

# 石油化工设备制造工艺

前 编著

上海科学技术出版社

50.6

# 石油化工设备制造工艺

萧 前 编著

上海科学技术出版社

石油化工设备制造工艺

萧前 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷十二厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 15.5 插页 1 字数 364,000

1984年9月第1版 1984年9月第1次印刷

印数: 1-7,800

统一书号: 15119·2323 定价: 2.40元

## 内 容 提 要

本书共分九章,内容包括加工前的材料准备、划线与下料、钢材的各种成形加工、焊接、拼装、中低压容器(包括贮罐、热交换器和塔器)制造、高压容器制造、不锈钢制设备制造及设备检验等。

本书可供石油化工设备制造厂的工程技术人员、石油化工设备设计人员、大专院校化工机械专业师生及有关人员参考。

## 前 言

随着我国石油化工、化纤和化肥工业的发展,对工艺装备的设备制造业提出了越来越高的要求。近年来,设备制造方面除原有企业在很大程度上得到扩建和充实外,还建成了许多新的专业化石油化工设备制造厂。与此同时,石油化工设备的制造工艺水平也在不断地提高,加工和检验的新技术正越来越广泛地得到采用。为适应这一新形势的需要,作者根据所在厂的实际经验和国内石油化工设备制造厂的一般生产情况,在业余时间里编著了这本“石油化工设备制造工艺”。

石油化工设备制造工艺在实践上有着较广泛的加工综合性,在理论上又涉及到多种学科领域。为突出石油化工设备的结构制造工艺的特殊性,本书仅着重介绍了设备结构制造工艺过程,而且侧重于最常见的中低压石油化工设备方面的内容。

本书力求通俗易懂,并尽可能地按一般石油化工设备制造厂的实际生产程序进行编排。适用于石油化工设备制造厂的工程技术人员及有关人员参考,也可供石油化工设备设计人员和大专院校化工机械专业师生参考。

限于作者业务和技术水平不高,实践经验有限,本书中一定存在有不少的缺点和错误,恳切希望读者批评指正。

本书在编著过程中,承蒙严祖祺、张秋兴、张琳、吕润春和万开铨等同志的支持与帮助,谨此一并致谢!

编 者

1982年3月

# 目 录

<b>第一章 石油化工设备及制造准备工序</b> .....	<b>1</b>
第一节 设备种类与制造工序 .....	1
一、石油化工设备的种类 .....	1
二、设备制造工序 .....	2
第二节 常用材料及其选择 .....	2
一、常用材料 .....	2
二、常用材料的选择 .....	7
第三节 钢材的矫形 .....	7
一、手工矫形 .....	8
二、机械矫形 .....	9
三、火焰矫形 .....	10
第四节 钢材的表面净化 .....	11
一、机械净化 .....	11
二、化学净化 .....	11
<b>第二章 钢材的下料切割</b> .....	<b>13</b>
第一节 展开与划线 .....	13
一、展开 .....	13
二、板厚处理及断开位置的选择 .....	17
三、下料划线 .....	17
第二节 切割 .....	19
一、氧-乙炔切割(即气割) .....	19
二、机械切割 .....	24
三、特殊切割 .....	26
四、自动化气体切割的最新发展 .....	28
第三节 边缘加工 .....	30
一、钢板边缘加工的目的 .....	30
二、钢板边缘加工的方法 .....	31
<b>第三章 钢材的成型</b> .....	<b>36</b>
第一节 钢材的弯曲 .....	36
一、钢板的弯曲要求 .....	36
二、钢板的弯曲加工 .....	36
三、型钢的弯曲 .....	41
第二节 封头的压制 .....	43
一、金属材料的加热 .....	43
二、封头的手工锻制 .....	44
三、封头的冲压 .....	44
四、分瓣式封头和锥形封头的冲压 .....	47

