

无损检测技术在产品质量检验中的作用

周慧娜

钢研纳克检测技术股份有限公司 北京 100081

摘要: 无损检测技术是一种先进的检测技术,能够在不破坏产品或材料完整性的前提下,通过物理、化学或光学等手段,精准地检测出其内部或表面的缺陷。本文全面探讨了无损检测技术在产品质量检验中的核心作用,详细分析了其在机械制造、航空航天、石油化工等多个领域的应用实例,并介绍了超声检测、射线检测等多种具体检测方法。本文还展望了无损检测技术的未来发展趋势,强调了其在确保产品质量、降低生产成本及提高生产效率方面的重要作用。

关键词: 无损检测技术; 产品质量检验; 应用领域; 检测方法; 未来发展

引言: 在快速迭代的工业领域,产品质量与安全性是企业立足市场的基石。无损检测技术,凭借高效精确且无损的独特魅力,正日益成为产品质量检验的得力助手。它不仅能在产品制造过程中精准捕捉潜在缺陷,还确保了产品在极端环境下的可靠性与耐久性。本文深度挖掘无损检测技术在产品质量检验中的实际应用与未来趋势,旨在为相关行业提供宝贵参考,助力技术革新与产业升级,携手共创产品质量控制的新纪元,推动行业向更高标准迈进。

1 无损检测技术在产品质量检验中的重要性

1.1 保障产品质量

在产品质量检验中,无损检测技术能够精准地发现生产流程中的缺陷。这些缺陷可能隐藏在产品的内部,难以通过常规的检测方法发现。但无损检测技术,如超声波检测、射线检测等,能够深入产品的内部,对其结构、材料和性能进行全面、细致的检测。通过这些检测,企业可以准确地了解产品的质量和性能状况,确定哪个环节不合理而影响到产品质量,从而进行有针对性的改进。无损检测技术的应用,不仅提高了产品质量检测的准确性和可靠性,还为企业提供了更加科学、客观的质量评价依据。

1.2 优化工艺流程

通过收集和分析无损检测数据,企业可以深入了解产品的制造过程和材料性能,发现工艺中的不足和潜在改进点^[1]。这些数据为企业的工艺创新提供了宝贵的参考和依据。如在金属材料的加工过程中,无损检测技术能够检测材料的表面及内部缺陷;虽不能直接检测出微观组织结构,但热处理后晶粒粗大等因素会影响检测灵敏度,从而可以间接发现微观组织结构的变化,从而指导企业调整热处理工艺和加工参数,提高材料的性能和质

量。在焊接过程中,无损检测技术能够检测焊缝的完整性和强度,帮助企业优化焊接工艺,提高焊缝的质量和可靠性。这些工艺优化措施不仅可以提高产品的质量和生产效率,还能够降低生产成本和能耗,实现绿色制造和可持续发展。

1.3 降低生产成本

通过无损检测,企业可以筛选出不符合组装要求的零件,避免无效组装和返工现象的发生。这不仅可以减少设备的使用率和磨损,降低后期设备维护费用,还能够节约材料和能源,提高资源利用率。此外,无损检测技术还能够提高企业的生产效率和灵活性。通过自动化和智能化的无损检测设备,企业可以实现快速、准确的检测,缩短生产周期和交货时间。这不仅提高了企业的生产效率,还能够满足市场对个性化、定制化产品的需求,增强企业的市场竞争力。

2 无损检测技术在不同领域的应用

2.1 工业领域

(1) 在机械制造中,通过超声波检测、射线检测等技术,可以检测机械零件的内部缺陷,如裂纹、夹杂物等,从而避免缺陷零件在组装和使用过程中引发安全事故。此外,无损检测技术,比如磁粉检测、渗透检测、漏磁检测、涡流检测等还可以用于检测机械零件的表面及近表面质量,如磨削裂纹、发纹、疏松等,确保零件符合设计要求。(2) 石油化工行业对设备和管道的安全性要求极高。无损检测技术能够检测设备和管道中的腐蚀、疲劳、裂纹等缺陷,确保设备和管道在高压、高温等恶劣环境下安全运行。(3) 在运输和造船领域,无损检测技术被用于检测车辆和船舶的结构完整性。通过检测车辆和船舶的焊缝、铆接等连接部位,可以确保车辆和船舶在行驶和航行过程中的安全性。此外,无损检测

技术还可以用于检测车辆和船舶的疲劳损伤,为维修和保养提供科学依据。(4)核能行业对无损检测技术的要求更为严格。由于核能设备的特殊性,任何微小的缺陷都可能引发严重的安全事故。因此无损检测技术在核能设备的质量检验和安全性评估中发挥着至关重要的作用。通过检测核能设备的焊缝、裂纹等缺陷,可以确保设备在核辐射环境下的安全运行。(5)在冶金过程中,无损检测技术可以检测金属材料的内部缺陷和表面、近表面缺陷,从而指导企业调整生产工艺和参数,提高金属材料的性能和质量。

