● 生产技术 Production Technology ●

DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.06.014

音频技术在蠕墨铸铁检测中的应用

周 飞

(安徽海立精密铸造有限公司,安徽 马鞍山 238101)

摘 要:蠕墨铸铁传统判定蠕化率的检测方式是在同一批铸件中抽样检测本体金相,该方式具有检测准确的优点。缺点是当铸件质量不稳定时,不能满足对所有铸件产品进行百分之百的检测。结合音频检测的原理,H 公司与设备商开发了一套蠕墨铸铁飞轮音频设备,对飞轮金相(不同蠕化率)与音频进行了对比试验。结果表明,音频检测法是可靠的,飞轮的蠕化率与音频频率成线性关系,并确定了音频频率检测范围。此外,音频法还可以间接检测敲击处是否存在缺陷。

关键词:蠕墨铸铁;蠕化率;音频频率

中图分类号:TG143.49 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-8365(2019)06-0573-04

Application of Audio Frequency Method in Vermicular Graphite Cast Iron Inspection

ZHOU Fei

(Anhui Highly Precision Casting Co., Ltd., Ma′anshan 238101, China)

Abstract: The traditional method to determine vermicular rate of vermicular cast iron was to sample and test the metallography of the same batch of castings. The disadvantage was that when the casting quality was unstable, it can not meet the requirement of 100% inspection of all casting products. Combined with the principle of audio detection, H company and the equipment manufacturer developed a set of vermicular graphite cast iron flywheel audio equipment, and carried out a comparative test between the flywheel metallography (different vermicular rates) and audio. The results show that the audio-frequency detection method is reliable, and the creep rate of flywheel is linear with the audio-frequency, and the audio-frequency detection range is determined. In addition, the audio method can also indirectly detect whether there is a defect at the percussion.

Key words: vermicular graphite cast iron; vermicular graphite rate; audio frequency value

蠕墨铸铁与灰铸铁和球墨铸铁相比,具有成本和灰铸铁相当,比球墨铸铁低;强度比灰铸铁高、铁液流动性和补缩性等铸造性能比球墨铸铁好;耐热疲劳性比灰铸铁和球墨铸铁高等一系列优点[1]。近年来蠕铁铸件在汽车离合器零件中得到广泛的应用,如离合器中的压盘和飞轮,而且对其质量要求越来越高。鉴定蠕墨铸铁的力学性能的标准之一是蠕化率,蠕化率的高低直接决定了铸件性能的优劣,因此能快速的检测出蠕化率,有助于及时调整,生产合格性能的铸件。蠕化率的常规检测方法是从同一批铸件中抽样切割做金相检验,由人工对应国标判定蠕化率,该方法既费力又费时,且带着人员主观性。虽然金相法直观,检验结果正确,但不能满足所有产品进行百分之百的检测。本文结合国内外无损检测技术,利用音频技术对 H 企业生产的蠕墨铸铁飞轮件检测,并与金相结果比较,音频技术能满足快速 100%无损检测铸件。

收稿日期:2019-01-04

作者简介:周 飞(1970-),江苏无锡人,本科,工程师.主要从事铸造技术及管理方面的工作.电话:15764176796,E-mail:s.you@anycasting.com.cn

1 音频原理

当对两端自由、中点支承的杆状试件进行瞬时端部激振并达到共振状态时,可得到固有振动模态。其一阶固有频率与材料的动态弹性模量之间,存在着下列关系[2]:

$$f_0=\frac{1}{2l}\sqrt{\frac{Eg}{\rho}} \tag{1}$$

式中,f_0 为一阶固有频率,又称共振频率,Hz;E 为材料动态弹性模量,MPa;l 为试件长度,mm;g 为重力加速度,9.8 m/s^2;ρ 为试件材料密度,kg/m^3。

固有频率 f_0 正相关于物体的弹性模量 E 值。铸铁是具有弹性的材料,其弹性模量 E 是一个组织不敏感参量,主要决定于石墨的形状、大小、数量和分布[3]。从灰口铸铁、蠕墨铸铁到球墨铸铁,由于石墨

存在形态的变化，弹性模量是不同的，因此任何影响弹性模量 E 的改变，都会影响到共振频率。音频法可用于测定在外力激振下铸件振动的音频参数，因此弹性模量的变化都会在音频上反映出来。这就包括了材质、结构等因素，另外，形状和件重也会明显影响检测结果。

