

UDC

中华人民共和国行业标准

HG

P

HG 20581—1998

钢制化工容器材料选用规定

Specification for Materials Selected of Steel Chemical Vessels

1998—11—18 发布

1999—03—01 实施

国家石油和化学工业局

发布

中华人民共和国行业标准

钢制化工容器材料选用规定

Specification for Materials Selected of Steel Chemical Vessels

HG 20581—1998

主编单位：全国化工设备设计技术中心站

批准部门：国家石油和化学工业局

实施日期：一九九九年三月一日

全国化工工程建设标准编辑中心

(原化工部工程建设标准编辑中心)

1999 北 京

前 言

本标准(HG 20581—1998)是在原标准(HGJ 15—89)的基础上,根据多年实施取得的经验,并依据国标 GB 150—1998 的内容以及近年来国内外工程公司的标准规范进行了修订。

新修订的标准较原标准有如下主要改变:

1. 增加对奥氏体不锈钢焊接钢管的使用规定;
2. 修改碳素结构钢使用规定;
3. 修改湿 H_2S 应力腐蚀环境下材料使用规定;
4. 修改液氨应力腐蚀环境下材料使用规定;
5. 将进口钢材使用规定更改为“按国外标准生产的钢材使用规定”;
6. 取消原标准中关于钢材升级使用的规定。

本标准的附录 A、B 为本标准的附录。

本标准的附录 C、D、E 为提示性附录。

本标准由全国化工设备设计技术中心站提出并归口管理。

本标准由全国化工设备设计技术中心站主编。

本标准主要起草人:应道宴 洪德晓

HG 20581《钢制化工容器材料选用规定》是结合化工容器设计的具体情况,对 GB 150《钢制压力容器》作了补充和具体化;对钢制化工容器用钢和焊接材料的选用、技术要求、使用限制和范围、新材料和按国外标准生产的钢材使用、钢材代用等进行了规定。

本标准的使用范围、引用标准及定义,除另有规定外,均与 GB 150《钢制压力容器》相同。

1 范 围

本标准适用于设计压力不大于 35.0MPa,设计温度高于 -20°C 的碳素钢、低合金高强度钢、珠光体耐热钢、不锈钢和不锈钢复合钢板的焊制化工容器材料设计。材料的品种包括轧材、锻件、铸件以及焊接材料。

容器本体(指壳体、封头、接管、法兰、管板等)及其附件、焊接材料的选用、技术要求、使用范围等应符合本标准的要求。设计对材料有更高或特殊要求时,应在图样或相应的文件上注明。

2 定 义

碳素钢——含锰量小于等于 1.20%，含碳量小于等于 2.0%，且无有意添加其它合金元素的铁碳合金(可为脱氧目的而加入 Si、Al 等元素)。低碳钢一般系指含碳量小于等于 0.25% 的碳素钢。

低合金高强度钢——以提高钢材强度和改善综合性能为主要目的，合金总含量在 3% 以下的合金钢。化工容器中经常使用的是低碳、可焊的低合金结构钢，如 16MnR、18MnMoNbR 等。

珠光体耐热钢——以改善钢材耐热及抗氢性能为主要目的，加入铬($\leq 10\%$)、钼等合金元素的低碳珠光体耐热钢，如 0.5Mo、 $1\frac{1}{4}\text{Cr}-0.5\text{Mo}$ 、5Cr-0.5Mo 等。

低合金钢——低合金高强度钢和珠光体耐热钢的总称。

不锈钢——公称含铬量大于等于 13%，在大气中不锈的合金钢。根据钢在常温下的金相组织，又可分为铁素体不锈钢、奥氏体不锈钢、双相不锈钢、马氏体不锈钢等。化工容器中经常使用奥氏体不锈钢。但铁素体不锈钢、双相不锈钢等也时有应用。

奥氏体不锈钢——常温下金相组织大部分为奥氏体的不锈钢，如 0Cr18Ni9、0Cr18Ni12Mo2Ti 等。

铁素体不锈钢——常温下金相组织为铁素体的不锈钢，如 0Cr13Al 等。

铁素体钢——碳素钢、低合金高强度钢、珠光体耐热钢、铁素体不锈钢的总称。

压力容器及受压元件——低压、中压、高压容器及其受压元件的总称。主要受压元件系指压力容器的壳体及成型封头之类主要承受总体一次薄膜应力的元件。

非受压元件——常压容器及压力容器中的非受压元件的总称。

3 一般规定

3.0.1 钢材(钢板、钢管、型材、锻件)的质量及规格应符合下列现行国家标准、行业标准或有关技术条件。

GB 700	《碳素结构钢》
GB 699	《优质碳素结构钢技术条件》
GB 1591	《低合金结构钢》
GB 3077	《合金结构钢技术条件》
GB 1220	《不锈钢棒》
GB 1221	《耐热钢棒》
GB 6653	《焊接气瓶用钢板》
GB 6654	《压力容器用碳素钢和低合金钢厚钢板》
GB 5681	《压力容器用热轧钢带》
GB 713	《锅炉用碳素钢和低合金钢钢板》
GB 912	《碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板及钢带》
GB 3274	《碳素结构钢和低合金钢热轧厚钢板和钢带》
GB 711	《优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽钢带》
GB 4237	《不锈钢热轧钢板》
GB 4238	《耐热钢板》
GB 8165	《不锈钢复合钢板》
GB 8163	《输送流体用无缝钢管》
GB 13296	《锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管》
GB/T 14976	《流体输送用不锈钢无缝钢管》
GB 6479	《化肥设备用高压无缝钢管》
GB 3087	《低中压锅炉用无缝钢管》
GB 5310	《高压锅炉用无缝钢管》
GB 9948	《石油裂化用无缝钢管》
GB 3092	《低压流体输送用焊接钢管》
JB 4726	《压力容器用碳素钢和低合金钢锻件》
JB 4727	《低温压力容器用碳素钢和低合金钢锻件》
JB 4728	《压力容器用不锈钢锻件》
JB 4733	《压力容器用爆炸不锈钢复合钢板》
HG 20537	《奥氏体不锈钢焊接钢管》

3.0.2 压力容器用钢材应符合 GB 150《钢制压力容器》的要求,钢材的选用应接受国家质量技术监督局颁发《压力容器安全技术监察规程》的监察。

3.0.3 受压元件以及直接与受压元件焊接的非受压元件用钢材,必须附有钢厂的钢材质量证明书(或复制件,复制件上应加盖供应部门的印章)。钢材质量证明书上应列出以下项目:

炉(罐)号、批号;

规格;

标准和实测的化学成份;

钢材标准或技术条件保证的规定力学性能、工艺性能及其它性能要求和实测数据或合格情况;
供货状态;

供货合同或协议规定的其它项目;

其它非受压元件用钢材也应具有钢材质量证明书(或复制件)。

3.0.4 如钢材质量证明书(或复制件)数据不全或未全部包括本标准第5章规定的技术要求,应由设备制造部门按钢材标准及本标准要求进行复验或补做,合格后方可投料应用。

3.0.5 除钢号和标准以外,设计单位应在图样或技术文件上注明钢材的级别及其它标志。必要时,图样及技术文件上还应注明以下对钢材的附加要求:

- 1 钢材标准中根据需方要求而予保证的项目;
- 2 钢材标准中由供需双方协议商定的项目;
- 3 其它附加要求。

3.0.6 对于未列入本标准的钢材标准(国家标准、行业标准)及牌号,同时满足下列条件时也可设计选用:

1 根据用途,经评定认为材料性能和技术要求与本标准所列钢材标准相当或更高,且能满足本标准相应的技术要求者;

2 经设计单位设备技术负责人同意;

3 必要时,需经安全监察机构审批。

3.0.7 对于采用未列入本标准的新钢种、按国外标准生产的钢材、施工时的钢材代用等应分别符合容规、GB 150 和本标准相应条款的规定。其它超出本标准的情况(如钢材使用范围超出本标准规定、选用较高的机械性能值等)应对其具体情况作具体分析,并辅以必要的试验或检验,按 3.0.6 条处理。

4 选材的一般原则

4.0.1 选择化工容器用钢材必须考虑设备的操作条件(如设计压力、设计温度、介质的特性)、材料的焊接性能、冷热加工性能、热处理以及容器的结构等。

4.0.2 选择化工容器用钢材必须在满足 4.0.1 条的前提下,考虑经济合理性。一般情况下,下列规定是经济合理的。

1 所需钢板厚度小于 8mm 时,在碳素钢与低合金高强度钢之间,应尽量采用碳素钢钢板(多层容器用材除外);

2 在刚度或结构设计为主的场合,应尽量选用普通碳素钢。在强度设计为主的场合,应根据压力、温度、介质等使用限制,依次选用 Q235A、Q235B、20R(20g)^①、16MnR 等钢板;

3 所需不锈钢厚度大于 12mm 时,应尽量采用衬里、复合、堆焊等结构形式;

4 不锈钢应尽量不用作设计温度小于等于 500℃ 的耐热用钢;

5 珠光体耐热钢应尽量不用作设计温度小于等于 350℃ 的耐热用钢。在必须使用珠光体耐热钢作耐热或抗氢用途时,应尽量减少、合并钢材的品种、规格。

4.0.3 本条所列的各类钢材选用对象是设计的指导准则,通常情况下应予执行。

1 碳素钢用于介质腐蚀性不强的常压、低压容器,壁厚不大的中压容器,锻件、承压钢管、非受压元件以及其它由刚性或结构因素决定壁厚的场合。

2 低合金高强度钢用于介质腐蚀性不强、壁厚较大($\geq 8\text{mm}$)的受压容器。

3 珠光体耐热钢用作抗高温氢或硫化氢腐蚀,或设计温度 350~650℃ 的压力容器用耐热钢。

4 不锈钢用于介质腐蚀性较高(电化学腐蚀、化学腐蚀)、防铁离子污染或设计温度大于 500℃ 或设计温度小于 -100℃ 的耐热或低温用钢。

5 不含稳定化元素,且含碳量大于 0.03% 的奥氏体不锈钢需经焊接或 400℃ 以上热加工时,不应使用于可能引起不锈钢晶间腐蚀的环境。

4.0.4 钢材除应符合有关钢材标准的要求外,还应符合本标准对钢材的技术要求及使用限制和范围的规定。

4.0.5 用作设备法兰、管法兰、管件、人手孔、液面计等化工设备标准零部件的钢材,应符合有关零部件的国家标准、行业标准对钢材的技术要求(凡与本标准的相应规定有矛盾之处,可不受本标准的限制)。

^① 当 20R 供应有困难时,可采用 20g。

5 钢材的技术要求

5.1 通用的技术要求

5.1.1 压力容器及受压元件用钢(板、管、型材、锻件、铸件)应采用平炉、电炉或氧气转炉冶炼。

5.1.2 同时符合下列条件的高温压力容器主要受压元件用钢应按炉罐号复验设计温度下的屈服强度值,其值不得低于相应许用应力值的 1.6 倍(奥氏体钢为 1.5 倍):

- 1 设计温度大于 300℃;
- 2 设计压力大于等于 1.6MPa;
- 3 钢材厚度大于等于 20mm;
- 4 钢材主要截面以承受一次薄膜应力为主,且其厚度取决于强度计算的结果。

5.1.3 奥氏体不锈钢使用于可能引起晶间腐蚀的环境时^①,应按 GB 4334.1~4334.5《不锈钢晶间腐蚀试验方法》进行晶间腐蚀倾向性试验。

1 奥氏体不锈钢除下列情况外,应以供货状态的试样进行晶间腐蚀倾向试验:

(1)焊接结构(包括焊补)用钢材应以供货状态经敏化处理的试样进行试验,焊接接头以焊态试样进行试验;

(2)凡在制造或使用过程中需经历 400℃以上温度加热(固溶处理或稳定化处理除外)的奥氏体不锈钢,应以供货状态经敏化处理的试样进行试验。

敏化处理的制度一般为 650℃保温 0.5~2 小时。双相不锈钢为 650℃保温半小时。

2 奥氏体不锈钢的晶间腐蚀倾向试验方法的选用及其合格要求可按下列规定制定:

(1)在温度大于等于 60℃,且浓度大于等于 5%的硝酸中使用的奥氏体不锈钢以及浓硝酸专用不锈钢,应按 GB 4334.3《不锈钢 65%硝酸腐蚀试验方法》进行试验,五个周期的平均腐蚀率或三个周期的最大腐蚀率应不大于 0.6 克/米²·小时(或相当于 0.6 毫米/年)。试样状态可为使用状态或敏化状态。

(2)非含钼奥氏体不锈钢(如 0Cr18Ni10Ti、00Cr19Ni10、0Cr18Ni9 及相类似钢材):

一般要求:按 GB 4334.5《不锈钢硫酸—硫酸铜腐蚀试验方法》,弯曲试验后,试样表面不得有晶间腐蚀裂纹。

较高要求:按 GB 4334.2《不锈钢硫酸—硫酸铁腐蚀试验方法》,平均腐蚀率应不大于 1.1 克/米²·小时。也可按 GB 4334.3 进行 65%硝酸法试验,其合格要求同 5.1.3 条第 2 款(1)项。

(3)含钼奥氏体不锈钢(如 0Cr18Ni12Mo2Ti、00Cr17Ni14Mo2 及相类似钢材)。

一般要求:按 GB 4334.5《不锈钢硫酸—硫酸铜腐蚀试验方法》,弯曲试验后,试样表面不得有晶间腐蚀裂纹。

较高要求:按 GB 4334.4《不锈钢硝酸—氢氟酸腐蚀试验方法》,腐蚀度比值不大于 1.5。也可

^① “可能引起晶间腐蚀的环境”必须是存在电解质的电化学腐蚀环境,可能引起奥氏体不锈钢晶间腐蚀的电解质主要是酸性介质,如工业醋酸、甲酸、铬酸、乳酸、硝酸、草酸、磷酸、盐酸、硫酸、亚硫酸、氨基甲酸铵等,详见 G. A. Nelson 编“腐蚀数据图表”,全国化工设备设计技术中心站,1974 年版。

一般纯净的醇、醛、酮、醚、苯、酚、烷、汽油等溶液以及气相介质对奥氏体不锈钢不会产生晶间腐蚀。

按硫酸—硫酸铁(GB 4334.2)法,平均腐蚀率应不大于 1.1 克/米²·小时。

(4)介质有特殊要求时,可进行上述规定以外的晶间腐蚀试验并规定相应的合格要求。

3 允许采用 10%草酸法(GB 4334.1)作为 65%硝酸法、硫酸—硫酸铜(铜屑)法、硫酸—硫酸铁法、硝酸—氢氟酸法的筛选试验方法,但用于 65%硝酸法的筛选时,不适用于含 Mo 或含 Ti 的奥氏体不锈钢。

5.1.4 GB 150《钢制压力容器》所列的奥氏体不锈钢许用应力适用于符合一般技术要求的奥氏体不锈钢。当附加要求含碳量下限大于等于 0.04%,规定进行 1050℃以上温度快冷热处理,或规定钢材的晶粒度粗于或等于 6 级要求者,可参考日本 JIS B8270 或美国 ASME 第Ⅷ卷第一册、第二册选用较高的高温许用应力值(即 304H、316H、321H)。

5.2 钢 板

5.2.1 凡采用限定最大厚度负偏差为 0.25mm 的中、厚热轧钢板时,压力容器的设计计算中可不计入钢板的厚度负偏差 C₁。

5.2.2 按 GB 6654 供货的钢板,均保证钢板厚度负偏差为 0.25mm。

5.2.3 当钢板厚度小于 6mm,但又必须采用容器级的低碳钢、低合金高强度钢钢板时,应选用按 GB 6653《焊接气瓶钢板》生产的 HP245、HP345 钢板。

