

化工与通用机械参考资料

国外低温容器 技术标准汇编

通用机械研究所

一九七四年十二月

化工与通用机械参考资料

国外低温容器

技术标准汇编

1974年12月

编辑

出版：通用机械研究所

发行

制版：北京市制版厂

印刷：北京印刷二厂

定价：0.70元

毛主席语录

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。



00031681

RW T/71/01

目 录

- (1) 英国B.C.1515《焊制压力容器规范》第一部分 ~~附录C~~
低温操作容器暂行建议办法(1972年修订) ~~附录C~~ (71)
- (2) 美国ASME标准
《锅炉和压力容器规范》第VIII篇第一分篇,“低温操作”部分... (14)
- (3) 荷兰海牙Bataafse国际化学公司
压力容器防止脆性破坏的制造规范和一般要求(1969)..... (27)
- (4) 西德AD规范W10(1972)
低温用钢铁材料 (41)
- (5) 日本焊接协会标准WES-136-1972
低温结构用钢板材质评定标准..... (48)
- (6) 日本工业标准JIS B8243-1969
《非直接火压力容器的制造》“低温容器”部分 (70)
- (7) 美国ASTM标准A593-69
压力容器用钢板却贝V形缺口试验要求 (72)
- (8) 日本工业标准JIS G3126-72
低温压力容器用碳钢钢板..... (76)
- (9) 美国低温用铁素体钢板性能 (80)
- (10) 英国低温用铁素体钢板性能 (82)
- (11) 西德低温用“冷韧钢”性能 (87)
- (12) 西德低温用可焊细晶粒结构钢性能 (91)

英国 B.S.1515《焊制压力容器规范》，第一部分，

附 录 C

低 温 操 作 容 器 暂 行 建 议 办 法

(1972年修订)

C1. 前 言

a. 对于在 0°C 以下操作的容器,其选材、设计和制造上的下述建议,是以焊接协会(前称英国焊接研究协会)对碳钢及碳锰钢板所进行的一系列带缺口和焊缝的 Wells 宽板试验(WWP 试验)的结果为基础。这些建议,除考虑了其它已知的 WWP 试验数据外,特别是根据1964年3月的英国焊接杂志(British Welding Journal)中“在零下温度的受压设备用软钢”(Mild Steel for Pressure Equipment at Sub-Zero Temperatures)这篇报告的结论提出的。同时,也反映了在英国、美国和西德的现行规范中至今所许用的许多主观的估计数据,并考虑了 ISO/TC11/SC2/WG15 有关脆性断裂的工作。

对 B.S. 4434 “制冷安全”,特别是其中包括制冷系统用压力容器的命名、定义、试验及标志的8.1、8.2和8.3节,也给予了注意。

b. Wells 宽板试验数据表明,脆性断裂的阻力,取决于下列因素:

(i) 材料的缺口韧性;

(ii) 板厚;

(iii) 存在裂纹状缺陷的大小(如果证明这种缺陷不存在,则可认为在通常的加载速率下,脆性破坏不是个问题);

(iv) 在已有缺陷尖端的局部脆化程度(对于碳钢及碳锰钢,在消除应力范围内进行焊后热处理,能有效地消除由于焊接或火焰切割所造成的严重脆化)。

c. 对于设计温度低到 -110°C 的情况,在试验基础上,推荐了一种确定任何给定厚度材料的缺口韧性的方法。在这种试验中,要求位于局部脆化和经焊后热处理的材料中长达10mm的穿透厚度缺陷,应能承受大约4倍的屈服点应变。

d. 对于焊态容器,在所准备应用的图 C1 标准中,由试验所预测的温度界限与建议的温度界限之间,只给了很少的余量。然而,只要容器承受了按照 5.5.2 节要求的水力超压试验,则在使用压力下,应变不可能超过0.5%。只有由于这些原因所产生的应变被控制在本附录所限定的范围之内,这一结论才是正确的。产生附加应变的主要原因是管道载荷、温度梯度、冲击和附加载荷以及不同的支撑方法。由于同样的原因,对于焊后热处理的容器,预先进行水压试验也是非常必要的。

e. 当压力容器在使用期间可能承受冲击载荷或其它剧变载荷时,钢材的缺口延性要求应作为供需双方协商的内容。

对使用于零下温度的容器的附加要求

C2. 概 述

下述附加要求, 适用于在 0°C 以下使用的所有容器的设计、材料、试验和检查。这些要求适用于所有受压部件及与其相焊接的配件, 但不适用于非受压部件, 例如内部挡板等, 如果这些部件不与受压部件焊接, 并且不属于受压部件的一个必要部分的话。除另有说明外, 本附录只限于下列碳钢及碳锰钢: B.S.1501: 151、154、161、211、213、221、223和224。使用其它材料的要求尚在考虑之中。在对本节作出修改并规定这种要求以前, 其它材料的使用应按照供需双方的协议。

C2.1 温度/厚度界限

C2.1.1 焊态及全部焊后热处理的容器

除 C2.1.2和 C2.1.3节的规定外, 对于一个给定的设计温度, 缺口延性要求应参照相应的图 C1和图 C2来确定。

图 C1适用于在焊态下使用的碳钢及碳锰钢焊制零件。图 C2适用于按 4.4 节要求进行了焊后热处理的碳钢及碳锰钢焊制零件, 也适用于碳钢及碳锰钢的非焊接零件。

C2.1.2 部分焊后热处理的容器

如果所有组成小部件的钢板, 在与筒体对焊以前都进行了焊后热处理, 而主要焊缝并未作焊后热处理, 则最低设计温度可以比图 C1 表示的设计温度降低 15°C , 但从附件到主要焊缝的最小距离应不小于150mm。对于在最低预热温度为 150°C 下进行焊接的、外径小于70mm的接管, 不要求焊后热处理就符合本节要求。

