



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101454473 B

(45) 授权公告日 2013. 09. 18

(21) 申请号 200780017628. 0

(22) 申请日 2007. 05. 15

(30) 优先权数据

06113962. 2 2006. 05. 15 EP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 11. 14

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2007/054711 2007. 05. 15

(87) PCT申请的公布数据

W02007/132007 DE 2007. 11. 22

(73) 专利权人 蒂森克虏伯钢铁股份公司

地址 德国杜伊斯堡

(72) 发明人 威廉·沃内基 曼弗雷德·莫伊雷尔

鲁道夫·舍嫩贝格 迈克尔·克勒

亚历山大·埃尔斯纳

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

代理人 丁业平 张天舒

(51) Int. Cl.

C23C 2/06 (2006. 01)

(56) 对比文件

W0 89/09844 A1, 1989. 10. 19,

CN 1575348 A, 2005. 02. 02,

审查员 王燕

权利要求书2页 说明书7页 附图1页

### (54) 发明名称

具有防腐蚀覆层的扁钢产品及其制备方法

### (57) 摘要

本发明涉及一种扁钢产品及其制备方法, 其中所述扁钢产品是由钢基底(例如钢带或钢板)和施加到所述钢基底的至少一面上的锌基防腐蚀覆层形成的, 所述防腐蚀覆层含有(重量%): Mg : 0. 25 % 至 2. 5 %、Al : 0. 2 % 至 3. 0 %、Fe :  $\leq$  4. 0 %、以及可任选的总共达到 0. 8 % 的 Pb、Bi、Cd、Ti、B、Si、Cu、Ni、Co、Cr、Mn、Sn 和稀土元素中的一种或多种元素, 余量为锌和不可避免的杂质, 其中所述防腐蚀覆层的中间层的 Al 含量最高为 0. 5 重量%, 所述中间层在紧邻所述扁钢产品表面的表面层和邻近所述钢基底的边界层之间延伸, 并且厚度为所述防腐蚀覆层的总厚度的至少 20 %。本发明的扁钢产品具有高耐腐蚀性和最佳化的可焊性的优化组合, 并且特别适于用作车身构造材料、通常的建筑用材料或家用器具构造材料。

1. 一种扁钢产品,其由钢基底和施加到所述钢基底的至少一面上的锌基防腐蚀覆层形成,所述防腐蚀覆层含有(重量%):

Mg :0.25%至 2.5%

Al :0.2%至 3.0%

Fe :> 0.3%至 4.0%

以及可任选的总共达到 0.8%的 Bi、Cd、Ti、B、Si、Cu、Ni、Co、Cr、Mn、Sn 和稀土元素中的一种或多种元素,其余为锌和不可避免的杂质,

其中所述防腐蚀覆层的中间层的 Al 含量最高为 0.5 重量%,所述中间层在紧邻所述扁钢产品表面的表面层和邻近所述钢基底的边界层之间延伸,并且厚度达到所述防腐蚀覆层的总厚度的至少 20%。

2. 根据权利要求 1 的扁钢产品,其特征在于所述中间层的 Al 含量被限定为 0.25 重量%。

3. 根据权利要求 1 或 2 的扁钢产品,其特征在于所述中间层的厚度至少为所述防腐蚀覆层的总厚度的 25%。

4. 根据权利要求 1 或 2 的扁钢产品,其特征在于所述表面层的厚度低于所述防腐蚀覆层的总厚度的 10%。

5. 根据权利要求 4 的扁钢产品,其特征在于所述表面层的厚度低于所述防腐蚀覆层的总厚度的 1%。

6. 根据权利要求 1 或 2 的扁钢产品,其特征在于所述防腐蚀覆层的 Fe 含量达到高于 0.5 重量%。

7. 根据权利要求 1 或 2 的扁钢产品,其特征在于所述防腐蚀覆层的 Al 含量低于 0.6 重量%。

8. 根据权利要求 7 的扁钢产品,其特征在于所述防腐蚀覆层的 Al 含量低于 0.5 重量%。

9. 根据权利要求 1 或 2 所述的扁钢产品,其特征在于所述防腐蚀覆层的总厚度为至少 2.5  $\mu\text{m}$ 。

10. 根据权利要求 9 的扁钢产品,其特征在于所述防腐蚀覆层的总厚度为至少 5  $\mu\text{m}$ 。

11. 根据权利要求 1 或 2 的扁钢产品,其特征在于所述防腐蚀覆层的覆层质量分布为至少 17.5g/m<sup>2</sup>。

12. 根据权利要求 1 所述的扁钢产品,其特征在于所述钢基底为钢带或钢板。

13. 一种制备扁钢产品的方法,其中在钢基底上制备防腐蚀覆层,在该方法中,将所述钢基底退火,并从退火温度开始冷却至 400℃至 600℃的钢基底浸入温度,在该温度下所述钢基底浸入熔浴并被加热至 420 至 500℃的浴温,其中所述熔浴含有(重量%)0.1%至 0.4%的 Al、0.25%至 2.5%的 Mg、最高达到 0.2%的 Fe,其余为锌和不可避免的杂质,钢基底浸入温度和浴温之间的差别在 -20℃至 +100℃内变化,使得在所述钢基底上形成这样的防腐蚀覆层,该防腐蚀覆层含有(重量%):

