

H13 模块锻造裂纹分析

重庆钢铁研究所 何开文 张全新

[摘要] 本文通过对 H13 钢模块的化学成分、金相组织及硬度进行检验, 对其锻造裂纹的形成原因进行了分析和讨论, 得知模块的化学成分和组织偏析以及主裂纹区域沿晶分布的低熔点相是造成锻造开裂的直接原因。

[关键词] H13 锻造裂纹 偏析 铜脆

1 概述

重庆某模具制造有限公司的 H13 钢模块在经锻造操作时发生开裂, 受该公司委托, 我们对该件的化学成分、金相组织及硬度进行检验, 分析了产生裂纹的原因。

2 来样和取样情况

由委托单位在锻件的锻造开裂部位采用线切割方式切取一试块, 其尺寸为 $175 \times 81 \times 20 \text{mm}^3$, 裂纹穿透模块, 在两面显现出来。我们使用切割机在试块的裂纹尾部切取金相试样, 编号为 1[#]、2[#], 在金相试样附近钻取化验试样, 编号为 3[#], 如图 1 所示。

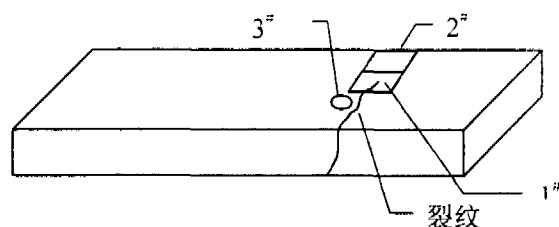


图 1 取样部位示意图

3 检验情况

3.1 化学分析

化验元素	Cu
含量 (%)	0.11

3.2 硬度测试

用 HR—150A 洛氏硬度计对 1[#]试样的不同部位进行硬度测试，测得其洛氏硬度值如下表：

部位	硬度值 (HRC)	
	正面	反面
基体	28.5	26.0
裂纹边缘	27.5	
偏析区	29.0	

3.3 金相检验

将 1[#]和 2[#]试样进行预磨抛光后，在金相显微镜下进行观察，发现裂纹内有氧化物等填充物，主裂纹附近有一些沿晶分布的深黄色形貌类似于夹杂物的第二相，且裂纹沿着此相分布。如图 2。然后再将 1[#]和 2[#]试样用 4% HNO_3 酒精溶液侵蚀，在金相显微镜下观察同一视场，试样的基体组织为铁素体+珠光体，但沿晶分布的第二相没有脱落，且其颜色也未发生变化，仍为深黄色，如图 3 和图 4。同时主裂纹一侧附近我们发现，在基体组织上有针状下贝氏体偏析区存在，而且该偏析区沿着裂纹分布，形成一偏析带，图略。

