

# 等温淬火球墨铸铁冲击试块加工方法 对冲击值的影响

杨文清, 王成亮, 王润亮, 张民堂

(河南欧迪艾铸造有限公司, 河南鹤壁 456761)

**摘要:** 冲击实验结果是判断等温淬火球墨铸铁(简称ADI)性能的重要指标之一, 通过对同铸造批次QTD1200-3试样毛坯通过不同加工方法制取冲击试样, 根据实验结果验证不同加工方法对冲击功的影响。通过金相分析探讨导致结果差异的原因, 以解决在产品交付过程中因试样加工方法差异造成的质量争议。

**关键词:** 等温淬火; 无缺口冲击试样; 试样加工; 冲击功

等温淬火球墨铸铁(简称ADI)具有优良的力学性能和良好的耐磨性能被越来越广泛地应用于机械承载结构件及有一定耐磨和冲击性能要求的零部件<sup>[1-3]</sup>。冲击试样的实验结果是判断材料性能的重要参数, 也是顾客入厂质量检验的重要判断依据<sup>[4-5]</sup>。我公司在对顾客产品交付过程中多次出现顾客进行冲击性能试验结果不合格导致拒收的情况。经双方讨论、验证, 结果为双方试样加工方法差异导致, 经过统一试样加工方法, 问题得到圆满解决。本文通过对相同铸造工艺和热处理工艺生产的同批次试样毛坯, 使用不同加工方法来加工冲击试块, 然后采用同一台冲击试验机进行试验, 通过对冲击结果及冲击试样金相的分析来选择制取试块的最佳加工方法。

## 1 技术条件

### 1.1 执行标准及试验设备

本次试验所依据的标准为GB/T24733—2009《等温淬火球墨铸铁件》以及GB/T229—2007《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》。本次试验所用试验设备为摆锤式冲击试验机, 其型号为JB-W300A。

### 1.2 试验材料

QTD1200-3牌号的材料的力学性能如表1所示。表2所示是本次试验材料的化学成分设计。

表1 QTD1200-3的力学性能  
Table 1 Mechanical properties of QTD1200-3

抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	伸长率/%	冲击功/J	硬度HB
≥1 200	≥850	≥3	60	340~420

表2 试验材料的化学成分设计  
Table 2 Chemical composition design of the experimental material

C	Si	Mn	S	P	Ni	Mo	Cu
3.60~3.80	2.50~2.70	0.20~0.30	<0.02	<0.03	0.40~0.50	0.10~0.20	0.50~0.70

作者简介:

杨文清(1965-), 男, 铸造工程师, 主要从事铸造工艺设计工作。电话: 13839201908, E-mail: 13839201908@163.com

中图分类号: TG143.5

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2023)

03-0330-03

收稿日期:

2022-05-31 收到初稿,  
2022-07-13 收到修订稿。

## 2 冲击试样毛坯的制作

试样毛坯采用0.5 t中频电炉熔炼、盖包法球化、粘土砂造型，浇注Y型Ⅱ型试块用于制取冲击试块，一箱三块，同一包铁液一次性浇注完成，保证化学成分和冷却速度的一致性。浇注完成后，截取试块底部25 mm×25 mm部位作为试样毛坯进行下一步的热处理工作。

截取的试样毛坯采用箱式电阻炉加热、等温硝盐槽按同一个热处理炉次进行热处理，保证热处理工艺的一致性。

## 3 无缺口冲击试块的制取和试验结果

表3所示是本试验所采用的6种不同的试样制取工艺方案，按照GB/T24733—2009要求制取无缺口冲击试样，按照GB/T229—2007进行试验和处理数据，试样尺寸为10 mm×10 mm×55 mm，一组四件，去掉一个最低值，其他三件求平均值为试验结果。

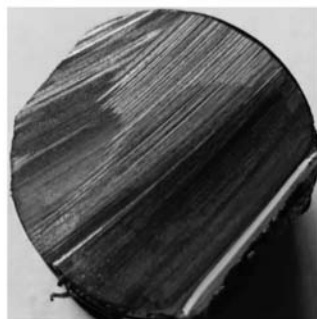
## 4 各试样制取方案的冲击试验结果分析

### 4.1 无齿锯+磨床

图1所示是无齿锯切割试样及其金相图片，由图可知，无齿锯切割试样，预留0.5~1 mm磨削余量，切割

表3 不同试样制取工艺的冲击功  
Table 3 Impact energy of different samples prepared by different processes

序号	试样制取工艺	冲击功/J				平均值/J	极差
1	无齿锯+磨床	48	56	42	58	54	16
2	带式锯床+车床	65	72	85	74	77	20
3	带式锯床+车床+磨床	116	129	112	127	124	12
4	普通线切割	90	86	85	65	87	25
5	慢走丝线切割	102	109	98	90	103	20
6	普通线切割+磨床	125	130	116	120	125	14



(a) 无齿锯切割，宏观烧蚀变色

部位过热，严重破坏试样基体组织，并且切割面出现微观裂纹，通过磨削加工不能完全消除裂纹，严重影响试验结果的准确性，不能作为试样制取的方法。

### 4.2 带式锯床+车床

采用带式锯床锯切冲击试样，由于均可以实现低速切削或者水冷，可以避免切削热对试样金相组织的影响，但因为锯床精度较差，预留精加工余量较大，不但增加精加工难度，而且车床加工冲击试样，受装夹方式及车床精度限制，不但加工面留有刀痕使试样表面粗糙度较高，而且试样尺寸精度也达不到标准要求，会影响冲击值的准确度。

