



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105643029 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 08

(21) 申请号 201610021962. 4

(22) 申请日 2016. 01. 14

(71) 申请人 辽宁科技大学

地址 114044 辽宁省鞍山市高新区千山路  
185 号

(72) 发明人 廖明 谭悦 韩冰 喻正好 李阔  
李润强

(74) 专利代理机构 鞍山嘉讯科技专利事务所  
21224

代理人 张群

(51) Int. Cl.

B23H 5/08(2006. 01)

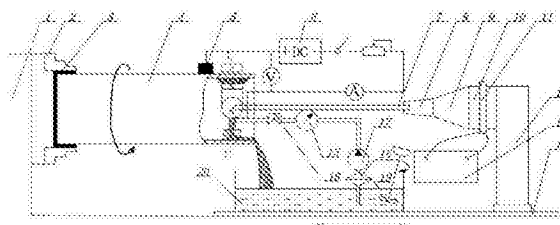
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

## (54) 发明名称

一种电化学磁力研磨光整加工合金管的方法及装置

## (57) 摘要

本发明涉及一种电化学磁力研磨光整加工合金管的方法及装置,装置包括磁力研磨系统、电化学反应系统和超声振动系统,合金管工件外侧和内部分别设永磁铁及V形辅助磁铁,V形辅助磁铁与合金管工件之间设磁性磨粒;电解槽依次连接蠕动泵和铜棒电极,铜棒电极通过直流电源连接设在合金管工件外侧的碳刷;超声波发生器通过集电环依次连接换能器、变幅杆、弹性筒夹和连杆,连杆与V形辅助磁铁连接;合金管工件装卡在卧式车床的三爪卡盘上,磁力研磨系统、电化学反应系统和超声振动系统均通过工作台安装在卧式车床溜板箱上。本发明利用电化学加工与轴向超声振动辅助磁力研磨加工的复合工艺,实现对硬质合金管的光整加工,显著提高了加工效率和表面质量。



1. 一种电化学磁力研磨光整加工合金管的方法,其特征在于,包括如下步骤:

1)将待加工的合金管工件装夹在卧式车床的三爪卡盘上,三爪卡盘与合金管工件之间加绝缘垫;

2)在车床溜板箱上安装工作台,在工作台靠近合金管工件一侧安装磁极架,磁极架的两端分别安装1块永磁铁,2块永磁铁的中轴线相互垂直,且与合金管工件相对的一端分别为N极和S极;

3)合金管工件内安装V形辅助磁铁,V形辅助磁铁的2个磁极分别与外部的1块永磁铁相对设置且磁极相反;V形辅助磁铁的下部连接铜棒电极;V形辅助磁铁与合金管工件内壁之间设磁性磨粒,V形辅助磁铁在外部永磁铁的作用下将磁性磨粒压附在合金管工件内表面;

4)V形辅助磁铁另外连接超声波发生器;

5)合金管工件的外侧设碳刷,碳刷与直流电源的正极相连,直流电源的负极与铜棒电极相连;铜棒电极通过电解液输送管道和蠕动泵连接电解槽;启动蠕动泵后,电解槽内的电解液可通过蠕动泵吸入到铜棒电极中并从铜棒电极与合金管工件的间隙中流出;

6)永磁铁、V形辅助磁铁的磁极与合金管工件的间隙为1~2mm,碳刷与合金管工件的间隙为1~1.5mm;直流电源电压为10~20V,电解液的流速为2~2.5L/min;

7)精加工阶段:调整卧式车床主轴转速为700~900r/min,车床溜板箱进给速度为1.5~2.5mm/s,进给距离为合金管工件长度的 $\frac{3}{5}$ ~ $\frac{2}{3}$ ;超声波发生器频率为14~18KHz;磁性磨粒采用平均粒径为200~300 $\mu$ m的烧结磁性磨料,将烧结磁性磨料与油基研磨液以1:2的体积比混合后,均匀填充在V形辅助磁铁与合金管工件之间的加工间隙内;开启直流电源、蠕动泵、超声波发生器和卧式车床,进行合金管工件内表面的精加工;

8)超精加工阶段:卧式车床主轴转速调整为1100~1300r/min,车床溜板箱进给速度和进给距离不变;超声波发生器频率调整为18~20KHz;磁性磨粒更换为平均粒径为80~120 $\mu$ m的烧结磁性磨料,将烧结磁性磨料与油基研磨液以1:2的体积比混合后,均匀地填充在V形辅助磁铁与合金管工件之间的加工间隙内,开启直流电源、蠕动泵、超声波发生器和卧式车床,进行合金管工件内表面的超精加工;

