



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109092898 B

(45)授权公告日 2020.09.04

(21)申请号 201810584710.1

B21B 27/10(2006.01)

(22)申请日 2018.06.08

B21B 45/00(2006.01)

B21C 45/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109092898 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2018.12.28

EP 0788850 B1,2005.08.10

JP 2001170706 A,2001.06.26

(73)专利权人 太原科技大学

JP 2013099780 A,2013.05.23

地址 030024 山西省太原市万柏林区瓦流路66号

CN 106040743 A,2016.10.26

JP 2011098354 A,2011.05.19

(72)发明人 马立峰 邹景锋 朱艳春 黄庆学

CN 106345814 A,2017.01.25

JP S6139121 B2,1986.09.02

黄志权 林金宝 楚志兵 刘光明

胡伟.CPE 顶管机组顶管过程数值模拟.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技I辑》.2017,

(74)专利代理机构 太原市科瑞达专利代理有限公司 14101

代理人 李富元

审查员 冯爽

(51)Int.Cl.

B21B 17/04(2006.01)

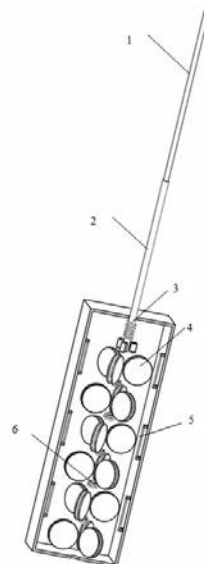
权利要求书1页 说明书3页 附图4页

(54)发明名称

一种高性能镁合金无缝管长材的塑性加工方法

(57)摘要

本发明提供一种高性能镁合金长管材的塑性加工方法,其采用远红外加热灯管对轧辊进行加热,管坯加热后插入芯棒,通过三锤头同步加紧的方式,确保缩口后,芯棒与管坯内壁间有一定压紧力;感应线圈工作的同时芯棒带动缩口后的管坯送进给轧辊,对管坯进行减径减壁塑性变形加工;轧制后的管材,经送棒机组脱棒后,根据需要将管材分割成n段。本发明采用感应加热的方式对管坯进行加热,取代了传统的电阻加热,实现了在线加热-在线轧制;且道次间采用感应加热的补温方式,克服了镁合金塑性变形过程中,对温度极其敏感的难点,对轧制过程中的温度精准控制,同时,轧制过程在保温箱内完成,削弱了与空气间的热量损失。



1. 一种高性能镁合金无缝管长材的塑性加工方法,其特征在于:具体包括以下工艺流程:

(一) 轧辊预热阶段:采用远红外加热灯管对轧辊进行加热,迅速将轧辊表面加热到 $80^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ ;

(二) 感应加热阶段:将管坯一端插入感应线圈中,对镁合金管坯进行感应加热,升温速度为 $100^{\circ}\text{C}/\text{s}\sim 250^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ,将温度加热到 $250^{\circ}\text{C}\sim 450^{\circ}\text{C}$ 后插入芯棒,保证芯棒和管坯内表面单边间隙 $0.5\text{mm}\sim 2.6\text{mm}$ ,缩口端芯棒为阶梯状;

(三) 缩口工序:加热后的管坯和芯棒,传送入到特制的缩口钳中进行缩口,单边压下量视管坯直径和壁厚,压下 $1.5\text{mm}\sim 8\text{mm}$ ,压下速度为 $0.5\text{mm}/\text{s}\sim 1.6\text{mm}/\text{s}$ ,确保缩口后,芯棒与管坯内壁接触,且有一定压紧力;

(四) 顶管轧制工序:感应线圈工作,升温速度为 $250^{\circ}\text{C}/\text{s}\sim 350^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ,同时芯棒带动缩口后的管坯送进给轧辊进行轧制,道次压下量视管材外径和壁厚而定,单边压下 $0.75\text{mm}\sim 3.5\text{mm}$ ,且道次间通过感应线圈补温,升温速度为 $50^{\circ}\text{C}/\text{s}\sim 150^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ;

(五) 脱棒及定尺工艺:轧制后的管材,经送棒机组脱棒后,将芯棒抽出,并切除管坯的缩口端;定尺后,根据需要将管材分割成 $n$ 段;

所述缩口工序中所使用的缩口钳的钳头数为3个,呈圆周方向均布;

