

低温承压设备用合金钢锻件（征求意见稿）

1 范围

本标准规定了低温承压设备用合金钢锻件的技术要求、试验方法及检验规则等。

本标准适用于设计温度低于 0℃、设计压力小于 100MPa 的低温承压设备用合金钢锻件。

2 规范性引用文件

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

GB/T 222	钢的成品化学成分允许偏差
GB/T 223	钢铁及合金化学分析方法（适用部分）
GB/T 228.1	金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法
GB/T 229	金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
GB/T 4336	碳素钢和中低合金钢 火花源原子发射光谱分析方法（常规法）
GB/T 6394	金属平均晶粒度测定方法
GB/T 10561	钢中非金属夹杂物含量的测定—标准评级图显微检验法
GB/T 20066	钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
NB/T 47013.3	承压设备无损检测 第 3 部分：超声检测
NB/T 47013.4	承压设备无损检测 第 4 部分：磁粉检测
NB/T 47013.5	承压设备无损检测 第 5 部分：渗透检测

3 术语和定义

本标准采用下列术语和定义。

3.1

筒形锻件 **hollow forging**

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 **ring forging**

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 **disk forging**

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

3.4

碗形锻件 **bowl forging**

截面呈凹形且高度 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 **neck flange forging**

轴向有两个外径的轴对称空心锻件，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 **bar forging**

