

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2021 年 8 月 19 日 (19.08.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/159908 A1

(51) 国际专利分类号:
B03C 1/025 (2006.01) *B03C 1/031* (2006.01)
B03C 1/033 (2006.01) *G01N 15/02* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/071511

(22) 国际申请日: 2021 年 1 月 13 日 (13.01.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010095160.4 2020年2月14日 (14.02.2020) CN

(71) 申请人: 山东大学 (SHANDONG UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国山东省济南市历下区经十路
17923号, Shandong 250061 (CN)。

(72) 发明人: 王黎明 (WANG, Liming); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 孙佳毅 (SUN, Jiayi); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 李方义 (LI, Fangyi); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 李剑峰 (LI, Jianfeng); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 李建勇 (LI, Jianyong); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。

(74) 代理人: 济南圣达知识产权代理有限公司 (JINAN SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO.,LTD.); 中国山东省济南市经十路 17703 号华特广场 B308 室, Shandong 250061 (CN)。

(54) Title: ELECTROMAGNETIC DEVICE FOR ORDERED DEPOSITION OF WEAR PARTICLES AND METHOD

(54) 发明名称: 一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置及方法

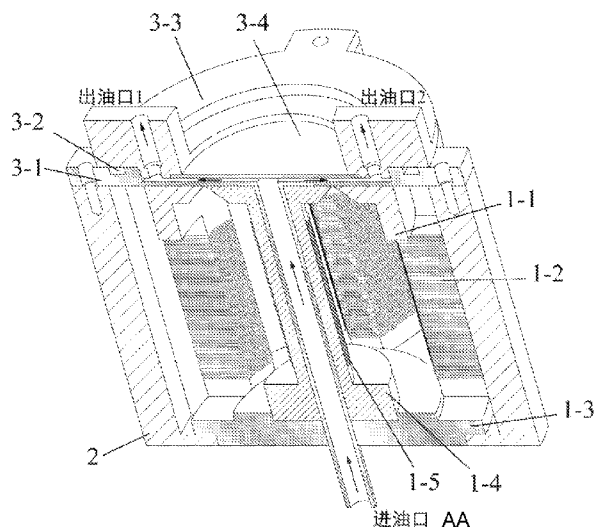


图 2

1 Oil outlet hole
2 Oil outlet hole
AA Oil inlet hole

(57) Abstract: An electromagnetic device for ordered deposition of wear particles, relating to the technical field of lubricating oil monitoring devices. The device comprises an inner electromagnet (1-4), an outer electromagnet (1-1), outer electromagnet coils (1-2), inner electromagnet coils (1-5), a flow passage (3), and a yoke (1-3); a through hole is provided in the center of the inner electromagnet (1-4); the outer surface of the inner electromagnet (1-4) is wound by multiple sets of coils; the outer electromagnet (1-1) is composed of multiple columns arranged in a circle around the inner electromagnet (1-4) with the inner electromagnet (1-4) as the center; a coil

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

is wound on each column in the same direction; the winding direction of the outer electromagnet coils (1-2) is opposite to the winding direction of the inner electromagnet coils (1-5); the yoke (1-3) is used for fixing the inner electromagnet (1-4) and the outer electromagnet (1-1); and a center hole is provided at the center of the yoke (1-3). The flow passage (3) comprises two parts: an upper flow passage part (3-3) and a lower flow passage part (3-1); oil outlet holes (1, 2) are provided in the upper flow passage part; the lower flow passage part comprises an oil inlet pipe and a surface deposition area; the oil inlet pipe is disposed in the through hole at the center of the inner electromagnet; and the flow passage (3) and the magnetic yoke (1-3) are connected by means of fasteners to fix the inner electromagnet (1-4) and the outer electromagnet (1-1). The magnetic induction intensity is adjusted by changing the number of sets of energized coils to achieve ordered separation of wear particles in the deposition area according to the size during an online monitoring process.

(57) 摘要: 一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置, 属于润滑油监测装置技术领域, 该装置包括内电磁铁(1-4)、外电磁铁(1-1)、外电磁铁线圈(1-2)、内电磁铁线圈(1-5)、流道(3)以及磁轭(1-3); 内电磁铁(1-4)的中心设有通孔; 内电磁铁(1-4)的外表面缠绕多组线圈; 外电磁铁(1-1)由多段立柱组成, 并以内电磁铁(1-4)为中心呈圆周排列分布在内电磁铁(1-4)的四周; 每根立柱上按相同方向缠绕线圈; 外电磁铁线圈(1-2)缠绕方向与内电磁铁线圈(1-5)缠绕方向相反; 磁轭(1-3)用于固定内电磁铁(1-4)和外电磁铁(1-1); 磁轭(1-3)的中心设有中心孔。流道(3)包括流道上部分(3-3)以及流道下部分(3-1)两部分; 流道上部分设有出油孔(1, 2); 流道下部分包括进油管以及表面沉积区域; 进油管设置在内电磁铁中心的通孔中; 流道(3)与磁轭(1-3)通过卡扣连接固定内电磁铁(1-4)和外电磁铁(1-1)。通过改变通电线圈的组数调整磁感应强度, 实现在线监测过程中磨损颗粒在沉积区域按尺寸大小的有序分离。

