

42CrMo 延长杆锻后心部裂纹研究

天津赛瑞机器设备有限公司 (300301) 胡志光 刘 剑 王健伟

42CrMo 延长杆是生产钢管所必须的连接工具,起着重要作用。本文对产生裂纹的延长杆进行解剖研究,分析其在原材料、冶炼、锻造及热处理等环节可能造成的缺陷并提出解决办法。

1. 概述

42CrMo 钢调质处理后具有较高疲劳极限,良好的冲击韧度及抗多次冲击能力,被广泛应用于制作轴、齿轮、连杆及塑料模具。42CrMo 钢是以 Cr、Mo 元素为主的典型调质钢,具有良好的淬透性,其淬火冷却介质通常选油,也有用水或有机聚合物作为淬火冷却介质的,但有时油淬和水淬都无法达到理想结果。本文所述延长杆采用连铸坯进行锻压成形,调质处理后发现存在通长穿晶裂纹,裂纹两端接近表面,且存在横向环形裂纹,我们对此延长杆进行取样,分析其产生原因。

2. 锻后检测

在锻造过程中,延长杆采用的坯料为连铸坯,原始直径 750mm,始锻温度 1150℃,终锻温度 850℃,经锻造成形后直径 325mm。锻造修磨后对这批延长杆进行超声波检测,探伤仪为德国声纳 380M,国产单晶纵波直探头,频率 2.5MHz,检测标准执行 GB/T 6402—1991 II 级,经检测未发现超标缺陷,只有个别点状缺陷存在。

3. 热处理后出现的问题

锻后进行调质处理,淬火温度 850℃,回火温度 560℃,淬火后空冷 9h 回火,出炉后进行超声波检测,发现有两支延长杆通长全部开裂,其中一支延长杆存在肉眼可见的环形裂纹,裂纹从心部延伸至近表面,对其余延长杆进行超声波检测,发现中心通长存在断续裂纹缺陷。

图 1~图 4 为在延长杆中间一处每隔 90°取一点所得检测的波形,图 5 为环形裂纹形貌,图 6、图 7

为用横波斜探头对环形裂纹部位检测波形,检测显示深度达 147mm,位于延长杆中心部位,对此延长杆进行锯切发现存在穿晶裂纹,且裂纹两端贴近延长杆表面,如图 8 所示。