C2.1.3 低应力操作

如果按全部载荷 (如内压、外压、静压头、自重、热应力和接管所产生的外加载荷) 计算, 名义薄膜应力不超过 50N/mm^2 , 则由图 C1和图 C2所表示的最低允许设计温度可以降低 50°C 。

C2.2 定义

为了应用这些规则, 对图 C1和图 C2中所采用的下列术语的定义, 分别见以下有关各节:

设计温度 C2.2.1

材料参考温度 C2.2.2

参考厚度 C2.2.3

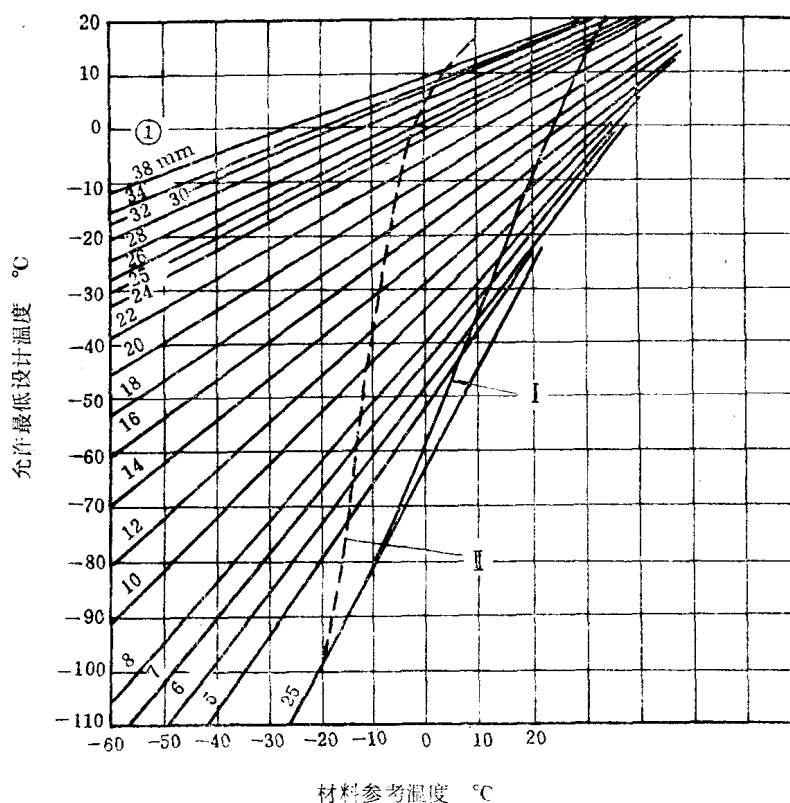
C2.2.1 设计温度

设计温度应为所考虑部件的最低温度。如果部件的最低温度不知道, 则可用下述方法来确定:

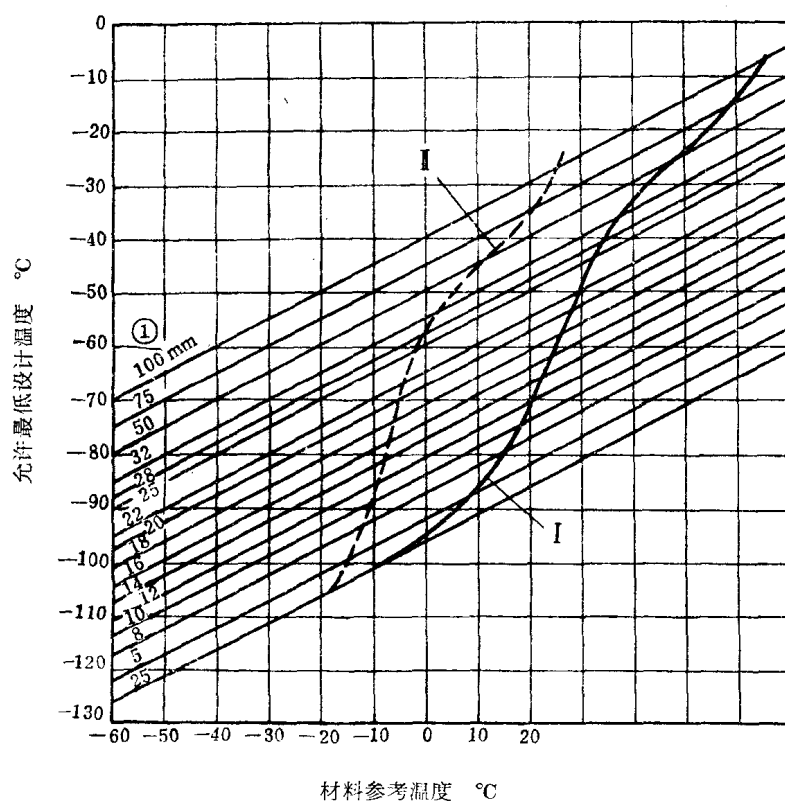
a. 对于外部绝热的容器, 采用介质的最低温度。

b. 对于不绝热的容器, 也可以采用介质的最低温度。但是, 必须注意在操作情况下, 环境温度对容器零件温度可能产生的影响。为此, 如果缺乏更可靠的数据, 设计温度可以取为最低的一天平均环境温度加上 10°C 。