### 4.3 带式锯床+车床+磨床

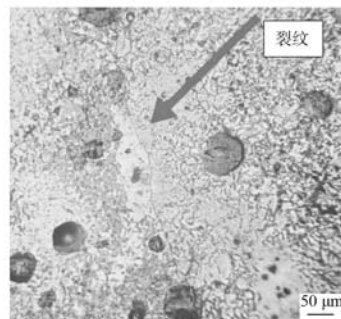
采用带式锯床+车床制取试样后增加磨削工序，降低了试样表面粗糙度，提高了试样尺寸精度，使冲击值得到了提高，但其加工费用较高，严重影响试样制取效率，增加了试样制作成本。

### 4.4 普通线切割

线切割是电火花加工的一种，是利用瞬间放电能量的热效应，使工件材料熔化、气化达到尺寸要求的加工方法。由于线切割的工作液多采用具有介电作用的液体，因此在加工过程中还伴有一定的电解作用。切割时的热效应和电解作用，通常使加工表面产生一定厚度的变质层，一般在50~150 μm，如表层硬度降低，显微组织改变等，同时普通线切割表面粗糙度较高，沿走丝方向形成较大的切割纹理，致使线切割加工的冲击试块易发生断裂的情况，直接影响到了冲击试块的冲击韧性，造成冲击值变小。

### 4.5 慢走丝线切割

慢走丝线切割工作原理与普通线切割相同，但其加工精度较高，表面粗糙度很低，可以达到磨削水平，高的加工精度和低的表面粗糙度可以提高材料的冲击试验结果，但由于其仍存在一定厚度的变质层，



(b) 裂纹、组织破坏

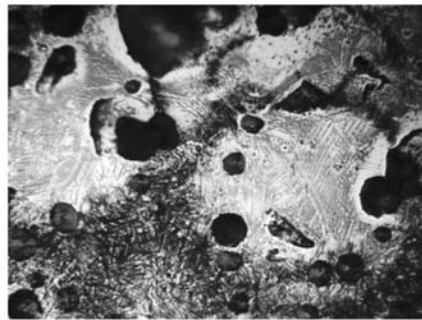
图1 无齿锯切割试样及其金相图片

Fig. 1 Toothless saw cutting sample and its metallographic picture

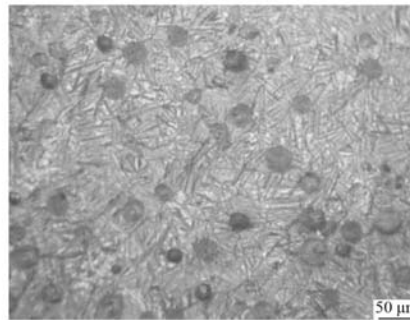
还是会对冲击值造成一定的不良影响，并且其制作成本较高、效率较低。

#### 4.6 普通线切割 + 磨床

采用普通线切割+磨床的方式来制取冲击试样，不



(a) 线切割未磨削试样表层打磨金相



(b) 线切割+磨削试样金相

图2 线切割未磨削试样表层打磨金相和线切割+磨削试样金相

Fig. 2 Metallography of polished surface of wire-cut unground specimen and metallography of wire-cut ground specimen

但可以提高效率，而且预留0.5~0.8 mm的磨削余量也可以完全清除线切割对试样表面的不良影响（见图2），而且试样制作成本也是在可接受范围内。其冲击试验结果是当前取样制样方法中最理想的。

## 5 结束语

采用合理的试样加工方法是保证冲击试验结果真实性和有效性的前提；通过与顾客沟通、交流，双方采用一致的试样制取方法和试验方法是保证产品顺利交付的保证。冲击试样表面粗糙度对冲击试验结果具有很大影响，通过磨削或者打磨的方式消除试样表面的加工

痕迹，使试样表面粗糙度达到 $\leq R_a 1.6 \mu\text{m}$ ，才能保证不对冲击值产生影响。加工过程产生的热量会使加工面一定范围内的金相组织发生改变，采用常温加工或降温措施，保证试样表面金相组织不发生改变，才能够保证冲击试样的冲击值真实反映出材料的冲击性能。

#### 参考文献：

- [1] 闫启栋, 韩非, 徐锦锋, 等. 等温淬火球墨铸铁件 [J]. 铸造工程, 2020, 44 (1): 20-23.
- [2] 曾艺成, 李克锐, 张忠仇, 等. 等温淬火球墨铸铁研发工作的进展与发展趋势 [J]. 铸造, 2017, 66 (9): 940-947.
- [3] PANNEERSELVAM S, PUTATUNDA S K, GUNDLACH R, et al. Influence of intercritical austempering on the microstructure and mechanical properties of austempered ductile cast iron (ADI) [J]. Materials Science & Engineering A, 2017, 694 (10): 72-80.
- [4] BATRA U, RAY S, PRABHAKAR S R. Impact properties of copper-alloyed and nickel-copper alloyed ADI [J]. Journal of Materials Engineering and Performance, 2007, 16 (4): 485-489.
- [5] 边泊乾, 刘金海, 李国禄, 等. 等温淬火温度对ADI中残余奥氏体及其力学性能的影响 [J]. 热加工工艺, 2007 (8): 58-61.

## Influence of Processing Method on Impact Value of Impact Test Block for Austempered Ductile Iron

YANG Wen-qing, WANG Cheng-liang, WANG Run-liang, ZHANG Min-tang  
(Henan Oudiai Casting Co., Ltd., Hebi 456761, Henan, China)

#### Abstract:

The impact test result is one of the important indicators to judge the properties of austempering ductile iron (ADI). The impact samples were made by different processing methods for the same batch of QTD1200-3 sample blanks, and the effects of different processing methods on the impact energy were verified according to the test results. Through the metallographic analysis, the reasons for the difference of results are discussed to solve the quality disputes caused by the difference of sample processing methods during product delivery.

#### Key words:

austempered; un-notched impact sample; sample processing; impact energy