

铝对灰铸铁组织与性能的影响研究

玉柴机器股份有限公司（广西玉林 537005） 刘浩宇 岑 举 于 笋

前苏联、德国、美国、日本等国家对含铝灰铸铁及含铝球墨铸铁进行了大量研究，结果表明，含铝灰铸铁及含铝球墨铸铁具有较小的激冷倾向，可用于壁厚很薄的铸件，具有较好的抗交变温度能力、较好的抗氧化性能、较高的高温强度。但一般认为，铸铁中加入铝会增大脆性，影响其综合力学性能，国内关于这方面的研究报道较少。为此本文对灰铸铁中加入不同含量的铝后组织与性能的变化进行了研究，探讨铝对灰铸铁组织与性能的影响。

1. 试验条件及方法

(1) 铸铁的熔炼与浇注 铸铁在中频感应电炉中熔炼，铝元素采用炉内加入法，出炉温度1400~1500℃，孕育剂采用包底冲入法加入，待搅拌扒渣后浇注，浇注温度1350~1400℃，控制铝元素的加入量，得到四种不同铝含量的灰铸铁，编号为1[#]、2[#]、3[#]、4[#]，其化学成分见表1。用煤粉湿型砂造型，圆棒试件尺寸为φ30mm×300mm。

(2) 铸铁的力学性能与金相检验 将圆棒加工成铸铁标准拉伸试样与冲击试样，在100kN万能试验机上完成抗拉试验，冲击性能在冲击试验机上试验，之后在拉断的试样上取样，在HB—3000型

表1 铸铁的化学成分（质量分数） (%)

试样	C	Si	Mn	S	P	Al	Cu	Cr	Fe
1 [#]	2.8~3.0	1.8~2.1	0.732	≤0.07	≤0.05	≤0.01	0.056	0.144	余量
2 [#]	2.8~3.0	1.8~2.1	0.711	≤0.07	≤0.05	2.46	0.051	0.136	余量
3 [#]	2.8~3.0	1.8~2.1	0.718	≤0.07	≤0.05	4.78	0.050	0.139	余量
4 [#]	2.8~3.0	1.8~2.1	0.721	≤0.07	≤0.05	7.16	0.056	0.150	余量

布氏硬度计上进行硬度试验，用OLYMPUS GX51F金相显微镜进行金相检验。

2. 试验结果及分析

(1) 铝对灰铸铁石墨形态与基体组织的影响 未加入铝元素，石墨形态为A型，加入2.46%（质量分数）铝，基体中出现魏氏石墨，当灰铸铁中铝含量继续增大到4.78%以上，魏氏石墨数量增多，A型石墨数量减少，石墨形态主要以魏氏石墨为主。由此可见，随着铝含量的增加，基体A型石墨的数量逐渐减少，魏氏石墨的数量逐渐增加。

铝含量为4.78%和7.16%的灰铸铁试样的魏氏石墨较多，铝含量为2.46%的铸铁试样有少量魏氏石墨，未添加铝的铸铁试样中无魏氏石墨出现。有资料分析认为魏氏石墨的形成原因：铁液中含铝和氢量高时，会使奥氏体一定晶面上石墨表面能

7. 应用效果

应用此工艺数年来，生产ZA4112立柱铸件数千件，效果良好，完全符合图样设计要求，成品率达95%以上，保证了我单位正常的生产进度要求，满足了市场需求。

8. 结语

(1) 在采用平浇工艺不能满足要求，而采用

平做立浇工艺又不方便的情况下，采用倾斜浇注是一折中的办法。用此工艺生产高质量铸件，要求与之配套的浇注系统必须具有极强的除渣能力，这样才能避免“渣眼”缺陷，保证铸件的成品率。

(2) 在类似立柱这样细长套筒类铸件的生产中，芯骨的刚度必须保证，砂芯的排气必须通畅，不然铸件必废。MW

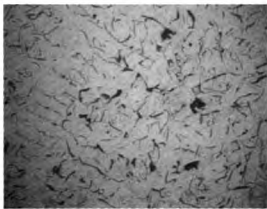
(20130526)

降低，使二次石墨沿着奥氏体一定晶面长大，伸入金属基体中，成为魏氏石墨，在显微镜下观察，在片状石墨片的侧面长出许多像毛刺一样的小石墨片，俗称“石墨长毛”。在铸铁中的铝能促使铁液吸氢，而增加其氢含量，因此铝对魏氏石墨的形成有促进作用。铝对灰铸铁石墨形态与基体组织的影响见表2。

