

DOI: 10.11973/wsjc201608014

工件表面状态对渗透检测的影响及对策

杨 波¹,胡学知²,龚 固¹,袁黎明¹

(1.陕西西宇无损检测公司,西安 712100;2.中航工业庆安集团公司,西安 710077)

摘要:简述了良好、不良表面状态的实质内容,论述了工件表面状态对渗透检测的影响;介绍了改善各种不良表面状态的对策,并提出了选择具体方法的原则,以供同行参考。

关键词:表面状态;渗透检测;可靠性

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号:1000-6656(2016)08-0055-05

The Influence of Workpiece Surface State on Penetration Test and Countermeasures

YANG Bo¹, HU Xue-zhi², GONG Gu¹, YUAN Li-ming¹

(1.Shaanxi XIYU NDT company, Xi'an 712100, China;2.AVIC Qingan Group Co., Ltd., Xi'an 710077, China)

Abstract:This paper briefly described the substance of good and bad surface state, discussed the influence of the bad surface state on penetration testing. It comprehensively introduced the countermeasures to improve the bad surface state and the principles of choosing some specific methods. What described in the paper may provide reference for others.

Key words:Surface state; Penetration test; Reliability

渗透检测前,必须对受检试件的受检表面进行预处理、预清洗或综合处理;渗透检测后,需要复验的试件,还必须对复验表面进行后清除。

预处理、预清洗、综合处理或后清除工序的共同目的,都是为渗透检测受检表面提供良好的表面状态。其基本要求都是:必须使渗透液能够润湿受检表面,使渗透液能够渗入到开口缺陷中去;且在后续的显像工序中,开口缺陷中的渗透液能够反渗到受检表面,形成开口缺陷迹痕显示。

预处理、预清洗、综合处理及后清除等工序完成后,受检工件表面状态应该为良好状态,它包括以下几个实质内容:

① 几何外形规则,没有任何可能影响渗透检测的固态类污物,例如:铁锈、飞溅、型砂、积碳;铝合金阳极化层、发蓝氧化膜;镀铬层、镀镍层等。

② 表面及开口缺陷中清洁干净,没有任何可能

影响渗透检测的液态类污物,例如:水、湿气、油脂、酸类及铬酸盐的残留物等。

③ 表面开口缺陷中,没有任何可能影响渗透检测的固态与液态的混合污物,例如:腐蚀裂纹中的腐蚀产物;耐蚀耐热合金在腐蚀高温条件下产生的复杂氧化物沉积等。

④ 需要复验的试件,没有任何渗透检测残留物。

⑤ 经过其他无损方法检测的试件,没有任何磁悬液、耦合剂等残留物。

⑥ 无其他不良表面状态,例如:某些裂纹在外加应力作用下,呈闭合状态;表面太粗糙;陶瓷被污染;渗透检测操作不合格产生的污物或手指印等。

1 不良表面状态对渗透检测的影响

渗透检测前,所有不良表面状态,都可能对渗透检测产生影响,如:

① 已经存在于受检表面或已经进入开口缺陷的污物,可能妨碍渗透液对受检表面的润湿;妨碍渗透液渗入开口缺陷,严重时,甚至会完全堵塞缺陷开口。

② 开口缺陷中的液体污物可能与渗透液发生化学作用,污染并改变渗透液的性能。

收稿日期:2016-06-01

作者简介:杨 波(1975—),男,工程师,主要从事石油及天然气装备的无损检测工作。

通信作者:胡学知,男,研究员级高工,主要从事无损检测理论研讨及实践应用工作。E-mail: diyihxz@163.com。

③ 开口缺陷中的液体污物在黑光灯下常会发光(例如煤油、矿物油发浅蓝色光),模糊开口缺陷的荧光迹痕显示;还可能产生虚假迹痕显示。

④ 存留在氧化皮、飞溅等部位的污物,可能掩盖正常迹痕显示,产生虚假迹痕显示。

⑤ 操作者的手指印,存留在受检试件表面,可能产生虚假迹痕显示。

⑥ 受检表面太粗糙,会降低渗透液的润湿性能,还会影响清洗效果。

⑦ 在外加应力作用下呈闭合状态的裂纹,会导致渗透检测漏检。

⑧ 复验试件,如表面有渗透检测剂残留物,检测质量会受到影响,例如:开口缺陷中的着色染料,会与荧光染料混合而影响荧光迹痕显示,甚至猝灭荧光。

⑨ 强酸、强碱、铬酸盐等残液,会分解渗透液中的染料或吸收黑光,减弱或模糊显示。

⑩ 受检表面及开口缺陷内存有磁悬液、耦合剂等残留物,会影响后续渗透检测质量。

渗透检测人员应针对不良表面状态,采取合理方法,提高渗透检测可靠性。

2 影响渗透检测的表面污物

2.1 固态类污物

① 锻件的铁锈、氧化皮等。② 铸件的型砂、熔渣等。③ 焊件的焊渣、飞溅等。④ 研磨、抛光的研磨剂、抛光剂等。⑤ 热处理的黑色氧化皮等。⑥ 油漆、涂料等有机涂层;铝合金阳极化层、钢发蓝氧化膜;铬镀层、镍镀层等。⑦ 在役制品的结垢、积碳、腐蚀产物等;⑧ 其他,如受检表面不规则(如焊瘤、浇冒口太大)等。

2.2 液态类污物

包括:① 油脂、抗腐蚀油等。② 强酸、强碱、卤化物等。③ 机械加工中使用的冷却液、润滑剂、防锈剂等。④ 残留的水迹、氢氧化物、杂质等。

2.3 混合类污物

包括:① 开口缺陷内的腐蚀产物或其他残留物等。② 喷丸、喷砂或研磨后的残留物等。③ 复验试件的渗透检测剂等残留物。④ 磁悬液、载液、耦合剂等残留物。

2.4 其他

包括表面太粗糙;裂纹在外加应力作用下的闭合状态;陶瓷试件的湿气及灰尘等;操作者的手指印

等;操作不合格产生的污物等情况。

3 改善不良表面状态的对策

在制试件,应进行预处理及预清洗;在役试件,应进行综合处理;复验试件,应对复检表面进行后清除。

预处理、预清洗、综合处理及后清除、复验的一般程序为:

① 选用洗涤剂、溶剂、碱洗等方法,去除油脂、防锈剂、润滑剂等液态类污物。

② 选用喷砂、喷丸、研磨等方法,去除铁锈、氧化皮、结垢及积碳等固体类污物;这些污物也可使用(强)碱(清)洗法、(强)酸蚀(法)处理。

③ 水中漂洗,去除①、② 中所有残液或残渣。

④ 干燥试件,去除漂洗中留下的水痕迹等。

试件处理后,应立即进行渗透检测,否则,应用防锈油等对试件进行保护处理;如果进行了保护处理,则在渗透检测前,应重新进行预清洗等操作。

3.1 预处理

通常情况下,焊件、铸件、锻件、轧制件等在制试件的表面状态,是可以满足检测要求的。如果发现铁锈、型砂、积炭等固态污物或混合污物,则应进行预处理。

预处理时,可采用手工处理方法,例如:钢丝刷、砂轮磨、锉削等;也可采用机械处理的方法,例如:电动钢丝刷、切割机、喷砂、喷丸、超声波清洗等,也可考虑使用酸蚀法、碱洗法去除。

对喷丸、喷砂、研磨、砂轮磨等预处理方法的选用,应该谨慎,特别要注意:① 防止对研磨面、装配面及铜、铝、钛等软金属造成损伤;② 防止试件塑性变形,如变形发生在开口缺陷处,还可能造成开口闭塞;③ 清理污物产生的金属粉末、砂末或其他可能堵塞开口缺陷的新生产物。

3.2 预清洗

3.2.1 洗涤剂清洗

洗涤剂清洗液是一种不易燃的水溶化合物,含有表面活性剂,能够对各类污物,如油脂、润滑油等起润湿、乳化及皂化作用,从而将试件表面的污物清除干净。洗涤剂清洗液可分为碱性、中性和酸性,清洗时应按照制造厂说明书进行。

洗涤剂清洗后,必须对试件进行充分干燥。例如:金属试件,干燥温度不超过 80 °C,干燥时间 10 min 即可^[1];某些特殊试件,如飞机高压涡轮叶

片，干燥温度为120℃，干燥时间为60 min^[2]；正确的干燥温度及时间应通过试验确定。

3.2.2 溶剂清洗

溶剂清洗是使用汽油、酒精或三氯乙烷等有机溶剂，有效溶解清洗油脂、石腊、密封胶、油漆等有机污物的较好方法。溶剂清洗不能用于清洗铁锈、氧化皮等无机污物。

含有卤素和硫的溶剂清洗液不应当用于清洗镍基合金，含有卤素的溶剂清洗液不应当用于清洗钛合金及奥氏体不锈钢材料。

溶剂清洗液中，不少溶剂是易燃有毒物质；应按照制造厂说明书进行操作。

3.2.3 蒸汽除油

蒸汽除油是利用三氯乙烷(比三氯乙烯、全氯乙烯的毒性低)之类含氯有机溶剂的热蒸汽，清除试件表面的油脂类污物的较好方法；但是，它们对钛合金及奥氏体不锈钢等卤化物敏感材料有危害作用，即在应力存在的情况下试件易产生应力腐蚀裂纹。

