

文章编号: 1001-3482(2002)06-0049-03

空心抽油杆摩擦焊接头断裂失效分析

崔 兰, 霍立兴, 张玉凤, 荆洪阳

(天津大学 材料科学与工程学院分析中心, 天津 300072)

摘要: 文章对断裂失效构件 20CrMo + 35CrMo 为材质的空心抽油杆摩擦焊接头进行了分析。结果表明, 该失效的摩擦焊接头, 由于在焊接中采用了弱工艺规范致使热影响区宽度过宽, 尤其在 20CrMo 一侧的焊接热影响区中存在较宽的正火软化区, 从而降低了接头强度, 成为构件的薄弱环节, 是该抽油杆断裂失效的主要原因。

关键词: 空心抽油杆; 断裂失效; 摩擦焊接头

中图分类号: TE933.204 **文献标识码:** A

Failure analysis of friction welded joint of hollow sucker rod

CUI Lan, HUO Li-xing, ZHANG Yu-feng, JING Hong-yang

(The Analysis Center of Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: The failed hollow sucker rod friction welded joint with constructional steel 20CrMo + 35CrMo has been analysed in this paper. The results show that friction welding in a tender specification led to a wider heat affected zone (HAZ), especially a wider soft HAZ, therefore the strength of the friction welded joint is liable to lower and should be responsible for early fracture failure in use.

Key words: hollow sucker rod; fracture failure; friction welded joint

空心抽油杆是用于开采稠油、高凝油和含蜡抽

油井的特种抽油杆, 在我国有广泛应用^[1~2]。空心

3 结论

1) 不同于断裂试验, 由于疲劳试验的最大载荷低, 相应地离面应力约束也低, 无法产生分层裂纹。因此, 该材料的疲劳裂纹扩展的厚度效应十分显著, 厚度从 2 mm 增加到 4 mm 时, 疲劳裂纹速率提高 10 倍以上。该材料的疲劳裂纹扩展厚度敏感区约在 4 mm 以内, 厚度 > 4 mm 时, 疲劳裂纹速率不随厚度变化。

2) 利用穿透裂纹的 $da/dN - \Delta K$ 曲线预测表面裂纹扩展, 即用 2 mm 厚试样的数据控制裂纹表面长度的扩展, 用 14 mm 厚试样的数据控制裂纹底部沿厚度方向的扩展, 得到了与表面裂纹扩展试验吻合的预测结果。

3) 当仅用单独厚度的试样获取材料的疲劳裂纹扩展基准曲线时, 厚度必须大于 4 mm。用这样的试验数据进行疲劳寿命预测是安全的。

参考文献:

- [1] GB6398-86, 金属材料疲劳裂纹扩展速率试验方法[S].
- [2] J C Newman, Jr. A crack - closure model for predicting fatigue crack growth under Aircraft spectrum loading [A]. Methods and Models for predicting fatigue crack growth under random loading[C]. ASTM STP 748, 1981:53-84.
- [3] W Guo. Fatigue crack closure under triaxial stress constraint - I Experimental Investigation [J]. Engng. Fract. Mech. 1994, 49(2): 265-275.
- [4] W Guo. Fatigue crack closure under triaxial stress constraint: Part II. Analytical model [J]. Engng Fracture Mech. 1994, 49(2):277-285.

收稿日期:2002-06-27

作者简介: 崔 兰(1962-), 女, 河北海兴人, 博士, 副教授, 1997 年在天津大学获焊接专业博士学位, 现从事材料透射电子显微分析研究及教学工作, 近年来发表论文 10 余篇。

抽油杆带螺纹的杆头和杆体联接常采用摩擦焊工艺方法,摩擦焊工艺不仅在国外生产空心抽油杆中占很大比例,而且在国内也得到广泛应用^[3]。采用摩擦焊工艺将两端杆头焊在杆体上,摩擦焊工艺质量直接影响着接头的强韧性能和空心抽油杆的使用寿命。由于在生产中存在工艺稳定性差和经验不足的问题,不能很好地保证空心抽油杆摩擦焊接头的质量,以致使用中在接头处断裂事故时有发生,造成极大的经济损失。文章对使用中早期断裂的空心抽油杆进行了失效分析,为进一步提高空心抽油杆的质量,提出了理论依据。

1 断裂空心抽油杆的使用情况

供测试杆在短期服役中于摩擦焊接头处断裂(如图1),由于断口严重锈蚀破坏难于进行微观断口分析,只能采用金相法分析。

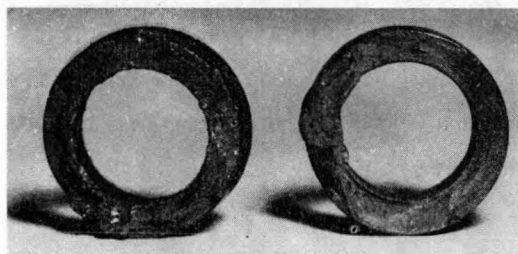


图1 摩擦焊接头断口

供试杆的材质,杆头为 35CrMo,杆体为 20CrMo,生产工艺为焊前感应加热调质热处理—车端面—摩擦焊—焊后中频感应加热接头处局部回火热处理—机加工去掉接头处内外飞边—喷丸表面强化。

