



船用锚链链环开裂原因分析

Analyzing the Cause of Marine Anchor Chain Link Rift

北京航空航天大学 武淮生
江苏理工大学 应郁平 罗启富
镇江锚链厂 张正伟

摘要 针对船用三级电焊锚链链环开裂问题，结合材质、金相和断口分析及劈裂试验，得出造成链环开裂的原因主要为原材料中的硫化锰夹杂量过高，并据此提出了改进意见。

关键词 船用锚链 链环 开裂 夹杂物

Abstract This paper aims at the rift problems of marine triple welding anchor chain link. By material analysis, metallographic analysis, fracture analysis and cleavage test, the authors find that the cause of chain rift is excessive MnS content in the raw material. Suggestions on improving the situation are put forward.

Keywords marine anchor chain, link, rift, gallimaufry

1 前言

电焊锚链是船舶系泊系统中的关键部件之一。其制造工序大致如下：

下料→弯环→闪光对焊→去刺→压横档→手工焊横档→热处理→滚抛→拉力试验→终检→油漆入库。

链环的开裂形态基本分为两类。一类是成品环环背上源于横档附近的内侧裂纹；另一类是试验环中位于环弯处的内侧裂纹。两类裂纹的长度和深度都有较大的变化范围。

2 试验与分析

为分析链环开裂原因，我们进行了锚链圆钢的材质分析、断口分析、金相分析和劈裂试验。

现分述如下。

2.1 材质分析

按有关国家标准和技术要求，对锚链圆钢分别进行了化学成分分析（C、Si、Mn、P、S）和力学性能试验（纵向拉伸试验和冲击试验）。未发现原材料中有明显的问题。但台阶试验的热酸煮试验表明，半数以上的试样出现不同长度的条纹，且随后进行的淬火试验表明，淬火裂纹均与上述条纹有关。

原材料的纵截面金相照片如图 1 所示。由图可见，原材料中存在相当数量的沿纵向分布的线状夹杂物。其对应的能谱成分分析结果如图 2 所示。这表明该线状夹杂物为 MnS。



图1 原材料的纵截面金相照片

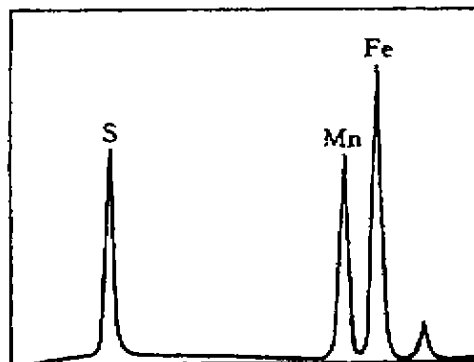


图2 图1中线状夹杂物能谱成分分析结果

2.2 断口分析

按规定的取样方法制取试验环环背拉伸试样，拉伸试验结果表明其强度指标和塑性指标均达到产品质量要求，但断口却呈现出异乎寻常的特征，如图3所示。该断口除具有通常的拉伸断

口特征外，还出现明显的纵向裂纹。微观分析表明上述纵向裂纹源于材料中的 MnS 夹杂，如图4所示。断口中的这种纵向裂纹正是较差的横向力学性能在缩颈处的三向应力作用下的表现。



图3 拉伸试样断口照片

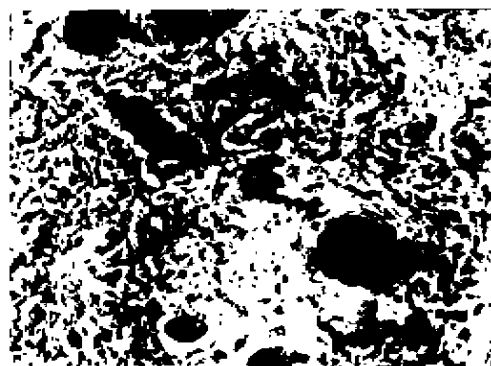


图4 拉伸断口上源于 MnS 夹杂处的微裂纹

2.3 金相分析

已开裂的成品环和试验环的断口截面金相照片

分别如图5和图6所示。



图5 成品环开裂处的金相组织照片



图6 试验环开裂处的金相组织照片

裂纹的扩展路径均与晶界有关，即属于晶界弱化型的开裂。同时可以看出，成品环和试验环裂纹附近的金相组织存在显著差异。在成品环的断口附近有一明显的脱碳层存在，而试验环的裂纹附近只有一氧化层，并无脱碳现象。由此可知，成品环和试验环的开裂分别发生于不同的加工工步。成品环的开裂发生于热处理的高温加热之前，

