

NDT 全国特种设备无损检测人员资格考核统编教材

磁粉检测

中国特种设备检验协会组织编写

■ 宋志哲 主编

第2版

MT

QUANGUO
TEZHONG SHEBEI
WUSIJIANCE RENYUAN
ZHIYONG TONGBIAN

15.28-51
2;2.2

 中国劳动社会保障出版社

全国特种设备无损检测人员资格考核统编教材

磁 粉 检 测

(第 二 版)

中国特种设备检验协会组织编写

主编 宋志哲

主审 郑 晖 周志伟

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

磁粉检测/宋志哲主编. —2 版. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2007

全国特种设备无损检测人员资格考核统编教材

ISBN 978-7-5045-5905-0

I. 磁… II. 宋… III. 磁粉检验-资格考核-教材 IV. TG115.28

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 055823 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 14印张 322千字

2007年4月第2版 2007年7月第2次印刷

定价: 55.00元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

《全国特种设备无损检测人员资格考核统编教材》

编审委员会名单

主 任 宋继红

副主任 林树青、王晓雷、沈 钢、强天鹏

委 员 郑世才、李 衍、顾阎如、姚志忠、宋志哲、
胡学知、李 伟、张 平、周志伟、邢兆辉、
郑 晖、张 明、阎建芳、解应龙、蒋仕良、
许遵言、袁 榕、侯少华、张志超、郭伟灿、
毛小虎、韩建荒、陈玉宝、邱 扬、高迎峰、
姚 力、夏福勇、张路根

内 容 提 要

本书是由全国特种设备无损检测人员资格考委会组织编写的磁粉检测人员资格考核的统编培训教材，按照全国特种设备无损检测人员资格考核大纲编写。

本书共分 12 章，主要内容包括：磁粉检测物理基础，磁化电流、磁化方法和磁化规范，磁粉检测器材，磁粉检测设备，磁粉检测工艺，磁痕分析与质量分级，磁粉检测应用，质量控制与安全防护，特种设备磁粉检测通用工艺规程和工艺卡，国内、外磁粉检测标准对比分析。书后还增加了 11 个相关实验。

本书的特点是，既注重理论与实际应用的结合，又紧跟科技的发展及时介绍国内外磁粉检测的新观点和新技术。本书除作为特种设备磁粉检测人员资格考核培训教材外，也可供各企业生产一线人员、质量管理人员、安全监察人员、研究机构、大专院校相关专业师生学习参考。

前言

无损检测是在现代科学基础上产生和发展的检测技术，它借助先进的技术和仪器设备，在不损坏、不改变被检测对象理化状态的情况下，对被检测对象的内部及表面的结构、性质、状态进行高灵敏度和高可靠性的检查和测试，借以评判它们的连续性、完整性、安全性以及其他性能指标。作为一种有效的检测手段，无损检测在我国已广泛应用于经济建设的各个领域，例如特种设备的制造检测和在用检验，以及机械、冶金、石油天然气、化工、航空航天、船舶、铁道、电力、核工业、兵器、煤炭、有色金属、建筑等行业。尤其在保证承压类特种设备产品质量和使用安全方面，无损检测技术显得特别重要。

无损检测应用的正确性和有效性，一方面取决于所采用的技术和装备的水平，另一方面更重要的是取决于检测人员的知识水平和判断能力。无损检测人员所承担的职责要求他们具备相应的无损检测理论知识和技术素质。因此，必须制订一定的规则和程序，对特种设备无损检测人员进行培训和考核，鉴定他们是否具备这种资格。国家特种设备安全监督管理部门对无损检测人员培训和考核十分重视。在 20 世纪 80 年代，就组织成立了锅炉压力容器无损检测人员资格鉴定考核机构，制定了无损检测人员考核规则，开展了培训和人员资格考核工作。1990 年，全国锅炉压力容器无损检测人员资格鉴定考核委员会组织编写了无损检测人员资格考核培训教材。多年的实践证明，该套教材的使用，对系统地进行知识和技能培训、严格地实施考核鉴定制度，对提高我国无损检测人员的水平，保证无损检测技术的正确应用，发挥了重要作用。

