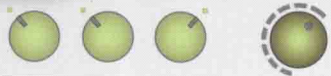




高职高专“十一五”规划教材

化工设备与机械

HUAGONG
SHEBEI YU JIXIE



管来霞
逯国珍

主编
王晓军

副主编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

化工设备与机械

管来霞 主 编
逯国珍 王晓军 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书包括两部分,介绍了化工设备和化工机械的相关知识。化工设备部分主要介绍了压力容器、换热器、反应釜、塔设备等化工企业的典型设备;化工机械部分主要介绍了传动机械、输送机械、粉碎机械、分离设备和干燥设备等常用机械。本书的编写采用模块-项目-子项目的模式,每一子项目下包括项目目标、项目内容、相关知识、项目实训和项目练习五部分内容。

本书可作为高职高专化工技术类专业或其他相近专业“化工设备与机械”课程的教材;也可供相关专业高级及中级技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

化工设备与机械/管来霞主编. —北京:化学工业出版社, 2010.9

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-09197-0

I. 化… II. 管… III. ①化工设备②化工机械
IV. TQ05

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第141193号

责任编辑:旷英姿

文字编辑:颜克俭

责任校对:宋夏

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张11½ 字数288千字 2010年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:21.00元

版权所有 违者必究

前 言

随着社会经济的发展，化工企业对大、中专毕业生的技能要求越来越高，为了更好地培养化工专业技能型人才，根据高职高专化工类专业对化工设备与化工机械的要求，结合化工专业技能鉴定标准，我们编写了《化工设备与机械》这本书。

这本书共包括两部分，分为化工设备和化工机械。化工设备部分主要介绍了压力容器、换热器、反应釜、塔设备等化工企业的典型设备，内容的编写参考GB 150—1998《钢制压力容器》、《压力容器安全监察规程》等国家标准和行业标准，介绍了各典型设备的结构、计算、操作、维护和检修。化工机械部分主要介绍了传动机械、输送机械、粉碎机械、分离设备和干燥设备等常用机械，着重介绍这些机械的结构、工作原理、特点、操作和检修等知识，注重知识的实用性、操作性、全面性和系统性。

本书的编写采用模块-项目-子项目的模式，每一子项目下包括项目目标、项目内容、相关知识、项目实训和项目练习五部分内容。其中项目内容根据项目目标的要求设置，而项目实训与项目内容紧紧呼应，力求前后内容系统、实用，重点突出，操作性强。相关知识主要围绕项目所用到的理论知识展开，注重必要性、新颖性和先进性。在每一项目的最后都设置了项目练习，主要强化学生对项目应知应会知识和技能的掌握。

本书共分为四个模块，第一、第三模块由山东省轻工工程学校的管来霞编写，第二模块由山东省轻工工程学校的董文静、王艳和潍坊科技学院的王晓军编写，第四模块由山东大王职业学院的李瑞梅、李洪雨、逯国珍、贾才兴编写。全书由管来霞任主编，逯国珍、王晓军任副主编。

由于编者水平有限，加上时间仓促，难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2010年5月

目 录

模块一 化工设备基础知识	1	子项目 1 压力容器密封装置选择	87
项目一 化工设备基本要求	1	子项目 2 压力容器补强装置选择	95
项目二 化工设备常用材料	3	子项目 3 压力容器安全装置选择	99
子项目 1 化工设备材料识别	3	子项目 4 压力容器固定装置选择	102
子项目 2 化工设备材料选择	6	子项目 5 压力容器其他附件选择	107
项目三 化工设备热处理与防腐蚀	8	模块四 化工机械	112
子项目 1 化工设备用钢的热处理	8	项目一 机械传动	112
子项目 2 化工设备腐蚀与防护	11	子项目 1 带传动	112
模块二 典型化工设备	14	子项目 2 链传动	116
项目一 换热设备	14	子项目 3 齿轮传动	119
子项目 1 换热设备形式识别	14	项目二 输送机械	122
子项目 2 固定管板式换热器结构认识	21	子项目 1 固体物料输送机械	122
子项目 3 换热器操作	27	子项目 2 液体物料输送机械	125
项目二 反应设备	30	子项目 3 气体输送机械	129
子项目 1 认识反应釜结构	30	项目三 固体粉碎机械	135
子项目 2 反应釜操作	36	子项目 1 破碎机	135
子项目 3 反应釜检验与维护	39	子项目 2 球磨机	139
项目三 塔设备	42	子项目 3 轮碾机	142
子项目 1 板式塔结构认识	42	项目四 气固分离设备	144
子项目 2 填料塔结构认识	49	子项目 1 旋风分离器	144
子项目 3 填料塔操作	54	子项目 2 洗涤器	147
模块三 压力容器	58	子项目 3 电除尘器	150
项目一 压力容器结构认识	58	项目五 固液分离设备	152
项目二 内压薄壁容器	61	子项目 1 沉降器	152
子项目 1 内压薄壁容器最大应力确定	61	子项目 2 离心机	156
子项目 2 内压薄壁容器壁厚确定	65	子项目 3 过滤机	160
子项目 3 内压薄壁容器压力试验	71	项目六 干燥设备	164
项目三 外压薄壁容器	75	子项目 1 沸腾床干燥器	164
子项目 1 外压容器稳定性试验	75	子项目 2 喷雾干燥器	169
子项目 2 外压容器壁厚确定	79	子项目 3 回转圆筒式干燥器	174
子项目 3 提高外压容器稳定性方法	85	参考文献	180
项目四 压力容器附件	87		