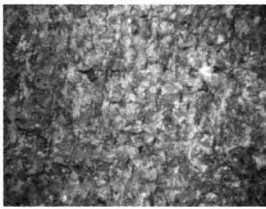
未加铝元素的1[#]样，基体组织为珠光体；加入

表2 铝对灰铸铁石墨形态与基体组织的影响

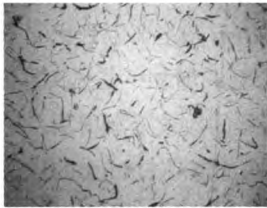
试样	Al含量 (质量分 数，%)	石墨形态	基体组织
1 [#]	≤0.01%	A型，见附图a	98%珠光体+0.5%磷共晶， 见附图b
2 [#]	2.46%	A型+魏氏石墨， 见附图c	95%珠光体+0.5%磷共晶， 见附图d
3 [#]	4.78%	魏氏石墨为主， 见附图e	70%珠光体+呈枝晶分布的 铁素体，见附图f
4 [#]	7.16%	魏氏石墨为主， 见附图g	60%珠光体+呈枝晶分布的 铁素体，见附图h



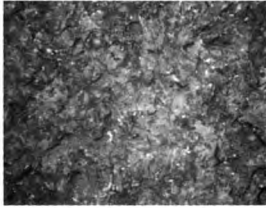
(a) 未加Al灰铸铁石墨形态



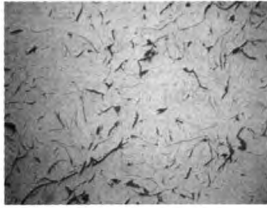
(b) 未加Al灰铸铁基体组织



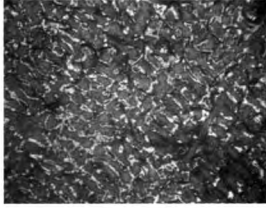
(c) 含2.46%Al灰铸铁石墨形态



(d) 含2.46%Al灰铸铁基体组织



(e) 含4.78%Al灰铸铁石墨形态



(f) 含4.78%Al灰铸铁基体组织



(g) 含7.16%Al灰铸铁石墨形态



(h) 含7.16%Al灰铸铁基体组织

不同Al含量灰铸铁金相组织图

2.46%铝（质量分数），珠光体的含量略有减少，出现极少量的铁素体；当铝含量达到4.78%，能看到明显的沿枝晶分布的铁素体，继续增加铝含量至7.16%，铁素体含量进一步增加。

(2) 铝对灰铸铁力学性能的影响 四种不同铝含量的灰铸铁试样力学性能见表3，随着灰铸铁中铝含量的增加，硬度逐渐提高，冲击韧度逐渐降低。当铝含量为2.46%（质量分数），抗拉强度略有提高，冲击韧度略有下降，灰铸铁的力学性能变化较小。铝含量增加至4.78%，抗拉强度降低约20MPa，冲击韧度明显降低，铸铁的力学性能变差。继续增加铝含量至7.16%，抗拉强度继续下降，冲击韧度只有未加铝灰铁试样约1/4。冲击韧度的下降幅度明显大于抗拉强度，可见铝对灰铸铁冲击韧度的影响大于抗拉强度。

表3 铝对灰铸铁力学性能的影响

试样	Al含量 (质量分 数，%)	抗拉强度 /MPa	冲击韧度 /J·cm ⁻²	硬度 HBW
1 [#]	≤0.01	312	8.1	221
2 [#]	2.46	316	7.8	246
3 [#]	4.78	295	4.3	262
4 [#]	7.16	251	2.0	282

从拉伸试验和冲击试验的结果来看，含有魏氏石墨的加铝灰铸铁的抗拉强度和冲击韧性低于未加铝铸铁。这与灰铸铁中添加铝后基体中出现魏氏石墨有关。铸铁中片状石墨的存在破坏了基体的连续性，当铸铁中出现较多魏氏石墨时，在片状石墨片的侧面长出许多像毛刺一样的小石墨片并伸入金属基体中，对基体连续性的破坏程度进一步加剧，降低了铸铁的抗拉强度与冲击韧度，使铸铁的力学性能进一步恶化。

3. 结语

(1) 灰铸铁中铝含量为2.46%，组织中出现较明显的魏氏石墨和极少量的铁素体，与未加铝灰铸铁相比，硬度增加25HBW，抗拉强度与冲击韧度减小。

(2) 随着铝含量进一步增加，魏氏石墨的数量和铁素体含量也随之增多，灰铸铁的硬度逐渐增大，抗拉强度与冲击韧度逐渐下降，而且铝对灰铸铁冲击韧度的影响大于抗拉强度，灰铸铁的综合力学性能变差。MW (20130518)