

ICS 77.140.85

H 43

备案号: 57376-2017

**NB**

# 中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20005.37—2017

---

## 压水堆核电厂用碳钢和低合金钢 第 37 部分: 蒸汽发生器用 17Mn 锻件

Carbon and low alloy steel for pressurized water reactor nuclear power plants -  
Part 37: 17Mn steel forgings for steam generator

2017-02-10 发布

2017-07-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 制造 ..... 1

4 化学成分 ..... 2

5 力学性能 ..... 3

6 重新热处理 ..... 5

7 金相检验 ..... 5

8 表面质量 ..... 6

9 无损检测 ..... 6

10 表面缺陷的清除与修整 ..... 6

11 尺寸和外形检查 ..... 6

12 标志、清洁、包装和运输 ..... 6

13 质量证明文件 ..... 7

附录 A（规范性附录） 临时附件的评定、焊接和拆除 ..... 8

## 前 言

NB/T 20005《压水堆核电厂用碳钢和低合金钢》与NB/T 20006《压水堆核电厂用合金钢》、NB/T 20007《压水堆核电厂用不锈钢》、NB/T 20008《压水堆核电厂用其他材料》和NB/T 20009《压水堆核电厂用焊接材料》共同构成了压水堆核电厂核岛机械设备用材料系列标准。

NB/T 20005《压水堆核电厂用碳钢和低合金钢》分为若干部分，本部分为NB/T 20005的第37部分。  
本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本部分由核工业标准化研究所归口。

本部分由上海核工程研究设计院、中国核动力研究设计院负责起草，中广核工程有限公司参与起草。

本部分主要起草人：王永东、李辉、景益、李磊、秦加明、姚立盖。

## 压水堆核电厂用碳钢和低合金钢

### 第37部分：蒸汽发生器用17Mn锻件

#### 1 范围

本部分规定了压水堆核电厂蒸汽发生器用17Mn锻件的制造、检验和验收等要求。

本部分适用于压水堆核电厂蒸汽发生器用17Mn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 223 钢铁及合金化学分析方法

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法（GB/T 228.1—2010，ISO 6892-1:2009，MOD）

GB/T 229—2007 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法（ISO 148-1:2006，MOD）

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 4338—2006，ISO 783:1999，MOD）

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法

GB/T 6803 铁素体钢的无塑性转变温度落锤试验方法

GB/T 10561—2005 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法（ISO 4967:1998，IDT）

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 20066—2006，ISO 14284:1996，IDT）

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 20123—2006，ISO 15350:2000，IDT）

NB/T 20004—2014 核电厂核岛机械设备材料理化检验方法

NB/T 20328.2 核电厂核岛机械设备无损检测另一规范 第2部分：超声检测

NB/T 20328.4 核电厂核岛机械设备无损检测另一规范 第2部分：渗透检测

NB/T 20328.5 核电厂核岛机械设备无损检测另一规范 第5部分：磁粉检测

#### 3 制造

##### 3.1 制造文件

锻件制造前，锻件制造厂应编制一份说明冶炼、锻造、机加工和热处理等操作的文件。

##### 3.2 冶炼

钢应采用电炉冶炼加炉外精炼并真空脱气；也可采用其他相当或更好的工艺冶炼，但应在钢锭浇注前或浇注时真空脱气。

### 3.3 锻件图

锻件制造前，锻件制造厂应提交标明锻件淬火前尺寸、成品尺寸、主加工方向、承受高拉应力成品表面（如有）、力学性能和金相检验试样位置以及存档材料部位（如要求）等要求的锻件图供采购方认可，并作为材料质量证明文件的一部分。

### 3.4 锻造

3.4.1 钢锭头尾应有足够的切除量，以确保锻件无缩孔或严重偏析等缺陷。

3.4.2 锻件应在具有足够能力的锻压机上进行多次塑性压缩加工，以保证材料密实并形成所需的形状。

3.4.3 锻件的总锻造比应大于 3.0。

### 3.5 热处理和交货状态

3.5.1 锻件应以调质状态交货。

3.5.2 为了改善锻件加工性能和增强随后热处理的效果，锻件应进行初始热处理。锻后和重新加热前锻件应冷却，以保证奥氏体转变充分完成。

3.5.3 锻件在粗加工后应进行调质。锻件淬火后应在亚临界温度以下进行回火，最低回火温度应为 635 °C，回火保温时间每 25 mm 最大截面厚度至少 0.5 h。热处理记录应列入材料质量证明文件。热处理记录应包括热处理保温温度及其偏差、保温时间、加热速率和冷却方法。淬火和回火时在锻件上至少应放置两副测温热电偶。