蒸汽去油不能清洗无机型污物(夹渣、腐蚀、盐类等)，也不能清除树脂型污物(塑料涂层、清漆、油漆等)。

蒸汽除油与试件接触的时间较短，无法将窄而深的开口缺陷中的油脂全部清除干净；如果怀疑开口缺陷窄而深，建议采用有机溶剂浸泡法。

3.2.4 碱(清)洗

① 碱清洗液是氢氧化钠水溶液，含有能润湿、乳化及皂化各类污物的洗涤剂。

② 热碱清洗液可用来清除掩盖表面开口缺陷的氧化皮、锈蚀和积垢等。

③ 蒸汽热碱清洗是一种改进的热碱清洗方法，在容器内进行。适用于大型试件，能够清除试件表面的各种无机污物和有机污物，但无法清除窄而深的开口缺陷底部的污物。如果怀疑开口缺陷窄而深，建议采用有机溶剂浸泡法。

④ 采用碱清洗的试件，必须把清洗剂冲洗干净；并在检测前，进行整体加温干燥。

3.2.5 超声清洗

超声清洗是一种在溶剂和清洗剂中辅以超声振动，利用超声波在液体中的空化作用，使污物层被分散、乳化、剥离而达到提高清洗效果和减少清洗时间的清洗方法。如果是清除无机污物，例如：清除锈蚀、夹渣等，则应采用洗涤剂。

如试件表面含有经过研磨等处理后的润滑脂、

研磨膏等混合类污物，使用超声清洗不仅可以将油脂类污物去除，而且可以将研磨膏粉粒等污物去除。

超声清洗后、施加渗透液前，应加热试件，去除水、洗涤剂、或有机溶剂等超声清洗残留物；然后将试件冷却至50℃以下。

3.2.6 除漆处理

渗透检测前，油漆膜层必须完全除掉，直至露出金属表面。

除漆的难易程度主要取决于：底漆类型；面漆类型；涂层的老化程度；所用除漆剂的性能等因素。

除漆多采用化学方法，即用除漆剂与漆膜接触，经过浸润、膨胀、软化或溶化等步骤，从而使漆膜脱离。除漆剂可分为水性、酸性、碱性、溶剂型、氯代型等类别。操作者应根据油漆膜层的具体情况，有针对性地选择除漆剂。

油漆清除后，应对试件充分清洗，去除开口缺陷中的所有污物，并对表面充分干燥。

3.2.7 酸蚀(法)处理

酸蚀处理常用于清除试件(如轧制钢试件)表面的锈蚀、结垢、氧化皮等；还可以清除由于喷丸形成的封闭表面开口缺陷的细微金属物。酸蚀处理时，必须按照制造厂说明书进行操作。对于油脂、油膜类污物，酸不是一种很好的清洗剂。

酸蚀处理使用的是无机酸溶液、有机酸溶液或酸性盐、润湿剂和洗涤剂形成的混合溶液，加热或不加热都可以。如：柠檬酸可以用于去除铜合金和碳钢的铁锈，且不损伤金属^[3]；10%三氯化铁溶液，可用于镍铜合金铸件晶间裂纹内腐蚀污物的清洗^[4]。

酸蚀处理后，必须将试件表面的酸蚀剂全部冲洗干净，经冲洗后必须呈中性；并且在施加渗透液前，充分干燥。

酸蚀处理时，试件被酸蚀剂作用后，容易吸进氢气，产生氢脆现象。因此在清洗完毕后，应立刻进行去氢处理。去氢处理后应在施加渗透液前，将试件冷却至50℃左右。

3.3 后清除(仅对复验表面)