顶管轧制工序的第一道次开始前,需保证管坯的缩口面与第一道次轧辊轧制面共面。

2. 根据权利要求1所述的一种高性能镁合金无缝管长材的塑性加工方法,其特征在于,管材的缩口与轧制工艺均在密闭的保温箱体中进行,保温箱中所用的保温材料为气凝胶隔热棉毡。

3. 根据权利要求1所述的一种高性能镁合金无缝管长材的塑性加工方法,其特征在于:所述芯棒的缩口端为阶梯状。

4. 根据权利要求1所述的一种高性能镁合金无缝管长材的塑性加工方法,其特征在于,所述顶管轧制工序中,管坯的送进速度为 $0.5\text{m}/\text{s}\sim 4\text{m}/\text{s}$ ,轧制的道次数为 $2\sim 8$ 道次。

## 一种高性能镁合金无缝管长材的塑性加工方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于镁合金管材制备领域,具体涉及一种高性能镁合金无缝管长材的塑性加工方法。

### 技术背景

[0002] 镁合金是目前工程应用中最轻的金属结构材料,具有比强度高、比刚度高、阻尼减震性好、尺寸稳定性好、机加工方便、易于回收等优点,在航空航天、国防军工、汽车、电子3C等高尖端技术领域得到广泛应用。但受镁及镁合金低温塑性差、易开裂、散热快、激冷效应显著以及塑性变形温区窄的材料特性所影响,镁合金塑性加工能力极差,阻碍了镁合金的进一步开发和应用。

[0003] 目前,镁合金管材的生产多以铸造及挤压为主。铸造镁合金的晶粒组织和第二相比较粗大,且存在气孔、缩孔等缺陷,故采用铸造方法生产的镁合金管材力学性能不够理想,难以满足高性能结构材料的需求;挤压管材,受挤压单向成形工艺的束缚,织构特性显著,且加工效率较低,制约了镁合金管材的应用。现存拉拔工艺,由于模具与管材间的摩擦严重,管材易拉断,成材率极低,拉拔出的管材表面残余拉应力较大,后期使用过程中易开裂等缺点,仅局限在医学细径薄壁领域。

[0004] 现有技术中,普遍受镁合金散热快的材料特性束缚,管材变形后期,末端温度下降严重,材料塑性极差,管材开裂现象严重,故尚未发现长度 $\geq 4000\text{mm}$ 的镁合金管材加工方法。因此,有必要开发高性能镁合金长尺寸管材的温态轧制技术并形成专利技术,目前未见国内外相关资料报道。

### 发明内容

[0005] 针对上述情况,本发明的目的在于提供一种工艺简单、成本低、效率高且管材力学性能优异的镁合金长管材轧制工艺,有效解决现有技术中镁合金管材力学性能差,织构特征显著,加工效率低和成材率低等明显不足的问题。

[0006] 为了实现上述目的,本发明所采用的技术方案是:提供一种高性能镁合金无缝管长材的塑性加工方法,其具体采用如下步骤依次进行:

[0007] (一)轧辊预热阶段:采用远红外加热灯管对轧辊进行加热,迅速将轧辊表面加热到 $80^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ ;

[0008] (二)感应加热阶段,将管坯一段插入感应线圈中,对镁合金管坯进行感应加热,升温速度为 $100^{\circ}\text{C}/\text{s}\sim 250^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ,将温度加热到 $250^{\circ}\text{C}\sim 450^{\circ}\text{C}$ 后,插入芯棒,保证芯棒和管坯内表面单边间隙 $0.5\text{mm}\sim 2.6\text{mm}$ ,缩口端芯棒为阶梯状,芯棒的预热温度为 $250^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ ;

[0009] (三)缩口工序:将加热后的管坯和芯棒,由传送入到特制的缩口钳中进行缩口,单边压下量视管坯直径和壁厚而定,单边压下量 $1.5\text{mm}\sim 8\text{mm}$ ,确保缩口后,芯棒与管坯内壁接触,且有一定压紧力;

[0010] (四)顶管轧制工序:感应线圈工作,升温速度为 $250^{\circ}\text{C}/\text{s}\sim 350^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ,同时芯棒带动

缩口后的管坯送进给轧辊,送进速度为0.5m/s~4m/s;