五、封头的特种成形 .....	48
六、封头的边缘加工 .....	51
第三节 管子的弯曲 .....	51
一、管子弯曲的基本原理 .....	51
二、管子的冷弯 .....	52
三、管子的热弯 .....	54
第四章 焊接 .....	58
第一节 手工电弧焊 .....	59
一、焊接过程的基本原理 .....	59
二、焊接的冶金过程及接头处的金相组织 .....	61
三、钢焊条 .....	63
四、焊接设备——电焊机 .....	67
五、焊接工具与焊接接头形式 .....	68
六、手工电弧焊的基本方法 .....	71
七、不同位置下的焊接 .....	73
第二节 自动埋弧焊 .....	77
一、自动埋弧焊的特点 .....	77
二、自动埋弧焊的焊剂和焊丝 .....	78
三、自动埋弧焊机 .....	80
四、坡口的选择 .....	81
五、自动埋弧焊的焊接规范 .....	83
六、自动埋弧焊的应用 .....	83
第三节 气体保护焊 .....	84
一、二氧化碳气体保护焊 .....	85
二、氩弧焊 .....	88
第四节 电渣焊 .....	90
一、电渣焊的焊接过程及其特点 .....	90
二、电渣焊的种类与要求 .....	91
第五节 焊接的变形与内应力 .....	95
一、常见的焊接变形及引起变形的原因 .....	95
二、减少或防止焊件变形与内应力的措施 .....	98
第六节 焊缝的缺陷 .....	100
一、焊缝的外部缺陷与防止措施 .....	100
二、焊缝的内部缺陷与防止措施 .....	101
第五章 设备的拼装 .....	104
第一节 装配单元及其划分 .....	104
一、装配单元 .....	104
二、划分装配单元的要求 .....	104
第二节 常用装配工具及其使用法 .....	104
一、机械压夹器 .....	105
二、液压组装机 .....	108
三、装配-焊接器械 .....	108
第六章 中低压容器的制造 .....	110
第一节 贮罐的制造 .....	110
一、圆筒形贮罐零件加工工艺 .....	110

二、贮罐筒体的组装 .....	113
第二节 球形容器制造工艺 .....	115
一、球形容器及其规格 .....	115
二、钢材的入厂检验 .....	117
三、展开及切割下料 .....	117
四、延压 .....	118
五、球瓣的质量控制 .....	119
六、坡口的加工 .....	120
七、球壳的组装 .....	120
八、焊接特点 .....	120
第三节 热交换器的制造 .....	125
一、几种常见的管束式热交换器 .....	125
二、浮头式热交换器的零件加工与组装 .....	127
三、管子与管板的连接型式 .....	135
四、筒体与管束的装配 .....	144
五、其他管束式热交换器的典型结构及制造工艺 .....	145
第四节 塔器的制造特点 .....	147
一、塔器及其结构 .....	147
二、塔体的制造工艺 .....	148
三、板式塔内件及加工要求 .....	150
四、填料与加工 .....	154
<b>第七章 高压容器的制造 .....</b>	<b>156</b>
第一节 单层厚壁型高压容器 .....	156
一、单层厚板高压容器 .....	156
二、锻焊型高压容器 .....	157
三、铸钢型高压容器 .....	159
四、端法兰与接管 .....	159
第二节 多层厚壁高压容器 .....	161
一、多层结构及其特点 .....	161
二、多层包扎高压容器 .....	163
三、螺旋绕板高压容器 .....	167
四、螺旋包扎高压容器 .....	168
五、热套组合高压容器 .....	169
六、多层厚壁结构的法兰与接管 .....	172
第三节 缠绕厚壁高压容器 .....	173
一、缠绕结构及其特点 .....	173
二、型槽钢带型高压容器 .....	174
三、扁平钢带型高压容器 .....	175
<b>第八章 不锈钢制设备的制造 .....</b>	<b>177</b>
第一节 不锈钢及其耐蚀性 .....	177
一、不锈钢及其耐蚀性 .....	177
二、18-8 型不锈钢的晶间、应力腐蚀 .....	177
第二节 不锈钢制设备制造特点 .....	180
一、原材料的检验与保管 .....	180
二、不锈钢的切割下料 .....	180