一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置及方法

技术领域

本公开属于润滑油监测装置技术领域，特别是一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置及方法。

背景技术

这里的陈述仅提供与本公开相关的背景技术，而不必然地构成现有技术。

铁谱技术是利用高梯度强磁场从机械设备的润滑系统中分离出铁磁性磨损颗粒，而后进行观察分析的一种方法。离线式铁谱仪（包括直读式、分析式以及旋转式）利用特定结构的永磁体可以实现对磨损颗粒的有序沉积。通过光密度计、铁谱显微镜以及扫描电子显微镜可以获取磨损颗粒的尺寸、浓度、材料和形貌信息。但离线式分析离不开人工取样、送检、稀释处理等过程，无法实时的提供检测对象的磨损状态信息。在线式铁谱仪利用电磁铁能够产生可控的磁场，从而自动沉积和释放磨损颗粒，配以光电或者图像传感器，可以实现对设备磨损状态的在线监测。

现有的在线式铁谱仪的沉积装置可分为三种结构：1）西安交通大学在专利“电磁光电在线式铁谱仪”中基于直读\分析式铁谱仪的磁铁结构，设计出一种磁场可调的电磁装置，磨粒在高梯度强磁场的作用下能够在润滑油流动方向上按尺寸大小实现有序沉积。但该专利所采用的电磁装置沉积区域的磁力线方向与润滑油的流动方向垂直，

沉积区域的磨粒链容易被“冲垮”，使得理论上磨粒的沉积规律被破坏。2) 西安交通大学在专利“短沉积距离图像型在线铁谱装置与方法”中改进了第一种电磁装置，缩短了磁极长度并调整流道方向平行于沉积区的磁感应强度方向。能够通过改变流量和线圈电压实现大磨粒和小磨粒的沉积。但增加线圈电压会使得线圈功耗和温升增大，缩短电磁装置的服役时间。且由于沉积区域的缩小，该专利在处理磨粒尺寸较大、浓度较高的润滑油时容易发生磨粒重叠现象，不利于后续的观察和图像处理。3) 南京航空航天大学在专利“在线式全流量可视铁谱仪”中基于旋转式铁谱仪的磁铁结构，设计了一种可用于在线监测的永磁体装置。通过一块电磁铁分离两块永磁体，消除沉积区域的磁场，达到释放磨粒的目的。但该沉积装置无法实现磨损颗粒的有序沉积，并且永磁体和电磁铁的混用增大了装置的体积和复杂程度。

因此，发明人发现现阶段的在线式铁谱仪的沉积装置中，尚且没有一种装置结构能够有效的实现磨损颗粒的有序沉积、获取磨损颗粒的尺寸分布特征。

发明内容

针对现有技术存在的不足，本公开的目的是提供一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置及方法。通过改变通电线圈的组数调整磁感应强度，实现在线监测过程中磨损颗粒在沉积区域按尺寸大小的有序分离。磨损颗粒在沉积区域呈环形分布，有利于磨粒的分散，适用于磨粒尺寸较大，浓度较高的润滑系统的监测。

为了实现上述目的，本公开是通过如下的技术方案来实现：

本公开的至少一实施例提供了一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置，该装置包括内磁铁、外磁铁、流道以及磁轭；所述内磁铁的中心设有上下贯通的通孔；内磁铁的外表面缠绕多组线圈；所述外磁铁由多段立柱组成，并以内磁铁为中心呈圆周排列分布在内磁铁四周；每根立柱上按相同方向缠绕线圈；外磁铁线圈缠绕方向与内磁铁线圈缠绕方向相反；所述磁轭用于固定内磁铁和外磁铁；所述磁轭的中心设有中心孔。所述流道包括上下流道两部分；所述上流道上设有出油孔；所述下流道包括进油管、表面沉积区域；所述进油管设置在内磁铁中心的通孔中；所述流道与磁轭通过卡扣连接固定内外磁铁。

