

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102085586 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 16

(21) 申请号 201010517410. 5

B23H 11/00(2006. 01)

(22) 申请日 2010. 10. 22

审查员 王锋

(73) 专利权人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市白下区御道街
29 号

(72) 发明人 赵建社 陈建宁 王超恒 云乃彰
徐坤 万云 章熠鑫 王艳
李东强 戴庆文

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 李纪昌

(51) Int. Cl.

B23H 1/00(2006. 01)

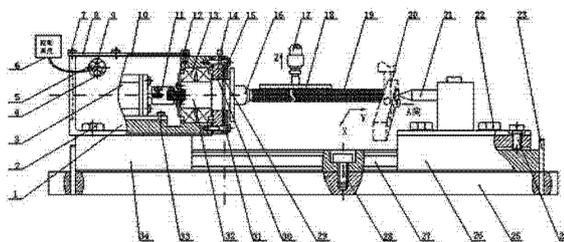
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

圆柱杆件表面阵列群凸起微细电火花加工工艺及其装置

(57) 摘要

本发明涉及的是圆柱杆件表面阵列群凸起微细电火花加工工艺及其装置,属于微细电火花加工技术领域。一种用于加工圆柱杆件表面阵列群凸起的微细电火花加工工艺及其装置,主轴上安装有夹头夹紧工件,中心顶尖固定在滑块上与工件相联,主轴通过与专用夹头相联带动工件匀速旋转;径向加工电极安装在机床主轴上,随着工件的匀速旋转,径向加工电极沿 Z 向伺服进给的同时沿 X 向运动完成加工;轴向加工电极安装在机床主轴上进行加工时,工件固定不动轴向加工电极沿 Y 向伺服进给完成加工。本发明中微细电火花加工装置是为加工圆柱杆件表面阵列群凸起而专门设计的,实现不同长度圆柱杆件的安装固定及数控回转与分度功能,减少工件装夹次数,提高加工精度。



1. 一种用于加工圆柱杆件表面阵列群凸起的微细电火花加工工艺,其特征在于:

A、将工件在夹具上安装固定,使得工件能够绕工件轴线稳定匀速旋转,将装有工件的夹具一起置于外圆磨床上对工件进行外圆磨削加工,以达到工件外廓精度要求;

B、将工件与夹具一起安装固定在精密电火花加工机床上,首先进行径向凹槽的加工,加工过程中工件借助夹具上的步进电机进行匀速旋转,切割有对应凸起条纹的径向加工电极安装于机床主轴上做Z向伺服进给运动的同时沿X向做平行于电极上所切割条纹方向的运动,以消除电极损耗带来的加工误差,直至达到需要的进给距离;对于不同尺寸规格的凸起需根据电极设计时n的取值不同,进行n次加工,每次加工平移一个凸起轴向间距,即完成径向凹槽的加工;然后停止工件的旋转运动,将轴向加工电极的切割有对应凸起条纹的圆孔与工件调整至同心,电极在机床主轴的带动下沿Y向做伺服进给运动,直至完成加工;此工序中,同样需根据电极设计时m的取值不同,进行m次加工,每次加工更换一个电极工位;

C、经过径向凹槽和轴向凹槽的加工,最终就形成了所需要的圆柱杆件表面阵列群凸起;

其中所述的径向加工电极尺寸设计如下:

$$\begin{cases} e = B - 2\Delta \\ H \geq h + \Delta \\ E = b + 2\Delta + (n-1)(B+b) \end{cases}$$

其中,当 $b \geq d$ 时 $n=1$; 当 $b < d$ 时,取满足 $nb \geq d$ 时n的最小值,实际加工时,加工n次,每次沿工件轴向移动距离为 $B+b$;

轴向加工电极尺寸设计如下:

$$\begin{cases} f = A - 2\Delta \\ H \geq h + \Delta \\ F = a + 2\Delta + (m-1)(A+a) \end{cases}$$

