附件3：

**特种设备无损检测人员考核大纲**

符号说明：**●—**掌握；■**—**理解；**▲—**了解；**“—”—**不要求。

C1 无损检测基本知识

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | |
| Ⅲ | Ⅱ | Ⅰ |
| C1.1 材料基本知识 |  |  |  |
| C1.1.1 材料力学基本知识 |  |  |  |
| (1)应力和应力集中的概念 | ● | ■ | — |
| (2)特种设备受压元件、受力结构件应力特点 | ■ | ▲ | — |
| (3)力学性能指标定义 | ● | ■ | — |
| (4)抗拉强度、屈服强度的意义，拉伸曲线的解释 | ■ | ▲ | — |
| (5)屈强比的概念 | ■ | ▲ | — |
| (6)钢材的冷脆性 | ■ | ▲ | — |
| (7)钢材的热脆性 | ■ | ▲ | — |
| (8)氢对钢的性能的影响，氢脆发生条件，氢致损伤的种类 | ■ | ▲ | — |
| (9)应力腐蚀发生条件，常见应力腐蚀种类，应力腐蚀敏感性影响因素 | ▲ | — | — |
| C1.1.2 金属材料及热处理基本知识 |  |  |  |
| (1)晶体和晶界的概念，金属常见晶体结构种类 | ■ | ▲ | — |
| (2)铁碳合金的基本相结构及其特性 | ■ | ▲ | — |
| (3)钢热处理的一般过程 | ● | ■ | — |
| (4)钢中碳和合金元素对C曲线的影响 | ■ | ▲ | — |
| (5)钢常见金相组织和性能 | ■ | ▲ | — |
| (6)特种设备常用的热处理种类、工艺条件及其应用 | ● | ■ | — |
| (7)消除应力退火处理的目的和方法 | ● | ■ | — |
| C1.1.3 特种设备常用的材料 |  |  |  |
| (1)特种设备用材料的基本要求 | ■ | ▲ | — |
| (2)低碳钢、低合金钢的定义 | ● | ■ | — |
| (3)低碳钢中碳和杂质元素对钢的性能的影响 | ● | ■ | — |
| (4)低合金钢中合金元素对钢的性能的影响 | ● | ▲ | — |
| (5)低温用钢种类、特点和基本性能 | ■ | ▲ | — |
| (6)影响低温钢低温韧性的因素 | ▲ | — | — |
| (7)低合金耐热钢种类、特点、高温下钢材性能的劣化现象 | ■ | ▲ | — |
| (8)奥氏体不锈钢种类、特点、腐蚀破坏形式 | ● | ■ | — |
| C1.2 焊接基本知识 |  |  |  |
| C1.2.1 特种设备常用的焊接方法 |  |  |  |
| 特种设备常用焊接方法的种类、特点和适用范围 | ■ | ▲ | — |

续表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | |
| Ⅲ | Ⅱ | Ⅰ |
| C1.2.2 焊接接头 |  |  |  |
| (1)常见的焊接接头形式、分类及特点 | ● | ■ | — |
| (2)焊接接头组成 | ● | ■ | — |
| (3)焊接接头薄弱部位 | ■ | ▲ | — |
| C1.2.3 焊接应力与变形 |  |  |  |
| (1)焊接应力与变形的不利影响 | ● | ■ | — |
| (2)焊接变形与应力的关系，影响焊接变形与应力的因素 | ■ | ▲ | — |
| C1.2.4 特种设备常用钢材的焊接 |  |  |  |
| (1)钢材焊接性的含义 | ■ | ▲ | — |
| (2)焊接性试验的主要作用 | ■ | ▲ | — |
| (3)焊接工艺评定的作用及其过程 | ■ | ▲ | — |
| (4)焊前预热和后热的作用 | ▲ | ▲ | — |
| (5)焊接线能量的变化对低合金结构钢、低温钢、奥氏体不锈钢焊接接头性能的影响 | ■ | ▲ | — |
| (6)奥氏体不锈钢的焊接性，防止热裂纹和晶间腐蚀倾向的措施 | ● | ■ | — |
| C1.3 无损检测基本知识 |  |  |  |
| C1.3.1 无损检测概论 |  |  |  |
| (1)无损检测定义，无损检测技术进展三个阶段 | ● | ■ | ▲ |
| (2)无损检测的目的，无损检测的应用特点 | ● | ■ | ▲ |
| C1.3.2 焊接缺陷种类及产生原因 |  |  |  |
| (1)外观缺陷种类、形成原因及危害 | ● | ■ | ▲ |
| (2)气孔缺陷种类、形成原因、危害及防止措施 | ● | ■ | ▲ |
| (3)夹渣种类、形成原因、危害及防止措施 | ● | ■ | ▲ |
| (4)裂纹种类、形态、发生部位、形成原因、危害及防止措施 | ● | ■ | ▲ |
| (5)未焊透种类、形成原因、危害及防止措施 | ● | ■ | ▲ |
| (6)未熔合种类、形成原因、危害及防止措施 | ● | ■ | ▲ |
| C1.3.3 其他试件中缺陷种类及产生原因 |  |  |  |
| (1)铸件中缺陷种类及产生原因 | ■ | ▲ | ▲ |
| (2)锻件中缺陷种类及产生原因 | ■ | ▲ | ▲ |
| (3)使用件中缺陷种类及产生原因 | ● | ■ | ▲ |
| C1.4 特种设备法律法规知识 | ● | ● | ■ |

