

# 中华人民共和国行业标准

JB 4728—94

## 压力容器用不锈钢锻件

Stainless steel forgings for pressure vessels

### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了压力容器用不锈钢锻件的技术要求、试验方法及检验规则等要求。

本标准适用于设计压力不大于 35MPa 的压力容器用不锈钢锻件及低温下工作的奥氏体不锈钢锻件。

### 2 引用标准

- GB 222 钢的化学分析用试样取样法及成品化学成分允许偏差
- GB 223 钢铁及合金化学分析方法
- GB 228 金属拉伸试验方法
- GB 231 金属布氏硬度试验方法
- GB 4334 不锈钢耐腐蚀试验方法
- GB 6394 金属平均晶粒度测定法
- GB 6397 金属拉伸试验试样
- GB 10561 钢中非金属夹杂物显微评定方法
- JB 4708 钢制压力容器焊接工艺评定
- JB 4730 压力容器无损检测

### 3 术语

#### 3.1 筒形锻件

轴向长度  $L$  大于其外径  $D$  的轴对称空心锻件,如图 1(a)所示。 $t$  为公称厚度。

#### 3.2 环形锻件

轴向长度  $L$  小于或等于其外径  $D$  的轴对称空心锻件,如图 1(b)所示。 $L$  和  $t$  中的小者为公称厚度。

#### 3.3 饼形锻件

轴向长度  $t$  小于或等于其外径  $D$  的轴对称实心锻件,如图 1(c)所示。 $t$  为公称厚度。

#### 3.4 碗形锻件

截面呈凹形且长度  $H$  小于或等于其外径  $D$  的轴对称锻件,如图 1(d)所示。 $t_1$  和  $t_2$  中的大者为公称厚度。

#### 3.5 长颈法兰锻件

长颈法兰锻件如图 1(e)所示。 $t_1$  和  $t_2$  中的大者为公称厚度。

#### 3.6 条形锻件

中华人民共和国机械工业部  
中华人民共和国化学工业部  
中华人民共和国劳动部  
中国石油化工总公司

1994-01-29 批准

1994-05-01 实施

截面为圆形, 轴向长度  $L$  大于其外径  $D$  的实心锻件, 如图 1(f) 所示。  $D$  为公称厚度。

