

(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
2022 年 1 月 27 日 (27.01.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/016594 A1

(51) 国际专利分类号:
B23K 26/24 (2014.01) *B23K 26/12* (2014.01)
B23K 26/322 (2014.01) *B23K 26/082* (2014.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/105539

(22) 国际申请日: 2020 年 7 月 29 日 (29.07.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010713221.9 2020年7月22日 (22.07.2020) CN

(71) 申请人: 苏州大学(SOOCHOW UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国江苏省苏州市工业园区仁爱路
199号, Jiangsu 215000 (CN)。

(72) 发明人: 孙茜(SUN, Qian); 中国江苏省苏州市工业
园区仁爱路199号, Jiangsu 215000 (CN)。 朱
天才(ZHU, Tiancai); 中国江苏省苏州市工业
园区仁爱路199号, Jiangsu 215000 (CN)。 王晓
南(WANG, Xiaonan); 中国江苏省苏州市工业
园区仁爱路199号, Jiangsu 215000 (CN)。 胡增
荣(HU, Zengrong); 中国江苏省苏州市工业园
区仁爱路199号, Jiangsu 215000 (CN)。 孙立宁
(SUN, Lining); 中国江苏省苏州市工业园区仁
爱路199号, Jiangsu 215000 (CN)。

(74) 代理人: 苏州市中南伟业知识产权代理
事务所(普通合伙)(CENTRAL SOUTH WELL
INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国江
苏省苏州市吴中区石湖西路188号吴

(54) **Title:** METHOD FOR MANUFACTURING PARTS MADE OF ALUMINIUM-SILICON PLATED
STEEL/HIGH-STRENGTH PRESS-HARDEN STEEL COMPOSITE STEEL

(54) 发明名称: 一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法

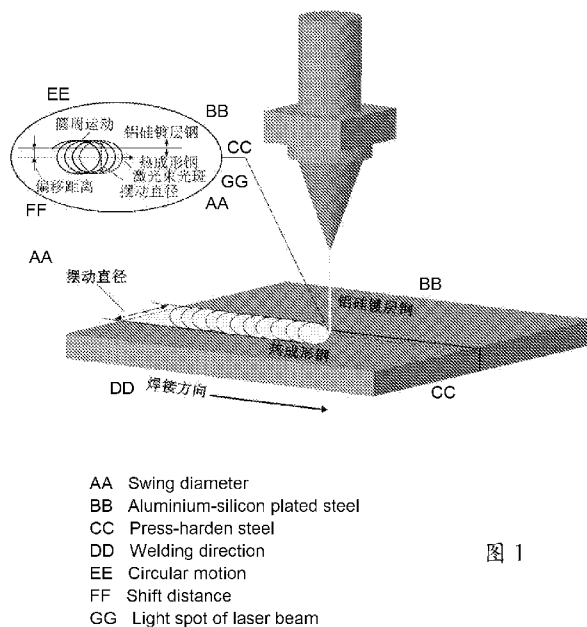


图 1

(57) **Abstract:** Disclosed in the present invention is a method for manufacturing parts made of aluminium-silicon plated steel/high-strength press-harden steel composite steel, comprising: fixing an aluminium-silicon plated steel plate and a high-strength press-harden steel plate on a working table in a splicing manner, so that the two steel plates are in close contact; under a protective atmosphere, performing laser galvanometer welding at a joint of the two steel plates, so that the joint is melted and solidified to form a high-quality welding seam; and performing hot stamping on the welded steel plate to obtain a part made of aluminium-silicon plated steel/high-strength press-harden steel composite steel, wherein the protective atmosphere contains 5-100 vol. % of an oxidizing gas, and

中万达广场A座苏州大学国家科技园
2303, Jiangsu 215000 (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, IT, JO, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, 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))。

a movement path of a light spot is controlled to be shifted by 0-3 mm towards the side of the high-strength press-harden steel plate during galvanometer welding. The laser welding method of aluminium-silicon plated steel/high-strength press-harden steel of the present invention can achieve a good connection between an Al-Si plated steel and other high-strength press-harden steel without removing an Al-Si plating layer, improve the mechanical properties of a welding joint, and reduce the formation of δ ferrite in a welding seam.

(57) 摘要: 本发明公开了一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法, 包括: 将一铝硅镀层钢板与一高强热成形钢板以拼接的形式固定于工作台上, 使两块钢板紧密接触; 在保护气氛下, 对两块钢板的对接处进行激光振镜焊接, 使得对接处熔化并凝固, 形成高质量的焊缝; 对焊接后的钢板进行热冲压, 获得铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件; 其中, 保护气氛中含有5~100vol.%的氧化性气体, 振镜焊接时控制光斑的移动路径向高强热成形钢板一侧偏移0~3mm。本发明的铝硅镀层钢/高强热成形钢的激光焊接方法, 能够在不去除Al-Si镀层的条件下, 实现Al-Si镀层钢与其他高强热成形钢的良好连接, 提高焊接接头的力学性能, 降低焊缝中的 δ 铁素体的形成。

一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法

技术领域

本发明涉及汽车零部件制造技术领域，具体涉及一种不去除铝硅镀层钢
5 与高强热成形钢的激光焊接方法。

背景技术

汽车轻量化是现代汽车的重要发展方向，而减轻车身重量是实现汽车轻量化的一个重要途径。在车身中使用先进高强钢或超高强度钢代替普通钢，可以在保证汽车安全性的前提下，实现汽车的轻量化。热成形钢（Press-harden steel, PHS）是目前汽车白车身用强度最高的钢材之一，其抗拉强度可达 1500MPa 以上。热成形钢具有超高强度，能够在汽车碰撞过程中很好的保持车体内部结构从而避免乘客受到严重伤害，有效提高了汽车的安全性能。而热冲压成形钢在生产过程中，为防止冲压过程发生表面氧化和脱碳，钢板表面通常提前预置铝硅镀层。铝硅镀层的存在可以为钢板提供良好的抗腐蚀能力和高温抗氧化性，
10 但却会给钢板的焊接带来新的问题。