2 实验

2.1 实验方法

H 企业与音频设备供应商合作，开发了一套针对蠕墨铸铁飞轮的音频设备，如图 1(a)所示，铸件通过机械臂卡爪运输到支架托盘上，调整机械小锤的位置，敲击飞轮摩擦面，飞轮产生振动，由计算机接受和分析音频信号，计算出铸件的振动频率。铸件不同的蠕化率，蠕虫状石墨数量亦会不同，会影响振动频率的大小。如图 1(b)所示，材质合格的同型号蠕铁铸件，经过验证，铸件相同位置敲击之后，频率图上对应有稳定的振幅和波峰，所以可以选取此稳定的振幅所对应的频率作为参考设定值，根据蠕化率的不同，选择频率范围，可以遴选蠕化率合格的铸件。因此通过检测飞轮的振动频率，可以鉴定飞轮的蠕化率是否合格，实现无损检测。

2.2 实验结果

H 企业生产的蠕墨铸铁飞轮，为离合器重要的配件之一，技术标准要求合格飞轮的蠕化率为 20%~80%。针对某款飞轮铸件，半年来收集不同蠕化率的样件，采用音频设备无损检测，确定音频检测范围。同时收集不同蠕化率的铸件的金相，金相观察的位置为浇口对面(100 倍)，浇口对面的区域为铸件金相组织相对较差的区域，金相示意图如图 2 所示，图中斜剖线为蠕化率评价区域(即为飞轮摩擦面位置)。

蠕墨铸铁生产过程中，影响蠕化率的因素有很多，如炉料配比控制、化学成分控制、蠕化剂加入量控制、孕育剂加入量、铁液温度、浇注时间控制等，为获得理想的蠕化率，要采用合理的工艺方法和生产技术，以及精确的操作。在实际生产过程中，诸多因素的影响，同一铸件往往会获得不同蠕化率，图 3(a)~(f)为 H 企业半年内生产的某款飞轮不同蠕化率以及灰铁化、球铁化的金相图片(100 倍)。

H 企业生产的蠕铁飞轮采用的冲包法，中间包中依次加入蠕化剂、孕育剂、覆盖铁片，要求蠕化剂完全被 Fe-Si 片盖住。生产过程中，孕育效果的好坏会导致不同比例的蠕化率，正常生产此飞轮的蠕化率控制在 40%~65%之间，如图 3(d)、(e)所示。某次生产过程中，浇注包内多加 1 包孕育剂，导致蠕化率降低为 20%~25%，如图 3(c)所示。某次生产过程中，随流管未对准浇口，导致随流孕育剂进入到型腔内的量减少，随流孕育效果不佳，导致金相蠕虫的数量增加，球化的石墨球数量减小，蠕化率为 75%~80%，图 3(f)中所示。挑选不同蠕化率的铸件各 50 件，同时做球墨铸铁的极限样件(图 3a 所示)和灰铸铁的极限样件(图 3b 所示)，通过音频设备检测，选取稳定的幅值(振幅＞0.4)和共振波峰，以此波峰的频率值为基础，设定初步频率范围 4 600~5 100 Hz，不同蠕化率的检测范围，如表 1 所示。其中灰铁极限样件在此频率范围内无数值，其共振频率图如图 4 所示，与蠕墨铸铁相比(图 1b)，无稳定振动波峰，且幅值很小。

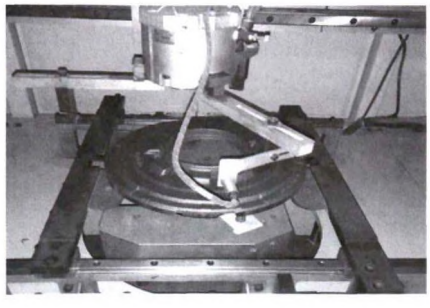
表1 不同蠕化率对应的音频频率

Tab.1 The audio frequency value corresponding to different vermicular rates

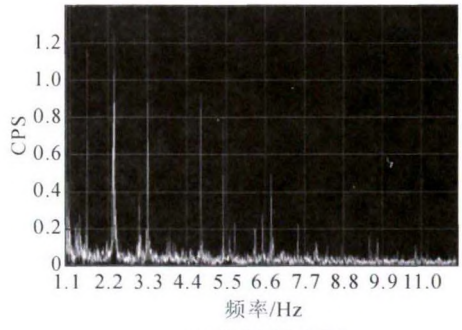
蠕化率(%)	音频频率范围 /Hz	平均值 /Hz
0(球铁)	4 971~5 039	4 994
20~25	4 898~4 956	4 929
40~45	4 822~4 873	4 832
60~65	4 758~4 806	4 791
75~80	4 682~4 752	4 723

