

渗透检验方法

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了非多孔性固体材料(金属和非金属)及其制件渗透检验的基本要求。

1.2 适用范围

本标准适用于材料和零件(半成品、成品及使用过的零件)表面开口不连续性的检验。

1.3 分类

1.3.1 渗透检验按所用渗透剂含染料的类别分为:

- I类——荧光渗透检验;
- II类——着色渗透检验;
- III类——荧光着色(两用)渗透检验。

1.3.2 渗透检验按渗透剂去除方法分为:

- A法——水洗法渗透检验;
- B法——亲油性后乳化法渗透检验;
- C法——溶剂去除法渗透检验;
- D法——亲水性后乳化法渗透检验。

1.3.3 渗透检验显像的类型分为:

- a型——干粉显像;
- b型——水溶性湿显像;
- C型——水悬浮性湿显像;
- d型——非水湿显像;
- e型——特殊显像;
- f型——自显像。

1.3.4 渗透检验灵敏度等级分为:

- 1级——低灵敏度;
- 2级——中灵敏度;
- 3级——高灵敏度;
- 4级——超高灵敏度。

2 引用文件

GB 260	石油产品水份测定
GB 9445	无损检验人员技术资格鉴定通则
GB/T 12604.3	无损检测术语 渗透检测

GJB 466	理化检验质量控制规范
GJB 593.4	无损检测质量控制规范 渗透检验
ZB H24 002	渗透探伤用 A 型灵敏度对比试块
JB/T 6064	渗透探伤用被镀铬试块技术条件

3 定义

本标准采用的术语均按 GB/T12604.3 规定。

4 一般要求

4.1 检验要求

合同、订单或其它文件规定按本标准进行检验时,应同时给出被检零件的质量验收标准。除非另有规定,渗透检验不采用抽样检查。

4.2 检验人员

渗透检验人员应按其行业无损检测人员技术资格鉴定标准或按 GB 9445 进行技术资格鉴定,取得技术资格证书,并从事与其资格等级相适应的工作。

4.3 检验场所

渗透检验所需的厂房、暗室、喷涂间和污水处理间等应符合 GJB593.4 第 3 章的规定。

4.4 设备、仪器和标准试块

4.4.1 工艺设备

渗透检验所需的预处理装置、渗透槽、乳化槽、箱、显像装置和喷涂装置等工艺设备,其结构和布置应协调,有利于操作和控制,其技术要求和维护管理应符合 GJB 593.4 第 4.6 和 4.10 条的规定。

4.4.2 仪器

渗透检验所用的黑光灯、辐照度计、照度计和荧光亮度计等仪器的技术要求、使用和管理应符合 GJB 593.4 第 4.1~4.4 及 4.10 条的规定。

4.4.3 标准试块

渗透检验用的标准试块有 A 型(铝合金淬火试块),B 型(不锈钢镀铬试块)和 C 型(黄铜板镀镍、铬试块)三种,其规格和技术要求应符合 ZB H24 002 和 JB/T 6064 的规定,使用和管理应符合 GJB 593.4 第 4.11 条的规定。

4.5 检验材料

渗透检验所用的渗透剂、乳化剂、去除剂、显像剂及预、后处理剂等材料,应经主管部门鉴定认可。材料的鉴定、采购、保管、使用、校验等技术要求应符合 GJB 593.4 和 GJB 466 的规定。

4.6 检验工艺卡

要求进行渗透检验的每种(或每类)零件,应根据其材料、状态、批量、尺寸、形状、检验部位、检验灵敏度要求以及预定使用环境等因素,选择合理的检验方法和材料,编写专用(或通用)的检验工艺卡。工艺卡应由渗透检验 III 级技术资格人员审核,并由主管部门批准。渗透检验应按工艺卡进行。工艺卡至少应包括下列内容:

- a. 零件图号、名称、材料和状态;
- b. 预处理方法(如果该工序由其它单位承担实施,则其工艺文件也应参考本工艺卡制定);
- c. 渗透剂、去除剂(或乳化剂)、显像剂等材料的类型和牌号;
- d. 各步骤的实施方法及采用的温度、压力,时间等工艺参数;
- e. 检验部位(一般用示意图表示)和验收标准,

- f. 后处理方法；
- g. 标志部位和方法。

4.7 工序安排

渗透检验工序一般应安排在焊接、热处理、校形、磨削、机械加工等工序完成之后,吹砂、喷丸、抛光、阳极化、涂层和电镀等工序之前。

4.7.1 铸件、焊接件和热处理件,允许用吹砂的方法去除表面氧化皮,再进行渗透检验。但精密铸造的关键件吹砂后一般先进行浸蚀,然后再进行渗透检验。

4.7.2 机械加工后的铝、镁、钛、奥氏体钢等关键件,一般应先进行酸或碱浸蚀,再进行渗透检验。

4.7.3 使用过的零件,应去除表面积碳、氧化层及涂层后再进行渗透检验。

4.8 材料和工艺限制

渗透检验的灵敏度等级、使用材料和工艺方法的选择应遵循下列原则:

- a. 着色检验(Ⅱ类),不宜采用干粉显像(a型)和水溶性湿显像(b型);
- b. 航空、航天产品零件的成品验收检验不宜采用着色检验(Ⅱ类);
- c. 涡轮发动机关键零件维修检验时仅允许采用亲水性后乳化荧光渗透检验(I类D法),灵敏度为3、4级;
- d. 当自显像渗透剂系统能满足检验灵敏度要求,且工艺得到主管部门批准时,可以不使用显像剂显像。但任何使用过的零件渗透检验时,都必须使用显像剂显像;
- e. 不允许用灵敏度较低的渗透剂代替灵敏度较高的渗透剂;
- f. 塑料、橡胶零件,镍、钛合金零件,预定使用环境特殊的零件(如液氧储箱)渗透检验时,还应注意与渗透剂的相容性。

4.9 安全防护

- 4.9.1 渗透检验的场所、材料存储处,应严禁烟火,并有良好的通风条件。
- 4.9.2 渗透检验所用的各种材料,应按其生产厂家推荐的方法使用。
- 4.9.3 渗透检验人员,应穿着工作服,必要时戴耐油防护手套。荧光渗透检验人员,应戴防紫外线眼镜。

5 详细要求

5.1 预处理

5.1.1 预处理要求

零件待检表面应清洁、干燥。妨碍渗透剂进入不连续性内,影响染料性能或产生不良本底的零件表面附着物,如油污、油脂、涂层、腐蚀产物、氧化皮、金属污物、焊剂、化学残留物等均应去除。

局部进行渗透检验的零件,预处理的范围应从检验区域向周围扩展 25mm 左右。

预处理后的零件应充分干燥。采用碱洗、酸洗或浸蚀工艺时,零件在中和处理后应充分水洗,然后干燥。易产生氢脆的零件,酸洗和酸浸蚀后还应进行除氢处理。

5.1.2 预处理方法

应根据零件的材料、预期功能、加工方法和表面附着物的种类等因素,选用合理、有效的预处理方法,常用的处理方法有:

- a. 溶剂清洗:适用去除油污、油脂、蜡等污物。包括三氯乙烯蒸汽除油和超声波溶剂清洗等方法;
- b. 化学清洗:适用于去除涂层、氧化皮、积炭层和其他溶剂清洗法不能去除的附着物;
- c. 机械清理:适用于去除溶剂、化学清洗法都不能去除的表面附着物;

d. 浸蚀:使用过的零件,由于加工或预处理使表面状态降低渗透效果的零件,均应进行浸蚀。应正确制定和严格控制浸蚀工艺,不致损伤零件。高精度的孔、面和配合面不应进行浸蚀。

