



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104097270 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 30

(21) 申请号 201410126245. 9

B23D 65/00(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 03. 31

审查员 张耀东

(30) 优先权数据

2013-083332 2013. 04. 11 JP

(73) 专利权人 株式会社不二机販

地址 日本爱知县

专利权人 钢线生产技术开发有限责任公司

(72) 发明人 宫坂四志男 加藤修 笹部博史

西尾隆秀 坂田慎一

(74) 专利代理机构 北京戈程知识产权代理有限

公司 11314

代理人 程伟 王刚

(51) Int. Cl.

B28D 5/04(2006. 01)

B23D 61/18(2006. 01)

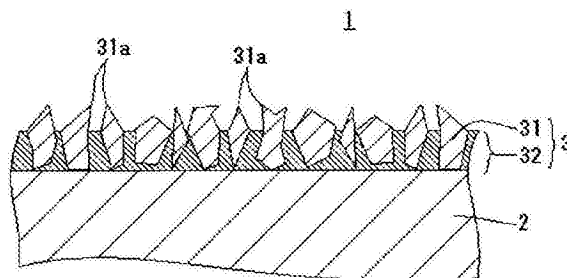
权利要求书1页 说明书11页 附图8页

(54) 发明名称

线锯及线锯的制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种线锯及线锯的制造方法,其不降低线锯强度而使电镀于芯线的研磨粒一部分从镀敷金属露出。该线锯具备于芯线(2) 电镀平均粒径 $8 \sim 35 \mu\text{m}$ 的研磨粒(31) 而形成的研磨粒电镀层(3)。研磨粒电镀层(3) 具有:切割刃(31a),由经表面处理露出的研磨粒(31) 一部分形成,表面处理是相对于通过电镀以芯线(2) 上分散有研磨粒(31) 状态成膜的镀镍层,以喷射压力 $0.15 \sim 0.30\text{MPa}$ 喷射硬度 $\text{HV}500 \sim 1000$ 、比重 $2.0 \sim 3.0$ 、平均粒径 $10 \sim 62 \mu\text{m}$ 的陶瓷系(包含玻璃) 球状珠粒且使其碰撞;及镍层(32),通过球状珠粒碰撞硬化,使研磨粒(31) 基部固定在芯线(2) 上且厚度为 $4 \sim 10 \mu\text{m}$ 。



1. 一种线锯,其特征在于:所述线锯具备在芯线上通过镀镍电镀研磨粒而形成的研磨粒电镀层;

所述研磨粒电镀层由以下所构成:

所述研磨粒通过所述电镀以在所述芯线上分散的状态成膜而成的镍层;

通过对具有所述研磨粒的所述镍层喷射球状珠粒,而由在所述镍层上露出的所述研磨粒的一部分形成的切割刃;及

通过对具有所述研磨粒的所述镍层喷射球状珠粒,而使所述研磨粒的基部固定在所述芯线上的被强化的所述镍层。

2. 根据权利要求1所述的线锯,其特征在于:所述线锯具备在线径 $0.05 \sim 0.2\text{mm}$ 的所述芯线上电镀平均粒径 $8 \sim 35 \mu\text{m}$ 的所述研磨粒而形成的所述研磨粒电镀层。

3. 根据权利要求2所述的线锯,其特征在于:所述研磨粒电镀层具备由经表面处理而露出的所述研磨粒的一部分形成的所述切割刃,所述表面处理是对所述研磨粒通过所述电镀以在所述芯线上分散的状态成膜而成的所述镍层,以喷射压力 $0.15 \sim 0.30\text{MPa}$ 喷射硬度 $\text{HV}500 \sim 1000$ 、比重 $2.0 \sim 3.0$ 、平均粒径 $10 \sim 62 \mu\text{m}$ 的所述球状珠粒且使其碰撞。

4. 根据权利要求3所述的线锯,其特征在于:所述研磨粒电镀层进一步具有通过所述球状珠粒的碰撞而硬化的使所述研磨粒的基部固定在所述芯线上的厚度为 $4 \sim 10 \mu\text{m}$ 的所述镍层。

5. 一种线锯的制造方法,其特征在于:所述线锯的制造方法包含:

形成具有镍层的研磨粒电镀层的步骤,所述镍层为研磨粒通过镀镍电镀以在芯线上分散的状态成膜而成;及

表面处理步骤,所述表面处理步骤对形成有所述研磨粒电镀层的所述芯线喷射球状珠粒且使其碰撞;

在所述表面处理步骤中,通过与所述球状珠粒的碰撞而使所述研磨粒的一部分露出在所述镍层上,从而在所述研磨粒电镀层形成切割刃,且形成有使所述研磨粒的基部固定在所述芯线上的通过与所述珠粒的碰撞而硬化、硬度上升的所述镍层。

6. 根据权利要求5所述的线锯的制造方法,其特征在于:所述线锯的制造方法包含:

形成具有将平均粒径 $8 \sim 35 \mu\text{m}$ 的所述研磨粒通过所述电镀以在所述芯线上分散而成的所述镍层的所述研磨粒电镀层的步骤;及

以喷射压力 $0.15 \sim 0.30\text{MPa}$ 对形成有所述研磨粒电镀层的所述芯线喷射硬度 $\text{HV}500 \sim 1000$ 、比重 $2.0 \sim 3.0$ 、平均粒径 $10 \sim 62 \mu\text{m}$ 的所述球状珠粒且使其碰撞的所述表面处理步骤。

7. 根据权利要求5所述的线锯的制造方法,其特征在于:在所述表面处理步骤后,形成有厚度 $4 \sim 10 \mu\text{m}$ 的所述镍层。

8. 根据权利要求5所述的线锯的制造方法,其特征在于:通过胺基磺酸浴进行所述研磨粒电镀层的电镀。

9. 根据权利要求5所述的线锯的制造方法,其特征在于:所述球状珠粒是由陶瓷或玻璃形成。

线锯及线锯的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种从硅、水晶、蓝宝石等硬质脆性材料的晶锭等切出硅晶片或晶体振荡器、基板等产品时所使用的线锯及所述线锯的制造方法,特别涉及一种通过电镀使金刚石等研磨粒附着于钢琴线或硬钢线等芯线而成的固定研磨粒型的线锯及线锯的制造方法。

背景技术

[0002] 从硅、水晶、蓝宝石的晶锭等硬质脆性材料切出硅晶片、晶体振荡器、基板等产品时,一直以来使用的是“线锯”。

[0003] 作为使用该线锯的切割方法,有如下方式:“游离研磨粒方式”,其使用由表面不具备研磨粒的钢琴线等所构成的线锯,一面对该线锯喷洒研磨粒及水或油的作为悬浮液的浆料,一面使其以高速与工件接触,由此,利用于线锯与工件间转动的研磨粒而进行工件的切割;及“固定研磨粒方式”,其使用预先使金刚石等研磨粒附着于芯线表面的线锯,一面对该线锯喷洒用以进行润滑及冷却的水或油等冷却介质,一面使其以高速与工件接触,由此进行切割。

[0004] 另外,作为对于以此种固定研磨粒方式使用的线锯的研磨粒的附着方法,提出有利用树脂制黏合剂等粘结研磨粒、利用电镀的研磨粒电镀、利用黏合剂的粘结与电镀的组合等。

[0005] 作为一例,作为利用黏合剂的粘结与电镀的组合方法,通过有机粘结剂于具有导电性的芯线的外周面螺旋状地形成粘结剂层,使研磨粒附着于该粘结剂层而将研磨粒一次固定于芯线的表面,并且利用从其上进一步通过电镀而形成的金属镀敷层将研磨粒进行二次固定(专利文献1)。

[0006] [背景技术文献]

[0007] [专利文献]

[0008] [专利文献1] 日本专利特开 2011-230258 号公报。

发明内容

[0009] 利用线锯进行切割的半导体、水晶、蓝宝石等硬质脆性材料大多为昂贵的材料,要求在切割时尽可能地切出较多的产品。

[0010] 在此,在如图 6A 所示利用线锯 1 从硅单晶锭等工件 W 切出产品的情况下,如图 6B 中放大图所示,线锯 1 通过的部分的晶锭被切削而消失,因此,必须以切割裕度 δ 确保该切割时所产生的损耗部分。

[0011] 另外,由于利用线锯所切出的产品的表面变得粗糙,因此,切割后,必须对表面进行研磨,因此,必须事先以研磨裕度 t 确保因该研磨而导致的损耗部分。

[0012] 因此,工件 W 的切割中所使用的线锯 1 的间隔 d 是以最终产品的厚度 X 加上切割裕度 δ 与研磨裕度 t 后的间隔而设定,因此,在欲从相同尺寸的工件切出更多产品的情况

下,若使所使用的线锯 1 的线径变细而使切割裕度 δ 变小,及 / 或使切割后的产品的表面粗糙度较小而使研磨裕度 t 变小,则线锯的间隔 d 较狭窄,从相同大小的工件 W 可切出的产品数量增加。

[0013] 然而,线径较小的线锯 1 强度较低而寿命较短,并且也容易产生断线等,因此,若非通过重新改变材料或结构等而实现线锯的强度改善而仅单纯地使线锯的线径变细,则必须频繁地进行线锯的更换,不仅更换时作业中断而作业性降低,且伴随昂贵的线锯的更换而产品的制造成本上升。

