



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104646665 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 18

(21) 申请号 201510052312. 1

(22) 申请日 2015. 02. 01

(73) 专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

(72) 发明人 张冬云 刘臻 高志鹏 董东东

曹玄杨

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

有限公司 11203

代理人 刘萍

(51) Int. Cl.

B22F 3/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 201572918 U, 2010. 09. 08,

CN 201041614 Y, 2008. 03. 26,

CN 201056415 Y, 2008. 05. 07,

CN 203635914 U, 2014. 06. 11,

WO 9534468 A1, 1995. 12. 21,

US 4938816 A, 1990. 07. 03,

CN 203863021 U, 2014. 10. 08,

CN 203863019 U, 2014. 10. 08,

审查员 屠怡范

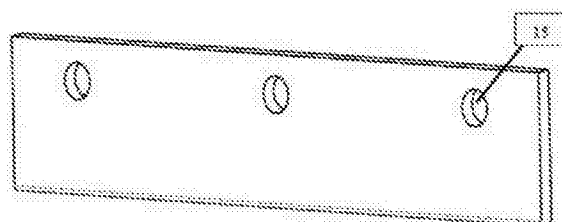
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

陶瓷刮刀

(57) 摘要

陶瓷刮刀,用于激光快速成型过程中粉末铺送。刀口的两侧均有圆角,刮刀上部有螺孔,方便固定到铺粉装置的刀架上。传统钢制刮刀自身带有很高的铁磁性易在粉末铺送过程中由于摩擦产生静电而吸引磁性粉末,磁化后的粉末易产生团聚,从而造成成型层表面凹凸不平,降低零件的加工精度,甚至造成建模过程的中断。由于陶瓷刮刀不具有铁磁性,因而可以很好的解决上述传统刮刀存在的问题,提高粉末层的均匀性,提高成型精度。同时由于陶瓷刮刀的硬度较高,具有高的耐磨性能,并且在刮刀的刀刃处添加圆角,可以进一步减小刮刀所受摩擦力,因而使用陶瓷材料制作刮刀可以有效提高刮刀的使用寿命。陶瓷刮刀还具有制作简单、加工成本低、使用方便等优点。



1. 一种陶瓷刮刀,其特征是:刮刀全部由耐磨陶瓷制作而成,刀刃处有圆角,陶瓷刮刀刀刃处的圆角半径取 $R_1$ , $R_1$ 取值在 $20\sim 60\mu\text{m}$ ,具体数值由公式 $(R_1+R^*+\frac{R^*}{\cos\theta_1})\cos\theta_1=R_1+h$

计算得到,其中 $R^*$ 为平均粉末颗粒半径, $h$ 为铺粉层厚,计算时取值 $\theta_1=45^\circ$ 。

2. 根据权利要求1所述的陶瓷刮刀,其特征是:陶瓷材料为 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 或 $\text{ZrO}_2$ 。

3. 根据权利要求1所述的陶瓷刮刀,其特征是:陶瓷刮刀外形为长方体形。

4. 根据权利要求1所述的陶瓷刮刀,其特征是:刮刀上部有螺孔,陶瓷刮刀上螺孔的位置对应刮刀刀架上的螺孔位置,使用陶瓷刮刀时只需用螺丝将刮刀固定到刮刀刀架上即可。

5. 根据权利要求1所述的陶瓷刮刀,其特征是:应用陶瓷刮刀进行加工的光源为:电子束、离子束、激光、电弧或火焰。

6. 根据权利要求1所述的陶瓷刮刀,其特征是:用于金属、陶瓷或者非金属的零件直接制造或者修复。

## 陶瓷刮刀

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种在快速成型过程中应用的陶瓷刮刀,主要用于快速成型过程中的铺粉过程,用于解决传统钢制刮刀铺送磁性粉末时,磁性粉末吸附在刮刀上造成成型精度降低的问题,从而提高成形件的精度,同时提高刮刀使用寿命,属于快速成型领域。

### 背景技术

[0002] 当今的市场环境正在发生着巨大的变化,一方面表现为消费者需求日趋个性化和多样化;另一方面则是产品制造商们都着眼于全球市场的激烈竞争。面对这样一个迅速变化且无法预料的买方市场,制造商们不但要很快地设计出符合人们消费需求的产品,而且必须很快地生产制造出来,才能抢占市场。传统的大批量生产模式对市场的响应迟缓,无法快速响应市场需求。为此,近十几年来工业化国家一直在努力地研发新型的制造技术,提高制造业发展水平,以便在激烈的全球竞争中占有一席之地。得益于计算机、微电子、信息、自动化、新材料和现代企业管理技术的发展与进步,产品设计、加工制造、质量检测、生产管理和企业经营都发生了重大变革,产生了一批新的制造技术和制造模式,制造工程与科学取得了前所未有的发展。

