

复杂模具零件线切割开裂原因分析及改进措施

河南科技学院

(新乡 453000)

聂福全

中南民族大学

(湖北武汉 430030)

聂怡

洛阳水资源勘察设计院

(河南 471000)

杨晨

线切割一些形状较为复杂的凹模时,凹模的刃口容易出现开裂的情况,以图1所示的扇形孔板凹模为例,该凹模材料采用T8钢,厚度25mm,硬度要求为58~62HRC,淬火后,采用磨削加工上下两平面,然后采用线切割的方法加工如图所示的扇形腔。在实际生产中,我们发现采用线切割加工扇形腔时凹模经常出现开裂的情况,造成大量废品的产生,严重影响了生产进度和产品质量。本文以图1为例,对线切割开裂原因进行分析并提出一些改进措施。

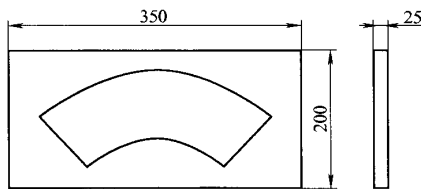


图1 工件结构示意图

一、造成工件开裂的原因分析

1. 切割厚度较大

由于该零件厚度为25mm,淬火时,中间部位难以淬透,表面被淬硬后转变为马氏体,由于马氏体质量体积大,表层引起体积膨胀。而中心冷却速度较慢,塑性好,因而产生塑性收缩,热应力和组织应力残留在钢的内部。因此,在同一截面上会出现不同组织的质量体积差,会在两个不同组织交界附近产生很大的应力。工件表面不可避免地受压应力,心部受拉应力,使整个模具应力处于平衡状态。当线切割时,中心部位应力崩溃,应力平衡遭到破坏,淬硬层得到胀大的机会,中心部位强度减弱,趋向收缩,内部应力释放,体积重新分布,当释放的内应力大于材料强度时,工件被拉裂,从而产生裂纹。

2. 预先没有开腔

切割前毛坯为整块钢板淬火,没有在型孔部分预开腔,淬火时由于模具体积较大,造成淬火时表里温差较大,不利于冷却,淬硬层深度较浅,一些部位硬度不足,内应力分布不均匀。在线切割时,由于切割应力和切割作用使热处理后工件应力平衡遭到破坏,应力重新分布,导致局部应力集中,当集中的应力与线切割产生的附加应力相叠加超过了材料的抗拉强度时,切割部位就会出现裂纹。

3. 材料组织成分差

经对产生开裂模具进行的金相检验,发现材料组织成分较差,存在明显的碳化物偏析,由于偏析严重,破坏了零件材料基体组织的连续性,形成不均匀的应力分布,激化了零件一些部位的应力集中,线切割时进一步加大了这些区域的应力集中,从而在应力集中部位产生开裂。

4. 材料淬透性差

该工件原淬火工艺为将工件在盐浴炉中加热至760~780℃,保温15~18min后,浸入自来水槽中冷却。由于T8钢淬透性较差,淬火易变形,淬火温度和冷却介质温度高时会造成淬火后零件内部组织晶粒粗大,降低了钢材的韧性,增加了脆性,从而加大了线切割时出现裂纹的可能性。

5. 回火温度和次数难以消除残余应力影响

由于淬火后凹模内部存在着较大的残余应力,为保证该模具的硬度要求,淬火后采用了160℃低温回火工艺,回火次数为一次。由于回火温度较低,很难大幅度消除零件淬火后的残余应力,再加上零件淬火后硬度高,脆性大,容易造成线切割时产生裂纹。

6. 加工工艺的影响

磨削两平面时由于工艺参数、砂轮等选择不当,容易造成磨削后凹模两平面产生大量极微小的磨削裂纹,由于磨削裂纹属于炸裂纹,发生方向一般和磨削方向垂直,很容易在线切割时使上述裂纹产生扩展,从而造成线切割开裂。

此外,线切割时装夹定位方法不正确,没有余料适当位置加工穿丝孔。为提高生产效率,采用了较大的电源工艺参数和走丝速度。这样一来,切割时的瞬时高温和工作液的急剧冷却容易造成被加工面产生较大的拉应力,特别是采用高能量密度电脉冲线切割更容易导致工件在线切割时产生开裂。即使有的工件在线切割时未开裂,但由于不能消除线切割后所形成的高内应力,使工件始终保持高的拉应力状态,在放置和使用中也会造成开裂。

