

(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
2018 年 5 月 11 日 (11.05.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/082425 A1

(51) 国际专利分类号:
B23K 11/11 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/104710

(22) 国际申请日: 2017 年 9 月 30 日 (30.09.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201610963996.5 2016 年 11 月 4 日 (04.11.2016) 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: 雷鸣 (LEI, Ming); 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。 潘华

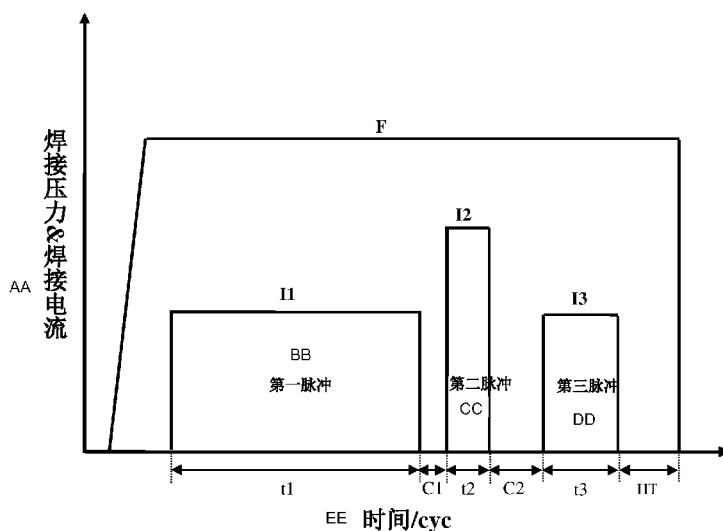
(PAN, Hua); 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。 左敦桂 (ZUO, Dungui); 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。 苏永超 (SU, Yongchao); 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。 蒋浩民 (JIANG, Haomin); 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。 石磊 (SHI, Lei); 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。

(74) 代理人: 上海华诚知识产权代理有限公司 (WATSON & BAND INTELLECTUAL PROPERTY AGENT LTD.); 中国上海市市长路 989 号世纪商贸广场 27 楼, Shanghai 200031 (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,

(54) Title: METHOD FOR WELDING ZINC-COATED HIGH-STRENGTH STEEL RESISTANCE SPOT HAVING GOOD JOINT PROPERTIES

(54) 发明名称: 具有良好接头性能的镀锌高强钢电阻点焊方法



AA WELDING PRESSURE & WELDING CURRENT
BB FIRST PULSE
CC SECOND PULSE
DD THIRD PULSE
EE TIME/CYC

图 2

(57) Abstract: A method for welding a zinc-coated high-strength steel resistance spot having good joint properties, which comprises using three welding pulses within one spot-welding cycle: a first welding pulse and a second welding pulse are used to generate a nugget and suppress generation of liquid-metal-embrittlement (LME) cracks, wherein the first welding pulse generates a nugget having a diameter of $3.75T^{1/2} - 4.25T^{1/2}$, wherein T is thickness of a plate; the second welding pulse makes the nugget grow slowly; a third welding pulse is a slow-cooling pulse, which is used to improve plasticity of solder joints. For the first welding pulse, a welding current I1 of

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, 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, 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, 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))。

the first welding pulse is obtained by means of setting a time t_1 of the first welding pulse and by means of an experiment, wherein the welding current I_1 of the first welding pulse is a welding current corresponding to when a nugget having a diameter of $3.75T^{1/2}$ — $4.25T^{1/2}$ is generated; a welding current I_2 and time t_2 of the second welding pulse and a welding current I_3 and time t_3 of the third welding pulse are calculated from the welding current I_1 and time t_1 of the first welding pulse. The method for welding a zinc-coated high-strength steel resistance spot may effectively suppress the problem of LME cracks which occur during spot welding of a high-strength zinc-coated steel sheet, while increasing plasticity of the solder joints, thereby increasing the probability of a button fracture occurring in the solder joints during breakage detection. Therefore, joints of high-strength zinc-coated steel sheet spot welding having more reliable quality and superior performance are acquired, and the method provides useful guidance for high-strength zinc-coated steel plate welding production.

(57) 摘要: 一种具有良好接头性能的镀锌高强钢电阻点焊方法, 在一个点焊周期内使用三个焊接脉冲: 第一焊接脉冲和第二焊接脉冲用于生成熔核并抑制液态金属致脆裂纹生成, 其中, 第一焊接脉冲生成直径为 $3.75T^{1/2}$ — $4.25T^{1/2}$ 的熔核, 式中 T 为板厚; 第二焊接脉冲使熔核缓慢长大; 第三焊接脉冲为缓冷脉冲, 用于提高焊点的塑性。第一焊接脉冲通过设置第一焊接脉冲的时间 t_1 及通过试验得到第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 , 第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 为生成直径为 $3.75T^{1/2}$ — $4.25T^{1/2}$ 熔核时所对应的焊接电流; 第二焊接脉冲的焊接电流 I_2 及时间 t_2 和第三焊接脉冲的焊接电流 I_3 及时间 t_3 由第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 及时间 t_1 计算所得。该镀锌高强钢电阻点焊方法可以有效抑制高强钢镀锌板点焊时出现的液态金属致脆裂纹问题, 同时提高焊点的塑性, 增加破坏检测时焊点发生钮扣断裂的概率。从而获取质量更可靠、性能更优异的高强钢镀锌板点焊接头, 为高强钢镀锌板的焊装生产提供有益的指导。

