



中华人民共和国机械行业标准

JB/T 7026—2004

代替JB/T 7026—1993

50MW 以下汽轮发电机 转子锻件技术条件

Specification of the rotors forgings used below 50MW turbine generator

2004-10-20 发布

2005-04-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 订货要求	1
4 技术要求	1
4.1 制造工艺	1
4.2 化学成分	2
4.3 力学性能	2
4.4 残余应力	3
4.5 无损检验	3
4.6 硬度	4
4.7 磁性能	4
4.8 表面质量	4
4.9 直线度	4
5 检验规则与试验方法	4
5.1 化学成分分析	4
5.2 力学性能检验	4
5.3 残余应力试验	5
5.4 无损检验	5
5.5 硬度检验	5
5.6 磁性能测定	5
5.7 复试和重新热处理	5
6 验收及合格证书	6
7 标记和包装	6

前 言

本标准代替 JB/T 7026—1993《50MW 以下汽轮发电机转子锻件技术条件》。

本标准与 JB/T 7026—1993 相比，主要变化如下：

- 标准的总体编排和结构按 GB/T 1.1—2000 进行了修改；
- 增加了“锻件在制造和包装运输过程中不允许焊接”的规定（见 4.1.5）；
- 增加了第 VI 级——490MPa 档的力学性能；
- 增加了实心转子和中心盲孔转子的有关内容；
- 对超声波检验规定的更为合理和完善；
- 完善了“验收及合格证书”中的规定。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由德阳大型铸锻件研究所归口。

本标准起草单位：武汉汽轮发电机厂、中国第二重型机械集团公司。

本标准主要起草人：鲜勇、葛虹、崔晋娥、王孜。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- JB/T 7026—1993。

50MW 以下汽轮发电机转子锻件技术条件

1 范围

本标准规定了50MW以下汽轮发电机转子锻件的技术要求、检验规则、试验方法、合格证书及标志等。

本标准适用于50MW以下汽轮发电机转子锻件的订货、制造和验收。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 223（所有部分） 钢铁及合金化学分析方法

GB/T 228 金属材料 室温拉伸试验方法（GB/T 228—2002，eqv ISO 6892：1998）

GB/T 229 金属夏比缺口冲击试验方法（GB/T 229—1994，eqv ISO 148：1983）

GB/T 231.1 金属布氏硬度试验 第1部分：试验方法（GB/T 231.1—2002，eqv ISO 6506-1：1999）

JB/T 1581 汽轮机、汽轮发电机转子和主轴锻件 超声波探伤方法

JB/T 8468 锻钢件磁粉检验方法

JB/T 8888 环芯法测量汽轮机、汽轮发电机转子锻件残余应力的试验方法

ASTM A341 直流冲击法确定材料直流磁性的试验方法

ASTM E381 钢制品（包括棒、方钢坯、大方坯和锻件）的宏观浸蚀试验方法

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、材料牌号、相应的技术要求和检验项目，以及其他附加说明。

锻件级别和材料牌号应在图样上按如下标注：

材料牌号

锻件级别×本标准编号

3.2 需方应提供标明外圆槽深度和力学性能试验试样取样位置的转子订货图样（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

锻件用钢应采用碱性电炉加炉外精炼冶炼。经需方同意，也可采用保证质量的其他冶炼方法。

4.1.2 锻造

4.1.2.1 锻件用钢锭的上、下端应有足够的切除量，以确保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，以使锻件的整个截面得到充分地锻透。锻件与钢锭的中心线应大致重合，并以钢锭质量较好的一端为汽轮机端。

