

某产品零件加速臂酸洗氢脆裂纹问题*

陈希友

(驻一五二厂军事代表室, 重庆 401120)

摘要:对某产品关键零件加速臂批量性氢脆裂纹的原因进行了全面透彻的分析, 提出了解决措施, 验证了解决效果. 该案例表明在零件有较大内应力情况下, 表面处理若采用酸洗工艺很可能会导致零件产生氢脆裂纹.

关键词:机械零件; 酸洗; 氢脆; 裂纹

中图分类号: TG156

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2009)10-0134-02

2005年7月, 某生产厂在对某产品关键零件加速臂作磁粉探伤时, 探伤12件发现8件有裂纹. 随后对其余该零件全数探伤检查, 共探伤加速臂248件, 发现裂纹155件, 裂纹比例达62.5%.

开裂加速臂实物照片见图1, 裂纹均位于宽为 $10_0^{+0.09}$ 的槽底两侧R部位.

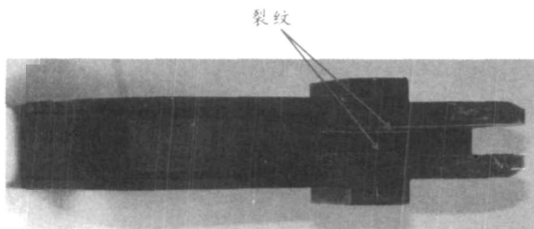


图1 加速臂裂纹宏观形貌(0.7×)

1 问题原因分析

1.1 工艺路线

该零件的工艺流程为: 锻坯—机加—热处理(淬火、回火)、校正、去应力回火、探伤—酸洗、磷化—装配—试验后探伤. 热处理后校正的尺寸为 $10_0^{+0.09}$.

1.2 理化分析

为查找原因, 生产厂对9件开裂的加速臂进行了理化分析, 结果均一致, 理化分析项目有: 材料化学成分、硬度、金相检测、断口扫描电镜特征、能谱断口微区成分分析等.

1) 材料化学成分分析

材料牌号25Cr2Ni4WA, 化学成分符合GB2720—96规定^[1](见表1), 未见非金属夹杂物.

2) 材料硬度

实测硬度HRC46.5, 符合设计要求HRC42~48.

表1 导气塞化学成分(%)实测值与国军标规定值对比表

被测元素	实测值	规定值
C	0.25	0.21~0.28
Cr	1.45	0.35~1.65
Ni	4.36	4.00~4.50
W	0.97	0.80~1.20
Si	0.31	0.17~0.37
Mn	0.32	0.25~0.55
S	0.004 6	0.025
P	0.012	0.025

3) 断口扫描电镜特征

试样经机械切割和手工敲断取得断口, 用XL30-TMP型扫描电子显微镜的二次电子图像对断口进行扫描观察. 裂纹断口区域微观形貌见图2, 裂纹断口微观形貌为沿晶加准解理, 具有明显的脆性断口特征; 手工敲开的新鲜断口微观形貌见图3, 该断口为韧窝断口, 是典型的韧性断口特征. 裂纹断口和手工敲开断口在形貌上明显不同.

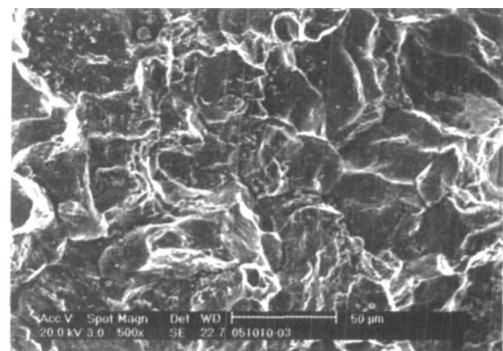


图2 裂纹断口区域微观形貌(400×)

* 收稿日期: 2009-06-28

作者简介: 陈希友(1965—), 男, 硕士, 主要从事兵器监造研究.

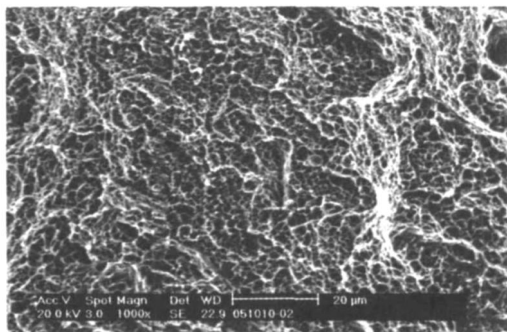


图3 敲断断口微观形貌(800×)

