



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 11640—2021

代替 GB/T 11640—2011

---

## 铝合金无缝气瓶

Seamless aluminium alloy gas cylinders

(ISO 7866:2012, Gas cylinders—Refillable seamless aluminium alloy gas cylinder—Design, construction and testing, NEQ)

2021-04-30 发布

2021-11-01 实施

---

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义、符号 .....	2
4 型式和参数 .....	3
5 技术要求 .....	5
6 试验方法和合格指标 .....	9
7 检验规则 .....	15
8 标志、涂敷、包装、运输和储存 .....	17
9 产品合格证和批量检验质量证明书 .....	18
附录 A (规范性) 腐蚀试验 .....	20
附录 B (规范性) 抗恒载荷裂纹试验 .....	27
附录 C (规范性) 铝瓶的装阀扭矩 .....	31
附录 D (资料性) 螺纹剪切应力安全系数计算方法 .....	32
附录 E (资料性) 铝瓶制造缺陷的描述和判定 .....	35
附录 F (规范性) 压扁试验方法 .....	40
附录 G (资料性) 铝合金无缝气瓶批量检验质量证明书 .....	42

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 11640—2011《铝合金无缝气瓶》，与 GB/T 11640—2011 相比，主要技术变化如下：

- 在范围的适用性中，更改了公称容积的范围，容积上限调整至 150 L(见第 1 章，2011 年版的第 1 章)；
- 增加了铝瓶用铝合金材料牌号 7032、7060(见 5.1.1.1)；
- 更改了相容性的要求(见 5.1.1.3，2011 年版的 5.1.3)；
- 更改了壁厚设计计算公式(见 5.2.2.3，2011 年版的 5.2.1.3)；
- 增加了热处理时间和时间的控制要求(见 5.3.5.2)；
- 增加了 12 L 及以下铝瓶可免做容积残余变形率测定的规定(见 6.6.2)；
- 增加了最小屈服强度保证值大于 380 MPa 高强度铝瓶未爆先漏试验的有关规定(见 6.10)；
- 删除了宜充装于铝瓶中的气体的规定(见 2011 年版的附录 C)。

本文件参考 ISO 7866:2012《气瓶 可重复充装的铝合金无缝气瓶 设计、制造和试验》编制，与 ISO 7866:2012 的一致性程度为非等效。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国气瓶标准化技术委员会(SAC/TC 31)提出并归口。

本文件起草单位：沈阳斯林达安科新材料有限公司、上海市特种设备监督检验技术研究院、浙江威能消防器材股份有限公司、江苏久维压力容器制造有限公司、沈阳中复科金压力容器有限公司、辽宁美托科技有限公司。

本文件主要起草人：姜将、尹爱荣、杨树军、王晓东、宋佐涛、邓红、刘扬涛、孟丽莉、李昱。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1989 年首次发布为 GB 11640—1989；
- 2001 年第一次修订 GB/T 11640—2001，2011 年第二次修订；
- 本次为第三次修订。

# 铝合金无缝气瓶

## 1 范围

本文件规定了铝合金无缝气瓶(以下简称“铝瓶”)的术语和定义、符号、型式和参数、技术要求、试验方法和合格指标、检验规则、标志、涂敷、包装、运输、储存及产品合格证和批量检验质量证明书等要求。

本文件适用于设计、制造公称工作压力不大于 30 MPa,公称容积不大于 150 L,使用环境温度 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,用于盛装压缩气体或液化气体的可重复充装的铝瓶。

本文件不适用于运输工具和机器设备上附属的瓶式压力容器。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 192 普通螺纹 基本牙型
- GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸
- GB/T 197 普通螺纹 公差
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
- GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法
- GB/T 3191 铝及铝合金挤压棒材
- GB/T 3246.1 变形铝及铝合金制品组织检验方法 第1部分:显微组织检验方法
- GB/T 3246.2 变形铝及铝合金制品组织检验方法 第2部分:低倍组织检验方法
- GB/T 3880.1 一般工业用铝及铝合金板、带材 第1部分:一般要求
- GB/T 3880.2 一般工业用铝及铝合金板、带材 第2部分:力学性能
- GB/T 3880.3 一般工业用铝及铝合金板、带材 第3部分:尺寸偏差
- GB/T 3934 普通螺纹量规 技术条件
- GB/T 4437.1 铝及铝合金热挤压管 第1部分:无缝圆管
- GB/T 6519 变形铝、镁合金产品超声波检验方法
- GB/T 7144 气瓶颜色标志
- GB/T 7999 铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法
- GB/T 8335 气瓶专用螺纹
- GB/T 8336 气瓶专用螺纹量规
- GB/T 9251 气瓶水压试验方法
- GB/T 9252 气瓶压力循环试验方法
- GB/T 12137 气瓶气密性试验方法
- GB/T 13005 气瓶术语

## GB/T 11640—2021

GB/T 15385 气瓶水压爆破试验方法

GB/T 15970.6—2007 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第6部分:恒载荷或恒位移下的预裂纹试样的制备和应用

GB/T 20975(所有部分) 铝及铝合金化学分析方法

YS/T 67 变形铝及铝合金圆铸锭

ISO 11114-1 气瓶 气瓶和瓶阀材料与盛装气体的相容性 第1部分:金属材料(Gas cylinders—Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents—Part 1: Metallic materials)

### 3 术语和定义、符号

#### 3.1 术语和定义

GB/T 13005 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1.1

**固溶处理 solution treatment**

将铝瓶瓶体加热至适当温度并保温,使过剩相充分溶解到固溶体中,然后快速冷却以获得过饱和固溶体的热处理工艺。

##### 3.1.2

**批量 batch**

按同一设计、同一炉罐号材料、同一制造工艺以及同一热处理规范,在同一时期内热处理的铝瓶所限定的数量。

注:质量要素控制条件相同时,不同炉热处理的产品可组成一批。

##### 3.1.3

**屈服强度 yield stress**

规定非比例延伸率为0.2%时的强度。

##### 3.1.4

**设计应力系数 design stress factor**

水压试验压力下等效壁应力和屈服强度保证值的比值。

##### 3.1.5

**人工时效处理 artificial ageing**

铝瓶瓶体经固溶处理后在适当的温度下保温,使强化相沉淀析出,以提高其屈服强度和拉伸强度的热处理工艺。

#### 3.2 符号

下列符号适用于本文件。

- A —— 断后伸长率, %;
- $a$  —— 疲劳裂纹长度, 单位为毫米(mm);
- $a_0$  —— 拉伸试样的原始厚度, 单位为毫米(mm);
- $b_0$  —— 拉伸试样的原始宽度, 单位为毫米(mm);
- C —— 爆破破口环向撕裂宽度, 单位为毫米(mm);
- $D_f$  —— 弯曲试验的压头直径, 单位为毫米(mm);
- $D_i$  —— 筒体公称内径, 单位为毫米(mm);

- $D_o$  ——筒体公称外径,单位为毫米(mm);  
 $E$  ——弹性模量,单位为兆帕(MPa);  
 $F$  ——设计应力系数(见 5.2.2.3);  
 $K_{IAPP}$  ——施加的弹性应力强度,单位为兆帕二分之一次方米(MPa $\cdot$ m<sup>1/2</sup>);  
 $L_0$  ——人工缺陷长度,单位为毫米(mm);  
 $l_0$  ——拉伸试样的原始标距,单位为毫米(mm);  
 $p_b$  ——实测爆破压力,单位为兆帕(MPa);  
 $p_h$  ——水压试验压力,单位为兆帕(MPa);  
 $p_w$  ——公称工作压力,单位为兆帕(MPa);  
 $p_y$  ——实测屈服压力,单位为兆帕(MPa);  
 $R$  ——压扁试验的压头刃口半径,单位为毫米(mm);  
 $R_c$  ——刀具切削半径,单位为毫米(mm);  
 $R_e$  ——瓶体材料热处理后的最小屈服强度保证值,单位为兆帕(MPa);  
 $R_{ea}$  ——实测屈服强度,单位为兆帕(MPa);  
 $R_{eSLC}$  ——在室温条件下,从试验铝瓶中制备的代表 SLC 试样部位的两件试样屈服应力的平均值,单位为兆帕(MPa);  
 $R_g$  ——瓶体材料热处理后的最小抗拉强度保证值,单位为兆帕(MPa);  
 $R_m$  ——实测抗拉强度,单位为兆帕(MPa);  
 $r$  ——瓶底内转角半径,单位为毫米(mm);  
 $r_c$  ——刀尖顶角半径,单位为毫米(mm);  
 $r_1$  ——瓶底内形半径,单位为毫米(mm);  
 $S$  ——筒体设计壁厚,单位为毫米(mm);  
 $S_a$  ——筒体实测壁厚,单位为毫米(mm);  
 $S_{a0}$  ——筒体实测平均壁厚,单位为毫米(mm);  
SLC ——恒载荷裂纹;  
 $S_0$  ——拉伸试样的原始横截面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>);  
 $S_1$  ——瓶底中心厚度,单位为毫米(mm);  
 $T$  ——压扁试验的压头间距,单位为毫米(mm);  
 $V$  ——公称容积,单位为升(L);  
 $V_1$  ——裂纹开口位移(CMOD),单位为毫米(mm),指由弹性和塑料变形引起裂纹位移的模式 I(也叫开口模式)的组成部分,在单位载荷弹性位移最大的裂纹面测得。

## 4 型式和参数

### 4.1 型式

铝瓶瓶体典型结构一般应符合图 1 所示的型式。

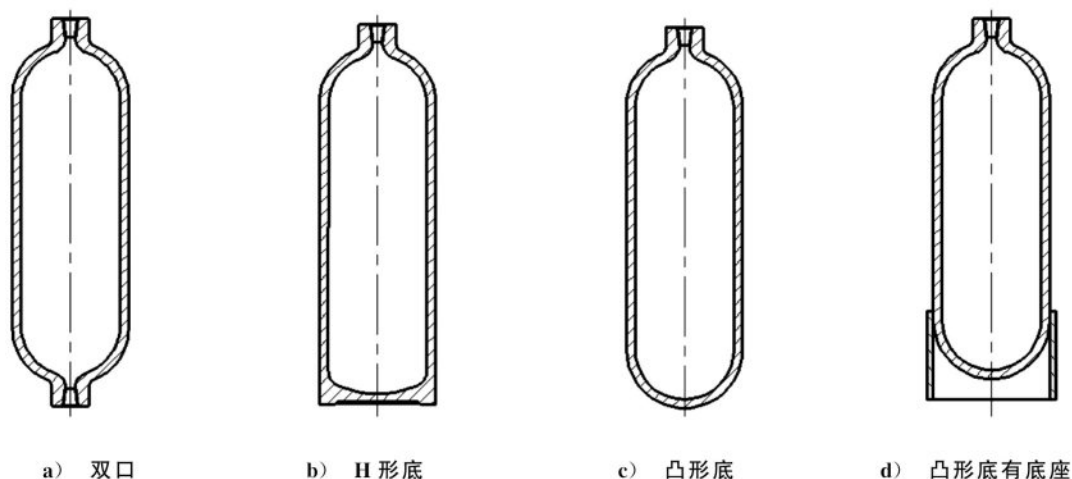


图 1 铝瓶瓶体结构型式

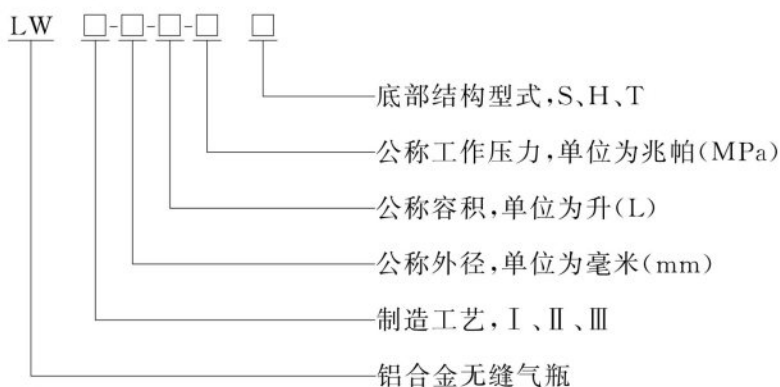
4.2 参数及标记

4.2.1 铝瓶的公称容积的允许偏差应符合表 1 的规定。

表 1 铝瓶的公称容积的允许偏差

公称容积 V/L	允许偏差/%
$V \leq 2$	+20 0
$2 < V \leq 12$	+10 0
$12 < V \leq 150$	+5 0

4.2.2 铝瓶型号标记表示如下：



底部结构型式：S 表示双口；H 表示 H 形底；T 表示凸形底，包括球形底、碟形底、凸形底有底座。

制造工艺：I 表示铸锭及棒材挤压瓶；II 表示管材管制收口瓶；III 表示板材拉深瓶。

示例：用铝合金铸锭制造，筒体公称外径 140 mm、公称容积 8 L、公称工作压力 15 MPa，H 形底，其型号为：LW I -140-8-15 H。

## 5 技术要求

### 5.1 瓶体材料

#### 5.1.1 一般要求

5.1.1.1 瓶体材料可以采用 6061、7032、7060；采用 7032、7060 时，公称直径应不超过  $\phi 203$  mm，公称容积应不超过 20 L。