[0011] (五)脱棒及定尺工艺:步骤四轧制完的管材,经送棒机组脱棒后,将芯棒抽出,将管坯的缩口端切除,定尺后可根据需要将管材分割成n段。

[0012] 所述管材的缩口与轧制工艺均在密闭的保温箱体中进行,保温箱中所用的保温材料为气凝胶隔热棉毡。

[0013] 所述芯棒的缩口端为阶梯状。

[0014] 所述特制的缩口钳的钳头数为3个,且呈圆周方向均布。

[0015] 所述顶管轧制工序中,管坯的送进速度为0.5m/s~4m/s,轧制的道次数为2~8道次;管坯轧制的第一道次时,需保证管坯的缩口面与轧辊轧制面共面,道次压下量视管材外径和壁厚而定(单道次的径向变形量对数为-0.2~-0.05),单边压下量为0.75mm~3.5mm,且道次间通过感应线圈补温,升温速度为50℃/s~150℃/s

[0016] 本发明在现有成品管坯(铸态、挤压态或穿轧态)的基础上,通过轧制工艺进一步对管坯进行减壁减径等温塑性变形,以及轴向等温延展塑性变形,同时对温度、应变等工艺参数精准控制,使得镁合金能够获得足够的加工塑形,达到细化晶粒尺寸的目的,进而使管材力学性能得到提升。

[0017] 本发明所提供的工艺中采用感应加热的方式,有效解决了传统管材加热所用的电阻炉,炉门距轧机距离较远,散热严重,需将管坯加热到450℃以上时,由于温度过高导致的镁合金组织粗化现象;且镁合金燃点较低,约为630℃左右,传统的工业电阻炉低温控温不稳,容易导致管坯燃烧,存在安全隐患。

[0018] 该工艺采用芯棒主动推动管坯,轧辊被动旋转轧制的方式,可有效降低管坯与模具间的由摩擦引起的拉应力,降低管材表面的开裂几率;同时,不同辊组间完全独立,可有效解决传统纵轧工艺中,轧辊主动驱动,由于管坯塑性变形时,轴向伸长所引起的辊组间速度匹配难题,避免轧制过程中的管坯堆积和承受过大的拉应力,这对镁合金塑性变形来说极为宝贵。

[0019] 辊组间采用感应线圈补温,保证管材轧制时处于最佳的轧制温度,从而更好的控制组织演变,进而提升管材的力学性能;同时,及时的补温措施,对于镁合金散热快,轧制过程中管坯尾部温度较低,材料塑性降低产生的开裂问题进行有效解决,此外,整个轧制过程由保温箱体包裹,减少了于空气中的热量散失,降低了补温线圈的工作功率,降低了生产的能耗。

[0020] 本发明的有益效果是:采用芯棒主动推动管坯轧辊被动旋转轧制的方式,可有效降低管坯与模具间的由摩擦引起的拉应力,降低管材表面的开裂几率;采用感应加热的方式,有效解决了传统管材加热过程中电阻炉控温不稳的问题,消除安全隐患;辊组间采用感应线圈补温,有效保证管材轧制时处于最佳的轧制温度,从而更好的控制组织演变,进而提升管材的力学性能;辊组及缩口钳整体由内嵌有保温层的箱体包裹,减少与空气的对流散热,从而降低感应线圈的加热功率,达到节约能耗的目的。

## 附图说明

[0021] 图1是镁合金管坯轧制原理示意图;

[0022] 图2是缩口钳缩口位置示意图;

- [0023] 图3是缩口钳工作原理示意图；
- [0024] 图4是轧制工艺管坯加热、补温以及保温示意图；
- [0025] 图5是脱棒工艺原理图；
- [0026] 图中：1、芯棒；2、管坯；3、加热感应线圈；4、从动轧辊；5、远红外加热管；6、补温感应线圈；7、缩口钳钳头；8、脱棒辊组；9、保温箱。

### 具体实施例

[0027] 以下通过实施例对本申请进行说明。

[0028] 实施例一

[0029] 所用坯料为铸态商用AZ31镁合金管坯，原始尺寸规格为：外径 $\phi$  51mm，壁厚8mm，长度3000mm。所用芯棒外径为 $\phi$  40mm，阶梯段外径为 $\phi$  37mm，芯棒上涂有石墨乳状润滑剂。轧辊预热温度为250℃，管坯由加热感应线圈加热到350℃，同时将芯棒的预热到280℃，此后由缩口钳从三个方向同时加载进行缩口，单边压下量为3mm，此后感应线圈以每秒加热350℃的速度工作，同时，芯棒推动管坯以1.2m/s的速度进给，经从动辊组两道次减壁减径轧制后，道次单边压下量分别为2mm，1.5mm，得到外径为44mm，壁厚2mm的毛管，此后将芯棒取出（无须脱棒工序），得到 $\phi$  44mm $\times$ 壁厚2mm $\times$ 长度5000mm的高塑性镁合金管材。