国内外学者对铝硅镀层钢的焊接性能做了大量研究，获得了大量的有价值的研究成果，研究认为铝硅镀层的存在，使得焊缝及熔合区中有 Fe-Al 金属间化合物或较软铁素体的析出，会严重恶化焊接接头的力学性能。

为了解决这一问题，国内外提出了大量的解决方案；主要可归纳总结为以下三个方面：第一，去除铝硅镀层；第二，激光填丝焊接；第三，优化焊接工
20 艺。

对于去除铝硅镀层方面，现有的主要技术路线包括机械剥除、激光烧蚀和

化学法去除。相对比而言，激光烧蚀是最为有效的技术，也是目前铝硅镀层激光拼焊板工业化生产的唯一技术。尽管采用激光烧蚀、电子束烧蚀可实现包含铝硅镀层钢的激光拼焊板的激光焊接，但是激光烧蚀工序无疑增加了设备投入、降低了生产效率、提高了生产成本。

5 对于激光填丝焊接而言，通过添加包含奥氏体形成元素（C、Mn、Ni、N）的焊丝，进而抑制焊缝中 delta 铁素体的形成。尽管避免了焊接前的激光烧蚀，但是激光焊接填丝却无疑增加了焊丝的投入、并且改变了激光焊缝处的合金化成分，可能会对后续的热冲压成形过程带来新的问题。

10 对于优化激光焊接工艺方面，主要是通过调整激光焊接功率、改变焊缝形状或者采用激光摆动焊接等方法，尽管能小幅度提高激光焊缝强度，但是并不能从根本上解决这一问题。

公开号为 CN106392328B 的中国专利（公开日为 2017 年 2 月 15 日）公开了一种使用激光焊接设备将带 Al-Si 镀层的热成形钢板在保护气体的条件下进行拼焊的方法，其中保护气体包括氧气和二氧化碳的一种或两种与惰性气体的混合气体。该专利采用的氧化性气体提高了焊接熔池中的氧分压，使得进入到焊接熔池中的 Al 元素与 O 元素结合形成对焊缝强韧性不影响的 Al_2O_3 ，抑制 Al 与 Fe 元素形成金属间化合物和影响奥氏体相变，最终获得全板条马氏体组织的焊缝区，焊缝的强度达到母材水平。该方法无需添加焊丝，也无需焊前去除镀层，方法简单、提高了生产效率、降低了生产成本。但是该方案仍存在以下缺点：第一，对于拼焊板的组对间隙要求较高，一般要求间隙不大于 0.1t，这无形中相当于增加了焊接的难度；第二，在焊接的过程中，如果镀层中铝一旦进入焊接熔池内仍会出现偏聚的风险，导致生产过程中的不稳定；第三，焊接熔池停留的时间非常短，铝的氧化反应受限，导致效果不好。

发明内容

25 本发明要解决的技术问题是提供一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制

零部件的制造方法，该方法能够在不去除 Al-Si 镀层的条件下，实现 Al-Si 镀层钢与其他高强热成形钢的良好连接，提高焊接接头的力学性能，降低焊缝中的 δ 铁素体的形成，为下一步热冲压成形提供了有利条件。

为了解决上述技术问题，本发明提供了如下的技术方案：

5 一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法，包括：

步骤一：将一铝硅镀层钢板与一高强热成形钢板以拼接的形式固定于工作台上，使两块钢板紧密接触；

步骤二：在保护气氛下，对所述两块钢板的对接处进行激光振镜焊接，使得对接处熔化并凝固，形成高质量的焊缝；

10 步骤三：对焊接后的钢板进行热冲压，获得铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件；

其中，所述保护气氛中含有 5~100vol.% 的氧化性气体，振镜焊接时控制光斑的移动路径向高强热成形钢板一侧偏移 0~3mm。

进一步地，步骤一中，所述铝硅镀层钢板的铝硅镀层厚度为 5~50 μ m，铝
15 硅镀层中铝含量在 70% 以上。

进一步地，步骤一中，所述两块钢板的厚度为 0.8~3.0mm，固定时控制两块钢板之间的间隙在 0.3t 以下。

进一步地，步骤一中，所述铝硅镀层钢板中钢板的成分为： $0.10\% \leq C \leq 0.5\%$ ； $0.5\% \leq Mn \leq 3\%$ ； $0.1\% \leq Si \leq 1\%$ ； $0.01\% \leq Cr \leq 1\%$ ； $Ti \leq 0.2\%$ ； $Al \leq 0.1\%$ ； $S \leq 0.05\%$ ； $P \leq 0.1\%$ ； $0.0002\% \leq B \leq 0.010\%$ ，
20 其余为铁。

进一步地，步骤一中，所述高强热成形钢板的成分为： $0.10\% \leq C \leq 0.5\%$ ； $0.5\% \leq Mn \leq 3\%$ ； $0.1\% \leq Si \leq 1\%$ ； $0.01\% \leq Cr \leq 1\%$ ； $Ti \leq$

0.2% ; Al $\leq$ 0.1% ; S $\leq$ 0.05% ; P $\leq$ 0.1% ; 0.0002% $\leq$ B $\leq$ 0.010% ,
V $\leq$ 0.2% , 其余为铁。

进一步地, 步骤二中, 所述保护气氛为氧化性气体或由氧化性气体与惰性
气体组成, 所述惰性气体选自氦气、氩气、氮气中的一种或多种, 所述氧化性
5 气体为 CO₂。

进一步地, 步骤二中, 所述保护气氛为所述保护气氛中, 氧气的含量 $\leq$
15vol.%, CO₂的含量 $\leq$ 100vol.%。

进一步地, 步骤二中, 所述保护气氛的流速为 5 ~ 35 L/min, 焊接过程中钢
板的上下表面均需要保护气保护, 上表面保护气喷嘴与钢板表面的夹角小于
10 90° 。