3.3.1 显像剂的清除方法

选择清除显像剂的方法，必须考虑显像剂的具体类型。

① 干式显像剂：因为松散的干式(粉)显像剂只粘附在渗透液或其他液体处，也可能滞留在开口缺陷处；所以可使用无油吹风机及普通自来水冲洗。

② 水基湿式显像剂：由于水基湿式显像剂已被

烘箱烘干,与试件表面有较强的粘附力,所以应用普通自来水或含有洗涤剂的水,手工喷洗或机械喷洗。

③ 可溶显像剂:因为该类显像剂可溶于水中,所以可用普通自来水冲洗。

④ 溶剂悬浮湿式显像剂:可先用不起毛湿布擦,然后用干布擦;也可直接用清洁干布或毛刷刷;螺纹、裂缝或表面凹陷处,可用加有洗涤剂的热水喷洗,超声清洗更好。

3.3.2 残余渗透液的清除方法

可使用汽油、酒精、三氯乙烷溶剂去除清洗,超声清洗(有机溶剂中)效果更好。

建议采用如下方法:三氯乙烷蒸汽去油(至少10 min);汽油、酒精等有机溶剂浸泡(至少15 min);超声清洗(在有机溶剂中)清除(至少3 min)。

某些情况,要求先采用三氯乙烷蒸汽去油,然后再用有机溶剂浸泡。所用时间取决于试件性质,应通过试验来确定。

另外,三氯乙烷蒸汽去油应在显像剂清除后进行,否则显像剂将在试件表面凝结。

3.4 综合处理

3.4.1 需要同时磁粉(湿)检测和渗透检测的试件

应先进行渗透检测,然后再进行磁粉(湿)检测。

磁粉(湿)检测的湿磁粉也是污物,在强磁场作用下,湿磁粉会紧密吸附在开口缺陷处。即使经过强磁场退磁,湿磁粉残留物仍然很难清除干净。如果先进行磁粉(湿)检测后进行渗透检测,则应根据磁悬液的不同,采用不同的清洗方法。

3.4.2 需要同时超声检测和渗透检测的试件

应先进行渗透检测,然后再进行超声检测。

超声检测所用的液体耦合剂也是污物,也会堵塞或填塞开口缺陷,液体耦合剂污物也很难清除干净。如果先进行超声检测后进行渗透检测,则应根据液体耦合剂的不同,采用不同的清除方法。

3.4.3 在役试件的渗透检测

首先需将试件从在役设备上分解下来;试件表面有油漆,必须先进行除漆处理;另外,试件表面的结垢、锈蚀和腐蚀产物等,可使用酸蚀法(常用)或碱洗法进行处理。

在选择酸或碱的类型时,应考虑如下因素:在役试件的材料类型(是否软金属)及表面类型(是否密封面或装配面);结垢、氧化物、腐蚀产物的类型及严重程度;在役试件几何尺寸的允许减薄量等。

酸蚀或碱洗后,必须对在役试件进行彻底漂洗,否则,酸或碱的残液可能影响渗透检测剂的性能。

3.4.4 飞机试件大修时的渗透检测

飞机上有很多试件是铝合金、钛合金、铜合金等轻金属,它们都是非铁磁材料;有些试件,虽然是铁磁性材料,但常因几何形状和尺寸的限制,不适合进行磁粉检测等^[5];大修时,这些试件需要进行渗透检测^[6]。

对这类在役试件进行渗透检测前,必须将它们从飞机上整体拆卸下来;然后使用溶剂清洗、或碱洗、或酸蚀,清洗(除)润滑油、结垢、腐蚀产物等污物。

存有严重结垢、腐蚀产物的局部区域,可使用不锈钢钢丝刷打磨清理;怀疑有开口缺陷的小区域,可使用手工砂纸打磨清理。

3.4.5 耐热耐蚀合金试件大修时的渗透检测

很多耐热耐蚀合金试件(大多是非铁磁性材料或弱磁性材料),在高温、强腐蚀环境下使用,表面形成了复杂的氧化沉积物;它们与试件表面粘合很牢,且常常形成较厚结垢等。大修时,可采用工业盐浴法去除这些氧化沉积物。

工业盐浴法是利用试件在熔融氢氧化钠热盐浴浸泡过程中,试件基体金属与结垢的热膨胀系数不同而导致结垢开裂,结垢再经水中淬火发生爆炸而脱离试件表面的方法。

工业盐浴法适用于所有碳钢、合金钢、不锈钢、镍基或钴基合金,以铜、镍、钴、钼为基的高熔点合金;不适用于铝、镁、铅及锡等低熔点合金,钛合金(易使材料变脆甚至燃烧),厚度较薄(0.8 mm)的材料(易使其扭曲变形)。

