

文章编号:1672-4461(2008)06-0008-03

二联齿轮断齿分析

高生龙

(酒泉钢铁集团公司,甘肃 嘉峪关 735100)

摘要:通过化学分析、力学性能测试、金相和断口分析,对二联齿轮失效原因进行综合分析。结果表明,主要是由于加工质量较差、原材料不合格和热处理不当等引起的疲劳断裂。

关键词:齿轮;化学成分;屈氏体;疲劳断裂

中图分类号:TH132.41

文献标识码:A

Fracture Analysis on Reputed Tooth of Double Gear

GAO Sheng-long

(Jiuquan Iron and Steel Co. Ltd., Jiayuguan 735100, China)

Abstract: The failed double gear have been investigated generally by the method of chemical analysis, mechanical property testing, metallographic analysis and fracture analysis. The result showed that the poor machining and unsatisfactory raw material and improper quench and temper treatment of gear were the main factors to cause fatigue fracture.

Key Word: gear; chemical composition; troostite; fatigue fracture

1 引言

立式铣床的三轴二联齿轮在使用半个月后,三个齿牙沿齿根部突然断裂。这个二联齿轮的材料为40Cr,模数4,经了解,厂家对该齿轮的加工工艺过程为:毛坯热处理(调质)、齿坯加工、齿形加工、齿端加工、高频淬火、回火、精基准修正及齿形精加工等。

2 宏观观察

二联齿轮实物见图1;从图2可以看出断齿表面节圆处有疲劳点蚀坑,齿部硬度较低,有较深齿牙啮合压痕;图3齿牙的灰色部分为高频淬火硬化区域,可以看出齿部没有淬硬层;从图4中可以看出齿根部有明显的加工刀痕。



图2 断齿疲劳点蚀

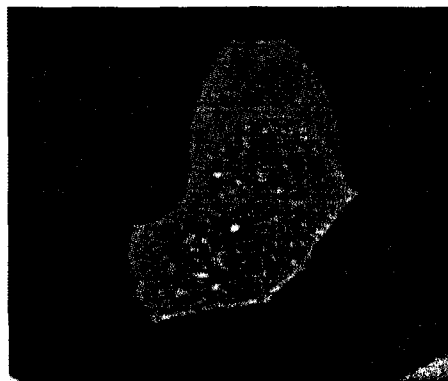


图3 断齿高频淬火区域

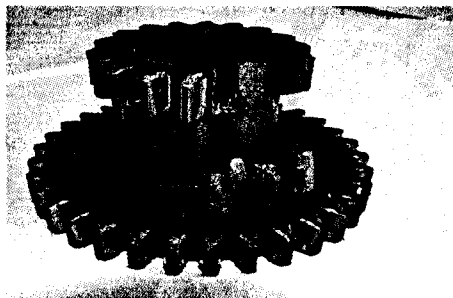


图1 齿轮实物照片

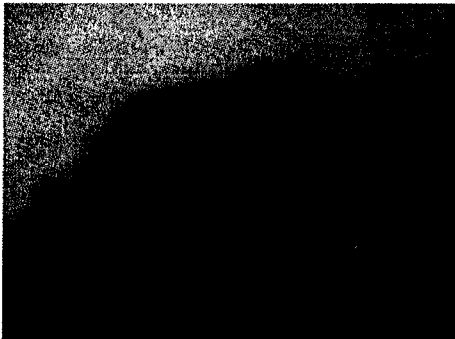


图 4 齿轮根部刀痕

3 化学成分分析

在断齿裂纹附近取样进行化学成分分析,分析结果(质量分数)不符合 GB3077-1993 技术要求,见表 1。

表 1 齿轮化学成分

项目	C	Si	Mn	Cr
标准值(%)	0.37~0.44	0.17~0.37	0.50~0.80	0.80~1.10
实测值(%)	0.41	0.25	0.62	0.005

4 硬度检验

技术文件要求齿部高频淬火区的硬度为 50HRC~55HRC,对于模数小于等于 4 的齿轮,允许全齿淬硬,齿根有一定的硬化层。在断齿裂纹附近取样,对高频淬火硬化层和心部组织分别进行洛氏硬度和布氏硬度测定,其测定结果见表 2。

表 2 齿轮的实测硬度值和技术要求

项目	齿部硬化层 HRC	心部组织 HBW
标准值	50~55	270~300
实测值	37.9、36.8、37.8	187、194、187

5 冲击试验

在二联齿轮的大齿未淬硬区(非裂纹区)进行取样,制成 10 mm×10 mm×55 mm 的标准 U 型冲击试样做冲击检验,检验结果冲击吸收功分别为 20 J、18 J 和 22 J,试样断口平齐,呈现为结晶状断口。而技术标准规定齿轮冲击功一般不小于 47 J,不符合技术要求。

6 金相检验

6.1 夹杂物检验

在断裂齿牙部位取样进行夹杂物检验,可以看到大量的硫化物类夹杂和球形氧化物类夹杂,经检验硫化物类夹杂物为 5 级,球形氧化物类夹杂为 3 级,硫化物夹杂沿齿厚平行分布见图 5 和图 6。技

