

IWE 教学目标和要求

IIW 规程对 IWE 学时数的规定:

焊接方法与设备: 最少学时数 93 (其中基础课最多 35)

焊接材料及其行为: 最少学时数 111 (其中基础课最多 39)

结构与设计: 最少学时数 64 (其中基础课最多 14)

生产与应用: 最少学时数 110

理论课: 378

基本的实践技能 (第二部分): 60

总计: 438

理论部分包括第一部分与第三部分

模块 1: 焊接工艺与设备 93h

焊接工艺简介 (第 1 部分)

教学目的: 了解焊接工艺的发展史, 常用的焊接术语、标准与代号

要求内容: 发展史, 定义与术语, 焊接工艺图示, 工艺特点的简短描述, 最常用焊接工艺的应用, 焊接工艺的分类和代号 (IIW, ISO 和 EN 标准, 国家标准), 焊接工艺应用中的建议, 焊接工艺的分类 (IIW, ISO 和 EN 标准, 国家标准)

预期目标: 详述各种主要焊接工艺方法间的不同, 如电弧焊、电阻焊、气焊, 根据标准区分不同的工艺, 认识焊接工艺方法的缩写, 解释焊接工艺发展历史。

火焰技术 (第 1+3 部分)

教学目的: 理解氧-气体燃烧基本原理, 不同燃气特性, 设备, 安全及典型应用

要求内容: 工艺原理、应用范围, 火焰类型, 可燃气体特性 (乙炔、丙烷等), 燃烧反应, 温度分布影响因素, 设备, 乙炔气瓶组成部件, 可燃气体发生器, 气体的使用与储存, 典型焊接接头设计, 气焊技术 (右向焊、左向焊), 填充材料的标准, 应用、典型问题与缺陷, 特殊气焊工艺与使用方法 (预热、火焰校正、火焰清理等), 健康与安全

预期目标: 解释三种火焰类型的特征及使用理由, 详述不同燃气火焰特征, 解释设备各组成部件的用途及工作原理, 详细说明潜在的危险和安全处理及操作方法, 理解标准, 详细说明气焊工艺的应用范围

电工学基础 (第 1 部分)

教学目的: 理解电工学基本知识及焊接能源在电方面所使用的电子器件

要求内容: 电工学基础 (电流、电压和电阻), 欧姆定律, 并联与串联电路, 直流电、交流电、极性, 磁力现象, 电容、电容器, 变压器、整流器, 晶体管、硅控整流器、自感系数、感应器, 健康与安全

预期目标: 解释电流、电压与电阻, 详述焊接电源最重要部件的功能, 论述直流与交流电差异, 理解电工学与电子学知识并应用到焊接方面

电弧 (第 1 部分)

教学目的: 详细理解电弧、电弧特性、焊接局限性与应用, 电弧稳定性问题方面的基本原理

要求内容: 电弧物理 (电弧产生、主要电弧区、电弧稳定性), 电压沿弧长的分布, 阴极与阳极的热量, 直流极性与交流的电弧特性及其控制, 电弧温度分布及其作用, 焊接工艺的影响, 电弧温度分布及其作用, 磁场对电弧的影

响（原因、如何解决），应用界限

预期目标：详细解释电弧基本原理，影响电弧稳定性的主要参数，详述电弧热发射与电压分布，解释磁场对电弧的影响，预测如何解决磁偏吹问题，解释直流、交流电弧特性包括控制方法与局限性

弧焊电源（第 1 部分）

教学目的：详细理解弧焊电源的特性与主要部件

要求内容：电源分类，电源特性（外特性曲线和动特性曲线），外特性曲线与焊接工艺间的关系，外特性选择（平特性与下降特性），主要工艺的电弧特性曲线（MMA、TIG、MIG/MAG、SAW、PAW），工作点，直流与交流工艺稳定性，交流（正弦波与方形波）和直流电源，开路电压、短路电流，电源负载持续率与电弧焊最常用的典型值，电压损失、电流与电缆间的关系，脉冲技术，引弧类型与设备、电流上升与下降斜率、预送气与滞后断气，电流与电压设置，相关标准

预期目标：解释每种弧焊电源（直流与交流），包括最常使用的设备，详述各种弧焊电源外特性与动特性、工作点与电弧稳定性控制，解释开路电压、短路电流、电源负载持续率、电压损失，解释各种工艺方法在使用电源上的差异，了解不同的电源开关、功能及其影响

气体保护焊介绍（第 1 部分）

教学目的：理解气体保护焊工艺原理及物理现象

要求内容：物理现象，TIG、MIG/MAG 和药芯焊丝电弧焊工作原理，保护气体（惰性、活性）及其对电弧特性的影响，气体的使用与储存，填充材料，保护气体与填充材料标准（国际与国内）

预期目标：解释 TIG、MIG/MAG 和药芯焊丝电弧焊特点与工作原理，理解各工艺使用不同保护气体时的电弧特性，详述保护气体使用与储存方法，理解与使用保护气体与填充材料标准

TIG 焊（第 1+3 部分）

教学目的：详细理解 TIG 基本原理，设备、应用、过程与常见问题

要求内容：电源特性，引弧技术与必要设备，设备与附件（焊枪、气体透镜、控制板面、上升与下降斜率、脉冲技术），电流与极性（直流+、直流-、交流），不同材料特殊要求如 Al，消耗材料（保护气体、焊丝、电极），焊接工艺参数（电流、电压、焊接速度、气体流量），接头准备（典型接头设计、装配、清理），典型技术（点焊、小孔焊，热丝焊、轨道全位置焊、管与管焊、管与板焊及其他），填充材料、电极、气体标准，焊接应用，典型问题，针对本工艺的健康与安全

预期目标：详细解释 TIG 焊基本原理，包括引弧技术及其应用，根据应用，解释选择的电流种类及极性、保护气体和电极，详述焊接工艺参数，解释设备与各部分的用途与功能，理解标准，说明潜在危险与安全使用方法，了解不同的 TIG 电源开关和装置及其影响

MIG/MAG 和药芯焊丝电弧焊（第 1+3 部分）

教学目的：理解 MIG/MAG 和药芯焊丝电弧焊基本原理，设备、应用、过程及常见问题

要求内容：传统的和 CPU 控制的电源特性，电流与极性，设备与附件（焊枪、送丝系统、气路装置、控制面板），熔滴过渡类型（短路过渡、颗粒过渡、喷射过渡、脉冲过渡、旋转过渡）及应用，焊接参数（电流、电压、焊接速度、气体流量等），消耗材料（保护气体、实芯与药芯焊丝），接头准备（典型接头设计、装配、清理），特殊技术（气电焊、高效焊接方法），填充材料与气体标准，焊接应用、典型问题及如何解决，针对本工艺的健康与安全