3.5.4 交货锻件的力学性能试料和金相检验试料应进行模拟焊后热处理。试料模拟焊后热处理的保温温度为 595 °C~620 °C，试料进炉时，炉温应不超过 425 °C，且 425 °C 以上升温 and 冷却的速度应不超过 55 °C/h。模拟焊后热处理保温时间至少应为该锻件实际焊后热处理累积保温时间的 80%，且不得小于 30 h，模拟焊后热处理工艺应提交采购方认可。模拟焊后热处理记录应列入材料质量证明文件。模拟焊后热处理记录应包括热处理温度、保温时间、加热和冷却速率等。

3.5.5 锻件的调质和试料的模拟焊后热处理在保温期间的温度偏差不应超过  $\pm 10$  °C。

### 3.6 机加工

#### 3.6.1 粗加工

锻件应在调质前进行粗加工，使其符合 3.3 所述锻件图规定的形状及淬火前尺寸。

#### 3.6.2 最终机加工

锻件调质后应按订货文件和图纸进行机加工。

### 3.7 临时焊接

未经采购方批准，锻件不得焊接临时附件。

如果需要在锻件上焊接临时附件，锻件制造厂应向采购方提交一份标示焊接位置 and 所有临时附件尺寸的图纸。经采购方认可后，锻件制造厂应按附录 A 的规定进行评定、焊接和拆除。

## 4 化学成分



4.1 规定值

钢的化学成分（熔炼分析和成品分析）应符合表1的规定。

表1 化学成分

类别	化学成分（质量分数） %							
	C	Mn	Si <sup>a</sup>	S	P	Cr	Ni	V
熔炼分析	≤0.30	0.70~1.35	0.15~0.40	≤0.005	≤0.015	0.10~0.25	≤0.40	≤0.05
成品分析	≤0.33	0.67~1.41	0.13~0.45	≤0.005	≤0.018	0.10~0.25	≤0.43	≤0.06
类别	化学成分（质量分数） %							
	Mo	Nb	Cu	Ca	B	Ti	Al <sup>b</sup>	Sn、As、Sb
熔炼分析	≤0.10	≤0.01	≤0.15	≤0.015	≤0.003	≤0.015	≤0.25	提供数据
成品分析	≤0.11	≤0.01	≤0.15	≤0.015	≤0.003	≤0.015	≤0.28	提供数据
<sup>a</sup> 当采用真空碳脱氧时，Si含量应不大于0.10%。								
<sup>b</sup> Al含量为溶解及非溶解Al含量的总和。								

4.2 化学成分分析

化学成分分析试样的取样和制样方法应按本部分和GB/T 20066的规定执行，分析方法按GB/T 223适用部分、GB/T 4336或GB/T 20123的有关规定执行，仲裁分析应按GB/T 223适用部分执行。

制造厂应提供一份熔炼分析的化学分析报告，同时还应提供一份成品分析的化学分析报告。熔炼分析应在浇注钢锭时取样分析；成品分析试样应取自拉伸试样的邻近部位，也可取自试验后的室温拉伸试样端部。试验报告中应明确成品分析结果与拉伸试验结果的试样位置对应关系。

5 力学性能

5.1 规定值

交货状态锻件的试料经3.5.4模拟焊后热处理后的力学性能应满足表2的规定。

5.2 取样

5.2.1 应采用机加工的方式在调质状态的锻件上截取试料，试料应有足够的尺寸以保证能够加工有关试验和可能的复试所用的全部试样。

5.2.2 锻件的试料截取位置规定如下：

- a) 调质前，若将组合锻件分成粗加工后重量小于等于450 kg 相同的单个锻件，并将单个锻件同炉调质时，应至少从每炉热处理中的每个组合锻件中取一个单个锻件作为试料。且应保证不进行力学性能试验锻件的布氏硬度值（HBW）与进行力学性能试验锻件的布氏硬度值相差应小于等于20 HBW。
- b) 对于粗加工后重量小于等于4500 kg，热处理长度（不包括试验用的延长部分）小于等于2000 mm 的锻件或组合锻件，应在锻件或组合锻件一端截取试料。
- c) 对于粗加工后重量小于等于4500 kg，热处理长度（不包括试验用的延长部分）大于2000 mm 的锻件或组合锻件，应在锻件或组合锻件两端相对180°分别截取试料。

