



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104015267 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 03

(21) 申请号 201310065847. 3

(22) 申请日 2013. 03. 01

(71) 申请人 宁夏嘉翔自控技术有限公司

地址 750001 宁夏回族自治区银川市金凤区
紫荆花公寓 E 座 1211 室

(72) 发明人 郭志年

(51) Int. Cl.

B28D 5/04 (2006. 01)

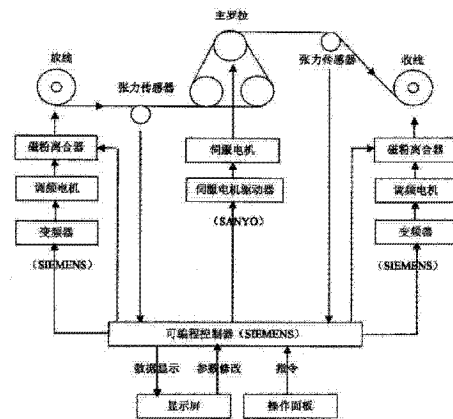
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

高精度多线脆硬材料切片机自动控制系统

(57) 摘要

本发明涉及一种单晶硅、石英晶体、陶瓷、稀土磁性材料、宝石等脆硬材料的高精度切片机的电气控制系统,广泛应用于航空、航天、机械、电子等领域。本发明使得切片机切具有加工精度高、切割效率高、原材料利用率高、晶片质量好的优点。



1. 本发明涉及一种单晶硅、石英晶体、陶瓷、稀土磁性材料、宝石等脆硬材料的高精度切片机的电气控制系统,广泛应用于航空、航天、机械、电子等领域。本发明包括伺服电机、调频电机、PLC 控制系统,以实现不同于进口机的走线机构和精密张力控制系统,满足了高精度脆硬材料快速切割的要求。

2. 根据权利要求 1 所述的高精度切片机的电气控制系统,其特征在于所述的伺服电机作为罗拉的驱动主电机,驱动罗拉高速正反向有节奏地旋转,使切割线往复运动。

3. 根据权利要求 1 所述的高精度切片机的电气控制系统,其特征在于所述的调频电机作为放线筒的驱动主电机,驱动放线筒高速正反向有节奏地旋转,使切割线往复运动。

4. 根据权利要求 1 所述的高精度切片机的电气控制系统,其特征在于所述的伺服电机、调频电机 PLC 控制系统通过 PLC 程序控制,主控 PLC (可编程控制器)对主电机、收、放线电机进行控制,同时根据张力传感器的反馈信号对磁粉离合器的磁力进行调节(PLC 控制信号经过自行研制的电流放大器后送至磁粉离合器)。对工作台的控制及对排线装置的控制由副控 PLC 实现。

5. 根据权利要求 1 所述的高精度切片机的电气控制系统,其特征在于所述彩色人机界面和操作键能够完成所有操作以及切割、绕线的数据设定。

高精度多线脆硬材料切片机自动控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种单晶硅、石英晶体、陶瓷、稀土磁性材料、宝石等脆硬材料的高精度切片机的电气控制系统,广泛应用于航空、航天、机械、电子等领域。

背景技术

[0002] 近年来切片装备的技术发展有这样几个方面:①切割液与回收。在硅片等贵重材料的精密切割中,切割液与回收对减少切缝损失、提高表面质量非常重要。理想的切割液应具有粘度适中、化学性质稳定、清洁力强、易处理、可生物降解、无害、价格低等特点,其总体趋势是使用粒度更小的金刚石磨料。切割液的回收重用则满足了绿色制造和降低成本的要求。HCL 公司的 ARM 系统能去除 70% 以上的切屑,达到 90% 金刚石磨粒回收率。②为满足大截面切片和提高产量的需求,导轮间距、导轮槽数和锯丝长度不断增大,提高了大尺寸硅锭的多件、多片同时切割能力。目前,MEYERBURGER 公司生产的 DS262 型线锯能同时切割 4 根长 520mm、截面为 153mm153mm 的硅棒,一次切出 4400 片。③罗拉槽加工。多线切割时,片厚由罗拉上的线槽间距决定。目前的趋势是切片面积越来越大,厚度越来越薄,促进了新的开槽技术的发展。以前的罗拉槽底部圆弧曲率半径大,切割丝定位不准确,增大了总厚度偏差。另外,槽的表面不够光滑,切割液中的金刚砂易于渗入。新的开槽技术使槽底部半径为 50 μ m,槽的斜面粗糙度达到 Ra0.2 ~ 0.4 μ m,整个槽为一次加工成形,精度较高。

