



哈电集团

哈尔滨电机厂有限责任公司

HARBIN ELECTRIC MACHINERY COMPANY LIMITED

电机公司文件号 HEC No.	0EA.640.0705			电机公司版次 HEC Rev.	D
项目（业主）文件号 Project No.	N/A			项目（业主）版次 Project Rev.	N/A
文件类型 Document Categories	N/A	文件状态 Status of Document	N/A	重大产品标识 Important Product Identifier	N/A

水电机组焊接结构用低合金钢锻件 技术条件

编制/日期 Prepared by/Date	吴双辉 2023/08/23	校核/日期 Checked by/Date	侯世璞 2023/08/23	审查/日期 Reviewed by/Date	霍 岩 2023/08/23
会签/日期 Counter sign/Date	王长志 2023/08/23	会签/日期 Counter sign/Date	乔宏来 2023/08/23	质保/日期 QA/Date	N/A
标准化/日期 Standardization/Date	许佳丽 2023/08/23	审定/日期 Authorized by/Date	文道维 2023/08/23	批准/日期 Approved by/Date	李 景 2023/08/23

Form No.: 标 00

该文档包含哈尔滨电机厂有限责任公司专属信息，未经书面许可，不得以任何方式使用或透露给第三方。

This document contains proprietary information of Harbin Electric Machinery Co., Ltd. (HEC) and it can not be used in any way or disclosed to others without the written permission of HEC.



水电机组焊接结构用低合金钢锻件技术条件

No./Rev.: 0EA.640.0705/D

修订记录

Revision record

版次 Rev.	改版单号 Mod.Advice note No.	页 码 Page & Item	改 版 内 容 Modification content abstract	改版人/校核人 Prepared by& Reviewed by	日期 Date
A	首次发布			吴双辉 Wu Shuanghui 霍岩 Huo Yan	2019/01/03 2019/01/03
B	2019 金属材料组 G0004	第 3、4、6 页	1、“供方应对首次供货的 ASTM A668D、20MnNiMo、ASTM A668H 三种牌号锻件材料进行焊接工艺评定（若有能力），并提供焊接试板，”改为“供方应对首次供货的锻件材料提供焊接工艺评定报告，若无进行焊接工艺评定能力，需提供焊接试板”； 2、删除“针对 20MnNiMo、ASTM A668H 材料”； 3、“热处理温度：560℃ ±15℃”改为“热处理温度：580℃ ±15℃”； 4、表 1 化学成分进行微调； 5、将 20MnNiMo 牌号替换为 20MnMo； 6、增加 ASTM A668H 抗拉强度的上限值； 7、条形锻件的取样位置更改为“距表面 1/4 公称厚度处”。	吴双辉 Wu Shuanghui 侯世璞 HouShipu	2019/10/12 2019/10/12
C	2020 金属材料组 G0004	第 3、4 页	调整碳当量和冲击功。	吴双辉 Wu Shuanghui 侯世璞 HouShipu	2020/03/30 2020/03/30
D	2023 金属材料组 G0005	第 4、5 页	调整化学成分，增加磁粉探伤要求，增加牌号 ASTM A668K。	吴双辉 Wu Shuanghui 侯世璞 HouShipu	2023/08/23 2023/08/23

水电机组焊接结构用低合金钢锻件技术条件

No./Rev.: 0EA.640.0705/D

1 适用范围

本标准规定了水电机组焊接结构用低合金钢锻件的技术要求、检验规则、试验方法、质量合格证、标识和包装等。

本标准适用于水电机组固定导叶、大舌板、顶盖法兰等焊接结构（不包括上下圆盘、主轴等旋转部件）用低合金锻件的订货、检验及验收。

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
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 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）
JB/T 8468	锻钢件磁粉检测
NB/T 47013.3	承压设备无损检测 第3部分：超声检测
0EA.640.0615	金属材料剪切试验、0℃冲击试验（纵横向）、弯曲试验及零韧性的临界温度试验的一般试验方法和验收标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

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1a)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1b)所示。 L 和 t 的小者为公称厚度。

