

高速走丝电火花线切割加工中 断丝现象的改善与预防

张晓燕, 魏引焕, 任 威
(陕西科技大学, 陕西咸阳 712081)

摘要: 分析了在高速走丝电火花线切割加工中出现的各种断丝、夹丝现象, 以及影响断丝现象的相关因素, 提出了预防断丝故障的措施和对策, 对进一步提高高速走丝电火花线切割加工质量, 完善和改进加工方法具有一定意义。

关键词: 高速走丝电火花线切割; 加工; 断丝故障; 措施

中图分类号: TG484 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2168(2005)05-0052-04

Improvement and Prevention of Wire Rupture in High-Speed WEDM Processes

ZHANG Xiao-yan, WEI Yin-huan, REN Wei

(Shaanxi University of Science & Technology, Xiayang, Shaanxi 712081, China)

Abstract: The phenomena of wire rupture and wire nipping in the process of high-speed WEDM and

由于该零件两侧对称槽的对称中心面与螺旋型滑槽的起始位置之间有 1 个 30° 的夹角 (见图 1 所示), 故采用专门的定位板来保证电极切割的起始位置。定位板如图 6 所示, 加工时利用定位板的左右两个侧面来确定电极的周向位置 (即输出轴的周向位置) 及中心位置。

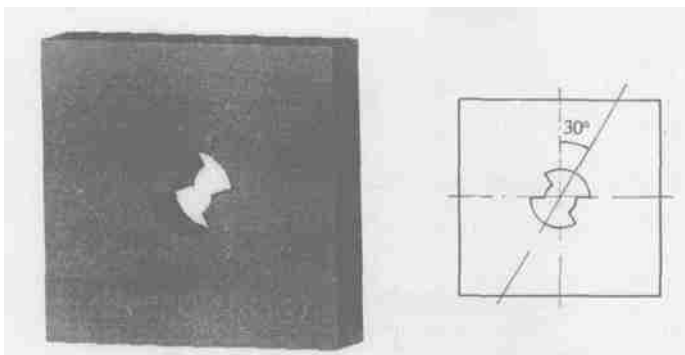


图 6 定位板

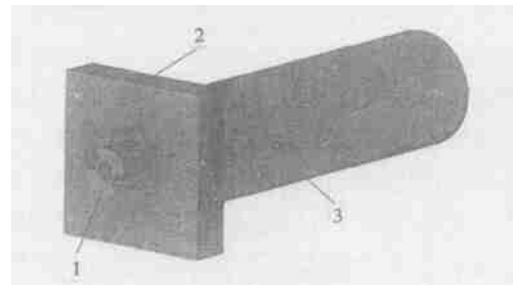


图 7 电极及定位板的放置

1. 电极 2. 定位板 3. 输出轴

及对中, 以确定电极的周向定位及中心位置。

(4) 编写程序进行加工。以现在较常见的采用滚珠丝杠的机床为例, 考虑到输出轴转动一周, 程序记数长度为 4 000 单位, 现在的相对螺旋转角为 90°, 即要求转动 1/4 周, 所以, 切割每条螺旋型滑槽时, 电极周向转动所需的记数长度为 1 000 单位。程序如下:

1. B0 B0 B2 500 GXL1

(切割第 1、第 3 条螺旋型滑槽)

2. B2 500 B1 000 B2 500 GXL2

3. B0 B0 B2 500 GXL1

(切割第 2、第 4 条螺旋型滑槽)

4. B2 500 B1 000 B2 500 GXL2

注意, 其实工件转动半周即可完成整个加工。

3 编程及加工

(1) 考虑到加工时电极的单边平动量 0.10mm 及线切割加工时的单边放电间隙 0.01mm, 故选用直径为 $\phi 0.18$ mm 的钨丝作为切割用的电极丝。

(2) 将电极及电极定位板按如图 7 所示方式放置到步进变速装置输出轴端部。

(3) 利用线切割电极丝对电极定位板进行校准

the relevant factors causing wire rupture are analyzed. The measures and effective methods for preventing wire rupture are proposed, which are significant to increase of the quality of high-speed WEDM and improvement of the machining process.