进一步地, 步骤二中, 所述激光振镜焊接的参数为: 激光功率
1000~10000W, 焊接速度 1~20m/min, 扫描轨迹为“○”、“∞”、“ $\longleftrightarrow$ ”或“ $\wedge\wedge\wedge\wedge$ ”,
扫描半径为 0.3~3.0mm, 扫描速度为 200~2000 mm/s。

进一步地, 步骤三中, 热冲压时加热温度为 900-1000°C之间, 加热时间控
15 制在 3 ~ 8min, 热冲压之后的冷却速度控制在 30°C/s 以上。

本发明的有益效果:

1. 本发明的铝硅镀层钢/高强热成形钢的激光焊接方法, 能够在不去除 Al-Si
镀层的条件下, 实现 Al-Si 镀层钢与其他高强热成形钢的良好连接, 提高焊接
接头的力学性能, 降低焊缝中的 δ 铁素体形成的激光焊接方法, 为下一步热冲
20 压成形提供了有利条件。

2. 本发明利用激光振镜焊接代替现有的激光线性焊接, 激光振镜焊接的回
旋振动有助于搅拌激光熔池, 从而使铝硅镀层钢表面的 Al 元素均匀的分散于熔
池中, 有助于熔池内元素均匀化, 从而增强焊缝的强度和韧性, 提高焊接接头

的性能。

3. 本发明的激光振镜焊接，焊接时的激光束光斑移动路径向高强热成形钢侧偏移一定的距离。当光斑移动路径无偏移时，焊接熔池内的化学成分含量为50%铝硅镀层钢和 50%的高强热成形钢的混合物；当光斑移动路径向高强热成形钢侧偏移时，焊接熔池内熔化的高强热成形钢的含量更高大于 50%，而熔化的铝硅镀层钢的含量小于 50%，从而降低熔池内 Al 元素的含量，使得焊缝内无 δ 铁素体生成，全为板条马氏体，显著提高了焊缝的强度和韧性。

4. 本发明利用激光振镜焊接铝硅镀层钢和高强热成形钢获得的焊缝表面成形美观，焊缝内无铝元素偏聚，无裂纹、气孔和夹杂等焊接缺陷，焊缝表面无明显氧化现象。相比于传统的激光线性焊接，激光束摆动焊接焊缝的宽度更大，且激光束摆动焊接对焊缝间隙容忍度更大，可以达到 0.3t 及以下，因此可以降低焊接的难度，从而降低焊接成本。

附图说明

图 1 是本发明的激光焊接方法的示意图；

图 2 是实施例 1 中激光振镜焊接的焊缝上表面的宏观形貌（上侧板为铝硅镀层钢，下侧板为 2GPa 热成形钢）；

图 3 是对比例 1 中线性激光焊接并热成形后焊缝的显微组织（LM 指板条马氏体， δ -F 指 δ 铁素体）；

图 4 是对比例 2 中激光振镜焊接并热成形后焊缝的显微组织；

图 5 是实施例 1 中激光振镜焊接并热成形后焊缝的显微组织。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明，以使本领域的技术人员可以更好地理解本发明并能予以实施，但所举实施例不作为对本发明的限定。

除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域内的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本发明。本文所使用的术语“及/或”包括一个或多个相关的所列项目的任意的和所有的组合。

5 如背景技术所述，现有技术中主要通过去除铝硅镀层、激光填丝焊接和优化焊接工艺这三种手段实现铝硅镀层板的焊接，但是这三种手段存在增加了设备投入、改变了合金成分、提高了生产成本等各种问题。

为了解决上述种种技术问题，本发明提供了一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法，包括：

10 将一铝硅镀层钢板与一高强热成形钢板以拼接的形式固定于工作台上，使两块钢板紧密接触；

在保护气氛下，对所述两块钢板的对接处进行激光振镜焊接，使得对接处熔化并凝固，形成高质量的焊缝；

15 对焊接后的钢板进行热冲压，获得铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件；

其中，所述保护气氛中含有 5~100vol.% 的氧化性气体，振镜焊接时控制光斑的移动路径向高强热成形钢板一侧偏移 0~3mm。

20 本发明中，钢板在焊接前优选地经过预处理，以除去钢板表面的油污。所述预处理具体为使用溶剂清洗所述热成形钢板，然后风干。作为所述溶剂，可为乙醇、丙酮等本领域常用的清洗溶剂。

本发明中，钢板经过清洗后可直接固定进行焊接，无需通过激光烧蚀、机械剥离等方式去除热成形钢板表面的铝硅镀层，既简化了焊接工艺，又减少了设备投入，降低了生产成本。

25 本发明中，将钢板以拼接的形式固定于工作台上具体为：将两块钢板置于工作台上，使用焊接夹具固定住，使得两块钢板对接。其中，对工作台和焊接

夹具不做限定，可为本领域技术人员熟知的工作台和焊接夹具。

本发明中，两块钢板的厚度可以等厚，也可以不等厚，两块钢板的厚度优选地在 0.8~3.0mm 之间。

本发明中，两块钢板对接时，钢板之间的间隙可控制在 0.3t 以下，而普通激光线性焊接的间隙要求是不大于 0.1t。这说明本发明的焊接方法具有更高的焊缝间隙容忍度，可用于对间隙要求较低的构件上。

本发明中，对于所采用的铝硅镀层钢板的来源并无特殊限制，可为本领域常用的铝硅镀层钢板。其中，铝硅镀层厚度优选地在 5~50 μm 之间，铝硅镀层中铝含量优选地在 70% 以上。

作为上述铝硅镀层钢板，其中钢板的成分可为（按质量百分比计）：0.10% $\leq C \leq 0.5\%$ ；0.5% $\leq \text{Mn} \leq 3\%$ ；0.1% $\leq \text{Si} \leq 1\%$ ；0.01% $\leq \text{Cr} \leq 1\%$ ； $\text{Ti} \leq 0.2\%$ ； $\text{Al} \leq 0.1\%$ ； $\text{S} \leq 0.05\%$ ； $\text{P} \leq 0.1\%$ ；0.0002% $\leq \text{B} \leq 0.010\%$ ，其余为铁以及生产过程中不可避免的杂质。