9)将合金管工件调头后重新装卡,按步骤6)~8)完成合金管工件剩余未加工部分的精加工和超精加工。

2. 根据权利要求1所述的一种电化学磁力研磨光整加工合金管的方法,其特征在于,所述电解液为浓度为20~30%的硝酸钠溶液。

3. 用于实现权利要求1所述的一种电化学磁力研磨光整加工合金管的方法的装置,其特征在于,包括磁力研磨系统、电化学反应系统和超声振动系统,所述磁力研磨系统包括设置在合金管工件外侧的2块永磁铁和设置在合金管内部的V形辅助磁铁,2块永磁铁与合金管工件相对一侧的磁极相反,V形辅助磁铁的2个磁极分别与外部的1块永磁铁相对设置且磁极相反;V形辅助磁铁与待加工合金管工件内壁之间设有磁性磨粒;电化学反应系统包括电解槽、蠕动泵、直流电源和碳刷,电解槽通过电解液输送管道依次连接蠕动泵和V形辅助磁铁下方的铜棒电极,铜棒电极连接直流电源的负极,直流电源的正极连接设在合金管工件外侧的碳刷;超声振动系统包括超声波发生器以及依次相连的基座、集电环、换能器、变幅杆、弹性筒夹和连杆,超声波发生器与集电环通过电线连接,连杆位于合金管工件中轴线上并与V形辅助磁铁一侧连接;合金管工件外部加设绝缘垫后装卡在卧式车床的三爪卡盘

上,磁力研磨系统、电化学反应系统和超声振动系统均通过工作台安装在卧式车床溜板箱上。

4.根据权利要求3所述的一种电化学磁力研磨光整加工合金管的装置,其特征在于,所述2块永磁铁分别安装在磁极架的两端,且2块永磁铁的中轴线互相垂直,磁极架安装在工作台上。

5.根据权利要求3所述的一种电化学磁力研磨光整加工合金管的装置,其特征在于,所述电解槽内设有搅拌器,电解槽与铜棒电极之间的电解液输送管道上依次设置过滤器、蠕动泵、流量计和控制阀。

6.根据权利要求3所述的一种电化学磁力研磨光整加工合金管的装置,其特征在于,所述铜棒电极通过螺纹杆固定在V形辅助磁铁的下方,螺纹杆内设有与铜棒电极上的电解液流出孔相通的孔道,电解液输送管道与螺纹杆内部孔道连通。

## 一种电化学磁力研磨光整加工合金管的方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及硬质合金管精密加工技术领域,尤其涉及一种电化学磁力研磨光整加工合金管的方法及装置。

### 背景技术

[0002] 随着航空航天技术的高速发展,各种高强度的合金管被应用于航空航天领域,尤其以钛合金管居多,这些合金管的表面质量直接影响着整个机械系统的使用性能和使用寿命;但高强度合金管多具加工比较困难,其加工过程中容易出现表面过烧等现象。

[0003] 传统电化学光整加工是利用金属阳极电化学溶解的原理,表面形成的钝化膜在外部流场的作用下被整平,且加工时不受工件材质和表面硬度的制约;但影响电化学光整加工质量的因素很多,且随着光整加工的进行,整平效果趋于平缓;传统磁力研磨光整加工具有自适应性强、自锐性好、柔性加工等优点,被广泛应用于平面、内外圆表面、复杂模具型腔的光整加工,但加工较硬材料时磨料使用寿命较短,致使研磨效率不高。

[0004] 申请号为201010543464.9(申请日为2010年11月11日)的中国专利公开了“一种电化学与磁性研磨复合的复合加工系统”,利用电化学溶解过程中阳极的钝化行为,在电化学溶解过程中,采用钝性电解液时,阳极表面会形成一层钝化膜,在适当电流密度下这层钝化膜能够有效的抑制电化学溶解作用。该专利采用电化学机械复合加工的方法借助机械作用去除钝化膜,从而引导电化学溶解作用发生的区域和位置。其克服了传统电化学光整加工可控性差及传统砂轮磨削时容易造成的磨轮磨损、堵塞以及加工产生机械刮伤等缺点,但其只能够实现一般材质机械零件的精、精复合加工。

[0005] 申请号为201210595570.0(申请日为2012年12月28日)的中国专利公开了一种“电化学复合磁力研磨加工装置及其方法”,为了加工硬度的不锈钢、钛合金、高温合金、高强度钢等材料,采用电化学加工辅助研磨的方式,利用阳极钝化的作用,使作为阳极的工件产生一层较脆的钝化层,再以研磨加工的程序移除钝化层,以达到较佳的研磨效率。将用于进行电化学加工的电解液空置空间与进行磁力研磨加工的研磨料容置空间分离设置,交替对工件进行电化学加工及磁力研磨加工。由于采取了立式结构,因此只适用于小直径的棒状工件的表面加工及应用于难加工的工件的表面抛光。

