

承压设备用碳素钢和合金钢锻件（征求意见稿）

1 范围

本标准规定了承压设备用碳素钢和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不低於 -20°C 的承压设备等用碳素钢和合金钢锻件。

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 231.1	金属材料 布氏硬度试验 第1部分：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 4338	金属材料 高温拉伸试验方法
GB/T 6394	金属平均晶粒度测定法
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 13298	金属显微组织检验方法
GB/T 20066	钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
GB/T 20123	钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法（常规方法）
GB/T 20124	钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法（常规方法）
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 **neck flange forging**

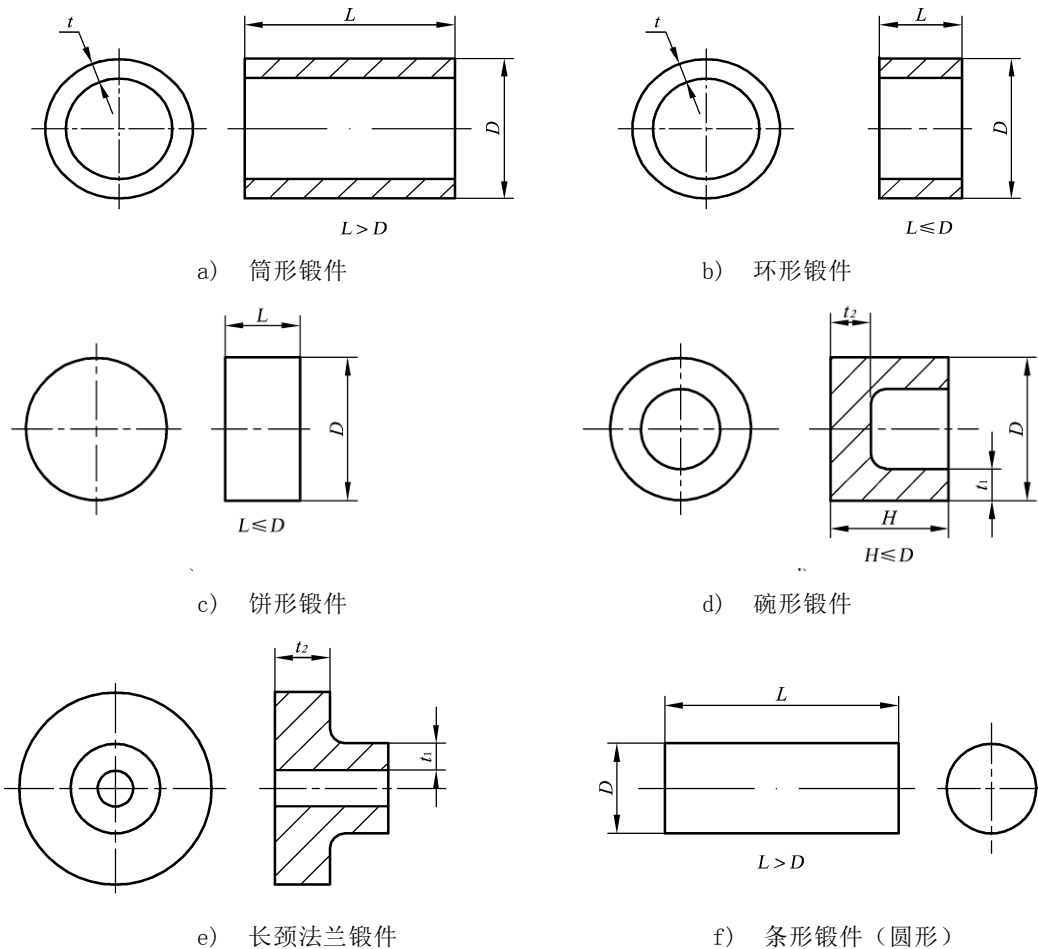
轴向有两个外径的轴对称空心锻件，如图 1 e) 所示。 t_1 和 t_2 中的大者为公称厚度。