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。

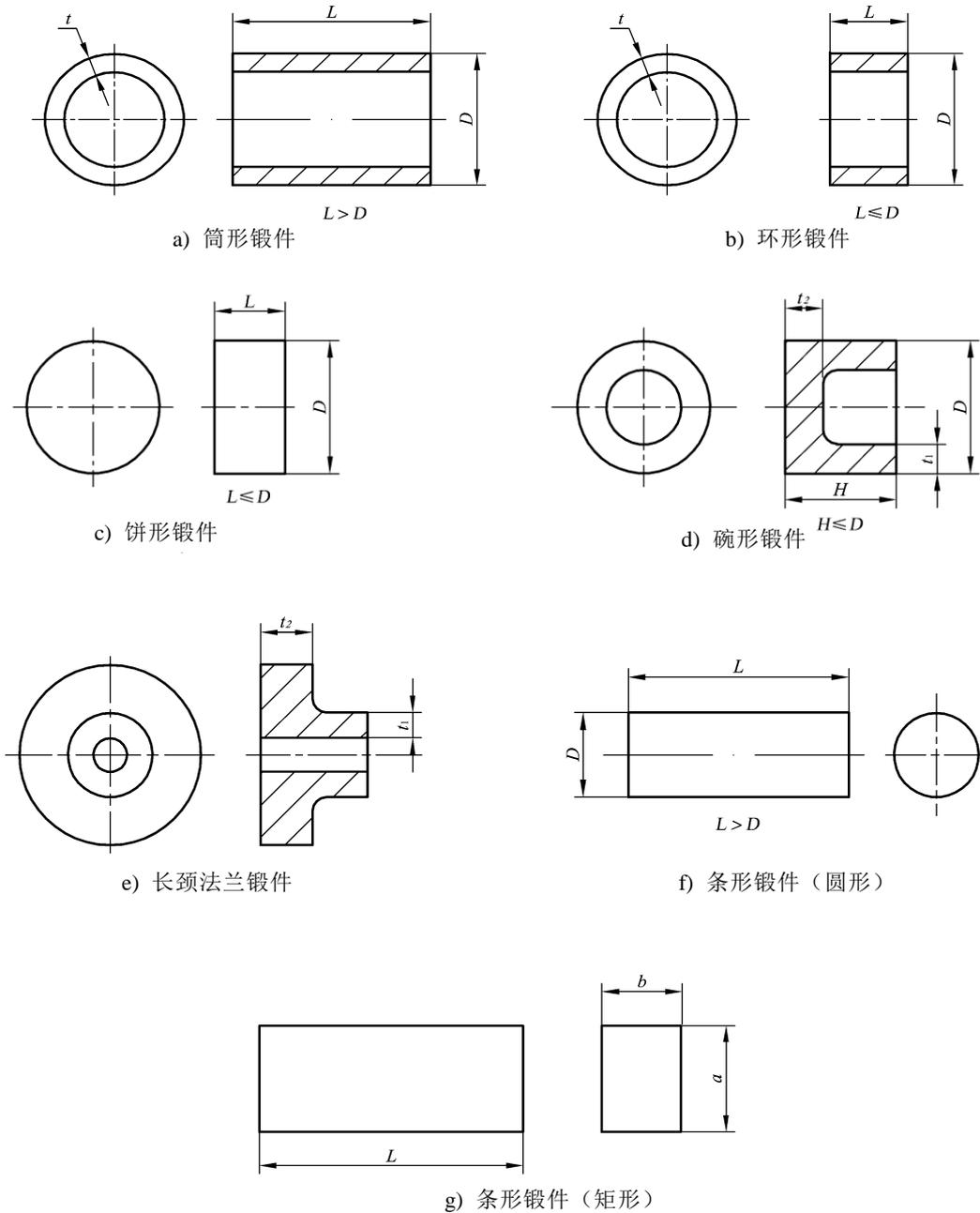


图 1 锻件形状示意图

4 订货内容

采用本标准的订货合同至少应包括以下内容：

- a) 产品名称；
- b) 订货图样；
- c) 标准编号；
- d) 材料牌号；
- e) 锻件级别；
- f) 数量（或重量）；
- g) 交货状态（包括热处理和表面要求）；
- h) 附加要求。

5 技术要求

5.1 冶炼方法

锻件用钢应采用电炉或氧气转炉冶炼的镇静钢，并采用炉外精炼工艺。

5.2 化学成分

5.2.1 熔炼分析

5.2.1.1 锻件用钢的牌号和化学成分（熔炼分析）应符合表 1 的规定。

5.2.1.2 根据需方要求，可对 16MnD 和 20MnMoD 钢中含镍量下限值做出规定。

5.2.2 成品分析

需方可进行成品分析，分析结果（磷、硫除外）与表 1 规定值的允许偏差应符合 GB/T 222 中表 2 的规定，其中磷的允许正偏差为 0.003%，硫的允许正偏差为 0.002%。

表 1 锻件的牌号和化学成分（熔炼分析）

序号	材料牌号	化学成分（质量分数）/%										
		C	Si	Mn	Ni	Mo	Cr	Cu	V	Nb	P	S
1	16MnD	0.13~0.20	0.20~0.60	1.20~1.60	≤0.40	—	≤0.30	≤0.25	—	≤0.030	≤0.020	≤0.010
2	20MnMoD	0.16~0.22	0.15~0.40	1.10~1.40	≤0.50	0.20~0.35	≤0.30	≤0.25	—	—	≤0.020	≤0.008
3	08MnNiMoVD	0.06~0.10	0.20~0.40	1.10~1.40	1.20~1.70	0.20~0.40	≤0.30	≤0.25	0.02~0.06	—	≤0.020	≤0.008
4	10Ni3MoVD	0.08~0.12	0.15~0.35	0.70~0.90	2.50~3.00	0.20~0.30	≤0.30	≤0.25	0.02~0.06	—	≤0.015	≤0.008
5	09MnNiD	0.06~0.12	0.15~0.35	1.20~1.60	0.45~0.85	—	≤0.30	≤0.25	—	≤0.050	≤0.020	≤0.008
6	08Ni3D	≤0.10	0.15~0.35	0.40~0.90	3.30~3.70	≤0.12	≤0.30	≤0.25	≤0.03	≤0.020	≤0.015	≤0.005
7	06Ni9D	≤0.08	0.15~0.35	0.30~0.80	8.50~10.0	≤0.10	—	—	≤0.01	—	≤0.008	≤0.004

注：08MnNiMoVD 钢的焊接冷裂纹敏感性组成 $P_{cm} \leq 0.25\%$ 。

$$P_{cm} = C + Si/30 + Mn/20 + Cr/20 + Cu/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + 5B \quad (\%)$$

5.3 锻造

5.3.1 锻造使用的钢锭、钢坯或轧材应有熔炼单位的质量证明书。

5.3.2 采用钢锭锻制时，钢锭头尾应有足够的切除量，确保无缩孔、疏松、裂纹、严重偏析等影响锻造质量的缺陷。

5.3.3 采用钢锭或钢坯锻造时，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，并宜锻至接近成品零件的形状和尺寸。

5.4 锻件级别

锻件分为 II、III、IV 三个级别，每个级别的检验项目按表 2 的规定。

表 2 锻件级别、检验项目和数量

锻件级别	检验项目	检验数量
II	拉伸和冲击 (R_m 、 R_{eL} 、 A 、 KV_2)	同冶炼炉号、同炉热处理的锻件组成一批，每批抽检一件
III	拉伸和冲击 (R_m 、 R_{eL} 、 A 、 KV_2)	
	超声检测	逐件检验
IV	拉伸和冲击 (R_m 、 R_{eL} 、 A 、 KV_2)	逐件检验
	超声检测	逐件检验

