



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104411840 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 11

(21) 申请号	201380020193. 0	<i>B23H 9/00</i> (2006. 01)
(22) 申请日	2013. 02. 15	<i>C21D 7/08</i> (2006. 01)
(30) 优先权数据		<i>C21D 1/06</i> (2006. 01)
	12155655. 9 2012. 02. 15 EP	<i>C23C 24/04</i> (2006. 01)
(85) PCT国际申请进入国家阶段日		<i>B23P 9/04</i> (2006. 01)
	2014. 10. 15	<i>C21D 9/40</i> (2006. 01)
(86) PCT国际申请的申请数据		
	PCT/EP2013/053092 2013. 02. 15	
(87) PCT国际申请的公布数据		
	W02013/121005 EN 2013. 08. 22	
(71) 申请人	长寿工程公司	
	地址 卢森堡卢森堡市	
(72) 发明人	瓦连京·基斯洛夫	
	斯坦尼斯拉夫·基斯洛夫	
(74) 专利代理机构	北京集佳知识产权代理有限公司	
	11227	
	代理人 郑斌 顾晋伟	
(51) Int. Cl.		
	<i>C21D 1/38</i> (2006. 01)	
	<i>F16C 33/12</i> (2006. 01)	

权利要求书2页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称
金属表面的局部淬火

(57) 摘要

本发明涉及一种金属材料表面处理方法和系统,所述方法包括以下步骤:通过电火花电极对工件表面进行电火花处理,其中所述金属材料主要为铁素体钢、珠光体钢和/或奥氏体钢,所述方法在工件表面形成具有马氏体微观结构的薄层。可以通过另外的步骤将蛇纹石和石英随机掺杂加入表面结构。

1. 一种金属工件表面处理方法,所述方法包括以下步骤:

通过电火花电极对工件表面进行电火花处理,其中,工件的材质为铁素体钢、珠光体钢和/或奥氏体钢,所述方法在工件表面形成具有马氏体微观结构的薄层或将工件表面的薄层转化为马氏体微观结构。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述电火花电极由一种耐磨合金制成,例如BK8(ISO K30/40)、T5K10(ISO P30)、BK100M(ISO M30)等WC-Co型硬质合金,或由95X18(GOST 5632相当于X105CrMo17,1.4125)等钢材。

3. 根据前述权利要求之一所述的方法,其中,所述工件在处理之前的初始表面粗糙度是 $Ra(C.L.A.) = 0.01 \sim 1.6 \mu m$,更优选为 $Ra = 0.1 \sim 1.6 \mu m$ 。

4. 根据前述权利要求之一所述的方法,其中,所述电极和工件在处理过程中存在相对运动,优选地,至少工件在旋转,优选旋转速度为 $0.1m/min \sim 1m/min$ 。

5. 根据前述权利要求之一所述的方法,其中,所述电极绕其纵轴进行旋转,优选旋转速度为 $10rpm \sim 1500rpm$ 。

6. 根据前述权利要求之一所述的方法,其中,与工件接触的所述电极尖端在处理过程中沿其纵轴往复运动,优选频率为 $40Hz \sim 50000Hz$ 。

7. 根据前述权利要求之一所述的方法,其中,所述电火花电极与所述工件之间没有电解质。

8. 根据前述权利要求之一所述的方法,其中:

i) 电火花处理将工件表面的薄层转化为马氏体微观结构,不会使电火花电极材料沉积在工件表面;或者

ii) 电火花处理将工件表面的薄层转化为马氏体微观结构,并另外使电火花电极材料沉积在工件表面。

9. 根据前述权利要求之一所述的方法,其中,在电火花处理后,通过工具(N1、N2、N3)对工具表面进行致密化处理,优选通过轧制或压轧。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中,工具(N1、N2、N3)的硬度优选为 $>60HRC$ 。

11. 根据权利要求9或10所述的方法,其中,工件在致密化处理过程中旋转,优选旋转速度为 $3m/min \sim 300m/min$ 。

12. 根据前述权利要求之一所述的方法,所述方法进一步包括步骤(iii)向已处理工件表面掺杂矿物颗粒,其中,优选地在所述工件表面产生不规则空腔/凹痕/锯齿的随机分布图案。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述矿物颗粒位于悬浮液中,其中,工件在处理之前或处理过程中浸没在所述悬浮液中使用所述悬浮液浸湿。

14. 根据权利要求12或13所述的方法,其中,所述矿物颗粒被压头压入工件表面,以填充所述表面的微孔或不平整区域。

15. 根据权利要求12-14中任一权利要求所述的方法,其中,所述矿物至少包括以下组分之一:蛇纹石和石英。

16. 根据权利要求10-15中任一权利要求所述的方法,其中,所述矿物包含下列物质组成的组中的至少一种:光学石英、 SiO_2+Fe 、煅烧蛇纹石、焙烧 $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$ 、异性石、 $Na_{12}Ca_6Zr_3[Si_3O_9][Si_9O_{24}(OH)_3]_2$ 、斜锆石、单斜晶 ZrO_2 、氧化锆、熔凝锆土,对其进行压碎、筛

选和 / 或碾磨以获得微米或纳米级别的颗粒,利用 MgO 和 / 或 CaO 和 / 或 Y_2O_3 进一步稳定的氧化锆,钛磁铁矿。

17. 一种处理金属工件表面的装置,优选按照前述权利要求中所述的任何一种方法,所述装置包括:

用于对工件表面进行电火花处理的电极,

其中,工件的材质为铁素体钢、珠光体钢和 / 或奥氏体钢,所述方法在工件表面形成具有马氏体微观结构的薄层。

18. 根据权利要求 17 所述的装置,进一步包含用于进行前述权利要求中所述的致密化处理和 / 或矿物掺杂处理所需的工具 N1 至 N3 中的至少一种。

金属表面的局部淬火

[0001] 本发明涉及一种金属材料表面处理方法和系统,特别是根据本发明与金属表面硬化有关的方法和系统,可选地与硬化表面致密化有关,或进一步可选地使用矿物进行表面改性以获得所需的机械旋磨和 / 或摩擦腐蚀性质。

背景技术

[0002] 大多数钢、铁素体钢和奥氏体钢难以氮化或增碳。渗碳和 / 或渗氮等热化学处理将影响组件的尺寸稳定性,从而需要进行进一步加工,限制金属材料的选择,由于需要加热整个待热处理加工部件 / 组件,导致耗费更多时间并需要更多步骤。