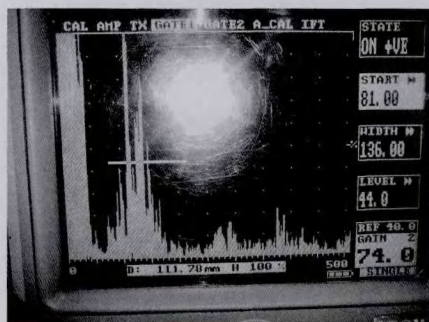


图 1

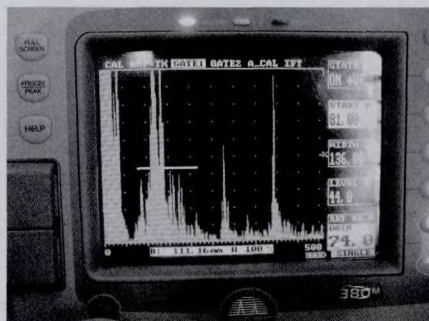


图 2

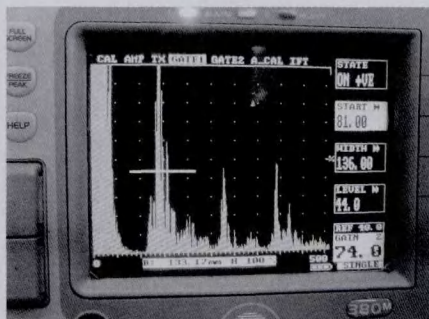


图 3

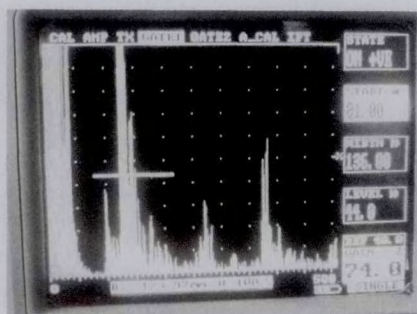


图 4



图 5

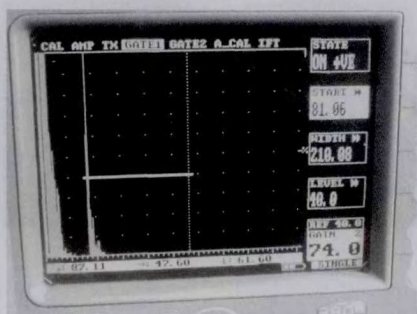


图 6

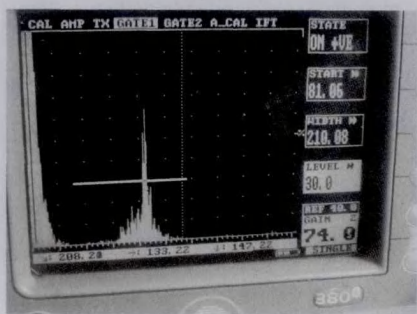


图 7



图 8

4. 化学成分及金相试验

(1) 宏观观察与取样 延长杆横截面心部开裂，裂纹沿径向分布，几乎贯穿锻坯整个截面，裂纹两端均延伸至距外表面约 20mm 处。心部开裂在锻坯上通体分布。为此，我们在靠近心部开裂最严重部位取两块试样，在外表面取一块试样进行金相分析。

(2) 化学成分分析 在锻坯 1/2 半径部位所取化学试样成分分析结果，如表 1 所示。

表 1 试样化学成分分析结果 (质量分数) (%)

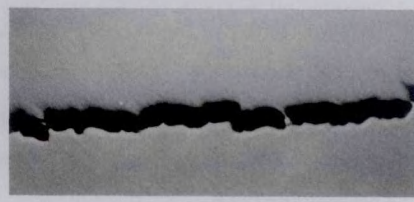
C	Si	Mn	P	S	Ni
0.48	0.23	0.70	0.017	0.003	0.04
Cr	Mo	Cu	Al	V	
1.07	0.15	0.06	0.008	<0.01	

(3) 金相分析 延长杆开裂部位及正常部位所取试样组织分析结果，如表 2 所示。

表 2 金相分析结果

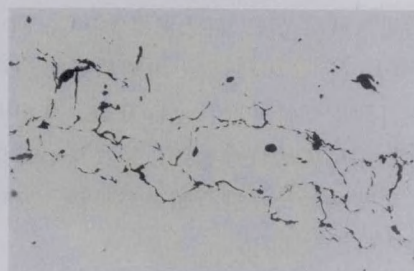
试样部位	金相组织
外表面	$S_{\text{回}} + F$ (少量)
次外表面	$S_{\text{回}} + F$
1/2 半径部位	$S_{\text{回}} + B_{\text{回}} + F$
心部	$P + B + S_{\text{回}} + F$
开裂部位	$P + B + S_{\text{回}} + F$

延长杆开裂部位所取试样抛光后横向观察：心部开裂严重部位裂纹开口较宽，裂纹内及周围无夹杂物偏聚等其他缺陷，开裂延伸尾部裂纹中有氧化铁，锻坯横截面裂纹在径向上呈曲折形态。抛光态锻坯裂纹形貌局部如图 9、10 所示。



25×

图 9 抛光态锻坯心部开裂部位



500×

图 10 抛光态锻坯开裂尾部裂纹中氧化铁局部

腐蚀后观察：裂纹周围没有氧化脱碳现象，成分偏析严重，延长杆从外表面至心部组织各异，最外壁组织为回火索氏体 + 少量铁素体，次外壁组织为回火索氏体 + 铁素体，1/2 半径部位组织为回火索氏体 + 回火贝氏体 + 铁素体，心部和开裂部位组织为珠光体 + 贝氏体 + 回火索氏体 + 铁素体。延长杆横截面各部位组织如图 11 ~ 图 16 所示。

