

铁路行车主要工种全员培训系列教材

机车（车辆）探伤工

付成仁 王效乾
刘 波

主编
主审



中国铁道出版社

铁路行车主要工种全员培训系列教材

机车(车辆)探伤工

付成仁 王效乾 主编
刘 波 主审

中 国 铁 道 出 版 社

2 0 0 2 年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书主要介绍了无损检测的基础知识及机车和车辆轮轴探伤的常用方法。

图书在版编目(CIP)数据

机车(车辆)探伤工/付成仁主编. —北京:中国铁道出版社,2001.10

铁路行车主要工种全员培训系列教材

ISBN 7-113-04287-2

I. 机… II. 付… III. ①机车—无损检验—技术培训—教材②铁路车辆—无损检验—技术培训—教材 IV. U270.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 047918 号

书 名:机车(车辆)探伤工

作 者:付成仁 王效乾

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:李丽娟

封面设计:陈东山

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:787×1092 1/32 印张:9.625 字数 217 千

版 本:2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3 000 册

书 号:ISBN 7-113-04287-2/U·1175

定 价:13.60 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

“铁路行车主要工种全员培训系列教材”

编 委 会

主 任：刘汉涛

副主任：张子宇 岳 珉

委 员：刘铁民 何 方 张玉霞

杨 波 李晓妹 滕 飞

王 玉 傅东满 马国良

盖世伟 梁国君 李虹波

前 言

为适应铁路新世纪深化改革、加强管理和技术创新的需要,全面提高职工队伍整体素质,开创铁路两个文明建设协调发展的新局面,铁道部党组提出“要大力开展全员培训工作。加强培训工作,是提高职工素质、适应做好岗位工作和企业发展要求的根本性措施,必须下力量认真抓好。今后,原则上要求每个职工每两年都有一次不少于10个工作日的培训机会”的要求,由沈阳铁路局职工教育教材编审委员会组织部分大中专院校的教授、讲师和路局、分局、基层单位的工程技术人员,编写了这套“铁路行车主要工种全员培训系列教材”。

编写这套教材的主要依据是:《中华人民共和国铁路技术管理规程》、《铁路职业技能标准》、《铁路职业技能鉴定规范》、铁路行车主要工种岗位应知应会的基本规章、基本制度和基本作业程序,以及非正常情况下处理办法等。

本套教材针对性和实用性较强,按照行车主要工种岗位标准和作业要求,遵循“实际、实用、实效”的原则,在内容上力求紧密结合运输生产现场实际和职工队伍现状,注重提高实操能力,并编入铁路新技术、新设备等知识,在形式上打破了传统教材的固定模式,采取讲解与问答相结合的表述方式,既适用于集中教学,又适用于职工自学,是一套知识较新、内容较全的铁路行车主要工种培训教材。

本套教材包含车、机、工、电、辆五大系统,49个职名。本书为《机车(车辆)探伤工》,由付成仁、王效乾主编,刘波主审。

在编写过程中得到了沈阳铁路局机务处的大力支持,在此表示感谢!

由于水平所限,书中难免存在疏漏和不当之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

沈阳铁路局职工教育教材编审委员会

2001 年 1 月

目 录

第一篇 无损检测的基本知识

第一章 绪 论	1
思考题	3
第二章 无损检测基础	4
第一节 磁粉探伤的基本知识	4
第二节 超声波探伤的基本知识	18
第三节 渗透探伤的基本知识	39
第四节 涡流探伤的基本知识	39
思考题	40

第二篇 机车探伤

第一章 基 本 规 章	42
第一节 无损探伤人员的任用及技术资格	42
第二节 探伤仪器及设备	43
第三节 内燃机车主要零部件探伤标准	45
思考题	48
第二章 磁 粉 探 伤	49
第一节 磁粉探伤器材、设备、检验及工艺	49
第二节 内燃机车主要零部件的磁粉探伤方法	58
第三节 磁痕识别与分析	64
思考题	68
第三章 超声波探伤	70
第一节 超声波探伤仪	70

第二节 内燃机车主要零部件的探伤工艺	79
第三节 超声波探伤仪的维护及检修	102
思考题	103
第四章 其他探伤法	104
第一节 渗透探伤	104
第二节 涡流探伤	112
思考题	117

第三篇 车辆轮轴探伤

第一章 磁粉探伤	123
第一节 轮轴磁粉探伤的有关规章和制度	123
第二节 磁粉探伤器(机)	128
第三节 磁粉探伤辅助设备	153
第四节 磁粉探伤的段修工艺	156
第五节 滚动轴承磁粉探伤段修工艺	160
第六节 磁粉探伤设备的常见故障及处理	165
第七节 磁粉探伤的安全要求	166
第八节 磁粉探伤设备的维护与保养	167
思考题	171
第二章 超声波探伤	173
第一节 轮轴超探的有关规章和制度	173
第二节 超声波探伤检查仪	179
第三节 轮轴超声波探伤段修工艺	227
第四节 超声波探伤设备的常见故障及处理	234
第五节 超声波探伤设备的维护和保养	246
思考题	253
第三章 第四种检查器的使用方法	256
思考题	260