5.1.1.2 瓶体材料应有材料制造单位的产品质量证明书。铝瓶制造单位应按炉罐号对材料化学成分进行验证分析，分析方法按 GB/T 7999 或 GB/T 20975(所有部分)执行。瓶体材料的化学成分应符合表 2 的规定。

表 2 铝合金化学成分

牌号	化学成分(质量分数)/%														Al
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Zr	Pb	Bi	其他		
													单项	总体	
6061	0.40 ~ 0.80	≤ 0.70	0.15 ~ 0.40	≤ 0.15	0.80 ~ 1.20	0.04 ~ 0.35	—	≤ 0.25	≤ 0.15	—	≤ 0.003	≤ 0.003	≤ 0.05	≤ 0.15	余量
7032	≤ 0.10	≤ 0.12	1.70 ~ 2.30	≤ 0.05	1.50 ~ 2.50	0.15 ~ 0.25	≤ 0.05	5.50 ~ 6.50	≤ 0.10	≤ 0.05	≤ 0.003	≤ 0.003	≤ 0.05	≤ 0.15	余量
7060	≤ 0.15	≤ 0.20	1.80 ~ 2.60	≤ 0.20	1.30 ~ 2.10	0.15 ~ 0.25	—	6.10 ~ 7.50	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.003	≤ 0.003	≤ 0.05	≤ 0.15	余量

5.1.1.3 瓶体材料应与充装气体相容，应符合 ISO 11114-1 的规定。

5.1.1.4 首次采用 7032、7060 材料设计的铝瓶，应通过腐蚀试验和抗恒载荷裂纹试验。公称外径变化大于 20% 时，应进行腐蚀试验。腐蚀试验按附录 A 执行，抗恒载荷裂纹试验按附录 B 执行。

5.1.1.5 瓶体材料选用 7032、7060 或其他热处理后的最小屈服强度保证值大于 380 MPa 的铝瓶，应进行未爆先漏试验。

5.1.1.6 瓶体也可采用其他具有良好的抗晶间腐蚀性能和工艺性能的铝合金材料，但应通过腐蚀试验和抗恒载荷裂纹试验。

#### 5.1.2 铸锭、挤压棒材

5.1.2.1 铸锭应符合 YS/T 67 的规定，挤压棒材应符合 GB/T 3191 的规定，铸锭的晶粒度不应低于二级，晶粒度的检验方法按 GB/T 3246.2 执行。

5.1.2.2 铸锭、挤压棒材应按  $\phi 2$  mm 当量平底孔进行超声波探伤，检验方法按 GB/T 6519 执行。

#### 5.1.3 管材

5.1.3.1 管材应符合 GB/T 4437.1 的规定。

5.1.3.2 在 GB/T 6519 产品规格要求内的管材，应按 A 级进行超声波探伤，检验方法按 GB/T 6519

执行。

### 5.1.4 板材

5.1.4.1 板材应符合 GB/T 3880.1~3880.3 的规定。

5.1.4.2 在 GB/T 6519 产品规格要求内的板材,应按 A 级进行超声波探伤,检验方法按 GB/T 6519 执行。

## 5.2 设计

### 5.2.1 设计使用年限

铝瓶的设计使用年限应符合国家相关规定的要求。

### 5.2.2 壁厚设计

5.2.2.1 筒体的壁厚设计应选用材料热处理后的最小屈服强度保证值  $R_e$ ,其值不应大于最小抗拉强度保证值  $R_g$  的 85%。

5.2.2.2 铝瓶水压试验压力  $p_h$  为公称工作压力  $p_w$  的 1.5 倍。

5.2.2.3 筒体设计壁厚  $S$  应按式(1)计算后向上圆整至少保留一位小数,同时应符合式(2)的要求,且不应小于 1.5 mm。

$$S = \frac{D_o}{2} \left( 1 - \sqrt{\frac{FR_e - \sqrt{3} p_h}{FR_e}} \right) \dots\dots\dots(1)$$

式中:

设计应力系数  $F$  取  $\frac{0.65}{R_e/R_g}$  和 0.85 两者的较小值。

$$S \geq \frac{D_o}{100} + 1 \dots\dots\dots(2)$$

### 5.2.3 端部设计

5.2.3.1 铝瓶端部的典型结构如图 2 所示。

5.2.3.2 铝瓶端部与筒体连接部位应圆滑过渡,端部尺寸应符合下列要求:

- a)  $S_1 \geq S$ ;
- b)  $r_1 \leq 1.2D_i$ ;
- c)  $r \geq 0.1D_i$ 。

5.2.3.3 铝瓶端部任何部位的厚度不应小于筒体的设计壁厚。

5.2.3.4 任何形状的端部设计,都应当通过 6.8 和 6.9 规定的水压爆破试验和压力循环试验来验证。

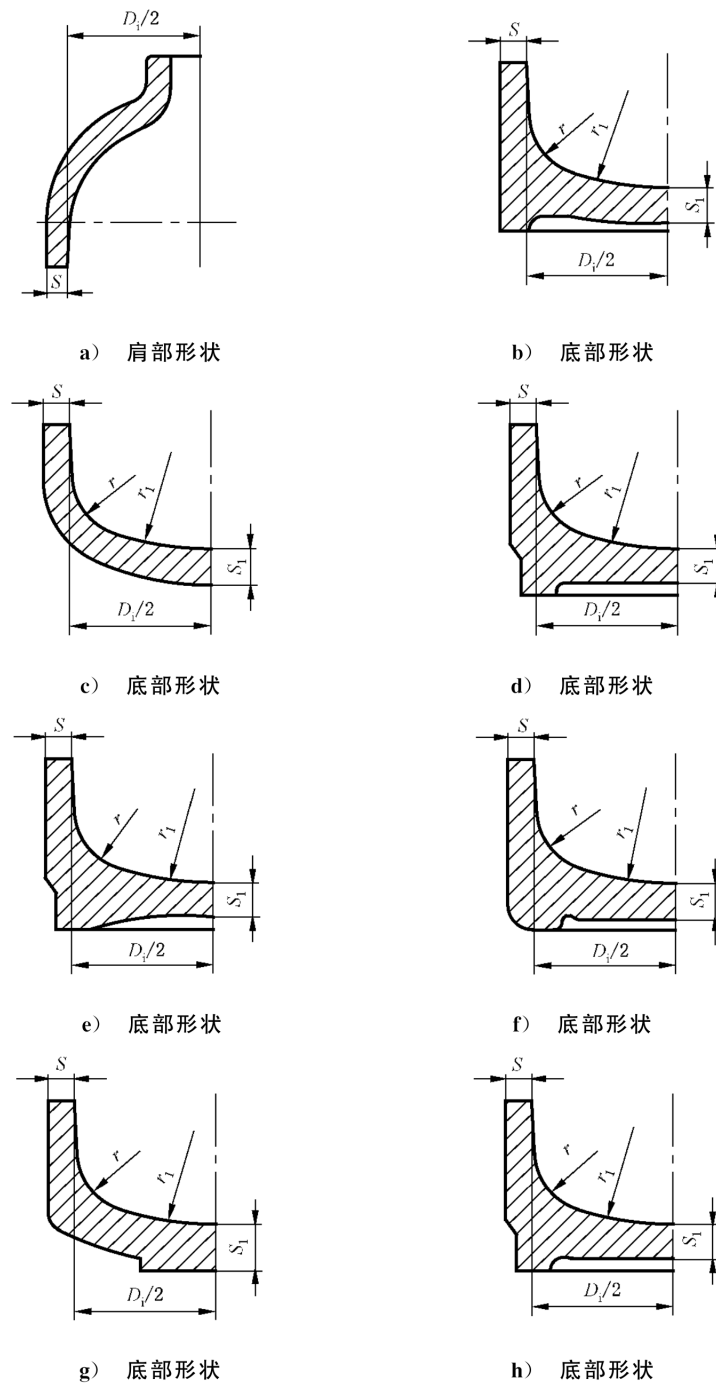


图 2 铝瓶端部的典型结构

### 5.2.4 瓶口设计

5.2.4.1 瓶口厚度应保证瓶口在承受上阀力矩和铆合颈圈的附加外力时不产生明显的塑性变形,其上阀力矩应符合附录 C 的规定。

5.2.4.2 瓶口螺纹应贯穿瓶口;采用锥螺纹时,螺纹应符合 GB/T 8335 的规定;采用普通螺纹时,螺纹尺寸和公差应符合 GB/T 192、GB/T 196、GB/T 197 或相关标准的规定。在水压试验压力  $p_h$  下计算的剪切安全系数至少为 10,且不少于 6 牙。普通螺纹剪切安全系数计算方法见附录 D。

### 5.2.5 底座设计

铝瓶设计带有底座结构时,应保证底座具有足够的强度,且底座材料应与瓶体材料相容。底座形状应为圆筒状并能保证铝瓶的直立稳定性。底座与瓶体的连接不应使用焊接方法,其结构不应造成积水。

### 5.2.6 颈圈设计

铝瓶设计带有颈圈时,应保证颈圈具有足够的强度,且颈圈材料应与瓶体材料相容。颈圈与瓶体的连接不应使用焊接方法。颈圈的轴向拉脱力应不小于 10 倍的空瓶重且不小于 1 000 N,抗转动扭矩应不小于 100 N·m。