模块一 化工设备基础知识

项目一 化工设备基本要求

项目目标

- 知识目标：了解化工设备的特点；掌握化工设备的基本要求。
- 技能目标：能判断化工设备的安全性能、使用性能、经济性能。

项目内容

判断化工设备的安全性。

相关知识

一、化工设备的特点

化工设备是处理气体、液体和浆料等流体的容器，它与普通机械设备不同，通常具有以下特点。

(1) 功能原理多 化工设备的设计、制造、使用是根据设备的功能、条件、使用寿命、安全质量、环境保护等要求决定的，不同的设备有不同的要求，从而使得在专业领域所使用的化工设备功能原理、结构特征等多种多样。例如：烷基苯的磺化可以在磺化泵中完成，也可以在膜式磺化器中进行；还有物料的加热或冷却，可采用的换热设备类型数不胜数。

(2) 设备开孔多 根据化工工艺的需要，在设备的轴向和周向位置上，有较多的开孔和管口，用以安装各种零部件和连接管道。如反应釜的上封头有人孔、视镜、回流管口、仪表口、进料口、搅拌器口等各种开孔，而壳体和零部件的连接大都采用焊接结构，存在缺陷可能性大。

(3) 设备工艺条件苛刻 化工生产的每一道工序都有严格的工艺条件，如压力、温度、液位等，在操作中要严格按照设计的参数进行，有些设备在高温、高压，有些在低温，还有些在高真空或强腐蚀的条件下操作，所以设备的选材、设计、制造、检验和使用要特别注意。比如：烷基苯与烟酸的磺化反应，因烟酸的腐蚀性，用普通钢材作为冷却器，不能满足生产要求，必须用耐腐蚀性强的材料，比如石墨材质冷却器。

(4) 自动化程度高 随着科学技术水平的不断提高，对化工设备的使用也提出了更高的要求，设备各工艺条件的控制均可采用计算机技术，如氯碱生产中化盐槽的温度，一般控制在 65℃ 左右，如果温度偏高或偏低，计算机显示的流程图上该区域会闪动，警示操作员该温度不正常，操作员会立即通知车间值班人员，值班人员会采取适当的操作，将温度调整到正常范围。

二、化工设备的基本要求

化工生产具有生产过程复杂，工艺条件苛刻，介质易燃、易爆、有毒、腐蚀性强等特点，尤其是大规模专业化、自动化、连续化要求高等特点，对化工设备提出了更高的要求，因此，

一台化工设备不仅要求满足化工工艺要求，还要能安全可靠地运行，同时还应经济合理。

1. 满足工艺要求

化工设备首先应满足化工工艺过程要求，化工设备的主要结构与尺寸都由工艺设计决定。工艺人员通过工艺计算确定容器的直径、容积等尺寸，并确定压力、温度、介质特性等生产条件。这些条件是产品生产的基础，任何一台设备都应该严格控制，按照工艺条件进行设计、制造、安装、使用；否则，不仅影响产品生产效率，更重要的是影响产品的质量。

2. 安全性要求

(1) 要有足够的强度 强度就是容器抵抗外力破坏的能力。容器应有足够的强度，否则易造成事故。首先是材料要选择适当，另外是壳体与零部件的连接，因为化工设备多数是以焊接形式连接的，所以应力集中现象比较严重，是比较薄弱的环节，所以设备的设计、制造应特别注意。

(2) 要保证其刚度 刚度是指容器或构件在外力作用下维持原有形状的能力。承受压力的容器或构件，必须保证足够的稳定性，以防止被压瘪或出现折皱。外压容器压力低，壁厚薄，在使用过程中特别容易发生“失稳”现象，这种现象不是因为容器强度不足，而是因为容器刚度不足造成的，所以要注意保证这类容器的刚度足够。

(3) 要有足够的严密性 严密性是保证容器正常操作、防止泄漏的重要方面。如果不能保证容器的密封性，那么设备的压力、温度等工艺条件则不能实现，假如设备内盛装的是易燃、易爆、有毒介质，那么不但污染环境，而且对操作人员的安全构成威胁，甚至可能造成爆炸等事故，后果不堪设想。

(4) 耐蚀性要好 耐蚀性是保证设备安全生产的一个基本要求。选择设备材料时，要特别注意介质是否具有腐蚀性。若材料选择不当，介质会腐蚀设备，设备壁厚会越来越薄，在应力集中区或构件焊接处，腐蚀更加严重，会引起泄漏，导致设备使用寿命缩短。

3. 使用性能要求

(1) 制造工艺要合理 化工设备的结构要紧凑、设计要合理。注意连接处要圆滑过渡，采用等厚度连接，尽量使焊缝远离边缘，在焊缝区域要采用焊后热处理，以消除热应力等。

(2) 运输要方便 化工设备的制造厂与使用厂通常不是一个厂家，往往需要由制造厂运至使用厂安装，所以设备的设计、制造需要考虑运输的问题，尤其是大型设备，应考虑运载工具的能力、空间大小，桥梁、码头承载能力及吊装设备的吨位等。如蒸发罐，体积比较大，通常做成分段可拆，段与段用法兰连接，到生产厂家现场安装。