[0003] 众所周知,在现有技术中,激光可用作可控热源对金属部件表面进行淬火。当激光经过钢表面时,非常薄的浅表层快速升温达到奥氏体稳定存在的高温区域,然后根据金属组件的材料质量进行淬火冷却(快速冷却或自动淬火),导致形成马氏体。该马氏体是非调质的,倾向于获得非晶态微观结构。

[0004] 另一种使用激光热源的现有技术中提出“激光渗氮”,这种九十年代开发的技术利用紫外准分子激光($\lambda = 308\text{nm}$)对灰口铸铁缸套进行局部氮化。该技术工艺以及在铸铁表面产生的表层已经公开,例如专利申请 DE 197 06 833 A1, DE 197 42 739 A1 和 DE 10 2006 057 940 A1。例如,经过该激光渗氮工艺反复处理后,约 16-18wt% 的氮被稀释渗入灰口铸铁表面,深度可达到 $2\mu\text{m}$ 。激光处理可以局部作用于需要处理的金属材料表面。然而,激光处理需要为获得激光光源进行大量投资。

[0005] 表面淬火的另一种现有技术是感应淬火。在此技术中,铁磁钢的整个表面被磁场加热。通过非晶化和 / 或纳米化,钢的硬度增加至大约 850-1000HV(维氏角锥硬度值 HV)。这种技术常用于齿轮。采用高频率的双频磁场,在短时间内施加很高功率可减少渗透深度,如专利 FR 2 790 007 中所述。然而,磁场仅能处理特定几何形状的物体。此外,电磁淬火需要花费大量资金购买高频率高功率的磁场发生器。

[0006] 另外,美国专利 US 2011/0135845 中提供了电火花表面处理技术,通过脉冲放电的能量融化电极材料对金属进行特别处理(表面合金化技术)。

[0007] 本发明的目标是克服或减少现有技术方法的障碍。特别是,本发明的目标是提供一种方便可靠的工件表面处理方法和装置,优选地局部施加于承受摩擦载荷的金属材料表面。

[0008] 本发明的另一个目标是提供对金属工件表面进行淬火的设备和方法。本发明的另一个目标是提供对已处理表面进行致密化的设备和方法。本发明还有一个目标是提供使用矿物进行表面改性以获得所需的机械旋磨和 / 或摩擦腐蚀性质的装置及方法。

[0009] 本发明的目标通过独立的权利要求实现。独立权利要求中进一步定义了优选实施例。

发明内容

[0010] 本发明特别涉及一种局部施加于承受摩擦载荷的金属材料表面的表面处理方法,

金属材料优选为不会影响尺寸稳定性,但能够增加硬度和 / 或抗磨强度的铁素体钢和奥氏体钢。与现有技术“热处理”法相比,本发明的方法的特征在于宏观上的“冷处理”,优选在局部产生马氏体组织薄层。

[0011] 此外,本发明还涉及一种对已处理表面进行致密化的附加或替代方法。

[0012] 本发明的工艺优选将亚表面区域的已有金相结构转化为一种新结构。换句话说,此工艺优选不会在该表面沉积其它材料产生涂层,而是仅仅改变现有材料表面薄层的结构。优选地,与热喷涂等镀膜技术相比,本发明工艺所实现的表面改性不会增加所处理表面的孔隙度。

[0013] 换句话说,本发明中的方法在工件表面形成具有马氏体微观结构的薄层。还是换句话说,本发明中的方法将工件表面的(原有)薄层改造或转化为具有马氏体微观结构的表面薄层。因此,首选避免在工件当前的表面结构上沉积其他材料。如上文所述,与已知的其他方法(例如将工件浸泡在电解液中处理面积较大的表面)相比,此表面处理方法能够在局部实现。例如,本发明中的局部所指的是在所处理工件上,电火花处理电极周围仅仅几微米的范围内。换句话说,工件上直接接受处理的部位仅仅是电火花处理电极下方 $1\ \mu\text{m}$ – 10mm 之间的范围,更优选为 $10\ \mu\text{m}$ – 10mm ,更优选为 $10\ \mu\text{m}$ – 10mm ,更优选为 1mm – 10mm ,进一步优选为 $1\ \mu\text{m}$ – 1mm ;进一步优选为 $1\ \mu\text{m}$ – $100\ \mu\text{m}$;进一步优选为 $1\ \mu\text{m}$ – $10\ \mu\text{m}$,进一步优选为 $0.1\ \mu\text{m}$ – $10\ \mu\text{m}$ 。

[0014] 根据特定实施例,局部处理不是首选通过将工件浸泡在电解质中实现的。换句话说,根据本发明,在电火花处理过程中,电极与工件之间没有电解质。

[0015] 根据进一步优选实施例,电火花表面处理将工件表面薄层转化为马氏体微观结构,其中电火花电极上的其他材料可能沉积在工件表面。此外,本发明还涉及到一种通过预定的可控的方式,将矿物掺杂至工件表面的其它或替代方法,优选产生一种随机或实质上随机分布的微观结构。

[0016] 根据第一种情况,本发明的方法可能包括两个主要步骤:(i) 对金属组件表面进行电火花处理;(ii) 向已经处理过的表面中掺杂矿物颗粒。

[0017] 根据另一种情况,本发明的方法可能包括三个主要步骤:(i) 对金属组件表面进行电火花处理;(ii) 可选地对已经处理过的表面进行致密化处理;(iii) 向已经处理过的表面中掺杂矿物颗粒。

[0018] 应明确指出,上述每个步骤可以分别 / 单独执行,在该步骤之前或之后无需执行其他步骤。下面详细地讨论了三个首选步骤(以下也简称为步骤 1–3)。

[0019] 电火花处理 / 步骤 1

[0020] 本发明中的电火花放电处理采用的是放电装置。该放电设备在待处理金属材料表面产生电火花,诱导该金属材料表面产生强热流。该放电设备(下文中也称为“火花电极”或仅称为“电极”)最好设计为“移动热源”。换句话说,优选地,待处理金属材料组件(也简称为“工件”)可能相对于火花电极移动,反之亦然。优选地,由于该火花处理,工件表面局部区域升温至奥氏体热力学稳定的高温区域,然后优选根据材料量立即进行冷却。所述放电装置和相对运动的组合带来优势,即可能进行所需局部处理,例如优选仅在放电装置产生电火花的位置处理工件。进行局部处理时,优选在放电装置与工件之间不加入电解质,因为此类电解质会导致工件表面被“整体处理”。