### 发明内容

[0006] 本发明提供了一种电化学磁力研磨光整加工合金管的方法及装置,利用电化学光整加工与轴向超声振动辅助磁力研磨加工的复合工艺,通过电化学反应使合金管工件表面反应生成一层较软的钝化膜,轴向超声振动辅助磁力研磨有效去除这层钝化膜,配合轴向超声振动产生的空化作用,实现对硬质合金管的光整加工,并可显著提高加工效率和表面质量。

[0007] 为了达到上述目的,本发明采用以下技术方案实现:

[0008] 一种电化学磁力研磨光整加工合金管的方法,包括如下步骤:

[0009] 1)将待加工的合金管工件装夹在卧式车床的三爪卡盘上,三爪卡盘与合金管工件之间加绝缘垫;

[0010] 2)在车床溜板箱上安装工作台,在工作台靠近合金管工件一侧安装磁极架,磁极架的两端分别安装1块永磁铁,2块永磁铁的中轴线相互垂直,且与合金管工件相对的一端分别为N极和S极;

[0011] 3)合金管工件内安装V形辅助磁铁,V形辅助磁铁的2个磁极分别与外部的1块永磁铁相对设置且磁极相反;V形辅助磁铁的下部连接铜棒电极;V形辅助磁铁与合金管工件内壁之间设磁性磨粒,V形辅助磁铁在外部永磁铁的作用下将磁性磨粒压附在合金管工件内表面;

[0012] 4)V形辅助磁铁另外连接超声波发生器;

[0013] 5)合金管工件的外侧设碳刷,碳刷与直流电源的正极相连,直流电源的负极与铜棒电极相连;铜棒电极通过电解液输送管道和蠕动泵连接电解槽;启动蠕动泵后,电解槽内的电解液可通过蠕动泵吸入到铜棒电极中并从铜棒电极与合金管工件的间隙中流出;

[0014] 6)永磁铁、V形辅助磁铁的磁极与合金管工件的间隙为1~2mm,碳刷与合金管工件的间隙为1~1.5mm;直流电源电压为10~20V,电解液的流速为2~2.5L/min;

[0015] 7)精加工阶段:调整卧式车床主轴转速为700~900r/min,车床溜板箱进给速度为1.5~2.5mm/s,进给距离为合金管工件长度的3/5~2/3;超声波发生器频率为14~18KHz;磁性磨粒采用平均粒径为200~300 $\mu$ m的烧结磁性磨料,将烧结磁性磨料与油基研磨液以1:2的体积比混合后,均匀填充在V形辅助磁铁与合金管工件之间的加工间隙内;开启直流电源、蠕动泵、超声波发生器和卧式车床,进行合金管工件内表面的精加工;

[0016] 8)超精加工阶段:卧式车床主轴转速调整为1100~1300r/min,车床溜板箱进给速度和进给距离不变;超声波发生器频率调整为18~20KHz;磁性磨粒更换为平均粒径为80~120 $\mu$ m的烧结磁性磨料,将烧结磁性磨料与油基研磨液以1:2的体积比混合后,均匀地填充在V形辅助磁铁与合金管工件之间的加工间隙内,开启直流电源、蠕动泵、超声波发生器和卧式车床,进行合金管工件内表面的超精加工;

[0017] 9)将合金管工件调头后重新装卡,按步骤6)~8)完成合金管工件剩余未加工部分的精加工和超精加工。

[0018] 所述电解液为浓度为20~30%的硝酸钠溶液。

[0019] 用于实现一种电化学磁力研磨光整加工合金管的方法的装置,包括磁力研磨系统、电化学反应系统和超声振动系统,所述磁力研磨系统包括设置在合金管工件外侧的2块永磁铁和设置在合金管内部的V形辅助磁铁,2块永磁铁与合金管工件相对一侧的磁极相反,V形辅助磁铁的2个磁极分别与外部的1块永磁铁相对设置且磁极相反;V形辅助磁铁与待加工合金管工件内壁之间设有磁性磨粒;电化学反应系统包括电解槽、蠕动泵、直流电源和碳刷,电解槽通过电解液输送管道依次连接蠕动泵和V形辅助磁铁下方的铜棒电极,铜棒电极连接直流电源的负极,直流电源的正极连接设在合金管工件外侧的碳刷;超声振动系统包括超声波发生器以及依次相连的基座、集电环、换能器、变幅杆、弹性筒夹和连杆,超声波发生器与集电环通过电线连接,连杆位于合金管工件中轴线上并与V形辅助磁铁一侧连接;合金管工件外部加设绝缘垫后装卡在卧式车床的三爪卡盘上,磁力研磨系统、电化学反应系统和超声振动系统均通过工作台安装在卧式车床溜板箱上。