术要求夹杂物的级别不高于 3 级。

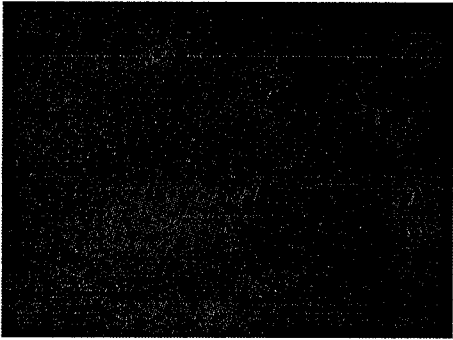


图 5 硫化物类夹杂物 100×

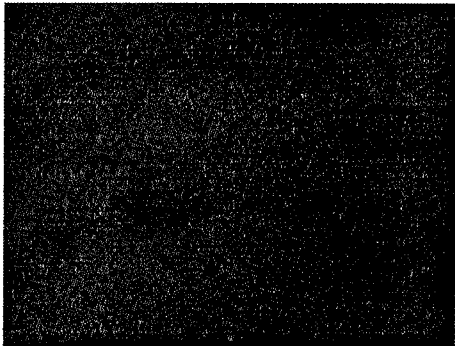


图 6 球形氧化物类夹杂 100×

6.2 组织分析

将断齿沿齿厚剖开从基体到齿部淬火区进行金相观察。基体组织见图 7,黑色为片状珠光体,白色为铁素体。大部分铁素体沿原奥氏体晶界呈块状析出形成铁素体网,少部分铁素体呈针状伸向晶粒内部,形成魏氏组织,达到 3 级。通过铁素体网,可以看出原奥氏体晶粒粗大,晶粒度为 2~3 级,硬度小于 270HBW,是过热组织。齿部组织见图 8,其组织为铁素体加屈氏体。齿部高频淬火温度低,形成铁素体没有完全奥氏体化;冷却时没有达到临界冷却速度,得到淬火组织为屈氏体。在未断裂齿随机取样进行金相分析,在显微镜 100X 下观察,发现有裂纹存在,进一步在显微镜 200X 下观察,发现裂纹中有硫化物夹杂存在,见图 9 箭头所示。对其进行洛氏硬度检测,检测结果在 36HRC~38HRC 之间。

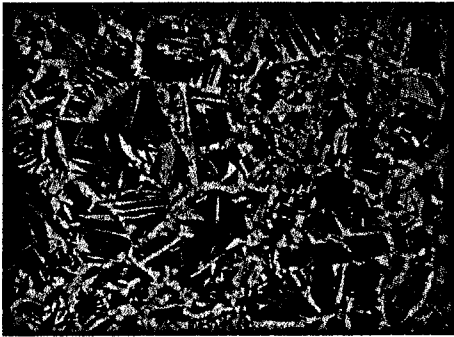


图 7 断齿基体组织 100×

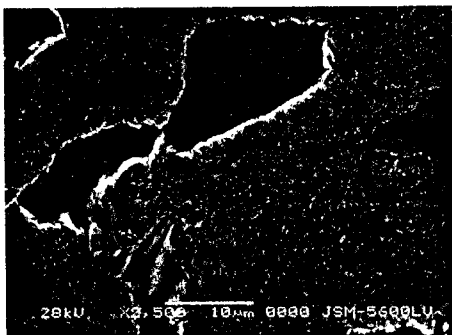


图 8 齿牙淬火组织(扫描电镜下的
屈氏体+铁素体组织 2500×)



图 9 未断裂齿上的裂纹 200×

6.3 断口分析

三个断齿形貌基本相同,图 10 为其中一个断齿宏观照片,有明显贝形纹,贝形纹之间间距较大,表明材料较脆,疲劳裂纹扩展速率较快。

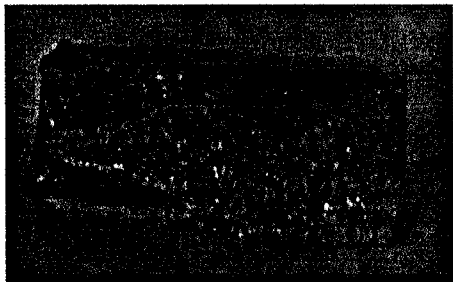


图 10 断口疲劳弧线

7 分析与结论

上述检验结果表明,这个二联齿轮的原材料化学成分不符合要求,几乎不含 Cr 元素。材料的淬透性很差,硫化物类夹杂物含量较高,原材料不符合技术要求。

冲击吸收功只相当于规定值的一半,冲击韧性较低,抵抗冲击能力较差,在工作应用中使齿轮的齿牙表面形成疲劳点蚀坑。

齿轮材料中夹杂物含量较多,尤其 A 类夹杂物含量较高,经检验达到 5 级,并且沿齿厚平行分布,使材料沿硫化物夹杂形成裂缝,D 类夹杂为 3 级。

齿轮基体组织粗大并伴有魏氏组织,说明齿轮组织有过热倾向,从组织看没有进行调质处理,只进行了正火处理,正火温度过高或保温时间过长,造成原奥氏体晶粒粗大,以至过热出现魏氏组织。

高频淬火时,齿牙没有形成淬火马氏体组织,而形成了屈氏体,提高齿轮的弯曲疲劳极限的基本方法是提高齿轮材料的强度(硬度)。

所以当生产中使用的齿轮,齿根有明显的加工刀痕、齿轮材料中含有大量的硫化物类夹杂物、齿根部无淬硬组织的情况下,齿轮在工作过程中产生应力集中,就会形成裂纹,最后疲劳断裂。

8 建议

在齿轮生产过程中,一定要把好原材料关、在生产过程中严格执行生产工艺制度和加强生产检验抽查,以便减少不合格品的产生。

参考文献:(略)

收稿日期:2008-03-28

作者简介:高生龙(1971-),男,工程师。