[0014] 另外,即便假设成功地使线锯的线径变细而减少切割裕度 δ ,在切割后所获得的剖面的粗糙度增加的情况下,也必须将所述研磨裕度 t 定为较大,从而不仅无望使所切出的产品数量增加,而且使研磨作业所需要的时间与劳力增大,生产性降低。尤其,若于切割时产生碎屑等不良,则好不容易作为产品切出来,却作为不良品而无法出货,良率变得更差。

[0015] 在此,通过电镀使研磨粒附着后处于未使用状态的线锯中,形成于芯线 2 上的研磨粒电镀层 3 如图 7 所示成为研磨粒 31 埋于镀敷金属 32' 中的状态,若于此状态下开始使用,则覆盖研磨粒 31 的部分的镀敷金属 32' 通过与工件 W 表面的接触而被去除,结果研磨粒 31 露出于表面而形成切割刃,由此发挥较大的切削力,因此,在形成此种切割刃前的开始使用时间点,线锯 1 的切削力相对较低。

[0016] 因此,在研磨粒 31 由镀敷金属 32' 覆盖的状态下所进行的切割与其后于研磨粒 31 露出而发挥本来的切削力的状态下所进行的切割中,切削量产生较大的差异,因此,若使工件 W 相对于切割方向的送入速度固定而进行切割,则在刚更换线锯 1 之后,工件 W 相对于线锯 1 以超出需要的力被按压,容易产生线锯 1 的断线、或对工件 W 造成超出必要的损伤而剖面变得粗糙等初期不良情况。

[0017] 作为回避产生此种初期不良情况的方法,也考虑有如下方法,即在通过镀敷形成研磨粒电镀层 3 之后,在用于切割之前,预先去除覆盖研磨粒 31 的表面的镀敷金属 32',作为此种方法,例如,考虑有使用 Al_2O_3 或 SiC 磨石的线锯的表面研磨、通过使用 Al_2O_3 研磨粒的喷砂的蚀刻、浸渍于酸等化学品中而进行的蚀刻。

[0018] 然而,在通过所述方法使研磨粒 31 露出的情况下,利用磨石的研磨或利用喷砂的蚀刻中,通过对研磨粒电镀层 3 施加较大的外力而将覆盖研磨粒的部分的镀敷金属 32' 削落而使研磨粒 31 露出,因此,若通过该方法进行处理,则不仅使覆盖研磨粒 31 的部分的镀敷金属 32' 剥离,而且使研磨粒电镀层 3 本身剥离,或使研磨粒 31 脱落,从而使处理后的线锯 1 的性能降低。

[0019] 另外,处理后,残留于芯线 2 上的镀敷金属 32' 的表面成为缎纹状等而残留无数伤痕,因此,在线锯 1 的使用过程中,以该伤痕为起点研磨粒电镀层 3 被破坏而剥离,或容易产生线锯 1 的断线等。

[0020] 相对于此,使用酸等化学品的蚀刻中,虽未对研磨粒电镀层 3 施加机械力,但由于化学品的蚀刻而表面变得粗糙(残留无数伤痕),因此,在产生研磨粒电镀层 3 的强度降低或线锯 1 的寿命降低的方面,与所述利用磨石的研磨或利用喷砂的蚀刻的情况相同。

[0021] 并且,利用化学品的蚀刻中,金属部分被大致均匀地蚀刻,因此,不仅覆盖于研磨粒 31 上的镀敷金属 32' 被蚀刻,作为用以固定研磨粒 31 的基础而应残留的部分的镀敷金

属 32' 也被蚀刻,研磨粒的保持力降低而于蚀刻过程中及作为线锯的使用过程中研磨粒容易脱落,从该方面来说,也使线锯的寿命缩短。

[0022] 如此,为了使研磨粒 31 露出而设想对线锯 1 进行的所述处理均为关系到线锯 1 的强度降低的处理,若欲使所述处理后的线锯 1 维持与处理前的线锯 1 相同程度的强度,则必须使线锯 1 的线径变粗。

[0023] 因此,作为用以使电镀于线锯 1 的研磨粒 31 露出的处理而在所述说明中设想的处理与线锯 1 的细径化为相反的要求无法同时实现,因此,也无法应对良率提高的要求。

[0024] 因此,为了解决上述问题,本发明的目的在于提供一种具有使电镀于芯线的研磨粒的一部分露出的结构且线锯的强度及寿命得到提高的线锯及线锯的制造方法。

[0025] 以下,将解决问题的技术方案与实施方式中所使用的附图标记一起记载。所述附图标记用以明确权利要求的记载与实施方式的记载的对应,当然并非限制性地用于本发明的技术范围的解释。

[0026] 为了达成所述目的,本发明提供一种线锯,所述线锯具备在芯线上电镀研磨粒而形成的研磨粒电镀层;所述研磨粒电镀层具有:镀镍层,所述镀镍层通过电镀而以在所述芯线上分散有所述研磨粒的状态成膜;切割刃,所述切割刃由所述镀镍层上露出的所述研磨粒的一部分形成;及镍层,所述镍层使所述研磨粒的基部固定在所述芯线上。

[0027] 在实施方式中,本发明的线锯 1 具备于线径 0.05 ~ 0.2mm 的芯线 2 电镀平均粒径 8 ~ 35 μm 的研磨粒 31 而形成的研磨粒电镀层 3;所述研磨粒电镀层 3 具有:切割刃 31a,由经表面处理而露出的所述研磨粒 31 的一部分形成,该表面处理是对通过电镀以在所述芯线 2 上分散有所述研磨粒 31 的状态成膜的镀镍层,在实施方式中是以喷射压力 0.15 ~ 0.30MPa 喷射硬度 HV500 ~ 1000、比重 2.0 ~ 3.0、平均粒径 10 ~ 62 μm 的陶瓷或玻璃的球状珠粒且使其碰撞;及镍层 32,通过所述球状珠粒的碰撞而硬化,使所述研磨粒 31 的基部固定在所述芯线 2 上,且厚度为 4 ~ 10 μm (参照图 1)。

[0028] 本发明还提供一种上述线锯的制造方法,其包含:通过电镀而在芯线上形成分散有研磨粒的镀镍层的研磨粒电镀层的步骤;及表面处理步骤,所述表面处理步骤对形成有所述研磨粒电镀层的所述芯线喷射球状珠粒且使其碰撞;在所述表面处理步骤中,通过与所述球状珠粒的碰撞而使所述研磨粒的一部分露出在所述镀镍层上,从而在所述研磨粒电镀层形成切割刃,且形成有使所述研磨粒的基部固定在所述芯线上的通过与所述珠粒的碰撞而硬化、硬度上升的镍层。

[0029] 在实施方式中,本发明的线锯 1 的制造方法包含:通过电镀而于芯线 2 形成分散有平均粒径 8 ~ 35 μm 的研磨粒 31 的镀镍层的研磨粒电镀层 3 的步骤;及表面处理步骤,以喷射压力 0.15 ~ 0.30MPa 对形成有所述研磨粒电镀层 3 的所述芯线 2 喷射硬度 HV500 ~ 1000、比重 2.0 ~ 3.0、平均粒径 10 ~ 62 μm 的陶瓷系的球状珠粒且使其碰撞;在所述表面处理步骤中,通过与所述球状珠粒的碰撞使所述研磨粒 31 的一部分在所述镀镍层上露出,从而在所述研磨粒电镀层 3 形成切割刃 31a,且形成有使所述研磨粒 31 的基部固定在所述芯线 2 上的通过与所述珠粒的碰撞而硬化、硬度上升且厚度为 4 ~ 10 μm 的镍层 32。

[0030] 此外,在所述制造方法中,优选为所述研磨粒电镀层 3 的电镀是通过胺基磺酸浴进行;优选为所述球状珠粒是由陶瓷或玻璃形成。

[0031] 根据以上所说明的本发明的构成,根据本发明的线锯 1 可获得以下的显著效果,

即本发明的有益效果在于：

[0032] 通过喷射特定的硬度、比重、粒径、材料的球状珠粒进行表面处理，利用从镍露出的研磨粒 31 的一部分形成切割刃 31a，且通过与球状珠粒的碰撞，将所述研磨粒 31 的基部固定于芯线 2 上的镍层 32 的硬度提高，由此，本发明的线锯 1 从使用开始当初即发挥较高的切削性，抑制初期不良情况的产生，并且，由于镍层 32 的强化，不仅可使研磨粒电镀层 3 的剥离或研磨粒 31 的脱落难以产生，且可实现线锯 1 整体的强度提高。

[0033] 因此与相同线径的现有的线锯相比，本发明的线锯 1 强度较高，因此可以使用线径较现有线锯细的线锯进行工件 W 的切割，因此，可使参照图 6B 所说明的切割裕度 δ 变窄，从而可从相同大小的晶锭切出更多产品。