2.3 结果分析

上述测量理论和 300 件飞轮音频测试结果分析，音频方法获得的频率数值与基体的金相组织是



(a)飞轮检测装置图



(b)共振频率图

图 1 飞轮检测装置及其共振频率结果

Fig.1 The flywheel detection and the image of resonant frequency value

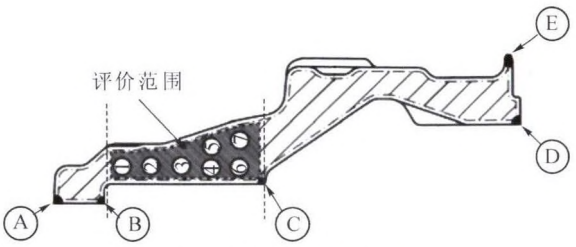
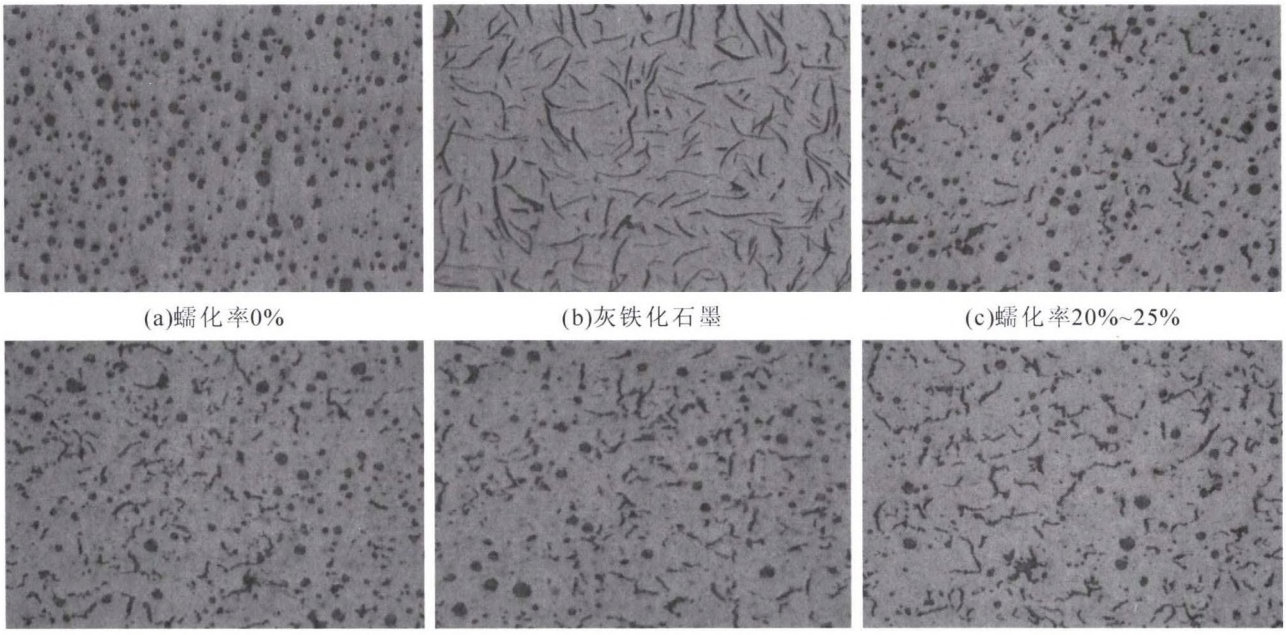


图 2 金相检测评价区域

Fig.2 The evaluation area of metallographic inspection

相互联系的。对比分析,金相测得蠕化率和音频设备测量的频率值成线性关系,如图 5 所示,音频平均频率,蠕化率越高,频率越低。飞轮的技术标准要求蠕化率 20%~80%,考虑到测量误差的因素,可以调整设定频率检测范围,为 4 700~4 900 Hz。