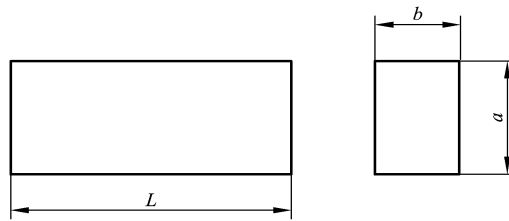
3.6

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。





g) 条形锻件（矩形）

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

锻件用钢应采用电炉或氧气转炉冶炼的镇静钢。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 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。

5.2.2.2 根据需方要求，并在合同中注明，表 1 中 20 和 35 钢的 P、S 含量可为 $P \leq 0.025\%$ 、 $S \leq 0.015\%$ 。

5.2.2 成品分析

5.2.2.1 表 1 中 $P \leq 0.020\%$ 的钢号，其成品分析磷含量允许正偏差为 0.003% ； $S \leq 0.012\%$ 的钢号，其成品分析硫含量允许正偏差为 0.002% 。

表 1 锻件的牌号和化学成分（熔炼分析）

钢类	序号	材料牌号	化学成分（质量分数）/%																
			C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	V	Nb	Ti	Al _t	N	B	W	P	S	
碳素钢	1	20	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.35~ 0.65	≤0.25	—	≤0.30	≤0.25	—	—	—	—	—	—	—	≤0.030	≤0.020	
	2	25	0.22~ 0.29	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	≤0.25	—	≤0.30	≤0.25	—	—	—	—	—	—	—	≤0.030	≤0.020	
	3	35	0.32~ 0.39	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	≤0.25	—	≤0.30	≤0.25	—	—	—	—	—	—	—	≤0.030	≤0.020	
合金钢	4	16Mn	0.13~ 0.20	0.20~ 0.60	1.20~ 1.60	≤0.30	—	≤0.30	≤0.25	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015	
	5	20MnMo	0.17~ 0.23	0.15~ 0.40	1.10~ 1.40	≤0.30	0.20~ 0.35	≤0.30	≤0.25	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.010	
	6	20MnMoNb	0.17~ 0.23	0.15~ 0.40	1.30~ 1.60	≤0.30	0.45~ 0.65	≤0.30	≤0.25	—	0.025~ 0.050	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.010	
	7	20MnNiMo	0.17~ 0.23	0.15~ 0.40	1.20~ 1.50	≤0.30	0.45~ 0.60	0.40~ 1.00	≤0.25	≤0.050	—	—	—	—	—	—	≤0.020	≤0.010	
	8	15NiCuMoNb	0.10~ 0.17	0.25~ 0.50	0.80~ 1.20	≤0.30	0.25~ 0.50	1.00~ 1.30	0.50~ 0.80	≤0.020	0.015~ 0.045	—	≤0.050	≤0.020	—	—	—	≤0.025	≤0.015
	9	12CrMo	0.08~ 0.15	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.40~ 0.70	0.40~ 0.55	≤0.30	≤0.25	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015
	10	15CrMo	0.12~ 0.18	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.80~ 1.10	0.40~ 0.55	≤0.30	≤0.25	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.010
	11	12Cr1MoV	0.08~ 0.15	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.90~ 1.20	0.25~ 0.35	≤0.30	≤0.25	0.15~ 0.30	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015
	12	14Cr1Mo	0.11~ 0.17	0.50~ 0.80	0.30~ 0.80	1.15~ 1.50	0.45~ 0.65	≤0.30	≤0.25	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.020	≤0.010
	13	12Cr2Mo1	≤0.15	≤ 0.50	0.30~ 0.60	2.00~ 2.50	0.90~ 1.10	≤0.30	≤0.25	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.020	≤0.010

表 1 (续)