二、改进措施

通过对上述开裂原因的分析,因地制宜,制定了如下的改进措施。

1. 制定合理的工件硬度

在满足该工件使用需要的前提下,应适当降低工件的硬度要求。在实际生产中我们发现,硬度要求大于60HRC以上的工件,线切割时产生裂纹的概率较高,而硬度要求等于或小于54~58HRC的工件,线切割却很少出现裂纹。这是因为硬度要求高的工件在淬火后一般采用低温回火工艺(160~180℃),一次回火很难较大幅度地消除淬火后的残余应力,再加上材料硬度高、脆性大,材料的抗拉强度低,容易造成工件线切割后产生裂纹。而硬度要求为54~58HRC以下的工件,其回火温度较高,回火后的材料组织韧性较好,工件淬火后的残余应力消除较充分,线切割时不易产生裂纹。因此,在满足工件使用的前提下,制定合理的硬度要求,可以在热处理阶段,通过采取适当的措施,有效降低淬火后工件的应力,防止线切割时裂纹的产生。根据该模具的使用情况,将其硬度要求降低为59~61HRC。

2. 改进模具材料

将模具材料由T8改为Cr12MoV锻件。由于合金钢具有高淬透性、高硬度、高耐磨性、淬火变形小及一定热硬性的特点,且Cr12MoV经锻造后,能保证碳化物呈小而圆的均匀分布,使钢材纤维组织连续,可有效避

免碳化物析出严重而割裂材料组织,从而提高了工件的抗拉强度。同时,由于Cr12MoV淬透性好,淬火时,工件可以获得较厚的淬硬层,在线切割时,可以使切割始终在应力基本平衡的状态下工作,所以不易产生开裂。需要注意的是模具毛坯在锻造时温度掌握要严格,不能过高或过低,锻造后不能空冷,以防止产生过大的内应力。

3. 淬火前预先开腔

淬火前预先开腔可以改善淬火时的表里温差,有利于冷却,使切割部位有足够的硬度,淬硬层加深,改变内应力分布,从而有效防止线切割时开裂。该模具预先开腔形状如图2中实线所示(图中虚线为切割后轮廓),各边留有2~3mm线切割余量。

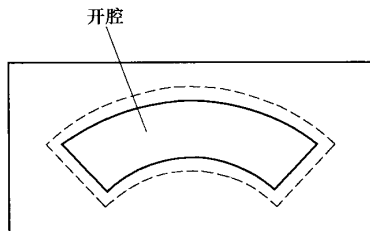


图2 最初制定淬火前开腔示意图

4. 改进设计结构,避免尖角

原扇形腔各边连接部位均是直角过渡,此种结构最容易在尖角处形成应力集中,易导致线切割时在此处形成开裂。新结构将四处尖角改为R5mm的圆弧过渡,如图3所示,从而消除了热处理时应力集中的现象,消除了淬火隐性裂纹,防止线切割时裂纹的产生。

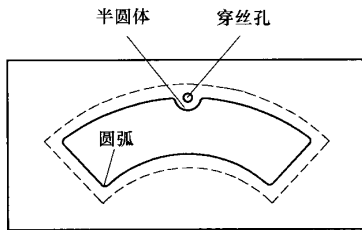


图3 穿丝工艺孔位置及开腔结构改进后示意图

5. 选择合适的引丝工艺孔位置

虽然改进后扇形腔在淬火前已预先开腔并采用了圆角过渡,但是在实际应用时发现,在线切割时只要无起点点穿丝工艺孔,在线切割时,基本上都会发生一定的变形,其变形量大小随回火程度、凹模复杂情况、型腔在料坯中的相对位置、凹模厚度的不同而不同。为防止产

生此变形,将淬火前预开腔结构改为如图3所示结构,在预开腔内侧留一处半径为 $R8\text{mm}$ 半圆体结构,穿丝工艺孔位置如图所示,具体尺寸以不影响切割最后轮廓为宜(图中虚线位置)。

6. 精选材料

在毛坯材料进厂后,对毛坯组织成分进行检验和分析,确保原料组织合格。若存在碳化物严重析出或杂质超标的情况,就应当及时更换材料,或采取合理的锻造工艺及锻后球化退火工艺,使碳化物分布均匀,晶粒细化。