3.3 饼形锻件

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

3.4 长颈法兰锻件

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

3.5 条形锻件

水电机组焊接结构用低合金钢锻件技术条件

No./Rev.: 0EA.640.0705/D

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

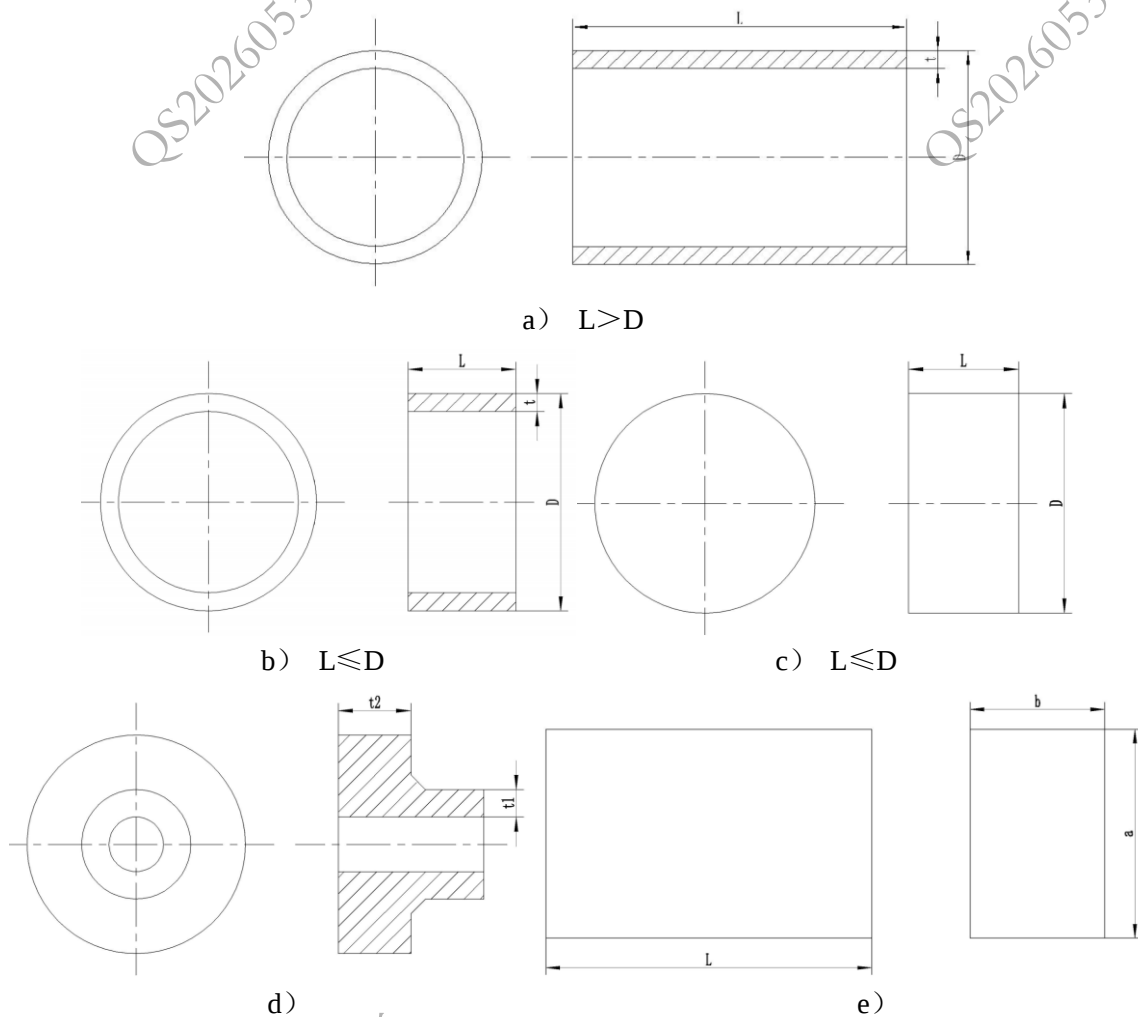


图 1

4 技术要求

4.1 制造工艺

4.1.1 冶炼

锻件用钢锭应采用电炉冶炼+炉外精炼。经订货方同意，也可采用其他保证质量的冶炼方法。

4.1.2 锻造

4.1.2.1 锻造钢锭头、尾两端应有足够的切除量，以保证锻件无缩孔和不允许的偏析。

4.1.2.2 应在有足够能力的锻压设备上锻造，使锻件整个截面充分锻透，锻件主截面的锻造比不得小于3，尽量使锻件接近成品的形状和尺寸，锻件与钢锭的中心线应重合良好。