[0021] 本发明中对金属材料/工件进行表面处理的系统或装置包括至少一个电极(火花电极)。该电极可能由供电设备提供和/或控制。优选地,向该电极施加交流电压(AC),优选 110V、220/240V 至 380V。优选频率是 50Hz,但不限于此频率。电极供电设备的功耗优选在 0.25kW 和 3kW 之间。

[0022] 电极优选由耐磨合金制成,例如 BK8(ISO K30/40)、T5K10(ISO P30)、BK100M(ISO M30) 等 WC-Co 型硬质合金,或由 95X18(GOST 5632 相当于 X105CrMo17,1.4125) 等钢材制成,但不限于此。适用于此电极的材料还包括碳素工具钢、高速工具钢或合金工具钢,以及与镍、镍/铬或镍/钼合金结合的导电硬质金属。如上文所述,使用火花电极进行表面处理优选仅改变或转换工件表面的原有材料,优选不会将电极材料传递至工件表面。

[0023] 根据一个优选实施例,电极为圆柱形,优选具有圆形或基本为圆形的横截面。该(圆柱形)电极的直径优选为 1mm 至 10mm。该圆柱形电极可能包括一个不限于特定形状的尖端。例如,该尖端可能是平的或尖的。优选地,该尖端为典型的形状。

[0024] 根据本发明,可以对具有不同表面特性的多个金属材料进行处理。优选地,该金属材料在处理之前的初始表面粗糙度是 $Ra(C.L.A.) = 0.01-1.6 \mu m$,更优选为 $Ra = 0.1-1.6 \mu m$,其中 Ra 定义为评定轮廓的算术平均偏差,英寸等效参数是 C.L.A.(中心线平均)。

[0025] 优选地,待处理部件和电极之间在处理过程中有相对运动。换言之,待处理部件和/或电极在处理过程中进行相对运动。优选地,待处理部件进行旋转。优选地,待处理部件表面进行旋转,旋转速度为 0.1m/min-1m/min。另选地或附加地,电极可能在待处理表面上方滑动、滚动或滑滚。

[0026] 此外更优选地,电极(优选为圆柱形电极)绕着自身(纵向)轴线旋转。优选地,该圆柱形电极的旋转速度为 10rpm-1500rpm。该旋转运动可能是连续的或分步进行。

[0027] 此外,优选对待处理表面的特定区域进行至少一次处理,优选为不止一次。例如,材料进行多次双行程运动(往复运动),或优选重复处理多达 10 次。根据进一步优选实施例,重复多达 100 次可以确保实现所需的表面转换和/或深度。后者取决于合金的可硬化性。然而,对于多数预定的性质和大多数常见的合金,仅对工件进行一次处理已经足够。

[0028] 在第一道/第一次处理过程中,优选电极电压为 20-50V。当进行多道/多次处理时,后续的重复处理过程中优选电压 >40V。

[0029] 同时为了生成凹痕/空腔/锯齿,可能需要对电极尖端点沿着其(纵向)轴向致动,优选地,锯齿近似垂直于该表面。此致动(纵向或轴向运动)可以通过电磁致动器、气动、压电致动器或划动-支架系统实现。电极或电极尖端的轴向致动可能使用以下参数执行:致动频率优选为 40Hz-50000Hz。优选地,频率为 50Hz-1000Hz。然而根据本发明,对电极进行超声波致动也是可能的,致动频率 >20000Hz。轴向(振动)幅度优选在 0.005-0.5mm 之间。轴向压凹加工负荷优选为 10g-3000g(0.1N-30N)。

[0030] 致密化/步骤 2

[0031] 电火花处理以及掺杂(请参阅下面的步骤 3)会导致表面发生转变。另外的可选致密化步骤(在本申请书中也表示为“步骤 2”)用于平滑已处理和/或已掺杂的表面区域。这一另外的致密化步骤 2 可用于上述电火花处理(步骤 1)和/或矿物喷涂(步骤 3)之后。然而,优选将此步骤 2 应用于完成步骤 1 之后或优选应用于步骤 3 之前。

[0032] 例如,机械锤击是用于表面加工的新方法。使用球形硬质合金工具,通过振荡运动反复冲击工件表面进行改性。在锤击作用下,这种方法可以增加硬度或残余应力。机械锤击适合通过冷加工硬化将表面薄层(100-500nm)进行塑化,从而增加亚表面层的残余压应力,而不是采用电火花淬火这样的快速加热方法。然而根据本发明,优选应避免锤击。

[0033] 根据本发明,优选在电火花处理后对表面进行致密化处理,优选采用其他方法。特别是,根据本发明的表面致密化可以通过轧制或压轧实现。

[0034] 优选使用(金属)工具对工件施加压力,以完成此处理。例如金属球或辊轮,优选由硬质材料制成。该工具的硬度优选>60HRC。通过所述工具向工件表面施加接触压力,例如通过滚动、滑动或其他方式。根据一个优选的实施例,工件在处理过程中旋转,待处理表面的旋转速度优选为3m/min-300m/min。

[0035] 根据一个进一步优选的实施例,所述工具向待处理表面靠近,直至两者相接触。然后所述工具沿着工件的旋转轴移动,在工件表面的移动速度为0.01-10mm/转,接触压力为0.5kg/mm²-100kg/mm²。双行程(往复)运动的次数多达10次。优选对需要处理的整个部位进行表面致密化处理。

[0036] 矿物处理 / 步骤3

[0037] 如上文所述,本发明的方法可分为两个步骤,即金属部件表面的电火花处理,以及可选地(另外地),向经过处理的表面掺杂矿物颗粒。根据本发明的一个优选实施例,步骤2是步骤1和3之间的可选步骤。

[0038] 根据本发明,摩擦表面可能掺杂各种矿物的纳米或亚微米级颗粒。优选将颗粒/颗粒物均匀分散在一种流体中,优选为油、甘油、聚乙二醇或水等液体。换句话说,优选以悬浮液形式提供所述颗粒。为了使颗粒物均匀分布,优选使用液体作为待掺杂颗粒物的载体。优选地,仅在掺杂过程中使用所述悬浮液,优选不作为润滑油使用(例如用于泵体油路)。优选将待处理表面浸没在所述悬浮液中或使用所述悬浮液浸湿。