作为上述高强热成形钢板，其成分可为（按质量百分比计）：0.10% $\leq C \leq 0.5\%$ ；0.5% $\leq \text{Mn} \leq 3\%$ ；0.1% $\leq \text{Si} \leq 1\%$ ；0.01% $\leq \text{Cr} \leq 1\%$ ； $\text{Ti} \leq 0.2\%$ ； $\text{Al} \leq 0.1\%$ ； $\text{S} \leq 0.05\%$ ； $\text{P} \leq 0.1\%$ ；0.0002% $\leq \text{B} \leq 0.010\%$ ， $\text{V} \leq 0.2\%$ ，其余为铁。

本发明中，所述保护气氛为氧化性气体；或氧化性气体与惰性气体组成的混合气体。所述氧化性气体可为 CO_2 ；所述惰性气体可为氩气、氦气、氮气中的一种或多种。优选地，所述保护气氛中，氧气的含量 $\leq 15\text{vol.}\%$ ， CO_2 的含量 $\leq 100\text{vol.}\%$ 。进一步优选地，所述保护气氛为：80%Ar+20% CO_2 或 100% CO_2 。

本发明中，所述保护气氛的流速优选为 5~35L/min，优选为 10~20L/min。

本发明中，钢板的上下表面必须同时通入保护气，且上表面气体喷嘴与钢板表面之间夹角小于 90° 。

本发明中，所采用的激光焊接设备可为光纤激光器、半导体激光器或二氧

化碳激光器。

本发明中，激光振镜焊接的参数为：激光功率优选为 1000~10000W，焊接速度优选为 1~20m/min，扫描轨迹可为“○”或“∞”或“ΛΛΛ”或“←→”或其他类似能够实现类似轨迹变动，扫描半径优选为 0.3~3.0 mm，扫描速度优选为 200~2000 mm/s。

本发明中，所述光斑的移动路径向高强热成形钢板一侧偏移 0~3mm 指的是，激光扫描轨迹的中心位于高强热成形钢板一侧，且与两块钢板的对接处的距离为 0~3mm，例如可为 0.2mm、0.4mm、0.6mm、0.8mm、1.5mm、2.5mm 等。其作用是，既可以实现两种钢板的熔化焊接，又可以实现熔池内 Al 元素的质量分数低于形成 δ 铁素体的最低质量分数。

本发明中，拼焊板的热冲压时的加热温度优选为 900~1000℃之间，加热时间优选地控制在 3~8min，热冲压之后的冷却速度优选地控制在 30℃/s 以上。通过以上热冲压处理，保证基材和焊缝的显微组织主要为板条马氏体。

本发明中，焊接完成后形成的激光焊接接头的焊缝强度为 1000~1500 MPa，热冲压后的钢制零部件铝硅镀层侧强度达到 1500 MPa，高强热成形钢侧的强度可以达到 2000 MPa。

本发明制备的钢制零部件，可用于汽车白车身的 A 柱、B 柱和中间通道、门环等未来有可能的应用位置。

下述实施例中所使用的实验方法如无特殊说明，均为常规方法，所用的材料、试剂等，如无特殊说明，均可从商业途径得到。

实施例 1

铝硅镀层钢/高强热成形钢的摆动振镜焊接方法，包括如下步骤：

步骤（1）：选用 1.5 mm 厚铝硅镀层 22MnB5 钢和 1.5 mm 厚 2GPa 热成形钢，酒精去油污；铝硅镀层 22MnB5 钢的镀层厚度为 20 μm ~ 40 μm。

步骤(2): 将两块钢板以拼接的形式置于工作台上, 并用专用的焊接夹具使两块钢板紧密接触。

步骤(3): 利用 IPG-6kW 光纤激光器对试验板进行拼板接焊, 所用激光功率为 3.0 kW, 焊接速度为 5.0 m/min, 摆动直径为 0.5 mm, 摆动频率为 50Hz, 离焦量为+5.0 mm, 所用保护气为 80%Ar+20%CO₂, 焊接时光斑路径由两板拼接路径向 2GPa 热成形钢侧偏移 0.5 mm。

步骤(4): 获得激光拼焊板后, 对其进行焊后热处理, 热处理工艺为 930 °C 保温 5 min, 随后对其进行淬火处理(水淬), 最终获得淬火态的激光拼焊板。

参见附图 5, 焊后观察焊缝宏观形貌优良, 无明显飞溅, 焊缝组织全为板条马氏体, 无 δ 铁素体。焊接接头的强度达到 1500 MPa 及以上。热成形后铝硅镀层 22MnB5 钢侧的强度达到 1500 MPa 及以上, 高强钢侧强度达到 2000 MPa, 整个拼焊板零部件的组织均是马氏体。

实施例 2

铝硅镀层钢/高强热成形钢的摆动激光焊接, 包括如下步骤:

步骤(1): 选用 2.0 mm 厚铝硅镀层 22MnB5 钢和 1.5 mm 厚 1800MPa 热成形钢, 酒精去油污; 铝硅镀层 22MnB5 钢的镀层厚度为 20 μ m~40 μ m。

步骤(2): 将两块钢板以拼接的形式置于工作台上, 并用专用的焊接夹具使两块钢板紧密接触。

步骤(3): 利用 IPG-10kW 光纤激光器对试验板进行拼板接焊, 所用激光功率为 10.0 kW, 焊接速度为 6.0m/min, 离焦量为 0 mm, 摆动直径为 6.0mm, 光斑向 1800MPa 钢侧偏移 2.5mm, 摆动频率为 50Hz。所用保护气为 100%CO₂, 焊接时光斑移动路径为两钢板拼接路径。