(3) 要便于安装 化工设备通常安装在地面上，有些安装在楼板或楼顶上，还有的吊装在墙壁上，安装时要注意地基、楼板的承载能力，像高大的塔、蒸发罐等工作时往往充满液体，液柱静压力比较大，应特别注意。吊装设备应注意墙上安装孔、屋架的承载能力。

(4) 便于操作、维护、检修 化工设备操作中，温度压力的控制、液位和流量的调节是必须密切关注并严格控制的，所以化工设备的设计、制造、安装应便于操作、维护和检修。例如阀门、人（手）孔、视镜的设计，操作平台、楼梯的设置，位置应合适，以便于工作人员操作、维护；化工设备多数是压力容器，需要定期检验其安全性，检验后对易损零件要更换、维修，对这些零部件的维护，应便于拆装、修理和更换。

4. 经济性能要求

化工设备的经济性能要求是使其成本尽量降低，包括两方面内容。

(1) 设备制造的经济性 材料费、加工费、运输费要因地制宜,使费用尽量降低,有些没有危险性的常压设备,企业可以用本厂已经报废的旧设备改造。

(2) 设备使用的经济性 一般用消耗定额来衡量。

消耗定额是指生产一定的产品,燃料、蒸汽、电力的消耗量,还有设备的运转费(操作工时、维修费等)。

考虑设备的运转费用,选择设备时可以考虑采用先进的新设备,新设备使用不易出现问题,操作工时长,维修费少,生产产品多、质量好,利润高,综合考虑房租费、人工费,成本降低。

项目实训

2004年4月15号,某化工厂发生一起压力容器爆炸事故,造成9人死亡、3人重伤,直接经济损失达227万元。

经调查:该设备因腐蚀穿孔,导致盐水泄漏,造成三氯化氮形成和富集,三氯化氮富集达到爆炸浓度和启动事故氯处理装置造成振动,引起三氯化氮爆炸。

试说明一台完善的设备应满足哪些安全性要求?

分析:一台完善的设备应满足强度、刚度、密封性、耐蚀性等安全性要求。

? 项目练习

1. 化工设备有哪些特点?
2. 简述一台换热器应满足的基本要求。
3. 到附近化工厂进行设备常见安全性问题调查,写出调查报告。

项目二 化工设备常用材料

子项目1 化工设备材料识别

项目目标

- 知识目标:掌握化工设备材料的四大性能;掌握金属材料分类及特点;掌握非金属材料主要种类及特点。
- 技能目标:能识别化工设备的材料及类型。

项目内容

1. 鉴别化工容器壳体、封头的材料。
2. 鉴别化工容器法兰、螺栓、螺母、垫片等材料。

相关知识

一、化工设备材料性能

化工设备材料的选择要具有良好的性能,包括力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能。

1. 力学性能

材料抵抗外力而不产生超过允许的变形或不被破坏的能力,叫做材料的力学性能。主要包括强度、塑性、韧性和硬度,这是设计时选用材料的重要依据。

(1) 强度 强度是固体材料在外力作用下抵抗产生塑性变形和断裂的特性。常用的强度指标有屈服点和抗拉强度等。

① 屈服点 (σ_s) 金属材料承受载荷作用, 当载荷不再增加或缓慢增加时, 仍继续发生明显的塑性变形, 这种现象, 习惯上称为“屈服”。发生屈服现象时的应力, 即开始出现塑性变形时的应力, 称为“屈服点”, 用 σ_s (MPa) 表示, 它代表材料抵抗产生塑性变形的能力。

条件屈服点 ($\sigma_{0.2}$): 工程中规定发生 0.2% 残余伸长时的应力, 作为“条件屈服点”。

② 抗拉强度 (σ_b) 金属材料在受力过程中, 从开始加载到发生断裂所能达到的最大应力值, 叫做抗拉强度。抗拉强度是反映材料抵抗断裂的能力。

(2) 塑性 塑性是材料在外力作用下发生塑性变形而不破坏的能力。常用的塑性指标有伸长率 δ 和断面收缩率 ψ , δ 和 ψ 值越大, 材料塑性越好。低碳钢塑性好, 可进行压力加工; 铸铁塑性差, 不能进行压力加工, 但能进行铸造。

(3) 韧性 韧性是材料抵抗裂纹扩展的能力。我们常用冲击韧性来表示材料承受动载荷时抗裂纹的能力。反映冲击韧性高低的指标为冲击韧性 α_k 。 α_k 越大, 材料的冲击韧性越好, 材料抗冲击能力越强。

冲击韧性随温度降低而减小, 当低于某一温度时, 冲击韧性会发生剧降, 材料呈现脆性, 该温度称为脆性转变温度。所以对低温设备选材时应注意其韧性。

(4) 硬度 硬度是反映金属抵抗更硬物体的能力。常用硬度试验指标有布氏硬度和洛氏硬度。布氏硬度用 HB, 较软, 压头为钢球时表示为 HBS, 压头为硬质合金球时表示为 HBW; 洛氏硬度有 HRA、HRB 和 HRC, 常用 HRC, 较硬; 还有维氏硬度用 HV, 另有显微硬度。