进一步的方案，内磁铁和外磁铁的底面设有螺栓孔；所述磁轭的内圈和外圈上设有沉孔；内磁铁和外磁铁与磁轭通过螺栓连接。

进一步的方案，所述上流道与所述下流道之间通过螺纹连接。

进一步的方案，所述下流道的表面上设有密封槽；所述上流道与所述下流道之间设有密封槽。

进一步的方案，所述上流道的下表面为光学玻璃用于磨损颗粒的观察；所述光学玻璃与流道上部分之间采用环氧树脂胶进行密封粘合。

进一步的方案，上流道与下流道之间的间隙为 1-2mm。

进一步的方案，所述上流道与所述下流道采用硬铝合金加工而成。

进一步的方案，所述磁轭底面设有放置卡扣的凹槽；所述卡扣的上端与流道中的下流道通过螺栓连接。

进一步的方案，所述卡扣采用磁导率低的硬铝加工而成。

本公开的至少一实施例还提供了一种上述用于磨损颗粒有序沉

积的电磁装置的沉积方法，该方法包括如下步骤：

a、以外电磁铁相对立的立柱为一组，给一组外电磁铁线圈和一组内电磁铁线圈通以一定强度的相同的电流，电磁铁会在流道下部分和流道上部分之间产生一定强度的高梯度强磁场该磁场会使尺寸为 $100\sim 200\ \mu\text{m}$ 的铁磁性颗粒沉积在宽度为 $1\sim 2\text{mm}$ 的环形区域附近，当达到预设的采样时间后，可使用光电/图像传感器获取磨损颗粒的特征信息，随后电磁铁的通电线圈断电，沉积区域的磁场归零，沉积的磨损颗粒被润滑油冲走；

b、给外电磁铁线圈的另外两组和内电磁铁线圈的另外两组线圈通以一定强度的相同电流，产生的磁场会使尺寸为 $50\sim 100\ \mu\text{m}$ 的铁磁性颗粒沉积下来，当达到预定的采样量后，使用传感器进行信息的采集，随后线圈断电进行磨粒的冲洗；

c、给外电磁铁和内电磁铁的三组线圈通电，进行 $20\sim 50\ \mu\text{m}$ 的铁磁性颗粒的沉积，达到预设的采样时间后，采集信息并断电冲洗；如需继续采集磨粒信息，则重复上述步骤。

上述本公开的实施例的有益效果如下：

(1) 本公开的电磁装置通过改变通电线圈的组数来调节内、外电磁铁气隙中的磁感应强度，实现了磨损颗粒按尺寸大小的有序分离，这使得借助本装置可以直接获取磨损颗粒的尺寸信息，有利于后续对磨粒特征的提取。同时，改变通电线圈的组数，避免了因线圈电压的增加而导致的温升，可以延长线圈的使用寿命。

(2) 本公开的内、外电磁铁之间形成的磁场为可调节的环形狭

缝磁场，磨损颗粒呈环状分布在沉积区域，这种分布使得本公开在监测磨粒浓度较高的润滑油时有着很大的优势，磨损颗粒能够在较大的环形沉积区域内充分的分隔开，便于后续信息的采集和图像的处理。同时，形成的环形磁场的磁力线方向与润滑油流动方向相同，避免了因磨粒链的断裂造成的沉积规律的破坏。

(3) 本公开的沉积方法能够实现一段时间内磨损颗粒按尺寸大小的有序沉积，从而有效获取磨粒的尺寸分布信息。

附图说明

为了更清楚地说明本公开实施例的技术方案，下面将对实施例的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅涉及本公开的一些实施例，而非对本公开的限制。

图1是本公开实施例1提供的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置结构示意图；

图2是本公开实施例1提供的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置剖视图；

图3是本公开实施例1提供的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置中电磁铁剖视图；

图4是本公开实施例1提供的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置中磁轭局部剖视图；

图5是本公开实施例1提供的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置中沉积区域示意图。

具体实施方式

应该指出，以下详细说明都是例示性的，旨在对本公开提供进一步的说明。除非另有指明，本公开使用的所有技术和科学术语具有与本公开所属技术领域的普通技术人员通常理解的不同含义。

术语解释部分：本公开中的术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或为一体；可以是机械连接，也可以是电连接，可以是直接连接，也可以是通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部连接，或者两个元件的相互作用关系，对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本公开的具体含义。

正如背景技术所述现阶段的在线式铁谱仪的沉积装置中，尚且没有一种装置结构能够有效的实现磨损颗粒的有序沉积、获取磨损颗粒的尺寸分布特征。为解决该技术问题本公开提供了一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置及方法。

实施例1：

本公开的实施例1公开了一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置，该装置主要包括：

内电磁铁——内电磁铁立柱上缠绕至少两组漆包铜线，通过控制线圈中电流的通断来控制磁感应强度，磁铁中心处有通孔，供流道的安置；

外电磁铁——外电磁铁至少包括两组立柱且组数与内电磁铁铜线的组数相同，立柱上缠绕漆包铜线，通过控制每组线圈中电流的通断来控制磁感应强度；

磁轭——连通磁路，传输磁力线。

流道——润滑油通过流道流经沉积区域。

如图1所示，本实施例中的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置，包括电磁铁1、卡扣2、流道3，流道3设置在电磁铁的上方，润滑油从电磁铁1的内部通道流入，再从流道3中流出，电磁铁1与流道3通过卡扣连接一起。

如图2所示，电磁铁1包括外电磁铁1-1、外电磁铁线圈1-2、内电磁铁1-4和内电磁铁线圈1-5以及磁轭1-3，外电磁铁和内电磁铁设置在磁轭上方，磁轭用于连通磁路传输磁力线；其中外电磁铁1-2设有六根立柱，每根立柱上按相同的绕制方向缠绕若干圈漆包铜线，以相对的两根立柱为一组，共有三组。外电磁铁以内电磁铁为中心，呈圆周排列在内电磁铁的四周，形成一个内外环，内电磁铁与外电磁铁之间具有一定的间隙。