[0003] 快速成型技术就是在这种背景下逐步形成并得以发展的。快速成型技术的发展,使得产品设计、制造的周期大大缩短,提高了产品设计、制造的一次成功率,降低产品开发成本,从而给制造业带来了根本性的变化。快速成型技术(RP)是一种集成了计算机辅助设计及制造技术、逆向工程技术、分层制造技术(SFF)、材料去除成形(MPR)、材料增加成形(MAP)技术而产生的新型产品制造技术。通俗地说,快速成型技术就是利用三维CAD的数据,通过快速成型机,将一层层的材料堆积成实体原型。在市场竞争日益激烈的情况下,产品创新和上市速度以及制造技术的柔性必然成为企业的核心竞争力。快速成型技术和虚拟现实技术一起,都是产品数字化开发的重要手段和有力工具,同时也已经成为先进制造技术群不可分割的组成部分,在制造业获得越来越广泛的应用。与传统的制造过程相比,采用激光快速成型和激光快速制模技术后,可以将产品试制和批量生产的模具准备工作并行作业,明显缩短新产品设计和试制周期,并节省产品开发费用。

[0004] 其中激光快速成型技术(图1)中应用比较广泛的为选区激光熔化(图2),选区激光熔化(SLM-Selective Laser Melting)是一种金属件直接成型方法,是快速成型技术的最新发展。该技术基于快速成型的最基本思想,用逐层添加方式根据CAD数据直接成型具有特定几何形状的零件,成型过程中金属粉末完全熔化,产生冶金结合。该技术突破了传统加工方法去除成型的概念,采用添加材料的方法成型零件,最大程度的减少了材料的浪费;成型过程几乎不受零件复杂程度的限制,因而具有很大的柔性,特别适合于单件小批量产品的制造。

[0005] 虽然快速成型技术原理上可以成型许多复杂形状的金属零件,但是其在实际加工过程中仍存在致密度不够、尺寸精度低、表面质量差等问题。刮刀是激光快速成型设备的一个重要组成部分,对成型件的质量有重要影响,上述问题产生的一个重要原因就是传统刮

刀自身存在着缺陷。

[0006] 第一是在使用磁性粉末加工工件时,由于传统的刮刀使用不锈钢或高速钢制成,其自身带有很高的铁磁性易吸引磁性粉末。因为钢制刮刀具内部交换场,铁磁物质的交换能为正值,而且较大,使得相邻原子的磁矩平行取向,在物质内部形成许多小区域——磁畴。每个磁畴大约有 $10^{15}$ 个原子。这些原子的磁矩沿同一方向排列,假设晶体内部存在很强的称为“分子场”的内场,“分子场”足以使每个磁畴自动磁化达饱和状态。这种自生的磁化强度叫自发磁化强度。由于它的存在,铁磁物质能在弱磁场下强烈地磁化。所以当传统钢制刮刀遇到磁性粉末的弱磁场时,会产生很大的磁性。加上粉末自身的重力较低,很容易被铁磁性所产生的磁力所影响。刮刀托带着粉末运动以及吸附在刮刀上的粉末的脱落均会造成铺粉的不平整,在后续的激光融化过程中使得熔化层厚度不均匀,从而造成成型层表面凹凸不平,降低加工的精度。

[0007] 第二是在激光快速加工过程中同时刮刀在运动铺平过程中碰到坚硬材料时易磨损,这些磨损主要是塑性变形机理主导的磨损(图3)。刮刀的磨损主要有以下两种方式:

[0008] (1)黏着磨损:当摩擦副表面相对滑动时,由于黏着效应所形成的黏着结点发生剪切断裂,被剪切的材料或脱落成磨屑,或由一个表面迁移到另一个表面,由此磨损称为黏着磨损。迁移到硬表面的黏着物又使软表面上出现划痕(也称犁沟),所以,黏着磨损的特征出现在材料迁移,以及研滑动方向形成程度不同的划痕。

[0009] (2)磨粒磨损:摩擦表面间存在高硬度带有尖角和棱线的磨粒,在相对运动中可以直接切掉微凸体产生磨屑,也可以先犁入表面,而后形成磨屑。

[0010] 当摩擦配副硬度差较大时,金属从软表面转移到硬表面,发生黏着磨损。当摩擦副硬度相当时,片状或颗粒状屑最终会脱离两表面,出现磨粒磨损。

## 发明内容

[0011] 为了克服背景技术中所叙述的问题,本发明选取耐磨陶瓷制作陶瓷刮刀(图4)。本发明的目的在于消除钢制刮刀自身的铁磁性对磁性粉末铺送的影响,提高加工精度。同时,减小刮刀的磨损,增加刮刀的使用寿命。

[0012] 本发明为了实现上述目的设计了一种适合激光快速成型过程的陶瓷刮刀,陶瓷刮刀由耐磨陶瓷制成,刀口的两侧均有圆角,刮刀上部有螺孔,方便固定到铺粉装置的刮刀刀架(图9)上。