步骤(4): 获得激光拼焊板后, 对其进行热处理, 热处理工艺为 950 °C 保温 5 min, 随后对其进行淬火处理(水淬), 最终获得淬火态的激光拼焊板。

焊接接头的强度可达到 1500 MPa 以上，拉伸断裂位置出现在铝硅镀层钢侧。热成形后铝硅镀层 22MnB5 钢侧的强度达到 1500 MPa，高强钢侧强度可达到 1800 MPa，整个复合零部件的显微组织均为板条马氏体，无其他组织。

对比例 1

5 铝硅镀层钢/高强热成形钢的线性激光焊接，包括如下步骤：

步骤（1）：选用 1.5 mm 厚铝硅镀层 22MnB5 钢和 1.5 mm 厚 2GPa 热成形钢，酒精去油污；铝硅镀层 22MnB5 钢的镀层厚度为 20 μm ~40 μm 。

步骤（2）：将两块钢板以拼接的形式置于工作台上，并用专用的焊接夹具使两块钢板紧密接触。

10 步骤（3）：利用 IPG-6kW 光纤激光器对试验板进行拼板接焊，所用激光功率为 3.0 kW，焊接速度为 5.0m/min，离焦量为+5.0 mm，所用保护气为 80%Ar+20%CO₂，焊接时光斑移动路径为两钢板拼接路径。

步骤（4）：获得激光拼焊板后，对其进行热处理，热处理工艺为 930 °C 保温 5 min，随后对其进行淬火处理(水淬)，最终获得淬火态的激光拼焊板。

15 从图 3 中可以看出，焊缝宏观形貌优良，焊接接头靠近铝硅镀层 22MnB5 钢侧存在较多的 δ 铁素体。焊接接头的强度可达到 1400 MPa 及以上。热成形后铝硅镀层 22MnB5 钢侧的强度达到 1500 MPa，高强钢侧强度可达到 2000 MPa。

对比例 2

20 铝硅镀层钢/高强热成形钢的摆动激光焊接，包括如下步骤：

步骤（1）：选用 1.5 mm 厚铝硅镀层 22MnB5 钢和 1.5 mm 厚 2GPa 热成形钢，酒精去油污；铝硅镀层 22MnB5 钢的镀层厚度为 20 μm ~30 μm 。

步骤（2）：将两块钢板以拼接的形式置于工作台上，并用专用的焊接夹具使两块钢板紧密接触。

步骤(3): 利用 IPG-6kW 光纤激光器对试验板进行拼板接焊, 所用激光功率为 3.0 kW, 焊接速度为 5.0m/min, 离焦量为+5.0 mm, 摆动直径为 0.5mm 和 0.8mm, 摆动频率为 50Hz。所用保护气为 80%Ar+20%CO₂, 焊接时光斑移动路径为两钢板拼接路径。

- 5 步骤(4): 获得激光拼焊板后, 对其进行热处理, 热处理工艺为 930 °C 保温 5 min, 随后对其进行淬火处理(水淬), 最终获得淬火态的激光拼焊板。

当摆动直径为 0.5mm 时, 无明显飞溅, 观察到焊缝宏观形貌优良。摆动直径为 0.8mm 时, 飞溅明显, 观察到焊缝宏观形貌较差。两种摆动直径下的焊接接头靠近铝硅镀层 22MnB5 钢侧存在少量的 δ 铁素体。焊接接头的强度可达到 10 1400 MPa 及以上。热成形后铝硅镀层 22MnB5 钢侧的强度达到 1500 MPa, 高强钢侧强度可达到 2000 MPa。

对比例 3

铝硅镀层钢/高强热成形钢的线性激光焊接, 包括如下步骤:

- 步骤(1): 选用 1.5 mm 厚铝硅镀层 22MnB5 钢和 1.5 mm 厚 2GPa 热成形 15 钢, 酒精去油污; 铝硅镀层 22MnB5 钢的镀层厚度为 20 μ m~30 μ m。

步骤(2): 将两块钢板以拼接的形式置于工作台上, 并用专用的焊接夹具使两块钢板紧密接触。

- 步骤(3): 利用 IPG-6kW 光纤激光器对试验板进行拼板接焊, 所用激光功率为 3.0 kW, 焊接速度为 5.0m/min, 离焦量为+5.0 mm, 所用保护气为 20 80%Ar+20%CO₂, 焊接时光斑路径由两板拼接路径向 2GPa 热成形钢侧偏移 0.5mm。

步骤(4): 获得激光拼焊板后, 对其进行焊后热处理, 热处理工艺为 930 °C 保温 5 min, 随后对其进行淬火处理(水淬), 最终获得淬火态的激光拼焊板。

- 焊后观察到焊缝的铝硅镀层 22MnB5 钢侧存在一定的未熔透缺陷, 焊接接头 25 的强度较差, 不能满足实际生产的要求。

表 1 不同焊接方式下接头的抗拉强度

焊接方式	线性焊接	摆动焊接	线性焊接（偏移 0.5mm）	摆动焊接（偏移 0.5mm）
抗拉强度(MPa)	1500	1525	415	1585

从表 1 的结果可以看出，与单纯线性焊接和摆动焊接相比，采用摆动焊接+偏移 0.5mm，能够提高焊接接头的抗拉强度。

5 以上所述实施例仅是为充分说明本发明而所举的较佳的实施例，本发明的保护范围不限于此。本技术领域的技术人员在本发明基础上所作的等同替代或变换，均在本发明的保护范围之内。本发明的保护范围以权利要求书为准。

权 利 要 求 书

1、一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法，其特征在于，包括：

步骤一：将一铝硅镀层钢板与一高强热成形钢板以拼接的形式固定于工作台上，使两块钢板紧密接触；

步骤二：在保护气氛下，对所述两块钢板的对接处进行激光振镜焊接，使得对接处熔化并凝固，形成高质量的焊缝；

步骤三：对焊接后的钢板进行热冲压，获得铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件；

其中，所述保护气氛中含有 5~100vol.%的氧化性气体，振镜焊接时控制光斑的移动路径向高强热成形钢板一侧偏移 0~3mm。

2、如权利要求 1 所述的一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法，其特征在于，步骤一中，所述铝硅镀层钢板的铝硅镀层厚度为 5~50 μ m，铝硅镀层中铝含量在 70%以上。