无损检测技术的发展日新月异，随着时间的推移，第一版教材的内容已显得陈旧，无法满足培训考核的需要。为保证我国特种设备无损检测人员的考核工作质量，使我国无损检测技术培训跟上国际水平，全国特种设备无损检测人员资格考核委员会决定编写第二版特种设备无损检测资格考核统编教材。

第二版教材的编写工作是由中国特种设备检验协会牵头，在全国特种设备无损检测人员资格考核委员会的直接领导下进行的。由国内无损检测专家担纲，以无损检测人员资格考核大纲为依据，紧扣 JB/T 4730—2005《承压设备无损检测》，全面系统地体现了无损检测技术的进步和特种设备无损检测的特点与要求。教材编写以Ⅱ、Ⅲ级检测人员的培训内容为主

体，注重体现Ⅲ级所要求的深度和广度，强调实际应用，增加典型应用实例、典型案例的介绍，并力图反映无损检测技术发展的最新动态、满足特种设备行业的实际要求。在内容安排上，全套教材在充实理论基础的前提下，突出理论、工艺和应用之间的联系，使之更加实用。第二版教材共计5种：《承压类特种设备无损检测相关知识》《射线检测》《磁粉检测》《渗透检测》《超声检测》。上述教材写出后经过试用和反复修改，由中国劳动社会保障出版社出版。

第二版教材的出版不仅给报考特种设备无损检测Ⅱ、Ⅲ级人员资格考核的广大考生提供了一套具有权威性、实用性、科学性的教材，同时也为无损检测行业的技术人员、特种设备质量管理人员、大专院校相关专业的师生提供了有价值的参考书。

第二版教材的编写工作得到了有关领导、专家和全国无损检测人员资格考核委员会考评人员的大力支持和帮助，并提出了宝贵意见，在此表示衷心感谢！由于时间仓促、水平有限，书中内容若有不妥和错误之处，热切希望广大读者不吝赐教。

《全国特种设备无损检测人员资格考核统编教材》编审委员会

2007年3月30日

编写说明

受全国特种设备无损检测人员资格考核委员会的委托，我们依据“全国特种设备无损检测人员资格考核大纲”对《磁粉检测》进行了第二版的编写工作。

自从《磁粉检测》（第一版）于1998年8月出版以来，国内外磁粉检测的技术发展很快，新设备、新材料和新工艺不断涌现，尤其是特种设备磁粉检测具有其相对特点，同时《承压设备无损检测》JB/T 4730—2005的发布实施代替了原标准JB 4730—1994，内容和要求已大不相同，因此在第二版的编写中，无论是在全书的内容和结构编排上，还是在有些内容的重新改写或增删上，都有较大的改动。

第二版的特点体现在：一是全书不仅涵盖了JB/T 4730.4—2005的内容，而且还进行了拓宽和详细阐明。二是突出介绍了特种设备行业磁粉检测对象和检测方法，如用磁轭法、交叉磁轭法、触头法和绕电缆法检测各种焊接接头的工艺规程及其应用等，使本书更具有针对性和实用性。三是全书按照“基础理论—设备器材—检测工艺—应用（包括编工艺）—国内外标准对比分析—实验验证”的思路编写。在充实基础理论的前提下，突出理论与工艺、应用之间的联系，其间还穿插介绍国内外磁粉检测的最新动态，使该书既与国外检测技术发展基本接轨，又符合中国国情，充分体现出特种设备行业磁粉检测的特点，促进磁粉检测技术持续发展。