c. 如果证明由于有辐射、绝热或其它影响, 不可能规定一个可靠的估计温度时, 则所



图C1. 焊态零件的最低设计温度界限 (I 和 II 的说明见C2.2节)
①参考厚度



图C2. 焊后热处理零件的最低设计温度界限 (I 和 II 的说明见C2.2节)
①参考厚度

用估计温度的方法应按照协议决定。

对于经过焊后热处理的结构或按照标准中第 5.5.2 节规定进行过压力试验的焊态结构, 在操作过程中, 温度允许比设计温度低 10°C , 但是, 在这个更低的温度下, 部件的计算薄膜应力应小于设计应力 f 的 $\frac{3}{4}$ 。

C2.2.2 材料参考温度

材料参考温度 (见图 C1 和图 C2) 是指钢材的 V 型缺口试样却贝冲击试验符合规定的最低冲击能量要求时的温度。根据特定的参考温度、参考厚度及本附录规定的其它有关条款, 容器可以在温度低到图 C1 或图 C2 所示的最低设计温度下操作。

冲击试验条件及对钢材规定的最低要求见 C3 节。

C2.2.3 参考厚度

C2.2.3.1 对焊零件

两个零件的参考厚度, 应取为在焊口处较厚零件的厚度。

C2.2.3.2 焊接的高颈法兰、平焊法兰、活套法兰、管板及平盖板

法兰 (或管板或平盖板) 与支件或筒体焊接时, 参考厚度为 $\frac{1}{4}$ 法兰 (或管板或平盖板) 厚度; 或支件厚度或筒体厚度的较大者 (见图 C3)。

如果从法兰、管板或平盖板到对接焊缝的距离不小于 4 倍对接焊缝厚度 (见图 C4), 则在焊态情况下, 参考厚度应为焊口处的厚度。

与管子焊接的管板, 其参考厚度应不小于管子壁厚。如果筒体与管板的接头消除了应力, 而管子与管板的接头是焊态的, 这种情况可能影响管板材料的选择。

C2.2.3.3 支件和接管

参考厚度应为筒体、支件或补强板 (若有的话) 的厚度, 取其中较厚者。这条规定适用于最厚部件的全部及与最厚部件连接的较薄部件, 但从焊缝边缘到最厚部件的距离, 至少应为该部件厚度的 4 倍或 150mm, 并取其中较小者。

C2.2.3.4 管子

管子的参考厚度应为包括腐蚀余量在内的管子名义壁厚。

C2.2.3.5 附件

直接与受压零件焊接的非受压附件, 应视为受压零件的一部分, 其参考厚度应取为等于该附件在接头处的厚度 (见 C4.1.5 节)。

C2.2.3.6 非焊接的零件

非焊接的零件应视为经过消除应力的零件, 其参考厚度取为该零件厚度的 $\frac{1}{4}$ 。

C3. 冲击试验

C3.1 概述

C3.1.1 除符合 C3.2 节的规定者外, 凡具有适当尺寸及厚度超过 3 mm 的钢材, 均应在不高于材料的参考温度或最低设计温度下, 采用却贝冲击试验进行验证。试验应采用 V 型缺口试样, 并按照 B.S. 131 节第二部分 (1959) 的规定进行。如果材料厚度不允许制备 10mm 宽试样, 则试样宽度 (沿缺口方向) 可以加工成 7.5mm、5 mm 或 2.5mm。应选用从材料截面上所能得到的最大宽度试样。相当于 10mm 宽标准试样的冲击能量如下:

CV 试样宽度 mm	当量冲击能
10	E
7.5	0.8 E
5	0.7 E
2.5	0.35 E

注：这些要求的修改值尚在考虑之中。

C3.1.2 除非供需双方另有协议，否则应从每张钢板上，或者从同一炉钢及同次热处理的一批材料中选取一张或几张钢板，制备为数不少于 3 个的冲击试样。

C3.1.3 对于辗制材料，每个试样应加工成使缺口垂直于主要热流动方向。在与主要热流动表面垂直的面上切出缺口。如果在制造过程中有炖锻操作（如由钢坯锻制法兰盘），则冲击试样的数量和方位以及在材料参考温度或最低设计温度下的最低冲击能量，都应由供需双方协商决定。

注：在一个特定温度下，垂直于晶粒流动方向（即垂直于主要热流动方向）切取的试样，其冲击能量明显地低于沿晶粒流动方向切取的试样的冲击能量。如果试样必须加工成垂直于晶粒流动方向，则规定的最小冲击能量应当降低。如果在材料说明书中没有规定相应的冲击值，则对横向试样的要求应作为供需双方协商的一个问题。

C3.2 辗制钢材免除冲击试验情况

对于规定的最小抗拉强度小于 450N/mm^2 的碳钢及碳锰钢，除非需方另有要求，否则在下述情况下冲击试验可以不作，或者可以使用无冲击性能保证的钢材：

a. 所有代表材料参考厚度与允许最低设计温度的交点，位于图 C1 和图 C2 曲线 I 的右边时。

b. 对于具有规定的最低含锰量与最高含碳量之比等于或大于 4 的正火钢，所有代表材料参考厚度与允许最低设计温度的交点，位于图 C1 和图 C2 曲线 II 的右边时。