[0034] 另外，与相同线径的现有线锯进行比较的情况下，可使寿命延长 1.5 倍，且可提升线锯对晶锭的接触速度，因此，也可以缩短切割所需要的时间。

[0035] 并且，本发明的线锯 1 从开始使用即露出切割刃 31a，未产生初期不良情况所导致的切割面的粗糙，切割后的剖面美观且碎屑等的产生也较少，可笔直地进行切割，因此，关于切割后通过研磨去除的研磨裕度 t （参照图 6B），也可以设定得较小，就该方面来说，也可以提高良率，降低研磨处理的时间及劳力。

[0036] 此外，在通过胺基磺酸浴形成研磨粒电镀层 3 的情况下，以此方式形成的镀镍层为高硬度，并且内部应力较低，也可以防止因内部应力而产生的研磨粒电镀层 3 的剥离，可实现线锯 1 的进一步长寿命化。

附图说明

[0037] 图 1 是本发明的线锯的轴线方向的要部剖面图。

[0038] 图 2 是球状珠粒的喷射方法的说明图。

[0039] 图 3 是球状珠粒的喷射中所使用的加工装置的立体图。

[0040] 图 4 是加工装置内的球状珠粒的喷射方法的说明图。

[0041] 图 5 是加工装置内的球状珠粒的喷射方法的说明图。

[0042] 图 6A 是通过线锯的工件的切割方法的说明图。

[0043] 图 6B 是图 6A 的要部放大图。

[0044] 图 7 是电镀有研磨粒的状态的线锯的轴线方向的要部剖面图。

[0045] 图 8 是实施例 1 的线锯表面的显微照片（使用前）。

[0046] 图 9 是利用实施例 1 的线锯所切割的硅晶锭切割部的显微照片。

[0047] 图 10 是实施例 1 的线锯表面的显微照片（使用后）。

[0048] 图 11 是螺旋状地设置有研磨粒电镀层的实施方式中的线锯的轴线方向的要部剖面图。

[0049] 图 12 是比较例 2 的线锯（研磨粒电镀后未进行表面处理者）的表面显微照片（使用前）。

[0050] 图 13 是利用比较例 2 的线锯所切割的硅晶锭切割部的显微照片。

[0051] 图 14 是比较例 2 的线锯的表面显微照片（使用后）。

[0052] 主要部件符号说明：

[0053] 1 线锯

- [0054] 2 芯线
- [0055] 3 研磨粒电镀层
- [0056] 31 研磨粒(金刚石研磨粒)
- [0057] 31a 切割刃
- [0058] 32 镍层
- [0059] 32' 镀敷金属
- [0060] 4 低摩擦材料层
- [0061] 5 基底镀镍层
- [0062] 6 喷射嘴
- [0063] 7 加工装置
- [0064] 71 机柜
- [0065] 72 载置台
- [0066] 73 线导入孔
- [0067] 74 圆筒管
- [0068] δ 切割裕度
- [0069] d 线锯的间隔
- [0070] t 研磨裕度。

具体实施方式

[0071] 以下参照图 1 对本发明的实施方式进行说明。

[0072] 图 1 中,为本发明的线锯 1。

[0073] 该线锯 1 具备成为母材的芯线 2、及通过利用镀镍将研磨粒 31 电镀于该芯线 2 的表面而形成的研磨粒电镀层 3。

[0074] 作为所述芯线 2,除研磨粒电镀型的线锯通常使用的钢琴线以外,可以使用硬钢线等钢线。另外,现有的通常线锯为了确保所需的强度而使用线径超过 0.2mm 的粗细的芯线 2,但本发明的线锯 1 如下所述,通过对研磨粒电镀层 3 的表面处理而使镍层 32 强化,也可以使线锯 1 的强度提高,因此,作为芯线,可以使用 0.2mm 以下的芯线,优选为使用 0.05 ~ 0.2mm 的芯线,以此方式使所使用的芯线的线径变细,而使晶锭的切割裕度 δ (参照图 6B) 减少,可从相同尺寸的晶锭切出更多产品。

[0075] 如图 1 所示,形成于该芯线 2 上的研磨粒电镀层 3 由平均粒径 8 ~ 35 μm 的研磨粒 31 及使所述研磨粒 31 的基部固着于芯线上的厚度为 4 ~ 10 μm 的镍层 32 构成。

[0076] 作为设置于该研磨粒电镀层 3 的研磨粒,除金刚石研磨粒、cBN (立方晶氮化硼)研磨粒等超硬质研磨粒以外,也可以对应于作为切割对象的工件的材料而使用 Al_2O_3 、 SiC 等陶瓷系研磨粒,本实施方式中,使用金刚石研磨粒。

[0077] 分散有研磨粒的镀镍层的电镀可通过已知的电镀法进行。镀镍根据镀浴的种类而获得的镀镍膜的硬度会产生差异,所获得的镀镍膜越硬质量越佳。

[0078] 另外,若所形成的镀敷层的内部应力较大,则所形成的镀敷层容易从芯线 2 剥离,因此,本实施方式中,在能够形成所形成的镀敷层的硬度较高且内部应力较小的镀敷层的胺基磺酸浴中进行成膜,形成硬度为 HV400 ~ 500 左右的镀镍层。

[0079] 研磨粒电镀层 3 在进行下述表面处理之前的状态时,如图 7 所示,以作为镀敷金属 32' 的镍中埋入有研磨粒 31 的状态分散。

[0080] 以此方式使作为镀敷金属 32' 的镍与作为分散粒子的研磨粒 31 复合化并附着于芯线 2 的方法,考虑有如下方法:“悬浮共析”,其使悬浮的分散粒子吸附于连续地成长的镀敷的表面,并通过析出的金属将该分散粒子连续地取入镀敷膜中;及“沉淀共析”,其使分散粒子沉淀于水平配置的镀敷面,强制地使粒子与芯线表面接触而使它们复合;本发明中,由于必须于剖面呈圆形的线材的芯线 2 的全周形成研磨粒电镀层 3,因此通过悬浮共析形成研磨粒电镀层 3。

[0081] 所述研磨粒电镀层 3 在图 1 及图 7 所示的实施方式中为以完全覆盖芯线 2 的表面整体的方式形成,但也可以如图 11 所示,螺旋状地形成于芯线 2 的表面。

[0082] 若以此方式螺旋状地形成研磨粒电镀层 3 (参照图 11),则作为润滑、冷却介质注入线锯 1 的水或油等容易保持于研磨粒电镀层 3 的非形成部,另外,切割时所产生的切削屑等容易经由研磨粒电镀层 3 的非形成部排出,因此,可实现进一步的切削能力的提高与寿命的提高,尤其在研磨粒电镀层 3 的非形成部分设置有氟树脂等低摩擦材料层 4 的构成中,可与摩擦的降低相互作用而实现进一步的高速切削与线锯的长寿命化。

[0083] 而且,在芯线 2 的表面形成基底镀镍层 5,由此可于形成低摩擦材料层 4 时进行烧接等,另外,可降低将低摩擦材料螺旋状地切削剥离等时磨石对芯线 2 造成的损伤。

[0084] 为了以此方式螺旋状地形成研磨粒电镀层 3,本实施方式中,使具有绝缘性且摩擦系数较低的材料、例如由氟树脂所构成的低摩擦材料层 4 螺旋状地附着于芯线的表面,可通过电镀对该低摩擦材料层 4 的非形成部分形成所述研磨粒电镀层 3。

[0085] 作为一例,本实施方式中,可在形成所述低摩擦材料层 4 之前,在芯线 2 的表面同样地形成 $20\mu\text{m}$ 左右的基底镀镍层 5,在该基底镀镍层 5 的表面整体烧接涂覆氟树脂后,通过砂轮将形成研磨粒电镀层 3 的部分的氟树脂膜螺旋状地削落,将未被削落而残留的氟树脂膜作为所述低摩擦材料层 4。

[0086] 涂覆低摩擦材料前形成的基底镀镍层 5 保护芯线 2 不受烧接涂覆氟树脂时的热影响,并且具有将氟树脂膜的一部分切削去除时防止切削波及芯线 2 的效果。

[0087] 本实施方式中,也可以于进行用以去除表面凹凸的镀镍之后,通过电镀在以此方式露出于表面的部分的基底镀镍层 5 上形成所述研磨粒电镀层 3,由此螺旋状地形成研磨粒电镀层 3。

[0088] 通过电镀刚形成后的研磨粒电镀层 3 如图 7 示意性地所示,成为作为镀敷金属 32' 的镍覆盖研磨粒 31 的状态,处于切割时具有切削工件 W 的作用的金刚石研磨粒 31 未露出于表面的状态。

[0089] 因此,通过电镀形成研磨粒电镀层 3 后,对线锯 1 的表面进行喷射球状珠粒并使其碰撞的表面处理,由此,如图 1 或图 11 所示,使金刚石研磨粒 31 的一部分露出而形成切割刃 31a,并且利用通过与球状珠粒的碰撞而硬化的 $4\sim 10\mu\text{m}$ 的镍层 32 使金刚石研磨粒 31 的基部固定于芯线 2 上。

[0090] 作为所使用的球状珠粒,可以使用硬度 $\text{HV}500\sim 1000$ 、比重 $2.0\sim 3.0$ 、平均粒径 $10\sim 62\mu\text{m}$ 的范围内的珠粒,作为符合所述硬度及比重的材料,可以使用陶瓷系(包含玻璃)珠粒。

