

筒状零件表面喷丸强化工艺研究

■ 昌河飞机工业集团有限责任公司 (江西景德镇 333002) 巢昂轩 沈国喜 李斌平 李智勇

摘要: 本文介绍了筒状零件喷丸强化工艺过程,通过对喷丸旋转方式、弹丸规格、喷丸压力、弹丸流量及进给速度等参数进行优化,同时采用分段喷丸工艺方法,在满足喷丸强度和覆盖率的基础上,保证了零件的尺寸精度和使用性能,为类似筒状零件的表面喷丸强化提供了经验参考。

数控喷丸强化是用来提高金属构件疲劳断裂和应力腐蚀断裂抗力的一种表面强化工艺,喷丸过程主要是弹丸流冲击材料表面,使表面层发生循环的塑性变形,形成一个个微观的凹坑,在表面产生残余压应力,从而极大地提高材料的抗疲劳强度和抗腐蚀能力,延长零件的使用寿命。疲劳失效是航空零件失效的主要形式,喷丸强化工艺是解决该问题有效的工艺方法,因此,广泛应用于航空航天及汽车等工业领域。

由于航空零件对材料的特殊要求,各种超高强度钢材材料如30CrMnSiNi2A、300M钢等,广泛应用于飞机的结构件(如起落架等)。但数控喷丸为特种工艺,仅能通过严格控制工艺过程的各项参数来确保零件最终喷丸性能的合格,随之而来也产生了喷丸工艺参数不稳定、过程不可控等问题,特别是对于一些长筒类零件,由于尺寸较长、精度较高,对其表面喷丸强化后,出现尺寸变化、强度偏差、覆盖率不均匀等情况,直接影响了零件的

疲劳使用功能。

1. 筒类零件工艺特点分析

图1为筒类零件,材料为超高强度结构钢30CrMnSiNi2A,抗拉强度1 700MPa。其外表面(除螺纹孔外)均要求进行喷丸强化,喷丸强度 $f_{II}=0.37\sim 0.48\text{mm}$ 、覆盖率100%。当喷丸工艺参数不稳定,将对零件表面的喷丸强度、覆盖率及直线度带来影响,直接影响零件的装配使用性能。

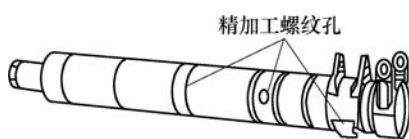


图1 长筒类零件示意图

2. 数控喷丸工艺参数的选择及控制

喷丸强化工艺参数主要有弹丸材料和规格、喷丸压力、弹丸流量、喷射角度、喷丸速率及喷嘴的尺寸结构等,这些参数决定了喷丸的强度和覆盖率,从而直接影响喷丸强化后零件的质量。

(1) 喷丸旋转方式的选择。由于筒类零件较长(约1.2m)、喷丸室内部空间有限、喷丸零件

难以固定、顶针无法安装等原因,采用横向旋转方式替代之前的竖直旋转。安装变位旋转器,设计制造工装保护罩及支撑架,用来调节零件高度、防止弹丸损害非喷丸区域及电动机,如图2所示。

筒类零件旋转喷丸方式如图3所示,零件横向摆放固定在变位器中,另一端通过调节支撑架的高度保障零件水平摆放,喷丸过程中通过变位器的自转带动零件转动,从而实现匀速旋转,确保喷丸过程可靠。

(2) 弹丸规格的选择。筒类零件的材料为30CrMnSiNi2A钢,热处理后的抗拉强度达到1 700MPa,选择硬度45~52HRC

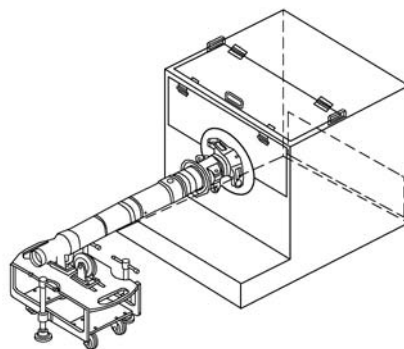


图2 喷丸工装：保护罩及支撑架

的铸钢弹丸。弹丸直径对喷丸后材料表面形变影响很大，直径越大，在材料表面形成的凹坑直径越大，表面层产生的塑性变形越大；弹丸直径太小，喷丸时弹丸的动量就小，不容易达到需要的喷丸强度。因此要选择合适尺寸的弹丸。