5.2.4 对设计温度大于等于 0℃的容器,符合 GB 713《锅炉用碳素钢和低合金钢钢板》要求的 20g、16Mng、15MnVg、18MnMoNb_g 钢板可以与符合 GB 6654 要求的 20R、16MnR、15MnVR、18MnMoNbR 钢板等效使用。

5.2.5 钢板的常用厚度规格如表 5—1 所示。设计中应尽量采用常用厚度规格。

表 5—1 钢板的常用厚度 (mm)

2、3、4、(5)、6、8、10、12、14、16、18、20、22、25、28、30、32、34、36、38、40、42、46、50、55、 60、65、70、75、80、85、90、95、100、105、110、115、120
--

注:5mm 为不锈钢板常用厚度。

5.2.6 钢板的冲击韧性要求

1 设计温度小于 0℃,但大于-20℃的压力容器用下列钢板,应进行设计温度下的低温 V 形缺口夏比冲击试验(横向取样,每组三个试样的平均值),冲击功应达到表 5—2 要求。

表 5—2

钢 号	厚 度 (mm)	设计温度(℃)	标准试样冲击功(J)
20R	>25	<0, ≥-10	≥18
	>12	<-10, >-20	
16MnR、15MnVR	>38	<0, ≥-10	≥20
	>20	<-10, >-20	
15CrMoR	任意	<0, >-20	≥18
14Cr1MoR、12Cr2Mo1R	任意	<0, >-20	≥20
15MnVNR	>38	<0, ≥-10	≥27
	>20	<-10, >-20	
18MnMoNbR、13MnNiMoNbR	任意	<0, >-20	≥27

允许按钢材厚度加工尽可能厚的其它小尺寸冲击试验,其冲击功要求根据试样宽度,按比例缩减。

2 设计压力大于等于 1.6MPa 或设计温度小于 0℃但大于 -20℃的主要受压元件用厚度大于等于 6mm 的铁素体钢钢板,应进行常温 V 形缺口夏比冲击韧性试验(横向取样,每组三个试样的平均值),冲击功应至少达到 27J 的要求(小尺寸试样按比例折减)。

使用介质为极度危害和高度危害的容器用钢板也应符合上述要求。

当钢板厚度小于 6mm,无法进行冲击试验者,应采用符合 GB 6653 的焊接气瓶用钢板。

3 压力容器主要受压元件厚度大于等于 50mm 的铁素体钢钢板应保证在水压试验水温减 17℃的温度下的 V 形缺口夏比冲击功(横向)不低于上述要求。

4 进行夏比冲击韧性试验时(常温或低温),单个试样的最低值应不小于相应平均值要求的 70%。凡可能加工标准 10mm×10mm×55mm 试样者,不得采用小尺寸冲击试样。当材料厚度太小,不能切取标准试样时,允许采用 7.5、5、2.5mm×10mm×55mm 小尺寸试样,其冲击功要求为相应标准试样的 75%、50%、25%。

5 钢板的纵横向冲击功要求,在无其它可靠依据时,可按下列比例折算:

$$\text{纵向试样:横向试样}=1:0.7$$

5.2.7 无损探伤

1 压力容器主要受压元件用钢板,凡符合下列条件之一者,应逐张按 JB 4730 进行超声波探伤检查:

(1)厚度大于 30mm 的 20R、16MnR 及强度级别、化学成份相近且不高于 16MnR 的其它低碳钢、碳锰钢钢板;

(2)厚度大于 25mm 的其它低合金钢钢板,厚度大于 20mm 的低温压力容器用低合金钢钢板;

(3)设计压力大于等于 10.0MPa 的多层容器内筒钢板及单层高压容器用钢板(奥氏体钢钢板除外),或调质状态供货的钢板;

(4)使用介质的毒性为极度或高度危害,或使用于湿硫化氢腐蚀环境且厚度大于等于 20mm 的铁素体钢钢板。

2 钢板的超声波探伤合格级别为:

5.2.7 条第 1 款(1)、(2):Ⅲ级;

5.2.7 条第 1 款(3)、(4):Ⅱ级。

3 设计压力大于等于 1.6MPa 的压力容器主要受压元件用不锈钢复合钢板以及换热器管板用不锈复合钢板,应按 GB 7734《复合钢板超声波探伤方法》进行超声波探伤。

壳体、封头用复合板应沿 200mm 间距的格子线、折边的 50mm 区域以及预定开孔边缘外侧的 25mm 区域内进行探伤。热压封头及设计压力大于等于 10.0MPa 的高压筒体用复合板应符合 GB 7734 的Ⅱ级要求;一般筒体用复合板应符合Ⅲ级要求。

管板用复合板应作 100%超声波探伤,并符合 GB 7734 的Ⅰ级要求。

5.2.8 热处理

1 压力容器主要受压元件用厚度大于 30mm 的 20R、16MnR,厚度大于 16mm 的 15MnVR 钢板应在正火状态下使用。用于制造其它受压元件(如法兰、管板、平盖)的厚度大于 50mm 的 20R、16MnR 钢板也应作正火处理。

2 珠光体耐热钢(如 0.5Mo 钢、1¼Cr-0.5Mo 钢、2¼Cr1Mo 钢)钢板应在退火或正火+回

火状态下使用。经热加工的珠光体耐热钢钢板应根据热加工工艺评定情况,考虑是否需重新热处理。

3 奥氏体不锈钢应在固溶状态或稳定化处理(仅对加有稳定化元素的奥氏体不锈钢)状态下使用。经 600℃以上热加工的奥氏体不锈钢钢板,当使用于晶间腐蚀环境时,应重新进行固溶处理或稳定化处理。

4 同时符合下列各项的压力容器主要受压元件用低合金高强度钢钢板,应检验钢板模拟焊后消除应力热处理状态的机械性能,且满足设计要求:

- (1)设计压力大于等于 4.0MPa;
- (2)板厚大于等于 40mm;
- (3)焊后进行消除应力热处理。

5.3 钢 管

5.3.1 受压元件用钢管可采用无缝或焊接工艺生产。采用自动电弧焊或高频焊接等工艺生产的焊接钢管用于受压元件时,应符合本标准 6.4.3 条的相应要求。

5.3.2 管壳式换热器等需要与管板、折流板等精密配合的钢管(换热管),其外径及壁厚尺寸精度应不低于表 5-3 所示要求。

表 5-3 换热管精度要求

钢管尺寸 (mm)		精 度
外 径	≤30	±0.20mm
	>30、<51	±0.30mm
	≥51	±0.8%
壁 厚	≤3	+12% -10%
	>3	±10%

符合上述尺寸精度要求的钢管标准如表 5-4 所示。

表 5-4 符合换热管精度的钢管标准

标 准 号	标准规定的精度等级	备 注
GB 8163	较高级精度	订货时应注明
GB 3087	高级精度	订货时应注明
GB 6479	较高级精度	订货时应注明
GB 9948	一般级	订货时不需注明
GB 5310	普通级精度	订货时不需注明
GB 13296	高级精度	订货时应注明
HG 20537.2	I 级	订货时不需注明

5.3.3 按国际标准(如 TEMA 标准)设计、制造的管壳式换热器用冷拔无缝钢管,其外径及壁厚公差应符合表 5—5 要求,订货时应向钢厂提出附加的尺寸精度要求。

符合 HG 20537.2 的奥氏体钢焊接钢管的 I 级外径偏差与表 5—4 要求相同。

表 5—5 TEMA 标准换热管精度要求

钢管外径 (mm)	外径允许偏差 (mm)
<25 ^(注)	±0.10
≥25、≤38 ^(注)	±0.15
>38、<51 ^(注)	±0.20
≥51、≤63	±0.25

注:对奥氏体冷拔管,如包括椭圆度时,外径允许偏差为±0.25mm。

5.3.4 化工容器的接管采用的钢管最小壁厚规格如表 5—6 所示。设计中应尽量采用表列钢管规格,如需考虑较高压力或较大的腐蚀裕量时,可选用更高壁厚等级的钢管规格。

表 5—6 最小接管壁厚 (mm)

公称直径 DN	接管外径		最小壁厚
	国际通用系列	国内沿用系列	
10	17.2	14	2.3
15	21.3	18	2.9
20	26.9	25	2.9
25	33.7	32	3.2
32	42.4	38	3.6
40	48.3	45	3.6
50	60.3	57	4
65	76.1	76	5
80	88.9	89	5.6
100	114.3	108	6.3
125	139.7	133	6.3
150	168.3	159	7.1
200	219.1	219	8
250	273	273	8.8
300	323.9	325	10
350	355.6	377	10
400	406.4	426	10
450	457	478	10
500	508	529	10
600	610	630	10

5.3.5 换热器用冷拔无缝钢管常用规格如表 5—7 所示,设计中应尽量采用常用的钢管规格。

表 5—7 常用换热管规格 (mm)

壁厚 外径	1.2	1.5	2	2.5	3	3.5	4
14	✓	✓	✓	✓	✓		
19	✓	✓	✓	✓	✓		
25	✓	✓	✓	✓	✓		
32	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
38	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
45		✓	✓	✓	✓	✓	✓
51		✓	✓	✓	✓	✓	✓
57		✓	✓	✓	✓	✓	✓

5.3.6 除 5.3.2 和 5.3.3 条情况外,化工容器用钢管可采用相应钢管标准规定的一般精度要求的钢管(订货时不需注明精度等级)。

换热管的推荐定尺长度为:1500、2000、2500、3000、4500、6000、7500、9000、12000mm。

5.3.7 钢管的工艺性能

钢管在制造过程中需要承受胀管或翻边加工者,应符合相应钢管标准中对扩口或卷边的附加保证要求。

5.3.8 设计压力大于等于 10.0MPa 的铁素体钢钢管应采用符合 GB 6479 要求的钢管,壁厚有可能切取 2.5mm×10mm×55mm 冲击试样者,应进行 V 形缺口夏比冲击韧性试验,三个试样的平均值应不小于 7J,单个试样最低值应不小于 5J。如壁厚可能,应切取 10mm×10mm×55mm 试样,三个试样的平均值应不小于 27J,单个试样最低值应不小于 19J。

5.3.9 承压钢管应保证符合水压试验要求。允许按 GB 5777《无缝钢管超声波探伤方法》的 C12 级要求进行超声波探伤代替水压试验。允许按 GB 7735《钢管涡流探伤方法》的 A 级要求进行涡流探伤代替水压试验。

5.3.10 设计压力大于等于 10.0MPa 的钢管应逐根按 GB 5777《无缝钢管超声波探伤方法》的要求进行超声波探伤,且不得出现大于或等于 C5 级对比试样人工缺陷回波的基准幅度。

5.3.11 用作压力容器壳体的无缝钢管

1 采用钢管作压力容器壳体时,设备制造部门应按表 5—8 要求复验机械性能,并符合相应钢管标准的要求(奥氏体不锈钢钢管可免作冲击韧性试验)。

表 5—8 作用压力容器壳体的钢管复验要求

设计压力 P(MPa)	拉力试验	常温冲击试验	金相检验
1.6>P≥0.1	每批取 2 根	—	—
4.0>P≥1.6	每批取 2 根	每批取 2 根,每根取一组	—
10.0>P≥4.0	每批 10%,但不少于 2 根	每批取 10%,但不少于 2 根,每根取一组	—
P≥10.0	逐根	逐根,每根取一组	每批取 2 根

注:当钢管根数小于或等于 2 根时,改为每批 1 根或逐根。

2 用作Ⅰ、Ⅱ类容器壳体的钢管,设备制造厂应逐根按设备液压试验压力进行水压试验。Ⅰ类容器壳体用钢管,如钢厂已作水压试验者,可不再复试。

5.4 锻 件

5.4.1 化工容器用锻件可根据其尺寸、重量分为中小型锻件及大型锻件。压力容器用锻件应符合 JB 4726~4728 的要求。非受压元件用锻件应符合 JB 4385《锤上自由锻件通用技术条件》的要求。

5.4.2 锻件的尺寸和重量符合下列条件之一者为中小型锻件,超过下列条件者为大型锻件:

- 1 法兰尺寸不大于 PN2.5MPa、DN600 的人孔法兰或相当于该尺寸的其他环形锻件;
- 2 锻件重量不大于 800kg 的饼状、筒型和异型锻件(如三通、阀体等);
- 3 直径不大于 200mm 且重量不大于 1500kg 的条形或轴类锻件。

5.4.3 压力容器用锻件应根据其使用条件及尺寸、重量大小,选用相应的锻件级别。

- 1 设计压力小于 10.0MPa 的法兰以及几何尺寸类似的锻件应符合Ⅱ级或Ⅱ级以上要求。
- 2 设计压力大于等于 1.6MPa 的锻件应符合Ⅱ级或Ⅱ级以上要求。
- 3 设计压力大于等于 10.0MPa 的中小型锻件应符合Ⅲ级要求,大型锻件应符合Ⅲ级或Ⅳ级要求。

4 使用介质的毒性为极度或高度危害性的锻件以及截面尺寸大于 300mm 的锻件应符合Ⅲ级或Ⅳ级要求。

5.4.4 非受压元件用中小型锻件应符合 JB 4385《锤上自由锻件通用技术条件》的Ⅱ级或Ⅱ级以上要求,大型锻件应符合 JB 4385 的Ⅳ级或Ⅳ级以上要求。

5.5 铸钢件

5.5.1 化工容器用铸钢件应符合下列国家标准和行业标准:

- GB 11352 《一般工程用铸造碳钢》
- GB 7659 《焊接结构用碳素钢铸件》
- GB 2100 《不锈钢耐酸铸件》
- GB 8492 《耐热钢铸件》
- HG/T 2841 《压力容器用碳钢铸件技术条件》

5.5.2 铸钢件应以热处理状态使用。常用的热处理制度为退火、正火、正火+回火、调质。奥氏体钢铸件为固溶状态。

5.5.3 设计压力大于等于 1.6MPa 的铁素体钢铸件应检验铸件的常温冲击功,采用 V 形缺口夏比冲击试样,三个试样的平均值应不低于 20J。

5.5.4 铸钢件应以同一熔炼炉次、同一热处理炉号为一批,每批取一个拉力试样和(或)三个冲击试样,每个熔炼炉次应作一个化学分析。

单件重量大于 1000kg 且壁厚大于 100mm 的铸钢件应逐件进行化学成份和机械性能试验。

铸件主要承载处壁厚小于等于 100mm 者,可采用相应铸件标准中规定的标准单铸试块;壁厚大于 100mm 者,应采用相应部位的本体附铸试块或模拟铸件壁厚情况的单铸试块进行机械性能试验。单铸试块应与所代表的铸钢件同炉进行热处理。

5.5.5 单件重量大于 300kg 的承压法兰类铸钢件应按 GB 5677《铸钢件射线照相及底片等级分类

方法》进行射线探伤,且不低于 3 级要求。

5.5.6 空心的承压铸钢件应在热处理后,逐件进行水压试验。水压试验压力应不低于设计压力的 1.5 倍。

5.5.7 承压铸钢件的安全系数取值按一般锻轧钢材的规定,但还必须考虑铸造质量系数 ϕ 。一般情况下 $\phi \leq 0.80$ 。当符合下列条件之一时,可采用 $\phi \leq 0.90$ 的铸造质量系数。