[0020] 所述2块永磁铁分别安装在磁极架的两端,且2块永磁铁的中轴线互相垂直,磁极架安装在工作台上。

[0021] 所述电解槽内设有搅拌器,电解槽与铜棒电极之间的电解液输送管道上依次设置过滤器、蠕动泵、流量计和控制阀。

[0022] 所述铜棒电极通过螺纹杆固定在V形辅助磁铁的下方,螺纹杆内设有与铜棒电极上的电解液流出孔相通的孔道,电解液输送管道与螺纹杆内部孔道连通。

[0023] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0024] 1)利用电化学光整加工与轴向超声振动辅助磁力研磨加工的复合工艺,通过电化学反应使合金管工件表面反应生成一层较软的钝化膜,轴向超声振动辅助磁力研磨有效去除这层钝化膜,配合轴向超声振动产生的空化作用,实现对硬质合金管的光整加工,并可显著提高加工效率和表面质量;

[0025] 2)利用普通卧式车床实现工件的旋转、进给量的调节以及各系统的随动,结构简单,布局合理,工艺参数调整方便,成本低;

[0026] 3)合金管工件的光整加工分为精加工过程和超精加工过程,通过设定不同的工艺参数及配合不同粒度的磁性磨粒实现最佳的加工效果。

## 附图说明

[0027] 图1是本发明所述一种电化学磁力研磨光整加工合金管的装置的结构示意图。

[0028] 图2是图1中的I-I剖面图。

[0029] 图3是本发明实施例中钛合金管加工前的显微形貌图。

[0030] 图4是本发明实施例中采用普通磁力研磨方法对钛合金管加工后的显微形貌图。

[0031] 图5是本发明实施例中采用普通电化学加工方法对钛合金管加工后的显微形貌图。

[0032] 图6是本发明实施例中钛合金管经电化学磁力研磨光整加工后的显微形貌图。

[0033] 图7是本发明实施例中钛合金管加工前内表面粗糙度图。

[0034] 图8是本发明实施例中钛合金管经电化学磁力研磨光整加工后的内表面粗糙度图。

[0035] 图中:1.卧式车床 2.三爪卡盘 3.绝缘垫 4.合金管工件 5.碳刷 6.直流电源7.连杆 8.弹性筒夹 9.变幅杆 10.换能器 11.集电环 12.基座 13.超声波发生器14.工作台 15.流量计 16.控制阀 17.蠕动泵 18.过滤器 19.搅拌器 20.电解槽21.磁极架 22.永磁铁 23.磁性磨粒 24.V形辅助磁铁 25.螺纹杆 26.铜棒电极 27.电解液

## 具体实施方式

[0036] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步说明:

[0037] 参照图1-图2,一种电化学磁力研磨光整加工合金管的方法,包括如下步骤:

[0038] 1)将待加工的合金管工件4装夹在卧式车床1的三爪卡盘2上,三爪卡盘2与合金管工件4之间加绝缘垫3;

[0039] 2)在车床溜板箱上安装工作台14,在工作台14靠近合金管工件4一侧安装磁极架21,磁极架21的两端分别安装1块永磁铁22,2块永磁铁22的中轴线相互垂直,且与合金管工

件4相对的一端分别为N极和S极；

[0040] 3)合金管工件4内安装V形辅助磁铁24,V形辅助磁铁24的2个磁极分别与外部的1块永磁铁22相对设置且磁极相反;V形辅助磁铁24的下部连接铜棒电极26;V形辅助磁铁24与合金管工件4内壁之间设磁性磨粒23,V形辅助磁铁24在外部永磁铁22的作用下将磁性磨粒23压附在合金管工件4内表面;

[0041] 4)V形辅助磁铁24另外连接超声波发生器13;

[0042] 5)合金管工件4的外侧设碳刷5,碳刷5与直流电源6的正极相连,直流电源6的负极与铜棒电极26相连;铜棒电极26通过电解液输送管道和蠕动泵17连接电解槽20;启动蠕动泵17后,电解槽20内的电解液27可通过蠕动泵17吸入到铜棒电极26中并从铜棒电极26与合金管工件4的间隙中流出;

[0043] 6)永磁铁22、V形辅助磁铁24的磁极与合金管工件4的间隙为1~2mm,碳刷5与合金管工件4的间隙为1~1.5mm;直流电源6电压为10~20V,电解液27的流速为2~2.5L/min;