5.2 渗透

5.2.1 施加渗透剂的方法有浸除、喷涂、涂刷和流涂。可根据零件尺寸、形状、批量和所用渗透剂的特点选用合适的方法施加渗透剂。

5.2.2 零件受检表面应被渗透剂覆盖,在渗透时间内一直保持润湿状态。不允许接触渗透剂的零件表面应预先屏蔽保护好。

5.2.3 零件、渗透剂的温度以 15~40℃ 为宜。渗透时间不少于 10 min。温度在 5~15℃ 范围内,也可以进行渗透处理,但渗透时间应相应地延长。

5.3 去除

渗透结束后,应根据渗透剂的类型采取相应的方法去除零件表面的渗透剂。

5.3.1 水洗法工艺

水洗渗透剂可直接采用手工水喷洗、自动水喷洗或手工水擦洗的方法去除。1、2 级灵敏度的渗透系统,也可采用在搅动的水中进行浸洗的方法去除。

5.3.1.1 手工水喷洗

水温 10~40℃,水压不大于 0.27MPa,喷咀与零件表面的间距不小于 30cm。1、2 级灵敏度的,渗透系统可以采用空气水喷咀进行手工喷洗,但施加的空气压力应不大于 0.17MPa。

水洗应在适当的黑光(对 I、Ⅲ类)或白光(对 II、Ⅲ类)下进行检查,尽量缩短水洗时间,以零件表面形成合适的本底为宜,避免过洗。过洗的零件,应充分干燥,从预处理开始按工艺重新处理。

零件水洗后,可通过移动或转动使其表面上的水流滴干净。然后用吸水的材料吸干或用清洁、干燥的压缩空气吹干,压力应不大于 0.17MPa。

5.3.2 自动水喷洗

自动水喷洗系统的水洗参数应满足 5.3.1.1 条的要求。

5.3.1.3 手工水擦洗

先用清洁不起毛的棉织品擦去多余的渗透剂。再用水润湿的棉织品(水不能饱和)擦净残余的渗透剂。最后,用清洁的、干燥的棉织品擦干。也可以在大气中自然干燥。

擦洗应在适当的黑光(对 I、Ⅲ类)或白光(对 II、Ⅲ类)下进行检查,既擦净又不过洗。过洗的零件,应干燥,按工艺重新进行渗透和水洗。

5.3.2 亲油性后乳化法工艺

亲油性后乳化渗透剂,渗透结束后,先进行乳化,然后进行水洗。

5.3.2.1 乳化

亲油性乳化剂可采用浸涂或流涂的方法施加,不宜采用喷涂或刷涂的方法施加。在施加乳化剂的过程中,不应翻动零件或搅动零件表面上的乳化剂。荧光渗透检验乳化时间应不大于 3min,着色渗透检验乳化时间应不大于 0.5min。

5.3.2.2 水洗

零件乳化结束后,应立即用浸入水中或水喷洗的方法停止乳化,再用水喷洗,去除渗透剂和乳化剂的混合物。水喷洗应按 5.3.1 条的规定进行。

5.3.3 溶剂去除法工艺

溶剂去除型渗透剂,渗透结束后,应当使用其配套的溶剂擦洗去除。首先用清洁不起毛的棉织品擦去多

余的渗透剂,然后用以去除剂润湿的棉织品擦去残留的渗透剂,最后用清洁、干燥、不起毛的棉织品擦干,吸干,也可以自然干燥。润湿的棉织品去除剂不能饱和,不允许用浸、喷、流或刷涂方法施加去除剂。如发现渗透剂去除过量,应将零件从预处理开始,按工艺重新处理。

5.3.4 亲水性后乳化法工艺

亲水性后乳化渗透剂,渗透结束后,应先进行预水洗,再进行乳化,最后用水清洗干净。

5.3.4.1 预水洗

预水洗应按 5.3.1 条的娜定进行,去除零件表面大部分渗透剂。

5.3.4.2 乳化

亲水性乳化剂可采用浸涂、流涂、喷涂等方式施加。乳化时间应尽量短,以能充分乳化渗透剂为宜,一般不超过 2min。采用浸涂方式施加乳化剂时,乳化剂应按生产厂家推荐的浓度配制,一般不超过 35%(V/V)。浸涂时应适当搅动乳化剂溶液。采用喷涂方式施加乳化剂时,乳化剂的浓度应不超过 5%(V/V)。

