

● 失效分析 ●

12Cr2Mo1 钢直角弯头裂纹原因分析

肖凯¹, 胡传顺¹, 刘丽芳¹, 张娟娟², 唐向东²

(1. 辽宁石油化工大学机械工程学院, 辽宁抚顺 113001; 2. 抚顺机械设备有限公司, 辽宁抚顺 113001)

摘要:某厂加工的 12Cr2Mo1 钢直角弯头表面出现裂纹缺陷并有向内部扩展趋势。本文通过对失效弯头样品的宏观检查、无损检测、夹杂物分析、晶粒度评级、金相检验等试验方法, 得出裂纹产生的原因是: 弯头材料在加工过程中有过热现象, 导致晶粒粗大、晶界弱化, 在加工应力作用下致使其沿晶断裂。

关键词: 12Cr2Mo1; 弯头; 裂纹; 沿晶断裂; 过热

中图分类号: TG111.91

文献标识码: B

文章编号: 1001-3814(2008)13-0110-03

Reason Analysis on Surface Crack in Right-angled Elbow of 12Cr2Mo1 Steel

XIAO Kai¹, HU Chuanshun¹, LIU Lifang¹, ZHANG Juanjuan², TANG Xiangdong²

(1. School of Mechanical Engineering, Liaoning ShiHua University, Fushun 113001, China; 2. Fushun Mechanical Equipment Manufacturer Co., Ltd, Fushun 113001, China)

Abstract: A right-angled elbow of 12Cr2Mo1 steel processed by certain plant has surface crack defect with propagation tendency to the inner. The reason of crack initiation was analyzed by some experimental methods such as macroscopic observation, nondestructive detection, inclusion analysis, grain size rating test and metallographic examination to the failure elbow. The results show that the elbow material has superheat phenomenon during working, and this phenomenon makes the grain growth, grain boundary weak, so it can conduce to material intercrystalline cracking under processing stress.

Key words: 12Cr2Mo1; elbow; crack; intercrystalline cracking; superheat

12Cr2Mo1 与美国的 A335P22、原西德的 10CrMo910 同属 2.25Cr-1Mo 类钢种^[1-2]。它属于低合金珠光体耐热钢, 在高温下具有良好的耐蠕变性能, 特别是它具有良好的抗氢性能, 所以被广泛用于加氢反应器的制造^[3-5]。因为加氢反应器一般是高压容器, 所以作为其一部分的弯头通常采用锻件进行加工。无缝弯头的制作是靠弯模使无缝管坯弯曲和挤压成形, 根据管坯是否加热又可分为冷弯成形和热弯成形两种^[6]。本文所涉及的弯头属于热弯成型, 在其加工成型后, 材料表面有裂纹出现, 有裂纹的弯头不能作为加氢反应器连接用件。本文对其裂纹产生的原因进行了分析。

为 $\phi 219\text{mm} \times 22\text{mm}$, 如图 1 所示。制造它的原材料为 12Cr2Mo1 钢锻件, 锻件的化学成分见表 1, 其力学性能见表 2。



图 1 失效弯头的宏观图片

Fig.1 The failure elbow

表 1 锻件的化学成分(质量分数,%)

Tab.1 The chemical composition of forging (wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
冶炼成分	0.12	0.02	0.37	0.008	0.008	2.20	0.20	0.92	0.11
成品成分	0.12	0.02	0.38	0.008	0.008	2.21	0.20	0.93	0.11

表 2 锻件的力学性能

Tab.2 The mechanical properties of forging

	σ_b / MPa	σ_s / MPa	δ (%)	A_k (20 °C)
标准值	510~680	≥ 310	≥ 18	≥ 41
实际值	586	452	26	123, 128, 119, 平均 123.3

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

试验用材为某厂生产的不合格弯头, 其规格

收稿日期: 2008-01-11

作者简介: 肖凯(1984-), 男, 辽宁沈阳人, 在读硕士研究生, 主要从事金属材料加工及无损检测研究; 电话: 13942351437;