[0091] 另外,若球状珠粒的喷射压力未达 0.15MPa,则无法实现研磨粒 31 的露出与镍层 32 的硬度上升,另一方面,若超过 0.30MPa,则对研磨粒电镀层 3 造成的损伤较大,研磨粒 31 的脱落量变多,并且会产生镍层 32 的剥离,因此设为 0.15 ~ 0.30MPa。

[0092] 该喷射压力优选为于与所使用的球状珠粒的关系中从 0.15MPa ~ 0.30MPa 的范围选择最佳的喷射压力,该最佳的喷射压力有如下倾向,即所使用的球状珠粒的比重、硬度越大,越朝低压侧位移,球状珠粒的比重、硬度越低,越朝高压侧位移。

[0093] 为了能够对作为线材的线锯 1 的表面整体均匀地喷射球状珠粒并使其碰撞,球状珠粒的喷射必须从线锯 1 的所有方向进行,本实施方式中,如图 2 所示,以线锯 1 为中心每隔约 120° 以相等角度配置 3 根喷射嘴 6,从各喷射嘴 6 分别喷射压缩气体,例如与压缩空气一起喷射球状珠粒,并使其碰撞,由此可对线锯的周面整体喷射球状珠粒并使其碰撞。

[0094] 此外,图 2 所示的例中,表示有使用 3 根喷射嘴 6 的加工例,但也可以设置更多喷射嘴 6 而进行处理,另外,也可以通过使线锯 1 一面以轴线为中心旋转一面通过喷射嘴 6 的中心,而遍及线锯 1 的表面全周进行更加均匀的处理。

[0095] 图 3 中是用以进行对此种线锯 1 的球状珠粒的喷射、碰撞的加工装置 7,在内部具备作业空间的机柜 71 内,如图 4 所示,以特定间隔将载置线锯 1 的 T 字状的载置台 72 配置于形成于机柜 71 的侧面的线导入孔 73 至线引出孔(图中未示出)之间,并且于该载置台 72 上,安装有用以引导线锯 1 的圆筒管 74。

[0096] 该圆筒管 74 是局部间断,通过朝向该间断的部分配置喷射嘴 6,而可使球体珠粒碰撞于导入机柜 71 内的线锯 1。

[0097] 此外,图 4 所示的实施方式中,是以在载置台 72 上安装单一的圆筒管 74 而仅加工 1 条线锯 1 的方式构成,但所述圆筒管 74 对于该载置台 72 的安装也可以如图 5 所示多条平行地进行,通过以此方式构成,可平行地同时进给并加工多条线锯 1,由此可大幅提高生产性。

[0098] 以此方式,通过对研磨粒电镀层 3 喷射球状珠粒,而如图 7 所示埋于作为镀敷金属 32' 的镍中的金刚石研磨粒 31 如图 1 所示,其一部分露出而形成切割刃 31a,并且将所述金刚石研磨粒 31 的基部固定的镍层 32 的硬度上升,由此,不仅可防止金刚石研磨粒 31 的脱落,也可以强化线锯 1 整体。

[0099] 以下,说明本发明的线锯的制造实施例。

[0100] 实施例 1

[0101] < 研磨粒电镀层的形成 >

[0102] 将直径 0.12mm 的硬钢线作为芯线,通过利用胺基磺酸浴的电镀于其表面整体形成使平均粒径 30 μm 的金刚石研磨粒分散而成的研磨粒电镀层,获得直径 0.12mm 的金刚石电镀线锯。

[0103] 此外,形成于研磨粒的未附着部分的芯线表面的镀镍的厚度为约 5 μm,作为下述表面处理前的研磨粒电镀层的母层金属的镍层的硬度以 HV 计为 450。

[0104] < 表面处理条件 >

[0105] 对形成有所述研磨粒电镀层的金刚石电镀线喷射球状珠粒,进行表面处理。

[0106] 球状珠粒的投射是使用市售的珠击装置(不二制作所制造的“SC-4S-303(微粉用)”),以线锯为中心以 120° 的相等角度配置 3 根喷嘴直径为 7mm 的喷嘴,并且进行位置固

定,以喷嘴距离 130mm 进行球状珠粒的喷射。线锯的进给速度为 15m/min。

[0107] 作为球状珠粒,使用陶瓷系的硬质珠粒(不二机販制造的“FHB”系列) #400 (粒径 $53 \sim 38 \mu\text{m}$),对以喷射压力 0.15MPa、0.20MPa、0.25MPa 进行处理的各情况,评价处理后的研磨粒电镀层的表面状态。

[0108] 此外,将实施例 1 中所使用的球状珠粒的组成及物性示于表 1。

[0109] 表 1 “FHB#400”的组成与物性

[0110]

成分 (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO
	54	14	8	0.5		22	1
粒径 (μm)	53~38						
比重 (g/cc)	2.60						
莫氏硬度(维氏硬度)	7.5 (Hv 800)						

[0111] < 试验结果 >

[0112] 将对依照所述所说明的实施例 1 的制造条件所获得的研磨粒电镀层的状态进行确认的结果示于表 2。

[0113] 表 2 实施例 1 的试验结果

喷射压力 (MPa)	研磨粒电镀层的状态		
	镀敷剥离	研磨粒的露出	镍层的硬度
0.15	无	略微不足	HV 500
0.20	无	良好	HV 550
0.25	略微剥离	露出且局部脱落	HV 580

[0116] 根据以上内容,确认于变化的喷射压力 0.15 ~ 0.25MPa 的整个范围内,通过研磨粒的一部分露出而形成切割刃,且镍层的硬度上升。

[0117] 但是,在以喷射压力 0.15MPa 进行表面处理的情况下,虽有研磨粒的露出,但可观察到露出状态存在少许不足,并且镍层的硬度的上升与以 0.20MPa 进行喷射的情况相比也较低,虽然与未进行表面处理的线锯相比性能得到提高,但与将喷射压力设为 0.20MPa 而进行表面处理的情况相比,效果的提升幅度不大。

[0118] 另一方面,在将喷射压力设为 0.25MPa 的例子中,也确认通过研磨粒的露出而形成切割刃且镍层的硬度提高,虽然与未处理的线锯相比可观察到性能的提高,但确认产生少量脱落的研磨粒,且虽然少量但研磨粒电镀层剥离,确认表面处理进行得略微过度。

[0119] 因此,确认于与实施例 1 中所使用的球状珠粒的关系下,在将喷射压力设为 0.20MPa 的情况下,研磨粒电镀层可处理为最佳状态。

[0120] 实施例 2

[0121] < 试验条件 >

[0122] 除作为表面处理中所使用的球状珠粒而使用玻璃珠粒(不二制作所制造的“FGB”) #400 的方面及以喷射压力 0.20MPa、0.25MPa、0.30MPa 的 3 种模式进行的方面以外,与实施例 1 相同。

[0123] 此外,实施例 2 中所使用的球状珠粒的组成及物性如表 3 所示。

[0124] 表 3 “FGB#400”的组成与物性

[0125]

成分 (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO
	72	2	-	13		9	3
粒径 (μm)	53 以下						
比重 (g/cc)	2.46						
莫氏硬度(维氏硬度)	6.0 (Hv 570)						

[0126] < 试验结果 >

[0127] 将对依照所述所说明的实施例 2 的制造条件所获得的线锯的研磨粒电镀层的状态进行确认的结果示于表 4。

[0128] 表 4 实施例 2 的试验结果

喷射压力 (MPa)	研磨粒电镀层的状态		
	镀敷剥离	研磨粒的露出	镍层的硬度
[0129] 0.20	无	略微不足	HV 500
0.25	无	良好	HV 550
0.30	略微剥离	露出且局部脱落	HV 580

[0130] 根据以上内容,确认于喷射压力 0.20 ~ 0.30MPa 的整个范围内获得通过研磨粒的露出而形成切割刃且镍层的硬度上升的效果。

[0131] 另外,确认于与实施例 2 中所使用的球状珠粒的关系下,在将喷射压力设为 0.25MPa 的情况下,研磨粒电镀层可处理为最佳状态。

[0132] 此外,确认与所述实施例 1 相比,使用相对于实施例 1 中所使用的球状珠粒为低密度且低硬度的球状珠粒的实施例 2 中,与实施例 1 的情况相比,最佳的喷射压力朝高压侧位移。

[0133] 实施例 3

[0134] < 试验条件 >

[0135] 除作为表面处理中所使用的球状珠粒而使用陶瓷系的硬质珠粒(不二机贩制造的“FHB”) #600 (粒径 38 ~ 10 μm) 的方面以外,与实施例 1 相同。

[0136] 此外,实施例 3 中所使用的球状珠粒的组成及物性(除粒径以外) 如表 1 所示。

[0137] < 试验结果 >

[0138] 将对依照所述所说明的实施例 3 的制造条件所获得的线锯的研磨粒电镀层的状态进行确认的结果示于表 5。

[0139] 表 5 实施例 3 的试验结果

喷射压力 (MPa)	研磨粒电镀层的状态		
	镀敷剥离	研磨粒的露出	镍层的硬度
[0140] 0.15	无	略微不足	HV 500
0.20	无	良好	HV 550
0.25	略微剥离	露出且局部脱落	HV 580