[0003] 开发多线切片机的控制有相当大的技术难度,其主要难点是:①稳定可靠的走线机构及精密张力控制系统的研制。使 $\Phi 0.16\text{mm} \sim \Phi 0.18\text{mm}$ 的金属切割线在恒张力状态下,实现高速往复运动;②高精度的罗拉旋转系统和工作台升降系统的研制,实现高精度的切割;③锯切工艺参数优化。走线速率、工件进给速率、金刚砂磨料粒度的选择及切割液的配方配比、金属线进给速率、切割液的温度等各种参数的优化组合。

[0004] 国外生产多线切割机的主要公司有:日本高鸟(Takatori)公司、NTC 公司和瑞士 HCT 等公司。我国有少数几家公司引进多线切割设备。而用于脆硬非金属材料的多线切割设备的生产厂商还很少。国内已有 4 家企业开始研发多线切割机设备,但都尚未达到应有的可靠性和稳定,且设备未能采用自动控制。

发明内容

[0005] 本发明针对上述几个目的采用的技术方案是:本发明涉及一种单晶硅、石英晶体、陶瓷、稀土磁性材料、宝石等脆硬材料的高精度切片机的电气控制系统,广泛应用于航空、航天、机械、电子等领域。本发明包括伺服电机、调频电机、PLC 控制系统,以实现不同于进口机的走线机构和精密张力控制系统,满足了高精度脆硬材料快速切割的要求。伺服电机作为罗拉的驱动主电机,驱动罗拉高速正反向有节奏地旋转,使切割线往复运动。调频电机作为放线筒的驱动主电机,驱动放线筒高速正反向有节奏地旋转,使切割线往复运动。伺服电机、调频电机 PLC 控制系统通过 PLC 程序控制,主控 PLC(可编程控制器)对主电机、收、放线电机进行控制,同时根据张力传感器的反馈信号对磁粉离合器的磁力进行调节(PLC 控

制信号经过自行研制的电流放大器后送至磁粉离合器)。对工作台的控制及对排线装置的控制由副控 PLC 实现。彩色人机界面和操作键能够完成所有操作以及切割、绕线的数据设定。本发明通过采用伺服电机、调频电机 PLC 控制系统,以实现钢线的张力控制技术:一卷钢线在使用过程中,不断从放线轮走向收线轮,因此放线轮的线包直径不断缩小,收线轮的绕线直径不断增大。在罗拉转速恒定时,为保持张力恒定,放线轮和收线轮的转速必须不断变化,加上摩擦力的随机变化也造成钢线张力的变化,张力过大会导致钢线拉断,钢丝张力变化直接会使晶片表面粗糙度达不到要求。特别是在运动方向翻转时,钢丝张力控制特别困难。本发明采用伺服电机、调频电机分别带动旋转罗拉及收、放线筒作往复回转,使切割线作高速(300m/min ~ 400m/min)往复运动,同时工作台带动工件(晶棒)上升,接触到金属线的切割平面后,以进给速度缓慢上升。当含有金刚砂磨料的切割液喷洒到工件和锯丝之间时,锯丝的快速运动将金刚砂切割液带入工件切缝,产生切削作用。由于金属切割线在切割脆硬材料的同时,自己也被磨损。通过 PLC 程序控制,使金属切割线的正向行程大于逆向行程,将磨损的切割线逐渐离开切割面而被收线筒收集。本发明采用不同于进口机的走线机构和精密张力控制系统,满足了高精度脆硬材料快速切割的要求。

本发明与国内同类产品相比的优势主要体现在:

[0006] 1、罗拉轴主轴由伺服电机驱动,收放线轮各由调频电机带动,并设计了一套可靠的、高灵敏度电脑 PLC 控制系统,把主要电机与各相关的辅助电机的速度准确无误地进行着适应控制之下,软件的灵敏度控制在 1/10 秒之内,达到了保持张力恒定的目的;2、选用高质材料、高精度的进口轴承、高精度直线导轨、高精度滚珠丝杆,确保加工零件达到设计要求,整机装配达到设计精度要求;

