

# 现场金相检验在承压类特种设备检验中的应用

## Application of On-site Metallographic Inspection in the Inspection of Pressure Bearing Special Equipment

段天全

Tianquan Duan

甘肃省特种设备检验检测研究院 中国·甘肃 兰州 730050

Gansu Institute of Special Equipment Inspection and Testing, Lanzhou, Gansu, 730050, China

**摘要:** 在工业生产中使用的承压类特种设备, 由于在高温、高压等恶劣工况下工作, 其金属材质部件的微观组织会发生相应的变化, 进而直接影响到该特种设备本身的使用性能以及使用时限等。现场金相检验可以对承压类特种设备的金属部件进行微观检验, 因此在承压类特种设备的检验中得到了广泛的应用。论文简要介绍了现场金相检验的操作方法及其在承压类特种设备检验中的应用。

**Abstract:** The microstructure of metal material parts of special pressure equipment used in industrial production will change correspondingly because of working under harsh working conditions such as high temperature and high pressure, then directly affect the use of the special equipment itself performance and the use of time limit. On-site metallographic examination can be used to inspect the microstructure of metal parts of special pressure equipment, so it is widely used in the examination of special pressure equipment. This paper briefly introduces the operation method of on-site metallographic examination and its application in the examination of special pressure equipment.

**关键词:** 金相检验; 承压特种设备; 应用

**Keywords:** metallographic examination; special pressure equipment; application

**DOI:** 10.12346/etr.v3i11.4621

## 1 引言

承压类特种设备由于其特殊的工作环境, 通常处于高压、高温和复杂介质条件下。在不同温度、压力和介质的影响下, 其金属构件的显微组织会发生相应的变化, 这将直接影响该特种设备的使用性能和使用寿命。所以, 承压类特种设备的检验就显得特别重要。在目前现有的检验方法中, 现场金相检验可以对承压特种设备的金属部件进行微观检验, 更好地显示金属结构的具体变化, 找出最详细的问题, 有效地促进承压特种设备的安全运行。因此, 现场金相检验方法可广泛应用于承压类特种设备的检验过程中<sup>[1]</sup>。

## 2 现场金相检验工序

在对承压类特种设备进行现场金相检验时, 通常可按以下顺序进行。

第一, 选择金相检测点的位置及检测比例应满足相关检验规程的要求。根据现场检验实例, 检验人员选取检测位置通常应注意以下几点:

①选取设备的缺陷部位, 通过分析这些部位的金相组织, 判断缺陷产生的原因。例如, 为了分析设备表面裂纹的产生原因, 有必要在裂纹部位取样, 取样时应在裂纹的起始处、扩展处和收尾处分别取样, 以此才能全面分析裂纹产生的原因。②在设备运行温度最高的部位取点, 分析该处组织是否产生严重球化、石墨化、甚至过烧等现象, 如果设备有保温层且不易去除则应在设备内表面取样。③在设备承受应力较大的部位取点, 以分析该设备在此处是否发生疲劳或产生裂纹等情况。④盛装强腐蚀性介质的设备, 应在腐蚀最严重部位或气液交界面部位取样。以检查组织中是否发生晶间腐蚀等材质劣化现象。⑤在设备硬度值异常的部位取样, 检查是

【作者简介】段天全(1985-), 男, 中国甘肃武威人, 硕士, 中级工程师, 从事特种设备检验研究。

否有淬硬组织等出现。⑥在设备宏观变形严重的部位取样,观察该部位金相组织有无变化<sup>[2]</sup>。

第二,采取粗磨的方式对选取检测点进行打磨,在这一工序中使用的工具主要是电动角磨机,在对金属部件表面粗磨过程时,应该先选取80号砂轮片或者100号砂轮片。在粗磨阶段,需要调整磨削深度,磨削深度过深会损坏设备部件;而磨削太浅,则不能去除构件表面的脱碳层,因为必须先去除脱碳层,才能观察和分析零件的金相组织,因此有必要注意磨削深度的控制,以便顺利进行后续检测。在细磨阶段,要控制粒度标号,如80、120、400、800等,每道细磨程序都应该消除上一道次的划痕。在细磨过程中,要保证细磨后的金属表面光滑均匀。

第三,检测点打磨好后,需要进行抛光。抛光的方法有三种,即机械抛光、化学抛光和电解抛光。机械抛光和化学抛光通常用于现场金相检验。在检验现场进行机械抛光时,一般是在角磨机上安装毛毡抛光轮,沾着金刚石研磨膏进行机械抛光,抛光时应控制好抛光时间和强度,抛光时间一般为2~5min。抛光后的检验表面,用镊子夹脱脂棉球蘸水或酒精,将沾留残渣和灰尘清洗干净并使表面干燥。化学抛光是用特定化学试剂使金属表面不均匀溶解,但只能使表面光滑,不能满足表面平整度的要求。

