

关于带式输送机滚筒轴断裂原因分析

秦文红 刘彬琪

(山西兰花机械制造有限公司)

摘要:本文对煤矿带式输送机滚筒轴断裂失效的原因进行了宏观和微观等方面的分析,结果表明:轴表面在加工时留下粗糙刀痕,成为疲劳裂纹源;轴径变化处加工过渡圆角半径较小,造成该处应力集中严重;滚筒轴未进行调质处理,降低了材料的强度和疲劳性能;滚筒轴在工作中处于不停的运转中,极易在轴肩角应力比较集中的位置发生疲劳断裂。为提高滚筒轴的质量,提出了相应的提高滚筒轴质量的改进措施。

关键词:滚筒轴;疲劳断裂;应力集中;调质处理

1 前言

某煤矿一条带式输送机的滚筒轴在运行过程中发生断裂事故(图1,图号:5B2-2,编号:2312252,外协加工),断裂发生在轴径变化处,即 $\phi 83\text{mm}$ 到 $\phi 70\text{mm}$ 的轴肩变化处,整个轴头断掉,断裂面与滚筒轴轴线垂直(见图2a、2b)。滚筒轴断裂在输送物料时存在很大的安全隐患,不仅严重影响输送机的正常运行,还可能造成安全事故。为查明该滚筒轴失效原因,以避免类似事故再次发生,对滚筒轴进行了宏观和微观等方面的分析,最终确认了滚筒轴断裂的原因,以确保设备的正常运行,为生产安全保驾护航,同时为带式输送机滚筒轴的设计与计算提供参考。

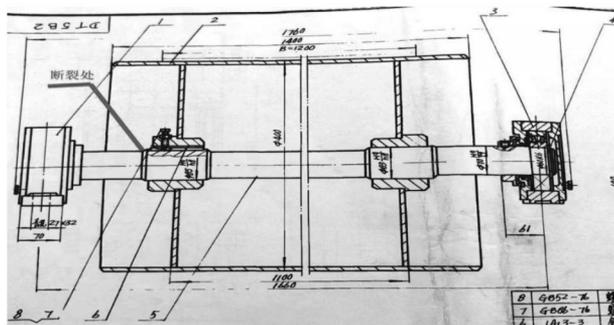
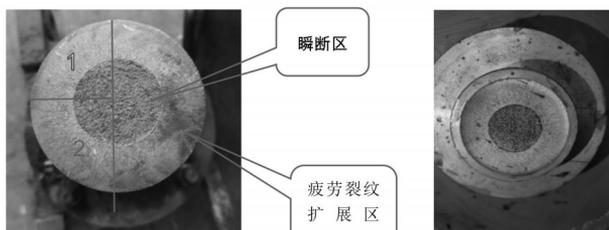


图1 滚筒装配图



(图2a)

(图2b)

图2 轴断裂截面图

2 分析与讨论

2.1 宏观分析

根据图 2a、2b 断裂的宏观形貌特征,可以看出断口平直整齐,无明显塑性变形,属于脆性断裂。由图 2a 中的放射纹扩展方向可以判断,断裂起始于滚筒轴表面台阶处,整个断口可分为明显的 2 个区域:疲劳裂纹扩展区和瞬断区,其中疲劳裂纹扩展区面积约占整个断口面积的 2/3。

断裂滚筒轴的表面形貌见图 3,可见粗糙的加

工刀痕,在实际加工中会形成一个尖锐的角落,其应力范围高于当圆角半径为 3 mm 时的应力范围的 87%,该值相差比较显著。加之台阶过渡处本身就是应力集中位置,这些因素综合作用,使滚筒轴台阶过渡处的应力集中非常严重,在滚筒轴所承受的交流载荷作用下,其表面极易萌生疲劳裂纹。

2.2 材料分析

2.2.1 化学成份

滚筒轴材料图纸要求为 45 # 钢,属于优质碳素

表 1 滚筒轴的化学成分(质量分数)%

项目	C	Si	Mn	B	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo
实测值	0.462	0.206	0.651	0.0008	0.028	0.0034	0.0065	0.052	0.0095	0.0037
标准值	0.42 ~ 0.49	0.17 ~ 0.37	0.60 ~ 0.90	0.0008 ~ 0.0035	≤0.030	≤0.030	≤0.30	≤0.30	≤0.30	≤0.10

工刀痕(图纸光洁度要求 6.3)。由于疲劳裂纹往往起源于零件表面,表面粗糙度对材料疲劳强度的影响很大,零件表面越粗糙,材料的疲劳强度则越低。

根据实测结果,滚筒轴台阶根部过渡圆角曲率半径较小,约为 0.5mm 以下(图纸要求 3mm)。根据相关文献研究表明:轴肩角圆角半径随着圆角半径的减小,应力逐渐增加,见图 4。该断裂轴的轴肩角