4) 金相检测分析

在裂纹部位横向取金相试样观察,裂纹呈断续沿晶扩展,裂纹深度约为1.1 mm;试样经腐蚀后观察,裂纹两侧无脱碳;基体组织组成为回火马氏体,属热处理正常组织。

5) 裂纹断口微区成分定性定量分析

采用X-射线能谱仪对裂纹部位头部进行微区成分分析,粗裂纹中有磷元素,含量达13%,细裂纹中无磷元素。

6) 理化结果综合分析

材料化学成分符合国军标要求,未见非金属夹杂物,原材料合格;金相组织和硬度符合要求,证明热处理工艺正常;裂纹深约1.1 mm,裂纹在基体金属中为沿晶走向,断口扫描电镜显微形貌也为沿晶断口,是典型的脆性断口;裂纹区有含磷量较高的覆盖层,说明裂纹发生在磷化处理之前或磷化过程中。

理化结果综合分析认为,裂纹由过高内应力和氢致滞后裂纹,即氢脆裂纹;粗裂纹在热处理之后磷化之前(包括磷化过程)产生;细裂纹在磷化处理后,经过一段时间(孕育期)后(滞后)形成。

1.3 问题复现试验

为了进一步分析开裂原因,对完成了机加的8件加速臂进行了工艺试验。结合工艺流程和理化分析,认为批量开裂可能出现的环节为:淬火开裂、校正开裂和酸洗开裂。为此,工艺试验方案如下:对1#~6#按正常工艺进行热处理、校正、去应力,放置3天后,1#~2#进行3分钟酸洗和磷化,其余3#~6#进行10分钟酸洗和10小时磷化,酸洗液浓度为:13%盐酸+未加缓蚀剂。对7#、8#按正常工艺进行热处理、校正、去应力,然后进行2分钟酸洗、正常磷化,酸洗液浓度为:11.8%盐酸+缓蚀剂。试验结果详见表2。

表2 复现试验结果表

编号	热处理		校 正				表 面 处 理					
	时间/月日	探伤	时间/月日	方式	去应力否	探伤	时间/月日	探伤	酸洗	磷化	时间/月日	探伤
1#	8.4	合格	8.5	正常校正	去	合格	8.8	合格	3分钟	正常磷化(22分钟)	8.10	有裂纹
2#				正常校正	去	合格		合格				合格
3#				正常校正	去	合格		合格				有裂纹
4#				正常校正	去	合格		合格	10分钟	10小时磷化		合格
5#				正常校正	去	合格		合格				有纹裂
6#				正常校正	去	合格		合格				有纹裂
7#	8.11	合格	8.15	正常校正	去	合格	8.16	2分钟	正常磷化(22分钟)	8.16	有纹裂	
8#				正常校正	去	合格					有纹裂	

试验结果表明:加速臂在热处理后和校正后探伤均无裂纹。酸洗后,无论酸洗时间是2分钟、3分钟或是10分钟,也无论酸洗液是否加缓蚀剂,大都出现裂纹。

1.4 氢脆机理分析

在酸洗过程中,酸洗液中盐酸分解后,有氢离子,一定条件下,氢离子成为吸附在钢铁表面的氢原子,2个吸附氢原子可以复合成氢分子而逸出。由于氢原子具有最小的原子半径,容易在钢、铜等金属中扩散,部分氢原子越过金属表面,并扩散进入金属的晶格,在应力集中处或缺陷处富集,同样复合成氢分子,并逐步增大压强,在钢铁结构内部造成裂缝,降低其强度,甚至破裂,这就是钢铁的“氢脆”。

材料强度越大,其氢脆敏感性也越大。国家军标GB480A-95《金属镀覆和化学覆盖工艺质量控制要求》规定^[2]：“抗拉强度在1300 MPa以上的高强度钢零件和弹性零件、冷作硬化状态下的薄壁零件(壁厚1 mm),严禁酸洗和阴极除油”。

1.5 原因综合分析

根据上述理化分析、问题复现试验、氢脆机理分析,结

合该零件生产工艺流程,加速臂裂纹的原因是零件经热处理和外力校正后,在零件R部位产生较大应力集中,虽然采取了回火去应力工艺,但仍存在一定残余应力,零件再经酸洗,造成氢脆裂纹。

2 解决措施及验证效果

在加速臂的生产工艺中,酸洗目的是除去零件表面污渍,现将酸洗去污工序改为喷砂去污工序,消除了零件在经热处理和外力校正后存在较大内应力的情况下产生氢脆的可能性。

截止2008年底,按喷砂去污工序生产了千余件加速臂均未出现裂纹,证明原因查明、措施有效。

参考文献:

- [1] GB2720-96,轻武器用结构钢钢棒规范[S].
- [2] GB480A-95,金属镀覆和化学覆盖工艺质量控制要求[S].