1 铸件逐件对受力较大部位、截面急剧变化的部位及接合处、冒口部位等按 GB 5677 进行射线探伤,且不低于 3 级要求。

2 铸件逐件对表面按 GB 9444《铸钢件磁粉探伤及质量评级方法》或 GB 9443《铸钢件渗透探伤及缺陷显示痕迹的评级方法》进行磁粉或着色探伤,不得存在任何裂纹(包括各种裂纹和热裂);其它线性缺陷应符合表 5—9 要求;圆形缺陷应符合 2 级要求(磁痕长度小于等于 4mm);在缺陷密集区域面积为 25cm²(矩形的一边长度最长为 15cm)的矩形内,分散性缺陷应符合 3 级要求(长度大于 1mm 的磁痕长度总和应小于等于 16mm)。

3 首批制成的 5 个铸件中抽取 3 个,其后的产品中每 5 个抽取 1 个按上述 1 款和 2 款的要求进行检查,且符合要求。

表 5—9 铸钢件线性缺陷合格等级

探伤部位厚度(mm)	线性缺陷合格等级	磁痕长度(mm)
≤ 20	2 级	≤ 4
$> 20, \leq 60$	3 级	≤ 8
> 60	4 级	≤ 16

5.5.8 需作焊接或焊补加工的承压铸钢件必须单独按 JB 4708《钢制压力容器焊接工艺评定》的要求进行焊接工艺评定,不得套用相似化学成份的锻轧钢材的焊接工艺评定报告。

5.5.9 需经焊接的碳素钢铸件应采用含碳量小于等于 0.25% 的牌号(熔炼分析)。

5.5.10 铸钢件的计算用屈服强度可参考表 5—10 选取。

表 5—10 铸钢的高温屈服强度 (MPa)

标准号	牌 号	$\leq 20^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$	150 $^{\circ}\text{C}$	200 $^{\circ}\text{C}$	250 $^{\circ}\text{C}$	300 $^{\circ}\text{C}$	350 $^{\circ}\text{C}$	400 $^{\circ}\text{C}$
GB 11352	ZG200—400	200	180	175	170	160	150	145	140
HG 2741	ZG205—415R								
GB 7659	ZG200—400H								
GB 11352	ZG230—450	230	210	205	200	190	175	165	155
GB 7659	ZG230—450H								
GB 7659	ZG275—485H	275	250	245	237	227	209	200	192
HG 2741	ZG275—485R								
GB 2100	ZG0Cr18Ni9	195	161	147	137	128	121	117	113
	ZG0Cr18Ni12Mo2	195	166	152	142	132	126	120	114
	ZG00Cr18Ni10	177	149	129	117	110	103	101	98.7

5.6 紧固件用钢材

5.6.1 受压零部件(如法兰)用商品紧固件(螺栓、螺母、双头螺柱)应符合下列规定:

1 螺栓、双头螺柱的机械性能等级应符合 GB 3098.1《紧固件机械性能——螺栓、螺钉和螺柱》的 4.6 级或 8.8 级要求;螺母的机械性能等级应符合 GB 3098.2《紧固件机械性能——螺母》的 5 级或 8 级要求;不锈钢紧固件应符合 GB 3098.6《紧固件机械性能——不锈钢螺栓、螺钉、螺柱和螺母》的 A2(0Cr19Ni9)或 A4(0Cr17Ni12Mo2)要求。各种性能等级的机械性能保证值详见附录 A “商品紧固件机械性能”。

2 商品紧固件的产品公差分 A、B、C 三个等级,各种产品等级紧固件的使用限制如表 5—11 所示。

受压部件用螺母应使用 1 型或 2 型的螺母,不得使用薄型螺母。

表 5—11 各种等级商品紧固件的使用限制范围

紧固件产品 公差等级	螺栓、螺钉、螺柱 机械性能等级	规 格	使用压力 (MPa)	使用温度 (℃)	配用螺母 机械性能等级
C	4.6	≤M39	≤0.6	> -20~+300	5
A 或 B	8.8	≤M39	≤4.0	> -20~+300	8、9
A 或 B	A2、A4	≤M39	不限	不限	A2、A4

3 受压部件常用商品紧固件标准如表 5—12 所示。

表 5—12 商品紧固件标准

标准号	标准名称(产品等级)	机械性能等级	商品规格范围
GB 5780—86	六角头螺栓——C 级	4.6	M5~M36
GB 5781—86	六角头螺栓——全螺纹,C 级	4.6	M5~M36
GB 5782—86	六角头螺栓——A 和 B 级	8.8、A2	M3~M36
GB 5783—86	六角头螺栓——全螺纹,A 和 B 级	8.8、A2	M3~M36
GB 5784—86	六角头螺栓——细杆,B 级	8.8、A2	M3~M20
GB 6170—86	1 型六角螺母——A 和 B 级	8	M3~M36
GB 41—86	1 型六角螺母——C 级	5	M5~M36
GB 6175—86	2 型六角螺母——A 和 B 级	9	M5~M36

4 机械性能等级为 4.6 级和 8.8 级的紧固件,于高温使用时的计算用屈服强度值如表 5—13 所示。

表 5-13 高温屈服强度

(MPa)

机械性能等级	≤50℃	100℃	200℃	250℃	300℃
4.6	240	210	190	170	140
8.8	640	590	540	510	480

不锈钢商品紧固件的高温强度按 GB 150《钢制压力容器》的 0Cr18Ni9 螺栓性能选取。

螺栓或螺柱的许用应力可按表 5-13 所列的各种温度下的屈服强度值,除以表 5-14 所列的安全系数而得。

表 5-14 紧固件的屈服强度安全系数

机械性能等级	<M24	≥M24~M39
4.6	2.7	2.5
8.8、A2-70、A2-80	3.5	3.0
A2-50	1.6	1.5

注: <M24 的 A2-70 的许用应力不低于 A2-50 的数值。

5.6.2 采用钢棒自行加工的紧固件

1 一般情况下,钢厂供应的紧固件用钢棒为热轧状态交货,而取 $\phi 25\text{mm}$ 左右毛坯经钢材标准规定的热处理制度处理后进行机械性能检验。压力容器用紧固件(螺栓、螺柱、螺母)用钢棒应按本标准规定的热处理制度处理后,在钢棒上沿轧制方向切取力学性能试验用试样(拉力和冲击),试样切样的位置为:

直径小于等于 40mm 者,应在中心切取;

直径大于 40mm 者,应在直径的 1/4 处切取(试样轴线与一个轧制面的距离)。

2 经热处理后钢棒的机械性能应符合 GB 150 的要求。

5.6.3 设计压力大于等于 10.0MPa 的高压紧固件用直径大于 50mm 的锻轧钢棒应按 JB 4730 第 8.5 条进行超声波检查,且符合 II 级或 II 级以上要求。高压紧固件应在热处理和机械加工后,按 JB 4730 第 11 条进行磁粉探伤,不得存在任何裂纹,1.5mm 的非轴向线性缺陷以及大于 4mm 的圆形缺陷。

6 钢材的使用限制和范围

6.1 含碳量

焊接的受压元件用钢的含碳量(熔炼分析)应符合《压力容器安全技术监察规程》的要求。

6.2 压力容器用碳素结构钢和低合金结构钢

6.2.1 Q235AF 的使用限制如下:

- 1 设计压力小于等于 0.6MPa;
- 2 使用温度 0~250℃;
- 3 用于壳体时,钢板厚度小于等于 12mm;
- 4 不得用于易燃、毒性程度为极度、高度、中度危害介质的容器。

6.2.2 Q235A 的使用限制如下:

- 1 设计压力小于等于 1.0MPa;
- 2 使用温度 0~350℃;
- 3 用于壳体时,钢板厚度小于等于 16mm;
- 4 不得用于毒性程度为极度、高度危害介质及液化石油气的容器。

6.2.3 Q235B 的使用限制如下:

- 1 设计压力小于等于 1.6MPa;
- 2 使用温度 0~350℃;
- 3 用于壳体时,钢板厚度小于等于 20mm;
- 4 不得用于毒性程度为极度、高度危害介质的容器。

6.2.4 Q235C 的使用限制如下:

- 1 设计压力小于等于 2.5MPa;
- 2 使用温度 0~400℃;
- 3 用于壳体时,钢板厚度小于等于 30mm;

6.2.5 符合 GB 1591 的低合金结构钢 Q345A、B、C,可分别参照 6.2.2~6.2.4 要求。

6.3 常压容器及非受压元件用 Q235 和 Q345 钢应符合的要求

6.3.1 根据部件的使用温度下限(K_1)、重要性(K_2)以及承受压力大小(K_3)分别选取相应的系数 K_1 、 K_2 、 K_3 。

1 使用温度系数 K_1 :

- (1) $>0^{\circ}\text{C}$, $K_1=1$;
- (2) $\leq 0^{\circ}\text{C} \sim >-20^{\circ}\text{C}$, $K_1=2$;
- (3) $\leq -20^{\circ}\text{C}$, $K_1=3$ 。

2 部件重要性系数 K_2 :

- (1)如有损坏,对设备仅局部有影响, $K_2=1$;
- (2)如有损坏,对设备整体有影响, $K_2=2$ 。

3 应力水平系数 K_3 :

- (1)应力水平低,不作计算, $K_3=1$;
- (2)应力水平较高(不大于许用应力的 $2/3$), $K_3=2$;
- (3)应力水平高(大于许用应力的 $2/3$), $K_3=3$ 。

6.3.2 取 $K=K_1+K_2+K_3$ 。

6.3.3 根据 K 值及板厚(mm),按表 6-1 选用相应的钢材质量要求。

表 6-1 结构钢材选用表

系数 (K)	板 厚 (mm)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
7										
6										
5					C			D		
4			B							
3	A									

注:A区:沸腾钢,如 Q235AF;

B区:镇静钢,如 Q235A、Q345A;

C区:镇静钢(保证常温冲击功),如 Q235B、Q345B;

D区:镇静钢(保证低温冲击功),如 Q235C、Q235D、Q345C、Q345D。

要求保证常温冲击功者,其要求为纵向,夏比 V 形缺口,一组三个试样的平均值不低于 27J (Q235B)或 34J(Q345B)。

要求保证低温冲击功者,其要求为在最低使用温度(0°C 或更低)下进行低温冲击试验(纵向,夏比 V 形缺口试验,一组三个试样的平均值),Q235C、D 不低于 27J,Q345C、D 不低于 34J。

6.4 钢 管

6.4.1 按 GB 8163、GB 3087、GB 9948 生产的碳钢及低合金钢钢管只能用于压力小于 10.0MPa 的受压元件。

6.4.2 设计压力大于等于 10.0MPa 受压元件用钢管应采用符合 GB 6479 或 GB 5310、GB 14976 要求的无缝钢管。

6.4.3 按 GB 3092 生产的水、煤气输送用焊接钢管只能用于常压容器,但用作工业用水及煤气输送等用途者,可用于小于等于 1.0MPa 的场合。

6.4.4 按 HG 20537 生产的奥氏体不锈钢焊接钢管,其使用范围应符合该标准的相应规定。按 GB 12771 生产的奥氏体不锈钢焊接钢管,其使用范围为输送无毒、无晶间腐蚀倾向及爆炸危险,且设计压力小于 1.6MPa 的场合。

6.5 不锈复合钢板的使用温度范围

应同时符合基层和复层的要求。

6.6 紧固件的使用温度范围及限制

紧固件的使用温度范围及其它限制应符合表 6—2 规定。螺栓的硬度应比螺母稍高(HB30),可通过选用不同钢材或不同热处理制度而获得。

表 6—2 紧固件的使用温度范围

钢 号	钢材标准	使用温度范围(℃)	其 它 限 制
Q235A	GB 700	0~300	适用于 P<2.5MPa 的容器
35、40 40MnB、40MnVB 40Cr	GB 699 GB 3077	≤350	适用于 P≤10.0MPa 容器。密封要求高时,使用温度宜小于等于 200℃
30CrMoA 35CrMoA 35CrMoVA 40CrNiMoA	GB 3077	≤500	适用于 P≥2.5MPa 容器及密封要求高时,使用温度宜小于等于 400℃
25Cr2MoVA	GB 3077	≤550	适用于 P≥2.5MPa 容器及密封要求高时,使用温度宜小于等于 510℃
1Cr5Mo	GB 1221	≤600	适用于高温密封
0Cr18Ni9	GB 1220	≤700	冷作硬化状态的使用温度上限为小于等于 100℃
0Cr17Ni12Mo2	GB 1220	≤700	
4Cr14Ni14W2Mo	GB 1221	≤650	

6.7 使用介质的限制

6.7.1 NaOH 溶液

碳钢及低合金钢焊制化工容器如焊后或冷加工后,不进行消除应力热处理,则在 NaOH 溶液中的使用温度不得大于表 6—3 所列的温度。当 NaOH 溶液在其与烃类的混合物中体积大于等于 5%时,也应根据 NaOH 溶液的浓度符合该要求。NaOH 溶液浓度小于等于 1%或 NaOH 溶液在其与烃类的混合物中体积小于 5%时,不受此限制。

表 6—3 NaOH 溶液中的使用温度上限

NaOH 溶液 (重量%)	2	3	5	10	15	20	30	40	50	60	70
温度上限 (℃)	90	88	85	76	70	65	54	48	43	40	38

6.7.2 湿 H₂S 应力腐蚀环境

1 腐蚀环境

当化工容器接触的介质同时符合下列各项条件时,即为湿 H₂S 应力腐蚀环境:

(1)温度小于等于 $(60+2P)^{\circ}\text{C}$;

P 为压力,MPa(表压)

(2)H₂S 分压大于等于 0.00035MPa 即相当于常温在水中的 H₂S 溶解度大于等于 10p.p.m;

(3)介质中含有液相水或处于水的露点温度以下;

(4)pH<9 或有氰化物(HCN)存在。

2 材料要求及限制

在湿 H₂S 应力腐蚀环境中使用的碳钢及低合金钢应符合下列各条要求:

(1)材料标准规定的屈服强度 $\sigma_s \leq 355\text{MPa}$;

(2)材料实测的抗拉强度 $\sigma_b \leq 630\text{MPa}$;

(3)材料使用状态应至少为正火或正火+回火、退火、调质状态;

(4)碳当量限制(当碳当量限制超标时,应加大硬度限制的监测频度);

低碳钢和碳锰钢 $C_E \leq 0.40$ $C_E = C + \text{Mn}/6$

低合金钢(包括低温镍钢) $C_E \leq 0.45$ $C_E = C + \text{Mn}/6 + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})/5 + (\text{Ni} + \text{Cu})/15$

(5)对非焊接件或焊后经正火或回火处理的材料,硬度限制如下:

低碳钢 HV(10) ≤ 220 (单个值)

低合金钢 HV(10) ≤ 245 (单个值)

(6)壳体用钢板厚度 $>20\text{mm}$ 时,应按 JB 4730 进行超声波探伤,符合 I 级要求。

3 制造要求

(1)冷变形:

冷变形量小于等于 2%	不需处理;
$>2\% \sim \leq 5\%$	应力消除热处理;
$>5\%$	正火或回火。

(2)热处理后,不允许在接触介质一侧打钢印。

4 焊接

(1)所有焊缝均应经焊接工艺评定,包括对焊、补焊、管子与管板焊接、堆焊、角焊等;

(2)在满足强度要求的前提下,尽可能采用低强度焊接材料;

(3)焊接接头(包括焊缝、热影响区及母材)的硬度限制同 6.7.2 条第 2 款(5)要求;