4.1.3 性能热处理

水电机组焊接结构用低合金钢锻件技术条件

No./Rev.: 0EA.640.0705/D

4.1.3.1 锻件应进行调质或正火加回火性能热处理, 以保证锻件获得均匀的组织 and 性能。

4.1.3.2 最低回火温度应不低于600℃。

4.1.4 焊接工艺评定

供方应对首次供货的锻件材料提供焊接工艺评定报告, 若无进行焊接工艺评定能力, 需提供焊接试板, 焊接试板的尺寸和数量如下:

a) 锻件有效厚度 $t \leq 200\text{mm}$ 时, 焊接试板尺寸为40mm (厚) $\times$ 300mm (宽) $\times$ 500mm (长), 数量2块;

b) 锻件有效厚度 $t > 200\text{mm}$ 时, 焊接试板厚度按实际产品的有效厚度提供, 长宽为300mm (宽) $\times$ 500mm (长), 数量2块。

4.1.5 焊后模拟热处理

每个供方应对首次供货的锻件材料进行模拟焊后热处理。模拟焊后热处理的试块力学性能应满足表 2 要求。

模拟焊后热处理要求如下:

——热处理温度: $580^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$;

——保温时间: $\geq 12\text{h}$;

——冷却方式: 炉冷至 315°C 出炉空冷。

4.2 化学成分

4.2.1 熔炼分析和成品分析应符合表 1 规定, 成品化学成分允许偏差按GB/T 222规定执行。

4.2.2 再热裂纹敏感系数

为降低锻件焊后去应力退火出现裂纹的倾向, 应控制锻件再热裂纹敏感系数 ΔG 在1.5 以内。

再热裂纹敏感系数 ΔG 计算公式:

$$\Delta G = \text{Cr} + 3.3\text{Mo} + 8.1\text{V} + 10\text{C} - 2$$

4.3 力学性能

锻件力学性能应符合表 2 规定。

4.4 表面质量及无损探伤

4.4.1 表面质量

锻件表面不允许存在裂纹、白点、缩孔、折叠、夹渣、夹层等影响使用的有害缺陷。局部缺陷可以清除, 但清除的深度不应超过精加工余量的75%。对超过精加工余量的一般缺陷, 允许进行焊补; 对于焊补的缺陷, 需征得订货方同意, 供货方需提供焊接工艺评定并获得审批后方可进行焊补。严重缺陷不允许焊补。

水电机组焊接结构用低合金钢锻件技术条件

No./Rev.: 0EA.640.0705/D

表1 化学成分 (质量百分比 wt%)

元素 含量 牌号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ceq ³⁾
20SiMn	0.16 ~ 0.22	0.60 ~ 0.80	1.00 ~ 1.30	≤ 0.020	≤ 0.010	—	—	—	—	≤ 0.20	—
ASTM A668D ¹⁾	≤ 0.28	—	—	≤ 0.020	≤ 0.010	—	—	—	—	—	≤ 0.48
ASTM A668E	≤ 0.26	≤ 0.25	≤ 1.35	≤ 0.020	≤ 0.010	≤ 0.40	≥ 0.40	≤ 0.20	≤ 0.07	≤ 0.20	≤ 0.52
25Mn	≤ 0.25	≤ 0.25	≤ 1.25	≤ 0.020	≤ 0.010	≤ 0.40	≥ 0.60	≤ 0.20	≤ 0.07	≤ 0.20	≤ 0.55
20MnMo	≤ 0.23	0.15 ~ 0.40	1.20 ~ 1.50	≤ 0.020	≤ 0.010	≤ 0.25	≥ 0.60	≤ 0.60	≤ 0.07	≤ 0.25	≤ 0.55
ASTM A668H ²⁾	≤ 0.20	≤ 0.80	≤ 1.45	≤ 0.020	≤ 0.010	≤ 0.60	0.60 ~ 2.00	0.20 ~ 0.70	≤ 0.07	≤ 0.20	≤ 0.62
ASTM A668K	≤ 0.18	≤ 0.50	≤ 1.45	≤ 0.015	≤ 0.005	≤ 1.00	1.00 ~ 2.50	0.20 ~ 0.70	≤ 0.10	≤ 0.20	≤ 0.62

注:

1) ASTM A668D可以适当添加合金元素以满足表2的力学性能要求。

2) 200mm以上厚度的ASTM A668H材料Ni含量不得低于0.8%。

3) ASTM A668H、ASTM A668K材料碳当量 (Ceq) 计算公式为: $Ceq = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14$ (%), 其他材料碳当量 (Ceq) 计算公式为: $Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$ (%)。