7. 改进热处理工艺

模具在粗加工后,精加工前增加调质预处理工序,经过调质处理的Cr12MoV钢制件能获得均匀的弥散度,良好的索氏体组织,这种组织的质量体积与淬火后的组织的质量体积非常接近,这就可以减小由于淬火前后组织质量体积差而产生的变形,为最后热处理做好了组织准备。同时调质处理可消除粗加工产生的机械应力,对减小最终热处理的变形也有好处。

凹模进行淬火处理时,在保证所需硬度要求的前提下,应选择合适的淬火温度,并严格控制炉温超标,炉温的实际温度与仪表温度差不允许超过 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。由于模具材料已改为Cr12MoV,且设计改进后硬度要求降低,淬火工艺制定如下:在盐浴炉中将凹模加热到 $970 \sim 1010^\circ\text{C}$,保温时间 $15 \sim 20\text{min}$,出炉后空冷工艺(空淬),可以有效降低热处理应力,减小变形,且对组织成分及硬度影响较小。

淬火后应及时对凹模进行回火处理,这里需要注意的是,由于Cr12MoV钢(包括与该钢类似成分及组织的钢)在 540°C 回火比低于此温度 $55 \sim 110^\circ\text{C}$ 回火后呈现更高的硬度,如图4所示,这与通常所谓的二次硬化的关系相反,这是由于在接近 540°C 较高温度回火时,发生残留奥氏体转变引起的。一般情况下,当凹模可以在一个较高温度回火,可以得到同样硬度时,那么选用较高的温度回火更好,这样既可以改善韧性,又可有效防止裂纹。因此,该凹模的回火温度定为 $530 \sim 540^\circ\text{C}$ 。若凹模型孔特别复杂,还应采用增加回火次数的方法来充分消除淬火应力,回火次数最好可以增加到三次,这样既可以保证模具的硬度要求,又可以充分消除模具内部淬火残余应力,回火后的硬度为 $60 \sim 61\text{HRC}$,可以满足设计要求。

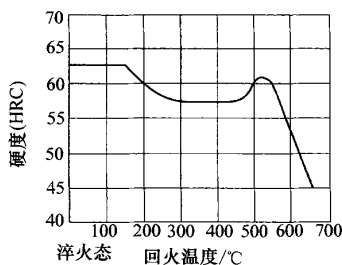


图4 Cr12MoV钢回火温度与硬度之间的关系

9. 改进加工工艺

磨削两平面时,要想减少磨削裂纹的产生,一是要保证回火充分,二是砂轮不能太硬。磨削时可选择单晶刚玉砂轮,进刀量不能太大,一般每次为 $0.005 \sim 0.01\text{mm}$,磨削过程中冷却要充分,这样才不至于在磨削过程中烧伤凹模表面,避免产生过大的内应力而出现裂纹。

线切割时合理选用线切割加工工艺参数,在满足一定生产效率的前提下,尽可能采用低电流、低切割速度、小脉宽和低线速,可以有效减小线切割时的应力,防止裂纹的产生。在这里需要说明的一点是,对于有特殊要求的模具,如高精度模具,也可以在线切割后增加一次低温回火,这样会更加有效地减小模具切割后的内应力,确保满足工件的质量要求。

三、效果

采取上述措施后,线切割加工凹模形孔时,再未出现过开裂的现象。整个工艺方法简单、实用,可针对各种形状复杂的凹模线切割加工,并能有效保证线切割的质量。冷 (收稿日期:20060331)

硬质合金滚压工具

本单位生产硬质合金滚压工具已有20余年历史。滚压加工广泛运用于机械加工、液压、重型机械等行业,是一种对机械零件表面进行光整和强化的工艺,它利用硬质合金滚轮对工件表面施加压力,使其表面产生塑性变形,达到修整表面微观几何形状,降低表面粗糙度值的目的,同时可提高表面硬度。滚压后,使零件表面粗糙度值从 $R_a=6.3 \sim 3.2\mu\text{m}$ 降低到 $R_a=0.8 \sim 0.4\mu\text{m}$,实现以滚代磨。本单位还可根据用户要求,生产、加工各类异型硬质合金制品。

靖江市合力汽车修造有限公司(原国营靖江汽车修造厂)

地址:江苏靖江市真武河北路47号

联系人:蒋文宏 手机:13327780598

邮编:214500 电话:0523-4832767

传真:0523-4858767 E-mail: jwh@sina.com

广告查询编号:1008