板表面层 1mm 后, 加工纵向冲击试样。表中, HB10/3000 表示采用直径为 10mm 的压头, 在 3000 公斤的载荷下测得的布氏硬度值。

从表3可以看出, 实施例A1-A6的双重硬度复合钢板的高硬度层的布氏硬度均 $\geq 613\text{HB}$, 且低硬度层的布氏硬度均 $< 250\text{HB}$, 由此说明该实施例的复合钢板的两个表面的硬度不同, 该复合钢板兼具有两种不同的硬度特性。另外, 实施例A1-A6的双重硬度复合钢板的冲击功KV2(-40℃)均 $> 50\text{J}$, 由此说明上述实施例的复合钢板具备优良的低温韧性。

表4列出了实施例A1-A4的双重硬度复合钢的射击测试结果。

表 4

序号	枪弹型号	射击距离 (m)	射击速度 (m/s)	结果
A1	M16 自动步枪, 5.56×45	30	981/985/983	未击穿
A2	M16 自动步枪, 5.56×45	30	986/986/985	未击穿
A3	M16 自动步枪, 5.56×45	10	984/985/983	未击穿
A4	M16 自动步枪, 5.56×45	10	986/984/987	未击穿
A5	M16 自动步枪, 5.56×45	10	976/981/982	未击穿
A6	M16 自动步枪, 5.56×45	10	971/975/973	未击穿

从表 4 可以看出, 采用同一枪弹型号, 以基本相同的射击速度, 对于处在不同的射击距离的实施例 A1-A6 进行射击, 实施例 A1-A6 的双重硬度复合钢板均未被击穿, 说明了实施例 A1-A6 具有优良的防弹性能, 其抗弹性能符合 EN.1063 中 FB5 级标准。

图 1 显示了实施例 A4 的双重硬度复合钢板的金相组织。同时, 图 2 显示了实施例 A4 的双重硬度复合钢板中的高硬度层的微观组织。

从图 1 可以看出, 该双重硬度复合钢板具有高硬度层与低硬度层, 其中, 上层为高硬度层, 其微观组织为马氏体和少量残余奥氏体, 下层为低硬度层, 其微观组织为单一的奥氏体。从图 2 则可以看出, 高硬度层的微观组织基本全部为马氏体, 残余奥氏体的相比例低于 1%。

需要注意的是, 以上列举的仅为本发明的具体实施例, 显然本发明不限于以上实施例, 随之有着许多的类似变化。本领域的技术人员如果从本发明公开的内容直接导出或联想到的所有变形, 均应属于本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种双重硬度复合钢板，其特征在于：其一个表面为高硬度层，其另一个表面为低硬度层，所述高硬度层与低硬度层之间通过轧制复合实现原子结合，其中低硬度层为 Mn13 钢，所述高硬度层的布氏硬度大于 600。
2. 如权利要求 1 所述的双重硬度复合钢板，其特征在于，所述高硬度层的化学元素质量百分比为：
C: 0.35~0.45%、Si: 0.80~1.60%、Mn: 0.3~1.0%、Al: 0.02~0.06%、Ni: 0.3~1.2%、Cr: 0.30~1.00%、Mo: 0.20~0.80%、Cu: 0.20~0.60%、Ti: 0.01~0.05%、B: 0.001~0.003%，余量为 Fe 和不可避免的杂质。
3. 如权利要求 2 所述的双重硬度复合钢板，其特征在于，所述高硬度层的微观组织为马氏体和少量残余奥氏体。
4. 如权利要求 3 所述的双重硬度复合钢板，其特征在于，所述残余奥氏体的相比例低于 1%。
5. 如权利要求 1 所述的双重硬度复合钢板，其特征在于，所述低硬度层的化学元素质量百分比为：
C: 1.00~1.35%、Si: 0.30~0.90%、Mn: 11.0~19.0%、Al: 0.02~0.06%，余量为 Fe 和其他不可避免的杂质。
6. 如权利要求 5 所述的双重硬度复合钢板，其特征在于，所述低硬度层还具有化学元素 Mo: 0.90~1.80%。
7. 如权利要求 1 所述的双重硬度复合钢板，其特征在于，其-40℃下的冲击功不低于 50J。
8. 如权利要求 1 所述的双重硬度复合钢板，其特征在于，所述高硬度层与低硬度层的厚度比为(0.43~3):1。
9. 如权利要求 1-8 中任意一项所述的双重硬度复合钢板的制造方法，其特征在于，包括步骤：
 - (1) 分别制备高硬度层板坯和低硬度层板坯；
 - (2) 组坯：对板坯结合面进行预处理，并对板坯贴合面进行四周焊接密封，对焊接密封后的复合坯进行抽真空处理；
 - (3) 加热；

