



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114686651 B

(45) 授权公告日 2024.08.13

(21) 申请号 202011617063.3 C22C 38/04 (2006.01)

(22) 申请日 2020.12.31 C22C 38/34 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号 C22C 38/38 (2006.01)

申请公布号 CN 114686651 A C22C 38/20 (2006.01)

(43) 申请公布日 2022.07.01 C22C 38/42 (2006.01)

(73) 专利权人 通用汽车环球科技运作有限责任 C22C 38/58 (2006.01)

公司 C22C 38/06 (2006.01)

地址 美国密执安州 C22C 38/22 (2006.01)

(72) 发明人 卢琦 王建锋 C22C 38/24 (2006.01)

C22C 38/26 (2006.01)

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公 C22C 38/32 (2006.01)

司 72001 C22C 38/28 (2006.01)

专利代理师 徐厚才 杨思捷 C22C 38/44 (2006.01)

(51) Int. Cl. C22C 38/46 (2006.01)

G21D 1/26 (2006.01) C22C 38/48 (2006.01)

G23C 8/14 (2006.01) C22C 38/50 (2006.01)

G23C 14/16 (2006.01) C22C 38/54 (2006.01)

G23C 16/06 (2006.01)

G23C 4/08 (2016.01)

G25D 3/22 (2006.01)

C22C 38/02 (2006.01)

### (56) 对比文件

CN 110892087 A, 2020.03.17

CN 111356783 A, 2020.06.30

审查员 余梦莹

权利要求书2页 说明书7页 附图4页

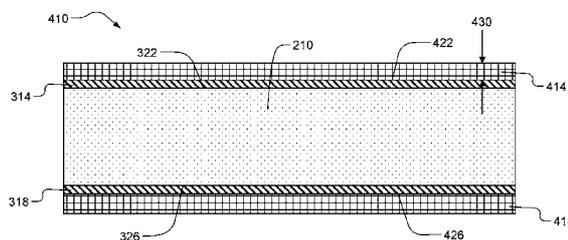
### (54) 发明名称

具有降低的液态金属致脆(LME)敏感性的锌涂覆的钢

### (57) 摘要

本申请涉及具有降低的液态金属致脆(LME)敏感性的锌涂覆的钢。根据本公开的各个方面制造具有降低的液态金属致脆(LME)敏感性的锌涂覆的钢的方法包括提供钢基材,所述钢基材包含铁、约0.01-0.45重量%的量的碳、约0.5-5重量%的量的铬和约0.5-2.5重量%的量的硅。所述方法包括通过在含氧气氛中使钢基材退火而在钢基材的表面上形成含氧化物的层。所述方法还包括通过喷涂工艺在含氧化物的层上涂覆锌层。在某些方面中,本公开还提供了一种经由电阻点焊形成具有降低的LME敏感性的组装件的方法。在各

个方面中,本公开还提供了一种包括钢基材、含氧化物的层和锌层的锌涂覆的钢部件。



CN 114686651 B

1. 一种制造具有降低的液态金属致脆敏感性的锌涂覆的钢的方法,所述方法包括:  
提供钢基材,所述钢基材包含铁、0.01-0.45重量%的量的碳、0.5-5重量%的量的铬和0.5-2.5重量%的量的硅;  
通过在含氧气氛中使所述钢基材退火在所述钢基材的表面上形成含氧化物的层;和  
通过喷涂工艺在所述含氧化物的层上涂覆锌层,  
其中所述含氧化物的层基本上覆盖整个钢基材的表面,并且  
其中所述含氧化物的层具有小于或等于10%的孔隙率。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述形成含氧化物的层包括在小于10°C的露点控制下使所述钢基材退火。
3. 根据权利要求1或权利要求2所述的方法,其中所述含氧气氛包含小于10体积%的氧气,并且所述含氧气氛还包含氮气、氢气、或者氮气和氢气两者。
4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述形成含氧化物的层包括在500-950°C的温度下使所述钢基材退火。
5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述形成含氧化物的层包括使所述钢基材退火1-10,000秒的时间。
6. 根据权利要求5所述的方法,其中所述形成含氧化物的层包括使所述钢基材退火60-600秒的时间。
7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述喷涂工艺包括电镀、化学气相沉积、物理气相沉积、喷射气相沉积或它们的任何组合。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中所述喷涂工艺包括喷射气相沉积。
9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中  
所述形成含氧化物的层包括在所述钢基材的第一表面上形成第一含氧化物的层以及在所述钢基材的与所述第一表面相对的第二表面上形成第二含氧化物的层,和  
所述涂覆锌层包括在所述第一含氧化物的层上涂覆第一锌层和在所述第二含氧化物的层上涂覆第二锌层。
10. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述含氧化物的层限定0.01-5 $\mu\text{m}$ 的厚度。
11. 一种生成具有降低的液态金属致脆敏感性的锌涂覆的钢组装件的方法,所述方法包括:  
提供第一锌涂覆的钢部件,该第一锌涂覆的钢部件包括第一钢基材、在钢基材表面上的第一含氧化物的层和在该含氧化物的层的表面上的第一锌层,其中所述第一钢基材包含铁、0.01-0.45重量%的量的碳、0.5-5重量%的量的铬和0.5-2.5重量%的量的硅,  
其中所述第一含氧化物层基本上覆盖整个钢基材表面,并且  
其中所述第一含氧化物的层具有小于或等于10%的孔隙率;  
提供第二锌涂覆的钢部件,该第二锌涂覆的钢部件包括第二钢基材、在钢基材表面上的第二含氧化物的层、和在该含氧化物的层的表面上的第二锌层,其中所述第二钢基材包含铁、0.01-0.45重量%的量的碳、0.5-5重量%的量的铬和0.5-2.5重量%的量的硅,  
其中所述第二含氧化物的层基本上覆盖整个钢基材表面,并且  
其中所述第二含氧化物的层具有小于或等于10%的孔隙率;