[0044] 7)精加工阶段:调整卧式车床1主轴转速为700~900r/min,车床溜板箱进给速度为1.5~2.5mm/s,进给距离为合金管工件4长度的3/5~2/3;超声波发生器13频率为14~18KHz;磁性磨粒23采用平均粒径为200~300 $\mu$ m的烧结磁性磨料,将烧结磁性磨料与油基研磨液以1:2的体积比混合后,均匀填充在V形辅助磁铁24与合金管工件4之间的加工间隙内;开启直流电源6、蠕动泵17、超声波发生器13和卧式车床1,进行合金管工件4内表面的精加工;

[0045] 8)超精加工阶段:卧式车床1主轴转速调整为1100~1300r/min,车床溜板箱进给速度和进给距离不变;超声波发生器13频率调整为18~20KHz;磁性磨粒23更换为平均粒径为80~120 $\mu$ m的烧结磁性磨料,将烧结磁性磨料与油基研磨液以1:2的体积比混合后,均匀地填充在V形辅助磁铁24与合金管工件4之间的加工间隙内,开启直流电源6、蠕动泵17、超声波发生器13和卧式车床1,进行合金管工件4内表面的超精加工;

[0046] 9)将合金管工件4调头后重新装卡,按步骤6)~8)完成合金管工件4剩余未加工部分的精加工和超精加工。

[0047] 所述电解液27为浓度为20~30%的硝酸钠溶液。

[0048] 如图1及图2所示,用于实现一种电化学磁力研磨光整加工合金管的方法的装置,包括磁力研磨系统、电化学反应系统和超声振动系统,所述磁力研磨系统包括设置在合金管工件4外侧的2块永磁铁和设置在合金管内部的V形辅助磁铁,2块永磁铁与合金管工件相对一侧的磁极相反,V形辅助磁铁的2个磁极分别与外部的1块永磁铁相对设置且磁极相反;V形辅助磁铁24与待加工合金管工件4内壁之间设有磁性磨粒23;电化学反应系统包括电解槽20、蠕动泵17、直流电源6和碳刷5,电解槽20通过电解液输送管道依次连接蠕动泵17和V形辅助磁铁下方的铜棒电极26,铜棒电极26连接直流电源6的负极,直流电源6的正极连接设在合金管工件4外侧的碳刷5;超声振动系统包括超声波发生器13以及依次相连的基座12、集电环11、换能器10、变幅杆9、弹性筒夹8和连杆7,超声波发生器13与集电环11通过电线连接,连杆7位于合金管工件4中轴线上并与V形辅助磁铁24一侧连接;合金管工件4外部加设绝缘垫3后装卡在卧式车床1的三爪卡盘2上,磁力研磨系统、电化学反应系统和超声振动系统均通过工作台14安装在卧式车床1溜板箱上。

[0049] 所述2块永磁铁22分别安装在磁极架21的两端,且2块永磁铁22的中轴线互相垂

直,磁极架21安装在工作台14上。

[0050] 所述电解槽20内设有搅拌器19,电解槽20与铜棒电极26之间的电解液输送管道上依次设置过滤器18、蠕动泵17、流量计15和控制阀16。

[0051] 所述铜棒电极26通过螺纹杆25固定在V形辅助磁铁24的下方,螺纹杆25内设有与铜棒电极26上的电解液流出孔相通的孔道,电解液输送管道与螺纹杆25内部孔道连通。

[0052] 以下实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。下述实施例中所用方法如无特别说明均为常规方法。

[0053] **【实施例】**

[0054] 应用本发明一种电化学磁力研磨光整加工合金管的方法及装置,进行钛合金管的复合研磨,具体过程如下(参照图1):

[0055] 1)将待加工钛合金管工件装卡到卧式车床1的三爪卡盘4上,在卧式车床1的溜板箱上安装工作台14,将本发明所述磁力研磨系统、电化学反应系统和超声振动系统各部分分别安装并连接好;

[0056] 2)进给距离为钛合金管工件长度的 $\frac{2}{3}$ ,永磁铁22及V形辅助磁铁24磁极与工件内表面间隙为1.5mm,碳刷5与工件外表面间隙为1mm,直流电源6电压为10~20V,电解液为浓度20%的硝酸钠溶液,电解液的流速为2~2.5L/min;

[0057] 3)精加工阶段:卧式车床1主轴转速调节为800r/min,车床溜板箱进给速度为2mm/s,超声波发生器13频率为14~18KHz,将平均粒径为250 $\mu$ m的烧结磁性磨料与油基研磨液,以体积比为1:2的比例混合后,均匀填充在V形辅助磁铁24与钛合金管工件内表面之间的加工间隙内,开启直流电源6、蠕动泵17、超声波发生器13和卧式车床1,加工时间为20~30min;