[0030] 本实施例轧制后的管材力学性能如下：抗拉强度为：245Mpa $\sim$ 275Mpa，断后伸长量为：8.75% $\sim$ 16.35%。

[0031] 实施例二

[0032] 所用坯料为挤压态商用AZ31镁合金管坯，原始尺寸规格为：外径 $\phi$  90 $\times$ 壁厚16mm $\times$ 长度2500mm。所用芯棒内径 $\phi$  58mm，阶梯段直径 $\phi$  50mm。经5道次轧制，道次单边压下量分别为：4mm，2.5mm，1.5mm，1.5mm，0.5mm；经脱棒机脱棒，定尺切头后得到外径 $\phi$  70 $\times$ 壁厚6mm $\times$ 长度7500mm的管材；轧辊预热温度为280℃，缩口温度为380℃，钳口单边压下量为5mm，芯棒预热温度为250℃，芯棒表面涂抹MOS<sub>2</sub>乳状润滑剂；轧制过程中，感应线圈的升温速率为：350℃/s，轴向送进速度为0.85m/s。

[0033] 本实施例轧制后的管材力学性能如下：抗拉强度为：280Mpa $\sim$ 315Mpa，断后伸长量为：10.75% $\sim$ 15.3%。

[0034] 实施例三

[0035] 所用坯料为铸态AZ61镁合金管坯，原始尺寸为：外径146mm $\times$ 壁厚20mm $\times$ 长度2000mm，所用芯棒内径 $\phi$  105mm，阶梯段直径 $\phi$  96mm。经4道次轧制，道次单边压下量分别为：3mm、2.5mm，2mm，0.5mm，缩口温度为300℃，单边压下量为8mm，感应线圈升温温度调整为250℃，芯棒轴向推进速度0.5m/s芯棒预热温度为250℃，芯棒预热温度为280℃，芯棒表面涂抹MOS<sub>2</sub>乳状润滑剂；脱棒定尺后，最终得到外径 $\phi$  121 $\times$ 壁厚8mm $\times$ 长度5500mm的管材。

[0036] 本实施例轧制后的管材力学性能如下：抗拉强度为：285Mpa $\sim$ 317Mpa，断后伸长量为：13.5% $\sim$ 17.4%。

[0037] 以上所述，仅为本发明中部分具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，基于本发明中的方案，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它方案，都属于本发明保护的范围。