设置第一锌涂覆的钢部件和第二锌涂覆的钢部件,使得第一锌层与第二锌层接触;和通过将第一锌涂覆的钢部件电阻点焊到第二锌涂覆的钢部件上来形成所述组装件。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中所述方法还包括在所述形成之前冲压第一锌涂覆的钢部件和冲压第二锌涂覆的钢部件。

13. 一种锌涂覆的钢部件,其中所述锌涂覆的钢部件包括钢基材、含氧化物的层和锌层,其中所述钢基材包含铁、0.01-0.45重量%的量的碳、0.5-5重量%的量的铬和0.5-2.5重量%的量的硅,

其中所述含氧化物的层在钢基材的表面上并且所述锌层在所述含氧化物的层上,其中所述含氧化物的层基本上覆盖整个钢基材的表面,并且

其中所述含氧化物的层具有小于或等于10%的孔隙率。

14. 根据权利要求13所述的锌涂覆的钢部件,其中所述含氧化物的层限定0.01-5 $\mu\text{m}$ 的厚度。

15. 根据权利要求14所述的锌涂覆的钢部件,其中所述厚度为0.1-1 $\mu\text{m}$ 。

16. 根据权利要求13-15任一项所述的锌涂覆的钢部件,其中所述含氧化物的层包含铁、氧、铬和硅。

17. 根据权利要求16所述的锌涂覆的钢部件,其中铬以0.1-50重量%的量存在和硅以0.1-30重量%的量存在。

18. 根据权利要求13-17任一项所述的锌涂覆的钢部件,其中所述含氧化物的层包括在钢基材的第一表面上的第一含氧化物的层和在钢基材的与第一表面相对的第二表面上的第二含氧化物的层,和其中所述锌层包括在第一含氧化物的层上的第一锌层和在第二含氧化物的层上的第二锌层。

## 具有降低的液态金属致脆 (LME) 敏感性的锌涂覆的钢

### 技术领域

[0001] 本申请涉及具有降低的液态金属致脆 (liquid metal embrittlement, LME) 敏感性 (susceptibility) 的锌涂覆的钢和其制造方法。

### 背景技术

[0002] 本部分提供了与本公开相关的背景信息,其不一定是现有技术。

[0003] 本公开涉及具有降低的液态金属致脆 (LME) 敏感性的锌涂覆的钢、制造具有降低的LME敏感性的锌涂覆的钢的方法以及制造高强度耐腐蚀组装件 (assemblies) 的方法。

[0004] 先进高强度钢 (AHSS) 由于它们的高强度和高延性而可用于形成汽车用部件或组装件。AHSS可以用锌涂覆以减少腐蚀。然而,锌涂覆的AHSS的制造方法是受限的,因为当暴露于液态锌时AHSS可能经受液态金属致脆 (LME)。

### 发明内容

[0005] 本部分提供了本公开的一般概述,而不是其全部范围或其所有特征的全面公开。

[0006] 在各个方面中,本公开提供了一种制造具有降低的液态金属致脆 (LME) 敏感性的锌涂覆的钢的方法。该方法包括提供钢基材。所述钢基材包含铁、约0.01-0.45重量%的量的碳、约0.5-5重量%的量的铬和约0.5-2.5重量%的量的硅。该方法还包括通过在含氧气氛中使钢基材退火而在钢基材的表面上形成含氧化物的层。该方法还包括通过喷涂工艺在含氧化物的层上涂覆锌层。

[0007] 在一个方面中,形成含氧化物的层包括在小于约10°C的露点 (dew point) 控制下使钢基材退火。

[0008] 在一个方面中,含氧气氛包含小于10体积%的氧气,并且含氧气氛还包含氮气、氢气、或氮气和氢气两者。

[0009] 在一个方面中,形成含氧化物的层包括在约500-950°C的温度下使钢基材退火。

[0010] 在一个方面中,形成含氧化物的层包括使钢基材退火约1-10,000秒的时间。

[0011] 在一个方面中,时间为约60-600秒。

[0012] 在一个方面中,喷涂工艺包括电镀 (electric galvanizing)、化学气相沉积、物理气相沉积、喷射气相沉积 (jet vapor deposition) 或它们的任何组合。

[0013] 在一个方面中,喷涂工艺包括喷射气相沉积。

[0014] 在一个方面中,形成含氧化物的层包括在钢基材的第一表面上形成第一含氧化物的层以及在钢基材的与第一表面相对的第二表面上形成第二含氧化物的层。涂覆锌层包括在第一含氧化物的层上涂覆第一锌层和在第二含氧化物的层上涂覆第二锌层。

[0015] 在一个方面中,含氧化物的层限定约0.01-5 $\mu\text{m}$ 的厚度。

[0016] 在一个方面中,含氧化物的层具有小于或等于约10%的孔隙率。

[0017] 在各个方面中,本公开提供了一种生成具有降低的LME的锌涂覆的钢组装件的方法。该方法包括提供第一锌涂覆的钢部件,该第一锌涂覆的钢部件包括第一钢基材、在钢基

