

# 大型无缝钢质气瓶热加工变形问题分析

高旺印 (北京天海工业有限公司, 北京 100023)

## Analysis on distortion of large seamless steel gas cylinder during heat processing

GAO Wang-yin (Beijing Tianhai Industry Co., Ltd., Beijing 100023, China)

中图分类号: TG157; TG162.79 文献标识码: A 文章编号: 0254-6051(2008)04-0103-02

某公司生产的无缝钢质气瓶分为冲拔瓶和管制瓶。冲拔瓶是由方钢经高温加热后冲拔、拉伸、收口而成,管制瓶是由无缝钢管经过收口而成。这两种气瓶都要通过热处理来得到良好的综合力学性能。

其中的大型无缝钢质气瓶即直径大于  $\phi 219$  mm 以上的气瓶,在热处理后经常出现变形超差而报废,造成很大经济损失。变形超差分椭圆度超差和外径过大超差。椭圆度即最大直径与最小直径之差,经统计,该公司 2006 年椭圆度超差报废 1302 支,外径过大超差报废 734 支。作者对其进行了分析,并找出导致其报废的主要影响因素。

### 1 试验结果与分析

#### 1.1 报废气瓶的统计与分析

外径过大超差的原因已查明,是由于气瓶热处理前外径较大和淬火时体积增大而造成的。此变形有规律可循,比较容易控制。而椭圆度超差的原因比较难判断。为分析椭圆度超差的原因,作者对气瓶所用材料、热处理淬火、回火工艺参数、淬火液成分及温度等影响变形的因素进行了全面的研究及试验。结果材料方面没有发现问题。通过调整淬火温度、淬火液成分及温度对减小淬火变形也没有明显的效果。

随后,作者对近一年来由于热处理椭圆超差变形而报废的气瓶进行了统计及数据分析。统计结果如表 1 所示。

从表 1 统计结果来看,2005 年 9 月、10 月和 11 月管制瓶出现废品数分别为 18 只、96 只和 68 只,而冲拔瓶几乎没有。冲拔瓶 2006 年 4 月、5 月和 6 月废品数分别为 123、69、23 只,而管制瓶很少。可以看出一个规律,即冲拔瓶和管制瓶出现大量变形超差的现象没有在同一时间出现。这说明二者变形的机制可能不同。而它们是由同一套炉子加热、同一个水槽淬火出来的,说明变形超差和热处理关系不大,可能另有原因。

之后,作者对冲拔瓶和管制瓶在热处理以外的影

表 1 热处理椭圆超差变形而报废的气瓶统计结果

Table 1 Disabled gas cylinders by heat treating ellipse distortion

日期	管制瓶		冲拔瓶	
	规格 /mm	数量 /个	规格 /mm	数量 /个
2005 年 9 月	$\phi 267$	18		
2005 年 10 月	$\phi 279$	88		
	$\phi 267$	8		
2005 年 11 月	$\phi 279$	68	$\phi 229$	13
2005 年 12 月	$\phi 267$	2		54
2006 年 1 月				
2006 年 2 月	$\phi 267$	1	1	
2006 年 3 月				8
2006 年 4 月	$\phi 267$	4	$\phi 235$	59
			$\phi 229$	74
2006 年 5 月	$\phi 267$	2	$\phi 235$	30
			$\phi 229$	39
2006 年 6 月	$\phi 279$	1	$\phi 235$	23
2006 年 7 月	$\phi 267$	4	$\phi 229$	8

响因素进行了调查。发现冲拔瓶在高温冲拔、拉伸后测量壁厚时为尽快冷却而采取的浇水过程有违常规,会产生较大的应力,会对以后的热处理变形影响很大。因冲拔、拉伸属于锻造过程,而锻造后的冷却一般是缓冷而不是急冷。

为此作者作了以下试验。把高温冲拔、拉伸后浇水的两组瓶坯做上编号标记。在热处理前后分别测量变形量,测量结果如表 2 所示。

从表 2 可以看出,高温冲拔、拉伸后浇水的瓶坯经过热处理后椭圆度超差废品率高达 43%。这一结果证明浇水后的瓶坯经过热处理后会产生严重的椭圆变形,导致报废。

#### 1.2 冲拔瓶产生椭圆变形的原因探讨

冲压后由于温度很高,用管子在处于高温的瓶坯表面浇水会导致其不同部位冷却速度不同,而导致不同部位之间产生附加应力。在热处理加热时,随着加热温度的升高,瓶体的屈服强度逐渐降低,当瓶体的屈服强度低于附加应力时,瓶体会发生塑性变形,而应力得到释放。结果使瓶体产生了椭圆。再加上热处理过程中产生的热应力和组织应力,更进一步加大了

作者简介:高旺印(1965—),男,河北廊坊人,工程师,主要从事热处理工艺及失效分析工作。联系电话:13131683525 E-mail: gaowangyin@163.com

