

# 低蠕化率蠕铁与球化不良及衰退球铁的区别

赵新武

( 西峡县内燃机进排气管有限责任公司,河南 西峡 474500)

**摘要:**详细介绍了低蠕化率蠕铁、球化不良球铁及球化衰退球铁的区别。金相组织的区别是:低蠕化率蠕铁的球状石墨圆整,蠕虫状石墨粗短,只有极少量的团絮状石墨,没有片状石墨,基体组织细密;球化衰退的球铁石墨形态恶化,开花状石墨和团絮状石墨较多,严重时有片状石墨,组织粗大;球化良好的铸铁,石墨圆整,极少团絮状和蠕虫状石墨,没有片状石墨,组织细密。力学性能的区别是:球化衰退球铁的力学性能已明显下降,低蠕化率蠕铁的力学性能则远高于规定要求,如果采用适当的热处理方法,在冷热交变环境下服役能显示优异性能,因此,不能笼统地将其判为废品。

**关键词:**低蠕化率蠕铁;球化不良;球化衰退;冷热交变环境

中图分类号: TG255

文献标识码: A

文章编号: 1003-8345(2016)02-0049-04

DOI: 10.3969/j.issn.1003-8345.2016.02.009

## Difference Between Low-Vermicularity Vermicular Iron and Poor Nodularized and Degenerate Nodular Iron

ZHAO Xin-wu

( Xixia Intake & Exhaust Manifold Co.,Ltd.,Xixia 474500,China)

**Abstract:**The differences between low-vermicularity vermicular iron,poor nodularized nodular iron and degenerate nodular iron were introduced in detail. The difference of microstructure was as follows:the low-vermicularity vermicular iron had graphite nodule of good roundness,thick and short vermicular graphite,a very little of quasi nodular-temper graphite,no flake graphite, and dense-fine matrix structure. The difference of mechanical properties was as follows:the degenerate nodular iron has obviously decreasing mechanical properties,the low-vermicularity vermicular iron has mechanical properties much higher than stipulated requirements. If adopting proper heat-treating process,the low-vermicularity vermicular iron could show excellent properties under the cold-heat alternating circumstance,therefore,it would be not proper to consider it generally as the unqualified casting.

**Key words:**low-vermicularity vermicular iron;poor nodularity;degenerate nodularity;cold-heat alternating circumstance

收稿日期:2015-10-11

修定日期:2016-03-03

作者简介:赵新武(1949-),男,河南邓州人,高级工程师,主要从事铸造工艺研究工作。

## 5 结论

(1) 生产具有手枪芯结构的薄壁蠕墨铸铁气缸盖时,一定要保证手枪芯的强度,不能以常规砂芯的强度标准为基准,制芯时要提高树脂加入量,使试块的抗压强度达到 7~8 MPa,这样才能满足工艺要求。

(2) 铸型中的小砂芯一定要固定牢靠,因为如果浇注时小芯晃动,同样会导致呛火。

(3) 由于气缸盖要求做水压、气密性检测,应该采用过滤网挡渣,减少夹渣、夹砂等夹杂类缺

陷造成的压漏。

## 参 考 文 献

- [1]刘喜俊.铸造工艺学[M].北京:机械工业出版社,1999.
- [2]李明,齐少豹.6M26 蠕铁气缸体的生产工艺[J].现代铸铁,2015,(02):54-59.
- [3]崔炜,吴宝成,李超贵,等.覆砂铁型工艺生产薄壁排气管件[J].现代铸铁,2015(03):46-48.
- [4]陆文华,李隆盛,黄良余.铸造合金及其熔炼[M].北京:机械工业出版社,2007.

(编辑:吕姗姗,E-mail:xdzt\_lss@126.com)

国内外各蠕墨铸铁生产企业对蠕化率的要求不一致:有的要求蠕化率高于 50%,有的要求蠕化率高于 60%。只要高于规定要求,无论蠕化率是 80%还是 90%都认为是合格的,但其使用效果并不一致。在台架试验或正常跑车时,蠕化率越高越容易开裂,蠕化率低反而不容易开裂。因此,不少发动机生产厂家把排气歧管管壁的蠕化率规定为 50%~30%。蠕化率为 50%~30%的排气歧管在承受冷热交变的恶劣环境下的疲劳性能远高于高蠕化率铸铁和球墨铸铁,如表 1、表 2 所示。

笔者将蠕化率为 50%~30%的铸铁称为低蠕化率铸铁,以区别于蠕墨铸铁(蠕虫状石墨所占比例高于 50%)。ISO 16112:2006《蠕墨铸铁——分类》规定将蠕化率高于 80%的才是合格的蠕墨铸铁,也就是说蠕化率低于 80%是不合格的,我国历来是把蠕化率低于 50%的铸铁当做废品处理。