C3 超声检测

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | | | |
| Ⅲ | | Ⅱ | | Ⅰ |
| C3.1 声波基础知识 |  |  | |  | |
| C3.1.1 机械振动与机械波 |  |  | |  | |
| (1)机械振动、谐振动、阻尼振动、受迫振动 | ▲ | — | | — | |
| (2)机械波的产生与传播，波动方程 | ■ | ▲ | | — | |
| (3)波长、周期、频率和波速 | ● | ● | | ▲ | |
| (4)波的分类，次声波、声波、超声波，超声波的应用 | ● | ■ | | ▲ | |
| C3.1.2 波的类型 |  |  | |  | |
| (1)纵波、横波、表面波 | ● | ● | | ▲ | |
| (2)平面波、柱面波、球面波、波前、波线、波阵面 | ■ | ▲ | | — | |
| (3)连续波、脉冲波 | ■ | ▲ | | — | |
| C3.1.3 波的迭加、干涉和衍射 |  |  | |  | |
| (1)迭加原理、波的干涉 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)惠更斯原理、波的衍射(绕射) | ■ | ▲ | | — | |
| C3.1.4 超声波的传波速度 |  |  | |  | |
| (1)无限大固体介质中的纵波、横波与表面波声速 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)声速与温度、应力及介质材质均匀性的关系 | ■ | ▲ | | — | |
| (3)兰姆波的相速度和群速度 | ▲ | — | | — | |
| C3.1.5 超声场的特征值 |  |  | |  | |
| (1)声压、声阻抗、声强 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)分贝与奈培 | ● | ■ | | — | |
| C3.1.6 超声波垂直入射到界面时的反射和透射 |  |  | |  | |
| (1)单一平界面的反射率与透射率 | ● | ● | | — | |
| (2)薄层界面的反射率与透射率 | ● | ■ | | — | |
| (3)声压往复透过率 | ■ | ▲ | | — | |
| C3.1.7 超声波倾斜入射到界面时的反射和折射 |  |  | |  | |
| (1)波型转换与反射、折射定律 | ● | ● | | ▲ | |
| (2)声压反射率 | ● | ■ | | — | |
| (3)声压往复透射率 | ■ | ▲ | | — | |
| (4)端角反射 | ● | ■ | | — | |
| C3.1.8 超声波的聚焦与发散 |  |  | |  | |
| (1)声压距离公式 | ● | ■ | | — | |
| (2)球面波在平界面上的反射与折射 | ■ | ▲ | | — | |
| (3)平面波在曲界面上的反射与折射 | ■ | ▲ | | — | |
| (4)球面波在曲界面上的反射与折射 | ■ | ▲ | | — | |

续表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | | | |
| Ⅲ | | Ⅱ | | Ⅰ |
| C3.1.9 超声波的衰减 |  |  | |  | |
| (1)衰减的原因 | ● | ■ | | ▲ | |
| (2)衰减方程与衰减系数 | ■ | ▲ | | — | |
| (3)衰减系数的测定 | ● | ■ | | — | |
| C3.2 超声检测工作原理 |  |  | |  | |
| C3.2.1 纵波发射声场 |  |  | |  | |
| (1)圆盘波源辐射的纵波声场 | ● | ■ | | — | |
| (2)矩形波源辐射的纵波声场 | ● | ■ | | — | |
| (3)纵波声场近场区在两种介质中的分布 | ■ | ▲ | | — | |
| C3.2.2 横波发射声场 |  |  | |  | |
| (1)假想横波波源 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)横波声场的结构 | ● | ■ | | — | |
| C3.2.3 聚焦声源发射声场 |  |  | |  | |
| (1)聚焦声场的形成 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)聚焦声场的特点与应用 | ■ | ▲ | | — | |
| C3.2.4 规则反射体的回波声压 |  |  | |  | |
| (1)平底孔回波声压 | ● | ● | | — | |
| (2)短横孔回波声压 | ● | ■ | | — | |
| (3)长横孔回波声压 | ● | ■ | | — | |
| (4)球孔回波声压 | ● | ■ | | — | |
| (5)大平底面回波声压 | ● | ● | | — | |
| (6)圆柱曲底面回波声压 | ● | ■ | | — | |
| C3.2.5 AVG曲线 |  |  | |  | |
| (1)纵波平底孔AVG曲线 | ▲ | — | | — | |
| (2)横波平底孔AVG曲线 | ▲ | — | | — | |
| C3.3 无损检测仪器、探头和试块 |  |  | |  | |
| C3.3.1 无损检测仪器 |  |  | |  | |
| C3.3.1.1 超声检测仪 |  |  | |  | |
| (1)超声检测仪的作用和分类 | ● | ● | | ▲ | |
| (2)A型显示 | ● | ● | | ▲ | |
| (3)B型显示、C型显示 | ■ | ▲ | | — | |
| (4)模拟式超声检测仪 | ● | ● | | ▲ | |
| (5)数字式超声检测仪 | ■ | ▲ | | — | |
| (6)仪器的维护保养 | ● | ● | | ▲ | |
| C3.3.1.2 超声测厚仪 |  |  | |  | |
| (1)共振式测厚仪、脉冲反射式测厚仪、兰姆波测厚仪 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)测厚仪的调整与应用 | ● | ● | | ● | |