材表面上的第一含氧化物的层和在该含氧化物的层的表面上的第一锌层。第一钢基材包含铁、约0.01-0.45重量%的量的碳、约0.5-5重量%的量的铬和约0.5-2.5重量%的量的硅。该方法还包括提供第二锌涂覆的钢部件,该第二锌涂覆的钢部件包括第二钢基材、在钢基材表面上的第二含氧化物的层、和在该含氧化物的层的表面上的第二锌层。第二钢基材包含铁、约0.01-0.45重量%的量的碳、约0.5-5重量%的量的铬和约0.5-2.5重量%的量的硅。该方法还包括设置第一锌涂覆的钢部件和第二锌涂覆的钢部件,使得第一锌层与第二锌层接触。该方法还包括通过将第一锌涂覆的钢部件电阻点焊(resistance spot welding)到第二锌涂覆的钢部件上来形成所述组装件。

[0018] 在一个方面中,所述方法还包括在所述形成之前冲压(stamping)第一锌涂覆的钢部件和冲压第二锌涂覆的钢部件。

[0019] 在各个方面中,本公开提供了一种锌涂覆的钢部件。该锌涂覆的钢部件包括钢基材、含氧化物的层和锌层。钢基材包含铁、约0.01-0.45重量%的量的碳、约0.5-5重量%的量的铬和约0.5-2.5重量%的量的硅。含氧化物的层在钢基材的表面上。锌层在含氧化物的层上。

[0020] 在一个方面中,含氧化物的层具有小于或等于约10%的孔隙率。

[0021] 在一个方面中,含氧化物的层限定约0.01-5 $\mu\text{m}$ 的厚度。

[0022] 在一个方面中,厚度为约0.1-1 $\mu\text{m}$ 。

[0023] 在一个方面中,含氧化物的层包含铁、氧、铬和硅。

[0024] 在一个方面中,铬以约0.1-50重量%的量存在。硅以约0.1-30重量%的量存在。在一个方面中,含氧化物的层包括在钢基材的第一表面上的第一含氧化物的层和在钢基材的与第一表面相对的第二表面上的第二含氧化物的层。锌层包括在第一含氧化物的层上的第一锌层和在第二含氧化物的层上的第二锌层。

[0025] 其它适用领域由本文中提供的描述将变得显而易见。本概述中的描述和具体例子仅意在进行说明并且无意限制本公开的范围。

## 附图说明

[0026] 本文中描述的附图仅用于说明所选实施方案而非所有可能的实施方式的目的,并且无意限制本公开的范围。

[0027] 图1是描述根据本公开的各个方面的制造高强度、耐腐蚀钢组装件的方法的流程图;

[0028] 图2是根据本公开的各个方面的钢基材的截面图;

[0029] 图3是根据本公开的各个方面的包括图2的钢基材的预氧化的钢基材的截面图;

[0030] 图4是根据本公开的各个方面的包括图3的预氧化的钢基材的锌涂覆的钢基材的截面图;

[0031] 图5是根据本公开的各个方面的包括由图4的锌涂覆的钢基材形成的部件的电阻点焊工艺的示意图;

[0032] 图6是根据本公开的各个方面的预氧化的钢基材的扫描电子显微镜(SEM)图像;和

[0033] 图7是根据本公开的各个方面的预氧化的钢基材的SEM图像。

[0034] 贯穿附图的几个视图,对应的附图标记指示对应的部分。

## 具体实施方式

[0035] 提供了示例性实施方案从而本公开将是彻底的并将向本领域技术人员充分传达其范围。阐述了许多具体细节,例如具体组合物、组分、装置和方法的例子,以提供对本公开的实施方案的充分理解。对本领域技术人员将显而易见的是,不需要使用具体细节,示例性实施方案可以具体体现为许多不同的形式,并且它们都不应被视为限制本公开的范围。在一些示例性实施方案中,没有详细描述公知的方法、公知的装置结构和公知的技术。

[0036] 本文所用的术语仅为了描述特定的示例性实施方案而无意作为限制。除非上下文清楚地另行指明,否则如本文中所用的那样单数形式“一个”、“一种”和“该”可旨在也包括复数形式。术语“包含”、“包括”、“含有”和“具有”是包容性的,因此说明了所描述特征、要素、组合物、步骤、整数、操作和/或组分的存在,但不排除一种或更多种其它特征、整数、步骤、操作、元件、组分和/或其集合的存在或加入。尽管开放式术语“包括”应被理解为用于描述和要求保护本文中所述的各种实施方案的非限制性术语,但在某些方面中,该术语相反地可替代地理解为更具限制性和局限性的术语,如“由……组成”或“基本由……组成”。由此,对叙述组合物、材料、组分、要素、特征、整数、操作和/或工艺步骤的任意给定实施方案,本公开还特别包括由或基本由此类所述组合物、材料、组分、要素、特征、整数、操作和/或工艺步骤组成的实施方案。在“由……组成”的情况中,替代实施方案排除任何附加的组合物、材料、组分、要素、特征、整数、操作和/或工艺步骤,而在“基本由……组成”的情况中,从此类实施方案中排除实质上影响基本和新颖特性的任何附加的组合物、材料、组分、要素、特征、整数、操作和/或工艺步骤,但是不实质上影响基本和新颖特性的任何组合物、材料、组分、要素、特征、整数、操作和/或工艺步骤可以包括在该实施方案中。

[0037] 本文中描述的任何方法步骤、工艺和操作不应解释为必定要求它们以所论述或展示的特定次序实施,除非明确确定为一定的实施次序。还要理解的是,除非另行说明,可以使用附加或替代步骤。