预期目标：详细解释 MIG/MAG 和药芯焊丝电弧焊基本原理，包括熔滴过渡方式及其应用，根据应用，解释选择电流种类及极性，详述应用范围、接头准备及解决可能产生的问题，详述焊接工艺参数，详述潜在的危及安全使用方法，解释设备与各部分的用途与功能，理解标准，解释选择消耗材料，了解不同的 MIG/MAG 与药芯焊丝电弧焊电源开关和装置及其影响

MMA 焊（SMAW）（第 1+3 部分）

教学目的：详细理解 MMA 焊基本原理，设备、应用、过程与常见问题

要求内容: MMA 工艺原理与电弧特性, 电流与极性, 电源特性 (开路电压、外特性与动特性、电流种类、引弧方法), 设备与附件, 应用范围、典型问题及如何解决, 药皮焊条 (药皮和焊芯作用、焊条种类、渣与金属反应、气体与金属反应), 焊条电弧焊优缺点、典型缺陷, 焊条使用与储存 (储存环境、再烘干), 焊条标准 (国际和国家标准), 焊条的选择应用, 焊接工艺参数 (电流、电压等), 接头准备 (典型接头设计、装配、清理、焊接位置), 焊条直径与电流、焊芯材料、焊条长度与焊接位置的关系, 焊接过程, 特殊技术 (重力焊、立向下焊、现场焊接), 针对本工艺的健康与安全

预期目标: 详细解释 MMA 焊基本原理, 包括特殊技术、引弧方式, 根据应用, 选择合适的电流种类、极性及焊条, 详述应用范围、接头准备及解决可能存在的问题, 详述焊接工艺参数, 详述潜在的危险及安全使用方法, 解释设备及各部分的用途及功能, 解释各类焊条使用及储存方法, 理解标准, 确定焊条药皮对熔滴过渡及焊缝金属性能的影响, 了解不同的 MMA 电源开关功能及其影响

埋弧焊 (第 1+3 部分)

教学目的: 详细理解 MMA 焊基本原理, 设备、应用、过程与常见问题

要求内容: SAW 工艺原理与电弧特性, 电流与极性, 电源特性 (开路电压、外特性与动特性、电流种类、引弧方法), 设备与附件, 应用范围、典型问题及解决办法, 填充材料 (焊丝与焊剂作用、焊丝与焊剂类型、焊丝与焊剂配合、渣与金属反应、气体与金属反应), 填充材料使用与储存 (储存环境、再烘干), 填充材料标准 (国际与国家标准), 工艺参数 (电流、电压、焊接速度、焊剂类型及颗粒度、干伸长等), 接头准备 (典型焊接接头设计、装配、清理), 焊丝焊剂配合与熔敷特性间的关系, 焊接过程, 单丝与多丝技术, 特殊技术 (带状焊丝、铁粉添加、冷丝与热丝添加), SAW 健康与安全

预期目标: 详细解释 SAW 焊基本原理, 包括引弧方法、特殊技术及其应用, 根据应用, 选择合适电类流种类、极性与填充材料, 确定应用范围, 接头准备及解决可能存在的问题, 确定焊接工艺参数, 解释设备与各部分用途与功能, 解释渣与金属/气与金属反应及其对焊缝金属性能的影响, 理解标准, 详细说明潜在危险与安全使用方法

电阻焊 (第 3 部分)

教学目的: 详细理解电阻焊基本原理, 应用, 规范参数, 常见问题及其解决办法

要求内容: 基本工艺原理与种类 (点焊、凸焊、对焊、缝焊、闪光焊), 能量影响与温度分布, 设备与附件, 应用范围及典型问题 (厚板与薄板焊接、有涂层材料的焊接、异种材料焊接、质量效应、分流效应、珀尔帖 Peltier 效应、电阻钎焊), 电极 (作用、类型、形状、材料), 电极标准 (国际与国家标准), 工艺参数 (电流、压力、时间、电流种类、脉冲等), 接头准备 (典型接头设计、装配、清理), 焊接工艺参数与焊核性能的关系, 监控系统、过程控制、检测, 特殊检验, 焊接过程, 针对本工艺的健康与安全

预期目标: 详细解释电阻焊基本原理及各种电阻焊的应用, 选择合适的焊接工艺参数, 详述应用范围、适用的材料、可能存在的问题及解决办法, 确定适于特殊应用的焊接工艺参数, 解释设备及各部分用途与功能, 理解标准, 详细说明潜在的危险与安全使用, 了解不同的电源开关与装置及其影响

其它焊接工艺 (第 3 部分)

教学目的: 详细理解等离子弧焊、电子束焊、激光焊、电渣焊、摩擦焊、搅拌摩擦焊、磁旋弧对焊、磁脉冲焊、超声波焊、爆炸焊、扩散焊、铝热焊、高频焊、螺柱焊、冷压焊、混合工艺等的原理, 设备, 应用, 过程, 常见问题

要求内容: 上述工艺原理, 各工艺热源, 设备与附件, 典型应用与问题, 填充材料, 焊接工艺参数, 接头准备 (典型接头设计、装配、清理), 焊接工艺参数与接头型式的关系, 高能量工艺比较, 针对各工艺的健康与安全, 涉及到的国家与国际标准

预期目标: 解释上述工艺原理及其应用, 描述特定应用时, 各工艺的焊接工艺参数、接头准备、可能存在的问题及解决办法, 解释设备及各主要部分的用途与功能, 理解相应标准, 详细说明潜在的危险与安全使用方法

热切割及坡口准备 (第 3 部分)

教学目的: 详细理解焊接结构中常应用的切割与边缘加工工艺基本原理, 应用, 设备, 过程, 常见问题

要求内容: 边缘加工工艺综述, 机械切割, 火焰与火焰切割原理、设备、应用与辅件, 火焰切割工艺参数、边缘质量、氧气纯度等级, 适于火焰切割的材料, 各种电弧切割工艺(空气弧、碳弧与金属弧、氧弧切割)基本原理、设备与辅件, 适于电弧切割的材料、应用、参数, 等离子弧切割基本原理、设备与辅件, 适于等离子弧切割的材料、应用、参数、切割气体, 等离子弧切割特殊应用(水下切割、水涡流切割), 等离子弧刨边, 电子束钻孔与激光切割基本原理、设备、工艺参数、应用, 水射流切割工作原理、设备、工艺参数、应用, 电弧气刨与火焰切割工作原理、工艺参数与应用, 各工艺相应的国家与国际标准, 健康与安全