**续表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **内容及知识点** | **各级要求** | | | | |
| **Ⅲ** | | **Ⅱ** | | **Ⅰ** |
| C3.3.2 超声探头 |  |  | |  | |
| (1)压电效应与压电材料 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)压电材料的主要性能参数 | ■ | ▲ | | — | |
| (3)探头的结构 | ● | ■ | | — | |
| (4)直探头、斜探头、双晶探头、聚焦探头、水浸探头 | ● | ■ | | ▲ | |
| (5)高温探头、电磁探头、爬波探头 | ▲ | ▲ | | — | |
| (6)探头型号 | ● | ● | | ▲ | |
| C3.3.3 试块 |  |  | |  | |
| (1)试块的分类和作用 | ● | ● | | ▲ | |
| (2)标准试块的要求 | ● | ● | | ▲ | |
| (3)常用的标准试块，ⅡW试块、ⅡW2试块、CSK-IA试块 | ● | ● | | ■ | |
| (4)对比试块 | ● | ■ | | ■ | |
| (5)模拟试块 | ▲ | ▲ | | — | |
| (6)试块的使用和维护 | ● | ● | | ● | |
| C3.3.4 仪器和探头的性能及其测试 |  |  | |  | |
| (1)超声检测仪、探头的主要性能及其组合性能 | ● | ■ | | ▲ | |
| (2)超声检测仪、探头及其组合性能的测试方法 | ● | ■ | | — | |
| C3.4 超声检测方法和基本检测技术 |  |  | |  | |
| C3.4.1 超声检测方法概述 |  |  | |  | |
| (1)脉冲反射法 | ● | ■ | | ▲ | |
| (2)衍射时差法、穿透法、共振法 | ■ | ▲ | | — | |
| (3)纵波法、横波法 | ● | ● | | ▲ | |
| (4)表面波法、板波法、爬波法 | ▲ | — | | — | |
| (5)单探头法、双探头法、多探头法 | ● | ■ | | — | |
| (6)直接接触法、液浸法 | ● | ■ | | — | |
| (7)超声波检测方法的应用 | ● | ■ | | — | |
| C3.4.2 仪器和探头的选择 |  |  | |  | |
| (1)仪器的选择 | ● | ■ | | — | |
| (2)探头的选择 | ● | ● | | — | |
| C3.4.3 耦合与补偿 |  |  | |  | |
| (1)耦合剂的作用、要求、种类及应用 | ● | ■ | | ▲ | |
| (2)影响声耦合的主要因素 | ● | ■ | | ▲ | |
| (3)表面耦合损耗的测定和补偿 | ■ | ▲ | | — | |
| C3.4.4 检测仪的调节 |  |  | |  | |
| (1)扫描速度的调节 | ● | ● | | ● | |
| (2)检测灵敏度的调节 | ● | ● | | ● | |

续表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | | | |
| Ⅲ | | Ⅱ | | Ⅰ |
| C3.4.5 缺陷位置的测定 |  |  | |  | |
| (1)纵波(直探头)检测时缺陷定位 | ● | ● | | — | |
| (2)表面波检测时缺陷定位 | ● | ● | | — | |
| (3)横波检测时缺陷定位 | ● | ● | | — | |
| (4)横波周向探测圆柱曲面时缺陷定位 | ● | ■ | | — | |
| C3.4.6 缺陷大小的测定 |  |  | |  | |
| (1)当量法，当量试块比较法、当量计算法、当量AVG曲线法 | ● | ■ | | — | |
| (2)测长法，相对灵敏度测长法、绝对灵敏度测长法、端点峰值法 | ● | ● | | — | |
| (3)底波高度法，F/BF法、F/BG法、BG/BF法 | ● | ● | | — | |
| C3.4.7 缺陷自身高度的测定 |  |  | |  | |
| 端部最大回波法、横波端角反射法、6dB法、端点衍射波法 | ▲ | — | | — | |
| C3.4.8 影响缺陷定位、定量的主要因素 |  |  | |  | |
| (1)影响缺陷定位的主要因素 | ● | ● | | — | |
| (2)影响缺陷定量的因素 | ● | ● | | — | |
| C3.4.9 非缺陷回波的判别 |  |  | |  | |
| (1)迟到波、61度反射、三角反射 | ● | ■ | | — | |
| (2)端角反射波、山形波 | ● | ■ | | — | |
| (3)其他非缺陷回波 | ● | ■ | | — | |
| C3.4.10 侧壁干涉 |  |  | |  | |
| 侧壁干涉对检测的影响、避免侧壁干涉的条件 | ● | ■ | | — | |
| C3.4.11 超声检测工艺编制 |  |  | |  | |
| (1)超声工艺的分类和一般内容 | ● | ■ | | — | |
| (2)超声检测工艺编制**和审核** | ● | ■ | | — | |
| C3.5 板材和管材超声检测 |  |  | |  | |
| C3.5.1 板材超声检测 |  |  | |  | |
| (1)钢板加工及常见缺陷 | ● | ■ | | — | |
| (2)检测方法 | ● | ● | | — | |
| (3)探头与扫查方式的选择 | ● | ● | | — | |
| (4)探测范围和灵敏度的调整 | ● | ● | | — | |
| (5)缺陷的判别与测定 | ● | ● | | — | |
| (6)钢板质量级别的判别 | ● | ● | | — | |
| C3.5.2 复合钢板超声检测 |  |  | |  | |
| (1)复合材料中常见的缺陷、检测方法 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)缺陷的判别、缺陷测定与评级 | ■ | ▲ | | — | |
| C3.5.3 管材超声检测 |  |  | |  | |
| (1)管材加工及常见缺陷 | ● | ■ | | — | |
| (2)小径管薄壁管检测 | ■ | ▲ | | — | |

