



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117626370 A

(43) 申请公布日 2024.03.01

(21) 申请号 202311076728.8

B60L 53/16 (2019.01)

(22) 申请日 2023.08.24

H01R 13/03 (2006.01)

(30) 优先权数据

22192362.6 2022.08.26 EP

(71) 申请人 泰科电子连接解决方案有限责任公司

地址 瑞士沙夫豪森

(72) 发明人 I·布雷施 J-C·普伊佩

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

专利代理人 刘芳

(51) Int.Cl.

C25D 5/10 (2006.01)

C25D 15/00 (2006.01)

C25D 5/22 (2006.01)

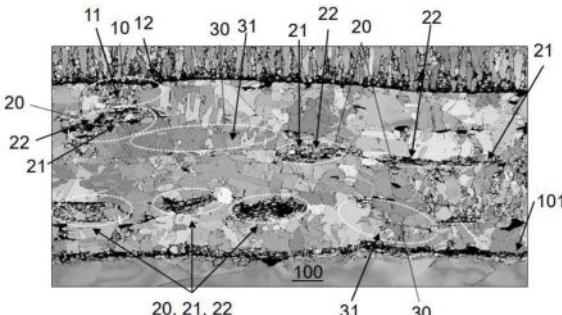
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

用于传输电流的表面上的涂层

(57) 摘要

本发明涉及一种在基底(100)的表面(101)上的涂层(1),该涂层被设计成在用于对EV电池充电的汽车插头连接件中传输电流,并且具有至少基本上平行于表面延伸的具有不同微结构和性能的层,所述涂层包括:至少一个细粒层(20),细粒层包含具有石墨颗粒(22)的银晶粒(21),该银晶粒(21)表现出纳米晶粒尺寸,即平均晶粒尺寸低于1000纳米,特别是高于300纳米;和至少一个与细粒层(20)相邻的粗粒层(30),其主要或仅含有平均晶粒尺寸大于细粒层晶粒尺寸的银晶粒(31)。涂层(1)还可以包括至少一个含有银晶粒(11)的最外表面层(10),其中最外表面层优选表现出纳米晶体尺寸,即至少低于1000纳米的平均晶粒尺寸,并且优选含有石墨颗粒(12)。



1. 一种在基底(100)的表面(101)上的涂层(1),所述涂层(1)被设计成在用于对EV电池充电的汽车插头连接件中传输电流,并且具有至少基本上平行于所述表面(101)延伸的具有不同微结构和性能的层(10、20、30),所述层包括:

至少一个细粒中间层(20),所述至少一个细粒中间层含有表现出纳米晶晶粒尺寸、即低于1000纳米并且特别是高于300纳米的平均晶粒尺寸的银晶粒(21),且含有石墨颗粒(22);

至少一个粗粒层(30),所述至少一个粗粒层(30)位于所述细粒层(20)附近并且主要或仅包含银晶粒(31),所述银晶粒(31)表现出平均大于所述细粒层(20)的晶粒尺寸的晶粒尺寸。

2. 根据权利要求1所述的涂层(1),其特征在于还包括:

含有银晶粒(11)的至少一个最外细粒表面层(10)。

3. 根据权利要求2所述的涂层(1),其特征在于,所述最外细粒表面层(10)表现出纳米晶晶粒尺寸,即平均晶粒尺寸至少低于1000纳米,特别是高于300纳米。

4. 根据权利要求2或3所述的涂层(1),其特征在于,所述最外细粒表面层(10)包含石墨颗粒(12)。

5. 根据权利要求2至4中任一项所述的涂层(1),其特征在于,所述最外细粒表面层(10)至少基本上或以至少10%、25%、50%、75%或更大的面积分数覆盖所述表面(101)。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的涂层(1),其特征在于,所述细粒层中的石墨颗粒(12、22)具有纳米级尺寸,即平均尺寸至少低于1000纳米,特别是低于250纳米。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的涂层(1),其特征在于,所述石墨颗粒(12、22)至少基本上沿层(10、20)和/或平行于所述表面(101)延伸。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的涂层(1),其特征在于,所述石墨颗粒(12、22)的晶体结构是六方石墨2H。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的涂层(1),其特征在于,至少平均沿着所述表面(101)的一区段,所述层(10、20、30)中的两个层堆叠在所述表面(101)的顶上。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的涂层(1),其特征在于,所述粗粒层(30)表现出微晶晶粒尺寸,即平均晶粒尺寸至少高于1微米且低于1000微米,特别是低于5微米。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的涂层(1),其特征在于,在所述粗粒层(30)、特别是位于最靠近所述表面(101)的所述粗粒层(30)下方,在所述基底(100)的所述表面(101)上特别是直接地沉积由Ag、Ni、Pd、Fe、Sn和/或Cu闪镀制成的粘附层。

12. 一种在基底(100)的表面(101)上的涂层(1),所述涂层(1)被设计成在用于对EV电池充电的汽车插头连接件中传输电流,所述涂层具有至少基本上平行于所述表面(101)延伸的具有不同微结构和性能的层(10、20、30),所述层包括:

至少一个细粒层(20),所述至少一个细粒层(20)含有银晶粒(21)和自润滑性颗粒(23),所述银晶粒表现出纳米晶晶粒尺寸,即平均晶粒尺寸低于1000纳米,特别是高于300纳米,所述自润滑性颗粒(23)包含以下中的至少一种:纳米金刚石、铅(Pb)、钼(Mo)、Mo-硫化物、聚四氟乙烯(PTFE)、CNTs、石墨烯、银-硫化物、钨-硫化物或氟化碳(CFx),特别地,所述自润滑性颗粒(23)是石墨颗粒(22);

至少一个粗粒层(30),所述至少一个粗粒层位于所述细粒层(20)附近,并且主要或仅

包含银晶粒(31),所述银晶粒(31)表现出平均大于所述细粒层(20)的晶粒尺寸的晶粒尺寸,所述粗粒层(30)具有更少和更大的自润滑性颗粒、如石墨。

13.一种充电连接器,其中,提供充电触头用于汽车插头连接件,所述汽车插头连接件包括充电入口和/或充电枪,所述充电触头具有基底(100),所述基底(100)具有根据权利要求1至12中任一项所述的涂层(1)。

