

40Cr 压下螺杆破断分析

The Failure Analysis of 40Cr Pressing Bolt

黄福祥 (重庆仪表材料研究所)

Huang Fuxiang (Chongqing Instrument Materials Research Institute)

[摘要] 采用光学金相 和电子探针分析仪对40Cr 压下螺杆的性断裂进行了分析,并探讨了断口的形成机理。结果表明:螺杆端头局部淬火形成的粗大针状马氏体组织具有很大的脆性,使其在开始使用时就发生了沿晶断裂及解理断裂。

关键词 40Cr 失效分析 针状马氏体

[Abstract] The reason of brittle fracture of 40Cr pressing bolt has been analyzed by EP-MA and optical metalloscope. The failure mechanism has been also discussed. The result shown that the end of bolt had been quenched to form coarse needle martensite with high hardness and brittleness, resulted in brittle fracture of the bolt with intergranular and cleavage cracking.

Keywords 40Cr failure analysis needle martensite

1 前言

冷轧四辊轧机在使用过程中压下螺杆端头发生了破断。该螺杆系外购件,由40Cr 钢制造,安装使用仅一个星期,属于早期断裂。现场调查表明,除螺杆端头发生破断及与其对接的铜衬被擦伤外,轧机其它部件完好。为查明事故发生原因,对其做了断裂失效分析。

2 试验方法

首先对断裂现场进行调查,并对断口进行宏观分析及螺杆端头受力分析。根据宏观分析结果,在断口及相邻螺杆上切取样品。用 Olympus-PME3 光学显微镜检查非金属夹杂物及显微组织;用 JCSA-733 型电子探针显微分析仪进行微观断口分析;用 HV-3 显微硬度仪测定 HV;对材质也进行了化学成分分析。

3 试验结果

3.1 化学成分分析

压下螺杆的化学成分见表1,与 GB3077- 82 《合金结构钢技术条件》标准所规定的化学成分相比,符合要求。

3.2 宏观断口分析

压下螺杆端头断裂件宏观形貌见图1。由图1可见,断口没有宏观塑性变形,呈脆性状态,断口形貌可分为

三个区,1区较平坦,有细小的人字纹由右指向左,即裂纹由左向右进行扩展;2区为放射状条纹区,所占面积较大,是裂纹快速发展区;3区为最终断裂区,断口较粗糙。在强光照射下,1区呈灰白色结晶状断口,2区也呈灰白色,且有明显的小反射面存在,3区有强烈反光的小刻面存在。断口自压下螺杆端面起裂,距压下螺杆柱面约12mm。

表1 螺杆化学成分

Table 1 Chemical composition of pressing bolt

元素	C	Mn	Si	S	P	Cr
GB3077-82	0.37 ~0.44	0.50 ~0.80	0.17 ~0.37	0.030	0.030	0.80 ~1.10
压下螺杆	0.42	0.61	0.29	0.027	0.021	0.95

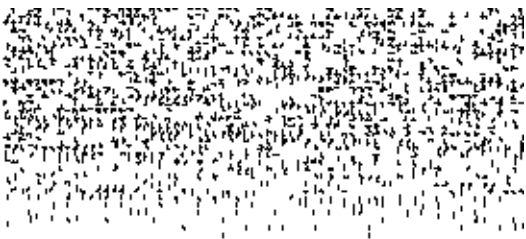


图1 断裂碎块宏观形貌 1×

Fig. 1 Macrograph of the breaking pieces

3.3 光学金相检验

经观察, 螺杆端头显微组织中有复合氧化物夹杂及硫化物夹杂(见图2), 在 3cm^2 的金相磨面上便发现三处。根据GB10561-89对样品进行评定, 夹杂物级别为3级, 不符合要求。

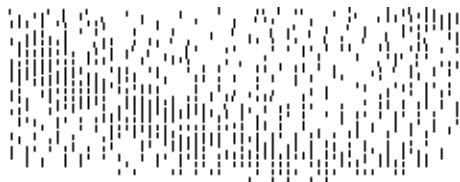


图2 非金属夹杂物 250×

Fig. 2 Photograph of nonmetallic inclusions

对压下螺杆端头及相邻部位金相组织检查表明, 两部位的显微组织大不一样(见图3和图4), 端头的金相

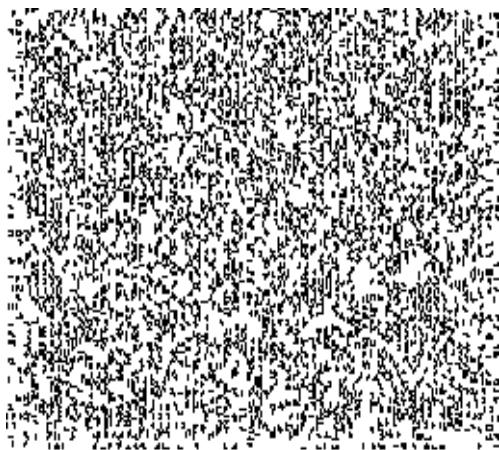


图3 螺杆端头金相组织 500×

Fig. 3 Metallograph of the end of bolt



图5 断口二次电子形貌像

(a) 沿晶断口 (b) 二次裂纹 (c) 裂源 (d) 解理断口

Fig. 5 Secondary electron images of the fractures

(a) intergranular fracture (b) secondary crack (c) cracking source (d) cleavage fracture