具有良好接头性能的镀锌高强钢电阻点焊方法

技术领域

- 5 本发明涉及汽车用钢板的焊接方法，尤其涉及一种抗拉强度 $\geq 590\text{Mpa}$ 镀锌钢板的电阻点焊方法。

背景技术

近年，随着油价的飙升及人们对节能环保、整车安全意识的不断增强，各类车身轻量化技术在汽车制造业中被广泛使用。在此背景下，高强钢在汽车车身上的使用比例越来越高。电阻点焊由于具有生产效率高、易于实现自动化等优点，已经在汽车工业中被广泛使用，并将继续成为汽车工业中高强度钢板的主要焊接方法，因此，高强钢的电阻点焊技术被广泛关注。

高强钢镀锌板在点焊时接头容易出现下述两个问题：

- 15 1、接头产生液态金属致脆（Liquid Metal Embrittlement）裂纹，简称 LME 裂纹。
2、接头易发生界面断裂。

关于 LME 裂纹问题，经检索国内没有申请相关专利。由于该问题是近两年业界的研究热点，关于其影响因素及敏感性的研究文献时有发表。其中 Rouholah Ashiri 等人在 Scripta Materialia 上发表的 Liquid metal embrittlement-free welds of Zn-coated twinning induced plasticity steels 一文（Scripta Materialia 114 (2016) 41 - 47），针对 1.2mm 镀锌 TWIP 钢采用两脉冲的点焊方案可以有效抑制其点焊 LME 裂纹的产生。其工艺如图 1 所示。其中第一脉冲用于生成一个拥有基本尺寸的熔核，第二脉冲用于是该熔核缓慢长大，以减小残余应力。

针对高强钢焊点比较脆的问题，业界普遍采用在焊接过程中增加缓冷脉冲的方案以提高焊点的塑性，改善破坏检测时焊点的断裂方式。缓冷脉冲的具体设置方式，则普遍通过正交试验经实物试验检测获取。相关专利检索情况如下：“一种提高先进高强钢点焊接头力学性能的方法”（专利号 CN102489859A）通过采用孕育剂合金膏的方法使熔核金属晶粒细化，改善接头的组织，以达到提高先进高强钢点焊接头的力学性能。“高强钢电阻与激光组合点焊焊接方法”（CN102500936A）通过采用激光焊与点焊两种方法复合连接的方式，改进高强钢接头性能。

发明内容

本发明的目的在于提供一种具有良好接头性能的镀锌高强钢电阻点焊方法，该方法可以在抑制高强钢镀锌板点焊时产生液态金属致脆（LME）裂纹的同时，提高焊点的塑性，
5 增加破坏检测时焊点发生钮扣断裂的概率。

为了实现上述技术目的，本发明采用如下技术方案：

一种具有良好接头性能的镀锌高强钢电阻点焊方法，在一个点焊周期内使用三个焊接脉冲；第一焊接脉冲和第二焊接脉冲用于生成熔核并抑制液态金属致脆（LME）裂纹生成，其中，第一焊接脉冲生成直径为 $3.75T^{1/2}$ — $4.25T^{1/2}$ 的熔核，式中 T 为板厚；第二焊接脉冲
10 使熔核缓慢长大；第三焊接脉冲为缓冷脉冲，用于提高焊点的塑性。

所述第一焊接脉冲通过设置第一焊接脉冲的时间 t_1 及通过试验得到第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 ，所述第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 为生成直径为 $3.75T^{1/2}$ — $4.25T^{1/2}$ 的熔核时所对应的焊接电流；第二焊接脉冲的焊接电流 I_2 及时间 t_2 和第三焊接脉冲的焊接电流 I_3 及时间 t_3 由第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 及时间 t_1 计算所得。

15 本发明具有良好接头性能的镀锌高强钢电阻点焊方法既可以有效抑制高强钢镀锌板点焊 LME 裂纹，又可以提高其焊点的塑性。本发明的电阻电焊方法是在一个点焊周期内使用三个焊接脉冲，第一、二脉冲用于生成熔核并抑制 LME 裂纹生成；第三焊接脉冲为缓冷脉冲用于提高焊点的塑性，改善破坏检测时焊点的断裂方式。

此外，本发明提出的点焊方法明确了三个焊接脉冲中焊接电流 I 及时间 t 的设定方法
20 及相互间的数学关系，仅需通过少量试验测得第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 及时间 t_1 即可方便的计算出第二焊接脉冲的焊接电流 I_2 和时间 t_2 及第三焊接脉冲的焊接电流 I_3 及时间 t_3 ，从而得到既可以抑制高强钢镀锌板点焊 LME 裂纹，又可以提高其焊点塑性的点焊工艺。

本发明的镀锌高强钢电阻点焊方法可以有效抑制高强钢镀锌板点焊时出现的液态金属致脆（LME）裂纹问题，同时提高焊点的塑性，增加破坏检测时焊点发生钮扣断裂的概率。从而获取质量更可靠、性能更优异的高强钢镀锌板点焊接头，为高强钢镀锌板的焊装
25 生产提供有益的指导。

附图说明

图 1 为文献中抑制 TWIP 钢镀锌板点焊 LME 裂纹的工艺参数示意；

30 图 2 为本发明具有良好接头性能的镀锌高强钢电阻点焊方法示意图；

图 3 为镀锌高强钢电阻点焊截面示意图；

图 4 为板厚与焊接压力示意图；

图 5 为实施例中采用 1 号工艺（常规点焊工艺）典型焊点截面金相照片；

图 6 为实施例中采用 3 号工艺（采用本发明所述的点焊方法）典型焊点截面金相照片。

5

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。

本发明公开了一种抗拉强度 $\geq 590\text{Mpa}$ 镀锌高强钢的电阻点焊方法。使用该方法可以在抑制高强钢镀锌板点焊时产生液态金属致脆（LME）裂纹的同时，提高焊点的塑性，增加破坏检测时焊点发生钮扣断裂的概率。

