

Effect of Abnormal Microstructure on Properties of Cast Steel

Qingyan Han

Dongfeng Investment Casting CO. LTD., Shiyan
Email: xiaxuexiaxue158@163.com

Received: May 21st, 2012; revised: Jun. 16th, 2012; accepted: Jun. 25th, 2012

Abstract: This paper takes ZGD410-700 as an example. Qualified F + P microstructure and different levels of remaining casting abnormal structure are made following with property, microstructure, hardness and impact property testing. The result shows that: abnormal structure has no effect on strength of extension and elongation, also has higher hardness and lower impact property than qualified structure.

Keywords: Remaining Casting Structure; Abnormal Structure; Strength of Extension; Impact Property

非正常组织对铸钢性能的影响

韩庆艳

东风精密铸造有限公司, 十堰
Email: xiaxuexiaxue158@163.com

收稿日期: 2012年5月21日; 修回日期: 2012年6月16日; 录用日期: 2012年6月25日

摘要: 本文以正火态 ZGD410-700 牌号为例, 做出合格金相 F + P 及不同级别的铸态残留非正常组织, 分别进行性能、金相、硬度及冲击性能测试, 结果表明: 非正常组织对抗拉、延伸率无影响; 硬度略高于合格 F + P; 明显降低材料的冲击性能。

关键词: 残留铸态; 非正常组织; 抗拉强度; 冲击功

1. 引言

正火态铸造碳钢材料有优异的力学性能, 再加上成本低的特点, 汽车各类支架零件很多选用该类材质, 其组织为铁素体加珠光体。目前多数公司对于产品检测仅限于抗拉强度, 延伸率, 金相及硬度的测试。对于金相的测试有的不做要求或要求合格的范围比较宽泛, 冲击性能几乎没有材质做硬性要求来做。对于金相要求不高的公司, 容易出现下列情况: 各项规定的测试都合格, 但零件运行没多久就出现断裂。经长期研究断裂件的金相发现, 有些正火材质的断裂件有相似的金相, 都存在或多或少的残留铸态非正常组织。因此, 为验证残留铸态对材料性能的影响, 本文

做了不同程度的残留铸态试验, 测试了抗拉强度, 延伸率, 硬度及冲击性能, 并对冲击断口进行了较详细的分析。

2. 试验

做了四组基尔试块(成分见表 1), 在 830℃ 下分别正火 10 min、20 min、1 h、2 h。随着时间逐渐延长奥氏体逐渐形成, 当达到一定时间, 则完全转化成奥氏体, 在冷却的过程中奥氏体转化成 F + P。分别得到四组试棒标号 1#、2#、3#、4#, 其中 1#、2# 由于奥氏体化时间不够长, 未完全奥氏体化, 故而得到残留铸态非正常正火组织, 3#、4# 完全奥氏体化, 无残留

Table 1. Chemical composition of the four groups of samples
表 1. 四组试样化学成分

编号	化学成分					
	C	Si	Mn	P	S	Cr
1#	0.3	0.6	1.26	0.024	0.017	0.77
2#	0.3	0.6	1.23	0.023	0.016	0.76
3#	0.3	0.51	1.28	0.017	0.016	0.82
4#	0.29	0.57	1.26	0.018	0.018	0.74

固态组织，得到正常正火组织试样。

2.1. 金相

在正火温度较低或时间过短，可产生残铸，如图 1 中 1#、2#图；当时间足够长，则铸态完全转化为奥氏体，得到正常正火态金相，如图 1 中 3#、4#图。图 2 为 760℃下正火 30 min 的金相组织，为明显的残留铸态，与实验得到金相对比可以看出，本试验残留铸态不是特别的明显。多数公司在金相检测时，对该类金相的验收标准都比较宽松，定为合格。为判断正火组织中，对于存有少量及微量残留铸态对性能是否有影响，我们不同金相做了系列性能测试。

2.2. 性能测试

分别对四组试棒进行拉伸试验，抗拉强度延伸率及硬度结果见表 2。由表中的数据可以看出，少量残留铸态非正常组织试棒的抗拉强度及延伸率跟正常组织的相当，且硬度也相差不大。