[0038] 当部件、元件或层被提到在另一元件或层“上”、“啮合”、“连接”或“耦合”到另一元件或层上,其可以直接在另一部件、元件或层上、啮合、连接或耦合到另一部件、元件或层上,或可能存在中间元件或层。相反,当一个元件被提到直接在另一元件或层上、“直接啮合”、“直接连接”或“直接耦合”到另一元件或层上,可不存在中间元件或层。用于描述元件之间关系的其它词语应以类似方式解释(例如“在...之间”vs“直接在...之间”,“相邻”vs“直接相邻”等)。如本文中所用的那样,术语“和/或”包括一个或多个相关罗列项的任何和所有组合。

[0039] 尽管术语第一、第二、第三等在本文中可用于描述各种步骤、元件、部件、区域、层和/或区段,但这些步骤、元件、部件、区域、层和/或区段不应受这些术语限制,除非另外指明。这些术语可仅用于将一个步骤、元件、部件、区域、层或区段区分于另一步骤、元件、部件、区域、层或区段。除非上下文中清楚明示,否则术语例如“第一”、“第二”和其它数值术语在本文中使用时并不暗示次序或顺序。因此,下文论述的第一步骤、元件、部件、区域、层或区段可以被称作第二步骤、元件、部件、区域、层或区段而不背离示例性实施方案的教导。

[0040] 为了容易描述,在本文中可以使用空间或时间上的相对术语,如“之前”、“之后”、“内”、“外”、“下”、“下方”、“下部”、“上”、“上部”等描述图中所示的一个元件或特征相对于其他元件或特征的关系。空间或时间上的相对术语可旨在包括除图中所示的取向外装置或系统

在使用或操作中的不同取向。

[0041] 在本公开通篇中,数值代表近似测量值或范围界限以包括与给定值的轻微偏差和大致具有所列值的实施方案和确切具有所列值的实施方案。除了在具体实施方式部分最后提供的实施例中之外,本说明书(包括所附权利要求)中的参数(例如量或条件)的所有数值应被理解为在所有情况中被术语“约”修饰,无论在数值前是否实际出现“约”。“约”是指所述数值允许一定的轻微不精确(有些接近精确的该值;大致或合理地接近该值;几乎)。如果由“约”提供的不精确性在本领域中不以这种普通含义理解,则本文所用的“约”至少是指可能由测量和使用此类参数的普通方法造成的变动。例如,“约”可以包含小于或等于5%、任选小于或等于4%、任选小于或等于3%、任选小于或等于2%、任选小于或等于1%、任选小于或等于0.5%和在某些方面中任选小于或等于0.1%的变动。

[0042] 此外,范围的公开包括在整个范围内的所有值和进一步细分范围的公开,包括对这些范围给出的端点和子范围。

[0043] 现在将参照附图更充分地描述示例性实施方案。

[0044] 如上所述,先进高强度钢(AHSS)由于它们的高强度和高延性而有利地被用于制造车辆部件和组装件。为了减少或防止腐蚀,热浸法可用于将锌层直接施加到AHSS上。在施加锌层之前,将AHSS在无氧环境中退火。

[0045] 锌涂覆的AHSS的后续制造可能受到AHSS对液态金属致脆(LME)敏感性的限制。例如,因为锌具有比AHSS低的熔点,所以锌在例如电阻点焊的过程中首先熔化。液体锌可以在晶界处渗透AHSS,并由于AHSS的LME而导致具有降低的强度和性能的组装件。

[0046] 在各个方面中,本公开提供了具有降低的LME敏感性的高强度、高延性、耐腐蚀钢以及制造所述钢的方法。与其它AHSS相比,所述钢具有更高的铬含量和更高的硅含量。所述钢在含氧环境中被预氧化以形成包含富含铬和硅的氧化物的氧化物层。在所述氧化物层上涂覆有抗腐蚀锌层。在某些方面中,本公开还提供了制造通过电阻点焊形成的耐腐蚀、高强度钢组装件的方法。在电阻点焊期间,所述氧化物层充当液体锌的屏障,从而减少或防止钢基材的LME。

[0047] 参照图1,提供了根据本公开的各个方面的制造高强度、耐腐蚀钢组装件的方法。在110,该方法包括提供钢基材。在114,该方法还包括在钢基材上形成氧化物层。在118,该方法还包括在氧化物层上涂覆锌层。在122,该方法还包括形成部件。在126,该方法还包括生成包括所述部件的组装件。在某些方面中,本公开提供了一种制造具有降低的LME敏感性的锌涂覆的钢的方法,其包括步骤110、114和118。下面更详细地描述这些步骤中的每一个步骤。

[0048] *提供钢基材*

[0049] 在110,所述方法包括提供钢基材。参照图2,提供了根据本公开的各个方面的钢基材210。与其它AHSS相比,所述钢基材具有提高的铬和硅含量。所述钢的例子描述于国际专利公开No. WO 2019/127240(申请号PCT/CN2017/119484;发明人: Qi Lu, Jiachem Pang, Jianfeng Wang;申请日: 2017年12月28日;公开日: 2019年7月4日)中,其全部内容通过引用并入本文中。

[0050] 在某些方面中,钢基材210包含碳(C)、铬(Cr)、硅(Si)和铁(Fe)。所述钢基材还可包含锰(Mn)、镍(Ni)、铜(Cu)、钼(Mo)、钒(V)、铌(Nb)、硼(B)、钛(Ti)和/或铝(Al)。钢基材

