

ICS 77.140.85

H 43

备案号: 57379-2017

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20006.38—2017

**压水堆核电厂用合金钢 第 38 部分:
堆芯补水箱用 19MnNiMo 锻件**

**Alloy steel for pressurized water reactor nuclear power plants - Part 38
19MnNiMo steel forgings for core make-up tank**

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 3

5 力学性能 3

6 重新热处理 5

7 金相检验 6

8 无损检测 6

9 缺陷的消除与修整 6

10 尺寸和外形检查 7

11 标志、清洁、包装和运输 7

12 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 20006《压水堆核电厂用合金钢》与NB/T 20005《压水堆核电厂用碳钢和低合金钢》、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 20006《压水堆核电厂用合金钢》分为若干部分，本部分为NB/T 20006的第38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。

本部分由中国第一重型机械集团公司、上海核工程研究设计院负责起草，中国核动力研究设计院、中国核电工程有限公司和中广核工程有限公司参加起草。

本部分主要起草人：连占卫、李家驹、王秉熙、李辉、焦少阳、陈亮、刘勋平。

压水堆核电厂用合金钢 第38部分： 堆芯补水箱用 19MnNiMo 锻件

1 范围

本部分规定了压水堆核电厂堆芯补水箱用19MnNiMo钢锻件的制造、检验和验收等要求。
本部分适用于压水堆核电厂堆芯补水箱用19MnNiMo低合金钢锻件。

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 223 钢铁及合金化学分析方法
- GB/T 228.1—2010 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法 (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 12778 金属夏比冲击断口测定方法
- GB/T 14265 金属材料中氢、氧、氮、碳和硫分析方法通则
- 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)
- GB/T 20124 钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法 (常规方法)
- GB/T 20125—2006 低合金钢 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法
- GB/T 20127—2006 钢铁及合金 痕量元素的测定
- NB/T 20003.7 核电厂核岛机械设备无损检测 第7部分：目视检测
- 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4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、锻造和热处理等操作的文件。

3.2 冶炼

应采用碱性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

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、承受高拉应力表面(如有)、力学性能和金相检验试样位置、母材及焊接见证件(如要求)、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。

每个锻件应按照采购方认可的锻件图进行加工。

3.4 锻造

3.4.1 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。

3.4.2 钢锭的头、尾应有足够的切除量,以确保无缩孔或严重偏析等缺陷。

3.4.3 锻件的总锻造比应大于3.5。

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℃,回火保温时间每50mm最大截面厚度至少1h。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 模拟焊后热处理

锻件调质后,按5.2所述部位截取试料,应对力学性能试料和金相检验试料进行模拟焊后热处理。

模拟焊后热处理的保温温度为595℃~620℃,试料进炉时,炉温不高于425℃,425℃以上升温 and 冷却的速度不超过55℃/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计保温时间的80%,且不得小于30h。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也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。

3.6 机加工

调质前,锻件粗加工外形尺寸应尽可能地接近交货件外形尺寸,锻件粗加工和交货状态的外形尺寸图应在制造文件中注明。

调质后,按最终超声检测前的交货件外形对锻件进行机加工。

3.7 临时焊接

未经采购方批准,不允许在母材上焊接非结构的附件和临时附件。

如果需要在锻件上焊接非结构的附件和临时附件,锻件制造厂应向采购方提交一份标示焊接位置和所有临时附件尺寸的图纸。在采购方认可后,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	Si ^a	Mn	P	S	Ni	Mo	Cr	V	
熔炼分析	≤0.25	0.15~0.40	1.20~1.50	≤0.008	≤0.008	0.40~1.00	0.45~0.60	≤0.25	≤0.01	
成品分析	≤0.25	0.15~0.40	1.14~1.56	≤0.008	≤0.008	0.37~1.03	0.41~0.60	≤0.25	≤0.01	

类别	化学成分（质量分数）										
	%										
	Cu	Al ^b	Co	B	Nb	Ti	Ca	As	Sn	Sb	H
熔炼分析	≤0.15	≤0.040	≤0.25	≤0.003	≤0.01	≤0.015	≤0.015	提供数据	提供数据	提供数据	提供数据
成品分析	≤0.15	≤0.040	≤0.25	≤0.003	≤0.01	≤0.015	≤0.015	提供数据	提供数据	提供数据	≤0.8 mg/kg