(4)焊接工艺评定、焊接试板及每一种焊接工艺施焊的产品焊缝(一条纵缝、环缝、接管焊缝和填角焊、管子/管板焊缝)均应按上述(3)要求进行硬度测定。产品上的硬度测定应在接触介质一侧的表面。工艺评定及试板上的硬度测定应在横截面上测定(距表面 1.5mm 处);

(5)焊缝外的起弧、打弧点(包括临时焊缝处)均应在焊后热处理前打磨 0.3mm 以上,并作磁粉或着色检查;

(6)所有焊接接头不应留下封闭的中间空隙(如衬板、加强板的四周填角焊后),如属不可避免时,应开设排气孔;

(7)不允许存在铁素体钢与奥氏体钢之间的异种金属焊接接头。

5 焊后热处理

原则上应进行焊后消除应力热处理,焊后热处理温度应按标准要求尽可能取上限,以保证焊接接头的硬度达到上述要求。

热处理尽量在炉内进行。当有困难时,应将含有接管等部件的筒节(或壳板)在炉内进行热处理。其余无法进行热处理的焊接接头也应采用硬度不大于 HB 185 的焊接工艺施焊。

上述免除热处理,也可适用于管子与管板的焊接。

6 H₂S 严重腐蚀环境

容器工作条件符合下列各条工况时,为 H₂S 严重腐蚀环境:。

- (1)工作压力 > 1.6 MPa;
- (2)H₂S—HCN 共存,且 HCN > 50 p. p. m;
- (3)pH ≤ 9。

当容器处于 H₂S 严重腐蚀环境时,除满足第 6.7.2 条第 1 款至第 5 款要求外,还应符合下列要求:

- (1)材料化学成份 $S \leq 0.003\%$
 $P \leq 0.025\%$
- (2)板厚方向断面收缩率 $\phi \geq 35\%$ (三个试样平均)
 $\geq 25\%$ (单个试样最低值)
- (3)所有焊接接头必须经焊后热处理(不适用免除热处理条款)。

6.7.3 氢腐蚀环境

设计温度大于等于 200℃ 与氢气氛相接触的化工容器用钢应符合本条规定。铁素体钢在高温高压氢气氛中的适用温度限制如图 6—1 规定,并应留有 20℃ 以上的温度安全裕度。图 6—1 所示的碳素钢和珠光体耐热钢在氢气氛中的使用限制是对钢材使用状态符合钢材标准的热处理制度规定,并于焊后经过充分消除应力热处理而言的。

奥氏体不锈钢在图 6—1 所示的温度及氢分压范围的氢气中使用都是满意的,焊后也无必要进行消除应力热处理。

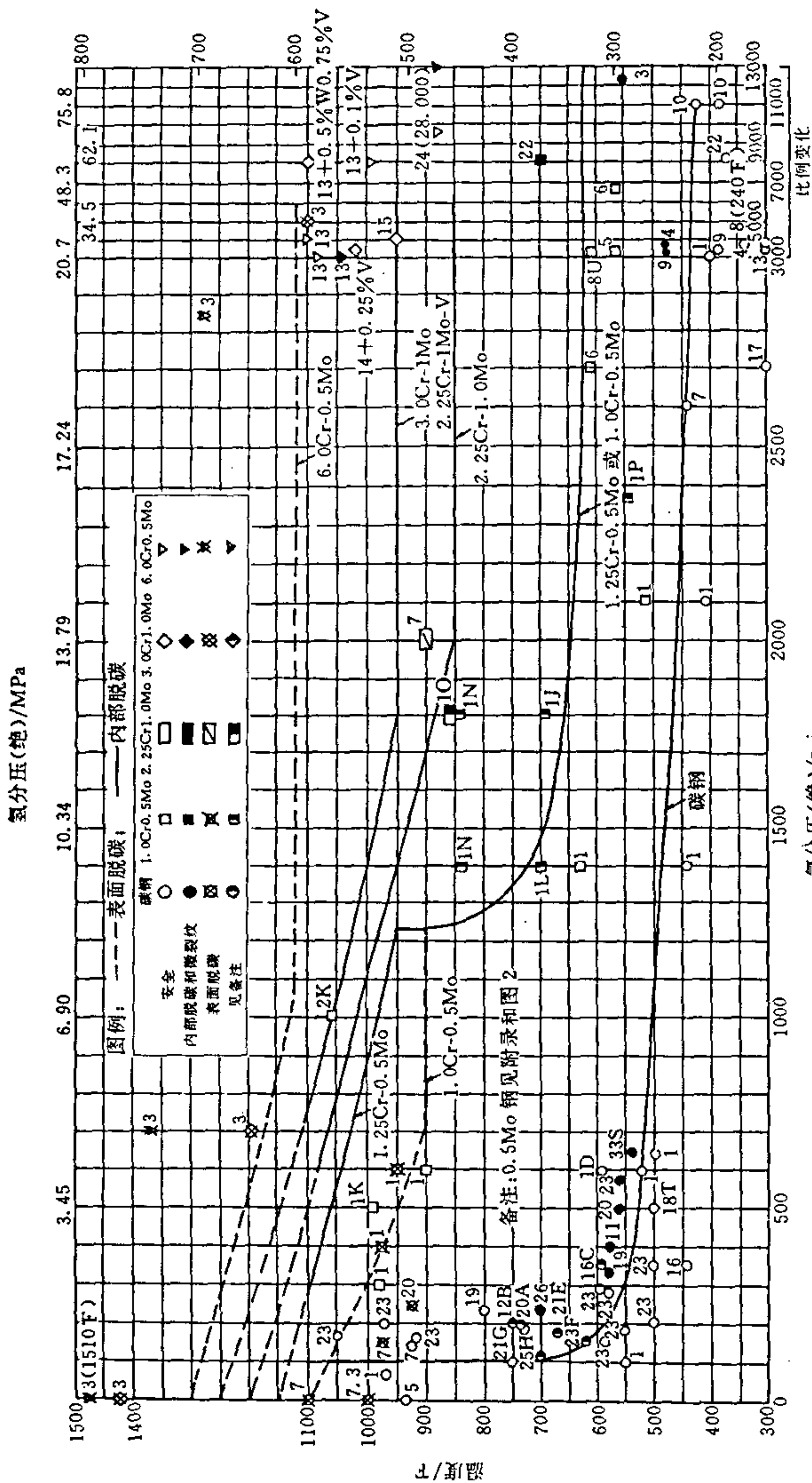
6.7.4 液氨应力腐蚀环境

1 当化工容器接触的液氨介质同时符合下列各项条件时,即为液氨应力腐蚀环境:

- (1)介质为液态氨,含水量不高(≤ 0.2%),且有可能受空气(O₂ 或 CO₂)污染的场所;
- (2)使用温度高于 -5℃。

2 在液氨应力腐蚀环境中使用的低碳钢和低合金高强度钢(包括焊接接头)应符合下列要求:

- (1)材料要求及限制按 6.7.2 条 2 款(1)~(5);
- (2)焊接的要求按 6.7.2 条 4 款(1)~(5);
- (3)焊后热处理或采用硬度不大于 HB 185 的焊接工艺施焊;
- (4)液氨中添加大于等于 0.2% 的水作缓蚀剂,也可作为防止应力腐蚀裂纹的辅助措施。



7 焊接材料

7.1 焊接材料标准

化工容器用焊接材料的质量和规格应符合下列现行国家标准和行业标准的要求:

GB 5117	《碳钢焊条》
GB 5118	《低合金钢焊条》
GB 983	《不锈钢焊条》
GB 2835	《低温钢焊条》
GB 14957	《熔化焊用钢丝》
GB 4242	《焊接用不锈钢丝》
GB 4233	《惰性气体保护焊接用不锈钢棒及钢丝》
GB 8110	《气体保护焊用碳钢、低合金钢焊丝》
GB 5293	《碳素钢埋弧焊用焊剂》
GB 12470	《低合金钢埋弧焊用焊剂》

7.2 焊接材料质量证明书

7.2.1 焊接材料必须附有焊接材料制造厂的质量证明书(或复制件)。质量证明书中应包括熔敷金属的化学成份、机械性能、药皮含水量(或熔敷金属含氢量)以及有关的特种性能测定数据或合格情况。

7.2.2 根据国内焊接材料还有未制定国家标准和专业标准的实际情况,列入焊接材料产品样本的品种分为三种情况,即:

- (1)符合国家标准;
- (2)相当于国家标准,但性能有所改善或提高;
- (3)尚无对应的国家标准。

7.2.3 凡符合国家标准者,质量证明书应包含相应国家标准的规定和要求;凡属于后两种情况者,其质量证明书,除应符合相近国家标准的一般要求和规定外,尚应符合该焊接材料产品样本中规定的性能和要求,详见本标准附录 B“部分特殊焊接材料的成份和性能”。

7.3 焊接材料选用及标注

化工容器的设计对焊接材料要求,一般按下列情况进行规定。

7.3.1 除 7.3.2 和 7.3.3 规定外,按手工电弧焊要求对焊接材料进行规定。一般以焊条牌号(而不以国家标准的焊条型号)进行标注规定。

7.3.2 根据焊接接头的型式、材料以及质量要求,设计者可规定采用氩弧焊或氩弧焊打底手工电弧焊盖面的焊接方法,但此时应在图样或技术文件中规定焊接方法并注明采用的氩弧焊焊丝(如添

加焊丝者)及焊条。

7.3.3 对于厚度较大的低碳钢、低合金钢、甚至不锈钢的对接接头(如筒体纵、环焊缝),设计者可根据具体情况规定采用埋弧焊或电渣焊,但此时应提出推荐或规定的焊丝和焊剂要求。

7.3.4 根据被焊母材的组合情况,焊接材料的选用应符合 7.5 和 7.6 的要求。

7.4 容器制造厂对设计选用焊接材料的修改

一般情况下,容器制造厂应按设计图样及技术文件上的规定采用焊接材料。

但允许容器制造厂在满足 7.5 和 7.6 各项要求以及设计规定的其它技术要求的前提下,改变焊接方法及所采用的焊接材料,但应事前取得设计单位的同意。

7.5 各种材料组合的焊接材料选用

7.5.1 低碳钢、低合金高强度钢之间的焊接材料选用

1 低碳钢、低合金高强度钢的焊接应按钢材的抗拉强度等级选用相应强度等级的焊接材料,焊接接头的抗拉强度应不低于母材标准规定的抗拉强度下限值。

2 焊接接头的抗拉强度不仅取决于熔敷金属的抗拉强度,而且更大程度上受母材强度以及坡口截面尺寸的影响。因此,为改善接头的抗裂性能和焊接工艺性能,允许在满足 7.5.1 条 1 款的前提下,选用熔敷金属公称抗拉强度比母材低 10~30MPa,甚至低一级的焊条。

3 对于厚板多层焊或焊后进行消除应力热处理或正火的容器,应考虑焊接接头经上述热处理后强度偏低的情况。

4 凡符合《压力容器安全技术监察规程》的Ⅰ类和Ⅱ类的压力容器应采用低氢焊条。铸钢和中碳钢(非受压元件用)的焊接,由于钢材含碳量较高或厚度较大,焊接的裂纹倾向大,一般应选用低氢焊条,并采取缓冷处理。

5 管道、小直径容器、接管等单面施焊要求焊透和背面形成良好的场合,可采用专用的相应强度等级的底层焊条(如高纤维性),以改善背面成形,不易产生气孔和夹渣等焊接缺陷。但底层焊条一般仅适用于打底焊,不宜用作多层焊及盖面焊接,并应注意坡口组装的精度及焊工的培训。

6 对焊接接头的韧性(包括低温韧性)及抗裂性有较高或特殊要求时(如低温容器、球罐),应选用具有下列特性的低氢焊条:

(1)熔敷金属冲击功较高,或在较低温度下具有较高冲击功;

(2)焊条的药皮含水量或熔敷金属的扩散氢含量比一般标准要求更低的超低氢焊条。

7 各种强度级别钢材的手工电弧焊焊条应根据接头的性能和工艺要求按表 7-1 选用。焊接时,应根据厚度、接头的拘束程度、环境、气温等条件确定预热温度,一般情况下可按表 7-2 选取。

低氢型焊条使用前应经 350℃以上保温 1 小时的干燥处理,随烘随用。非低氢焊条应经 100℃左右烘干 1 小时。

表 7-1 强度钢焊条选用

钢材类别	焊条牌号	符合国标 型号 ^①	相近标准 型号 ^{②③}	用 途
Q235AF	J422(结 422)	E4303		酸性焊条,焊肉抗拉强度大于等于 420MPa,工艺性能良好。用于常压容器、非受压元件及 I 类压力容器焊接
抗拉强度 420MPa 级 低 碳 钢, 如 Q235A、B、C、20R、 20g、10、20	J422(结 422)	E4303		酸性焊条,但不能用于 I、II 类压力容器等韧性要求较高场合
	J427(结 427) J426(结 426)	E4315 E4316		低氢碱性焊条,焊肉抗拉强度大于等于 420MPa
	J420G (结 420 管)	E4300		碳钢管道等全位置打底专用焊条,具有良好背面成形性能,抗气孔性好
	J427Ni(结 427 镍)		E4315、 附录 B	低氢碱性焊条,含有一定量 Ni,药皮含水量及焊肉扩散氢含量低,因此低温韧性良好
抗拉强度 490MPa 级 碳 锰 钢, 如 16MnR、20MnMo、 16MnDR	J507(结 507)	E5015		低氢碱性焊条,焊肉抗拉强度大于等于 490MPa
	J507R (结 507R)		E5015G、 附录 B	低氢碱性焊条,焊后长期消除应力热处理后,焊肉抗拉强度大于等于 490MPa
	J507NiTiB (结 507NiTiB)		E5015G、 附录 B	超低氢焊条, -40℃ 低温韧性良好,抗裂性好
	J507RH (结 507 韧氢)			
	J507D (结 507 底)	E5015		低氢碱性焊条,全位置打底焊专用,具有良好背面成形,抗气孔及夹渣性能良好
	J506D (结 506 底)	E5016		
	J505MoD (结 505 钼底)		E5011、 附录 B	纤维素型焊条,打底焊专用,性能同上
抗拉强度 540MPa 级低合金高强度钢, 如 15MnVR 等	J557(结 557)		E5515G、 附录 B	低氢碱性焊条,焊肉抗拉强度大于等于 540MPa
	J557MoV (结 557 钼钒)			低氢碱性焊条,抗裂性比 J557 显著改善,用于厚壁、现场焊接等场合
	J556RH (结 556 韧氢)			超低氢碱性焊条,韧性及抗裂性比 J557 显著改善,用于对韧性、抗裂性要求高的 15MnVR 容器
抗拉强度 590MPa 级低合金高强度钢, 如 15MnVNR 钢等	J607(结 607)	E6015D1		低氢碱性焊条,焊肉抗拉强度大于等于 590MPa
	J607Ni (结 607 镍)		E6015G 附录 B	低氢碱性焊条,低温韧性及抗裂纹性能比 J607 好
	J607RH (结 607 韧氢)			超低氢碱性焊条,CF60(62)钢专用焊条,具有良好的低温韧性和抗裂性能
抗拉强度 690MPa 级低合金高强度钢, 如 18MnMoNbR 钢 等	J707(结 707)	E7015D2		低氢碱性焊条,焊肉抗拉强度大于等于 690MPa
	J707Ni (结 707 镍)		E7015G、 附录 B	低氢焊条,低温韧性和抗裂性能比 J707 有显著改善
12AlMoV 钢	J507Mo (结 507 钼)		E5015G、 附录 B	低氢焊条,高温抗 S 及 H ₂ S 腐蚀用 12AlMoV 钢专用焊条
10MoWVNb 钢	J507MoW (结 507 钼钨)		E5015G、 附录 B	低氢焊条,高温高压抗氢及氢、氮、氨腐蚀用 10MoWVNb 钢专用焊条