三、容器的成形加工 .....	181
四、不锈钢的焊接特点 .....	184
五、奥氏体不锈钢的稳定化处理与固溶处理 .....	186
第三节 复层金属设备制造特点 .....	188
一、不锈钢复合板金属设备的制造 .....	189
二、不锈钢衬里设备的制造 .....	192
第四节 不锈钢制设备的表面处理与晶间腐蚀试验 .....	202
一、不锈钢制设备的表面处理 .....	202
二、晶间腐蚀试验 .....	204
<b>第九章 设备的检验 .....</b>	<b>207</b>
第一节 无损探伤和机械性能的检验 .....	207
一、无损探伤 .....	208
二、机械性能检验 .....	223
第二节 形状位置与尺寸公差检验 .....	224
一、在制件的检验 .....	225
二、设备的最终检验 .....	226
三、设备附件的检验 .....	228
第三节 压力试验与致密性试验 .....	229
一、试验压力与要求 .....	229
二、水压试验 .....	229
三、容器残余变形的测定 .....	233
四、声发射检验与自增强处理 .....	234
五、气压试验 .....	236
六、致密性试验 .....	236
<b>参考文献 .....</b>	<b>238</b>

# 第一章 石油化工设备及制造准备工序

石油化工设备制造工艺是对钢板或型钢进行各种变形、焊接等加工,并使之成为石油化工容器生产中所需要的单件或组件的工艺过程。

设备制造是石油化工生产中十分重要的一环,要掌握制造工艺,首先要对制造对象种类、结构和制造上的特点、工序及常用钢材等有所了解,本章将就这方面的内容加以阐述。

## 第一节 设备种类与制造工序

### 一、石油化工设备的种类

从安全技术管理和监督检查出发,石油化工设备可分为一类、二类和三类压力容器。一类容器包括:非易燃或无毒介质的低压容器(压力为 $1\sim 16$ 公斤力/厘米<sup>2</sup>);易燃或有毒介质的低压分离容器和热交换器。二类容器包括:中压容器(压力为 $16\sim 100$ 公斤力/厘米<sup>2</sup>);剧毒介质的低压容器;易燃或有毒介质的低压贮运容器和反应器;内径小于1米的低压废热锅炉。三类容器包括:高压容器(压力为 $100\sim 1000$ 公斤力/厘米<sup>2</sup>)和超高压容器(压力为 $1000$ 公斤力/厘米<sup>2</sup>以上);剧毒介质且 $P_w \cdot V \geq 2000$ 升·公斤力/厘米<sup>2</sup>( $P_w$ ——最高工作压力; $V$ ——容积)的低压容器或剧毒介质的中压容器;易燃或有毒介质且 $P_w \cdot V \geq 5000$ 升·公斤力/厘米<sup>2</sup>的中压反应器以及 $P_w \cdot V \geq 50000$ 升·公斤力/厘米<sup>2</sup>的中压贮运容器;中压废热锅炉或内径大于1米的低压废热锅炉;液态气体槽车;气瓶;特种材料和特种用途容器。

根据生产工艺过程中的作用原理,石油化工设备又可分为贮运设备、热交换器、塔器、反应器和特殊设备等。

1. 贮运设备 主要用来盛装石油化工生产过程中的物料,如酸、碱、液氨和氧、氮等工业气体、原油及其加工品等。用作贮存物料的设备常称作贮罐;运输物料的设备亦有铁路槽车和汽车槽车。

贮罐的结构较简单,虽其承受的压力差别较大,但大多属薄壁容器的范畴。除球形容器外,几乎均为圆筒形加上各种封头所组成。

槽车由于流动性大,各种可能发生的意外情况较复杂,因此比一般压力贮罐有更严格的要求。

2. 热交换器 主要用来完成石油化工生产过程中介质的热量交换。如热交换器、冷却器、冷凝器、蒸发器、加热器、硫化器、蒸发器、废热锅炉等。就结构而言,主要有管束式、板式、螺旋板式和板翅式几种类型,其中以管束式热交换器用得最为普遍。

管束式热交换器是由圆筒形或箱形的外壳与带有管板及中间折流板的管束所组成。外形尺寸一般都不太大,而且多数情况是管内承受的压力大于管外压力。

3. 塔器 主要用来完成介质的气液相的传质、气体和液体的净化以及分离。如精馏塔、洗涤塔、解吸塔和脱水塔等。其结构的共同特点是均为圆筒形,并且高度尺寸远远大于直径。

由于塔设备的操作条件各不相同(有承受高温高压、高温负压、常温常压以及各种腐蚀介质等不同情况),因此塔体的选材、壁厚和重量等也相差很大。

4. 反应器 主要用来完成石油化工生产过程中介质的各种反应。如反应器、发生器、反应釜、分解锅、变换炉、聚合釜等。反应器的本体与压力贮罐基本相同,但因操作条件不同,故其内件结构差别较大。