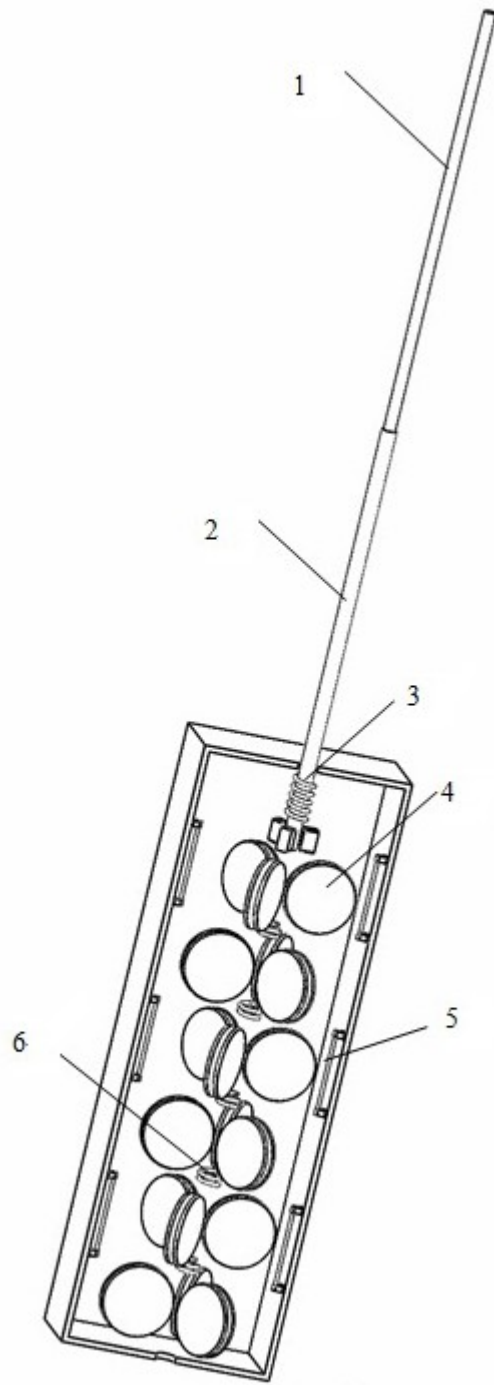


图1

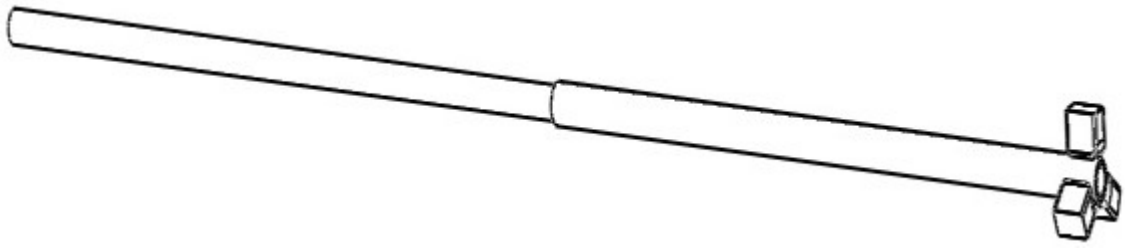


图2

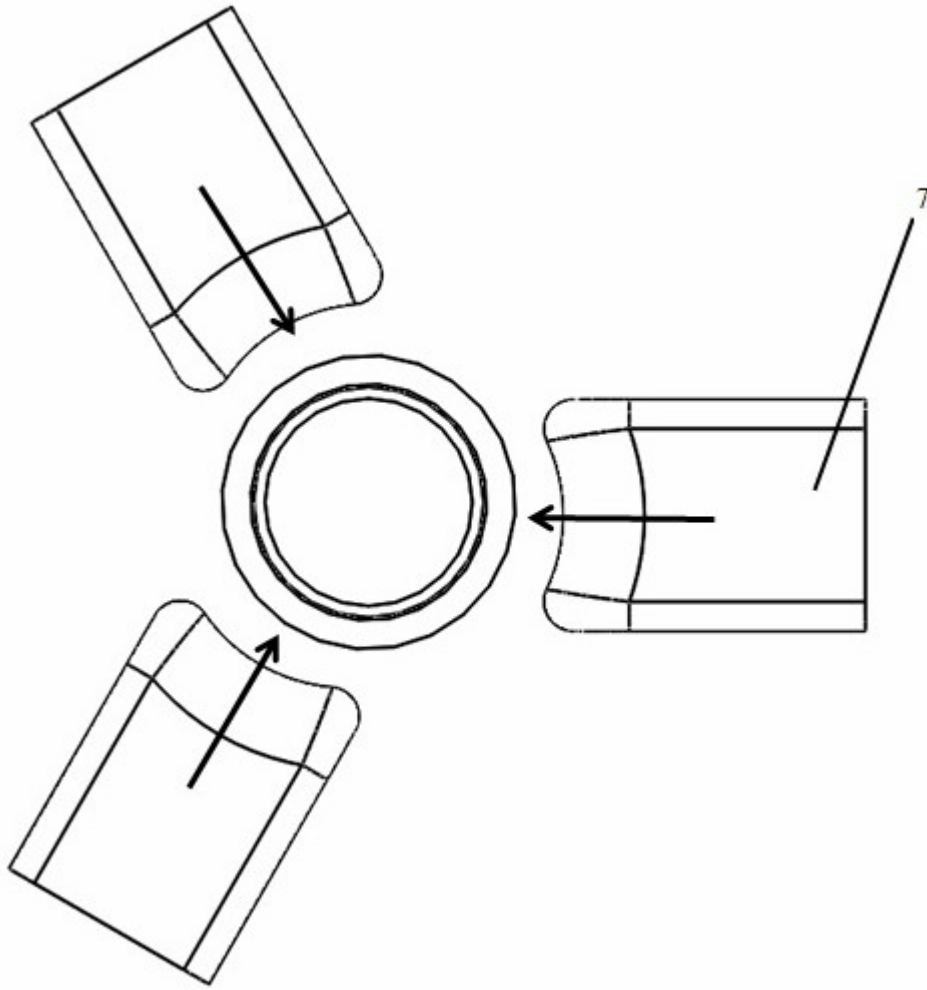