2.2 农业领域

通过检测农产品的营养组成、外表形态、重金属含量以及农药添加剂等成分,可以对农产品的质量、产地及投入品进行无损检测^[2]。无损检测技术在农产品质量检测中的应用,可以确保农产品的安全性和营养价值。例如通过近红外光谱技术,可以检测农产品的营养成分,如蛋白质、脂肪、糖分等,从而评估农产品的营养价值。无损检测技术还可以检测农产品中的重金属和农药残留量,确保农产品符合食品安全标准。此外无损检测技术还可以用于农产品的产地追溯和投入品检测。通过检测农产品的外观形态和内部成分,可以推断出农产品的产地和种植方式。并且无损检测技术还可以检测农产品中的添加剂和农药成分,确保农产品的投入品符合规定。

2.3 其他领域

(1)在航天和航空领域,通过检测飞行器和航天器的结构完整性、焊缝质量等,可以确保其在极端环境下的安全运行。同时无损检测技术还可以用于检测飞行器和航天器的疲劳损伤和腐蚀情况,为维修和保养提供科学依据。(2)在铁道领域,无损检测技术被用于检测铁路轨道和车辆的结构完整性。通过检测轨道和车辆的焊缝、裂纹等缺陷,可以确保铁路交通的安全运行。此外,无损检测技术还可以用于检测铁路车辆的疲劳损伤和磨损情况,为维修和更换提供科学依据。(3)在电力领域,无损检测技术被用于检测电力设备和输电线路的安全性。通过检测电力设备和输电线路的焊缝、裂纹等缺陷,可以确保其在高压、高温等恶劣环境下的安全运行。同时无损检测技术还可以用于检测电力设备和输电线路的腐蚀和老化情况,为维修和更换提供科学依据。

3 无损检测技术的具体检测方法

无损检测技术,作为一种在不破坏被检测对象的前提下,通过物理、化学或光学等手段检测其内部或表面缺陷的技术(如图1)。



图1 几种常见无损检测技术仪器

3.1 超声检测

超声检测是一种利用超声波在被检测物内部传播时遇到不同界面会产生反射、折射和散射等现象来检测内部缺陷的方法。这种方法主要用于探测被检物的内部缺陷,如裂纹、夹杂物、气孔等。超声检测具有检测灵敏度高、定位准确、检测速度快等优点。在超声检测过程中,通常使用压电晶体作为超声波的发射和接收元件。当压电晶体受到高频电脉冲的激励时,会产生超声波并传播到被检测物中。当超声波遇到缺陷时,会发生反射或折射,部分超声波会返回压电晶体并被接收。通过对接收到的超声波信号进行分析和处理,可以判断被检测物内部是否存在缺陷以及缺陷的位置和大小。超声检测广泛应用于机械制造、石油化工、航空航天等领域,特别适用于对大型构件和复杂结构的内部缺陷进行检测。

3.2 射线检测

射线检测是一种利用射线(如X射线、 γ 射线)对材料的透射性能及不同材料对射线的吸收、衰减程度的不同来检测内部缺陷的方法。这种方法通过观察底片感光成黑度不同的图像来检测内部缺陷^[3]。在射线检测过程中,射线源发出的射线穿透被检测物后,会在底片上形成感光图像。由于不同材料对射线的吸收和衰减程度不同,因此缺陷部位在底片上的黑度会与周围正常部位有所不同。通过对底片进行观察和分析,可以判断被检测物内部是否存在缺陷以及缺陷的形状和位置。射线检测具有直观、准确、可保存检测记录等优点,特别适用于对金属材料 and 焊接接头的内部缺陷进行检测。但射线检测也存在一定的局限性,如对人体有辐射危害、检测速度慢等。

3.3 磁粉检测

磁粉检测是一种利用磁场对被检测物进行磁化,使被检测物表面和近表面的缺陷产生漏磁场并吸附磁粉来显示缺陷的方法。这种方法主要用于探测被检物的表面和近表面缺陷,如裂纹、夹杂物等。在磁粉检测过程中,通常使用磁粉探伤机或便携式磁轭对被检测物进行

磁化。当被检测物被磁化后,其表面和近表面的缺陷会产生漏磁场。此时撒在缺陷部位的磁粉会被漏磁场吸附并形成磁痕,从而显示出缺陷的位置和形状。磁粉检测具有操作简便、检测速度快、成本低等优点,特别适用于对铁磁性材料的表面和近表面缺陷进行检测。但磁粉检测也存在一定的局限性,如对被检测物的形状和尺寸有一定要求、对非金属材料的检测效果不佳等。