参见图 2，一种具有良好接头性能的镀锌高强钢电阻点焊方法，在一个点焊周期内使用三个焊接脉冲；第一焊接脉冲和第二焊接脉冲用于生成熔核并抑制 LME 裂纹生成，其中，第一焊接脉冲生成直径为 $3.75T^{1/2}$ — $4.25T^{1/2}$ 的熔核，式中 T 为板厚；第二焊接脉冲使熔核缓慢长大；第三焊接脉冲为缓冷脉冲，用于提高焊点的塑性。

所述第一焊接脉冲通过设置第一焊接脉冲的时间 t_1 及通过试验得到第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 ，所述第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 为生成直径为 $3.75T^{1/2}$ — $4.25T^{1/2}$ (T =板厚) 的熔核时所对应的焊接电流；第二焊接脉冲的焊接电流 I_2 及时间 t_2 和第三焊接脉冲的焊接电流 I_3 及时间 t_3 由第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 及时间 t_1 计算所得。

本发明仅需通过少量试验测得第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 及时间 t_1 ，即可方便的计算出第二焊接脉冲的焊接电流 I_2 及时间 t_2 及第三焊接脉冲的焊接电流 I_3 及时间 t_3 ，从而得到既可以抑制高强钢镀锌板点焊 LME 裂纹，又可以提高其焊点塑性的点焊工艺。

本发明具有良好接头性能的镀锌高强钢电阻点焊方法的工作原理：

应力及适合的温度区间（镀锌高强钢此区间是 700°C 到 950°C ）是 LME 裂纹产生的两个必要条件。镀锌高强钢在点焊的过程中具备上述两个条件，因此会产生 LME 裂纹。

本发明的设计思路是通过减小点焊 LME 裂纹敏感区域 X 的应力水平，避免 LME 裂纹的出现，参见图 3。具体原理如下：点焊时随着热输入量的增加，熔核 Y 直径 D 与高度 h 不断增加。高强钢特别是超高强钢由于母材加入较多的合金元素，电阻率高，点焊时产热快，熔核高速生长。熔核高度 h 生长过快，使板厚方向上未熔化的母材厚度 T' 快速减小，未熔化的母材厚度 T' 的大小直接影响受力的截面积。因此未熔化的母材厚度 T' 越小，应力越大。

本发明通过第一焊接脉冲生成直径为 $3.75T^{1/2}$ —— $4.25T^{1/2}$ (T =板厚) 的熔核, 此时熔核较小, 未熔化的母材厚度 T' 较大, 不会产生点焊 LME 裂纹, 然后施加时间 t_2 很短的第二焊接脉冲使熔核缓慢长大, 降低未熔化的母材厚度 T' 的减小速度, 从而降低 LME 裂纹敏感区域的应力水平, 避免 LME 裂纹的出现。

- 5 提高焊点的塑性, 增加破坏检测时焊点发生钮扣断裂的概率是通过第三焊接脉冲实现。该脉冲为缓冷脉冲, 可以有效降低熔核区域的冷却速度, 减少接头淬硬组织的生成, 从而提高接头的塑性。

试验实施步骤:

1 基本参数设置:

- 10 1.1 使用 $\varnothing 6\text{mm}$ (板厚 $\leq 1.4\text{mm}$) 或 $\varnothing 8\text{mm}$ (板厚 $> 1.4\text{mm}$) 的弧面电极。
- 1.2 根据板厚在图 4 所示封闭区域范围内设定焊接压力。焊接压力取值的具体方法为: 焊接压力的下限 $F_{\min}=3.182T+0.0364$ 千牛 (其中 T 为板厚, 单位为毫米, T 的范围是 $0.9\text{mm}-2.0\text{mm}$); 焊接压力的上限 $F_{\max}=4.091T-0.182$ 千牛 (其中 T 为板厚, 单位为毫米, T 的范围是 $0.9\text{mm}-2.0\text{mm}$)。
- 15 1.3 冷却水流量 $2\text{L}/\text{min}-4\text{L}/\text{min}$ 。
- 1.4 按表 1 设置图 2 中的 C1、C2 及 HT (保载时间) 的时间。第一焊接脉冲与第二焊接脉冲间隔时间 C1, 即第一次冷却时间 C1, 第二焊接脉冲与第三焊接脉冲间隔时间 C2, 即第二次冷却时间 C2, 第三焊接脉冲以后为保载时间 HT, 对于不同厚度的钢板其值设置分别为:

20 表 1

板厚/mm	C1	C2	HT
0.9-1.2	1cyc	8cyc	5cyc
1.3-1.6		10cyc	
1.7-2.0		12cyc	

其中: cyc 为时间单位, 为一个周波, $1\text{cyc}=0.02$ 秒;

2 第一焊接脉冲设置:

2.1 根据板厚设置第一焊接脉冲时间 t_1 , 具体设置方法如下:

板厚 $0.9-1.2\text{mm}$: t_1 : $8-12\text{cyc}$;

25 板厚 $1.3-1.6\text{mm}$: t_1 : $10-15\text{cyc}$;

板厚 $1.7-2.0\text{mm}$: t_1 : $12-18\text{cyc}$ 。

2.2 设置第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 。其特征为生成直径为 $3.75T^{1/2}$ —— $4.25T^{1/2}$ (T =板厚)

的熔核。第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 的设置步骤如下：

2.2.1 按照“1 基本参数设置”设定电极、压力、冷却水流量及 HT。C1、C2 设置为 0。

2.2.2 按照“2.1”的方法设置 t_1 。

2.2.3 从 4kA 起，以 400A 为步长依次设置第一脉冲的焊接电流 I_1 ，每个电流下焊接两个点焊试样。

2.2.4 采用剥离法破坏 2.2.3 中的点焊试样。

2.2.5 采用游标卡尺测量步骤 2.2.4 中破坏后点焊试样焊点的熔核直径。

2.2.6 同一焊接电流下的两个焊点的熔核直径取平均值，其值最近接 $3.75T^{1/2}$ —— $4.25T^{1/2}$ (T=板厚) 时所对应的电流为“第一脉冲的焊接电流 I_1 ”。