14.根据权利要求13所述的充电触头,其特征在于,所述基底(100)至少主要包含铜或铜合金;Al或Al合金;和/或是至少部分旋转对称或平坦的;冲压的或机械加工的。

15.一种汽车充电连接件,特别是包括充电入口和/或充电枪,用于对EV电池充电,具有根据权利要求13或14中任一项所述的至少一个充电触头。

16.根据权利要求13所述的汽车充电连接器,其特征在于保持所述触头的壳体,特别地,所述壳体由聚合物制成。

17.根据权利要求13或16所述的汽车充电连接器,其特征在于附加壳体和/或附加有源和/或无源冷却元件,所述附加有源和/或无源冷却元件直接链接到所述连接器或汇流条/电缆。

## 用于传输电流的表面上的涂层

### 技术领域

[0001] 本发明涉及基底表面上的涂层。该涂层特别设计成在汽车插头连接件中传输电流，特别是用于对电驱动车辆(EV)的电池充电的端子。

[0002] 本发明还涉及用于汽车充电入口和充电枪的具有涂层的充电触头。

[0003] 本发明还涉及一种汽车充电连接器，特别是包括充电入口和/或充电枪，充电连接器包括具有涂层的充电触头，其中汽车充电连接器是用于对EV电池充电的汽车插头连接件的一部分。

### 背景技术

[0004] 如在整个本申请中进一步描述的涂覆有涂层的、基础设施侧(其通常包括充电枪并且其是通常具有充电入口侧的电驱动车辆的补充)上的汽车充电连接件中的充电触头是本发明的一部分，因为充电触头被设置为汽车充电连接件的一部分。

[0005] EV电池的高功率充电(HPC)依赖于不断增加的电流，以便将例如100kWh电池的充电时间从30分钟减少到5分钟。为了传输电流，特别是在HPC应用中，为了对驱动电池充电，需要充电触头，其可以传输高电流(例如，高于200a)，特别是在高电压(例如，高于100V、200V或400V)下以低接触电阻传输高电流(例如，高于200a)，并且可以承受许多配合周期(例如，至少10000、20000或40000)而不提供接触电阻的显著增加。临界点是充电触头的磨损行为和电接触电阻，可能导致焦耳加发热和/或电流降额。

[0006] 银(Ag)已经发展为用作铜或铜合金制成的部件上的涂层的有前景的材料，从而提供良好的导电性和磨损行为。包含银的涂层可以通过使用电沉积工艺来提供。然而，由于配合周期，银或主要是金属(硬)银合金仍然经受磨损，特别是当其达到3000次或更多次配合周期时。通过使银涂层合金化来增加涂层的硬度是已知的，但是可能以不希望的方式增加接触电阻。还已知可以将石墨(C)颗粒添加到银合金中以为涂层提供固有的润滑。接触电阻的增加可能发生，并且主要与共沉积的有机物有关。通过增加银涂层的厚度，增强了磨损行为，但不希望地增加了成本。

### 发明内容

[0007] 本发明的一个目的是通过减小涂层厚度以在基底上产生涂层来增强磨损行为、稳定纯Ag水平时的接触电阻并降低成本。另一个目的是提供一种具有涂层的充电触头和一种具有涂层的汽车插头连接器/充电入口。

[0008] 根据本发明的解决方案由权利要求1、12、13和15的主题提供。优选实施例是从属权利要求的主题。

[0009] 特别地，提出了一种在基底的表面上的涂层，该涂层被设计成在用于对EV电池充电的汽车插头连接件中传输电流，并且具有至少基本上平行于所述表面延伸的具有不同微结构和性能的层，其中该涂层包括：

[0010] 至少一个含有银晶粒的层，所述银晶粒表现出纳米晶晶粒尺寸，即平均晶粒尺寸

低于1000纳米(nm),特别是高于1、50或300纳米,具有石墨颗粒;以及

[0011] 至少一个粗粒层,所述至少一个粗粒层位于细粒层附近并且主要或仅包含银晶粒,银晶粒表现出平均大于所述细粒层的晶粒尺寸的晶粒尺寸。

[0012] 具有不同微结构和性能的层在厚度上特别受限,并且通常总体比涂层薄;这在宽度方面尤其如此。具有不同微结构和性能的层可以每个包含多个晶粒和/或相或由多个颗粒和/或相组成,特别是银基晶粒和/或相,特别是晶粒和/或相的排列、分布、形状和/或尺寸不同,并且特别地,所述层中的一个或多个可以包含石墨颗粒和/或其他被自润滑/自润滑性颗粒,例如PTFE颗粒或含硫化物的颗粒。

[0013] 通常,颗粒、即本文提及的颗粒,例如自润滑性颗粒、石墨颗粒等,嵌入层内和/或层之间。这通常意味着颗粒被微结构和/或层包围。这用于颗粒与层的良好机械和物理连接。

[0014] 细粒层可以是中间层或/和顶层,这意味着中间细粒层位于其他层之间和/或下方,特别是沿着与界面基部材料平行的涂层的厚度。

[0015] 本文所述的涂层可以通过具有额外机械冲击的电沉积来产生,其中机械冲击可以用于压碎颗粒或施加局部影响微结构的生长/发展的高能量密度,使得可以实现细粒层和粗粒层以及至少基本上平行于所述表面的延伸。

[0016] 层的“性能”涉及其机械和电性能。根据任何层的不同微结构,通常所述层的性能不同。因此,希望整个涂层中的不同层可以包括这种不同的性能,从而可以实现来自组合的协同效应。

[0017] 纳米晶晶粒尺寸能够实现涂层的强化效果和/或强度增加,特别是Hall-Petch强化,即使在不是跨整个涂层中存在纳米晶晶粒尺寸的情况下。涂层强度的增加与改善的硬度值相关,使得在类似的接触电阻下在涂层顶部摩擦期间的磨损行为增强。石墨还能够实现涂层的自润滑效果,这可用于具有高配合周期要求的电插头连接件,特别是HPC应用,进一步以低接触电阻降低/限制磨损行为。从基本上平行于所述表面(即配合方向)的铺展,有利地导致磨损行为进一步增强,因为在涂层的俯视图中,基底表面顶上的较大区域覆盖有具有纳米晶粒的增加的硬度的涂层材料,例如层。与现有技术相比,它通常还导致表面变得更光滑。