E-mail: luyi-kesita@163.com

弯头的成型生产工艺如下：加热→热压成型→热处理→检测。

(1)加热：将弯头毛坯放在加热炉内加热，加热温度 1000℃。

(2)热压成型：将加热后的毛坯置于专用模具内，在压力机上热压成型。

(3)热处理：将热压成型后的弯管放在热处理炉内，正火温度 1050℃保温 15 min；回火温度 760℃保温 60 min，随炉冷却。

(4)检测：将成型后的弯管放在平台上检测弯管的角度、平面度、波浪度、表面有无裂纹等。

1.2 试验方法

(1)无损检测：首先用宏观检查和渗透检测的方法对弯头表面进行缺陷分析。

(2)取样：随机选取弯头端部两处较大裂纹处，制备成试样，以做显微组织分析、夹杂物分析和晶粒度评级。

(3)金相检验：将试样经研磨、抛光后用 4%的硝酸酒精溶液腐蚀，在金相显微镜下观察裂纹附近及远裂纹处的显微组织，并拍摄照片。

(4)夹杂物分析：在金相显微镜下观察试样内夹杂物含量。

(5)晶粒度评级：将试样在苦味酸加洗涤剂的

饱和水溶液中恒温 60℃下腐蚀足够时间后在金相显微镜下对其晶粒度进行评级。

2 试验结果

2.1 无损检测结果

宏观检查发现其表面有少许较明显的裂纹；通过渗透检测的方法观察其表面存在大量裂纹，裂纹最密集处为 0.4444 个/cm²。裂纹特点是主要集中在弯头的拉伸面、弯曲面的一端，裂纹方向非常不规则，有横向、纵向并有和拉伸面切线方向大致呈 45°角的裂纹，直板尺测量得出表面裂纹长度最长可达 5~7 mm，在解剖弯头后发现其内部也存在裂纹。

2.2 金相检验

截取弯头端部(见图 2)对其横向进行金相检验，结果如图 3、4 所示。

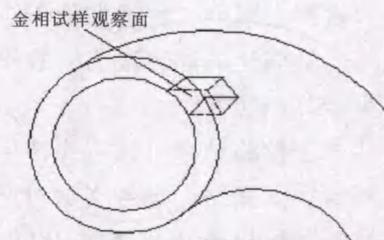


图 2 截取试样的部位
Fig.2 Sampling position

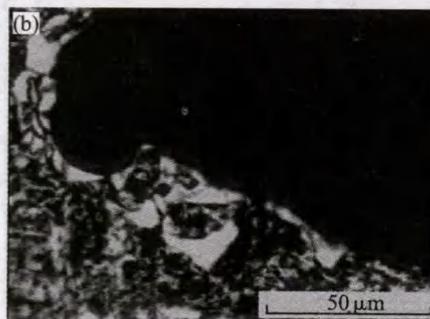
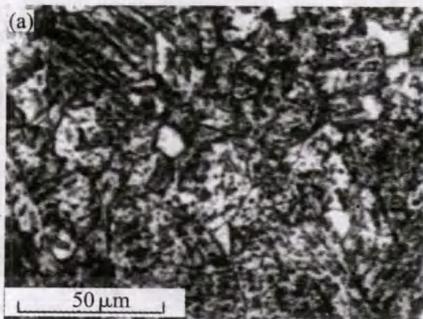


图 3 试样 1 远离裂纹处(a)和裂纹旁边(b)的显微组织
Fig.3 The microstructure of the site far away from crack(a) and the site near crack(b) in sample 1