其中,当 $a \geq d$ 时 $m=1$; 当 $a < d$ 时,取满足 $ma \geq d$ 时m的最小值,共需加工m次才能完成轴向凹槽的加工,每一电极工位相对前一电极工位绕工件中心旋转角度为 $\arcsin \frac{a+A}{R}$,

在实际制作该电极时,将m个电极工位形状加工在同一零件上,以确保不同电极工位的相对位置关系;

以上两式中,a、b、h分别为微凸起的长、宽、高,d为线切割电极丝直径,R为工件半径,A、B分别为微凸起沿径向和圆周方向间距, Δ 为对应所选用电规准的放电间隙,H为加工电极凸起条纹高度,E为径向加工电极条形凸起条纹之间间隙,e为径向加工电极条形凸起条纹宽度,F为轴向加工电极条形凸起条纹之间间隙,f为轴向加工电极孔内壁凸起条纹宽度。

2. 一种用于加工圆柱杆件表面阵列群凸起的微细电火花加工装置,其包括箱体、控制单元、步进电机、联轴器、主轴、绝缘板、机床主轴、中心顶尖、滑块、径向加工电极、轴向加工电极、夹头,其特征在于:其中控制单元位于箱体外,步进电机置于绝缘板上,控制单元通过

输出信号控制步进电机旋转,步进电机通过联轴器与主轴相联从而带动主轴旋转;主轴上安装有夹头夹紧工件,中心顶尖固定在滑块上与工件相联,主轴通过与专用夹头相联带动工件匀速旋转;径向加工电极安装在机床主轴上,随着工件的匀速旋转,径向加工电极沿 Z 向伺服进给的同时沿 X 向运动完成加工;轴向加工电极安装在机床主轴上进行加工时,工件固定不动轴向加工电极沿 Y 向伺服进给完成加工。

圆柱杆件表面阵列群凸起微细电火花加工工艺及其装置

一、技术领域

[0001] 本发明涉及的是圆柱杆件表面阵列群凸起微细电火花加工工艺及其装置,属于微细电火花加工技术领域。

二、背景技术

[0002] 随着现代科学及制造技术的迅速发展,航空航天领域各类飞行器及制导武器系统趋向于小型化、微型化。在许多精密机械产品中广泛存在着尺寸在 $100\ \mu\text{m} \sim 1.5\text{mm}$ 之间的微细孔、窄槽、缝隙、微凹坑、微凸起、微细刻痕等微结构,其中零件表面微凸起结构越来越受到人们的重视,这些机械零件表面形成的微凸起结构在摩擦学、仿生制造等领域具有重要意义,具有微凸起的接触表面非但没有降低机械零件表面抗磨损能力,反而能大大提高承载能力和使用寿命,能够满足现代机械传动高速、重载的要求,因此微凸起结构的制作成为目前研究的一个热点。目前,针对微凸起结构的制作出现了许多新型的微细加工方法,其中微细特种加工技术已经占据主导地位,主要包括微细电火花加工、微细电解加工、激光加工、超声加工等以及它们的复合加工。电火花加工又称放电加工,其基本原理是基于工具和工件(正、负电极)之间脉冲性火花放电时的电腐蚀现象来蚀除多余的金属,以达到对零件的尺寸、形状及表面质量预定的加工要求。电火花加工技术已经是比较成熟的特种加工工艺,其商业化机床设备种类也比较齐全,在微细加工及难切削材料加工方面发挥了重要作用。针对具体零件结构特征进行电极设计、工装夹具设计及相关工艺参数选择是目前利用电火花加工技术必须解决的关键问题,同时也决定了采用电火花加工技术的综合技术经济效果。

三、发明内容

[0003] 要解决的技术问题

[0004] 本发明的目的在于通过设计出微细电火花加工装置实现加工圆柱杆件表面阵列群凸起的工艺方法。通过选用一定的切割轨迹和加工参数,先以电火花线切割微精加工出具有特定形状的凹槽加工电极,继而采用本发明中的加工装置以电火花成形加工出微凸起结构,获得了良好的加工效果。