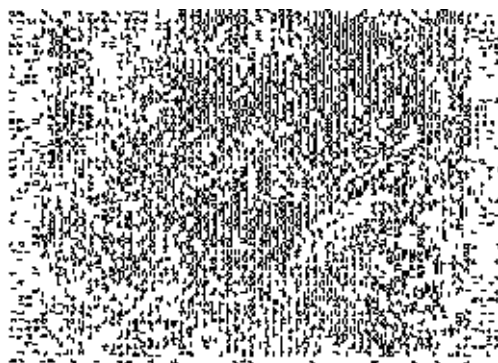


图4 螺杆杆身金相组织 250×

Fig. 4 Metallograph of the bolt body

组织为淬火针状马氏体, 而相邻螺杆杆身的组织为铁素体和珠光体组织, 表明压下螺杆端头部进行过局部淬火, 而螺杆主体部分为正火组织。

3. 4 显微硬度

显微硬度(HV)测定结果为: 端头 653kg/mm^2 , 杆身 259kg/mm^2 。表明, 螺杆端头的硬度值比螺杆杆身高得多。

3. 5 显微分析

经观察, 图1中1区和2区均为沿晶断裂(图5a), 断口面平滑, 没有塑性变形, 呈现出不同程度的晶粒多面体外形花样, 并有二次裂纹存在(图5b), 为沿晶脆性断裂。图5c为断裂源的形貌, 且有很长的硫化锰夹杂物存在。图1中3区的微观形态呈河流花样, 为解理断裂(图5d)。

(下转封三)

欢迎订阅1998年 《材料工程》

《材料工程》(月刊)创刊于1956年,是经国家科委和国家新闻出版署批准出版的中央级出版物,是综合性应用性材料科学与技术刊物,国内外公开发行,由航空工业总公司主管,北京航空材料研究院主办,材料工程杂志社编辑出版。《材料工程》坚持为航空工业服务,坚持为国民经济建设服务,主要报道我国材料工程的成就和材料科学技术的进展,内容丰富,信息量大。除大量刊登学术技术论文、研究报告、综述和专论外,还刊登新材料、新工艺、新产品、新设备以及技术改造、技术革新、生产经验、经贸活动、国外科技以及会议信息等。

《材料工程》是全国航空技术核心期刊,全国材料技术核心期刊,全国科技论文统计用期刊。《材料工程》多次在全国、国防科工委以及航空工业总公司优秀期刊评比中获奖。《材料工程》是美国重要检索刊物《工程索引》等的收录期刊,所发表的不少科技论文被这些刊物收录。

《材料工程》适用于航空航天、冶金、石油化工、机械电子、建筑材料、轻工、汽车、造船、民用航空、空军、海军等部门,以及各外贸公司、研究院所、大专院校、国营企业等单位的领导干部、经营管理人员、技术管理人员、工程技术人员、科研人员、教学人员等。

《材料工程》为月刊,全年出版12期,国际大16开本,激光照排,彩色印刷。每期定价为4元,全年共计48元。《材料工程》1998年征订工作现已开始,欢迎各界读者从速订阅,未收到订单的读者可来函索取,也可直接汇款到编辑部。

* * * * *

(上接第48页)

4 分析与讨论

综合以上分析可以看出,40Cr 压下螺杆化学成分正常,但非金属夹杂物颗粒较大,级别较高,使群集硫化锰夹杂物在螺杆工作状态下成为开裂源;另一方面,是热处理工艺不当,淬火时端头形成了脆性的粗大针状马氏体,其硬度高达 HV653,而螺杆正常组织的硬度只有 HV259。在淬火过程中,粗大的针状马氏体长大到原奥氏体晶界时,会产生高应力,从而导致晶界裂纹^[1],起到解理裂纹核心的作用,因此,在断口上,不管是在扩展速度较慢的1区,还是在扩展速度较快的2区,裂纹都沿着晶界扩展。断口显微组织中,1区、2区均为针状马氏体组织,裂纹扩展到正火组织的3区时,裂纹沿着解理面进行,形成解理断裂。这就是螺杆工作时发生失效的原因。

5 结论

(1) 钢中的非金属夹杂物不合格,并成为断裂的裂源。

(2) 压下螺杆端头形成了脆性的针状马氏体组织是螺杆破断的主要原因。

6 建议

(1) 螺杆端头进行局部淬火后应进行合理的回火工艺,以去除应力并适当提高材料的韧性。

(2) 应严格控制钢材的冶金缺陷,使非金属夹杂物符合要求。

(3) 螺杆端头与铜衬的接触面,应加工成弧度一致,以使其真正按照面接触方式传力,在正常条件下工作。

参考文献

- 1 G. 亨利, D. 豪斯特曼. 宏观断口学及显微断口学. 机械工业出版社, 1990, 70
- 2 上海交通大学金属断口分析编写组. 金属断口分析. 国防工业出版社, 1979
- 3 李炯浑等编著. 钢铁材料金相图谱. 上海科学技术出版社, 1981