附录一	思考题参考答案	262
附录二	学员培训自测题	287
附录三	机车探伤工培训大纲	292
附录四	车辆轮轴探伤工培训大纲	295

第一篇 无损检测的基本知识

第一章 绪 论

金属材料在生产或加工过程中往往会产生各种缺陷,影响其产品质量。随着现代冶炼技术的日趋完善,各种金属材料的质量也在不断提高。但不论采用何种先进的冶炼技术,要想提供完全没有任何缺陷且材质均匀的坯料是相当困难的事情。机车车辆零部件常常由于制造技术的不良,在其表面或内部产生一些缺陷。同时,即使产品加工出来是合格的,但在长期使用过程中由于疲劳等因素的影响也会产生一些裂纹等缺陷,这就给机车车辆的运行带来了潜在的隐患。如果不采取一些检测手段和方法发现这些缺陷,及时采取措施,将会严重地威胁行车安全。因此,在保持不破坏零件的形状,不改变或不影响零件使用性能的情况下,采用无损探伤的检测方法,在坯料中选出缺陷较少或没有缺陷的进行机械加工,或把运用中带有危险性缺陷的零件挑选出来,以防止机车车辆运行中的事故发生,是机车车辆制造、检修中非常重要的问题。随着机车车辆制造、检修工业的不断发展和运用要求的日益提高,无损检测技术显得越来越重要,并且成为机车车辆某些零部件制造及检修的重要工序之一。无损检测技术的主要作用有以下几个方面:

1. 对产品进行质量鉴定。无论是锻件、铸件、焊接件、机加工件及非金属材料零件,都能用无损检测技术检查出其表面或内部的缺陷,并能对缺陷进行定性、定量分析,根据缺陷

的严重程度,划定质量等级,起到监督控制质量的作用。

2. 为改进零件设计和制造工艺提供参考依据。在传统设计中,对一些承受重负荷或冲击载荷的零件,由于考虑不可避免由于一些缺陷造成不良影响时,通常要加大安全系数,增加截面尺寸等,这样做往往带有盲目性。如果在设计时,提出某些零件中不准存在某些种缺陷,在制造中又通过无损检测技术来保障,就可以不必盲目地加大安全系数或增加截面尺寸。零件在加工过程中,通过探伤发现了缺陷,可以分析造成缺陷的原因,采取相应的工艺措施,防止缺陷的再度发生,使零件的质量得到保证。

3. 节约工时,降低返还率。大量产品制造时,从原材料加工到成为产品往往需要几十道甚至上百道工序,所花工时较多。另外从坯料到成品要留有较大的加工余量。如果在制成成品的最后几道工序中因发现有严重缺陷而将该零件报废,就会浪费大量的工时和材料,且延长了生产周期。如果在毛坯状态下,只加工出探伤工作面,用无损探伤方法进行检测,淘汰不合格坯料,这样一来既保证了产品的质量,也节省了加工工时。

4. 决定局部加工位置,变废次产品为优质产品。如轴、齿轮等连接零件,通常需要开槽、下键等。在轴或轮的哪个部位开键槽,图纸上并无严格的要求,只显示键槽的尺寸及定位尺寸。加工前,若位置选择不当,则可能将材质较好的部位加工掉,而将零件上有缺陷的地方保留下来,造成次品或废品。若事先经过探伤发现了内部裂纹缺陷,便可以在缺陷部位开槽,使缺陷被加工掉,从而变次品为优质品。

5. 对于正在运用中的零件,通过无损探伤进行定期的检验,可发现有危害的或正在发展中的缺陷,如疲劳裂纹等。及时地采取措施,可防止机车车辆事故的发生,提高安全可靠

性。

无损检测的方法很多,最常用的有射线探伤、超声波探伤、磁粉探伤、渗透探伤和涡流探伤等。这些探伤方法也已成为常规的检测技术。另外,还有各种新技术如激光全息照相检测、声振检测、红外检测和声发射检测等等,这些新技术的涌现,使检测手段更加完善。

就目前而言,这些常规的无损探伤方法虽不能全部解决机械制造和检修中的探伤检测问题,但在控制产品质量方面及保证设备安全运行方面均取得了很好的效果。每种探伤方法都是独立存在且依其特殊的工作方式来进行零件的质量检验的。这些方法比较起来各有优点及不完善之处,每种方法都有其最适合的探伤对象和使用范围,其中射线探伤和超声波探伤主要以检查零件内部缺陷为主;涡流、渗透和磁粉探伤主要检测零件表面的缺陷。因此,在实际工作中,可根据被检测零件的特点和要求,选择其中一种或几种方法来进行探伤或配合使用,使检验质量更加有效和可靠。

思 考 题

1. 机车车辆的主要零部件为何要探伤?
2. 无损检测技术在机械产品制造、检修方面有何作用?
3. 无损检测技术的主要方法有哪几种?