表2 力学性能

牌号	厚度 mm	$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa	A %	Z %	$KV_2^{1)}$ J
						0°C
20SiMn、 ASTM A668D	—	≥260	≥470	≥14	≥22	≥27
ASTM A668E	—	≥300	≥570	≥20	≥35	≥30
25Mn	≤300	≥330	≥565	≥23	≥40	≥34
	>300~≤450	≥310	≥565	≥20	≥35	≥34
20MnMo	≤300	≥370	≥570	≥20	≥40	≥47
	>300~≤450	≥360	≥550	≥18	≥37	≥47
ASTM A668H	≤300	≥440	600~775	≥17	≥40	≥47
	>300~≤450	≥420	590~765	≥16	≥35	≥47
ASTM A668K	—	≥550	650~860	≥17	≥40	≥47

注: 冲击吸收能量 KV_2 为 3 个试样试验结果的算术平均值, 允许一个试样的试验结果低于规定值, 但不得低于规定值的 70%。

水电机组焊接结构用低合金钢锻件技术条件

No./Rev.: 0EA.640.0705/D

4.4.2 无损探伤

交货前应对所有表面进行磁粉检查。磁粉检查按JB/T 8468的规定进行，验收标准为1级。

锻件交货前应按NB/T 47013.3进行超声波无损检查。若图纸无特殊规定，锻件超声波质量验收等级按表3执行。

表3 超声波检查

锻件分类	超声检测质量等级			
	单个缺陷当量平底孔直径	由缺陷引起的底波降低量	密集区缺陷当量直径	密集区缺陷面积占检测总面积的百分比
筒形锻件	II	I	II	II
环形锻件	II	II	II	II
饼形锻件	III	III	III	III
长颈法兰锻件	III	III	II	II
条形锻件	III	II	II	II

5 试验方法

5.1 化学成分

5.1.1 化学分析取样方法按GB/T 20066执行。成品分析可在试料或力学性能试棒上取样。

5.1.2 化学分析试验按GB/T 223或GB/T 4336或GB/T 20123规定执行。仲裁试验按GB/T 223规定执行。

5.2 力学性能

5.2.1 拉伸试验按 GB/T 228.1 规定进行。

5.2.2 冲击试验按 GB/T 229 规定进行。

5.2.3 若有弯曲、零韧性临界温度试验特殊要求，可按0EA.640.0615规定执行。

5.3 若图纸上无特殊规定，超声波探伤方法按NB/T 47013.3规定执行。

6 检验规则

6.1熔炼分析由供方在每炉钢水浇注时进行取样分析，并报告分析结果，当钢锭由多炉合浇时，应报告权重分析结果。成品分析按每熔炼炉次取1个试样进行检验。

6.2 应对每件锻件进行拉伸和冲击试验。单件重量小于或等于3500kg的锻件取1组试样（1个拉伸、3个冲击）。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），两组试样取样位置应尽可能对称。

6.2.1 取样方向

锻件（不含条形）应取切向试样，当不能取切向试样时，则取纵向或径向试样，条形锻件

应取横向试样。

6.2.3 取样部位

若图纸中无特殊规定，锻件的性能试样可取自锻件的延长部位（加长或加大部分），取样部位可按如下方式进行。

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

6.2.3.2 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350mm在外缘取样，直径大于350mm时从距边缘大于或等于20mm处向里取样，见图2c)。