- d) 对于粗加工后重量大于 4500 kg，热处理长度（不包括试验用的延长部分）小于等于 2000 mm 的锻件或组合锻件，应在锻件或组合锻件一端互成 180°两个位置分别截取试料。
- e) 对于粗加工后重量大于 4500 kg，热处理长度（不包括试验用的延长部分）大于 2000 mm 的锻件或组合锻件，应在锻件或组合锻件每一端互成 180°两个位置分别截取试料，且位于一个端部的两个位置与另一个端部的两个位置互成 90°。

表2 拉伸性能

试验项目	试验温度 ℃	力学性能	规定值
拉伸试验	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥250
		抗拉强度 $R_m$ /MPa	485~655
		断后伸长率 $A/\%$	≥20
		断面收缩率 $Z/\%$	≥38
	350	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥183
		抗拉强度 $R_m$ /MPa	≥435
冲击试验	-20	吸收能量（平均值） $KV_8/J$	≥14 <sup>a</sup>
		吸收能量（单个值） $KV_8/J$	≥20
		侧膨胀值/mm	提供数据
	13	吸收能量（单个值） $KV_8/J$	≥68
		侧膨胀值/mm	≥0.90
落锤试验	-15	两个不断	
<sup>a</sup> 一组（三个）试样中只允许有一个试样的吸收能量低于 20J 但不低于 14J。			

5.2.3 试样的截取位置规定如下：

- a) 试料的截取应使试样的纵轴到任何表面的距离至少为  $T/4$ ，且试样长度的中线到任何第二表面的距离至少为  $T$ ， $T$  为锻件最大热处理厚度。若使用热缓冲环（块），热缓冲环（块）应通过不完全焊透焊缝完全密封缓冲表面，热缓冲环（块）的高度和宽度应大于或等于  $T$ ，热缓冲块的长度应至少超过试料区长度两侧各一个  $T$ ，且试样表面离开缓冲表面的距离应大于或等于 13 mm，且热缓冲环（块）材料应是可焊的碳钢和低合金钢。
- b) 对于特厚且复杂的锻件，锻件图中应规定承受高拉应力的成品表面。截取试料时应保证试样的纵轴离锻件最近的热处理表面至少等于所规定的高拉应力成品表面到最近的热处理表面的最大距离，且试样长度的中线到其它热处理表面至少为此距离的两倍。在任何情况下，试样的纵轴到锻件任何热处理表面的距离不得小于 19 mm，试样长度的中线到任何第二表面的距离至少为 38 mm。

5.2.4 试样取样方向规定如下：

- a) 拉伸试样应平行于锻件的主加工方向；
- b) 冲击试样应垂直于锻件的主加工方向，V 型缺口底线应垂直于锻件最近的热处理表面；
- c) 落锤试样方向为任意方向且一致，并在材料质量证明文件中注明。

5.3 试验

5.3.1 试验项目和数量

在 5.2 所述的每块试料上加工如下试样：

- 1 个室温拉伸试样;
- 1 个高温拉伸试样;
- 2 组(每组 3 个)冲击试样;
- 至少 2 个落锤试样。

### 5.3.2 试验方法

#### 5.3.2.1 拉伸试验

拉伸试样采用GB/T 228.1—2010中的R4试样。  
室温拉伸试验按GB/T 228.1—2010的规定进行。  
高温拉伸试验按GB/T 4338的规定进行。

#### 5.3.2.2 冲击试验

冲击试样采用GB/T 229—2007表2中的标准夏比V型缺口试样。  
冲击试验按GB/T 229—2007的规定进行。

#### 5.3.2.3 落锤试验

落锤试验按GB/T 6803的规定进行。

### 5.4 复试

如果拉伸试验的结果不符合规定要求,允许在拉伸不合格试样的邻近部位截取双倍拉伸试样进行试验,仅当所有的复试试验结果均满足规定要求时,可予以验收。

如果冲击试验的结果不符合规定要求,应按下述方法进行复试:

- a) 对于-20℃下的冲击试验:如果三个试样吸收能量的平均值满足表2要求,仅有一个试验结果小于规定的单个值,则允许复试;应在不合格试样的邻近部位截取2个试样,当每个复试试样的试验结果均大于或等于规定的平均值时,可予以验收。
- b) 对于13℃下的冲击试验:如果三个试样吸收能量的平均值满足表2要求,仅有一个试样的试验结果不满足表2要求,且不低于规定值14J或0.13mm,则允许复试;应在不合格试样的邻近部位截取2个试样,当每个复试试样的试验结果均大于或等于规定的单个值时,可予以验收。