^a 当采用真空碳脱氧时，Si含量应小于或等于0.10%。

^b 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、GB/T 20123、GB/T 20124、GB/T 20125、GB/T 20127适用部分或GB/T 14265的有关规定，但仲裁分析应按GB/T 223适用部分执行。

锻件制造厂应提供一份熔炼分析和成品分析报告。熔炼分析应在浇注钢锭时取样。对于多炉合浇的钢锭，应分析每炉钢水的化学成分，每炉钢水的分析结果或合浇后的权重平均值应符合表1的规定。合浇后的权重平均值作为熔炼分析报告提交。锻件的成品分析应取自每个室温拉伸试样的邻近部位，也可取自试验后的每个室温拉伸试样的端部，材料质量证明文件上应注明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

交货状态锻件试料经模拟焊后热处理的力学性能应满足表2的规定。

表2 力学性能

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	≥345
		抗拉强度 R_m /MPa	550~725
		断后伸长率 $A/\%$	≥18
		断面收缩率 $Z/\%$	≥38
	350	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥285
		抗拉强度 R_m /MPa	≥506
		断后伸长率 $A/\%$	提供数据
		断面收缩率 $Z/\%$	提供数据
冲击试验	-15°	吸收能量（平均值） KV_g/J	≥41
		吸收能量（单个值） KV_g/J	≥34
		侧膨胀值/mm	≥0.64
	$RT_{NDT}+33$	吸收能量（单个值） KV_g/J	≥68
		侧膨胀值/mm	≥0.90
T_{NDT} 测定		$T_{NDT}/℃$	≤-15
RT_{NDT} 测定		基准无塑性转变温度 $RT_{NDT}/℃$	≤-15
* 一组三个试样中只允许有一个试样的吸收能量低于 41J 但不低于 34J。			

5.2 取样

5.2.1 应在调质的锻件上截取试料，试样应取自经模拟焊后热处理的试料上。试料应具有足够的尺寸，以便截取所有试验及可能复试所需的试样。试料应采用机加工方法截取。

5.2.2 锻件的试料截取位置规定如下：

- a) 对于粗加工后重量小于或等于 4 500 kg，热处理长度（不包括试验用的延长段）小于或等于 2 000 mm 的锻件或组合锻件，应在锻件或组合锻件一端截取一块试料。
- b) 对于粗加工后重量小于或等于 4 500 kg，热处理长度（不包括试验用的延长段）大于 2 000 mm 的锻件或组合锻件，应在锻件或组合锻件两端相对 180° 分别截取一块试料。
- c) 对于粗加工后重量大于 4 500 kg，热处理长度（不包括试验用的延长段）小于或等于 2 000 mm 的锻件或组合锻件，应在锻件或组合锻件一端互成 180° 两个位置分别截取一块试料。
- d) 对于粗加工后重量大于 4 500 kg，热处理长度（不包括试验用的延长段）大于 2 000 mm 的锻件或组合锻件，应在锻件或组合锻件每一端互成 180° 两个位置分别截取一块试料，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°。

5.2.3 试样取样位置规定如下：

- a) 试样的切取应使试样的纵轴到任何热处理表面的距离至少为 1/4T，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，应通过不完全焊透焊缝完全密封缓冲表面，热缓冲环的高度和宽度应大于或等于 T，且试样表面离开缓冲表面的距离应大于或等于 13 mm，且热缓冲环材料应是可焊的碳钢或低合金钢；
- 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。切取试样时应使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大于或等于 19 mm, 试样长度的中线到任何第二表面的距离大于或等于 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主加工方向;
- b) 冲击试样应垂直于锻件主加工方向; 每组冲击试样应由相邻的 3 个试样组成, 这 3 个试样应在试料上并排截取, 所有冲击试样的缺口底线应一致且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

从 5.2.2 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;
- 至少 3 组 (每组 3 个) 冲击试样;
- 至少 4 块落锤试样。