结合之前数控喷丸机内使用的ASR280丸粒，为了确保一致性，针对筒类零件，选择美国宇航标准SAE AMS2431/1规定的ASR280弹丸，直径约0.72mm。同时该标准规定的ASR280弹丸在筛选过程中，通过16#网的质量 $\leq 0.5\%$ 、通过25#网的质量 $\geq 90\%$ ，以保持弹丸规格均匀，避免大直径弹丸对材料表面冲击力过大，造成零件尺寸变形。

(3) 喷丸压力和弹丸流量的选择。喷丸时，弹丸在一定压力气流带动下，产生动能形成弹丸流打向材料表面。气流压力的大小决定了弹丸的速度和力量，从而决定了零件表面材料的变形程度，也就是喷丸强度高低。压力越大，喷丸强度越高、材料表面变形越大。在模拟件上选取若干个具有代表性的点，安装Almen夹具，固定Almen试片（A型），气流压力及丸流量的大小是通过

对Almen试片进行喷打，确定饱和点和点在技术要求的喷丸强度值范围内而确定的，模拟件的安装如图4所示。

安装完A型Almen试片后，对模拟件进行试喷丸，选择并固定以下工艺参数：变位器转速10r/min、压力0.4MPa、丸流量8kg/min、喷射距离 (149 ± 10) mm、喷射角度 45° 、喷嘴尺寸12mm、试片数量2片。分别选择不同的进给速度对模拟件上的Almen试片进行喷丸，速度分别为5mm/min、10mm/min、20mm/min和40mm/min，由此获得一组弧高度值随喷丸进给速度变化的数据，由该组数据来绘制弧高度值与速度之间的关系曲线，即弧高度曲线，如图5所示。

HB/Z 26中规定：任何一组喷丸强化工艺参数下的弧高度曲线上在饱和点时的弧高值为喷丸强度，过此饱和点弧高值随喷丸进给速度的减慢而缓慢增高，此饱和点在一半于饱和点的喷丸进给速度下，弧高值的增量不超过饱和点处弧高值的10%。因此从图6可知，模拟件的喷丸强度为0.4mm、饱和点为28.7mm/min，喷丸强度介于图样规定的 $f_{II}=0.37 \sim 0.48$ mm（A）之间且偏下限。因

此试喷工艺参数（压力0.4MPa、丸流量8kg/min）满足强度要求，可用于零件喷丸。

(4) 喷丸进给速度的控制。喷丸进给速度是由喷打Almen试片时的饱和点决定的，在弹丸规格、喷丸压力及弹丸流量等参数设定不变的情况下，对一组Almen试片进行不同速度的喷打，获得一组试片弧高值随喷丸进给速度变化的数据（见图6），当喷丸进给速度达到28.7mm/min时，试片弧高值达到饱和。零件其余表面的喷丸速度参照饱和点，同时，使用光学放大镜检查喷丸后表面弹痕覆盖情况，在保证弹痕覆盖率100%前提下，严格控制喷丸进给速度，防止弹痕覆盖过高，出现过喷现象。采用40mm/min的进给速度对模拟件进行喷丸，覆盖率100%（见图6），因此零件的喷丸进给速度选取40mm/min。

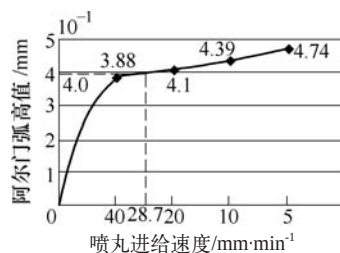


图5 筒件喷丸弧高度曲线示意图

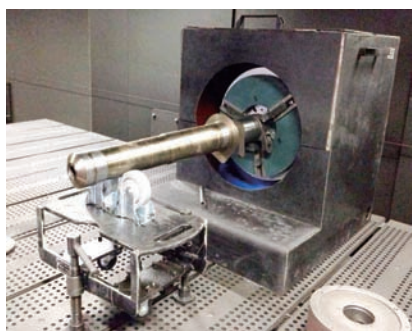


图3 筒类零件旋转方式喷丸

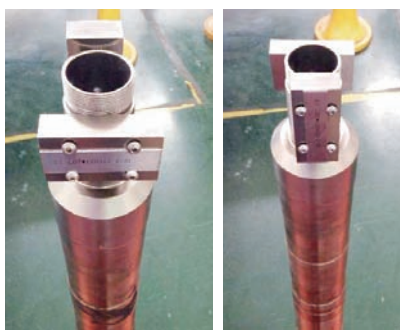


图4 安装Almen夹具的模拟件



图6 模拟件喷丸后表面覆盖率情况

3. 喷丸工艺方法控制

喷丸的工艺方法对喷丸质量影响较大,特别是长筒类零件,整个长度方向的外表面均要求喷丸。由于工装及喷嘴等因素的限制,导致零件喷丸无法一次完成,存在先后顺序。弹丸的喷射角度对喷丸强度也有较大影响,弹丸反弹角度大,弹丸的法向分力越小,冲击力就变小,喷丸强度低,弹坑越浅,材料表面变形就小。针对1.2m长的筒类零件,采取两段喷丸法,螺纹孔及两端孔采用高强度塑料堵塞进行封闭,其余非喷丸面采用胶布保护(见图7)。对筒类零件的外表面喷丸,将零件的一端固定在变位器上、另一端放在升降台上,以10r/min的速度匀速旋转,喷嘴作轴向匀速直线运动,这样使零件表面均匀地接收弹丸的喷打。