4.1.3 热处理

4.1.3.1 锻后热处理为正火加回火。

4.1.3.2 性能热处理为淬火加回火。若需方同意，也允许采用正火加回火处理 性能热处理应尽量在垂直状态下进行。

4.1.4 机械加工

供方发运的锻件应满足需方订货图样规定的粗糙度和尺寸要求。

4.1.5 焊接

锻件在制造和包装运输过程中不允许焊接。

4.2 化学成分

4.2.1 钢水熔炼分析应符合表 1 的规定。

4.2.2 锻件成品分析应符合表 1 的规定，但允许有表 2 规定的偏差。

表 1 化学成分的质量分数

材料牌号	C	Mn	Si ^a	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Cu
35A	0.32~0.40	0.50~0.80	0.17~0.37	≤0.030	—	—	—	—	—	≤0.20
45A	0.42~0.50	0.50~0.80	0.17~0.37	≤0.030	—	—	—	—	—	≤0.20
34CrMo1A	0.30~0.38	0.40~0.70	0.17~0.37	≤0.025	0.70~1.20	≤0.40	0.40~0.55	—	—	≤0.20
34CrNi1Mo	0.30~0.40	0.50~0.80	0.17~0.37	≤0.025	1.30~1.70	1.30~1.70	0.20~0.30	—	—	≤0.20
34CrNi3Mo	0.30~0.40	0.50~0.80	0.17~0.37	≤0.025	0.70~1.10	2.75~3.25	0.25~0.40	—	—	≤0.20
25CrNi1MoV	0.20~0.28	0.30~0.60	0.17~0.37	≤0.025	1.00~1.50	1.00~1.50	0.25~0.40	0.05~0.15	—	≤0.20

^a 采用真空碳脱氧的钢，允许硅含量不大于0.10%。

表 2 成品化学成分的质量分数的允许偏差

元素	规定的最大范围	粗加工锻件的最大直径 mm				
		≤290	291~410	411~570	571~810	>810
C	≤0.25	±0.02	±0.03	±0.03	±0.04	±0.05
	≥0.26	±0.03	±0.04	±0.04	±0.05	±0.06
Mn	—	±0.03	±0.04	±0.05	±0.06	±0.07
P	—	+0.008	+0.008	+0.010	+0.010	+0.015
S	—	+0.005	+0.005	+0.005	+0.005	+0.006
Si	—	+0.02	±0.03	±0.04	±0.04	±0.05
Ni	—	±0.07	±0.07	±0.07	±0.07	±0.07
Cr	≤0.90	±0.03	+0.04	±0.04	±0.05	±0.05
	>0.90	±0.05	±0.06	±0.06	±0.07	±0.07
Mo	≤0.20	±0.01	±0.02	±0.02	±0.02	±0.03
	0.21~0.40	±0.02	±0.03	±0.03	±0.03	±0.04
	>0.40	±0.03	±0.04	±0.05	±0.06	±0.07
V	≤0.10	±0.01	±0.01	±0.01	±0.01	±0.01
	>0.10	±0.02	±0.02	±0.02	±0.02	±0.02

4.3 力学性能

锻件力学性能应不低于表 3 的规定。

表 3 力学性能

项 目	取样位置	锻 件 级 别					
		I	II	III	IV	V	VI
R_{eL} MPa	轴端纵向	245	265	295	390	440	490
	轴身切向	245	265	295	390	440	490
	轴身径向	—	—	—	—	390	440
R_m MPa	轴端纵向	470	520	490	540	590	640
	轴身切向	470	520	490	540	590	640
	轴身径向	—	—	—	—	540	590
A %	轴端纵向	22	20	18	17	17	16
	轴身切向	20	18	17	16	16	16
	轴身径向	—	—	—	—	15	14
Z e_T	轴端纵向	35	30	40	40	40	35
	轴身切向	30	27	35	35	35	35
	轴身径向	—	—	—	—	—	30
A_{KJ2} J	轴端纵向	48	40	56	56	56	56
	轴身切向	32	30	40	40	40	40
	轴身径向	—	—	—	—	—	40
推荐用钢		35A	45A	34CrMo1A 34CrNi1Mo	34CrMo1A 34CrNi1Mo 25CrNi1MoV	34CrMo1A 34CrNi1Mo 34CrNi3Mo 25CrNi1MoV	34CrNi1Mo 34CrNi3Mo 25CrNi1MoV

4.4 残余应力

供需双方均应对锻件做残余应力检查，其结果不应大于切向实测屈服点的 10%。

4.5 无损检验

4.5.1 酸洗或磁粉检验

4.5.1.1 锻件不得有裂纹、白点、重皮等缺陷。需方保留使用各种试验的权利，包括酸洗或磁粉检验。

4.5.1.2 需方在锻件两端轴承部位进行酸洗或磁粉检查，检查结果应符合以下规定：

- 在 25cm^2 （最大边长为 15cm 的矩形）面积上，允许长度为 1mm~1.5mm 的单个缺陷显示不超过两个。
- 每个轴承部位不允许有 15 个以上缺陷显示。长度为 1mm 以下的点状分散缺陷显示不计。
- 超出上述规定的缺陷，由双方协商处理。