钢类	序号	材料牌号	化学成分(质量分数)/%															
			C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	V	Nb	Ti	Al _t	N	B	W	P	S
合金结构钢	14	12Cr2Mo1V	≤0.15	≤0.10	0.30~ 0.60	2.00~ 2.50	0.90~ 1.10	≤0.30	≤0.25	0.25~ 0.35	≤0.070	≤0.030	—	—	≤0.002		≤0.010	≤0.005
	15	12Cr3Mo1V	≤0.15	≤0.10	0.30~ 0.60	2.70~ 3.30	0.90~ 1.10	≤0.30	≤0.25	0.20~ 0.30	—	0.015~ 0.035	—	—	0.001~ 0.003		≤0.012	≤0.005
	16	1Cr5Mo	≤0.15	≤0.50	≤0.60	4.00~ 6.00	0.45~ 0.65	≤0.50	≤0.25								≤0.025	≤0.015
	17	10Cr9Mo1VNbN	0.08~ 0.12	0.20~ 0.50	0.30~ 0.60	8.00~ 9.50	0.85~ 1.05	≤0.40	≤0.25	0.18~ 0.25	0.06~ 0.10	—	Al _t ≤0.020	0.030~ 0.070	—	—	≤0.020	≤0.010
	18	10Cr9MoW2VNbBN	0.07~ 0.13	≤0.50	0.30~ 0.60	8.50~ 9.50	0.30~ 0.60	≤0.40	≤0.25	0.15~ 0.25	0.04~ 0.09	—	Al _t ≤0.020	0.030~ 0.070	0.0010~ 0.0060	1.50~ 2.00	≤0.020	≤0.010
	19	30CrMo	0.27~ 0.33	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.80~ 1.10	0.15~ 0.25	≤0.30	≤0.25	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015
	20	35CrMo	0.32~ 0.38	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.80~ 1.10	0.15~ 0.25	≤0.30	≤0.25	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015
	21	35CrNi3MoV	0.30~ 0.40	0.10~ 0.35	0.20~ 0.80	0.50~ 1.20	0.40~ 0.70	2.50~ 3.30	≤0.20	0.10~ 0.25	—	—	—	—	—	—	≤0.012	≤0.005
	22	36CrNi3MoV	0.32~ 0.42	≤0.37	0.20~ 0.80	1.20~ 1.50	0.35~ 0.45	3.00~ 3.50	≤0.20	0.10~ 0.25	—	—	—	—	—	—	≤0.012	≤0.005

5.3 锻造

- 5.3.1 锻造用钢锭、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

- 5.4.1 锻件分为 I、II、III 和 IV 四个级别，每个级别的检查项目和试件数量应符合表 2 规定。
- 5.4.2 I 级锻件仅适用于公称厚度小于或等于 100mm 的 20、35 和 16Mn 钢锻件。

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
I	硬度 (HBW)	逐件检验
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 锻件按表 3 中规定的热处理状态交货。热处理状态的代号为：N——正火、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 成品锻件的室温力学性能应符合表 3 的规定。
- 5.6.2 硬度试验值为在试样上三次测定结果的算术平均值，其单个值均不得超过表 3 中规定值的 10HBW。
- 5.6.3 夏比 V 型缺口冲击吸收能量值为 3 个冲击试样试验结果的算术平均值，允许一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%。
- 5.6.4 根据需方要求，并在合同中注明，20、16Mn 和 20MnMo 钢锻件可进行 -20°C 冲击试验，代替表 3 中的 0°C 冲击试验。 -20°C 冲击吸收能量值仍应符合表 3 的规定。
- 5.6.5 根据需方要求，并在合同中注明，锻件可进行高温拉伸试验。试验温度双方协商，试验结果应符合附录 D 的要求。

表3 锻件室温力学性能

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		硬度 HBW
				R_m MPa	R_{eL} MPa	A %	试验 温度 °C	KV_2 J	
			不低于		不小于			不小于	
20	≤100	N N+T	620	410~560	235	24	0	41	110~160 ^a
	>100~200			400~550	225				—
	>200~300			380~530	205				—
25	≤100	N N+T	610	420~570	235	20	20	31	≤170 ^b
	>100~300			390~540	215				
35	≤100	N N+T	590	510~670	265	18	20	41	136~192
	>100~300			490~640	245				—
16Mn	≤100	N N+T Q+T	620	480~630	305	20	0	41	128~180 ^a
	>100~200			470~620	295				—
	>200~300			450~600	275				—
20MnMo	≤300	Q+T	620	530~700	370	18	0	47	—
	>300~500			510~680	350				
	>500~700			490~660	330				
20MnMoNb	≤300	Q+T	630	620~790	470	16	0	47	—
	>300~500			610~780	460				
20MnNiMo	≤500	Q+T	620	620~790	450	16	-20	47	—
15NiCuMoNb	≤500	N+T Q+T	640	610~780	440	17	20	47	≤252 ^b
12CrMo	≤100	N+T Q+T	620	410~570	255	21	20	47	≤156 ^b
15CrMo	≤300	N+T Q+T	620	480~640	280	20	20	47	≤163 ^b
	>300~500			470~630	270				
12Cr1MoV	≤300	N+T Q+T	680	470~630	280	20	20	47	≤179 ^b
	>300~500			460~620	270				
14Cr1Mo	≤300	N+T Q+T	620	490~660	290	19	20	47	—
	>300~500			480~650	280				
12Cr2Mo1	≤300	N+T Q+T	680	510~680	310	18	20	47	—
	>300~500			500~670	300				
12Cr2Mo1V	≤300	N+T Q+T	680	590~760	420	17	-20	60	—
	>300~500			580~750	410				

