

## 中华人民共和国机械行业标准

JB/T 7178—1993

---

### 300~600 MW 汽轮发电机 转子锻件技术条件

1993-09-21 发布

1994-07-01 实施

---

中华人民共和国机械工业部 发布

300~600 MW 汽轮发电机  
转子锻件技术条件

JB/T 7178—1993

1 主题内容与适用范围

本标准规定了 300~600 MW 汽轮发电机转子用真空处理合金钢锻件的技术要求、检验规则、试验方法、合格证书及标志等。

本标准适用于 300~600 MW 汽轮发电机转子用真空处理合金钢锻件的订货、制造与检验。

2 引用标准

GB 223	钢铁及合金化学分析方法
GB 6394	金属平均晶粒度测定方法
JB 1581	汽轮机、汽轮发电机转子和主轴锻件超声波探伤方法
JB/ZQ 6157	直流冲击法确定材料直流磁性的试验方法
JB/ZQ 6101	锻钢件的磁粉检验方法
JB/ZQ 6117	钢制品的机械性能试验方法
JB/ZQ 6140	钢制品的宏观浸蚀试验、检验及评定方法

3 订货要求

3.1 需方应在订货合同或技术协议书中,写明采用的标准、锻件级别、钢号、相应的技术要求和检验项目,以及其他附加说明。

锻件级别和钢号应在图样上按如下标注:

钢 号  
—————  
锻件级别×本标准编号

3.2 需方应提供标明力学性能试验试样位置的粗加工图样(必要时提供精加工尺寸)。

4 技术要求

4.1 制造工艺

4.1.1 冶炼和浇注

4.1.1.1 锻件用钢应采用钢包精炼或电渣重熔冶炼,经需方同意也可采用保证质量的其他方法冶炼。

4.1.1.2 在铸锭前或铸锭时,钢水应经过真空除气。在真空处理过程中,真空系统的极限压强通常应低于 133 Pa。

4.1.2 锻造

4.1.2.1 钢锭的上、下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机上锻造,以使锻件整个截面充分地锻透。锻件与钢锭的轴向中心线应大致重合。应使钢锭质量较好的一端为锻件的汽轮机端。

4.1.3 圆角

各制造阶段,在锻件直径变化的不同台阶过渡处应保留相应的圆角。

4.1.4 热处理

4.1.4.1 锻后热处理为正火和回火。

4.1.4.2 性能热处理为淬火和回火，应在垂直状态下进行。锻件圆周和整个长度上的淬火冷却速度应尽可能一致。

4.1.4.3 粗加工和粗膛孔到订货图样规定的内径、外径尺寸并分别留有 13 mm 以内余量以后，锻件应进行消除应力处理，以保证没有残余应力。

4.1.4.4 消除应力处理应将锻件至少加热到 550℃ 且不低于回火温度 40℃，保温足够长的时间以完全烧透，再以不超过 15℃/h 的冷却速度冷到 250℃ 出炉空冷。

4.1.5 机械加工

4.1.5.1 供方应在消除应力处理前对锻件打中心孔。

4.1.5.2 在性能热处理后套取中心孔芯棒试样。

4.1.5.3 消除应力处理后精膛中心孔，并用不掩盖缺陷的方法进行磨光或抛光，表面粗糙度  $R_a$  值为 1.6μ m。

4.1.5.4 发运锻件应符合需方订货图样规定的尺寸、公差和表面粗糙度要求。

4.2 化学成分

4.2.1 钢水熔炼分析应符合表 1 规定。

4.2.2 锻件成品分析应符合表 1 规定，允许有表 2 的偏差。

表 1 化学成分 %

钢 号	C	Mn	Si <sup>1)</sup>	P	S	Cr
25Cr2Ni4MoV	≤0.25	≤0.35	0.15~0.35	≤0.015	≤0.018	1.50~2.00
钢 号	Ni	Mo	V	Cu	Sb	
25Cr2Ni4MoV	3.25~4.00	0.20~0.50	0.05~0.13	≤0.20	分析确定，报告作参考	

注：1) 采用真空碳脱氧时，含硅量应不大于 0.10%。

表 2 成品分析超过规定上、下限的允许偏差量 %

钢号	偏 差 量								
	C	Mn	Si <sup>1)</sup>	P	S	Cr	Ni	Mo	V
25Cr2Ni4MoV	0.03	0.07	0.05	0.003	0.003	0.07	0.07	+0.07	+0.02
	—	—	—	—	—	—	—	-0.04	-0.01