4.5.2 超声波探伤检验

锻件外圆表面应进行超声波探伤检验，其检验结果应符合以下规定。

- 不允许有裂纹、白点及缩孔等缺陷。
- 小于当量直径 2mm 的缺陷不计。
- 不允许有连续性缺陷信号及游动信号，不允许有当量直径大于或等于 2mm 的缺陷构成的密集区存在。
- 在应力较大的区域内，对有中心孔的转子在离中心孔表面 30mm 和外圆槽深加 25mm 范围，对实心转子在离中心轴线 75mm 以内（或称离中心轴线 $\phi 150\text{mm}$ 范围），不允许有当量直径大于 4mm 的单个分散缺陷存在；其他区域不允许有当量直径大于 5mm 的单个分散缺陷存在，允许有 2mm~4mm 的分散缺陷存在，相邻两个缺陷的距离不小于其较大缺陷直径的五倍。锻件的单个缺陷总数量不得超过 56 个。

e) 用 2MHz~2.5MHz 频率探伤时, 材料衰减系数应小于或等于 4dB / m。

4.5.3 中心通孔或中心盲孔检查

4.5.3.1 用潜望镜(或称: 窥孔仪)检查转子的中心通孔或中心盲孔的内孔表面, 不允许有裂纹、氧化皮、气孔、夹渣、缩孔残余、有害划痕和长度超过 5mm 的缺陷, 以及大面积聚集的细小夹杂物等缺陷。具体规定如下:

- a) 聚集在 60cm² 面积上, 长度为 0.5mm~1.5mm 的细小缺陷, 其数量不允许超过 10 个。
- b) 分散的、长度为 1.5mm~3mm 的缺陷数量, 中心通孔内不允许超过 10 个, 中心盲孔内不允许超过四个。
- c) 长度为 3mm~5mm 的缺陷数量, 中心通孔内不允许超过五个, 中心盲孔内不允许超过两个。
- d) 中心通孔转子在整个中心孔表面上, 长度为 0.5mm~1.5mm 的点状缺陷, 其数量不允许超过 25 个, 上述各种缺陷总数不得超过 30 个; 中心盲孔转子在整个盲孔表面上, 长度为 0.5mm~1.5mm 的点状缺陷, 其数量不允许超过 10 个, 上述各种缺陷总数不得超过 15 个。均不允许呈链状分布的缺陷。
- e) 长度为 0.5mm 以下的点状分散缺陷显示不计。

4.5.3.2 不符合上述要求的缺陷, 在征得需方同意后, 允许扩大中心孔, 或对缺陷采用局部研磨和抛光办法消除, 但研磨和抛光深度不应超过 1.6mm 并与附近圆周表面圆滑过渡。

4.6 硬度

硬度均匀性检查, 硬度的绝对值供参考。硬度偏差应在同一圆弧表面上不超过 30 个布氏硬度单位, 在同一母线上不超过 40 个布氏硬度单位。

4.7 磁性

锻件的磁性应不低于下列要求:

$(2.5 \times 10^3) \text{ A / m}$	$B \geq 1.44 \text{ T}$
$(5.0 \times 10^3) \text{ A / m}$	$B \geq 1.60 \text{ T}$
$(10.0 \times 10^3) \text{ A / m}$	$B \geq 1.72 \text{ T}$
$(15.0 \times 10^3) \text{ A / m}$	$B \geq 1.80 \text{ T}$
$(20.0 \times 10^3) \text{ A / m}$	$B \geq 1.87 \text{ T}$
$(50.0 \times 10^3) \text{ A / m}$	$B \geq 2.0 \text{ T}$

4.8 表面质量

锻件表面不应有裂纹、折叠、影响质量检查的残留黑皮和其他严重影响锻件质量的缺陷。局部缺陷可以铲除, 铲除的深度不得超过精加工余量的 75%。

4.9 直线度

对通孔转子锻件, 其长度小于或等于 8.5m 时, 中心孔轴线直线度公差值应在 $\phi 4\text{mm}$ 以内的圆柱体内; 长度大于 8.5m 时, 中心孔轴线直线度公差值应在 $\phi 5\text{mm}$ 以内的圆柱体内。对中心盲孔转子锻件, 其盲孔轴线直线度公差值规定为 $\phi 0.5\text{mm} / \text{m}$ 的圆柱体内。