表 3 (续)

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		硬度 HBW
				R_m MPa	R_{eL} MPa	A %	试验 温度 °C	KV_2 J	
			不低于		不小于			不小于	
12Cr3Mo1V	≤300	N+T	680	590~760	420	17	-20	60	—
	>300~500	Q+T		580~750	410				
1Cr5Mo	≤500	N+T Q+T	680	590~760	390	18	20	47	—
10Cr9Mo1VNbN	≤300	N+T Q+T	740	585~755	415	18	20	47	≤248 ^b
10Cr9MoW2VNbBN	≤300	N+T Q+T	740	620~790	440	18	20	47	≤269 ^b
30CrMo	≤300	Q+T	580	620~790	440	15	0	41	—
35CrMo	≤300	Q+T	580	620~790	440	15	0	41	—
	>300~500			610~780	430				
35CrNi3MoV	≤300	N+Q+T	540	1070~1230	960	16	-40	60	—
36CrNi3MoV	≤300	N+Q+T	540	1000~1150	895	16	-40	60	—

a 锅炉承压元件用 20 和 16Mn 各级别锻件硬度值 (HBW) 应符合上述规定。
b 适用于锅炉承压元件用锻件。

5.7 低倍检验

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 金相检验

5.8.1 锅炉受压元件用锻件的晶粒度、非金属夹杂物和显微组织应符合附录 C.1 的要求。

5.8.2 超高压设备用锻件的晶粒度、非金属夹杂物应符合附录 C.2 的要求。

5.8.3 其他锻件的金相检验项目和合格级别,由供需双方协商。

5.9 无损检测

5.9.1 锻件内部缺陷采用超声检测,其质量等级按表 4 规定。

5.9.2 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 $\leq 200\text{mm}$	III	III	III
	公称厚度 $> 200\text{mm}$	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

5.10 外观质量

5.10.1 锻件形状、尺寸和表面质量应满足订货图样的要求。

5.10.2 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。

5.10.3 表面缺陷可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 %。

5.11 焊补

5.11.1 35、30CrMo 和 35CrMo 钢锻件不允许焊补。

5.11.2 承压设备用钢锻件的焊补应符合相关法规标准的规定。焊补的部位、深度、面积，焊材、焊接工艺，焊工资格要求，焊补前后无损检测方法和合格等级等，由供需双方协商。

5.11.3 供方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等资料。

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

室温拉伸试验按 GB/T 228.1 的规定，高温拉伸试验按 GB/T 4338 的规定。

6.3 冲击试验

冲击试验按 GB/T 229 的规定。

6.4 硬度试验

硬度试验按 GB/T 231.1 进行。根据需要也可选用其他方法测定。

6.5 金相检验

晶粒度检验按 GB/T 6394 规定，非金属夹杂检验按 GB/T 10561 中 A 法评级，显微组织检验按 GB/T 13298 规定。

6.6 超声检测

超声检测按 NB/T 47013.3 的规定。

6.7 外观检验

锻件的外观检验应在充分照明的条件下目视检验。

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 冲击试样应采用 GB/T 229 中的标准尺寸夏比 V 型缺口试样。

7.2.4 I 级锻件的硬度试验可在锻件的表面进行，其他级别锻件的硬度试验可在力学性能或金相试样上进行。

7.3 取样数量

7.3.1 化学分析

化学分析按每冶炼炉号取一个试样。

7.3.2 力学性能

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

7.3.2.2 热处理单件重量大于 3500 kg 的锻件取两组试样(1 个室温拉伸、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 1 组试样。