蠕墨铸铁的技术标准规定不允许出现片状石墨,如图 3(b)所示出现的灰铁化石墨是不允许存在的,前面所述石墨形态是影响铸件振动频率的重要



(a)蠕化率0%　(b)灰铁化石墨　(c)蠕化率20%~25%

(d)蠕化率40%~45%　(e)蠕化率60%~65%　(f)蠕化率75%~80%

图 3 不同蠕化率的金相图

Fig.3 The microstructure of different vermicular rates

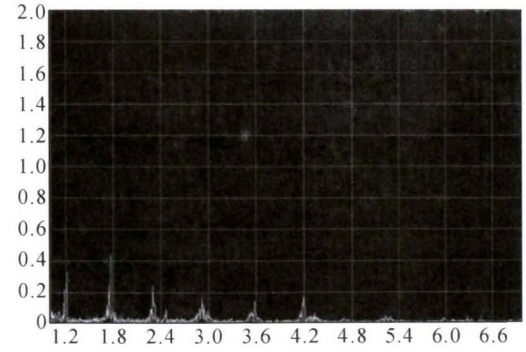


图 4 灰铁共振频率图

Fig.4 The image of resonant frequency value for gray iron

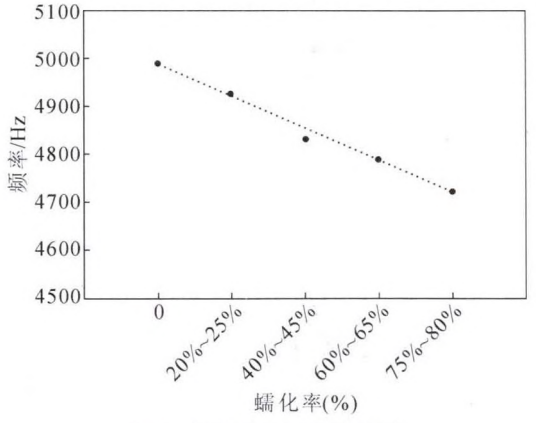


图 5 音频平均频率线性图

Fig.5 The average frequency value linear graph

因素,蠕墨铸件本体中出现灰铁化片状石墨,片状石墨的出现,对基体的割裂作用降低了铸件的弹性模量,从而降低铸件的共振频率。图 1(b)和图 4 的共振频率图对比看出,蠕墨铸铁和灰铸铁有明显的区别,因此可以通过音频设备检测出灰铁铸件。

2.4 特殊案列

在实际音频检测的过程中,出现蠕化率 60%~65%范围内,而频率低于检测范围的现象。经过 X 光探伤检验及车削加工验证,发现摩擦面有缩松缺陷的存在,位置位于音频检测机械小锤检测的位置,如图 6 所示。H 企业生产的蠕墨铸铁采用的是垂直生产线,蠕墨铸铁的凝固方式与球墨铸铁相似,都为黏糊状凝固方式,易发生内部缩孔与缩松。缩松的存在,可理解为铸件在振动过程中能量发生损耗,降低了共振频率。机械小锤敲击的位置,位于飞轮摩擦面,因此音频检测可以间接的检测出敲击位置是否

图 6 缩松示意图
Fig.6 Shrinkage morphology

有缩孔或者缩松。

3 结论

H公司蠕墨铸铁飞轮的型号越来越多，传统的检验方法是批量生产过程中，集合快速金相法、随线产品本体金相、力学性能检验确定铸件的材质，这个方法不能满足100%铸件检验的要求，而且金相的检测属于破坏性检测，有一定的人为因素，所以H公司开发飞轮音频检测设备具有重大的意义。音频检测法是可靠的，不仅可以检测合格蠕化率的铸件，且蠕化率和音频值成线性关系，还可以检测铸件是否出现灰铁化，以及有缩松的铸件。音频法可以实现100%铸件的无损检测，提高检验效率和节约检测成本，目前H公司的检测的方法是金相法加音频法，保证100%的铸件被检测，后续推广到其他类型的蠕墨铸铁飞轮。

参考文献：

[1] 杨维沛. 超声波检测技术在测定蠕墨铸铁蠕化率中的应用[J]. 装备制造技术，2007(7): 103-104.

[2] 柏逢明. 球墨铸铁音频检测仪的研制[D]. 吉林：吉林工业大学，1991.

[3] 徐振宇，李大勇. 球墨铸铁球化孕育效果评价方法研究进展评述[J]. 铸造，2014，63(3): 237-240.

TSFA便携式非接触红外测温仪
铸造测温的跨越

采用德国技术，激光/望远镜瞄准，只要扣动按键，炉内熔化温度、出炉温度、浇包温度、浇注开始与终了温度、冒口溢流温度就会瞬间显示。全程检测，快速、准确、方便。4米内目标不受距离影响。测温范围：1000~2000℃，铸铁、铸钢、铝铜不同合金发射率可调。

产品特点及技术参数

- 瞄准方式：激光/望远镜瞄准
- 目标距离：4 m 内测量与距离无关
- 激光聚焦：3600 mm距离激光聚焦为24 mm光斑
- 测量模式：最大值/最小值显示/记忆功能
- 扫描功能：对测量目标快速扫描并显示出测量的最大值
- 报警方式：高低温声光报警
- 存储功能：2000 个数据点

唐盛电子

纳米级短波精确测量物体温度，特别是熔融金属液态温度；带USB接口及软件，可设定仪器参数、存取数据可下载、连接计算机可以显示实时温度及温度曲线，对合金熔化及浇注温度的控制提供可靠的适时测量。

西安唐盛电子有限责任公司

地址：西安市雁翔路132号开元新村4单元201室
电话：029-83290862　　传真：029-88473613
Email: xatomson@163.com　　QQ：517221382