3 第二焊接脉冲时间 t_2 和第三焊接脉冲时间 t_3 设置：

3.1 按照“1 基本参数设置”设定电极、压力、冷却水流量及 C1、C2、HT。

3.2 根据板厚，通过 t_1 设置 t_2 与 t_3 ，具体方法如下：

板厚 0.9—1.2mm: t_1 : 8—12cyc; $t_2 = \frac{t_1}{4}$; $t_3 = \frac{t_1}{4} + 1$ 。

板厚 1.3—1.6mm: t_1 : 10—15cyc; $t_2 = \frac{2t_1}{5} - 2$; $t_3 = \frac{t_1}{5} + 2$ 。

板厚 1.7—2.0mm: t_1 : 12—18cyc; $t_2 = \frac{t_1}{3}$; $t_3 = \frac{t_1}{3} + 1$ 。

4 第二焊接脉冲的焊接电流 I_2 和第三焊接脉冲的焊接电流 I_3 设置：

4.1 根据第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 ，设置第二焊接脉冲焊接电流 I_2 。其特征为使熔核直径缓慢长大，并确保不发生焊接飞溅。第二焊接脉冲的焊接电流 I_2 的设置方法如下：

I_2 的下限: $I_{2\min} = (1.3 - 0.05t_2)I_1$ 其中 t_2 为第二焊接脉冲时间 (单位: cyc);

I_2 的上限: $I_{2\max} = (2.2 - 0.1t_2)I_1$ 其中 t_2 为第二焊接脉冲时间 (单位: cyc)。

4.2 根据第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 ，设置第三焊接脉冲焊接电流 I_3 。其特征为对焊点进行缓冷处理，减少熔核淬硬组织生成，提高焊点的塑性。第三焊接脉冲的焊接电流 I_3 的设置方法如下：

I_3 的下限: $I_{3\min} = \frac{2}{3}I_1$;

I_3 的上限: $I_{3\max} = I_1$ 。

实施例

采用 1 号、2 号、3 号三种点焊工艺对 1.6mm 某镀锌高强钢 (机械性能及成分见表 2)

进行点焊。对比评估其焊点 LME 裂纹生成情况及破坏检测时焊点的断裂方式。三种点焊工艺的特点及试验结果如表 3 所示。

表 2 某镀锌高强钢的成分及机械性能

板厚	机械性能			化学成分%				
	屈服强度	抗拉强度	断裂延伸率	C	Si	Mn	P	S
1.6mm	715Mpa	1020Mpa	20%	0.2	1.5	1.8	0.01	0.002

5 表 3 1 号、2 号、3 号点焊工艺特点及结果

工艺编号	工艺特点	试验结果
1 号	常规点焊工艺	焊点出现严重的 LME 裂纹
2 号	第三焊接脉冲为 0，其余工艺按本发明所述的点焊方法设置。	破坏检测时焊点界面断裂的比例高。
3 号	采用本发明所述的点焊方法	既没有出现点焊 LME 裂纹，破坏检测时，焊点界面断裂的比例大幅下降。

详细结果如下所示：

1、1 号点焊工艺结果：

1 号点焊工艺具体如表 4：

10 表 4 1 号点焊工艺

板厚	电极端面直径	焊接压力	第一脉冲		第一次冷却时间	第二脉冲		第二次冷却时间	第三脉冲		保载时间	冷却水流量
			时间	电流		时间	电流		时间	电流		
1.6mm	6mm	3.6kN	6cyc	I ₁	1cyc	6cyc	I ₂	1cyc	6cyc	I ₃	5cyc	2L/min

注：表中 I₁=I₂=I₃

通过金相检测，在整个可焊区间内发现严重的液态金属致脆（LME）裂纹。图 5 为其典型金相照片。

2、2 号点焊工艺结果：

20 2 号点焊工艺具体如表 5：

表 5 2 号点焊工艺

板厚	电极端面直径	焊接压力	第一脉冲		第一次冷却时间	第二脉冲		第二次冷却时间	第三脉冲		保载时间	冷却水流量
			时间	电流		时间	电流		时间	电流		
1.6mm	8mm	5.5kN	15cyc	8.0kA	1cyc	4cyc	8.8——14.4kA	0	0	0	5cyc	2L/min

采用此种焊接方法，破坏检测时，焊点的断裂方式以界面断裂为主。其中焊点的拉剪强度(TSS)及正拉强度(CTS) 虽然满足要求，但 TSS 检测时焊点几乎全为界面断裂，CTS 检测焊点界面断裂的比例也低于 50%。

3、3 号点焊工艺结果：

3 号点焊工艺如表 6：

表 6 3 号点焊工艺

板厚	电极端面直径	焊接压力	第一脉冲		第一次冷却时间	第二脉冲		第二次冷却时间	第三脉冲		保载时间	冷却水流量
			时间	电流		时间	电流		时间	电流		
1.6 mm	8mm	5.5 kN	15 cyc	8.0 kA	1cyc	4cyc	8.8——14.4kA	10cyc	5cyc	5.3 kA	5cyc	2L/min

采用此方法，通过金相检测，在整个可焊区间内均未发现液态金属致脆（LME）裂纹。其典型金相照片如图 6 所示。

与此同时，采用此工艺，焊点的拉剪强度(TSS)及正拉强度(CTS) 在满足要求的同时，CTS 检测的断裂方式全为钮扣，TSS 检测焊点钮扣断裂的比例也高于 70%远优于不加缓冷脉冲时的结果。