截面为矩形, 长度  $L$  均大于其两边长  $a, b$  的锻件, 如图 1(g) 所示。  $a$  和  $b$  中的小者为公称厚度。

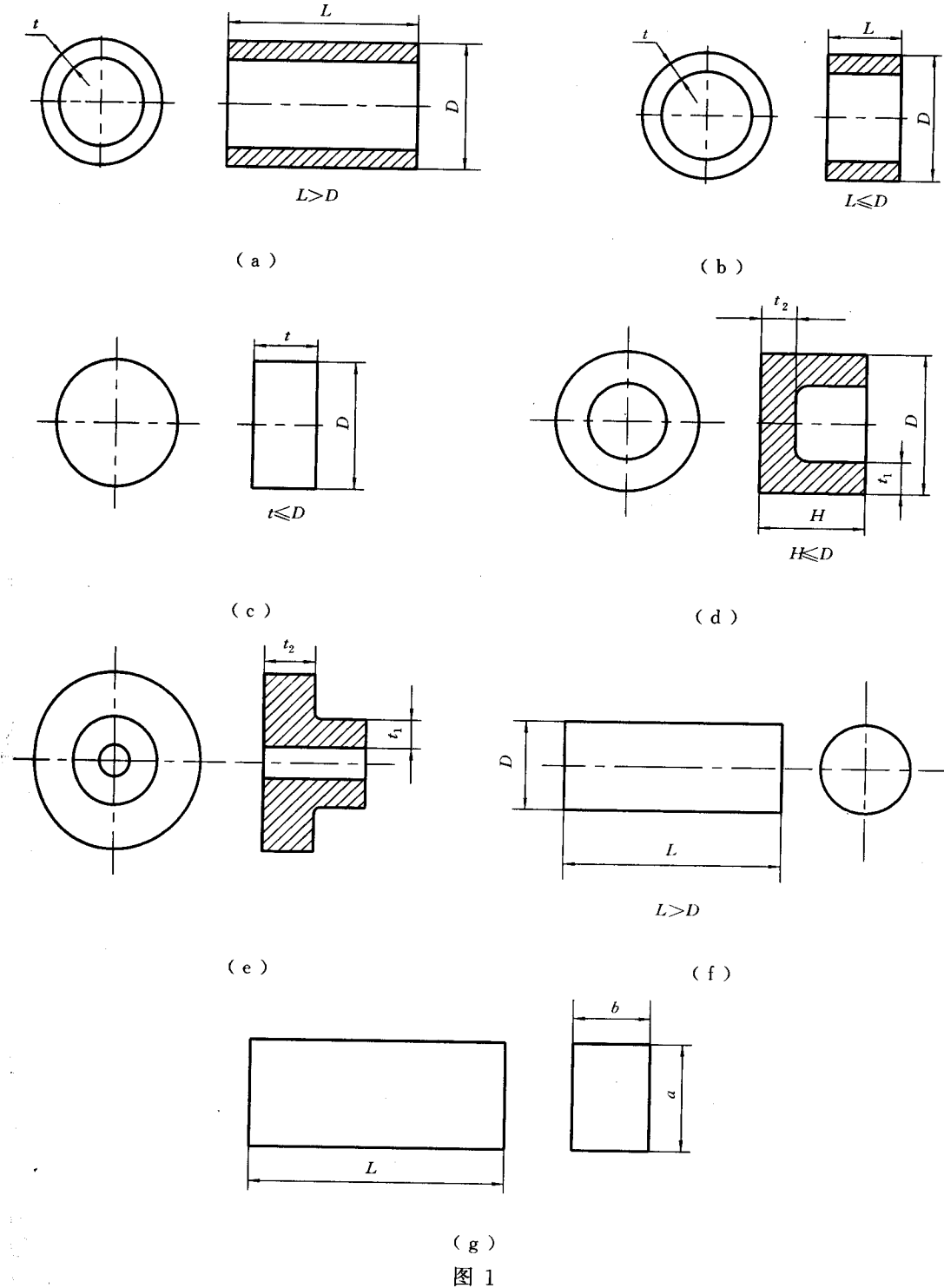


图 1

订货须知

需方应在订货合同上注明本标准号、钢号、锻件级别、供货状态和数量等要求。

需方应提供订货图样, 必要时标明锻件重要区。

需用本标准附录 A(补充件)的附加要求以及超出或高于本标准规定的其他要求, 需方均应在订货

合同中注明。

## 5 技术要求

### 5.1 冶炼方法

锻件用钢应采用电炉冶炼。经供需双方协商,可采用电渣重熔、炉外精炼等冶炼方法。

### 5.2 化学成分

5.2.1 锻件用钢的化学成分(熔炼分析)应符合表 1 的规定。

5.2.2 需方可进行成品分析,分析结果与表 1 的允许偏差应符合 GB 222 的规定。

### 5.3 锻造

5.3.1 锻造使用的钢锭、坯料或轧材应有熔炼单位的质量证明书。

5.3.2 锻件使用的钢锭头尾应有足够的切除量,以确保锻件无缩孔及严重偏析等缺陷。

5.3.3 采用钢锭锻造时,锻件主截面部分的锻造比不得小于 3(电渣重熔钢不得小于 2)。采用坯料或轧材锻造时,锻件主截面部分的锻造比不得小于 1.6。

5.3.4 锻件应在压机、锻锤或轧机上经热加工成形,整个截面上的金属应锻透,并尽可能锻至接近成品零件的形状和尺寸。

### 5.4 锻件级别

锻件分为 I、II、III、IV 四个级别,每个级别的检验项目按表 2 的规定。

### 5.5 热处理

锻件应按表 3 中规定的热处理状态交货。如供方需改变热处理状态时,应征得需方同意。热处理状态的代号为:A——退火、Q——淬火、T——回火。

### 5.6 力学性能

经热处理后成品锻件的常温力学性能(I 级锻件的硬度,II、III 和 IV 级锻件的拉伸性能)应符合表 3 的规定。表中硬度值系三次测定结果算术平均值的合格范围,其单个值均不得超过表中规定范围的 10HB。

### 5.7 外观质量

5.7.1 锻件经外观检查,应无肉眼可见的裂纹、夹层、折叠、夹渣等有害缺陷。如有缺陷,允许清除,但修磨部分必须圆滑过渡,清除深度应符合以下规定:

- a. 当缺陷存在于非机械加工表面,清除深度不应超过该处公称尺寸下偏差。
- b. 当缺陷存在于机械加工表面,清除深度不应超过单边公称余量的 75%。

5.7.2 锻件形状、尺寸和表面质量应满足订货图样的要求。

### 5.8 内部缺陷

5.8.1 用超声检测锻件内部缺陷,检测表面的表面粗糙度应不大于  $R_a6.3$ 。

5.8.2 除奥氏体不锈钢锻件外,各类锻件的超声检测验收标准按表 4 的规定,并不允许存在白点。

5.8.3 奥氏体不锈钢锻件的超声检测验收标准按表 4 中“单个缺陷”栏的规定。

### 5.9 焊补

5.9.1 锻件允许用相匹配的焊材进行焊补。允许焊补的部位、深度和面积由供需双方商定。

5.9.2 焊补应按经 JB 4708 评定合格的焊接工艺进行。焊工应持有合格证。

表 1

类别	钢 号	化 学 成 分,%								
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	P	S
铁素体型	0Cr13	≤0.08	≤1.00	≤1.00	11.50 ~13.50	≤0.60	—	—	≤0.035	≤0.030
马氏体型	1Cr13	≤0.15	≤1.00	≤1.00	11.50 ~13.50	≤0.60	—	—	≤0.035	≤0.030
奥氏体型	0Cr18Ni9	≤0.07	≤1.00	≤2.00	17.00 ~19.00	≤8.00 ~11.00	—	—	≤0.035	≤0.030
	00Cr19Ni10	≤0.030	≤1.00	≤2.00	18.00 ~20.00	8.00 ~12.00	—	—	≤0.035	≤0.030
	0Cr17Ni12Mo2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	16.00 ~18.00	10.00 ~14.00	2.00 ~3.00	—	≤0.035	≤0.030
	00Cr17Ni14Mo2	≤0.030	≤1.00	≤2.00	16.00 ~18.00	12.00 ~15.00	2.00 ~3.00	—	≤0.035	≤0.030
	1Cr18Ni9Ti <sup>1)</sup>	≤0.12	≤1.00	≤2.00	17.00 ~19.00	8.00 ~11.00	—	5(C%—0.02) ~0.08	≤0.035	≤0.030
	0Cr18Ni10Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	17.00 ~19.00	9.00 ~12.00	—	≥5×C%	≤0.035	≤0.030
奥氏体- 铁素体型	00Cr18Ni5- Mo3Si2 <sup>2)</sup>	≤0.030	≤1.30 ~2.00	1.00 ~2.00	18.00 ~19.50	4.50 ~5.50	2.50 ~3.00	—	≤0.035	≤0.030

注：1) 此钢号不推荐使用。

2) 此钢号中 N≤0.10%。

表 2

锻件级别	检 验 项 目	检 验 数 量
I	硬度(HB)	逐件检查
II	拉伸( $\sigma_b$ 、 $\sigma_{0.2}$ 、 $\delta_5$ )	同炉批号、同炉热处理的锻件抽检一件
III	拉伸( $\sigma_b$ 、 $\sigma_{0.2}$ 、 $\delta_5$ )	同炉批号、同炉热处理的锻件抽检一件
	超声检测	逐件检查
IV	拉伸( $\sigma_b$ 、 $\sigma_{0.2}$ 、 $\delta_5$ )	逐件检查
	超声检测	逐件检查

表 3

钢 号	公称厚度 mm	热 处 理 状 态	$\sigma_b$	$\sigma_{0.2}$	$\delta_5$	HB
			MPa	MPa	%	
0Cr13	≤100	A(800~900℃缓冷)	410	205	20	110~183
1Cr13	≤100	Q+T(950~1000℃空冷或油冷, ≥620℃回火)	585	380	16	167~229
0Cr18Ni9	≤100	Q(1010~1150℃快冷)	520	205	35	139~187
	>100~200		490	205	35	131~187
00Cr19Ni10	≤100	Q(1010~1150℃快冷)	480	175	35	128~187
	>100~200		450	175	35	121~187

表 3(完)