结构钢。在滚筒轴断裂处取样,采用光谱仪通过光谱法分析其化学成分,见表 1,滚筒轴材料各元素含量符合 GB/T 3077—2015 中 45B 钢成分的技术要求,属于合金结构钢,其性能应优于 45 # 钢。

2.2.2 金相检验

在图 1 中断裂滚筒轴取 1 号、2 号金相试样,并取 1 号试样的内侧面和 2 号试样的横截面作为金相



图 3 滚筒轴侧面加工刀痕

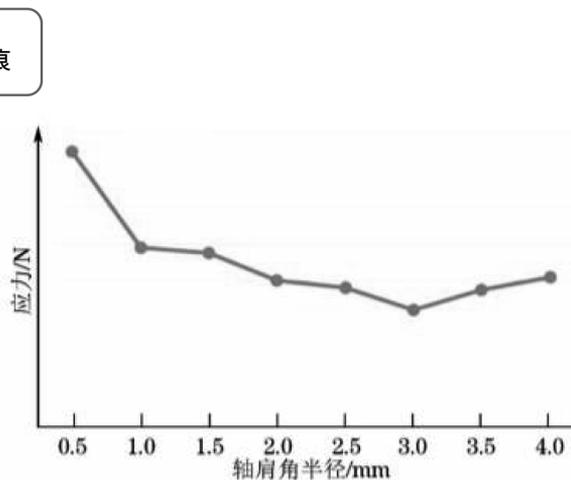
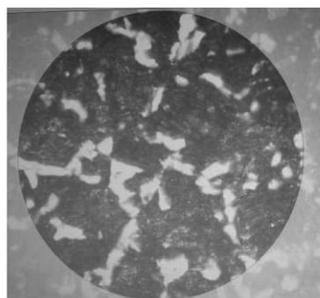
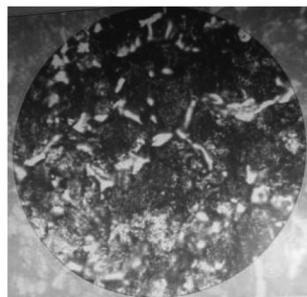


图 4 滚筒轴应力随轴肩角半径的变化曲线

磨制面。试样经磨制、抛光、4%硝酸酒精溶液(体积分数)侵蚀后在光学显微镜下观察,试样显微组织为珠光体+呈网状分布的铁素体,如图5所示,这是材料的最初组织,可见滚筒轴材料未进行调质处理,这会大大降低材料的强度和综合性能,加快滚筒轴疲劳断裂的进程。45B钢调质后要获得更高的强度、更优良的可塑性、韧性和良好的综合机械性能,就需要整体淬火时心部得到马氏体组织,高温回火后获



1号试样



2号试样

注:显微组织为珠光体+呈网状分布的铁素体(4%硝酸酒精溶液,倍数200X)

图5 金相分析图

得回火索氏体组织。

3 结 论

1)由于加工的不规范和随意性,造成过渡圆角半径小于图纸技术要求,表面粗糙度不符合图纸技术要求,加工刀痕较深,导致该处应力集中程度增大,成为疲劳裂纹形成的核心。过渡圆角半径越小,应力集中越严重,应力集中达到一定程度便会导致零件表面产生疲劳裂纹。零件表面越粗糙(相当于裂纹),应力集中越严重,材料的疲劳强度则越低。综上所述,其加工不规范和不按图纸要求加工是造成滚筒轴断裂的主要原因。

2)由金相检验结果可知,滚筒轴材料为45B钢未进行调质处理,其综合机械性能不能充分发挥,降低了材料的强度、可塑性和韧性,加快了疲劳裂纹的扩展。滚筒轴在工作中处于不停旋转运作状态,裂

纹萌生后在工作过程中的交变应力作用下不断扩展,当剩余截面强度不足以承受外部载荷作用时,滚筒轴便会发生快速断裂。

4 建 议

针对上述滚筒轴断裂的原因,为延长轴的使用寿命,建议如下:

1)滚筒轴在加工制造时应注意避免过渡圆角半径过小,同时要注重降低圆角处的表面粗糙度,减轻应力集中。

2)建议对轴进行调质处理,严格控制热处理工艺,使材料调质处理后形成均匀的回火索氏体组织,使其强度、塑性和韧性都较好,具有良好的综合机械性能,提高滚筒轴的强度和疲劳性能。

3)由于外协加工件进厂后只能对外观质量和尺寸进行检验,对于内在质量有的无法检验,轴类零件热处理后进厂时,要查验热处理厂家出厂检验报告,并确认记录内容是否符合图纸要求。这就要求选择合格供方时要慎重,要对其实际加工能力和水平进行实地考察和分析,同时对重要的零部件要内部制作,尽量不外协。

参 考 文 献:

[1]朱慧慧,罗小平.带式输送机滚筒轴断裂失效分析[J].理化检验:物理分册,53.2(2017):5.