[0005] 技术方案

[0006] 一种用于加工圆柱杆件表面阵列群凸起的微细电火花加工装置,其包括箱体、控制单元、步进电机、联轴器、主轴、绝缘板、机床主轴、中心顶尖、滑块、径向加工电极、轴向加工电极、夹头,其特征在于:其中控制单元位于箱体外,步进电机置于绝缘板上,控制单元通过输出信号控制步进电机旋转,步进电机通过联轴器与主轴相联从而带动主轴旋转;主轴上安装有夹头夹紧工件,中心顶尖固定在滑块上与工件相联,主轴通过与专用夹头相联带动工件匀速旋转;径向加工电极安装在机床主轴上,随着工件的匀速旋转,径向加工电极沿 Z 向伺服进给的同时沿 X 向运动完成加工;轴向加工电极安装在机床主轴上进行加工时,工件固定不动轴向加工电极沿 Y 向伺服进给完成加工。

[0007] 一种用于加工圆柱杆件表面阵列群凸起的微细电火花加工工艺是先将工件在专用工装夹具（可用商品夹具代替）上安装固定，使得工件能够绕工件轴线稳定匀速旋转，将装有工件的专用夹具一起置于外圆磨床上对工件进行外圆磨削加工，以达到工件外廓精度要求。首先进行径向凹槽的加工，加工过程中工件借助专用夹具上的步进电机进行匀速旋转，Z 向伺服进给运动的同时沿 X 向做平行于电极上所切割条纹方向的运动，以消除电极损耗带来的加工误差（由于径向加工电极沿 X 方向的运动，可以保证已经进行过加工有损耗的电极部分进入非加工区，同时有尚未进行加工的电极部分进入加工区，这样可消除因电极损耗带来的加工误差），直至达到需要的进给距离，对于不同尺寸规格的凸起需根据电极设计时 n 的取值不同，进行 n 次加工，每次加工平移一个凸起轴向间距，即完成径向凹槽的加工；然后停止工件的旋转运动，将轴向凹槽加工电极的切割有对应凸起条纹的圆孔与工件调整至同心，电极在机床主轴的带动下沿 Y 向做伺服进给运动，直至完成加工；此工序中，同样需根据电极设计时 m 的取值不同，进行 m 次加工，每次加工更换一个电极工位，每一电极工位相对前一电极工位绕工件中心旋转角度为 $\arcsin \frac{a+A}{R}$ ，在实际制作该电极时，将 m 个电极工位形状加工在同一零件上，以确保不同电极工位的相对位置关系。经过径向凹槽和轴向凹槽的加工，最终就形成了所需要的圆柱杆件表面阵列群凸起。整个加工过程工件只进行一次装夹定位无须拆卸，容易满足高精度要求，因此本方法可实现圆柱杆件表面阵列群凸起的加工。

[0008] 所述的加工圆柱杆件表面阵列群凸起的微细电火花加工的电极设计方法，径向加工电极尺寸设计如下：

$$[0009] \quad \begin{cases} e = B - 2\Delta \\ H \geq h + \Delta \\ E = b + 2\Delta + (n-1)(B+b) \end{cases}$$

[0010] 其中，当 $b \geq d$ 时 $n = 1$ ；当 $b < d$ 时，取满足 $nb \geq d$ 时 n 的最小值，实际加工时，加工 n 次，每次沿工件轴向移动距离为 $B+b$ ；

[0011] 轴向加工电极尺寸设计如下：

$$[0012] \quad \begin{cases} f = A - 2\Delta \\ H \geq h + \Delta \\ F = a + 2\Delta + (m-1)(A+a) \end{cases}$$

[0013] 其中，当 $a \geq d$ 时 $m = 1$ ；当 $a < d$ 时，取满足 $ma \geq d$ 时 m 的最小值，共需加工 m 次才能完成轴向凹槽的加工，每一电极工位相对前一电极工位绕工件中心旋转角度为 $\arcsin \frac{a+A}{R}$ ，在实际制作该电极时，将 m 个电极工位形状加工在同一零件上，以确保不同电极工位的相对位置关系；

