

Analysis and Countermeasures for Cracking of Tool Steel 40CrV

Xiaolong Zhu

Jiangsu Shagang Group Huaigang Special Steel Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu, 223002, China

Abstract

According to the quality problems of surface crack or collapse material of tool steel 40CrV after hot forging, the cracking causes of tool steel 40CrV were analyzed from the aspects of chemical composition, microstructure and micromorphology by investigating the production process. The results show that the cause of 40CrV die forging cracking is the surface crack and rolling slag of the continuous casting billet, resulting in surface defects of the rolled material, further deterioration in the subsequent thermal processing process, and finally leading to die forging cracking or collapse. We prevent the occurrence of similar quality problems by strengthening the control of abnormal conditions in the continuous casting production process, continuous casting billet blasting and magnetic powder detection inspection, and the inspection of rolled billet into the furnace.

Keywords

tool steel; 40CrV; hot forging cracking; surface crack; rolling slag

工具钢 40CrV 开裂原因分析及对策

朱小龙

江苏沙钢集团淮钢特钢股份有限公司, 中国·江苏 淮安 223002

摘要

针对工具钢40CrV在热锻后出现表面裂纹或崩料的质量问题,从化学成分、显微组织、微观形貌等方面对工具钢40CrV的开裂原因进行分析,通过调查生产过程情况,提出了相应的解决措施。结果表明,40CrV模锻开裂的原因在于连铸坯存在表面裂纹和卷渣,导致轧材存在表面缺陷,在后续热加工过程中进一步恶化,最终导致模锻开裂或崩料。通过加强连铸生产过程异常情况管控、连铸坯抛丸和磁粉探伤检查、轧钢坯入炉检查等措施,杜绝了类似质量问题的发生。

关键词

工具钢; 40CrV; 热锻开裂; 表面裂纹; 卷渣

1 引言

合金钢 40CrV 具有高强度和高屈服点的特点,冷变形塑性和切削性均属中等,过热敏感性小,但有回火脆性倾向及白点敏感性^[1]。一般在调质状态下使用,多用于制造变载、高负荷的各种重要零件,如机车连杆、曲轴、推杆、螺旋桨、横梁、轴套支架、双头螺柱、螺钉、渗碳齿轮以及工具扳手等^[2-4]。江苏沙钢集团淮钢特钢股份有限公司供给下游用户的工具钢 40CrV,在热锻工序出现表面裂纹或崩料的质量问题。借助金相显微镜、扫描电镜、直读光谱、能谱分析等材料分析手段,明确 40CrV 热锻开裂的产生原因。

【作者简介】朱小龙(1989-),男,中国江苏淮安人,本科,工程师,从事金属材料组织性能控制研究。

2 缺陷样品描述

40CrV、Φ30mm 的主要生产流程为:下料→中频加热→模锻→抛丸→全检→冲开口→拉削→研磨→淬火→回火→抛丸。用户在冲开口工序和热锻后抛丸工序发现裂纹或崩料缺陷。

3 原因分析

3.1 成分检测

对来料样品进行成分检测分析,结果如表 1 所示,样品成分完全满足技术协议要求,且不同规格间成分偏差不大,未发现异常。

3.2 缺陷宏观形貌

Φ30mm 扳手的缺陷样品有两个,标记为 1 号和 2 号,1 号试样在扳手虎口表面存在一条半圆形的裂纹,而 2 号试样在虎口尖端发生开裂并伴有裂纹,如图 1 所示。

表 1 来料样品成分检测表

| | C | Si | Mn | Cr | P | S | V |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|
| 协议值 | 0.37~0.44 | 0.17~0.37 | 0.50~0.80 | 0.50~0.70 | ≤ 0.025 | ≤ 0.020 | 0.10~0.20 |
| 实测值 | 0.41 | 0.23 | 0.67 | 0.58 | 0.016 | 0.006 | 0.110 |