注：当制造工艺（例如可控制的轧制工艺）可以满足用户所要求的缺口延性时，非正火钢也可以供应。

C3.3 冲击试验要求

这些要求是对于 10mm 宽的 V 型缺口试样却贝试验结果而言。除非另有说明，否则规定的最低冲击能量都是指三个试样试验结果的平均值。除非有关材料说明书中另有规定，否则单个试样的冲击值都应不低于规定的最小平均冲击值的 75%。

C3.3.1 板材、锻件和管材

对于碳钢及碳锰钢，如果规定的最小抗拉强度小于 450N/mm^2 ，则在材料参考温度下的最低冲击能量应不小于 27J；如果规定的最小抗拉强度等于或大于 450N/mm^2 ，则在材料参考温度下的最低冲击能量应不小于 40J。

注：通常是先确定最低设计温度和参考厚度，并由图 C1 或图 C2（视情况而定）决定材料的参考温度。然后从材料标准中选择能满足上述规定的最低冲击性能要求的钢材。如果材料说明书中没有载明对应于却贝 V 型缺口试样冲击能为 27J（或 40J）的温度，则可以按照 $1.5\text{J}/^\circ\text{C}$ 的关系，将材料说明书中的温度换算成对应于 27J（或 40J）的温度。在却贝 V 能量从 20~47J 的范围内，这种换算关系是允许的。例如，在 0°C 时为 20J，可以认为相当于在 $+5^\circ\text{C}$ 时为 27J。

C3.3.2 焊接的高颈法兰、平焊法兰、活套法兰、管板及平盖板

冲击试验要求除了不得低于其非焊接时的要求外,在采用参考厚度情况下,规定的最低冲击能量还应符合 C3.3.1节的要求。对于消除应力的零件,在最低设计温度下,冲击能量不必大于20J。

与管子焊接的管板,除了管板的冲击要求不得低于对管子的要求外,其规定的最低冲击能量要求也如上所述。

C3.3.3 附件

直接与受压零件相焊接的非受压附件,其最低规定冲击能量不应低于对该受压零件的要求(见 C4.1.5节)。

C3.3.4 铸件

在最低设计温度下,规定的最低冲击能量应不低于20J。

C3.3.5 焊缝

C3.3.5.1 焊缝金属

对于焊缝金属冲击试验的合理要求,需经供需双方同意。对于规定的最小抗拉强度不超过450N/mm²的碳钢及碳锰钢上的焊缝,当焊接材料符合 C3.3.5.2节要求时,本标准的最低要求必须满足;对于所有其它焊缝,在材料的参考温度不高于对母材的要求20°C下(但不必低于-50°C),冲击能量应不低于40J。

C3.3.5.2 焊接材料

所有手工弧焊电极,必须符合 B.S. 639, 2级(在0°C时,却贝V为40J)的要求。自动焊焊缝金属,按所要求的拉伸性能,应符合 B.S. 4165中下述各级的要求:

S2M300级(0°C时,却贝V为35J);

S2M350级(0°C时,却贝V为40J);

S2M450级(0°C时,却贝V为45J)。

对于在需进行消除应力热处理的容器上使用的焊接材料,试样在试验前应进行一次相同的热处理。

C3.3.5.3 热影响区

当采用多道焊接工艺时,所规定的最低设计温度与厚度的关系充分考虑到了热影响区的最坏情况,因此热影响区的却贝V性能已不作规定。

但是,对于采用快速输入热量的焊接工艺(例如单道自动焊工艺)焊成的不正火的焊缝,除非供需双方另有协议,否则热影响区的缺口延性也应遵守对焊缝金属的最低要求。

C3.3.5.4 工艺试验

对于抗拉强度不超过450N/mm²的碳锰钢焊缝,除非用户另有规定,否则不要求进行工艺试板的冲击试验;对于其它所有焊缝,则要求进行工艺试板的冲击试验。当要求在产品试板上进行冲击试验时,在工艺试验中应保证能够达到要求值。

C3.3.5.5 产品试板

除符合 C3.3.5.7.5节的规定者外,对于最低设计温度不超过按照图 C1或图 C2查得的允许最低设计温度20°C的所有情况,产品试板均要求符合 5.3节的规定。除非用户指明要进行其它试验,否则冲击试样只需从产品试板上截取。

C3.3.5.6 试板的热处理

在所有情况下,试板应进行与容器相同的热处理。

C3.3.5.7 冲击试验的选择

C3.3.5.7.1 除本标准第4章所要求的试验外,还应按 C3.3.5.1、C3.3.5.2、C3.3.5.3、C3.3.5.4 及 C3.3.5.5节的要求进行冲击试验。试板在切出试样以前,应按对制成后容器的热处理要求进行热处理。用户可以自行决定接受按照本节要求预先进行的工艺鉴定试验结果。

C3.3.5.7.2 从代表对接焊缝的试板上所截取三个冲击试样的组数如下:

板厚 mm	组数	在厚度范围内的位置
≤30	1	中部
>30~≤62	2	顶部和底部
>62	3	顶部、中部和底部

C3.3.5.7.3 对采用有大量热输入的任一种单道焊接工艺焊成的焊缝,由 C3.3.5.7.2节规定的冲击试样应当加倍,但试样缺口要开在距焊缝熔合线1~2mm处。个别试样需经过腐蚀,显示出熔合线和热影响区,以保证缺口的准确位置。却贝V型试样的缺口根部应垂直于钢板表面(见图42)。