第四,根据检测需要,选择合适的侵蚀剂,侵蚀剂的选择主要依据是其腐蚀程度。侵蚀是指化学试剂和试样表面化学溶解,以显示金属微观结构的过程。承压类特种设备中的碳钢(如20钢)、低合金钢(如16MnR、15CrMo钢等)常用的化学浸蚀剂为4%的硝酸酒精,它能使珠光体区域发黑而增加其衬度,进而显示出铁素体晶界;9%~12%Cr高合金钢(如P91、P92等)常用的化学侵蚀剂为三氯化铁溶液(三氯化铁5g,盐酸50mL,水100mL),以显示板条状的回火马氏体组织或晶粒更加细小的回火马氏体组织;不锈钢可以使用王水(即盐酸(HCl)和硝酸(HNO<sub>3</sub>)按体积比为3:1组成的混合物)作为化学浸蚀剂。

第五,通过现场金相显微镜观察检测点的组织形态,实时记录检测点的变化。在现场观察金相组织时,首先用低倍视野观察整个检验表面,然后根据检验要求选择高倍视野观察点,选择有代表性的视野和试验标准图集进行比较,一般不少于3个同一检验面的视场。

第六,在检测点现场拍摄金相照片。当被检工件的结构或现场条件有限时,可采用金相复型法。目前,复型材料主要采用醋酸纤维纸或有机玻璃片,具体制备方法可参考DL/T652<sup>[3]</sup>。为了更清楚地掌握和判断金相组织的具体情况,有必要在实验室对现场复型的金相组织进行更细致地观察和分析。

### 3 现场金相检验的应用

#### 3.1 原材料进厂需检验

入场的原材料,一般情况下检验指标包括制造质量、相

关技术要求、材料种类、微观组织及组成等,而对其检验的主要方法为酸蚀试验。在来料检验中,应注意的主要指标是原材料的裂纹、孔隙率和疏松度以及进口原材料有造假的可能性。通过以下实例说明具体的检测措施,像在检查管道时,首先要检查管道的类型,即判断管道是无缝的还是对接缝的,对管道试样的横截面进行抛磨后,用硝酸进行腐蚀试验。观察并注意记录截面金属光泽的变化。通过对试验中焊缝截面组织变化过程的分析,可以了解焊缝之间的特点,做出正确的判断。

#### 3.2 检验产品制造、安装工艺质量

由于承压类特种设备的质量关系到其运行安全,国家对其进行了监督。每台承压特种设备生产完毕后,需经有关质检部门检验合格。质量检验的内容包括厚度检测、无损探伤及焊接工艺检查等。通过金相检验的手段,可以从微观上观察承压特种设备的焊接组织,避免淬硬马氏体等组织的出现影响设备的质量及安全运行。

#### 3.3 检验设备材料在使用过程中的劣化程度

由于承压类特种设备大多在恶劣工况运行,尤其在高温高压工况下长期运行,设备的材质会发生严重磨损甚至变质,对设备运行情况构成安全隐患。因此,有必要对承压特种设备的材质劣化程度进行检查,以便及时更换<sup>[4]</sup>。例如,对珠光体耐热钢应对其球化和石墨化情况进行检查<sup>[5]</sup>;判断在高温高压下引起的脱碳和氢腐蚀裂纹是否严重;对腐蚀环境下可能引起的晶间腐蚀或应力腐蚀裂纹应细致检查。金相检验可以对金属断口组织进行分析,确定损伤的具体类型,进而分析设备损坏的原因,而且金相检验可以将其他检测手段不易发现的(如通过常规无损检测手段不能发现的微观裂纹)观察到,此外还可以检查组织的偏析和老化。

### 4 结语

随着科技的不断进步和发展,现场金相检验方法已广泛应用于承压特种设备的检验当中。今后,通过不断研发和改进这项技术,不仅可以得到更加快速准确的检测结果,还可以节省人力物力。检验人员要结合被检设备的实际使用状况,科学、合理、高效地使用被检设备,以达到最佳的检验效果,使检验结果更加准确可靠,确保承压特种设备的安全运行。

#### 参考文献

- [1] 曹丹,皮艳慧.浅谈现场金相检验在承压类特种设备检验中的应用[J].中国设备工程,2018,12(3):108-109.
- [2] 李志宏.锅炉压力容器现场金相的制作方法[J].压力容器,1998(5):57-60.
- [3] DL/T652—1998 金相检验复型技术导则[S].
- [4] DL/T884—2004 火电厂金相检验与评定技术导则[S].
- [5] 胡韬.电站锅炉定期检验中的现场金相检验探讨[J].山东工业技术,2010(10):208+184.