注:①E4300、E4315、E5015、E5016、E5011 为 GB 5117《碳钢焊条》所列型号;E5015G、E5515G、E6015D1、

E6015G、E7015D2、E7015G 为 GB 5118《低合金钢焊条》所列型号。符合上述国标型号的焊条应按相应国家标准验收。

②属于只有相近国家标准的焊条应按附录 B 所列成份、性能及相近国家标准型号的有关其它规定验收。

③特殊品种焊条的生产厂参见附录 B。

表 7-2 预热温度(℃)

钢材强度级别 板厚(mm) 预热温度(℃)	钢材抗拉强度级别(MPa)			
	420	490~530	590	690
≤20	—	—	—	75~125
>20~≤25	—	50~100	50~100	100~150
>25~≤32	—	75~125	75~125	125~175
>32~≤38	50~100	100~150	100~150	150~200
>38	75~125	125~175	125~175	150~200

注：①表列温度是推荐值，拘束程度高的部位（如人孔、接管）以及冬季气温低于 5℃ 以下时，应根据情况，采用比表列值高的预热温度，扩大预热区域，延长预热时间。

②不同强度级别的钢材焊接时，应按强度较高侧母材，选用预热温度。

③埋弧焊等焊接线能量大的场合，可不受此限制。

④采用氩弧焊打底的工艺时，经焊接工艺评定，可采用比表列值更低的预热温度。

8 低碳钢、低合金高强度钢的埋弧焊焊丝和焊剂可根据母材的抗拉强度级别、焊接坡口尺寸以及接头性能要求，按表 7-3 推荐选用。

酸性的高锰高硅焊剂（如 HJ430、431）工艺性能好，但焊缝的冲击韧性稍低。

为了提高焊接接头的韧性和抗裂性能，可选用中锰中硅（HJ350）或低锰低硅（HJ250 等）碱性焊剂，配以合金含量稍高的焊丝。

接头强度要求越高，或板厚越大，选用的焊丝 Si、Mn、Mo 的合金含量也应相应增加。

烧结型焊剂相对于熔炼型焊剂更有利于向焊缝过渡合金成份，补充焊丝中合金成份的烧损。碱性的烧结焊剂（如氟碱型—高碱性、高铝型—碱性、硅钙型—中性）适宜于提高焊缝的纯度、抗裂性和韧性。

9 热轧或正火状态使用的碳钢，以及 $\sigma_b \leq 540\text{MPa}$ 的低合金高强度钢焊后热处理温度一般取为 580~620℃。含钒低合金高强度钢，如 15MnVR、15MnVNR、09Mn2VDR 的焊后热处理温度一般取为 540~580℃。18MnMoNbR、20MnMoNb 等低合金高强度钢的焊后热处理温度一般取为 600~650℃。正火+回火或调质状态使用的低合金高强度钢，焊后热处理温度一般宜比母材的回火温度降低 20℃ 以上。

表 7-3 强度钢埋弧焊的推荐焊丝和焊剂

钢 材 类 别	焊 丝 牌 号 (GB 14957)	焊 剂 牌 号
Q235AF、A、E、C	H08A	431、430
20R、20g、20	H08A、H08MnA	431、430
抗拉强度 490MPa 级的碳锰钢, 如 16MnR、20MnMo、16MnDR	不开坡口: H08A	431
	中板开坡口: H08MnA、H10Mn2、H10MnSi	
	厚板深坡口: H10Mn2	350
抗拉强度 540MPa 级的低合金高强度钢, 如 15MnVR 等	不开坡口: H08MnA	431
	中板开坡口: H10MnSi、H10Mn2	
	厚板深坡口: H08MnMoA	250、350
抗拉强度 590MPa 级的低合金高强度钢, 如 15MnVNR 等	H10Mn2、H08MnMoA	431、350
抗拉强度 690MPa 级的低合金高强度钢, 如 18MnMoVbR 等	H08Mn2MoA、H08Mn2MoVA	250、350
09Mn2VDR	H08Mn2MoVA	250

10 不同强度级别的低碳钢、低合金高强度钢之间的异种钢焊接, 一般要求焊接接头的强度应不低于强度较低一侧母材标准规定的抗拉强度下限值, 而接头的塑性、韧性应不低于强度较高而塑性、韧性较差一侧的母材。其焊接材料应按表 7-4 选用, 预热温度见表 7-2 注②。

表 7-4 不同强度级别的低碳钢、低合金高强度钢异种钢焊接的焊条选用

母 材	抗拉强度 420MPa 级低碳钢	抗拉强度 490MPa 级碳锰钢	抗拉强度 530MPa 低合金高强度钢	抗拉强度 590MPa 低合金高强度钢
抗拉强度 490MPa 级碳锰钢	J427	—	—	—
抗拉强度 530MPa 级碳锰钢	J507	J507	—	—
抗拉强度 590MPa 低合金钢	J507	J507	J557	—
抗拉强度 690MPa 低合金钢	J507	J507	J557	J607

7.5.2 珠光体耐热钢之间的焊接材料选用

1 珠光体耐热钢的焊接材料选用应保证焊缝金属的合金含量(Cr、Mo、V)不低于母材标准规定的下限值。焊后消除应力热处理后的接头抗拉强度应不低于母材标准规定的抗拉强度下限值。

2 为了提高接头的抗裂性能, 化工容器用珠光体耐热钢焊接宜选用低氢碱性焊条。焊条选用按表 7-5 规定。

表 7-5 珠光体耐热钢焊条选用

钢材类别	焊条牌号	符合国标型号 (注)	最低预热温度 (℃)	焊后热处理
0.5Mo 钢,如 16Mo	R107(热 107)	E5015-A1	≤12mm,20 >12mm,100	≤15mm,可不作 >15mm,640~670℃
0.5Cr-0.5Mo 钢,如 12CrMo	R207(热 207)	E5515-B1	≤12mm,100 >12mm,150	≤15mm,可不作 >15mm,640~670℃
1Cr-0.5Mo 钢、 1.25Cr-0.5Mo 钢,如 15CrMoR、14Cr1MoR	R307(热 307)	E5515-B2	≤12mm,100 >12mm,150	680~700℃(以软化为主) 630~670℃(以提高高温强度为主)
2.25Cr-1Mo 钢,如 12Cr2Mo1G	R407(热 407)	E6015-B3	≤12mm,150 >12mm,200	680~720℃(以提高高温强度和耐蚀性为主) 630~670℃(以提高强度为主) 710~750℃(以软化为主)
5Cr-0.5Mo 钢,如 1Cr5Mo	R507(热 507)	E5MoV-15	200	710~750℃
1Cr-0.5MoV 钢,如 12Cr1MoVG	R317(热 317)	E5515-B2-V	≤12mm,150 >12mm,200	680~720℃

注: E5015-A1、E5515-B1、E5515-B2、E6015-B3、E5515-B2V 为 GB 5118《低合金焊条》所列的型号, E5MoV-15 为 GB 983《不锈钢焊条》所列型号。

3 珠光体耐热钢的手工电弧焊一般均需进行焊前预热和焊后消除应力热处理。当采用低碳焊丝选配的方法,控制熔敷金属的含碳量小于等于 0.05%时,R307、R407、R507 焊条用于表 7-6 所列场合时,经工艺评定合格,可免作焊后消除应力热处理。

表 7-6 低碳焊条用于珠光体耐热钢免除焊后热处理

钢材类别	焊条牌号	适用范围	预热温度(℃)
15CrMo、14Cr1MoR	R307(C≤0.05%)	壁厚≤15mm 的管子、接管	≥125
2.25Cr-1Mo	R407(C≤0.05%)	φ≤114mm 且壁厚≤12mm	≥150
5Cr-0.5Mo	R507(C≤0.05%)	壁厚≤7.5mm 的管子、接管	≥150

4 珠光体耐热钢的埋弧焊焊丝和焊剂应根据母材的合金组份按表 7-7 选用。

表 7-7 珠光体耐热钢埋弧焊焊丝和焊剂选用

钢材类别	焊丝牌号	焊剂牌号
15CrMo、14Cr1Mo	H08CrMoA、H13CrMoA	350、250
2.25Cr-1Mo	H08Cr2MoA ^(注)	250、251
12Cr1MoV	H08CrMoVA	250、251

注: H08CrMoA 为 YB/Z11-76《焊接用钢丝推荐钢号技术条件》所列钢号。

5 珠光体耐热钢管道、炉管、换热管等的手工电弧焊应尽可能按表 7-5 采用 Cr-Mo 系珠光

体耐热钢焊条。但当焊后无法进行消除应力热处理或要求降低预热温度时,也可按 7.6.1 条选用奥氏体钢或镍基合金焊条。

6 不同合金成份的珠光体耐热钢之间以及珠光体耐热钢与低碳钢、碳锰钢(如 16MnR)之间的异种钢焊接用焊条应按表 7—8 选用。一般采用中间合金成份的低氢碱性焊条,并根据其中焊接性能较差的一侧材料,确定预热温度。

珠光体耐热钢异种钢焊接的焊后热处理制度应兼顾两侧母材的消除应力热处理制度。同时还要考虑施焊两侧元件的重要性,将焊后热处理温度调整至偏向较重要一侧材料的热处理温度范围。

构件与受压件之间的异种钢焊接,焊后热处理温度按受压元件的要求进行。

表 7—8 珠光体耐热钢之间的异种钢焊接用焊条选用

母 材	另一侧母材				
	0.5Mo 钢	0.5Cr—0.5Mo 钢	1Cr—0.5Mo 钢、 1.25Cr—0.5Mo 钢	2.25Cr—1Mo 钢	5Cr—0.5Mo 钢
低碳钢	J427	J427	J427	R207、R307	R307、R407
16Mn	J507	J507	J507	R207、R307	R307、R407
0.5Mo 钢	—	R107	R107	R207、R307	R307、R407
0.5Cr—0.5Mo 钢	—	—	R207	R207、R307	R307、R407
1Cr—0.5Mo 钢、 1.25Cr—0.5Mo 钢	—	—	—	R307	R307、R407
2.25Cr—1Mo 钢	—	—	—	—	R407

7.5.3 奥氏体钢之间的焊接材料选用

1 奥氏体不锈钢的焊接材料选用应保证熔敷金属的 Cr、Ni、Mo 或 Cu 等主要合金元素的含量不低于母材标准规定的下限值。

2 对于有防止晶间腐蚀要求的焊接接头,应采用熔敷金属中含有稳定化元素 Nb(氩弧焊时,可含 Ti),或保证熔敷金属含碳量小于等于 0.04%的焊接材料。

3 奥氏体不锈钢的手工电弧焊,推荐采用电弧稳定、飞溅少、成型好、且脱渣容易的钛钙型酸性焊条,而低氢碱性焊条由于工艺性能较差,仅用于深坡口、低温($\leq -196^{\circ}\text{C}$)等有限场合。

奥氏体不锈钢手工电弧焊焊条应按表 7—9 选用。

表 7-9 奥氏体不锈钢手工电弧焊焊条选用

钢材类别	国外习惯代号	焊条牌号	符合国标型号	备 注
0Cr18Ni9	304	A102(奥 102)	E308-16	钛钙型酸性焊条
00Cr19Ni10	304L	A002(奥 002)	E308L-16	钛钙型酸性焊条,焊肉 C≤0.04%
		A002A(奥 002A)	E308L-16	氧化钛钙型酸性焊条,焊肉 C≤0.03%, 工艺性能比 A002 好
0Cr18Ni10Ti	321	A132(奥 132)	E347-16	焊肉 Nb≥8×C%
1Cr18Ni9Ti	—			
0Cr17Ni12Mo2	316	A202(奥 202)	E316-16	
00Cr17Ni14Mo2	316L	A022(奥 022)	E316L-16	焊肉 C≤0.04%
0Cr18Ni12Mo2Ti	316Ti	A212(奥 212)	E318-16	焊肉含 Nb≥6×C%
1Cr18Ni12Mo2Ti	—			
0Cr18Ni12Mo2Cu2	316Cu	A222(奥 222)	E317MoCu-16	
00Cr18Ni14Mo2Cu2	316CuL	A032(奥 032)	E317MoCuL-16	焊肉 C≤0.04%
0Cr19Ni13Mo3	317	A242(奥 242)	E317-16	
00Cr18Ni24Mo5Cu	—	A052(奥 052)	见附录 B	适用于 Mo5Cu 等高钼奥氏体不锈钢, 如瑞典 AVESTA 的 904L 以及 SANDVIK 的 2RK65 等
0Cr23Ni13	309S	A302(奥 302)	E309-16	25-13 型不锈钢耐热钢用,也经常用于异 种钢焊接
1Cr23Ni13	309			
0Cr25Ni20	310S	A402(奥 402)	E310-16	25-20 型不锈钢耐热钢用,也有用于异种 钢焊接,但需防止焊接热裂纹产生
1Cr25Ni13	310			
4Cr25Ni20	HK40	A432(奥 432)	E310H-16	HK40 炉管焊接专用
4Cr25Ni35	HK40M HP40	A447(奥 447)	见附录 B	改良型 HK40 炉管或 HP40 炉管焊接专 用

注:表列焊条牌号,除注明“见附录 B”外,均为符合 GB 983 相应型号的焊条。

4 为了提高焊缝金属的抗热裂性能和抗晶间腐蚀能力,一般奥氏体焊接材料的熔敷金属内应含有 3%~8%的铁素体。如使用(如特殊的耐腐蚀场合、低温、防止高温 σ 相脆化以及对磁导率有要求的场合)对铁素体含量有特殊控制要求的场合,应在图样及技术文件上说明,并在订购焊条时向焊条制造厂提出上述附加要求。

5 奥氏体不锈钢的钨极惰性气体保护焊(TIG)用焊丝应符合 GB 4233《惰性气体保护焊接用不锈钢棒及钢丝》的要求,并按表 7-10 选用。

表 7-10 不锈钢 TIG 焊用焊丝选用

母材	0Cr18Ni9	00Cr19Ni10	0Cr18Ni10Ti 1Cr18Ni9Ti	0Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2 0Cr18Ni12Mo2Ti 1Cr18Ni12Mo2Ti
焊丝	H0Cr21Ni10	H00Cr21Ni10	H0Cr20Ni10Ti H0Cr20Ni10Nb	H0Cr19Ni12Mo	H00Cr19Ni12Mo
母材	0Cr18Ni12Mo2Cu 00Cr18Ni14Mo2Cu	0Cr19Ni13Mo3	0Cr23Ni13 1Cr23Ni13	0Cr25Ni20 1Cr25Ni20	
焊丝	H00Cr19Ni12Mo2 Cu2	H0Cr20Ni14Mo3	H1Cr24Ni13	H0Cr26Ni21 H1Cr25Ni20	