[0141] 根据以上内容,确认与实施例 1 相同,在喷射压力 0.15 ~ 0.25MPa 的整个范围内,获得通过研磨粒的露出而形成切割刃且镍层的硬度上升的效果。

[0142] 此外,实施例 3 中所使用的珠粒除粒径较小的方面以外,与实施例 1 中所使用的球状珠粒相同,该球状珠粒的喷射压力的最佳值与实施例 1 的情况相同,为 0.20MPa。

[0143] 根据该实施例 1 与实施例 3 的比较结果,可判断所使用的球状珠粒的粒径变化对喷射压力的最佳值的变化影响较少。

[0144] 比较例 1

[0145] < 试验条件 >

[0146] 代替实施例 1 中的表面处理,而使用氧化铝制的砂粒(不二制作所制造的“白刚玉(White Alundum)”) #400 (粒径 44 ~ 37 μm)、硬度 HV2000,以喷射压力 0.10MPa、0.15MPa 进行利用喷砂的蚀刻。其他条件与实施例 1 相同。

[0147] < 试验结果 >

[0148] 将对依照所述说明的比较例 1 的制造条件进行利用喷砂的蚀刻后的研磨粒电镀层的状态进行观察的结果示于表 6。

[0149] 表 6 比较例 1 的试验结果

[0150]

喷射压力 (MPa)	研磨粒电镀层的表面状态		
	镀敷剥离	研磨粒的露出	镍层的硬度
0.10	无	缎纹状粗糙且未露出	未上升
0.15	存在剥离	确认研磨粒的脱落与碎屑。 露出不良	未上升

[0151] 根据以上内容,确认使用氧化铝制的砂粒的利用喷砂的蚀刻中,既未实现研磨粒的适当露出,也未实现镍层的硬度上升。

[0152] 而且,通过比较例 1 的方法经处理的研磨粒电镀层中,镍层的表面缎纹状粗糙,成为破坏的起点的伤痕遍及整体形成,故而,认为由此产生镍层的强度的降低,进一步产生线锯自身的强度降低。

[0153] 比较例 2

[0154] < 硅晶锭的切割试验 >

[0155] 分别使用通过所述实施例 1 中所记载的方法所制造的本发明的线锯(实施例 1)与通过与实施例 1 相同的方法形成研磨粒电镀层后未进行表面处理的状态的线锯(比较例 2),进行硅晶锭的切割。

[0156] 使用实施例 1 的线锯所切割的硅晶锭的切割面(参照图 9)与使用比较例 2 的线锯

所切割的硅晶锭的切割面(参照图 13)相比,切削宽度明显较小,切割面的粗糙也较少,凹凸小而美观,并且,可笔直地进行切割。

[0157] 据此,可判断通过使用本发明的线锯,可一并减少参照图 6B 所说明的切割裕度 δ 、研磨裕度 t ,结果,可以从相同长度的晶锭切出更多产品,并且可缩短切出后的研磨时间。

[0158] 并且,比较例 2 的线锯中,相对于表面存在大量凸部的使用前的状态(参照图 12),使用后表面的凸部几乎消失(参照图 14),因切割硅晶锭而通过电镀附着于表面的研磨粒几乎脱落,成为无法再使用的状态。

[0159] 与此相对,实施例 1 的线锯中,可确认即便用于切割之后(参照图 10),也以与使用前(参照图 8)大致同样的状态残留有凸部,根据本发明,可提供一种不仅能够获得无粗糙的美观的切割面,且难以产生研磨粒的脱落而寿命长的线锯。