[0013] 一种陶瓷刮刀,由耐磨陶瓷制作而成,其特征是:刮刀全部由耐磨陶瓷制作而成,刮刀上部有螺孔,刀刃处有圆角,陶瓷刮刀刀刃处的圆角半径取 $R_1$ , $R_1$ 取值在 $20\sim 60\mu\text{m}$ ,具体

数值由公式 $(R_1 + R^* + \frac{R^*}{\cos \theta_1}) \cos \theta_1 = R_1 + h$ 计算得到,其中 $R^*$ 为平均粉末颗粒半径, $h$ 为铺粉

层厚,为了使更多的粉末进入刮刀与工件上表面间隙中,计算时取值 $\theta_1 = 45^\circ$ 。

[0014] 制作陶瓷刮刀的陶瓷材料可以为 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{ZrO}_2$ 等。

[0015] 陶瓷刮刀外形为长方体形,其长、宽、高尺寸可根据不同设备的使用要求制定。

[0016] 陶瓷刮刀上螺孔15的位置对应刮刀刀架16上的螺孔位置,使用陶瓷刮刀时只需用螺丝将刮刀固定到刮刀刀架上即可。采用其他方式安装陶瓷刮刀都属于此类陶瓷刮刀。

[0017] 应用陶瓷刮刀加工过程的光源可以为:电子束、离子束、激光等高等能束流,也可

以为电弧、火焰等传统热源。

[0018] 所述的陶瓷刮刀可以用于金属、陶瓷或者非金属的零件直接制造或者修复。

[0019] 耐磨陶瓷是以 $Al_2O_3$ 为主要原料,以稀有金属氧化物为熔剂,经 $1700^{\circ}C$ 高温焙烧而成。耐磨陶瓷有以下的性能特点:

[0020] 1、硬度大。其洛氏硬度为HRA80-90,硬度仅次于金刚石,远远超过耐磨钢和不锈钢的耐磨性能。

[0021] 2、耐磨性能极好。其耐磨性相当于锰钢的266倍,高铬铸铁的171.5倍。在同等工况下,可至少延长设备使用寿命十倍以上。

[0022] 3、重量轻。其密度为 $3.6-3.9g/cm^3$ ,仅为钢铁的一半,可大大减轻设备负荷。4、粘接牢固、耐热性能好。耐磨陶瓷片采用高强度陶瓷结构胶粘贴,可确保陶瓷在高温下长期运行不脱落,在 $350^{\circ}C$ 下可长期运行不老化。

[0023] 为了进一步减小刮刀与工件之间的摩擦力,在刮刀刀刃的前后均添加半径为 $R_1$ 的圆角过度(图5)。以铺送粒径在 $10\sim 45\mu m$ 的粉末为例,取圆角半径为 $30\mu m$ 。刮刀与工件之间的距离通常选为 $20\mu m$ ,如果不在刮刀的刀刃处添加圆角(图6),在刮刀的运动过程中,粒径大于 $20\mu m$ 的粉末无法进入到刮刀与工件之间的间隙中,大粒径的粉末在刀刃处堆积还会阻挡细小粉末进入到间隙中,使得所铺粉末层中存在大量空隙,降低粉末铺送的密度,从而影响后续的加工精度。在刮刀刀刃处添加半径为 $30\mu m$ 的圆角后,利于粒径小于间隙尺寸的粉末进入到间隙中。对于粒径大于 $20\mu m$ 的粉末,其粒径大于刮刀与工件之间的间隙,在刮刀的运动过程中,粉末与刮刀相遇后,粉末将受到来自刮刀、周围粉末以及工件的力的作用(图7)。粉末颗粒所受到的力可分解为水平和竖直方向上,对粉末运动起重要作用的为粉末所受来自周围粉末和工件表面的阻力 $f$ 以及刮刀给予粉末的推力 $F_3$ 。由于 $F_3=F_2\sin\theta_1$ ,所以在刮刀的刀刃处添加圆角,会减小 $F_3$ 。同时, $f=N*u$ ,在忽略粉末颗粒自身重力的情况下, $N=F_2\cos\theta_1+F_1$ ,当 $f_{max}>F_3$ 时,粉末可以在摩擦力的作用下进入到刮刀与工件的间隙中,假设此时的 $\theta_1$ 值为 $\theta^*$ 。

$$[0024] \quad (R_1+R+\frac{R}{\cos\theta_1})\cos\theta_1=R_1+h$$

[0025] 其中, $R_1$ 为圆角半径; $R$ 为粉末颗粒半径; $h$ 为间隙高度。将 $\theta^*$ 带入上式,即可得到能够进入间隙中的粉末粒径, $d^*=\frac{R_1+h-R_1\cos\theta^*}{1+\cos\theta^*}$ 。当粉末粒径小于 $d^*$ 时,粉末可以进入到间隙当中,