预期目标: 详细解释机械切割、火焰切割、电弧切割、等离子弧切割、电子束切割、激光切割与水射流切割工作原理, 解释各工艺参数对边缘表面的影响, 详述机械切割、火焰切割、电弧切割、等离子弧切割、电子束切割、激光切割与水射流切割应用范围, 详细说明潜在的危險与安全使用方法

工程表面技术(第3部分)

教学目的: 详细理解常用表面加工技术及其工作原理, 应用、设备、过程、常见问题

要求内容: 覆层技术工作原理与应用(轧制、爆炸、带极堆焊、等离子-MIG、电渣、激光等), 喷涂工艺工作原理(火焰粉末喷涂、火焰丝材喷涂、电弧粉末喷涂、电弧丝材喷涂、等离子粉末喷涂、超音速火焰喷涂), 应用, 设备, 工艺参数, 母材表面准备, 喷涂材料, 喷涂层结构、基层结构, 冷喷涂与熔合喷涂技术, 应用与特殊问题, 堆焊概念, 稀释率、堆焊特点、堆焊方法、堆焊方法选择、堆焊技术应用和发展, 健康与安全

预期目标: 解释常见覆层技术工作原理与特征, 解释常见喷涂工作原理与特征, 根据母材准备情况, 评估表面质量, 描述常见喷涂技术及其工业应用, 解释冷喷涂与熔合喷涂技术间的不同应用的原因, 解释选择堆焊方法的原则, 描述常见堆焊技术及其工业应用, 详细描述潜在的危險与安全使用方法

机械化与机器人焊接(第3部分)

教学目的: 详细理解机械化焊接与机器人焊接, 包括其应用与系统

要求内容: 高生产率的焊接机械化综述, 机器人、机械化、自动化之间的不同、优缺点及应用, 机器人技术(在线和离线编程、模拟、柔性制造系统), CAD/CAM 系统, 工厂模拟, 焊缝跟踪型式与典型应用, 气体喷嘴传感器、电弧传感、电磁感应、观测系统, 窄间隙焊(SAW、MIG/MAG、TIG), 环形全位置焊(MIG/MAG, TIG), 应用、典型问题及解决方案, 气体与填充材料(机械化焊接优化), 健康与安全

预期目标: 预测焊接生产中适合高生产率的最好方法是采用机器人、自动或机械化, 详细解释在线与离线编程的不同, 详述各类焊缝跟踪技术的工作原理、优点和应用, 解释窄间隙焊和环形全位置焊工艺工作原理, 描述窄间隙焊和环形全位置焊不同应用, 详细说明潜在危險与安全使用方法

钎焊(第3部分)

教学目的: 详细理解软钎焊和硬钎焊基本原理, 设备, 应用, 过程与常见问题

要求内容: 软钎焊和硬钎焊基本原理(连接机理、表面张力、润湿、毛细作用), 软钎焊和硬钎焊技术综述、设备、应用范围, 软钎焊和硬钎焊钎料与钎剂类型、应用、钎剂作用, 适合钎焊的材料, 高真空硬钎焊、控制气氛下硬钎焊, 电弧与激光硬钎焊, 软钎焊技术综述(浸渍、波流、汽相钎焊), 软钎焊和硬钎焊优缺点, 应用与典型问题, 标准, 健康与安全

预期目标: 详细解释各类软钎焊和硬钎焊技术, 详细比较软钎焊和硬钎焊与熔化焊的不同, 解释如何获得良好合理的钎焊接头, 描述各种钎焊的不同应用, 描述所用钎料与钎剂的类型与特征, 详细说明潜在危險与安全使用方法

塑料连接工艺(第3部分)

教学目的: 综合理解塑料连接的原理, 常用技术、设备、应用、过程与常见问题

要求内容: 塑料及其连接工艺一般知识, 各种工艺工作原理, 热板焊接、对接熔焊、热气焊、挤压焊、感应焊、电阻焊、塞焊、高频焊、摩擦焊、电熔化焊、超声波焊、振动焊、粘接焊, 焊接工艺参数、设备、接头设计, 优缺点, 应用、典型问题及如何解决, 健康与安全

预期目标: 解释各种连接技术基本原理, 解释如何使用各类技术获得良好合理的接头, 描述各种连接技术的应用, 详细说明潜在危險与安全使用方法

陶瓷和复合材料的连接工艺（第 3 部分）

教学目的：理解陶瓷及复合材料连接原理，常用技术，应用，过程与常见问题

要求内容：陶瓷及复合材料一般知识与典型连接工艺，各类工艺方法工作原理，优缺点，应用与典型问题

预期目标：解释陶瓷及复合材料连接原理，解释如何获得良好合理的接头，详细说明潜在危险与安全使用方法

焊接实验（含在第 1+3 部分中）

教学目的：详细理解工艺参数对焊缝形状与切割表面的影响

要求内容：用实际练习表现各主要焊接工艺参数对焊缝形状的影响，对练习结果的讨论会有助于将来的判断，练习包括：MMA、TIG、MIG/MAG、药芯焊丝焊、SAW、氧气体焊，用实际练习表现各主要切割工艺参数对切割表面的影响，练习包括：氧切割、电弧-空气、等离子弧、电弧切割

预期目标：根据使用的焊接工艺参数预测焊缝形状及组织（内部的与外部的），详细解释可改变焊缝形状的因素及原因，根据使用的切割参数预测切割表面状态，详细解释可改变切割表面质量的因素及原因，能够评价或推断焊缝及切割表面

其他连接方法（规程无要求）

教学目的：理解粘接原理，常用技术，应用，过程与常见问题

要求内容：粘接简介，相关定义，粘接材料，金属的粘接（强度影响因素、接头设计、粘接过程、质量检验）

模块 2：材料及材料的焊接行为（111h）

钢的生产（第 1 部分）

教学目的：理解炼铁、炼钢基本原理

要求内容：炼钢冶金学简介，钢的制造过程，特殊处理，脱氧，钢的缺陷，偏析

预期目标：解释不同的炼钢过程，详述炼钢中特殊处理的理由及原理，解释不同脱氧方法，解释可能产生的缺陷、形成原因与消除办法

金属的结构和特性（第 1 部分）

教学目的：详细理解凝固、变形、再结晶的基本原理及典型金属结构的特性

要求内容：晶体结构，晶体晶格结构类型与缺陷，金属的微观组织，固相转变，弹/塑性变形，再结晶，冷热变形，加工硬化，机械性能（温度的影响等）

预期目标：解释基本结晶（晶格）结构，详细解释弹/塑性变形及其在冷热变形中的作用，给出实例解释再结晶，理解机械性能与温度、晶粒尺寸与结构间的关系

合金及相图（第 1 部分）

教学目的：详细理解合金化基本原理、合金结构及其相图表示法

要求内容：纯金属与合金，合金元素，凝固，固溶体，合金组织，组织类型，强化机理（固溶强化），金属间化合物，相图的基本类型（没有溶解、完全溶解、部分溶解），铁碳相图，合金元素对铁碳相图的影响，缩小 γ 区的铁合金、扩大 γ 区的铁合金，铸造组织，机械性能，三元相图，