宏观可见,断口位于 20CrMo 杆体一侧的焊接影响区,对 20CrMo 杆体材料进行化学成分分析,结果如表 1,20CrMo 杆体材质符合国标要求。

表 1 20CrMo 杆体化学成分

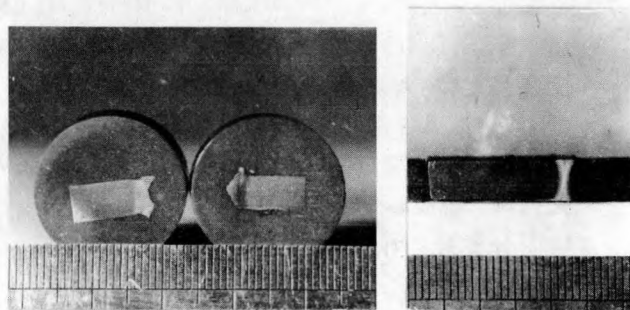
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0.220	0.240	0.490	0.011	0.004	0.870	0.190

2 金相分析

在垂直断口的不同部位切取了金相试样,经金相检测,摩擦焊接头及母材均未见异常夹杂物。图 2 是焊接接头焊区形状的宏观照片。

从接头的宏观观测可见,断裂杆接头的焊接热影响区宽度比图 2b 的良好焊接接头热影响区宽度大得多,可达 4 mm 以上。热影响区的宽度是由摩擦焊工艺参数决定,当摩擦时间长,摩擦压力和顶锻压

力小,会使热影响区宽度增大。摩擦焊接时距焊缝不同的区域所经历的热循环过程不同,导致热影响区内各个区域的组织转变和性能不同。通过金相观测分析表明,断裂的摩擦焊接头 20CrMo 侧的热影响区组织可分为 4 个区域,依次为部分淬火区、正火区、不完全正火区和母材区(如图 3a~d,图 4a~b)。



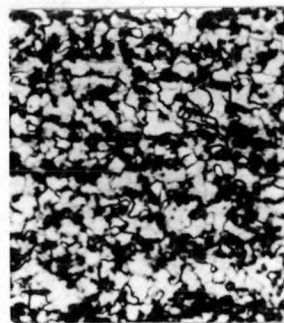
a 断裂杆接头焊接热影响区形状及断裂位置

b 良好焊接接头热影响区形状

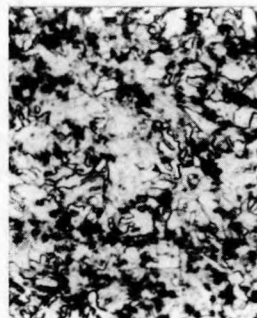
图 2 焊接接头热影响区形状



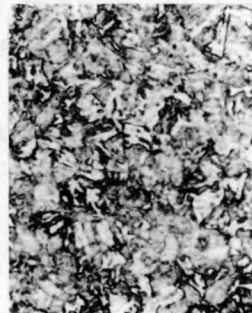
a 淬火区 B_H



b 正火区 F+P



c 不完全正火区



d 母材区 M_H

图 3 20CrMo 一侧各区金相显微组织形貌 $\times 500$

a) 部分淬火区 此区距焊缝最近,温度最高,温度梯度大,所以此区焊后冷却速度较快。在 35CrMo 一侧形成了 M+S 的混合组织;在 20CrMo 一侧为粒状贝氏体组织。

b) 正火区 此区温度在 A_{c3} 以上,处于完全重结晶状态。随着距焊缝距离渐远,峰值温度下降,

温度梯度渐缓,焊后冷却速度减慢,冷却后该区组织为 F+P,相当于正火处理的组织。由于该试件的摩擦焊接工艺中压力较小,摩擦时间较长,使该区的宽度在 1 mm 以上。

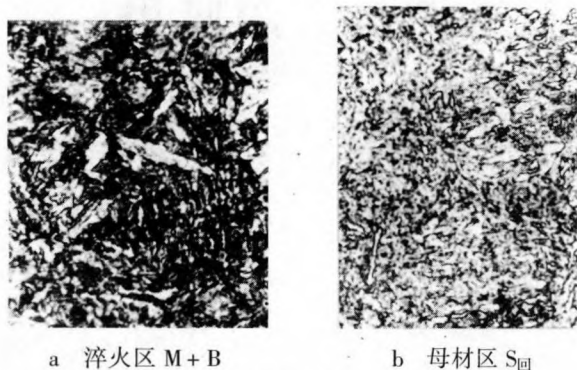


图 4 35CrMo 一侧的显微组织图 $\times 500$

c) 不完全正火区 此区温度处于 $Ac_1 \sim Ac_3$ 范围,只有部分组织发生了相变重结晶,焊后冷却时形成 F+S,一部分是未发生奥氏体转变的母材组织。