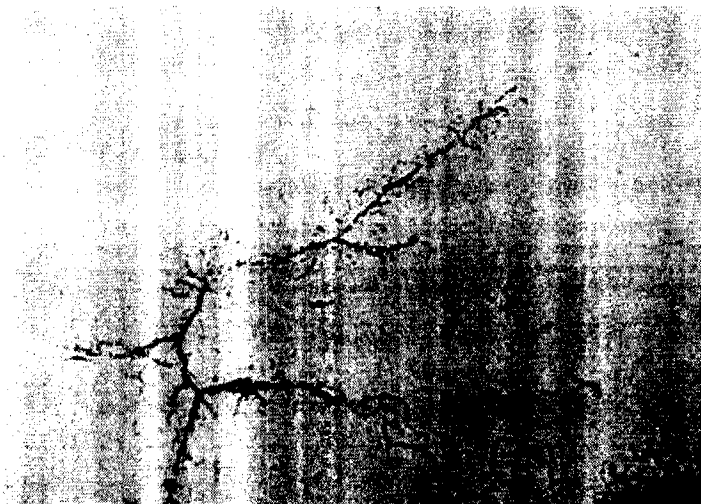


图 2 2[#]试样裂纹附近的低熔点富铜相 500×

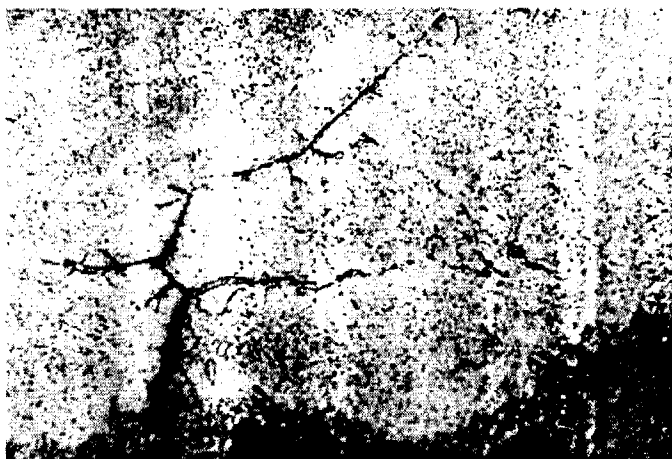


图3 2# 试样裂纹附近的低熔点富铜相 500×
(4%硝酸酒精溶液侵蚀)

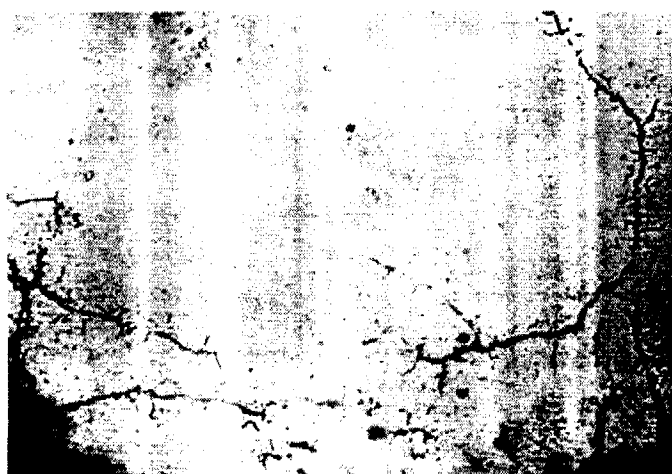


图4 1# 试样裂纹附近的低熔点富铜相 500×

4 分析与讨论

从以上金相检验情况来看,裂纹内有氧化产物存在,据此我们可以断定裂纹在锻造前期就已形成。而存在于裂纹附近并沿晶分布的深黄色第二相,由于在腐蚀后不仅没有脱落,而且也未发生颜色变化,我们可以初步断定此第二相可能为熔点较低的富铜相,因为此富铜相耐蚀性较强,不易受到腐蚀。另一方面,由于铜的熔点(1083℃)低于钢的锻造加热温度,所以,在锻造加热时晶界上的富铜相已呈熔融状态,在此薄弱环节,很容易沿着富铜相形成裂纹,人

们一般称之为“铜脆”。

我们再从模块的化学成分来看，虽然 Cu 的含量（0.11%）并不是很高，但这并不意味着模块的每个部分的 Cu 含量均为 0.11%。另外从我们对 1[#]和 2[#]试样的金相观察已发现沿着裂纹分布的下贝氏体偏析区，这种组织形态的偏析，实际上就是化学成分的偏析，对 1[#]试样不同区域的硬度测试更证明了这一点。正因为如此，很可能使得某些元素在该偏析区发生偏聚而形成贝氏体。因而，由贝氏体偏析区形成的偏析带一方面不仅破坏了基体的连续性，另一方面还增加钢材的各向异性，使裂纹更容易沿着偏析带扩展。

主裂纹区域的富铜相从何而来，一般不外乎两种途径，一是炼钢原材料，即在钢的冶炼中，由于所用的原材料含 Cu，或者废钢中带入 Cu，二是如若锻造加热炉事先加热过铜件而使其残余 Cu 向钢材表面渗透，均有可能使得钢材表面或局部区域 Cu 的含量偏高，而在锻造操作时产生开裂。从基体 Cu 含量分析结果来看，后者可能性较大。一般来讲，当钢中 Cu 的含量超过 0.20%时，易产生“铜脆”现象。而且钢中 C 和 Cu 的含量越高，则“铜脆”现象越明显，当钢中的有害杂质元素 S 的含量超过 0.03%时，Cu 和 S 结合成易熔的共晶体，“铜脆”更为加剧。随着“铜脆”而出现的粗大的裂纹在机械加工中不能去除时，只能报废重炼。在含 Cu 的钢中加入与 Cu 等量的 Ni，可提高 Cu 在固溶体中的溶解度，或形成较高熔点的 Cu-Ni 固溶体，以避免含 Cu 钢在锻造时发生的“铜脆”。

5 结论

H13 钢模块由于化学成分的不均匀性造成的组织偏析以及主裂纹区域存在的沿晶分布的网络状低熔点相是造成锻造开裂的直接原因。