[0039] 将所述矿物压入和/或嵌入待处理表面区域时,优选使用压头工具(下文中也简称为“压头”)。此外,压头还用于填充待处理材料表面的微孔和不平整区域。相应地,所述表面粗糙度减小;所述表面变得光滑。

[0040] 凹痕或矿物的机理如下:(i)通过塑性变形在凹痕周围冷加工硬化,和(ii)通过微腔促进初期流体膜的形成。

[0041] 众所周知,各种形状、直径和深度的微腔能够在启动/停止过程中促进流体膜形成。这种效应在启停过程中(例如径向轴承)有明显优势,并能减少磨损,因为显著缩短了混合和/或边界润滑的距离。此外,所述微腔能存储润滑剂,并在润滑剂缺少或中断时提高应急运行性能。目前,用于在密封圈和轴承上产生微腔的技术倾向于生成均匀分布或谐波模式的排列。例如,激光表面织构(LST)是一种应用广泛的技术,使人们能改善材料承受摩擦载荷表面的微观形貌和结构,同时也能冲压/模锻已知的图案。这些人工或合组织构技术的目的是产生任何形式标准形状的规则结构以及标准间距。与此相反的是,本发明的掺杂方法优选采用简单工艺产生不规则空腔/凹痕/锯齿的随机分布图案。

[0042] 此外,根据本发明,在掺杂过程中优选使用蛇纹石作为固体和矿物添加剂。

[0043] 已知分散在机油中的纳米微粒包括烟灰、CaCO₃、MoS₂和石墨(ELF ANTAR中的“LiquiMoly”或“Molygraphite”)等。有一些新矿物也被称为“地质添加剂”。例如,在

文献和专利申请中可以找到用于润滑剂的硅酸盐基混合物 / 添加剂材料。商用润滑剂“FORSAN™”含有 5% (体积) 的硅酸盐颗粒物 (www.forsan.info)。此外, 专利申请 WO 02/18673, DE 10 2004 058 276 和 US 7, 304, 020 都涉及到各种分散在润滑油中的矿物。润滑剂所采用现有技术的常见机理如下。在含有这些矿物的润滑剂发挥作用时, 分散在所述润滑剂中的颗粒物会在摩擦表面形成迁移层。这种机理也可以用于恢复 / 修复磨损表面。在中国研究人员发表的论文中 [Tribology International 37 (2004) 561-567], 对分散在机车发动机 (16V280, 3600kW) SAE 40 (API SD/CC) 机油中的 $\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$ 微粒进行了检测, 该发动机已经累积运行 15 万公里。在缸套表面形成厚度为 8-10 μm 的迁移膜, 该膜的微观硬度约为 780HV。这类机油的缺点是, 事实上所有硅酸盐基微粒都会形成灰, 会堵塞煤烟微粒过滤器并导致催化转化器的活性中心失去活性。所有符合 ACEA 标准的 C1-C4 机油都要求低灰配方 (低于 0.5wt%), 远低于该中国研究论文所使用悬浮液的必要处理率。发动机润滑油含有“地质添加剂”, 硅酸盐基微粒, 它们不适合所有发动机类型 (乘用车和卡车), 通过处理装置后会有灰的累积。

[0044] 根据本发明, 优选使用蛇纹石进行矿物掺杂。特别是, 人们发现根据化学原理, 硅酸盐组中的层状硅酸盐亚组包含蛇纹石。蛇纹石是一种双层硅酸盐。蛇纹石 $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 的化学通式为, 按照整型表达式 (或摩尔指数) 表达式 :

[0045] $\text{X}_6\text{Y}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$,

[0046] 其中 X 代表不同的离子, 例如位于八面体晶格位置的 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Mn^{3+} 、 Cr^{3+} 或 Cu^{2+} ; Y 代表 Si^{4+} 、 Al^{3+} 和 Fe^{3+} 等位于四面体晶格位置的离子。对于镁型蛇纹石, 例如利蛇纹石、叶蛇纹石和纤蛇纹石, 化学式为 :

[0047] $(\text{M}_{3-x}\text{M}_x^{2+})[(\text{Si}_{2-x}\text{M}_x^{3+})\text{O}_5(\text{OH})_4]$,

[0048] 其中 $\text{M}^{2+} = \text{Mg}$ 、 Fe 、 Mn 和 Ni , 以及 $\text{M}^{3+} = \text{Al}$ 、 Fe 和 Cr 。

[0049] 根据本发明优选的蛇纹石粉末可以是天然或合成的。来自天然 / 矿物原料的蛇纹石粉末可能含有多达 10% (重量百分比) 的其他组分, 例如刚玉或硅酸盐, 这些成分是天然存在的, 而不是人为混合的。图 3 说明了被硅、镁和氧组成的蛇纹石填充的空腔。

[0050] 分散液中蛇纹石微粒的浓度优选为 1% 至 20%。此外, 该微粒的适合尺寸优选位于 1 μm 至 50 μm 范围内。

[0051] 进一步优选的矿物是, 例如“光学石英”、 $\text{SiO}_2 + \text{Fe}$ 、煅烧蛇纹石 (优选煅烧温度为 950 $^{\circ}\text{C}$)、焙烧 $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ 、异性石、 $\text{Na}_{12}\text{Ca}_6\text{Zr}_3[\text{Si}_3\text{O}_9][\text{Si}_9\text{O}_{24}(\text{OH})_3]_2$ 、斜锆石、单斜晶 ZrO_2 、熔凝锆土, 对其进行压碎、筛选和 / 或碾磨以获得微米或纳米级别的颗粒。可以通过 MgO 、 CaO 或 Y_2O_3 进一步稳定氧化锆。

[0052] 另一种优选材料是钛磁铁矿 (经验公式 : $\text{Fe}(\text{Fe}_{0.75}\text{Ti}_{0.25})_2\text{O}_4$ 或者化学式为 $\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_2\text{O}_4$)。特别是, 钛磁铁矿是一种复合氧化物类矿物, 磁铁矿固溶体的同晶型系中间成分 (FeFe_2O_4)、钛尖晶石 (Fe_2TiO_4) 和镁钛尖晶石 (Mg_2TiO_4)。钛磁铁矿也是含有固溶体衰变产物 (钛尖晶石、钛铁矿) 以及该衰变产物取代产物 (金红石、板钛矿、钙钛矿等) 的磁铁矿。在自然界中, 钛铁矿组分含量很高 (高达 37%) 的磁铁矿被称为钛磁铁矿, 钛磁铁矿非常常见, 它保留了四面体和八面体子晶格空位中的立方结构。该晶体结构是反尖晶石型。磁铁矿 - 钛尖晶石的单位晶格参数从 8.39 增加至 8.53。钛磁铁矿含有 Al^{3+} 、 V^{4+} 、 Gr^{3+} 、 Mn^{2+} 等掺合物。其形态为八面体晶体, 更常见的是颗粒状聚集体和黑色物质。其莫氏