[0014] 以上两式中， a 、 b 、 h 分别为微凸起的长、宽、高， d 为线切割电极丝直径， R 为工件半径， A 、 B 分别为微凸起沿径向和圆周方向间距， Δ 为对应所选用电规准的放电间隙（放电间隙为加工时工具电极与工件之间产生火花放电的距离间隙，其值大小随选用的不同电规准而定）， H 为加工电极凸起条纹高度， E 为径向加工电极条形凸起条纹之间间隙， e 为径向

加工电极条形凸起条纹宽度, F 为轴向加工电极条形凸起条纹之间间隙, f 为轴向加工电极孔内壁凸起条纹宽度。

[0015] 上述加工成形的圆柱表面阵列群凸起理论上可以加工出任意尺寸的微结构, 当微凸起尺寸足够小时可以通过上述设计的电极中改变 m 或 n 值, 通过改变加工次数达到加工效果。但是由于受材料本身刚度的限制, 加工的微凸起的高宽比不宜过大。

[0016] 有益效果

[0017] 本发明中微细电火花加工装置是为加工圆柱杆件表面阵列群凸起而专门设计的, 可以实现不同长度圆柱杆件的安装固定及数控回转与分度功能, 有助于减少工件装夹次数, 提高加工精度。其数控回转及分度装置可实现对圆柱表面不同尺寸微凸起的加工, 加工前对工件进行的外圆磨削保证了工件的准确水平定位。轴向加工电极的独特设计既降低了该电极加工制作的难度, 又可以保证加工的质量。该夹具装置完全密封可直接浸泡于电火花工作液中, 加工电极和加工方法的独特设计, 可以实现工件只需一次装夹定位即可完成零件表面微凸起的加工。通过这样的设计可以大大缩短加工时间, 降低加工成本的同时减小了电极损耗, 不需要更换电极, 同时避免了由于多次拆卸工件带来的定位误差问题, 容易满足对加工精度、凸起重复性的要求, 适合于批量生产。此外, 加工过程中采用 JC-10 读数显微镜实时在线观察工件表面微凸起加工效果, 若不符合加工要求, 可以及时停止加工修正错误, 在很大程度上减少了工件的报废率, 节约了加工成本。本发明中的加工装置及工艺方法在加工圆柱杆件表面阵列群凸起结构方面具有快速、精确的优点, 具有重要的应用前景。

四、附图说明

[0018] 图 1 是圆柱杆件表面阵列微凸起示意图;

[0019] 图 2 为圆柱杆件表面阵列微凸起的局部尺寸放大示意图;

[0020] 图 3 是本实用新型的加工装置结构示意图;

[0021] 图 4 是轴向加工电极局部放大示意图;

[0022] 图 5 是径向加工电极尺寸放大示意图。

[0023] 图中标号名称: 1、箱体; 2、螺钉; 3、步进电机; 4、挡板; 5、螺钉; 6、控制单元; 7、螺钉; 8、箱盖; 9、密封圈; 10、调节垫片; 11、联轴器; 12、挡板; 13、轴承; 14、电刷; 15、垫片; 16、专用夹头; 17、机床主轴; 18、径向加工电极; 19、工件; 20、轴向加工电极; 21、中心顶尖; 22、螺钉; 23、圆柱销; 24、螺钉; 25、导轨底座; 26、滑块; 27、滑动导轨; 28、螺钉; 29、O 形橡胶密封圈; 30、端盖; 31、挡板; 32、主轴; 33、绝缘版; 34、滑块; C、为放大图指示; a 、 b 、 h 分别为微凸起的长、宽、高, d 为线切割电极丝直径; R 为工件半径; A 、 B 分别为微凸起沿径向和圆周方向间距; Δ 为对应所选用电规准的放电间隙; H 为加工电极凸起条纹高度; E 为径向加工电极条形凸起条纹之间间隙; e 为径向加工电极条形凸起条纹宽度; F 为轴向加工电极条形凸起条纹之间间隙; f 为轴向加工电极孔内壁凸起条纹宽度。

