

中华人民共和国化工行业标准



HG/T 20585—2011

代替 HG 20585—1998

钢制低温压力容器技术规定

Technical specification for steel low temperature pressure vessels

2011-05-18 发布

2011-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

本标准根据中华人民共和国工业和信息化部(工信厅科[2009]104号文)和中国石油和化学工业协会(中石化协质发[2009]136号文)的要求,由中国石油和化工勘察设计协会组织全国化工设备设计技术中心站编制。

本标准自实施之日起代替《钢制低温压力容器技术规定》HG 20585—1998(2004)。

本标准是在原标准 HG 20585—1998(2004)的基础上,根据多年实施取得的经验,并依据《钢制压力容器》GB 150 的内容以及近年来国内外工程公司的标准规范进行的修订。

本标准与 HG 20585—1998(2004)相比,主要变化如下:

- 与《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009 协调一致,修改了 R_m 分档和低温冲击功数值,并对一些名词术语作了修改;
- 为了与《钢制压力容器》GB 150 相统一,取消了原标准中“低温低应力工况压力容器”中的部分内容;
- 在试样制取要求中,取消了 $2.5\text{mm} \times 10\text{mm} \times 55\text{mm}$ 小试样;
- 参照 ASME VIII-1(2007),增加了法兰、管板和平盖等不按总体薄膜拉伸应力来确定厚度的受压元件按设计温度加 50°C 来确定选材、设计、制造、检验要求的规定;
- 增加了 09MnNiDR 做壳体时接管的推荐结构;
- 增加了相邻筒节和封头纵焊缝相错距离的规定;
- 增加了冷成形奥氏体不锈钢临氢封头进行固溶处理的规定;
- 对引用标准及与国家现行标准规范不相符的内容进行了修改;
- 附录 B 中增加了埋弧自动焊焊丝和焊剂的推荐表。

本标准的附录 A、附录 B 为规范性附录。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出并归口。

本标准的技术内容由全国化工设备设计技术中心站[地址:上海市延安西路 376 弄 22 号(永兴商务楼)10 楼,邮政编码:200040,电话:021—32140342]负责解释。

本标准主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位:中石油东北炼化工程有限公司吉林设计院

参 编 单 位:中国石化集团上海工程有限公司

中国石化工程建设公司

中航黎明锦西化工机械(集团)有限责任公司

中国石化集团宁波工程有限公司

主要起草人:倪云峰 王 巍 梁 瑾 王 宏 阮黎祥 逢金娥 郝文生

王钰玮 安丰华 郭益德 赵斌义 丁伯民 秦叔经

本标准代替标准的历次版本发布情况为：

——HG 20585—1998(2004)；

——HG 20585—1998；

——HGJ 19—1989。

目 次

1 范 围	(581)
2 规范性引用文件	(582)
3 术语和定义	(583)
4 总 则	(584)
5 低温低应力工况压力容器	(585)
6 材 料	(586)
7 强度计算及结构设计	(591)
8 制造和检验	(599)
附录 A(规范性附录) 紧固件用冷加工奥氏体钢棒技术条件	(604)
附录 B(规范性附录) 低温压力容器用焊接材料	(605)
附:编制说明	(609)

Contents

1	Scope	(581)
2	Normative references	(582)
3	Terms and definitions	(583)
4	General	(584)
5	Pressure vessels under low temperature and low stress condition	(585)
6	Materials	(586)
7	Strength calculation and structural design	(591)
8	Fabrication and inspection	(599)
Annex A(Normative annex) Specifications of cold fabricated austenitic steel rod for bolts and nuts		(604)
Annex B(Normative annex) Welding consumables for low temperature vessels		(605)
Addition;Explanation of the provisions		(609)

1 范 围

1.0.1 本标准适用于设计温度等于或低于 -20°C 的钢制低温压力容器。

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

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅限注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本标准。

- 《钢制压力容器》GB 150
- 《管壳式换热器》GB 151
- 《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229
- 《锅炉与压力容器用钢板》GB 713
- 《不锈钢焊条》GB/T 983
- 《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6
- 《低温压力容器用低合金钢板》GB 3531
- 《惰性气体保护焊接用不锈钢棒及钢丝》GB/T 4233
- 《焊接用不锈钢丝》GB/T 4242
- 《碳钢焊条》GB/T 5117
- 《低合金钢焊条》GB/T 5118
- 《厚度方向性能钢板》GB/T 5313
- 《压力容器用调质高强度钢板》GB 19189
- 《承压设备用不锈钢钢板和钢带》GB 24511
- 《钢制化工容器设计基础规定》HG/T 20580
- 《钢制化工容器材料选用规定》HG/T 20581
- 《钢制化工容器强度计算规定》HG/T 20582
- 《钢制化工容器结构设计规定》HG/T 20583
- 《钢制化工容器制造技术要求》HG/T 20584
- 《压力容器法兰分类与技术条件》JB/T 4700
- 《钢制压力容器焊接工艺评定》JB 4708
- 《低温承压设备用低合金钢锻件》NB/T 47009
- 《承压设备用不锈钢和耐热钢锻件》NB/T 47010
- 《承压设备无损检测》JB 4730
- 《钢制压力容器 分析设计标准》JB 4732
- 《钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验》JB 4744
- 《压力容器用钢焊条订货技术条件》JB/T 4747
- 《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009

低温压力容器的设计除应符合本标准的有关要求外,还应符合上述标准的相应要求。

3 术语和定义

3.0.1 最低工作温度 lowest operating temperature

系指容器在正常工作过程中可能出现的最低金属温度。

3.0.2 最低环境温度 lowest environment temperature

为该地区历年各月“月平均最低气温”的最低值。

“月平均最低气温”为当月各天最低温度相加后除以当月的天数。

3.0.3 最低设计温度 lowest design temperature

系指在正常工作情况下,设定的受压元件金属的最低温度,与相应的设计压力一起作为设计载荷条件。

1 当容器的各个部位在工作过程中可能产生不同的温度时,可取预计的不同温度作为各相应部位的设计温度。

2 当容器器壁与工作介质直接接触并有外部保温时,应取介质最低温度或按介质正常工作温度再减去可能的温度向下波动值作为设计温度。

3 当器壁两侧具有热量传递过程时,可根据传热计算而得出的壁温或实测壁温,并考虑温度波动值后的最低温度确定设计温度。

4 受环境低温影响的压力容器,当其设计温度受环境温度控制时,其最低设计温度按如下原则确定。

- 1) 盛装压缩气体且无保温设施的储存容器,设计温度取最低环境温度降 3℃;
- 2) 盛装液体体积占容器容积 1/4 以上的无保温的储存容器,设计温度取最低环境温度;
- 3) 有保温或物料经常处于流动状态的容器,设计温度应根据物料的温度、流量、容器大小、散热情况等综合考虑壁温,通过计算分析或参考实例确定;
- 4) 除为事故停车特设的容器外,考虑环境温度对容器壁温的影响应以正常运行条件为依据。一般不以事故状态的意外降温或停车后的自然降温来确定设计温度。

4 总 则

4.0.1 铁素体钢在低于某一转变温度且具有相当的应力水平和存在足够尖锐的缺口(缺陷)时,可能导致低应力脆性破断。对此,本标准在材料、设计、结构和制造等方面提出了相应要求。

4.0.2 铬镍奥氏体钢制造的低温压力容器,当其设计温度不低于 -196°C 时,只需满足下列各项要求,其余按常温压力容器考虑。

1 母材应为含碳量小于或等于 0.10% 的铬镍奥氏体钢。

2 如采用铸造材料,设计温度低于 -70°C 时,奥氏体铸钢也应在设计温度下进行低温夏比冲击试验,且符合本标准表 6.0.5-2 的要求。

3 焊接材料及焊接工艺评定要求:

1) 焊缝金属含碳量小于或等于 0.10% ;

2) 焊缝金属的化学成分应符合《不锈钢焊条》GB/T 983 中 E308、E308L、E309 和《惰性气体保护焊接用不锈钢棒及钢丝》GB/T 4233、《焊接用不锈钢丝》GB/T 4242 中 H0Cr21Ni10、H00Cr21Ni10、H0Cr26Ni21 的要求;

3) 设计温度低于 -70°C 时,焊接工艺评定应规定进行焊缝金属的低温冲击试验且符合本标准表 6.0.5-2 的要求。

4 当设计温度低于 -100°C 时,冷加工变形度超过 10% ,或当设计温度高于或等于 -100°C 时,冷加工变形度超过 15% ,应当符合本标准第 8.3.4 条的规定。

5 设计温度低于 -70°C 的冷加工奥氏体不锈钢凸形封头,当介质的氢分压大于或等于 0.6MPa 时,应符合本标准第 8.3.7 条的规定。

6 相邻筒节纵焊缝距离要求应符合本标准第 8.4.5 条的规定。

4.0.3 本标准只适用于低温压力容器本体、受压元件(包括接管、法兰及紧固件等)及与低温受压元件直接焊接的非受压元件。非低温受压元件和接触低温,但不属受压元件也不与受压元件直接焊接者,不必遵守本标准。

5 低温低应力工况压力容器

5.0.1 符合《钢制压力容器》GB 150 附录 C 定义的低温低应力工况的压力容器,按其设计温度加 50℃后所得到的温度值考虑选材、设计、制造、检验要求。

5.0.2 不按总体薄膜拉伸应力来确定厚度的受压元件,例如平封头、平盖、管板和法兰,当这些元件在最低设计温度对应下的设计压力与最大许用压力之比小于 0.3 时(对焊法兰尚应考虑与筒体或接管相连接的短节部位薄膜应力符合本标准第 5.0.1 条的要求),按其设计温度加 50℃后所得到的温度值考虑选材、设计、制造、检验要求。

5.0.3 所得到的温度值低于 -20°C 时,压力容器的选材(包括钢材及焊接接头冲击试验温度)、设计、制造、检验要求均按所得到的温度值来确定。

5.0.4 所得到的温度值高于或等于 -20°C 但低于 0°C 时,压力容器的钢材及其焊接接头的冲击试验温度应等于或低于所得到的温度值。而其他设计、制造、检验要求可不遵循本标准的规定。

5.0.5 所得到的温度值不低于 0°C 时,除材料应符合本标准第 2 章中所列材料标准的规定外,其他设计、制造、检验要求不必遵循本标准的规定。

5.0.6 应根据容器可能出现的各种工况,选择最苛刻的低温工作温度-压力组合作为确定低温低应力工况的依据。

5.0.7 低温低应力工况不适用于抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 材料制造的压力容器以及最低设计温度低于 -100°C 的压力容器。