在粉末进入间隙中时,在 $F_4$ 的作用下粉末会发生一定的变形,使得粉末颗粒满足进入间隙的尺寸要求。对于粒径大于 $d^*$ 的粉末,将会随着刮刀一起运动,最终进入粉末回收槽中,而无法进入到间隙中。圆角的半径不易过大,因为圆角半径过大时,大粒径的粉末与刮刀相遇后,同样会受到来自周围粉末和刮刀的作用力(图8),

$$[0026] \quad F_7=F_6\sin\theta_2$$

$$[0027] \quad f_1=N_1*u$$

$$[0028] \quad N_1=F_5+F_6\cos\theta_2$$

[0029] 由于 $\theta_2<\theta_1$ ,因此 $f_{1max}$ 减小, $F_7$ 增大,使得 $F_7>f_{1max}$ ,尺寸较大粉末颗粒会聚集在刮刀刀刃的前方,使得刮刀受到较大的阻力,不仅会增加刮刀磨损,还会使得正在加工的工件发生变形,严重时会使加工过程中断。添加合适尺寸的圆角,一方面可以保证大多数粉末

颗粒顺利的进入到刮刀与工件之间,保证铺粉的均匀性和致密性;另一方面圆角光滑的表面可以减小刮刀与粉末以及刮刀与工件之间的摩擦力,从而减小刮刀的磨损。

[0030] 下面提供一种陶瓷刮刀制作基本流程:

[0031] 1.通过搅拌、过滤,喷雾、干燥、脱水等步骤,把原材料 $Al_2O_3$ 制成粉末;

[0032] 2.把粉末填充满制作刮刀所使用的模具,使用压机对模具施加压力,使粉末固定成型;

[0033] 3.把成型后的毛坯放入窑中进行烧结,温度控制在1500到2000 $^{\circ}C$ ;

[0034] 4.烧结完成后取出刀坯,对刀坯进行打磨,将刀坯表面打磨光滑。使用磨削加工,在刀坯上加工出螺孔以及圆角。

[0035] 本发明的有益效果在于:陶瓷刮刀不具有铁磁性,不会吸附磁性粉末。在使用磁性粉末制作工件时,可以使粉末铺送的更加均匀平整,从而提高工件的加工精度。同时由于陶瓷的硬度较高,耐磨性能好,可以大幅提高刮刀的使用寿命。并且陶瓷刮刀的制作方法简单、结实耐用,适合大量生产,具有很大经济效益。

## 附图说明

[0036] 图1激光快速成型设备示意图;(其中包括:1、窗口,2、二氧化碳激光器,3、激光窗口,4、扫描仪,5、控制系统,6、粉末床,7、刮刀,8、送粉箱,9、储粉箱)。

[0037] 图2选区激光熔化过程示意图;(其中包括:10、激光束,11、熔池,12、凝固层,13、粉末层,14、扫描方向)。

[0038] 图3传统刮刀磨损示意图;

[0039] 图4陶瓷刮刀示意图;(其中包括:15、螺孔)。

[0040] 图5陶瓷刮刀圆角示意图;

[0041] 图6未添加圆角的刮刀工作示意图;

[0042] 图7圆角半径为30 $\mu m$ 时的粉末颗粒受力分析图;

[0043] 图8圆角半径过大时的粉末颗粒受力分析图;

[0044] 图9陶瓷刮刀安装示意图;(其中包括:16、刮刀刀架)。

[0045] 图10传统刮刀铺送磁性粉末示意图;(其中包括:17、团聚的磁性粉末,18、吸附在刮刀上的磁性粉末)。

[0046] 图11半导体激光器微通道热沉;(其中包括:19、进水主道,20、进水口,21、进水通道,22、进水微通道,23、返水孔,24、出水主道)。

## 具体实施方式

[0047] 本实施例是陶瓷刮刀在半导体激光器微通道热沉(图11)的制造过程中的应用。

[0048] 本实施例中,半导体激光器微通道热沉内部通道是一个开放式循环通道,相邻通道间的壁厚仅有0.2mm。加工半导体激光器微通道热沉所使用的材料为镍合金粉末,由于镍合金粉末带有磁性,在使用传统钢制刮刀进行加工时,粉末很难铺平(图10)。主要是由于传统的钢制刮刀带有铁磁性,会使镍合金粉末磁化,一方面磁化后的镍合金粉末会在已刮过的地方聚集成团状17;另一方面,由于镍合金粉末较轻,易吸附在刮刀表面,在刮刀运动过程中,这些吸附在刮刀表面的粉末会掉落下来,使得已经刮平的粉末层变得不在平整。在后