续表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | | | |
| Ⅲ | | Ⅱ | | Ⅰ |
| (3)大直径薄壁管检测 | ■ | ▲ | | — | |
| (4)管材自动检测 | — | ▲ | | — | |
| C3.6 锻件与铸件超声检测 |  |  | |  | |
| C3.6.1 锻件超声检测 |  |  | |  | |
| (1)锻件加工及常见缺陷 | ● | ■ | | — | |
| (2)检测方法概述 | ● | ■ | | — | |
| (3)探测条件的选择 | ● | ● | | — | |
| (4)扫描速度和灵敏度的调节 | ● | ● | | — | |
| (5)缺陷位置和大小的测定 | ● | ● | | — | |
| (6)缺陷回波的判别 | ● | ● | | — | |
| (7)非缺陷回波分析 | ● | ■ | | — | |
| (8)锻件质量级别的评定 | ● | ● | | — | |
| C3.6.2 铸件超声检测 |  |  | |  | |
| (1)铸件的特点及常见缺陷 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)铸件超声检测的特点及常用技术 | ■ | ▲ | | — | |
| C3.7 焊缝超声检测 |  |  | |  | |
| C3.7.1 焊接加工及常见缺陷 |  |  | |  | |
| (1)焊接过程、坡口形式和接头形式 | ● | ■ | | — | |
| (2)常见焊接缺陷 | ● | ● | | — | |
| C3.7.2 对接焊缝超声检测 |  |  | |  | |
| (1)检测技术等级选择 | ● | ■ | | — | |
| (2)检测方法和检测条件选择 | ● | ● | | — | |
| (3)标准试块 | ● | ● | | — | |
| (4)扫描速度的调节 | ● | ● | | — | |
| (5)距离—波幅曲线和灵敏度调节 | ● | ● | | — | |
| (6)传输修正 | ● | ■ | | — | |
| (7)扫查方式 | ● | ● | | — | |
| (8)扫查速度和扫查间距 | ● | ● | | — | |
| (9)缺陷的评定和质量分级 | ● | ● | | — | |
| C3.7.3 角焊缝的超声检测 |  |  | |  | |
| (1)管座角焊缝超声检测 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)T形焊接接头的超声检测 | ■ | ▲ | | — | |
| C3.7.4 堆焊层超声检测 |  |  | |  | |
| (1)堆焊层中常见缺陷、堆焊层晶体结构特点 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)堆焊层内缺陷检测 | ■ | ▲ | | — | |
| (3)堆焊层与母材之间未结合缺陷检测 | ■ | ▲ | | — | |

续表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | | | |
| Ⅲ | | Ⅱ | | Ⅰ |
| (4)堆焊层下母材热影响区再热裂纹的检测 | ■ | ▲ | | — | |
| C3.7.5 奥氏体不锈钢焊缝超声检测 | ■ | ▲ | | — | |
| (1)组织结构特点和检测方法 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)检测条件的选择，仪器调整与探测 | ■ | ▲ | | — | |
| (3)灵敏度调节，缺陷评定和质量分级 | ■ | ▲ | | — | |
| C3.7.6 铝焊缝超声检测 |  |  | |  | |
| (1)结构特点与常见缺陷 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)检测准备和仪器调整 | ■ | ▲ | | — | |
| (3)缺陷的测定与评级 | ■ | ▲ | | — | |
| C3.7.7 小径管对接焊缝超声检测 |  |  | |  | |
| (1)小径管焊接接头中常见缺陷 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)仪器的调整，探测区域、探测打磨范围 | ■ | ▲ | | — | |
| (3)扫查探测与缺陷判别 | ■ | ▲ | | — | |
| C3.7.8 焊缝检测中缺陷性质与非缺陷波的判别 |  |  | |  | |
| (1)缺陷波形，静态波形、动态波形 | ■ | ▲ | | — | |
| (2)缺陷类型识别和性质估判 | ▲ | — | | — | |
| (3)非缺陷回波分析 | ● | ● | | — | |
| C3.8 超声检测标准 | ● | | ■ | | ▲ |

C4 磁粉检测

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | |
| Ⅲ | Ⅱ | Ⅰ |
| C4.1 基本知识 |  |  |  |
| C4.1.1 漏磁场检测与磁粉检测 |  |  |  |
| (1)磁粉检测原理 | ■ | ■ | ▲ |
| (2)磁粉检测适用范围 | ● | ■ | ▲ |
| (3)磁粉检测优点和局限性 | ● | ■ | — |
| (4)检测元件 | ● | ■ | ■ |
| C4.1.2 表面缺陷无损检测方法的比较 |  |  |  |
| (1)方法原理及适用范围 | ■ | ■ | — |
| (2)能检测出的缺陷及表现形式 | ■ | ■ | — |
| C4.2 磁粉检测物理基础 |  |  |  |
| C4.2.1 磁现象和磁场 |  |  |  |
| (1)磁的基本现象 | ▲ | ▲ | — |
| (2)磁场的定义、特性 | ■ | ■ | — |
| (3)磁感应(力)线(定义、特性) | ● | ■ | — |
| (4)圆周磁场、纵向磁化 | ● | ■ | — |
| (5)磁感应强度(定义、特性) | ■ | ■ | — |
| (6)磁通量 | ■ | ■ | — |
| (7)毕奥—萨伐尔定律 | ▲ | — | — |
| (8)安培环路定律 | ● | ● | — |
| (9)磁介质(定义、分类) | ■ | ■ | — |
| (10)极化强度的定义和基本概念 | ■ | — | — |
| (11)磁场强度(定义、特性) | ● | ■ | — |
| C4.2.2 铁磁性材料 |  |  |  |
| (1)磁畴(定义、特性) | ■ | ▲ | — |
| (2)磁化过程特性及其应用 | ■ | ▲ | — |
| (3)磁化曲线定义、表征特性 | ■ | ▲ | — |
| (4)磁滞回线定义 | ■ | ■ | — |
| (5)铁磁性材料磁滞回线的特性 | ■ | ■ | — |
| (6)软磁材料、硬磁材料磁滞回线的特征 | ■ | ■ | — |
| C4.2.3 电流与磁场 |  |  |  |
| (1)通电圆柱导体的方向(右手定则) | ■ | ■ | — |