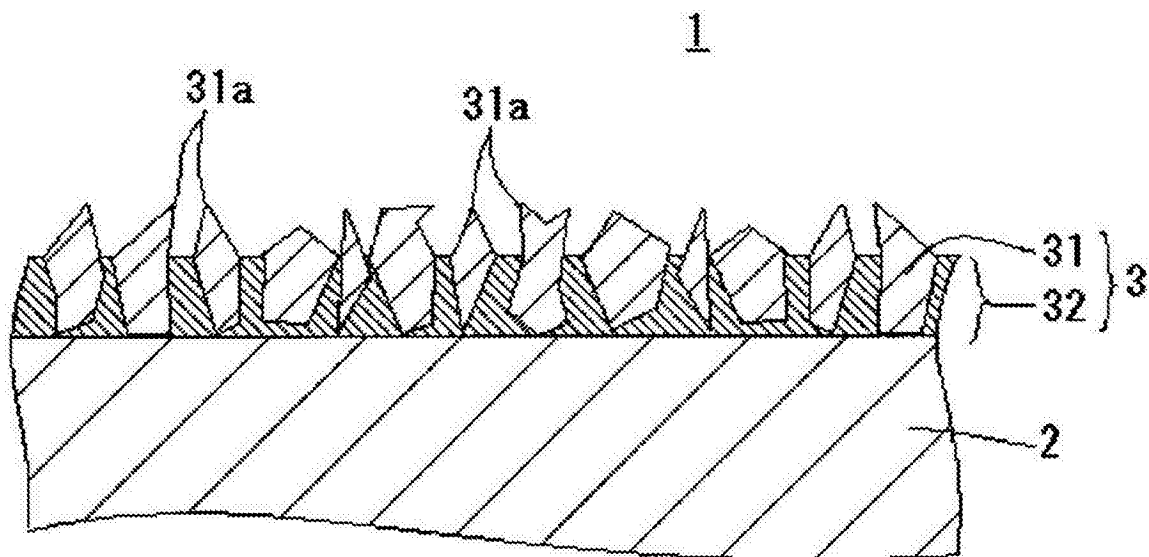


图 1

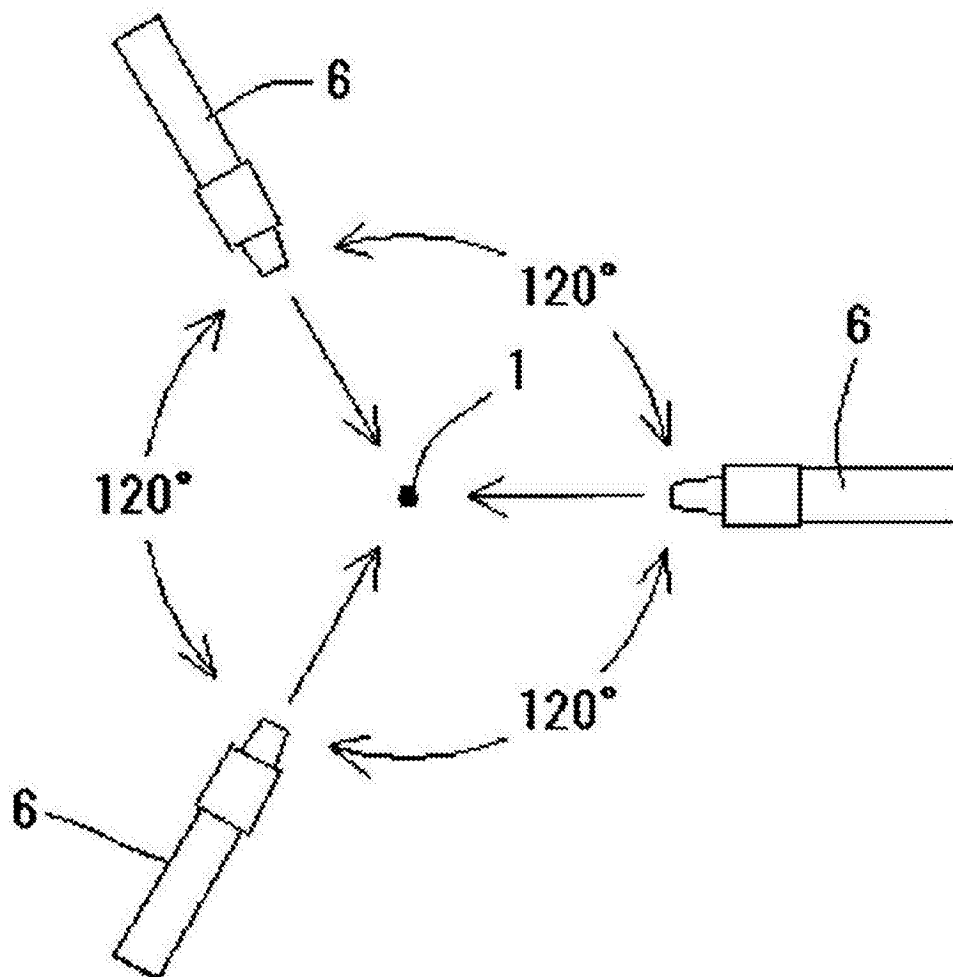


图 2

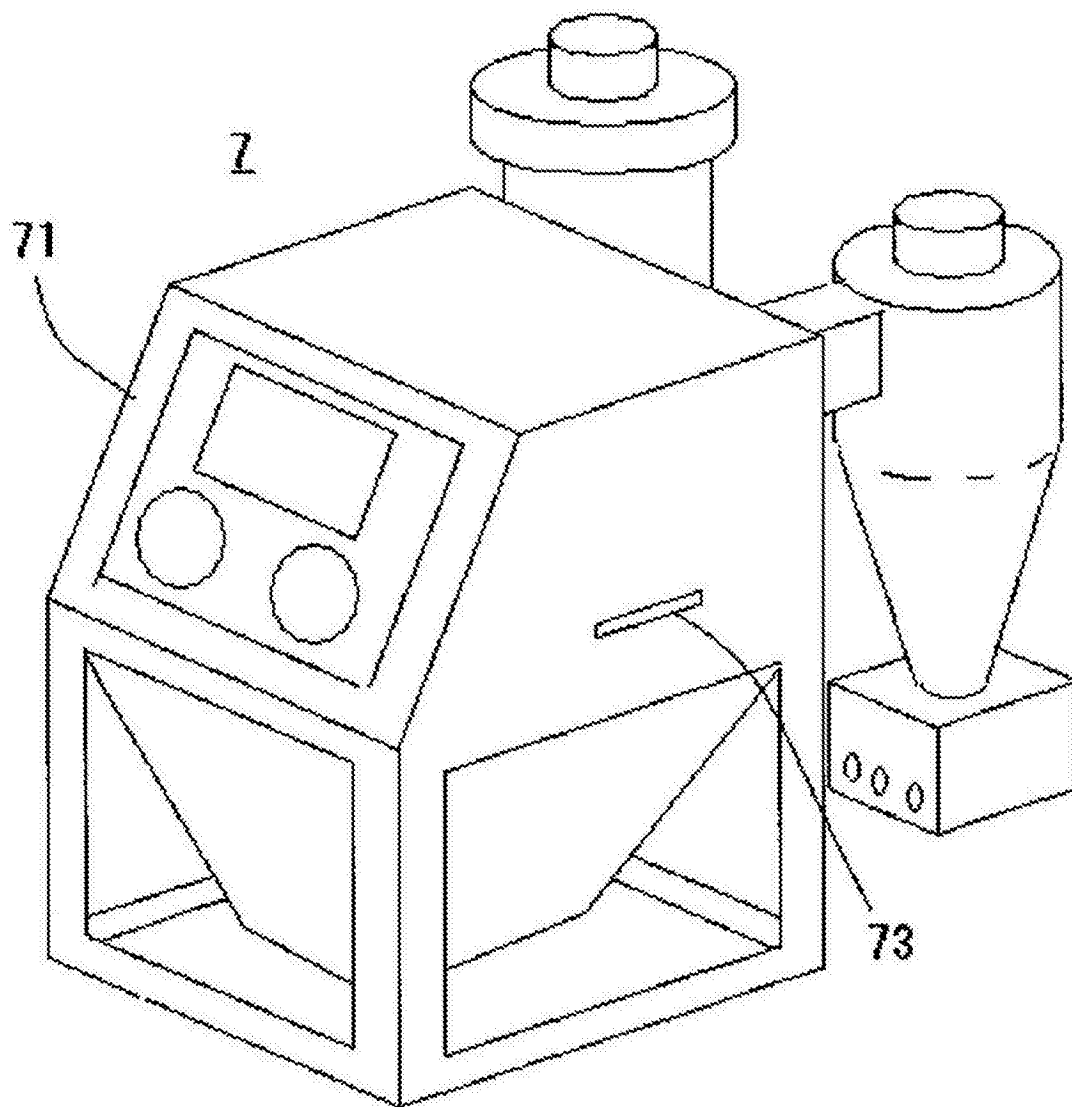


图 3

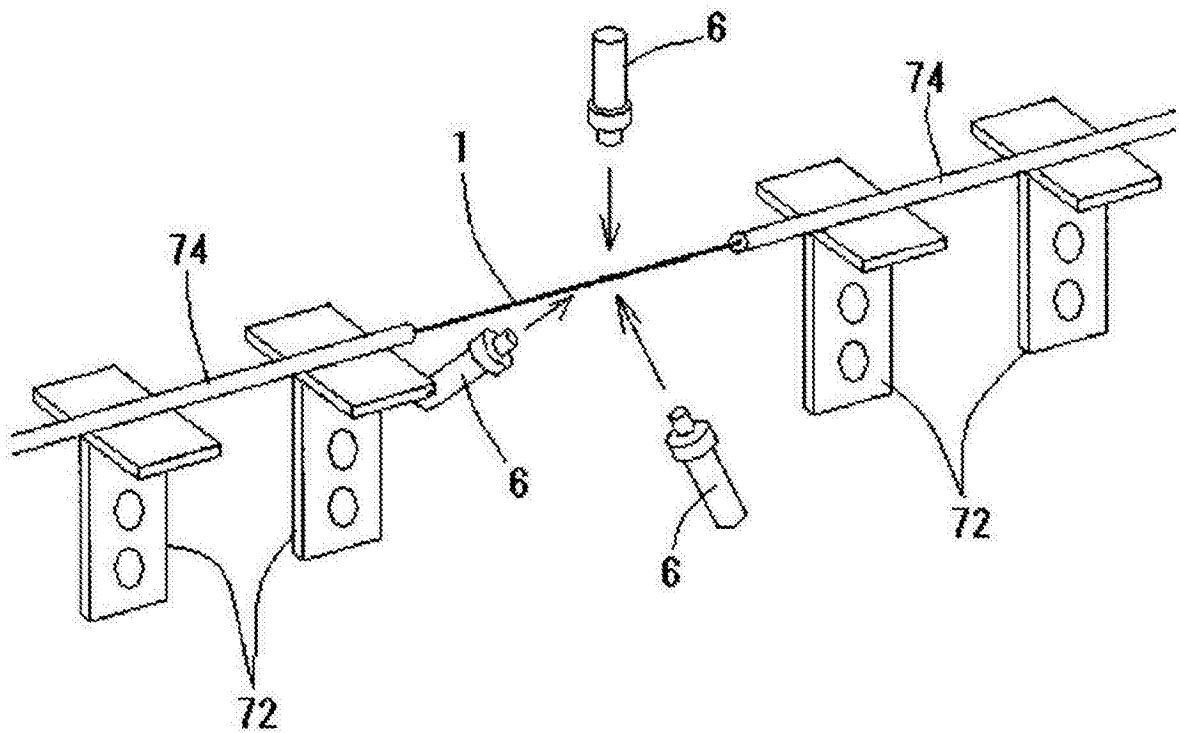


图 4

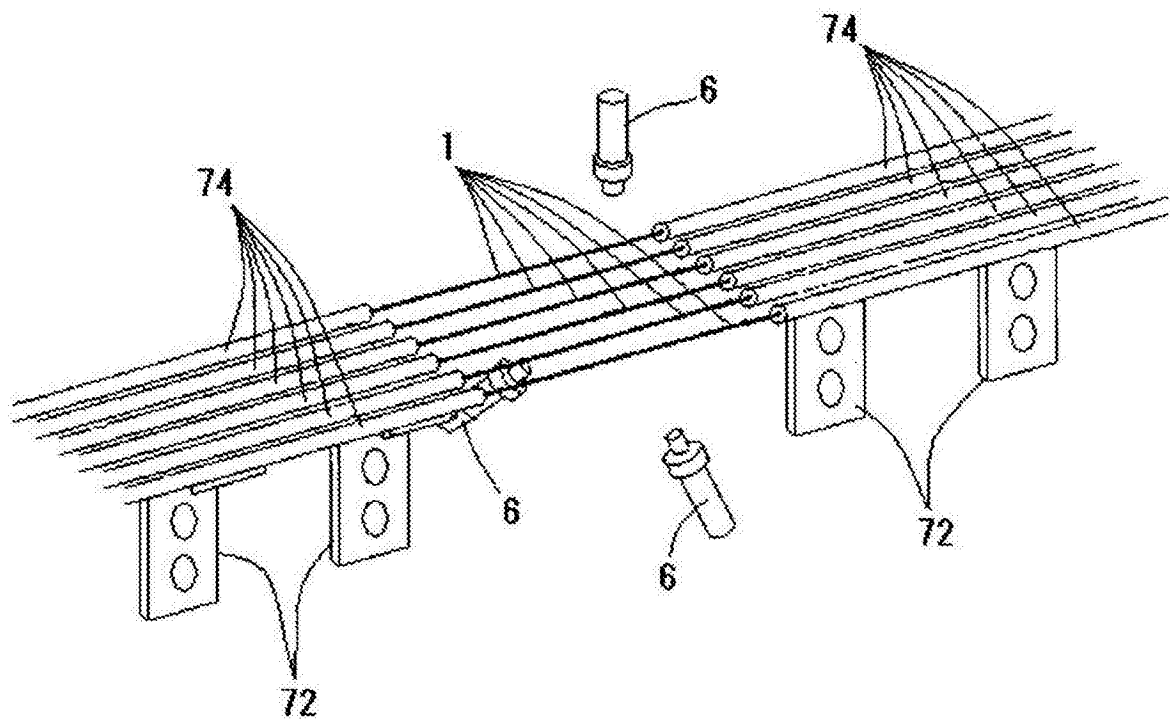


图 5