同时喷丸与零件轴线夹角调整至45°,适当加大喷嘴到零件表面距离,减小弹丸法向分力,避免因受喷过度引起的局部变形。



(a) (b)
图7 筒类零件分段喷丸工艺方法

4. 结语

通过改进长筒类零件数控喷丸工艺方法,实现了数控喷丸工艺过程的稳定性和可控性,改进了零件的喷丸质量,对其余零件的喷丸工艺改进提供了经验基础,得出以下结论:

(1) 筒类零件采用变位器和升降台等工装水平固定后匀速旋转,喷嘴作轴向匀速直线运动,确保零件表面均匀接收喷丸。

(2) 选用模拟件安装Almen试片夹具,通过构建饱和曲线,确定了最佳的喷丸工艺参数:转速10r/min、压力0.4MPa、丸流量8kg/min、喷射距离(149±10)mm、喷射角度45°、喷嘴尺寸12mm、进给速度为40mm/min。

(3) 采用分段工艺,确保大尺寸零件能完成喷丸;同时制造遮蔽工装,对非喷丸区域进行有效防护。

参考文献:

- [1] 魏栋. 飞机起落架筒形零件喷丸强化工艺[J]. 机械制造, 2013(10): 84-85.
- [2] 朱心伍. 零件表面喷丸强化工艺应用研究[J]. 现代车用动力, 2013(5): 38-40.

MW (收稿日期: 20160802)

祝邦®

北京祝邦新技术研究所 (高新技术企业)

替代汽油、柴油高效清洗机械零件

金属材料零件用水基清洗剂试验方法依据权威部门HB-5227-82部颁标准检测分为4级(0、1、2、3),0级最优。本所清洗剂被评为0级。

特征:

- 弱碱性、不伤皮肤,不加温清洗机械零件重油污。
- 除污能力强:本品1公斤加40~200倍清水搅匀,相当40公升汽油的除污能力。
- 无污染,连续使用无需排放,不足可补充

实例:

- 清洗机床、汽车、拖拉机零件油污。
- 清洗采油钻井平台以及沙滩原油。
- 清洗航空发动机涡轮叶片燃烧残存油污。
- 清洗运输原油油罐车阀门。
- 清洗石油天然气设备及家用抽油烟机黏油,洁净不粘手。

金属填补胶

早在上世纪70年代中期国家有关部门为降低我国铸件废品率确定金属填补胶研制项目,由本所所长刘俊邦高工(国家有突出贡献专家、北京市劳动模范、市科技先进工作者)课题组承担,1981年曾参加联合国在波兰召开的金属填补胶技术交流会,经多年的研制与应用实践,于1983年获得成功,并获部级科研成果奖。这一实用技术经多年广泛应用,形成ZB200金属填补胶系列产品。主要用于修补金属铸件的砂眼、气孔铸造缺陷;修复机床导轨划伤及汽车缸盖缺陷和缸体裂纹;修复水泵壳体、气轮机密封环的穴蚀;修补金属容器、管道、水暖器材的跑冒滴漏。该胶室温操作无需加热,固化后粘接牢固,可高温125℃~200℃使用,修补处软硬适度,耐磨、减摩性好,并可进行车、铣、刨、磨、锉、钻孔套扣等切削加工。

化锈防锈液

本品酸性溶液,是去除金属锈斑专用清洗剂。其突出特点:

- 去除金属锈斑彻底,除锈能力强。除锈后的金属表面形成磷化钝化保护膜,不易生锈。
- 对钢材不产生氢脆,无过腐蚀现象。
- 可用浸泡、涂刷、喷等方式除锈,操作简便。
- 废液易处理,可连续使用,无毒不燃,不污染环境,接触皮肤无伤害,使用安全。

◆广告 查询编号: 1948



地址:北京市西城区育新街清芷园10A-301(100054)
电话:010-83502255、83502521

http://www.bjzhuibang.com E-mail: zb-llc@sohu.com
联系人:刘立晨 手机:13801024443