Mg :0.25%至 2.5%

Al :0.2%至 3.0%

Fe :> 0.3%至 4.0%

以及可任选的总共达到 0.8% 的 Bi、Cd、Ti、B、Si、Cu、Ni、Co、Cr、Mn、Sn 和稀土元素中的一种或多种元素,其余为锌和 不可避免的杂质,

其中所述防腐蚀覆层的中间层的 Al 含量最高为 0.5 重量%,所述中间层在紧邻所述扁钢产品表面的表面层和邻近所述钢基底的边界层之间延伸,并且厚度达到所述防腐蚀覆层的总厚度的至少 20%。

14. 根据权利要求 13 的方法,其特征在于所述浴温为 440℃至 480℃。

15. 根据权利要求 13 或 14 的方法,其特征在于所述钢基底浸入温度和所述浴温之间的差别在 -10℃至 +70℃的范围内变化。

16. 根据权利要求 13 或 14 的方法,其特征在于所述钢基底浸入温度为 410 至 510℃。

17. 根据权利要求 13 或 14 的方法,其特征在于所述熔浴中的 Fe 含量小于或等于 0.1 重量%。

18. 根据权利要求 13 所述的方法,其特征在于所述钢基底为钢带或钢板。

## 具有防腐蚀覆层的扁钢产品及其制备方法

[0001] 本发明涉及一种扁钢产品,其是由钢基底(例如钢带或钢板)和施加到所述钢基底的至少一面上的锌基防腐蚀覆层形成的。另外,本发明还涉及可以制备这种扁钢产品的方法。

[0002] 为了提高耐腐蚀性,金属覆层被施加到钢板或钢带上,所述金属覆层在大多数应用中是基于锌或锌合金的。由于这种锌或锌合金覆层具有阻挡作用和阴极保护作用,因此在实际应用中它们为相应镀覆的钢板提供良好的防腐蚀作用。

[0003] 然而,现有技术为达到足够的耐腐蚀性所要求的覆层厚度会引起加工中的问题(即会引起成型和焊接时的问题)。例如,当在实际应用中,处于高的腐蚀负荷下的凸缘被点焊时,便会出现这种情况。这种要求特别存在于车身构造领域、通常的建筑物应用领域或家用器具的外壳构造应用领域中。为了获得足够的焊接电流,通过这种焊接制得的连接必须具有最小 $4 \times \sqrt{t}$  ( $t$  = 单片板厚)的点径,并且能够在没有飞溅的条件下进行焊接。

[0004] 镀覆有相对较厚的锌层的常规钢板存在加工问题,在这一背景下,人们已研制出高耐腐蚀性的 Zn-Mg 层体系或 Zn-Mg-Al 层体系,它们的层厚大幅度降低,并且所提供的防腐蚀性与常规的  $7.5 \mu\text{m}$  厚的锌覆层的防腐蚀性相当,但明显更易于加工。

[0005] 在专利文献 EP 0 038 904 B1 中描述了一种制备这种具有增强的耐腐蚀性、同时具有降低的覆层质量的热浸镀锌钢板的可能的的方法。根据这种现有技术,通过热浸镀覆法将含有 0.2 重量%的 Al 和 0.5 重量%的 Mg 的锌覆层施加到钢基底上。尽管以这种方式镀覆的金属具有改善的耐生锈性,但是在实际应用中其无法满足目前对这些板条的耐腐蚀性的要求,尤其无法满足在车身联接凸缘领域中对耐腐蚀性的要求。

[0006] 由专利文献 EP 1 621 645 A1 得知另外的耐腐蚀性得到增强的、具有金属保护覆层的钢板。其中所述的钢板通过常规的热镀锌法来镀覆这样的保护覆层,该覆层含有 0.3 重量%至 2.3 重量%的 Mg、0.6 重量%至 2.3 重量%的 Al、可任选的 <0.2 重量%的其他活性成分,其余为锌和不可避免的杂质。由于含有高含量的 Al 和 Mg,因此这种金属具有特别良好的耐腐蚀性。然而,实际试验证实即使是根据专利文献 EP 1 621 645 A1 制备的板条也无法满足加工工业对于这种板条的可焊性所提出的要求。该试验还证实,根据目前的标准,相关板条的磷化能力是不够的。

[0007] 因此,本发明的目的在于制备这样的钢板产品,该钢板产品具有高耐腐蚀性和最佳化的加工性的优化组合,并且特别适于用作车身构造材料、通常的建筑用材料或家用器具构造材料。此外,本发明还详细说明了制备这种扁钢产品的方法。