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)。

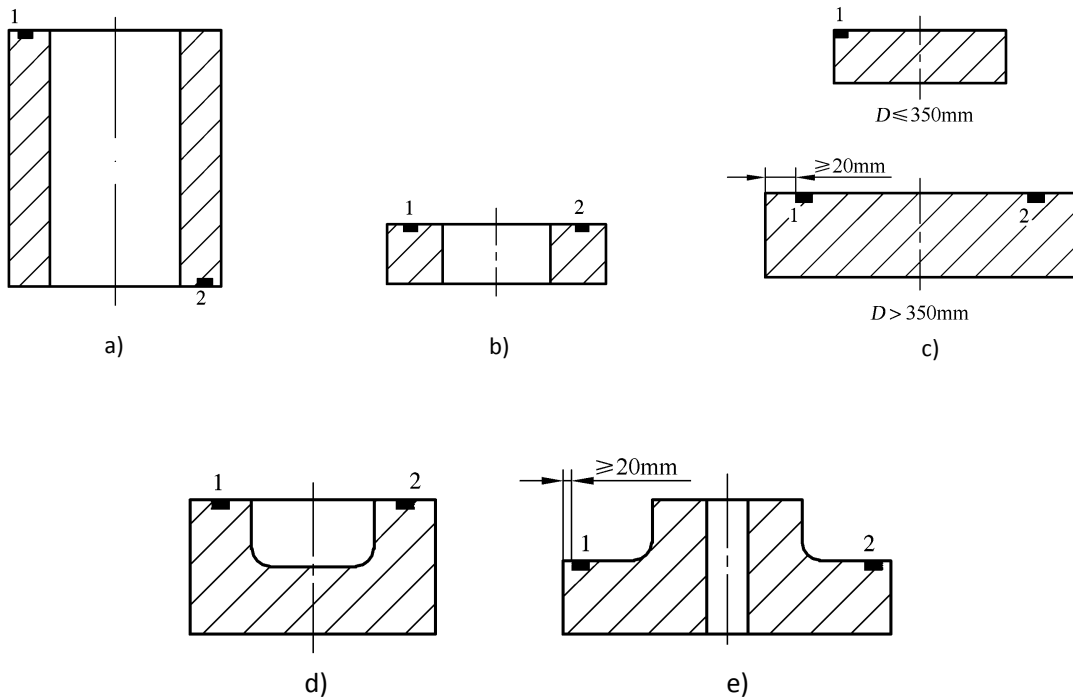
7.5.2 饼形锻件的试样应取自锻件的端部，饼形锻件直径小于或等于 350 mm 时在外缘取样，直径大于 350 mm 时从距边缘等于或大于 20 mm 处向里取样，见图 2 c)。

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 20 mm 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。



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

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%的数据只允许有一个。

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）。

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) 锻件制造单位；
- 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)
锅炉配套阀门和专用构件用锻件

表 A.1 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	Cr	Mo	Ni	Cu	V	Nb	Ti	Al _t	B	P	S
1	25Cr2MoV	0.22~ 0.29	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	1.50~ 1.80	0.25~ 0.35	—	≤0.25	0.15~ 0.30	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015
2	25Cr2Mo1V	0.22~ 0.29	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	2.10~ 2.50	0.90~ 1.10	—	≤0.25	0.30~ 0.50	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015
3	20Cr1Mo1VNbTiB	0.17~ 0.23	0.40~ 0.60	0.40~ 0.65	0.90~ 1.30	0.75~ 1.00	≤0.30	≤0.25	0.50~ 0.70	0.11~ 0.22	0.05~ 0.14	—	0.001~ 0.005	≤0.025	≤0.020
4	20Cr1Mo1VTiB	0.17~ 0.23	0.40~ 0.60	0.40~ 0.60	0.90~ 1.30	0.75~ 1.00	≤0.30	≤0.25	0.50~ 0.70	—	0.16~ 0.28	—	0.001~ 0.005	≤0.025	≤0.020
5	38CrMoAl	0.35~ 0.42	0.20~ 0.45	0.30~ 0.60	1.35~ 1.65	0.15~ 0.25	—	≤0.25	—	—	—	0.70~ 1.10	—	≤0.025	≤0.015