续激光熔化过程中,粉末层较厚的地方可能产生粉末无法完全熔化的现象,使得熔化层之间连接不牢固,同时会在工件的局部产生凸起。这些凸起不仅会阻碍刮刀的运动,还会降低工件的加工精度,使得工件的某些微细结构无法被很好的加工出来。在半导体激光器微通道热沉的实际加工过程中,由于上述的原因,半导体激光器微通道热沉内部的微通道有时会产生阻塞而使工件报废。使用陶瓷刮刀代替传统的钢制刮刀,便可以很好的解决上述问题。

[0049] 由于陶瓷刮刀不具有铁磁性,因而不会使磁化镍合金粉末,可以提高铺送磁性粉末的均匀性,从而提高工件的加工精度。在使用陶瓷刮刀后,加工得到的半导体激光器微通道热沉不在产生微通道阻塞的现象,并且成型精度得到了提高。

[0050] 本发明结合陶瓷材料的特点和激光快速成型工艺的特点,设计出一种陶瓷刮刀,既能保证使用磁性金属粉末加工工件的成形质量,又能增加刮刀的使用寿命。此外陶瓷刮刀具有制作简单、加工成本低、实用性强等优点,适合大量生产,具有很大的经济效益。

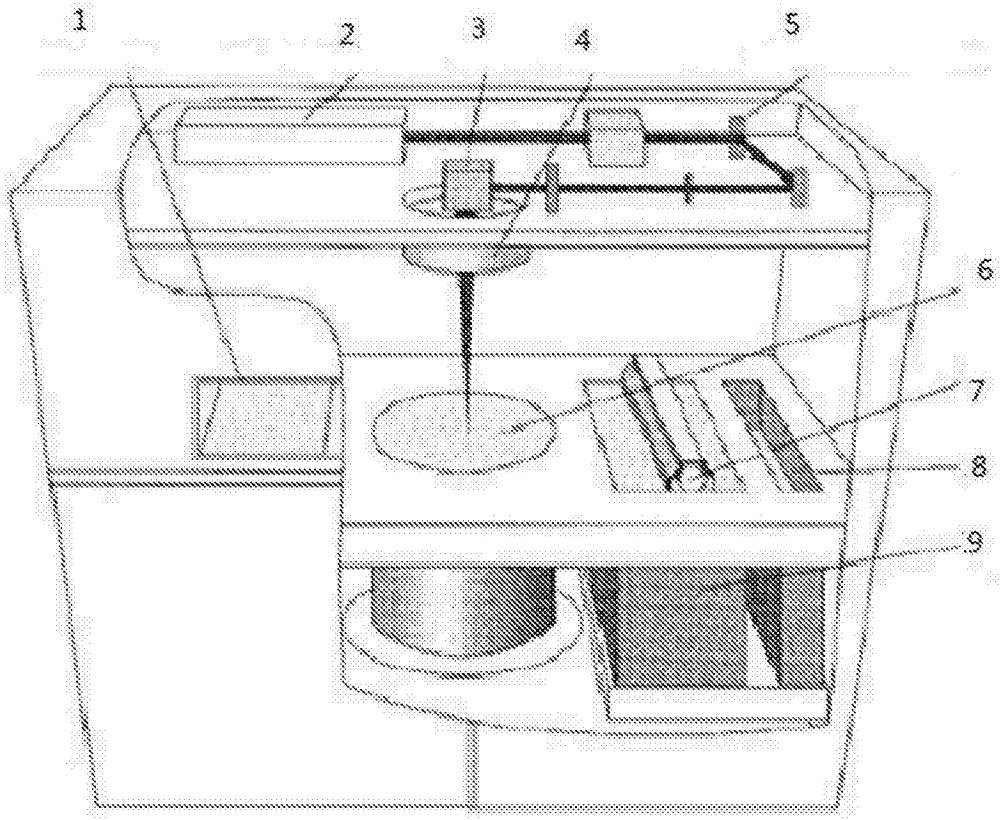