## 5.3 制造

### 5.3.1 一般要求

铝瓶制造应符合产品设计图样及相关技术文件的要求。

### 5.3.2 筒体

5.3.2.1 瓶体以铸锭、挤压棒材为原材料,采用冷挤压或热挤压,或挤压后冷拉深等工艺制成。

5.3.2.2 瓶体以管材为原材料,采用旋压等工艺制成。

5.3.2.3 瓶体以板材为原材料,采用冲压拉深、旋压等工艺制成。

### 5.3.3 端部

5.3.3.1 肩部可用模压或旋压收口工艺成形。

5.3.3.2 瓶口和瓶肩过渡部位表面应光滑,表面不应有突变或明显皱折。

5.3.3.3 端部在成形过程中加热要均匀,确保材料无过烧组织。

5.3.3.4 不应进行焊接处理。

### 5.3.4 组批

制造应按批管理,每批数量不大于 200 只加上破坏性试验用瓶数。

### 5.3.5 热处理

5.3.5.1 铝瓶瓶体应进行整体热处理,热处理按评定合格的固溶和人工时效热处理工艺执行。

5.3.5.2 铝瓶瓶体进行固溶、人工时效热处理时,温度和时间允许偏差应符合表 3 的规定。

表 3 铝瓶瓶体热处理温度和时间允许偏差

热处理	温度允许偏差	时间允许偏差
固溶处理	±10 ℃	±30%
人工时效处理	±5 ℃	±20%

### 5.3.6 瓶口螺纹

瓶口螺纹的牙型、尺寸和公差,锥螺纹应符合 GB/T 8335,普通螺纹应符合 GB/T 192、GB/T 196、GB/T 197 或相关标准的规定。

### 5.3.7 水压试验

铝瓶瓶体应逐只进行水压试验,水压试验后应进行内表面干燥处理,不应有残留水渍。

### 5.3.8 附件

5.3.8.1 根据充装气体性质选装相应的瓶阀,按规定扭矩(见附录 C)装配瓶阀。

5.3.8.2 铝瓶需要配装护罩出厂时,护罩可用金属或树脂材料制成,并能够保证足够的强度。

## 6 试验方法和合格指标

### 6.1 壁厚和制造公差

#### 6.1.1 试验方法

6.1.1.1 瓶体壁厚采用超声波测厚仪或专用测量工具进行检测。

6.1.1.2 瓶体制造公差采用标准的或专用的量具、样板进行检验,检验项目包括筒体的平均外径、圆度、垂直度和直线度。

#### 6.1.2 合格指标

6.1.2.1 瓶体任意一点的壁厚应不小于设计壁厚。

6.1.2.2 筒体圆度,在同一截面上应不超过该截面平均外径的 2%。

6.1.2.3 筒体直线度,应不超过筒体长度的 0.3%。

6.1.2.4 筒体平均外径不超过公称外径的 $\pm 1\%$ 。

6.1.2.5 瓶体的垂直度应不超过筒体长度的 1%。

### 6.2 内、外表面

#### 6.2.1 试验方法

目测检查。表面检查应有足够的光照,内表面可借助于内窥镜或适当的工具进行检查。

#### 6.2.2 合格指标

6.2.2.1 瓶体内、外表面应光滑圆整,不应有肉眼可见的凹坑、凹陷、裂纹、鼓包、皱折、夹层等影响强度的缺陷。内、外观缺陷可按附录 E 进行评定。

6.2.2.2 铝瓶端部与筒体应圆滑过渡,肩部不应有沟痕存在。

### 6.3 瓶口螺纹

#### 6.3.1 试验方法

目测和用量规检查。量规应符合 GB/T 8336、GB/T 3934 或相关标准的规定。

#### 6.3.2 合格指标

6.3.2.1 螺纹的牙型、尺寸及公差,应符合 GB/T 8335 或相关标准的规定。

6.3.2.2 螺纹的有效螺纹数应符合设计要求。

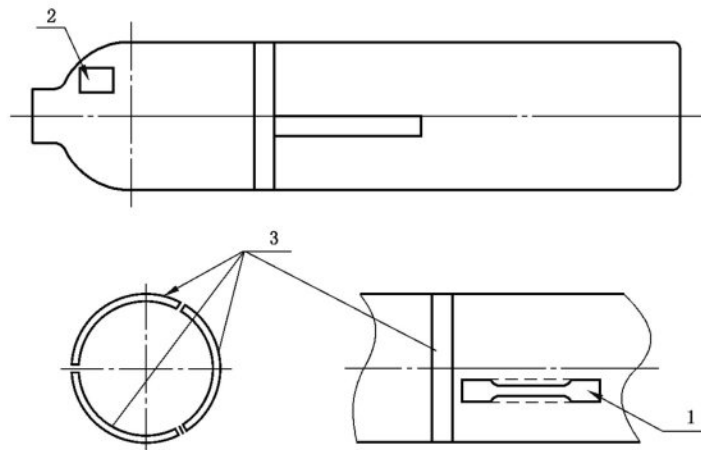
## 6.4 瓶体热处理后各项性能指标测定

### 6.4.1 取样

6.4.1.1 取样部位如图 3 所示。

6.4.1.2 取样数量：

- a) 取纵向对称拉伸试样 2 件；
- b) 取金相试样 1 件；
- c) 取环向弯曲试样 2 件,或压扁试样瓶(环)1 件。



标引序号说明：

1——拉伸试样；

2——金相试样；

3——弯曲试样或压扁试样环。

图 3 取样部位示意图

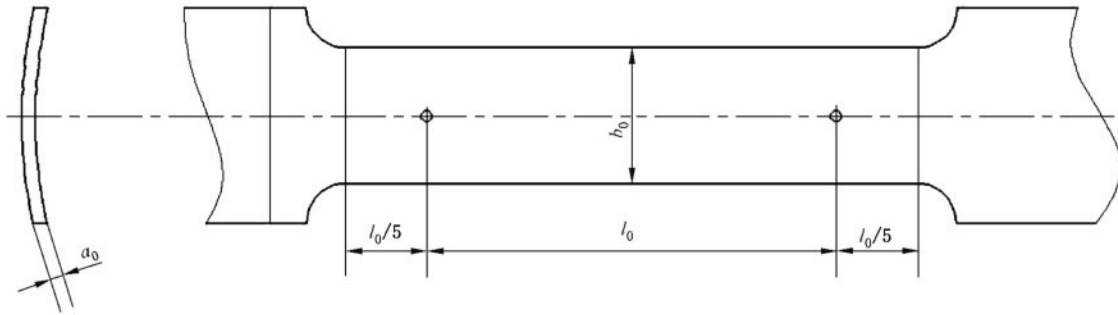
### 6.4.2 拉伸试验

#### 6.4.2.1 试验方法

6.4.2.1.1 拉伸试验的测定项目应包括：抗拉强度、屈服强度、断后伸长率。

6.4.2.1.2 拉伸试样形状尺寸应符合图 4 要求,原始标距取  $l_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$ 。

单位为毫米



注：当  $a_0 \geq 3$  时， $b_0 < D_0/8$ ， $b_0 \leq 4a_0$ 。

图 4 拉伸试样图

6.4.2.1.3 拉伸试验方法按 GB/T 228.1 执行。

#### 6.4.2.2 合格指标

实测抗拉强度  $R_m$  和实测屈服强度  $R_{eL}$  均不小于瓶体热处理保证值，断后伸长率  $A$  不小于 12%。

#### 6.4.3 金相试验

##### 6.4.3.1 试验方法

金相试验方法按 GB/T 3246.1 执行。

##### 6.4.3.2 合格指标

无过烧组织，过烧组织的判别按照 GB/T 3246.1 的规定。

#### 6.4.4 弯曲试验

##### 6.4.4.1 试验方法

6.4.4.1.1 从筒体上截取一个筒体环，等分三段或两段，制备两个试样。试样宽度为 25 mm，试样侧面加工粗糙度不大于  $12.5 \mu\text{m}$ ，棱边可加工成半径不大于 2 mm 的圆角。弯心直径见表 4。

6.4.4.1.2 弯曲示意按图 5 所示。弯曲角度  $180^\circ$ ，试验方法按 GB/T 232 执行。

表 4 弯曲试验弯心直径和压扁试验压头间距要求

实测抗拉强度 $R_m/\text{MPa}$	弯心直径 $D_1/\text{mm}$	压头间距 $T/\text{mm}$
$R_m \leq 325$	$6S_{a_0}$	$10S_{a_0}$
$325 < R_m \leq 440$	$7S_{a_0}$	$12S_{a_0}$
$R_m > 440$	$8S_{a_0}$	$15S_{a_0}$

注：压头间距大于或等于瓶体外径时，由弯曲试验代替。

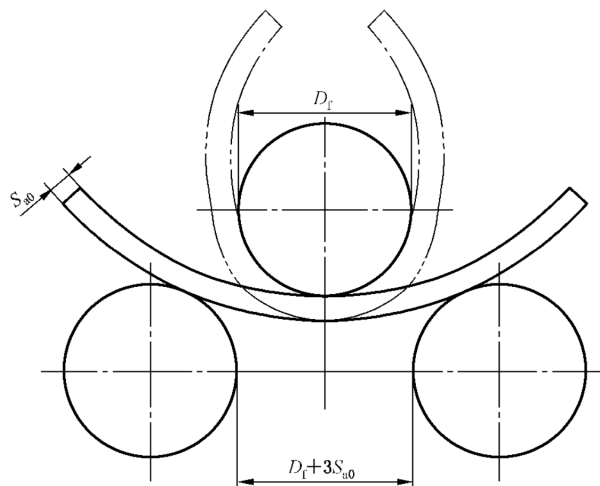


图 5 弯曲示意图

#### 6.4.4.2 合格指标

目测试样无裂纹。

#### 6.4.5 压扁试验

##### 6.4.5.1 试验方法

6.4.5.1.1 压扁试验方法按附录 F 的规定执行。

6.4.5.1.2 压头间距见表 4。

6.4.5.1.3 压扁试验可采用试样瓶或试样环。对于试样环的压扁试验,应从瓶体上截取宽度为瓶体壁厚 4 倍且不小于 25 mm 的试样环,只能对试样环的边缘进行机加工,对试样环采用平压头进行压扁。

##### 6.4.5.2 合格指标

目测试样无裂纹。

#### 6.5 硬度试验

##### 6.5.1 试验方法

硬度检测按 GB/T 230.1 或 GB/T 231.1 执行。

##### 6.5.2 合格指标

硬度值应符合设计要求。

#### 6.6 水压试验

##### 6.6.1 试验方法

水压试验按 GB/T 9251 执行。

##### 6.6.2 合格指标

在试验压力下,至少保压 30 s,压力表指针不应回降,瓶体不应泄漏或明显变形。容积残余变形率

不应大于 5%，12 L 及以下铝瓶可免做容积残余变形率。

## 6.7 气密性试验

### 6.7.1 试验方法

气密性试验按 GB/T 12137 执行。

### 6.7.2 合格指标

带瓶阀出厂的铝瓶以及充装可燃或有毒介质的铝瓶应进行气密性试验。气密性试验压力为公称工作压力  $p_w$ ，保压至少 1 min，瓶体、瓶阀和瓶体瓶阀连接处均不应泄漏。因装配而引起的泄漏现象，允许返修后重做试验。

## 6.8 水压爆破试验

### 6.8.1 试验方法

6.8.1.1 水压爆破试验按 GB/T 15385 执行。

6.8.1.2 水压爆破试验时弹性变形区域升压速率不应超过 0.5 MPa/s，再以尽可能恒定的速率加压直至爆破。

6.8.1.3 应自动绘制出压力-时间或压力-进水量曲线，以确定瓶体的屈服压力和爆破压力值。

### 6.8.2 合格指标

6.8.2.1 铝瓶瓶体实测屈服压力  $p_y$  和实测爆破压力  $p_b$  应符合下列要求：

- a)  $p_y \geq p_b / F$ ；
- b)  $p_b \geq 1.6 p_h$ 。

6.8.2.2 爆破破口为纵向塑性破口，无碎片，破口上无明显金属缺陷，瓶体上的破口形状与尺寸应符合图 6 的规定。

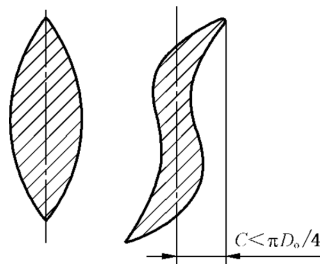


图 6 破口形状与尺寸示意图

## 6.9 压力循环试验

### 6.9.1 试验方法

6.9.1.1 试验方法按 GB/T 9252 执行。

6.9.1.2 循环压力上限应不低于铝瓶的水压试验压力，循环压力下限应不高于水压试验压力的 10%（且不超过 3 MPa）。

6.9.1.3 压力循环试验用样瓶，应选择底部实际厚度接近于设计厚度最小值的铝瓶，其底部厚度尺寸应



通过试验。

6.10.3.2.2 如果压力循环试验过程中,裂纹扩展偏离径向,可重新取 2 只铝瓶进行试验,如果其中任意 1 只铝瓶不合格,则铝瓶未通过试验。

6.10.3.2.3 直径和压力不大于已通过试验的铝瓶,可不进行此项试验。

#### 6.10.4 加压泄漏

##### 6.10.4.1 试验方法

按 6.6.1 进行加压泄漏试验,加压时间不少于 1 min 至  $2/3p_h \times (S_a/S)$ ,保压 10 s,继续升压至泄漏。

##### 6.10.4.2 合格指标

6.10.4.2.1 测量的泄漏缺陷总长度不超过  $1.1L_0$ ,则铝瓶通过试验。

6.10.4.2.2 如果铝瓶泄漏,且泄漏压力小于  $2/3p_h \times (S_a/S)$ ,则重新选取 2 只铝瓶加工一条小于上述试验深度的缺陷,再进行试验,试验结果均符合 6.10.4.2.1 的规定,则铝瓶通过试验。

6.10.4.2.3 如果铝瓶爆破,且爆破压力大于  $2/3p_h \times (S_a/S)$ ,则重新选取 2 只铝瓶加工一条大于上述试验深度的缺陷,再进行试验,试验结果均符合 6.10.4.2.1 的规定,则铝瓶通过试验。