5. 特殊设备 有些石油化工设备,如管式加热炉,不仅是加热设备,而且在裂化、重整等工艺中也是反应设备。它又分为立式圆筒炉和箱式炉及无焰燃烧炉等。它们都有一个直立的外壳和由异形管件与板件组成的内部构件,且配有管道和其他设施。

此外,还有设备附件,如管线与金属框架等。管线即为连通设备、输送物料的管道,根据需要也可弯曲成各种形状,其直径通常为 $\phi 25\sim 600$ 毫米。金属框架一般用来支承载荷和制成平台,通常由管件、型钢和各种板坯连接而成。

上述各类设备在其结构方面尽管存在较大差异,但归纳起来具有以下几个特点:

- (1) 体积和重量较大,而壁厚较薄。
- (2) 本体受力部分通常由圆筒形筒体加上各种形状的封头所组成。
- (3) 承受传热传质以及反应介质的零部件,一般为管件、各种板坯或异形件。
- (4) 承载部位及其连接处均有严格的密封要求。
- (5) 设备表面有不同程度钝化要求,以承受介质腐蚀。

由于石油化工设备具有上述特点,因而决定了设备制造工艺的特殊性。

## 二、设备制造工序

设备制造工艺过程是由各单道工序集合而成的,若将生产中零件在同一地点所连续完成的工艺过程称作为一道工序,则设备制造的工序应包括:备料、放样、下料划线、剪切、热切割、边缘加工、弯曲、压力加工、弯管、拼装、焊接、矫形、焊缝质量检验、热处理、装配、水压试验、致密性试验及表面处理等。

上述加工工序虽较繁杂,但可归纳为:

- (1) 成形 将原材料加工成所需要的形状,关键是使钢板变形。
- (2) 组装 将已成形的零部件组装成完整的设备,关键是焊接。

成形和组装是设备制造中的中心环节,其余均从属于它们。

此外,金属切削加工也是石油化工设备制造工艺中不可缺少的一组工序,因不属于设备的典型工艺,故不作介绍。

## 第二节 常用材料及其选择

### 一、常用材料

石油化工生产在不同程度上都存在着各种酸、碱等介质的腐蚀作用,而在运行过程中设备还要承受一定的温度和压力(如高温、低温、高压、低压及负压等),有时甚至受温度和压力两种苛刻条件同时作用,为了适应上述要求,石油化工设备的材料应具备以下条件:

- (1) 必要的机械性能 以适应温度、压力等操作条件的需要。
- (2) 良好的加工性能 以便于冷热加工和焊接。

(3) 一定的抗腐蚀性 以满足设备使用寿命年限中抗腐蚀、氧化及其他方面的要求。

我国钢材品种很多,但能满足石油化工设备要求的材料却有一定范围,即结构钢类。下面将介绍几种设备制造中最常见的钢材。

### 1. 碳钢——分普通碳钢和优质碳钢

(1) 普通碳钢 含S、P杂质较多,一般 $S \leq 0.055\%$ ,  $P \leq 0.045\%$ 。该种钢又可分为甲类钢、乙类钢和特类钢。

① 甲类钢 只保证机械性能,代号以A1、A2、A3、…、A7表示。

从A1→A7

{	含碳量依次递增
	强度逐渐增加
	塑性和韧性依次降低

甲类钢中A3钢既有较高的塑性又有适中的强度,因此在石油化工设备中应用极为广泛。

② 乙类钢 只保证其化学成分,代号以B1、B2、…、B7表示,石油化工设备中用得较少。

③ 特类钢 既保证其机械性能又保证化学成分。代号以C表示。这类钢在石油化工设备制造中应用较少。

在上面两种钢的代号后面,若加有字母“F”,则表示为沸腾钢(如A3F等),沸腾钢质量较差,但成本较低;若加有字母“b”,则表示为半镇静钢(如A3b等),若钢的代号后不加字母则为镇静钢(如A3),镇静钢质量较好,但成本较高。