表 A.2 室温力学性能

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		硬度 HBW
				R_m MPa	R_{eL} MPa	A %	试验 温度 °C	KV_2 J	
			不低于		不小于			不小于	
25Cr2MoVA	≤150	Q+T	—	835~1015	735	14	20	47	269~320
25Cr2Mo1VA	≤150	Q+T	—	785~965	640	15	20	47	240~280
	>150~200			735~915	590	16			
20Cr1Mo1VNbTiB	≤150	Q+T	—	835~1015	735	12	20	41	252~302
20Cr1Mo1VTiB	≤150	Q+T	—	785~965	685	14	20	41	255~293
38CrMoAl	≤110	Q+T	—	835~1015	735	14	20	41	250~300

附录 B
(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。

B.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。

B.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 $t/4$ 。

B.3 磁粉或渗透检验

磁粉或渗透检测方法按 NB/T 47013.4 和 NB/T 47013.5 的规定，I 级为合格。

B.4 化学成分

B.4.1 成品化学成分分析

需方可进行成品化学成分分析。碳素钢锻件成品化学成分分析试验结果与表 1 规定值的允许偏差应符合 GB/T 222 中表 1 的规定；合金钢锻件成品化学成分分析试验结果与表 1 规定值的允许偏差应符合 GB/T 222 中表 2 的规定。

B.4.2 有害元素限制

锻件用钢中有害元素的含量限制： $\text{As} \leq 0.015\%$ 、 $\text{Sn} \leq 0.015\%$ 、 $\text{Sb} \leq 0.010\%$ 、 $\text{Pb} \leq 0.010\%$ 、 $\text{Bi} \leq 0.010\%$ ， $\text{As} + \text{Sn} + \text{Sb} + \text{Pb} + \text{Bi} \leq 0.035\%$ 。

B.5 断裂韧性

锻件的断裂韧性试验要求由供需双方商定。

B.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。

B.7 低倍检验

低倍检验方法和合格级别由供需双方商定。

附录 C
(规范性附录)
金相检验

C.1 用于锅炉受压元件的Ⅲ和Ⅳ级锻件应进行金相检验。锻件金相检验试片上,不得存在裂纹、过热、过烧、带状组织和铸造组织残留等有害缺陷。锅炉受压元件用锻件的晶粒度、非金属夹杂物和显微组织应符合表 C.1 的要求。

表 C.1 晶粒度、非金属夹杂和显微组织

材料		晶粒度		非金属夹杂	显微组织
牌号	交货状态	级别	级差		
20	N 或 N+T	3-8	3	A、B、C、D 各类夹杂物的细系级别和粗系级别应分别不大于 2.5 级, DS 类夹杂物应不大于 2.5 级, A、B、C、D 各类夹杂物的细系级别总数与粗系级别总数应各不大于 6.5 级。	铁素体+珠光体
25	N 或 N+T	3-8	3		
16Mn	N 或 N+T	3-8	3		
15NiCuMoNb	N+T 或 Q+T	3-8	3		粒状贝氏体+铁素体, 贝氏体含量不小于 40%
12CrMo	N+T	3-8	3		铁素体加珠光体, 或铁素体加珠光体加粒状贝氏体, 不允许存在相变临界温度 $A_{C1} \sim A_{C3}$ 之间的不完全相变产物(如黄块状组织)
15CrMo	N+T	3-8	3		铁素体加粒状贝氏体, 或铁素体加粒状贝氏体加珠光体(或索氏体), 或粒状贝氏体, 不允许存在相变临界温度 $A_{C1} \sim A_{C3}$ 之间的不完全相变产物(如黄块状组织)
12Cr1MoV	N+T 或 Q+T	3-8	3		
12Cr2Mo1	N+T 或 Q+T	3-8	3		回火马氏体, 或回火索氏体, 允许存在含量不超过 5% (放大倍数 100 倍, 视场 ϕ 0.8mm) 的少量 δ 铁素体。
10Cr9Mo1VNbN	N+T 或 Q+T	≥ 4 级	3		
10Cr9MoW2VNbBN	N+T 或 Q+T	≥ 4 级	3		