钢 号	公称厚度 mm	热 处 理 状 态	$\sigma_b$	$\sigma_{0.2}$	$\delta_5$	HB
			MPa	MPa	%	
0Cr17Ni12Mo2	$\leq 100$	Q(1010~1150℃快冷)	520	205	35	139~187
	$> 100 \sim 200$		490	205	35	131~187
00Cr17Ni14Mo2	$\leq 100$	Q(1010~1150℃快冷)	480	175	35	128~187
	$> 100 \sim 200$		450	175	35	121~187
1Cr18Ni9Ti	$\leq 100$	Q(1000~1100℃快冷)	520	205	35	139~187
	$> 100 \sim 200$		490	205	35	131~187
0Cr18Ni10Ti	$\leq 100$	Q(920~1150℃快冷)	520	205	35	139~187
	$> 100 \sim 200$		490	205	35	131~187
00Cr18Ni5Mo3Si2	$\leq 100$	Q(950~1050℃快冷)	590	390	20	175~235

5.9.3 焊补前须彻底清除缺陷并开坡口,坡口底部应圆滑过渡。

5.9.4 清除缺陷后的表面须经磁粉(奥氏体不锈钢除外)或渗透检测合格。

5.9.5 根据不同钢号、焊补面积大小、深度及焊补环境等,须相应采取焊前预热、焊后缓冷或消除应力热处理等措施。

5.9.6 铁素体型及马氏体型不锈钢锻件,焊补一般应在锻件最终热处理前进行。如在锻件最终热处理后进行焊补,须经需方同意。

5.9.7 焊补后的部位须经磁粉(奥氏体不锈钢除外)或渗透检测合格。当焊补深度大于或等于 6mm 时,还须经超声检测合格。

5.9.8 供方向需方提供锻件焊补部位、深度、面积简图、焊接材料、焊接工艺参数及无损检测的资料。

## 6 试验方法

### 6.1 化学分析

表 4

锻 件 分 类		超 声 检 测 合 格 等 级		
		单个缺陷	底波降低量	密集区缺陷
筒形锻件	用于筒节	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
	用于筒体端部法兰	Ⅲ	Ⅲ	Ⅰ
环 形 锻 件		Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
饼形锻件	公称厚度 $\leq 200$ mm	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ
	公称厚度 $> 200$ mm	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
碗 形 锻 件		Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ
长颈法兰锻件		Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
条 形 锻 件		Ⅲ	Ⅰ	Ⅰ

注:根据需方要求,对锻件重要区可提高合格等级。

化学分析按 GB 223 的规定。

## 6.2 硬度试验

硬度试验按 GB 231 的规定。根据需要也可用其他方法测定。

## 6.3 拉伸试验

拉伸试验按 GB 228 的规定。

## 6.4 超声检测

超声检测按 JB 4730 的规定。

## 6.5 渗透检测

渗透检测按 JB 4730 的规定。

## 6.6 磁粉检测

磁粉检测按 JB 4730 的规定。

## 7 检验规则

7.1 锻件的检验由供方检查部门进行。

7.2 化学分析用的试样按 GB 222 的规定制取。

7.3 拉伸试样取样规则

### 7.3.1 取样数量

7.3.1.1 热处理单件重量小于或等于 3 500 kg 的锻件取一个试样。

7.3.1.2 热处理单件重量大于 3 500 kg 的锻件取两个试样,两个试样位置间隔 180°,如锻件长度大于直径的 1.5 倍时,则应在锻件两端各取一个试样。

### 7.3.2 取样方向

锻件(不含条形)一般取切向试样,当不能制取切向试样时,则取纵向或径向试样。条形锻件一般取纵向试样,对截面较大、长度较短的条形锻件允许取切向或横向试样。

### 7.3.3 取样部位

7.3.3.1 筒形锻件和环形锻件的试样应取自锻件的端部,从壁厚的二分之一处取样,见图 2(a)和(b)。

7.3.3.2 饼形锻件的试样应取自锻件的端部,饼形锻件直径小于或等于 350 mm 时在外缘切取,直径大于 350 mm 时从距边缘 20 mm 处向里取样,见图 2(c)。

7.3.3.3 碗形锻件的试样应在锻件的开口端,从壁厚的二分之一处取样,见图 2(d)。

7.3.3.4 长颈法兰锻件的试样应在锻件公称厚度部位距外缘 20 mm 处向里(或从余块内表面向外)取样,见图 2(e)。

7.3.3.5 条形锻件的试样应取自锻件的端部。条形锻件截面为圆形时,在距表面三分之一半径处取样,见图 2(f)。条形锻件截面为矩形时,试样在图 2(g)所示矩形截面图中虚线构成的矩形圈上制取。