进一步，内电磁铁1-4的中心设有上下贯通的通孔，该通孔是用于放置油管实现润滑油流入上方的流道3中，内电磁铁的外表面也缠绕三组漆包铜线，线圈的绕制方向与外电磁铁线圈1-2的绕制方向相反。装置运行时，首先给外电磁铁线圈1-2和内电磁铁线圈1-5通以相同的电流，随后会在外电磁铁1-2和内电磁铁1-5之间的环形气隙中产生一个高梯度强磁场，流经流道3中环形沉积区域的磨损颗粒受磁场力的作用被沉积下来，以便进行图像采集。外电磁铁1-2、磁轭1-3以及内电磁铁1-4均采用电工纯铁加工制作。

本实施例中的流道3主要包括流道下部分3-1、流道上部分3-3两

部分，流道上部分与流道下部分可拆卸地连接在一起，比如通过螺纹连接，流道下部分的中心处设置一个向下延伸的进油管，该进油管是用来放置在内磁铁中心的通孔中，流道下部分的上表面为表面沉积区域，流道上部分与流道下部分之间设有一定的间隙，该间隙是用于润滑油的流动，流道上部分的表面均匀地地设有两个出油孔，分别为出油口1和出油口2；该出油孔贯通上下表面，与流道上部分与流道的下部分之间的间隙相连通，这样就实现了润换油从流道中流出。

为了防止润滑油在上流道和下流道之间的间隙的流出，本实施中的下流道的表面设有密封槽，在流道上部分与流道下部分结合的时候，密封槽内使用密封圈3-2与密封槽配合以防止润滑油的泄露。

进一步，本实施中流道的上部分中心处还设置一个光学玻璃3-4，光学玻璃3-4与流道上部分3-3之间采用环氧树脂胶进行密封粘合。这样可以通过光学玻璃观察磨损颗粒的分布情况。

为了实现内电磁铁和外电磁铁的固定，如图3-图4所述，本实施中磁轭1-3的上表面上可设置内圈和外圈用于放置内、外电磁铁，并且外圈和内圈上分别开有3个沉孔1-3-1和3个沉孔1-3-2，对于孔的数量我们不做限制，根据具体的情况确定，同样的内电磁铁和外电磁铁的底面设置相应的螺栓孔，这样外电磁铁1-2和内电磁铁1-4均通过3个螺栓固定在磁轭1-3上，内、外磁铁之间形成一个环形的气隙。磁轭1-3中心处也开有通孔1-3-3，该通孔与内磁铁上的通孔相连通，中心处的通孔1-3-3用于放置流道，供润滑油流通。

除此之外，磁轭1-3的两侧设有卡槽1-3-4，对于卡槽的数量和形

状不做过多的限定，主要是与卡扣2配合以固定电磁铁，卡扣的顶端与流道的下部分可通过螺栓连接，这样就是实现了模块化安装，便于整体的拆卸检修。

本实施的装置具体的工作原理如图5所示，润滑油从流道下部分的进油口进入，在流道上部分和下部分之间1mm的间隙内呈放射状流动，流动方向与环形磁场的磁力线方向一致。油中的铁磁性颗粒受到电磁铁1产生的高梯度强磁场的作用，从而被吸附在流道下部分的上表面上，并呈环形分布，随后润滑油经出油口1和出油口2流出。为了避免流道3被磁场磁化而影响磨粒的分布，同时为了保证具有一定的强度，流道下部分3-1和流道上部分3-3都采用硬铝加工而成。流道上部分3-3的下表面的光学玻璃3-4，可以利于磨损颗粒的观察。

本实施例公开的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置中的内、外电磁铁之间形成的磁场为可调节的环形狭缝磁场，通过改变通电线圈的组数来调节内、外电磁铁气隙中的磁感应强度，实现了磨损颗粒按尺寸大小的有序分离改变通电线圈的组数，避免了因线圈电压的增加而导致的温升，可以延长线圈的使用寿命。

实施例2：

本公开的实施例中还公开了一种磨损颗粒有序沉积的电磁装置的沉积方法主要包括如下步骤：

通过控制通电线圈的组数来调整电磁铁1产生的环形沉积磁场的强度。装置运行时，首先以外电磁铁相对立的立柱为一组，给一组外电磁铁线圈和一组内电磁铁线圈通以一定强度的相同的电流，给一组