第二章 无损检测基础

随着机车车辆工业的日益蓬勃发展,越来越多的先进检测技术应用于机车车辆的制造及检修之中,这些技术能有效地发现零部件的故障,及时地消除故障的隐患,防止事故的发生。在机车车辆的制造及检修中,常见的无损检测方法有以下四种:磁粉探伤、超声波探伤、渗透探伤和涡流探伤。

第一节 磁粉探伤的基本知识

磁粉探伤是工业部门应用较早和较广泛的一种无损检测手段,它可以发现铁磁性材料表面和近表面的各种缺陷,诸如裂纹、气孔、夹渣、折叠等。

一、关于磁粉探伤的几个概念

(一)电磁场

根据电磁感应可知,当某一导体通以电流时,在其周围必然感应出磁场,即电磁场。导体周围的电磁场方向可以用右手螺旋法则(即安培定则)来判断。

若导体中通以轴向的电流,根据右手螺旋法则,则导体内产生一个环形的磁场;若环形线圈中通以电流,根据右手螺旋法则,则线圈中央产生一个轴向的磁场。

(二)磁力线

为了更形象地显示磁场的方向和分布,我们人为地设想出一些闭合曲线,即磁力线。磁力线的分布与磁场强度有关,磁场强度越大,磁力线越密集;磁场强度越小,磁力线越稀

疏。

(三)漏散磁场

把一块棒状的磁铁分成两块后,再将它们靠近,由于异性磁极相吸,两块磁铁又结合在一起。但结合面处由于存在缝隙,便形成一个新的磁场,这种存在于两块磁铁缝隙附近的磁场叫做漏散磁场。

同理,若通电磁化后的铁磁材料中有缝隙(裂纹)存在时,零件表面的裂纹会使部分磁力线穿出零件表面,形成漏磁,即产生漏散磁场。漏散磁场具有以下的特点:

1. 漏磁场的强度大小主要由外加磁场的强度大小决定。
2. 缺陷越深,漏磁强度越大,探伤时磁粉堆积越多,缺陷显示越明显。
3. 缺陷在表面时漏磁大,在表皮以下时则漏磁显著减小,而位于表面很深的裂纹,则几乎没有漏磁。
4. 磁力线与缺陷取向接近垂直时,产生的漏磁较强,若与缺陷的取向接近于平行时,则无漏磁产生。

二、磁粉探伤原理

磁粉探伤是利用电磁原理来发现金属缺陷的检查方法。这种探伤方法是将被磁化材料的零件磁化,零件缺陷处的磁阻就会增大,表面缺陷处会产生漏磁,利用漏磁来发现缺陷。

如果零件(铁磁材料)内没有缺陷,零件组织结构均匀,那么在外加磁场作用下,材料内导磁率均应相同,磁力线分布也应均匀。相反,如果零件内部有缺陷存在,如图 1-2-1 所示,缺陷(空气、其他气体、真空、非磁性材料等)的导磁率较低,磁力线穿过时将遇到较大磁阻,磁力线的分布就要发生变化。磁力线不但会在零件内部产生弯曲,而且还会有一部分磁力线绕过缺陷穿出零件表面外泄,散逸的磁力线又从缺陷的另一侧重新

穿回零件,从而在零件表面形成漏散磁场。这种漏散磁场能吸引铁磁性物质(例如铁粉),形成磁痕,因而零件的缺陷被显示出来。因为零件内部裂纹等缺陷的长度、深度都不相同,其磁力线的漏泄也不相同,磁痕的粗细也不一样。因此,我们可以从磁粉聚集的形状便可以大致判断裂纹的深度和长度。