硬度为 5.0–5.5 ;密度为 4800–5300kg/m³。尽管钛尖晶石本身是顺磁性的,但钛磁铁矿具有很强的铁磁性。钛磁铁矿居里点特征的两个范围是 0–100℃ (FeFe₂O₄ 含量高达 20% 的钛尖晶石) 和 500–570℃ (Fe₂TiO₄ 含量高达 10% 的磁铁矿)。钛磁铁矿固溶物的部分分解导致热剩磁的自反向磁化,这是古地磁研究中使用的一种现象。

[0053] 根据本发明中大部分实施例,用于分散微粒的基础油的化学性质基本上无关紧要。优选地,分散剂流体的粘度在“水”(40℃, 1mPas) 和“黄油”(40℃, 10000mPas) 之间。

[0054] 为了减少摩擦,优选使用蛇纹石,优选含有蛇纹石组分或蛇纹石为唯一的组分。为提高耐腐蚀性和 / 或耐磨损性能,优选使用石英作为组分或唯一的组分。此外,为减少摩擦、提高耐腐蚀性能并减少磨损,优选使用蛇纹石和石英的组合物,优选比例为 50:50。

[0055] 为了生成凹痕 / 空腔 / 锯齿,可能需要对电极尖端点沿着其轴向致动,优选地,锯齿近似垂直于该表面。此轴向致动可以通过电磁致动器、压电致动器或划动 – 支架系统实现。所述轴向致动的特征是具有至少下列参数之一:

[0056] 频率:40Hz 至 50000Hz。

[0057] 轴向幅度:0.005 至 0.5mm

[0058] 轴向压凹加工负荷:50g 至 3000g

[0059] 所述压头优选由硬质材料制成。特别是,“压头”一词指的是一种工具,例如工具 N1(辊)、工具 N2(金属球)或工具 N3(超声波设备作业工具),下文中将详细说明。压头的优选材质是基于碳化钨和碳化钛,含有镍、镍 / 钼或钴的硬质合金;天然或人造金刚石,或聚晶金刚石(PKD)。硬质金属也可能由硬质相的混合物组成,例如 WC、Cr₂C₃、TiC、TaC 和 / 或 NbC。

[0060] 根据图中所示的一个优选的实施例,蛇纹石粉末至少包含以下组分之一,优选为所有下列组分:叶蛇纹石、利蛇纹石和滑石。根据优选的实施例,蛇纹石粉末由约 45wt% 的叶蛇纹石、约 45wt% 的利蛇纹石和约 10wt% 的滑石构成。在物相组成方面,蛇纹石粉末中的这些成分可能不同。

[0061] 已经获得经过上述蛇纹石粉末处理后样品的显微照片。通过扫描电子显微镜(SEM)获得的显微照片显示出亚微米级的片状形貌。扫描电镜照片的元素分布图证实,所使用的蛇纹石粉末由镁、硅和氧组成。一些含有铝和钙的杂质是来自所用矿石的自然物质,而铁杂质来自于研磨过程。

[0062] 图 7 显示了球磨粉末的典型样式 / 形貌

附图说明

[0063] 参考以下实施例的详细说明并结合附图,可以更充分了解并更好地理解这些实施例的各种特点,其中:

[0064] 图 1 显示了利用聚焦离子束(FIB)切割获得的,经处理 X12Cr13 表面的横截面示意图;

[0065] 图 2 显示了利用透射电镜(TEM)获得的,图 1 中所示经处理 X12Cr13 表面的横截面的放大示意图;以及

[0066] 图 3 显示了带有空腔 / 凹痕的蛇纹石的扫描电镜显微图像;

[0067] 图 4 显示了测定样品 PT507(电火花处理)中硅、镁和氧元素分布的扫描电镜显微

图像 [左列 :放大倍数 1000x ;右列 :放大倍数 500x]

[0068] 图 5 显示用作工具 N1 的辊轮 ;

[0069] 图 6 显示了带有金属球的工具 N2 的示例 ;

[0070] 图 7 是用于已公开实施例的蛇纹石粉末的扫描电镜显微图像 ;以及

[0071] 图 8 显示了工具 N3 的示例。

具体实施方式

[0072] 根据本发明对 X12Cr13 (~ 20Cr13) 钢进行了电火花处理 (样品 PT501), 横截面如图 1 和图 2 中所示。

[0073] 如图 1 所示, 根据操作参数的不同, 会产生不同深度的转化区 100。图 1 中的转化区深度大约为 $4\mu\text{m}$ 。

[0074] 经过激光淬火之后, 该区域在微观结构上由微米或纳米级晶粒构成, 晶粒的平均尺寸小于下方未经处理的材料。图 1 中受到影响的区域或穿透深度约为 $3-4\mu\text{m}$, 显示为含有 FeCr_2O_4 的马氏体。转化层的晶粒尺寸减小, 但仍为结晶。形成 FeCr_2O_4 表明处理过程中局部达到很高温度, 尽管可能时间较短。图 1 中经过处理的铁素体 X12Cr13 (1. 4006 ; 在俄罗斯表示为 12X13-III, 接近 X20Cr13) 基体显示, 晶界上存在 M23C6 碳化物。

[0075] 图 2 突出显示了氧化夹杂物 FeCr_2O_4 , 以参考符号 200 作为标记。所形成的马氏体是带有双晶的板条马氏体。图 2 清楚地显示, 电火花处理没有产生非晶态微观结构。经纳米硬度计 (Fischerscope H100) 测定, 未处理 X12Cr13 表面的平均万能硬度及平均塑性硬度如下 :

[0076] - 万能硬度 : $2260\text{MPa} \pm 70\text{MPa}$

[0077] - 塑性硬度 : $2530\text{MPa} \pm 80\text{MPa}$ 。

[0078] 图 1 中所示的处理导致硬度增加, 与图 1 显示的结果一致

[0079] - 万能硬度 : $4300\text{MPa} \pm 700\text{MPa}$

[0080] - 塑性硬度 : $6300\text{MPa} \pm 1000\text{MPa}$ 。

[0081] 为达到所需的影响区深度, 可以重复进行本发明中的处理。为避免马氏体退火, 优选进行两次处理。根据所涉及金属 / 钢的冶金性能和退火温度, 可以采用反复处理。