预期目标：描述合金元素引起的晶格畸变及之后的结构变化，用相关实例详细解释凝固结构与偏析，详述沉淀机理、沉淀类型及在微观结构中所处位置，详细解释相变原理及产生条件，用适当实例详述硬化机理，理解微观组织与机械性能间的关系，详细解释相图原理、结构及应用，理解微观组织与相图间的关系

母材及焊接接头的热处理（第 1 部分）

教学目的：详细理解热处理时材料的冶金转变

要求内容: 正火, 淬火, 淬火与回火, 固溶退火, 均质处理, 消除应力处理, 再结晶退火, 时效, 热处理工艺, 热处理设备, 热处理规范, 温度测量记录

预期目标: 解释各种主要热处理方法及其目的, 解释材料热处理时发生的结构变化机理, 理解温度和时间及温度变化梯度对组织转变的影响, 解释热处理规范要求及为何保证, 根据钢种、厚度、应用与规范, 预测进行焊后热处理的必要性, 根据应用选择合适的热处理设备, 详述典型应用的温度测量和记录方法

铁碳相图 (第 1 部分)

教学目的: 理解铁碳合金原理, 平衡与非平衡条件下晶格结构的变化及其在相变图上的表示法

要求内容: 平衡与非平衡相变, 时间-温度-相变 TTT 图, 各种 TTT 图 (等温、连续冷却图), 合金元素的影响, 碳化物形成元素, 韧性的控制

预期目标: 理解平衡与非平衡条件下晶格结构变化原因, 解释 TTT 图 (等温、连续冷却图) 的应用以说明典型钢微观结构的变化, 根据 TTT 图, 预测合金元素引起的强化结构的变化, 根据微观结构改变, 详述强化机理, 理解微观结构与韧性之间关系

材料与焊接接头检验 (第 1 部分)

教学目的: 理解和掌握有关焊件试件材料试验的基本知识

要求内容: 破坏性检验回顾, 焊接接头试验, 破坏性检验, 拉伸与弯曲试验, 缺口冲击试验 (韧性与脆性断裂、转变温度), 硬度试验, 特殊检验 (CTOD 等), 疲劳试验, 蠕变试验, 腐蚀性试验, 相关标准, 实验 (占 4 学时)

预期目标: 讨论破坏性试验目的与产生数据的局限性, 详细描述各主要试验方法与被测参数, 预测何时、为何使用特殊试验, 按计划展示完成试验的能力

接头组织及钢的焊接性 (第 1 部分)

教学目的: 详细理解焊件中不同冶金结构的形成

要求内容: 热场, 热传导方程, 热输入及热输入效率, 最高温度, 冷却速度和热循环, 焊缝金属, 熔池金属的凝固, 焊缝组织, 熔合线, 热影响区 (HAZ), 热影响区的微观组织, 晶粒长大和细化, 晶粒尺寸与韧性之间的关系, 转变温度, $t_{8/5}$ 概念, 碳当量概念, 焊接性定义, 单道焊与多道焊

预期目标: 解释焊缝温度分布及由其形成的微观组织, 理解热输入、冷却速度与多道焊对焊缝金属凝固与微观组织的影响, 解释焊缝保护、耗材类型对焊缝金属组织及其性能的影响, 详述热影响区、晶粒尺寸、微观组织变化原因及其对性能的影响, 讨论焊接性, 推断由稀释引起的微观组织及焊接性的改变

钢的标记与分类 (第 1 部分)

教学目的: 理解钢的分类与标记原则

要求内容: 钢的分类 (EN10020), 钢的标记 (EN10027)

预期目标: 解释钢的牌号

碳钢和碳锰钢 (第 1 部分)

教学目的: 详细理解焊接碳钢和碳锰钢带来的冶金影响

要求内容: 多道焊的影响, 最大含碳量与硬度的关系, 碳当量与淬硬性关系, 预热温度的确定, 焊接模拟 (焊缝热循环模拟), 最佳热输入量的确定, 拘束度的影响, 标准

预期目标: 解释碳当量的概念与应用, 解释 TTT 图 (等温、连续冷却图) 原理与使用, 根据给定的热循环与化学成分, 预测焊缝和热影响区组织, 详细解释多道焊对组织、机械性能的影响, 讨论冷裂纹影响因素, 根据要求的法规与标准, 对给定的材料、条件和应用, 预测最佳的热输入量和合适的预热温度

钢焊接时裂纹的形成 (第 1 部分)

教学目的: 理解接头开裂机理和方式及焊接对开裂影响, 了解其原因及预防方法

要求内容: 冷裂纹, 焊缝金属和热影响区开裂机理、原因及预防方法, 氢、微观组织与应力的影响, 氢来源与扩散, 氢的控制, 敏感性微观组织及其控制, 合金元素对敏感性的影响, 冷裂纹敏感性试验, 预热的影响; 热裂纹, 焊缝金属凝固裂纹、液化裂纹开裂机理、原因及预防方法, 合金元素、热输入、焊缝形状的影响, 热裂纹的控制, 热裂纹敏感性试验; 再热裂纹, 焊缝金属与热影响区开裂机理、成因及预防方法, 对再热裂纹敏感的钢种, 合金元素、热循环、应力的影响, 热处理与多道焊中的裂纹, 再热裂纹的控制, 再热裂纹敏感性试验; 层状撕裂, 开裂机理、原因及预防方法, 夹杂物、接头型式、应力与疲劳的影响, 通过控制材料和接头型式控制层状撕裂, 敏感性试验(全厚度性能)

预期目标: 比较各种开裂的冶金机理, 描述化学与物理因素对各类裂纹的影响, 依据主要参数评价裂纹敏感性, 提出避免开裂的措施, 判断裂纹类型、研究断裂的材料、找出产生的原因, 选择适当的试验以助解决开裂问题, 减少或消除焊接结构层状撕裂产生, 评价夹杂物、接头型式、应力和疲劳对焊缝裂纹控制的影响

细晶粒结构钢(第3部分)

教学目的: 详细了解细晶粒钢中微量合金元素对组织、机械性能与焊接性的影响, 理解高强钢在应用上产生的焊接问题

要求内容: 细化晶粒概念(微量合金元素、组织和稀释), 细晶强化, 弥散强化, 对机械性能的影响, 正火晶粒钢等级, 控轧机理, 调质处理钢等级, 高强钢, 化学成分, 机械性能, 细晶粒钢焊接性及应用(桥梁、起重机、建筑、船体、管线、压力容器、车辆、低温应用), 焊接性, 预热和层间温度, 标准