- (4) 复合轧制;
 - (5) 冷却;
 - (6) 热处理: 热处理加热温度为 $1050\sim 1100^{\circ}\text{C}$, 加热时间为 $2\sim 3\text{min/mm}\times\text{板厚}$, 对加热后的复合板进行水冷, 水温小于 40°C , 其中板厚的单位为 mm。
10. 如权利要求 9 所述的双重硬度复合钢板的制造方法, 其特征在于, 在所述步骤 (3) 中, 加热温度为 $1130\sim 1250^{\circ}\text{C}$, 加热时间为 $120\sim 180\text{min}$ 。
11. 如权利要求 10 所述的双重硬度复合钢板的制造方法, 其特征在于, 在所述步骤 (4) 中, 控制终轧温度为 $850\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。



图 1

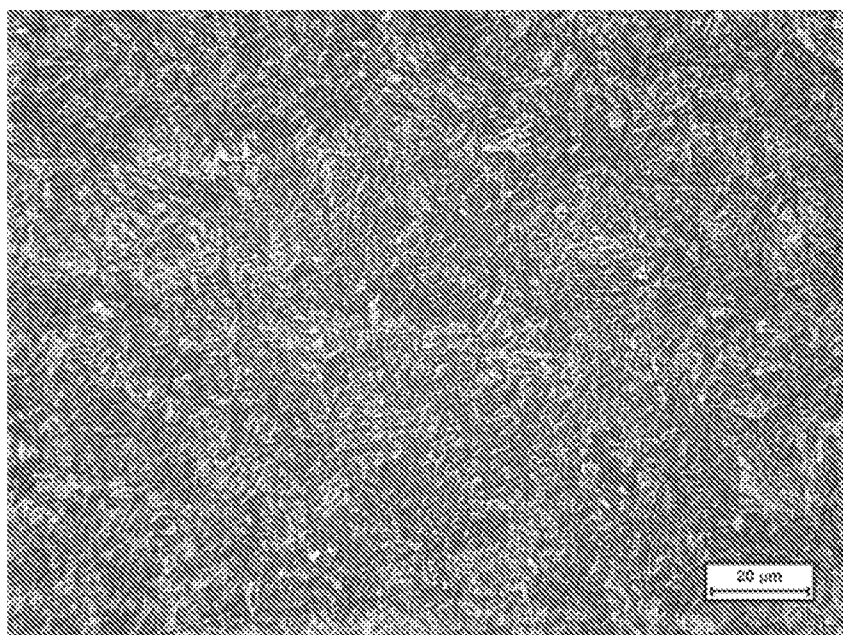


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/109781

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F41H 5/04 (2006.01) i; B21B 1/38 (2006.01) i; B32B 15/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F41H; B21B; B32B; C22C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, EPODOC, WPI, Chinese National Knowledge Infrastructure: BAOSTEEL GROUP CORP.; ZHAO, Xiaoting; YAN, Bo; YAO, Liandeng; JIAO, Sihai; LI, Hongbin; steel plate, armor plate, ballistic laminate, hardness, high manganese steel, composite, hot pressing, Mn13, Mn, manganese, steel, dual, alloy, roll+, armor, panel, toughness, layer, weld+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 105499269 A (BAOSTEEL GROUP CORP.), 20 April 2016 (20.04.2016), description, particular embodiments	1-11
Y	US 3694174 A (BRIGGS, B.N. et al.), 26 September 1972 (26.09.1972), column 1, lines 12-26, and claim 2	1-11
Y	CN 103451546 A (HENAN POLYTECHNIC UNIVERSITY), 18 December 2013 (18.12.2013), description, paragraphs 2 and 8	1-11
Y	CN 105088090 A (BAOSTEEL GROUP CORP.), 25 November 2015 (25.11.2015), description, paragraphs 8-19 and 30-31	2-4, 9-11
A	CN 103348213 A (ATI PROPERTIES, INC.), 09 October 2013 (09.10.2013), the whole document	1-11
A	CN 104501660 A (CHENGDU SUOYI NEW MATERIAL CO., LTD.), 08 April 2015 (08.04.2015), the whole document	1-11
A	CN 2715093 Y (SHENGKAI (TIANJIN) LTD.), 03 August 2005 (03.08.2005), the whole document	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 03 March 2017 (03.03.2017)	Date of mailing of the international search report 15 March 2017 (15.03.2017)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer LIN, Guoqiang Telephone No.: (86-10) 62413109