[0082] 由于采用本发明的局部处理方法, 不会对部件整体进行加热。这可以确保在处理过程中和处理之后不会影响其他部位的尺寸稳定性, 同时能避免需要进一步加工和精加工。因此, 优选仅处理部件 / 组件上承受摩擦载荷的部位。这扩大了用于摩擦用途的金属材料选择范围, 因为无需进行渗氮或渗碳等热化学处理。

[0083] 图 4 显示了电火花处理的结果。使用配有 BRUKER 的 EDX 检测器 “X-Flash” 和 “Quantax 4000” 软件的蔡司 Supra 40 扫描电镜, 拍摄了这些 SEM 照片。左列照片的放大倍数为 1000x (x = 倍)。右列中相应照片的放大倍数为 5000x。

[0084] 首行 (第 1 行) 的 (SEM) 照片显示了由空腔、凹痕或锯齿构成的网络。第 2 行至第 4 行的扫描电镜照片, 显示了每种元素叠加在首行扫描电镜照片上的元素分布。这些元素是硅 (Si, 第 2 行)、镁 (Mg, 第 3 行) 和氧 (O, 第 4 行), 因为蛇纹石由这些元素构成, 而 X12Cr13 钢不是这样。蛇纹石的所有这三种主要元素都位于空腔内, 证明已通过压头将蛇纹石掺杂至 X12Cr13 表面。

[0085] 图 4 还显示出,几乎所有空腔都填充了蛇纹石。

[0086] 在下面表 1 的第 3 列中,概述了图 4 中所示样品“1.2-10IIIT 1.2 PT501”的详细制备方法。表 1 的第 2 列概述了优选的参数范围。

[0087] 表 1

[0088]

	本发明的操作条件的 优选范围	PT501 (1.2) 1.2-10 IIIT
部件材料	金属和合金	X12Cr13 (1.4006; 12X13-III)
步骤 1 (电火花淬火)		
初始表面粗糙度	Ra=3.2 μ m 至 Ra=0.1 μ m	Ra=1.6 μ m 至 Ra=2.2 μ m
电极材料	VK8、T5K10、VK10OM 或 95X18 钢材	VK8
电极尖端形状	不相关	平头杆
电极直径	1mm 至 10mm	3mm
电极的自动旋转速度	10rpm 至 1500rpm	800 rpm
在部件表面的行进速度， mm/转	0.01-2	0.8
电极上的轴向负荷	50g 至 3000g	200g
电极轴向振动频率	100Hz 至 50000Hz。	400 Hz
电极轴向振动幅度	0.01mm 至 0,5mm	0.20 mm
电极上电压幅值，[V]	第一次: 20-40 V, 后续: >40 V	第一次: 30 V, 后续: 50 V
电源电压	220 V	220 V
电源频率	50 Hz	50 Hz
步骤 2 (致密化)		
工具的材质类型	N1、N2 或 N3	40X 氮化钢
刀具的几何形状		辊轮
部件的转速	3m/min 至 300m/min	30m/min
工具的移动速度，mm/转	0.01 mm 至 10 mm	0.2mm/转
工具承载负荷	0.5kg/mm ² 至 100kg/mm ²	20kg/mm ²
悬浮液 (矿物的种类、粒 径、浓度)		
双行程次数	多达 10 次	2
步骤 3 (矿物掺杂)		
工具的材质类型	N1、N2 或 N3	40X 氮化钢
刀具的几何形状		辊轮
部件的转速	3m/min 至 300m/min	30m/min
工具的移动速度，mm/转	0.01 - 10mm/转	0.2mm/转
工具承载负荷	5kg 至 100kg	20kg/mm ²
双行程次数	多达 10 次	1

[0089] 图 5 显示了工具 N1 的示例 (见参考标记 10)。辊轮 10 优选地包括一个轴或芯棒 12, 用于将此工具安装到适当的支架结构上, 以便将工具 10 紧压在待处理工件上。优选地,

至少工具 10 的辊轮 11 由硬质合金制成,例如基于碳化钨和碳化钛,含有镍、镍 / 钼或钴的硬质合金。所述辊轮 10 可以用于致密化步骤(步骤 2)。特别是,根据本发明优选使用工具 N1 所示的辊轮。

[0090] 图 6 显示了用于致密化步骤的,带有球形尖端 21 的可旋转工具 20(也标记为工具 N2)。所示工具 20 优选地包括一个轴或芯棒 22,用于将此工具安装到适当的支架结构上,以便将工具 20 紧压在待处理工件上。更优选地,至少工具 20 的滚珠 / 尖端 21 由硬质合金制成,例如基于碳化钨和碳化钛,含有镍、镍 / 钼或钴的硬质合金。

[0091] 图 8 显示了可以用作工具 N3 的工具 30 的另一个示例。该图所示的工具 30 是带有压头 1 和超声波装置 20 的超声波压头,可用于在工件表面产生凹痕 / 空腔 / 锯齿。特别是,所示的超声波压头可以沿着工具 30 的纵向轴向对尖端 1 进行致动。所述致动(纵向或轴向运动)可以通过气动机构实现。可以使用以下参数执行尖端 1 的轴向致动:致动频率优选为 40Hz-50000Hz。优选地,频率为 50Hz-1000Hz。然而根据本发明,对电极进行超声波致动也是可能的,致动频率 >20000Hz。轴向(振动)幅度优选在 0.005-0.5mm 之间。轴向压凹加工负荷优选为 10g-3000g(0.1N-30N)。

[0092] 尽管结合本发明的示范性实施例对其进行了说明,但本领域的技术人员能够对所描述的实施例进行各种改动,而不脱离本发明的范围。仅通过举例对本文中使用的术语和说明进行了阐述,而不是作为限制。特别是,虽然通过示例对所述方法和设备进行了描述,方法中的每个步骤能够以不同于示例的顺序执行或者同时执行。本领域的技术人员将认识到,这些和其他的变化可能属于本权利要求书所定义的及其等同的范围之内。