总之, 在材料的力学性能所包括的强度、塑性、韧性、硬度 4 个指标中, 强度和塑性占主导地位, 但使用时要考虑温度的变化。

2. 物理性能

主要有相对密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性、磁性、弹性模量与泊松比等。

(1) 弹性模量 E $\sigma = E\epsilon$, 这个比例系数 E 称为弹性模量, 弹性模量是金属材料对弹性变形抗力的指标, 是衡量材料产生弹性变形难易程度的, 材料的弹性模量越大, 使它产生一定量的弹性变形的应力也越大。对同一种材料, 弹性模量 E 随温度的升高而降低。

(2) 泊松比 μ 泊松比是拉伸试验中试件单位横向收缩与单位纵向伸长之比。对于各种钢材它近乎为一个常数, 即 $\mu \approx 0.3$ 。

3. 化学性能

指材料在常温或高温条件下, 抵抗氧化或腐蚀介质对其化学侵蚀的能力。包括耐腐蚀性、抗氧化性等。

(1) 耐腐蚀性 金属和合金对周围介质, 如大气、水汽、各种电解液侵蚀的抵抗能力。

(2) 抗氧化性 许多化工设备在高温工作条件下, 有自由氧的氧化腐蚀, 还有其他气体介质如水蒸气、 CO_2 、 SO_2 等的氧化腐蚀。

4. 工艺性能

金属和合金的工艺性能是指在各种加工条件下表现出来的适应性能, 包括铸造性、锻压

性、焊接性、切削加工性、热处理性能等。其中，焊接性和切削加工性是压力容器最重要的两个性能。

(1) 良好的冷热加工性能 用钢板卷制筒体，卷制不好会发生裂纹；冲压封头、微裂纹或宏观裂纹，都会影响以后的生产。

(2) 良好的焊接性能 化工设备连接部位大多数采用焊接，如果焊接不好，会产生很多安全隐患。

二、化工设备材料分类

化工生产工艺条件复杂，压力容器的温度可以从低温到高温，工作压力可以是真空（负压）或高压，处理的物料可能是易燃、易爆、有毒或强烈的腐蚀性等，因此，化工设备的选材非常重要。作为一名化工技术人员，必须对化工生产可用的材料有全面的认识，才能保证化工设备安全可靠地运行。

化工设备可以选用的材料非常广泛，有金属材料和非金属材料。下面是它们的大体分类。

1. 金属的分类

凡是由金属元素或以金属元素为主形成的，具有金属特性的物质称为金属材料，包括两大类。一类是铁和以铁为基的合金，俗称“黑色金属”，常用的有钢、铸铁和铁合金；另一类是非铁合金，俗称“有色金属”，常用的有铜、铝、铅等及其合金。金属材料中钢的应用最广泛。

2. 钢的分类

(1) 按冶炼时钢脱氧的程度不同，钢可分为沸腾钢、镇静钢和半镇静钢。

镇静钢：脱氧完全的钢。

半镇静钢：脱氧较完全的钢。

沸腾钢：脱氧不完全的钢。

(2) 按化学成分钢可分为碳素钢和合金钢。

① 碳素钢根据含碳量多少又可以分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。

低碳钢：含碳量 $\leq 0.25\%$ ，常用钢号有 10、15、20、25 等。

中碳钢：含碳量 $0.25\% \sim 0.60\%$ ，常用钢号有 30、35、40、45、50、55、60 等。

高碳钢：含碳量 $> 0.60\%$ ，常用钢号有 65、70 钢。

② 合金钢是在碳素钢的基础上加入少量合金元素，比如 Si, Mn, Cu, Ti, V, Nb, P 等，从而提高钢的强度、耐腐蚀性、低温性能。根据加入合金元素的多少又可分为低合金钢、中合金钢和高合金钢三种。