续表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | |
| Ⅲ | Ⅱ | Ⅰ |
| (2)通电圆柱导体的磁场强度计算 | ● | ● | — |
| (3)钢棒通电法磁化的磁场特征 | ■ | ■ | — |
| (4)通电钢管的磁场强度计算 | ● | ● | — |
| (5)通电线圈的磁场特征及方向(右手定则) | ■ | ■ | — |
| (6)通电线圈磁场强度计算 | ● | ● | — |
| (7)线圈分类 | ■ | ■ | — |
| (8)开路磁化和闭路磁化 | ■ | ■ | — |
| (9)感应电流和感应磁场 | ■ | ■ | — |
| C4.2.4 磁场的合成 |  |  |  |
| (1)交叉磁轭的磁场合成 | ■ | ■ | — |
| (2)摆动磁轭的磁场合成 | ■ | ▲ | — |
| C4.2.5 退磁场 |  |  |  |
| (1)退磁场概念 | ■ | ■ | — |
| (2)有效磁场 | ■ | ▲ | — |
| (3)影响退磁场大小的因素 | ● | ■ | — |
| (4)退磁场计算 | ■ | ■ | — |
| C4.2.6 磁路与磁感应线的折射 |  |  |  |
| (1)磁路的基本概念、磁路定律及表达式 | ■ | ▲ | — |
| (2)磁路定律的计算 | ● | — | — |
| (3)磁感应线的折射定律及表达式，磁感应强度的边界条件 | ■ | — | — |
| C4.2.7 漏磁场 |  |  |  |
| (1)漏磁场的形成 | ■ | ■ | — |
| (2)缺陷的漏磁场分布 | ■ | ▲ | — |
| (3)影响漏磁场的因素 | ● | ■ | — |
| C4.2.8 磁粉检测的光学基础 |  |  |  |
| (1)光度量术语及单位 | ■ | ▲ | — |
| (2)紫外线 | ▲ | ▲ | — |
| (3)黑光灯 | ■ | ■ | — |
| C4.3 磁化电流、磁化方法和磁化规范 |  |  |  |
| C4.3.1 磁化电流 |  |  |  |
| (1)交流电的定义、物理量、优点和局限性 | ■ | ■ | — |
| (2)交流电的趋肤效应 | ■ | ■ | — |
| (3)交流电断电相位的影响 | ■ | ■ | — |
| (4)非正弦交流电 | ▲ | ▲ | — |
| (5)整流电分类、特理量、优点和局限性 | ■ | ■ | — |
| (6)直流电优点和局限性 | ■ | ■ | — |

续表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | |
| Ⅲ | Ⅱ | Ⅰ |
| (7)冲击电流 | ▲ | ▲ | — |
| (8)如何选用磁化电流 | ● | ■ | — |
| C4.3.2 磁化方法 |  |  |  |
| (1)磁场方向与发现缺陷的关系 | ● | ● | — |
| (2)磁化方法的分类 | ■ | ■ | — |
| (3)轴向通电法的特点、优缺点和适用范围 | ■ | ■ | — |
| (4)中心导体法的特点、优缺点和适用范围 | ■ | ■ | — |
| (5)偏置芯棒法的特点、适用范围 | ■ | ■ | — |
| (6)触头法的特点、优缺点和适用范围 | ■ | ■ | — |
| (7)感应电流法的特点、优缺点和适用范围 | ■ | ▲ | — |
| (8)环形件绕电缆法的特点、优缺点和适用范围 | ■ | ▲ | — |
| (9)线圈法的特点、优缺点和适用范围 | ● | ■ | — |
| (10)磁轭法的特点、优缺点和适用范围 | ● | ● | — |
| (11)永久磁轭法的特点、优缺点 | ▲ | ▲ | — |
| (12)交叉磁轭法的特点、优缺点和适用范围 | ● | ● | — |
| (13)直流电磁轭和交流通电法复合磁化的特点 | ■ | ▲ | — |
| C4.3.3 磁化规范 |  |  |  |
| (1)制定磁化规范考虑因素 | ● | ● | — |
| (2)制定磁化规范的方法 | ● | ■ | — |
| (3)轴向通电法和中心导体法磁化规范 | ● | ● | — |
| (4)偏置芯棒法磁化规范 | ● | ● | — |
| (5)触头法磁化规范 | ● | ● | — |
| (6)线圈法磁化规范 | ● | ● | — |
| (7)磁轭法磁化规范 | ● | ● | — |
| C4.4 磁粉检测器材 |  |  |  |
| C4.4.1 磁粉 |  |  |  |
| (1)荧光磁粉和非荧光磁粉(特性、要求和应用) | ■ | ■ | ▲ |
| (2)磁粉的性能，磁特性、粒度、形状、流动性和密度、识别度 | ■ | ■ | — |
| (3)磁粉的验收试验，污染、颜色、粒度、灵敏度、悬浮性和耐用性 | ■ | ▲ | — |
| C4.4.2 载液 |  |  |  |
| (1)油基载液(特性及要求) | ■ | ■ | — |
| (2)水载液(特性及要求) | ■ | ■ | — |
| C4.4.3 磁悬液 |  |  |  |
| (1)磁悬液浓度(定义、要求和应用) | ■ | ■ | ■ |
| (2)磁悬液配制(配制方法和要求) | ■ | ■ | ● |