#### 6.11 颈圈装配试验

##### 6.11.1 试验方法

6.11.1.1 以 10 倍气瓶的空瓶重量且不小于 1 000 N 的拉力,对颈圈进行轴向拉脱试验。

6.11.1.2 对颈圈施加 100 N·m 的扭矩进行旋转试验。

##### 6.11.2 合格指标

在进行轴向拉脱试验时颈圈不脱落,在施加扭矩进行旋转试验时颈圈不松动。

### 7 检验规则

#### 7.1 出厂检验

##### 7.1.1 逐只检验

铝瓶应按表 5 规定的项目进行逐只检验。

##### 7.1.2 批量检验

7.1.2.1 铝瓶应按表 5 规定的项目进行批量检验。

7.1.2.2 每批铝瓶中应随机抽取至少 1 只铝瓶,进行拉伸试验、金相试验、弯曲试验或压扁试验。

7.1.2.3 每批铝瓶中应随机抽取 1 只铝瓶进行水压爆破试验。

##### 7.1.3 复验规则

如果试验结果不合格,按下列规定进行处理:

- a) 如果试验结果不合格是因设备异常或测量误差造成,则重新试验,如可能应在同一只铝瓶上进行二次抽样试验,如第二次试验合格,第一次试验可忽略;

- b) 如果试验结果不符合要求是由于热处理造成的,可重新进行热处理,重新热处理的铝瓶需重新进行批量检验。但热处理次数不应多于两次(不包括单纯的人工时效处理次数)。  
如果重新进行热处理的铝瓶批量检验某项不合格,则整批铝瓶判废。

## 7.2 型式试验

### 7.2.1 如符合以下任何一个条件视为新设计:

- a) 采用不同的材料;
- b) 采用不同的制造工艺;
- c) 采用不同的热处理工艺;
- d) 采用不同的抗拉强度保证值或屈服强度保证值;
- e) 采用不同的筒体公称外径;
- f) 采用不同的端部结构;
- g) 采用不同的设计壁厚;
- h) 瓶体长度增加超过 50%。

### 7.2.2 新设计铝瓶型式试验抽样基数一般应不少于 50 只。

### 7.2.3 新设计的铝瓶应按表 5 规定的项目进行型式试验:

- a) 抽取 2 只铝瓶进行瓶体热处理后各项性能指标测定(包括拉伸试验、金相试验、弯曲试验或压扁试验);
- b) 抽取 2 只铝瓶进行水压爆破试验;
- c) 抽取 3 只铝瓶进行压力循环试验;
- d) 抽取 2 只铝瓶进行未爆先漏试验(如需要)。

表 5 铝瓶出厂检验及型式试验

序号	检验项目	出厂检验		型式试验	试验方法和合格指标
		逐只检验	批量检验		
1	壁厚和制造公差	√	—	—	6.1
2	内、外表面	√	—	—	6.2
3	瓶口螺纹	√	—	—	6.3
4	拉伸试验	—	√	√	6.4.2
5	金相试验	—	√	√	6.4.3
6	弯曲试验 <sup>a</sup>	—	√	√	6.4.4
7	压扁试验 <sup>a</sup>	—	√	√	6.4.5
8	硬度试验	√	—	√	6.5
9	水压试验	√	—	√	6.6
10	气密性试验	√	—	√	6.7
11	水压爆破试验	—	√	√	6.8
12	压力循环试验	—	—	√	6.9
13	未爆先漏试验 <sup>b</sup>	—	—	√	6.10



标引序号说明:

- 1——产品标准编号;
- 2——铝瓶编号;
- 3——水压试验压力,单位为兆帕(MPa);
- 4——公称工作压力,单位为兆帕(MPa);
- 5——监督检验标记;
- 6——单位代码(与在发证机构备案的一致);
- 7——制造年、月;
- 8——设计使用年限;
- 9——瓶体设计壁厚,单位为毫米(mm);
- 10——公称容积,单位为升(L);
- 11——实际质量(不包括瓶阀、护罩),单位为千克(kg);
- 12——充装气体名称或化学分子式;
- 13——液化气体最大充装量,单位为千克(kg);
- 14——铝瓶制造单位许可证编号。

图 8 钢印示意图(续)

## 8.2 涂敷

8.2.1 铝瓶在涂敷前,应清除表面油污等杂物,且在干燥的条件下进行涂敷。

8.2.2 涂敷应均匀牢固,不应有气泡、流痕、裂纹和剥落等缺陷。

8.2.3 涂敷工艺不应影响铝瓶热处理性能。

## 8.3 包装

8.3.1 铝瓶出厂时,若不带阀,其瓶口应采取可靠措施加以密封,以防止污染。

8.3.2 铝瓶应妥善包装,防止运输时损伤。

## 8.4 运输

铝瓶的运输应符合运输部门的有关规定。

## 8.5 储存

铝瓶不应储存在日光曝晒和高温、潮湿及含有腐蚀介质的环境中。

## 9 产品合格证和批量检验质量证明书

### 9.1 产品合格证

9.1.1 经检验合格的每只铝瓶均应附有产品合格证及使用说明书。

9.1.2 合格证应包括下列内容:

- a) 铝瓶型号;
- b) 铝瓶编号;
- c) 公称容积;
- d) 实测空瓶重量(不包括瓶阀、护罩);
- e) 充装介质;

- f) 公称工作压力；
- g) 水压试验压力；
- h) 制造单位名称、代码；
- i) 生产日期；
- j) 监督检验标志；
- k) 制造单位许可证编号；
- l) 筒体设计壁厚；
- m) 设计使用年限；
- n) 材料牌号；
- o) 产品标准编号；
- p) 使用说明书。

## 9.2 批量检验质量证明书

9.2.1 经检验合格的每批铝瓶均应附有批量检验质量证明书(见附录 G)。

9.2.2 批量检验质量证明书的内容应包括本文件规定的批量检验项目。

9.2.3 铝瓶制造单位应妥善保存铝瓶的检验记录和批量检验质量证明书的复印件(或正本),保存时间不少于7年。

附录 A  
(规范性)  
腐蚀试验

A.1 评定晶间腐蚀敏感性的试验

A.1.1 试验简述

试样取自成品铝瓶,将试样浸没在腐蚀溶液中,在规定的腐蚀时间之后,垂直于腐蚀面横向切割并抛光,用金相学法测定晶间腐蚀的扩展情况。

A.1.2 取样

分别从瓶口、瓶体和瓶底取样(见图 A.1)。在规定的腐蚀溶液中完成瓶体三部分金属的试验,试样的形状和尺寸见图 A.2。

首先用带锯锯下  $a_1a_2a_3a_4$ ,  $b_1b_2b_3b_4$ ,  $a_1a_2b_2b_1$  和  $a_4a_3b_3b_4$  四个平面,然后用细锉刀锉平。保留  $a_1a_4b_4b_1$  和  $a_2a_3b_3b_2$  成品瓶体的内外表面原始状态。

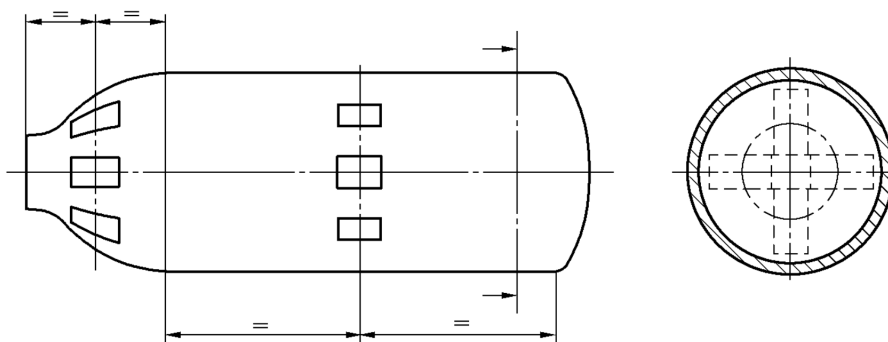
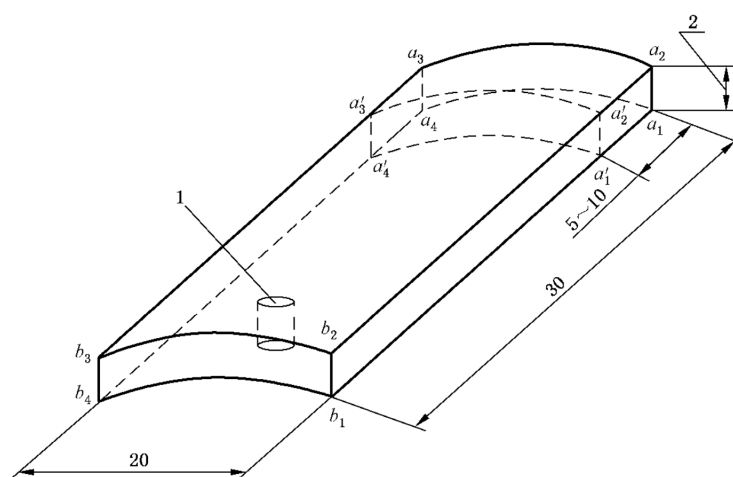


图 A.1 取样部位



标引序号说明:

- 1——孔  $\phi 3$  mm;
- 2——瓶体厚度。

图 A.2 试样形状和尺寸

### A.1.3 腐蚀前表面的准备

#### A.1.3.1 试剂

A.1.3.1.1 硝酸 HNO<sub>3</sub> 分析纯,浓度 1.33 g/mL。

A.1.3.1.2 氢氟酸 HF 分析纯,浓度 1.14 g/mL。

A.1.3.1.3 去离子水或蒸馏水。

#### A.1.3.2 方法

将下列溶液放入烧杯里,加热至 95 ℃:

——HNO<sub>3</sub>(A.1.3.1.1):63 mL;

——HF(A.1.3.1.2):6 mL;

——H<sub>2</sub>O(A.1.3.1.3):931 mL。

将试样吊挂在铝或其他惰性材料的金属丝上,在上述溶液中浸泡 1 min。用流动的水冲洗,再用去离子水或蒸馏水冲洗(A.1.3.1.3)。

在室温下再将试样浸入硝酸溶液 1 min,以去除可能生成的铜的沉淀物,再用去离子水或蒸馏水冲洗。

在上述准备工作完成后,为防止试样氧化,应立即将它们浸入下述腐蚀溶液中。

### A.1.4 试验过程

#### A.1.4.1 腐蚀溶液

溶液由 57 g/L 氯化钠和 3 g/L 过氧化氢组成。

#### A.1.4.2 腐蚀溶液的准备

##### A.1.4.2.1 试剂

A.1.4.2.1.1 氯化钠 NaCl 晶体,分析纯。

A.1.4.2.1.2 过氧化氢 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, (100~110)体积。

A.1.4.2.1.3 高锰酸钾 KMnO<sub>4</sub>,分析纯。

A.1.4.2.1.4 硫酸 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,分析纯,浓度 1.83 g/mL。

A.1.4.2.1.5 去离子水或蒸馏水。

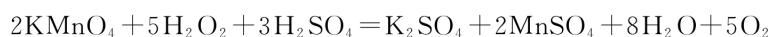
##### A.1.4.2.2 过氧化氢的标定

由于过氧化氢不太稳定,在使用前应先做滴定度的标定。用吸管取 10 mL 过氧化氢(A.1.4.2.1.2),放在一个带有刻度的细颈瓶中,用去离子水或蒸馏水将其稀释到 1 000 mL,由此所得到的过氧化氢溶液称为 C。用吸管将下列溶液放入三角杯中:10 mL 过氧化氢溶液 C;约 2 mL 硫酸(A.1.4.2.1.4)溶液。

用浓度 1.859 g/L 高锰酸钾溶液(A.1.4.2.1.3)滴定,高锰酸钾起指示剂的作用。

##### A.1.4.2.3 滴定说明

在硫酸溶液中,高锰酸钾与过氧化氢的化学反应式为:



由上述反应式可得,316 g KMnO<sub>4</sub> 需 170 g H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 进行反应。

因此,1 g 纯过氧化氢与 1.859 g 高锰酸钾作用,即 1.859 g/L 高锰酸钾溶液(饱和的)需用相等体积的 1 g/L 的过氧化氢溶液进行反应。由于使用的过氧化氢在滴定过程中稀释了 100 倍,所以 10 mL 试剂仅代表 0.1 mL 初始过氧化氢。