7.3.3.6 除 IV 级锻件外,锻件的力学性能试样也可从同炉批号单独锻成的检验锻坯上制取。检验锻坯应与锻件有相同的锻造工艺、锻造比,其公称厚度应等于或大于锻件的公称厚度,并同炉热处理。

7.3.3.7 对退火铁素体钢及奥氏体不锈钢,试样可从任何方便的位置切取。

### 7.3.4 试样

7.3.4.1 拉伸试样采用 GB 6397 中的 R4 号( $d_0=10\text{ mm}$ , $l_0=50\text{ mm}$ )试样。如受取样尺寸限制,根据供需双方协议,亦可采用 GB 6397 中的其他短试样。

7.4 以硬度为验收依据的 I 级锻件,在锻件的表面进行试验。

## 7.5 复验

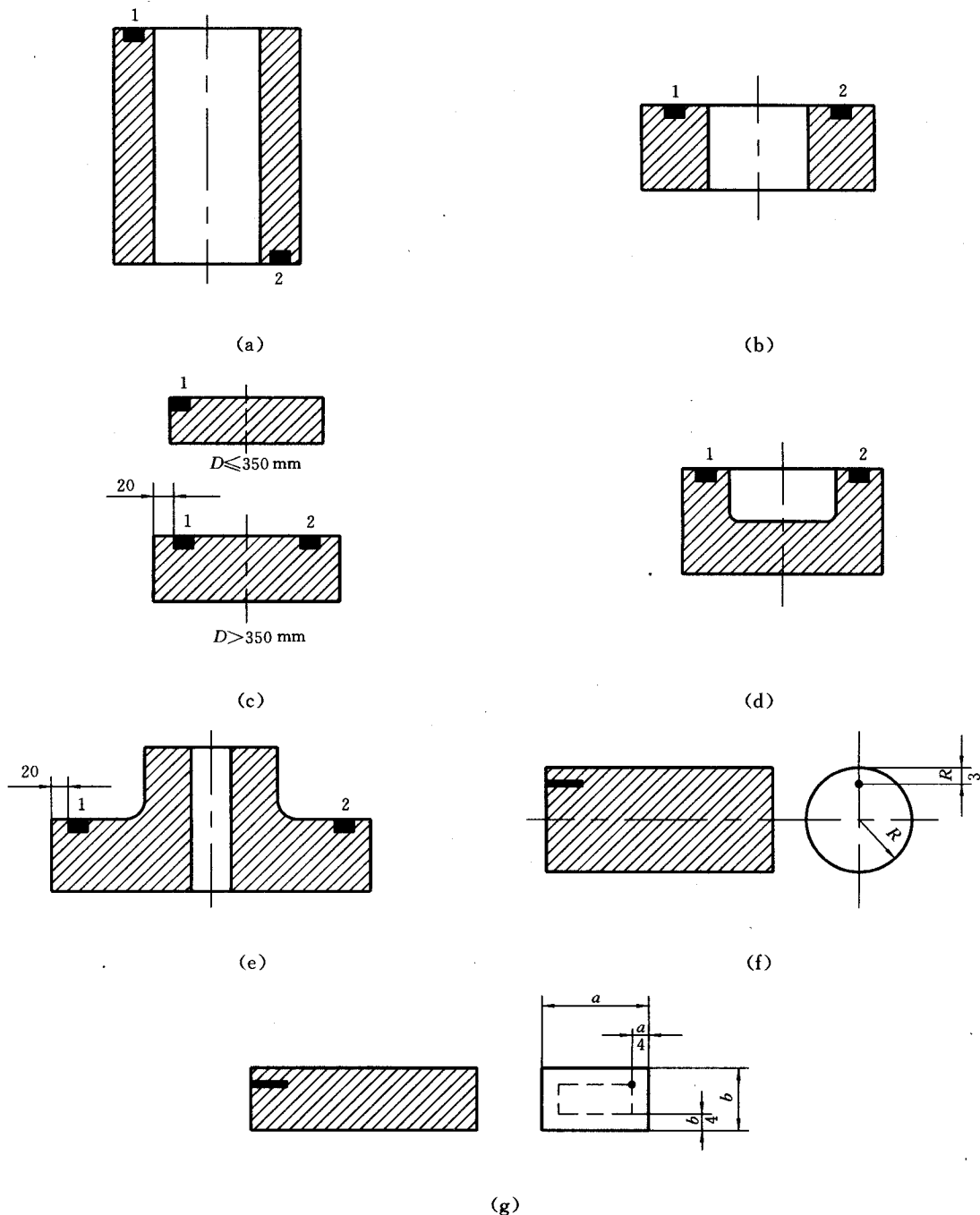
7.5.1 需方需要复验时,供方应提供需方复验的试料,需方在收到锻件之日起六个月内为复验有效期。