[0008] 根据本发明通过这样一种扁钢产品实现了与产品相关的目的,该扁钢产品由钢基底(例如钢带或钢板)和施加到所述钢基底的至少一面上的锌基防腐蚀覆层形成,所述覆层含有 0.25 重量%至 2.5 重量%的 Mg、0.2 重量%至 3.0 重量%的 Al、 $\leq 4.0$  重量%的 Fe、和可任选的总共达到 0.8 重量%的 Pb、Bi、Cd、Ti、B、Si、Cu、Ni、Co、Cr、Mn、Sn 和稀土元素中的一种或多种元素,其余为锌和不可避免的杂质,其中所述防腐蚀覆层的中间层的 Al 含量最高为 0.5 重量%,所述中间层在紧邻所述扁钢产品表面的表面层和邻近所述钢基底的边界层之间延伸,并且厚度达到所述防腐蚀覆层的总厚度的至少 20%。相应地,关于扁钢产品

制备方法的目的是得以实现,其中,防腐蚀覆层被施加到钢基底(例如钢带或钢板)上,在该方法中,将钢基底退火,并从退火温度开始冷却至 400℃至 600℃的钢带进入温度,在该温度下钢基底进入熔浴并被加热至 420 至 500℃的浴温,其中所述熔浴含有(重量%)0.1%至 0.4%的 Al、0.25%至 2.5%的 Mg、高达 0.2%的 Fe,其余为锌和不可避免的杂质,钢带浸入温度和浴温之间的差别在 -20℃至 +100℃内变化,使得在钢基底上形成这样的防腐蚀覆层,该防腐蚀覆层含有(重量%)0.25%至 2.5%的 Mg、0.2%至 3.0%的 Al、≤ 4.0%的 Fe、和可任选的总共达到 0.8%的 Pb、Bi、Cd、Ti、B、Si、Cu、Ni、Co、Cr、Mn、Sn 和稀土元素中的一种或多种元素,其余为锌和不可避免的杂质,其中所述防腐蚀覆层的中间层的 Al 含量最高为 0.5 重量%,所述中间层在紧邻所述扁钢产品表面的表面层和邻近所述钢基底的边界层之间延伸,并且厚度达到所述防腐蚀覆层的总厚度的至少 20%。

[0009] 本发明基于下列认识:具有 Zn-Mg-Al 覆层作为防腐蚀层的钢板或钢带的总体性能(例如粘附性和可焊性)主要取决于铝在覆层中的分布。现已惊奇地发现,如本发明所规定,如果根据本发明的具有足够厚度的中间层(与表面邻近)中的铝含量较低,则即使覆层中的铝含量整体上处于保证得到高的防腐蚀性的水平,其可焊性与常规形成的钢板相比也会得到改善。根据本发明而相应形成的钢板在向钢基底过渡的边界层区域中的铝浓度较高,因此尽管中间层中的铝含量较低,但仍能保持铝在防腐蚀方面的积极效果。

[0010] 此外,由于根据本发明形成的扁钢产品的表面和中间层中的铝含量较低,因此其特别适于磷化,使得它们可以在无需特别的额外措施的条件下即可被施加有机漆层。在根据本发明的覆层中可以存在总含量达到 0.8 重量%的下列元素:Pb、Bi、Cd、Ti、B、Si、Cu、Ni、Co、Cr、Mn、Sn 和稀土元素。Pb、Bi 和 Cd 可以起到形成较大晶体结构(锌华)的作用,Ti、B、Si 起到改善成型性的作用,Cu、Ni、Co、Cr、Mn 起到影响边界层反应的作用,Sn 起到影响表面氧化的作用,稀土元素(特别是镧和铈)起到改善熔体的流动行为的作用。根据本发明的防腐蚀覆层中可存在的杂质包括由于热浸镀覆而从钢基底转移到覆层中的成分,并且这些成分的含量不足以影响覆层的性能。

[0011] 现已表明,使用铝含量相对较低的熔浴来进行根据本发明的方法,通过合适地设定钢带浸入温度和/或浴温,甚至可直接影响根据本发明所需的层结构的性质。根据本发明的方法获得下列结果:邻近钢基底的边界层中富集高含量的 Al 和 Mg,而中间层中的 Al 含量特别低。在浸入时钢带的温度和浴温的差别特别显著。当该差别在 -20℃至 100℃、优选在 -10℃至 70℃之间变化时,可以可靠地按照目标方式来设定在中间层中存在的根据本发明其含量减少的 Al。

[0012] 当中间层中的铝含量尽可能降低时,可产生特别有利的焊接性能。因此,本发明的优选实施方案允许将中间层中的铝含量限定为 0.25 重量%。

[0013] 另外,当根据本发明的中间层的厚度达到防腐蚀覆层的总厚度的至少 25%时,本发明使用的层结构对于可焊性和磷化能力具有特别积极的效果,同时仍保持覆层的良好防腐蚀效果。这里和权利要求书中所给出的关于防腐蚀覆层及其各层的结构方面的数据,涉及通过 GDOS 测量(辉光放电光发射谱法)而确定的层的分布。例如,在 VDI-Lexikon Werkstofftechnik(Hubert Gräfen 发行,VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, 1993)中所述的 GDOS 测定法为一种快速测量覆层的浓度分布的标准方法。