低合金钢：合金元素总含量 $< 5\%$ 。

中合金钢：合金元素总含量 $5\% \sim 10\%$ 。

高合金钢：合金元素总含量 $> 10\%$ 。

(3) 按质量分类，钢可以分为普通钢、优质钢和高级优质钢。

(4) 按用途分类，钢可以分为建筑钢、弹簧钢、轴承钢、工具钢、结构钢和特殊性能钢。

其中结构钢又可分为碳素结构钢和合金结构钢。

3. 非金属材料的分类

化工设备常用的非金属材料有以下几种。

(1) 硬聚氯乙烯塑料 耐酸、耐碱性好，易加工，易焊接，耐热性差，常用于制作常压

贮槽、泵、管件。

(2) 玻璃钢 耐腐蚀性好, 强度高, 有良好的工艺性能, 常用于制造容器、塔器、阀门、管道。

(3) 聚四氟乙烯塑料 耐蚀性极好, 耐热性好, 常用于制造耐腐蚀、耐高温的密封元件及高温管道。

(4) 化工搪瓷 耐腐蚀性能好, 性脆, 不耐冲击, 绝缘性能好, 常用于制作塔器、反应器、阀门衬里。

(5) 化工陶瓷 耐蚀性好, 性脆, 抗拉强度小, 有一定耐热性和不透性, 常用于制造贮罐、反应器、阀门、管件等。

(6) 耐酸酚醛塑料 耐热性好, 耐酸, 常用于制造阀门、塔器、贮槽、泵、管道。

4. 金属材料与非金属材料特点比较

金属材料(主要是指钢)与非金属材料相比, 大多数具有强度高、耐压性好的优点, 所以特别适用于制作压力容器, 除不锈钢和有色金属外, 大部分不耐腐蚀; 非金属材料则耐蚀性好, 但性脆, 不耐冲击, 所以不能用于制作有一定压力的容器, 如果要求容器既承受一定压力且介质有强腐蚀性, 可考虑选择非金属材料作衬里、外壳用钢材制作的压力容器。如果不考虑成本, 可选择不锈钢材质。

项目实训

某化工厂蒸馏车间内有一台蒸馏塔, 用于粗溴的蒸馏, 请指出塔中各部件所用材料, 并分析选用该材料的理由。

分析: 粗溴是氧化海水(或卤水)得到的中间产品, 含有酸、溴、氯等腐蚀性介质, 对普通碳钢材料有一定的腐蚀性, 不能单独使用。

碳钢具有较好的塑性、韧性, 强度高; 聚四氟乙烯具有优良的耐蚀性和耐热性, 同时有优良的电性能、抗黏性和低摩擦系数。

蒸馏塔可采用碳钢作为外壳, 在碳钢内表面加一层聚四氟乙烯作衬里。填料用瓷环, 支撑筛板和填料的收缩圈用钢板制成, 外包聚四氟乙烯, 以防止腐蚀。

? 项目练习

1. 简述化工设备四大性能。
2. 按化学成分分类, 钢材有哪些品种?
3. 比较金属材料与非金属材料特点。

子项目2 化工设备材料选择

项目目标

- 知识目标: 熟悉化工设备常用金属材料; 掌握碳素结构钢的使用条件; 掌握化工设备用钢选择原则。
- 技能目标: 能根据设备的工艺条件选择合适的材料。

项目内容

1. 说说化工设备常用钢材的名称、特点。
2. 为换热器选择合适的材料。

相 关 知 识

化工容器在实际生产中,使用最多的是钢材,所以本部分重点介绍化工设备用钢的钢种及选用原则。

一、化工设备常用钢种

目前制造压力容器所用钢材,一般有碳素结构钢、碳素钢、合金钢和特殊性能钢 4 种。

1. 碳素结构钢

(1) 碳素结构钢牌号及表示法 这类钢的牌号由代表屈服极限的字母“Q”(“屈”的汉语拼音字母)、屈服极限的数值(单位 MPa)、质量等级符号、脱氧方法符号四个部分构成,质量等级有 A、B、C、D 四级;脱氧方法符号由 F、b、Z、TZ 分别表示沸腾钢、半镇静钢、镇静钢(一般省略不写)、特殊镇静钢。如 Q235-AF 表示碳素结构钢,屈服极限 235MPa, A 级质量,沸腾钢。

碳素结构钢主要有五大钢种,即 Q195、Q215、Q235、Q255、Q275,其中 Q235-A 钢具有良好的强度、塑性、韧性、焊接性、切削加工性等,在化工设备中应用广泛。

(2) 碳素结构钢使用条件 碳素结构钢并非压力容器专用钢,但其轧制技术成熟,质量稳定,价格低廉。在限定的条件下可以用于压力容器。其使用条件见表 1-1 所列。

表 1-1 压力容器用碳素钢板的使用条件

钢号	用作壳体时厚度/mm	容器压力/MPa	使用温度/℃	适用范围
Q235-AF	≤12	≤0.6	0~250	不得用于易燃介质及毒性程度为中度以上的介质
Q235-A	≤16	≤1.0	0~350	不得用于液化石油气介质及毒性程度为高度以上的介质
Q235-B	≤20	≤1.6	0~350	不得用于毒性程度为高度以上的介质
Q235-C	≤32	≤2.5	0~400	

2. 碳素钢

化工容器常用低碳钢制造设备壳体,因为低碳钢具有较好的塑性、冷冲压及焊接性能。最常用的是 20 钢。

中碳钢强度与塑性适中,焊接性能差,不适于制作设备壳体,多用于制造各种机械零件,如轴、齿轮、连杆等。常使用 30、35、45 钢制作螺栓、螺母。

高碳钢强度与硬度均较高,塑性差,常用于制造弹簧。

3. 合金钢

化工容器常用 16MnR、15MnVR、15MnTi 等合金钢制造容器。用合金钢代替碳素钢制造容器,可以在保证强度的情况下,使容器壁厚减少,从而节省钢材 30%~45%。

4. 特殊性能钢

常用的特殊性能钢有不锈钢和耐酸钢。把能够抵抗空气、蒸汽和水等弱腐蚀性介质腐蚀的钢称为不锈钢,能够抵抗酸和其他强腐蚀性介质的钢称为耐酸钢。特殊性能钢主要指耐酸钢。

耐酸钢根据合金元素的不同,分为铬不锈钢和铬镍不锈钢。

二、化工设备用钢选材原则

(1) 化工容器用钢 化工容器用钢一般使用由平炉、电炉或氧气顶吹转炉冶炼的镇静

钢,若是受压元件用钢,应符合国家标准 GB 150—1998《钢制压力容器》规定,同时符合《压力容器安全技术监察规程》及 HGJ 15—89《钢制化工容器材料选用规定》。

