

温度对非荧光水磁悬液连续法磁粉探伤的影响试验

余世明¹, 王华明¹, 朱志彬²

(1. 湖南省特种设备检测中心, 长沙 410075; 2. 厦门市锅炉压力容器检验所, 厦门 361003)

摘要:通过不同温度下磁悬液的分散性试验和磁粉探伤试验, 研究温度对非荧光水磁悬液连续法磁粉探伤的影响。试验表明, 磁悬液的分散性能随着温度的升高而升高, 因此温度对探伤灵敏度有一定的影响。选择合适的磁悬液温度, 能提高缺陷的检出率。

关键词:磁粉探伤; 磁悬液; 温度; 灵敏度; 检出率

中图分类号: TG115.28

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2008)04-0235-02

Effect of Temperature on Non-fluorescent Suspension Continuous Inspection

YU Shi-Ming¹, WANG Hua-Ming¹, ZHU Zhi-Bin²

(1. Hunan Special Equipment Inspection & Testing Center, Changsha 410075, China;

2. Xiamen Boiler and Pressure Vessel Inspection Institute, Xiamen 361003, China)

Abstract: Through different temperature of magnetic suspension under the decentralized testing and magnetic particle inspection experiment, the impact of water temperature on the non-magnetic suspension for fluorescent magnetic particle inspection was researched. Testing results showed that the dispersion properties of magnetic suspension varied greatly with the rises of temperature, so the stability of magnetic suspension was affected greatly by temperature. So choice of a suitable magnetic suspension temperature could increase the detection rate of magnetic particle testing.

Keywords: Magnetic particle testing; Suspension; Temperature; Sensitivity; Detection ratio

磁粉探伤中使用的非荧光水磁悬液一般是由磁粉和水按一定的比例混合而成。它是一种固-液分散体系, 分散介质为水, 分散相为磁粉^[1]。通常的研究大多为常温下磁悬液的浓度对磁粉探伤灵敏度的影响。实际检测工作中, 由于容器介质的温度较低, 导致容器的外壁温度低于室温, 甚至接近零度, 因此研究不同温度下非荧光水磁悬液连续法磁粉探伤十分有意义。

1 磁悬液的配制

试验采用 HB-1 型黑磁膏, 其组成成份有磁粉、防锈剂、消泡剂、润湿剂、分散剂和防沉剂等, 其铁磁材料性能为 Fe_3O_4 含量 $>95\%$, 磁性称量 $>8\text{g}$, 比

重 $5.2\sim 5.5\text{ g/cm}^3$, 颗粒度 >320 目, pH 值为 $8\sim 8.5$, 磁粉颗粒度呈不规则状, 平均颗粒粒度直径 $d=1.06\text{ }\mu\text{m}$ 。

磁悬液的浓度通常用每升磁悬液中所含磁粉的重量(g/L)或每 100 mL 磁悬液沉淀出磁粉的体积(mL/100 mL)来表示。前者称为磁悬液的配制浓度, 后者称为磁悬液的沉淀浓度。磁悬液的浓度对显示缺陷的灵敏度影响很大, 浓度过低, 影响漏磁场对磁粉的吸附量, 使得磁痕不清晰; 浓度太高, 在工件表面滞留很多磁粉, 形成过度背景, 掩盖缺陷的显示。推荐配制浓度为 $10\sim 25\text{ g/L}$, 沉淀浓度为 $1.0\sim 2.5\text{ mL/100 mL}$ 。试验中使用的配制浓度为 11 g/L , 沉淀浓度为 1.2 mL/100 mL 。

2 温度对磁悬液性能的影响

试验采用的磁粉平均颗粒度 $d=1.06\text{ }\mu\text{m}$, 因此

收稿日期: 2007-04-23

作者简介: 余世明(1956—), 男, 工程师, 从事压力容器检验。

用它配制的磁悬液所形成的是一种离散型分散体系。磁悬液的性能主要取决于分散介质和分散相各自的特性以及它们之间的相互作用。磁悬液的黏度对检测灵敏度有影响,黏度过大,磁悬液的流动性差,磁粉易沉积在工件表面上,不能形成有效的缺陷磁痕;黏度过小,虽磁悬液流动性好,在漏磁场作用下亦只能形成部分磁痕显示,大部分磁粉随磁悬液流走,漏检率高。