210包含约0.5-5重量%的量的铬;约0.5-2.5重量%的量的硅;0.01-0.45重量%的量的碳;约0-4.5重量%的量的锰;约0-5重量%的量的镍;0-2重量%的量的铜;和余量的铁。在某些方面中,钢基材210可以包含小于1重量%的量的钼;小于1重量%的量的钒;小于0.5重量%的量的铌;小于0.01重量%的量的硼,小于约0.1重量%的量的钛;和/或小于约0.5重量%的量的铝。

[0051] 在一个例子中,钢基材210基本上由约0.5-5重量%的量的铬;约0.5-2.5重量%的量的硅;0.01-0.45重量%的量的碳;约0-4.5重量%的量的锰;约0-5重量%的量的镍;0-2重量%的量的铜;小于1重量%的量的钼;小于1重量%的量的钒;小于0.5重量%的量的铌;小于0.01重量%的量的硼,小于约0.1重量%的量的钛;小于约0.5重量%的量的铝;和余量的铁和不可避免的杂质组成。在一个例子中,钢基材210基本上由约0.5-5重量%的量的铬;约0.5-2.5重量%的量的硅;0.01-0.45重量%的量的碳;约0-4.5重量%的量的锰;约0-5重量%的量的镍;0-2重量%的量的铜;和余量的铁和不可避免的杂质组成。在一个例子中,钢基材210基本上由约0.5-5重量%的量的铬;约0.5-2.5重量%的量的硅;0.01-0.45重量%的量的碳;和余量的铁和不可避免的杂质组成。

#### [0052] 形成氧化物层

[0053] 在114 (图1),所述方法包括形成氧化物层(也称为“含氧化物的层”)。参照图3,提供了根据本公开的各个方面的预氧化的钢310。预氧化的钢310包括钢基材210、第一氧化物层314和第二氧化物层318。第一氧化物层314形成在钢基材210的第一表面322上。第二氧化物层318形成在钢基材210的与第一表面322相对的第二表面326上。在某些其他方面中,根据本公开的各个方面的预氧化的钢基材可以仅在钢基材的单个表面上包括单个氧化物层。

[0054] 第一和第二氧化物层314、318被配置成抑制液体金属(例如锌)渗透到钢基材210的晶界中和导致钢基材210的LME。因此,所述氧化物层是基本上连续的并且具有高密度和低孔隙率。如本文中所使用的那样,“基本上连续”是指第一和第二氧化物层314、318分别基本上覆盖整个第一和第二表面322、326。所述氧化物层可具有小于约10% (例如,小于约9%、小于约8%、小于约7%、小于约6%、小于约5%、小于约4%、小于约3%、小于约2%或小于约1%)的孔隙率。

[0055] 氧化物层314、318中的每一个可限定第一厚度330。在某些方面中,厚度330为约0.01-5 $\mu\text{m}$  (例如,0.01-0.1 $\mu\text{m}$ 、0.1-1 $\mu\text{m}$ 、1-2 $\mu\text{m}$ 、2-3 $\mu\text{m}$ 、3-4 $\mu\text{m}$ 或4-5 $\mu\text{m}$ )。在一个例子中,第一厚度330为约0.1-1 $\mu\text{m}$ 。

[0056] 氧化物层314、318包含富含铬和硅的氧化物。在某些方面中,氧化物层314、318包含铬、硅、氧和铁。氧化物层314、318可具有 $\text{Fe}_x\text{Cr}_y\text{Si}_z\text{O}$ 的组成。在某些方面中,氧化物层314、318可以包含0.1-50重量%的量的铬、0.1-30重量%的量的硅和余量的氧和铁。

[0057] 氧化物层314、318的形成取决于钢基材210的组成和受控的退火工艺。所述受控的退火工艺在含氧气( $\text{O}_2$ )的环境中进行。所述环境还包含氢气( $\text{H}_2$ )、氮气( $\text{N}_2$ )、或氢气和氮气两者。氧气保持在小于约10体积% (例如,小于约9体积%、小于约8体积%、小于约7体积%、小于约6体积%或小于约5体积%)的浓度。露点控制小于约10 $^{\circ}\text{C}$  (例如,小于约9 $^{\circ}\text{C}$ 、小于约8 $^{\circ}\text{C}$ 、小于约7 $^{\circ}\text{C}$ 、小于约6 $^{\circ}\text{C}$ 或小于约5 $^{\circ}\text{C}$ )。

[0058] 在约500-950 $^{\circ}\text{C}$  (例如约500-550 $^{\circ}\text{C}$ 、约550-600 $^{\circ}\text{C}$ 、约600-650 $^{\circ}\text{C}$ 、约650-700 $^{\circ}\text{C}$ 、约700-750 $^{\circ}\text{C}$ 、约750-800 $^{\circ}\text{C}$ 、约800-850 $^{\circ}\text{C}$ 、约850-900 $^{\circ}\text{C}$ 、或约900-950 $^{\circ}\text{C}$ )的温度进行阳极化(anodizing)。阳极化进行约1-10,000秒(例如约1-100秒、约100-250秒、约250-500秒、约

500-1,000秒、约 1,000-2,500秒、约 2,500-5,000秒或约 5,000-10,000秒)的时间。在一个例子中,时间为约60-600秒。

#### [0059] 锌涂覆所述钢基材

[0060] 在118 (图1),所述方法包括锌涂覆所述钢基材。参照图4,提供了根据本公开的各个方面的锌涂覆的钢基材410。锌涂覆的钢基材410包括钢基材210、第一和第二氧化物层314、318以及第一和第二锌层414、418。第一和第二锌层414、418包含锌。在一个例子中,第一和第二锌层414、418还包含铁、镍或铁和镍两者。第一和第二锌层414、418可基本上由锌、铁、镍和不可避免的杂质组成。在另一个例子中,第一和第二锌层414、418基本上由锌和不可避免的杂质组成。