预期目标: 解释获得细晶钢的不同方法及微量合金元素的影响, 解释晶粒细化与机械性能的关系, 详述应用, 理解晶粒等级与焊接性间的关系, 详述可应用的焊接工艺及潜在问题, 解释焊后热处理的影响, 根据应用, 详细解释材料选择的重要性, 评价结构钢和高强钢的应用及应用范围, 描述桥梁、起重机、压力容器、车辆上的应用实例与设计

低温钢(第3部分)

教学目的: 描述焊接应用中需要解决的韧性与温度、金相组织与焊接性间的关系问题

要求内容: 低温钢种类总述(包括含 9%Ni 钢), 镍对低温低合金钢性能的影响, 可用的焊接工艺, 填充材料, 焊接问题与防止措施, 各种低温钢性能与应用, 焊接接头质量控制, 低温钢与填充材料标准,

预期目标: 叙述韧性试验及影响因素, 评价微观组织与韧性间的关系, 认识镍对低温结构的影响, 描述镍对焊接性的影响, 评价各类低温合金钢应用范围

热强钢(第3部分)

教学目的: 概述蠕变现象, 详细了解抗蠕变钢种类、组织和合金元素

要求内容: 蠕变失效机理, 抗蠕变试验, 蠕变敏感性试验, 回火脆化, 如步冷试验, 抗氧化性, 抗蠕变/耐热钢种类综述, 可用的焊接工艺, 填充材料(特别对抗蠕变钢的化学要求), 焊接问题与防止措施, 焊接接头质量控制, 标准

预期目标: 识别蠕变基本现象, 评价合金元素和钢组织对蠕变抗力的影响, 依据采用的焊接工艺和填充材料, 评价 Cr-Mo 钢的焊接性

腐蚀(第3部分)

教学目的: 概述各种腐蚀基本知识

要求内容: 电化学原理, 氧化还原电势, 钝化, 均匀腐蚀, 局部腐蚀, 阴极、阳极保护, 腐蚀类型(晶间腐蚀、穿晶腐蚀、刀蚀、点蚀、缝隙腐蚀及应力腐蚀), 酸洗与钝化, 腐蚀试验(实验演示 6 学时占 2 学时)

预期目标: 解释腐蚀涉及的化学与电化学现象, 叙述不同的腐蚀机理, 评价不同保护方法

高合金钢(第3部分)

教学目的: 获得各类不锈钢基础知识及其焊接性, 包括异种材料焊接原理及填充材料的选择

要求内容: 合金元素的作用, Fe-Cr, Fe-Ni, Fe-Cr-Ni 合金等, 奥氏体与铁素体形成, 氮的影响, Cr、Ni 当量, Schaffler (舍夫勒) 图与 Delong (德龙) 图及其他组织图, 焊接性概念, 铁素体含量的测量, 不锈钢综述 (奥氏体钢、含铁素体钢的奥氏体钢、铁素体钢、马氏体钢、双相钢、抗化学腐蚀、抗蠕变、耐热钢、低温应用), 刀蚀, 475° 脆性, 晶间腐蚀, 点蚀指数, 可用的焊接工艺, 填充材料类型, 保护气体, 不锈钢焊接, 接头设计, 热处理, 焊后热处理, 标准

预期目标: 评价各类不锈钢组织、母材、热影响区与焊缝, 运用 Fe-Cr-Ni 相图, 识别高合金钢的焊接结果, 陈述发生脆变现象的机理, 陈述发生腐蚀现象规则与原理, 运用 Fe-Cr-Ni 相图, 识别含有各种碳含量的高合金钢的焊接结果, 使用不同相图选择各类不锈钢的填充材料, 预测焊后处理的必要性

材料磨损与保护 (第 3 部分)

教学目的: 概述磨损基本知识及磨损的控制, 概述保护层基本知识及使用的方法和材料

要求内容: 磨损的不同种类 (流体磨损、反应层磨损、粘着磨损、磨粒磨损、疲劳磨损、侵蚀、腐蚀、气蚀、冲击磨损、热磨损、动态磨损), 磨损试验, 堆焊材料、喷涂材料; 包覆, 包覆的原因, 包覆工艺 (稀释), 包覆金属焊接, 获得良好接头的接头设计与焊接工艺, 应用, 标准; 衬里, 焊接衬里, 接头设计与焊接工艺; 表面处理, 耐腐蚀层, 耐磨损层; 涂敷层, 表面涂敷层, 镀锌钢 (含 Si), 刷涂, 连接问题

预期目标: 描述不同类型磨损机理, 区分磨损试验基本原理与结果来说明如何防磨损, 评价防范措施与设计规程来避免过多的磨损; 描述应用保护层的各类技术, 设计用于保护层的焊件, 描述所用的材料与选择理由, 评价不同保护层相关问题与解决方法

耐热钢 (第 3 部分)

教学目的: 识别微观组织与抗蠕变间的关系, 包括各类抗蠕变钢与耐热钢的详细知识

要求内容: 高合金抗蠕变钢, 耐热机理, 耐热钢种类 (奥氏体钢、铁素体钢), 焊接性与填充材料的选择, 应用与特殊问题, 标准

预期目标: 区分合金元素对抗蠕变钢与耐热钢的影响, 详细评价高温下材料发生的微观组织现象, 识别抗蠕变钢与耐热钢种类, 评价抗蠕变钢与耐热钢焊接性

铸铁与铸钢 (第 3 部分)

教学目的: 理解各类铸铁与铸钢冶金知识、应用及焊接性

要求内容: 铸铁综述, 铸钢综述, 可用的焊接工艺, 焊接性, 填充材料, 应用与特殊焊接问题, 标准

预期目标: 解释铁碳相图 (特别注意碳含量超过 2%), 识别各类铸铁与铸钢、它们的化学成分与组织结构, 评价铸铁焊接性、可用的焊接工艺和填充材料

铜与铜合金 (第 3 部分)

教学目的: 详细理解铜与铜合金冶金知识、概述其应用与焊接性

要求内容: 铜与铜合金分类综述, 脱氧与焊接性, 物理与化学性能, 可用的焊接工艺 (焊接、钎焊、扩散焊), 填充材料, 保护气体, 应用与特殊问题, 标准

预期目标: 解释铜与铜合金冶金知识, 理解铜与铜合金焊接性, 包括异种接头, 解释铜与铜合金可用的焊接工艺与填充材料, 解释铜与铜合金应用

镍与镍合金 (第 3 部分)