6.2.3.3 长颈法兰锻件的试样应在锻件公称厚度部位距边缘大于或等于20mm处向里取样，见图2d)，也可在螺栓孔处套料。

6.2.3.4 条形锻件的试样应取自锻件端部的延长段，从距表面1/4 公称厚度处取样，见图2e)。

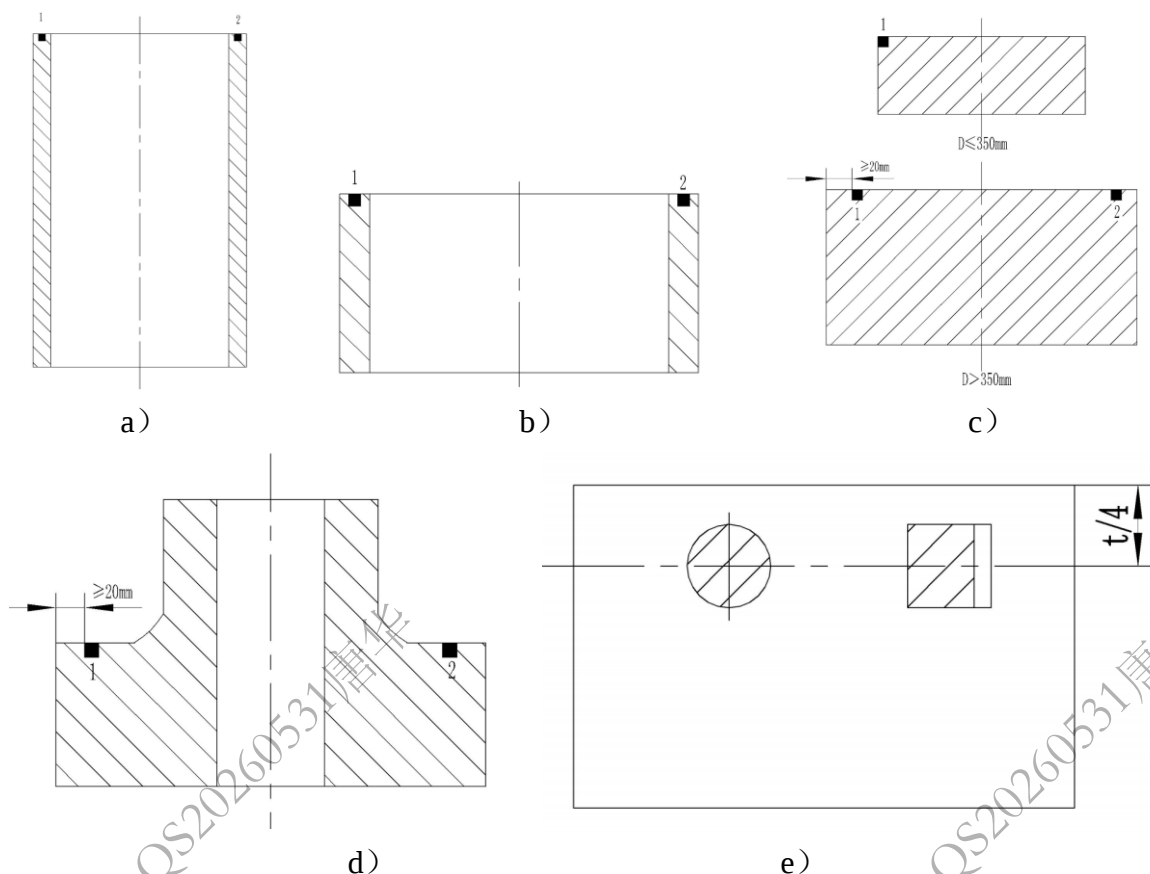


图2 1——一组试样取样部位；1、2——两组试样取样部位

6.2.3.5 弯曲试样、零韧性临界温度试样可根据锻件试料情况，在切向、纵向或径向方向切取。

6.3 供货方应为订货方留取足够用于复验或第三方检验的试料。

6.4 复试与重新热处理

6.4.1 当有任意一个拉伸试样（弯曲试样（若有））试验结果未满足表2规定时，允许取该试样相邻位置取双倍试样进行复试，复试结果均满足要求则为合格。因裂纹、白点而使力学性能

水电机组焊接结构用低合金钢锻件技术条件

No./Rev.: 0EA.640.0705/D

不合格时，不允许复试。

6.4.2 当冲击试验结果不合格时，可以在临近位置再取3个试样进行复试，在第二组试样试验后，如果同时符合下列条件，则锻件可接受。

- a) 6个试样的平均值应不低于规定值；
- b) 低于规定值的试样不超过2个；
- c) 低于规定值的70%的试样不超过1个。

如果没有满足上述条件，则锻件需进行重新热处理。

6.4.3 若锻件的力学性能不合格，允许对锻件重新进行热处理，重新热处理后的锻件按新的锻件进行取样试验。重新热处理的次数不得超过2次（回火次数不限）。

7 质量证明书

交货时，供货方向订货方提供质量证明书，质量证明书应包括下列内容：

- a) 供货方名称、订货合同号、生产日期；
- b) 名称、图号、材料牌号及毛重；
- c) 熔炼炉号；
- d) 锻件卡号；
- e) 化学成分分析（熔炼分析、成品分析）报告；
- f) 热处理记录曲线，包括主要工艺参数等；
- g) 力学性能检验报告；
- h) 无损检测报告；
- i) 尺寸检验报告；
- j) 焊接工艺评定报告（若有能力，首次供货时提供）；
- k) 订货合同或技术协议中规定的其他检验项目报告。

8 标识和包装

8.1 供货方应在每个锻件的表面标识制造厂名称、合同号、锻件图号及熔炼炉号、锻件卡号等信息，并做醒目标记。

8.2 供货方应根据运输的要求进行包装后发货。