[0061] 第一锌层414设置在第一氧化物层314的第三表面422上。第二锌层418设置在第二氧化物层318的第四表面426上。在某些方面中,第一和第二锌层414、418中的每一个限定5-50 $\mu\text{m}$  (例如,5-10 $\mu\text{m}$ 、10-20 $\mu\text{m}$ 、20-30 $\mu\text{m}$ 、30-40 $\mu\text{m}$ 或40-50 $\mu\text{m}$ )的第二厚度430。在某些其它方面中,根据本公开的锌涂覆的钢基材可仅包括单个锌层。

[0062] 氧化物层314、318可以抑制在热浸工艺中锌粘附到预氧化的钢基材310 (图3)。因此,在本公开的某些方面中,锌层414、418通过气相方法施加。锌涂覆作为例子可以包括电镀(EG)、化学气相沉积(CVD)、物理气相沉积(PVD)、喷射气相沉积(JVD)或它们的任何组合。在某些方面中,锌涂覆包括JVD。JVD通常包括使锌汽化、将锌微滴(droplets)喷射到移动的基材上和当微滴在真空环境中被固化时生成锌涂层。

#### [0063] 冲压锌涂覆的钢基材

[0064] 在122 (图1),所述方法还包括冲压锌涂覆的钢基材410 (图4)以形成部件,例如用于汽车组装件的部件。

#### [0065] 生成组装件

[0066] 在126 (图1),所述方法还包括生成包括所述部件的高强度、耐腐蚀组装件。所述组装件可以通过电阻点焊制造。参考图5,提供了根据本公开的各个方面电阻点焊一对锌涂覆的钢基材410 (其可以是一对在步骤122冲压的部件)的示意图。锌涂覆的钢基材410被放置在一对电极510之间并且被设置成使得各自的锌层414-1、418-2直接连通。生成焊接熔核(未示出)以将部件彼此固定。所述组装件可包括用于汽车的组装件,例如A柱、B柱、铰链柱和/或门梁。然而,本公开的锌涂覆的钢和方法同样可应用于非汽车车辆应用和非车辆应用。

#### [0067] 实施例1

[0068] 参考图6,提供了根据本公开的各个方面的预氧化的钢基材610。比例尺612为1 $\mu\text{m}$ 。预氧化的钢基材610包括具有约2重量%的铬和约1.5重量%的硅的钢基材614。预氧化的钢基材610还包括具有在0.2-0.6 $\mu\text{m}$ 范围变化的厚度622的氧化物层618。

#### [0069] 实施例2

[0070] 参考图7,提供了根据本公开的各个方面的预氧化的钢基材710。比例尺712为2.5 $\mu\text{m}$ 。预氧化的钢基材710包括钢基材714和氧化物层718。氧化物层718包含铬、硅、氧和铁。

[0071] 已经为了说明和描述提供了实施方案的上述描述。其无意是穷举性的或限制本公开。一个特定实施方案的单独要素或特征通常不限于该特定实施方案,而是在适用时可互换并可用于选择的实施方案中,即使没有明确展示或描述。其也可以以许多方式改变。此类