书中宋体字为磁粉检测Ⅱ、Ⅲ级人员共同要求的内容，楷体字为Ⅲ级人员要求的内容。复习思考题题号前带“*”的为Ⅲ级人员要求的习题，其余为Ⅱ、Ⅲ级人员共同要求的习题。

本次编写由全国特种设备无损检测人员资格考核委员会沈钢、强天鹏提出总体指导思想，郑晖和磁粉组考评人员提出内容和结构安排。全书由宋志哲主笔，由陈玉宝对第2章，郭伟灿对第3、6、8、9、10章进行了具体补充修订，郑晖、周志伟、陈玉宝对全书进行了审核和修改。本次编写还采用了韩建荒、毛小虎、杨平、李绪丰和王华明提交的许多修改意见，陈健生、徐立勋、冯银丹和李建德提供了宝贵资料，胡和中和刘金平提供了部分典型缺陷磁痕照片，同时在2006年特种设备无损检测人员MTⅢ级培训班试用时许多学员也提出了很好的建议，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中错误和不当之处在所难免，恳请读者指正。

意见请寄：全国特种设备无损检测人员资格考核委员会秘书处，北京市朝阳区和平街西苑2号楼A511室，邮编：100013。

《磁粉检测》编写组

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 磁粉检测的发展简史和现状	(1)
1.1.1 磁粉检测的发展简史	(1)
1.1.2 磁粉检测的现状	(2)
1.2 漏磁场检测分类	(3)
1.3 表面无损检测方法的比较	(6)
复习思考题	(7)
第 2 章 磁粉检测物理基础	(8)
2.1 磁现象和磁场	(8)
2.1.1 磁的基本现象	(8)
2.1.2 磁场与磁感应线	(9)
2.1.3 真空中的恒定磁场	(10)
2.1.4 磁介质中的磁场	(16)
2.2 铁磁性材料	(19)
2.2.1 磁畴	(19)
2.2.2 磁化过程	(20)
2.2.3 磁特性曲线	(20)
2.2.4 磁滞回线	(22)
2.2.5 退磁曲线和磁能积	(23)
2.3 电流与磁场	(24)
2.3.1 通电圆柱导体的磁场	(24)
2.3.2 通电钢管的磁场	(27)
2.3.3 通电线圈的磁场	(28)
2.3.4 感应电流和感应磁场	(30)
2.4 磁场的合成	(30)
2.4.1 交叉磁轭的磁场合成	(31)
2.4.2 摆动磁场的合成	(32)
2.5 退磁场	(33)
2.5.1 退磁场概念	(33)
2.5.2 有效磁场	(33)

2.5.3	影响退磁场大小的因素	(34)
2.5.4	退磁场计算	(35)
2.6	磁路与磁感应线的折射	(36)
2.6.1	磁路	(36)
2.6.2	磁感应线的折射	(40)
2.7	漏磁场	(41)
2.7.1	漏磁场的形成	(41)
2.7.2	缺陷的漏磁场分布	(41)
2.7.3	影响漏磁场的因素	(42)
2.8	磁粉检测的光学基础	(44)
2.8.1	光度量术语及单位	(44)
2.8.2	发光	(45)
2.8.3	紫外线	(46)
2.8.4	人眼对光的响应	(46)
2.8.5	黑光灯	(47)
	复习思考题	(48)

第3章 磁化电流、磁化方法和磁化规范 (50)

3.1	磁化电流	(50)
3.1.1	交流电	(51)
3.1.2	整流电	(53)
3.1.3	直流电	(56)
3.1.4	冲击电流	(56)
3.1.5	如何选用磁化电流	(56)
3.2	磁化方法	(57)
3.2.1	磁场方向与发现缺陷的关系	(57)
3.2.2	磁化方法的分类	(57)
3.2.3	各种磁化方法的特点	(59)
3.3	磁化规范	(68)
3.3.1	磁化规范及其制定	(68)
3.3.2	轴向通电法和中心导体法磁化规范	(70)
3.3.3	偏置芯棒法磁化规范	(71)
3.3.4	触头法磁化规范	(72)
3.3.5	线圈法磁化规范	(72)
3.3.6	磁轭法磁化规范	(74)
	复习思考题	(75)