磁悬液中的颗粒受两种力,第一种是重力,在静止的情况下,重力沉降遵循 Stokes 定律,沉降速率表达式^[2]为:

$$v_0 = 54.5d^2 \frac{\delta - \rho}{\mu} \quad (1)$$

式中 δ ——磁粉的密度, g/cm^3 ;
 d ——磁粉的平均直径, cm ;
 ρ ——水的密度, g/cm^3 ;
 μ ——水的黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

式(1)可见,沉降主要与磁粉的粒度相关,但水载液的性能对沉降速率也有较大的影响。因为水载液的密度与黏度随着温度的变化而变化。磁悬液中颗粒所受第二种力是扩散力,磁粉颗粒受到水分子的热运动的无序碰撞,这种无序碰撞引起磁粉颗粒的扩散位移,通常称为布朗运动。布朗运动受温度的影响很大,较高温度时,分子扩散运动剧烈,温度较低时则反之。

测量一种分散体系的稳定性通常有很多种方法,例如沉降法、浊度法和显微镜法等。为了测量不同温度下磁悬液的稳定性,试验采用沉降法,即用电子天平直接测定颗粒的沉降速率,公式如下:

$$F_s = \frac{W_0 - W}{W_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中 F_s ——分散率;
 W_0 ——分散体系中磁粉颗粒的总质量;
 W ——某一时间沉降的磁粉颗粒的质量。

采用前述配置的磁悬液进行试验,得到不同温度下的分散率曲线如图 1 所示。从图上可以看出,随着温度的升高,其分散率上升。试验结果表明在高温下磁悬液的分散效果好。

3 温度对磁粉移动的影响

在磁粉探伤中工件表面的温度变化仅对水载液的性能产生影响。当工件温度过低时,水载液将凝固,黏度增大,使得磁粉在工件表面难以移动,从而影响探伤的灵敏度。磁粉向漏磁场的迁移所受的力

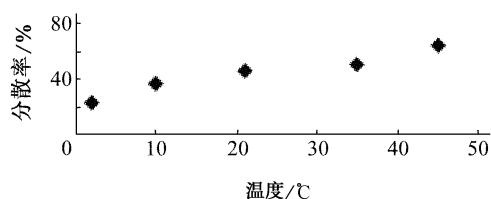


图 1 磁悬液在不同温度下的分散率

是多个作用力的矢量和,即^[3]:

$$F_{\text{合}} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 \quad (3)$$

式中 $F_{\text{合}}$ ——向缺陷漏磁场迁移磁粉颗粒的力;
 F_1 ——缺陷漏磁场对磁粉颗粒的吸引力;
 F_2 ——磁粉颗粒所受的重力;
 F_3 ——介质流动时对磁粉颗粒的作用力;
 F_4 ——磁粉颗粒在磁悬液中所受的浮力。

式(3)可见, $F_{\text{合}}$ 越大,磁痕显示越清晰,灵敏度越高。对于同一工件缺陷,相同磁化条件下 F_1 和 F_2 相同,而 F_3 和 F_4 受水载液性能的影响,当温度变化时水的密度和黏度也随着变化。由于磁粉颗粒的体积很小,根据公式 $F_{\text{浮}} = \rho g V$ 可知,磁粉受到的浮力很小,可以忽略。但是温度对水载液的黏度影响很大,当温度下降到接近水载液的凝点温度时,磁粉受到的流体介质的阻力很大,使得磁粉难以移动,从而影响磁痕的形成。综上所述,缺陷磁痕的形成只有在漏磁场吸引力克服了磁粉颗粒的重力、磁悬液介质的粘滞力、介质流动推动磁粉颗粒的力等不利因素后才能聚集到缺陷磁场上形成磁痕。由于定量分析十分复杂,笔者在此仅对 F_3 和 F_4 等作定性分析。另外,影响磁粉颗粒向漏磁场迁移的作用力还有磁粉颗粒之间的摩擦力、静电力和磁力等,在此不作分析。