教学目的: 详细理解镍与镍合金冶金知识、概述其应用与焊接性

要求内容: 镍与镍合金分类综述, 可用的焊接工艺与填充材料, 保护气体, 焊接问题 (热裂纹) 与防止措施, 焊接接头质量控制

预期目标: 解释镍与镍合金冶金知识, 理解镍与镍合金焊接性, 解释镍与镍合金可用的焊接工艺与填充材料, 叙述镍与镍合金应用实例

铝与铝合金（第3部分）

教学目的：详细理解铝与铝合金冶金知识、概述其应用与焊接性

要求内容：铝与铝合金分类综述（纯铝、冷作硬化铝合金、可热处理铝合金）焊接性，接头准备，可用的焊接工艺，氧化物层清除，填充材料（选择、储存与使用），保护气体，焊接问题（HAZ区软化、气孔、热裂纹、裂纹敏感性）及其防止措施，设计细节，应用与特殊问题（轻型结构、低温使用）

预期目标：解释铝与铝合金冶金知识，理解铝与铝合金可焊性，包括异种接头，解释铝与铝合金可用的焊接工艺与填充材料，解释铝与铝合金应用

特殊有色金属与合金（第3部分）

教学目的：详细理解特殊金属冶金知识、应用领域与焊接性

要求内容：钛，镁，钽，锆，可应用的焊接工艺与填充材料，特殊问题

预期目标：解释特殊金属的冶金知识，理解其焊接性，解释其可用的焊接工艺与应用

异种金属焊接（第3部分）

教学目的：理解异种材料焊接原则与涉及的问题

要求内容：基本知识，用于焊接异种金属的 Schaeffler 图/德龙图的使用，工艺选择，稀释的影响，填充材料，焊接问题与措施（金属化合物的形成、碳迁移），典型应用：高合金钢与低碳钢焊接，不锈钢与低碳钢焊接，Cu Ni 合金与低碳钢/不锈钢焊接，Ni 合金与低碳钢焊接，不锈钢与铜合金的焊接，钢与铝/铝合金的焊接，铜与铝/铝合金的焊接，镍与铜的焊接

预期目标：解释异种材料焊接冶金原理与焊接性，理解与应用 Schaeffler / De Long 图，推断解决冶金问题的焊接方法，理解填充材料的正确选择

金相实验（第3部分）

教学目的：详细理解金相组织与金相实验的应用

要求内容：用于微观实验与宏观实验的试样的制备，宏观与微观检验，微观组织的化学分析，参考标准 EN 1321, CR12363

预期目标：详细解释并会使用试样制备方法，解释宏观与微观实验的各方面内容，理解微观组织、冶金缺陷

模块 3：结构与设计（64h）

焊接结构设计基础（第1部分）

教学目的：理解外载荷对结构的影响，结构系统的类型及外载荷与内力的关系

要求内容：结构要素（电缆、钢筋、梁、板、胶块、壳），力学，力的合成与分解，力与力矩的平衡，连接的支座、连接的约束条件与连接的基本类型，结构体系的平衡，静定系统与静不定系统，外部作用对结构体系产生的力，外载荷与内力间的关系，内力和静定系统的计算与判断，

预期目标：解释力的合成，解释力的分解，详述平衡条件，解释结构体系的平衡，解释连接的支座、连接的约束条件与连接的基本类型，解释静定系统与静不定系统间的区别，确定简单静定系统的内力与力矩，解释和画出简单静定系统的剪力与弯矩图

强度理论基础（第1部分）

教学目的：详细理解负载状态下材料结构行为控制原理

要求内容：应力类型(正应力, 剪应力), 应变类型(轴向应变、剪切应变), 应力应变关系, 屈服理论, 弹、塑性变形, 杨氏模量、剪切模量、横向收缩系数, 典型材料属性, 内力与力矩产生不同应力, 不同类型的截面性能, 截面性能值计算, 应力计算

预期目标：解释不同的应力类型(正应力, 剪应力), 解释不同的应变类型(轴向应变、剪切应变), 解释应力-应变间的关系, 根据应力应变的关系, 推断杨氏模量、剪切模量、横向收缩系数, 解释材料的性能, 解释由于内力与力矩

产生的不同应力，评估不同的剖面类型，计算剖面的正应力

焊接连接（第 1 部分）

教学目的：给定材料厚度、可达性、负载、焊接方法、焊接位置、无损检测、设备、公差进行焊缝设计与图示

要求内容：简介（焊接接头设计与坡口形状的重要性，焊接应力与变形的影响），焊接接头类型(EN12345 系列, EN 14324 钎焊)，焊接接头设计与坡口形式的重要性，坡口形式分类（按材料、厚度、焊接工艺、可达性），公差要求(ISO 13920)，焊接图示符号、坡口符号，依据 ISO2553 对焊缝、软纤焊与硬纤焊接头的符号表示，国家标准
预期目标：区分焊接接头的不同类型，依据所给条件进行焊缝设计，详述与使用焊缝符号，对图纸中焊缝、软纤焊与硬纤焊接头符号表示

焊缝计算（第 3 部分）

教学目的：详细理解结构的外部负载、内力与内应力（尤其是焊缝处产生的）间的关系

要求内容：焊缝接头应力类型（名义应力、热点应力、缺口应力），对接焊缝与角焊缝的应力，焊接接头部分性能计算，单道焊接头正应力的确定，因多轴应力引起的参考应力值的确定，弧焊与电阻焊接头的电阻设计计算，焊接接头正应力计算实例

预期目标：解释焊接接头的不同应力类型（名义应力、热点应力、缺口应力），简单焊接接头的详细计算（内力），焊接接头交叉部分数值的计算，焊缝名义应力计算，焊缝组合应力计算

不同载荷下焊接结构行为（第 3 部分）

教学目的：理解不同类型载荷及其对结构周围环境的影响

要求内容：静载强度，高温强度，低温强度，抗蠕变，冲击行为，缺口及焊接缺陷的影响，断裂类型（弹性断裂、疲劳断裂、脆性断裂、层状撕裂），钢材质量组别的选择，普通钢典型数据，标准和规程的应用

预期目标：依据不同种载荷和温度解释其要求，确定满足强度与温度要求的材料，根据应用选择合适的材料，解释不同类型的断裂

主静载钢结构（第 3 部分）

教学目的：能够设计焊接接头以及相关焊接金属结构的计算

要求内容：钢结构包括轻型结构，结构细节如加强杆、结点、立柱、底板与盖板、加强结构、支架、框架转角、框架结构、桁架结构、节点、焊接连接、支撑、网状结构等，根据接头型式使用不同类型焊缝，标准与规程