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 中规定的 R4 试样。

室温拉伸试验应按 GB/T 228.1—2010 的规定执行。

高温拉伸试验按 GB/T 4338 的规定执行。

5.3.2.2 冲击试验

冲击试样采用 GB/T 229—2007 中的标准夏比 V 型缺口试样。

冲击试验应按 GB/T 229—2007 的规定执行。

5.3.2.3 T_{NDT} 和 RT_{NDT} 的测定

T_{NDT} 由落锤试验确定; RT_{NDT} 由落锤试验和冲击试验确定。

每组落锤试验的试样可由相隔 180° 两取样位置的试样混合而成, 每个取样位置至少取 1 个试样。

T_{NDT} 和 RT_{NDT} 的测定按 NB/T 20004—2014 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复试。仅当所有的复试试验结果均满足规定要求时, 则该锻件予以验收。

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 -15 ℃ 的冲击试验, 如果三个试样试验结果的平均值满足表 2 要求, 仅有一个试样的试验结果小于规定的单个最小值, 则允许复试; 应在不合格试样的邻近部位截取 2 个试样, 每个复试试样的试验结果均应大于或等于规定的最小平均值。
- b) 对于 $RT_{NDT}+33$ ℃ 的冲击试验, 如果三个试样试验结果的平均值满足表 2 中单个值的要求, 仅有一个试样试验结果小于规定的单个值, 且两者差值不大于 14 J 或 0.13 mm, 则允许复试; 应在不合格试样的邻近部位截取 2 个试样, 每个复试试样的试验结果均应大于或等于规定的单个值。

6 重新热处理

锻件因一项或几项力学性能试验结果不合格而拒收时,可对其重新热处理。重新热处理的条件应列入试验报告。重新热处理后应对锻件进行除化学成分和非金属夹杂物外的全部试验,试样应按5.2的规定截取。

重新性能热处理的次数不允许超过2次,因性能试验结果不合格而进行的任何热处理均应记入重新热处理次数。

7 金相检验

7.1 试样

锻件应在经模拟焊后热处理的试料上或在破断的室温拉伸试样端部截取试样分别进行显微组织、晶粒度和非金属夹杂物检验。

7.2 显微组织

显微组织观察应在放大200倍的情况下进行,并提供金相照片。

7.3 晶粒度

锻件的晶粒度应按GB/T 6394进行评定,评定的结果应为5级或更细,并提供金相照片(包括放大倍数和标尺)。

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,试验结果应符合下列要求:

- A类:粗系、细系分别小于或等于1.5级;
- B类:粗系、细系分别小于或等于1.5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 无损检测

8.1 目视检查

应按NB/T 20003.7的规定对锻件作全面目视检测。

锻件表面应无肉眼可见的裂纹、夹层、折叠、夹渣等有害的缺陷。

8.2 磁粉检验

锻件在完成全部热处理及最终机加工后应对其所有表面进行磁粉检测。磁粉检测方法 & 验收标准应符合NB/T 20328.5的规定。

8.3 超声检测

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

9 缺陷的清除与修整

如果锻件的表面或近表面发现不能验收的缺陷，可以用打磨的方法清除。打磨后的区域还应按8.2进行磁粉检测。

清除缺陷后的锻件尺寸仍应符合订货图纸的规定。

锻件不允许进行任何焊补。

10 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。

11 标志、清洁、包装和运输

锻件的标志、清洁、包装和运输应按订货合同的相关规定执行。

锻件表面应没有锈斑、油污及其它污染物。

12 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，其内容至少应包括：

- 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) 锻造图；
- 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) 无损检测报告；
- h) 尺寸和外形检查报告；
- i) 母材及焊接见证件、存档材料的资料信息（如果要求）；
- j) 未曾焊补的声明。

以上报告至少应包括：

- 锻件制造厂名称或代号；
- 订货合同号；
- 锻件标准号、牌号和锻件名称；
- 熔炼炉号、热处理炉号和件号；
- 材料识别标记（如果有）；
- 检验机构名称（如适用）；
- 各种试验结果（包括复试，如果有），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
压水堆核电厂用合金钢 第 38 部分：
堆芯补水箱用 19MnNiMo 锻件
NB/T 20006.38—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