6 奥氏体不锈钢的埋弧焊焊丝和焊剂可按表 7-11 选用。埋弧焊焊丝应符合 GB 4242《焊接用不锈钢丝》的要求。

表 7-11 不锈钢埋弧焊焊丝和焊剂选用

钢材类别	焊丝(GB 4242)	焊 剂
0Cr18Ni9	H0Cr21Ni10	HJ151、HJ260
00Cr19Ni10	H00Cr21Ni10	HJ172、HJ151
00Cr18Ni10Ti、1Cr18Ni9Ti	H0Cr20Ni10Ti、H0Cr20Ni10Nb	HJ151Nb、HJ172
0Cr17Ni12Mo2	H0Cr19Ni12Mo2	HJ151、HJ260
00Cr17Ni14Mo2	H00Cr19Ni12Mo2	HJ172、HJ151
0Cr18Ni12Mo2Ti	H00Cr19Ni12Mo2	HJ151Nb、HJ172

7 奥氏体不锈钢之间异种钢焊接用焊条应按表 7-12 选用。如采用氩弧焊,焊丝可根据表 7-13 选用。

表 7-12 奥氏体不锈钢之间的异种钢焊接用焊条选用

母 材	00Cr19Ni10 (304L)	0Cr23Ni13 (309S)	0Cr25Ni20 (310S)	0Cr17Ni12Mo2 (316)	00Cr17Ni14Mo2 (316L)	0Cr19Ni13Mo3 (317)	0Cr18Ni10Ti (321)
0Cr18Ni9 (304)	A002	A102 A302	A102 A302 A402	A102 A202	A102 A202	A102 A202 A242	A102
00Cr19Ni10 (304L)		A102 A302	A102 A302 A402	A102 A202	A002 A022	A102 A202 A242	A002 A132
0Cr23Ni13 (309S)			A302 A402	A302 A202	A302 A022	A302 A202	A302 A132
0Cr25Ni20 (310S)				A202	A202	A242	A102 A402
0Cr17Ni12Mo2 (316)					A202	A202 A242	A102 A202
00Cr17Ni14Mo (316L)						A242	A022
0Cr19Ni13Mo3 (317)							A242 A102

注：表中的排列次序，并不意味着优先使用。

表 7-13 奥氏体不锈钢之间的异种钢 TIG 焊接用焊丝选用

母材	304L	309S	310S	316	316L	317	321
304	H00Cr21Ni10	H0Cr21Ni10	H0Cr21Ni10	H0Cr21Ni10	H0Cr21Ni10	H0Cr21Ni10	H0Cr21Ni10
		H1Cr24Ni13	H0Cr24Ni13	H0Cr19Ni12Mo2	H0Cr19Ni12Mo2	H0Cr19Ni12Mo2	
			H0Cr26Ni21		H0Cr20Ni14Mo3		
304L		H0Cr21Ni10	H0Cr21Ni10	H0Cr21Ni10	H00Cr21Ni10	H0Cr21Ni10	H00Cr21Ni10
			H0Cr24Ni13		H00Cr19Ni12Mo2	H0Cr19Ni12Mo2	H0Cr20Ni10Ti
		H1Cr24Ni13	H0Cr26Ni21	H0Cr19Ni12Mo2		H0Cr20Ni14Mo3	H0Cr20Ni10Nb
309S			H1Cr24Ni13	H1Cr24Ni23	H1Cr24Ni13	H1Cr24Ni13	H1Cr24Ni13
			H0Cr26Ni21	H0Cr19Ni12Mo2	H00Cr19Ni12Mo2	H0Cr19Ni12Mo2	H0Cr20Ni10Ti
							H0Cr20Ni10Nb
310S				H0Cr19Ni12Mo2	H0Cr19Ni12Mo2	H0Cr20Ni14Mo3	H0Cr21Ni10
							H0Cr26Ni21
316					H0Cr19Ni12Mo2	H0Cr19Ni12Mo2	H0Cr21Ni10
						H0Cr20Ni14Mo3	H0Cr19Ni12Mo2
316L						H0Cr20Ni14Mo3	H00Cr19Ni12Mo2
317							H0Cr20Ni14Mo3
							H0Cr21Ni10

注：表中的排列次序，并不意味着优先使用。

8 化工容器中常用的镍基耐热、耐蚀合金 incolloy 800、inconel 600 的焊接材料选用见表 7-14。

表 7-14 incolloy 800 和 inconel 600 焊接材料选用

钢材类别	手工焊焊条	氩弧焊焊丝(TIG)
incolloy 800	ENiCrFe-3(inconel 182)	ERNiCr-3(inconel 82)
	ENiCrFe-2(incoweld A)	
inconel 600	ENiCrFe-1(inconel 132)	ERNiCrFe-5(inconel 62)
	ENiCrFe-3(inconel 182)	ERNiCr-3(inconel 82)

注：①ENiCrFe-1、ENiCrFe-2、ENiCrFe-3 为美国焊接学会 AWS 5.11“镍及镍合金药皮焊条”所列型号，详见附录 C“AWS 镍及镍合金焊接材料”。

②ERNiCr-3、ERNiCrFe-5 为 GB 15620 和美国焊接学会 AWS5.14“镍及镍合金焊丝”所列型号，详见附录 C。

③ENiCrFe-3、2、1 依次高温强度提高，但 ENiCrFe-3 的焊缝金属抗裂性能相比之下为最好，其中 ENiCrFe-3、ENiCrFe-2 还经常用于异种金属的手工电弧焊焊接。

④ERNiCr-3 和 ERNiCrFe-6 经常用于异种金属的气体保护焊焊接，加钨极氩弧焊等。

⑤括号内为国际镍公司的商品牌号。

7.6 异种金属材料的焊接材料选用

7.6.1 奥氏体不锈钢与铁素体钢(包括低碳钢、低合金高强度钢、珠光体耐热钢、铁素体不锈钢)的焊接。

1 铁素体钢之间的焊接应尽可能采用同种组织、成份的焊接材料。但当考虑免除焊后消除应力热处理或改善焊接工艺等因素而采用奥氏体型焊接材料时应考虑下列因素：

(1)奥氏体钢与铁素体钢的线膨胀系数差别较大，在高温或温度频繁变化场合，应考虑由此而引起的热应力；

(2)熔焊过程中，奥氏体焊缝金属与铁素体钢母材一侧的熔合线处发生的碳迁移而产生的脱碳层(铁素体钢母材侧)和渗碳层(奥氏体熔敷金属侧)将导致高温强度和塑性的下降。

2 采用奥氏体型焊接材料焊接铁素体钢母材时，预热温度可比采用相似合金成份焊接材料焊接铁素体钢时的预热温度相应下降 100℃左右，焊后热处理一般可予免除。

3 奥氏体不锈钢与铁素体钢的对接或角接，一般应选用 A302(奥 302)焊条或 H1Cr24Ni13 焊丝(TIG 或 MIG 焊接)，但当使用温度高于 450~550℃，且焊接接头承受较高应力水平时，应选用高镍奥氏体焊条，如 A502、A507、A607，当使用温度高于 550℃且接头承受较高应力水平时，应选用镍基焊接材料。手工电弧焊可选用符合 AWS A5.11 的 ENiCrFe-3、ENiCrFe-2；钨极氩弧焊可选用符合 AWS A5.14 的 ERNiCr-3、ERNiCrFe-6。上述 AWS 的焊接材料标准可参见本标准附录 C“AWS 镍及镍合金焊接材料”。

国产镍及镍合金焊条与 AWS A5.11 中有关型号的对应情况如表 7-15 所示。

表 7-15 国产镍基焊条与 AWS A5. 11 的对应情况

国外焊条牌号	AWS A5. 11 型号
Ni112	ENi-1
Ni347	ENiCrFe-0(GB)
Ni307B	ENiCrFe-3
Ni357	ENiCrFe-2

4 奥氏体不锈钢在铁素体钢表面复合、衬里、堆焊的材料按表 7-16 选用。

应尽量避免在奥氏体钢表面上(包括焊缝金属上)采用铁素体型焊接材料施焊。

采用奥氏体型焊接材料在铁素体钢表面施焊时,应在工艺上采取措施,尽可能减少母材对熔敷金属的稀释比率。如采用坡口表面预堆边焊;采用尽可能小的焊接线能量输入;采用带极堆焊代替手工堆焊等等。

表 7-16 不锈复合板、衬里以及不锈钢堆焊的焊条选用

复层、衬里层、堆焊层的类别	过渡层焊条	盖面层焊条
0Cr18Ni9(304)	A302	A102
00Cr19Ni10(304L)	A062	A002、A002A
0Cr18Ni10Ti(321) 1Cr18Ni9Ti	A302	A132
0Cr17Ni12Mo2(316)	A312	A202
00Cr17Ni14Mo2(316L)	A042	A022
0Cr18Ni12Mo2Ti(316Ti) 1Cr18Ni12Mo2Ti	A042	A212

7.6.2 低碳钢、不锈钢、镍基合金之间的异种金属焊接材料(手工电弧焊焊条以及氩弧焊焊丝)可参考附录 D“低碳钢、不锈钢、镍基合金的异种金属焊接材料选用表”进行选取。

7.6.3 碳钢、不锈钢与铜合金之间的异种金属焊接材料(手工电弧焊焊条以及氩弧焊焊丝)可参考附录 E“碳钢、不锈钢与铜合金的异种金属焊接材料选用表”进行选取。

8 新材料的鉴定与使用

8.1 新材料的技术鉴定

8.1.1 压力容器主要受压元件用新材料必须经过技术鉴定。

8.1.2 技术鉴定的内容以及参加鉴定的单位所能代表的部门即是鉴定的有效范围。

8.1.3 技术鉴定的内容应包括如下方面：

- 1** 材料的生产工艺、成材率及其经济性；
- 2** 制造加工性能(冷、热加工性能,焊接性能以及焊接材料)；
- 3** 设计必须具备的基本性能(根据用途,包括材料的常温机械性能、高温机械性能、低温机械性能、可焊性、耐蚀性能、热处理及热加工对材料性能和组织的影响,许用温度范围内的许用应力)；
- 4** 许用的温度、压力或介质范围；
- 5** 现场使用性能或经验；
- 6** 钢材技术条件。

8.2 经鉴定新材料的使用

经技术鉴定合格的新材料方可在鉴定的有效范围内设计使用。

8.3 未经鉴定新材料的试用

未经鉴定的新材料只能在有限的设备或部件上试用,且需经设计单位的技术负责人同意。

9 按国外标准生产的钢材使用

9.1 许用范围的确定

压力容器设计或制造中采用按国外标准生产的钢材时,应根据下列各条决定钢材的许用范围和限制。

9.1.1 钢材所符合的国外有关标准(如 ASTM、DIN、JIS、BS 等)以及钢号已被国外压力容器标准、规范确认为许用材料。

9.1.2 国外现行压力容器标准或规范(如 ASME 第Ⅷ卷第一册、西德 AD 规范、JIS B8270、日本劳动省压力容器构造规格、BS 5500 等)对该钢材标准和钢号的许用范围和限制。

9.1.3 本标准规定的国内相类似钢材的使用限制和范围。

9.2 技术要求的确认

9.2.1 钢材除应符合相应国外材料标准的技术要求外,还必须符合国外压力容器标准、规范和需方订货合同中规定的必要附加技术要求。

9.2.2 钢材的使用(热处理)状态应符合国外钢材标准和压力容器标准、规范中的规定。

9.2.3 钢材还应符合本标准第 5 章对相类似钢材的技术要求。国外钢材标准和订货合同中未规定进行检验的项目,应由设备制造部门复验,合格后方可投料使用。

9.3 许用应力的确定

9.3.1 对本标准已予列入的不锈钢、珠光体耐热钢(钼钢、铬钼钢),可选用 GB 150《钢制压力容器》规定许用应力值。

9.3.2 其它按国外标准生产的钢材的许用应力值应不大于按国外标准、规范提供的机械性能保证值与 GB 150《钢制压力容器》规定的安全系数求得的值。

9.3.3 当按国外压力容器标准、规范进行设计时,应选用相应国外规范规定的许用应力值。

9.4 制造工艺的评定

设计单位应会同设备制造部门对钢材的制造加工工艺(热处理、冷热加工工艺、焊接工艺、焊接材料、焊后热处理、焊接接头性能)进行评定并认可后,方可投料应用。

10 钢材的代用

10.1 设计单位的同意

由于设计以外的原因造成的主要受压元件钢材代用应事前征得设计部门的同意。标准零部件或通用设计的钢材代用应事前征得选用的设计部门的同意。

10.2 应考虑的因素

钢材代用时,应全面考虑下列各种因素:

- 10.2.1 代用钢材的强度、塑性、韧性、化学成份、耐蚀性对设计条件(温度、压力、介质、结构)的适应性。
- 10.2.2 代用钢材对制造加工工艺的适应性(尤其要注意焊接工艺、焊接材料、焊后热处理等)。
- 10.2.3 代用钢材与原设计钢材的钢材标准差异(如化学成份、检验项目、检验率)。
- 10.2.4 两种不同组织(铁素体、奥氏体)的钢材互相代用所引起的热应力、异种钢焊接问题。
- 10.2.5 代用钢材的经济性。

10.3 规定许用范围的钢材的代用

凡本标准列入的钢材(钢材标准及其钢号)同时符合下列各项条件者,允许互相代用:

- 10.3.1 代用钢材符合第5章的有关技术要求;
- 10.3.2 代用钢材符合第6章的有关使用限制和范围;
- 10.3.3 设计已对10.2各条进行了考虑,并认为可以代用。

10.4 无标准钢材

无标准的钢材不得作为受压元件的代用钢材。

10.5 其它情况

其它情况的钢材代用按本标准第3.0.6、3.0.7条处理。

附录 A 商品紧固件机械性能

A.1 适用钢材

表 A—1 所列为 4.6 级和 8.8 级螺栓、螺钉、螺柱适用的钢材化学成份和热处理要求。

表 A—1 钢材的化学成份和热处理

机械性能等级	材料类别	热处理	化学成份(%)			一般采用材料
			C	P	S	
4.6	低碳钢或中碳钢	热轧或退火、回火处理	≤0.55	≤0.05	≤0.06	35 号钢或普碳钢回火处理
8.8	低碳合金钢(如硼或锰或铬)	淬火+回火,最低回火温度 425℃	0.15~0.35	≤0.04	≤0.05	20MnTiB 调质(用于 M20 以上的紧固件)
	中碳钢	淬火+回火,最低回火温度 450℃	0.25~0.55	≤0.04	≤0.05	35 号钢调质

A.2 机械性能

表 A—2 所列为 4.6 级和 8.8 级螺栓、螺钉、螺柱的机械性能保证值。

表 A—3 所列为 5 级和 8 级螺母的机械性能。

表 A—2 机械性能(螺栓、螺柱、螺钉)

机械性能等级	规格	σ_b (MPa)	$\sigma_{0.2}$ 或 σ_s (MPa)	δ_5 (%)	A_{KV} (J)	HB
4.6	≤M39	≥400	≥240	≥22	—	≤200
8.8	≤M16	≥800	≥640	≥12	≥30	≤298
	>M16	≥830	≥660	≥12	≥30	≤323

表 A—3 螺母机械性能

机械性能等级	规格	保证应力(MPa)	HV
5	>10~16	≥610	130~302
	>16~39	≥630	
8	>10~16	≥840	188~302
	>16~39	≥920	

附录 B 部分特殊焊接材料的成份和性能

表 B-1 特殊电焊条成份(熔敷金属)