五、具体实施方式

[0024] 实施例 1

[0025] 一种用于加工圆柱杆件表面阵列群凸起的微细电火花加工工艺:

[0026] A、将工件在夹具上安装固定,使得工件能够绕工件轴线稳定匀速旋转,将装有工件的夹具一起置于外圆磨床上对工件进行外圆磨削加工,以达到工件外廓精度要求;

[0027] B、将工件与夹具一起安装固定在精密电火花加工机床上,首先进行径向凹槽的加工,加工过程中工件借助夹具上的步进电机进行匀速旋转,切割有对应凸起条纹的径向加工电极安装于机床主轴上做Z向伺服进给运动的同时沿X向做平行于电极上所切割条纹方向的运动,以消除电极损耗带来的加工误差,直至达到需要的进给距离;对于不同尺寸规格的凸起需根据电极设计时n的取值不同,进行n次加工,每次加工平移一个凸起轴向间距,即完成径向凹槽的加工;然后停止工件的旋转运动,将轴向加工电极的切割有对应凸起条纹的圆孔与工件调整至同心,电极在机床主轴的带动下沿Y向做伺服进给运动,直至完成加工;此工序中,同样需根据电极设计时m的取值不同,进行m次加工,每次加工更换一个电极工位;

[0028] C、经过径向凹槽和轴向凹槽的加工,最终就形成了所需要的圆柱杆件表面阵列群凸起。

[0029] 其中所述的径向加工电极尺寸设计如下:

$$[0030] \begin{cases} e = B - 2\Delta \\ H \geq h + \Delta \\ E = b + 2\Delta + (n-1)(B+b) \end{cases}$$

[0031] 其中,当 $b \geq d$ 时 $n = 1$;当 $b < d$ 时,取满足 $nb \geq d$ 时n的最小值,实际加工时,加工n次,每次沿工件轴向移动距离为 $B+b$;

[0032] 轴向加工电极尺寸设计如下:

$$[0033] \begin{cases} f = A - 2\Delta \\ H \geq h + \Delta \\ F = a + 2\Delta + (m-1)(A+a) \end{cases}$$

[0034] 其中,当 $a \geq d$ 时 $m = 1$;当 $a < d$ 时,取满足 $ma \geq d$ 时m的最小值,共需加工m次才能完成轴向凹槽的加工,每一电极工位相对前一电极工位绕工件中心旋转角度为 $\arcsin \frac{a+A}{R}$,在实际制作该电极时,将m个电极工位形状加工在同一零件上,以确保不同电极工位的相对位置关系;

[0035] 以上两式中,a、b、h分别为微凸起的长、宽、高,d为线切割电极丝直径,R为工件半径,A、B分别为微凸起沿径向和圆周方向间距, Δ 为对应所选用电规准的放电间隙,H为加工电极凸起条纹高度,E为径向加工电极条形凸起条纹之间间隙,e为径向加工电极条形凸起条纹宽度,F为轴向加工电极条形凸起条纹之间间隙,f为轴向加工电极孔内壁凸起条纹宽度。

[0036] 具体实施实例的加工对象是直径为 $\Phi 13.6\text{mm}$ 、长度为 300mm 的圆柱表面,目的是在其表面上加工出微凸起结构,微凸起形状为边长 $200\mu\text{m}$ 的正方形,高为 $150\mu\text{m}$,微凸起之间间距为 $200\mu\text{m}$ 。微凸起结构的粗糙度要求为 $Ra1.2$,综合考虑到电极加工难易程度及粗糙度值要求等选定电加工参数组为E242,放电加工间隙值为 $30\mu\text{m}$ 。电极材料选择紫铜,对应径向加工电极选择 $100\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的电极板,电极板上的凸起为条状与长 100mm 的边