[0014] 就根据本发明而产生的扁钢分布而言,这种 GDOS 测定结果表明:由于制备过程中

发生了氧化,不可避免地会使紧邻覆层表面的表面层中的 Al 含量增加。然而,由于这种表面层的厚度相对于覆层的总厚度而言非常低,因此在对根据本发明制得的扁钢产品进行焊接时,表面层容易被击穿,并且不会对焊接结果造成明显的影响。为了避免对高 Al 含量的表面覆层产生任何可能的不利影响,表面覆层的厚度应当被限定为低于防腐蚀覆层的总厚度的 10%,特别是低于 1%。实际测验已证实:对于根据本发明制得的扁钢产品,表面层的厚度最大为  $0.2\mu\text{m}$ ,从而使得对于常规的厚度为  $6\mu\text{m}$  或更厚的覆层而言,表面边界层的厚度在覆层结构的总厚度中所占的比例为约 3.5%或明显更少。

[0015] 对于本发明的扁钢产品,覆层中的 Fe 含量优选达到高于 0.3 重量%,特别是高于 0.4 重量%,甚至高于 0.5 重量%。特别是在与钢基底相邻的边界层区域中,Fe 含量相对较高。此处优选形成这样的合金,该合金保证覆层与钢基底具有最佳的粘附性。这样,如果保护层具有高的 Mg 和 Al 含量,则根据本发明制得的扁钢产品的使用性能优于常规的扁钢产品的使用性能。

[0016] 除了根据本发明的防腐蚀覆层的层结构以外,为了进一步优化根据本发明的扁钢产品的可焊性和磷化能力,防腐蚀覆层的 Al 含量可被限定为低于 0.6 重量%,特别是低于 0.5 重量%。

[0017] 为了保证防腐蚀覆层的效果,防腐蚀覆层的总厚度应当至少为  $2.5\mu\text{m}$ ,特别是至少为  $7\mu\text{m}$ 。已证实,防腐蚀覆层的覆层质量分布为至少  $100\text{g}/\text{m}^2$  时,对于保护效果来说是特别有利的。尽管防腐蚀覆层的覆层质量和厚度较高,但是由于本发明所规定的 Al 含量的分布,因而不会对可焊性产生不利的影响。

[0018] 如果熔浴的浴温为  $440^{\circ}\text{C}$  至  $480^{\circ}\text{C}$ ,则会获得特别良好的产品结果。

[0019] 惊奇地发现,钢基底通过熔浴的速度仅仅对镀覆结果产生次要的影响。因此,(例如)为了在最大生产率条件下获得最佳处理结果,该速度可在  $50\text{m}/\text{min}$  至  $200\text{m}/\text{min}$  的范围内变化。

[0020] 为了避免金属表面的氧化,应当在进入熔浴前,于惰性气氛中进行钢带的退火。在已知方式中,惰性气氛可含有高于 3.5 体积%的  $\text{H}_2$ ,其余为  $\text{N}_2$ 。退火温度也可按照已知方式为  $700^{\circ}\text{C}$  至  $900^{\circ}\text{C}$ 。

[0021] 钢基底的入浴温度与浴温的差别为  $-20^{\circ}\text{C}$  至  $+100^{\circ}\text{C}$  时,可以保证尽管引入了钢基底,但熔浴仍均匀地保持其最优温度。

[0022] 优选在任何情况下熔浴本身仅含有痕量的铁,这是因为根据本发明,防腐蚀覆层中的 Fe 含量是通过掺入来自钢基底中的铁而调节的。因此,熔浴中的 Fe 含量优选被限定为最多 0.1 重量%,特别是最多 0.07 重量%。

[0023] 无论钢基底的性质和组成如何,都会具有良好的加工性、同时具有良好的防腐蚀性和良好的磷化能力。实际测试已表明:如果基底包含 IF 钢(例如常规的微合金钢)或普通合金钢(例如常规的优质钢),则根据本发明制得的扁钢产品的性能没有实质性差别。

[0024] 下面参照实施例来对本发明进行说明。这些例子示出下列内容:

[0025] 图 1 为示出通过 GDOS 测量法获得的施加到钢基底上的第一防腐蚀覆层中的 Zn、Mg、Al 和 Fe 含量分布随第一防腐蚀覆层厚度变化的图。

[0026] 图 2 为示出通过 GDOS 测量法获得的施加到钢基底上的第二防腐蚀覆层中的 Zn、Mg、Al 和 Fe 含量分布随第二防腐蚀覆层厚度变化的图。

[0027] 为了制备具有高耐腐蚀性的扁钢产品的样品（该样品具有根据本发明的结构、并且可以容易地进行点焊以及易于磷化），将用作钢基底的钢带在露点为  $-30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、含有 5% 的  $\text{H}_2$  的氮气气氛中退火，在每种情况下保持时间均为 60 秒。退火温度为  $800^{\circ}\text{C}$ ，加热速度为  $10^{\circ}\text{C} / \text{秒}$ 。

