● 生产技术 Production Technology ●
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.07.010

一种新型变质剂在灰铸铁中的应用

吕乐华,许海铎,张杰琼,郭亚辉,范随长
(中国一拖集团有限公司制造工程中心,河南 洛阳 471003)

摘　要:针对缸体强度提高所引起的成本增加、收缩倾向增大等问题,开发了一种新型变质剂来代替部分高熔点稳定碳化物的合金元素。通过性能试验和铸件试验,新型变质剂在保证铸件力学性能的前提下可降低铸件生产成本和收缩倾向。

关键词:变质剂;成本;收缩倾向;力学性能
中图分类号:TG251　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)07-0598-03

Application of a New Type of Modifier in Gray Cast Iron

LYU Lehua, XU Haiduo, ZHANG Jieqiong, GUO Yahui, FAN Suichang
(Manufacturing Engineering Center of China YITUO Group Co., Ltd., Luoyang 471003, China)

Abstract: A new type of modifier was developed to replace part of the alloying elements with high melting point stable carbides in order to solve the problems such as cost increase and shrinkage tendency increase caused by the increase of cylinder strength. The results show that the new modifier can not only guarantee the mechanical properties of castings, but also reduce the production cost and shrinkage tendency of castings.

Key words: modifier; cost; shrinkage tendency; mechanical properties

由于柴油机排放标准的提升,非道路国Ⅲ、国Ⅳ柴油机材料已经由原来的HT250替换为HT275,为了保证缸体的强度,不断增加合金Mn、Mo、Cr来保证HT275缸体的性能,合金成本不断增加。同时,Mo、Cr高熔点稳定碳化物元素的增加,提高了HT275缸体的收缩倾向。

笔者从这方面入手,开发低熔点、低收缩性的变质剂,代替HT275缸体使用的高熔点、高收缩性合金Mo、Cr,减少或消除铸件渗漏,降低生产成本。

1　试验条件

熔炼设备是一台50 kg和一台500 kg的中频感应炉,50 kg中频感应炉用来进行变质剂的开发和试验,500中频炉用来开展后期变质剂在缸体上的应用研究和试验。同时准备了生铁、废钢、增碳剂、稀土硅铁、硅铁以及铜、锰铁、铬铁等各种合金。铸件试验时炉前浇注ϕ30 mm的试棒。

收稿日期:2020-10-13
基金项目:国家新材料生产应用示范平台建设项目——农机装备材料生产应用示范平台资助(TC200H01X-5)
作者简介:吕乐华(1987—),河南邓州人,硕士,工程师.主要从事铸造熔炼及快速铸造的研究工作.
Email:lvlh1987@163..com

2　试验结果及分析

2.1　变质剂的开发

目前国内开发使用的变质剂均是不同合金机械混合物质,或者是两个合金熔制的中间合金与其他合金的机械混合物质。由于使用的合金熔点高低不同,熔点高的合金粒度均不大于1 mm,在浇注包内加入使用时,粒度大熔点高的合金如铬、锆等,无法完全溶解,很容易在铸件中形成硬质点,影响铸件的力学性能和加工性能。即使变质剂粒度小于1 mm,在出炉温度较低时也会出现硬质点。其次,变质剂粒度不大于1 mm时,在铁液中加入时容易与随铁液卷入铁液的熔渣中,漂浮在铁液表面除渣时被扒出,或黏附在浇注包包壁或包底上,影响使用效果。第三,机械混合的变质剂各元素成分均匀,容易出现偏析现象,从而引起同一批铸件性能忽高忽低,铸件质量不稳定。因此笔者在开发变质剂过程中完全采用熔制的工艺,不再考虑机械混合。

按顺序在炉内依次加入废钢、铬铁、锰铁、硅铁、锆硅铁、硅钙合金和稀土硅铁等合金,待炉料完全融化,温度达到1 300~1 350 ℃后,可将熔炼的变质剂倒入准备好的冷却槽内,待冷却后破碎,粒度控制在2~5 mm,变质剂成分如表1。

表1 变质剂成分 w(%)

Tab.1 The chemical composition of modifier

	RE	Mn	Cr	Si	Zr	Fe	备注
变质剂	3~8	7~14	10~18	15~30	1~4	余量	粒度为 2~5 mm

由于稀土对铁液具有精炼、消除杂质元素有害影响的作用，消除铅、砷、锡等杂质元素对铁液过冷倾向生成的 D 型石墨和 E 型石墨，减小不同断面厚度铸件的断面敏感性，有效地提高了铸铁的力学性能和冶金质量指标。因此可以用以改善含有微量杂质元素生铁熔炼的铸铁的组织和力学性能[1]。

锆不仅改善铸件的石墨形态，提高力学性能，而且中和铁液中较多的氮含量，减少铸件裂隙状气孔发生的概率。铬的加入可以减少炉内铬铁的加入量，改变铬在铁液中的溶解和凝固特性，降低灰铸铁件的收缩倾向。