石墨形态的演变过程如图 1 所示,由图 1 可见,在蠕墨铸铁与球墨铸铁之间是蠕化率在 50%

~30%的铸铁,这些铸铁也就是球化率在 50%~70%的球化衰退的球墨铸铁或球化不良铸铁。这样笼统的划分可能不太确切,下面将讨论灰铸铁、蠕墨铸铁和球墨铸铁这 3 种铸铁的区别,说明什么情况属于合格,什么情况属于不合格。

蠕墨铸铁是性能介于灰铸铁和球墨铸铁之间的一种工程材料,它兼顾了灰铸铁和球墨铸铁的优势,当蠕化率由高到低时,蠕墨铸铁的铸造工艺性能、切削加工性能、力学性能和物理性能等均会逐渐变化。灰铸铁转变为蠕墨铸铁的过程中有一个临界点,100%片状石墨和 100%蠕虫状石墨是不存在的,但蠕化率高于 95%的蠕墨铸铁包含了 100%的蠕虫状石墨,其实蠕墨铸铁蠕化率达到 100%也就是到达了灰铸铁和蠕墨铸铁的临界点,此时铸铁的性能发生了质的变化。不同的热处理可以改变蠕墨铸铁的金相组织和力学性能,但基本上不可以改变灰铸铁的组织 and 性能。蠕墨铸铁和球墨铸铁之间没有临界点,随着蠕虫状石墨逐渐减少,球状石墨逐渐增多,材料的铸造工艺性能、切削加工性能、力学性能和物理性能都逐渐的发生着变化,在这个渐变过程中有一个材料被作为废品处理的区间。因此,正确区分低蠕化率铸铁、球化不良铸铁和球化衰退铸铁,才能正确地生产和使用低蠕化率铸铁材料。

## 1 球化处理和蠕化处理的差别

众所周知,球化处理过的铁液随着时间的推移会发生球化衰退,球状、团状、团絮状和蠕虫状石墨都有向片状石墨变化的趋势,直至石墨由球状变成片状,这个过程才会结束,生产过程中铁液的球化率只要符合规定的范围即可判为该材料合格。蠕墨铸铁蠕化处理可以通过加入量不同的蠕化剂得到蠕化率不同的蠕墨铸铁,低蠕化率铸铁也是通过调整蠕化合金的加入量来控制。

球化处理后的铁液随着时间的推移,会逐渐发生球化衰退(如果不考虑其它因素),球化衰退的铁液石墨球数量减少,球形恶化,力学性能下降,完全衰退的铁液表现为晶粒粗大,石墨形态多为片状,是没有任何使用价值的铸铁。一般情况下,如果球化处理过的铁液经过一段时间后,球化率低于 70%,即视为球化衰退。球化处理后,如果炉前检测发现球化率不符合要求,球化率低

表 1 3 种铸铁的耐开裂性能<sup>[2]</sup>

Tab.1 Anti-cracking property of three cast irons<sup>[2]</sup>

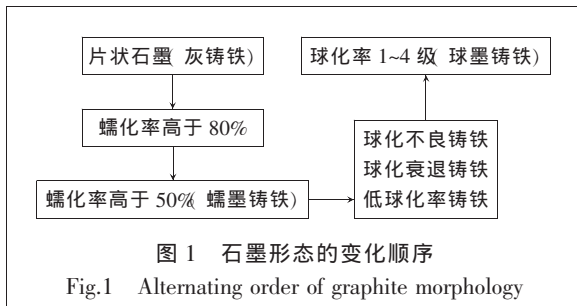
铸件类别	珠光体体积分数(%)	出现裂纹循环次数/次		
		250~500 ℃	250~700 ℃	250~900 ℃
HT200	100	7 900	383	120
蠕墨 蠕 90	30	11 250	1 362.5	513
铸铁 蠕 50	50	15 760	1 650	660
球墨铸铁	75	18 000	1 433	636

表 2 蠕墨铸铁和灰铸铁轧辊金属型使用寿命比较

Tab.2 Working life comparison between vermicular iron mould and gray iron mould used for roll casting

材料种类	蠕墨铸铁蠕化率(%)			灰铸铁
	40~50	50~80	>80	
平均使用寿命/次	384	374	310	135

注:蠕墨铸铁基体组织为珠光体体积分数 40%~50%,铁素体体积分数 50%~60%,蠕化率高者铁素体多。



于 70%)，视为球化不良。球化衰退和球化不良的区别是：前者是指由球化合格变为不合格，后者是指在球化处理结束时就已经不合格的球墨铸铁。球化不良有可能是低蠕化率铸铁，最早的蠕虫状石墨就是通过球化不良或球化衰退得到的。