C3.3.5.7.4 复试

如果不能达到规定的平均冲击值,或者只有一个试样的冲击值低于规定的单个试样最小值,则应在类似于原试样的取样部位上,再取三个附加试样。六个试样的平均冲击值应不低于规定的最小平均冲击值;同时,不应有两个以上试样的冲击值低于规定的最小平均值,其中只许有一个试样的冲击值低于规定的单个值。

C3.3.5.7.5 对于规定的最小抗拉强度小于450N/mm²的碳钢及碳锰钢容器,如果母材按照 C3.2节的规定免于冲击试验,且焊接材料相应满足 C3.3.5.2节的要求,则采用手工焊或多道自动焊工艺焊成的焊缝,不要求进行工艺试板和产品试板的冲击试验。

材料厚度小于10mm的焊缝,不要求进行产品试板的冲击试验。

C3.4 螺栓

螺栓材料应符合下表所列标准,并可以在不低于表中所列的温度下使用:

材 料	用 途	冲击试验要求	最低设计温度℃
B.S.1506—111	螺栓	不规定	-30
B.S.1506—162	螺母	不规定	-50
B.S.1506—240	螺母	不规定	-50
B.S.1506—240.LT.100	螺母	-100℃, 20 J	-100
B.S.1506—621. A	螺栓	不规定	-50
B.S.1506—621. A.LT100	螺栓	-100℃, 20 J	-100
B.S.1506—801. B	螺母、螺栓	不规定	-200
B.S.1506—821—Ti	螺母、螺栓	不规定	-200
B.S.1506—821—Nb	螺母、螺栓	不规定	-200
B.S.1510—LT.100	螺母、螺栓	-100℃. 27 J	-100

C4. 设计、制造和工艺

C4.1 设计

C4.1.1 作为一项通用规则,每个设计都应具有足够的挠性,并尽可能简单。

必须避免可能由于严重的温度梯度而产生的温度剧变。如果这种情况依然有可能发生,

则应采用特殊结构。图 C5 所示为一个典型可行的设计实例。

C4.1.2 必须注意避免采用可能产生局部高应力区的设计，如吊耳、不连续加强的筋板及突变结构。

不应采用不连续的加强板及点固定或间断焊接的连续加强板。

容器的支座不应直接焊在容器上，而应总是采用垫板（见 C4.1.5 节）。

C4.1.3 管道支架及固定勾子，最好连接在一个环状的机械隔离套筒上。螺钉连接和套筒式焊接阀门及管件，最好不采用。

C4.1.4 接管和复杂结构的附件，应在制造厂就焊在筒节上，并视为一个可以个别进行热处理的单独的局部装配件。

C4.1.5 非主要零件与主要零件连接时，应带有过渡部件，过渡部件应受到与该主要零件相同的限制。本规定要求过渡零件的长度至少为 $2t_1$ 或 150 mm，取其中较大者（见图 C6）。

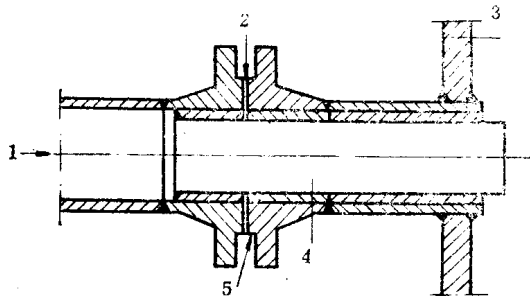


图 C5. 避免严重温度梯度的设计实例

①流体；②垫片；③容器壁；④热套；⑤定位法兰

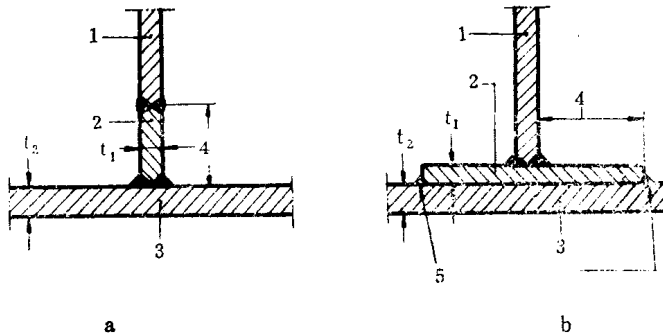


图 C6. 连接非主要零件与主要零件的设计实例

①非主要零件；②过渡部件；③主要零件；④ $2t_1$ 或 150mm，取较大者；⑤焊缝最好平行于主应力方向。

C4.1.6 图 C1 和图 C2 一般只适用于静载的压力容器。当容器承受严重的冲击载荷时，缺口延性的要求应按照供需双方的协议。

C4.1.7 管板与筒体及平盖板与筒体的焊接，一般应按照 B.S.1515 第二部分，图 147~151、图 152a 或图 152c 的规定。最好按照图 149a 或图 149b〔注〕。为了作螺栓法兰，可以采用延伸管板的方法。

C4.2 制造

所有使用的材料应符合规定。即使显然是不重要的零件，也不许采用来源不可靠的材料，

〔注〕：图 149a、图 149b 均为管板与筒体对接焊结构——译者。

如板头等。

C 4.2.1 除非容器随后还进行热处理, 否则不允许在制成后的容器上使用硬印和打印作标记。容器的标志见标准的5.6节。

C 4.3 成形后零件的热处理

所有冷压、冷煨或冷卷成内径小于10倍板厚(变形超过5%)的板材, 须进行正火热处理。同样, 这一规则也适用于局部弯曲成内径小于10倍管道外径的管道(不管是否进行局部加热)。热成形的铁素体钢部件, 除非在成形过程中温度的控制相当于正火工艺, 否则均应随后进行正火。