5.5 交货状态

5.5.1 锻件应按表 3 中规定的热处理状态交货。热处理状态的代号为：Q——淬火、T——回火。

5.5.2 供方改变热处理状态时，应征得需方同意。

5.6 力学性能

5.6.1 成品锻件的力学性能应符合表 3 的规定。

5.6.2 夏比 V 型缺口冲击吸收能量值为 3 个试样试验结果的算术平均值，允许 1 个试样的冲击吸收能量值低于规定值，但不得低于规定值的 70%。

表 3 锻件力学性能

材料牌号	公称厚度 /mm	热处理 状态	回火温度 /°C	拉伸性能			冲击吸收能量	
				R_m /MPa	R_{eL} /MPa	A/%	试验温度 °C	KV_2 /J
			不低于		不小于			°C
16MnD	≤100	Q+T	620	480~630	305	20	-45	47
	>100~200			470~620	295		-40	
	>200~300			450~600	275			
20MnMoD	≤300	Q+T	620	530~700	370	18	-40	60
	>300~500			510~680	350		-30	
	>500~700			490~660	330			
08MnNiMoVD	≤300	Q+T	620	600~770	480	17	-40	80
10Ni3MoVD	≤300	Q+T	620	600~770	480		-50	80
09MnNiD	≤200	Q+T	620	440~590	280	23	-70	60
	>200~300			430~580	270			
08Ni3D	≤300	Q+T	620	460~610	260	21	-100	60
06Ni9D	≤300	Q+T	620	680~860	550	18	-196	100

注：如屈服现象不明显，屈服强度取 $R_{p0.2}$ 。

5.7 低倍检验

5.7.1 根据需方要求，并在合同中注明，锻件可进行低倍检验。锻件低倍检验截面酸浸试片上，不得有裂纹、白点、缩孔、疏松、分层、枝晶、流线紊乱等缺陷。

5.8 无损检测

5.8.2 锻件内部缺陷采用超声检测，质量等级按表 4 的规定。

5.8.3 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可增加其他无损检测（如磁粉、渗透等无损检测）。

表 4 锻件超声波检测质量等级

锻件分类		超声检测质量等级		
		单个缺陷	底波降低量	密集区缺陷
筒形 锻件	用于筒节	II	I	II
	用于筒体端部法兰	III	III	II
环形锻件		II	II	II
饼形 锻件	公称厚度≤200mm	III	III	III
	公称厚度>200mm	IV	IV	IV
碗形锻件		III	III	II
长颈法兰锻件		III	III	II
条形锻件		III	II	II

5.9 外观质量

5.9.1 锻件形状、尺寸和表面质量应满足订货图样的要求。

5.9.2 锻件外表面应无肉眼可见的裂纹、夹层、折叠、夹渣等有害缺陷。

5.9.3 表面缺陷可以采用机械加工或打磨的方法清除，不允许使用火焰的方式。修磨部分应圆滑过渡，锻件外表面缺陷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，清除深度不应超过该处余量的 75%。

5.10 焊补

5.10.1 锻件允许进行焊补。

5.10.2 锻件的焊补应符合承压设备相关法规标准的规定。允许焊补的部位、深度、面积，焊材、焊接工艺，焊工资格要求，以及焊补前后的无损检测方法和合格等级，由供需双方协商。

5.10.3 供方应向需方提供锻件焊补的部位、深度和面积的简图，焊接材料、焊接工艺参数及无损检测报告资料。

6 试验方法

6.1 化学分析

化学分析按 GB/T 223、GB/T 4336、GB/T 20123、GB/T 20124 的规定。仲裁试验按 GB/T 223 的规定。

6.2 拉伸试验

拉伸试验按 GB/T 228.1 的规定。

6.3 冲击试验

冲击试验应按 GB/T 229 的规定。

6.4 超声检测

超声检测应按 NB/T 47013.3 的规定。

7 检验规则

7.1 检验和验收

锻件的检验和验收由供方质量监督部门按订货合同进行。

7.2 试样要求

7.2.1 化学分析试样按 GB/T 20066 的规定制取。

7.2.2 拉伸试样采用 GB/T 228.1 中的 R4 号试样。如受取样尺寸限制，根据供需双方协议，亦可采用 GB/T 228.1 中的 R7 号试样。

7.2.3 冲击试样采用 GB/T 229 中的标准尺寸夏比 V 型缺口试样。

7.3 取样数量

7.3.1 化学分析

化学分析按每冶炼炉号取 1 个试样。

7.3.2 拉伸和冲击

7.3.2.1 热处理单件重量小于或等于 3500kg 的锻件取一组试样(1 个拉伸、3 个冲击)。

7.3.2.2 热处理单件重量大于 3500kg 的锻件取两组试样（每组 1 个拉伸、3 个冲击），两组试样位置间隔 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组试样，两组试样位置间隔 180°。

7.4 取样方向

锻件（不含条形）宜取切向试样，当不能制取切向试样时，则取纵向或径向试样。条形锻件宜取纵向试样。

7.5 取样部位

7.5.1 筒形锻件和环形锻件的试样应取自锻件的端部，从壁厚的 1/2 处取样，见图 2 a) 和图 2 b)。

7.5.2 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 350mm 时在外缘取样，直径大于 350mm 时从距边缘等于或大于 20mm 处向里取样，见图 2 c)。