C.2 超高压设备用锻件的晶粒度和非金属夹杂物应符合表 C.2 的要求。

表 C.2 晶粒度和非金属夹杂物

材料		晶粒 度	非金 属夹 杂
牌 号	交 货 状 态		
35CrNi3MoV	N+Q+T	≥6 级	A、B、C、D 各类夹杂物的细系、粗系级别应分别不大于 2.0 级，DS 类夹杂物应不大于 2.0 级，A、B、C、D 各类夹杂物的细系、粗系级别总数应各不大于 3.5 级。
36CrNi3MoV	N+Q+T	≥6 级	

附录 D
(资料性附录)
高温力学性能

表 D.1 常用锻件钢的高温规定非比例延伸强度

材料牌号	公称厚度	在下列温度 (°C) 下的 $R_{p0.2}$ (R_{e1}) /Mpa											
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
20	≤100	235	210	200	186	167	153	139	129	121			
	>100~200	225	200	191	178	161	147	133	123	116			
	>200~300	205	184	176	164	147	135	123	113	106			
25	≤300	235	210	200	186	167	153	139	129	121			
35	≤100	265	235	225	205	186	172	157	147	137			
	>100~300	245	225	215	200	181	167	152	142	132			
16Mn	≤100	305	275	250	225	205	185	175	165	155			
	>100~200	295	265	245	220	200	180	170	160	150			
	>200~300	275	250	235	215	195	175	165	155	145			
20MnMo	≤300	370	340	320	305	295	285	275	260	240			
	>300~500	350	325	305	290	280	270	260	245	225			
	>500~700	330	310	295	280	270	260	250	235	215			
20MnMoNb	≤300	470	435	420	405	395	385	370	355	335			
	>300~500	460	430	415	405	395	385	370	355	335			
20MnNiMo	≤500	450	420	405	395	385	380	370	355	335			
15NiCuMoNb	≤500	440	422	412	402	392	382	373	343	304			
15CrMo	≤300	280	255	240	225	215	200	190	180	170	160		
	>300~500	270	245	230	215	205	190	180	170	160	150		
12Cr1MoV	≤300	280	255	240	230	220	210	200	190	180	170		
	>300~500	270	245	230	220	210	200	190	180	170	160		
14Cr1Mo	≤300	290	270	255	240	230	220	210	200	190	175		
	>300~500	280	260	245	230	220	210	200	190	180	170		
12Cr2Mo1	≤300	310	280	270	260	255	250	245	240	230	215		
	>300~500	300	275	265	255	250	245	240	235	225	215		
12Cr2Mo1V	≤300	420	395	380	370	365	360	355	350	340	325		
	>300~500	410	390	375	365	360	355	350	345	335	320		
12Cr3Mo1V	≤300	420	395	380	370	365	360	355	350	340	325		
	>300~500	410	390	375	365	360	355	350	345	335	320		

表 D.1 (续)

钢号	公称厚度	在下列温度(°C)下的 $R_{p0.2}$ (R_{e1}) /MPa											
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
1Cr5Mo	≤500	390	355	340	330	325	320	315	305	285	255		
10Cr9Mo1VNbN	≤300	415	384	378	377	377	376	371	358	337	306	260	198
10Cr9MoW2VNbN	≤300	440	420	412	405	400	392	382	372	360	340	300	248
30CrMo	≤300	440	400	380	370	360	350	335	320	295	400		
35CrMo	≤300	440	400	380	370	360	350	335	320	295			
	>300~500	430	395	380	370	360	350	335	320	295			
25Cr2MoVA	≤150	735	665	645	625	615	605	590	560	530	480		

表 D.2 超高压设备锻件钢的高温力学性能

材料牌号	公称厚度	在下列温度(°C)下的 R_m /Mpa							
		20	100	150	200	250	300	350	400
35CrNi3MoVR	≤300	1070~1230	1 060	1 060	1 060	1 007	954	901	845
36CrNi3MoVR	≤300	1000~1150	990	990	990	950	931	891	838
材料牌号	公称厚度	在下列温度(°C)下的 $R_{p0.2}$ (R_{e1}) /Mpa							
		20	100	150	200	250	300	350	400
35CrNi3MoVR	≤300	960	876	857	843	799	777	758	720
36CrNi3MoVR	≤300	895	814	796	783	774	761	742	714