由滴定用的高锰酸钾毫升数乘以 10,即可求得初始过氧化氢的滴定度  $T(\text{g/L})$ 。

#### A.1.4.2.4 腐蚀溶液的配制

配制 10 L 溶液的方法:在去离子水或蒸馏水(A.1.4.2.1.5)中溶解 570 g 氯化钠(A.1.4.2.1.1)得到总体积大约 9 L 的溶液,再加入所需过氧化氢的用量,混合并加入去离子水或蒸馏水至 10 L。加入溶液中的过氧化氢体积用量按式(A.1)计算:

$$V = (1\ 000 \times 30) / T \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$V$  ——过氧化氢体积用量,单位为毫升(mL);

30 ——10 L 腐蚀溶液中,过氧化氢的用量;

$T$  ——过氧化氢滴定度,即每升腐蚀溶液过氧化氢的含量。

#### A.1.4.3 腐蚀过程

A.1.4.3.1 将腐蚀溶液放在浸入水槽的结晶盘中(或尽可能大的一个烧杯中),水槽用磁搅拌器搅拌,并用接触温度计控制温度。试样可用铝线(或其他惰性材料)悬挂在腐蚀溶液中,或使试样直接用棱边与容器接触放进腐蚀溶液中,后一种方法更好一些。腐蚀时间为 6 h,温度控制在  $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。要特别注意,保证试样表面每平方厘米至少有 10 mL 溶液。腐蚀后,用水冲洗试样,然后在 50%稀硝酸中浸泡大约 30 s,再用水冲洗,并用压缩空气干燥。

A.1.4.3.2 假如试样是同类合金,且互相不接触,可同时腐蚀几只试样,但是要保证试样单位表面上所需试剂的最小数量。

#### A.1.5 试样检验前的准备

##### A.1.5.1 装置

###### A.1.5.1.1 铸模:

——外径:40 mm;

——高度:27 mm;

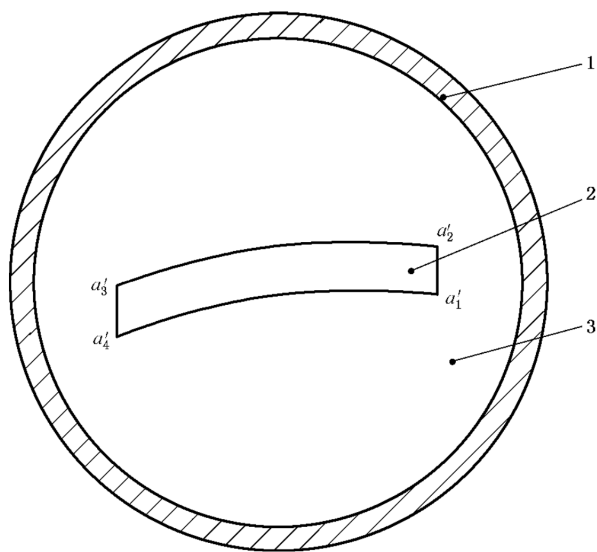
——壁厚:2.5 mm。

###### A.1.5.1.2 铸模材料为环氧树脂加固剂或类似的物质。

##### A.1.5.2 方法

将每一个试样垂直放入铸模中,用试样  $a_1 a_2 a_3 a_4$  面为支撑,将按一定比例配制的环氧树脂和固化剂的混合物注入试样周围。用车床沿  $a_1 a_2 a_3 a_4$  面车去 2 mm,去除端面腐蚀的影响。或者距离  $a_1 a_2 a_3 a_4$  平面 5 mm~10 mm 锯一试样(见图 A.2 和图 A.3),将试样镶嵌,露出  $a'_1 a'_2 a'_3 a'_4$  面,以便于机械抛光。

检测面要用水磨砂纸、金刚化合物或氧化镁化合物进行机械抛光。



标引序号说明：

- 1——铸模；
- 2——试样；
- 3——环氧树脂和固化剂。

图 A.3 铸模中的试样

#### A.1.6 金相检验

检测的目的是测量铝瓶内外表面穿晶腐蚀程度。

首先进行低倍检查(例如： $\times 40$ )，找到最严重的腐蚀区域，然后再做高倍观测(一般为： $\times 300$ )以确定腐蚀特征和程度。

#### A.1.7 金相检验说明

A.1.7.1 合金在等轴晶体结构状态下，腐蚀深度应不超过下述两个值中的较大者：

- 与检验表面成垂直方向三个晶粒大小；
- 0.2 mm。

任何情况下腐蚀深度都不应超过 0.3 mm。

如果在 $\times 300$ 倍下，腐蚀深度超过规定值的视场不多于 4 个，仅局部超标是允许的。

A.1.7.2 由于冷加工，具有在一个方向取向结晶结构的合金，瓶体内外表面的腐蚀深度不应超过 0.1 mm。

#### A.2 评定应力腐蚀敏感性的试验

##### A.2.1 试验简述

从瓶体上切割圆环并施加应力，按规定时间浸泡到氯化钠水溶液中，取出并在空气中放置到规定时间，如此循环共 30 d。如果圆环不出现裂纹，可认定此合金适用于制造铝瓶。

##### A.2.2 试样

在瓶体上切割一个圆环，宽度为 4S 但不应小于 25 mm(见图 A.4)，试样应有  $60^\circ$  的切口，借助于螺

栓和两个螺母施加应力(见图 A.5)。试样的内外表面都不应加工。

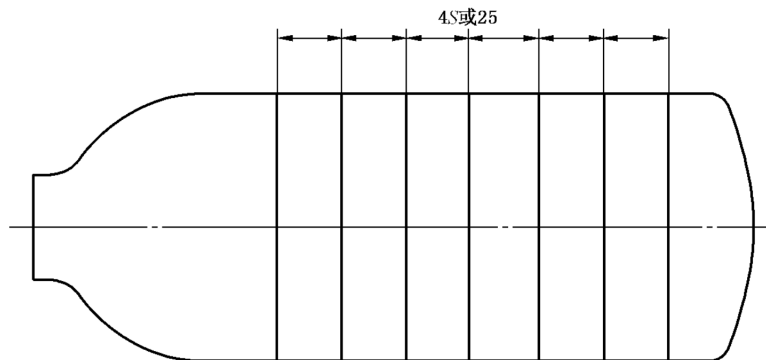
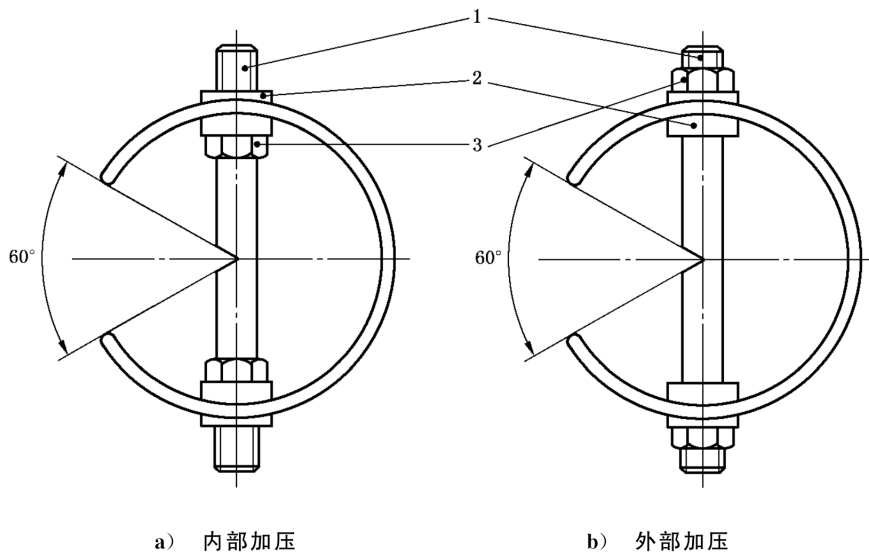


图 A.4 圆环试样的位置



标引序号说明:

- 1——螺栓;
- 2——绝缘套管;
- 3——螺帽。

图 A.5 受压试样

### A.2.3 腐蚀试验前表面的准备

用适当的溶剂,清除掉全部油脂、油迹和用于应变仪的粘合剂。

### A.2.4 试验步骤

#### A.2.4.1 腐蚀溶液的准备

氯化钠溶液的准备:用 $(3.5 \pm 0.1)$ 份的氯化钠溶于 96.5 份的水中。

新制作的这种溶液 pH 值应在 6.4~7.2 之间。可用稀的盐酸或稀氢氧化钠溶液调整 pH 值。

在氯化钠水溶液中,只能靠加蒸馏水弥补腐蚀过程中水分的挥发,保持容器中原有溶液的量,如果需要,每天都可添加,但不可添加氯化钠溶液。

每周应将溶液全部更换一次。

**A.2.4.2 给圆环施加应力**

给三个圆环加张力,使内表面处于拉伸状态。给另外三个圆环加压力,使外表面处于拉伸状态。给出对圆环施加应力的最大值见式(A.2):

$$R_{\max} = R_e \times F \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- $R_{\max}$  ——施加应力的最大值,单位为兆帕(MPa);
- $R_e$  ——瓶体材料热处理后的最小屈服强度保证值,单位为兆帕(MPa);
- $F$  ——设计应力系数。

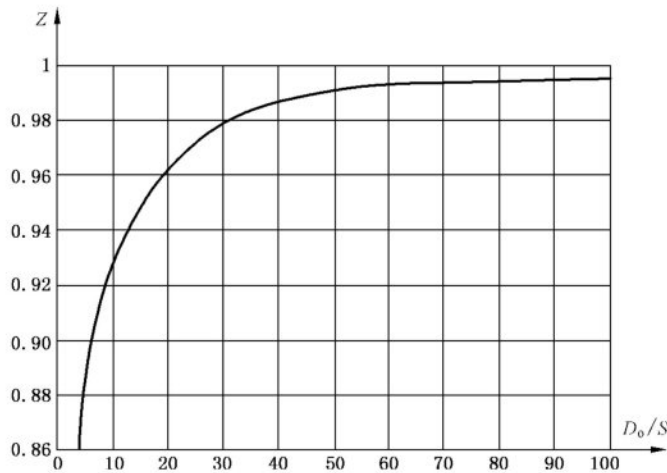
圆环上实际应力的大小可通过应力应变仪测定,也可通过调整圆环直径,达到所需要的应力值。圆环直径按式(A.3)计算:

$$D' = D_o \pm \frac{\pi R_{\max} (D_o - S)^2}{4E \cdot S \cdot Z} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- $D'$  ——受压力(或拉力)时圆环的直径,单位为毫米(mm);
- $D_o$  ——铝瓶筒体公称外径,单位为毫米(mm);
- $S$  ——铝瓶筒体设计壁厚,单位为毫米(mm);
- $E$  ——弹性模量,单位为兆帕(MPa)(约取 70 000 MPa);
- $Z$  ——为修正系数(图 A.6)。

修正系数  $Z$  与  $D_o/S$  的关系曲线见图 A.6。



**图 A.6 修正系数  $Z$  和  $D_o/S$  关系曲线**

螺栓、螺母应与圆环绝缘,以防腐蚀。试验圆环应整体浸入溶液中 10 min,然后从溶液中取出暴露在空气中 50 min,如此循环 30 d。

**A.2.5 试验结果**

假如受力圆环在 30 d 试验以后,肉眼检查或低倍(10 倍~30 倍)检查无裂纹产生,那么此合金可用于制造铝瓶。

#### A.2.6 金相检查

A.2.6.1 如果怀疑有裂纹(例如锈蚀线出现),应补作金相检验,即在可疑区垂直于圆环轴向取一观测面检查,排除可疑点。比较受拉应力和压应力环的两个面上腐蚀贯穿的深度和形式(沿晶或穿晶)。

A.2.6.2 如果试验环的每个面的腐蚀情况相似,此合金可认为试验合格。但如果试验环受拉应力面较受压应力面的沿晶开裂明显,则此环试验不通过。

#### A.2.7 试验报告

试验报告包括下列内容:

- a) 材料牌号;
- b) 材料化学成分;
- c) 材料化学成分实测值;
- d) 材料实测机械性能及热处理保证值;
- e) 试验结果。

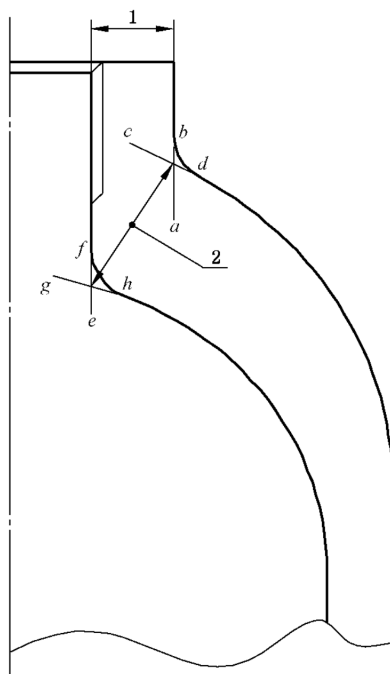
**附录 B**  
(规范性)  
**抗恒载荷裂纹试验**

**B.1 试验简述**

用恒载荷或恒位移法使疲劳预裂纹试样加载到规定的应力强度  $K_{IAPP}$ ，试样在规定的时间和温度下保持该应力强度的负载状态。试验后检查试样以确定原始的疲劳裂纹增长情况。

如果试样的裂纹增长小于或等于规定的尺寸，可认定此合金适用于制造铝瓶。

瓶颈和瓶肩的公称厚度  $\leq 7$  mm 的铝瓶不需进行该抗恒载荷裂纹试验。应按图 B.1 实测瓶颈和瓶肩的壁厚。



标引序号说明：

- 1——公称瓶颈厚度；  
2——公称肩部厚度。

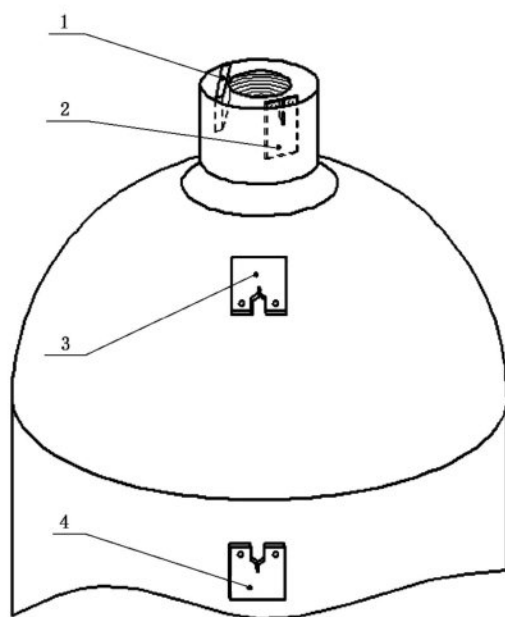
图 B.1 瓶肩厚度示意图

**B.2 取样**

**B.2.1** 试样结构应满足下列试样或试样几何形状的组合：

- a) 紧凑拉伸试样(CTS)(见 GB/T 15970.6—2007 图 3)；
- b) 双悬梁试样(DCB)(见 GB/T 15970.6—2007 图 4)；
- c) 改进楔形开口试样(改进 WOL)(见 GB/T 15970.6—2007 图 5)；
- d) C 形试样(见 GB/T 15970.6—2007 图 6)。

**B.2.2** 试样制备的方向应符合图 B.2 所示的规定。



标引序号说明：

- 1——Y-Z 方向瓶颈试样；
- 2——Y-X 方向瓶颈试样；
- 3——Y-X 方向铝瓶肩部试样，该试样尽可能地靠近瓶口选取，切口尖端方向应朝向瓶口；
- 4——Y-X 方向筒体试样。

图 B.2 瓶颈、瓶肩和筒体试样的方向

**B.2.3** 取样数量和试验内容：至少应从筒体取三件试样，如果可能，从瓶肩和瓶颈各取三件试样。每个部位所制取的三件试样应尽可能贴近。其中一件试样进行 SLC 试验，另外两个进行拉伸试验（见图 B.2）。

**B.2.4** 不可对试样坯料进行压扁。

**B.2.5** 如果不能从规定部位或满足 B.4.7 有效性要求的部位获得试样要求的厚度，则可选最厚的试样进行试验。应在铝瓶热处理后，瓶口机械加工前取样。

**B.2.6** 拉伸试样，如尺寸不够可按相应的标准制备小试样。

**B.3 疲劳预裂纹**

应满足 GB/T 15970.6—2007 第 6 章（除 6.4 外）的所有规定。疲劳裂纹长度应按式（B.1）计算：

$$a \geq 1.27 \left( \frac{K_{IAPP}}{R_{eSLC}} \right)^2 \times 1\,000 \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

**B.4 试验步骤**

**B.4.1** 应满足 GB/T 15970.6—2007 第 7 章（除 7.2, 7.3, 7.4, 7.5.1, 7.5.2, 7.5.4, 7.5.5 外）的所有要求。

**B.4.2** 疲劳预裂纹试样的应力强度按（B.2）计算：

$$K_{IAPP} = 0.056 R_{eSLC} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

应用合适的恒位移法或恒载荷法使试样负载。

**B.4.3** 通过非监视载荷方法或监视载荷方法确定用恒位移法载荷的试样，并应满足以下要求：

- a) 通过非监视载荷方法：
  - 1) 试验结束卸载前记录裂纹开口位移 (CMOD)；

- 2) 卸载试样;
- 3) 用合适的载荷测量装置使试样重新负载,但载荷值不超过测量的 CMOD 值。记录下载荷值并用该值计算  $K_{IAPP}$ 。所计算的该  $K_{IAPP}$  值应等于或大于 B.4.2 计算的  $K_{IAPP}$  值。
- b) 通过监视载荷方法:
  - 1) 将试验结束时的最终载荷应用到  $K_{IAPP}$  计算中;
  - 2) 计算的该  $K_{IAPP}$  值应大于或等于 B.4.2 计算的  $K_{IAPP}$  值。

**B.4.4 使用恒位移方法的试验:**

- a) 如在恒位移载荷下测试 CTS 试样,用式(B.3)~式(B.5)确定  $V_1$  值:

$$V_1 = \frac{K_{IAPP} \cdot \sqrt{W}}{0.032 \cdot E \cdot f(x) \cdot \sqrt{B/B_n}} \dots\dots\dots (B.3)$$

$$f(x) = \frac{2.24(1.72 - 0.9x + x^2) \cdot \sqrt{1-x}}{9.85 - 0.17x + 11x^2} \dots\dots\dots (B.4)$$

$$x = \frac{a}{W} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

- $B$  —— 试样厚度,单位为毫米(mm);
- $B_n$  —— 试样厚度的减少量,单位为毫米(mm);
- $W$  —— 试样宽度,单位为毫米(mm)。

- b) 如在恒位移载荷下测试 C 形试样,用式(B.6)~式(B.7)计算:  
对于  $x/W=0$  的试样:

$$V_1 = \frac{K_{IAPP} \cdot \sqrt{W} \cdot P_1 \left[ 0.43 \left( 1 - \frac{r_1}{r_2} \right) + Q_1 \right]}{0.032 \cdot E \cdot Y} \dots\dots\dots (B.6)$$

对于  $x/W=0.5$  的试样:

$$V_1 = \frac{K_{IAPP} \cdot \sqrt{W} \cdot P_2 \left[ 0.45 \left( 1 - \frac{r_1}{r_2} \right) + Q_2 \right]}{0.032 \cdot E \cdot Y} \dots\dots\dots (B.7)$$

式中:

- $r_1$  —— 试样内径,单位为毫米(mm);
- $r_2$  —— 试样外径,单位为毫米(mm);
- $Y$  见 GB/T 15970.6—2007 中图 14。
- $P_1 = (1+a/W) / (1-a/W)^2$
- $Q_1 = 0.542 + 13.137(a/W) - 12.316(a/W)^2 + 6.576(a/W)^3$
- $P_2 = (2+a/W) / (1-a/W)^2$
- $Q_2 = 0.399 + 12.63(a/W) - 9.838(a/W)^2 + 4.66(a/W)^3$

- c) 在使用恒位移试验方法测试 DCB 和改进 WOL 试样时,应使用 GB/T 15970.6—2007 提供的应力强度系数公式。

**B.4.5 使用恒载荷方法试验:**

- a) 在恒载荷条件下测试 DCB 试样,应使用式(B.8):

$$K_{IAPP} = \left[ \frac{p_a}{BH^{3/2}} \right] \left[ 3.46 + \frac{2.38H}{a} \right] \dots\dots\dots (B.8)$$

式中:

$p_n$  ——施加的载荷,单位为牛(N);

$H$  ——试样半高,单位为毫米(mm)。

同时应满足式(B.9)~式(B.10)的要求:

$$2 \leq a/H \leq 10 \quad \dots\dots\dots (B.9)$$

$$W \geq a + 2H \quad \dots\dots\dots (B.10)$$

b) 在恒载荷条件下测试 CTS、改进 WOL 和 C 型试样,应使用 GB/T 15970.6—2007 提供的应力强度系数公式。

**B.4.6** 载荷试样应在室温下测试 90 d 或在  $(80 \pm 5)^\circ\text{C}$  下测试 30 d。

**B.4.7** 应用式(B.11)代替 GB/T 15970.6—2007 中 7.6.6 e) 的有效方程式。所有试样都应满足(除 B.2.5外)有效性要求。

$$a, B, B_n, (W - a) \geq 1.27 \left( \frac{K_{IAPP}}{R_{eSLC}} \right)^2 \times 1\,000 \quad \dots\dots\dots (B.11)$$

**B.4.8** 如需进行 B.5.4 的附加试验,重复整个试验步骤。根据 B.4.5 规定的恒载荷条件在室温放置 180 d。

**B.5 裂纹增长检查**

**B.5.1** 在规定的试验时间后卸载试样,使试样在不超过  $0.6 K_{IAPP}$  的最大应力强度下进行疲劳试验,直至裂纹增长了至少 1 mm。在疲劳试验后砸开试样。

**B.5.2** 用扫描电子显微镜(SEM)测量疲劳试验前后裂纹距离。应垂直于疲劳试验前和疲劳试验后裂纹,在  $25\%B$ ,  $50\%B$  和  $75\%B$  的位置进行测量。计算这三个值的平均值。

**B.5.3** 如果两个疲劳裂纹之间的平均距离不超过 0.16 mm,试样通过试验。如果所有的试样都通过,则材料满足要求。

**B.5.4** 如果 B.5.3 测量的平均值超过 0.16 mm,需按 B.4.8 进行重复试验,试验后按 B.5.1 和 B.5.2 步骤进行。两个疲劳裂纹之间的平均距离不超过 0.3 mm,则材料满足要求。

**B.6 铝瓶厚度质量鉴定**

如果不能满足 B.4.7 的有效性要求,只要试样满足本附录所述试验方法的其他要求,则认为铝瓶取样材料在最大厚度范围内合适。如果试样满足 B.4.7 的有效性要求和本附录所述试验方法的其他要求,则材料适合于所有厚度。

**B.7 报告**

应按 GB/T 15970.6—2007 第 8 章(8.5 除外)规定的信息记录报告。报告应说明是否符合有效性标准,并应包括 B.5.2 的 SEM 显微图。报告文件应永久保存。

附 录 C  
(规范性)  
铝瓶的装阀扭矩

C.1 铝瓶锥螺纹的装阀扭矩见表 C.1。

表 C.1 铝瓶锥螺纹的装阀扭矩

螺纹规格	扭矩/(N·m)		
	min	max	
		无颈圈	有颈圈
PZ19.2	75	95	140
PZ27.8	95	110	180

C.2 铝瓶普通螺纹的装阀扭矩见表 C.2。

表 C.2 铝瓶普通螺纹的装阀扭矩

螺纹规格	扭矩/(N·m)	
	min	max
M18×1.5	85	100
M25×2	95	130
M30×2	95	130

附录 D

(资料性)

螺纹剪切应力安全系数计算方法

D.1 计算公式

螺纹剪切应力安全系数即材料剪切强度( $\tau_m$ )与螺纹剪切应力的比值。铝合金材料剪切强度( $\tau_m$ )取 0.6 倍的材料抗拉强度。螺纹剪切应力计算见式(D.1)~式(D.2):

$$\tau_n = \frac{F_w}{zA_n} \dots\dots\dots (D.1)$$

$$\tau_w = \frac{F_w}{zA_w} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

$\tau_n$  ——内螺纹的剪切应力,单位为兆帕(MPa);