而试验环的开裂则发生于热处理的高温加热之后。上述现象是由于这两类链环在结构和制造工艺上的差异，导致链环内应力状况的不同而造成的。

2.4 劈裂试验

为获得不同规格锚链圆钢横向力学性能的半定量描述，我们特设计了如图 7 (a) 所示的劈裂试样，其加载方式如图 7 (b) 所示。

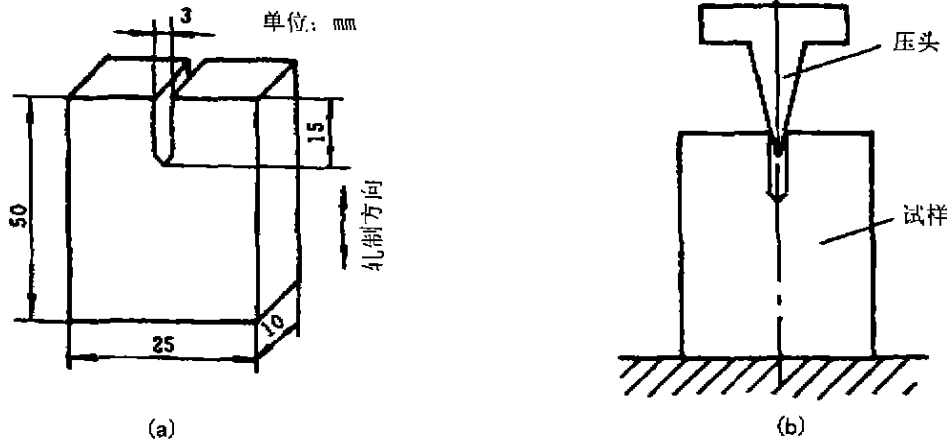


图 7 劈裂试验试样形状、尺寸 (a) 及加载方式 (b) 示意图

劈裂试样经与成品环相同的热处理后在拉伸机上进行劈裂试验，记录试样开裂时的载荷。在试样尺寸和热处理工艺均相同的情况下，该开裂载荷的大小反映出原锚链圆钢横向力学性能的高低。其值越小，则以此种原材料加工出的链环越容易出现废品。

征。断口的微观分析表明，在断口上存在着非常严重的沿轧制方向分布的 MnS 夹杂，如图 8 所示。正是由于这些夹杂物的存在，恶化了锚链圆钢的横向力学性能。

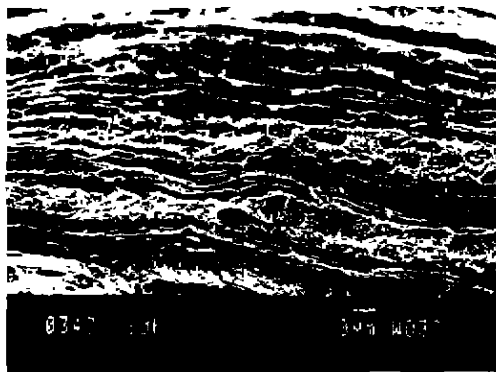


图 8 劈裂试样断口形貌

对 $\phi 44$ 规格的锚链圆钢所进行的劈裂试验表明，数组试样均在加载至 50 kN 时开裂。试样的宏观塑性变形较小，断口呈明显的纤维状木质特

3 结论

经材质分析、断口分析、金相分析和劈裂试验分析，得出造成船用电焊锚链链环开裂的原因如下：

- (1) 电焊锚链圆钢中存在大量线状 MnS 夹杂物，严重恶化了原材料的横向力学性能；
- (2) 电焊锚链（尤其是三级有档电焊锚链）在制造过程中受多种应力的作用，如机械应力、焊接应力和热应力，上述多种应力的联合作用，导致具有较低横向力学性能链环的首先开裂。