第 4 章 磁粉检测器材	(77)
4.1 磁粉	(77)
4.2 载液	(81)
4.3 磁悬液	(83)
4.4 反差增强剂	(84)
4.5 标准试片和标准试块	(85)
4.5.1 标准试片	(85)
4.5.2 标准试块	(87)
4.5.3 自然缺陷试块	(89)
复习思考题	(90)
第 5 章 磁粉检测设备	(91)
5.1 磁粉检测设备的命名方法	(91)
5.2 磁粉检测设备的分类	(92)
5.3 磁粉检测设备的组成部分	(92)
5.4 常用典型设备	(94)
5.5 测量仪器	(98)
复习思考题	(100)
第 6 章 磁粉检测工艺	(101)
6.1 预处理	(102)
6.2 磁化、施加磁粉或磁悬液	(103)
6.2.1 连续法	(103)
6.2.2 剩磁法	(104)
6.2.3 湿法	(104)
6.2.4 干法	(105)
6.3 磁痕观察、记录与缺陷评级	(106)
6.4 退磁	(107)
6.4.1 剩磁的产生与影响	(107)
6.4.2 退磁的原理	(108)
6.4.3 退磁方法和退磁设备	(109)
6.4.4 退磁注意事项	(110)
6.4.5 剩磁测量	(111)
6.5 后处理与合格工件的标记	(111)
6.5.1 后处理	(111)
6.5.2 合格工件的标记	(111)
6.6 超标缺陷磁痕显示的处理和复验	(112)
6.6.1 超标缺陷磁痕显示的处理	(112)

6.6.2	复验	(112)
6.7	检测记录和检测报告	(112)
6.8	影响磁粉检测灵敏度的主要因素	(113)
6.8.1	外加磁场强度	(113)
6.8.2	磁化方法	(113)
6.8.3	磁化电流类型	(114)
6.8.4	磁粉性能	(114)
6.8.5	磁悬液的类型和浓度	(115)
6.8.6	设备性能	(115)
6.8.7	工件材质、形状尺寸和表面状态	(115)
6.8.8	缺陷的方向、性质、形状和埋藏深度	(116)
6.8.9	工艺操作	(116)
6.8.10	检测人员素质	(117)
6.8.11	检测环境的条件	(117)
	复习思考题	(118)
第7章	磁痕分析与质量分级	(119)
7.1	磁痕分析的意义	(119)
7.2	伪显示	(119)
7.3	非相关显示	(120)
7.4	相关显示	(122)
7.4.1	原材料缺陷磁痕显示	(123)
7.4.2	热加工产生的缺陷磁痕显示	(123)
7.4.3	冷加工产生的缺陷磁痕显示	(128)
7.4.4	使用后产生的缺陷磁痕显示	(129)
7.4.5	电镀产生的缺陷磁痕显示	(130)
7.4.6	常见缺陷磁痕显示比较	(130)
7.5	JB/T 4730.4—2005 磁粉检测质量分级	(131)
7.5.1	磁痕分类	(131)
7.5.2	磁粉检测质量分级	(132)
	复习思考题	(132)
第8章	磁粉检测应用	(134)
8.1	焊接件磁粉检测	(134)
8.1.1	焊接件检测的内容与范围	(134)
8.1.2	检测方法选择	(135)
8.1.3	焊接件检测实例	(136)
8.2	锻钢件磁粉检测	(140)