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/109781

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2010257997 A1 (NOVA RESEARCH INC.), 14 October 2010 (14.10.2010), the whole document	1-11
A	EP 2465954 A1 (CRS HOLDINGS INC.), 20 June 2012 (20.06.2012), the whole document	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/109781

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105499269 A	20 April 2016	None	
US 3694174 A	26 September 1972	None	
CN 103451546 A	18 December 2013	None	
CN 105088090 A	25 November 2015	None	
CN 103348213 A	09 October 2013	US 2012174760 A1	12 July 2012
		JP 2014511431 A	15 May 2014
		TW 201237189 A	16 September 2012
		EP 2661601 A2	13 November 2013
		ES 2571758 T3	26 May 2016
		HK 1188282 A1	04 November 2016
		HU E028888 T2	30 January 2017
		RS 54779 B1	31 October 2016
		BR 112013017287 A2	25 October 2016
		KR 20130129234 A	27 November 2013
		MX 2013007893 A	13 September 2013
		CA 2823645 A1	12 July 2012
		AU 2011353654 A1	25 July 2013
		IL 227341 A	31 July 2016
		SI 2661601 T1	29 July 2016
		WO 2012094160 A2	12 July 2012
		CN 103348213 B	24 February 2016
		DK 2661601 T3	17 May 2016
		RU 2013136830 A	20 February 2015
		PL 2661601 T3	30 September 2016
CN 104501660 A	08 April 2015	None	
CN 2715093 Y	03 August 2005	None	
US 2010257997 A1	14 October 2010	WO 2010117686 A1	14 October 2010
EP 2465954 A1	20 June 2012	US 2012156085 A1	21 June 2012