以上仅为本发明的较佳实施例而已，并非用于限定本发明的保护范围，因此，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种具有良好接头性能的镀锌高强钢电阻点焊方法，其特征是：

在一个点焊周期内使用三个焊接脉冲；第一焊接脉冲和第二焊接脉冲用于生成熔核并抑制液态金属致脆（LME）裂纹生成，其中，第一焊接脉冲生成直径为 $3.75T^{1/2}$ — $4.25T^{1/2}$ 的熔核，式中 T 为板厚；第二焊接脉冲使熔核缓慢长大；第三焊接脉冲为缓冷脉冲，用于提高焊点的塑性。

2. 根据权利要求 1 所述的具有良好接头性能的镀锌高强钢电阻点焊方法，其特征是：所述第一焊接脉冲通过设置第一焊接脉冲的时间 t_1 及通过试验得到第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 ，所述第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 为生成直径为 $3.75T^{1/2}$ — $4.25T^{1/2}$ 的熔核时所对应的焊接电流；第二焊接脉冲的焊接电流 I_2 及时间 t_2 和第三焊接脉冲的焊接电流 I_3 及时间 t_3 由第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 及时间 t_1 计算所得。

3. 根据权利要求 2 所述的具有良好接头性能的镀锌高强钢电阻点焊方法，其特征是：对于板厚 0.9—1.2mm，设置第一焊接脉冲时间 t_1 ：8—12cyc，式中：cyc 为时间单位，1cyc=0.02 秒，通过试验得到第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 ；

板厚 1.3—1.6mm，设置第一焊接脉冲时间 t_1 ：10—15cyc，通过试验得到第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 ；

板厚 1.7—2.0mm，设置第一焊接脉冲时间 t_1 ：12—18cyc，通过试验得到第一焊接脉冲的焊接电流 I_1 ；

相应的：板厚 0.9—1.2mm，第二焊接脉冲时间 $t_2 = \frac{t_1}{4}$ ；第三焊接脉冲时间 $t_3 = \frac{t_1}{4} + 1$ ；

板厚 1.3—1.6mm，第二焊接脉冲时间 $t_2 = \frac{2t_1}{5} - 2$ ；第三焊接脉冲时间 $t_3 = \frac{t_1}{5} + 2$ ；

板厚 1.7—2.0mm，第二焊接脉冲时间 $t_2 = \frac{t_1}{3}$ ；第三焊接脉冲时间 $t_3 = \frac{t_1}{3} + 1$ ；

根据板厚，相应的，通过 I_1 计算得到 I_2 与 I_3 的具体方法是：

第二焊接脉冲电流 I_2 的具体设置方法为：

I_2 的下限： $I_{2\min} = (1.3 - 0.05t_2)I_1$ ， I_2 的上限： $I_{2\max} = (2.2 - 0.1t_2)I_1$ ；

第三焊接脉冲电流 I_3 的具体设置方法为：

I3 的下限: $I3_{\min} = \frac{2}{3}I1$, I3 的上限: $I3_{\max} = I1$;

第一焊接脉冲与第二焊接脉冲间隔时间 C1, 即第一次冷却时间 C1, 第二焊接脉冲与第三焊接脉冲间隔时间 C2, 即第二次冷却时间 C2, 第三焊接脉冲以后为保载时间(HT), 对于不同厚度的钢板其值设置分别为:

板厚 0.9—1.2mm, C1=1cyc, C2=8cyc, HT=5cyc ;

板厚 1.3—1.6mm, C1=1cyc, C2=10cyc, HT=5cyc ;