5.3.4.3 后水洗

按 5.3.1 的规定进行后水洗。过量的本底,应通过补涂乳化剂和进一步清洗的方法,达到满意的清洗结果。如果发现过乳化或过洗,则应从预处理开始,按工艺将零件进行重新处理。

5.4 干燥

5.4.1 干燥工序的安排应遵循以下原则:

- a. 干粉显像(a型)和非水湿显像(d型)时,施加显像剂之前,零件应进行干燥;
- b. 水溶性湿显像(b型)和水悬浮性湿显像(c型)时,施加显像剂之后,零件应进行干燥。需要时,施加显像剂之前,也可进行一次干燥;
- c. 自显像(f型)时,目视检查之前,零件应进行干燥。

5.4.2 干燥宜采用热空气循环控温干燥箱(以下简称干燥箱)的方式,也可以采用吹热风或冷风的方式,还可以曝露于室温大气中自然干燥。干燥时间不应过长,以零件表面刚干燥为宜。

采用干燥箱进行零件干燥时,干燥箱的温度不应超过 70℃。零件入箱前,应通过滴流、吸附或吹风的方法去除表面的积水或积液。

5.4.3 用压缩空气吹去零件表面积水或积液时,或者用压缩空气直接吹干零件时,压缩空气应干燥、清洁,压力不大于 0.17MPa,喷嘴与零件表面的间距应不小于 30cm。

5.4.4 用溶剂去除法去除多余渗透剂的零件,宜在室温下自然干燥。

5.5 显像

无论采用下列哪种显像方式,均应在规定的显像时间内,检查完所有的零件。未检查完的零件,应从预处理开始,按工艺重新处理。

5.5.1 干粉显像

施加干粉显像剂之前,零件应进行干燥。干粉显像剂可采用喷粉柜(箱)喷粉、手工撒粉或埋粉等方法施加。零件待检表面上的显像粉应薄而均匀。过多的显像粉可用轻抖、轻敲的方法去除,也可用清洁、干燥的压缩空气轻轻吹去。

干粉显像时间为 10~240min。

5.5.2 非水湿显像

5.5.2.1 施加非水湿显像剂之前,零件应进行干燥。非水湿显像剂宜采用喷涂的方法施加。悬浮性显像剂,喷涂过程中应不断地搅动显像剂。

5.5.2.2 荧光渗透检验,显像剂应薄而均匀地覆盖零件的待检表面,否则应当从预处理开始,按工艺重

新处理。

5.5.2.3 着色渗透检验,显像剂应涂成薄且均匀的白色涂层,能为显示提供适当的颜色对比。

5.5.2.4 施加非水湿显像剂后,零件宜在室温下的大气中,自然干燥。显像时间为 10~60min(从显像剂干燥后开始计算)。

5.5.3 水溶性和水悬浮性湿显像

5.5.3.1 水溶性和水悬浮性湿显像剂,可以直接施加到清洗干净的零件待检表面上,可用喷除、流涂或授涂的方法施加显像剂,显像剂的浓度应适当,不应呈粘稠状。

5.5.3.2 零件施加水溶性和水悬浮性显像剂后,应按 5.4 条规定的工艺,在干燥箱中干燥,或者在室温下自然干燥,显像时间为 10~120min(从显像剂干燥时开始计算)。

5.5.3.3 水溶性湿显像,不宜用于着色渗透检验和水洗型荧光渗透检验,水悬浮性湿显像,不宜用于荧光渗透检验。

5.5.4 自显像

经鉴定符合 GJB 593.4 要求,并由主管部门认可的荧光自显像渗透剂,可以不用显像剂显像。去除多余渗透剂,干燥后,可直接检查。显像时间为 10~120min(从零件表面干燥时开始计算)。