图1

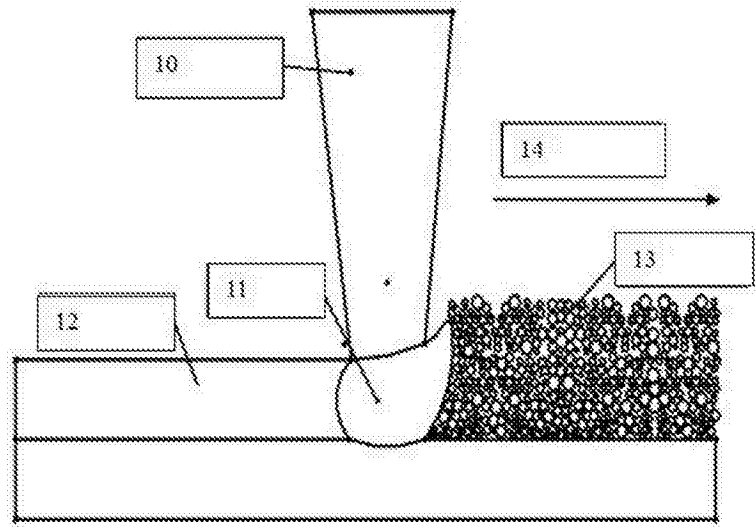


图2



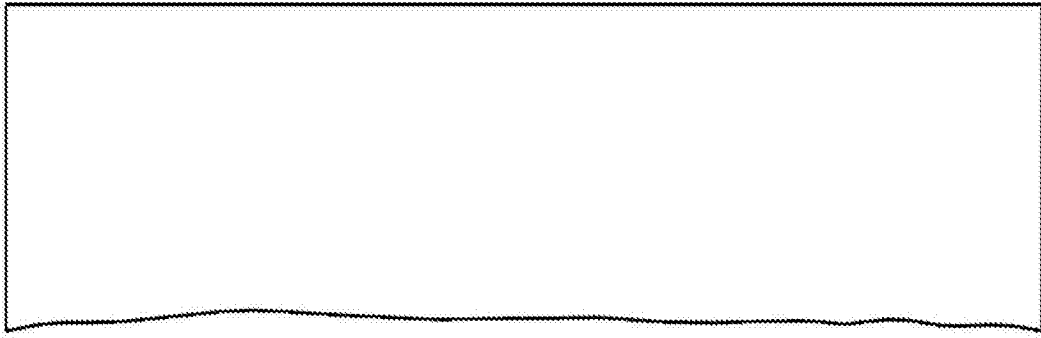


图3

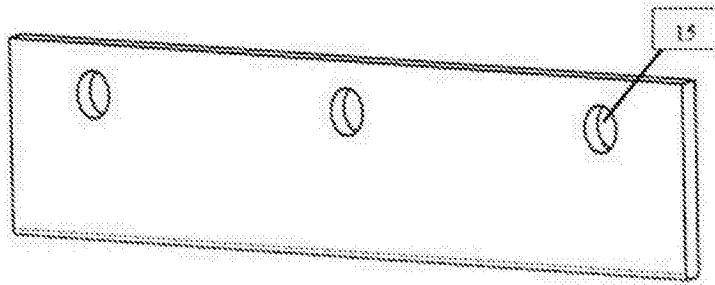


图4

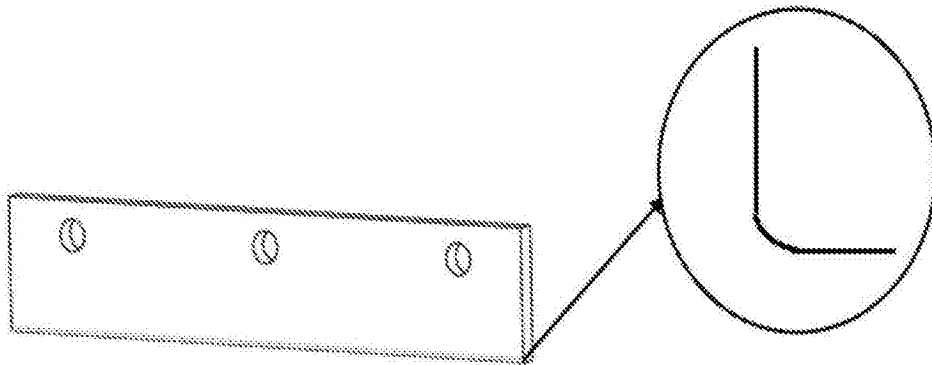


图5

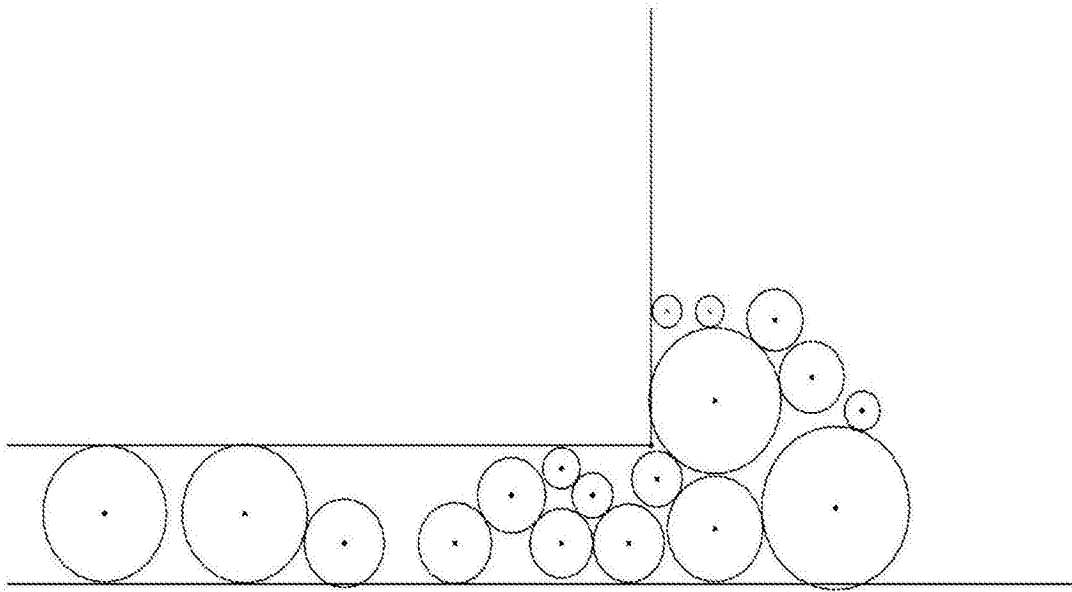