C 4.4 焊接

C 4.4.1 因为焊缝的缺口延性, 主要取决于所用的焊接方法, 所以在焊接工艺试板时, 所采用的工艺应与产品焊接工艺完全相同。不仅电流和电压应相同, 而且操作方法(包括焊道层次、运条方法和速度)也应相同。

C 4.4.2 不采用非埋弧自动焊工艺, 除非制造厂明确提出自己的意图, 并且取得用户的同意。

附录 C 的应用实例

例 1 确定设计温度(见 C2.1.3 和 C2.2.1 节)

以一个准备贮存氨制冷剂的绝热容器为例:

假设最高外界温度:	+50°C;
最低使用温度[此时蒸汽压力(绝对)为946mbar]:	-35°C;
在50°C时蒸汽压力(计示):	19.32bar;
液体介质的静压头:	0.05bar;
设计压力:	20.5 bar;
材料——碳钢:	
规定的最小抗拉强度:	410 N/mm ² ;
规定的最小屈服应力:	235 N/mm ² ;
设计应力 f (点状射线照像测定):	133.1N/mm ² 。

设计温度应为下述温度的较低者(见图C7):

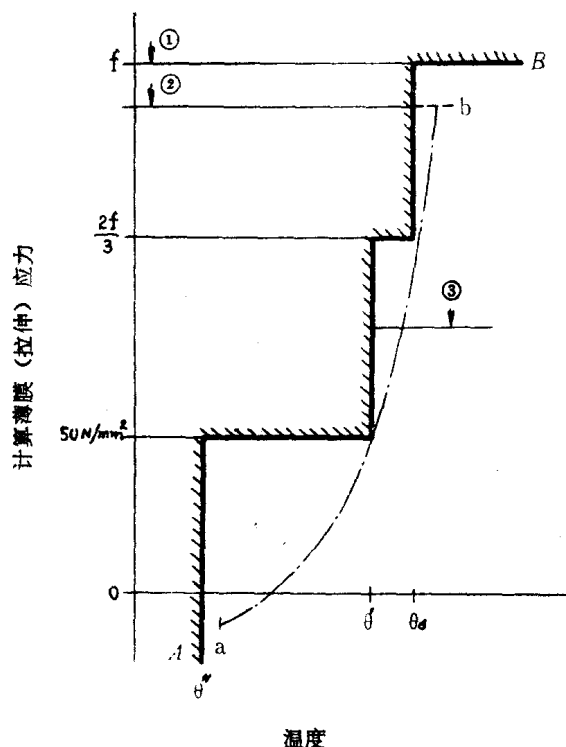
1. 在加载条件相当于计算的薄膜应力 f_1 等于或大于2/3许用设计应力 f 下使用时, 将会遇到的最低温度(参看 C 2.2.1 节);
2. 在加载条件相当于计算的薄膜应力 f_2 小于2/3许用设计应力 f , 而大于 50N/mm² 下使用时, 将会遇到的最低温度再加上10°C(参看 C 2.2.1 节);
3. 在加载条件相当于计算的薄膜应力 f_3 等于或小于 50N/mm² 下使用时, 将会遇到的最低温度再加上50°C(参看 C2.1.3)。

假设已知由静压头、自重和其它载荷计算的拉伸薄膜应力 = 1.0 N/mm²。

与设计压力相对应的蒸汽压力 = 设计压力 - 静压头 = 20.5 - 0.05 = 20.45bar。

与计算薄膜应力 (f') 相对应的蒸汽压力 (p') = 20.45($f' - 1.0$)/(133.1 - 1.0)

所以, 设计温度:



图C7 计算的薄膜 (拉伸) 应力与设计温度的关系 (见例 1)

θ_d = 最低设计温度 $\theta' = \theta_d - 10^\circ\text{C}$ $\theta'' = \theta_d - 50^\circ\text{C}$ f = 允许的设计应力

① 安全阀起跳压力 = 设计压力; ② 正常操作情况的最高压力; ③ 允许操作条件
a—b 线表示在正常操作期间 (包括开车、停车及低载情况) 可能产生的薄膜应力与温度的关系。
选材及设计应使整个 a—b 线位于折线 A—B 所描画的许用条件之内。

在第 1 种情况下,

当 $f_1 = \frac{2f}{3}$ 时,

蒸汽压力 (计示) = $20.45(0.667 \times 133.1 - 1.0)/132.1 = 13.58 \text{ bar}$

对应的蒸汽温度 = 38°C

$\therefore \theta_1 = +38^\circ\text{C}$

在第 2 种情况下,

当 $f_2 = 50 \text{ N/mm}^2$ 时,

蒸汽压力 (计示) = $20.45(50 - 1.0)/132.1 = 7.59 \text{ bar}$

对应的蒸汽温度 = 20.0°C

$\therefore \theta_2 = 20 + 10 = +30^\circ\text{C}$

在第 3 种情况下,

根据出现最低温度时的载荷, 计算的薄膜应力将明显地低于 50 N/mm^2 。

$\therefore \theta_3 = -35 + 50 = +15^\circ\text{C}$

设计温度为 θ_1 、 θ_2 和 θ_3 的最低者 = $+15^\circ\text{C}$

例 2 确定参考厚度 (见 C2.2.3 节)