预期目标：能够设计不同连接区，焊缝几何计算和焊缝应力计算，会画结构应力简图，识别焊缝应力类别，详述不同类型焊缝优缺点

断裂力学（第 3 部分）

教学目的：理解焊缝结构断裂力学的应用

要求内容：断裂力学，断裂力学应用，线弹性断裂力学，弹塑性断裂力学原理，临界裂纹尺寸， K_{IC} 值，断裂力学试验（CTOD等），亚临界裂纹扩展，疲劳试验，标准

预期目标：解释线弹性/弹塑性断裂力学原理，描述线弹性与弹塑性断裂力学影响因素，描述动载结构断裂力学应用，描述断裂力学检验方法

动载结构设计（第3部分）

教学目的：理解疲劳发展，循环载荷计算，缺口影响及避免措施，理解不同类型设计与应用中的缺口分类

要求内容：循环载荷类型，实际结构应力统计分析，S-N 图，应力集中，疲劳强度（低周循环及其他），平均应力影响，应力范围影响，应力分布，缺口影响，焊接缺陷影响，疲劳强度的改善技术（喷丸、TIG 熔覆、打磨、锤击、应力释放等），标准，Palmgren-Miner 准则，焊接接头分类，应用领域举例：桥梁、起重机、机械、轮船、近海建筑、烟囱、塔、桅杆、交通工具（汽车、卡车、铁道工具），验收准则，标准与规程，工作实例

预期目标: 画图及使用S-N图, 描述循环载荷计算方法, 应力比计算, 详述缺口与焊接缺陷的影响, 描述改善焊缝疲劳强度的方法, 依据给定细节进行焊接接头设计, 理解标准, 比较不同标准细节并分类

焊接压力装置的制作 (第3部分)

教学目的: 关于焊缝计算, 理解应用领域内结构设计特殊要求

要求内容: 锅炉、压力容器、管道的构造等, 焊缝计算(公式), 高温与低温应用, 设计细节(法兰、接管、壳体、加强板等), 法规、标准与规程, 施工与设计实例

预期目标: 解释不同焊缝优点, 解释给定焊缝结构的设计细节, 理解标准, 环缝与纵缝计算, 设计给定的结构细节, 解释不同结构类型的优点

铝合金的结构设计 (第3部分)

教学目的: 依据强度、应力与设计, 理解铝结构行为

要求内容: 钢结构与铝结构设计的比较, 轻型结构, 特殊用途合金标准及相关的应力与应变, 热影响区影响(软化), 外形特殊设计, 缺陷意义, 应用(交通工具、旋转杆、轮船、飞行器、容器和太空), 标准与规程, 施工实例

预期目标: 解释热影响区的软化, 给定应用的铝外形设计, 识别铝焊件中最常见的缺陷及如何避免, 解释铝焊件应力与应变的产生原因与变化, 解释不同合金强度, 给定应用时合金的选择

钢筋焊接 (第3部分)

教学目的: 理解接头选择原理及其设计

要求内容: 钢筋类型与特征, 直接与间接负载, 接头类型(搭接、十字形), 计算, 保证接头强度下的焊接性, 根据钢筋直径预热, 焊接工艺的应用, 标准与规程(ISO 17660 系列标准及国家标准)

预期目标: 解释不同类型接头原理, 区分承载与非承载接头的不同, 详述可应用的工艺, 根据直径确定焊缝长度, 确定必须的预热温度

模块 4: 生产与应用 (110h) (全部在 3 部分)

焊接制造中的质量保证

教学目的: 详细理解获得的全部知识, 解释质量保证与质量控制原则, 识别相关标准及其在焊接制造中的应用

要求内容: 质量保证与质量控制原则(包括分析、持续改进), 质量手册, 质量计划, 工厂质量审查, 人员与设备, 维修, 检验, 企业中焊接工程师的作用, 标准(QMS 指南、EN ISO9000 系列、ISO3834、国家与国际标准), 焊接管理人员资格与任务(ISO14731 与国家标准)

预期目标: 解释焊接制造中质量保证、质量控制与检查原则及其应用, 会编写焊接制造质量控制程序与质量计划, 详细解释工厂质量审查的目的, 能执行与焊接相关的工厂、人员、设备与产品的审查, 理解标准(如 ISO9000、ISO14731、ISO3834 系列), 详细解释影响焊接制造质量的人员和设备相关的主要因素, 解释焊接工程师在制造企业中的作用

焊接生产中的质量控制

教学目的: 详细理解生产中质量控制的要求与功能。解释与焊工/操作者及包括可追溯性在内的焊接资格相关的标准, 需要设备的校准及焊接参数的监控, 同样目标适用于钎焊

要求内容: 国家、地区与国际标准文件, 如 WPS, 焊接制造质量的优点, 焊接顺序, 工艺评定(ISO15614 系列和国家标准), 焊接工艺规程(WPS)(ISO15609)如何编制, 焊工资格(ISO9606 系列、EN287-1、国家标准), 焊接操作人员资格(ISO14172、ISO14732、与国家标准), 可追溯性(材质单、焊工/操作工证、工艺规程、上岗证书), 监控、管理与保存资料与数据的方法, 测量工具的标定, 实际练习(焊接工艺评定占 2 学时, 焊工与焊接操作人员资格考试占 2 学时)

预期目标: 详细解释 WPS/WPQR/pWPS 的主要用途与焊接制造质量的主要优点, 根据国家与国际标准, 编写用于

焊接的 WPS, 理解 WPS 标准, 确定 WPS 主要变量及其适用范围, 详细解释焊工资格的主要目的及其对焊接制造质量的主要好处, 理解焊工资格标准, 确定焊工资格证书的主要变量及适用范围, 解释焊接操作人员资格的主要用途及其对焊接制造主要优点, 理解焊接操作人员资格标准, 确定焊接操作人员证书的变量及适用范围, 详述材质证书的可追溯性要求, 详述生产数据的监控与保存方法, 详述测量设备校准及原因, 详细解释焊接管理人员职责, 详细解释不同级别质检人员职责

焊接内应力与变形

教学目的: 理解焊接制造中应力与变形主要影响因素、如何测量并使之最小

要求内容: 影响因素, 材料的热力学数据, 残余应力与变形的起因, 纵向与横向收缩应力大小, 热输入与收缩应力、变形之间的关系, 残余应力测量方法, 焊接顺序, 残余应力对服役焊接结构行为的影响, 减少残余应力与变形的的方法, 焊接变形的校正与消除(滚压、局部加热等), 控制变形实例

预期目标: 详细解释焊接制造时残余应力与变形的起因、影响因素与大小, 预测焊接接头与结构收缩与变形量, 制定详细的焊接顺序以减少变形和应力, 解释残余应力如何影响服役焊接结构