Key words: high-speed WEDM; machining; wire rupture; measure

1 引言

高速走丝电火花线切割加工中正常断丝、夹丝和非正常断丝、夹丝现象是普遍存在的一个问题,也是从事高速走丝电火花线切割加工的工程技术人员经常探讨的一个问题。本文就高速走丝电火花线切割加工中断丝故障发生的原因作了分析和研究,对降低和预防断丝故障的发生,提高加工表面质量具有一定参考价值。

2 问题的提出与对策

2.1 导轮和导电块的磨损

导轮是高速走丝电火花线切割机的关键零件,它直接关系到电火花线切割的质量。在实际切割中经常会出现电流表指针来回摆动,加工表面不平,端面上下处有纹路倾斜和增粗现象。根据经验可判定是导轮 V 形槽和轴承磨损,造成了丝抖动,影响了切割表面质量。这就要求导轮 V 形槽面应有较高的精度, V 形槽底部的圆弧半径应小于选用的电极丝半径,以保证电极丝在导轮槽内运动时不产生相对滑动。但是由于导轮与电极丝长时间的电腐蚀及滑动造成了导轮 V 形槽的沟槽加深,使钼丝在切割当中发生抖动,造成加工面质量的降低,严重时还会将丝卡在其间,造成断丝。为了避免这种现象发生,在切割加工中应经常清除堆积在 V 形槽沟槽内的电蚀物,并经常检查导轮 V 形槽是否磨损,以便及时更换导轮,确保加工过程的稳定进行。另外在安装导轮前必须清洗轴承,使导轮旋转灵活、平稳,无阻滞现象,尽量减小导轮的轴向窜动和径向跳动,减缓导轮和轴承的磨损,保证导轮 V 形槽有较高的精度。一般导轮径向跳动和轴向跳动均应控制在 $< 0.005\text{mm}$, 槽底圆角 R 值应控制在 $< 0.05\text{mm}$, 方可降低断丝故障的发生,确保加工面的质量。

另外,在高速走丝电火花线切割加工中,若出现断丝,说明导电块接触不良,或钼丝与线架打火

的可能性最大。为了确保稳定的放电加工,在实际切割加工中,不允许在钼丝和导电块间出现火花放电,以使脉冲能量能全部送往工件与电极丝之间。但是,由于导电块使用时间长了,会磨损出较深的沟痕,这就会影响正常的放电,使工件加工质量降低,严重时造成夹丝。为此,在线切割加工过程中要经常将导电块旋转一个角度,改变其与丝接触的位置,并且导电块位置的调整要合适,以保证加工的稳定性。电极丝在丝筒上的排列也要整齐,避免出现叠丝或夹丝现象。平时要经常清洗导电块,观察导电块销、螺母是否锁紧,在更换导电块或变换导电块位置后,必须重新校正电极丝的垂直度,以保证加工工件的精度和表面质量。根据加工经验,当导电块加工超过 50h 后,需对导电块位置进行调整(旋转一个角度),方能减缓导电块磨损速度。

2.2 工件材料本身的缺陷

有些被加工工件在切割前进行了平面磨削,工件带有磁性,加上切割中工件内部应力增大,会引起工件的局部变形,造成在切割加工中钼丝很容易被卡断,影响加工质量。为了预防出现这种情况,在切割前应对加工工件进行必要的退磁处理,方能降低断丝现象的发生。对含有杂质的工件加工,尤其在切割铸铁工件时,由于毛坯铸造质量较差,材料内部含有砂眼,加上电参数选取不适当时,极易造成断丝,此时应适当降低电参数,或增大工作液流量,方可完成铸铁工件的切割加工。

2.3 工件表面有毛刺和凸凹点

有些工件虽然在切割前进行了热处理,但由于表面处理不当存在残存物,这些氧化残存物不导电,凸凹不平,会导致断丝、烧丝或使工件表面出现深痕,严重时会使电极丝偏离加工轨迹,造成工件报废。还有的零件表面有毛刺,上下面与周边垂直度不好,尤其是在当电参数选取不当,钼丝在接触工件的一瞬间,极易断丝。为此,在加工经过热处理后的制件或切割加工表面较粗糙的工件时,首先在切割前应将这些残存物和氧化物清理干净,用油石将其锉平,选取适当的电参数,以减少断丝现象的发生,

作者简介:张晓燕(1962-)女,陕西咸阳市,工程师,主要从事特种加工、材料成形及控制工程专业实验课的教学工作,地址:陕西咸阳陕西科技大学机电工程学院。电话:(0910) 3570163, 13609215481