表 2 裂纹区域能谱分析结果

| 位置 | C | O | Cr | Mn | V | Fe | 总的 |
|------|------|-------|------|------|---|-------|--------|
| 谱图 1 | 8.00 | 30.02 | 0.42 | 0.63 | / | 60.92 | 100.00 |

表 3 裂纹区域能谱分析结果

| 位置 | C | O | N | Mg | Al | Si | Mn | S | K | Ca | Cl | Ti | Na | Fe | 总的 |
|------|-------|-------|---|------|-------|-------|----|------|------|------|----|------|------|------|--------|
| 谱图 1 | 19.14 | 37.09 | | 0.64 | 14.77 | 15.77 | / | 0.35 | 4.41 | 1.00 | / | 0.69 | 0.25 | 5.89 | 100.00 |

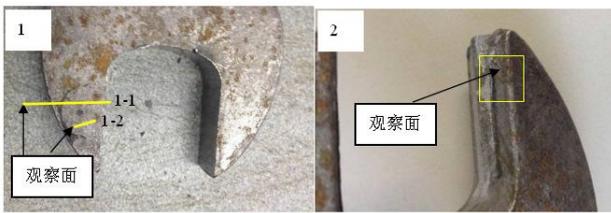


图 1 Φ 30mm 扳手缺陷的宏观形貌

3.3 显微组织

Φ 30mm 扳手缺陷试样的金相组织均为 P+F, 1 号试样在裂纹处存在明显的脱碳现象, 见图 2 (a); 而 2 号试样不存在脱碳现象, 如图 2 (b) 所示。

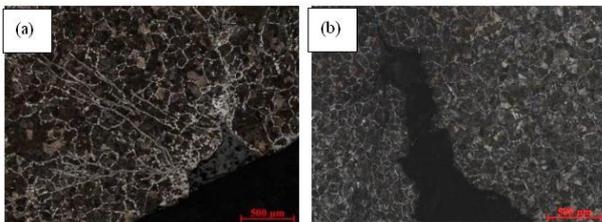


图 2 Φ 30mm 扳手缺陷的显微组织

3.4 电镜分析

为探明裂纹的形成原因, 在 ZEISS 扫描电镜下对上述试样裂纹中的物相成分进行详细分析。1 号试样切取的两个试样进行分析, 如图 3 所示; 两个试样在缺陷处的物相均为 FeO, 见表 2。

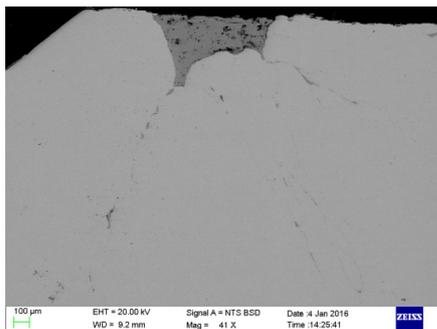
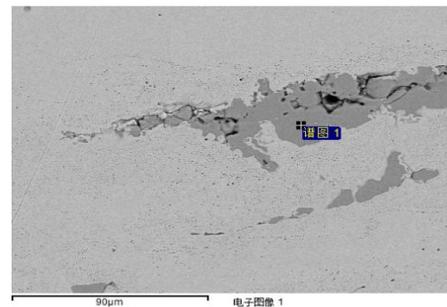


图 3 1 号样品缺陷位置的扫描组织照片



续图 3 1 号样品缺陷位置的扫描组织照片

同时, 对 2 号试样进行扫描电镜微区观察, 发现 2 号试样上存在两条裂纹, 宽度较大裂纹的未发现异物, 而宽度较小的裂纹处发现了含有 Na、K、Ca、Si、Al、Mg 等元素, 与保护渣成分类似, 怀疑裂纹是由保护渣卷入导致, 如图 4 和表 3 所示。