$F_w$  ——最大轴向外载荷,单位为牛(N);

$z$  ——啮合的螺纹牙数;

$A_n$  ——内螺纹牙的受剪面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>);

$\tau_w$  ——外螺纹的剪切应力,单位为兆帕(MPa);

$A_w$  ——外螺纹牙的受剪面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)。

最大轴向外载荷计算见式(D.3):

$$F_w = p_{\text{内}} A \dots\dots\dots (D.3)$$

式中:

$p_{\text{内}}$  ——铝瓶内压力,单位为兆帕(MPa);

$A$  ——瓶口内螺纹开孔受压面积(取内螺纹的大径),单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)。

螺纹牙的受剪面积计算见式(D.4)~式(D.5):

$$A_n = \pi d_{\text{min}} \left[ \frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{\text{min}} - D_{2\text{max}}) \right] \dots\dots\dots (D.4)$$

$$A_w = \pi D_{1\text{max}} \left[ \frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{2\text{min}} - D_{1\text{max}}) \right] \dots\dots\dots (D.5)$$

式中:

$d_{\text{min}}$  ——外螺纹最小大径,单位为毫米(mm);

$P$  ——螺纹的螺距,单位为毫米(mm);

$\alpha$  ——螺纹的牙型角,单位为度(°);

$D_{2\text{max}}$  ——瓶口内螺纹最大中径,单位为毫米(mm);

$D_{1\text{max}}$  ——瓶口内螺纹最大小径,单位为毫米(mm);

$d_{2\text{min}}$  ——外螺纹最小中径,单位为毫米(mm)。

瓶口内螺纹和外螺纹的啮合情况和计算取值见图 D.1,且有以下关系式成立,见式(D.6)~式(D.7):

$$b = \frac{P}{2} + 2x = \frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{\text{min}} - D_{2\text{max}}) \dots\dots\dots (D.6)$$

$$b_1 = \frac{P}{2} + 2y = \frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{2\text{min}} - D_{1\text{max}}) \dots\dots\dots (D.7)$$

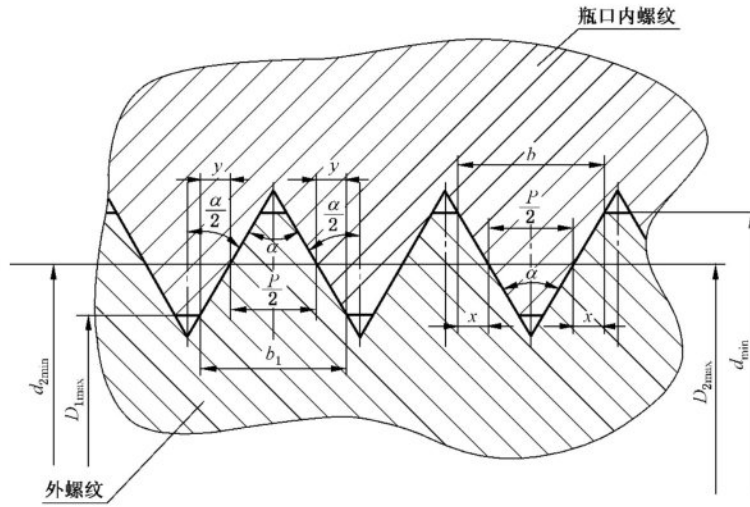


图 D.1 瓶口内螺纹和外螺纹啮合尺寸及受力部位示意图

D.2 计算示例

铝瓶材料抗拉强度保证值为 290 MPa,公称工作压力为 30 MPa,水压试验压力为 45 MPa,瓶口螺纹为 M18×1.5-6H,有效螺纹 13 牙,计算铝瓶水压试验压力下螺纹剪切应力安全系数。

解:根据螺纹标准,M18×1.5 螺纹的牙型角为 60°,其中 6H 内螺纹的极限尺寸见表 D.1。

表 D.1 M18×1.5-6H 内螺纹的极限尺寸

单位为毫米

公称直径 <i>D</i>	螺距 <i>P</i>	大径		中径		小径	
		<i>D</i> <sub>min</sub>	<i>D</i> <sub>2max</sub>	<i>D</i> <sub>2min</sub>	<i>D</i> <sub>1max</sub>	<i>D</i> <sub>1min</sub>	
18.0	1.50	18.000	17.216	17.026	16.676	16.376	

相应的 6 g 外螺纹的极限尺寸见表 D.2。

表 D.2 M18×1.5-6 g 外螺纹的极限尺寸

单位为毫米

公称直径 <i>d</i>	螺距 <i>P</i>	大径		中径		小径
		<i>d</i> <sub>max</sub>	<i>d</i> <sub>min</sub>	<i>d</i> <sub>2max</sub>	<i>d</i> <sub>2min</sub>	<i>d</i> <sub>1max</sub>
18.0	1.50	17.968	17.732	16.994	16.854	16.344

内螺纹牙的受剪面积  $A_n$  计算见式(D.8):

$$\begin{aligned}
 A_n &= \pi d_{\min} \left[ \frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{\min} - D_{2\max}) \right] \\
 &= 3.14 \times 17.732 \left[ \frac{1.50}{2} + \tan \frac{60^\circ}{2} \times (17.732 - 17.216) \right] \\
 &= 58.336 \text{ (mm}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{( D.8 )}
 \end{aligned}$$

最大轴向外载荷  $F_w$  计算见式(D.9):

$$F_w = p_{\text{内}} A = 45 \times 3.14 \times 18.0^2 / 4 = 11\,445.3(\text{N}) \dots\dots\dots(\text{D.9})$$

内螺纹的剪切应力  $\tau_n$  计算见式(D.10):

$$\tau_n = \frac{F_w}{zA_n} = \frac{11445.3}{13 \times 58.336} = 15.092(\text{MPa}) \dots\dots\dots(\text{D.10})$$

螺纹剪切应力安全系数计算见式(D.11):

$$\frac{\tau_m}{\tau_n} = \frac{0.6 \times 290}{15.092} = 11.52 \dots\dots\dots(\text{D.11})$$

计算值满足铝瓶瓶口螺纹的设计要求。

## 附录 E

(资料性)

## 铝瓶制造缺陷的描述和判定

## E.1 一般要求

E.1.1 铝瓶内外表面应清洁,干燥,无氧化物、无腐蚀和锈迹,检查之前用合适的方法对内外表面进行清理。

E.1.2 应使用足够强度的照明光源。

E.1.3 铝瓶螺纹加工后,应用内窥镜或其他合适的装置检查瓶颈内部。

E.1.4 局部缺陷可修磨去除,修磨后应重新进行壁厚检查。

## E.2 制造缺陷

铝瓶常见的内、外表面缺陷及其描述见表 E.1。

表 E.1 中可返修的缺陷的判定是根据使用经验确定的,适用于所有尺寸和类型的铝瓶及使用条件。当用户要求高于表 E.1 规定时,由用户与制造单位另行约定。

表 E.1 常见的制造缺陷及判定标准

序号	缺陷	现象描述	判定标准	判定结论
1	鼓包	可见表面凸起	所有有此缺陷的铝瓶	报废
2	凹陷	有可见的凹陷处(见图 E.1)(包括由于打磨或机械加工等造成)	凹坑的深度超过铝瓶外径的 2% 或超过 2 mm(取小值)。 凹坑的直径小于其深度的 30 倍。 壁厚小于设计壁厚	报废
3	划伤、磕伤、压痕	壁上有金属缺失(主要由于在挤压或拉伸操作中模具表面有附着物造成)	内表面:超过 5% 壁厚,缺陷下的剩余壁厚小于设计壁厚。 有明显的 V 字形切口或缺陷长度超过 5 倍铝瓶厚度	报废
			外表面:深度超过壁厚的 5%,或缺陷下的剩余壁厚小于设计壁厚	报废
			外表面:深度小于壁厚的 5%,并且缺陷下的剩余厚度大于设计壁厚	可修复
4	带有划伤或磕伤的凹陷	壁的下陷处有划伤或磕伤(见图 E.2)	所有有此缺陷的铝瓶	报废
5	凸棱	纵向凸起的有尖角的表面(见图 E.3)	内表面:高度超过壁厚的 5%	报废
			外表面:高度超过壁厚的 5%	可修复

表 E.1 常见的制造缺陷及判定标准 (续)

序号	缺陷	现象描述	判定标准	判定结论
6	凹槽	纵向深的凹槽(见图 E.4)	内表面:如果深度超过壁厚的 5%或缺陷下的剩余壁厚小于设计壁厚	报废
			外表面:深度超过壁厚的 5%或缺陷下的剩余壁厚小于设计壁厚	报废
			外表面:深度小于壁厚的 5%,如果缺陷下的剩余壁厚大于设计壁厚	可修复
7	夹层	表面裂纹、重皮、鼓包或表面中断(见图 E.5)	内表面:所有有此缺陷的铝瓶	报废
			外表面:所有有此缺陷的铝瓶	可修复
8	浮泡	壁上有连续的内含物质的鼓包	内表面:所有有此缺陷的铝瓶	报废
			外表面:明显与铝瓶性能无关的所有此缺陷的铝瓶	可修复
9	裂纹	金属上有裂口或裂缝	所有有此缺陷的铝瓶	报废
10	瓶口裂纹	表现为与螺纹垂直方向并延伸到螺纹表面的线条(不应将其与螺纹机加工痕迹混淆)(见图 E.6)	所有有此缺陷的铝瓶	报废
11	肩部皱折或肩部裂纹	瓶肩内部有峰状和槽状皱折,并延伸到螺纹区(见图 E.7)。起始于瓶肩内部并延伸到机加工区或螺纹部位(图 E.8 显示肩部裂纹的起始及延伸状态)	应通过机加工去除延伸到螺纹部分的可见线状氧化物皱折或裂纹(见图 E.7)。机加工后,应仔细检查整个区域并确认壁厚	可修复
			如果机加工没能除去线状氧化物皱折或裂纹,或壁厚超差	报废
			如果机加工去除了线状氧化物皱折或裂纹,且壁厚合格	合格
			只要尖顶平滑且下陷处底部圆滑,超出机械加工区并且明显可见是敞口凹陷(金属中无氧化物)的皱折认为合格	合格
12	内部螺纹损坏或超出公差范围	螺纹损坏,有凹陷,划伤,毛刺或超出公差范围	可用合适的螺纹量规重新加工并检查螺纹,并仔细地进行目测检查,应保证有效螺纹的数目	可修复
			如果不能进行修复	报废
13	凹坑	由于酸洗或储存条件不好而腐蚀导致的凹坑	内表面:所有有此缺陷的铝瓶	报废
			外表面:所有有此缺陷的铝瓶	可修复
14	与设计图纸不一致	与设计图纸不符(如瓶口或底部尺寸,直线度公差等)	所有呈现此缺陷的铝瓶	可修复或报废
15	颈圈不牢靠	颈圈在低扭矩时转动或在轴向载荷时脱离	所有呈现此缺陷的铝瓶	可修复或报废
16	弧或喷枪燃烧	铝瓶有火焰损伤的缺陷	所有呈现此缺陷的铝瓶	报废