平行,条形凸起条纹宽度 $e = 140 \mu\text{m}$,凸起条纹间隙 $E = 260 \mu\text{m}$,加工电极条形凸起条纹高度可适当增大取 $H = 200 \mu\text{m}$,加工一次即可完成。相应的轴向加工电极,为了降低轴向加工电极的制作难度,取 $m = 2$,分两次加工轴向凹槽,将两个电极工位形状加工在同一个 $50\text{mm} \times 25\text{mm}$ (长 \times 宽)的紫铜块上,以确保不同电极工位的相对位置关系。轴向加工电极孔内壁凸起条纹宽度 $f = 140 \mu\text{m}$,条形凸起条纹之间间隙为 $F = 660 \mu\text{m}$,后一电极工位相对于前一电极工位绕工件旋转角度为 $3^\circ 22' 20''$,这样经过两次加工完成轴向凹槽的加工。用此方法加工出的圆柱表面微凸起结构,在其表面两端和中间取任意 A、B、C 三处分别检测微凸起长宽高尺寸,检测结果如下表所示:

[0037]

试件位置		L (μm)	D (μm)	H (μm)
A	A1	194	196	158
	A2	196	197	153
	A3	198	200	154
	平均值	196	197	155
B	B1	208	199	149
	B2	209	200	150
	B3	205	195	145
	平均值	207	198	151
C	C1	196	192	158
	C2	195	194	156
	C3	201	195	152
	平均值	197	193	155

[0039] 试件表面粗糙度 :Ra0.4 μm ;

[0040] 微结构表面粗糙度 :Ra1.2 μm ;

[0041] 根据检测数据可知,该圆柱表面微凸起结构试件符合加工要求,已在生产实践中得到成功应用。

[0042] 一种用于加工圆柱杆件表面阵列群凸起的微细电火花加工装置,其包括控制单元 6、步进电机 3、联轴器 11、主轴 31,其中控制单元位于箱体 1 外,步进电机 3 置于绝缘板 33 上,控制单元 6 通过输出信号控制步进电机旋转,步进电机通过联轴器与主轴相联从而带动主轴旋转。主轴 32 上安装有夹头 16 夹紧工件,中心顶尖 21 固定在滑块 26 上与工件相联,主轴通过与专用夹头相联带动工件匀速旋转;径向加工电极 18 安装在机床主轴 32 上,随着工件的匀速旋转,径向加工电极沿 Z 向伺服进给的同时沿 X 向运动完成加工;轴向加工

电极 20 安装在机床主轴上进行加工时,工件固定不动轴向加工电极沿 Y 向伺服进给完成加工。加工前首先将工件在专用工装夹具(可用商品夹具代替)上安装固定,使得工件能够绕工件轴线稳定匀速旋转,专用夹具装置中应保证主轴与中心顶尖等高,工件安装后其轴线应保证与滑动导轨平面平行,将装有工件的专用夹具一起置于外圆磨床上对工件进行外圆磨削加工,以达到工件外廓精度要求。