[0018] 本发明提供了与现有技术的以较低涂层厚度包含银和石墨的涂层相比,在20.000-50000个配合周期期间没有磨损或至少少得多的磨损。这使得能够以低成本实现在例如5分钟内的快速充电而不会降低电流的额定值,和/或经涂覆的触头和插座的寿命耐久性。由于光滑的表面,几乎消除了成问题的黑指/黑盘效应。综上,本发明因此提供了增强的可持续性。

[0019] 此外,与现有技术相比,特别是与挂镀相比,本发明能够减小涂层厚度。这不仅节省了生产时间,而且在电沉积中需要较少的电解质和较少的贵金属使用。这也节省了成本并提高了可持续性。

[0020] 可以提供包含银晶粒的至少一个最外细粒表面层。最外细粒表面层特别地位于涂层的剩余层和/或组分上方。涂层的表面的磨损行为可以局部地或至少基本上在涂层的整个或几乎整个表面上增强。

[0021] 作为顶表面层的最外细粒表面层可以表现出纳米晶晶粒尺寸,这特别是指平均晶

粒尺寸至少低于1000纳米和/或至少高于1纳米,特别是高于300纳米,以进一步增强磨损行为,特别是在电流传输期间使用新涂层的情况下。

[0022] 如果最外细粒表面层含有特别随机分布的石墨颗粒,则发生自润滑效果。

[0023] 最外细粒表面层的石墨颗粒可以具有纳米级尺寸,这特别是指平均石墨颗粒尺寸至少低于1000纳米和/或至少高于1纳米,特别是低于750、500或250纳米。

[0024] 如前所述,石墨颗粒优选嵌入细粒层和最外细粒表面层中,以稳定颗粒相对于层的位置。

[0025] 石墨颗粒,特别是最外细粒表面层的石墨颗粒,特别地至少基本上平行于和/或沿着表面和/或至少一个层延伸和/或分布。

[0026] 毕竟,特别是如果最外细粒表面层至少基本上或以至少1%、5%、10%、25%、50%、75%或更大的厚度分数覆盖表面,则涂层不仅可以包括更光滑的表面,而且可以包括更好的磨损行为和更好的自润滑性能。基于涂层可以布置在基底的具有所述表面的顶部上的想法,最外细粒表面层“覆盖”任何基底表面位置的其上方存在最外表面区域的表面。在所述意义上,最外表面区域不需要接触基底的表面以“覆盖”所述表面。

[0027] 特别地,石墨颗粒,特别是最外细粒表面层和/或细粒层的石墨颗粒,可以表现出纳米级尺寸,这特别是指平均颗粒尺寸至少低于1000纳米和/或至少高于1纳米,特别是低于750、500或250纳米。所述石墨颗粒特别地至少基本上平行于所述表面和/或至少一个细粒层延伸和/或分布。石墨颗粒也可以至少基本上沿着、特别是平行于至少一个层和/或表面延伸。这确保了润滑效果的增加。

[0028] 当石墨颗粒的晶格结构和/或晶体结构是六边形2H时,增强了自润滑效果,并且在涂覆过程期间促进了包括基本上平行于表面的铺展的层的形成。此外,如果银基质的晶格结构显示3C或/和4H改性,则耐磨性将得到更多的改善。

[0029] 特别地,具有与最外细粒表面层相关的上述特征中的至少一个或全部的最外细粒表面层使得能够消除黑指/黑盘效应,并且与现有技术的涂层相反,表面变得更光滑。

[0030] 粗粒层中的银晶粒和/或具有外延生长的其他银晶粒,特别是至少基本上用作细粒层的基质的银晶粒,可以具有 $<311>:<111>:<220>=1:0.74:0.46$ 的晶粒取向分布。所述银晶粒可以替代地或附加地表现出具有001和111织构的基质,其与上述3C或/和4H改性相关。不同微结构的层可以有利地以1:10至1:300的比率形成。

[0031] 两个或更多个(例如三个、四个或五个)细粒层,特别是不同的层,可以至少沿着所述表面的一区段平均堆叠在表面的顶部。“区段”特别是指表面上的区域。因此,层可以跨表面到涂层上的最外表面局部地布置在彼此顶部,特别是其中层可以彼此接触或至少部分地彼此间隔开(例如,通过另外的层、另外的晶粒、另外的颗粒和/或其他)。

[0032] 粗粒层可表现出微晶晶粒尺寸,即平均晶粒尺寸至少高于1微米且低于1000微米,特别是低于10微米。因此,粗粒层,特别是多个粗粒层,可以一定程度上用作包含最外细粒表面层和/或细粒中间层的基质。基本上较大的晶粒可以提供例如与来自基本上包含在粗晶粒层中和/或被粗晶粒层包围的细晶粒层的硬度相反的延展性。

[0033] 在粗粒层下方,可以特别地直接在基底上沉积特别是(细粒的)粘附层,该粘附层由Sn和/或Pd和/或Ag和/或Ni和/或Fe和/或Cu闪镀(flash)组成或包括Sn和/或Pd和/或Ag和/或Ni和/或Fe和/或Cu闪镀。因此,粗粒层可以位于粘附层上方。特别地,粘附层可以位于

最靠近基底的表面的粗粒层下方和/或在至少基本上每个粗粒层下方,特别是在大于80%或90%的粗粒层下方。粘附层可以是涂层的一部分或可以是基底的一部分。粘附层可以有利地支持涂层的机械性能,因为涂层(或相对于粘附层,涂层的其余部分)经由粘附层更好地连接到基底。涂层分层的风险可能较小。

[0034] 另一种解决方案通过在基底的表面上的涂层提出,该涂层设计成在用于对EV电池充电的汽车插头连接件中传输电流,汽车插头连接件特别是具有汽车充电连接器,该汽车充电连接器包括充电入口和/或充电枪,并且所述涂层具有至少基本上平行于表面延伸的具有不同微结构和性能的层。所述涂层包含:

[0035] 至少一个细粒层,其含有表现出纳米晶晶粒尺寸(即平均晶粒尺寸低于1000纳米,特别是高于1、50或300纳米)的银晶粒,以及自润滑性颗粒,如石墨和/或纳米金刚石和/或石墨烯和/或CNT、铅(Pb)、钼(Mo)、硫化钼、硫化银、硫化钨、聚四氟乙烯(PTFE)或氟化碳(CFx),其中自润滑性颗粒具有小于1000纳米、特别是高于1、50或300纳米的晶粒尺寸;以及

[0036] 至少一个粗粒层,所述至少一个粗粒层位于所述细粒层附近并且主要或仅包含表现出平均大于所述细粒层的晶粒尺寸的银晶粒。

[0037] 已经发现,自润滑性颗粒可以替代石墨颗粒或由石墨颗粒补充。如上所述的自润滑性颗粒有利于涂层的低摩擦系数,导致涂层在使用期间的磨损较少。该涂层可以利用上述任何特征和优点,特别是在应用中。

[0038] 此外,提出了一种充电触头作为解决方案,该充电触头被提供用于具有/使用汽车充电入口和/或充电枪的汽车插头连接件,该充电入口和/或充电枪构成具有由铜或铜合金或Al或Al合金制成的基底的充电连接件,该基底具有涂层,其诸如上述涂层之一。

[0039] 触头可以利用如上所述的任何特征和优点,特别是部分地利用,并且用于如上所述的应用中。

[0040] 基底至少主要可以包含铜或铜合金或Al或Al合金,使得以可接受的成本(相对于银合金)给出良好的导电性。

[0041] 基底特别地可以是至少部分地旋转对称的和/或平坦的,特别是使得可以通过在旋转筒/插座或平坦头座位置中配合来实现连接,其中两个对应的充电触头中的至少一个或两个可以与平坦或圆形电缆连接,特别是通过螺栓连接和/或焊接。

[0042] 此外,提出了一种具有上述充电触头中的至少一个的汽车充电连接器。充电连接件可以包括充电入口和/或充电枪,并且可以特别地用在用于对EV电池充电的汽车插头连接件中。

[0043] 在两个或更多个触头的情况下,触头可以基本上彼此平行地延伸,使得便于相应的充电触头的配合,并且使得涂层上的摩擦较小。

[0044] 汽车充电连接器可以包括保持一个或多个触头的壳体。壳体可以由聚合物/树脂组成和/或由聚合物/树脂制成。壳体可以用作触头的电隔离器和/或保护器,并且还可以通过金属屏蔽层来完成/补充。

[0045] 汽车充电连接器可以包括附加壳体和/或附加有源和/或无源冷却元件。附加壳体可以用于进一步保护充电触头。冷却元件可以防止过热和/或降额。

[0046] 壳体和/或附加壳体可以在一个或配合方向上越过和/或跨过充电触头中的至少一个,以便避免例如由于不希望的碰撞而损坏充电触头,并且以便增强安全性。

## 附图说明

[0047] 根据以下结合附图对现有技术和实施方式的描述,本发明的进一步细节和优点将是显而易见的:

[0048] 图1A是根据现有技术的涂层在SEM分析中的横截面;

[0049] 图1B是根据现有技术的涂层在EBSD分析中的横截面;

[0050] 图2A是根据本发明的涂层在SEM分析中的横截面;

[0051] 图2B是根据本发明的涂层在EBSD分析中的横截面;

[0052] 图3A-C根据本发明的涂层在SEM分析中的FIB薄片,图3A是总体视图,图3B是在具有细粒层和粗粒层的区域中,图3C是在具有最外细粒表面层的区域(3C)中。

## 具体实施方式

[0053] 图1A示出了根据现有技术的基底100的表面101上的涂层1。根据现有技术的涂层1可以通过使用电沉积、特别是挂镀工艺来产生。涂层1被设计成在汽车插头连接件中传输电流,用于对EV电池充电。现有技术涂层1的微结构主要包括直接在彼此顶部上的两个层10、20,其中一个是表现出随机分布的银晶粒11和嵌入的石墨颗粒12的最外表面层10。石墨颗粒12在层10和/或涂层1内随机取向。

[0054] 图1A中的另一层20是粘附层,其与基部材料100相邻并且与最外层10直接接触。细粒层20用作粘附层,并且由银晶粒21和/或镍晶粒和/或Cu晶粒组成。两个层10、20沿着基底界面101延伸并且基本上平行于基底界面101延伸。

[0055] Cu闪镀可以位于层20下方和基底界面101的顶部,不仅在该现有技术的示例中,而且与本发明的任何涂层1组合。

[0056] 可以看出,石墨颗粒12到达最外细粒表面层10的表面,可能导致涂层1的表面不闭合以及在处理和组装期间的黑指/托盘效应。根据现有技术的涂层1是粗糙的并且不是“封闭的”。

[0057] 图1B在EBSD分析图像中示出了根据现有技术的涂层1,其中原始显微图像的颜色已经被转换为灰度。尽管缺乏颜色,但可以看出,最外表面层10中的涂层主要包含多个微晶银晶粒11(即尺寸大于0.5至10微米)和石墨颗粒12。

[0058] 在最外表面层10直接下方且在基底界面101的直接顶部且沿着基底界面101延伸的细粒层20表现出纳米晶体银晶粒21尺寸,即平均颗粒尺寸低于1或0.5微米。

[0059] 换句话说,现有技术由最外表面层10和细粒粘合层20组成。最外表面层10具有微晶晶粒(银晶粒11)和石墨颗粒12,其中最外表面层10位于细粒层20直接顶部。细粒层20由纳米晶银晶粒21组成。细粒层20没有嵌入/共沉积的石墨颗粒(因此不能写入参考)。

[0060] 图2A-B示出了基底100的表面101上的涂层1,涂层1被设计成在用于对EV电池充电的汽车插头连接件中传输电流。涂层1具有微结构和性能不同的层10、20、30,其基本上平行于表面101延伸。涂层1可以通过使用具有机械冲击的电沉积来产生,其中机械冲击可以用于在电沉积过程期间粉碎石墨颗粒12、22、32。

