

# 压力容器焊缝及其附近微裂纹的检测

李文利

(浙江省特种设备检验研究院, 浙江 杭州 310020)

**摘要:**无损检测技术的应用在压力容器制造过程中显得十分重要,主要有射线检测、超声检测、磁粉检测、渗透检测和涡流检测等方法。本文首先阐述了常用的无损检测方法及应用。其次,对压力容器焊缝及其附近微裂纹检测进行了深入的探讨。

**关键词:**压力容器;焊缝;微裂纹;检测

## 引言

理论上讲:凡密闭盛装气体、液体、液化气体等介质,具有一定容积,承受一定压力,承担储存、反应、热交换和分离等功能的设备均属压力容器。压力容器作为工业生产中的常用设备,也是一种比较容易发生燃烧爆炸事故的特种设备。压力容器的爆炸事故除受物理或化学诱导导致容器内的压力超过了它的实际承载极限而超压引爆外,容器材质、制造工艺、检测检验等对压力容器的防爆也产生至关重要的影响,有效地控制这些环节,加强检测检验把关,则可大大地减少或杜绝这类事故发生,保证容器的安全运行。

### 1 常用无损检测方法

无损检测技术的应用在压力容器制造过程中显得十分重要,其方法主要有射线检测、超声检测、磁粉检测、渗透检测和涡流检测等。应用无损检测技术可以探测到肉眼无法看到的试件内部的缺陷,在对试件表面质量检测时也能查出

许多肉眼很难察觉的细小缺陷,对在用设备定期检验时能及时发现设备中原来存在允许小缺陷的扩展开裂及其预后,确保容器安全使用。它具有对缺陷检测的应用范围广、灵敏度高、结果可靠性好等优点而被广泛用于压力容器制造和使用的过程检验和最终质量检验中。但它们各有优点和不足(见表1),在应用中如果可能要尽量多用几种检测手段互相取长补短以取得更多的信息。同时应根据被检测对象的特点选用适应的检测方法。正确地运用无损检测方法,及时检测出压力容器设备构件和焊缝中的各种缺陷,并进行修整,完全可避免有缺陷的压力容器服役。JB4730-2005《承压设备无损检测》提供了无损检测工艺以及检测结果评级标准,而《压力容器安全技术监察规程》和GB150《钢制压力容器》则明确了在何种情况下应进行无损检测、采用什么样的方法、检测的部位和比例以及在什么情况下产品是合格(验收标准)的问题。

表1

检测方法	优点和局限性
射线检测	能比较直观地对缺陷进行定性和定量,检测结果(底片)可长期保存,对体积型缺陷的检出率较高,而对面积型缺陷(如裂纹、未熔合)的检出率受多种因素影响。适宜检验厚度较薄的工件检测成本高,速度慢。
超声检测	对面积型缺陷的检出率较高。能较灵敏地检测裂纹,检测周期短,检测成本低,适宜检验厚度较大的工件,适用范围广,可用于各种工件,对体积型缺陷的检出率较射线检测低,不适宜检测较薄的工件,检测结果无法得到缺陷直观图像,对缺陷定性难,定量精度不高,检测结果无直接见证记录。
磁粉检测	只能检测出表面和近表面缺陷,不能用于检查内部缺陷,只适宜铁磁性材料探伤。检测灵敏度很高,在常用4种方法中,磁粉检测对表面裂纹检测灵敏度最高。检测成本低,检测速度快
渗透检测	适用除疏松多孔性材料外任何种类的材料,只能检测出表面开口的缺陷,对埋藏缺陷或闭合性表面缺陷无法检出,检测工序多,速度慢,检测灵敏度比磁粉检测低,检测结果受试件表面光洁度影响大,可检测形状复杂的工件。

### 2 压力容器焊缝及其附近微裂纹检测

为了保证压力容器制造质量和使用安全,对其焊接的焊

缝质量采用无损检测方法进行检查。实施无损检测应根据检测的目的正确选择检测的时机,如封头拼接的焊缝检测应在

封头压制成型后进行,这样才能检查出焊缝在压制过程中产生的危险性缺陷;拼接焊缝应进行100%射线或超声波检测,合格级别随设备壳体走。最后成型的焊缝检测级别、比例与设备壳体相同。正确的做法是:下料(划线)-小板拼成大板-成型-无损检测。如在未成型之前做检测是不对的,因为它保证不了成型之后还合格。也就是说无损检测是指最终的步骤。又如对利用高强度钢制造的压力容器,要检查高强度焊缝有无延迟裂纹,这时无损检测实施的时机就应安排在焊接完成24h以后进行。由于微裂纹多产生在焊缝及热影响区内,且多数在试件的表面看不到。所以,要想准确地对其进行检测,就必须采用综合测试的方法。只有这样,才能使容器内的微裂纹缺陷尽可能地被发现,从而达到彻底清除的目的。