变动不被视为背离本公开,并且所有这样的修改都意在包括在本公开的范围內。

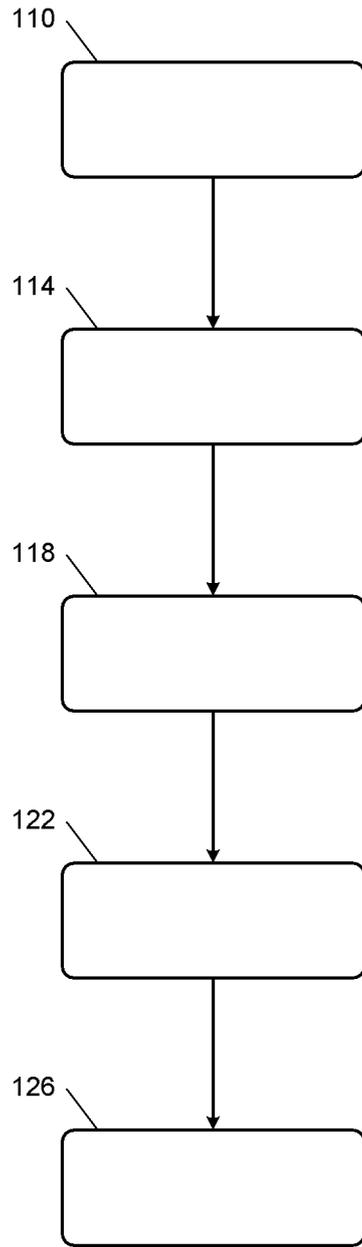


图 1

210

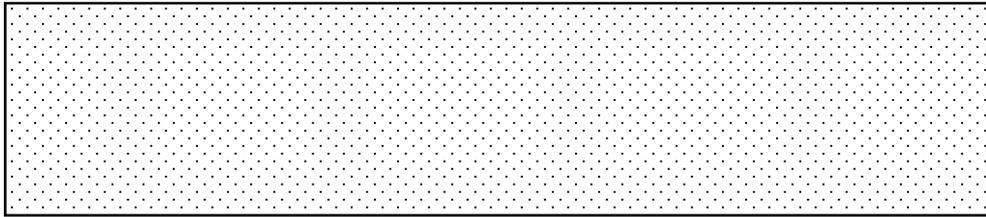


图 2

310

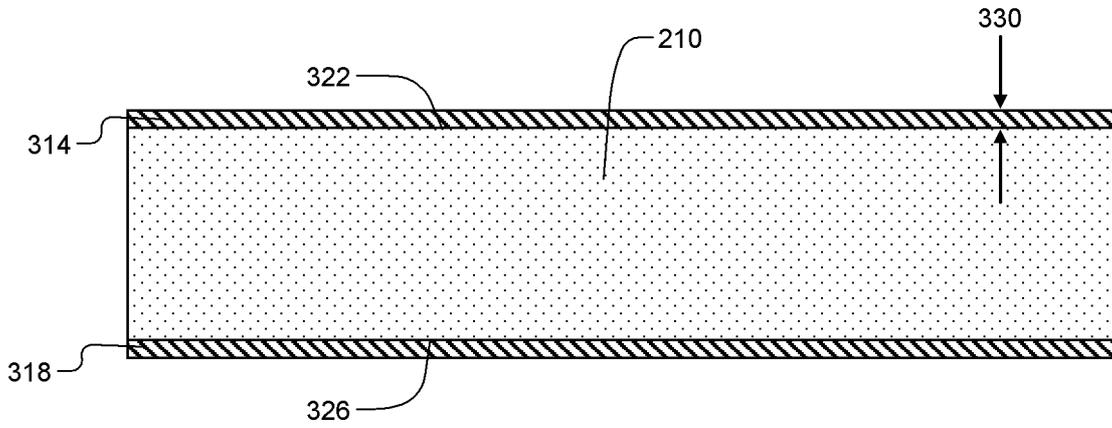


图 3

