

00Cr22Ni5Mo3N锻钢冲击韧度偏低原因分析

■ 孔红雨, 冯兆龙, 范会卿

双相不锈钢同时具有高强度和耐蚀性, 既有奥氏体不锈钢的耐局部应力和耐蚀性, 尤其是在含氯离子的热腐蚀环境中, 又有铁素体不锈钢的成形性能、焊接性和韧性。正是由于这些优良性能, 双相不锈钢被越来越多地应用于海洋环境中。层片状组织是存在于钢材中的一种缺陷。主要是由钢中的一些脆性相形成的。钢锭内的大块非金属夹杂物、因热处理出现问题形成的 σ 相、 α' 相、 χ 相等, 均可能形成钢材的层片状组织。较严重的层片状组织在热加工过程中直接造成钢材的断裂, 较轻微的分层对钢材冲击韧度影响比较强烈。

1. 试验及结果分析

(1) 试验用材料及问题提出 试验用材料为00Cr22Ni5Mo3N钢140mm×140mm×6000mm锻钢, 采用真空熔炼、电渣重熔及后续锻造制成。在前后冶炼生产的两批材料中, 在化学成分、强度、伸长率等基本相同的前提下, 冲击韧度出现了异常, 较正常值偏低较多, 具体化学成分及力学性能结果分别见表1和表2。

钢中加入的氮元素, 主要目

的是改善钢的耐孔蚀和耐SCC性能, 且由于奥氏体数量的提高有利于两相组织的稳定, 在高温加热或焊接HAZ能确保一定数量的奥氏体存在, 从而提高了焊接HAZ的耐蚀性和力学性能。因此, 仅氮元素的差别, 不足以对其韧性影响如此强烈。通过观察



图1 1#夹杂物形貌 100×

冲击断口, 发现有较多层片状组织。随即采用仪器对冲击试样微观组织进行分析, 试图找出造成这种现象的原因所在。

(2) 低倍组织及夹杂物分析 根据国标进行锻钢夹杂物评定, 结果见表3, 夹杂物形貌如图1、图2所示。



图2 2#夹杂物形貌 100×

表1 00Cr22Ni5Mo3N锻钢化学成分 (质量分数) (%)

组别	C	S	P	Si	Mn
1#	0.016	0.0050	0.018	0.499	1.21
2#	0.022	0.0050	0.018	0.272	1.36
组别	Ni	Cr	Mo	[N]	Fe
1#	6.00	22.03	3.05	0.089	余
2#	5.72	22.16	3.02	0.200	余

注: 1#为异常值, 2#为正常值, 下同。

表2 00Cr22Ni5Mo3N锻钢力学性能

组别	R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A (%)	Z (%)	A_{KV} (25℃) /J
1#	694	478	38.0	79	22、29、18
2#	746	477	44.0	79	360、363、396

表3 夹杂物评定结果

组别	A	B	C	D	DS
1#	0	0	0	1.5	0
2#	0	0	0	0.5、0.5e	0.5

由表3可看出,两组钢的最大区别在于夹杂物的级别不同。即1[#]与2[#]相比,含有更多更大颗粒的形状不规则D类氧化物,其对韧性的影响比较强烈,而形状比较规则的DS类夹杂物对韧性影响则不强烈。通过资料查询,D类球状氧化物类为不变形、带角或圆形,形态比较小(一般<3),黑色或带蓝色的,无规则分布的颗粒。DS类(单颗粒球状类)为圆形或近似圆形,直径≥13 μm的单颗粒夹杂物。

1[#]、2[#]锻钢的抗拉强度、伸长率都在一个水平线上,基本相差不大,但冲击韧度却相差了至少10倍以上。由图2、表3可看出,1[#]、2[#]锻钢在D类夹杂物的含量上有着相对明显的区别。