对压力容器焊缝及其附近微裂纹进行超声波检测时,应注意探头应保持一个合适的倾斜角度,探头倾斜角度过高会使波程增加,从而消耗波能,影响探伤的灵敏度,探头倾斜过低不易发现裂纹和未熔合等缺陷。应注意焊缝的扫描死角,探头可做锯齿形运动,并调整好倾斜角度。同时,扫描位置与扫描讯号有很大关系,对焊缝进行接扫描时,焊缝波纹会造成一些干扰,可将涂有耦合剂的手指按在超声波反射面的焊缝波纹处,若是该处的表层缺陷,讯号不会发生变化,反之是干扰。注意对焊接接头热影响区进行扫描,焊接接头热影响区与焊缝区有不同的缺陷类型,这有助于针对性判断该区可能出现的缺陷性质。对压力容器常规检验时,首先对容器的内外表面及焊缝用肉眼认真普查一遍。必要时可用10倍以上的放大镜仔细查看,对有怀疑的部位做好标记。接下来对容器的焊缝及热影响区进行100%的磁粉探伤。对于人孔、支柱、接管等处受空间限制,磁粉探伤难以做到的地方,采用表面着色的方法进行检测。用磁粉穿探伤能有效地检出焊缝及其附近的微裂纹,所以这项工作要认真细致的进行。对于出现裂纹磁痕的地方要做好记录。然后用超声波

探伤仪进一步确定所发现的裂纹磁痕是否属实。认为裂纹确实存在后,可用射线探伤法从不同的角度对裂纹处进行拍片复查。一般情况下,浅表面微裂纹在底片上是发现不了的,只有裂纹的深度达到一定成度后,底片上才可显现出来。对于射线检测不到的浅表面微裂纹一般不需要进行补焊处理,只需用角磨机将其磨掉即可。在打磨之前,先用测厚仪测一下裂纹附近的容器壁厚,然后根据公式核算。最后进行一下表面着色检验,未发现任何裂纹显示即可。这样处理表面微裂纹有两个好处。首先,它可以大大缩短了缺陷的修复时间。其次,避免了焊后的热处理工序。对于射线检验能够发现的裂纹不宜采用打磨去除的方法。因为它具有一定的深度,应在裂纹两端钻孔,磨削补焊。最后进行热处理,消除残余应力。

### 3 结语

压力容器经长期运行后,受交变载荷及温度变化的影响,原本不超标的缺陷要产生扩展。为了更有效地检测出微裂纹这种危害性缺陷,在工作中应当制定出正确的检测方案。综合运用各种无损检测方法,对发现的缺陷做出正确的定性和定量。尤其是裂纹类缺陷的形状及走向问题。只有正确地判断出容器内的缺陷,才能够制定出相应的修复方案,从而避免一些不必要的经济损失。

### 参考文献

- [1] 程树翔, 马晓梅. 压力容器焊缝及其附近微裂纹的检测[J]. 信息技术, 2001; (11):
- [2] 韩蕴绮. 压力容器无损检测的探析[J]. 电站系统工程, 2009; (03):
- [3] 姜菊生, 姚鸿生. 一种研究单晶硅加工表面微裂纹的新方法[J]. 半导体技术, 2008; (04):

(上接第126页)

并应视接缝宽度之增大而加深凹陷。自流平型密封胶虽无须整平动作,但胶面仍应低于道面7~9mm;打胶完成后,应检视接缝填缝情况,以确保胶无起泡、隆起等现象。若发现有不当之情形,应立即处理。

#### 2.4 品质检测

为确保所选用的密封胶和操作工艺能与所欲施工之道面接缝能有良好的密封效果,在施工前和施工后,应分别进行工地粘着性测试。

##### 2.4.1 施工前

选择一小段典型接缝设计之道面(约1m),依选用之密封胶和施工工艺,先进行一遍小面积操作。待密封胶完全固

化后,按照工地粘着性测试方法,检查密封胶与接缝面之粘着性。若有粘着性不佳之现象,则应重新检视选用之密封胶和施工步骤,找出原因并加以修正,对于较严格要求之道面,测试接缝长度可视状况而增加。(一般对机场跑道,建议之测试接缝长度为30m)。

##### 2.4.2 完工后

针对每一不同之接缝设计,于密封胶完全固化后,应进行至少一次的工地粘着性测试。对于较严格要求之道面,应增加测试之长度和次数。如对机场跑道之检测,可达每施打一桶密封胶(约50加仑),须进行一次测试。