图 1

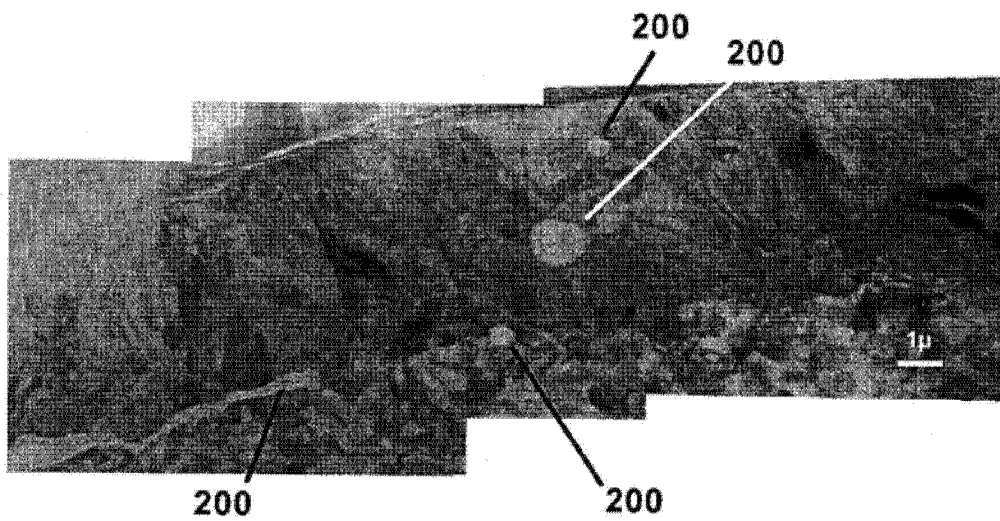


图 2

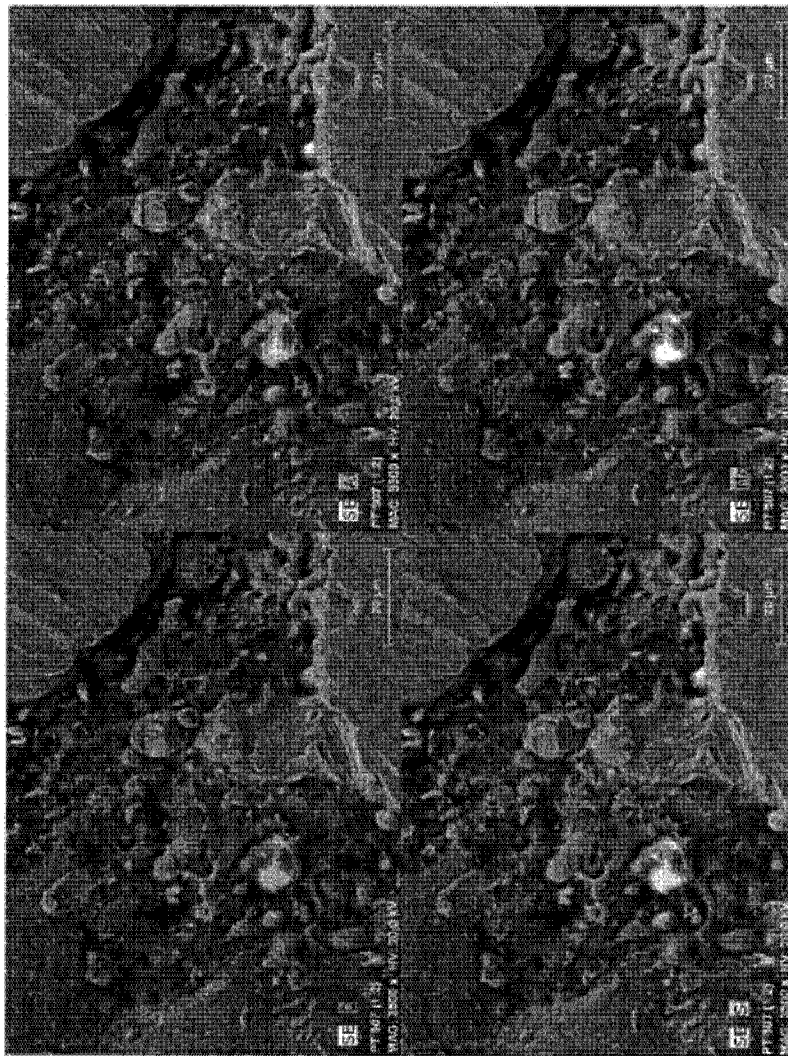


图 3

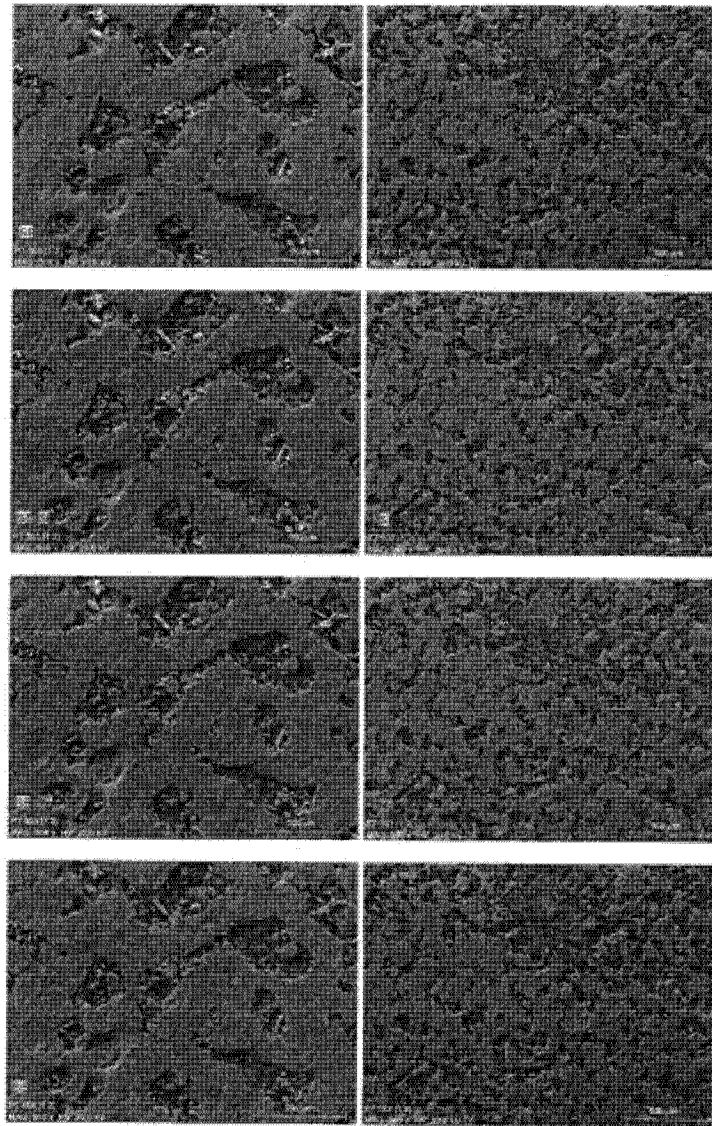


图 4