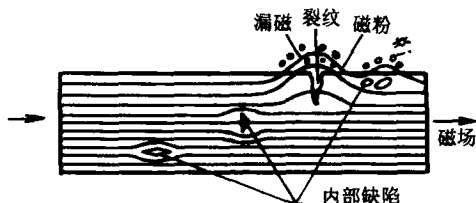


图 1-2-1 磁粉探伤原理图

从探伤原理分析可知,要想对金属零件进行探伤,必须有两个基本条件:其一是在零件内建立起磁场,其二是在零件表面加上铁磁性材料(磁粉)。

三、磁粉探伤的基本知识

(一)磁粉探伤检查的深度范围

从磁粉探伤的原理我们可以知道,零件内部有裂纹及缺陷存在时,要想在表面形成磁痕显示出来,首先必须在零件表面形成漏散磁场。然而,我们从图 1-2-1 中可以看出,零件内部出现裂纹缺陷时,缺陷也可以引起磁力线分布的变化,但由于缺陷距零件表面较远,磁力线不大可能泄漏到表面,也即是说无法形成漏散磁场,当然就不能吸引铁磁性物质(磁粉)形成磁痕。因此,即使零件内部有裂纹缺陷存在,我们也无法通过磁粉探伤的方法来判断。所以,利用磁粉探伤的方法,我们一般只能检查距离表面较近的缺陷。一般来说,离表面 3、4 mm 以内的裂纹,也有少许磁力线外泄,有较微弱和不太清

晰的聚粉现象,但有经验的探伤者仔细辨认是可以看出来的。

(二)磁粉和磁悬液

用磁粉显示缺陷的方法通常有两种,即干法和湿法。

1. 干法

所谓干法就是在探伤时,零件磁化后,在零件表面撒上干磁粉来显示缺陷。为了便于显示缺陷,通常对用于干法探伤的磁粉有以下要求:导磁率高,质地纯净,粒度适中,不混有黏土和固定碳等非磁性氧化物质。具体要求如下:

(1)磁性:磁粉的磁性大小与磁粉被漏磁场吸附形成磁痕有关,磁粉应具有高磁导率、低矫顽力和低剩磁。为保证其磁性,磁粉的含磁性氧化铁应大于98%,化合碳含量小于0.20%。

(2)粒度:即磁粉颗粒的大小,这对磁粉的悬浮性和漏磁场对磁粉的吸附都有影响,所以,磁粉的粒度应选择适中。一般为100~200目范围。

(3)形状:磁粉的形状越细长,在磁场中越容易被磁化,有利于形成磁粉链条;球状磁粉则具有良好的流动性。所以理想的磁粉应该是球状磁粉与条状磁粉按一定比例的组合。

(4)流动性:磁粉必须能在被测工件的表面流动,以便被漏磁场吸附。

(5)密度:纯铁磁粉的密度为 8 g/cm^3 ,空心球状磁粉的密度为 $0.17\sim 2.3\text{ g/cm}^3$ 。

(6)识别度:主要指磁粉的颜色、亮度及与工件表面颜色的对比度。

干法探伤注意事项:要在工件磁化之后施加磁粉,而在观察和分析磁痕之后再撤去磁场,磁痕的观察应在施加干磁粉和去除多余磁粉的同时进行。

2. 湿法

所谓湿法就是在探伤时,在零件表面喷撒上磁悬液,或把

零件浸入磁悬液之中进行探伤检查。磁悬液用磁粉、油、水、活性剂、防锈剂等配制而成,应具有以下特征:

(1)分散性:磁悬液中的磁粉应分散均匀,在有效使用期内,磁粉不结成团。

(2)润湿性:即操作中,磁悬液能迅速润湿被检工件表面,以便于磁粉的移动和吸引。

(3)防锈性:工件检验后,在规定时间内存放不生锈。

(4)消泡性:能在较短时间内,自动消除由于搅拌作用引起的大量泡沫,以保证正常的检验。

(5)稳定性:在规定贮存期内,其使用性能不发生变化。

从干法和湿法探伤对比可知,湿法探伤中磁粉粒度更细,在液体中更易流动,其灵敏度也高。另外,湿法探伤中还可以使用荧光磁粉,在暗室中用长波紫外线灯光照射,聚集在缺陷处的磁粉发生黄绿色光带,更容易发现缺陷。

(三)磁化方法

在磁粉探伤时,当磁力线方向与裂纹或缺陷方向垂直时,最容易发现裂纹。如果磁力线方向与裂纹方向一致,那么裂纹并没有阻碍磁力线通过,因此磁力线不弯曲也不漏泄,磁粉也不会集中,也就没有探伤效果。所以,我们根据车轴裂纹的情况,可采用以下磁化方法。

1. 纵向磁化法

如图 1-2-2 所示,将导线在零件表面绕成圈后通电磁化,或将电磁铁两极放在垂直于零件纵长方向的表面上。此时,在零件内部便会产生与零件纵长方向一致的磁力线,这种磁化方法叫纵向磁化。对于车轴而言,这种磁化显然适用于检查车轴横向裂纹。

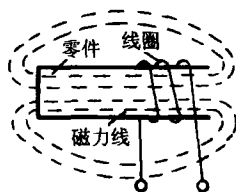


图 1-2-2 纵向磁化法