410

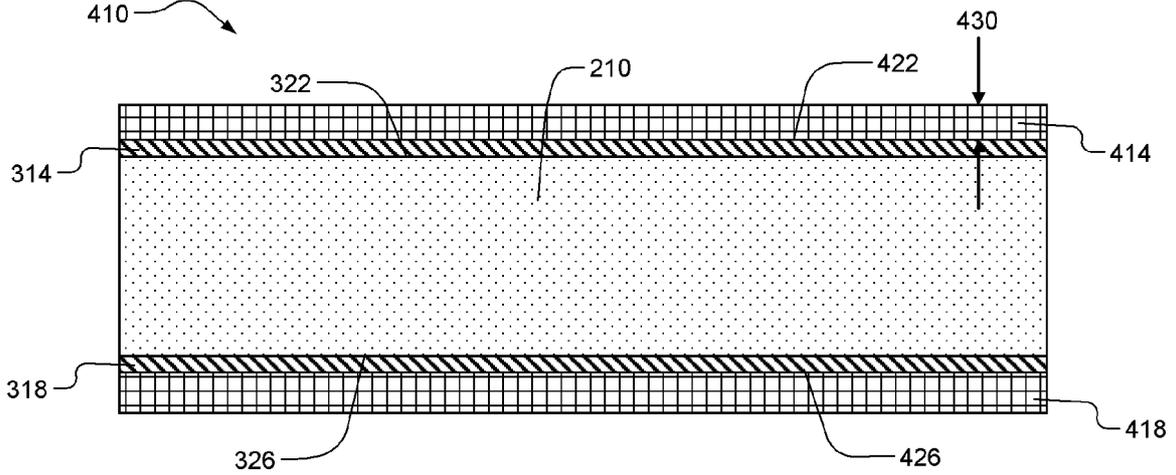


图 4

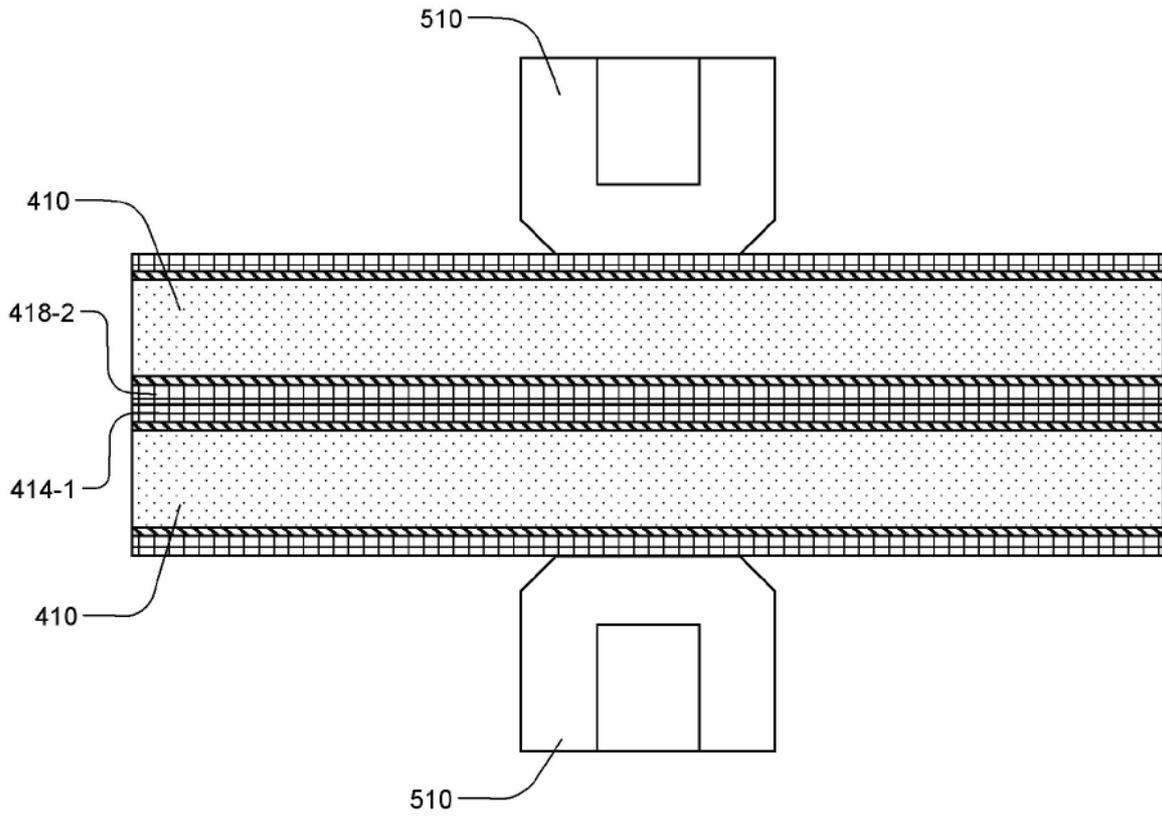


图 5

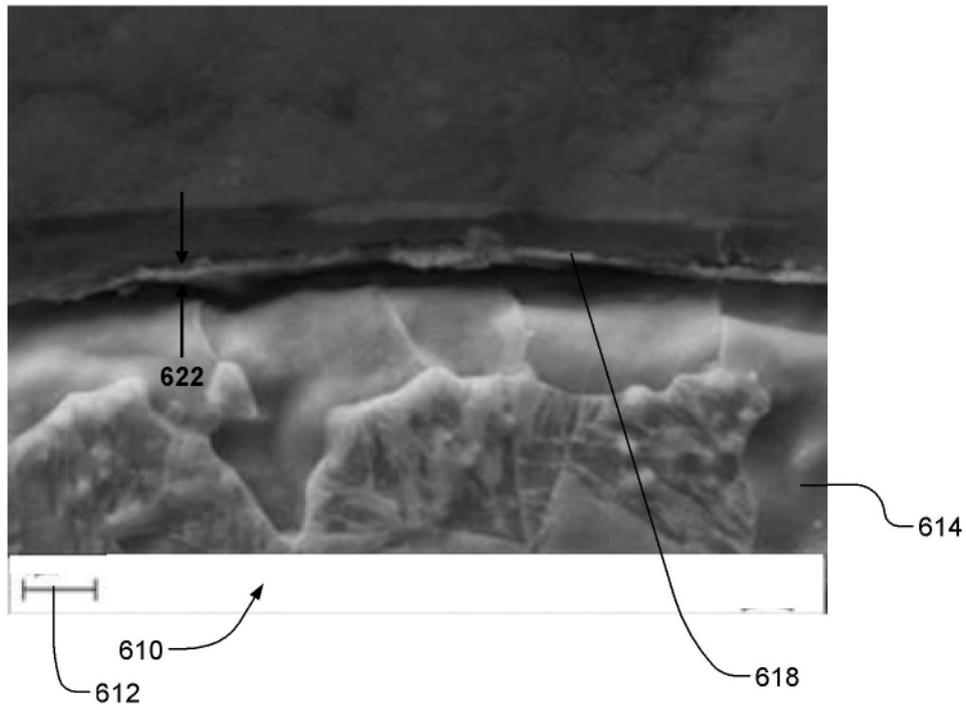


图 6

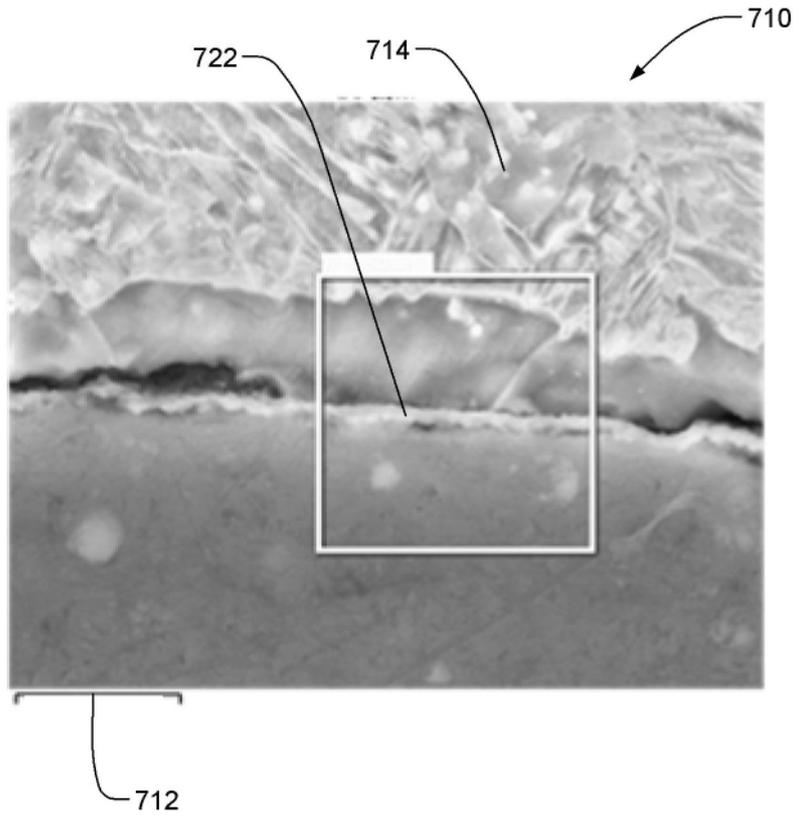


图 7