5.6 检查

5.6.1 荧光渗透检验时,检验人员应有 2~5min 的暗场适应时间,应戴防紫外线眼镜(非有色的或变色的眼镜)。黑光灯在零件待检面上的辐照度应不低于 $1000\mu\text{W}/\text{cm}^2$,环境白光照射度应不大于 20lx。着色渗透检验时,零件待检面上的白光照射度应不低于 1000lx。

5.6.2 对观察到的所有显示均应作出解释。对有疑问不能作出明确解释的显示,应擦去显像剂直接观察或重新显像、检查。必要且允许时,可从预处理开始,重新处理。

5.6.3 对无显示,或仅有假显示和非相关显示的零件应准予验收。对有相关显示的零件,应按验收标准进行评定,验收或拒收。

5.7 后处理

零件检验后应进行清理,去除对后续工序和零件使用有影响的残留物。一般可用吹气或水洗的方法去除显像剂和渗透剂残留物。对于需要重复渗透检验或对于使用环境有特殊要求的零件,应当用溶剂清洗。

5.8 记录

所有渗透检验的结果均应记录。记录应按有关规定存档,供追溯查阅。记录一般包括下列内容:

a. 申请(或委托)单位和日期; b. 零件名称、图样号、材料、状态、炉批号和数量; c. 工艺卡号或工艺参数; d. 显示的记录和处理(显示记录一般用文字或示意图,必要时可进行照相或复膜); e. 依据的验收标准和检验结论; f. 操作、检查和审核人员签名(或盖章); g. 日期。

5.9 标志

5.9.1 标志要求

凡按本标准规定方法进行渗透检验,符合验收标准的零件,均应制作标志,标志部位、方法不应损伤零件或影响其预期功能。标志部位应由图样或其他设计文件规定。标志应明显,不能被后续工序去掉。标志一般应靠近零件号和检验人员代号。

5.9.2 标志方法

可采用压印、蚀刻、涂色或其他方法制作标志。应优先采用压印法。不允许采用压印法时采用蚀刻法。不允许压印、蚀刻时可采用涂色法。当零件由于其结构、精度或功能原因,不允许采用压印、蚀刻和涂色法时,或者由于后续工序可能去掉标志时,可采用跟踪记录卡、挂标签和装袋等方法进行标志。

5.9.3 标志符号

当百分之百进行渗透检验时,验收的每个零件应压印、蚀刻字母 P,或者涂褐红色。

抽样进行渗透检验时,验收批的每个零件应压印、蚀刻椭圆包围 P 字母的符号,或者涂黄色。

5.10 检验报告

检验报告一般包括下列内容:

a. 申请(或委托)单位和日期; b. 零件名称、图样号、材料、状态、炉批号和数量; c. 本标准编号和验收标准; d. 检验结论; e. 操作、检验和审核人员签名(或盖章); f. 报告日期。

5.11 质量保证措施

5.11.1 渗透检验系统的设备、材料应通过定期检定和校验进行质量控制,确保其性能可靠。除本标准专门规定外,设备和材料检定、校验的周期和方法应符合 GJB593.4 的有关要求。校验周期是根据每天一个工作班工作量饱满的情况作出的规定,对于工作量不足的情况,允许适当延长校验周期,但只允许延长到下次渗透检验工作开始之前。

5.11.2 检验场所

固定的荧光渗透系统,暗室每周应检查一次,环境白光照度应不大于 20lx,且无荧光污染和反射干扰。着色渗透系统检查场所工作台的白光照度每周应检查一次,照度应不低于 1000lx。