焊条牌号	熔敷金属化学成份(%)							其 它
	C	Mn	Si	S	P	Ni	Mo	
J427Ni	≤0.12	0.50~0.85	≤0.50	≤0.035	≤0.040	≤0.70	—	—
J507R	≤0.12	≤1.60	≤0.70	≤0.035	≤0.040	≤0.70	—	—
J507NiTiB	≤0.12	≤1.60	≤0.60	≤0.025	≤0.025	0.35~0.65	—	Ti0.02~0.04 B0.002~0.005
J507RH	≤0.12	≤1.60	≤0.70	≤0.025	≤0.025	0.35~0.80	—	—
J505MoD	≤0.20	0.40~0.70	≤0.20	≤0.035	≤0.040		0.20~0.60	
J557	≤0.12	≥1.00	0.30~0.70	≤0.035	≤0.035			
J557MoV	≤0.10	0.80~1.30	≤0.25	≤0.035	≤0.035		0.20~0.35	V0.03~0.05
J556RH	≤0.12	≥1.00	0.30~0.70	≤0.035	≤0.035	≤0.85		
J607Ni	≤0.10	≥1.00	≤0.80	≤0.035	≤0.035	1.20~1.50		
J607RH	≤0.10	≥1.00	≤0.80	≤0.025	≤0.025	0.60~1.20	0.10~0.40	
J707Ni	≤0.10	≥1.00	≤0.60	≤0.030	≤0.030	1.80~2.20	0.40~0.60	Cr≤0.20
J707RH	≤0.10	1.20~1.60	0.30~0.60	≤0.020	≤0.020	1.40~2.00	0.25~0.50	Cr0.08~0.20
J507Mo	≤0.12	≤0.90	≤0.60	≤0.035	≤0.035		0.40~0.65	V≤0.20
J507MoW	≤0.10	≤0.80	≤0.50	≤0.035	≤0.035		0.50~0.90	W0.5~0.90 V≤0.20 Nb≤0.12

表 B-2 特殊电焊条性能

焊条牌号	焊缝金属机械性能				熔敷金属扩散氢含量 (ml/100g)	药皮含水量 (%)
	σ_b (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	δ_5 (%)	A_{KV} (J)		
J427Ni	≥ 420	≥ 330	≥ 22	$-40^\circ\text{C} \geq 27$	≤ 8	≤ 0.40
J507R	≥ 490	≥ 390	≥ 22	$-30^\circ\text{C} \geq 47$	≤ 4	≤ 0.30
J507NiTiB	≥ 490	≥ 410	≥ 24	$-40^\circ\text{C} \geq 47$	≤ 5	≤ 0.15
J505RH	≥ 490	≥ 410	≥ 22	$-30^\circ\text{C} \geq 47$ $-40^\circ\text{C} \geq 34$	≤ 4	≤ 0.10
J505MoD	≥ 490	≥ 400	≥ 20	$-30^\circ\text{C} \geq 27$	—	—
J557	≥ 540	≥ 440	≥ 17	$-30^\circ\text{C} \geq 47$	≤ 6	≤ 0.20
J557MoV	≥ 540	≥ 440	≥ 17	$-40^\circ\text{C} \geq 27$	≤ 6	≤ 0.20
J556RH	≥ 540	≥ 440	≥ 17	$-40^\circ\text{C} \geq 34$	≤ 4	≤ 0.10
J607Ni	≥ 590	≥ 490	≥ 15	$-40^\circ\text{C} \geq 34$	≤ 4	≤ 0.15
J607RH	≥ 610	≥ 490	≥ 17	$-40^\circ\text{C} \geq 47$	≤ 4	≤ 0.10
J707Ni	≥ 690	≥ 590	≥ 15	$-50^\circ\text{C} \geq 27$	≤ 4	≤ 0.15
J707RH	≥ 690	≥ 590	≥ 15	$-50^\circ\text{C} \geq 34$	≤ 4	≤ 0.10
J507Mo	≥ 490	≥ 390	≥ 22	$-30^\circ\text{C} \geq 27$	≤ 6	≤ 0.40
J507MoW	≥ 490	≥ 390	≥ 22	$-30^\circ\text{C} \geq 27$	≤ 6	≤ 0.40

注: J557、J557MoV、J556RH、J607Ni、J607RH、J707Ni、J707RH 的机械性能为热处理后性能, 热处理规范为 605~635℃保温 1 小时。J507MoW 为焊后 740℃热处理后的性能。

表 B-3 特殊奥氏体钢焊条化学成份和熔敷金属机械性能

焊条牌号	焊缝金属化学成份(%)									熔敷金属机械性能	
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	S	P	σ_b (MPa)	δ_s (%)
A052(奥 052)	≤ 0.04	≤ 2.0	≤ 1.0	17~22	22~27	4.0~5.5	≤ 2	≤ 0.03	≤ 0.035	≥ 490	≥ 25
A462(奥 462)	0.15~0.35	1.5~3.0	0.90~1.30	25~28	30~35	0.4~0.6	—	≤ 0.03	≤ 0.035	≥ 630	≥ 15

表 B-4 特殊电焊条生产厂商一览表

焊条牌号	生 产 厂 商
J402G	大同市电焊器材厂、辽源市电焊条厂、集宁卫星焊材公司、牡丹江市电焊条厂、邢台市焊条厂、西安电力建设器材总厂
J427Ni	上海电焊条总公司、成都电焊条厂、株洲市电焊条总厂、石家庄市电焊条厂、北京市焊接材料厂
J507R	合肥市电焊条厂
J507NiTiB	常州市电焊条厂
J507RH	上海电力修造厂、上海电焊条厂、成都、南京、北京电焊条厂
J507D	天津市电焊条厂
J506D	天津、株洲、集宁、郑州、南京、锦州市电焊条厂
J505MoD	天津、辽源、自贡市中国电焊条厂、泰州、集宁、丹东、石家庄、保定市八一电焊条厂、南京、锦州、桂林市电焊条厂
J557MoV	青岛、石家庄、哈尔滨电焊条厂、自贡中国电焊条厂
J556RH	成都、江苏宇宙焊材公司
J607Ni	上海电力修造厂、上海电焊条总厂
J607RH	上海电力修造厂、成都、桂林、北京电焊条厂
J707Ni	上海东亚电焊条厂、成都、青岛、石家庄、哈尔滨、南京、锦州市电焊条厂
J507Mo	上海电焊条总厂、成都、集宁、哈尔滨市电焊条厂
J507MoW	上海电焊条总厂、集宁电焊条厂
A052	上海电焊条总厂、天津电焊条厂、自贡中国电焊条厂
A447	上海电焊条总厂

注：本附录所列均摘自“焊接材料产品样本”（机械工业出版社，1997 年版）。

附录 C AWS 镍及镍合金焊接材料(参考件)

C.0.1 镍及镍合金药皮焊条(AWS A5.11)熔敷金属成份和性能见表 C-1 和表 C-2 所示。

C.0.2 镍及镍合金气体保护焊焊丝(GB 15620 和 AWS 5.14)的成份见表 C-3 所示。

表 C-1 镍及镍合金熔敷金属化学成份(%)

AWS 型号	C	Mn	Fe	P	S	Si	Cu	Ni	Co	Al	Ti	Cr	Nb+Ti (注 3)	Mo	V	W	其它 总量
ENi-1	0.10	0.75	0.75	0.03	0.02	1.25	0.25	≥92		1.0	1~4						0.50
ENiCu-7	0.15	4.0	2.5	0.02	0.015	1.0	余量	62~68		0.75	1.0						0.50
ENiCrFe-1	0.08	3.5	11	0.03	0.02	0.75	0.50	≥62				13~17	1.5~4				0.50
ENiCrFe-2	0.10	1.0~ 3.5	12	0.03	0.02	0.75	0.50	≥62	注 2			13~17	0.5~3	0.5~ 2.5			0.50
ENiCrFe-3	0.10	5.0~ 9.5	10	0.03	0.015	1.0	0.50	≥59	注 2		1.0	13~17	1~2.5				0.50
ENiMo-1	0.07	1.0	4~7	0.04	0.03	1.0	0.50	余量	2.5			1.0		26~30	0.6	1.0	0.50
ENiMo-3	0.12	1.0	4~7	0.04	0.03	1.0	0.50	余量	2.5			2.5~ 5.5		23~27	0.6	1.0	0.50

注:①表列化学成份除已规定外,单个值均指最大值。

②当规定时,Co≤0.12。

③当规定时,Ti≤0.30。

表 C-2 镍及镍合金焊条熔敷金属机械性能

AWS 焊条型号	σ_b (MPa)	δ_4 (%)
ENi-1	≥410	≥20
ENiCu-7	≥480	≥30
ENiCrFe-1 ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	≥550	≥30
ENiMo-1 ENiMo-3	≥690	≥25

表 C-3 镍及镍合金惰性气体保护焊(TIG、MIG)用焊丝化学成份(%)

GB 15620 和 AWS 型号	C	Mn	Fe	P	S	Si	Cu	Ni	Co	Al	Ti	Cr	Nb+Ti (注 3)	Mo	V	W	其它 总量
ERNi-1	0.15	1.0	1.0	0.03	0.015	0.75	0.25	≥93		1.5	2~ 3.5						0.50
ERNiCu-7	0.15	4.0	2.5	0.02	0.015	1.25	余量	62~ 69		1.25	1.5~ 3						0.50
ENiCr-3	0.10	2.5~ 3.5	3.0	0.03	0.015	0.50	0.50	≥67	注 2		0.75	18~ 22	2~3				0.50
ERNiCrFe-5	0.08	1.0	6~ 10	0.03	0.015	0.35	0.50	≥70	注 3			14~ 17	1.5~3				0.50
ERNiCrFe-6	0.08	2.0~ 2.7	8	0.03	0.015	0.35	0.50	≥67			2.5~ 3.5	14~ 17					0.50
ERNiMo-1	0.08	1.0	4~7	0.025	0.03	1.0	0.50	余量	2.5			1.0		26~ 30	0.2~ 0.4	1.0	0.50
ERNiMo-3	0.12	1.0	4~7	0.04	0.03	1.0	0.50	余量	2.5			4~6		23~ 26	0.6	1.0	0.50

注:①表列化学成份除已规定外,单个值均指最大值;

②当规定时,Co≤0.12;

③当规定时,Ti≤0.30。

附录 D 低碳钢、不锈钢、镍基合金异种金属焊接材料选用表(参考件)

母材	纯 镍	蒙乃尔 400	蒙乃尔 K500	incolloy 600	incolloy 800	不 锈 钢	碳 钢	70/30 铜镍合金	海氏合金 B	海氏合金 C	备 注
纯 镍	ERNi-1	ERNi-1	ERNi-1	ERNi-1	ERNi-1	ERNi-1	ERNi-1	ERNi-1	ERNiCr-3	ERNiCr-3	
	ENi-1	ERNiCu-7	ERNiCr-3	ERNiCr-3	ERNiCr-3	ERNiCr-3	ERNiCr-3	ERCuNi	ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6	
蒙乃尔 400	ENi-1	ERNiCu-7	ERNiCu-7	ERNiCr-3	ERNiCr-3	ERNi-1	ERNi-1	ERNiCu-7	ERNiCu-7	ERNiCr-3	
	ENiCu-7	ENiCu-7	ENiCu-7	ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6				ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6	
蒙乃尔 K 500	ENiCu-7	ENiCu-7	ERNiCu-7	ERNiCr-3	ERNiCr-3	ERNiCr-3	ERNi-1	ERNiCu-7	ERNiCu-7	ERNiCr-3	
				ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6			ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6	
incolloy 600	ENi-1	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	ERNiCrFe-5	ERNiCr-3	ERNiCr-3	ERNiCr-3	ERNi-1	ERNiCr-3	ERNiCr-3	
	ENiCrFe-2	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ERNiCr-3	ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6		ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6	
	ENiCrFe-3			ERNiCrFe-1 或 3							
incolloy 800	ENi-1	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	ERNiCr-3	ERNiCr-3	ERNiCr-3	ERNi-1	ERNiCr-3	ERNiCr-3	
	ENiCrFe-2	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 或 3	ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6		ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6	
	ENiCrFe-3										
不 锈 钢	ENi-1	ENiCu-7	ENiCu-7	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	ERNiCr-3	ERNiCr-3	ERNi-1	ERNiCr-3	ERNiCr-3	
				ENiCrFe-3	ENiCrFe-3		ERNiCrFe-6		ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6	
碳 钢	ENi-1	ENiCu-7	ENiCu-7	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2		ERNi-1	ERNiCr-3	ERNiCr-3	
				ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3			ERNiMo-3	ERNiMo-3	
70/30 铜镍合金	ENi-1	ENiCu-7	ENiCu-7	ENi-1	ENi-1	ENi-1	ENiCu-7	ERCuNi	ERNi-1	ERNi-1	
	ECuNi	ECuNi	ECuNi	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2			ERNiMo-3	ERNiMo-3	
海氏合金 B	ENiCrFe-2	ENiCu-7	ENiCu-7	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	ENiMo-3	ENi-1	ERNiMo-3	ERNiMo-3	
	ENiCrFe-3			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiMo-3	ENiCrFe-2			ERNiMo-3	
海氏合金 C	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	ENiMo-3	ENi-1	ENiMo-3	ENiMo-3	
	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3		ENiMo-3	ENiMo-1	ENiMo-1	

说明:①表列的左上角为惰性气体保护焊丝的 AWS A5.14 所列的焊丝型号,详细成份参见附录 C 的表 C-3.

②表列的左下角为手工电弧焊用焊条的 AWS A5.11 所列的焊条型号,详细成份及性能参见附录 C 的表 C-2.