[0061] 与现有技术相比,还可以提供优选直接沉积在基底上的附加层(例如粘附层)和/或铜闪镀。

[0062] 至少部分地,在图2A-B中,存在至少一个最外细粒表面层10,其包含表现出平均晶

粒尺寸低于1000纳米且高于300纳米的纳米晶晶粒尺寸的银晶粒11，并且该最外细粒表面层10还包含嵌入的石墨颗粒12。石墨颗粒12具有纳米级尺寸，例如平均尺寸至少低于1000纳米，特别是低于250纳米。石墨颗粒12至少基本上沿着层10和表面101铺展。

[0063] 涂层1包括几个中间细粒层20，中间细粒层20包含表现出纳米晶晶粒尺寸（意指低于1000纳米且高于300纳米的平均晶粒尺寸）的银晶粒21并且包含嵌入的石墨颗粒22——全部平行于基底100的表面101取向。石墨颗粒22具有纳米级尺寸，例如平均尺寸至少低于1000纳米，特别是低于250纳米。石墨颗粒22至少基本上沿着层20和表面101延伸。

[0064] 此外，图2A-B的涂层1包括多个粗粒区域和/或粗粒层30，多个粗粒区域和/或粗粒层30与其他层10、20中的至少一个相邻，并且主要含有银晶粒31（在主要存在的嵌入的石墨颗粒32之间），银晶粒31表现出的晶粒尺寸在此平均以至少一个数量级大于细粒层20和/或最外细粒表面层10的晶粒尺寸。粗粒层30的银晶粒31用作嵌入中间细粒层20的基质，随后是具有比粗粒化银晶粒31更高的硬度和更低的延展性的最外细粒化表面层10、20。注意，图2A展示了要通过其模糊边界识别的测量伪影A。

[0065] 原则上，石墨颗粒12、石墨颗粒22和石墨颗粒32可以是相同的石墨颗粒或至少类似的石墨颗粒，特别是在晶体结构方面。但是石墨颗粒12、22、32的尺寸也可以是不同的。

[0066] 这里，石墨颗粒12对应于最外细粒表面层10，石墨颗粒22对应于细粒层20，并且石墨颗粒32对应于粗粒层30。因此，在层10、20、30不能像来自已知涂层工艺的工艺不确定性的情况那样被清晰地区分的情况下，各个石墨颗粒12、22、32的对应关系可能不同地下降。对于银晶粒11、21、31类似地注意到基本上相同的情况，其中银晶粒11和21各自对应于细粒层10或细粒层20，银晶粒如30分别属于粗粒层30，但是其中仅不明显可区分的层10、20、30导致上述问题。

[0067] 在图2A-B中，最外细粒表面层10以不同厚度覆盖整个表面，较厚部分具有至少10%的面积分数，其中仅针对该面积分数值评估所示横截面。在其他位置，细粒层的具有较高膜厚度的面积分数可以不同，特别是较高。

[0068] 石墨颗粒12、22、32的晶体结构在所有情况下（即在最外细粒表面层10中、在中间细粒层20中和在粗粒层30中）为六边形2H。此外，例如，层30、32中的两个堆叠在基底界面101的顶上。粗粒层30表现出微晶晶粒尺寸，即平均银晶粒31尺寸至少大于1微米且小于1000微米，在此也远小于5微米。

[0069] 在与现有技术涂层1（图1A-B）的比较中明显的是，根据本发明的涂层1（图2A-B）在石墨颗粒12、22、32的尺寸、分布和延伸方面不同。石墨颗粒12、22、32主要基本上平行于根据本发明的基底100的表面101延伸。与图1A-B的现有技术相比，根据本发明，最外细粒表面层10以及细粒层20中的银晶粒11、21尺寸平均更小。银晶粒11、21、31整体上是相当分层的（图2A-B），这与现有技术中随机延伸/生长外延的银晶粒11、21（图1A-B）相反。根据本发明，与现有技术相比，石墨颗粒12、22、32含量不同（特别是更低），并且表面粗糙度值（例如Ra或Rz值）更低（涂层1的表面更光滑）。

[0070] 图3A-C示出了在用于汽车插头连接件的充电触头上的涂层的FIB切割的SEM中看到的截面，该汽车插头连接具有基底100，该基底100具有根据本发明的涂层1。涂层1具有微结构不同的层10、20、30，其基本上平行于基底100的表面101延伸。表面/界面101未在图3A-C中示出，但是基本上平行于图3A-C的底部或顶部边缘延伸。

[0071] 从图3A和3B中可以最佳地看出,存在含有表现出纳米级尺寸的石墨颗粒22并含有表现出纳米晶晶粒尺寸的银晶粒21的细粒层20,并且存在与细粒层20相邻的粗粒层30,粗粒层30几乎仅含有银晶粒31(再次,如图2A-B中,在一些石墨颗粒32之间),银晶粒31的尺寸平均大于细粒层20的尺寸,特别是表现出微晶晶粒尺寸(晶粒尺寸 $>1\mu\text{m}$ )。此外,存在最外细粒表面层10,其包含表现出纳米晶晶粒尺寸(特别是300nm<晶粒尺寸<1000nm)的银晶粒11并且包含表现出纳米级尺寸(特别是1nm<尺寸<250nm)的石墨颗粒12。这里,最外细粒表面层10至少基本上以大于75%的面积分数覆盖涂层,特别是至少几乎完全覆盖涂层。

[0072] 石墨颗粒12、22、32的晶体结构尤其是六边形2H。

[0073] 平均而言,层10、20、30中的至少两个堆叠在表面101的顶上。

[0074] 涂层1设置在由铜或铜合金、Al或Al合金制成的基底100上,其中涂层1和基底100至少基本上形成充电触头。触头沿着表面101下方的未示出的水平轴线至少部分地旋转对称或平坦。

[0075] 未示出的是具有充电触头的汽车插头连接件,其中连接件可以包括保持触头和/或由聚合物/树脂制成的壳体,特别是具有或不具有金属屏蔽层,并且在特殊情况下具有用于冷却连接的附加特征。

[0076] 换句话说,根据本发明,特别是图2A-B和/或3A-C:

[0077] 可以存在更硬的纳米晶中间层(最外细粒表面层10和细粒层20),其至少部分地被特别是表现出微晶微观结构的(粗粒层30的)银晶粒31包围;

[0078] 可以存在纳米晶边界硬化的顶表面层(最外细粒表面层10)和/或减少磨损的细粒层20,特别是具有嵌入的石墨颗粒12和22;