[0058] 4)超精加工阶段:卧式车床1主轴转速调整为1200r/min,超声波发生器13频率为18~20KHz更换平均粒径为100 $\mu$ m的烧结磁性磨料,将磨料与油基研磨液以体积比为1:2比例混合后,均匀地填充在V形辅助磁铁24与钛合金管工件内表面之间的加工间隙内,开启直流电源6、蠕动泵17、超声波发生器13和卧式车床1,加工时间为10~20min;

[0059] 5)将钛合金管工件调头后重新装卡,按步骤3)-4)加工剩余未加工部分;

[0060] 6)清洗:将全部超精研磨后的钛合金管工件从卧式车床1上取下,清洗后晾干即可。

[0061] 为了进一步说明本发明的应用效果,分别采用普通磁力研磨方法及普通电化学加工方法对同样的钛合金管进行研磨加工,采用超景深3D显微镜检测加工前后工件表面的形貌变化。如图3-图6所示,从每个显微形貌图的色阶变化并对照其左侧的数据,可以看出,经本发明所述电化学磁力研磨光整加工后的钛合金管的平整度最高。需要说明的是,图3-图6只用于对本发明所述方法的加工效果进行验证,对本发明所述方法及装置并不具有限定作用。

[0062] 经过表面粗糙度仪检测,研磨前后工件表面的粗糙度变化如图7和图8所示,从图中可以很明显地看出,经加工后钛合金管内表面的表面粗糙度大幅度提高。

[0063] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明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发明揭露的技术范围内,根据本发明的技术方案及其