5.11.3 设备和仪表

5.11.3.1 设备的温度、压力显示装置和控制器每班应检查一次,并按归口单位的有关规定定期检定。

5.11.3.2 紫外辐照计、白光照度计和荧光亮度计每年至少应检定一次,量值传递可追溯到国家计量部门。

5.11.3.3 黑光灯每周应检查一次输出功率,新更换灯泡时也应检查。距灯泡(或滤光片)表面 38cm 处,辐照度应不低于 $1\ 000\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。自显像荧光渗透检验用黑光灯,距灯泡(或滤光片)16cm 处,辐照度应不低于 $3\ 000\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。每天应检查一次黑光灯的反射镜和滤光片的完好性和清洁性,发现损坏和弄污时,应更换或处理。

5.11.4 材料

凡用于渗透检验的材料均应按规定的周期进行校验,当发现材料的颜色、气味、粘度和去除性异常时,也应及时进行校验。校验合格,方可继续使用。

5.11.4.1 渗透剂

使用中的渗透剂应进行亮度、含水量、去除性和灵敏度的校验。校验不符合要求时,应按标准更换渗透剂,或者进行调整。各项校验要求如下:

a. 使用中荧光和两用渗透剂的荧光亮度,至少每季度应校验一次。按 GJB 593.4 附录 B6 的方法进行校验,其亮度值不得低于未使用过的渗透剂标样亮度的 90%。

b. 使用中水洗型渗透剂的含水量,至少每月应校验一次,其方法按 GB 260。含水量不得大于 5%(V/V)。

c. 使用中水洗型渗透剂的去除性,至少每月应校验一次,其方法按 GJB 593.4 附录 B5。去除性不得明显低于未用过的渗透剂标样。

d. 使用中渗透剂的灵敏度,至少每月应校验一次。以使用的渗透剂与未使用过的去除剂(或乳化剂)和显像剂组成渗透系统,按规定工艺对五点(B型)标准试块进行检验。各灵敏度等级的渗透剂所显示的人工缺陷点数应不少于表 1 规定。

表 1 灵敏度等级与显示点数

灵敏度等级	显示点数
1 级——低灵敏度	2
2 级——中灵敏度	3
3 级——高灵敏度	4
4 级——超高灵敏度	5

5.11.4.2 乳化剂

使用中的乳化剂应进行去除性、含水量和浓度的校验。校验不符合要求时,应按标准更换乳化剂,或者进行调整。各项校验的要求如下:

- a. 使用中乳化剂的去除性每周应校验一次。以未使用过的乳化剂和未使用过的渗透剂作为标准系统,与使用中的乳化剂和未使用过的渗透剂系统相比较。使用中的乳化剂去除性不得明显低于标准系统。
- b. 使用中的亲油性乳化剂,其含水量每月应检定一次。按 GB 260 规定的方法进行检定含水量不得大于 5%(V/V)。
- c. 使用中的亲水性乳化剂溶液,每月应当用折射仪或按 GB 260 规定的方法,对其浓度检定一次,与未使用过的乳化剂溶液相比较,浓度变化不应大于 3%。

5.11.4.3 显像剂

使用中的显像剂应按下面的规定进行定期校验,性能不符合要求时,应更换显像剂或进行调整。

- a. 干粉显像剂每天应检查一次松散性,结块的显像剂不符合要求。对于反复使用的显像剂,每天还应检查其荧光污染程度。在一平板上撒上一薄层显像粉,在黑光灯下观察,在直径 10cm 圆面积内,亮斑数不得多于十个。
- b. 水溶性和水悬浮性显像剂的润湿性和荧光性每天应检查一次。在显像剂中浸涂一块 8cm × 25cm 的铝板,取出干燥后,显像剂涂层应均匀全面覆盖铝板。在黑光下观察不得有荧光。
- c. 水溶性和水悬浮性湿显像剂的浓度每周应当用比重计检定一次,其浓度应符合供货单位推荐的浓度值。

5.11.5 系统性能

渗透检验系统的性能每天应校验一次。按本标准规定的工艺对人工缺陷标准试块进行检验,将检验结果,人工缺陷显示的点数、亮度(或颜色深度)与事先采用新系统获得的显示照片(或其他记录)相比较。一致时,表明系统性能稳定,可进行零件的渗透检验。