焊接车间设备

教学目的: 从质量、经济与环境角度, 理解辅助设施、工装夹具的必要性及其功能

要求内容: 生产线的布置, 工装夹具与胎具(类型、应用、优点、特殊要求), 滚轮架与机械手, 电缆线、电气接头与特殊要求, 操作环境, 辅助设施(装配、移动、背面保护气体装置、流量计等), 除尘设施(设备类型、通风), 接头装配, 点固焊缝及其去除, 消耗材料的储存、分发与使用(气体与填充材料、烘干炉), 预热设备、后热设备、其它热处理设备(包括局部热处理)的温度控制, 维护

预期目标: 详述工位布置原则(提高生产力、安全、舒适), 详细解释使用工装胎夹具的优点, 根据特定的焊接制造决定使用的工装胎夹具类型, 根据焊接制造判断使用的辅助设备类型, 包括除尘设施、电缆、热处理设备、温控设备, 详述保管和储存耗材设备的特殊要求, 详细解释接头装配与点固焊要求

焊接安全

教学目的: 详细理解与焊接和生产制造相关的健康与安全, 包括解决方法

要求内容: 健康与安全简介, 安全、环境、危机评估综述, 电源的危险, 电磁场, 设备连接, 保护气体问题, 射线与眼睛保护, 焊接烟尘排放, 有害烟尘极限值 MAC 值, 通风与除尘, 人工与机械控制, 可接受排放量的计算, 排放量检测实验, 噪音等级与耳朵保护, 自动化过程中的特殊危险, 标准与法规

预期目标: 解释焊接时与电、气体、烟尘、火、辐射、噪音相关的危险, 理解上述危险状态下的健康与安全法规, 焊接操作时相关危险测量值推断, 制定安全生产程序以确保符合要求, 焊接危险测算

生产测量与控制

教学目的: 理解和熟悉焊接及相关操作中测量、控制、记录要求

要求内容: 测量方法(电参数、气体流量、温度、速度), 仪器(类型、测量应用), 温度(ISO 13916)、湿度与风力, 冷却时间如 $t_8/5$, 焊接工艺参数(电压、电流、速度、气体流量等), 热处理控制(加热与冷却速度, CR ISO 17663), 设备的检测(ISO 17662), 实验练习(4 学时占 1 学时)

预期目标: 解释焊接及相关操作控制中使用的测量方法, 详述焊接工艺参数测量工作程序, 详述热处理控制和测量工作程序, 详述焊接操作中标定与监测程序

材料检测及焊接缺陷的评定

教学目的: 详细理解无损检测方法在焊接制造中的应用

要求内容: 焊缝缺陷分类(IIW 名称分类-根据 ISO 标准), 验收准则(如 ISO5817、10042 与 EN 12062), 无损检测方法原理(外观、着色、磁粉、涡流、声发射、射线照相、超声波等), 应用范围与局限性, 无损检测设计, 测定, 实验结果数据的整理分析(IIW 射线照相), 数据记录, 根据应用正确选择无损检验方法(如 CEN/TR15135), 无损检测人员资质认证(ISO 9712 与国家标准), 无损检测过程, NDT 自动化(计算机进行评定), 标准与规程,

健康与安全，实验练习（约占一半学时，即 10 学时）

预期目标：解释焊接制造时使用的主要无损检测方法操作方式及其优缺点，解释焊缝缺陷、成因、避免措施及检测方法，理解焊接缺陷允许的标准，理解无损检测原则，详述焊缝的形状与设计以便使无损检测能够进行，理解无损检测人员资质要求，理解安全原则

经济性

教学目的：详细理解焊接制造中与焊接相关的经济性

要求内容：焊接成本分析，熔敷率，劳动力成本，焊接耗材成本，设备成本，投资回报，焊机负载持续率，焊接成本计算，成本计算（劳动力、耗材、设备、气体、能源等），软件应用、计算程序，减少焊接成本措施，机械化，自动化，机器人

预期目标：详细解释焊接相关的成本构成，焊接操作成本计算，设计焊接及操作程序（包括机械化与自动化）以减少生产成本，使用焊接成本计算软件

焊接修复

教学目的：详细理解生产中与使用中的焊接修复问题

要求内容：焊接修复工艺规程，焊接修复方案，焊接修复工艺评定，焊接修复后无损检测，特殊措施

预期目标：详细解释焊缝修复问题，预测在焊接修复时特别是在役修复时可能产生的危险，详述焊接修复的全过程，确定用于焊接修复的程序及人员资质要求

合于使用

教学目的：学习理解用于工程的临界评估方法

要求内容：IIW SST 1093-8 与 ISO/TR 15235 简介，缺陷含义，工程临界评估方法，

预期目标：解释合于使用的原则，详细描述缺陷尺寸、形状与位置对结构整体性的影响，解释焊接结构实施工程临界评估的典型方法

工程实例

教学目的：理解并会应用焊接产品制造的知识，这样做最好的方式是由企业界专家提供具体的产品，先由学生分组讨论，再由专家进行注释。必须涉及下述焊接产品，其深度与广度取决于国家的需要。

要求内容：钢结构与轻型结构、锅炉与压力容器、化工容器与管道、轮船与近海应用、交通工具（汽车、铁路车辆）、航空与航天应用。涉及的一般内容：标准与规程、设计，材料选择、焊接工艺，现场施焊（运输与最后组装），消耗材料、焊接顺序，接头准备与装备公差，焊后热处理、无损检测与质量控制

预期目标：暂无

技能培训-第二部分（60h）：

根据 IIW 规程，IWE 课程的第二部分是焊接实践部分，包括 40 学时的实际操作和 20 学时的演示实验。

1、实际操作

1.1 目的

对于国际焊接工程师，实际操作的目的是为了能够更好地理解和掌握不同焊接工艺的理论知识，了解和熟悉各种常用焊接方法由于不正确操作可能产生的焊接缺陷。而对于操作技能的提高不作为主要目标。

1.2 要求

实际操作过程中，要由技能操作教师指导学员完成（或技师以上）。技能操作指导教师必须具有精湛的焊接操作技能水平和相应资质。

1.3 内容

氧乙炔焊接与切割 6 学时

焊条电弧焊 10 学时

TIG 焊 10 学时

MIG/MAG+药芯焊丝电弧焊 14 学时

以上焊接方法，各完成一份报告。

2、演示实验

2.1 目的

通过观看操作示范或录像演示，理解和掌握不同焊接工艺的理论知识，对其他焊接方法有感官认识。

2.2 要求

操作示范或录像演示由专人负责

2.3 内容

示范或录像演示下列工艺，总共 20 学时

碳弧气刨

钎焊

等离子弧焊接

等离子弧切割

埋弧焊

电阻焊

摩擦焊

电子束焊

激光焊

其它工艺