普通碳钢常用作设备材料的有钢板、槽钢、角钢及棒材等。其机械性能、冷弯试验指标等可查国家标准GB700-65《普通碳素钢钢号和一般技术条件》。

(2) 优质碳钢 含S、P杂质较少,一般 $S \leq 0.040\%$ ,  $P \leq 0.040\%$ ,应确保的检验项目有:抗拉强度 $\sigma_b$ 、屈服极限 $\sigma_s$ 、伸长率 $\delta$ 、断面收缩率 $\psi$ 、冲击韧性 $\alpha_K$ 和化学成分等。质量稳定,但比普通碳钢贵,代号有08、10、15、20、30、35、40、…、85等。

$$\text{含碳量} \% \approx \text{代号数字} \times \frac{1}{10000}$$

如20号优质碳钢,其平均含碳量为万分之二十,即0.20%,实际含碳量在0.17~0.24%之间。

另外还有专供锅炉工业用的钢板钢,质量检验较严格,代号有15g、20g、25g三种,字母“g”即表示锅炉用钢,石油化工设备也常采用。

优质碳钢的机械性能和化学成分可查国家标准GB699-65《优质碳素结构钢钢号和一般技术条件》。

在实际应用中,上述碳钢根据含碳量的多少又可分为:

① 低碳钢 含碳量 $C < 0.25\%$ ,其塑性和焊接性均较好;

② 中碳钢 含碳量 $C > 0.25\%$ ,但 $< 0.5\%$ ,经热处理后有较好的综合性机械性能,但焊接性能不如低碳钢;

③ 高碳钢 含碳量 $C > 0.5\%$ ,主要用作刀具和工具。

目前,优质碳钢以钢板形式制造化工设备的较少,而主要用作无缝钢管、锻件和铸件。

2. 普通低合金钢 在碳钢的基础上添加少量合金元素(一般不超过3%),即可得到普通低合金钢,这样不但充分地利用了我国的金属资源,而且还提高了钢的强度、韧性、抗腐蚀

表

钢号	主要化学成分%		供应状态	机械性能			
	C			$\sigma_b$ 公斤力/毫米 <sup>2</sup>	$\sigma_s$ 公斤力/毫米 <sup>2</sup>	$\delta_5$ %	$\alpha_K$ 公斤力-米/厘米 <sup>2</sup>
A3F	≤0.22		热轧	38~47	21~24	25 ~27	7
A3	≤0.22		热轧	38~47	22~24	25 ~27	7
A3R	≤0.22	Mn: 0.40~0.65; Si: 0.12~0.30; P≤0.040; S≤0.045	热轧	38	22~24	26	6~7
10	0.07 ~0.14	Mn: 0.35~0.65; Si: 0.17~0.37; P≤0.035; S≤0.040	热轧	34	21	31	
20	0.17 ~0.24	Mn: 0.35~0.65; Si: 0.17~0.37; P≤0.040; S≤0.040	热轧	42	25	25	
35	0.32 ~0.40	Mn: 0.50~0.80; Si: 0.17~0.37; P≤0.040; S≤0.040	热轧	54	32	20	7
16Mn	0.12 ~0.20	Mn: 1.20~1.60; Si: 0.20~0.60; P≤0.040; S≤0.040	热轧	48~52	28~35	19 ~21	
16MnB	≤0.20	Mn: 1.20~1.60; Si: 0.20~0.60; P≤0.040; S≤0.035	热轧	48~52	29~35	19 ~21	6
15MnVB	≤0.18	Mn: 1.20~1.60; V: P≤0.040; S≤0.045	热轧	50~54	34~40	17 ~18	6
1Cr5Mo	≤0.15	Mn≤0.60; Cr: 4~6; Mo: 0.45~0.6; P≤0.03; S≤0.035	退火	60	40	13	
12CrMo	≤0.15	Mn: 0.40~0.70; Cr: 0.40~0.70; Mo: 0.40~0.55; P≤0.030 S≤0.035	退火	42	27	24	14
0Cr13	≤0.08	Mn≤0.80; Si≤0.80; Cr: 12~14; P≤0.035; S≤0.025	热轧	43	(30)	23	
1Cr13	0.09 ~0.15	Mn≤0.80; Si≤0.80; Cr: 12~14; P≤0.035; S≤0.025	热轧	47	(32)	21	
1Cr18Ni9Ti	≤0.12	Cr: 17~19; Ni: 9~11; Ti: 5(C%-0.02)~0.80; P≤0.035; S≤0.020	热轧	55	(21)	38	
0Cr18Ni9Ti	≤0.08	Cr: 17~19; Ni: 8~10.5; Ti: 5(C%-0.02)~0.80; P≤0.035; S≤0.020	热轧	(55)	(21)	(38)	
0Cr17Ni13Mo2Ti	≤0.08	Cr: 16~18; Ni: 12~14; Mo: 1.8~2.5; Ti: 0.3~0.8; P≤0.035; S≤0.020	热轧	(54)	(20)	(37)	
00Cr17Ni14Mo2	≤0.03	Cr: 16~18; Ni: 12~16; Mo: 1.8~ P≤0.035; S≤0.020	热轧	(50)	(20)	(45)	
00Cr17Ni14Mo3	≤0.03	Cr: 16~18; Ni: 12~16; Mo: 3~4; P≤0.035; S≤0.020	热轧	(50)	(20)	(45)	