蠕化处理过的铁液也有蠕化衰退的问题，随着时间的推移，蠕化率升高。当组织中出现有片状石墨时，材料即为不合格。在技术标准或在技术要求中只规定蠕化率的下限，不规定蠕化率的上限，而低蠕化率铸铁是指蠕化率在 50%~30% 的铸铁，蠕化率有上下限。

## 2 金相组织的差异

低蠕化率、球化不良和球化衰退铸铁在球化率和蠕化率评定时可能得到同一个评定数据，如球化率 65%，属于球化 5 级，按照 GB/T 1348-2009 属于不合格球墨铸铁，生产过程中被判为球化衰退或球化不良。反过来也可评为蠕化率 35%。图 2 是蠕化率为 35% 的铸铁 RuTSi4Mo，低蠕化率铸铁），球状石墨和蠕虫状石墨的形态都非常好。图 3 是球墨铸铁浇注到最后一箱的金相组织（QTRSi4Mo，球化衰退铸铁），球状石墨不圆整，石墨已严重开花，蠕虫状石墨的形态也发生了变化。图 4 是球化率 96% 的铸铁 QTRSi4Mo，石墨形态恶化是球化衰退的显著特征。在进行金相组织评定时，虽然球墨铸铁金相 GB/T 1348-2009 和蠕墨铸铁金相检验 GB/T 26656-2011 的评定方法不一样，且受评定标准的影响，但为了讨论问题的方便，对蠕化率和球化率的评定都采用球化率的评定标准，如近似为 65% 的球化率也可以评定为 35% 的蠕化率，但球化率和蠕化率二者之

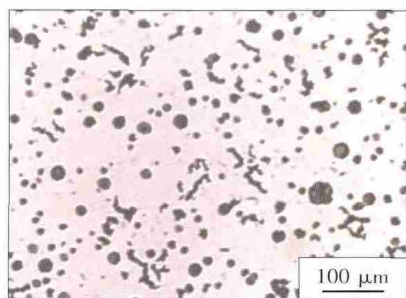


图 2 蠕化率 35% 的金相组织  
Fig.2 Microstructure of 35% vermicurity

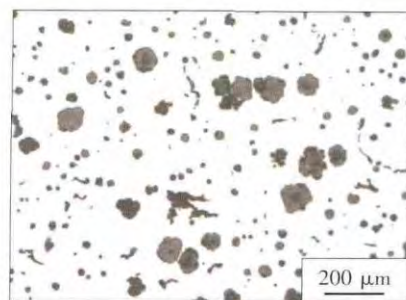


图 3 球化率 65% 的金相组织  
Fig.3 Microstructure of 65% nodularity

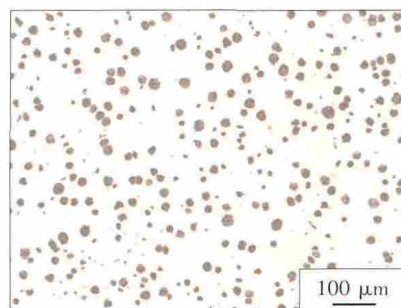


图 4 球化率 96% 的金相组织  
Fig.4 Microstructure of 96% nodularity

间不是互逆的，有本质的差别。

上述 3 种铸铁的金相组织差异总结如下：

- (1) 低蠕化率铸铁的球状石墨圆整，蠕虫状石墨粗短，只有极少量的团絮状石墨，没有片状石墨；组织细密，断面呈银白色，敲击声音清脆。
- (2) 球化衰退的球铁石墨形态恶化，开花状石墨和团絮状石墨较多；严重时有片状石墨，组织粗大，断面发灰，无金属光泽，敲击声音沉闷。
- (3) 球化良好的球墨铸铁，球墨圆整，极少团絮状和蠕虫状石墨，没有片状石墨；组织细密，断面呈银白色，敲击声音清脆。

## 3 力学性能的差异

球化衰退的球墨铸铁件除了石墨形态恶化，晶粒粗大，还会导致力学性能降低。表 3 是在材料成分基本相同情况下铸态本体取样的 QTRSi4Mo 和 QTRSi4Mo 球化衰退的球墨铸铁、RuTSi4Mo 低蠕化率蠕墨铸铁的力学性能。由表 3 可见，球化衰退球墨铸铁的力学性能已明显下降，低蠕化率蠕墨铸铁的力学性能远高于规定要求。从