3、如权利要求 1 所述的一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法，其特征在于，步骤一中，所述两块钢板的厚度为 0.8~3.0mm，固定时控制两块钢板之间的间隙在 0.3t 以下。

4、如权利要求 1 所述的一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法，其特征在于，步骤一中，所述铝硅镀层钢板中钢板的成分为：0.10% $\leq$ C $\leq$ 0.5%；0.5% $\leq$ Mn $\leq$ 3%；0.1% $\leq$ Si $\leq$ 1%；0.01% $\leq$ Cr $\leq$ 1%；Ti $\leq$ 0.2%；Al $\leq$ 0.1%；S $\leq$ 0.05%；P $\leq$ 0.1%；0.0002% $\leq$ B $\leq$ 0.010%，其余为铁。

5、如权利要求 1 所述的一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的

制造方法，其特征在于，步骤一中，所述高强热成形钢板的成分为： $0.10\% \leq C \leq 0.5\%$ ； $0.5\% \leq Mn \leq 3\%$ ； $0.1\% \leq Si \leq 1\%$ ； $0.01\% \leq Cr \leq 1\%$ ； $Ti \leq 0.2\%$ ； $Al \leq 0.1\%$ ； $S \leq 0.05\%$ ； $P \leq 0.1\%$ ； $0.0002\% \leq B \leq 0.010\%$ ， $V \leq 0.2\%$ ，其余为铁。

5 6、如权利要求 1 所述的一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法，其特征在于，步骤二中，所述保护气氛为氧化性气体或由氧化性气体与惰性气体组成，所述惰性气体选自氦气、氩气、氮气中的一种或多种，所述氧化性气体为 CO_2 。

10 7、如权利要求 6 所述的一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法，其特征在于，步骤二中，所述保护气氛为所述保护气氛中，氧气的含量 $\leq 15\text{vol.}\%$ ， CO_2 的含量 $\leq 100\text{vol.}\%$ 。

15 8、如权利要求 1 所述的一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法，其特征在于，步骤二中，所述保护气氛的流速为 $5 \sim 35 \text{ L/min}$ ，焊接过程中钢板的上下表面均需要保护气保护，上表面保护气喷嘴与钢板表面的夹角小于 90° 。

9、如权利要求 1 所述的一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法，其特征在于，步骤二中，所述激光振镜焊接的参数为：激光功率 $1000 \sim 10000 \text{ W}$ ，焊接速度 $1 \sim 20 \text{ m/min}$ ，扫描轨迹为“○”、“∞”、“ $\longleftrightarrow$ ”或“ $\wedge \wedge \wedge \wedge$ ”，扫描半径为 $0.3 \sim 3.0 \text{ mm}$ ，扫描速度为 $200 \sim 2000 \text{ mm/s}$ 。

20 10、如权利要求 1 所述的一种铝硅镀层钢/高强热成形钢复合钢制零部件的制造方法，其特征在于，步骤三中，热冲压时加热温度为 $900 \sim 1000^\circ\text{C}$ 之间，加热时间控制在 $3 \sim 8 \text{ min}$ ，热冲压之后的冷却速度控制在 30°C/s 以上。