[0079] 可以存在减少磨损的严格延伸的(小)分散体颗粒(分别为最外细粒表面层10或细粒层20的石墨颗粒12和22);

[0080] 可以存在减少磨损的严格延伸的(小)分散体颗粒(粗粒层30的石墨颗粒32),尽管这种效果可以分别从属于最外细粒表面层10或细粒层20的石墨颗粒12和22;

[0081] 可以存在具有嵌入的石墨颗粒12、22、32(特别是最外细粒表面层10的石墨颗粒12)的涂层1的光滑和/或封闭表面(特别是最外细粒表面层10),以避免黑指/黑盘效应;

[0082] 可以存在相对于基底100的表面101并且基本上平行于基底100的表面101的特定的晶粒延伸和分布;

[0083] 粗粒层30可以具有和/或围绕石墨颗粒32,特别是比其他层10、20中的石墨颗粒12和/或22更少的石墨颗粒32;和/或

[0084] 涂层1可以不完全由最外细粒表面层10、细粒层20和粗粒层30的层状组合组成,而是由层状微结构组成,其中这种层10、20、30局部地通常被识别在银晶粒11、21、31之间和/或被银晶粒11、21、31包围,并且其中石墨颗粒12、22、32可以存在于银晶粒11、21、31之间和/或被银晶粒11、21、31包围,特别是甚至在粗粒层30的粗银晶粒31之间。

[0085] 附图标记列表

[0086] 1 涂层

[0087] 10 最外细粒表面层

[0088] 11银晶粒,相

[0089] 12 石墨颗粒

- [0090] 20 细粒中间层
- [0091] 21 银晶粒, 相
- [0092] 22 石墨颗粒
- [0093] 23 颗粒, 例如PTFE和/或钼硫化物
- [0094] 30 粗粒层
- [0095] 31 银晶粒, 相
- [0096] 32 石墨颗粒
- [0097] 100 基底
- [0098] 101 基底的表面
- [0099] A 伪像