5 检验规则与试验方法

5.1 化学成分分析

5.1.1 化学分析方法按 GB/T 223 的规定进行。

5.1.2 成品分析试样应取自锻件力学性能的纵向试样上, 也可取自径向试样上。

5.2 力学性能检验

5.2.1 锻件在性能热处理后或消除应力处理后进行。

5.2.1.1 切向试样

试环从轴身两端约距轴身表面 1/3 半径处切取。供方在钢锭质量较差的一端取样, 需方在钢锭另一

端取样。在环的同一直径上两个相对称的位置上切取两个拉伸试样和两个冲击试样。

5.2.1.2 纵向试样

双方均在锻件两端离表面 1/3 半径处各取两个拉伸试样和两个冲击试样。

5.2.1.3 径向试样

a) 径向试样位置：可在轴身离开两端面的距离不小于 1/4 全长处套取，也可在切向试环的延长段上套取。

b) 径向试样数量：I～V 级锻件取两个径向拉伸试样；VI 级锻件取两个径向拉伸和两个冲击试样。

5.2.2 拉伸试验按 GB/T 228 的规定进行。冲击试验按 GB/T 229 的规定进行。

5.3 残余应力试验

5.3.1 残余应力试验，应采用切环法或按 JB/T 8888 环芯电阻应变法进行试验。

5.3.2 切环法是在力学性能试环的同一端切取 (25×25) 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。

残余应力计算公式为：

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

式中：

σ_r ——残余应力，单位为 MPa；

δ ——直径增量的代数值，单位为 mm；

D ——切割前环的外径，单位为 mm；

E ——材料的弹性模量，单位为 MPa。

5.3.3 当残余应力不合格时，锻件可进行补充回火。回火温度应比该锻件性能热处理的回火温度低 20℃～50℃。

5.4 无损检验

5.4.1 酸洗或磁粉检验

5.4.1.1 酸洗检验为需方在轴颈部位单面留 2mm 余量，表面粗糙度 R_a 为 0.8μm 后，按 ASTM E381 方法进行。

5.4.1.2 若需方要求磁粉检验，则应按 JB/T 8468 方法进行。

5.4.2 超声波探伤检验

锻件在粗加工和性能热处理后，按 JB / T 1581 方法进行。

5.4.3 中心通孔或中心盲孔检验

锻件在最终热处理后精镗通孔或中心盲孔，并用不掩盖缺陷的方法进行磨光或抛光，表面粗糙度 R_a 达到 1.6μm～3.2μm 时，采用潜望镜（或称窥孔仪）检查中心通孔或中心盲孔的内表面。中心盲孔的底部接刀处应圆滑过渡。

5.5 硬度检验

供方在性能热处理后，在两轴颈及轴身部位，相隔 90° 圆弧面上测定四点（总共 12 点），进行硬度均匀性检查。硬度试验方法参照 GB/T 231.1，用布氏硬度计或便携式硬度计进行。

5.6 磁性能测定

需方对锻件进行磁性能测定，除另有规定外，应按 ASTM A341 规定的方法进行，在轴身切向试环上取一个磁性能试样，其尺寸按需方的设备确定。

5.7 复试和重新热处理

5.7.1 当力学性能试验结果不符合规定要求时，允许进行复试。但试样因白点、裂纹不合格者，不得复试。

5.7.2 如果一个试样试验结果不合格，应在锻件上与该试样相邻位置取两个试样进行复试。复试结果两个试样都必须符合规定要求。

5.7.3 如果锻件的任一力学性能试验复试仍不合格时，供方可对锻件进行重新热处理，但不得超过 2 次(不包括回火次数)。重新热处理后的锻件作为一个新的锻件重新提交验收。

6 验收及合格证书

6.1 供方应按本标准和合同中规定的项目对锻件进行检查，检查结果应符合规定的要求。在合格证书上应有供方质量检验负责人的签章。

6.2 需方可按本标准和合同中规定的内容选择某些项目进行复验。在复验或以后的加工或试验中发现锻件不符合规定时，需方应及时通知供方，双方协商解决。

6.3 供方应向需方验收人员提供必要的方便条件，以便于需方检验人员进行现场验收工作。需方检验人员不应应对供方的生产造成不必要的妨碍。

6.4 锻件交货时应附有下列内容的合格证书：

- a) 合同号；
- b) 订货图样号；
- c) 标准号和锻件级别；
- d) 熔炼炉号和材料牌号；
- e) 订货要求的各项检测结果；
- f) 交货热处理状态。

7 标记和包装

7.1 供方应在每个锻件的相当于钢锭下部端面上，打上制造厂名称或标志、合同号、熔炼炉号和锻件号。

7.2 每个锻件的中心通孔或中心盲孔均应涂防锈剂并用木塞堵严，以避免在运输和保管时损坏或腐蚀。