---

发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

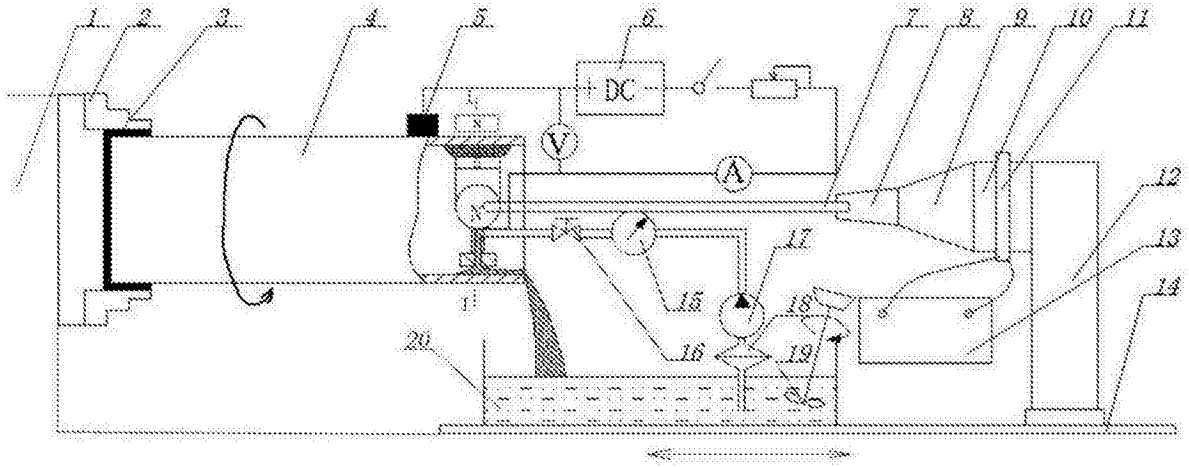


图1

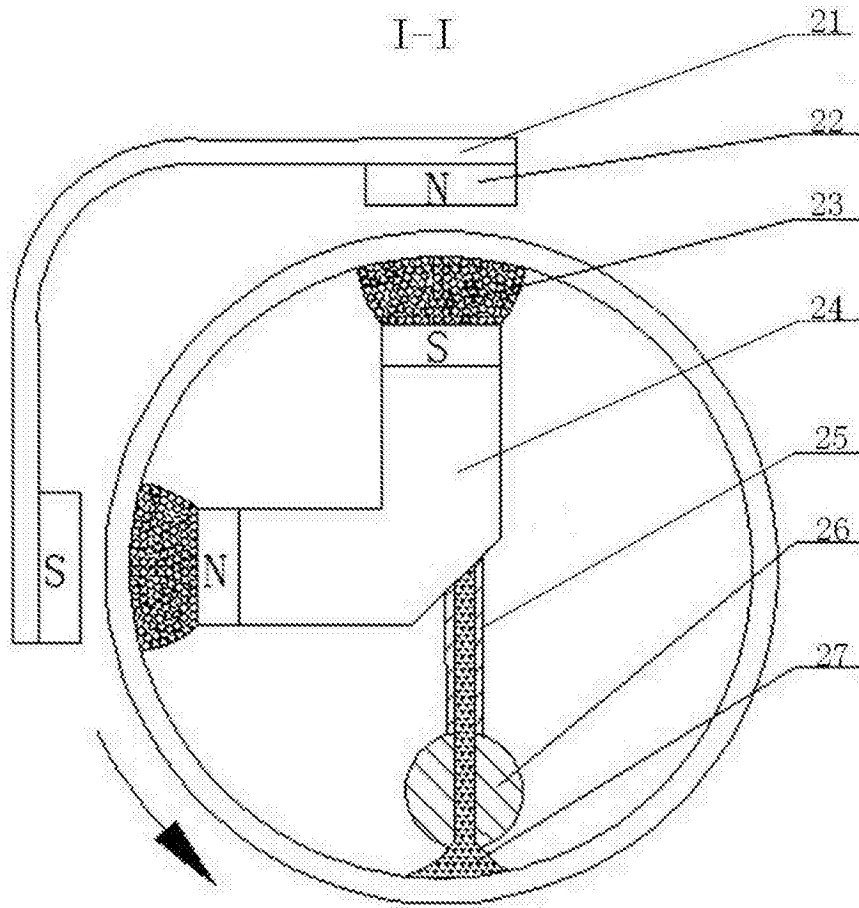


图2

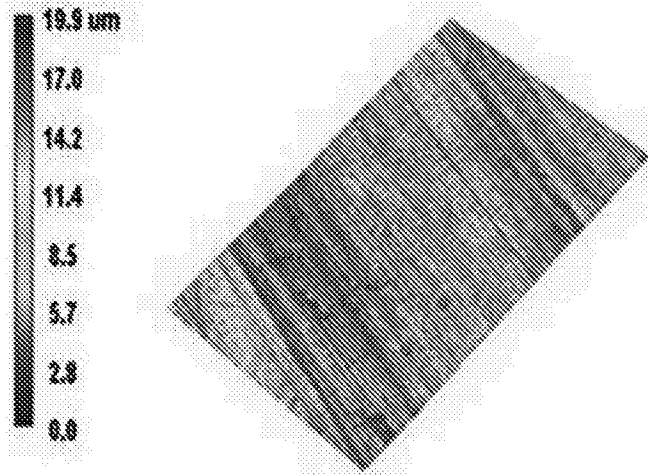


图3