注：1) 采用真空碳脱氧时，硅偏差量为 0.02%。

4.2.3 锻件的氢含量不允许超过 1 ppm。

4.3 力学性能

4.3.1 锻件的力学性能应符合表 3 规定。

表 3 力学性能

项 目	取 样 位 置	锻 件 级 别	
		I	II
$\sigma_{0.2}$ MPa	纵向、切向、径向	590~690	660~760
	中心孔芯棒纵向	540~690	610~760
$\sigma_b$ MPa	纵向、切向、径向	≥670	≥740
	中心孔芯棒纵向	≥620	≥690
$\delta_4$ %	纵向、切向、径向	≥18	≥17
	中心孔芯棒纵向	≥17	≥16

续表 3

项 目	取 样 位 置	锻 件 级 别	
		I	II
$\phi$ %	纵向、切向、径向	$\geq 55$	$\geq 50$
	中心孔芯棒纵向	$\geq 50$	$\geq 45$
$A_{KV}$ J	纵向、切向、径向	$\geq 100$	$\geq 90$
FATT <sub>50</sub> ℃	径向	$\leq -23$	$\leq -12$
	中心孔芯棒纵向	$\leq -10$	$\leq 0$

注：在其他指标均合格时， $\sigma_{0.2}$  值允许超过上限。

4.3.2 锻件轴身径向抗拉强度或屈服强度的波动值不允许超过 40 MPa。

4.4 残余应力

锻件的残余应力不允许大于 60 MPa。

4.5 磁性能

磁性能应符合以下要求：

$5.0 \times 10^3$  A/m  $B \geq 1.60$  T

$15.0 \times 10^3$  A/m  $B \geq 1.80$  T

$50.0 \times 10^3$  A/m  $B \geq 2.05$  T

$120.0 \times 10^3$  A/m  $B \geq 2.13$  T

4.6 晶粒度

径向试样晶粒度不粗于 5 级，4 级不超过 5%，中心孔芯棒试样晶粒度检验结果报告需方，不作为验收依据。

4.7 无损检验

4.7.1 酸洗或磁粉检验

4.7.1.1 锻件应无白点、裂纹、折叠等缺陷，需方保留使用各种试验的权利，包括酸洗、磁粉检验。

4.7.1.2 需方应在锻件轴身两端向外 200 mm 的一锻 R 过渡区（每端各一）和两个轴承部位进行酸洗或磁粉检验。

4.7.1.3 轴承部位及轴身两端过渡区酸洗或磁粉检验，其结果应符合以下规定：

在 25 cm<sup>2</sup>（指最大边长为 15 cm 的矩形）面积上，允许长度 0.5~1 mm 单个缺陷显示 5 个，或长度大于 1~1.5 mm 以内的单个缺陷显示 2 个。每一个轴承部位不允许有 15 个以上的单个缺陷显示。每一个过渡区不允许有 20 个以上的单个缺陷显示。

超过上述规定时，供需双方协商处理。

4.7.2 超声波探伤

锻件外圆表面进行超声波探伤检查，其结果应符合以下规定：

a. 不允许有裂纹、白点、缩孔等缺陷；

b. 不允许有当量直径等于或大于 1.6 mm 连续缺陷信号和游动缺陷信号；

c. 当量直径小于 1.6 mm 的缺陷不计，当量直径等于或大于 1.6 mm 的缺陷应记录并报告需方；

d. 允许有当量直径 1.6~3.5 mm 的缺陷存在，但相邻两缺陷距离不小于其较大当量缺陷直径的 10 倍，其缺陷总数不允许超过 30 个；

e. 在应力较大的区域内（中心孔直径加 60 mm 范围内，外圆槽深加 25 mm 范围内），不允许有当量直径大于 2 mm 的缺陷和大于或等于当量直径 1.6 mm 的密集缺陷信号；

f. 用 2~2.5 MHz 频率探伤时，由缺陷引起底波的衰减不大于 6 dB，锻件材料衰减系数小于或等于 4 dB/m。

### 4.7.3 中心孔

4.7.3.1 窥膛仪检查时,中心孔内表面不允许有裂纹、缩孔残余部分、气孔、夹渣、有害划痕和长度大于 3 mm 的缺陷。各种缺陷总数不允许超过 30 个。具体规定如下:

- a. 聚集在 60 cm<sup>2</sup> 面积上,长度为 0.5~1.5 mm 的缺陷数量不允许超过 10 个;
- b. 分散的长度为 1.5~3 mm 的缺陷数量不允许超过 10 个;
- c. 在整个中心孔内表面上,长度为 0.5~1.5 mm 的点状缺陷数量不允许超过 25 个,并且不允许有呈链状分布的缺陷。

4.7.3.2 若需要局部修整或扩大中心孔以消除较大的缺陷时,要事先取得需方同意。

4.7.3.3 若需方要求中心孔磁粉检查,可由需方进行。磁粉检查发生异议时,供需双方协商处理。

### 4.8 尺寸、公差、表面粗糙度

4.8.1 锻件加工应符合需方订货图样规定的尺寸、公差和表面粗糙度要求。

4.8.2 中心孔圆度误差不允许超过 0.3 mm。中心孔表面粗糙度  $R_a$  值为 1.6 μm。中心孔与外圆同轴度误差不得超过 1.0 mm。中心孔轴线直线度公差值在直径 6 mm 以内的圆柱体内。

## 5 检验规则和试验方法

### 5.1 化学成分分析

#### 5.1.1 熔炼分析

5.1.1.1 供方应在每炉钢水铸锭时取样进行熔炼分析,并报告分析结果。多炉合浇时还应报告权重分析结果。

5.1.1.2 若试样不宜做熔炼分析,供方可以从钢锭或锻件表面附近合适部位取代替样,并将分析结果和取样位置通知需方。

#### 5.1.2 成品分析

供方应对每个锻件进行成品分析。试样取自锻件力学性能的纵向试样上,也可取自径向性能试样上。

#### 5.1.3 气体分析

取径向试样分析氢含量。

#### 5.1.4 分析方法

按 GB 223 及有关方法进行。

### 5.2 力学性能检验

5.2.1 在性能热处理后或消除应力处理后,按 JB/ZQ 6117 方法进行。

5.2.2 冲击试样按 JB/ZQ 6117 中夏氏 V 型缺口试样的规定,径向冲击试样的缺口方向应为切向。

5.2.3 取样位置和试样数量若无特殊要求应符合如下规定:

5.2.3.1 纵向试样:供需双方在锻件两端各取 2 个拉力试样和 2 个冲击试样,有中心孔的锻件在壁厚 1/2 处取样,无中心孔的锻件在离表面 1/3 半径处取样。

5.2.3.2 切向试样:应在轴身两端尽可能接近轴身表面 1/3 半径处切取的试环上切取切向试样,供方在相当于钢锭质量较差的一端轴身切环,需方在另一端切环。

每端试环各取 4 个拉力试样和 2 个冲击试样,分别在试环的同一直径相对位置上切取。

5.2.3.3 径向试样:应沿径向且与轴线平行的一根基线上套取 4 处径向料棒,其离轴身两端距离不得小于 200 mm,套料后的孔径和孔深应符合订货图样规定。

a. 在两处套料棒靠槽底部位取 2 个拉力试样(各取 1 个),紧邻拉力试样的外端分别取 1 个室温冲击试样和 1 个测定脆性转变温度的试样。

b. 其余两处套料棒应采用相反方式,即外端取 2 个拉力试样(各取 1 个),靠槽底部位分别取 1 个室温冲击试样和 1 个测定脆性转变温度的试样。

c. 测定脆性转变温度的冲击试样应在表 3 规定的温度下进行, 2 个试样均应显示至少 50% 的塑性断口。

d. 径向拉力试样可采用直径不小于 5 mm 的试样, 径向冲击试样采用 10 mm×10 mm×55 mm (V 型缺口) 试样。

**5.2.3.4 中心孔试样:** 应在相当于轴身两端和中部的芯棒上各取 1 个拉力试样, 在轴身中部的芯棒上至少取 4 个冲击试样来测定脆性转变温度的数值。

### 5.3 残余应力试验

**5.3.1** 采用切环法或环芯电阻应变法测定残余应力。

**5.3.2** 供需双方分别在锻件轴身一端取 25 mm×25 mm 的圆环, 用测量该环在切割前后平均变形量的方法来计算残余应力, 其计算公式为:

$$\sigma_r = E \delta / D$$

式中:  $\sigma_r$ ——残余应力, MPa;

$\delta$ ——直径增量的代数值, mm;

$D$ ——切割前环的外径, mm;