图6

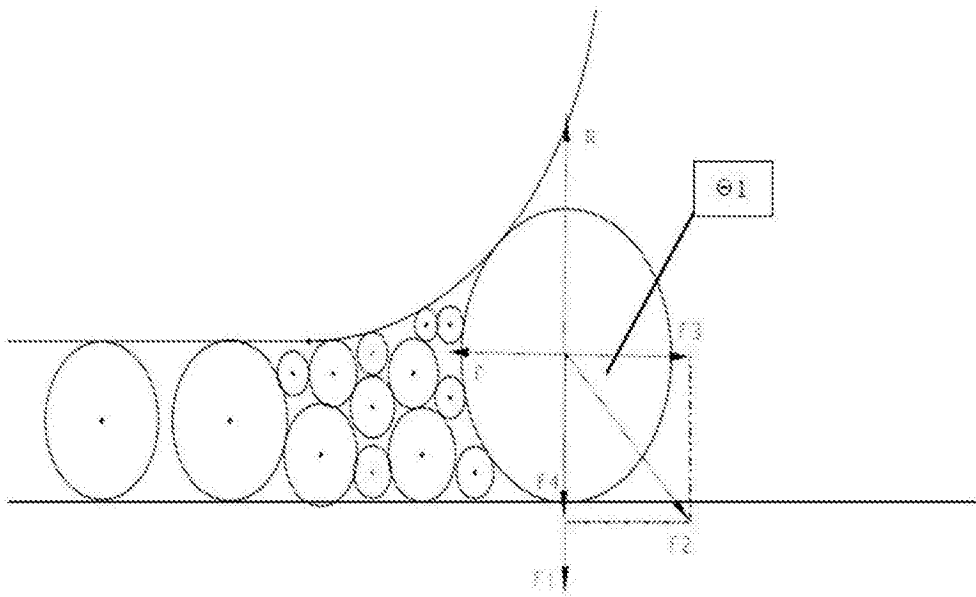


图7

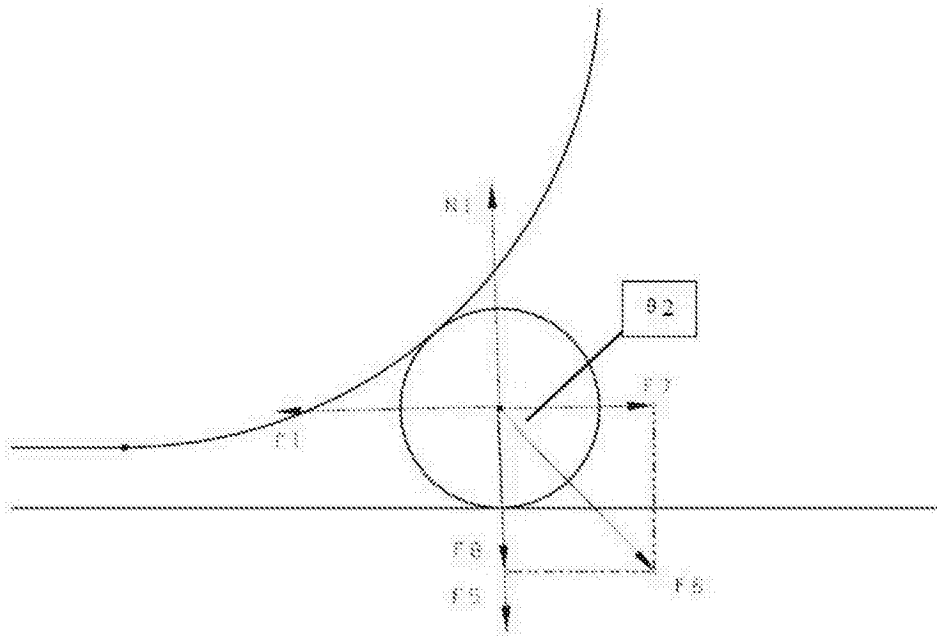


图8

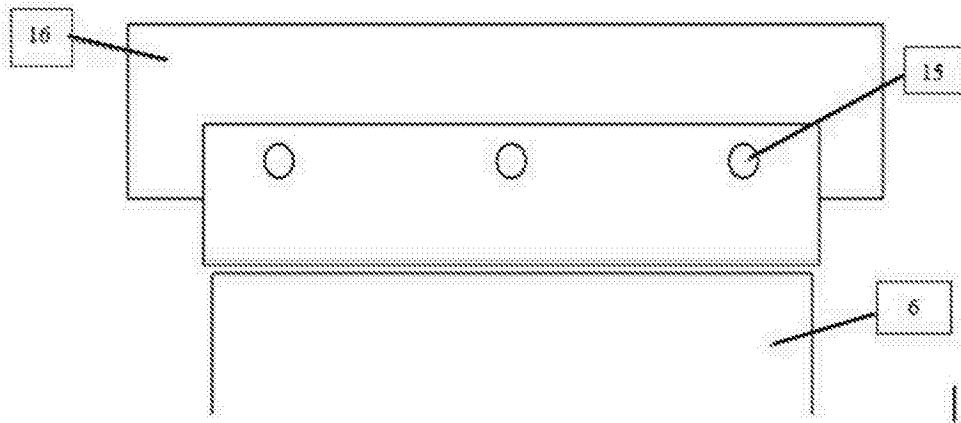


图9

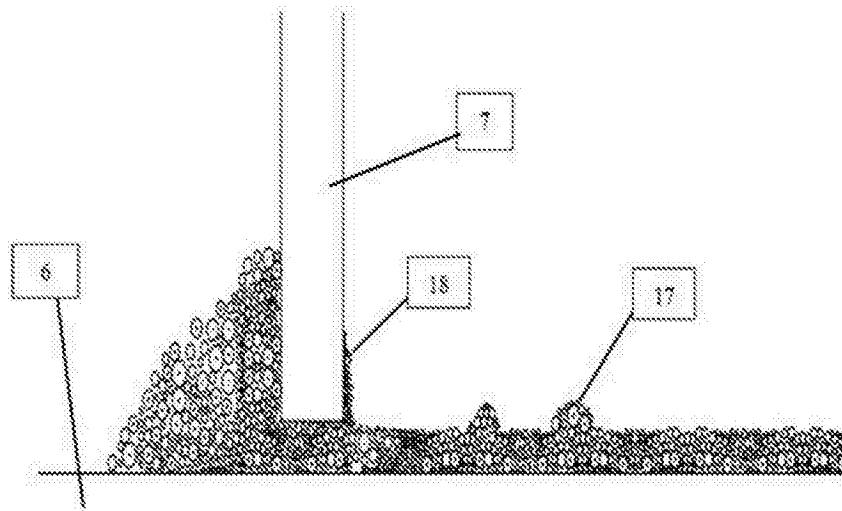


图10

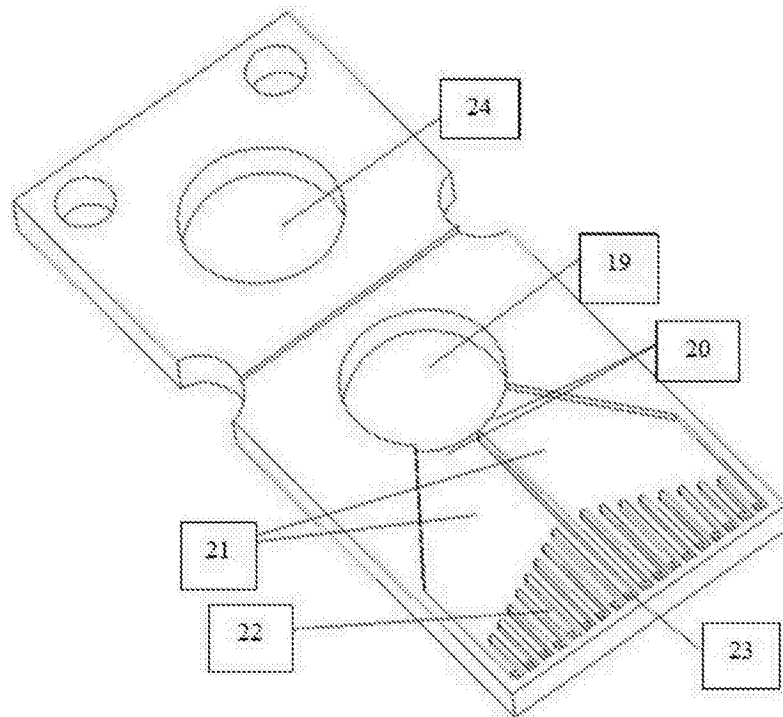


图11