[0007] 2、设计了高精度拖板置于工作台下面,安装了光栅测距装置,精度 0.005mm,数字显示工作台的准确位置。

[0008] 3、本发明使得切片机切具有加工精度高、切割效率高、原材料利用率高、晶片质量好的优点。切出的晶片表面光洁度高,可省略分选、粗磨工序。且由于金属切割线柔性大,减少了切割时的残余应力,使石英晶片表面的微裂纹和严重畸变、损伤层厚度明显小于多刀机。

[0009] 进口多线切片机因价格昂贵(约 25 万美元/台),一般中小企业难以承受,只有较大型企业才少量使用。所以本发明具有明显的社会效益和经济效益。

附图说明图 1 是多线脆硬材料切片机的控制框图。

具体实施方式说明

[0010] 主要技术方案:采用进口伺服电机驱动旋转罗拉主轴,由两台调频电机通过磁粉离合器驱动收线轮和放线轮,并采用滑轮组及拉簧缓冲,在程序设计使钢线在运行方向翻转时刻速度降低,达到缓冲的目的,以防速度突变造成张力过冲拉断钢线。在钢线高速运行时,程序控制磁粉离合器磁力使收放线轮转速和驱动电机转速产生滑差,以达到自适应控制、保持钢线张力恒定的目的。调频电机由进口西门子变频器驱动,西门子 PLC(可编程控制器),对系统进行在线监测,控制和数据显示。

[0011] 切割液的回收利用控制:在主机功率足够的前提下,提高工件进给速度,可提高切割效率,但进给速度太快,晶片表面光洁度无法达到要求,表面还会出现划痕。采用晶片粗磨工序用的 W14 金刚砂(比 W28 粒度细了一倍),在保证切割速率的前提下,大大提高了晶片

表面光洁度,省略了晶片加工的粗磨工序;通过选择切割液配方配比,满足了金刚砂的悬浮度要求;用下位机控制砂浆机的运行,温度与流量的检测通过 RS232 串行口和主机交换数据,显示在主控显示屏上;一次切割完成后,利用回收装置分离回收金刚砂等磨料再利用,降低加工成本。

[0012] 精密张力控制系统的实施方式:该多线切割机是将 $\Phi 0.16\text{mm} \sim \Phi 0.18\text{mm}$ 的一根金属线缠绕在三个呈等腰三角形布置的旋转罗拉上,在等腰三棱柱的底面形成一个由几百条平行金属线组成的切割面,钢丝两头分别由放线机构与收线机构拉紧。采用一台伺服电机作为罗拉的驱动主电机,驱动罗拉高速正反向有节奏地旋转,使切割线往复运动。切割线在切割过程中既要保持张力不变又要前进后退。由于金属切割线在切割脆硬材料的同时,自己也被磨损,在计算机控制下,金属切割线的正向行程大于逆向行程,使磨损了的切割线逐渐离开切割面而被收线筒收集。切割线的张力一般控制在 $2.5 \sim 3.0\text{kg}$,每分钟最大往复 15 次(可设)。多线机对放线筒和收线筒的同步性要求很高,放线筒放多长的线,收线筒得收多长的线。收、放线筒分别由二台普通交流感应电机驱动,用 SIEMENS 变频器调速,在收放线机构与罗拉之间装有若干张力控制轮,用以控制钢丝的刚度。当切割线的张力有变化时,通过张力传感器反馈信号由 PLC 可编程控制器调节磁粉离合器的磁力,实现精密调节张力,保持张力稳定。张力控制精度 5% 以内,控制灵敏度 0.1 秒。满足了切割线张力的控制要求。一般情况下,增大锯丝的张紧力,可减小锯丝的振幅;但张紧力过大,又会使锯丝变形过大,减短其使用寿命。因此必须定量控制锯丝张紧力大小。

[0013] 走线机构控制系统的实施方式:为了减短锯丝受拉长度,在切割工件附近还有两个辅助支承轮也有利于减小锯丝的振幅。走线速度 $300\text{m}/\text{min} \sim 400\text{m}/\text{min}$,达到进口机的技术水平,而制造成本大大下降。走线系统还包括收线侧的排线装置。收线筒收线时,整齐地排线非常重要,由于切割线是来回往复运动的,如果排线不好会造成切割线重叠卡死,反转放线时就会断线。除了切割线排绕到收线轮两侧时需要改变排线方向外,反转时原来的收线筒成为放线筒,原来的放线筒成为收线筒,也要改变排线方向,这给排线控制带来了困难。当改变运转方向的控制信号发出时,切割线在收线轮上的位置是变化的,有可能在某一时刻与切割线到达收线筒两侧时的信号重叠。通过一套算法解决该控制问题。