[0028] 退火后，在冷却速度为  $5^{\circ}\text{C} / \text{秒}$  至  $30^{\circ}\text{C} / \text{秒}$  的条件下将钢带快速冷却至  $470^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，并在该温度下保持 30 秒。然后将钢带以 100m/min 的钢带浸入速度引入浴温为  $460^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  的熔浴中。钢带的入浴温度比熔浴的浴温高  $5^{\circ}\text{C}$ 。

[0029] 针对按照上述方式镀覆的 12 个样品 E1 至 E12，熔浴的各种组成、以及对通过热镀锌（在熔浴中进行）的样品的上侧和下侧的防腐蚀覆层的分析结果（如果测定了的话）均列于表 1 中。经发现，钢基底上形成的覆层具有高含量的 Fe。在制备覆层的过程中所发生的 Fe 的合金化会确保覆层与钢基底间具有特别高的粘附性。

[0030] 另外，对在各种情况下在钢基底上形成的防腐蚀覆层中的 Zn、Al、Mg 和 Fe 含量分布随厚度变化的分析结果表明，在每种情况下覆层中与表面相邻的中间层中的 Al 含量都低于 0.2%，在每种情况下中间层的厚度都达到大于覆层的层厚（总厚度）的 25%。样品 E1 和 E2 的相应的分布随厚度 D（表面  $D = 0 \mu\text{m}$ ）的变化以图的形式示于图 1 和 2 中。

[0031] 这些附图表明，在相关覆层的表面处，由于发生了氧化，因此所形成的表面边界层具有较高的 Al 含量。然而，这种表面边界层的最大厚度为  $0.2 \mu\text{m}$ ，因此在点焊或激光焊接时，这种表面边界层可以容易地被击穿而不会使焊接结果发生劣化。

[0032] 紧邻表面边界层的是厚度为约  $2.5 \mu\text{m}$  的中间层，其 Al 含量低于 0.2%。因此中间层的厚度是总厚度为  $7 \mu\text{m}$  的各防腐蚀覆层总层厚的约 36%。

[0033] 中间层转变为与钢基底相邻的边界层，该边界层的 Al、Mg 和 Fe 含量远远高于中间层的相应的 Al、Mg 和 Fe 含量。

[0034] 为了检查根据本发明产生的防腐蚀覆层的层结构和组成对于在各种情况下进行加工的钢基底和入浴温度以及出浴温度的依赖性，基于常规的微合金钢 IF 和同样常规的优质钢 QS，在试验室试验中另外制备了具有防腐蚀覆层的样品 E13 至 E22。钢 IF 和 QS 的组成如表 3 所示。

[0035] 在试验室试验中设定的操作参数和相应产生的覆层的分析结果列于表 2 中。经发现，镀覆的结果、特别是与来自于钢基底的高的 Fe 含量的掺入、以及与中间层的形成相关的镀覆结果与钢基底的组成无关，其中中间层的 Al 含量低于 0.25 重量%，且与表面相邻。

[0036] 总的来说，对样品 E1 至 E22 进行的试验证实：对于根据本发明产生的防腐蚀覆层，在与覆层表面紧密相邻的表面边界层中，元素 Mg 和 Ag 以富集的氧化物的形式存在。另外，该表面中也存在 Zn 氧化物。

[0037] 另外，进行了操作试验 B1 至 B19，其中钢基底是包含优质钢 QS 的钢带。在每种情况下设定的操作参数、各种熔浴的组成和在钢基底上获得的防腐蚀层的分析结果列于表 4 中。

[0038] 操作试验全部证实了前述实验室试验的结果。在研究的样品中，经受表面氧化的表面边界层的厚度达到最大为  $0.2 \mu\text{m}$ ，根据由 GDOS 测量法确定的层分布，表面边界层的厚度达到总层厚的 2.7%。最外表面处富集的 Al 的量最大为约 1 重量%。与之相邻的中间层的 Al 含量较低，至多为 0.25 重量%，并且其厚度为覆层总厚度的至少 25%。然后，在边界

层中与钢基底相邻的边界处, Al 含量升至 4.5 重量%。在覆层的最外表面处, Mg 的富集量明显高于 Al 的富集量。在此处, Mg 含量最高达到 20%。此后, 中间层内的 Mg 含量降低, 在深度为覆层总层厚的约 25% 处, Mg 含量降低至 0.5% 至 2%。在边界层中, 在朝向钢基底的方向上 Mg 含量有所增加。在与钢基底相邻的边界处, Mg 的镀覆量达到 3.5%。

[0039]