注: 1. 表中括号内所列指标仅供参考, 不作判定依据。

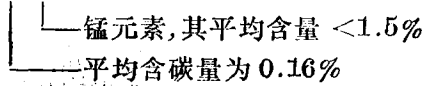
2. 当 A3 及 16Mn 钢板按相应标准要求增加附加保证项目时, 可适当扩大其使用范围。

使用条件		有关标准号	焊接性能	用途举例	备注
使用温度 °C	最大压力 公斤力/厘米 <sup>2</sup>				
0~250	6	GB700-79	好	支座、底板及壁厚 ≤12mm 的 低压、非易燃、非毒性焊接设备	当设备压力 >4 公斤/厘米 <sup>2</sup> 时,用低氢碱性焊条
0~400	10	GB700-79	好	容器、热交换器外壳及螺栓、螺 母等。s ≤16mm	盛装液化石油气时禁用
-20~475	50	YB536-69	好	中、低压容器、热交换器等	
—	—	GB711-65	很好	冷压深冲制件、化工用搪瓷铁 胎、热交换器列管、垫片等	
-20~475	50	GB711-65	好	中压容器、锅炉壳体、法兰及热 交换器列管等	
—	—	GB711-65	较差	温度 <450°C 的热交换器管 板、法兰、高压设备顶盖及紧固件 等	焊前预热,焊后应热处理
-20~450	16	GB1591-79	良好	大、中、小型锻件;压力容器法 兰;管板;高压容器层板及焊接钢 结构	
-40~475	50	YB536-69	良好	广泛用于石油化工中压设备、 球形容器等	400°C 以上时,材料需作高 温数据;低温需作 α <sub>KV</sub>
-20~475	50	YB536-69	良好	中压设备、大型球形容器及高 压容器内筒等	400°C 以上时,材料需作高 温数据
-20~650		GB1221-75	不好	650°C 以下的炉管及换热管 等	
350~540		YB6-71	良好	540°C 的焊接容器、管道、法兰 等	
-40~540		YB541-70 YB542-70	良好	540°C 以下含硫介质设备内部 零件、防污染及耐腐蚀要求不高 的设备	
上限 700		YB541-70 YB542-70	中等	含硫介质设备、加氢装置内部 元件,如浮阀、高压管法兰透镜垫 片等	
-196~700		YB542-70	良好	晶间腐蚀要求不高的高、低温 设备	
-196~700		YB542-70	很好	晶间腐蚀要求较高的设备	
-196~700		YB542-70		抗腐蚀和晶间腐蚀的重要设备	
上限 450		YB542-70		抗晶间腐蚀和点腐蚀的重要设 备	
上限 450		YB542-70			

性及耐高、低温性能等。

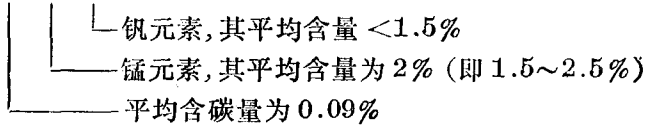
普通低合金钢代号的前两位数字表示平均含碳量的万分数，而后面为所加合金元素的符号及其平均含量的百分数。

如 16Mn



合金符号后面没数字, 表示其平均含量小于 1.5%; 若含量为 1.5~2.5%, 则合金元素符号后面应加注“2”; 当含量为 2.5~3.5% 时, 需加注“3”, 并依此类推。