(i) 焊接的高颈法兰 (见图 C4a)

以 B.S.1560 表 13 的一个 6 吋 (150mm) 300 级的高颈法兰与 $\phi 168.3 \times 9.5 \text{ mm}$ (外径 $\times$ 名义壁厚) 的支件连接为例:

法兰厚度 $t_1 = 47.6 \text{ mm}$

法兰颈厚 $t_2 = 9.5 \text{ mm}$

支件壁厚 $t_3 = 9.5 \text{ mm}$

a. 焊后热处理状态的参考厚度为 $t_1/4$ 、 t_2 或 t_3 的较大者。

∴ $t_1/4 = 47.6/4 = 11.9 \text{ mm}$

$t_2 = 9.5 \text{ mm}$

$t_3 = 9.5 \text{ mm}$

∴ 取参考厚度为 11.9 mm 。

b. 焊态情况。因为从法兰背到焊缝的距离 L 大约为 60 mm ，此值大于 $4t_2$ ，所以应用图 C1 时，参考厚度取为 t_2 或 t_3 的较大者。

∴ 取参考厚度为 9.5 mm 。

还应当根据最低设计温度和 11.9 mm 的参考厚度（即法兰截面的参考厚度），参照图 C2 来验证按照图 C1 所得的选材结果。

(ii) 支件连接（见 C2.2.3.3 节）

以一个 9.5 mm 厚的支件与 15 mm 厚的筒体相连接，并带有一块 15 mm 厚的补强板的结构为例。对于从支件到补强板角焊缝趾间距离等于 150 mm 或 4 倍支件厚度（即 38 mm ）的较小者情况，所有三个零件的参考厚度均为 15 mm ，并且这个参考厚度适用于支件（及任何与之连接的法兰）。

例 3 图 C1 和图 C2 的应用（见 C2.2.2、C2.2.3 和 C3.3 节）

钢材必须在温度不高于按图 C1 或图 C2 确定的材料参考温度下，具有不低于 C3.3.1 节规定的冲击值。材料的参考温度，取决于对接焊缝边缘的板厚。

注：对于规定的最小抗拉强度小于 450 N/mm^2 的钢材，在下述情况下，冲击试验可以不作（见 C3.2 节）：

(i) 当表示最低设计温度和厚度的交点，位于图中曲线 I 的下面时；

(ii) 对于 $Mn/C \geq 4$ 的正火钢，当表示最低设计温度和厚度的交点，位于图中曲线 II 的下面时。

例如，假设最低设计温度为 -40°C ，则在下述情况下，冲击试验可以不作（或可以使用无冲击性能保证的材料）：

a. 参考厚度为 5 mm ，不焊后热处理（见图 C1 曲线 I）；

b. 参考厚度为 10 mm ， Mn/C 不小于 4 的正火钢不焊后热处理（见图 C1 曲线 II）；

c. 参考厚度为 28 mm ，如果非焊接或经焊后热处理（见图 C2 曲线 I）；

d. 参考厚度为 50 mm ， Mn/C 不小于 4 的正火钢，如果是非焊接或经焊后热处理（见图 C2 曲线 II）。

对接焊缝

a. 不进行焊后热处理时（见图 C1）：

以某容器为例：

最低设计温度：

-50°C

所选用钢材的规定最小抗拉强度：

430 N/mm^2

厚度：

16 mm 。

根据图 C1，材料的参考温度为 -45°C 。所选材料在温度不高于 -45°C 时必须具有规定的

最低冲击值不小于27J。或者,材料在下列温度范围内的冲击试验合格(参看C3.3.1节的注):

在 $[-45 - (7/1.5)]^{\circ}\text{C}$,即在 -49.66°C 时,为20J。(在 -50°C 时为20J,认为合格)。

在 $[-45 + 27^{(*)}/1.5]^{\circ}\text{C}$,即在 $-27^{\circ}\text{C}^{(**)}$ 时,为47J。

b. 进行焊后热处理时(见图C2)

以某容器为例:

最低设计温度: -75°C

所选用钢材的规定最小抗拉强度: 490 N/mm^2

厚度: 23mm 。

根据图C2,材料参考温度为 $-23.5^{\circ}\text{C}^{(***)}$ 。因为规定的最小抗拉强度(490 N/mm^2)大于 450 N/mm^2 ,因此所选材料在温度不高于 -23.5°C 时必须具有规定的最低冲击值不小于40J。或者,材料在下列温度范围内的冲击试验合格(参看C3.3.1节的注):

在 $[-23.5 - (20/1.5)]^{\circ}\text{C}$,即在 -36.83°C 时,为20J;

在 $[-23.5 + (7/1.5)]^{\circ}\text{C}$,即在 -18.83°C 时,为47J。

因此,选用在 -20°C 时具有规定的最低冲击值为47J(相当于 -24.67°C 时为40J)的材料是合适的。

例4 固定管板式热交换器(见图C3b)

以某固定管板式热交换器为例:

最低设计温度: -80°C

筒体厚度: 10mm

管板厚度: 50mm

管子名义壁厚: 5mm

假如,筒体与管板的连接焊缝经过焊后热处理,而管子与管板连接焊缝未经焊后热处理。

首先,考虑管子与管板的连接焊缝。根据图C1,管子在温度不高于所确定的材料参考温度 -21°C 时,必须具有不低于C3.3.1节规定的冲击值。管板至少也必须满足这个要求(见C3.3.2节)。