续表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | |
| Ⅲ | Ⅱ | Ⅰ |
| C4.4.4 反差增强剂 |  |  |  |
| (1)应用、配方、施加及清除 | ■ | ■ | ■ |
| (2)反差增强剂喷罐 | ■ | ■ | ■ |
| C4.4.5 标准试片和标准试块 |  |  |  |
| (1)标准试片(用途、分类、使用) | ● | ● | ● |
| (2)标准试块(用途、分类) | ■ | ▲ | — |
| (3)自然缺陷试块 | ■ | ▲ | — |
| C4.5 磁粉检测设备 |  |  |  |
| C4.5.1 磁粉检测设备的命名方法 |  |  |  |
| (1)命名方法 | ▲ | ▲ | — |
| (2)命名参数 | ▲ | ▲ | — |
| C4.5.2 磁粉检测设备的分类 |  |  |  |
| (1)固定式探伤机(结构特征及应用范围) | ■ | ■ | — |
| (2)移动式探伤机(结构特征及应用范围) | ■ | ■ | — |
| (3)便携式探伤机(结构特征及应用范围) | ■ | ■ | — |
| C4.5.3 磁粉检测设备的组成部分 |  |  |  |
| (1)磁化电源 | ■ | ▲ | — |
| (2)工件夹持装置(装置特点及要求) | ▲ | ▲ | — |
| (3)指示装置(电流表、电压表的精度和量程) | ▲ | ▲ | — |
| (4)磁粉和磁悬液喷洒装置(装置组成和技术要求) | ▲ | ▲ | — |
| (5)照明装置 | ▲ | ▲ | — |
| (6)退磁装置 | ▲ | ▲ | — |
| C4.5.4 常用典型磁粉检测设备 |  |  |  |
| 常用典型磁粉检测设备举例 | ▲ | ▲ | — |
| C4.6 磁粉检测工艺 |  |  |  |
| C4.6.1 预处理 |  |  |  |
| 预处理要求和注意事项 | ■ | ■ | — |
| C4.6.2 磁化、施加磁粉或磁悬液 |  |  |  |
| (1)连续法操作要点和优缺点 | ● | ● | — |
| (2)剩磁法操作要点和优缺点 | ● | ● | — |
| (3)湿法操作要点和优缺点 | ● | ● | — |
| (4)干法操作要点和优缺点 | ● | ● | — |
| C4.6.3 磁痕观察、记录与缺陷评级 |  |  |  |
| 磁痕观察方法、显示记录方法和缺陷评级 | ● | ● | — |
| C4.6.4 退磁 |  |  |  |
| (1)剩磁的产生与影响 | ■ | ■ | — |

续表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | |
| Ⅲ | Ⅱ | Ⅰ |
| (2)退磁的原理 | ■ | ■ | — |
| (3)退磁方法和退磁设备 | ■ | ■ | — |
| (4)退磁注意事项 | ■ | ■ | — |
| (5)剩磁测量 | ■ | ▲ | — |
| C4.6.5 后处理与合格工件的标记 |  |  |  |
| (1)后处理 | ▲ | ▲ | — |
| (2)合格工件的标记 | ▲ | ▲ | — |
| C4.6.6 超标缺陷磁痕显示的处理和复验 |  |  |  |
| (1)超标缺陷磁痕显示的处理 | ▲ | ▲ | — |
| (2)复验 | ■ | ■ | — |
| C4.6.7 影响磁粉检测灵敏度的主要因素 | ■ | ■ | — |
| C4.7 磁痕分析与质量分级 |  |  |  |
| C4.7.1 磁痕分析的意义 |  |  |  |
| 磁痕产生原因、磁痕分析的意义 | ■ | ■ | — |
| C4.7.2 伪显示 |  |  |  |
| 产生原因、磁痕特征和鉴别方法 | ● | ● | — |
| C4.7.3 非相关显示 |  |  |  |
| 产生原因、磁痕特征和鉴别方法 | ● | ● | — |
| C4.7.4 相关显示 |  |  |  |
| (1)原材料缺陷磁痕显示 | ■ | ■ | — |
| (2)热加工产生的缺陷磁痕显示 | ● | ● | — |
| (3)冷加工产生的缺陷磁痕显示 | ● | ● | — |
| (4)使用后产生的缺陷磁痕显示 | ● | ● | — |
| (5)电镀产生的缺陷磁痕显示 | ■ | ■ | — |
| (6)常见缺陷磁痕显示比较 | ● | ● | — |
| C4.7.5 磁粉检测质量分级 |  |  |  |
| (1)磁痕分类 | ● | ■ | — |
| (2)磁粉检测质量分级 | ● | ● | — |
| C4.8 磁粉检测应用 |  |  |  |
| C4.8.1 焊接件磁粉检测 |  |  |  |
| (1)焊接件检测的内容与范围 | ■ | ■ | — |
| (2)检测方法选择 | ● | ● | — |
| (3)焊接件检测实例 | ■ | ■ | — |
| C4.8.2 锻钢件磁粉检测 |  |  |  |
| (1)锻钢件检测的特点 | ■ | ■ | — |
| (2)锻钢件检测方法选择 | ● | ● | — |