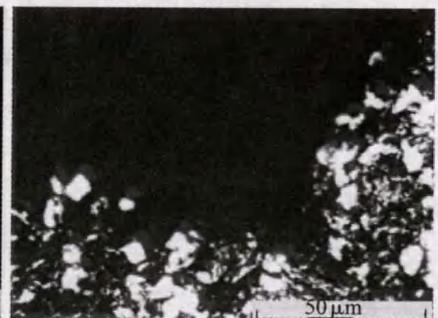


图 4 试样 2 裂纹旁边的显微组织
Fig.4 The microstructure of the site near crack in sample 2

2.3 夹杂物分析

通过金相显微镜下观察分析(图 5)，其夹杂物含量均在允许范围内，夹杂物含量如下：

A 类(硫化物)0 级；B 类(氧化物)0.5~1 级；C 类(硅酸盐)0 级。

2.4 晶粒度评级

通过试验获得的图片(见图 6)评定其晶粒度等级为 8.5~8 级，同样是在规定的范围内，符合要求。

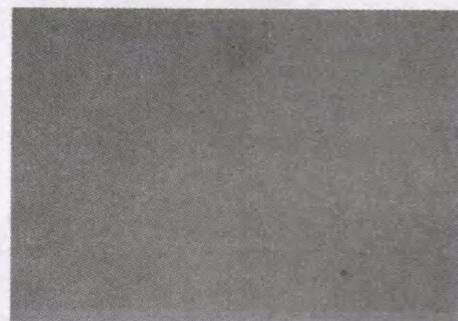


图 5 夹杂物分析
Fig.5 Inclusion analysis

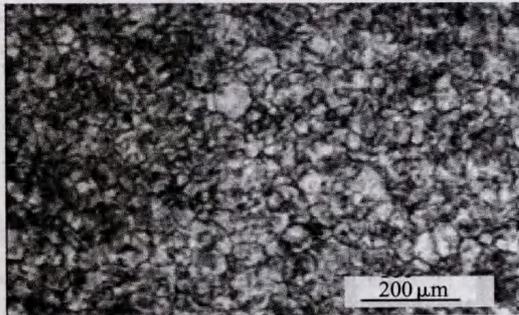


图6 晶粒度评级
Fig.6 Grain size

3 讨论

沿晶断裂也称晶间断裂,裂纹沿着晶界扩展^[7]。一般形成沿晶断裂的原因有如下几种:如果热加工工艺不当,造成杂质元素在晶界富集或沿晶界析出脆性第二相、或因温度过高使晶界弱化、或因环境介质沿晶界浸入金属基体等因素出现时,晶界的键合力被严重削弱,往往在低于正常断裂应力的情况下,被弱化的晶界成为断裂扩展的优先通道而发生沿晶断裂^[8]。

由上述金相检验结果可知弯头产生的裂纹类型属沿晶断裂,下面结合参考文献对产生这种缺陷的原因进行具体讨论。因为弯头化学成分正常,又由夹杂物分析可知弯头中不存在夹杂物含量超标现象,故可排除其是因为杂质元素在晶界富集或沿晶界析出脆性第二相。由于弯头是在加工成型后没有使用而产生的裂纹,因为没有投入使用,所以并未与任何可能导致沿晶断裂的介质接触,故不可能是由于环境介质沿晶界浸入金属基体等因素而诱发的裂纹。那么只有一种可能就是弯头在加工过程中材料有过热现象。

过热是指加热温度超过该材料的始锻温度,或在高温下保温过久,金属材料内部的晶粒会变得粗大。加工弯头前的锻件是经过加热锻造出来的,此外锻件成型后还要经过正火(920℃,保温4

小时)加回火(720℃,保温6h)处理,弯头成型后又要加热至1000℃。在这几个阶段弯头材料都要经受高温的考验,容易产生过热现象,导致材料晶粒粗大、晶界弱化。在热压成型过程中,材料要承受很大的应力作用,此时弱化的晶界极易成为裂纹萌生和扩展的路径。虽然经过晶粒度评级,认定其晶粒度为8.5~8级,符合要求,这点似乎与金相图片显示弯头为沿晶断裂是因为过热相矛盾,因为过热会导致材料晶粒粗大。但是弯头在成型后又经历了一次改善其组织的正火加回火处理,这种处理可以细化晶粒,这就可以解释为什么材料晶粒度正常而又是因为过热而产生沿晶断裂。综上所述,得出裂纹产生原因如下:弯头材料在加工过程中有过热现象,导致晶粒粗大、晶界弱化,在加工应力作用下致使其沿晶断裂。

4 结论

弯头材料在加工过程中有过热现象,导致晶粒粗大、晶界弱化,在加工应力作用下致使其沿晶断裂。

参考文献:

- [1] 付美萍. A335P22 主蒸汽管道焊接工艺研究[J]. 云南电力技术, 2001, 29(1): 31-33.
- [2] 马海峰, 冯伯仁, 董文富, 等. 10CrMo910 耐热钢焊接工艺[J]. 焊接与切割, 2002, (6): 8-10.
- [3] 傅华, 杨阳, 赵嘉渝, 等. 大型低合金耐热钢 12Cr2Mo1 压力容器 123-CA 的制造[J]. 川化, 2006, (4): 28-31.
- [4] 叶菁. 2.25Cr1Mo 和 2.25Cr1MoV 钢高温疲劳裂纹扩展规律研究[J]. 化工装备技术, 2006, 27(1): 49-53.
- [5] 李贵军. 特种压力容器用钢 2.25Cr1Mo 的中温低周疲劳行为及寿命评估技术的研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2004.
- [6] 孙英达, 徐文琴. 感应加热芯棒导向推挤加工弯头工艺[J]. 现代制造工程, 2003, (9): 82-83.
- [7] 崔忠圻. 金属学与热处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [8] 钟培道. 断裂失效分析[J]. 理化检验-物理分册, 2005, 41(7): 375-378. □

欢迎赐稿

欢迎订阅

欢迎刊登广告