3.4.6 非金属试件的渗透检测

非金属试件(塑料、玻璃、人工橡胶等)表面的润湿特性不同于金属试件表面的润湿特性。另外,渗透检测现场使用的渗透检测材料主要适用于金属试件,对非金属试件不一定适用。例如:某些塑料试件与渗透检测材料接触,会发生膨胀甚至开裂现象。

对非金属试件进行渗透检测前,可在废弃试件表面上进行初步试验,或向渗透检测材料供应商咨询。

3.4.7 陶瓷试件的渗透检测

陶瓷是由粘土、石英及长石等天然矿物原料按不同配方配制,经加工、成型及焙烧而成的材料。陶瓷特别是金属陶瓷,已广泛用于火箭、导弹的外壳,

燃烧室的火焰喷口等零部件的制作。

对陶瓷试件渗透检测前,可使用不起毛、无尘的布擦拭陶瓷试件外表面,以去除表面灰尘、涂料等外来杂物、污物等^[7];可使用在清洁的氧化环境中加热的方法,去除陶制试件的水分,并清除微量有机污染物。

3.4.8 其他

(1) 试件表面的保护层

在制试件及在役试件的表面,都常有表面保护层(如:油漆、涂料、铝合金阳极化层、发蓝层、镀铬层、镀镍层等)。在役试件渗透检测时,对保护层需要区别对待。一般原则是:与试件表面结合力较差的保护层,如油漆等,检测前,必须将其去除干净;与试件表面结合力较强的保护层,如镀铬、镀镍、镀锌等金属镀层,检测前,可不必去除;怀疑有缺陷的部位的表面保护层,应向相关技术部门咨询去除方法并进行去除。

(2) 试件表面太粗糙

受检试件表面太粗糙,可以使用喷砂等机械处理方法处理。

(3) 妥善处理外加应力作用下呈闭合状态的裂纹

对关键重要试件,如发动机涡轮叶片等,在条件允许下可考虑采用加载方式进行预清洗,并采用荧光渗透检测^[6]。

(4) 检测人员的手指印

渗透检测人员应戴棉手套操作,防止在试件表面留下手指印;如果在试件表面不慎留下手指印,可使用预清洗材料,擦拭去除。

(5) 操作不合格产生的污物

应该具体分析污物是在哪个工序产生的,并研究具体处理办法。

4 如何选择改善不良表面状态的方法

选择改善不良表面状态的具体方法,是非常重要的。

选择具体方法时,必须确保所选方法能够有效去除不良表面的所有污物,确保所选方法不损伤受检试件表面及使用性能等。应该着重考虑下列因素:

① 了解污物的种类及性质,有针对性地选择有效及合适的清洗溶剂及方法。但没有哪种方法与溶剂是万能的。清洗用溶剂与污物的化学结构相似,清洗效果更好^[8]。

② 了解受检试件的材料特性,了解所选择的方法对受检试件的影响。但都不得损伤受检试件的功能,如,装配件一般不推荐使用酸蚀法、碱洗法进行预清洗。

③ 了解选用的方法对受检试件的实用性。如,大试件不能放在小型除油槽内除油,也不能放在超声清洗容器内去除油等。

④ 不得产生新的不连续,更不得产生新的开口缺陷或缺欠。

5 结语

为渗透检测受检试件制备良好的表面状态,是渗透检测成功的关键。为制备良好表面状态,提供了多种方法,在渗透检测中具有一定的参考价值,可供同行选择使用。

参考文献:

- [1] 胡学知.渗透检测[M].北京:中国劳动社会保障出版社,2007.
- [2] 徐亚亚,李泽,刘兴勇.某机高压涡轮叶片荧光渗透检测工艺改进[J].无损检测,2015,37(9):67-91.
- [3] 美国无损检测学会.美国无损检测手册·渗透卷[M].美国无损检测手册译审委员会,译.上海:世界图书出版社,1994.
- [4] 张新菊,张环,胡学知,等.镍铜合金铸件的渗透检测[J].无损检测,2015,37(5):81-82.
- [5] 莫瑕琳.干燥箱温度和干燥时间对荧光渗透检验灵敏度的影响[J].无损检测,2004,26(2):91-92.
- [6] 王玲.航空发动机零件渗透检测的局限性[J].无损检测,2015,37(5):78-80.
- [7] 陈翠丽.轴承用陶瓷球荧光渗透检测[J].无损检测,2014,36(11):59-61.
- [8] 胡学知,邱阳.压力容器无损检测——渗透检测技术[J].无损检测,2004,26(7):359-363.

欢迎网上投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告