4 不同温度下磁粉探伤试验

磁粉探伤试验使用 BT-910PA 便携式磁粉探伤仪(提升力 4.5 kg,极距 0~206 mm,灵敏度 A₁-15/100 型试片清晰显示); A₁ 型灵敏度试片(A₁-15/100(1 号), A₁-30/100(2 号), A₁-60/100(3 号)); TM902C 数字式温度计(分辨率 1 °C,测量范围 -50~750 °C); 方形铁板(300 mm×20 mm×300 mm)。试验方法为将 1~3 号 A₁ 型试片紧贴于铁板上,通过磁粉探伤仪进行探伤,从三个试片的显示情况来反映探伤灵敏度。试验 1 和 2 分别是铁板的温度保持室温 20 °C 时改变磁悬液的温度,以及磁悬液温度保持室温 18 °C 时改变铁板的温度,测得的探伤灵敏度(表 1)。

中国机械工程学会无损检测分会无损检测人员 3 级资格考证班通知

经中国机械工程学会无损检测分会资格认证委员会批准,拟于 2008 年 12 月 7—22 日按照 ChSNDT 001—2007(ISO 9712—2005)标准要求举办第二期超声、射线、磁粉和渗透无损检测人员 3 级资格考证班。合格者颁发符合 ISO 9712—2005 标准要求的中国机械工程学会无损检测分会新证书。

报考资格:报考 RT 和 UT 3 级证书的考生必须取得 2 级证书 18 个月以上;报考 MT 和 PT 的考生必须取得 2 级证书 12 个月以上。同时报考两门方法的考生,实际经验的要求可减少 25%。毕业于相关理工科大学(学制三年以上)的考生可适当减少实际经验的要求 1~2 个月。

考试内容:笔试(基础知识,专业方法知识(含 4 个工业门类))+实践能力(编制典型工件及构件的 NDT 工艺规程)

背景材料:报考人员在考前需提供本人的身份证复印件,学历证明复印件和 2 级证书原件以及由医疗机构提供的健康证明(视力、矫正视力和辨色能力),工作总结材料各一份,并提供雇主盖章同意报考的申请表一份,每种方法各需提供 3 张一寸证件

照片。

收费:辅导和资料费 1200 元/每种方法,考试费 500 元/每工业门类,每增加一个工业门类增加 200 元。若同时报考 2 门以上方法,每增加一个方法,辅导和资料费增加 1 000 元。培训和考试期间食宿自理(秘书处可推荐住宿场所,100 元左右/间)。考生可向学会秘书处购买考试必备参考标准汇编一册(100 元/册)。

报到日期:2008 年 12 月 6 日

报到地点:中国机械工程学会无损检测分会秘书处,上海市邯郸路 99 号 711 室。

请来电索取考试申请表和课程表,或网上下载并预约考试项目和旅馆住宿(网址:www.chsndt.com)。

联系人:朱亚青,王莹赟;地址:上海市邯郸路 99 号 711 室,无损检测分会秘书处;邮编:200437;电话/传真:021-65550277;E-mail:chsndt@public2.sta.net.cn,chsndt2008@163.com。

(中国机械工程学会无损检测分会)

表 1 温度对磁粉探伤灵敏度的影响

试 验	温度 /℃	试片显示		
		1 号试片	2 号试片	3 号试片
铁板 温度 20 ℃	-1	无	模糊	圆圈
	10	模糊	圆圈和半个十字	清楚
	19	圆圈和半个十字	清楚	清楚
	35	圆圈模糊	模糊	清楚
	40	圆圈模糊	模糊	清楚
磁悬液 温度 18 ℃	4	圆圈模糊	模糊	清楚
	10	圆圈和半个十字	模糊	清楚
	20	轮廓清楚	清楚	清楚
	32	模糊	有些模糊	清楚
	43	模糊	有些模糊	清楚

从表 1 可见,当试件和磁悬液的温度相近并接近室温时,探伤灵敏度高,缺陷的检出率较高。

5 结束语

通过不同温度下的磁悬液的分散性试验和磁粉探伤试验得知,温度对磁悬液的稳定性和分散性影响较大,对探伤灵敏度有一定的影响。在非室温下进行磁粉探伤时,选择合适的磁悬液温度,能提高缺陷的检出率。

参考文献:

- [1] 张 永. 锅炉压力容器安全监督与检测技术标准规范实务全书[M]. 吉林:吉林摄影出版社,2002.
- [2] 任 俊,沈 健,卢 寿,等. 颗粒分散科学与技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [3] 全国锅炉压力容器无损检测人员资格鉴定考核委员会. 磁粉探伤[M]. 北京:中国锅炉压力容器安全杂志社,2005.