4 建议及预防措施

为预防类似事故的发生，建议采取以下的预防措施：

- (1) 加强和改进原材料的检验

除应严格按照有关的标准对原材料进行化学



对硫元素的分析)和力学性能试验材料生产厂的具体情况,应在取样部位作适当的调整,以比较准确地反映原材料的真实情况。

作为一种灵敏而又简便易行的方法,本文中提出的劈裂试验可以作为原材料验收中的一种辅

助手段,以衡量用该原材料制造链环过程中的开裂倾向。

(2) 减小链环制造过程中的各种应力

根据不同原材料开裂倾向的大小,可以适当考虑通过减小链环制造过程中各种应力的方法来避免开裂。

学科交叉是创新之源

国家自然科学基金会今年对重大、重点项目的立项,突出学科交叉的研究,旨在鼓励创新,支持综合性的跨学科项目。这一措施的出台,将为科学事业向纵深发展,促进科学创新起到积极作用。

众所周知,学科交叉是创新的源泉。20世纪是科学技术快速发展的世纪,由于学科交叉而形成的新学科日新月异。以生物数学为例,早在100多年前,恩格斯写《自然辩证法》时曾经认为:数学的应用“在生物学中等于零”。然而,随着时代的进步,科学的发展,情况有了很大的变化。20年代在研究渔业生产中提出人类应依据食物链原理,主动调节捕获量,以有足够的鱼源源不断供人类食用。意大利数学家伏尔泰拉与生物学家达柯纳合作,通过实地调查,建立数学模型,列出微积分方程式,得出与实际情况大体相符的结论,略加修正就可用于指导渔业生产。实践表明,这一原理也适用于生态平衡、环境保护、人口控制、疾病防治等。后来被命名为“伏尔泰拉原理”。1931年,伏尔泰拉系统总结数学向生物学渗透的成果,写成《生存竞争中的数学原理》并出版,标志着一门崭新的交叉学科——生物数学问世。

在分子生物学创建过程中,奥地利物理学家、量子力学创始人之一的薛定谔等利用物理学原理和方法向生物学研究领域渗透,起到了十分重要的作用。而分子生物学的发展反过来也为物理学的发展提供了新的生长点,促进了生物物理学的创立和发展。还有生物化学、生物力学也是学科交叉、相互渗透形成的。到20世纪后期,生物学已日渐显示出其作为自然科学酝酿新突破的极为活跃领域。

综上所述,无论是不同领域的专家学者之间的友好合作,还是已有学科领域的专家“改换门庭”创新业,都表明现代科学家发展已形成在高度分化的基础上走向高度组合的大趋势,并沿着边缘性、交叉性、横断性、前沿性向前发展。正如著名科学家、教育家钱伟长所说:“很多关键性的新东西不属于哪一个专业,常常是两个专业或几个专业合在一起产生的。”国家自然科学基金的立项,突出学科交叉研究,对推动科技创新无疑是明智之举。

✓ VTS 车辆定位跟踪系统

由北京三足通讯技术公司研制的VTS车辆定位跟踪系统,主要用于交通管理,其技术已达到世界领先水平。与GPS(全球定位系统)相比,VTS具有精度高、系统容量大的优点。据悉,任何一辆配有该装置的机动车,只要在主控中心50公里半径范围内,无论是地下通道或茂密丛林,主控中心的电子地图都将准确地显示其位置,系统定位误差在5米以内。可同时管理30万辆车的VTS定位系统,还可对固定用户群,如银行、储蓄所、商店、住宅、仓库等进行无线监控,具有自动信息传输、收发电子邮件等功能。

据悉,由我国研制生产的这个世界上最先进的VTS车辆定位跟踪系统,两年前就已走出国门,在法国巴黎、里昂等城市使用,至今仍在运行。近日,武汉华信高新技术股份公司,辽宁东江集团、泉州海洋高科技电子公司共同投资、开发生产比GPS更为先进的VTS定位跟踪系统。