7.5.2 拉伸试验不合格时,可从被检验锻件原取样部位附近再取两个拉伸试样进行复验,复验结果的所有数据均符合表 3 的规定时,则为合格。

当拉伸试样断裂面与较近标记端点之间距离小于  $l_0/3$ ，而伸长率未达到标准要求时，试验无效。允许补做同样数量试样的试验。

7.5.3 当力学性能试验或复验不合格时，允许对该批(件)锻件重新热处理后进行检验，但重新热处理的次数不得超过二次(回火次数不计)。

7.5.4 如因白点而力学性能不合格者，不允许复验。



(g)  
图 2

1—一组试样取样部位；1,2—二组试样取样部位

## 8 标志和质量证明书

8.1 标志应打在锻件的明显部位或需方指定的部位，打印标志位置和方式应无损于锻件的最终使用。

对小型锻件,可在包装箱上贴标志。

8.2 按本标准检验合格交货的锻件应有下列标志:

- a. 制造厂名(或代号);
- b. 标准号;
- c. 钢号;
- d. 锻件级别;
- e. 炉批号。

8.3 锻件交货时,应附有质量证明书。其内容包括:

- a. 制造厂名;
- b. 订货合同号;
- c. 图号;
- d. 标准号、钢号、锻件级别、炉批号、锻件数量;
- e. 各项检验结果,检验单位和检验人员签章;
- f. 热处理参数:淬火、回火和退火的温度和保温时间;
- g. 图样或合同上所规定的特殊要求的检验结果;
- h. 需方采购说明书号。



**附录 A**  
**附加要求**  
(补充件)

本要求仅当需方在订货合同中规定时才执行,可采用其中的一项或几项,附加要求的细则由供需双方商定。

### A1 力学性能试样坯料的模拟焊后热处理

试验前全部试样坯料应在低于临界温度下进行一次或多次热处理,目的是模拟锻件在随后容器制造过程中将要经受的焊后热处理或其他热处理。需方应向供方提供详细的热处理规范要求,包括温度、保温时间和冷却速度等。

### A2 采用热缓冲环或环段进行热处理

锻件热处理前,将截面至少为 $t \times t$ ( $t$ 为锻件的公称厚度)的热缓冲环或截面至少为 $t \times t$ 、弧长长度至少为 $3t$ 的环段的边缘焊接在锻件的取样端上,以密封被热缓冲的表面。热缓冲环或环段采用焊接性良好的碳素钢或低合金钢。锻件热处理后切除热缓冲环或环段,试样取自锻件上被环或环段所热缓冲的区域。当采用环段时,试样应取自锻件上热缓冲环段中间 $1/3$ 弧长下的区域。试样位置应距锻件的热缓冲面至少 $13\text{mm}$ 。距锻件的热处理表面至少 $t/4$ 。

### A3 腐蚀试验

锻件的腐蚀试验要求由供需双方商定。检验方法按 GB 4334 中的有关规定。

### A4 磁粉或渗透检测

验收标准由供需双方商定。磁粉或渗透检测方法按 JB 4730 的规定。

### A5 晶粒度的测定

锻件的晶粒度等级由供需双方商定。晶粒度的测定方法按 GB 6394 的规定。

### A6 非金属夹杂物的检验

锻件的非金属夹杂物等级由供需双方商定。检验方法按 GB 10561 的规定。

#### 附加说明:

本标准由全国压力容器标准化技术委员会提出。

本标准由全国压力容器标准化技术委员会制造分委员会归口。

本标准由机械工业部合肥通用机械研究所、中国通用石化机械工程总公司负责起草。

本标准主要起草人滕明德、秦晓钟、古天佑。

自本标准实施之日起,原 JB 755—85《压力容器锻件技术条件》废止。