A. 主题的分类 F41H 5/04(2006.01)i; B21B 1/38(2006.01)i; B32B 15/00(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																										
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) F41H; B21B; B32B; C22C 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNPAT, EPODOC, WPI, 中国期刊网全文数据库: 宝山钢铁股份有限公司, 赵小婷, 闫博, 姚连登, 焦四海, 李红斌, 钢板, 装甲板, 防弹板, 硬度, 双, 板, 层, 韧性, 锰, 高锰钢, 复合, 热压, 轧制, Mn13, Mn, manganese, steel, dual, alloy, roll+, armor, panel, toughness, layer, weld+;																										
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 105499269 A (宝山钢铁股份有限公司) 2016年 4月 20日 (2016 - 04 - 20) 说明书具体实施方式</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 3694174 A (BRIGGS, BILL N. 等) 1972年 9月 26日 (1972 - 09 - 26) 第1栏第12-26行, 权利要求2</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103451546 A (河南理工大学) 2013年 12月 18日 (2013 - 12 - 18) 说明书第2段、第8段</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105088090 A (宝山钢铁股份有限公司) 2015年 11月 25日 (2015 - 11 - 25) 说明书第8-19段、第30-31段</td> <td>2-4、9-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103348213 A (ATI资产公司) 2013年 10月 9日 (2013 - 10 - 09) 全文</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104501660 A (成都索伊新材料有限公司) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 全文</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 2715093 Y (天津市圣恺工业技术发展有限公司) 2005年 8月 3日 (2005 - 08 - 03) 全文</td> <td>1-11</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 105499269 A (宝山钢铁股份有限公司) 2016年 4月 20日 (2016 - 04 - 20) 说明书具体实施方式	1-11	Y	US 3694174 A (BRIGGS, BILL N. 等) 1972年 9月 26日 (1972 - 09 - 26) 第1栏第12-26行, 权利要求2	1-11	Y	CN 103451546 A (河南理工大学) 2013年 12月 18日 (2013 - 12 - 18) 说明书第2段、第8段	1-11	Y	CN 105088090 A (宝山钢铁股份有限公司) 2015年 11月 25日 (2015 - 11 - 25) 说明书第8-19段、第30-31段	2-4、9-11	A	CN 103348213 A (ATI资产公司) 2013年 10月 9日 (2013 - 10 - 09) 全文	1-11	A	CN 104501660 A (成都索伊新材料有限公司) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 全文	1-11	A	CN 2715093 Y (天津市圣恺工业技术发展有限公司) 2005年 8月 3日 (2005 - 08 - 03) 全文	1-11
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 105499269 A (宝山钢铁股份有限公司) 2016年 4月 20日 (2016 - 04 - 20) 说明书具体实施方式	1-11																								
Y	US 3694174 A (BRIGGS, BILL N. 等) 1972年 9月 26日 (1972 - 09 - 26) 第1栏第12-26行, 权利要求2	1-11																								
Y	CN 103451546 A (河南理工大学) 2013年 12月 18日 (2013 - 12 - 18) 说明书第2段、第8段	1-11																								
Y	CN 105088090 A (宝山钢铁股份有限公司) 2015年 11月 25日 (2015 - 11 - 25) 说明书第8-19段、第30-31段	2-4、9-11																								
A	CN 103348213 A (ATI资产公司) 2013年 10月 9日 (2013 - 10 - 09) 全文	1-11																								
A	CN 104501660 A (成都索伊新材料有限公司) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 全文	1-11																								
A	CN 2715093 Y (天津市圣恺工业技术发展有限公司) 2005年 8月 3日 (2005 - 08 - 03) 全文	1-11																								
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																										
国际检索实际完成的日期 2017年 3月 3日		国际检索报告邮寄日期 2017年 3月 15日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 蔺国强 电话号码 (86-10)62413109																								

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	US 2010257997 A1 (NOVA RESEARCH INC.) 2010年 10月 14日 (2010 - 10 - 14) 全文	1-11
A	EP 2465954 A1 (CRS HOLDINGS INC.) 2012年 6月 20日 (2012 - 06 - 20) 全文	1-11

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/109781

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	105499269	A	2016年 4月 20日	无	
US	3694174	A	1972年 9月 26日	无	
CN	103451546	A	2013年 12月 18日	无	
CN	105088090	A	2015年 11月 25日	无	
CN	103348213	A	2013年 10月 9日	US 2012174760 A1	2012年 7月 12日
				JP 2014511431 A	2014年 5月 15日
				TW 201237189 A	2012年 9月 16日
				EP 2661601 A2	2013年 11月 13日
				ES 2571758 T3	2016年 5月 26日
				HK 1188282 A1	2016年 11月 4日
				HU E028888 T2	2017年 1月 30日
				RS 54779 B1	2016年 10月 31日
				BR 112013017287 A2	2016年 10月 25日
				KR 20130129234 A	2013年 11月 27日
				MX 2013007893 A	2013年 9月 13日
				CA 2823645 A1	2012年 7月 12日
				AU 2011353654 A1	2013年 7月 25日
				IL 227341 A	2016年 7月 31日
				SI 2661601 T1	2016年 7月 29日
				WO 2012094160 A2	2012年 7月 12日
				CN 103348213 B	2016年 2月 24日
				DK 2661601 T3	2016年 5月 17日
				RU 2013136830 A	2015年 2月 20日
				PL 2661601 T3	2016年 9月 30日
CN	104501660	A	2015年 4月 8日	无	
CN	2715093	Y	2005年 8月 3日	无	
US	2010257997	A1	2010年 10月 14日	WO 2010117686 A1	2010年 10月 14日
EP	2465954	A1	2012年 6月 20日	US 2012156085 A1	2012年 6月 21日