表3 3种铸铁的力学性能对比  
Tab.3 Mechanical properties comparison of  
three cast irons

材料类别	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	伸长率/%	金相组织
QTRS4Mo	556	440	14.5	球化率 96%, F $\geq$ 90%
QTRS4Mo 球化衰退	395	370	3.5	球化率 65%, F $\geq$ 90%
RuTSi4Mo	550	445	12	蠕化率 35%, F $\geq$ 90%

RuTSi4Mo 本体制取  $\phi$  5 mm 铸态试棒的蠕化率为 35%，铁素体体积分数  $\geq$  90%，抗拉强度 550 MPa，屈服强度 445 MPa，伸长率 12%。如果采用不同的热处理方法，RuTSi4Mo 的力学性能会得到更大的提高，在冷热交变环境下服役更能展示低蠕化率蠕墨铸铁的优异性能。

## 4 结束语

蠕化率低于 50% 的蠕墨铸铁被判为废品，球化率低于 70% 的球铁被判为废品。在蠕化率从高到低和球化率从低到高的变化过程中，低蠕化率蠕墨铸铁处于变化过程的中段，这种低蠕化率蠕墨铸铁的某些特定性能是高蠕化率蠕墨铸铁与

球墨铸铁不可能有的。球化衰退的球墨铸铁和球化不良的球墨铸铁均为不合格的球墨铸铁，在金相组织评定时，一定要严格区分是低蠕化率蠕墨铸铁还是球化衰退球墨铸铁和球化不良球铁。蠕化率低于 50% 的蠕墨铸铁与球化率低于 70% 的球墨铸铁的组织可能相似，可以认为是低蠕化率铸铁，也可以认为是球化不良球墨铸铁或球化衰退球墨铸铁。铸件合格与否应根据其具体用途，并且按照相应的技术条件和有关标准判定。在冷热交变的特定环境下，低蠕化率蠕墨铸铁具有许多优异性能，不应笼统地将其判为废品。

## 参 考 文 献

- [1] 邱汉泉. 国内外蠕墨铸铁牌号标准述评[J]. 铸造, 2009(10): 1 080-1 081.
- [2] 赵新武, 杨敦. 50%~30% 中、低蠕化率铸铁的性能及应用[J]. 现代铸铁, 2012(01): 19-24.
- [3] 任巨良. 用蠕墨铸铁生产轧辊金属型[J]. 中国铸造装备与技术, 1996(04): 33-34.

(编辑: 吕姗姗, E-mail: xdzl\_lss@126.com)

(上接第 45 页)

多。为此，对于这类铸型，在砂箱与型板之间的 4 个角上各安装螺旋或液压千斤顶，起模时同时按压千斤顶，待铸型与模样有轻微松动分离时，再用行车起吊砂箱铸型，从而解决上述铸型夹紧模具的问题，有利于保证铸型完好无损。

### 2.4.3 铸型装配时校正较大铸型的分型面

较大铸型摆放时，若基础不在同一平面，则很容易造成铸型扭曲，导致铸件变形扭曲，即使砂箱刚度很好，也较难保证不发生这种情况，因此，在较大铸型装配时，必须检查分型面是否为同一平面，若发现不在同一平面，则必须调整基础支点的高低，使分型面恢复为同一平面才能继续操作。

此外，铸型装配时必须注意砂芯的排气道位置与砂型的排气道位置保持一致。

### 2.4.4 时效处理

为使铸件尺寸精度能长久保持不变，铸件粗加工后应进行时效处理，采用热时效去应力处理，时效炉为电脑控制的天燃气时效炉，可以有效地控制升温、保温时间和温度，并达到炉内温

度均匀。

## 3 结束语

机床铸件由于结构较复杂、尺寸较大且壁厚差较大，铁液在铸型内流动距离长，因而常出现气孔夹渣缺陷，通过提高铁液熔化温度、适当提高浇注温度并采取上述型砂及铸造工艺方面的措施，铸件的表面粗糙度达到  $Ra$  12.5~50  $\mu m$ ，批量生产的铸件尺寸精度达到 CT11 级，铸件缺陷废品率降低至 3%。

## 参 考 文 献

- [1] 万仁芳. 浅谈近年来铸铁件的发展[J]. 现代铸铁, 2014(03): 15-24.
- [2] 钱立, 王峰. 灰铸铁、球墨铸铁中的微量杂质元素[J]. 现代铸铁, 2014(02): 86-88.
- [3] 巩济民, 万仁芳, 于永来. 从 2014 年北京展会看我国铸造企业的发展[J]. 现代铸铁, 2015(01): 19-22.
- [4] 李鹏明, 刘源, 王铸, 等. 数控车床床身铸件的铸造工艺改进[J]. 现代铸铁, 2016(01): 74-78.

(编辑: 王 峰, E-mail: xdzl\_wf@wxlawfc.com)