8.2.1	锻钢件检测的特点	(140)
8.2.2	锻钢件检测方法选择	(140)
8.2.3	锻钢件检测实例	(141)
8.3	铸钢件磁粉检测	(142)
8.3.1	铸钢件检测的特点	(142)
8.3.2	铸钢件检测实例	(142)
8.4	特种设备在用与维修件磁粉检测	(144)
8.4.1	特种设备在用与维修件磁粉检测的要求	(144)
8.4.2	特种设备在用与维修件磁粉检测的特点	(144)
8.4.3	特种设备在用与维修件检测实例	(144)
8.5	特殊工件磁粉检测	(145)
8.5.1	弹簧磁粉检测	(146)
8.5.2	板弯型材磁粉检测	(147)
8.5.3	滚珠磁粉检测	(147)
8.6	磁粉探伤—橡胶铸型法及其应用	(147)
	复习思考题	(149)
第9章	质量控制与安全防护	(151)
9.1	磁粉检测质量控制	(151)
9.1.1	人员资格的控制	(151)
9.1.2	设备的质量控制	(152)
9.1.3	材料的质量控制	(153)
9.1.4	检测工艺的控制	(154)
9.1.5	检测环境的控制	(155)
9.2	磁粉检测安全防护	(156)
	复习思考题	(158)
第10章	特种设备磁粉检测通用工艺规程和工艺卡	(159)
10.1	特种设备磁粉检测通用工艺规程	(159)
10.2	特种设备磁粉检测工艺卡	(159)
10.3	特种设备磁粉检测工艺卡编制举例	(163)
	复习思考题	(172)
第11章	国内、外磁粉检测标准对比分析	(173)
11.1	国内、外标准对磁悬液浓度的规定	(174)
11.2	磁粉检测校验项目和周期的国内、外标准对比	(174)
11.3	关于线圈法磁化的有效磁化区	(175)
11.4	关于磁化电流的选用	(176)

11.5	关于剩磁法的应用	(176)
11.6	受压加工部件和材料磁粉检测质量分级	(177)
11.7	欧洲标准 EN1290 (1998)	(180)
11.8	直径 D 、当量直径 D_d 和有效直径 D_{eff}	(180)
第 12 章	实验	(182)
实验 1	交叉磁轭的磁场分布和影响因素	(182)
实验 2	磁粉检测综合性能试验	(183)
实验 3	螺管线圈磁场分布和有效磁化区的测试	(185)
实验 4	线圈开路磁化 L/D 值对退磁场的影响	(186)
实验 5	触头法磁化的磁场分布和有效磁化区	(187)
实验 6	用磁轭法检测压力容器焊缝	(188)
实验 7	磁悬液浓度和磁悬液污染测量	(190)
实验 8	可见光照度和黑光辐照度测定	(191)
实验 9	交流电磁化剩磁稳定度的测试	(192)
实验 10	干法和湿法检测灵敏度对比	(193)
实验 11	退磁方法与退磁效果	(195)
附录		(197)
附录 A	磁粉检测使用的单位制及换算关系	(197)
附录 B	常用钢材磁特性参数	(200)
主要参考文献		(210)

第1章 绪论

1.1 磁粉检测的发展简史和现状

1.1.1 磁粉检测的发展简史

磁粉检测是利用磁现象来检测材料和工件中缺陷的方法。人们发现磁现象比电现象要早,远在春秋战国时期,我国劳动人民就发现了磁石吸铁的现象,并用磁石制成了“司南勺”,在此基础上制成的指南针是我国古代的伟大发明之一,最早应用于航海业。17世纪法国物理学家对磁力作了定量研究。19世纪初期,丹麦科学家奥斯特发现了电流周围也存在着磁场。与此同时,法国科学家毕奥、萨伐尔及安培,对电流周围磁场的分布进行了系统的研究,得出了一般规律。生长于英国的法拉第首创了磁感应线的概念。这些伟大的科学家在磁学史上树立了光辉的里程碑,也给磁粉检测的创立奠定了理论基础。

早在18世纪,人们就已开始从事磁通检漏试验。1868年,英国工程杂志首先发表了利用罗盘仪和磁铁探查磁通以发现炮(枪)管上不连续性的报告。8年之后,Hering利用罗盘仪和磁铁来检查钢轨的不连续性,获得了美国专利。

1918年,美国人Hoke发现,由磁性夹具夹持的硬钢块上磨削下来的金属粉末,会在该钢块表面形成一定的花样,而此花样常与钢块表面裂纹的形态相一致,被认为是钢块被纵向磁化而引起的,它促使了磁粉检测法的发明。

1928年,de Forest为解决油井钻杆的断裂失效,研制出周向磁化法,还提出使用尺寸和形状受控并具有磁性的磁粉的设想,经过不懈的努力,磁粉检测方法基本研制成功,并获得了较可靠的检测结果。