$E$ ——材料的弹性模量, MPa。

**5.3.3** 残余应力不合格时, 锻件可进行补充回火, 补充回火后残余应力检查结果应符合本标准第 4.4 条规定。

### 5.4 磁性能测定

需方对锻件进行磁性能测定。除需方另有规定外, 应按 JB/ZQ 6157 方法进行。在轴身切向试环上取 1 个磁性能试样, 其尺寸按各厂设备确定。

### 5.5 晶粒度测定

在轴身径向试样靠槽底部位及中心孔芯棒试样端面上, 按 GB 6394 方法进行。

### 5.6 无损检验

#### 5.6.1 酸洗或磁粉检查

**5.6.1.1** 需方要订货图样规定的部位, 经半精加工后单面留 2 mm 余量, 表面粗糙度  $R_a$  值为  $0.8\mu\text{m}$  后进行酸洗。

**5.6.1.2** 酸洗按 JB/ZQ 6140 方法进行。

**5.6.1.3** 若需方要求磁粉检查, 应按 JB/ZQ 6101 方法进行。

#### 5.6.2 超声波探伤检查

在粗加工和性能热处理后, 按 JB 1581 方法进行, 但此方法中有关缺陷信号定义中的“当量直径不小于 2 mm 的缺陷信号”均调整为“当量直径不小于 1.6 mm 的缺陷信号”。

#### 5.6.3 中心孔检查

中心孔表面粗糙度  $R_a$  值达到  $1.6\mu\text{m}$  后, 用窥膛仪或磁粉结合窥膛仪检查整个内孔表面。

磁粉检查按 JB/ZQ 6101 方法进行。

### 5.7 复试和重新热处理

**5.7.1** 力学性能检验结果不符合要求允许复试。由于裂纹、白点而使检验结果不合格时, 不允许复试。

**5.7.2** 任一试样检验结果不合格时, 选择相邻位置的 2 个试样复试, 2 个试样的检验结果必须都符合要求。

**5.7.3** 任何一项力学性能检验的复试结果仍不合格时, 供方可对锻件重新热处理。未经需方同意, 重新热处理次数不允许超过三次。重新热处理的锻件按本标准第 5.2 条规定进行检验。

**5.7.4** 锻件重新热处理时, 应将剩余的中心孔芯棒放回到中心孔内。

## 6 验收及合格证书

**6.1** 供方应向需方检验员提供必要的方便条件，以便需方检验员进行工作。需方检验员不应给供方生产造成不必要的妨碍。除另有规定外，一切检验应在供方进行。

**6.2** 锻件由供方质量检验部门按本标准进行验收，需方可按本标准进行复验。

**6.3** 供方应向需方提供合格证书，包括下列内容：

- a. 订货合同号；
- b. 锻件图号、钢号；
- c. 标准号和锻件级别号；
- d. 熔炼炉号、锻件卡号；
- e. 熔炼分析和成品分析结果；
- f. 力学性能检验结果；
- g. 无损检验结果，包括缺陷分布草图；
- h. 最终奥氏体化温度和回火温度及冷却方式；
- i. 其他要求的检验结果。

**6.4** 锻件在供方验收后，如果在需方复验及在加工过程中，再发现不允许的缺陷，需方应及时通知供方，双方协商解决。

## 7 标志与包装

**7.1** 供方应在每个锻件的相当于钢锭下部端面上标明供方的厂名或标志、合同号、熔炼炉号和锻件卡号。

**7.2** 每个锻件的中心孔均应涂防腐剂，并用木塞堵严，以免在运输和保管时损坏或腐蚀。

---

附加说明：

本标准由机械工业部德阳大型铸锻件研究所提出并归口。

本标准由德阳大型铸锻件研究所负责起草。

本标准主要起草人曾秀实、郭成海、宣品范、马飞良。

中 华 人 民 共 和 国  
机 械 行 业 标 准  
**300~600 MW 汽轮发电机**  
转子锻件技术条件  
JB/T 7178—1993

★

机械科学研究院出版发行  
机械科学研究院印刷  
(北京首体南路2号 邮编 100044)

★

开本 880×1230 1/16 印张 5/8 字数 12,000  
1994年5月第一版 1994年5月第一次印刷  
印数 1—500 定价 6.00 元  
编号 1327

机械工业标准服务网: <http://www.JB.ac.cn>

[www.bzxz.net](http://www.bzxz.net)

免费标准下载网