续表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | | |
| Ⅲ | | Ⅱ | Ⅰ |
| (3)锻钢件检测实例 | ■ | | ■ | — |
| C4.8.3 铸钢件磁粉检测 |  | |  |  |
| (1)铸钢件检测的特点 | ■ | | ▲ | — |
| (2)铸钢件检测实例 | ■ | | ▲ | — |
| C4.8.4 在用与维修件磁粉检测 |  | |  |  |
| (1)在用与维修件磁粉检测的要求 | ● | | ● | — |
| (2)在用与维修件磁粉检测的特点 | ● | | ● | — |
| (3)在用与维修件磁粉检测实例 | ■ | | ■ | — |
| C4.9 质量控制与安全防护 |  | |  |  |
| C4.9.1 磁粉检测质量控制 |  | |  |  |
| 人员、设备、材料、检测工艺、检测环境资格的控制 | ■ | | ▲ | — |
| C4.9.2 磁粉检测安全防护 |  | |  |  |
| 潜在危险因素，安全防护措施 | ■ | | ● | ● |
| C4.10 磁粉检测工艺编制 |  | |  |  |
| C4.10.1 磁粉检测工艺种类、一般内容和检测工艺程序 | ● | | ■ | — |
| C4.10.2 磁粉检测工艺编制与审核 | ● | | ■ | — |
| C4.11 国内、外磁粉检测标准对比分析 |  | |  |  |
| 磁悬液浓度、校验项目、线圈法磁化的有效磁化区、剩磁法的应用、检测质量分级 | ▲ | | ▲ | — |
| C4.12 磁粉检测标准 | ● | ■ | | ▲ |

符号说明：**●—**掌握；■**—**理解；**▲—**了解；**“—”—**不要求。

C5 渗透检测

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | | | | |
| Ⅲ | | Ⅱ | | Ⅰ | |
| C5.1 渗透检测的基础知识 |  | |  | |  | |
| (1)渗透检测的定义和作用 | ■ | | ■ | | ▲ | |
| (2)渗透检测工作原理 | ■ | | ■ | | ▲ | |
| (3)渗透检测方法的分类 | ■ | | ■ | | ▲ | |
| (4)渗透检测的基本步骤 | ■ | | ■ | | ▲ | |
| (5)渗透检测的优点和局限性 | ■ | | ■ | | — | |
| C5.2 渗透检测的表面化学基础 |  | |  | |  | |
| C5.2.1 表面张力和表面张力系数 |  | |  | |  | |
| (1)表面张力和表面张力系数概念 | ● | | ■ | | — | |
| (2)表面张力产生机理 | ■ | | ▲ | | — | |
| (3)表面过剩自由能 | ▲ | | — | | — | |
| C5.2.2 润湿现象 |  | |  | |  | |
| (1)润湿或不润湿现象 | ● | | ● | | — | |
| (2)润湿方程与接触角 | ■ | | ▲ | | — | |
| (3)润湿的三种方式和润湿的四个等级 | ■ | | ▲ | | — | |
| (4)润湿现象的产生机理 | ■ | | ▲ | | — | |
| C5.2.3 毛细现象 |  | |  | |  | |
| (1)毛细现象 | ● | | ● | | — | |
| (2)毛细管内液面高度 | ■ | | ▲ | | — | |
| (3)渗透检测中的毛细现象 | | ● | | ■ | | — | |
| C5.2.4 吸附现象 | |  | |  | |  | |
| (1)固体表面的吸附现象 | | ● | | ■ | | — | |
| (2)液体表面的吸附现象 | | ■ | | ▲ | | — | |
| (3)渗透检测中的吸附现象 | | ● | | ■ | | — | |
| C5.2.5 溶解现象 | |  | |  | |  | |
| (1)溶解现象及溶解度 | | ■ | | ▲ | | — | |
| (2)渗透剂的浓度 | | ■ | | ▲ | | — | |
| (3)渗透检测与溶解度、浓度 | | ■ | | ▲ | | — | |
| C5.2.6 表面活性与表面活性剂 | |  | |  | |  | |
| (1)表面活性、表面活性剂定义 | | ■ | | ▲ | | — | |
| (2)表面活性剂的作用 | | ■ | | ▲ | | — | |
| (3)乳化作用，乳化形式、乳化作用的机理 | | ■ | | ▲ | | — | |
| C5.3 渗透检测的光学基础 | |  | |  | |  | |
| (1)光的本性，光的波动性和粒子性 | | ▲ | | ▲ | | — | |

续表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | | | | |
| Ⅲ | | Ⅱ | | Ⅰ | |
| (2)发光及光致发光 | | ▲ | | ▲ | | — |
| (3)渗透检测用光 | | ● | | ■ | | — |
| (4)光度学相关概念的物理意义及其应用 | | ■ | | ▲ | | — |
| (5)对比度和可见度 | | ● | | ■ | | — |
| (6)缺陷显示及裂纹检出能力 | | ● | | ● | | — |
| C5.4 渗透检测剂 | |  | |  | |  |
| C5.4.1 渗透剂 | |  | |  | |  |
| (1)渗透剂的分类、渗透剂的组成、各成分的作用和对渗透剂性能的影响、渗透剂的性能 | | ● | | ● | | ▲ |
| (2)着色渗透剂：水洗型、后乳化型、溶剂去除型着色渗透剂基本成分、特点及应用 | | ● | | ■ | | ▲ |
| (3)荧光渗透剂：水洗型、后乳化型、溶剂去除型着色渗透剂基本成分、特点及应用 | | ● | | ■ | | ▲ |
| C5.4.2 去除剂 | |  | |  | |  |
| (1)乳化剂，乳化剂分类及组成、乳化剂的性能 | | ● | | ■ | | — |
| (2)溶剂去除剂，溶剂去除剂的分类、溶剂去除剂的性能 | | ● | | ■ | | ▲ |
| C5.4.3 显像剂 | |  | |  | |  |
| 显像剂的分类及组成、显像剂的性能 | | ● | | ■ | | ▲ |
| C5.4.4 渗透检测剂系统 | |  | |  | |  |
| (1)渗透检测系统的定义及同组族定义及构成 | | ● | | ■ | | — |
| (2)渗透检测系统的选择原则 | | ● | | ■ | | — |
| C5.5 渗透检测设备、仪器和试块 | |  | |  | |  |
| C5.5.1 渗透检测设备 | |  | |  | |  |
| (1)便携式(压力喷罐)、 固定式设备 | | ▲ | | ▲ | | ▲ |
| (2)检测光源，白光灯、黑光灯及照度、亮度测量仪器 | | ▲ | | ▲ | | ▲ |
| C5.5.2 渗透检测试块 | |  | |  | |  |
| (1)铝合金淬火试块、不锈钢镀铬辐射状裂纹试块、黄铜板镀铬裂纹试块特征及应用 | | ● | | ● | |  |
| (2)缺陷试块，选择原则 | | ● | | ■ | |  |
| C5.6 渗透检测方法 | |  | |  | |  |
| C5.6.1 水洗型渗透检测法 | |  | |  | |  |
| 检测程序、适用范围、方法的优缺点 | | ● | | ● | | — |
| C5.6.2 后乳化型渗透检测法 | |  | |  | |  |
| 检测程序、适用范围、方法的优缺点 | | ● | | ● | | — |
| C5.6.3 溶剂去除型渗透检测法 | |  | |  | |  |
| 检测程序、适用范围、方法的优缺点 | | ● | | ● | | — |
| C5.6.4 特殊的渗透检测方法 | | ■ | | ▲ | | — |
| C5.6.5 渗透检测方法的选用 | |  | |  | |  |