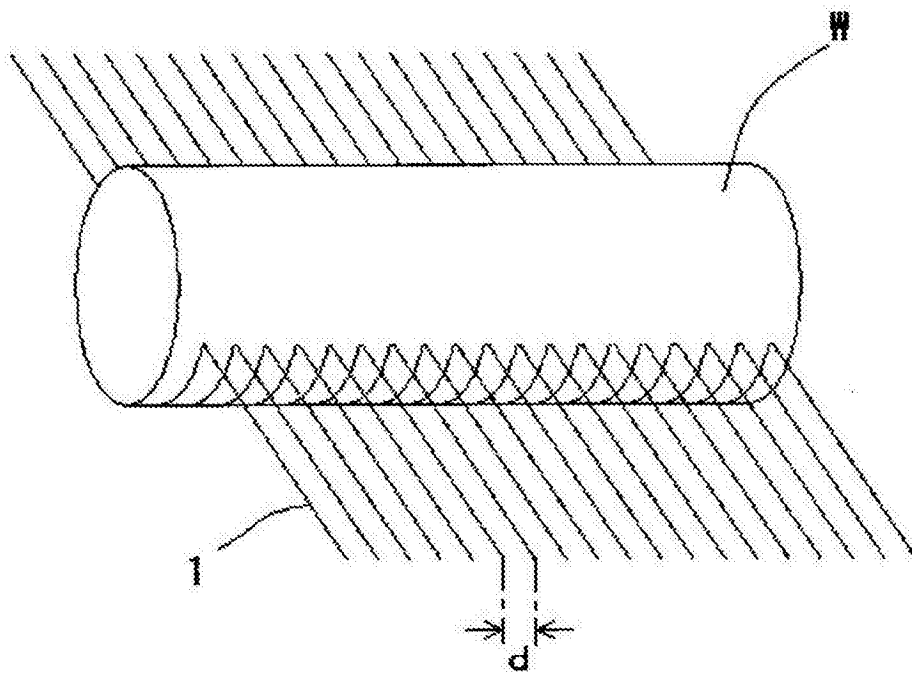


图 6A

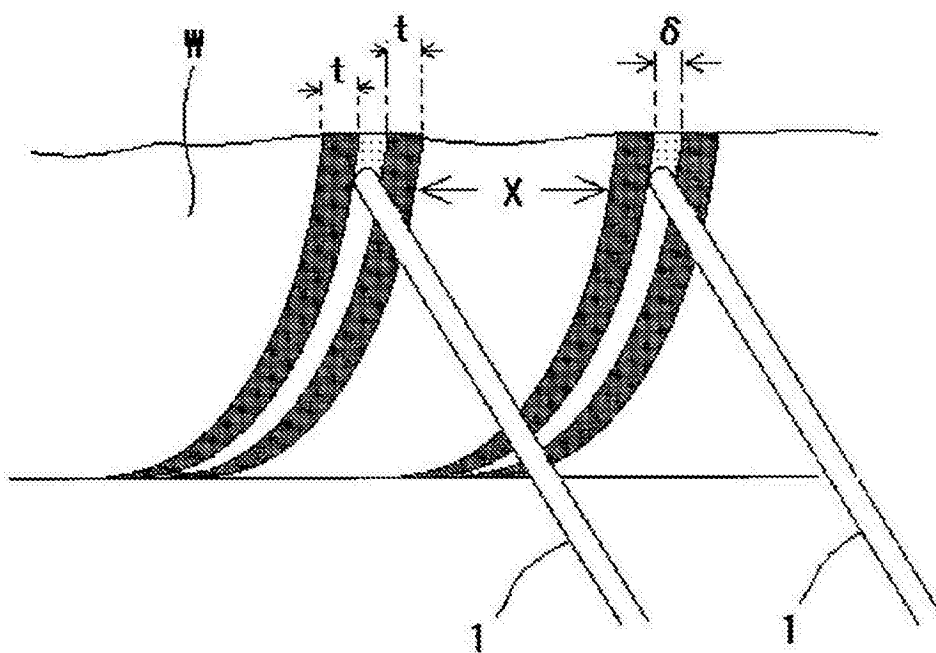


图 6B

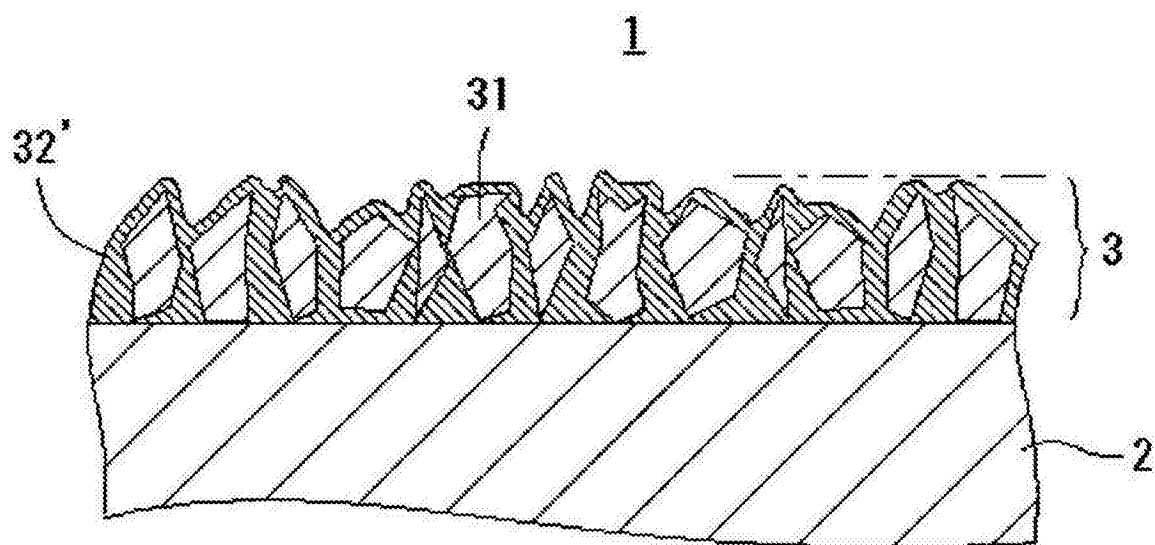


图 7

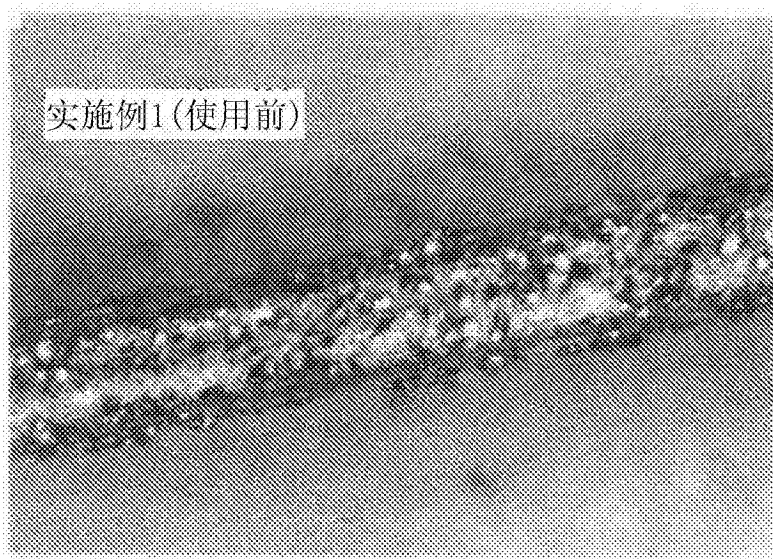


图 8

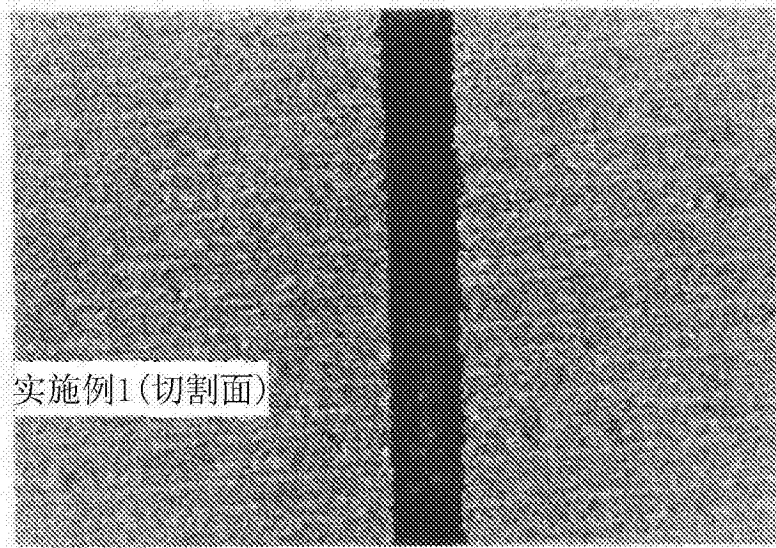


图 9