20CrMo 一侧母材组织为 M,35CrMo 一侧为 S。

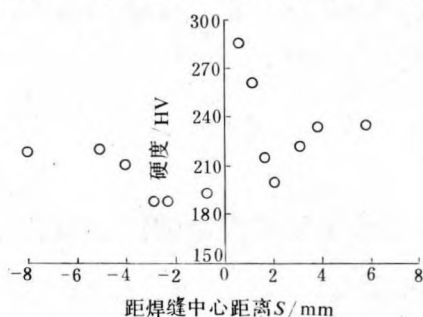


图 5 摩擦焊接头硬度分布曲线

图 5 为该断裂杆接头硬度分布图,可见,20CrMo 一侧部分淬火区的硬度低于 35CrMo 一侧的硬度,35CrMo 部分淬火区内 M+B 混合组织使该区硬度显著升高,焊缝两侧硬度低谷对应着正火区 and 不完全正火区,尤其在 20CrMo 一侧,其热影响软化区较宽,使强度降低,成为构件中的薄弱环节,是该空心抽油杆断裂失效的主要原因。在摩擦焊中^[4~5],以强工艺规范焊接即摩擦压力大,摩擦时间短,使摩擦表面及其近区温度上升速度加快,受热影响范围较窄,当以较高的压力顶锻加压时,使高温塑变层承受的变形程度增加。在弱工艺规范下,摩擦压力低,摩擦时间长,受热影响范围加宽,高温塑变层厚度增加,相比较而言顶锻加压时压力也较小,使高温塑变层金属的变形程度降低。从微观上看,前者晶粒细小,热影响区宽度变窄,没有明显的热影响软化区,而且采用强规范焊接才能使近缝区获得细小、等轴状的奥氏体晶粒形态,是提高接头强韧性能的保证。

3 结论

- 1) 该断裂杆的化学成分和原始组织夹杂无异常。
- 2) 该断裂杆断于摩擦焊接头 20CrMo 一侧热影响区之中,该接头热影响软化区过宽,是焊接弱规范所致,是使接头强度降低并发生使用中早期断裂的主要原因。

参考文献:

- [1] 邓中先. 稠油热采试井研究及软件开发[J]. 特种油气藏, 1997, (1): 33-36.
- [2] 刘尚奇. 稠油油藏水平井热采应用研究[J]. 石油勘探与开发, 1996, 23(2): 65-69.
- [3] 申 劲. 空心抽油杆技术水平评价[J]. 石油机械, 1994, 22(6): 53-58.
- [4] 崔 兰. 变形速对摩擦焊接头组织及性能影响的研究[J]. 焊接学报, 1999, (1): 27-29.
- [5] 崔 兰. 摩擦焊接头热影响区晶粒特征的研究[J]. 材料工程, 1998, (8): 24-27.

南阳石油机械厂 3 000 m 车装钻机 跻身国家重点新产品行列

本刊讯 近日,河南南阳石油机械厂研制开发的 3 000 m 车装钻机,获得了国家经贸委颁发的 2002 年度“国家重点新产品证书”。

该厂 2000 年底研制开发的这种型号为 ZJ30/1700CZ 型的车装钻机,是国内目前最大吨位的自走式钻井装备。它的额定钻深为 3 000 m,大修井深 6 300 m,最大钩载 1 800 kN,适合于浅、中油气井的钻井作业和中、深油气井的大修作业。在开发 3 000 m 车装钻机过程中,这个厂着力提高其技术含量,优化产品性能,先后采用了 10 余项新技术,其中 4 项技术获得了国家专利。最近,3 000 m 车装钻机的整机最近申报了国家专利。

这种钻机以其优良的性能,深受用户青睐,投放市场 2 年来,已先后为工厂带来近 30 台的订单,合同产值近 2 亿元。

据悉,最近 3 年,该厂的滩涂修井机、ZJ20K 型橇装钻机、HXJ225 型海洋修井机等产品也先后被列入“国家重点新产品”。

最近,南阳石油机械厂的 3 000 m 车装钻机项目通过了“中国机械工业科学技术奖”一等奖评审答辩。据悉,“中国机械工业科学技术奖”是由中国机械工业联合会和中国机械工程学会共同设立的,它是目前唯一由国家批准为机械行业设立的奖项。今年该奖项的颁奖仪式将在北京人民大会堂举行。

(郭长勇)