2.2 性能试验

变质剂性能试验主要是为了评价其收缩性能和白口倾向以及其对铸件力学性能的影响。为了便于收集变质剂和验证变质剂对收缩性能的影响，专门制作了模样(如图 1)用于缺陷复制。水玻璃砂造型，不加冒口，只设出气片和出气孔。同一炉铁液分 2 包浇注，每包浇注 2 个试棒和一个收缩性验证铸件，出铁 40 kg。

炉料备料：生铁 50 kg、回炉料 50 kg、废钢 150 kg、增碳剂 4.4 kg、75 硅铁 3 kg、65 锰铁 1 kg、铬铁 0.5 kg、铜 1.25 kg、锡 0.112 kg、硫铁 0.4 kg。出炉温度 1 520 ℃，浇注温度控制在 1 400~1 450 ℃。孕育剂和变质剂加入量如表 2，铸件化学成分见表 3，力学性能检测依据两个单铸试棒和一个铸件本体试样（如表 4）。本体检测部位厚度 60 mm，宽 35 mm。

对每个热节剖面缩陷高度进行测量，数据如表 5。2 号铸件的收缩倾向要小于 1 号铸件，并且白口要小于 1 号铸件。使用含有铬、锰低熔点稀土变质剂，减少了高熔点合金 Cr、Mo 使用总量，降低了 HT275 铁液的收缩倾向。

表2 变质剂加入量

Tab.2 Addition amount of modifier

包次	出铁量 /kg	加入量	浇注温度 /℃
第 1 包	40	0.4% 硅铁	1 360
第 2 包	40	0.4%硅铁 +0.4%变质剂	1 380

表 3 铸件化学成分 w(%)

Tab.3 Chemical composition of castings

化学元素	C	Si	Mn	S	P	Cr	Cu	Sn
1 号铸件	3.27	1.78	0.69	0.098	0.025	0.14	0.54	0.045
2 号铸件	3.23	1.88	0.69	0.098	0.025	0.14	0.54	0.045

表4 试验力学性能

Tab.4 Test mechanical properties

铸件	1		2	
单铸试棒编号	1-1	1-2	2-1	2-2
单铸试棒强度 /MPa	246	274	277	281
铸件本体强度 /MPa	232		236	

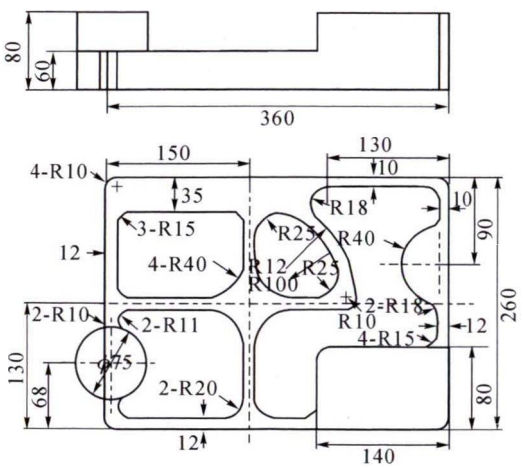
表 5 铸件热节缩陷及白口高度

Tab.5 Hot spot shrinkage and chill height

铸件	1		2	
收缩位置	圆热节	方热节	圆热节	方热节
收缩高度 /mm	7.1	5.2	4.5	5.2
收缩高度 /mm	6.9	5.1	4.8	4.7
激冷试样白口高度 /mm	7		6	

在 2 个铸件的相同位置取金相样（铸件最厚部位），在显微镜下对石墨进行对比分析（如图 2 所示），两个铸件的石墨形态及石长基本一致，组织均为 98%珠光体。

经过变质剂性能试验，铸件的收缩倾向和白口倾向都有所改善，金相并没有得到很明显的改善，但力学性能有一定的提高，这说明变质剂的使用还是对铸件的整体性能有了一定的提高，为了进一步验证变质剂在铸件生产中的作用，我们在缸体的生产中对其性能进行进一步的试验。



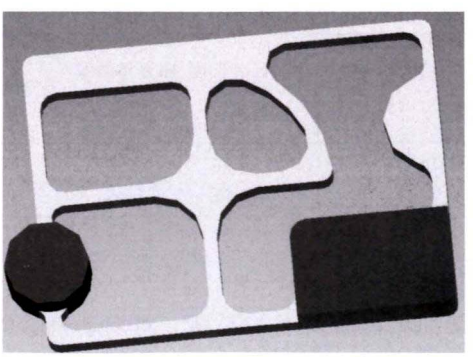
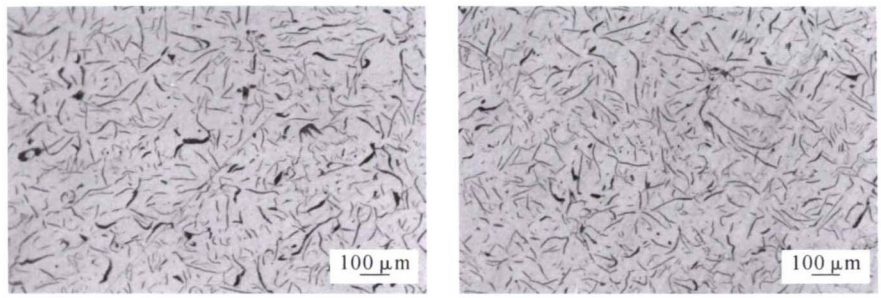