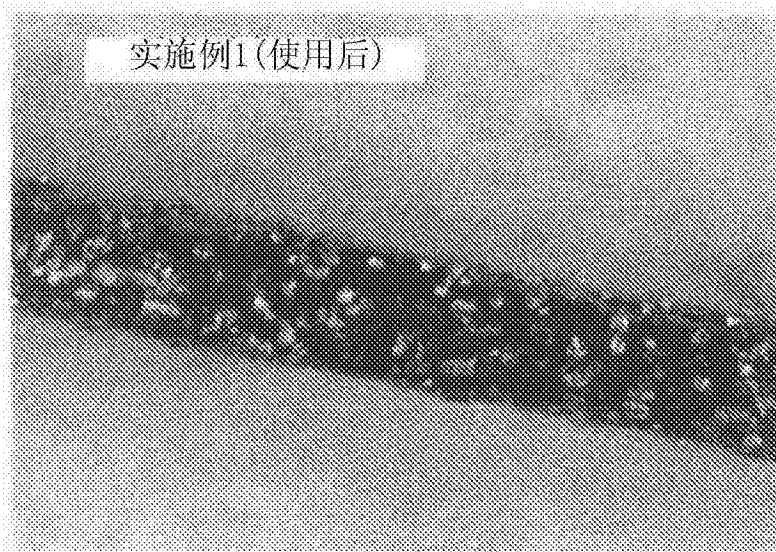


图 10

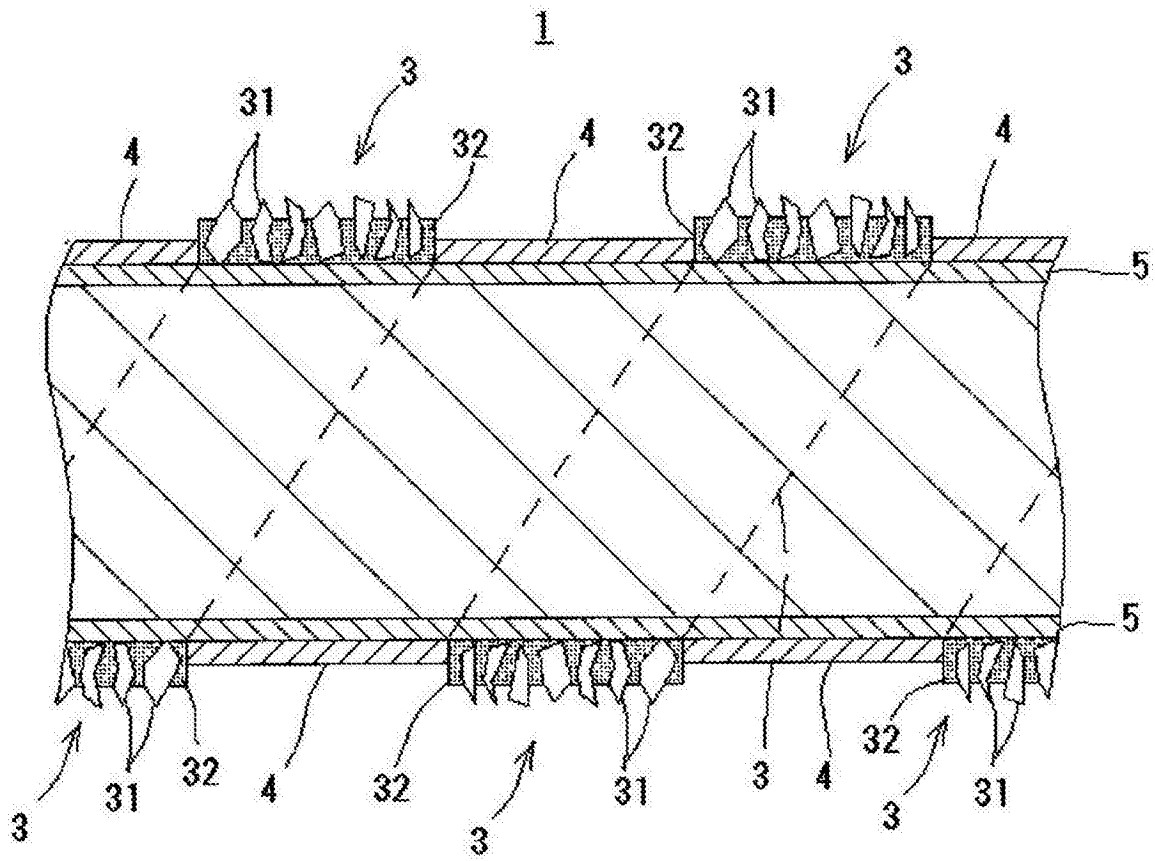


图 11

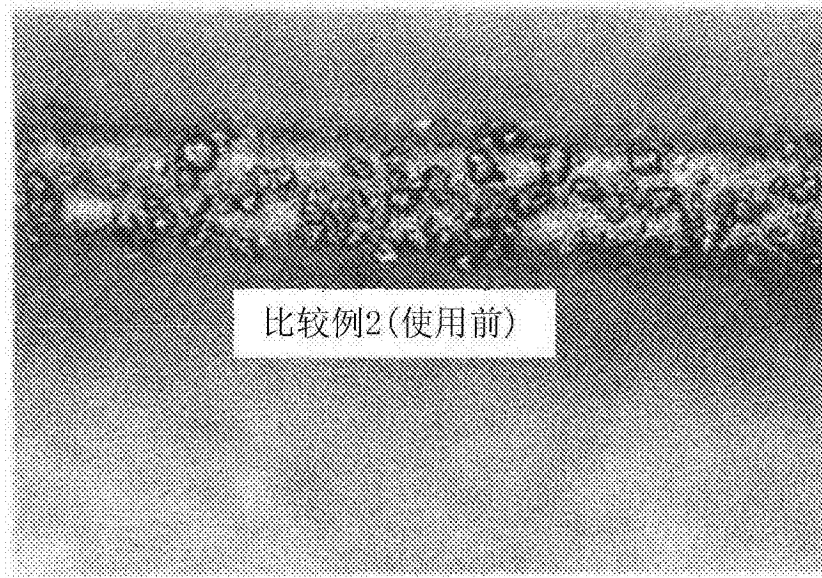


图 12

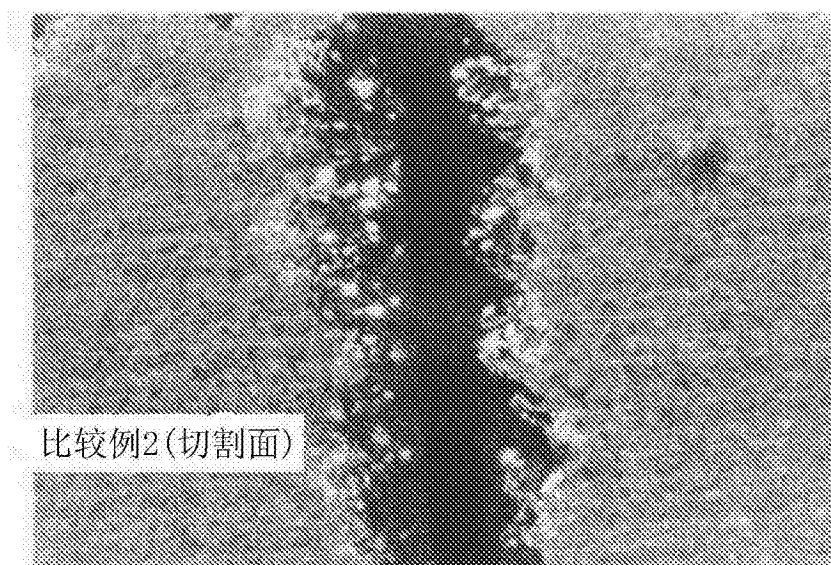


图 13

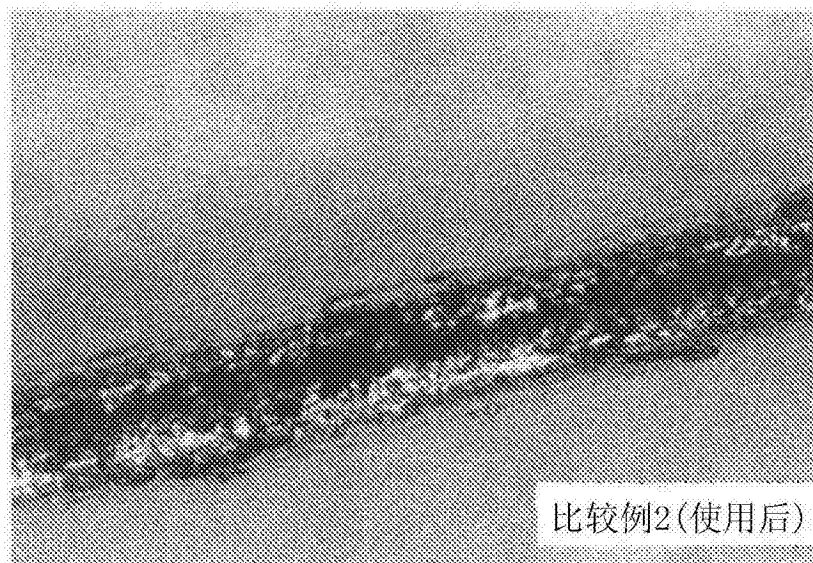


图 14