3.4 涡流检测

涡流检测是一种利用电磁感应原理,通过在被检测物中感应出涡流并测量涡流的变化来检测表面和近表面缺陷的方法。这种方法同样适用于探测被检物的表面和近表面缺陷。在涡流检测过程中,通常使用涡流检测探头在被检测物表面产生交变磁场。当被检测物中存在缺陷时,缺陷部位的电阻率和磁导率会发生变化,从而影响涡流的分布和大小。通过测量涡流的变化,可以判断被检测物表面和近表面是否存在缺陷以及缺陷的位置和大小。涡流检测具有非接触式检测、检测速度快、对表面污染不敏感等优点,特别适用于对导电材料的表面和近表面缺陷进行检测。但涡流检测也存在一定的局限性,如对被检测物的形状和尺寸有一定要求、对非导电材料的检测效果不佳等。

3.5 渗透检测

渗透检测是一种利用渗透剂在被检测物表面开口缺陷中渗透并在缺陷处形成明显痕迹来显示缺陷的方法。这种方法仅用于探测被检物表面的开口缺陷,如裂纹、气孔等。在渗透检测过程中,通常在工件表面施涂荧光渗透剂或着色渗透剂,在毛细管作用下,渗透剂渗透到被检测物表面的开口缺陷中,然后去除表面多余的渗透剂,再在工件表面施涂显像剂,同样在毛细管的作用下,显像剂将吸附缺陷中的渗透剂,使渗透剂回渗到显像剂中,从而清晰地显示出缺陷的位置和形状。渗透检测具有操作简便、成本低、对复杂形状的被检测物检测效果好等优点,特别适用于对金属和非金属材料的表面开口缺陷进行检测。但渗透检测也存在一定的局限性,如对被检测物的表面清洁度要求较高、对微小缺陷的检测灵敏度有限,较难用于多孔性材料的检测等。

4 无损检测技术的未来发展

4.1 技术融合

现代物理学研究成果,如量子物理、纳米技术等,为无损检测提供了新的理论支撑和实验手段。通过引入这些新技术,可以开发出更加高效、精确的检测设备和方法。如量子无损检测技术可以利用量子纠缠、量

子隧穿等物理现象,实现对材料内部微观结构的非接触式检测,从而大大提高检测的准确性和效率。同时材料科学和电子学的进步也为无损检测技术的发展提供了有力支持。新型材料的不断涌现,如复合材料、纳米材料等,对无损检测技术提出了新的挑战。而电子学的发展,特别是传感器技术和信号处理技术的进步,为无损检测提供了更加灵敏、稳定的检测手段。这些技术的融合,将推动无损检测技术向更高层次发展。

4.2 自动化与智能化

随着工业4.0和智能制造的兴起,无损检测技术的自动化和智能化水平将不断提高。通过引入自动化设备和智能算法,可以实现检测过程的自动化控制和数据的智能化分析。这不仅可以提高检测效率,降低人工成本,还可以提高检测的准确性和可靠性。自动化无损检测技术可以实现检测过程的连续化和实时化,从而及时发现和排除潜在的质量问题。而智能化无损检测技术则可以通过机器学习、深度学习等算法,对检测数据进行深度挖掘和分析,发现潜在的缺陷模式和规律,为产品质量改进提供有力支持。

4.3 拓展应用领域

随着新材料和异型结构件的不断涌现,无损检测技术需要不断拓展应用领域,以适应这些新材料和工件的检测需求。例如在航空航天领域,随着新型复合材料和轻质合金的广泛应用,无损检测技术需要开发出更加敏感、高效的检测方法,以确保这些材料的质量和安全性。在生物医学领域,无损检测技术可以用于检测人体组织和器官的病变情况,为医疗诊断和治疗提供有力支持。

结束语

无损检测技术在产品质量检验中发挥着重要作用,不仅可以帮助企业确保产品的质量和安全性,还可以降低生产成本,提高生产效率。随着科技的不断进步和应用领域的不断拓展,无损检测技术将朝着更加智能化、集成化、绿色环保和多功能化的方向发展。未来,无损检测技术将在更多领域发挥重要作用,为产品质量和安全提供更加可靠的保障。

参考文献

- [1]王军.无损检测技术在建筑工程检测中的应用[J].河南建材,2021(12):64-66.
- [2]梁艳蓉.无损检测技术在建筑工程检测中的应用分析[J].建材与装饰,2021,17(22):63-64.
- [3]邝炳添.建筑工程质量检测中无损检测技术的应用[J].新材料·新装饰,2022,4(4):142-144.