7.5.3 碗形锻件的试样应在锻件的开口端，从壁厚的 1/2 处取样，见图 2 d)。

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

7.5.5 条形锻件的试样应取自锻件的端部，从距表面 1/4 公称厚度处取样。

7.5.6 除 IV 级锻件外，锻件的力学性能试样也可从同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。

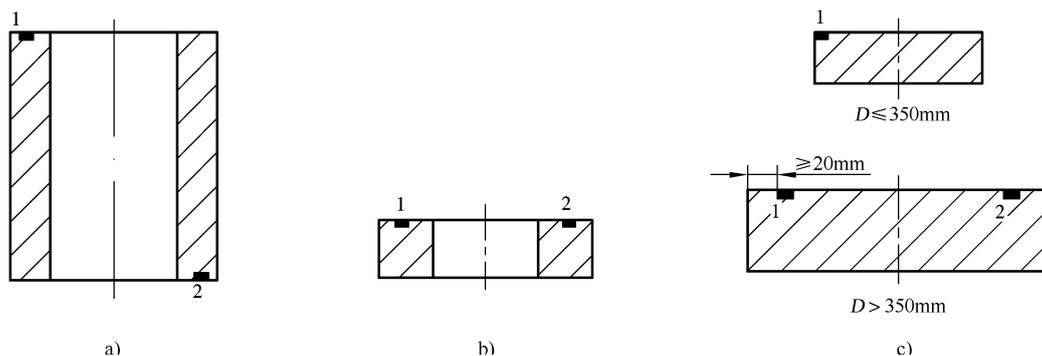
7.6 复验

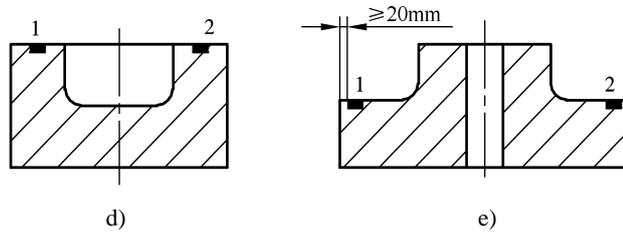
7.6.1 需方需要复验时，供方应提供需方复验的试料，需方在收到锻件之日起 3 个月内为复验有效期。

7.6.2 拉伸试验不合格时，可从被检验锻件原取样部位附近再取 2 个拉伸试样进行复验，复验结果的所有数据均应符合表 3 的规定。

7.6.3 冲击试验不合格时，可从被检验锻件原取样部位附近再取 3 个冲击试样进行复验，合格条件为前后两组共 6 个试样的试验数据算术平均值不得低于表 3 的规定，允许有 2 个试验数据低于规定值，其中低于规定值 70% 的数据只允许有 1 个。

7.6.4 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两次（回火次数不计）。





1—一组试样取样部位；1、2—两组试样取样部位。

图 2 试样取样部位示意图

8 标志和质量证明书

8.1 标志应打印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不影响锻件的最终使用。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) 锻件制造厂名（或代号）；
- b) 标准编号；
- c) 钢号；
- d) 锻件级别；
- e) 批号。

8.3 锻件交货时，应附有质量证明书，其内容包括：

- a) 锻件制造厂名；
- b) 订货合同号；
- c) 标准编号、钢号、锻件级别、批号、锻件数量；
- d) 各项检验结果，检验单位和检验人员签章；
- e) 热处理曲线图（复印件）；
- f) 合同上所规定的特殊要求的检验结果。

附录 A
(规范性附录)
附加要求

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。

A. 1 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。

A. 2 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，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，试样取自锻件上被热缓冲环或环段所热缓冲的区域。当采用热缓冲环段时，试样应取自锻件上对应于热缓冲环段中间 $1/3$ 弧长下的部位。试样位置应距锻件的热缓冲面至少 13mm ，距锻件的热处理表面至少 $t/4$ 。

A. 3 系列冲击试验

各钢号的 III 级或 IV 级锻件可附加系列冲击试验，由供方提供夏比 (V 型缺口) 系列冲击转变温度曲线。试验方法应按 GB/T 229 的规定。

A. 4 晶粒度的测定

锻件的晶粒度合格级别由供需双方商定。晶粒度的测定方法应按 GB/T 6394 的规定。

A. 5 非金属夹杂物的检验

锻件的非金属夹杂物合格级别由供需双方商定。非金属夹杂物的检验方法应按 GB/T 10561 的规定。

A. 6 侧向膨胀量

锻件的侧向膨胀量的合格指标由供需双方商定，检验方法按 GB/T 229 的规定。