6 材 料

6.0.1 低温压力容器受压元件采用的钢材,除应符合本标准第2章中所列材料标准的规定外,还应符合本标准的要求。

6.0.2 低温压力容器受压元件所采用的钢材,必须是氧气转炉或电炉冶炼的镇静钢,并应采用炉外精炼工艺。

6.0.3 低温压力容器及其受压元件所采用的钢材,应按本标准第6.0.5条的要求进行夏比(V形缺口)低温冲击试验。因材料截面尺寸太小,无法制取 $5\text{mm}\times 10\text{mm}\times 55\text{mm}$ 的小尺寸试样时,应按本标准第6.0.6条的规定。

6.0.4 低温压力容器受压元件用材料标准、使用状态及冲击试验最低试验温度,按有关钢材标准及《钢制压力容器》GB 150的规定。

对于未列入本标准第2章中所列材料标准的钢材,或采用更低的冲击试验温度者,应同时满足下列条件。

1 应符合《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009的相关规定。

2 经评定认为,材料性能和技术要求与本标准第2章中所列材料标准的钢材相当或更高,且符合本标准第6.0.5条的要求。

3 采用比钢材标准及《钢制压力容器》GB 150规定更低的冲击试验温度或改变热处理状态时,冲击试验的取样率应符合下列要求:

钢板——逐张;

钢管、钢棒——比本标准第6.0.5条第4款的规定增加1倍;

锻件——检验级别不低于《低温承压设备用低合金钢锻件》NB 47009和《承压设备用不锈钢和耐热钢锻件》NB/T 47010中Ⅲ级,冲击试验取样率增加1倍进行。

4 经设计单位设备技术负责人同意。

6.0.5 夏比(V型缺口)低温冲击试验。

1 试验温度根据容器受压元件的最低设计温度确定,并应考虑承载应力的类型和大小、截面厚度及焊接接头韧性下降等因素。确定原则如下:

1) 试验温度应等于或低于设计温度(一般情况下取等于设计温度);

2) 设计条件符合低温低应力工况时,冲击试验温度可按本标准第5章的规定进行调整。当调整后的冲击试验温度高于或等于 0°C 时,可不必进行低温冲击试验;

3) 壳体厚度大于 16mm ,但又无法进行焊后消除应力热处理的容器,应按表6.0.5-1的要求降低壳体材料及其焊接接头的冲击试验温度;

4) 母材可能因焊接而导致热影响区冲击韧性下降较多时,材料选用时应考虑有较大的韧性裕量,或降低母材的冲击试验温度,以保证焊接接头各个部位(热影响区、熔合线、焊缝金

属)的低温韧性均能达到本标准的要求;

- 5) 除环境低温容器外,安装在容器外的无保温螺栓材料的试验温度,一般可比壳体设计温度提高 20~30℃。螺母用材料的冲击试验温度允许比螺栓的试验温度提高 30℃;
- 6) 对不需焊接,且以承受弯曲应力为主的承压元件,如螺栓连接的平盖、活套法兰等,材料的冲击试验温度允许比容器的设计温度提高 30℃。但已按本标准 5.0.2 条的规定进行调整的除外。

表 6.0.5-1 不进行焊后热处理的壳体材料及焊接接头的冲击试验温度降低值(℃)

厚度(mm)	设计温度	降低温度	设计温度	降低温度	设计温度	降低温度
17~24	-20~-40	15	-41~-60	20	-61~-80	25
25~30		20		25		30

2 试样的热处理状态应符合材料的最终使用状态,其中包括加工过程中的热加工、消除应力热处理等。

3 试样制取要求。

- 1) 试样为符合《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229 要求的 10mm×10mm×55mm 夏比冲击试样,以 3 个试样为一组进行试验;
- 2) 如受材料截面尺寸限制,无法制取标准尺寸试样时,应制取 7.5mm×10mm×55mm、5mm×10mm×55mm 的小试样进行试验,当可能制取标准尺寸试样时,不允许采用小试样进行试验;当无法制取标准试样试验时,应采用尽可能大的小试样进行试验;
- 3) 试样的缺口应沿材料的厚度方向切制(棒材沿直径方向切制)。

4 试验方法及取样数量。试验方法应符合《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229 的要求。取样数量应符合下列要求:

- 1) 钢板:每批钢板由同一炉罐号、同一厚度、同一热处理炉次组成。6~16mm 钢板每批应不大于 15t,大于 16mm 钢板应不大于 25t,每批钢板取一组 3 个试样。
取样位置在钢板端部 1/4 板宽处,横向制取(试样长度方向与轧制方向垂直)。板厚大于或等于 30mm 时,试样中心线应位于 1/4 板厚处。试样缺口轴线与板面垂直。板厚大于 60mm 时,试样中心线应位于 1/2 板厚处;
- 2) 钢管:每批钢管由同一炉罐号、同一规格尺寸、同一热处理炉次组成。每批数量不得超过 200 根,任选 2 根钢管各在其一端取一组 3 个试样。
取样方向视钢管的直径和壁厚而定,可能时沿切向制取,否则沿纵向制取。试样缺口轴线尽可能与管壁垂直。用于制造容器筒体的钢管,每批应按钢管数的 10%,且不少于 2 根,各取一组 3 个试样进行低温冲击试验。当一批钢管数不大于 2 根时,只抽取 1 根进行低温冲击试验;
- 3) 钢棒(包括螺栓材料):每批钢棒由同一炉罐号、同一规格尺寸、同一热处理炉次组成,在每批最终热处理完成的钢棒中任选 1 根取一组 3 个试样。取样方向为纵向,试样中心尽量位于钢棒半径的 1/2 处;

4) 锻件:取样按《低温承压设备用低合金钢锻件》NB 47009 和《承压设备用不锈钢和耐热钢锻件》NB/T 47010 的规定。

5 冲击功按材料强度等级应达到表 6.0.5-2 所列的要求。

表 6.0.5-2 低温冲击功要求

钢材类别	材料标准规定的最低抗拉强度 (MPa)	最小冲击功 ^a A_{KV_2} (J)					
		10mm×10mm×55mm 标准试样		7.5mm×10mm×55mm 小试样		5mm×10mm×55mm 小试样	
		3 个试样 平均	单个 试样	3 个试样 平均	单个 试样	3 个试样 平均	单个 试样
铁素体钢 及其 焊接接头	≤450	20	14	15	10.5	10	7
	>450~510	24	17	18	13	12	8.5
	>510~570	31	22	23	16	15.5	11
	>570~630	34	34	—	—	—	—
	>630~690	38	38	—	—	—	—
奥氏体钢	铸钢	20	16	—	—	—	—
	焊缝金属	31	27	24	20	16	13.5

注: ^a 对于 $R_m > 570\text{MPa}$ 的钢材每个试样的 KV_2 均应不低于表列的平均值,其他钢种 3 个试样中只允许 1 个试样的冲击功低于表列的平均值,但应不低于平均值的 70%(见表列的单个试样值以及设计文件规定值取大值)。

6 冲击试验结果未达到要求者,按以下情况分别处理。

- 1) 一组 3 个试样的数值均低于规定的平均数值,或 2 个试样的数值低于规定的单个数值者,受检钢材或焊接接头判为不合格;
- 2) 对于上述以外的情况,应在同一样坯(或受检钢材)上再制取 3 个试样进行复验。前后 6 个试样的平均值不得小于规定值,低于规定平均值的试样数量不得多于 2 个,单个值不合格的情况不得重复出现,否则仍属不合格;
- 3) 按批进行冲击试验的钢材,当代表该批的任一受检钢材不合格时,应逐件进行试验,或将该批钢材重新处理,按新批次重新检验。
- 4) 逐件进行冲击试验的钢材,试验不合格者,允许重新热处理后重新试验。

6.0.6 低温用钢管(《钢制压力容器》GB 150 所列),因钢管尺寸限制,无法制备 5mm×10mm×10mm 冲击试样时,可免做冲击试验。其他低碳钢和碳锰钢钢管,因钢管尺寸限制,无法制备 5mm×10mm×10mm 冲击试样时,可免做冲击试验,但最低设计温度按表 6.0.6 的规定。

表 6.0.6 免做冲击试验的钢管最低设计温度

钢管名义厚度(mm)	最低设计温度(℃)	
	焊后状态使用	焊后热处理状态使用
8	—20	—35
6	—25	—40
4	—40	—45
2	—45	—45

注:免做冲击试验的钢管不再适用本标准第 5 章的规定。

6.0.7 用于制造低温压力容器筒体、凸形封头和球壳的钢板,厚度超过以下数值时,需按《承压设备无损检测》JB 4730.3 进行超声检测,且不低于Ⅲ级。

1 板厚大于 16~20mm 的钢板,每批抽检 20%,最少 1 张。

2 板厚大于 20mm 的钢板,逐张检查。

3 用作低温压力容器筒体的无缝钢管应逐根按《承压设备无损检测》JB 4730.3 进行超声检测检查。

6.0.8 低温压力容器用锻件按《低温承压设备用低合金钢锻件》NB 47009 和《承压设备用不锈钢和耐热钢锻件》NB/T 47010,应不低于Ⅱ级要求,设计压力大于或等于 1.60MPa 时,应不低于Ⅲ级。

6.0.9 低温压力容器用焊接材料(手工电焊条、气体保护焊焊丝、埋弧焊焊丝和焊剂等),应符合下列要求。

1 低温压力容器受压元件或受压元件与非受压元件焊接用手工电弧焊焊条,应选用《碳钢焊条》GB/T 5117 和《低合金钢焊条》GB/T 5118 的低氢碱性焊条。埋弧焊焊剂应选用碱性或中性焊剂。具体的可供选用的焊条、埋弧焊焊丝和焊剂牌号见本标准附录 B 所示。

2 焊条除应符合相应的国家标准之外,尚应符合《压力容器用钢焊条订货技术条件》JB/T 4747 的规定。

3 铁素体钢之间的焊接一般应采用铁素体型焊接材料(9%Ni 钢除外)。焊接接头的低温冲击试验温度以及焊缝金属、熔合线(工艺评定时做)、热影响区低温冲击功要求均与母材相同,符合本标准表 6.0.5-2 的要求。

4 铁素体钢之间的异种钢焊接用焊接材料一般按韧性要求较高侧的母材选用。异种钢焊接工艺评定和产品焊接试板的热处理状态应与容器最终使用状态相同。性能检验时应符合下列要求。

1) 焊接接头抗拉强度不低于两侧母材中最低抗拉强度的较小值;

2) 焊缝金属、强度较低侧的熔合线和热影响区的冲击功要求按较低强度侧母材,符合本标准表 6.0.5-2 的要求。强度较高侧的熔合线和热影响区的冲击功要求按较高强度侧母材,符合表 6.0.5-2 的要求;