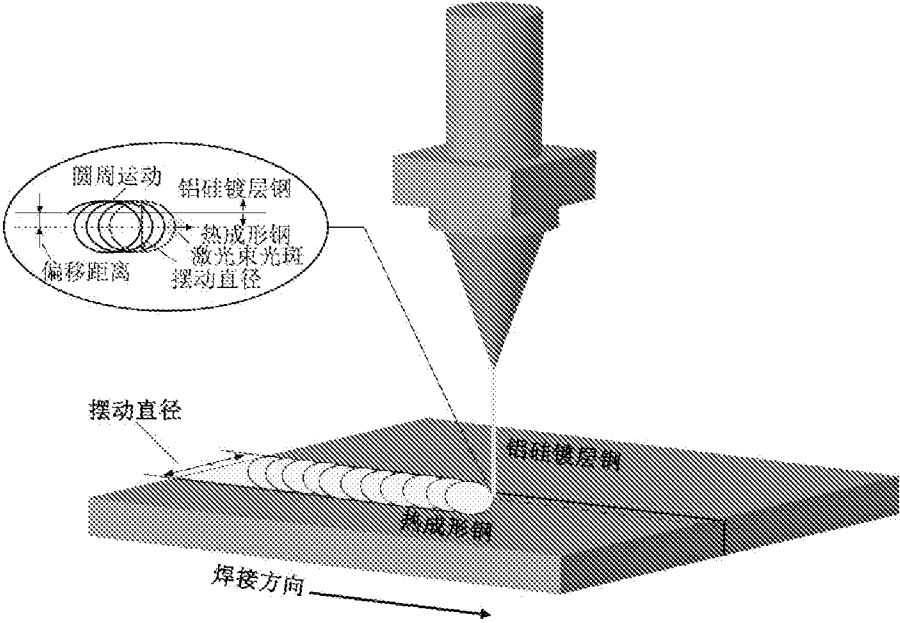


图 1

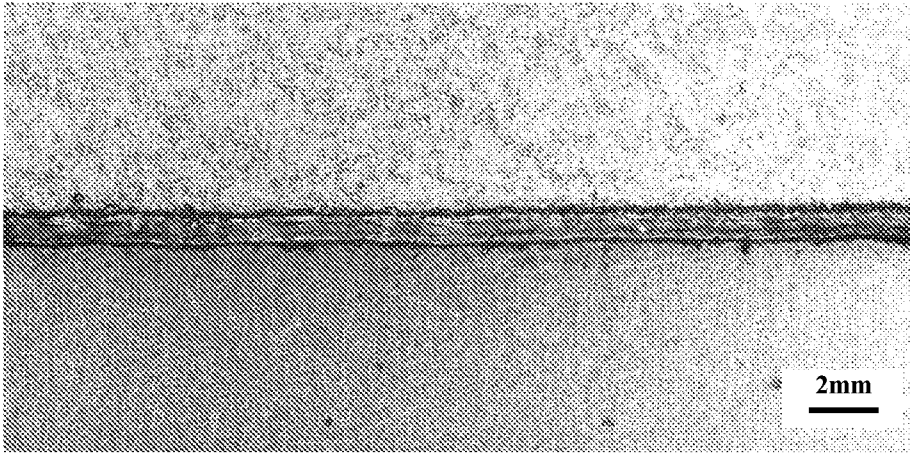


图 2

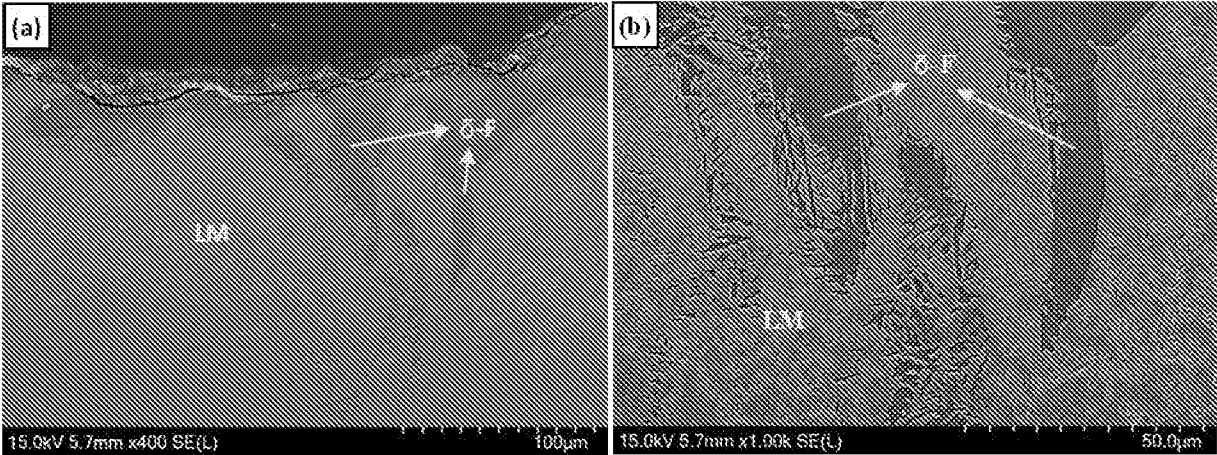


图 3

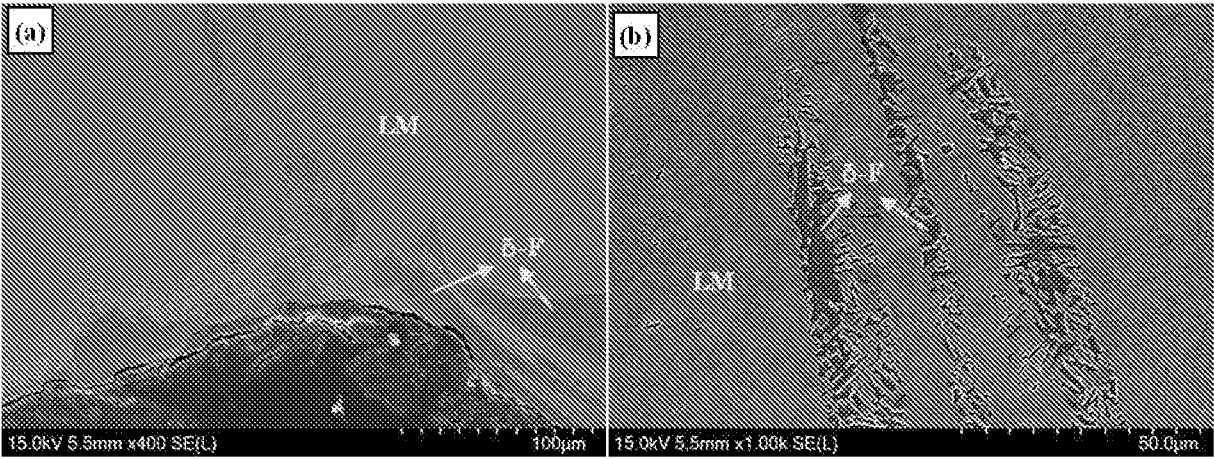


图 4

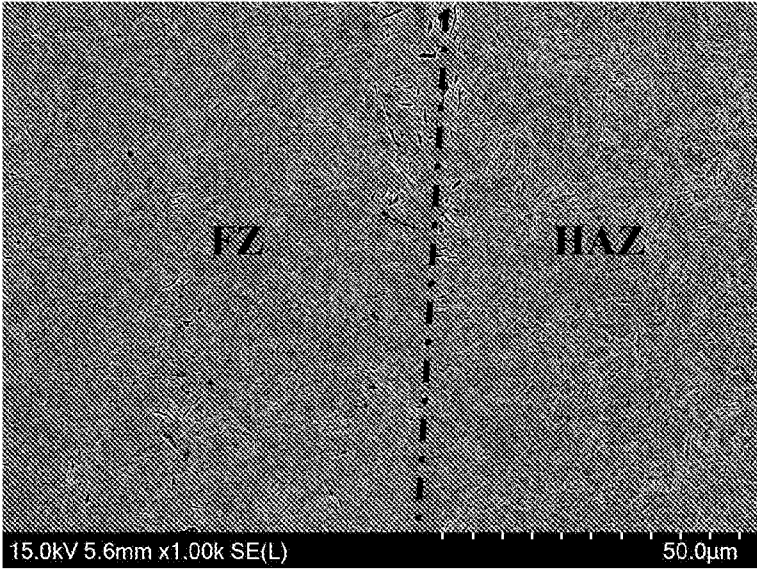


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/105539

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K 26/24(2014.01)i; B23K 26/322(2014.01)i; B23K 26/12(2014.01)i; B23K 26/082(2014.01)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)