校核对管板的要求时,不考虑管子与管板的连接焊缝。参考厚度是管板本身厚度的 $1/4$ (即 $0.25 \times 50 = 12.5\text{mm}$)或筒体厚度(10mm),取其中较大者(见C2.2.3.2节)。用最低设计温度 -80°C 及材料参考厚度 12.5mm 查图C2,发现管板在温度不高于所确定的材料参考温度 0°C 时,必须具有不低于C3.3.1节规定的冲击值。

因此,管子与管板的连接焊缝是控制因素,并且管子和管板都必须在 -21°C 或更低的温度下有符合C3.3.1节要求的冲击值。

厚度仅为 10mm 的筒体,要求具有 $+7^{\circ}\text{C}$ 的材料参考温度(见图C2)。但是,与管板相连接的筒节,必须具有与管板相同的参考厚度 12.5mm (参看C2.2.3.1节)。

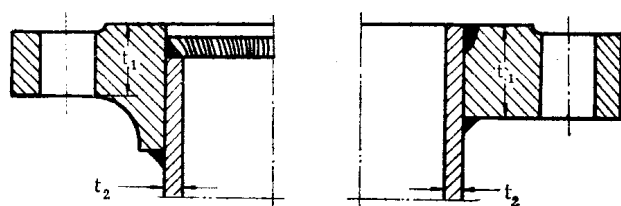
如果管子是胀接的,或者管束在全部管端焊完后进行焊后热处理,则管板材料的选择应遵照图C2的规定,并且取参考厚度为 12.5mm 。此时,从图C2可知,管子的参考温度是 $+24^{\circ}\text{C}$ 。

必须注意,当满足例3中所述条件时,冲击试验可以不作。

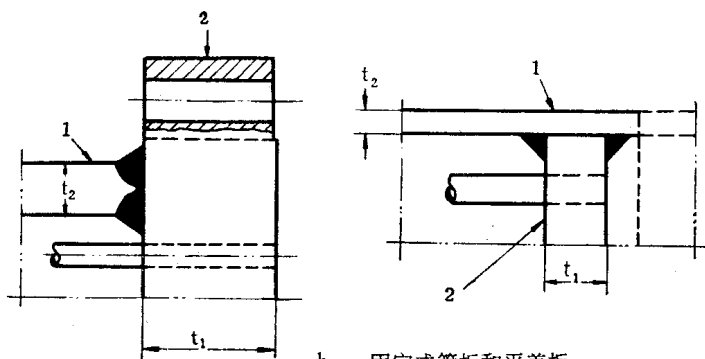
[*]: 原文如此,疑是20之误——译者注。

[**]: 原文如此,疑是 -31.67°C 之误——译者注。

[***]: 原文为 -40.5°C ,可能有误——译者注。



a. 活套和平焊法兰

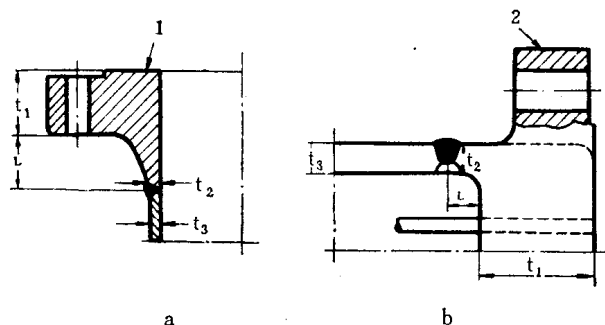


b. 固定式管板和平盖板

① 筒体; ② 固定式管板或平盖板

对于焊态情况和焊后热处理情况, 法兰、管板和平盖板的材料参考厚度应取为 $t_1/4$ 或 t_2 的较大者。

图C3 活套法兰、平焊法兰、管板及平盖板的参考厚度



a

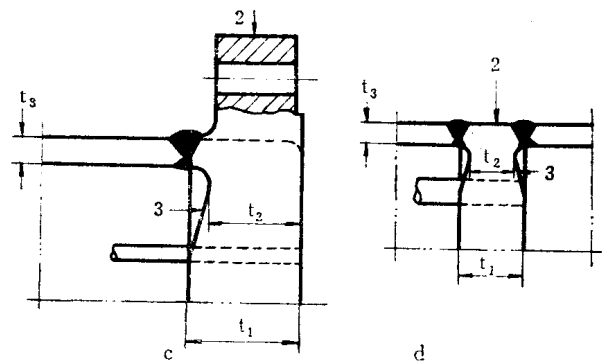
b

最低冲击要求:

焊态——用 $t_2/4$ 或 t_2 或 t_3 的较大者查图 C1。

$L \geq 4t_2$ 时, 用 t_2 或 t_3 的较大者查图 C1, 或用 $t_1/4$ 查图 C2, 取其中更苛刻者。

焊后热处理——用 $t_1/4$ 、 t_2 或 t_3 的较大者查图 C2。



c

d

最低冲击要求:

焊态——用 $t_2/4$ 或 t_3 的较大者查图 C1, 或用 $t_1/4$ 查图 C2, 取其中较苛刻者。

焊后热处理——用 $t_1/4$ 或 t_3 的较大者查图 C2。

① 高颈法兰; ② 固定管板或平盖板; ③ 斜率1/4

图C4 高颈法兰、管板和平盖板的参考厚度

通用机械研究所 李学仁译自 B. S. 1515, 1965, Part II, "Tentative recommended practice for vessels required to operate at low temperatures" 天津大学 孟广蒨校