### 6 重新热处理

未经采购方认可,不允许进行重新热处理。

### 7 金相检验

#### 7.1 试样

金相检验试样应在5.2.2所述的取样位置截取,也可在破断的室温拉伸试样端部截取。每个取样位置应进行一组金相检验。

#### 7.2 显微组织

显微观察应在放大200倍的情况下进行,并提供金相照片(包括放大倍数或标尺)。



### 7.3 晶粒度

锻件按GB/T 6394评定的实际晶粒度应为5级或更细。

### 7.4 非金属夹杂物

非金属夹杂物按GB/T 10561—2005方法A进行评定，评定结果应符合如下要求：

——A类：粗系、细系分别小于或等于2.0级；

——B类：粗系、细系分别小于或等于2.0级；

——C类：粗系、细系分别小于或等于1.5级；

——D类：粗系、细系分别小于或等于1.5级。

## 8 表面质量

交货的锻件表面不允许有起鳞、裂纹、槽痕或影响使用的其它缺陷。

## 9 无损检测

### 9.1 磁粉检测

锻件在完成全部热处理及最终机加工后应对其所有外表面和可达内表面进行磁粉检测。磁粉检测的检测方法和验收标准应符合NB/T 20328.5的规定。

### 9.2 超声检测

锻件在完成全部热处理及最终机加工后应对其进行100%体积的超声检测，或在调质后及最终机加工前对其进行100%体积的超声检测。超声检测的检测方法和验收标准应符合NB/T 20328.2的规定。

## 10 表面缺陷的清除与修整

如果锻件的表面或近表面发现不可接受的缺陷，可采用打磨的方法清除。打磨后的区域应按9.1的规定重新进行磁粉检测。

缺陷清除后，锻件的尺寸仍应符合订货合同的规定。

锻件不允许进行任何焊补。

## 11 尺寸和外形检查

锻件的尺寸和外形应符合订货合同的要求。

## 12 标志、清洁、包装和运输

材料的标志、清洁、包装和运输应符合订货合同的相关规定。

材料的表面应没有锈斑、油污及其它污染物。

## 13 质量证明文件

锻件交货时，锻件制造厂应提交质量证明文件，其内容至少包括：

- a) 化学成分（熔炼分析和成品分析）分析报告；
- b) 锻造比和切除量；
- c) 锻件图；
- d) 热处理报告（包括重新热处理，如果有）；
- e) 力学性能试验报告（包括复试，如果有）；
- f) 金相检验报告；
- g) 表面质量检查报告；
- h) 无损检测报告；
- i) 尺寸和外形检查报告；
- j) 未曾焊补的声明。

以上报告应至少包括：

- 锻件制造厂名称或代号；
- 订货合同号；
- 锻件标准号和牌号；
- 熔炼炉号、批号和件号；
- 材料识别标记（如果有）；
- 检验机构名称（如适用）；
- 各种试验和复试（如果有）结果，以及相应的规定值。

附 录 A  
(规范性附录)  
临时附件的评定、焊接和拆除

A.1 要求的评定

凡在承压零件上焊接临时附件及相关焊缝所采用的焊接工艺，应进行评定并提交采购方认可。

A.2 临时附件的焊接和拆除

A.2.1 临时附件焊接到部件的承压部位上可以采用连续的或间断的角焊缝或部分焊透焊缝进行焊接，但要满足下列要求：

- a) 焊接工艺和焊工已评定合格；
- b) 材料已鉴别且与相连接的材料相容；
- c) 焊接材料已鉴别且与被焊的材料相容；
- d) 如有必要，焊缝应进行焊后热处理。

A.2.2 当临时附件拆除时，应按下列要求完成：

- a) 在临时附件周围的邻近区域用适当的方法进行标记，以致在临时附件拆除后，该区域一直能被识别，直到按照下列 c) 要求完成检测后为止。
  - b) 临时附件应采用机械加工的方法拆除。
  - c) 在临时附件已经拆除后，标记区域应按照 NB/T 20328.4 的要求进行渗透检测，并满足产品的验收要求。
  - d) 作为上述 A2.1 d) 的替换，焊后热处理可以延迟到临时附件拆除以后才进行。
-

中 华 人 民 共 和 国  
能 源 行 业 标 准  
压水堆核电厂用碳钢和低合金钢  
第 37 部分：蒸汽发生器用 17Mn 锻件  
NB/T 20005.37—2017

\*

核工业标准化研究所出版发行  
北京海淀区骚子营 1 号院  
邮政编码：100091  
电 话：010-62863505  
原子能出版社印刷  
版权专有 不得翻印

\*

2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷  
印数 1—50 定价 25.00 元