3) 接头的弯曲试验要求按两侧母材中的较低要求。

5 奥氏体钢之间的焊接材料选用应符合本标准第 4.0.2 条第 3 款的要求。

6 原则上应尽量避免铁素体钢与奥氏体钢之间的异种钢焊接。如不可避免,则应遵循以下

要求。

- 1) 一般应选用 Cr23Ni13 或 Cr26Ni21 型高铬镍或镍基焊接材料,焊后原则上不再进行消除应力热处理;
- 2) 该类异种钢焊接工艺评定和产品焊接试板应符合下列要求:
 - a) 焊接接头抗拉强度不低于两侧母材中最低抗拉强度的较小值;
 - b) 铁素体钢侧的熔合线和热影响区的冲击功应按铁素体钢的抗拉强度,符合本标准表 6.0.5-2 的要求,焊缝金属的冲击功应符合本标准表 6.0.5-2 的要求。
 - c) 接头应做侧弯试验,弯曲直径 $d=4a$, 180° 。弯曲试验后在拉伸面上的任何方向测量不得有超过 1.5mm 的开裂缺陷,熔合线处也不得有超过 3mm 的开裂缺陷。

6.0.10 在材料标准规定的必须保证的技术条件之外,限定化学成分、规定热处理状态、改变性能指标、增加检验项目及增加检验率等,应在设计图样或技术文件中注明。

6.0.11 如采用国外低温压力容器用钢材,材料的许用应力应按《钢制压力容器》GB 150 规定的安全系数计取,且应符合本标准对材料的相应要求。

6.0.12 与低温压力容器受压元件直接焊接的非受压附件材料,其低温韧性及焊接接头性能需与受压元件匹配。

1 与受压元件直接相焊的受力元件如支座垫板等应采用与受压元件相同的材料。

2 对奥氏体不锈钢制低温压力容器,所有焊接附件也应为奥氏体不锈钢。

3 直立容器裙座过渡段应与本体材料相同,过渡段长度不小于 4 倍保温厚度,且不小于 500mm。

7 强度计算及结构设计

7.0.1 低温压力容器受压元件材料的许用应力取常温 20℃ 的数值。强度计算方法按《钢制压力容器》GB 150 及《钢制化工容器强度计算规定》HG/T 20582 的规定。

7.0.2 低温压力容器及其部件的结构设计应充分考虑以下各项要求：

- 1 结构尽可能简单,减少焊接件的拘束程度。
- 2 结构应避免产生过大的温度梯度。
- 3 结构应减少局部的应力集中以及截面的急剧变化。
- 4 附件的连接焊缝不应采用不连续焊或点焊,且不应与 A、B 类焊接接头相重合。
- 5 容器的鞍座、耳座、支腿(球罐除外)宜设置垫板或连接板,尽量避免直接与容器壳体相焊。

垫板或连接板应与本体材料相同。

6 焊有接管及载荷复杂的附件的容器,需焊后消除应力热处理而不能整体进行热处理时,应考虑焊接部位单独热处理的可能性。

7 接管补强应尽可能采用整体补强或厚壁管补强,若采用补强板,应为全焊透结构,且焊缝圆滑过渡。

7.0.3 焊接接头的结构设计应符合下列规定：

1 压力容器受压部分的焊接接头根据所在位置分为 A、B、C、D 四类,分类原则同《钢制压力容器》GB 150 的有关规定。此外,把底座、支耳、托架、垫板及其他非受压附件与压力容器内、外壳壁的连接接头,称为 E 类焊接接头。

2 A 类焊接接头应采用双面对接焊,或采用保证焊透及双面成型、与双面焊具有同等质量的单面对接焊。带垫板的单面焊,焊后必须拆除垫板。

3 B 类焊接接头也应采用与 A 类焊接接头相同的双面对接焊或相当于双面焊的全焊透对接接头,必要时允许采用不拆除垫板的带垫板单面焊。

4 C 类焊接接头应符合下列有关要求。

1) 平封头、管板、法兰及类似构件与壳体的对接接头应符合本条第 3 款的要求。

2) 平封头与壳体的 T 型或 L 型连接接头应符合相当于《钢制化工容器结构设计规定》HG/T 20583 中的下列规定型式：

a) 单面焊接——J1、J2、J5、J7；

b) 双面焊接——J3、J4、J6；

单面焊接的 J1、J2、J7 应为焊透结构。采用带卸载槽的 J7 型焊接结构时,封头材料应采用锻件。如采用钢板,应符合《厚度方向性能钢板》GB 5313 的 Z25 级要求,或对焊接区 3 倍焊缝宽度的范围按《承压设备无损检测》JB 4730.3 进行钢板超声检测,无任何缺陷；

3) 管板(可带法兰)与壳体的 T 型或 L 型连接接头应符合相当于《钢制化工容器结构设计规

定HG/T 20583 中的下列结构型式:

- a) 单面焊接——R5、R6;
- b) 单面带垫板焊接——R3;
- c) 双面焊接——R2、R7(带短节)、R8;

所有连接接头不论采用哪种接头型式,均为焊透结构。

- 4) 法兰与筒体、接管的平焊结构当为全截面焊透结构时,适用于设计温度不低于 -40°C ,且设计压力不大于 4.0MPa (或300磅级)工况;若采用非全截面焊透结构,其适用范围还应增加以下限制:
 - a) 设计温度不低于 -30°C 或设计压力不大于 1.0MPa ;
 - b) 钢材的标准抗拉强度下限值 $R_m < 540\text{MPa}$;(符合本标准第5章的低应力法兰除外)。
- 5) 内封头与筒体的连接接头可采用图7.0.3-1所示的结构型式,但设计压力应不大于 1.0MPa 或设计温度不低于 -30°C ,且材料标准规定的常温最小抗拉强度 R_m 应不大于 540MPa 。

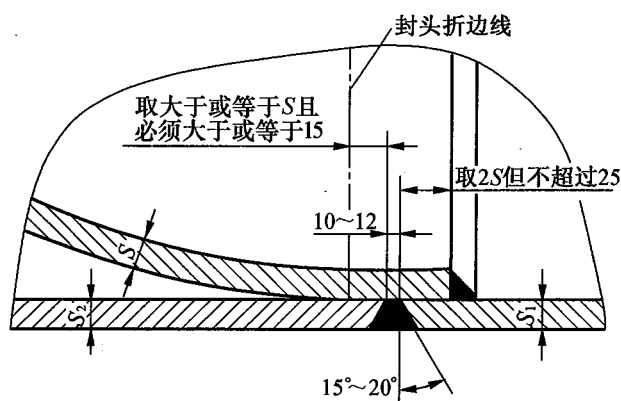


图7.0.3-1 内封头与筒体的连接结构

5 D类焊接接头应符合下列有关项的要求。

- 1) 接管与容器器壁的对接接头应符合A类焊接接头的要求;
- 2) 除本款第4~6项的规定外,接管与容器器壁的角接头应采用完全焊透的结构;
双面焊接的角接头应符合相当于《钢制化工容器结构设计规定》HG/T 20583 中的G4~G7、G9~G18、G24、G25、G36、G38的要求;
单面焊接的角接头应符合相当于《钢制化工容器结构设计规定》HG/T 20583 中的G2、G3、G34、G37、G39~G41的结构型式。确保焊透要求;
- 3) 带补强板的接管与容器器壁的连接接头应符合相当于《钢制化工容器结构设计规定》HG/T 20583 中的G28、G29、G30、G33的要求。对接管、容器器壁和补强板的材料要求同本条款第4款第5项。补强板应采用与器壁相同的材料。带补强板的结构不得用于容器器壁厚大于 30mm 的场合,也不适用于设计温度低于 -40°C 的场合;
- 4) 凸缘与容器器壁的焊接连接应采用图7.0.3-2所示的结构型式,且应符合下列各项要求:
 - a) 凸缘与器壁的最大间隙应不大于 3mm ;

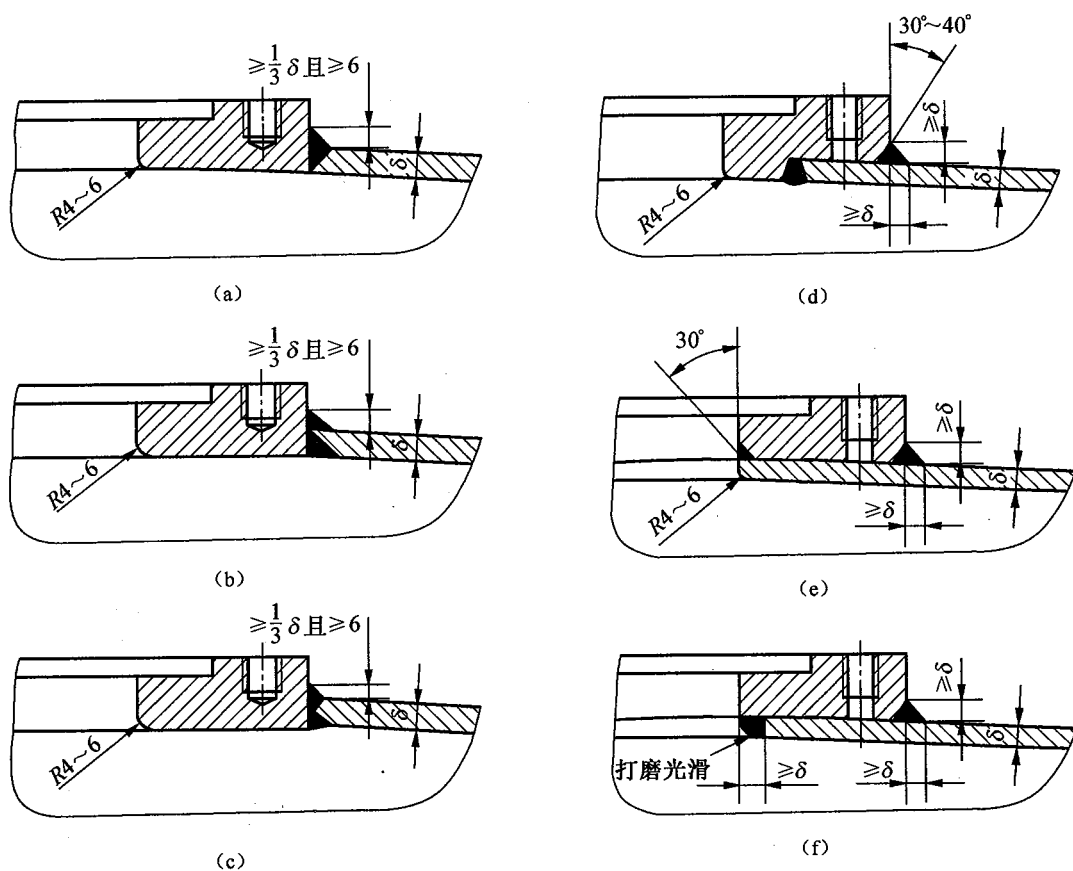


图 7.0.3-2 凸缘焊接结构

- b) 凸缘与器壁的材料要求同本条第 4 款第 5 项；
- c) 当外加载荷或热应力较大时，应采用图 7.0.3-2(b)、(c)所示的结构型式；
- d) 图 7.0.3-2(d)、(e)、(f)结构仅用于设计温度不低于 -40°C 的场合；
- 5) $\text{DN} \leq 50$ 的小直径接管与较厚的封头或盖板的焊接，应符合相当于《钢制化工容器结构设计规定》HG/T 20583 中 G41 的结构型式，且应将开孔的尖角打磨或车削成 $R4 \sim 6$ 的圆角；
- 6) 带内螺纹的管接头与容器器壁的连接型式应符合下列各项要求：
- 仅限于螺纹直径不大于 50mm 或 2 英寸的带内螺纹管接头；
 - 采用图 7.0.3-3(a)~(c)所示的与容器器壁完全焊透结构。图 7.0.3-3(d)所示的双面填角焊缝结构型式，仅用于设计温度不低于 -40°C 的场合。