2.2.1. 抗拉强度

根据表 2 的试验结果显示可知，正常正火态的抗拉强度、延伸率跟有残铸的性能相当，在拉伸试验中均表现出塑韧性，试棒所受力为静载力。因而，公司内部若只检测抗拉强度，具有片面性。

2.2.2. 硬度

根据表 2 显示的硬度结果可以看出，有少量残铸的试棒的硬度比正常组织的要稍高一点，整体硬度分布于 ZGD410-700 硬度范围的上限(170~217 HB)。硬度分布于上限的原因分析：硬度大小与冷却速度有关，冷速越快，所获组织中珠光体的含量越多，硬度越高。试验正火温度跟正常生产温度相比低很多，且独立散热，对应的冷却速度明显高于实际生产时的冷速，故硬度偏高。

2.3. 冲击性能

对四组试块做了 36 个冲击试块(各 9 块)，分别进行室温，0℃和-20℃的冲击性能试验，结果见表 3。

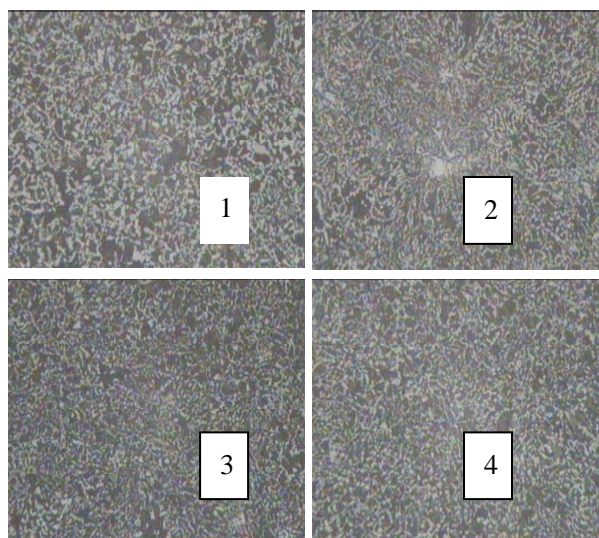


Figure 1. Different residue metallographic with abnormal organization × 100

图 1. 不同残留金相非正常组织 × 100



Figure 2. Obvious residue metallographic with abnormal organization × 100

图 2. 明显残铸金相非正常组织 × 100

Table 2. Performance results of the four groups of tests
表 2. 四组试验性能结果

编号	抗拉 σ_s (N/mm ²)	性能结果			
		平均值	延伸率 δ (%)	平均值	硬度 HB
1#	700	700	17	17	HB213
	700		16		
	725		16		
2#	715	720	16	16	HB217
	705		16		
3#	750	730	17	17	HB204
	735		16		
4#	727	730	19	18	HB209

Table 3. Impact performance at different temperatures of the four groups of tests
表 3. 四组试验不同温度的冲击性能

序号	试验	冲击性能(ak/J)	平均值(J)
1	-20℃	4、5、4	4
	0℃	6、10、4	7
	室温(20℃)	4、9、7	7
2	-20℃	4、4、4	4
	0℃	4、5、13	7
	室温(20℃)	7、18、5	10
3	-20℃	18、19、14	17
	0℃	20、20、20	20
	室温(20℃)	33、20、28	27
4	-20℃	18、18、17	18
	0℃	27、31、23	27
	室温(20℃)	26、33、40	32

根据测试结果，可以看出：同一批样品，对应不同的试验温度，冲击性能不同，且随温度的升高呈增大趋势；正常组织的冲击性能整体比非正常组织的高很多。

2.4. 断口分析

图 3 为带 V 型缺口的冲击试样宏观断口形貌。从图中可以看出，1 号试样(左)断口较平，晶粒明显，没有塑性变形的痕迹，为典型的脆性结晶状断口；3 号试样(右)断口有明显的塑性变形，断口金属小平面较小。