表 1

| 样品  | 熔浴    |       |       | 上侧的层的分析结果 |      |      |                  |      | 下侧的层的分析结果 |      |      |                  |      |
|-----|-------|-------|-------|-----------|------|------|------------------|------|-----------|------|------|------------------|------|
|     | Al    | Fe    | Mg    | Al        | Fe   | Mg   | 覆层质量             | 覆层厚度 | Al        | Fe   | Mg   | 覆层质量             | 覆层厚度 |
|     | %     |       |       | %         |      |      | g/m <sup>2</sup> | μm   | %         |      |      | g/m <sup>2</sup> | μm   |
| E1  | 0.201 | 0.011 | 1.589 | 1.16      | 1.06 | 1.52 | 41.5             | 7.0  | n.d.      | n.d. | n.d. | n.d.             | 9.0  |
| E2  | 0.205 | 0.090 | 2.024 | 1.18      | 1.07 | 1.90 | 40.5             | 7.0  | n.d.      | n.d. | n.d. | n.d.             | 8.5  |
| E3  | 0.189 | 0.021 | 0.733 | 0.47      | 0.37 | 0.75 | 75.9             | 10.6 | n.d.      | n.d. | n.d. | n.d.             | 7.7  |
| E4  | 0.189 | 0.021 | 0.733 | 0.66      | 0.58 | 0.75 | 50.0             | 6.7  | 1.61      | 1.69 | 0.77 | 17.6             | 2.1  |
| E5  | 0.202 | 0.013 | 0.790 | 1.38      | 1.37 | 0.76 | 20.7             | 4.0  | n.d.      | n.d. | n.d. | n.d.             | 2.9  |
| E6  | 0.209 | n.d.  | 0.825 | 0.63      | 0.55 | 0.81 | 47.8             | n.d. | 0.71      | 0.61 | 0.82 | 43.5             | n.d. |
| E7  | 0.218 | n.d.  | 0.498 | 0.87      | 0.8  | 0.48 | 37.4             | n.d. | 1.22      | 1.25 | 0.48 | 24.4             | n.d. |
| E8  | 0.218 | n.d.  | 0.498 | 0.69      | 0.57 | 0.47 | 57.3             | n.d. | 1.19      | 1.11 | 0.48 | 30.1             | n.d. |
| E9  | 0.231 | n.d.  | 1.265 | 1.16      | 1.13 | 1.29 | 35.1             | n.d. | 1.96      | 2.15 | 1.29 | 20.0             | n.d. |
| E10 | 0.231 | n.d.  | 1.265 | 1.12      | 1.11 | 1.24 | 28.7             | n.d. | 1.35      | 1.42 | 1.24 | 21.4             | n.d. |
| E11 | 0.196 | n.d.  | 0.288 | 1.65      | 1.94 | n.d. | 27.3             | n.d. | 2.96      | 3.88 | 0.27 | 14.6             | n.d. |
| E12 | 0.200 | 0.011 | 0.297 | 1.02      | 1.09 | n.d. | 43.2             | n.d. | 0.59      | 0.62 | 0.27 | 83.8             | n.d. |

\*) 其余为 Zn 和不可避免的杂质; n.d. = 未测

[0040]

表 2

| 样品  | 钢  | 退火温度   | 入浴温度   | 浴温     | 覆层质量                 | Al   | Fe    | Mg   | Al   | Fe                   | Mg   |
|-----|----|--------|--------|--------|----------------------|------|-------|------|------|----------------------|------|
|     |    | [ °C ] | [ °C ] | [ °C ] | [ g/m <sup>2</sup> ] |      | [ % ] |      |      | [ g/m <sup>2</sup> ] |      |
| E13 | IF | 800    | 445    | 440    | 51.6                 | 0.52 | 0.36  | 1.21 | 0.27 | 0.19                 | 0.62 |
| E14 | QS | 800    | 445    | 440    | 55.9                 | 0.56 | 0.40  | 1.16 | 0.31 | 0.22                 | 0.65 |
| E15 | IF | 800    | 465    | 460    | 64.3                 | 0.81 | 0.75  | 1.15 | 0.52 | 0.48                 | 0.74 |
| E16 | QS | 750    | 465    | 460    | 54.1                 | 0.98 | 0.84  | 1.21 | 0.53 | 0.45                 | 0.65 |
| E17 | IF | 800    | 485    | 460    | 49.4                 | 1.08 | 0.97  | 1.18 | 0.53 | 0.48                 | 0.58 |
| E18 | QS | 750    | 485    | 460    | 55.1                 | 0.97 | 0.84  | 1.19 | 0.53 | 0.46                 | 0.66 |
| E19 | IF | 800    | 500    | 460    | 54.3                 | 1.14 | 1.08  | 1.20 | 0.62 | 0.59                 | 0.65 |
| E20 | QS | 750    | 500    | 460    | 36.7                 | 1.50 | 1.41  | 1.19 | 0.55 | 0.52                 | 0.44 |
| E21 | IF | 800    | 485    | 480    | 62.4                 | 1.15 | 1.26  | 1.15 | 0.72 | 0.79                 | 0.72 |
| E22 | QS | 750    | 485    | 480    | 43.6                 | 1.57 | 1.68  | 1.16 | 0.68 | 0.73                 | 0.51 |

表 3

| 钢  | C        | Si   | Mn   | P     | S     | Ti    | Al   |
|----|----------|------|------|-------|-------|-------|------|
|    | [ 重量 % ] |      |      |       |       |       |      |
| IF | 0.003    | 0.02 | 0.13 | 0.010 | 0.012 | 0.07  | 0.03 |
| QS | 0.07     | 0.04 | 0.40 | 0.012 | 0.005 | 0.005 | 0.04 |