又如 09Mn2V



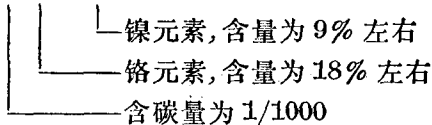
在普通碳钢 A3 和某些普通低合金钢后面若加注有“R”代号, 则表示为压力容器用钢, 与相应牌号的碳钢相比不仅对硫、磷杂质的含量控制较严, 同时还增加了常温冲击韧性和 180° 的冷弯二项检验指标。此外, 在冶炼方法的限制上亦有不同。

普通低合金钢用作设备的主要是钢板和锻件, 型钢用得较少。

3. 不锈钢、耐酸钢 不锈钢和耐酸钢是根据国家标准 GB1220-75 区分的类别, 其成分都是以铬、镍为主, 习惯上统称为不锈钢。它们不仅能耐多种介质的腐蚀, 而且是防污染和良好的低温用钢。

不锈、耐酸钢代号的前两位数字是含碳量的千分数, 后面是合金元素符号及其含量的平均百分数。

如 1Cr18Ni9



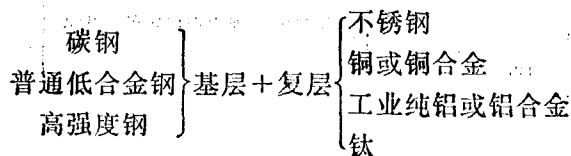
用作设备的不锈、耐酸钢主要是板、管及铸件、锻件等。

石油化工设备常用钢的钢号、机械性能、化学成分、可焊性及用途举例可参考表 1-1。

4. 有色金属 用作石油化工设备的有色金属有铜和铜合金(如黄铜和铝青铜)、工业纯铝和铝合金等。以板材、管材、棒材和线材用得较多。

5. 复合钢板 复合钢板是近年来发展起来的一种新型工程结构材料, 兼有复层金属(有时为非金属)和基层金属各自的优点, 例如用不锈钢、有色金属和抗蚀类塑料作复层以接触腐蚀介质, 可有较高的抗蚀能力; 基层金属通常有较高强度的碳钢、普通低合金钢及高强度钢等, 以承受载荷的作用。

复合钢板可分为双金属复合钢板和塑料复合钢板两种。双金属复合钢板有以下组合形式:



不锈钢/钢及铜/钢轧制复合钢板的品种与规格可参阅表 1-2。

表 1-2 不锈钢/钢、铜/钢轧制复合钢板的品种与规格

金属组合		厚度 毫米			宽度 毫米	长度 毫米
复层	基层	总厚度	复层基	基层		
1Cr13Ni9Ti 1Cr17Ni13Mo2Ti 0Cr18Ni12Mo2Ti Ti	A3	8.0~34.0	2.0~4.0	6.0~30.0	1400~1800	4000~8000
	20g 16Mn	8.0~21.0	2.0~3.0	6.0~18.0	1000	2000 以上
TU <sub>1</sub>	20g	25.0	5.0	20.0	3200	4000

塑料复合钢板常用于双金属复合钢板在某些介质(例如硫酸、盐酸和碱等)中受到限制的情况。塑料复合钢板的组合形式为:

碳钢或普通低合金钢钢板(基层)+塑料板(复层)。

目前塑料复合钢板的品种和规格远不能满足实际生产需要,所以有时采用涂塑或设备衬里的办法。

## 二、常用材料的选择

钢材中有钢板、钢管、棒材和锻件等,其中以钢板的需要量为最大,主要用作设备的主体(即壳体)。钢材必须备有质量合格证明书,而且还应符合有关钢制焊接压力容器对材料的规定。

钢材的选择包括材质的选择和规格的选择。钢材选择合理与否不仅关系到整台产品质量的好坏,而且还关系到产品的生产周期和成本。

钢材的质量包括内在质量与宏观质量两个方面:内在质量是指钢材的化学成分和机械性能;宏观质量主要指钢材内外面是否存在有裂纹、斑点、夹层和结疤等缺陷。

钢材的化学成分和机械性能一般在出厂时就由钢厂填写在“质量保证书”里了;对“质量保证书”不同的钢材或用作重要结构的钢材,都必须由制造厂检验或复检化学成分及机械性能指标,并要求符合有关标准的规定。若钢材的化学成分和机械性能不能满足规定要求时,则不能投入使用。当钢材为抗晶间腐蚀的不锈钢时,除满足上述要求外,还必须通过晶间腐蚀倾向性试验,否则不能使用或作降级使用。