板厚 1.7—2.0mm, C1=1cyc, C2=12cyc, HT=5cyc 。

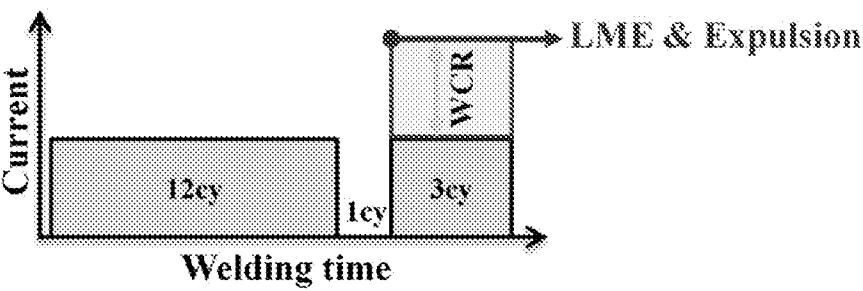


图 1

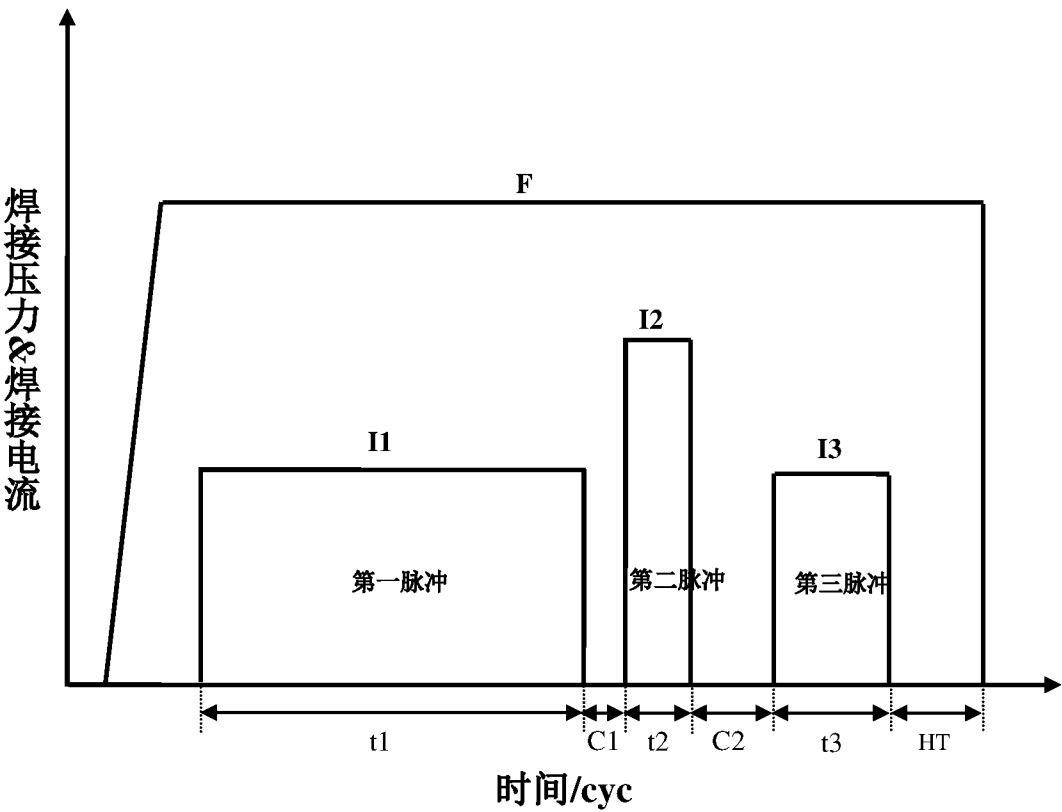


图 2

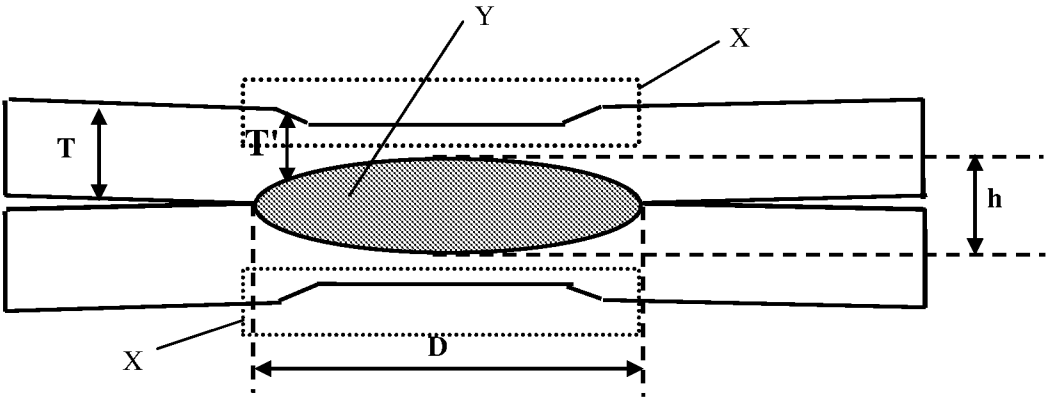


图 3

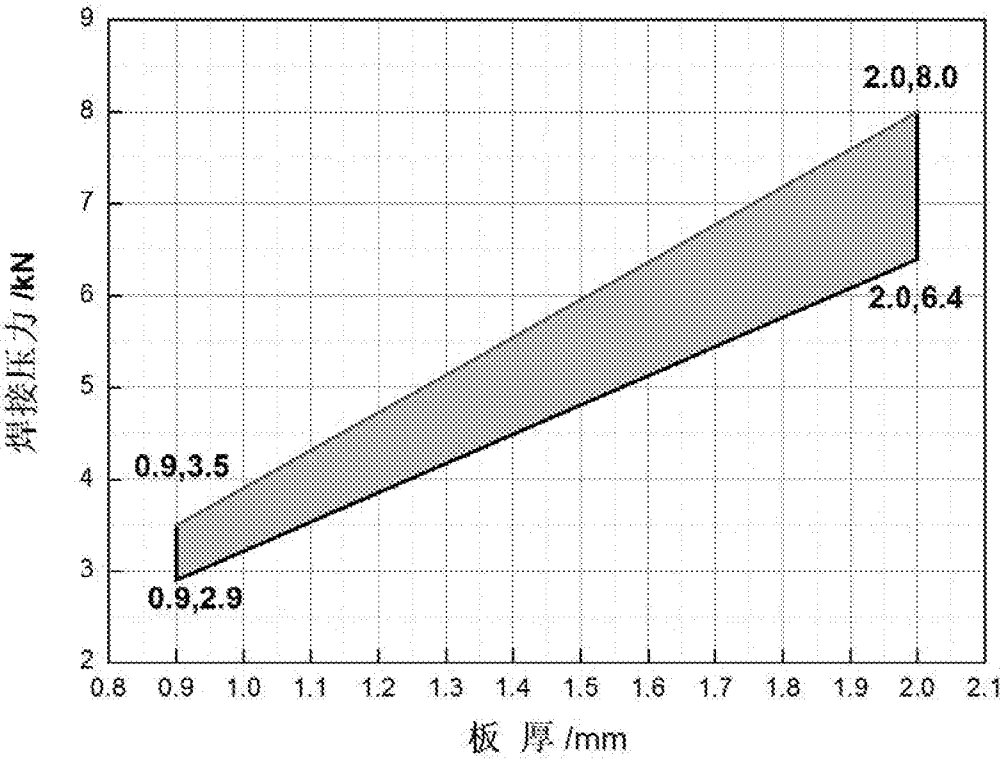


图 4

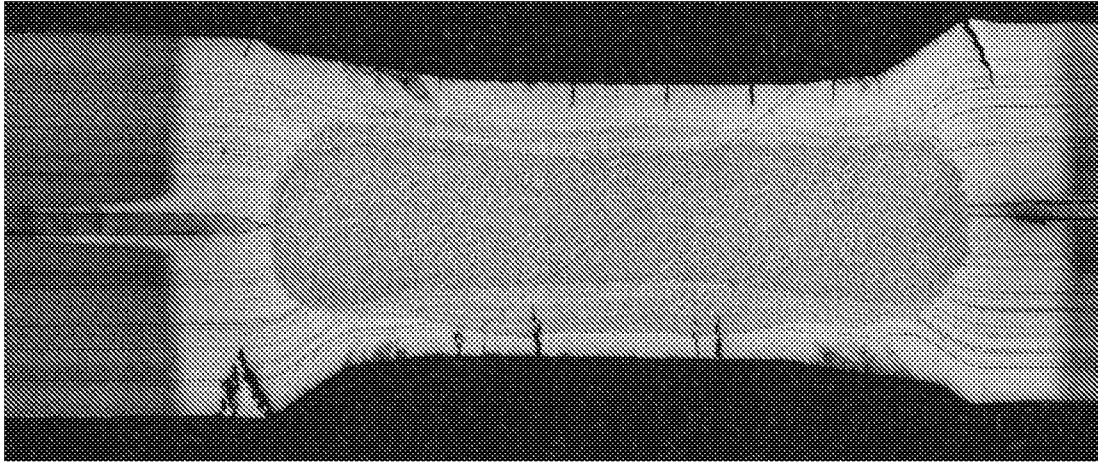


图 5

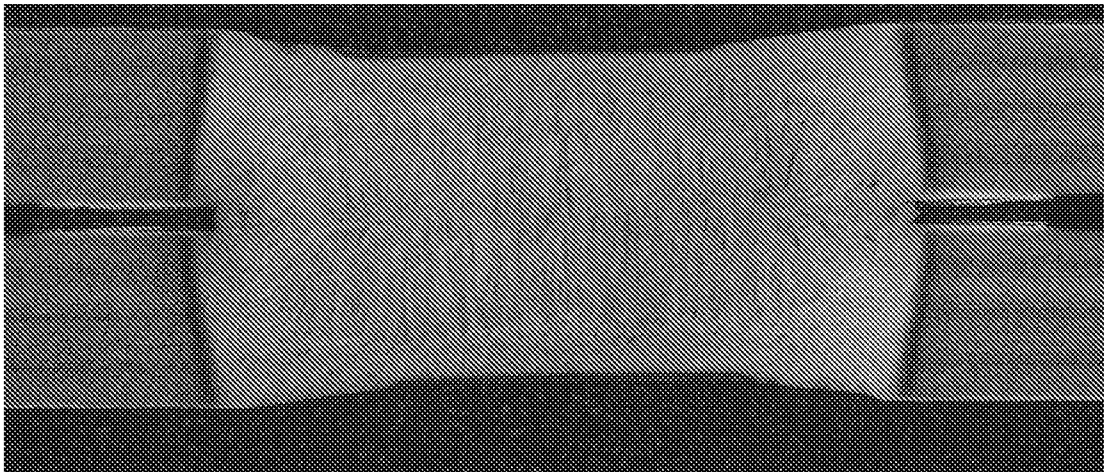


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/104710

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K 11/11 (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)

B23K

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)

CNABS, CNKI, CNTXT, SIPOABS, DWPI: 电阻, 点焊, 高强度, 镀锌, 接头, 周期, 脉冲, 熔核, 长大, 变大, 裂纹, 抑制, 缓冷, 脉冲, 塑性, 韧性, 直径, 钢板, resistance, spot, weld+, high, steel, strength, galvanize, splice, period, cycle, pulse, molten, core, largen, crack, restrain, slow, cool+, pulse, plasticity, tenacity, diameter, steel, plate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 104722905 A (HYUNDAI MOTOR COMPANY et al.) 24 June 2015 (24.06.2015), see description, paragraphs [0005]-[0033], and figure 1	1, 2
Y	CN 105636735 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 01 June 2016 (01.06.2016), see description, paragraphs [0003]-[0122], and figures 1-10	1, 2
A	CN 102500901 A (SHANGHAI JIAOTONG UNIVERSITY) 20 June 2012 (20.06.2012), see entire document	1-3
A	CN 102950373 A (GENERAL MOTORS GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC.) 06 March 2013 (06.03.2013), see entire document	1-3
A	CN 105358284 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 24 February 2016 (24.02.2016), see entire document	1-3