图3

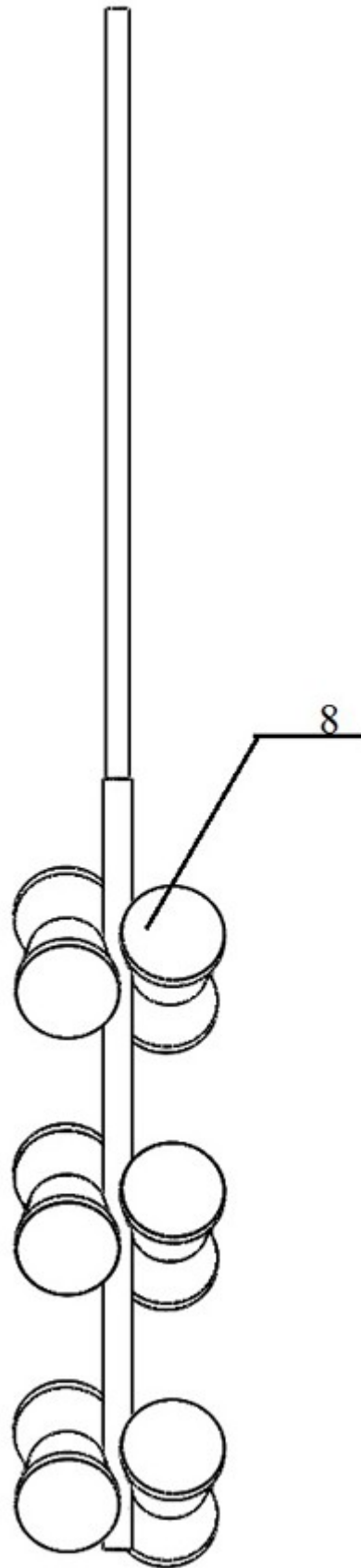


图4



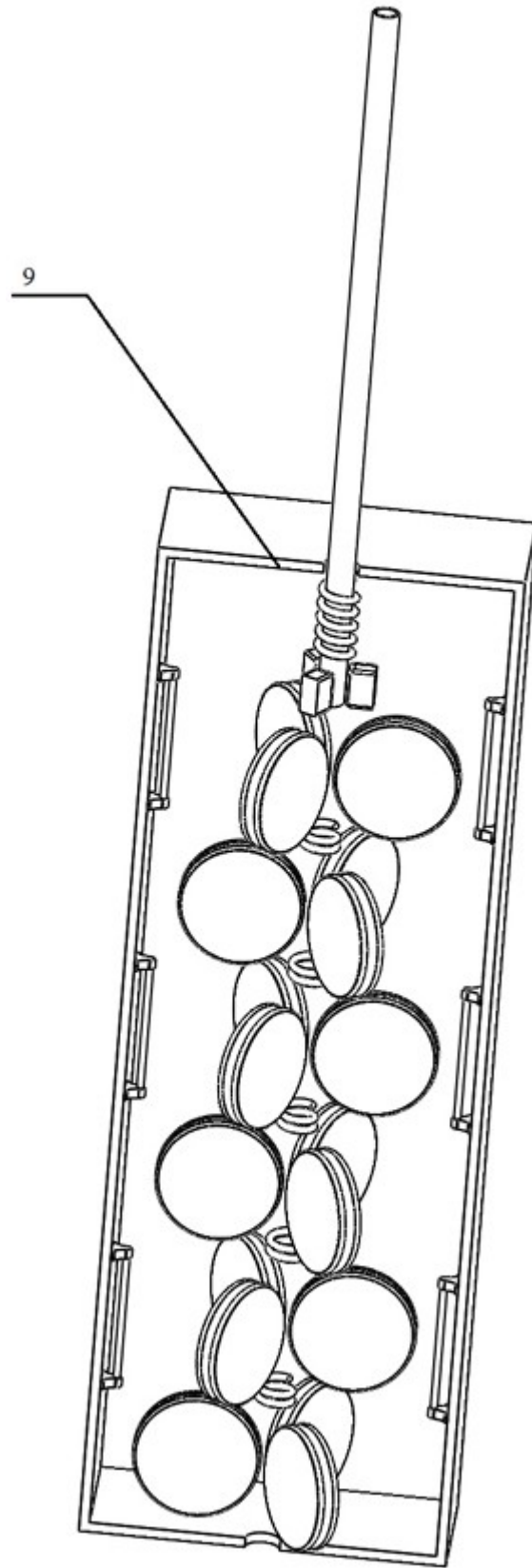


图5