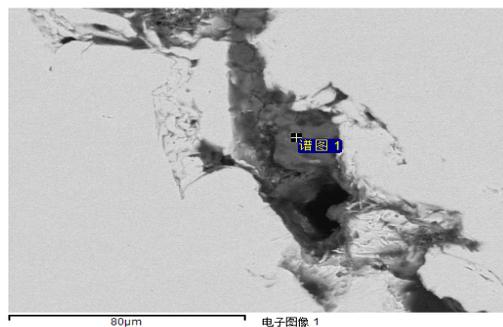
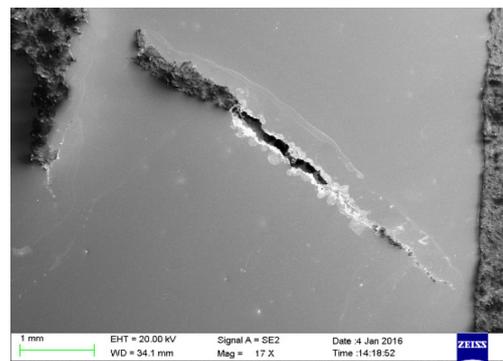


图 4 2 号样品缺陷位置的扫描组织照片

4 生产过程核查和原因分析

为了进一步核查原因,对连铸坯生产过程进行了核查,出现问题的 $\Phi 30\text{mm}$ 钢材批号为21510-0738,炉号为01510-0194,该炉钢坯为电炉车间连铸工段于2015年10月9日生产,为中包第8炉,生产过程中第2流结晶器液面出现短时的波动范围超工艺要求情况(工艺要求:液面波动 $\pm 3\text{mm}$)。

根据上述分析结果,结合淮钢的生产过程以及用户的加工工艺,认为导致40CrV模锻开裂的原因为:原材料即铸坯或轧材表面存在表面缺陷,缺陷类型主要为铸坯表面裂纹和卷渣,这些有缺陷的原材在用户后续热加工过程中进一步恶化,最终导致模锻开裂或崩料,而产生这些缺陷的原因主要为结晶器液面波动导致。

5 改进措施和实施效果

5.1 改进措施

为了杜绝该质量问题,分别从炼钢生产和轧钢生产两方面提出了具体的改进措施:

①增加铸坯抛丸和磁粉探伤工序。

②炼钢生产时,为保证铸坯表面质量,制定了生产过程异常管控措施。

③轧钢生产时,加料工认真检查入炉铸坯表面质量,发现缺陷坯要及时剔除并作修磨处理;生产过程中,副调整及冷床工要及时检查钢材表面质量,发现存在缺陷材时要及

时剔除。

5.2 实施效果

上述改进措施实施以来,共计销售给用户40CrV圆钢5000余吨,用户使用良好,未发生因表面质量引发的质量异议。

6 结语

①1号试样在裂纹处均存在FeO,这说明缺陷来自于连铸坯,而且在裂纹处存在明显的脱碳现象;2号试样在裂纹处发现了含有Na、K、Ca、Si、Al、Mg等元素,与保护渣成分类似,不存在脱碳现象。

②40CrV模锻开裂的原因在于连铸坯存在表面裂纹和卷渣,导致轧材存在表面缺陷,在后续热加工过程中进一步恶化,最终导致模锻开裂或崩料。

③通过加强连铸生产过程异常情况管控、连铸坯抛丸和磁粉探伤检查、轧钢钢坯入炉检查等措施,杜绝了类似质量问题的发生。

参考文献

- [1] 项程云.合金结构钢[M].第1版.北京:机械工业出版社,1999.
- [2] 岳海军.涨断连杆锻造热处理工艺应用实践[J].锻造与冲压,2021:(11):43-45.
- [3] 陈纪民.不同材质的齿轮发展现状[J].热加工工艺,2013,42(12):36-40.
- [4] 郭涛,黄超.40Cr材质螺栓装配断裂分析[J].装备制造技术,2018(6):249-251.