[0014] 切割液温度自动调节系统的工作方法:通过温度传感器,温控仪表,制冷系统等,来实现砂浆温度的恒定。由步进电机、谐波减速器、滚珠丝杆、高精度光栅尺组成的工作台升降与进给系统,采用 PLC 可编程控制器控制,在工作台满行程(100mm)内,偏差 0.03mm 。在正常切割行程内,偏差 0.01mm 。

[0015] 工作台水平位置和垂直位置的确定:由光栅尺测定后通过显示屏显示,精度 0.005mm 。在切割钢丝线作高速往复运动时,工件随工作台上升至接触到钢丝线切割平面后,以进给速度缓慢上升,工件被切割。工作台进给速度、进给量等参数可通过显示屏设定。为适应不同用户的加工要求,还专门设计了角度可调工作台面,在保证工作台面精度的同时水平方位角可以在 8° 范围内任意调节。石英音叉的切割有时需要二次切割,即切割到一定深度后,让工件退出切割线的切割平面,往水平方向移动一定距离后,再切割第二次。研制的高精度拖板装置满足了二次切割的要求。

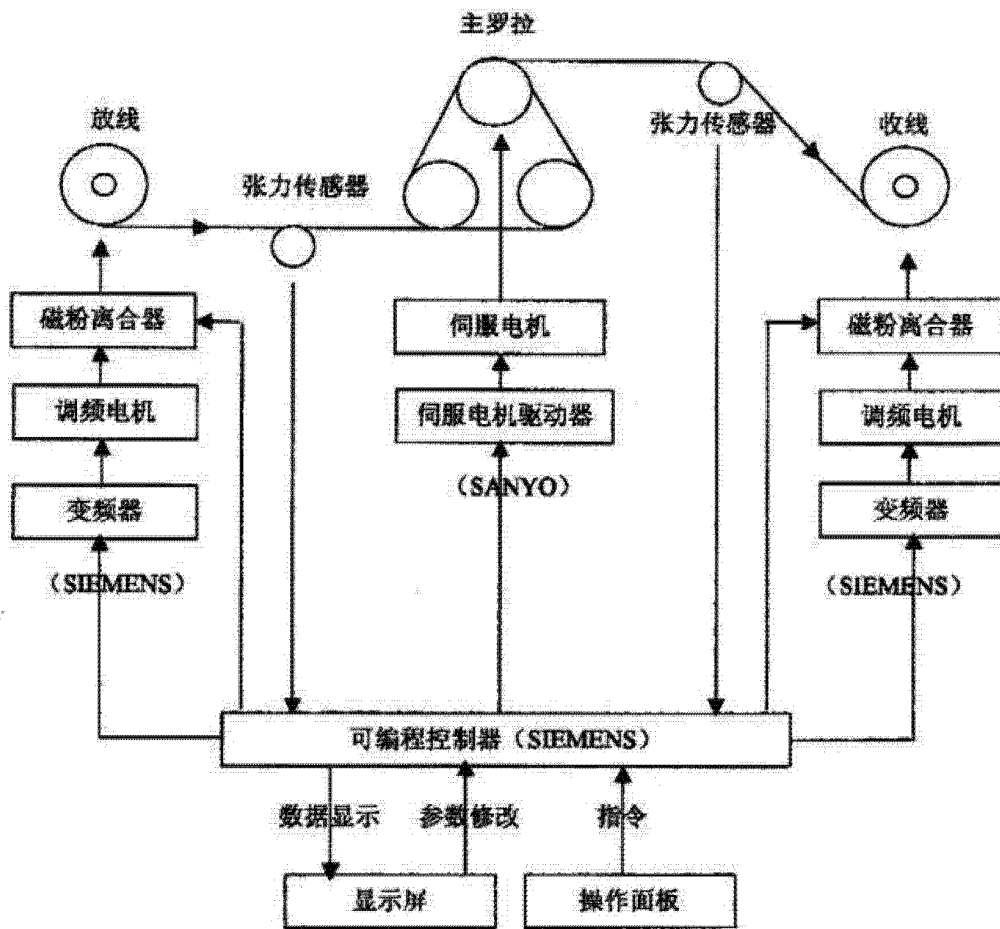


图 1