1930年,de Forest和Doane将研制出的干磁粉成功应用于焊缝及各种工件的探伤。

1934年,生产磁粉探伤设备和材料的Magnaflux(美国磁通公司)创立,对磁粉检测的应用和发展起了很大的推动作用。在此期间,首次用来演示磁粉检测技术的一台实验性的固定式磁粉探伤装置问世。

磁粉检测技术早期被用于航空、航海、汽车和铁路等部门,用来检测发动机、车轮轴和其他高应力部件的疲劳裂纹。20世纪30年代,固定式、移动式磁化设备和便携式磁轭相继研制成功,并得到应用和推广,退磁问题也得到了解决。

1935年,油磁悬液在美国开始使用。

1936年,法国有人申请了在水磁悬液中添加润湿剂和防锈剂的专利。

1938年,《无损检测论文集》在德国出版,该书对磁粉检测的基本原理和装置进行了描述。

1940年,《磁通检验的原理》教科书在美国出版。

1941年,荧光磁粉投入使用。磁粉检测从理论到实践,已初步形成一种无损检测方法。

前苏联全苏航空研究院的瑞加德罗,为磁粉检测的发展做出了卓越的贡献。20世纪50年代初期,他系统研究了各种因素对探伤灵敏度的影响,在大量试验的基础上,制定出了磁化规范,得到了世界许多国家的认可。

1949年以前,我国仅有几台美国进口的蓄电池式直流探伤机,用于航空工件的维修检查。

解放后,北京航空材料研究院的郑文仪,始终致力于磁粉检测的研发工作,是我国磁粉检测的奠基人。从20世纪50年代初开始,我国先后引进前苏联、欧美等国家的磁粉检测技术,制定出了我国的标准规范,还研发了新工艺和新设备材料,使我国磁粉检测从无到有,得到了很快的发展,并广泛应用于航空、航天、机械工业、兵器、船舶、电力、火车、汽车、石油、化工等领域。近几十年来,在广大磁粉检测工作者和设备器材制造者的共同努力下,磁粉检测已发展成为一种成熟的无损检测方法。

1.1.2 磁粉检测的现状

国外非常重视磁粉检测设备的开发,因为只有检测设备的进步,才能给磁粉检测带来成功的应用。目前国外磁粉检测设备从固定式、移动式到携带式,从半自动、全自动到专用设备,从单向磁化到多向磁化,设备已实现了系列化和商品化。由于晶闸管等电子元器件被用于磁粉检测设备,使设备小型化成为可能,并实现了电流的无级调节。计算机编程应用到磁粉检测设备,使智能化设备大量涌现,这些设备可以预置磁化规范和合理的工艺参数,进行荧光磁粉检测和自动化操作。国外还成功地运用电视光电探测器的荧光磁粉扫查系统和激光飞点扫描系统,实现了磁粉检测观察阶段的自动化,将检测到的信息在微机或其他电子装置中进行处理,鉴别可剔除的不连续性,并进行自动标记和分选,大大降低了检测的劳动强度。

近年来,我国磁粉检测设备发展也很快,已实现了系列化。三相全波直流探伤超低频退磁设备的性能已达到国外同类设备的水平。交流探伤机用于剩磁法检验时,我国率先加装断电相位控制器,保证了剩磁稳定。断电相位控制器利用晶闸管技术,可以代替自耦变压器无级调节磁化电流,也为我国磁粉检测设备的电子化和小型化奠定了基础。磁粉检测智能化设备和自动化、半自动化设备已经生产应用,光电扫描图像识别的磁粉探伤机也已研制成功。由于还存在相关与非相关显示有时难以分辨的问题,为此陈健生等人进一步研发了由多向复合磁化技术、CCD光学检测技术与计算机图像处理技术相组合而成的集成检测设备,该设备具有检测可靠、灵敏度高等特点,被成功应用于石化等行业,取得了很好的效果引导了我国荧光磁粉自动化探伤设备的新潮流,它的使用完全改变了传统磁粉检测“手脚并用眼睛看”的局面。