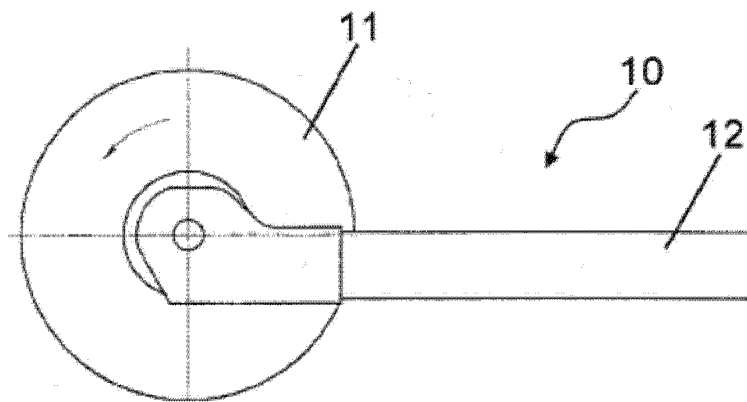


图 5

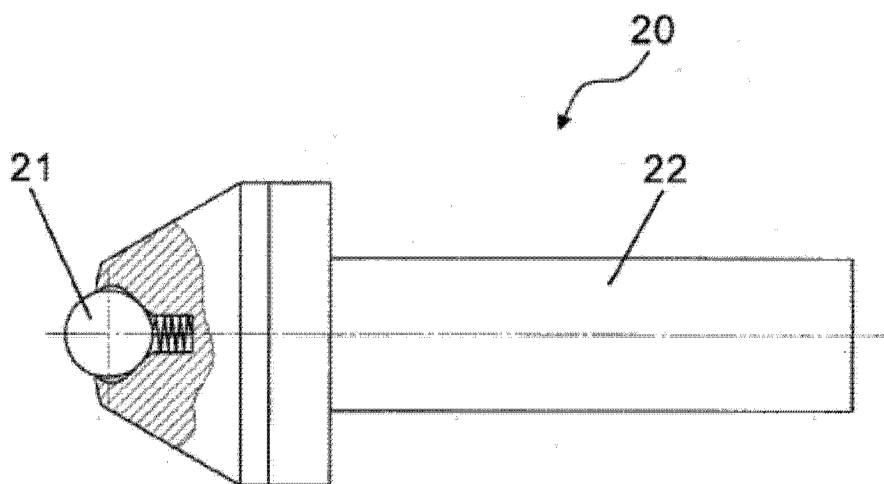


图 6

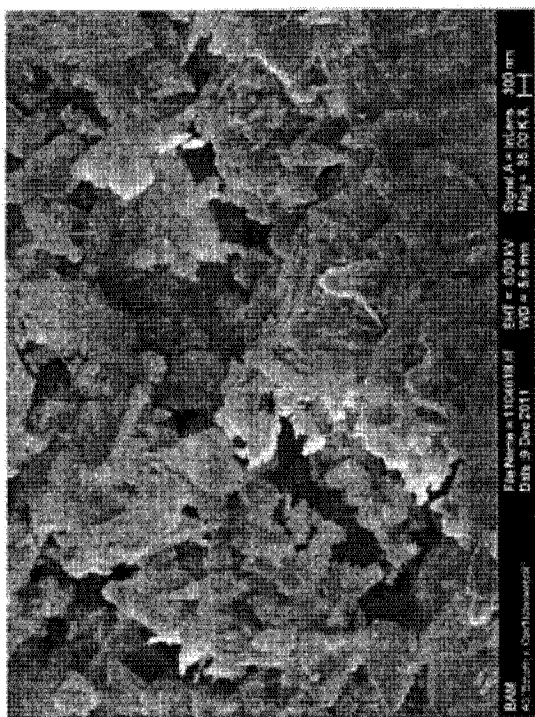


图 7

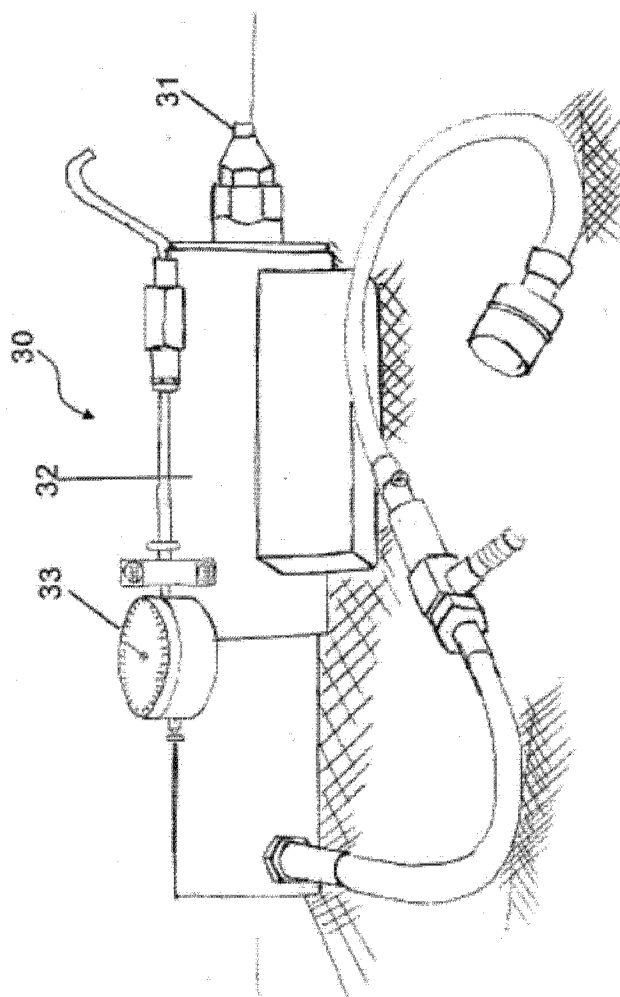


图 8