(2) 碳素结构钢 主要用于介质腐蚀性不大的中、低压容器,在选择时应注意碳素结构钢的使用条件,不能超出表 1-1 中规定的数值。

(3) 合金钢 主要用于介质腐蚀性不强的中、高压容器。压力低可以选择合金含量低的合金钢,相反,选择含量高的合金钢。可参考合金钢的屈服强度数值。

(4) 不锈钢 主要用于介质腐蚀性较强的场合。介质对设备材料有腐蚀性,时间长久,会导致容器穿孔,导致容器破坏,甚至发生事故。所以介质腐蚀性强时,应选用不锈钢或采取耐腐蚀处理。

(5) 耐热钢用于高温场合 在高温下工作的容器,容器会发生缓慢的、连续不断的塑性变形,称为蠕变,长期的蠕变同样会使设备产生过大的塑性变形,导致容器破坏。一般地,碳钢超过 350℃、合金钢超过 400℃,应考虑蠕变问题。

(6) 外压力容器选 Q235-A 为宜 不同钢种的弹性模量 E 相差不大,外压力容器的选材不必选用高强度钢,其设计是按照刚度进行的,与强度关系不大,而高强度钢价格较高,所以制作外压力容器,选用 Q235-A 钢即可。

(7) 低温容器选耐低温钢 工作温度低于 -20℃ 的设备,称为低温设备,因为钢材在低温时冲击韧性急剧下降,脆性加大,所以低温设备应注意选择耐低温钢。

项目实训

某化工厂盐水车间内有一台换热器,换热器管间走蒸汽,管内走饱和卤水,用于卤水的加热,低压 (0.3MPa) 操作。卤水温度不超过 80℃,试为该换热器选择材料,并说明选用理由。

分析:该换热器管间走蒸汽,管内走饱和卤水,低压、常温操作,介质腐蚀性小,壳体、封头选用碳素结构钢 Q235-A;管板、法兰也选用 Q235-A;接管、换热管选用 10 号无缝钢管;螺栓、螺母选用 35 号钢;支座选用 Q235-AF 即可。

? 项目练习

1. 举例说明常用的化工设备用钢钢种。
2. 简述碳素结构钢的使用条件。
3. 简述化工设备用钢选材的基本原则。
4. 说明反应釜各零部件的材料。

项目三 化工设备热处理与防腐蚀

子项目 1 化工设备用钢的热处理

项目目标

- 知识目标:掌握热处理的含义、种类、目的;掌握热处理工艺的含义、区别;掌握表面热处理的方法、含义、种类。
- 技能目标:能对焊后化工设备进行焊后热处理。

项目内容

1. 说明钢板壳体的热处理方式。
2. 说明法兰、螺栓、螺母的热处理方式。
3. 说明钢板焊接部位的热处理方式。

相关知识

热处理是将固态金属或合金,采用适当的方式进行加热、保温和冷却,以获得所需组织结构与性能的一种工艺。

热处理在加热、保温和冷却过程中,钢的内部组织和性能都发生了变化,从而改变了其性能,通过热处理,可以充分发挥材料的性能潜力,提高零件质量,延长零件寿命,节省钢材。

热处理包括普通热处理和表面热处理。

一般零件的生产工艺过程为:锻造→预先热处理→粗加工→最终热处理→精加工。

一、普通热处理

普通热处理包括退火、正火、淬火、回火等。

1. 退火和正火

退火是将钢材加热到适当的温度,保温一定时间后缓慢冷却(炉冷、坑冷)。正火是将钢材加热到适当温度,保温一定时间后,在空气中冷却。它的主要特点是空冷,对于大型零件或在炎热地区,也可用风冷或喷雾冷却。

退火和正火属于预先热处理,能降低钢材硬度,以利于切削(比较适合切削硬度为160~260HBS);消除内应力,稳定尺寸,防止变形或开裂;消除偏析,均匀成分,为后道工序做准备。

正火比退火冷却速度稍快,得到的组织较细,强度硬度稍有提高;生产周期短,节约能量,操作简便。生产中优先采用正火工艺。

对力学性能要求不高的零件,可用正火作为最终热处理,不再进行淬火加回火。

2. 淬火和回火

淬火是将钢加热到适当温度,保持一定时间,然后在介质中快速冷却,以获得高硬度组织的一种热处理工艺。钢的冷却分为水冷和油冷。水的冷却能力强,一般用于碳钢,称为水淬;油的冷却能力低,常用于合金钢,称为油淬。