外电磁铁线圈1-2和一组内电磁铁线圈1-3通以一定强度的相同的电流，电磁铁1会在流道下部分3-1和流道上部分3-3之间产生一定强度的高梯度强磁场，该磁场会使尺寸为 $100\sim 200\ \mu\text{m}$ 的铁磁性颗粒沉积在宽度为 $1\sim 2\text{mm}$ 的环形区域附近，当达到预设的采样时间后，可以使用光电/图像传感器获取磨损颗粒的特征信息，随后电磁铁1的通电线圈断电，沉积区域的磁场归零，沉积的磨损颗粒被润滑油冲走。然后，给外电磁铁线圈1-2的另外两组和内电磁铁线圈1-3的另外两组线圈通以一定强度的相同电流，产生的磁场会使尺寸为 $50\sim 100\ \mu\text{m}$ 的铁磁性颗粒沉积下来，当达到预定的采样量后，使用传感器进行信息的采集，随后线圈断电进行磨粒的冲洗。最后，给外电磁铁1-2和内电磁铁1-3的三组线圈通电，进行 $20\sim 50\ \mu\text{m}$ 的铁磁性颗粒的沉积，达到预设的采样时间后，采集信息并断电冲洗。如需继续采集磨粒信息，则重复上述步骤，否则结束。

按照上述方法使用本发明，能够实现一段时间内磨损颗粒按尺寸大小的有序沉积，从而有效获取磨粒的尺寸分布信息。而且本发明的沉积磁场为环形的狭缝磁场，沉积区域大，有利于磨损颗粒的分隔，适用于磨粒尺寸大、浓度高的油样的监测。

以上所述，仅为本公开的具体实施方式，但本公开的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本公开揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本公开的保护范围之内。因此，本公开的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权利要求书

1、一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置，其特征在于：该装置包括内磁铁、外磁铁、流道以及磁轭；

所述内磁铁的中心设有上下贯通的通孔；内磁铁的外表面缠绕多组线圈；

所述外磁铁由多段立柱组成，并以内磁铁为中心呈圆周排列分布在内磁铁四周；每根立柱上按相同方向缠绕线圈；外磁铁线圈缠绕方向与内磁铁线圈缠绕方向相反；

所述磁轭用于固定内磁铁和外磁铁；所述磁轭的中心设有中心孔；

所述流道包括上流道和下流道两部分；所述上流道上设有出油孔；所述下流道包括进油管、表面沉积区域；所述进油管设置在内磁铁中心的通孔中；所述流道与磁轭通过卡扣连接固定内磁铁和外磁铁。

2、如权利要求 1 所述的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置，其特征在于：

内磁铁和外磁铁的底面设有螺栓孔；磁轭的内圈和外圈上设有沉孔；内磁铁和外磁铁与磁轭均通过螺栓连接。

3、如权利要求 1 所述的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置，其特征在于：所述上流道与所述下流道之间通过螺纹连接。

4、如权利要求 3 所述的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置，其特征在于：

所述下流道的表面上设有密封槽；所述上流道与所述下流道之间设有密封槽。

5、如权利要求 1 所述的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置，其特征在于：所述上流道的下表面为光学玻璃用于磨损颗粒的观察；所述光学玻璃与

流道上部分之间采用环氧树脂胶进行密封粘合。

6、如权利要求 1 所述的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置，其特征在于：上流道与下流道之间的间隙为 1-2mm。

7、如权利要求 1 所述的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置，其特征在于：所述上流道与所述下流道采用硬铝合金加工而成。

8、如权利要求 1 所述的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置，其特征在于：所述磁轭底面设有放置卡扣的凹槽；所述卡扣的上端与流道中的下流道通过螺栓连接。

9、如权利要求 8 所述的一种用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置，其特征在于：所述卡扣采用磁导率低的硬铝加工而成。

10、一种基于权利要求 1 所述的用于磨损颗粒有序沉积的电磁装置的沉积方法，其特征在于：包括如下步骤：

a、以外电磁铁相对立的立柱为一组，给一组外电磁铁线圈和一组内电磁铁线圈通以一定强度的相同的电流，电磁铁会在流道下部分和流道上部分之间产生一定强度的高梯度强磁场该磁场会使尺寸为 $100\sim 200\ \mu\text{m}$ 的铁磁性颗粒沉积在宽度为 1~2mm 的环形区域附近，当达到预设的采样时间后，可使用光电/图像传感器获取磨损颗粒的特征信息，随后电磁铁的通电线圈断电，沉积区域的磁场归零，沉积的磨损颗粒被润滑油冲走；

b、给外电磁铁线圈的另外两组和内电磁铁线圈的另外两组线圈通以一定强度的相同电流，产生的磁场会使尺寸为 $50\sim 100\ \mu\text{m}$ 的铁磁性颗粒沉积下来，当达到预定的采样量后，使用传感器进行信息的采集，随后线圈断电进行磨粒的冲洗；

c、给外电磁铁和内电磁铁的三组线圈通电，进行 $20\sim 50\ \mu\text{m}$ 的铁磁性颗粒的沉积，达到预设的采样时间后，采集信息并断电冲洗；如需继续采集磨粒信息，则重复上述步骤。