续表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | |
| Ⅲ | Ⅱ | Ⅰ |
| 渗透检测方法选择因素、渗透检测方法应用 | ● | ■ | — |
| C5.7 渗透检测工艺 |  |  |  |
| C5.7.1 施加渗透剂 | ● | ■ | — |
| 渗透液施加方法及要求、渗透时间和温度与检测灵敏度的关系 | ● | ● | — |
| C5.7.2 去除多余的渗透剂 |  |  |  |
| 各种渗透剂的去除要求，去除与检测灵敏度和检测可靠性的关系 | ● | ● | — |
| C5.7.3 干燥 |  |  |  |
| 干燥的目的和时机，常用的干燥方法，干燥温度和时间 | ● | ● | — |
| C5.7.4 显像 |  |  |  |
| 显像方法，显像时间，干式显像与湿式显像比较，显像剂的选择 | ● | ● | — |
| C5.7.5 观察和评定 |  |  |  |
| 观察时机，观察光源，观察注意事项 | ● | ■ | — |
| C5.7.6 后清洗及复验 |  |  |  |
| 目的、方法和要求，复验 | ● | ■ | — |
| C5.8 显示的解释和缺陷的评定 |  |  |  |
| C5.8.1 显示的解释和分类 |  |  |  |
| 相关显示、非相关显示和虚假显示定义及显示特征、区别 | ● | ■ | — |
| C5.8.2 缺陷的评定 |  |  |  |
| (1)缺陷显示的分类，线性、圆形、密集形、纵横向缺陷显示； 缺陷的分类，原材料缺陷、工艺缺陷和使用缺陷；常见缺陷及其显示特征 | ● | **■** | — |
| (2)缺陷显示的评定，缺陷显示等级评定的一般原则，定位、定量、定性和定级，影响缺陷评定准确性的因素，显像时间和观察时机 | ● | **■** | — |
| C5.9 质量控制与安全防护 |  |  |  |
| C5.9.1 质量控制 |  |  |  |
| (1)渗透检测剂、乳化剂、溶剂去除剂及显像剂的性能校验内容、方法和要求 | ● | ■ | — |
| (2)渗透检测剂系统灵敏度鉴定内容、方法和要求 | ● | ■ | — |
| (3)渗透检测剂的质量控制，新购进的渗透检测剂的质量控制项目，渗透检测剂在使用过程中的校验内容、方法和要求 | ● | ■ | — |
| (4)渗透检测设备、仪器和试块的质量控制，渗透检测工艺设备的质量控制(包括黑光灯、紫外线辐照计、荧光亮度计、白光亮度计、紫外线辐照计校正仪的控制等) | ■ | ▲ | — |
| (5)渗透检测用标准试块的质量控制 | ● | ● | — |
| (6)渗透检测工艺操作的质量控制 | ● | ● | — |
| C5.9.2 渗透检测安全防护 |  |  |  |
| (1)防火安全，防火注意事项、防火安全措施和灭火设置 | ▲ | ▲ | ● |
| (2)卫生安全，大气中有害物质的允许浓度、有毒化学药品对人体危害的途径、卫生安全防护措施、强紫外线辐射的卫生安全防护 | ■ | ▲ | ■ |
| C5.10 渗透检测应用 |  |  |  |
| C5.10.1 焊接件的渗透检测方法选择和质量控制 | ● | ■ | — |

续表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 内容及知识点 | 各级要求 | | |
| Ⅲ | Ⅱ | Ⅰ |
| C5.10.2 铸件、锻件的渗透检测特点、检测程序和质量控制 | ● | ■ | — |
| C5.10.3 在用设备渗透检测方法选择、预处理和质量控制 | ● | ■ | — |
| C5.11 渗透检测工艺编制 |  |  |  |
| C5.11.1 渗透检测工艺种类、一般内容和检测工艺程序 | ● | ■ | — |
| C5.11.2 渗透检测工艺编制与审核 | ● | ■ | — |
| C5.11.3 国内、外渗透检测标准对比分析 | ■ | ▲ | — |
| C5.12 渗透检测标准 | ● | ■ | ▲ |

符号说明：**●—**掌握；■**—**理解；**▲—**了解；**“—”—**不要求。