

# AM2 锚链断裂原因分析

袁霞光, 何光富, 张军刚, 孙永权

( 武昌船舶重工集团有限公司, 湖北 武汉 430400 )

**摘 要:** 某船在训练过程中, 一只锚链环突然断裂, 该锚链是牌号为 CM490、型号规格为 AM2, Φ44 的焊接锚链。对该断裂锚链环进行了失效分析: 做了化学成分、力学性能和金相组织分析试验, 找到了锚链环断裂的原因及容易导致链环开裂的各种因素: ①原材料中夹杂物特别是硫化物含量超标; ②原材料棒料在下料时两端切除量不够, 端部的缺陷没有完全消除, 后期的焊接中在焊缝表层形成裂纹和氧化物夹渣; ③如果焊接没有严格按工艺执行, 焊接成形处可能形成过热的魏氏组织和偏析带, 裂纹也容易在这些地方产生; ④锚链环焊接最后成形处容易留下焊渣, 形成疏松和孔洞, 如果这些没有清理干净, 可能成为裂纹源; ⑤锚链环焊接完成后需对焊缝处打磨, 如果打磨方向不对, 留下的表面擦划伤或者凹坑也会成为裂纹源。

**关键词:** 锚链环; 断裂; 原因分析

中图分类号: TG115.5 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 ( 2022 ) 11—0083—03

锚链是连接船体与锚的钢质链条, 它的主要作用是: 连接锚与船, 向船体传递锚的抓驻力; 在锚泊时, 因抛出的锚链有一定的重量, 可在水中船舶所受到的风流等外力起一定的缓冲作用<sup>[1]</sup>; 平卧水底部分的锚链对锚的作用力保持水平, 有利于锚的可靠抓底, 同时这部分锚链因受到泥土的阻滞作用, 还能提供部分锚泊力。

## 1 锚链的生产工艺

备料→感应加热→弯环→闪光对焊→去毛刺→压档等<sup>[2]</sup>。

## 2 试验及结果分析

### 2.1 断裂锚链分析

#### 2.1.1 化学成分分析

在断裂锚链上取样进行试验: 化学分析试验结果见表 1:

表 1

化学元素	C	Si	Mn	P	S	Als
标准值	0.17~0.24	0.15~0.55	1.1~1.6	≤0.035	≤0.030	≥0.015
实测值	0.22	0.39	1.41	0.035	0.035	0.016

从表 1 可以看出, P 元素含量在上限, S 元素含量超标, 其他元素含量在合格范围。

#### 2.1.2 力学性能试验结果 ( 见表 2 )

表 2

	屈服强度 ReH(MPa)	抗拉强度 Rm (MPa)	延伸率 A%	冲击值 (°C) J
标准值	295	490~690	≥22	≥27
	327	510	31	42 39 77

表 2 可以看出, 锚链各项力学性能指标是合格的。

#### 2.1.3 金相分析

断裂链环分析: 链环断裂后呈翘曲的 C 形, 宏观见图 1。



图 1

取断裂面附近的样做金相微观分析, 腐蚀前观察夹杂物含量, 发现有害夹杂物硫化物含量严重超标, 组织中发现超长硫化物, 见图 2, 硫化物夹杂物评级为 2.5 级, 这与表 1 中硫化学成分超标是相吻合的。

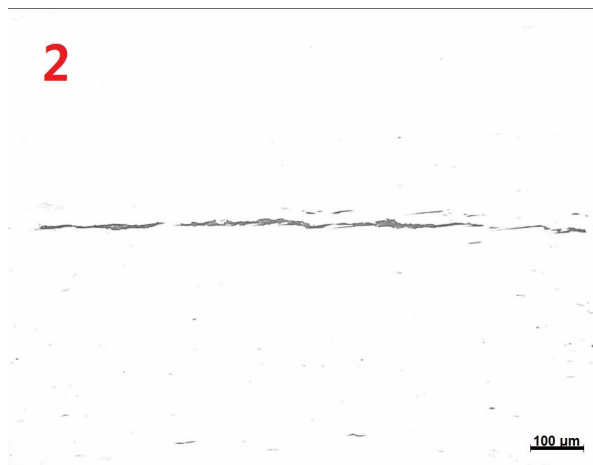


图 2

将试样腐蚀后发现基体组织正常，组织为铁素体 + 珠光体，呈带状分布，见图 3；有些硫化物严重的地方，硫化物也顺着基体的带状分布，见图 4；焊缝组织正常，为铁素体 + 珠光体 + 少量颗粒状碳化物，见图 5；组织放大后见图 6。