(见表2)因此,两组钢的抗拉性能相差不大,而冲击韧度相差较大,主要原因在于夹杂物含量和形态。

(3) 扫描电镜观察 为确定冲击断口上夹杂物,采用扫描电镜冲击韧度偏低的试样断口进行观察(见图3),在断面上分布着大量层片状组织。由于层片状组织的存在造成了金属基体的不连续。当带有此种组织的材料在进行塑性变形后就会在有缺陷的地方首先产生不连续变形、滑移等,从而首先在该位置形成应力集中从而开始起裂。由于该材料为锻造产品,因此,该层片状组织应当是在材料冶炼过程中形成的。其来源可以是所用原材料本身不纯、表面有附着物、炉衬材料不合适等原因造成的。从图4与表4中可以看出,其成分主要是氧化物,这与表3相对应。

(4) 生产过程分析 除上述微观方面的原因之外,还对生产过程进行了比对。在真空冶炼工序上,1[#]与2[#]相比,后者为全新的坩埚,而前者在冶炼时坩埚基本达到其使用寿命。全新的坩埚,没有任何外来的物质及杂质。使用多炉次的坩埚,每次破真空暴露大气,会使坩埚壁上的残留金属与大气中的氧起反应而形成氧化物,在下次熔炼时就会进入到钢液里去,在真空下因无造渣扒渣,形成氧化物夹杂,后续电渣重熔已不可能完全去除,由此形成了成品中的夹杂物。

在锻造过程中,1[#]未进行镦粗,2[#]进行了镦粗。钢锭经镦粗后,保证一定的锻造比,将粗硬夹杂物进行了破碎,有利于提高材料韧性。

在热处理时,因该锻钢较

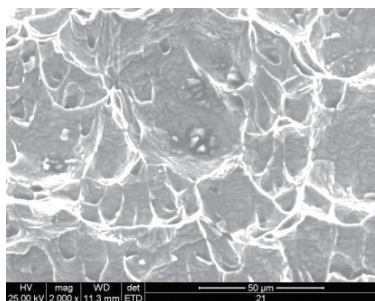


图3 断口夹杂物形态

表4 夹杂物能谱分析成分 (%)

元素	重量	原子数
C	4.51	8.42
O	36.32	50.87
Na	5.50	5.36
Al	8.87	7.37
Si	24.08	19.21
Cr	5.49	2.36
Fe	12.46	5.00

作者简介:孔红雨、冯兆龙、范会卿,中国船舶重工集团公司第七二五研究所洛阳双瑞特种合金材料有限公司。

长,且处理一次成本较高,因此,1[#]在热处理时放在了靠近炉壁的地方,根据其记录,处理温度在所规定的温度下限,而2[#]在处理时放在了炉体的正中间,保证了其较高的温度及温度的均匀度。

2. 解决措施

通过以上分析,针对该锻钢,在真空冶炼时一定要注意对坩埚内表面杂质及炉渣的清理,从源头上将影响产品质量的不利因素去除。另外,若因非人为因素在真空熔炼或者电渣重熔过程中产生夹杂物,通过控制锻造比将夹杂物进行破碎。在进行热处理时,保证炉温均匀度及保温时间。

通过采取以上三个措施,在后续生产过程中,所有产品一次检验合格率为100%,保证了该产品的批量生产。

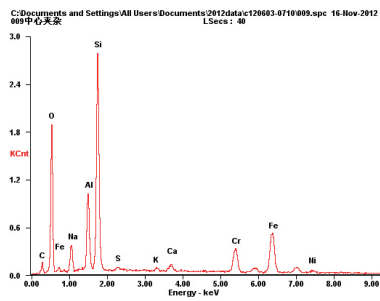


图4 夹杂物能谱

3. 结语

该锻钢存在氧化物夹杂而形成的脆性相是导致该钢冲击韧度偏低的主要原因。在真空熔炼时做好清炉工作。在锻造过程中保证一定比例的锻造比,可以保证其韧性。

MW 20160504