图 1 缺陷分析模样

Fig.1 Pattern used for testing and analyzing shrinkage defects



(a)1号铸件　　(b)2号铸件

图 2 铸件金相

Fig.2 Metallography of casting

表6 铸件金相组织

Tab.6 Metallographic structure of castings

铸件序号	石墨形态	石墨长度（级）	珠光体量（%）	渗碳体量（%）	磷共晶量（%）
1	A	4	98	0	<1
2	A	4	98	<1	<1

2.3 铸件试验

铸件试验采用废钢增碳的方式，废钢:60%~70%,生铁 10%~20%,回炉料 10%~20%,采用包内孕育+随流孕育的方式,包内孕育剂为 75 硅铁,随流孕育剂为硅锶，包内还需加入 0.5%的新型变质剂,并且对原成分进行优化(如表 7),减少了部分合金的加入量,降低生产成本。

解剖铸件,未发现铸件有气孔、渣孔以及缩孔、缩松出现,在铸件的法兰和缸筒位置(如图 3)取样,对其金相(如表 8)和力学性能(如表 9)进行检测、分析。

铸件在使用新型变质剂后，减少了部分合金的加入量,减低了铸件的生产成本,铸件金相良好,组织以珠光体为主,没有碳化物和磷共晶,本体力学性能可达到 250 MPa，满足高强度灰铁 HT300 的要求,且铸件硬度不高,硬度差较小,有利于后续的加工。

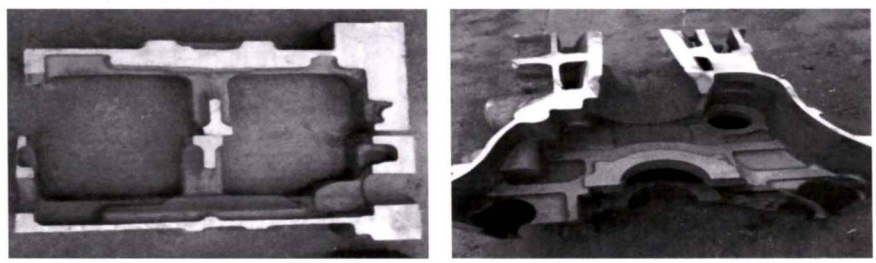


图 3 缸体沿法兰和缸筒截面未发现缩松缺陷

Fig.3 Section of cylinder block along flange and cylinder bore showing no shrinkage porosity

表 7 铁液成分 w(%)

Tab.7 Chemical composition of molten iron

	C	Si	Mn	S	P	Cr	Cu	Sn	Mo
原工艺范围	3.25±0.05	1.95±0.05	0.87±0.05	0.07~0.100	≤0.06	0.27±0.02	0.58±0.025	0.045±0.003	0.20±0.02
炉内成分	3.25±0.05	1.60±0.05	0.70±0.05	0.085~0.100	≤0.06	0.18±0.02	0.58±0.025	0.045±0.003	不加钼铁
试验包内成分	3.25±0.05	1.95±0.05	0.75±0.05	0.08~0.100	≤0.06	0.30±0.02	0.58±0.025	0.045±0.003	不加钼铁

表8 缸体金相组织

Fig.8 Metallographic structure of cylinder block

试验方案	石墨形态	石墨长度（级）	珠光体数量（%）	磷共晶、碳化物数量（%）
0.5%变质剂	90%A 型 +10%B 型	4 级	≥98	无
0.5%变质剂	A 型	4 级	≥98	无

表 9 缸体力学性能

Tab.9 Mechanical properties of cylinder block

试验方案	单铸试棒抗拉强度/MPa		缸体法兰本体性能/MPa	铸件硬度（HB）
	1	2	上下法兰	缸筒内表面
0.5%变质剂	292	282	253,250,254,247	209 203 203

3 结语

随着柴油机排放要求的提高，对发动机缸体缸盖的性能要求也越来越高,提高力学性能的途径不仅仅限于降低碳当量或者增加合金,也可以有更好的办法,本文变质剂的研发及使用既能满足高强度缸体的需要,又降低了铸件生产成本和收缩倾向。

参考文献:

[1] 王玉荣，乌日根. 稀土元素在铸铁中的作用 [J]. 内蒙古石油化工,2006(8):36-38.