图 4 为带冲击试样微观断口形貌。由图可以看出 1、2 为解理脆性断口，在图中表现出脆性特征；3、4 为韧窝断口，具有良好的塑性。结合宏观断口形貌，更好的解释了冲击性能差别的原因。

3. 分析与讨论

3.1. 残铸产生的原因

根据一般工程用铸造碳钢金相标准，所谓正常的正火组织指热处理温度为 $A_{C3} + (50^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C})$ ，组织为等轴状的铁素体+珠光体。而非正常组织有两种，即低于正常正火温度形成的铁素体+珠光体+残留铸态组织，和高于正常正火温度形成的铁素体 + 珠光体 + 魏氏组织。

铸钢由于凝固温度很高，并在高温时产生包晶反应形成奥氏体。在高温下晶粒粗大。冷却时先在晶界上析出铁素体和珠光体，进一步冷却时，由于奥氏体晶粒粗大，可供铁素体析出的晶界减少^[1]，所以一部



Figure 3. Macrofracture surface of impact test blocks
图 3. 冲击试块宏观断口

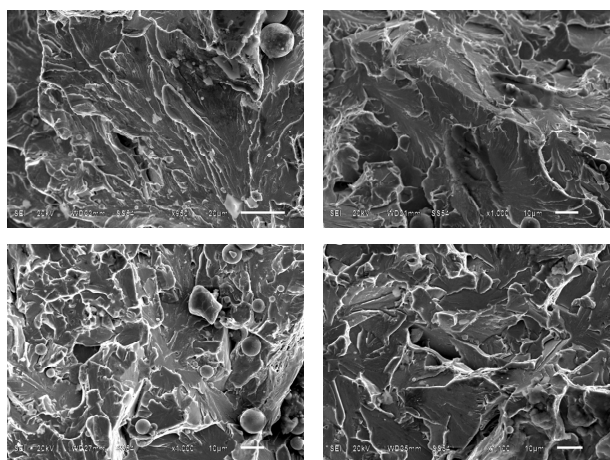


Figure 4. Microfracture surface of impact test blocks
图 4. 冲击试块微观断口

分铁素体呈针状在晶内析出^[2]。形成魏氏组织，在随后的正火中，如果温度偏低，由于没有完全奥氏体化，使得铸态的粗晶和晶内的针状铁素体没有完全溶化而保留下来，已奥氏体化的组织在随后的冷却中形成网状分布的珠光体和块状和棒状铁素体^[3]，即为残留铸态组织。

3.2. 残铸级别

由图 1 可知，其中 1 号，2 号含有的残留铸态并不是很明显，但得到的冲击性能却比正常正火态要低很多。因而，公司对于残铸级别的判定，要从严从紧，对应类似 1 号和 2 号的残铸形态都要坚决杜绝进行下流程。

3.3. 残铸对性能影响分析

冲击试验是研究材料对于动荷抗力的一种实验，和静载荷作用不同，其加载速度快，使材料内的应力骤然提高，变形速度影响了材料的结构性能，所以材

料对动载荷作用表现出另一种反应。往往在静载荷下具有良好的塑性性能的材料，在冲击载荷下会呈现出脆性的性质。

并且，在金属材料的冲击实验中，还可以揭示静载荷时不易发现的某结构特点和工作条件对机械性能的影响(如应力集中，材料内部缺陷，化学成分和加荷时温度，受力状态及热处理情况等)，因此在生产工艺分析和科学研究中都具有一定的意义。

4. 结论

少量残铸非正常组织，对抗拉强度，延伸率几乎

无影响，对硬度有一定的影响，对冲击性能的影响很大。因此，各公司需要根据产品性能，确定对金相的要求。在生产安全件等对冲击性能要求较高的产品时，需对金相严格要求。

参考文献 (References)

- [1] 张鑫鑫. 对高速列车转向架焊接构架炫彩的讨论[J]. 机车车辆工艺, 1994, 14(1): 41-45.
- [2] 丁伟. 高速列车车辆焊接转向架材质性能分析与研究[J]. 中国铁道科学, 2001, 22(2): 68-72.
- [3] 任颂赞. 钢铁金相图谱[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2003: 135-148.