收稿日期:2004-10-14

从而提高生产效率。

2.4 薄板料的重叠加工

在实际切割中,为降低装夹时间,提高生产率,往往对板厚小于4mm的薄板采用重叠装夹方式来加工。例如,加工3mm厚的冷轧钢板,每10个1组装夹切割,电参数为:工作电流为1.5A,脉间/脉宽比为5:1,工作电压为90V,在此参数下切割的制件虽然能满足加工工艺的要求,但若装夹不当,或钢板表面有凸凹不平点时,仍会导致加工中出现丝被卡死现象,造成废品,或使加工面痕迹加粗。为此,薄板料选用重叠装夹加工方式时,加工前一定要将每块板料表面进行修平处理,将多层板料压实,以避免切割中由于板料受丝的拉力而出现错位,将丝卡住造成断丝。对个别表面有凸凹点的板料必须进行单个加工,以保证加工质量。

2.5 钼丝张紧力大小的影响

在高速走丝电火花线切割加工中,为防止因为钼丝张紧力大小调整不当引起断丝的主要措施有:

(1) 在进给速度和电蚀速度协调正常情况下,加工中突然断丝,这主要是在换向时活动排丝轮跳动剧烈,造成钼丝松动而引起的断丝,此时应重新将钼丝绷紧即可。

(2) 在切割中若突然不切割了,或加工中丝速突然减慢,甚至丝筒在换向时丝速突增,此时应立即停机,可用手触摸钼丝是否松动,检查钼丝的张力大小是否合适,并进行调整。由于电极丝具有延伸性,所以,在切割较厚工件时,丝的跨距将增大,振动幅度也随之增大,加上丝在加工过程中受放电压力的作用而弯曲变形,结果使电极丝切割轨迹落后并偏离工件轮廓,即出现加工滞后现象,尤其在切割较厚工件或圆柱体工件时,由于丝松的缘故,将造成形位误差增大,圆柱体制件出现腰鼓形状。严重时,电极丝在快速运转中很容易跳出导轮槽或限位槽,而被卡断或拉断。加工较厚工件(80mm以上),在刚开始切入时,很容易发生断丝,所以这时丝的缠绕力应松些。为此,在电极丝工作一段时间后,操作人员要根据加工面的质量情况对丝张力作调整。当然也可采用恒力装置在一定程度上改变丝的张力,力求使电极丝的张力波动趋于最小,为了不降低高速走丝电火花线切割的加工工艺指标,张紧力的大小应根据电极丝材料性能和直径的不同,

在电极丝抗拉强度允许的范围内应尽可能大一些,从而达到较好的切割质量。

当更换一盘新钼丝时,由于新丝外表面包裹着一层薄膜氧化层,待其工作2~4h后,应紧丝1~2次,以补充因丝外薄膜氧化层在切割中脱离和由于丝张力的改变而导致丝延伸性引起的丝变松现象。但是在加工很薄的工件时,若丝张力过紧将造成丝的抖动,对加工精度和加工表面粗糙度均不利,所以这时为了避免由丝振引起的断丝,此时丝的张力则不宜过紧。高速走丝电火花线切割加工中,电极丝张力的(也就是丝的松紧程度)将直接影响到加工表面质量和加工的稳定性。所以控制好丝的松紧程度,也就是控制好了丝的张力大小,从而避免了由于电极丝在卷筒上缠绕松紧不均、正反运动张力不均所带来的丝松现象,从而从根本上降低了由于丝松引起的夹丝、断丝故障的发生。所以,不仅在切割前一定要调整好丝的张力,而且在更换新丝,待其工作一段时间后,也要再对电极丝的张紧力进行调节,力求使电极丝的张力波动趋于最小。

2.6 电极丝使用时间过长

由于长时间的切割,使钼丝遭受磨损而变细,钼丝圆周表面凸凹不平,抗拉强度降低,切缝变窄,放电产物排除条件变差,加工面粗糙度变差,加工不稳定,容易造成断丝。所以,在加工工艺条件允许的情况下,尽量采用较大直径的钼丝,提高钼丝的抗拉强度,以承受较大的电流,采用较大的电规准进行加工,从而提高输出脉冲能量,提高生产效率。较大直径的钼丝在切割时切缝也宽,放电产物排除条件较好,加工过程也稳定。根据实际加工经验,当电极丝丝径比新丝直径减小了0.03~0.05mm时,就应更换钼丝,以避免断丝故障的发生,减少非切割时间。

2.7 工作台进给速度的调整

工作台进给速度忽快忽慢也是造成加工过程不稳定的一个重要因素,它使加工工件表面出现不稳定的条纹痕迹,上下断面呈现烧伤现象,而且还很容易断丝。为此,当加工工件表面呈现焦褐色,切割速度较低时,表明工作台进给速度大于工件蚀出速度,此时应对变频进行调整,减慢进给速度,将旋钮适当调小;而当加工表面有深痕,电极丝上出现白斑痕迹,进给速度忽慢忽快时,说明工作台进给速度小于工件蚀出速度,此时也容易造成断丝,所以,应加快