磁粉检测的辅助设备,国外开发的很多,如与固定式探伤机配合使用的400 W冷光源黑光灯和高强黑光灯。快速断电试验器的开发解决了直流磁化“快速断电效应”的测量问

题。国产袖珍式磁强计 X CJ 型和 J CZ 型被用于快速测定剩磁,黑光灯的品种还有待开发。国外有不同规格(包括黑光和白光)的光导纤维内窥镜,能满足孔内壁缺陷的检测要求,仪器型号和生产厂家一般都纳入有关技术标准中。国内也已研制出光导纤维内窥镜,希望能够在提高黑光辐照度后得到大力推广应用。

磁粉检测的器材方面,国外在标准试片和标准试块及测量剩磁用的磁强计等方面都形成了系列产品。如在配制磁悬液时应采用低黏度、高闪点的无臭味煤油做载液。国外除用 14 A 荧光磁粉外,还研制出了白光下发荧光的荧光磁粉。

我国研制的磁粉检测器材,如 LPW-3 号磁粉检验载液(无臭味煤油),性能已赶上国外同类产品,可以替代国外进口产品而用于国外转包生产,在国内许多行业的磁粉检测中也得到普遍使用。磁粉检测用 B 型和 E 型标准试块,性能和指标均优于国外同类产品,已被国家质量技术监督检验检疫总局批准为“国家标准样品”,并被推广使用。ST80C 照度计和 UV-A 黑光辐照计性能完全满足检测要求。M₁ 型多功能标准试片与国外 KS234 试片等效。我国研制的 YC-2 型荧光磁粉,灵敏度高,满足磁粉检测的要求,已大力推广使用。磁悬液喷罐使用方便,尤其在特种设备磁粉检测中普遍应用。

在工艺方法方面,北京航空材料研究院的郑文仪发明的磁粉探伤-橡胶铸型法,为间断检测小孔内壁早期疲劳裂纹的产生和扩展速率闯出了一条新路,还为记录缺陷磁痕提供了一种可靠的方法,比国外应用了几十年的磁橡胶法优越得多。

磁粉检测的质量控制,是建立在对影响磁粉检测灵敏度和检测可靠性的诸因素逐个地加以控制基础之上的。国外非常重视,不仅制定了具体的控制项目、校验周期和技术要求,还设有质量监督检查机制,保证其贯彻执行,同时通过实践对质量控制技术要求进行持续改进。如几年前美国标准要求工件表面白光照射度不低于 200 英尺烛光(相当于 2 100 lx),现已修正为 100 英尺烛光(相当于 1 000 lx);将磁化规范由直径每毫米 30~48 A 电流修正降为 12~32 A,等等。使磁粉检测标准的技术要求更加合理。

在我国,借鉴国外先进经验,磁粉检测的质量控制也日益受到重视,并能很好地贯彻执行。但各行业、各单位的发展不平衡,表现在有些质量控制项目没有纳入标准,有的虽纳入标准,但流于形式,这一点已引起业内人士的关注。JB/T 4730.4—2005《承压设备无损检测》,第四部分:磁粉检测,已将质量控制项目纳入标准条文,由此可见其重要性。

现在,我国对磁粉检测的基础理论研究比较重视,已取得较大的进展。断裂和塑性力学在无损检测领域的应用,为制定更合理的产品磁粉检测验收标准提供了依据。仲维畅研究的“磁偶极子”理论取得了丰硕的成果,为无损检测界所瞩目。磁粉检测方法日臻完善。对无损检测人员的培训和资格鉴定空前重视,人员素质大大提高。我们相信,磁粉检测在特种设备行业将得到更加广泛的应用和重视,为控制产品质量,防患于未然做出应有的贡献。

1.2 漏磁场检测分类

铁磁性材料工件被磁化后,在不连续性处或磁路截面变化处,磁感应线离开和进入工件表面而形成的磁场称为漏磁场。所谓不连续性,就是工件正常组织结构或外形的任何间断,这种间断可能会也可能不会影响工件的使用性能。通常把影响工件使用性能的不连续性称为缺陷。