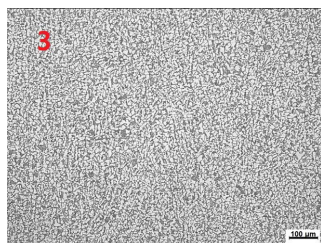


图 3

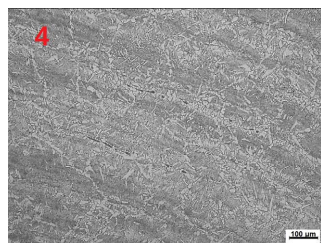


图 4

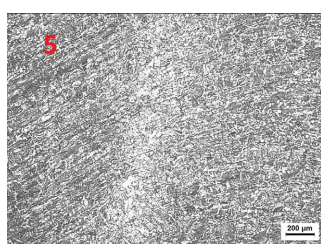


图 5

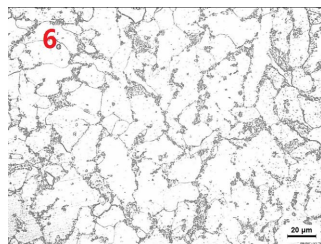


图 6

而在接近焊缝端头的位置组织异常，出现了过热的魏氏组织，组织为：珠光体 + 网状铁素体，见图 7，放大后见图 8。

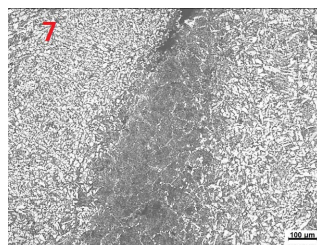


图 7



图 8

在焊缝表层有微裂纹、夹渣和坑洞，见图 9 和图 10。

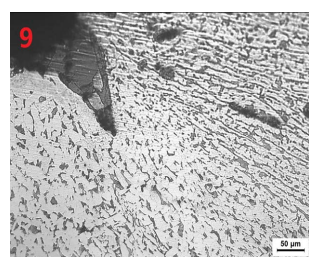


图 9

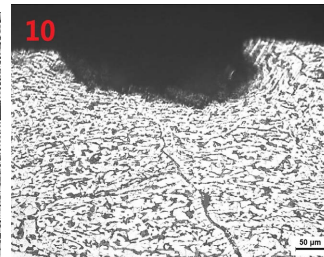


图 10

综上所述，引起此环断裂原因如下：

（1）原材料中硫化物过多，很多硫化物沿着基体带状分布，裂纹很容易在这些部位产生。

（2）断裂位置在焊缝位置附近，断裂起源于锚链外侧、断口断面的边缘部位<sup>[3]</sup>。断裂源区焊缝表层存在很多的夹渣、凹坑和微裂纹，所在的凹坑处周围的金属流线消失，说明凹坑处曾受到高温影响，有过热的魏氏组织，分析认为焊接时焊渣残留在锚链表面，后在使用过程中焊渣脱落，形成凹坑、腐蚀性介质在凹坑处积存，导致该处在腐蚀与交变应力的共同作用下发生腐蚀疲劳断裂。

## 2.2 未断裂链环

为进一步探查锚链断裂原因，另取了未断裂的链环进行了分析。

该链环是在船上另取的一个未断裂链环，在该链环的焊接处取样进行了金相分析。

接头剖开后宏观试样见图 11，从图 11 可以清楚地看到焊接端部有裂纹。



图 11

试样抛光后发现基体中硫化物含量同样存在超标现象，而且硫化物的方向是随着焊接挤压的流线向上隆起，具体见图 12。除了硫化物，在焊缝表层还有一些疏松和孔洞，见图 13。

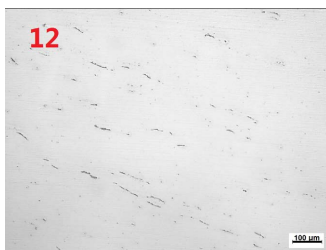


图 12

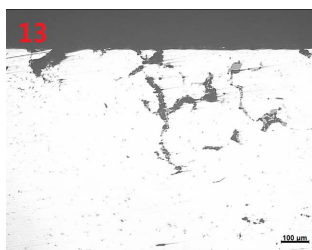


图 13

端部裂纹处腐蚀后，组织中有多条硫化物顺着焊接受力隆起的方向开裂，见图 14。纵观焊缝处从下到上的组织递变：最下面是正常的焊缝组织，正常焊缝往上有过热的魏氏组织，在正常组织和魏氏组织之间出现了裂纹，在魏氏组织的最上面部位则有一段未熔合的黑洞，整体见图 15。



图 14

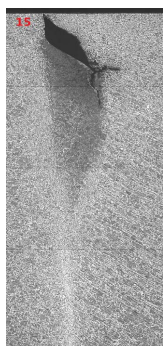


图 15

链环虽然没有断裂，但已经存在多个断裂的隐患：

(1) 硫化物含量超标，而且有些已经沿着基体形成了微裂纹；

(2) 过热魏氏组织存在，在正常组织和魏氏组织已经有裂纹存在；

(3) 焊缝表面有很多疏松和孔洞，而且有焊接缺陷未熔合存在，如果继续使用极有可能会断裂。

### 3 结论

(1) 加强对原材料的检验：厂家对原材料的检验时采取的是抽查的方式，建议改为每批检验。

(2) 原棒料下料时，两端的切除量要足以消除端部的各种缺陷。

(3) 闪光焊时，要严格按链环焊接工艺执行，以免在接头处产生过热组织的魏氏组织，避免该组织与正常组织之间产生裂纹<sup>[5]</sup>。

(4) 闪光对接焊时，焊高在允许的范围内要多预留些，以便在切除焊高时将接头处的夹渣和未熔合等缺陷都清除干净。

(5) 切除焊高以后的表面要修磨，修磨方向要正确，修磨后的表面要平滑，不能留下很深的尖锐痕迹和凹坑，以免裂纹在磨痕处产生。

### 参考文献：

- [1] 梁佰战, 赵岳, 郑力宁等. 二级锚链断裂分析与改进 [J]. 物理测试, 2019, 037(006):47-50.
- [2] 吕渊. 锚链断裂失效分析 [J]. 金属热处理, 2019, v.44(S1):67-70.
- [3] 刘起成. 锚链腐蚀与磨损耦合损伤机理与评估方法 [D]. 大连理工大学, 2015.
- [4] 张卫新, 邵云亮, 李剑等. 船用锚链发展及标准化现状 [J]. 船舶标准化工程师, 2020, v.53;No.313(01):26-31.
- [5] 刘金沅. 锚链腐蚀磨损累积损伤评估方法研究 [D]. 大连理工大学, 2013.