淬火是一种很早就被应用的热处理工艺,淬火后的钢硬而脆,组织不稳定,而且有内应力,不能满足使用要求。因此淬火后必须回火。

回火是将零件加热到适当温度,保温一定时间后,以适当速度冷却到室温的热处理工艺。回火分为三类:低温回火、中温回火、高温回火。

低温回火的回火温度为150~250℃,目的是降低淬火应力,提高工件韧性,保证淬火后的高硬度和高耐磨性。适用于工具、模具和表面处理件。

中温回火的回火温度为350~500℃,可大大降低零件的内应力,提高弹性,降低硬度,适用于弹簧等弹性元件。

高温回火的回火温度为500~650℃,在生产中将淬火后再高温回火的复合热处理工艺称为调质,调质后得到的零件,具有良好的综合力学性能,可以完全消除钢制零件的内应力,获得较高的塑性和韧性,但硬度降低很多,广泛用于轴类、齿轮、连杆等受力复杂的零件。

二、表面热处理

在生产中,有很多零件要求表面和心部具有不同的性能,一般是表面硬度高,有较高的耐磨性和疲劳强度,而心部要求有较好的塑性和韧性。为满足这一要求,通常采用表面热处理。

表面热处理方法有表面淬火和化学热处理。

1. 表面淬火

表面淬火是仅对钢的表面加热、冷却而不改变其成分的热处理工艺。为满足工件表层的高硬度、高耐磨性要求,表面淬火后一般进行低温回火;为满足对心部的塑性和韧性要求,表面淬火前一般进行调质。

2. 化学热处理

化学热处理是将金属或合金工件置于一定温度的活性介质中保温,使一种或几种元素渗入它的表层,以改变其化学成分、组织和性能的热处理工艺。化学热处理可以提高工件表层的某些力学性能,如表层硬度、耐磨性、疲劳极限等;保护工件表面,提高工件表层的物理、化学性能,如耐高温、耐腐蚀性等。

按渗入的元素不同,化学热处理可分为:渗碳、渗氮、碳氮共渗、渗硼、渗金属等。渗入元素介质可以是固体、液体和气体。

渗碳是将钢件在渗碳介质中加热和保温,使碳原子渗入到钢表层的化学热处理工艺。渗碳适用于含碳量为 $0.10\% \sim 0.25\%$ 的低碳钢或低碳合金钢,经渗碳和淬火、低温回火后,可在零件的表层和心部分别获得高碳和低碳组织,使高碳钢和低碳钢的不同性能结合在一个零件上,从而满足了零件的使用性能要求。

渗氮、渗硼可使零件的表面硬度很高,显著提高零件的耐磨性和耐腐蚀性能;渗硫可提高减摩性;渗硅可提高耐酸性;也可以硫氮共渗;也可以碳、氮、硼三元素共渗。

三、焊后热处理

焊后消氢处理,是指在焊接完成以后,焊缝尚未冷却至 100°C 以下时,进行的低温热处理。一般规范为加热到 $200 \sim 350^{\circ}\text{C}$,保温 $2 \sim 6\text{h}$ 。焊后消氢处理可加快焊缝及热影响区中氢的逸出,有效防止低合金钢焊接时产生焊接裂纹。

在焊接过程中,由于加热和冷却不均匀,以及构件本身产生拘束或外加拘束,在焊接完成后,在构件中总会产生焊接应力。焊接应力会降低焊接接头区的实际承载能力,产生塑性变形,严重时,还会导致构件的破坏。

消应力热处理是使焊好的工件在高温状态下,其屈服强度下降,来达到松弛焊接应力的目的。常用的方法有两种:一是整体高温回火,即把焊件整体放入加热炉内,缓慢加热到一定温度,然后保温一段时间,最后在空气中或炉内冷却,用这种方法可以消除 $80\% \sim 90\%$ 的焊接应力。另一种方法是局部高温回火,即只对焊缝及其附近区域进行加热,然后缓慢冷却,降低焊接应力的峰值,使应力分布比较平缓,起到部分消除焊接应力的目的。

有些合金钢材料在焊接以后,其焊接接头会出现淬硬组织,降低材料的力学性能。另外,这种淬硬组织在焊接应力及氢的作用下,可能导致接头破坏。经过热处理后,接头的金相组织得到改善,可提高焊接接头的塑性、韧性,从而改善焊接接头的综合力学性能。

焊后热处理一般选用单一高温回火或正火加高温回火处理。对于气焊焊口采用正火加高温回火热处理。单一的中温回火只适用于工地拼装的大型普通低碳钢容器的组装焊接,绝大多数选用单一的高温回火。

项目实训

试说明下列零部件通常采用什么样的热处理工艺方式：

①搅拌轴；②齿轮；③弹簧；④法兰；⑤低碳钢容器的焊接组装。

分析如下。

①搅拌轴，淬火后高温回火；②齿轮，淬火后高温回火；③弹簧，淬火后中温回火；④法兰，正火加高温回火；⑤低碳钢容器的焊接组装，中温回火。

? 项目练习

1. 什么是热处理？有哪些种类？热处理的目的是什么？
2. 什么是退火？什么是正火？两者有什么区别？
3. 为什么工件淬火后应及时回火？说明回火的种类及适用场合。
4. 叙述表面热处理的目的，表面淬火和化学热处理有什么区别？