注：填角焊缝高度 $t_c \geq 0.7\delta$ [δ 为器壁厚度，对(d)型也可为接头厚度，取小者]。

6 非受压附件与受压元件连接的 E 类接头应符合下列有关项的要求。

- 非受压附件与受压元件的连接接头应采用连续焊，如图 7.0.3-4 所示；
- 非受压附件与受压元件的连接接头可根据具体情况采用填角焊、部分焊透、全焊透或堆焊对接等结构型式，如图 7.0.3-5 所示；
 - T 型连接的填角焊缝高度及部分焊透的深度 a 应不小于附件连接件厚度的 $1/4$ ，如图

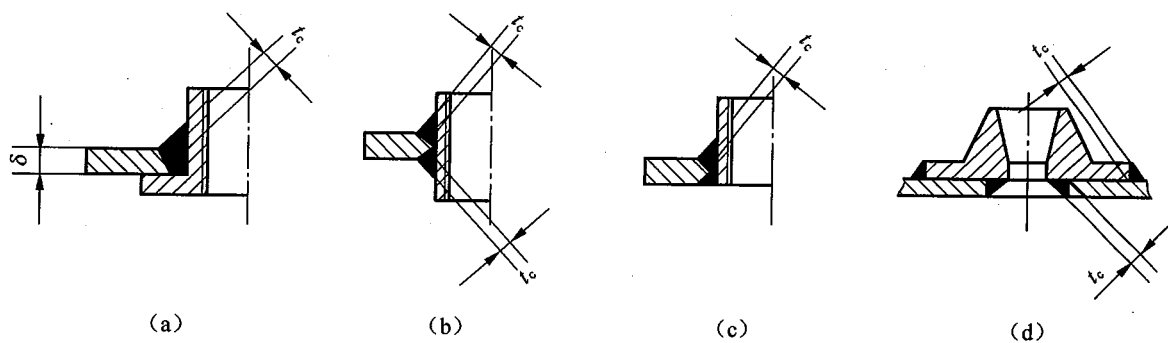


图 7.0.3-3 带内螺纹的管接头与器壁的连接型式

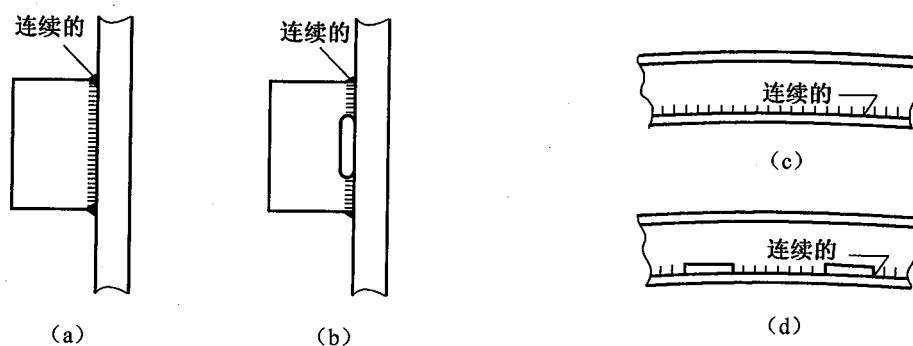


图 7.0.3-4 附件的连续焊接头

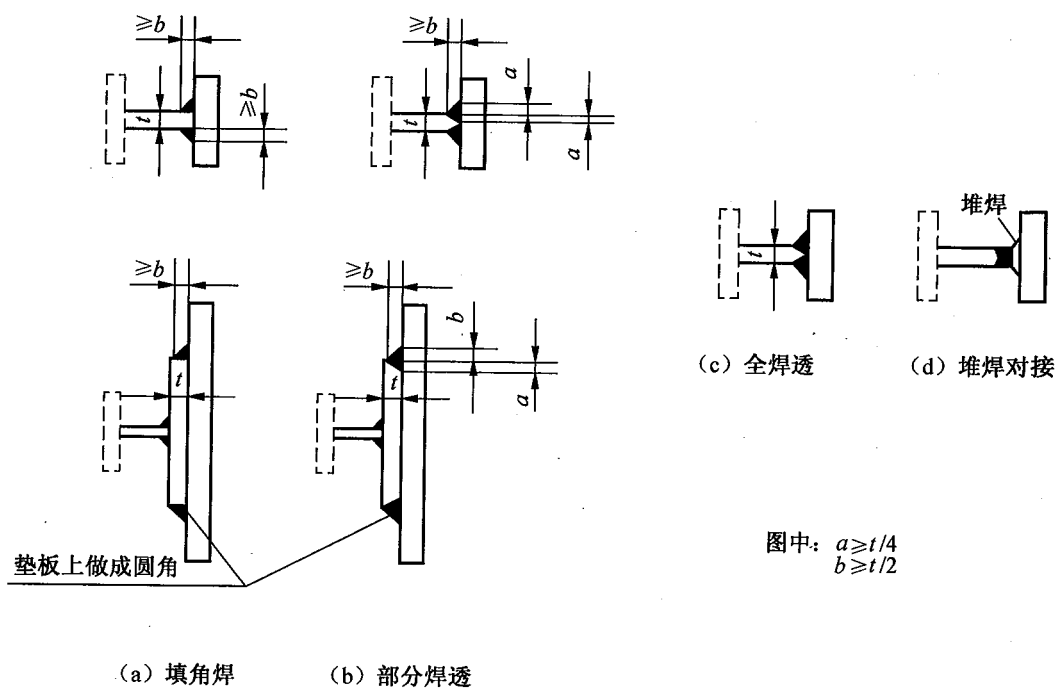


图 7.0.3-5 附件焊接接头的几种形式

7.0.3-5(a)、(b)所示;

b) 垫板与器壁的搭接填角焊缝高度及部分焊透的深度 b 应不小于垫板厚度的 $1/2$, 如图 7.0.3-5(a)、(b)所示;

3) 裙座与壳体连续焊的角接头高度(从焊缝根部至焊缝表面的最小厚度) c 应不小于裙座厚度 t , 如图 7.0.3-6 所示;

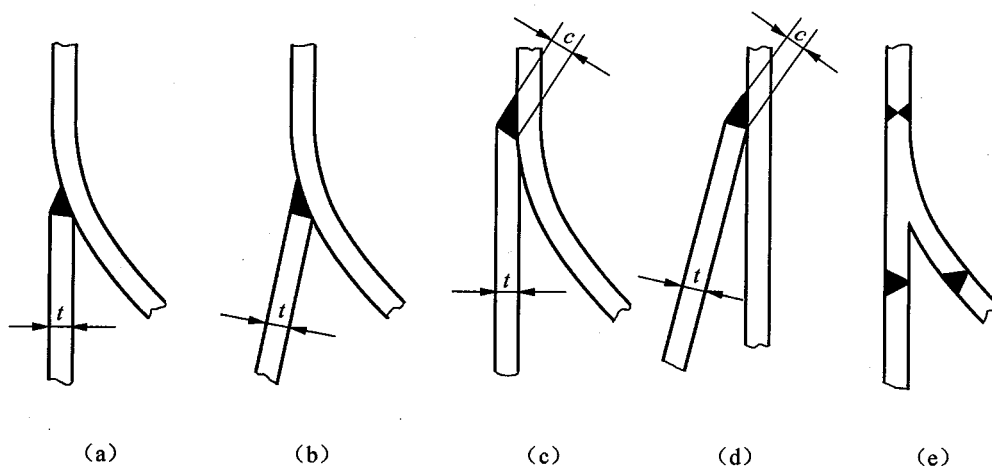


图 7.0.3-6 裙座与壳体的连接型式

4) 本条第 6 款第 2 项中所列的填角焊以及部分焊透加填角焊的使用应符合下列有关要求:

a) 图 7.0.3-5(a)所示的填角焊结构只能用于 $a \leq 13\text{mm}$ 的场合, 且附件焊缝距容器不连续应力部位的距离不小于 $(\delta \cdot R)^{0.5}$ (R 为不连续部分的壳体法线半径, mm ; δ 为器壁厚度, mm)。

对适用的材料限制应符合本条第 4 款第 5 项的要求。

该类焊接接头计算时的焊接接头系数 $\phi = 0.5$ 。

b) 图 7.0.3-5 所示的部分焊透加填角焊的结构, 以及图 7.0.3-6(a)~(d)所示的裙座连接结构, 只能用于附件或裙座厚度小于或等于 38mm 的场合, 适用的材料同本条第 4 款第 5 项。如欲用于强度更高或合金含量更高的材料时, 只能用于厚度小于或等于 20mm 的场合。

该类焊接接头计算时的焊接接头系数 $\phi = 0.6$ 。

7.0.4 锥形封头或变径段的半锥角不得超过 45° 。当半锥角不超过 30° 时, 允许采用无折边结构, 但应使焊缝与壳体圆滑过渡。当半锥角大于 30° 但不超过 45° 时, 应带有折边。折边的弯曲半径应大于或等于 $0.1D$ 且不小于 3 倍壁厚, 并带有大于或等于 25mm 的直边。

7.0.5 带法兰无折边球形封头的采用, 须满足下列要求:

1 球形半径 R 小于或等于法兰内径 D 。

2 封头与法兰的焊接结构应符合图 7.0.5 所示要求。焊缝应打磨与球形封头和法兰圆滑过渡。

3 当封头厚度超过 12mm 时, 封头与法兰焊后应进行消除应力热处理(奥氏体不锈钢材料除外)。

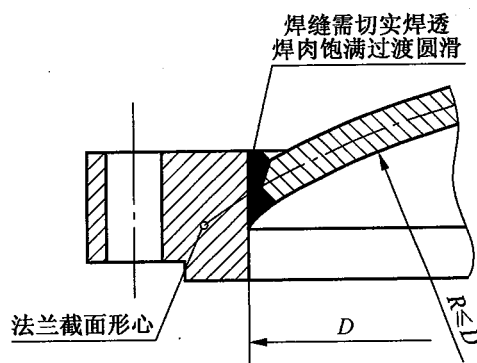


图 7.0.5 带法兰无折边球形封头

7.0.6 接管应符合下列要求。

1 与壳体相焊的管段,壁厚应不小于 5mm,其中 $DN \leq 50$ 的短接管宜采用锻造后车制的厚壁管台(延长部分可采用普通壁厚的无缝钢管)或异径管。

2 弯头应采用煨弯或压制弯头,不得采用直管拼接(虾米弯)。

3 易燃或毒性为极度、高度危害介质或压力大于或等于 1.6MPa 时,T 型接管应采用无缝挤压三通或加厚管开孔焊接。

4 与壳体相焊采用插入式结构时,管端的尖角须车削或打磨成 $R \geq 3\text{mm}$ 的圆角。

5 钢板卷管的纵焊缝及管段相接的环焊缝,应采用全焊透结构。

7.0.7 本体采用 09MnNiDR 的低温压力容器,若设计温度低于 -50°C ,接管可采用 09MnNiDR 板卷或 09MnNiD 锻件,延伸弯管可采用不锈钢与 09MnNiD 的法兰连接,见图 7.0.7。直立设备裙座内封头上的小接管应采用 09MnNiD 过渡管台与奥氏体不锈钢管相焊接的结构。

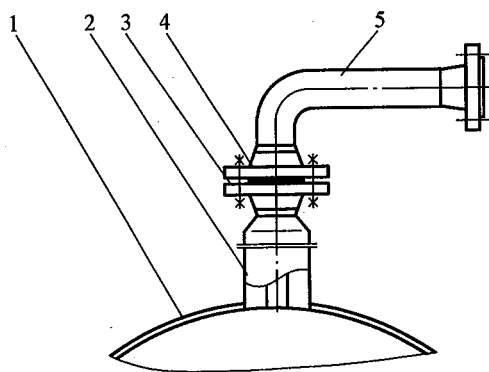


图 7.0.7 09MnNiDR 壳体与接管连接结构

1—09MnNiDR 壳体;2—09MnNiD 锻制补强管;3—09MnNiD 法兰;4—不锈钢法兰;5—不锈钢管

7.0.8 开孔应尽量避免开主焊缝及其附近区域。如必须在焊缝区域开孔时,应符合《钢制化工容器制造技术要求》HG/T 20584 相应条款的要求。

7.0.9 为便于接管根部施焊、打磨和检查,补强圈允许对分两半,但对分面必须置于应力最低处(如筒体的横截面)。分割面须制备对焊坡口,每个半补强圈靠近分割面各设 M10 试压检验孔 1 个。两个半补强圈在接管与壳体焊接及检验完成后,装配并对焊成一体。

7.0.10 下列条件下,应采用对焊法兰。

1 盛装毒性为极度、高度危害介质或设计压力大于或等于 1.60MPa 且盛装易燃介质的容器法兰和管法兰。

2 设计压力大于 4.0MPa 的容器法兰和管法兰。

3 设计温度低于 -40°C 的容器法兰和管法兰。

4 具有较大外加载荷的接管法兰。

对焊法兰的制造应符合本标准第 8.3.8 条规定的要求。

7.0.11 紧固件。

1 低温压力容器法兰用螺栓、螺柱等紧固件不得采用一般的铁素体商品紧固件。符合低温低应力工况的压力容器法兰,当其调整后的设计温度等于或高于 -20°C 时,可不受此限制。紧固件用配套螺母允许使用一般的商品螺母,但使用温度应不低于 -40°C 。

2 推荐采用中部无螺纹部分的芯杆直径不大于 0.95 倍螺纹根径或全螺纹的弹性螺柱。

3 设计温度不低于 -100°C 的铁素体钢容器,应采用铁素体钢紧固件(螺栓、螺柱和螺母)。设计温度低于 -100°C 的奥氏体钢容器,应采用奥氏体钢紧固件。

4 符合《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6 中 A2 级的奥氏体钢商品紧固件可使用至不低于 -196°C 的低温压力容器。

螺栓或螺柱的许用应力按《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6 中相应等级的屈服强度保证值除以表 7.0.11-1 所列的安全系数而得。

表 7.0.11-1 不锈钢紧固件的安全系数(屈服)

性能等级	屈服强度(MPa)	$<M24$	$\geq M24$
A2-50	210	1.6	1.5
A2-70	450	3.5	—
A2-80	600	3.5	—

注: $<M24$ 的 A2-70 许用应力不低于 A2-50 的数值。

5 采用冷加工强化奥氏体钢棒加工的螺纹紧固件应符合下列要求。

1) 钢棒(冷加工)应符合本标准附录 A 的规定;

2) 许用应力按表 7.0.11-2 的规定选用。

表 7.0.11-2 冷加工奥氏体钢棒螺纹紧固件的抗拉许用应力

牌 号	紧固件规格	$\leq 20^{\circ}\text{C}$ 的许用应力(MPa)
0Cr18Ni9 0Cr18Ni10Ti	$\leq M16$	197
	M18~M22	183
	M24	157
	M26~M32	150
0Cr17Ni12Mo2	$\leq M16$	187
	M18~M22	183
	M24	157
	M26~M32	150

7.0.12 密封垫片。

1 使用温度低于 -40°C 的密封垫片用金属材料(如金属包覆垫的金属外壳、缠绕式垫片的金属带以及实心的金属垫),应采用奥氏体不锈钢、铜、铝等在低温下无明显转变特性的金属材料。

2 密封垫片用非金属材料应采用非石棉橡胶板、膨胀(柔性)石墨、聚四氟乙烯等在低温下呈良好弹塑性状态的材料。

引进的非石棉橡胶板可参考产品样本的规定,但使用温度应不低于 -70°C ,且公称压力不高于PN16(或美洲体系 PN20)。

8 制造和检验

8.1 制造与检验要求

低温压力容器的制造和检验,除应符合《钢制压力容器》GB 150 和《钢制化工容器制造技术要求》HG/T 20584 外,还应符合本标准的有关要求。

8.2 制造用原材料

8.2.1 制造低温压力容器用的材料应符合本标准第 6 章的要求。

8.2.2 制造低温压力容器受压元件用钢板应由容器制造单位按本标准第 6.0.5 条的要求复验低温冲击韧性。如钢材质量证书中缺少低温夏比(V 形缺口)冲击试验数据,低温冲击韧性试验需按规定加倍复验。

8.2.3 制造低温压力容器受压元件用的钢材未做无损检测交货时,容器制造单位应按本标准第 6.0.7 条的要求进行无损检测检验。

8.3 受压元件的成形

8.3.1 不采用热加工也不进行消除应力热处理的低温受压元件,不准打钢印。允许打少量基准线镗眼(冲样的尖端应磨圆),但深度不得超过 0.5mm。材料和件号标记用油漆涂写。焊工记录绘图标明,并随质量证书一起出厂。

8.3.2 钢板及钢管不得在冷态下用钢锤敲打成形或校形。若需在冷态下成形或校形,应采用胎具缓慢变形或用木锤、橡皮锤轻打。并需对其变形度(纤维伸长率)加以控制,各种材料允许的冷加工变形度如下:

1 含镍量小于 1.5%的铁素体低合金钢和碳素钢,冷加工变形度应小于或等于 2%(钢板)、5%(钢管);

2 含镍量大于或等于 1.5%的铁素体镍合金钢,冷加工变形度应小于或等于 5%;变形度大于 2%时,应进行时效冲击试验(变形度 5%),冲击韧性低于本标准第 6.0.5 条的规定者按本标准第 8.3.4 条的规定处理;

3 对于铬镍奥氏体不锈钢,冷加工变形度应小于或等于 10%。

8.3.3 材料的加工变形度按《钢制化工容器制造技术要求》HG/T 20584 有关条款进行计算。

8.3.4 材料的加工变形度超过本标准第 8.3.2 条规定的允许值时,应采用热成形或冷成形后消除应力热处理。热成形的终压温度不得低于材料的再结晶温度。对奥氏体不锈钢材料应进行固溶或稳定化处理。

8.3.5 坯料热成形前的加热,应在均热炉内进行,不得采用焦炭火焰直接加热。材料在加热过程

中,若出现合金元素烧损、金相组织破坏(无法通过热处理恢复)或表面龟裂,应予报废。

8.3.6 规定正火状态使用的材料,应采用正火工艺控温热成形或热成形后重新正火处理。采用控温热成形者,除控制加热成形温度外,还应设置热加工模拟试板,进行评定(包括母材及焊接接头)。规定调质状态使用的材料,热成形后必须重新调质处理。铬镍奥氏体不锈钢,热成形后必须淬火(固溶)处理。

8.3.7 设计温度低于 -70°C 的奥氏体不锈钢的凸形封头,当介质氢分压大于或等于 0.6MPa 时,如采用冷加工成形,成形后应进行固溶处理。

8.3.8 对焊法兰制造。

对焊法兰应采用锻制或轧制工艺生产,不允许采用厚钢板切制而成,但允许采用型钢或钢板弯曲、焊接制成。如采用钢板弯制,应将钢板沿轧制方向切成条形。弯曲时应使钢板表面平行于法兰的中心线,同时,还必须对钢板进行超声检测,不得存在分层缺陷。

8.4 焊 接

8.4.1 低温压力容器焊接材料的选用及焊接工艺评定应符合本标准第6.0.9条的有关规定,其余按本标准第2章所列有关材料标准的相应规定。

8.4.2 低温压力容器受压元件材料为铁素体钢,属于下列第1或第2款情况之一者,焊接坡口焊前应经磁粉或渗透检测。

1 合金元素总含量大于3%。

2 钢材标准规定的最低抗拉强度 R_m 大于 540MPa 的低合金钢,其焊接坡口采用火焰切制或碳弧气刨者。

3 在钢板表面(而不是端面)进行施焊的安放式接管、平封头、管板与壳体连接结构处(如《钢制化工容器结构设计规定》HG/T 20583中的J1~J4、J10、R2、G34~G41),坡口处3倍焊缝宽度范围内的钢板表面应做超声检测,且无分层缺陷存在。

8.4.3 低温压力容器受压元件的焊接须符合以下要求:

1 引弧须采用引弧板或在坡口内引弧,不得在非焊接部位引弧。

2 焊接附件或工装卡具、拉筋等应使用与壳体相同的焊接材料和焊接工艺,由合格的正式焊工施焊,焊道长度不得小于 50mm 。

3 接管根部与容器壳体相焊的焊接接头,以及接管与法兰的对接接头,必须焊透(除本标准第7.0.3条第5款第4)、第5)、第6)项规定者外)。

4 对接接头必须焊透,余高应尽量减少;角接接头应圆滑,不允许向外凸起,焊缝圆滑度差或成形不良者必须打磨;焊缝边缘不得存在咬边。

8.4.4 低温压力容器受压元件的焊接工艺评定按《钢制压力容器焊接工艺评定》JB 4708的规定。冲击韧性试验的取样数量(不包括复验)不得少于两组,每组3个试样。V形缺口的中心线分别位于焊缝中央和热影响区(熔合线外 2mm 左右的相变阴影区)。必要时,可采用K形坡口,以对熔合线的冲击韧性进行评定。低温冲击试样尺寸、试验方法、试验温度及合格指标等应符合本标准第6.0.5条的相应要求。

8.4.5 相邻筒节和封头的纵焊缝应相错,相错距离应大于较厚板的4倍,且不小于 100mm 。

8.4.6 施焊过程中,应严格控制焊接线能量在工艺评定的线能量范围内,尤其应注意不要超过工艺评定的线能量上限。

8.5 焊后消除应力热处理

8.5.1 受压元件焊接接头厚度超过 16mm 时,低温压力容器或部件全部施焊工作完成后,应进行消除应力热处理。热处理工艺应与焊接工艺评定的热处理制度(温度曲线)一致。

8.5.2 焊接接头厚度的确定原则如下:

- 1 对接接头按较薄者厚度计。
- 2 筒体与管板、平封头之类的焊接接头按筒体厚度计。
- 3 接管与壳体的焊接接头按壳体厚度计。
- 4 接管或壳体与法兰的焊接接头按接管或壳体厚度计。
- 5 附件与受压元件的焊接接头按角焊缝的厚度计,填角焊按腰高计。

8.5.3 按《钢制压力容器 分析设计标准》JB 4732 进行分析设计的碳素钢或低合金钢制低温压力容器应进行焊后消除应力热处理。

8.6 产品焊接试件及其检验

8.6.1 每台低温压力容器至少应作 1 块产品焊接试件。当一台容器的主要受压元件(筒体、凸形封头)采用数种经评定的焊接工艺施焊时,应相应增加产品焊接试件的数量。

8.6.2 产品焊接试件须在产品制作过程中,由制作焊工以产品制作时同样的材料(包括母材和焊接材料)、同样的焊接工艺和焊接条件与产品焊接接头同时焊接,不得由其他焊工制作或在产品完成后补做。

8.6.3 产品焊接试件的常规机械性能检验按《钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验》JB 4744 中产品焊接试件焊接接头的力学性能检验的有关规定。

其中低温冲击试验按本标准第 6.0.5 条的规定进行,每块试板最少取两组试样(每组 3 个),缺口中心线位于焊缝中央和热影响区各一组,试样取自最终焊道一侧,缺口中心线与板面垂直。

8.6.4 产品试件冲击试验不合格时,按本标准第 6.0.5 条第 6 款第 1)和第 2)项的规定处理,或将试件连同容器或其所代表的部件一同热处理后重新检查。

8.7 焊接接头及表面无损检测

8.7.1 低温压力容器的对接接头符合下列情况之一者,应经 100%射线或超声检测检查。

- 1 盛装易爆介质的容器,且设计压力大于 0.6MPa 者。
- 2 设计压力大于或等于 1.60MPa 者。
- 3 壳体板厚大于 25mm 者。
- 4 钢材标准规定的最低抗拉强度 $R_m > 540\text{MPa}$ 或合金元素含量大于 3%的低合金钢。
- 5 设计温度低于 -40°C 者。
- 6 符合《钢制压力容器》GB 150 有关规定者。

8.7.2 除本标准第 8.7.1 条规定以外的对接接头允许局部检测,其检验长度不小于相应焊接接头

总长的 50%。

8.7.3 低温压力容器下列部位应按《承压设备无损检测》JB/T 4730.4 或 JB/T 4730.5 进行表面磁粉检测或表面渗透检测。

1 符合本标准第 8.7.1 条的对接接头,但无法进行射线或超声检测者。

2 符合本标准第 8.7.1 条的容器壳体上的 C 类、D 类焊接接头以及附件焊接的角接接头、填角焊缝的可及表面。

3 钢材标准规定的最低抗拉强度 $R_m > 540\text{MPa}$ 的高强度钢容器壳体上的全部焊接接头及热影响区表面。

4 受压壳体上工装卡具、拉筋板等临时附件拆除的焊痕表面,焊补前的坡口及焊补的表面以及电弧擦伤处。

8.7.4 设计压力大于或等于 1.60MPa ,且设计温度低于 -40°C 的设备法兰用紧固件材料为铁素体钢时,应逐件进行磁粉检测。

8.7.5 无损检验方法和评定标准应符合下列要求:

1 对接接头的射线检测按《承压设备无损检测》JB/T 4730.2 的规定进行。射线照相的质量应不低于 AB 级,焊缝质量不低于 II 级为合格(100%检测及局部检测)。

2 焊接接头的超声检测按《承压设备无损检测》JB/T 4730.3 的规定进行,无论 100%检测及局部检测均应不低于 I 级要求。

3 焊接接头的 TOFD 检测按《承压设备无损检测》JB/T 4730.10 的规定进行,焊缝质量不低于 II 级为合格(100%检测及局部检测)。

4 磁粉检测按《承压设备无损检测》JB/T 4730.4 的规定进行。

5 渗透检测按《承压设备无损检测》JB/T 4730.5 的规定进行。

6 紧固件用磁粉检测按《承压设备无损检测》JB/T 4730.4 的规定进行。

8.8 修磨与焊补

8.8.1 低温压力容器及其受压元件表面由材料生产或加工制造过程中引起的表面缺陷,应经肉眼检查。如发现有裂纹、折叠、压入氧化皮、结疤、撕裂、飞溅、电弧擦伤、咬边、弧坑、尖锐的机械划伤和撞击凹痕、清除工夹具等引起的焊疤等有害缺陷,应予打磨清除。修磨的凹坑应与母材圆滑过渡。

修磨后的材料厚度应保证不低于该处的计算厚度加腐蚀裕量,且深度不超过下列数值。

钢板:公称厚度的 7%,且小于 2mm 。

钢管:公称壁厚的 12.5%。

8.8.2 如修磨深度或修磨后的材料厚度不符合上述情况,应考虑采取焊补、更换、应力核算或其他安全措施。

8.9 耐压试验与致密性试验

8.9.1 试压方法及压力数值按《钢制压力容器》GB 150 或设计文件的规定。

8.9.2 液压试验时,容器壁温必须比壳体材料和焊接接头的冲击试验温度(取高者)高 20°C 以上。气压试验时,容器壁温必须比壳体材料和焊接接头的冲击试验温度(取高者)高 25°C 以上。

8.9.3 耐压试验后不应再在受压元件上进行焊接之类可能引起焊接应力和缺口应力集中的加工,否则须重新试压。

8.9.4 致密性试验。

- 1 当试验压力等于设计压力时,试验温度应不低于设计温度。
- 2 当试验压力高于设计压力 10% 以下时,试验温度须比设计温度高 20℃ 以上。

8.10 质量证明书、标志、包装、运输

8.10.1 容器的铭牌不得直接钉装在受压壳体上,若需在容器壳体上装铭牌时,必须预先焊装铭牌座,将铭牌装于座板上。

8.10.2 容器出厂合格证、质量证明书、铭牌、包装、运输等按《钢制压力容器》GB 150 和《钢制化工容器制造技术要求》HG/T 20584 的有关规定。

附录 A(规范性附录) 紧固件用冷加工奥氏体钢棒技术条件

A.0.1 适用范围。

本附录适用于低温压力容器采用冷加工强化的奥氏体不锈钢钢棒(螺纹紧固件用棒材)的场合。本附录的内容作为应用《不锈钢冷加工棒》GB/T 4226 的补充技术条件。

A.0.2 牌号和化学成分。

钢棒的化学成分应符合《不锈钢冷加工棒》GB/T 4226 中的 0Cr18Ni9、0Cr18Ni10Ti、0Cr17Ni12Mo2 的要求。

A.0.3 热处理和冷加工。

钢棒应按《不锈钢棒》GB/T 1220 的要求进行固溶处理后,再经冷拔或其他形式的冷加工。冷加工后不应再次经热处理或热加工。

A.0.4 机械性能。

冷加工后的钢棒机械性能应符合表 A.0.4 的要求。

表 A.0.4 冷拉钢棒机械性能

钢 号	钢材直径 (mm)	R_m (MPa)	R_{eL} (MPa)	δ_5 (%)	ψ (%)	HB(HRC)
0Cr18Ni9 0Cr18Ni10Ti	≤19	≥860	≥690	≥12	≥35	≤321(35)
	>19~25	≥795	≥550	≥15	≥35	≤321(35)
	>25~32	≥725	≥450	≥20	≥35	≤321(35)
0Cr17Ni12Mo2	≤19	≥760	≥655	≥15	≥45	≤321(35)
	>19~25	≥690	≥550	≥20	≥45	≤321(35)
	>25~32	≥655	≥450	≥25	≥45	≤321(35)

A.0.5 试验方法。

拉伸试样应取自最终冷加工后的棒材。试样的轴心应尽量位于棒材 1/4 直径处,且与棒材轴线平行。硬度试验应位于上述棒材直径的 1/4 处。试样、试验方法等均同《不锈钢冷加工棒》GB/T 4226 的有关规定。