ECuNi 和 ERCuNi 为 AWS A5. 6“铜及铜合金药皮焊条”和 AWS A5. 7“铜及铜合金填充丝和焊丝”所列的型号。焊条的熔敷金属和焊丝的化学成份如下表所示：

AWS 型 号	Cu	Zn	Sn	Mn	Fe	Si	Ni	P	S	Pb	Ti	其它总量
ECuNi	余量	*	*	1~2. 5	0. 4~0. 75	0. 5	29~33	0. 020	0. 015	0. 02*	0. 05	0. 50
ERCuNi	余量	*	*	1. 00	0. 4~0. 75	0. 25	29~32	0. 020	0. 015	0. 02*	×	0. 50

注：①包括带 * 的元素在内的其它元素总含量，应不超过规定的 0. 5%。

②表列数值除已规定者外，单个值系指最大值。

附录 E 碳钢、不锈钢与铜合金的异种金属焊接材料选用表
(参考件)

母材	纯铜	低锌黄铜	黄锌黄铜 锡黄铜 特种黄铜	磷青铜	铝青铜	硅青铜	铜镍合金
低碳钢	SCu-2 SCuAl ERNi-1 (预热 540℃)	SCuSn (预热 315℃)	SCuAl (预热 260℃)	SCuSn (预热 200℃)	SCuAl (预热 150℃)	SCuAl (预热 <60℃)	SCuAl ERNi-1 (预热 <60℃)
中碳钢	SCu-2 SCuAl ERNi-1 (预热 540℃)	SCuAl (预热 315℃)	SCuAl (预热 260℃)	SCuSn (预热 200℃)	SCuAl (预热 200℃)	SCuAl (预热 <60℃)	SCuAl ERNi-1 (预热 <60℃)
高碳钢	SCu-2 SCuAl ERNi-1 (预热 540℃)	SCuAl (预热 315℃)	SCuAl (预热 260℃)	SCuSn (预热 260℃)	SCuAl (预热 260℃)	SCuAl (预热 200℃)	SCuAl ERNi-1 (预热 <60℃)
低合金钢	SCu-2 SCuAl ERNi-1 (预热 540℃)	SCuAl (预热 315℃)	SCuAl (预热 315℃)	SCuSn (预热 260℃)	SCuAl (预热 260℃)	SCuAl (预热 200℃)	SCuAl ERNi-1 (预热 <60℃)
不锈钢	SCu-2 SCuAl ERNi-1 (预热 540℃)	SCuSn SCuAl (预热 315℃)	SCuAl (预热 315℃)	SCuSn (预热 200℃)	SCuAl (预热 <60℃)	SCuAl (预热 <60℃)	SCuAl ERNi-1 (预热 <60℃)

说明:

- ①表列的铜合金与碳钢、不锈钢的异种金属焊接材料是指采用惰性气体保护焊用焊丝。熔化极氩弧焊(MIG)适用于表列的各种异种金属焊接,但钨极氩弧焊(TIG)一般不适用于黄铜与铜的焊接。
- ②表列的铜合金与钢的异种金属焊接用氩弧焊焊丝为符合 JB 2736-80“铜及铜合金焊丝”的焊丝。
- ③施焊时,焊接电弧应指向两种金属中导热系数较高的一侧母材。
- ④施焊时,应将焊接坡口预热到表列的温度,并控制层间温度不得超过表列温度范围,以避免热脆性。
- ⑤硅青铜与钢的异种金属焊接时,经常采用铝青铜焊丝(SCuAl)在铜合金的表面预先堆焊一层过渡层,然后再进行焊接。当使用镍基焊条(ERNi-1)焊接纯铜与钢,铜镍合金与钢,或使用铝青铜焊线(SCuAl)焊接铝青铜与钢时,一般不需要预堆焊,但必须把钢焊透,才能保证获得较大的接头强度。
- ⑥铜合金与钢钎焊时,应注意防止对钢的过热,并应注意在钢的一侧产生晶间钎焊裂纹的倾向。

钢制化工容器材料选用规定

HG 20581-1998

编制说明

根据原化工部建设协调司的指示和安排,由全国化工设备设计技术中心站组织编制有关化工行业标准(设计),作为设备设计和施工时必须遵循的指令性标准。本标准是在原化工行业标准 HGJ 15-89《钢制化工容器材料选用规定》的基础上修订而成的,修订过程中主要考虑了如下要点:

- (1)GB 150《钢制压力容器》对材料有关的内容已作较大的修改;
- (2)有关钢铁材料的国家标准、行业标准在近年已作较大的修改;
- (3)《压力容器安全技术监察规程》已进行修订,目前虽尚未定稿、颁布,但从送审稿来看,已较原来作了很多调整;
- (4)增加关于焊接材料选用,包括与材料关系极为密切的预热、焊后热处理等的规定;
- (5)增加关于铸钢、非受压元件用钢材的选用及材料质量要求;
- (6)对其它内容进行必要的修订、补充。

下面就几个主要问题,作一说明。

1. 对 GB 150《钢制压力容器》的补充和具体化

本标准是结合化工容器设计的具体情况,对 GB 150《钢制压力容器》的补充和具体化。补充了设计选材原则、钢材技术要求、常压容器及非受压元件的设计选材、焊接材料选用、符合国外标准的钢材使用、钢材代用等方面的内容。又对钢材质量证明书应列出的项目、商品紧固件的性能、钢材的使用限制和范围。在 NaOH 溶液、高温高压氢腐蚀环境、液氨以及 H₂S 应力腐蚀环境下的材料使用方面作了较为具体的补充。

2. 适用范围

本标准的适用范围中特别要注意的是包括了常压及非受压元件的化工容器及部件的设计材料要求,但不包括小于等于-20℃低温容器。后者将另列专门的技术标准(HG 20585)予以规定。

3. 定义

定义部分列入的名词解释完全是为本规定的具体条款服务的,具体条款中提及的有关名词应以“定义”解释为准。

4. 应用标准的版本

列入的有关标准、规范、技术条件一律不加年号,以现行的最新版本为准,这样可适应当前标准经常修改、变更的要求。

5. 钢材技术要求和钢材订货的附加要求

当前我国钢材标准尚不能适应化工容器用钢的专门要求。为此,采用现行钢材标准时,设计者

必须根据容器设计条件,根据本标准第5章的要求提出必要的协议项目及其它附加保证项目。第3.0.4、3.0.5条就是与第5章的“钢材技术要求”互相呼应的。

6. 不锈钢晶间腐蚀试验

不锈钢晶间腐蚀试验是检验不锈钢在可能具有晶间腐蚀的场合下适用时,有无可能发生晶间腐蚀的一种试验方法,每一种试验方法对其适用的钢号、介质是具有一定对应性、代表性的。因此,对材料提出晶间腐蚀试验要求时必须同时兼顾下面几个方面:

- (1)使用场合是否可能导致材料发生晶间腐蚀;
- (2)试验方法是否与材料牌号及使用介质相对应;
- (3)注意试样状态的影响;
- (4)试验后的判据。

本标准的5.1.3条就是根据上述要求,并参考ASTM A 262 不锈钢晶间腐蚀试验方法以及WRC关于晶间腐蚀的几次调查、试验报告编写而成。在确定试验的判据时,参照了美国杜邦公司数十年来进行不锈钢晶间腐蚀试验的近万个统计数据,而确定了评定标准。

7. 钢号问题

化工容器的设计条件十分繁杂,标准中只能把经常使用的钢号及标准列入。同时,我国钢材标准还很不完善,品种、规格上的缺口较多。因此在化工容器设计和施工时,将不可避免地遇到使用压力容器标准以外的钢材标准及代用问题。为此,第3.0.6和3.0.7条的作用就在于对使用标准外的钢材时,作一必要的规定和说明。

由于本标准是以符合GB 150《钢制压力容器》的要求并对其进行补充和具体化为前提的,因此,国标中已列入的钢号及要求,在本标准中为尽量避免重复,所以未一一列出,但这并不妨碍对国标压力容器的执行。

8. 专用检验项目

钢材的冲击韧性试验、高温拉力试验、钢管工艺性能试验、无损检查、晶间腐蚀倾向试验并非为每台化工容器用钢所必需,但在某些设计条件下又是设计和检验必不可少的项目。根据各工程项目的经验,5.1.2、5.1.3、5.2.6、5.2.7、5.2.8、5.3.7条中分别作了具体的规定。

9. 铸钢

GB 150《钢制压力容器》的修订中未包括铸钢。而铸钢又是化工容器设计中经常会遇到的材料品种。为此,参照日本JIS B 8270 和美国ASME 锅炉压力容器规范第Ⅷ卷编制了5.5条,对压力容器用铸钢材料标准、铸造系数、无损检查作了规定。

铸钢(碳钢和不锈钢)高温性能系参考DIN、JIS 和ASTM 有关性能值换算确定。

10. 商品紧固件

受压容器用紧固件有两类。一类是制造厂采用钢棒自行加工而成;另一类为商品紧固件。前者在GB 150《钢制压力容器》中已有规定,但对商品紧固件目前尚未有其它标准有所规定,而商品紧固件又是不可缺少的承载零件。近年来,国标紧固件标准参照ISO 标准的前提下作了大幅度的修订,为此,在本标准中选择了一些常用商品紧固件标准及级别,规定了适用范围及配合要求。表5-11的使用范围为参考西德AD 压力容器规范而确定的,表5-13的高温屈服强度也为参照西德

DIN 有关标准而得出的。

11. 非受压元件用结构钢材的选用

对于受压容器用钢防止脆断的问题已引起设备设计的高度重视,但对于压力容器之外的焊接钢结构的脆断问题,虽然其实质是相同的,但至今未引起重视。标准、规范中对此的规定很少,且十分粗糙。

近年来关于北方严寒地区室外钢结构的脆断问题已逐步提上议事日程,已有人对修订我国钢结构设计规范中的钢材选用提出了见解。本标准在制定中充分考虑了上述意见,并参考了西德 DSA T 009“焊接钢结构钢材质量等级的选择方法”,对此作了规定。

钢材的质量等级的选择要考虑应力大小、重要程度、温度、板厚四个因素。由于化工容器中涉及的钢结构都为焊接结构,所以,焊接与否这个因素就一并计入了。关于冷变形率,由于一般冷变形率不大,在 2% 以下,所以,就未列入必须考虑的因素,但若冷变形率有可能大于 2% 时,应予考虑。

本标准所列的选用方法显然仍较粗糙,但概念明确,要比过去无章可循,有了很大的提高。

12. 有缝钢管

国外压力容器及管道用钢材标准和设计规范中往往把有缝钢管与无缝钢管相提并论,并已在工程项目中广泛使用。但国内碳素钢焊接钢管还只能适应低压的水、煤气管的使用要求。有缝钢管作为锅炉和压力容器用钢管尚需在产品质量上作较大的提高。

近年来引进的化肥、化工、石油化工成套装置的设备热交换器、配管中普遍使用不锈钢焊接钢管,已逐步改变了设计和施工部门对焊接钢管的偏见。国内有关焊管生产厂引进国外不锈钢焊管生产机组,逐步提高质量,完善监测手段,正向高质量的化工用不锈钢焊接钢管发展。国内不锈钢焊管的生产成本已能明显低于无缝管的价格水平,尤其是薄壁、定尺及大直径焊管。

由于 GB 12771-91《流体输送用不锈钢焊接钢管》标准水平低于国际上通用的用于化工装置的不锈钢焊管标准,代表了国内一般焊管生产厂的较低质量水平,不能符合化工、石化装置设计的要求,但尚可符合一些介质无毒、无爆炸危险、无腐蚀性、对连续长周期运行要求较低的场合。而 HG 20537《奥氏体不锈钢焊接钢管》参照美国、瑞典、德国、日本、英国和 ISO 等的换热器和压力装置用不锈钢焊管标准,结合国内焊管生产厂的较高水平制定了 HG 21537.2~4-92 三个焊管技术要求,并在此基础上制定了 HG 20537.1《奥氏体不锈钢焊接钢管选用规定》。

三个焊管技术要求,虽然质量要求明显高于 GB 12771 和国内一般焊管厂的生产水平,但为了保证化工装置的安全使用,提高设计水平,使我国不锈钢焊管迅速达到国际水平是必须的。经了解,在国内也是可能达到的。国内一些有志于开拓不锈钢焊管在化工承压装置中使用市场的焊管生产厂都愿意以此为目标,提高生产和质量水平,满足化工设计要求。

由于国内化工装置中设计使用焊管尚属首次,国内高质量焊管的生产尚需一段考核和成熟阶段,因此,规定相应来说要严格一些,范围小一些,要求高一些。今后随着使用、设计经验的积累和生产水平的稳定和提高,将逐步放宽限制。

标准的制定原则是用于压力容器和换热器的焊管,符合我国现行的容规、GB 150、GB 151、JB 4708 的有关规定。

焊接钢管是一种有别于奥氏体不锈钢无缝钢管的制造工艺,而不是什么新钢种、新材料。

就其焊接特点来看,与压力容器的焊接是同一范畴的,但由于其连续、自动、大批量生产的特点,因此,又与容器的焊接有区别。HG 20537 标准的制定正是按照国外压力容器规范和压力装置用焊管标准的要求,结合国内相应规范的具体情况制定的。

随着标准的批准和颁布,为化工行业中广泛使用不锈钢焊接钢管起到了有章可循、有法可依的作用。

13. 常用钢材规格

化工容器设计中采用的钢材规格很多,钢材标准中所列出的规格也很多,但经常有用户反映化工容器用钢备料、配套很困难,尤其是特种用途的钢材配套更困难。

为此,从标准化以及采用的角度出发,很有必要提出精简的常用钢材规格。表5—1、表5—6、表5—7就是本着这样的目的归纳提出的。常用不等于限制采用,设计者也可根据各自设计的特点,采用常用规格以外的钢材规格。

14. 使用介质的限制

规定中第6.7.1条对NaOH溶液中使用温度的限制是根据美国NACE的调查报告和有关单位工程设计标准制定的。

第6.7.3条高温氢腐蚀环境中选材的限制是按纳尔逊曲线制定的。考虑到焊接和焊后热处理对合金钢抗氢腐蚀性能的影响,因此,条款中又特别强调了焊后充分消除应力热处理的必要性,详细说明见“炼油设备设计”1983年第1期。

对于在湿 H_2S 应力腐蚀环境中防止碳钢和低合金钢设备发生应力腐蚀破裂的规定,国内目前尚未制定标准及规范。本规定第6.7.2条的内容主要依据湿 H_2S 应力腐蚀环境的基本规律(温度、介质、浓度),确定了对腐蚀环境的定义。对材料和制造工艺的要求则主要依据美国API和NACE对碳钢、碳锰钢焊接容器在 H_2S 应力腐蚀环境中防止发生破裂的规定以及日本高压力协会“高强度使用标准”等国外规范,以及德国鲁奇、林德等工程公司对 H_2S/HCN 介质设备的工程规定而提出的。

鉴于近年来液氨储罐应力腐蚀破裂问题在国内外引起普遍重视,为此,本标准修订6.7.4条对该介质的定义和对策作出了原则性的规定,具体的要求可参见“工业球罐安全技术文集”(大连锅检所出版,1983年)有关文章。

15. 焊接材料选用

焊接材料选用是本标准编制修订中增加篇幅最多的一部分。最近几年来,焊条标准参照美国AWS焊接材料标准作了较大修订,国内各焊条生产厂试制、生产了不少符合国内情况的焊接材料,而且焊接材料选用至今仍是化工容器设计中的一个空白。因此,在本标准中增加焊接材料选用十分必要。

此部分内容编制时,主要遵循了下列几个原则:

(1)根据目前国内焊接材料还未全部制定国标和专业标准的实际情况,以及国标修订后不能完全反映化工容器用焊接材料的全面要求这一现实。因此,本标准在规定设计图纸和设计文件上,以焊接材料的牌号(而不用国标的型号)来标注。

(2)本标准是对设计人员选用焊接材料进行规定,但并不妨碍制造厂根据各自具体情况,在满足设计要求的前提下,改变焊接方法或改变焊接材料品种。为此,特提出了第7.4条规定,务必引起设计、制造部门注意。

(3)考虑到高合金钢、镍基合金使用日趋广泛,但国内这方面焊接材料缺门很多,与国际通用的焊材有较大差异,为此,在本标准中列入了美国AWS有关焊材牌号及要求。

(4)焊接材料选用与焊接工艺,尤其与预热、焊后热处理关系密切。为此,提出了必要的有关预

热、焊后热处理原则规定和推荐性要求。

16. 按国外标准生产的钢材使用

近年来国内压力容器制造部门经常使用按国外标准生产的钢材。为此,专门设立第9章予以明确。

第9章的内容主要是强调了使用国外标准钢材必须熟悉相应的国外压力容器规范的有关规定。同时,由于国外钢材标准的体系与我国不同,钢材的技术要求往往由钢材标准、压力容器规范、工程公司标准等几个部分组成,以采购说明书和合同形式体现出来。为此,我们使用按国外标准生产的钢材时,同样应全面考虑这几方面的要求。对前两者,在第9.2.1、9.2.2条中已列出,对于国外工程公司标准则一般由本规定第5章的有关内容替代(见第9.2.3条)。

国内的不锈钢和铬钼钢标准与国外的不锈钢、铬钼钢较为一致,国内设计单位习惯上按国际压力容器选取相应钢号的许用应力值(第9.3.1条),而碳钢、低合金钢则由于合金体系、生产工艺、热处理、强度级别等方面差异很大,难于与国内钢号相对应,因此,许用应力的选取与前者有所不同(见第9.3.2条)。

17. 钢材代用问题

钢材代用是目前化工容器制造中经常遇到的问题。为此,第10章专门对代用原则作了规定。