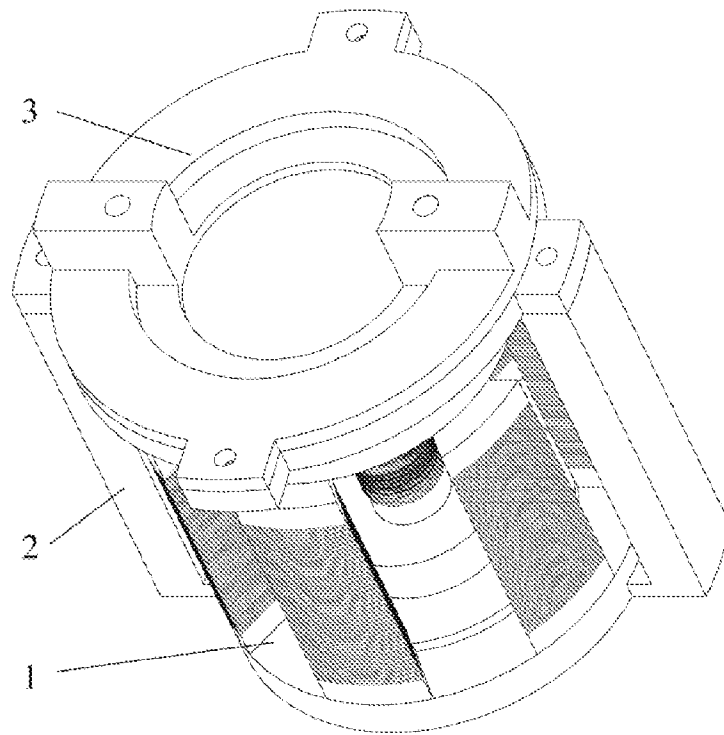


图 1

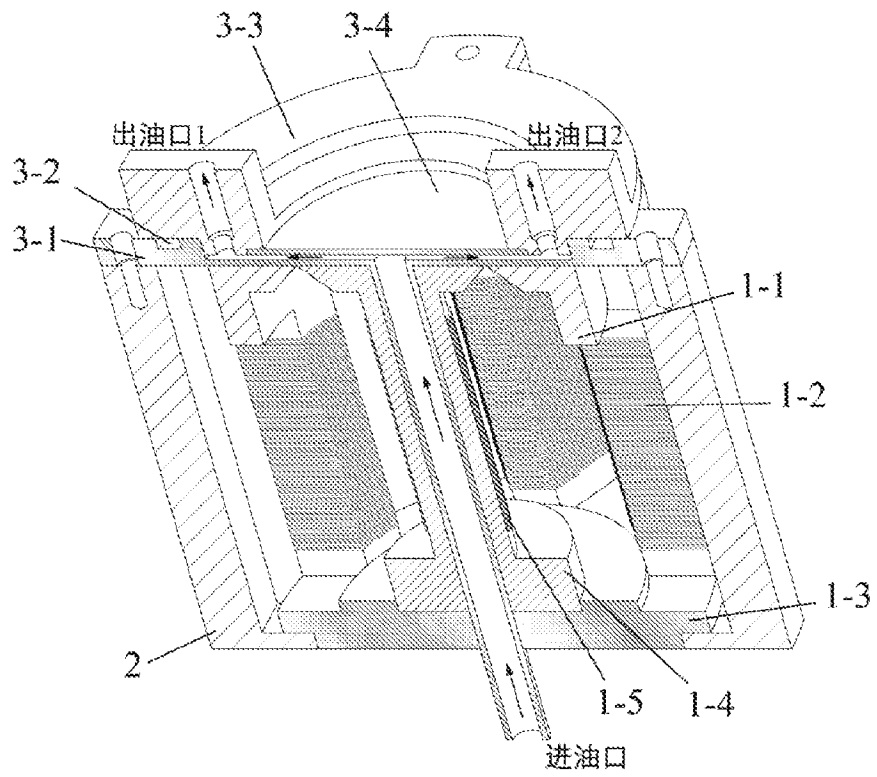


图 2

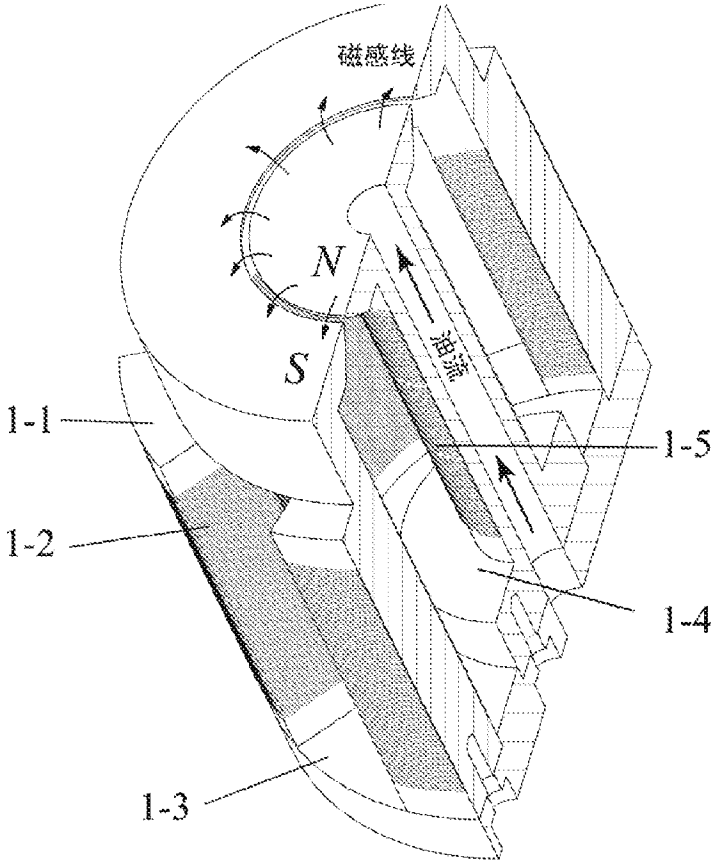


图 3

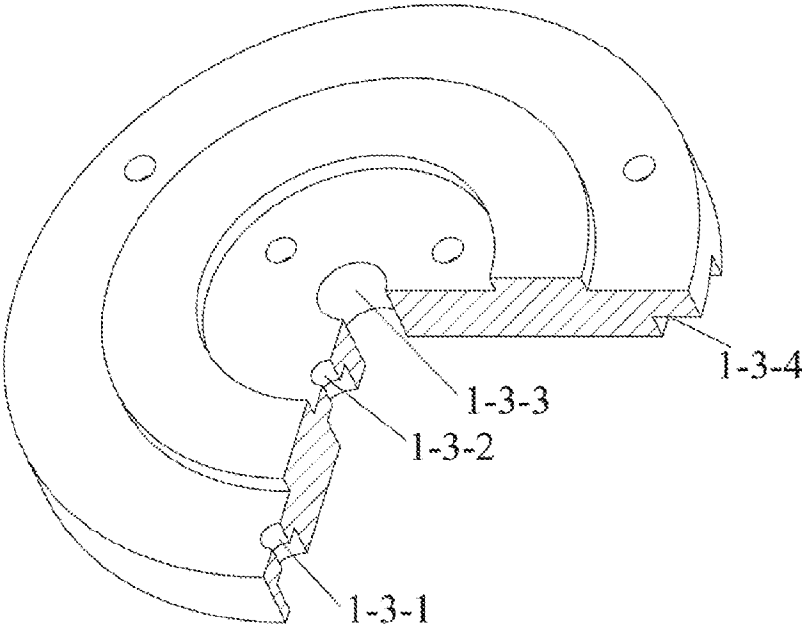


图 4

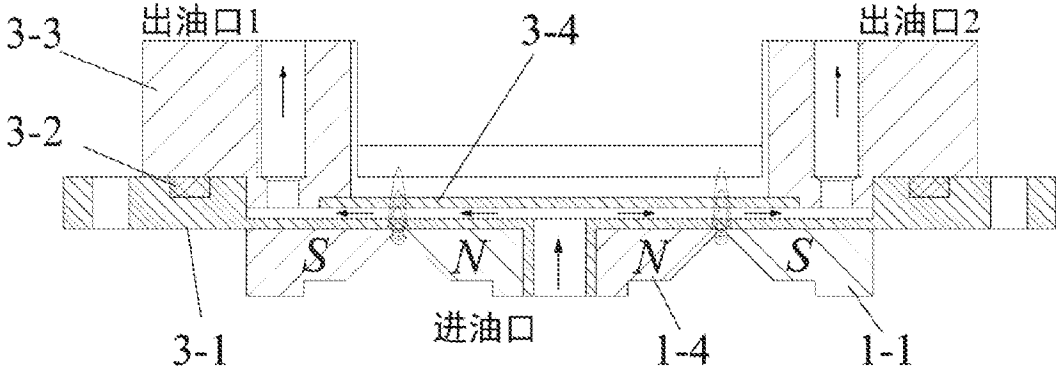


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/071511

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B03C 1/025(2006.01)i; B03C 1/033(2006.01)i; B03C 1/031(2006.01)i; G01N 15/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B03C 1; G01N 15

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CPRSABS, CNTXT, CNKI, VEN: 磨粒, 磨损颗粒, 环形, 环状, 铁谱, 沉积, 环, 圆周, 电磁, 线圈, abrasiv+, particle?, circl+, annular, electromagnetic+, coil, deposit+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 111282713 A (SHANDONG UNIVERSITY) 16 June 2020 (2020-06-16) claims 1-10	1-10
A	CN 1811402 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 02 August 2006 (2006-08-02) entire document	1-10
A	CN 102494973 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS) 13 June 2012 (2012-06-13) entire document	1-10
A	CN 108106972 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY et al.) 01 June 2018 (2018-06-01) entire document	1-10
A	CN 1062415 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) 01 July 1992 (1992-07-01) entire document	1-10
A	CN 1673733 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 28 September 2005 (2005-09-28) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 March 2021