子项目2 化工设备腐蚀与防护

项目目标

- **知识目标：**掌握腐蚀的含义、机理；掌握腐蚀的类型；掌握防止设备腐蚀的措施。
- **技能目标：**能采取正确的措施防止设备腐蚀。

项目内容

1. 举例说明化工容器常用的腐蚀类型。
2. 举例说明化工容器常用的防腐蚀措施。

相关知识

在化工生产中，有些物料具有强烈的腐蚀性，与设备材料反应，使设备厚度减薄、穿孔，造成设备跑冒滴漏，恶化劳动条件，导致产品成本增加、产量降低、质量下降，因此，应重视设备的腐蚀与防护问题。

一、金属的腐蚀

金属与周围介质之间发生化学或电化学作用而引起破坏的现象称为腐蚀，如铁生锈、铁在酸中溶解等。大气、海水、土壤等环境对金属材料都会发生腐蚀作用。根据机理不同，可以将金属腐蚀分为化学腐蚀和电化学腐蚀两类。

1. 化学腐蚀

化学腐蚀是指金属在高温下与腐蚀性气体或非电解质发生单纯的化学作用而引起的破坏现象。如铁在高温下与氧气直接化合而被腐蚀，在工业生产中氯气跟铁或与其他金属化合使金属锈蚀。

2. 电化学腐蚀

由于金属和液态介质（常为水溶液）构成微小的原电池而发生金属腐蚀的过程。电化学腐蚀是金属腐蚀的主要形式，如钢铁在潮湿的空气中生锈就是电化学腐蚀造成的。

电化学腐蚀由于金属发生原电池作用而引起的。不仅发生在异种金属，同一金属的不同区域之间只要存在着电位差，形成原电池，就会产生电化学腐蚀。金属表面的各种局部腐蚀都是由此形成。

3. 化学腐蚀与电化学腐蚀比较

本质都是金属原子失电子而被氧化，但化学腐蚀是金属与其他物质直接发生氧化反应，反应中无电流产生；而电化学腐蚀是不纯金属或合金之间发生原电池反应，有电流产生。电化学腐蚀要比化学腐蚀强烈得多。

二、金属设备的防护措施

化工设备防腐是延长设备使用寿命，避免事故发生的重要措施。常用的防腐蚀措施有改变金属材料的性质、金属保护层、非金属保护层、电化学保护、缓蚀剂保护等方法。

1. 改变金属材料的性质

根据不同的用途选择不同的材料组成耐蚀合金，或在金属中添加合金元素，提高其耐蚀性，可以防止或减缓金属的腐蚀。如在钢中加入镍制成不锈钢可以增强金属防腐蚀能力。

2. 隔离金属与非金属介质

在金属表面覆盖各种保护层，把被保护金属与腐蚀性介质隔开，是防止金属腐蚀的有效方法。工业上普遍使用的保护层有非金属保护层和金属保护层两大类。

(1) 非金属保护层 将有机或无机的非金属材料覆盖在金属制品表面作为保护层，包括非金属衬里和涂层。非金属保护层是目前应用较多的防腐措施。

① 非金属衬里常用板砖衬里、玻璃衬里和橡胶衬里 板砖材料包括耐酸瓷砖、耐酸砖、辉绿岩板、天然石材、不透性石墨、玻璃等。板砖衬里是把上述材料用胶泥衬砌于钢铁或混凝土设备内部，以防止腐蚀。

玻璃钢衬里是用黏结剂把玻璃纤维制品逐层铺贴在设备的内表面，经固化处理，形成防腐蚀结构。

橡胶衬里是把生橡胶板按一定的工艺要求，衬贴在设备的内表面上，再经硫化而形成保护层。

② 涂层 是把具有防腐功能的涂料涂在设备内表面，经干燥固化形成均匀的涂膜，从而达到防止介质腐蚀的目的。

(2) 金属保护层 用电镀的办法将耐腐蚀性较强的金属或合金覆盖在被保护的金属上，形成保护镀层。常用的方法有电镀、化学镀（如镀镍）、喷镀（如喷铝）和衬里（铅衬里、不锈钢衬里）等方法。

3. 缓蚀剂保护

在腐蚀介质中加入少量能减少腐蚀速度的物质就能大大降低金属腐蚀的速度，此法叫缓蚀剂保护法。常用的缓蚀剂有无机缓释剂如重铬酸盐、过氧化氢、磷酸盐、亚硫酸钠、硫酸锌等和有机缓释剂如有机胶体、氨基酸、酮类、醛类等。

4. 电化学保护法

电化学保护法是把引起金属发生电化学腐蚀的原电池反应消除掉，使金属得到防护的方法，有阳极保护法和阴极保护法。阳极保护法是被保护设备接在外加直流电源的阳极，金属的阳极极化到一定电位，使金属表面生成钝化膜，从而使金属设备得到保护。如铝及铝合金的阳极氧化薄膜化学性能稳定，提高了铝及铝合金的耐磨性、硬度，也提高了防腐蚀性能；铜及铜合金的阳极氧化膜层为黑色，在大气条件下容易变色，其耐磨能力不强。

阴极保护法是通过外加电流，使被保护金属阴极极化，使金属得到保护，有外加电流法和牺牲阳极保护法。

外加电流法是把被保护的金属设备与直流电源负极相连，电源正极与一个辅助阳极相连，接通电源后，电源给金属设备以阴极电流，此法主要用于防止土壤、海水及河水中金属