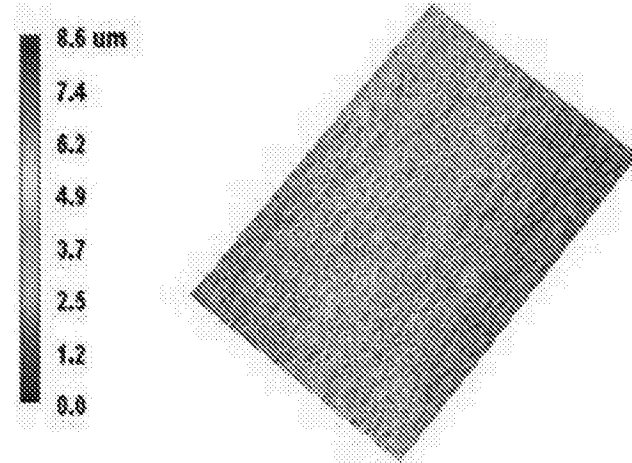


图4

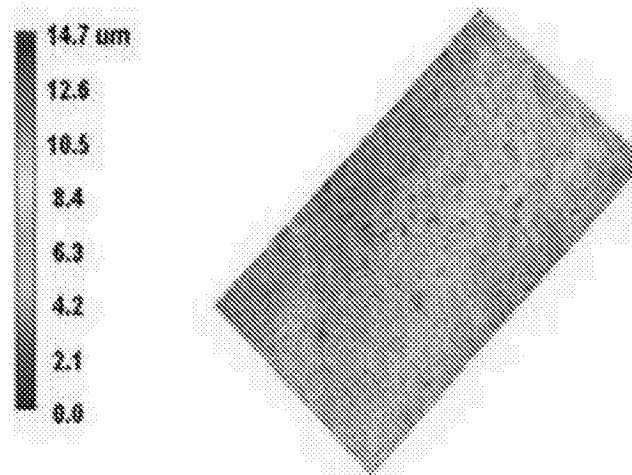


图5

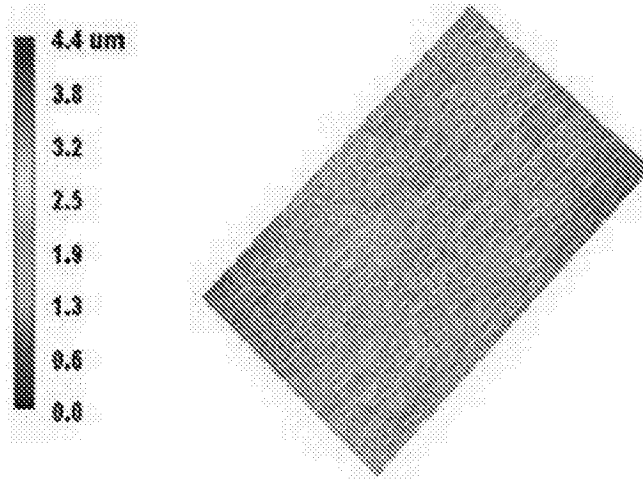


图6

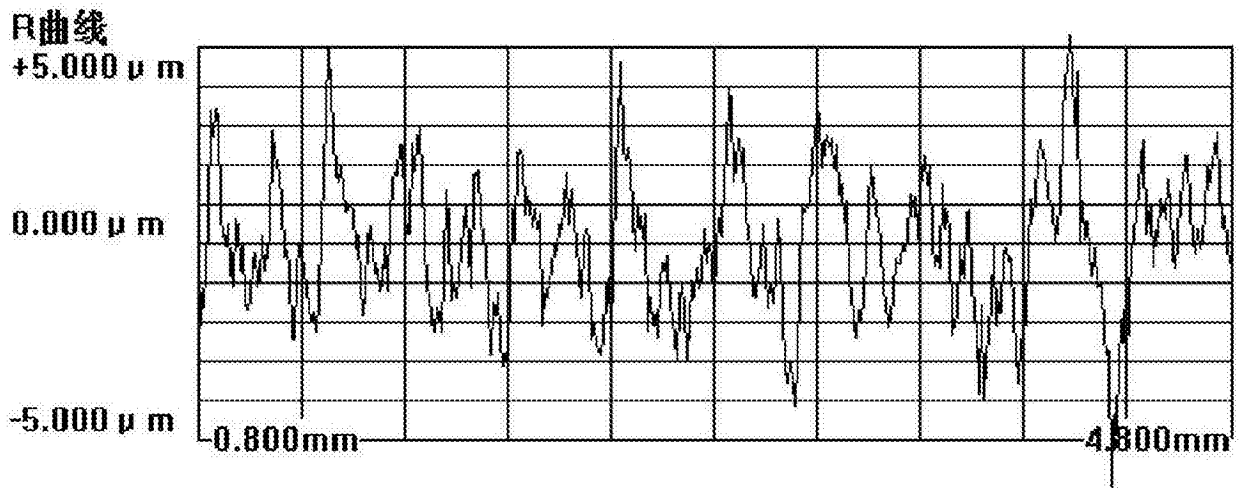


图7

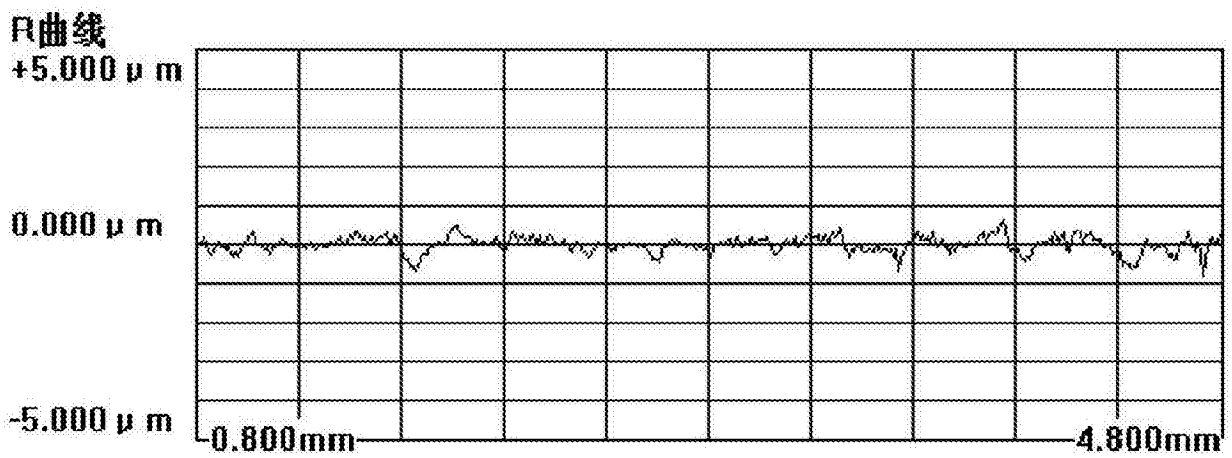


图8