钢材规格的选择,如容器筒体钢板长度、宽度的选择及热交换器管束管长的选择,都必须考虑经济合理性。对于稀、贵金属尤其要考虑这一点。在双金属复合钢板中,复层金属往往价格很贵,但厚度较小(约 2~10 毫米),基层金属价格低而厚度约为 6~200 毫米或者更厚,因此双金属复合材料与复层相应的单体金属相比,成本就低廉得多。随着基层金属与复层金属厚度比的增加,成本降低也越多;而随复层金属稀、贵程度的提高,双金属复合钢板的经济效果则越显著。

## 第三节 钢材的矫形

钢材因运输或其他原因会发生皱折、波浪或表面不平等现象。若在不平的钢板上划线,



就会得到不准确的线条,这样不但影响钢板的切割、弯曲,而且还会影响装配质量。因此钢材在加工前必须进行矫形。

矫形(俗称矫正)就是使钢材在外力作用下产生塑性变形(即永久变形),以消除弯卷和皱折不平等现象,从而获得正确形状的过程。

根据设备的技术要求和加工工艺要求,钢板的不平度一般不得超过表1-3中规定的数值。

表1-3 钢板允许的弯曲度和波浪度

(单位:毫米)

厚度	宽 度						
	≤1200	1200~1500	1500~1800	1800~2100	2100~2700	2700~3000	≥3000
6~10	16	20	24	28	32	36	—
10~12	12	14	16	20	24	28	32
12~20	12	14	16	18	22	25	28
20~25	12	14	16	18	20	22	24
25~50	12	14	14	14	16	18	20
50~100	6	8	10	11	12	14	16

钢板的弯曲以及其他任何变形,都是由于其中一部分纤维被拉长而另一部分纤维被压缩的缘故。因此,矫形就是将长纤维缩短或将短纤维拉长的过程。在实际矫形中,因压缩纤维更为困难,故皆采用拉长纤维的方法。

矫形可分为冷矫形和热矫形两种,通常采用冷矫形。热矫形仅在强力弯曲或缺乏设备及不能采用冷矫形的情况下进行。热矫形的温度范围视钢材的含碳量及其合金成分而定。对于一般低碳钢( $C \leq 0.3\%$ ),热矫形的温度限制在 $800 \sim 950^{\circ}\text{C}$ 之间,若温度过高,可能会引起金属晶粒变粗和过烧;但若在低于 $800^{\circ}\text{C}$ 的情况下进行矫形,钢材又会因硬化变脆而发生裂纹。热矫形一般又分整体矫形和局部矫形。整体矫形需在炉内加热;局部矫形只需火焰喷嘴进行加热就可以了。这里还需指出:对于不锈钢类钢材,一般不宜采用热矫形,倘若一定要用热矫形,则需采取相应的热处理措施才行。

在整个设备制造工艺过程中,可将矫形分为预先矫形及工序间的矫形;本书是以预先矫形为例进行介绍,至于工序间的矫形因原理与其完全一样,故不赘述。

按操作方法的不同,矫形也可分为手工矫形、机械矫形和火焰矫形三种,下面将分别介绍。

### 一、手工矫形

手工矫形通常是将钢板放在平台(平板)上用大锤锤击或者用专用工具进行矫形。手工矫形的工具有大锤、手锤及用于型钢的各种型锤。

1. 板料的矫平 对于中间部分凸起的板料,要消除凸起部分可用大锤或手锤锤打。但切不可直接锤打凸起的地方,而应沿凸起的四周有次序地锤打,并逐渐地将锤打范围对称地从凸起部分的远处向中心靠拢,同时还应逐渐地减小锤击力量,以使板料向外延伸受拉而逐渐消除不平。如直接锤打凸起部分,就会出现此起彼落现象,这样不但不易消除不平度,而且还可能使凸起部分变得更为严重甚至使板材损坏。

图1-1为凸起板材的矫平,箭头所指为锤打范围的起始方向,黑点表示锤打点。