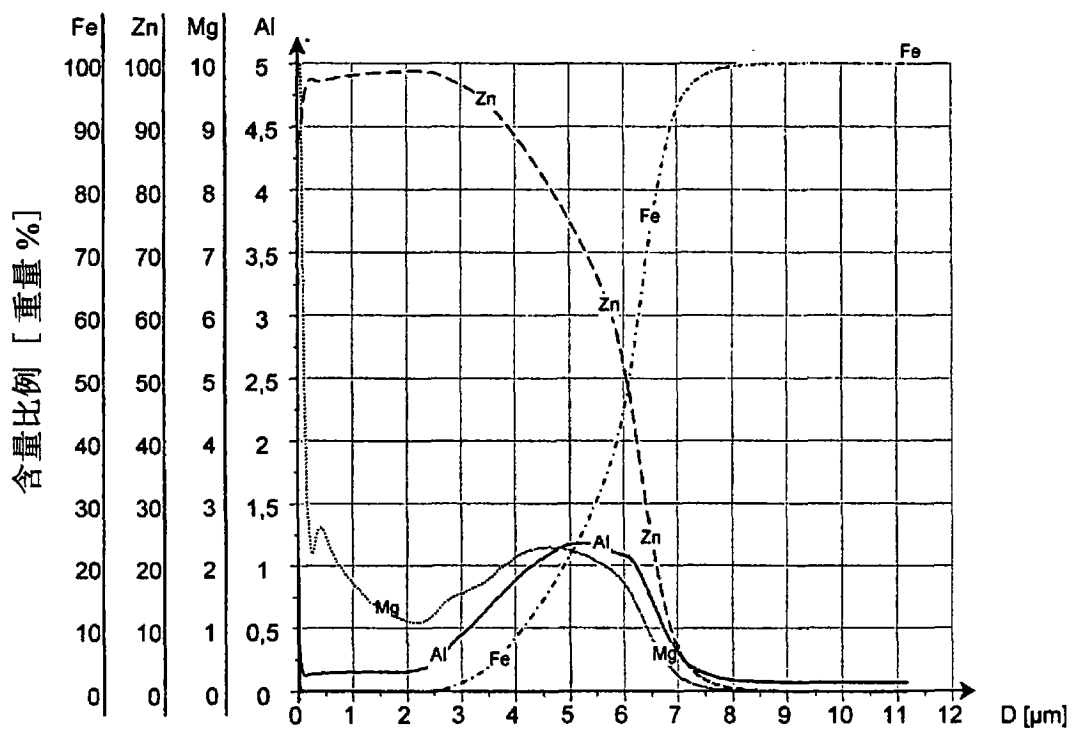
其余为铁和不可避免的杂质

[0041]