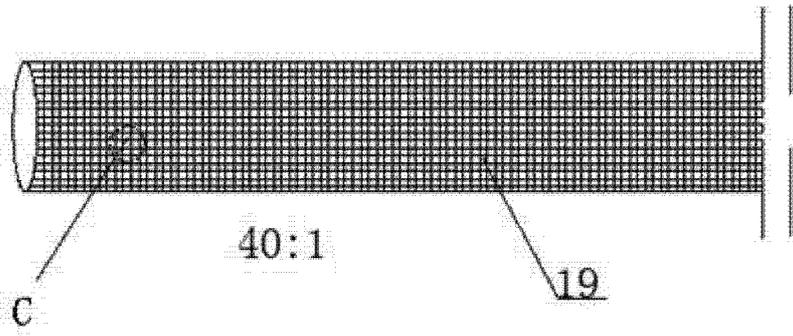


图 1

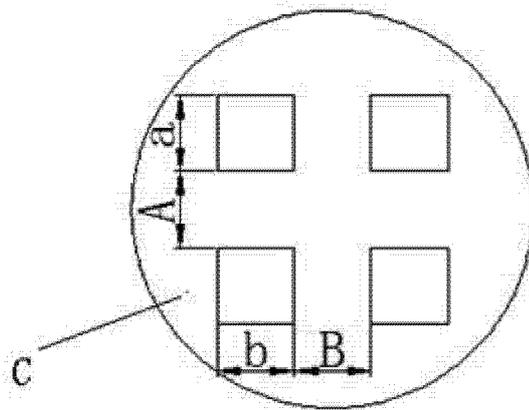


图 2

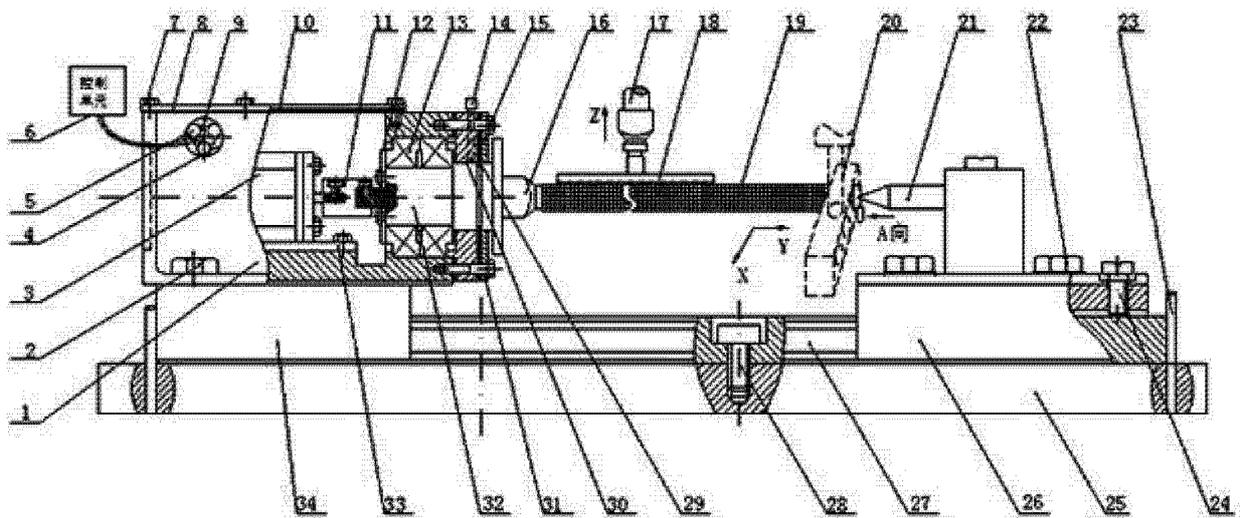


图 3

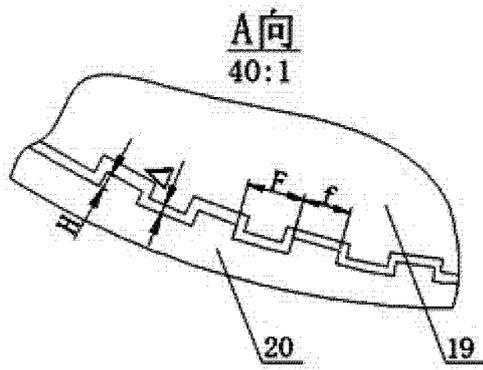


图 4

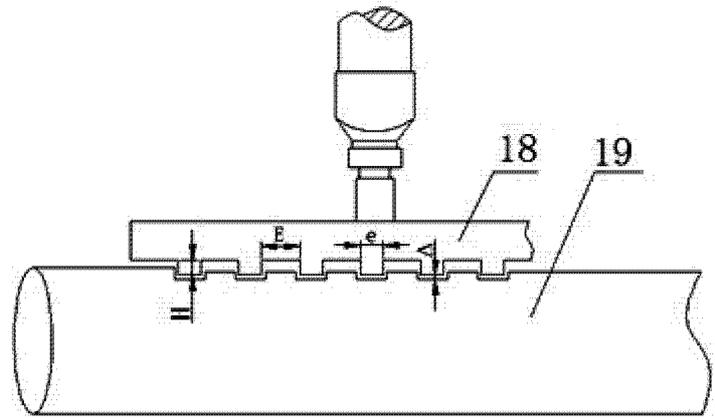


图 5