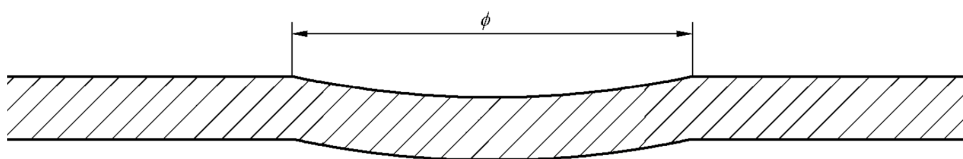


图 E.1 凹陷



图 E.2 带有划伤或磕伤的凹陷

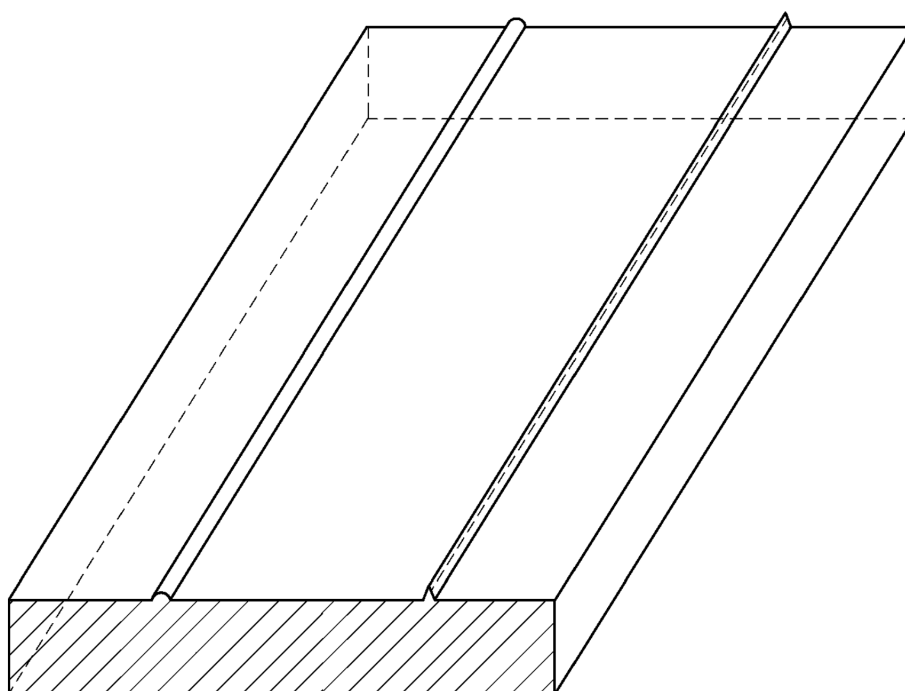


图 E.3 凸起表面

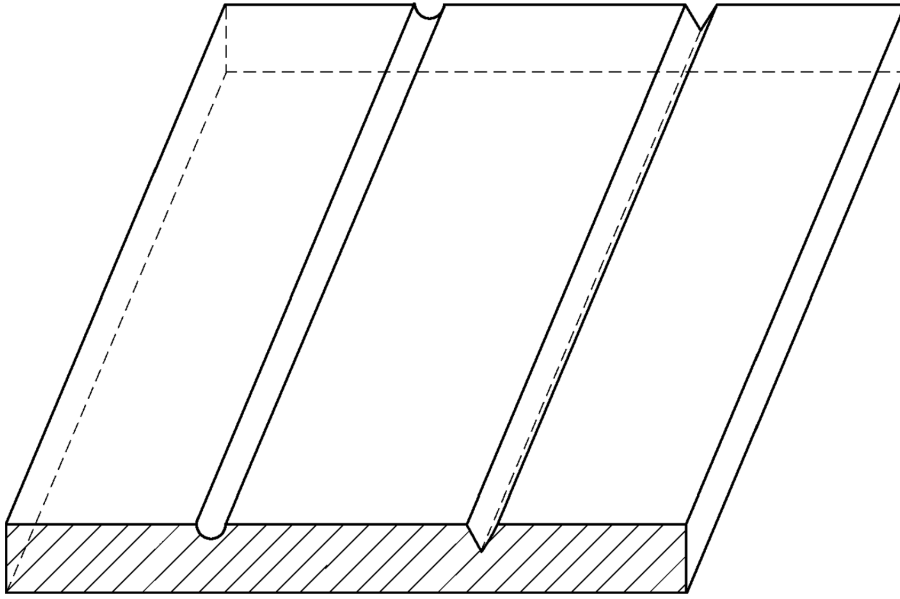


图 E.4 凹槽

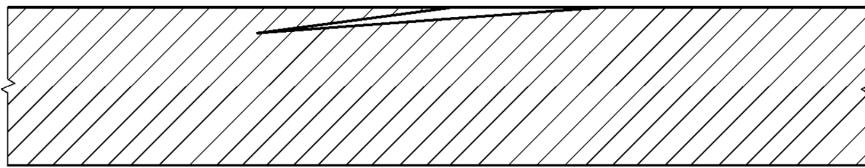
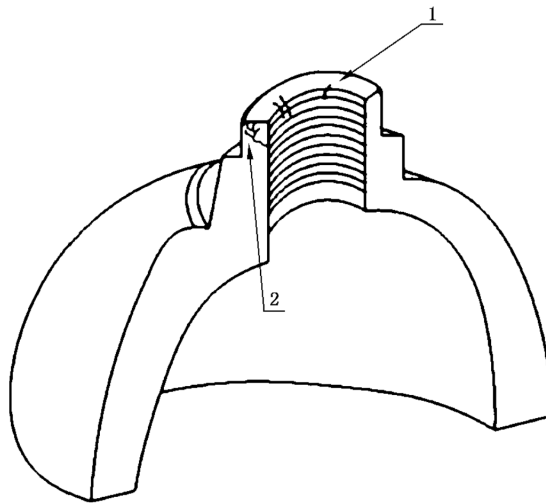
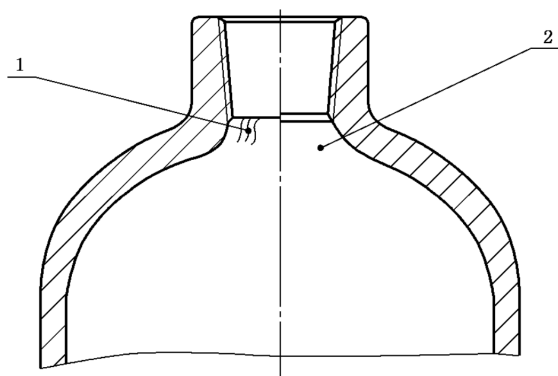


图 E.5 夹层



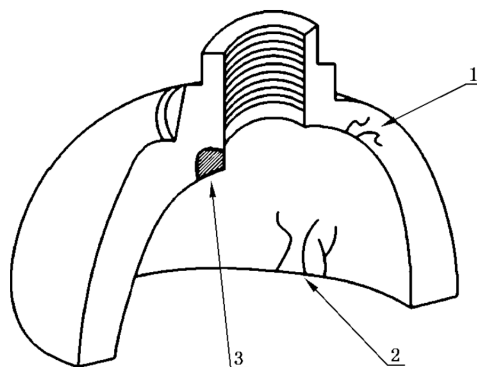
标引序号说明：  
1——瓶口裂纹；  
2——瓶口扩展裂纹。

图 E.6 瓶口裂纹



标引序号说明：  
 1——皱折或裂纹；  
 2——加工后。

图 E.7 肩部皱折或裂纹



标引序号说明：  
 1——肩部裂纹；  
 2——肩部扩展裂纹；  
 3——皱折。

图 E.8 肩部裂纹

附录 F  
(规范性)  
压扁试验方法

F.1 试验铝瓶的要求

F.1.1 试验铝瓶应进行内外表面质量检查,不应有凹坑、划痕、裂纹、夹层、皱折等影响强度的缺陷,表面不应有油污、油漆等杂物,应保证出气孔通畅。

F.1.2 试验铝瓶筒体实测最小壁厚不应小于筒体设计壁厚。

F.1.3 试验铝瓶筒体应进行壁厚的测定,按图 F.1 所示,在筒体部位与轴线成对称位置的 A、B 及 C、D 处测得壁厚的平均值。

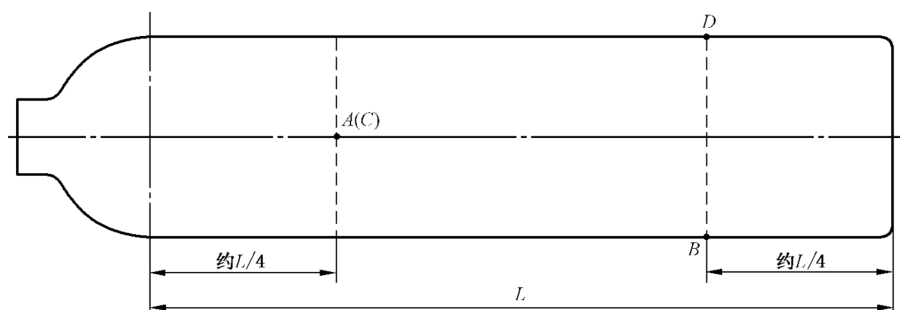


图 F.1 筒体部位平均壁厚测量位置

F.2 试验装置的基本要求

F.2.1 压头的基本要求

F.2.1.1 压头的材质应为碳素工具钢或其他性能良好的钢材。

F.2.1.2 加工成形的压头应进行热处理,其硬度不应小于 45 HRC。

F.2.1.3 压头的顶角为  $60^\circ$ ,压头刃口长度不小于铝瓶筒体公称外径的 1.5 倍,压头刃口最大半径按表 4 的规定。压头高度应不小于铝瓶筒体公称外径的 0.5 倍,压头表面应光滑,压头的形状处尺寸见图 F.2。

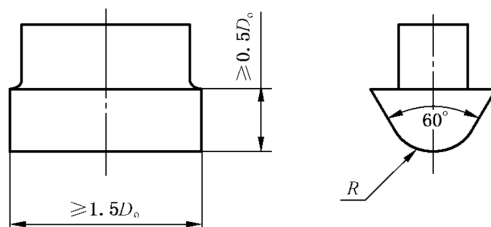


图 F.2 压头的形状尺寸

F.2.2 试验机的基本要求

F.2.2.1 试验机的精度与性能要求,应经有资格的计量检验部门进行检定。在有效期内,经检定合格方可使用。

F.2.2.2 试验机的额定载荷量应大于压扁试验最大载荷量的 1.5 倍。

F.2.2.3 试验机应按设备保养维修的有关规定进行机器润滑和必要的保养。试验机应保持清洁,工作台面无油污、杂物等。

F.2.2.4 试验机装置必须具有适当的安全设施,以保证试验时操作人员和设备的安全。

F.2.2.5 试验机应在符合其温度要求的条件下工作。

### F.3 试验步骤与方法

F.3.1 试验机在工作前应进行机器空运转,检查各部位及仪器仪表。试验机在正常的情况下才可进行试验。

F.3.2 压头应固定安装在钳口上,调整上、下压头的位置。应保证试验时,上、下压头在同一铅锤中心平面内。上、下压头应保持平行移动,不可横向晃动。

F.3.3 将铝瓶的中部放在垂直于瓶体轴线的两个压头中间(见图 F.3)。然后缓慢地拧开阀门以 20 mm/min~50 mm/min 的速度进行匀速加载,对试验铝瓶施加压力,直至压到规定的压头间距  $T$  为止,根据实测抗拉强度确定压头间距(见表 4)。

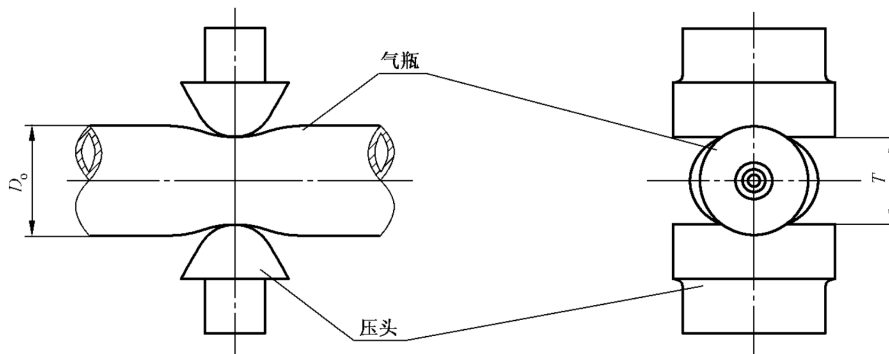


图 F.3 压扁试验示意图

F.3.4 保持压头间距  $T$  和载荷不变,目测检查试验铝瓶压扁变形处的表面状况。

### F.4 试验中的注意事项

F.4.1 在试验过程中发现异常时,应立即停止试验。进行检查并做出判断,待排除故障后,再继续进行试验。

F.4.2 试验机应由专人操作,并负责做好记录。

### F.5 试验报告

试验报告应能准确反映试验过程并具有可追踪性。其内容应包括:试验日期、铝瓶材料牌号、铝瓶规格型号、热处理批号、筒体设计壁厚、实测最小壁厚、实测平均壁厚、使用设备、压扁速度、压头间距、压扁最大载荷、试验结果、试验者等。



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
铝 合 金 无 缝 气 瓶  
GB/T 11640—2021

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线: 400-168-0010

2021年4月第一版

\*

书号: 155066 · 1-67330

版权专有 侵权必究



GB/T 11640-2021



码上扫一扫 正版服务到