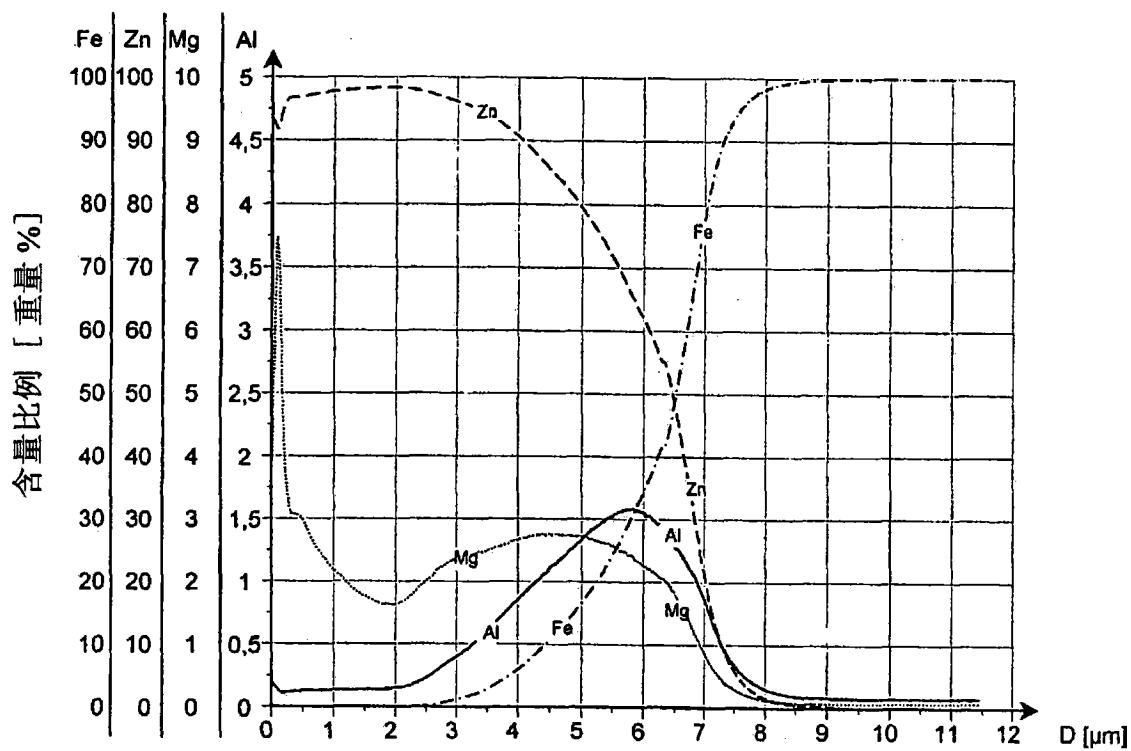
表 4

| 测试       | 钢带浸入<br>温度 BET | 浴温 BT | BET 与 BT<br>之差 | 覆层厚度 | 覆层质量 | Al   | Fe   | Mg   | Al   | Fe   | Fe   |
|----------|----------------|-------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |                |       |                |      |      |      |      |      |      |      |      |
|          |                |       |                |      |      |      |      |      |      |      |      |
| [°C]     |                |       |                |      |      |      |      |      |      |      |      |
| [μm]     |                |       |                |      |      |      |      |      |      |      |      |
| [g/m²]   |                |       |                |      |      |      |      |      |      |      |      |
| [重量 %] * |                |       |                |      |      |      |      |      |      |      |      |
| [g/m²]   |                |       |                |      |      |      |      |      |      |      |      |
| B1       | 516            | 466   | 50             | 4.9  | 34.7 | 1.61 | 1.46 | 0.81 | 0.56 | 0.51 | 0.51 |
| B2       | 536            | 478   | 58             | 7.8  | 55.1 | 1.00 | 0.88 | 0.82 | 0.55 | 0.48 | 0.48 |
| B3       | 500            | 472   | 28             | 11.4 | 80.6 | 0.65 | 0.51 | 0.82 | 0.52 | 0.41 | 0.41 |
| B4       | 522            | 472   | 50             | 10.2 | 72.1 | 0.94 | 0.82 | 0.81 | 0.68 | 0.59 | 0.59 |
| B5       | 493            | 467   | 26             | 5.7  | 40.2 | 0.66 | 0.47 | 0.81 | 0.27 | 0.19 | 0.19 |
| B6       | 457            | 456   | 1              | 11.2 | 79.2 | 0.43 | 0.20 | 0.81 | 0.34 | 0.15 | 0.15 |
| B7       | 483            | 464   | 19             | 4.8  | 34.4 | 0.97 | 0.92 | 0.83 | 0.33 | 0.32 | 0.32 |
| B8       | 509            | 466   | 43             | 9.2  | 65.5 | 0.72 | 0.61 | 0.81 | 0.47 | 0.40 | 0.40 |
| B9       | 509            | 466   | 43             | 9.5  | 67.7 | 0.84 | 0.74 | 0.81 | 0.57 | 0.50 | 0.50 |
| B10      | 506            | 471   | 35             | 7.0  | 49.6 | 1.14 | 1.05 | 0.81 | 0.56 | 0.52 | 0.52 |
| B11      | 506            | 471   | 35             | 5.2  | 37.1 | 1.13 | 1.05 | 0.81 | 0.42 | 0.39 | 0.39 |
| B12      | 521            | 457   | 64             | 5.5  | 39.1 | 1.32 | 1.22 | 0.81 | 0.51 | 0.48 | 0.48 |
| B13      | 521            | 457   | 64             | 8.1  | 57.6 | 1.01 | 0.94 | 0.81 | 0.58 | 0.54 | 0.54 |
| B14      | 479            | 460   | 19             | 7.3  | 51.8 | 0.55 | 0.41 | 1.11 | 0.28 | 0.21 | 0.21 |
| B15      | 479            | 460   | 19             | 10.7 | 75.8 | 0.46 | 0.29 | 1.10 | 0.35 | 0.22 | 0.22 |
| B16      | 460            | 471   | -11            | 4.3  | 30.7 | 0.66 | 0.56 | 1.11 | 0.20 | 0.17 | 0.17 |
| B17      | 460            | 471   | -11            | 7.1  | 50.5 | 0.47 | 0.32 | 1.11 | 0.24 | 0.16 | 0.16 |
| B18      | 460            | 460   | 0              | 7.2  | 50.9 | 0.48 | 0.32 | 1.11 | 0.24 | 0.16 | 0.16 |
| B19      | 460            | 460   | 0              | 4.6  | 32.6 | 0.79 | 0.65 | 1.11 | 0.26 | 0.21 | 0.21 |
| 平均值      | 494            | 466   | 28             | 7.4  | 52.9 | 0.83 | 0.42 | 0.70 | 0.35 | 0.91 | 0.91 |
| 最大值      | 536            | 478   | 64             | 11.4 | 80.6 | 1.61 | 0.68 | 1.46 | 0.59 | 1.11 | 1.11 |
| 最小值      | 457            | 456   | -11            | 4.3  | 30.7 | 0.43 | 0.20 | 0.20 | 0.15 | 0.81 | 0.81 |

\*) 其余为 Zn 和不可避免的杂质



示图 1



示图 2