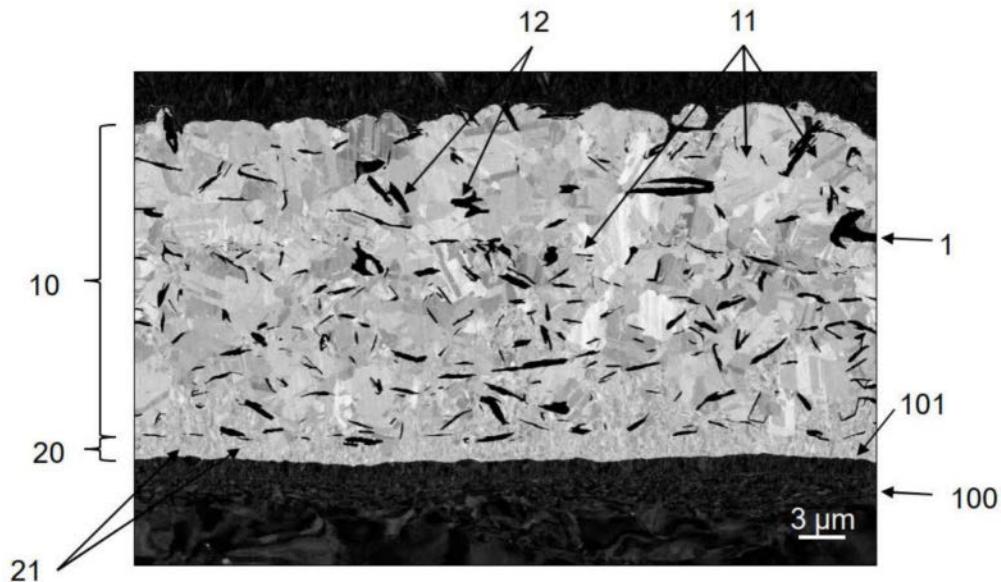


图1A

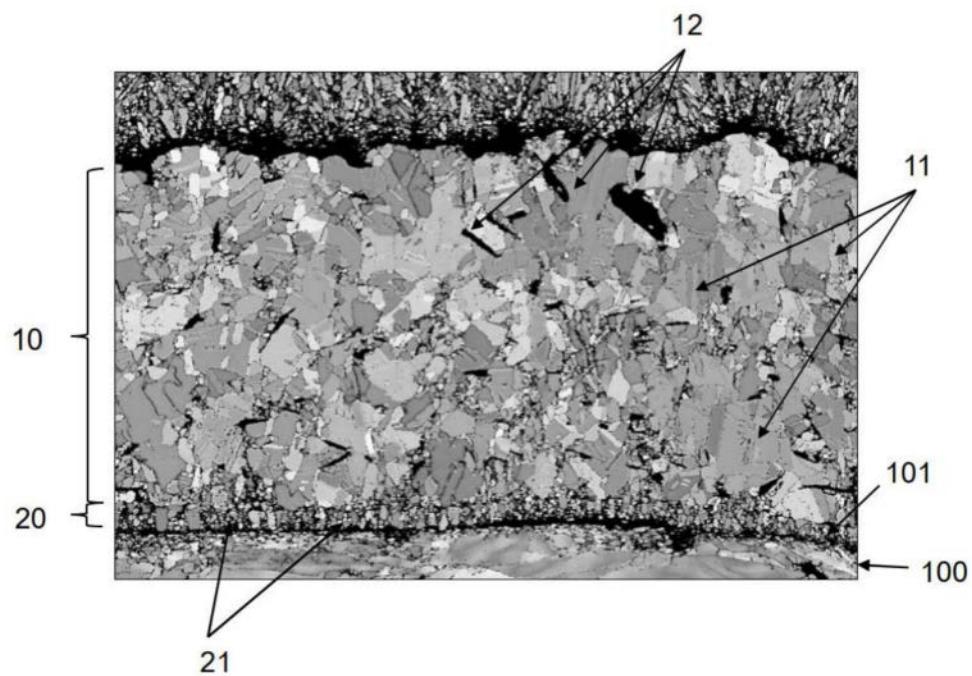


图1B

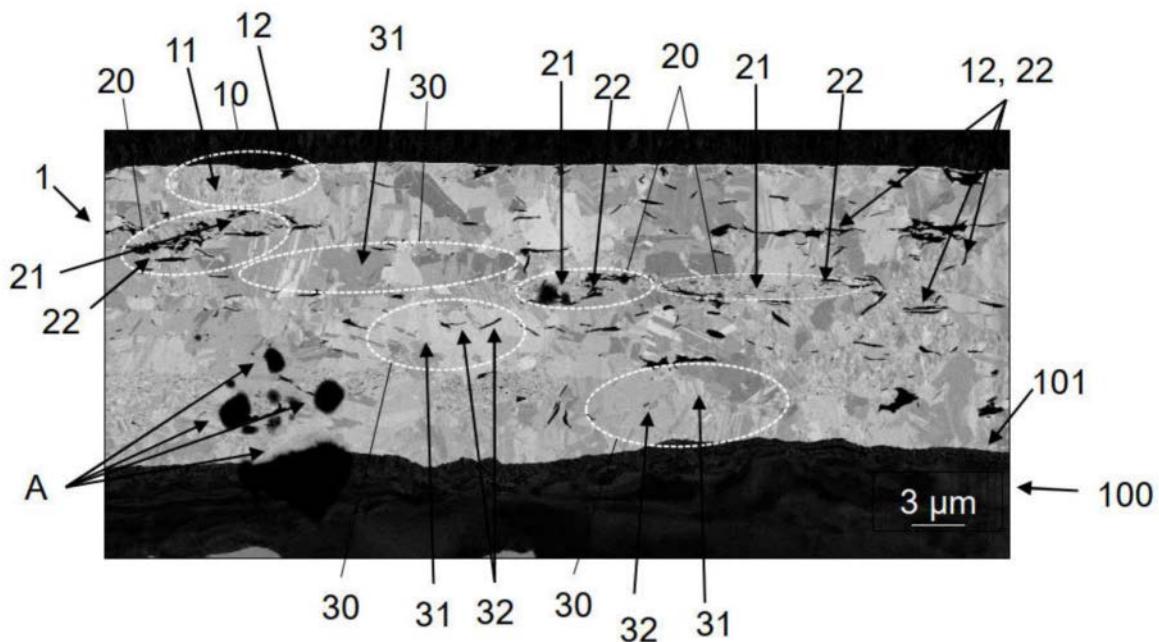


图2A

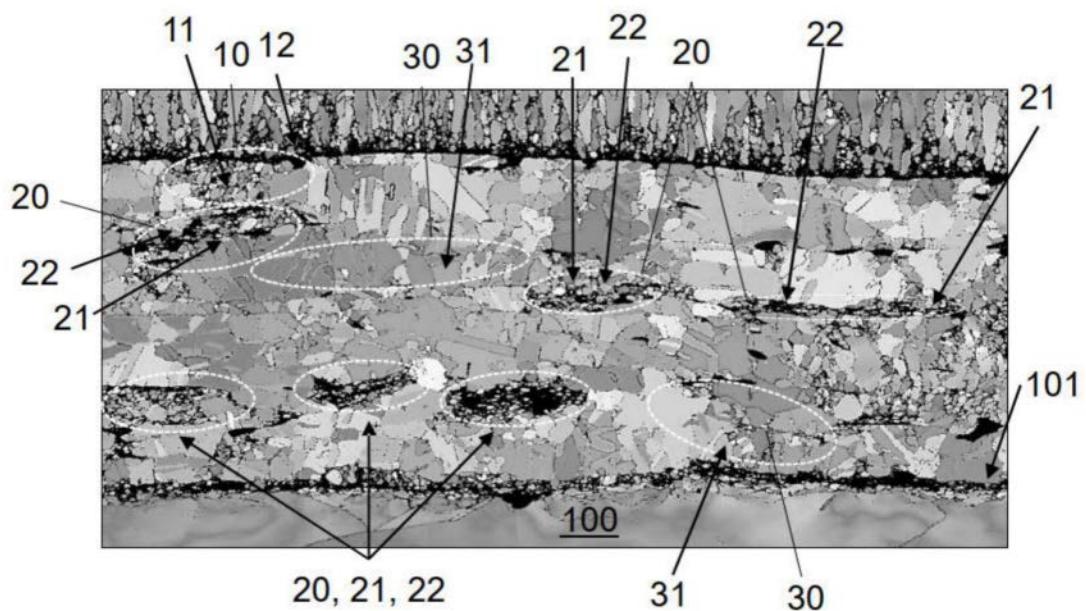