收稿日期:2007-11-13

表 2 热处理前后变形量测量值

Table 2 Distortion value of the gas cylinder before and after heat treatment

序号	规格	试验瓶 坯数 (个)	试验方法	热处理前 椭圆度 /mm	热处理后椭圆度 /mm (标准 4.7 mm)	椭圆度 超差数 (个)	椭圆度超差数值 /mm (标准 4.7 mm)
1	$\phi 235 \text{ mm} \times 5.8 \text{ mm}$	8	冲拔后浇水	1.1	8.25	5	8.25; 7.9; 5.65; 5.65; 4.8; 其余 4.7
2	$\phi 235 \text{ mm} \times 5.8 \text{ mm}$	6	冲拔后浇水	2.4	4.8	1	4.8; 其余 4.7

变形。

为分清冲压后表面浇水产生附加应力和热处理过程产生的应力对变形超差的影响的大小,选取 20 只管制瓶做试验。因管制瓶热处理前应力很小,只有热处理应力。结果如表 3 所示。

表 3 热处理应力对变形的影响

Table 3 Effect of heat treatment stress on distortion of the gas cylinder

规格	试验瓶 坯数 (个)	热处理前 椭圆度 / mm	热处理后椭圆度 / mm (标准 4.7 mm)	椭圆度 超差数 (个)
$\phi 267 \text{ mm}$	20	1.25	2.15	无

试验结果表明,热处理产生的变形很小,由此可以推断,冲拔瓶变形的主要原因是冲压后表面浇水产生附加应力产生的。由此可以得出结论:只要采取措施使浇水产生的附加应力降低,就可以大大减小热处理后的变形。为验证上面的推断,作者进行了如下的 3 次试验。

表 4 气瓶经热处理后的变形情况

Table 4 Distortion of the gas cylinder after heat treatment

序号	规格	试验瓶 坯数 (个)	试验方法	热处理前 椭圆度 /mm	热处理后椭圆度 /mm (合格标准 4.7)	椭圆度 超差数 (个)	椭圆度超差数值 /mm (标准 4.7 mm)
1	$\phi 235 \text{ mm} \times 5.8 \text{ mm}$	50	冲拔后低于 350 浇水	2	6.9	7	6.9; 5.6; 5.5; 5.3; 5.3; 5.0; 4.9; 其余 4.7
2	$\phi 235 \text{ mm} \times 5.8 \text{ mm}$	50	冲拔后低于 500 水箱冷却	3	4.8	2	4.8; 4.8; 其余 4.7
3	$\phi 235 \text{ mm} \times 5.8 \text{ mm}$	30	未浇水		一只 3.6 其余 2.2	无	

### 1.3 管制瓶变形原因分析

经过大量的调查发现,制作管制瓶的无缝钢管有不圆的现象。可能导致管制瓶不圆。经过对所有库存的钢管复查,终于找到了两批共 68 根  $\phi 279 \text{ mm}$  钢管不圆度严重超差的问题。

## 2 结论及改进措施

(1) 冲拔后浇水的冲拔瓶,会在瓶体中产生很大的不均匀应力,虽然热处理前的变形很小,但经过热处理加热时这部分应力得到释放会产生严重的变形,甚至报废,而这种应力和热处理过程产生的热应

(1)  $\phi 235 \text{ mm} \times 5.8 \text{ mm}$  冲拔瓶,抽测壁厚、底厚时,等瓶体温度低于 350 时再将瓶体用水浇凉,抽 50 只,分别测量热处理前后的变形情况。

(2)  $\phi 235 \text{ mm} \times 5.8 \text{ mm}$  冲拔瓶,抽测壁厚、底厚时,等瓶体温度低于 500 时再将瓶体放到水箱中冷却到室温,抽 50 只,分别测量热处理前后的变形情况。用水箱冷的目的是降低应力。

(3)  $\phi 235 \text{ mm} \times 5.8 \text{ mm}$  冲拔瓶取 30 只没浇过水的,经过热处理后测量变形情况。

具体测量变形情况如表 4 所示。

从表 4 可以看出,方案 2 虽然冷却之前的温度高于 500,但采用水箱内整体冷却,使冷却过程均匀,从而降低了附加应力,变形超差数比较少,只有 2 只,方案 1 虽然浇水前已经降低到 350,但冷却不均匀,应力比较大,最后的变形超差数达 8 只。方案 3 由于没有浇水,就没有附加应力,没有出现椭圆变形而报废的现象,这就证明了上面关于冲拔瓶椭圆变形超差原因分析的正确性。

力及组织应力非常容易混淆,不容易区分,常误判为热处理应力导致的变形,给失效分析工作带来困难。因此,正确区分影响变形的各种应力是分析变形超差的关键。

(2) 管制瓶的制作过程中由于管子不圆而导致变形报废。这是热处理无法控制的,而应当加强钢管入库前的检查。

(3) 把冲拔瓶冲拔后浇水和管子不圆这两个因素控制住后,基本解决了大型无缝钢质气瓶的热加工变形问题。