附录 B(规范性附录) 低温压力容器用焊接材料

B.0.1 常用低温钢焊条见表 B.0.1。

表 B.0.1 常用低温钢焊条

焊条牌号	符合国标型号	相近标准型号	最低使用温度	适用钢种	产地、生产商
J426(结 426)	GB/T 5117—E4316		-20℃	Q245R, 20 等低碳钢	一般焊条厂商均生产
J427(结 427)	GB/T 5117—E4315				
J506(结 506)	GB/T 5117—E5016			Q345R, 16Mn 等	
J507(结 507)	GB/T 5117—E5015				大中型焊条厂
J557(结 557)	GB/T 5118—E5515-G			Q370R 及配套钢种	
J556RH(结 556 韧氢)	GB/T 5118—E5516-G				
J427Ni(结 427 镍)		GB/T 5117—E4315	-40℃	铁素体低强度低温钢	上海、成都、株洲、石家庄、北京焊条厂
J506RH(结 506 韧氢)		GB/T 5118—E5016-G		16MnDR, 16MnD 等低合金低温钢	上海电力修造总厂, 成都, 泰州电焊条厂
J507RH(结 507 韧氢)		GB/T 5118—E5015-G		CF60、CF62 等 R _m 590MPa 级低温钢	上海、成都、南京、北京电焊条厂, 上海电力修造总厂
J607RH(结 607 韧氢)		GB/T5118—E6015-G			上海电力修造总厂, 成都、桂林、北京焊条厂
J507GR(结 507 高韧) ^注 (结 507 镍钛硼)	GB/T 5118—E5015-G		-45℃	15MnNiDR 等	常州、宜昌电焊条厂
J507FeNi 注(结 507 铁镍)		GB/T 5118—E5018-G			沈阳、抚顺、哈尔滨焊条厂
W707Ni(温 707 镍)	JB/T 2835—TW70-7Ni	GB/T5118—E5515-C1	-70℃	09MnNiDR, 09MnNiD 等	上海、天津、自贡、哈尔滨电焊条厂
W907Ni(温 907 镍)		GB/T5118—E5515-C2	-90℃	3.5%Ni 低温用钢	兰州长虹电焊条厂
W107Ni(温 107 镍)		GB/T5118—E5515-C2 (SFA-5.5)	-100℃	3.5%Ni 低温用钢 高回火稳定性	上海、天津、兰州长虹电焊条厂
A102(奥 102)	GB/T 983—E308-16		-120℃	18-8 型奥氏体不锈钢	各地不锈钢焊条厂
A107(奥 107)	GB/T 983—E308-15		-196℃		
A302(奥 302)	GB/T 983—E309-16		-120℃	奥氏体与铁素体异种钢焊接	各地不锈钢焊条厂
A307(奥 307)	GB/T 983—E309-15		-196℃		

注: 可与厂家协议要求做 -45℃ 冲击。

B.0.2 部分铁素体低温钢焊条化学成分及性能特点见表 B.0.2。

表 B.0.2 部分焊条性能特点

焊条牌号	熔敷金属化学成分 (%)	焊缝金属力学性能(不低于)				敷金属 扩散氢含量 mL/100g(甘油法) (mL/100g)	药皮 含水量 (%)
		R_m (MPa)	R_{eL} (MPa)	δ_5 (%)	A_{KV} (J)		
J426 J427	$C \leq 0.12, Mn \leq 1.25$ $Si \leq 0.9, S \leq 0.020$ $P \leq 0.030, Ni \leq 0.30$ $Cr \leq 0.20, Mo \leq 0.30$ $V \leq 0.08$ NiCrMoV 总量 ≤ 1.50	420~520	330	22	-30℃ 27	≤ 4.0	≤ 0.25
J427Ni	$Mn 0.5 \sim 0.85$ $Si \leq 0.5, Ni \leq 0.7$ 其余同 J427	420~520	330	22	-40℃ 27	≤ 4.0	≤ 0.25
J506 J507	$Mn \leq 1.6, Si \leq 0.75$ NiCrMoV 总量 ≤ 1.75 其余同 J427	490~590	400	22	-30℃ 27	≤ 4.0	≤ 0.25
J507GR	$C \leq 0.12$ $Mn \leq 1.6, Si \leq 0.6$ $S \leq 0.015, P \leq 0.025$ $Ni 0.35 \sim 0.65$ $Ti 0.2 \sim 0.4$ $B 0.002 \sim 0.005$	490~590	390	22	-40℃ 47	≤ 1.5	≤ 0.10
J507FeNi	$C \leq 0.08, Si \leq 0.5$ $Mn 0.8 \sim 1.3$ $S \leq 0.015, P \leq 0.025$ $Ni 1.2 \sim 2$	490~590	390	22	-40℃ 47	≤ 1.5	≤ 0.10
J506RH J507RH	$C \leq 0.10$ $Mn \leq 1.6, Si \leq 0.5$ $Ni 0.35 \sim 0.8$ $S \leq 0.015, P \leq 0.025$	490~590	390	22	-40℃ 34	≤ 2.0	≤ 0.15
J556RH	$C \leq 0.12, Mn \geq 1.0$ $Si \leq 0.7, Ni \leq 0.85$ $S \leq 0.015, P \leq 0.025$	540~640	440	17	-40℃ 34	≤ 2.0	≤ 0.15
J557	$C \leq 0.12, Mn \geq 1.0$ $Si 0.35 \sim 0.7$ $S \leq 0.015, P \leq 0.025$	540~640	440	17	-30℃ 27	≤ 3.0	≤ 0.20
J607RH	$C \leq 0.10, Mn \geq 1.0$ $Si \leq 0.8$ $Ni 0.6 \sim 1.2$ $Mo 0.1 \sim 0.4$ $S \leq 0.015, P \leq 0.025$	590~690	490	17	-50℃ 54	≤ 1.5	≤ 0.10
W707Ni	$C \leq 0.12, Mn \leq 1.25$ $Si \leq 0.6$ $S \leq 0.015, P \leq 0.025$ $Ni 2.0 \sim 2.75$	540~640	440	17	-70℃ 54	≤ 1.5	≤ 0.10

续表 B.0.2

焊条牌号	熔敷金属化学成分 (%)	焊缝金属力学性能(不低于)				敷金属 扩散氢含量 mL/100g(甘油法) (mL/100g)	药皮 含水量 (%)
		R_m (MPa)	R_{eL} (MPa)	δ_5 (%)	A_{KV} (J)		
W907Ni	$C \leq 0.12, Mn \leq 1.25$ $Si \leq 0.6$ $S \leq 0.015, P \leq 0.025$ $Ni 3.0 \sim 3.75$	540~640	440	17	-90℃ 54	≤ 1.5	≤ 0.10
W107Ni	$C \leq 0.08, Mn \approx 0.50$ $Si \leq 0.30, Cu \approx 0.50$ $Mo \approx 0.30$ $Ni 4.0 \sim 5.5$ $S \leq 0.015, P \leq 0.020$	490~590	340	17	-100℃ 47	≤ 1.5	≤ 0.10

B.0.3 常用的埋弧自动焊焊丝和焊剂见表 B.0.3。

表 B.0.3 埋弧自动焊焊丝和焊剂

焊丝钢号	符合标准号	焊剂型号或牌号	最低使用温度	适用钢种
H08A	GB/T 14957	HJ431-H08A	-20℃	低碳钢
H08MnA	GB/T 14957	HJ431-H08A		
H10MnSi	GB/T 14957	HJ431-H10MnSi		Q345R
H10Mn2	GB/T 14957	SJ101-H10Mn2 HJ431-H10Mn2		
H08Mn2DR	—	SJ603W	-40℃	16MnDR 等低温用低合金钢
H07MnNiDR	—	SJ603W	-70℃	09MnNiDR 等
H08Cr21Ni10	YB/T 5092	HJ260、SJ101		S30408
H08Cr20Ni10Nb	YB/T 5092	HJ260、SJ101		S32168
H08Cr19Ni12Mo2	YB/T 5092	HJ260、SJ101		S31608
H03Cr21Ni10	YB/T 5092	HJ260、SJ101		S30403
H03Cr19Ni12Mo2	YB/T 5092	HJ260、SJ101		S31603

中华人民共和国化工行业标准

钢制低温压力容器技术规定

HG/T 20585—2011

编 制 说 明

目 次

1. 本标准编制的基础	(611)
2. 对奥氏体不锈钢制低温容器的技术要求	(611)
3. 环境温度与设计温度的关系	(611)
4. 低温低应力工况压力容器	(612)
5. 低应力工况下调整后温度小于 $0\sim-20^{\circ}\text{C}$ 的低温容器和大于或等于 0°C 的低温容器	(612)
6. 小试样问题	(613)
7. 冲击试验温度与设计温度的关系	(613)
8. 按 R_m 分档和冲击功的改变	(613)
9. 关于温度界限	(613)
10. 异种钢焊接接头的性能要求	(614)
11. 结构设计	(614)
12. 带法兰无折边球形封头	(614)
13. 商品紧固件的使用	(614)
14. 筒节和封头的纵焊缝相错距离	(614)
15. 增加了焊接工艺评定中对熔合线的冲击功要求	(615)
16. 增加了对 100%射线检测的要求	(615)
17. 表面磁粉检测要求	(615)
18. 关于附录 A、附录 B	(615)

1. 本标准编制的基础

- (1) 《钢制压力容器》GB 150 附录 C;
- (2) 《钢制低温压力容器技术规定》HG 20585—1998。

在修订本标准时遵循了以下原则:

- (1) 与《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009 协调一致。
- (2) 不违背《钢制压力容器》GB 150 的相应规定。
- (3) 根据低温压力容器设计的具体情况,对《钢制压力容器》GB 150 进行补充和具体化。
- (4) 参考国外相应的低温压力容器有关标准规范,如 ASME Ⅷ-1 和 Ⅷ-2、JIS B8270 等,以及国内外在低温容器方面新的进展及规定。

2. 对奥氏体不锈钢制低温容器的技术要求

参照 ASME Ⅷ-1、UHA51 以及实际工程经验,对奥氏体不锈钢制低温容器增加了五项要求:

(1) 铸造材料的化学成分和金相组织,与钢厂生产的轧材相比,有较大差异,为此规定了 A_{KV} 的要求,具体指标系按 ASME SA352 有关说明确定。

(2) 对于奥氏体钢焊接接头,为了避免纯奥氏体组织在熔焊过程中产生高温热裂纹倾向,规定熔敷金属的成分设计中一般要含有一定数量的铁素体组织。但为了防止过多的铁素体对低温韧性的影响,因此,按 ASME Ⅷ-1、UHA51 的规定,对工艺评定的 A_{KV} 提出了要求。

由于国内目前尚无测定冲击试样侧向膨胀量的有关标准,为此本标准对奥氏体不锈钢的冲击试验仍采用冲击功的判据。

(3) 奥氏体钢过大的冷变形也将导致低温韧性下降,因此规定了最大允许冷变形率。

(4) 奥氏体不锈钢即使在 -196°C 的低温下仍可保持良好的塑性和韧性,是较理想的低温材料,但是又具有明显的冷作硬化特征,原因主要是由于亚稳定的奥氏体在冷加工后会变成诱发马氏体,且随着冷加工变形度的增大,马氏体含量增高。对临氢低温设备,这些马氏体能吸氢。马氏体、氢分压和低温三者同时存在,可能导致变形超大的马氏体集聚区发生裂纹泄漏。故本标准增加了奥氏体不锈钢低温临氢设备,当氢分压大于或等于 0.6MPa 时的冷加工成形的凸形封头成形后应进行固溶热处理的规定。