工作台进给速度,将旋钮适当调大,方能保证加工的稳定进行。

2.8 电参数的合理选取

高速走丝电火花线切割加工中,电参数的选取相当重要,它们直接影响到加工工件表面质量,在切割中它们又是相互制约的,所以在选取参数值时,必须根据加工件的工艺要求、加工精度、粗糙度的大小以及工件厚度来选取,以获得较满意的加工效果。例如,加工厚度小于30mm的工件时,加工电参数值脉间与脉宽比一般取在 $3 \sim 4$ 之间,加工质量较高,但是,如果比值取在 $5 \sim 1$ 范围内,则将明显降低切割速度,影响连续进给,破坏加工的稳定,降低其切割质量。

另外,工件在切割加工前的热处理过程中,应避免过热、渗碳和脱碳,以防止裂纹和变形,造成工件报废。加工凸、凹模时,工件材料尽量使用热处理淬透性好,变形小的合金钢,如Cr12MoV钢等,以免工件变形引起夹丝、断丝。

2.9 工作液浓度和液流量的影响

高速走丝电火花线切割在实际加工中,工作液浓度的配置也相当重要,太浓、太淡时,均会引起断丝。为此,工作液的浓度应根据加工件材料性能、加工工艺要求以及加工精度和加工工件的厚度来配置。一般水液浓度比均在 $1 \sim 20$ 范围内。当然,对切割速度要求高或大厚度工件切割时,浓度可适当小些,这样加工比较稳定,且不易断丝。但工作液浓度也不能太低,否则将使工作液绝缘性能降低,电阻率减小,冷却能力增强,从而降低了对工件的洗涤润滑作用。

工作液流量的大小也应适当控制,一般在切割将完毕时,因工件被切割段在工作液液力作用下产生下垂,切割部位脱落,丝极易被夹断,此时应适当降低冲液流量或减小冲液压力,并适当降低个别加工参数,以避免断丝故障的发生。

2.10 电极丝材料性能和质量影响

由于在高速走丝电火花线切割加工中,通常应选择导电性能好的钼丝作为电极丝材料,因为有了良好的导电性,单位长度的电阻就愈小,否则,消耗在电极丝电阻上的能量就愈多,使加工电源输送到放电间隙的能量减少,消耗在电极丝上的能量使电

极丝发热,造成断丝。电极丝除具有良好的导电性外,还应具备较好的韧性,使其在频繁的急热急冷变化中,丝质不易变脆而断丝。另外,电极丝的直线度和均匀性在放电加工中也是十分重要的,切割中的电极丝不应出现弯折、打结现象。目前,从市场上购买的质量不好的钼丝,由于厂家在制造过程中质量不过关,局部段的丝表面凸凹不平,加上操作不当或储丝筒有轴向窜动时,容易造成储丝筒在绕丝时出现叠丝、打结现象,这样在切割加工中极易发生断丝,尤其是在切割较厚工件时断丝频率较高,所以在绕丝过程中,一定要避免叠丝、打结现象发生。从市场上购买回来的钼丝,一定要确保质量,以保证切割加工的正常进行。

2.11 正确使用操作面板和妥善保管电极丝

切换功能键时,绝不能在加工过程中切换,以防开关接触不良造成短路或由其它因素引起钼丝烧伤。购置回来的电极丝应避免在阳光下与空气长久接触而被氧化,从而影响制件的加工质量。

3 结束语

在高速走丝电火花线切割加工中影响断丝的因素很多,且它们又是相互制约的,但只要对其进行系统分析和研究,就可以对其复杂零乱的因素进行控制和预防。以上就高速走丝电火花线切割加工中断丝的一些现象作了分析和研究,并提出了相应的预防措施和对策,相信对改善工件表面质量和提高其加工精度具有一定意义。

参考文献:

- [1] 刘晋春,赵家齐,赵万生.特种加工[M].北京:机械工业出版社,1998.
- [2] 罗学科,李跃中.数控电加工机床[M].北京:化学工业出版社,2003.

中国模具工业协会秘书处迁新址

从2005年3月20日起,中国模具工业协会秘书处迁移新址,地址:北京市海淀区首体南路20号国兴家园4号楼505、506室,邮编:100044。

电话:(010)88356467 88356465

88356463 88356462

传真:(010)88356461