☒ 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 22 November 2017	Date of mailing of the international search report 08 January 2018
Name and mailing address of the ISA 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 CAO, Cuihua Telephone No. (86-10) 62085510

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/104710

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PL 395525 A1 (INSTYTUT SPAWALNICTWA) 07 January 2013 (07.01.2013), see entire document	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/104710

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104722905 A	24 June 2015	KR 20150072996 A	30 June 2015
		US 2015174688 A1	25 June 2015
		DE 102014215650 A1	25 June 2015
		KR 101567652 B1	09 November 2015
CN 105636735 A	01 June 2016	JP WO2015093568 A1	23 March 2017
		CA 2926914 A1	25 June 2015
		MX 2016006347 A	01 August 2016
		JP 6137337 B2	31 May 2017
		EP 3085485 A1	26 October 2016
		KR 20160045892 A	27 April 2016
		WO 2015093568 A1	25 June 2015
		EP 3085485 A4	23 August 2017
		US 2016228973 A1	11 August 2016
		CN 102500901 B	16 April 2014
CN 102950373 A	06 March 2013	US 2013048613 A1	28 February 2013
		DE 102012214843 A1	28 February 2013
CN 105358284 A	24 February 2016	CN 102950373 B	30 November 2016
		RU 2016101225 A	16 August 2017
		RU 2633413 C2	12 October 2017
		EP 3020499 A1	18 May 2016
		US 2016144451 A1	26 May 2016
		EP 3020499 A4	26 April 2017
		JP 6094676 B2	15 March 2017
		MX 2015017709 A	04 April 2016
		WO 2015005134 A1	15 January 2015
		JP WO2015005134 A1	02 March 2017
		KR 20160021858 A	26 February 2016
		CA 2916872 A1	15 January 2015