B23K26

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)

DWPI; CNABS; CNTXT; CNKI: 铝, 镀层, 钢, 激光, 焊接, 振镜, 氧化, 偏移, 偏置, 横向, aluminum, coat+, steel, laser, weld +, oxidiz+, oxygen, vibrat+, oscillat+, offset, excursion, lateral, transverse

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 111050980 A (BAOSTEEL TAILORED BLANKS GMBH) 21 April 2020 (2020-04-21) description paragraphs 27, 33-65 and figure 1	1-10
Y	CN 106392328 A (SOOCHOW UNIVERSITY) 15 February 2017 (2017-02-15) description, paragraphs 36-43	1-10
Y	CN 103495804 A (HARBIN HENGPU LASER APPLICATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 January 2014 (2014-01-08) description, paragraphs 11-18	1-10
A	CN 110681997 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 14 January 2020 (2020-01-14) entire document	1-10
A	JP 03248789 A (NISSHIN STEEL CO., LTD.) 06 November 1991 (1991-11-06) entire document	1-10
A	CN 111230301 A (BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.) 05 June 2020 (2020-06-05) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 April 2021

Date of mailing of the international search report

22 April 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/105539

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111050980	A	21 April 2020	RU	2738128	C1	08 December 2020
				CA	3074362	A1	07 March 2019
				BR	112020003231	A2	18 August 2020
				EP	3676047	A1	08 July 2020
				WO	2019042730	A1	07 March 2019
				DE	102017120051	A1	28 February 2019
				KR	20200031695	A	24 March 2020
				JP	2020531290	A	05 November 2020
CN	106392328	A	15 February 2017	CN	106392328	B	07 August 2018
CN	103495804	A	08 January 2014	CN	103495804	B	18 May 2016
CN	110681997	A	14 January 2020	None			
JP	03248789	A	06 November 1991	None			
CN	111230301	A	05 June 2020	WO	2020199852	A1	08 October 2020

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/105539

A. 主题的分类 B23K 26/24(2014.01)i; B23K 26/322(2014.01)i; B23K 26/12(2014.01)i; B23K 26/082(2014.01)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) B23K26 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)) DWPI;CNABS;CNTXT;CNKI: 铝, 镀层, 钢, 激光, 焊接, 振镜, 氧化, 偏移, 偏置, 横向, aluminum, coat+, steel, laser, weld+, oxidiz+, oxygen, vibrat+, oscillat+, offset, excursion, lateral, transverse																							
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>Y</td> <td>CN 111050980 A (宝钢激光拼焊德国有限公司) 2020年 4月 21日 (2020 - 04 - 21) 说明书第27、33-65段和图1</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106392328 A (苏州大学) 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15) 说明书第36-43段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103495804 A (哈尔滨恒普激光应用技术有限公司) 2014年 1月 8日 (2014 - 01 - 08) 说明书第11-18段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110681997 A (上海交通大学) 2020年 1月 14日 (2020 - 01 - 14) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 03248789 A (NISSHIN STEEL CO LTD) 1991年 11月 6日 (1991 - 11 - 06) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111230301 A (宝山钢铁股份有限公司) 2020年 6月 5日 (2020 - 06 - 05) 全文</td> <td>1-10</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	Y	CN 111050980 A (宝钢激光拼焊德国有限公司) 2020年 4月 21日 (2020 - 04 - 21) 说明书第27、33-65段和图1	1-10	Y	CN 106392328 A (苏州大学) 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15) 说明书第36-43段	1-10	Y	CN 103495804 A (哈尔滨恒普激光应用技术有限公司) 2014年 1月 8日 (2014 - 01 - 08) 说明书第11-18段	1-10	A	CN 110681997 A (上海交通大学) 2020年 1月 14日 (2020 - 01 - 14) 全文	1-10	A	JP 03248789 A (NISSHIN STEEL CO LTD) 1991年 11月 6日 (1991 - 11 - 06) 全文	1-10	A	CN 111230301 A (宝山钢铁股份有限公司) 2020年 6月 5日 (2020 - 06 - 05) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
Y	CN 111050980 A (宝钢激光拼焊德国有限公司) 2020年 4月 21日 (2020 - 04 - 21) 说明书第27、33-65段和图1	1-10																					
Y	CN 106392328 A (苏州大学) 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15) 说明书第36-43段	1-10																					
Y	CN 103495804 A (哈尔滨恒普激光应用技术有限公司) 2014年 1月 8日 (2014 - 01 - 08) 说明书第11-18段	1-10																					
A	CN 110681997 A (上海交通大学) 2020年 1月 14日 (2020 - 01 - 14) 全文	1-10																					
A	JP 03248789 A (NISSHIN STEEL CO LTD) 1991年 11月 6日 (1991 - 11 - 06) 全文	1-10																					
A	CN 111230301 A (宝山钢铁股份有限公司) 2020年 6月 5日 (2020 - 06 - 05) 全文	1-10																					
☐ 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 2021年 4月 14日		国际检索报告邮寄日期 2021年 4月 22日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(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 杨永红 电话号码 62084759																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/105539

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	111050980	A	2020年 4月 21日	RU	2738128	C1	2020年 12月 8日
				CA	3074362	A1	2019年 3月 7日
				BR	112020003231	A2	2020年 8月 18日
				EP	3676047	A1	2020年 7月 8日
				WO	2019042730	A1	2019年 3月 7日
				DE	102017120051	A1	2019年 2月 28日
				KR	20200031695	A	2020年 3月 24日
				JP	2020531290	A	2020年 11月 5日
CN	106392328	A	2017年 2月 15日	CN	106392328	B	2018年 8月 7日
CN	103495804	A	2014年 1月 8日	CN	103495804	B	2016年 5月 18日
CN	110681997	A	2020年 1月 14日	无			
JP	03248789	A	1991年 11月 6日	无			
CN	111230301	A	2020年 6月 5日	WO	2020199852	A1	2020年 10月 8日