Date of mailing of the international search report

31 March 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/071511

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105572053 A (CHINA SHENHUA ENERGY COMPANY LIMITED et al.) 11 May 2016 (2016-05-11) entire document	1-10
A	CN 103983543 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 13 August 2014 (2014-08-13) entire document	1-10
A	US 6156208 A (GUILFOYLE INST) 05 December 2000 (2000-12-05) entire document	1-10
A	WO 9960411 A1 (GUILFOYLE INST.) 25 November 1999 (1999-11-25) entire document	1-10
A	JP 2004069431 A (PLANT TECHNOS K. K.) 04 March 2004 (2004-03-04) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/071511

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111282713	A	16 June 2020	None			
CN	1811402	A	02 August 2006	CN	100365413	C	30 January 2008
CN	102494973	A	13 June 2012	CN	102494973	B	12 June 2013
CN	108106972	A	01 June 2018	CN	108106972	B	09 June 2020
CN	1062415	A	01 July 1992	CN	1022466	C	20 October 1993
CN	1673733	A	28 September 2005	CN	100365410	C	30 January 2008
CN	105572053	A	11 May 2016	CN	105572053	B	10 July 2018
CN	103983543	A	13 August 2014	CN	103983543	B	04 January 2017
US	6156208	A	05 December 2000	AU	3970899	A	06 December 1999
				US	6303030	B1	16 October 2001
				WO	9960411	A1	25 November 1999
				EP	1080373	A1	07 March 2001
WO	9960411	A1	25 November 1999	AU	3970899	A	06 December 1999
				US	6303030	B1	16 October 2001
				EP	1080373	A1	07 March 2001
				US	6156208	A	05 December 2000
JP	2004069431	A	04 March 2004	JP	3910118	B2	25 April 2007

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/071511

A. 主题的分类

B03C 1/025(2006.01)i; B03C 1/033(2006.01)i; B03C 1/031(2006.01)i; G01N 15/02(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

B03C 1; G01N 15

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS, CPRSABS, CNTXT, CNKI, VEN:磨粒, 磨损颗粒, 环形, 环状, 铁谱, 沉积, 环, 圆周, 电磁, 线圈, abrasiv+, particle?, circl+, annular, electromagnetic+, coil, deposit+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 111282713 A (UNIV SHANDONG) 2020年 6月 16日 (2020 - 06 - 16) 权利要求1-10	1-10
A	CN 1811402 A (西安交通大学) 2006年 8月 2日 (2006 - 08 - 02) 全文	1-10
A	CN 102494973 A (南京航空航天大学) 2012年 6月 13日 (2012 - 06 - 13) 全文	1-10
A	CN 108106972 A (北京理工大学等) 2018年 6月 1日 (2018 - 06 - 01) 全文	1-10
A	CN 1062415 A (中国矿业大学) 1992年 7月 1日 (1992 - 07 - 01) 全文	1-10
A	CN 1673733 A (西安交通大学) 2005年 9月 28日 (2005 - 09 - 28) 全文	1-10
A	CN 105572053 A (中国神华能源股份有限公司 等) 2016年 5月 11日 (2016 - 05 - 11) 全文	1-10
A	CN 103983543 A (西安交通大学) 2014年 8月 13日 (2014 - 08 - 13) 全文	1-10

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2021年 3月 22日

国际检索报告邮寄日期

2021年 3月 31日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

彭志萍

电话号码 86-(010)-62085741

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	US 6156208 A (GUILFOYLE INST) 2000年 12月 5日 (2000 - 12 - 05) 全文	1-10
A	W0 9960411 A1 (GUILFOYLE INST) 1999年 11月 25日 (1999 - 11 - 25) 全文	1-10
A	JP 2004069431 A (PLANT TECHNOS KK) 2004年 3月 4日 (2004 - 03 - 04) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/071511

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	111282713	A	2020年 6月 16日	无	
CN	1811402	A	2006年 8月 2日	CN	100365413 C 2008年 1月 30日
CN	102494973	A	2012年 6月 13日	CN	102494973 B 2013年 6月 12日
CN	108106972	A	2018年 6月 1日	CN	108106972 B 2020年 6月 9日
CN	1062415	A	1992年 7月 1日	CN	1022466 C 1993年 10月 20日
CN	1673733	A	2005年 9月 28日	CN	100365410 C 2008年 1月 30日
CN	105572053	A	2016年 5月 11日	CN	105572053 B 2018年 7月 10日
CN	103983543	A	2014年 8月 13日	CN	103983543 B 2017年 1月 4日
US	6156208	A	2000年 12月 5日	AU	3970899 A 1999年 12月 6日
				US	6303030 B1 2001年 10月 16日
				WO	9960411 A1 1999年 11月 25日
				EP	1080373 A1 2001年 3月 7日
WO	9960411	A1	1999年 11月 25日	AU	3970899 A 1999年 12月 6日
				US	6303030 B1 2001年 10月 16日
				EP	1080373 A1 2001年 3月 7日
				US	6156208 A 2000年 12月 5日
JP	2004069431	A	2004年 3月 4日	JP	3910118 B2 2007年 4月 25日