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/104710

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
PL 395525 A1	07 January 2013	PL 217717 B1	29 August 2014

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/104710

A. 主题的分类 B23K 11/11 (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) B23K 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)) CNABS, CNKI, CNTXT, SIPOABS, DWPI; 电阻, 点焊, 高强度, 镀锌, 接头, 周期, 脉冲, 熔核, 长大, 变大, 裂纹, 抑制, 缓冷, 脉冲, 塑性, 韧性, 直径, 钢板, resistance, spot, weld+, high, steel, strength, galvanize, splice, period, cycle, pulse, molten, core, largen, crack, restrain, slow, cool+, pulse, plasticity, tenacity, diameter, steel, plate																							
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 104722905 A (现代自动车株式会社等) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 参见说明书第0005-0033段, 图1</td> <td>1-2</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105636735 A (新日铁住金株式会社) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 参见说明书第0003-0122段, 图1-10</td> <td>1-2</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102500901 A (上海交通大学) 2012年 6月 20日 (2012 - 06 - 20) 参见全文</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102950373 A (通用汽车环球科技运作有限责任公司) 2013年 3月 6日 (2013 - 03 - 06) 参见全文</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105358284 A (新日铁住金株式会社) 2016年 2月 24日 (2016 - 02 - 24) 参见全文</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>PL 395525 A1 (INST SPAWALNICTWA) 2013年 1月 7日 (2013 - 01 - 07) 参见全文</td> <td>1-3</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 104722905 A (现代自动车株式会社等) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 参见说明书第0005-0033段, 图1	1-2	Y	CN 105636735 A (新日铁住金株式会社) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 参见说明书第0003-0122段, 图1-10	1-2	A	CN 102500901 A (上海交通大学) 2012年 6月 20日 (2012 - 06 - 20) 参见全文	1-3	A	CN 102950373 A (通用汽车环球科技运作有限责任公司) 2013年 3月 6日 (2013 - 03 - 06) 参见全文	1-3	A	CN 105358284 A (新日铁住金株式会社) 2016年 2月 24日 (2016 - 02 - 24) 参见全文	1-3	A	PL 395525 A1 (INST SPAWALNICTWA) 2013年 1月 7日 (2013 - 01 - 07) 参见全文	1-3
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
Y	CN 104722905 A (现代自动车株式会社等) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 参见说明书第0005-0033段, 图1	1-2																					
Y	CN 105636735 A (新日铁住金株式会社) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 参见说明书第0003-0122段, 图1-10	1-2																					
A	CN 102500901 A (上海交通大学) 2012年 6月 20日 (2012 - 06 - 20) 参见全文	1-3																					
A	CN 102950373 A (通用汽车环球科技运作有限责任公司) 2013年 3月 6日 (2013 - 03 - 06) 参见全文	1-3																					
A	CN 105358284 A (新日铁住金株式会社) 2016年 2月 24日 (2016 - 02 - 24) 参见全文	1-3																					
A	PL 395525 A1 (INST SPAWALNICTWA) 2013年 1月 7日 (2013 - 01 - 07) 参见全文	1-3																					
☐ 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 11月 22日		国际检索报告邮寄日期 2018年 1月 8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		授权官员 曹翠华 电话号码 (86-10)010-62085510																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/104710

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	104722905	A	2015年 6月 24日	KR	20150072996	A	2015年 6月 30日
				US	2015174688	A1	2015年 6月 25日
				DE	102014215650	A1	2015年 6月 25日
				KR	101567652	B1	2015年 11月 9日
CN	105636735	A	2016年 6月 1日	JP	W02015093568	A1	2017年 3月 23日
				CA	2926914	A1	2015年 6月 25日
				MX	2016006347	A	2016年 8月 1日
				JP	6137337	B2	2017年 5月 31日
				EP	3085485	A1	2016年 10月 26日
				KR	20160045892	A	2016年 4月 27日
				WO	2015093568	A1	2015年 6月 25日
				EP	3085485	A4	2017年 8月 23日
				US	2016228973	A1	2016年 8月 11日
CN	102500901	A	2012年 6月 20日	CN	102500901	B	2014年 4月 16日
CN	102950373	A	2013年 3月 6日	US	2013048613	A1	2013年 2月 28日
				DE	102012214843	A1	2013年 2月 28日
				CN	102950373	B	2016年 11月 30日
CN	105358284	A	2016年 2月 24日	RU	2016101225	A	2017年 8月 16日
				RU	2633413	C2	2017年 10月 12日
				EP	3020499	A1	2016年 5月 18日
				US	2016144451	A1	2016年 5月 26日
				EP	3020499	A4	2017年 4月 26日
				JP	6094676	B2	2017年 3月 15日
				MX	2015017709	A	2016年 4月 4日
				WO	2015005134	A1	2015年 1月 15日
				JP	W02015005134	A1	2017年 3月 2日
				KR	20160021858	A	2016年 2月 26日
				CA	2916872	A1	2015年 1月 15日
PL	395525	A1	2013年 1月 7日	PL	217717	B1	2014年 8月 29日