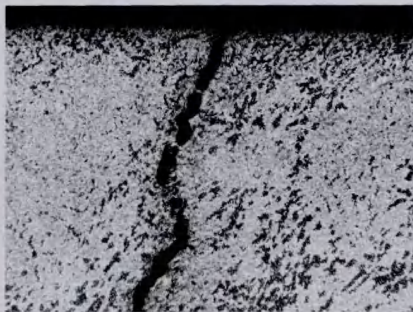


图 11 锻坯心部开裂部位周围组织

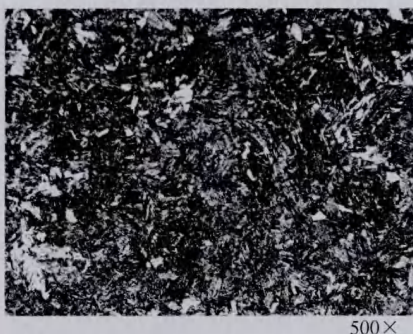


图 12 锻坯外表面 $S_{回} + F$ (少量) 组织局部

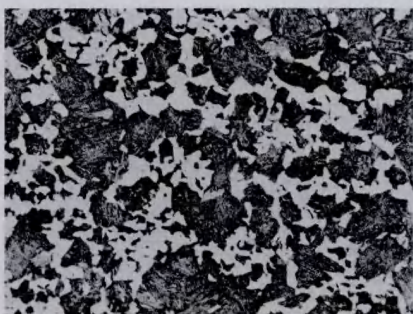


图 13 锻坯次外壁 $S_{回} + F$ 组织

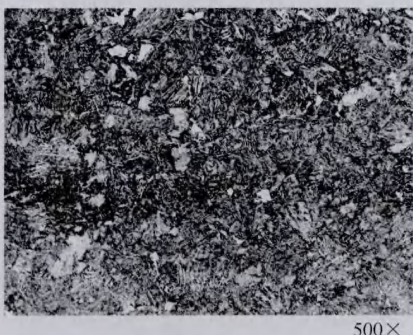


图 14 锻坯 1/2 半径部位 $S_{回} + B_{回} + F$ 组织

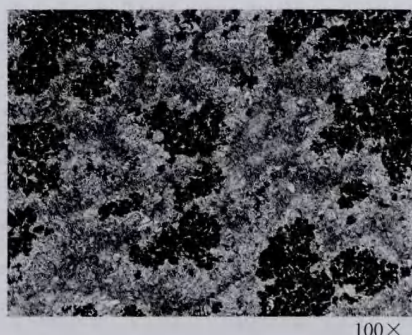


图 15 锻坯心部 $P + B + S_{回} + F$ 组织



图 16 锻坯偏析组织局部

5. 结语

(1) 对锻坯进行分析可见，此钢碳含量偏高，其他元素正常。从金相组织看，延长杆经调质处理的淬火过程未完全淬透，从表面到心部组织各异。

(2) 对环形部位进行金相分析未发现夹杂物存在，所以锻坯原始状态不存在夹杂性裂纹，连铸坯心部存在大量疏松、缩孔或裂纹等缺陷，锻造过程中心部缺陷受挤压变形并扩展延伸，最后在心部形成大裂纹，锻造过程中由于往复受力，故裂纹呈曲折形态。锻坯热处理过程中，淬火未淬透，造成组织应力大，从而裂纹部位应力更加集中，导致裂纹张开，并向两端延伸。

(3) 连铸坯锻造比不够。连铸坯在浇注过程中，由于人员和设备原因可能导致浇注中断后又继续浇注，此时中断部位将会产生重接，该部位有微裂纹存在，并且浇注过程处于真空状态，不易产生夹杂，如果不在浇注后切除，锻造过程中将会产生裂纹，且经调质处理后裂纹会扩展，形成图中所见的环形裂纹，而环形裂纹与检测表面相互垂直，反射面很小，反射回波很弱，因此锻后检测显示为点状小缺陷。MW

(20120130)