图2B

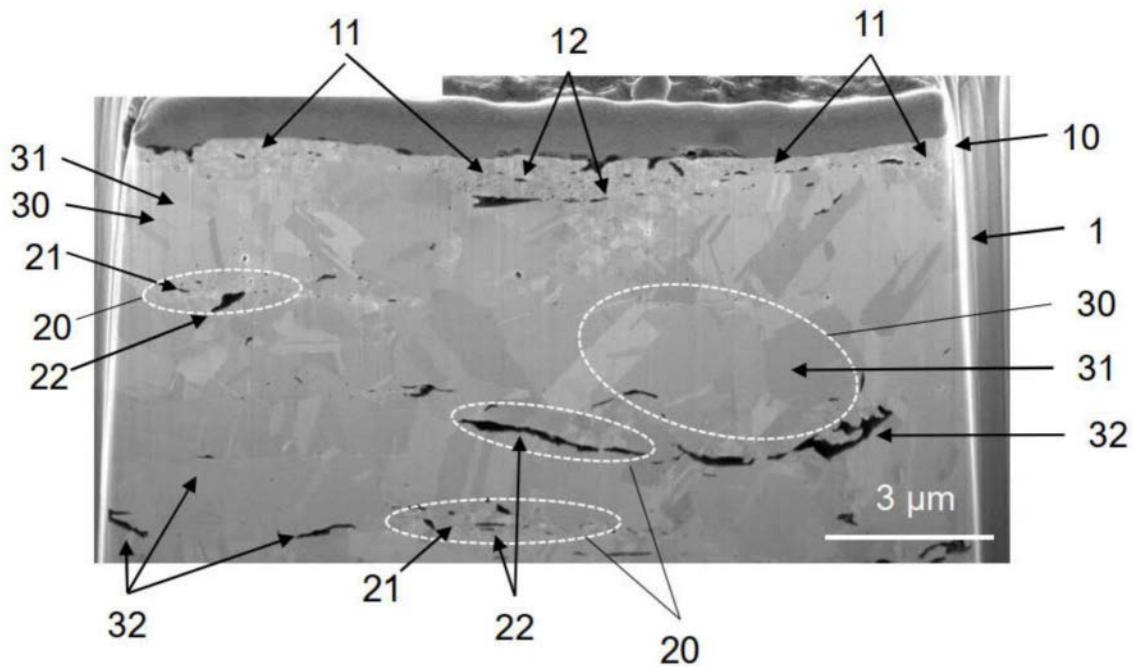


图3A

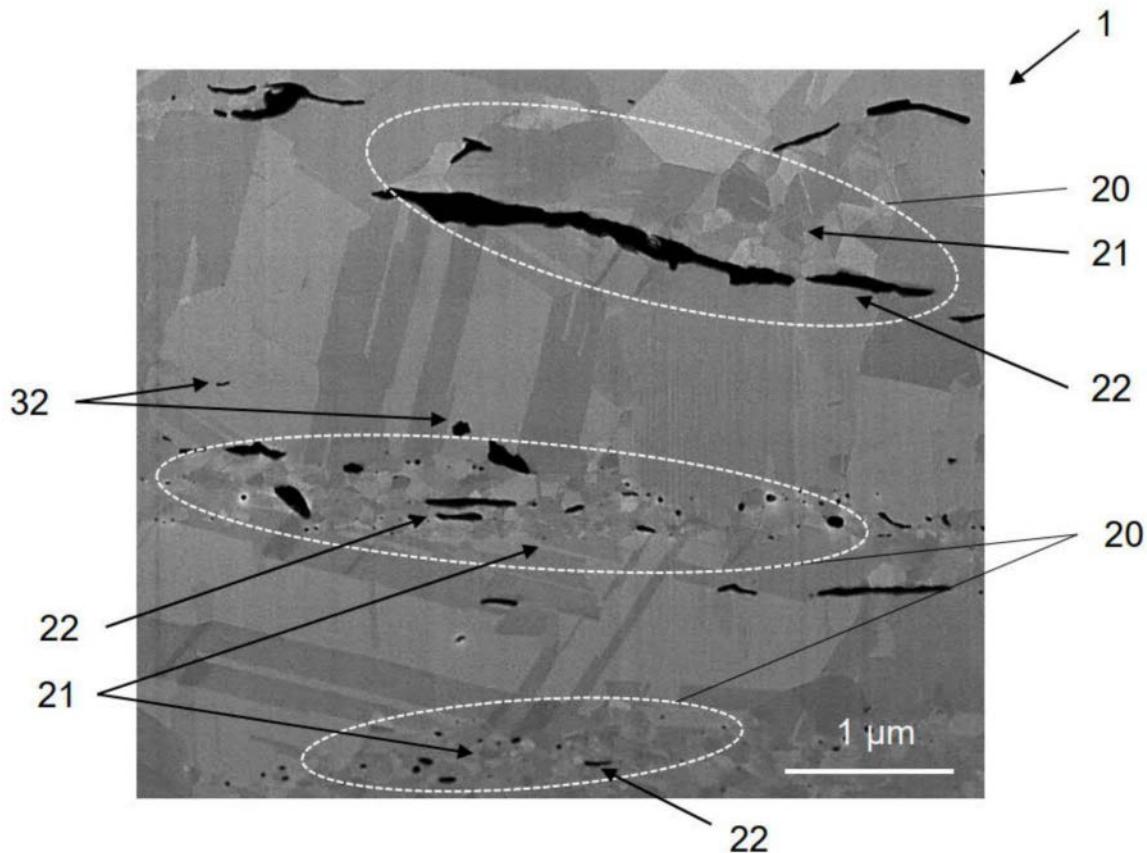


图3B

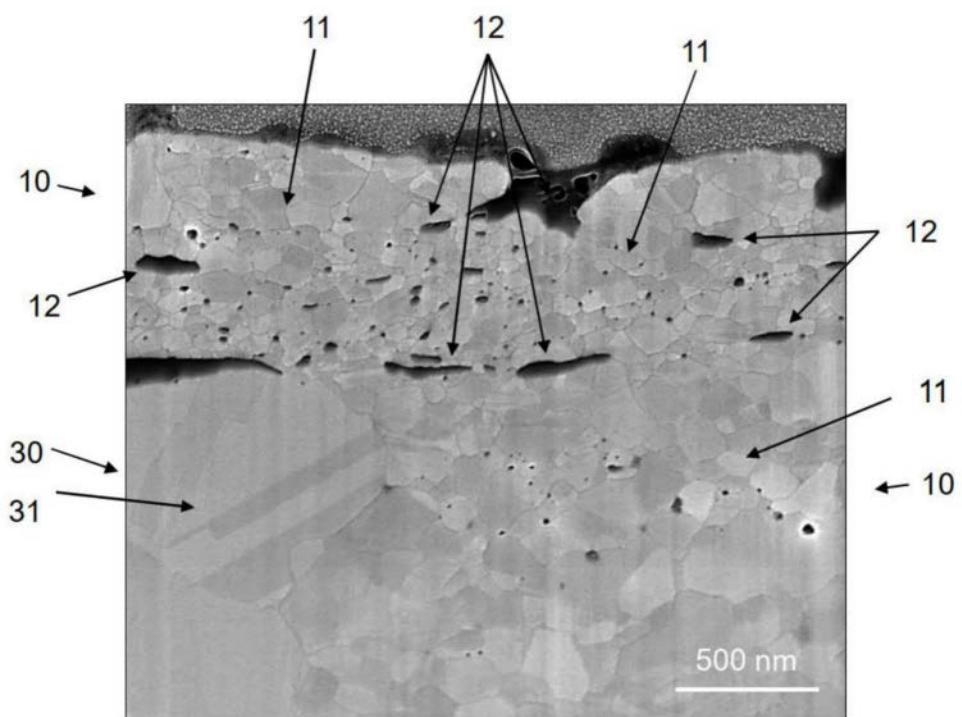


图3C