(5) 对相邻筒节纵焊缝相错距离提出了要求。

3. 环境温度与设计温度的关系

我国北方与西北地区的严寒季节,环境温度较低。部分无保温而且安放在室外的容器,尤其是储存类容器,其设计温度往往要根据环境温度来确定。由于情况各异,在《钢制压力容器》GB 150 中只笼统指出了环境温度的定义和要考虑环境温度的影响,但未规定设计温度如何确定。

本标准把上述低温容器分为内部装载液体或气体介质两大类。由于液体的热容量较大,取设计温度等于环境温度;而气体的热容量较小,壳体壁温接近于日平均温度。根据气象数据统计,寒冷地区按《钢制压力容器》GB 150 定义的环境温度比最低日平均温度要高 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。为此,对于介质为气相的容器,取环境温度(按《钢制压力容器》GB 150 的定义)降低 3°C 作为设计温度。

当然,容器的容积有大小之分,装载物料也有多少之分,设计者可根据这些具体情况,按照上述原则确定设计温度。

4. 低温低应力工况压力容器

《钢制低温压力容器技术规定》HG 20585—1998 中,按照 ASME Ⅷ-1 的规定,并考虑标准安全系数的差异,根据壳体中的实际应力与许用应力的比值,规定了设计温度的调整值如下:

应力比 ^① $\sigma/([\sigma]_t)$	设计温度调整值 $\Delta t(^{\circ}\text{C})$
0.75	0
0.60	10
0.45	20
0.375	30
0.33	40
0.30	50

注:① 应力比值处于中间值时, Δt 可取内插值。

本次修订考虑到与《钢制压力容器》GB 150 的附录 C 一致,取消了上述规定,但规定了“低温低应力工况不适用于最低设计温度低于 -100°C 的压力容器。”是考虑该条款的要求与 ASME Ⅷ-1 的规定相同,且严于《钢制压力容器》GB 150。

本次修订,为了解决法兰、管板、平盖等不按总体薄膜拉伸应力来确定厚度的受压元件在低温低应力工况下的选材问题,同样参照 ASME Ⅷ-1 的规定,对上述元件当其对应于最低设计温度的设计压力与最大允许工作压力比值小于或等于 0.3 时,作出了可以按设计温度加 50°C 后所得到的温度来确定选材、设计、制造、检验要求的规定,基本解决了这一问题。

之所以把比值取为 0.3,是考虑到这些元件所承受的应力性质不同于承受总体薄膜拉伸应力的壳体,在与《钢制压力容器》GB 150 取得基本一致的同时又适当放宽了要求。

低温低应力工况的应用除了考虑上述比值外,还应当考虑容器的具体操作条件。实际上,国外工程公司对于低温低应力工况的应用有很多限制,如国外某工程公司工程规定中就有:“对调高 50°C 的工况,除薄膜应力低于 50MPa 外,还附加限制条件如下:①在 $T-(T+50)$ 范围内,风、地震、管路附荷引起的应力不大于 50MPa ;②调整后的温度不超过 0°C ;③冷火炬系统的低温压力容器除外;④冷升压容器(即与设备连接管线内的轻烃,因气化变冷导致压力增大温度降低)除外”的要求。本次修订只是部分考虑了这些限制要求,但是对于未在本次修订中提出的限制要求,希望设计人员在设计过程中也能够引起足够重视。

5. 低应力工况下调整后温度小于 $0\sim-20^{\circ}\text{C}$ 的低温容器和大于或等于 0°C 的低温容器

符合低应力工况的低温容器,当调整后的冲击试验温度处于 0°C 至高于 -20°C 之间时,按《钢制压力容器》GB 150 的附录 C 不做低温冲击试验,其设计、制造均按常温容器考虑。考虑到化工容器的安全性要求较高;而且目前对 -20°C 一刀切的处理方法缺乏一个过渡层次,低于 -20°C 与高于 $-$

20℃的容器在技术要求上差距太大。为此,本标准设立了一条过渡的条款,即符合低应力工况的低温容器,当调整后的冲击试验温度高于-20℃,但低于或等于0℃时,母材及其焊接接头需按调整后的温度进行低温冲击试验,而其他设计、结构、制造、检验要求仍按常温容器对待。所以,本标准的这些要求与《钢制压力容器》GB 150 相比,要求是提高了。

本次修订,对于调整后的温度不低于0℃的压力容器,提出了材料需符合第2章所列材料标准规定的要求,目的是限制碳素结构钢用于低温压力容器。

6. 小试样问题

在《钢制低温压力容器技术规定》HG 20585—1998 规定中,参照 ASME 规范的规定,并结合国内部分厂商的实际经验,引入了 7.5mm×10mm×55mm 以及 2.5mm×10mm×55mm 小试样,弥补了《钢制压力容器》GB 150 在小试样问题上的不足。

本次修订取消了 2.5mm×10mm×55mm 小试样,原因如下:

(1) 2.5mm×10mm×55mm 小试样冲击试验数值不够稳定。

(2) 目前材料标准如《锅炉与压力容器用钢板》GB 713、《碳素结构钢》GB/T 700 等均未列入 2.5mm×10mm×55mm 小试样。

7. 冲击试验温度与设计温度的关系

我国现行容器标准中是不论厚度、焊接与否、载荷类别,一律取冲击温度等于设计温度,同时对焊后热处理等作了相应规定,以作为补充。这显然是一种比较简单,但又符合按规则设计的压力容器规范的特点。然而,化工容器设计和制造中遇到的情况又是十分复杂的。为此,本标准中对一些常见的问题给出了具体的处理方法。

其中,对螺栓、螺母的规定是考虑到紧固件的设计温度与壳体有差别,而螺母的载荷又较低,因此作了相应调整。

对非焊接件且以弯曲应力为主的元件,根据其应力及不焊接的特点,也相应作了放宽处理的规定。

对超过 16mm 又不做焊后热处理的特殊场合,规定要降低冲击温度。这是吸收了国外相应规范对厚度与焊后热处理的考虑因素而作出的调整。

由于低温铁素体钢在焊后经常会发生热影响区冲击功下降的现象,因此,为了保证焊接接头的各区冲击功要求,有必要对母材提出较高的要求,或要求母材的低温韧性比标准规定的值留有较多的余量,为此,也提出相应的原则要求。

8. 按 R_m 分档和冲击功的改变

本次修订按照《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009 对 R_m 分档和冲击功作出了调整。调整后的 R_m 分档更加细致和符合我国材料现状,冲击功值则比原来有所提高。

9. 关于温度界限

考虑到国产 16MnDR 材料最低冲击试验温度为-40℃,本次修订将原标准中的温度界限

-46℃均修订为-40℃。这样修订相当于提高了要求。

10. 异种钢焊接接头的性能要求

铁素体钢与奥氏体钢直接焊接,由于铁素体钢与奥氏体钢的线膨胀系数差别较大,在低温场合会引起温差应力,且在熔焊中铁素体一侧的碳向焊缝金属转移,会引起铁素体侧强度下降和焊缝金属的塑性降低。因此,原则上应尽量避免铁素体钢与奥氏体钢之间的异种钢焊接。

但考虑到石油化工装置中由于低温设备涉及的温度范围较广,同一台设备中经常会遇到不同的温度系列,或不同合金体系的低温钢共用。所以,异种钢焊接接头的性能要求是经常遇到的问题。本标准本着保证焊接接头韧性、强度、冷弯就低等原则,对各种情况的异种钢焊接组合作了规定。

11. 结构设计

按照尽可能焊透的原则,对 A、B、C、D、E 类各种焊接接头的使用作了规定。但也不能什么结构都要求焊透。为此,参照 ASME VIII-2 对低温用镍钢的相应规定,对各类焊接接头结构型式,结合《钢制化工容器结构设计规定》HG/T 20583 的节点图进行了规定。

同时,对平焊法兰、带补强板接管以及部分口径较小又不承受外载荷的开孔接管型式,作了限制性规定。

本次修订所补充的 09MnNiDR 壳体与接管的推荐连接结构,是考虑到在设计温度低于-50℃时,国内标准中尚没有与 09MnNiDR 材料相匹配的低合金钢管材,如果采用不锈钢管材则又会出现异种钢焊接问题。

12. 带法兰无折边球形封头

本次修订取消了原规定 $pD^2 \leq 8 \times 10^5$ 的限制,是因为这项要求已经与当前化工设备的大型化趋势不相适应。但考虑到无折边球形封头与法兰焊接结构焊接残余应力和局部应力很高,不利于低温操作,当球形封头厚度超过 12mm 时,增加了焊缝打磨圆滑过渡和焊后热处理的要求。

13. 商品紧固件的使用

商品紧固件在压力容器行业中的使用,历来未作规定。本标准参考了国际紧固件标准,对商品紧固件专门作了规定。

14. 筒节和封头的纵焊缝相错距离

《钢制压力容器》GB 150 规定无论是否低温,相邻筒节和封头的纵焊缝应相错,相错距离应大于板厚的 3 倍,而 ASME 之 UW-8(d)规定相邻筒节和封头的纵焊缝应相错,相错距离应大于较厚板的 5 倍,日本标准是 4 倍。

考虑到低温设备结构的要求,本次修订对于相邻筒节和封头纵焊缝的相错距离提出了比《钢制压力容器》GB 150 更高的要求。

15. 增加了焊接工艺评定中对熔合线的冲击功要求

目的旨在提高对接头各个区域冲击韧性的水平,做到心中有数,但仅限于必要时在工艺评定时做,而产品试板并不要求做。

16. 增加了对 100%射线检测的要求

在《钢制压力容器》GB 150 的附录 C 的基础上,对压力较高、盛装易燃介质的容器增加了 100%无损检测的要求,这对提高化工用低温压力容器的安全性是有益的。

17. 表面磁粉检测要求

在《钢制压力容器》GB 150 的附录 C 的基础上,对高强钢拆除工装卡具的焊痕表面、焊补前后以及设备法兰用螺纹紧固件增加了磁粉检测要求,并提出了具体的合格级别要求。

18. 关于附录 A、附录 B

参考 ASME SA 320 和 ASME VIII-1 的有关规定,规定了冷加工强化不锈钢螺栓的性能要求及许用应力;列入了国内目前较成熟的焊条牌号、性能和生产厂,以供设计选用。

此次修订根据《压力容器用钢焊条订货技术条件》JB/T 4747,并考虑低温容器自身特点,对焊条的熔敷金属化学成分、抗拉强度、冲击功、扩散氢含量等指标作了较大调整。增加和删减了一些焊条牌号。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 本标准中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。