

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 7025—1993

25 MW 以下汽轮机 转子体和主轴锻件技术条件

1993-09-21 发布

1994-07-01 实施

中华人民共和国机械工业部 发布

25 MW 以下汽轮机
转子体和主轴锻件技术条件

1 主题内容与适用范围

本标准规定了 25 MW 以下（含 25 MW）汽轮机转子体和主轴用碳钢和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 25 MW 以下（含 25 MW）汽轮机转子体和主轴用碳钢和合金钢锻件。

2 引用标准

| | |
|------------|-------------------------|
| GB 222 | 钢的化学分析试样取样法及成品化学成分允许偏差 |
| GB 223 | 钢铁及合金化学分析方法 |
| GB 228 | 金属拉伸试验法 |
| GB 229 | 金属夏比（U 型缺口）冲击试验方法 |
| GB 231 | 金属布氏硬度试验方法 |
| GB 232 | 金属弯曲试验方法 |
| GB 4236 | 钢的硫印检验方法 |
| GB 6394 | 金属平均晶粒度测定方法 |
| GB 6395 | 金属高温拉伸持久试验方法 |
| GB 6397 | 金属拉伸试验试样 |
| GB 10561 | 钢中非金属夹杂物显微评定方法 |
| JB 1581 | 汽轮机、汽轮发电机转子和主轴锻件超声波探伤方法 |
| ZB J32 005 | 汽轮机主轴和转子锻件的热稳定性试验方法 |
| JB/ZQ 6101 | 锻钢件的磁粉检验方法 |
| JB/ZQ 6134 | 大型轴类锻件硫印试验方法及评定 |

3 订货要求

3.1 需方应在订货合同书或订货协议中写明采用的标准、钢号、锻件级别、相应技术要求、检验项目及本标准要求的检验项目。

3.2 需方应提供标明力学性能试验取样位置的锻件订货图样和叶根槽深精加工尺寸。

4 技术要求

4.1 制造工艺

4.1.1 冶炼

4.1.1.1 锻件用钢应采用碱性电炉冶炼。

4.1.1.2 经需方同意允许采用能保证本标准各项要求的其他冶炼方法。

4.1.2 锻造

4.1.2.1 锻件用钢锭应有足够的切除量，以确保成品锻件无缩孔和不允许的偏析。

- 4.1.2.2 锻压设备应有足够的力量，以保证锻件的整个截面锻透。锻造时整个截面应得到充分变形，以获得均匀的组织。
- 4.1.2.3 钢锭质量较好的一端应为靠近电机端。锻件的轴线与钢锭的中心线大致重合。
- 4.1.3 热处理
- 4.1.3.1 锻件锻后需进行正火或退火处理。
- 4.1.3.2 性能热处理应在粗加工后进行，经需方同意碳钢锻件允许毛坯调质。
- 4.1.3.3 性能热处理时一般应采用垂直吊挂加热和冷却，经需方同意也可采用卧式加热。严格控制炉温和保温时间，以获得均匀一致的力学性能。
- 4.1.3.4 锻件的回火温度和冷却速度应选择恰当，在满足性能要求的前提下，回火温度应尽量高些，回火后缓冷，以保证锻件的残余应力不大于规定的屈服强度下限值的 8%。
- 4.1.4 去除应力处理
- 4.1.4.1 锻件一般由供方进行去除应力处理，其温度一般应在实际回火温度以下 15~50℃ 的范围内。
- 4.1.4.2 当性能热处理回火冷却速度小于 25℃/h，可不进行去除应力处理。
- 4.1.5 机械加工
- 4.1.5.1 交付的锻件应符合订货图样规定的尺寸和表面粗糙度。
- 4.1.5.2 当供方粗加工时，应在规定部位留出供订货方验收用的试料。
- 4.1.5.3 锻件如需进行去除应力处理，则应在粗加工后进行。
- 4.1.5.4 有中心孔的转子体，中心孔的加工应在粗加工后或去除应力处理之前进行。
- 4.2 化学成分
- 4.2.1 除合同另有规定外，钢的熔炼化学分析成分应符合表 1 规定。
- 4.2.2 锻件的产品分析应符合表 1 规定，在力学性能合格的情况下允许有表 2 规定的偏差。

表 1 化学成分 %

| 钢 种 | C | Mn | Si | P | S | Cr | Mo | Ni | V | Cu | W | Al |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-------------------|------------|
| 45A | 0.42 ~ 0.50 | 0.50 ~ 0.80 | 0.17 ~ 0.37 | ≤ 0.025 | ≤ 0.025 | ≤ 0.30 | — | ≤ 0.30 | — | ≤ 0.20 | — | — |
| 34CrMo | 0.30 ~ 0.40 | 0.40 ~ 0.70 | 0.17 ~ 0.37 | ≤ 0.025 | ≤ 0.025 | 0.90 ~ 1.30 | 0.20 ~ 0.30 | ≤ 0.50 | — | ≤ 0.20 | — | — |
| 34CrMo1 | 0.30 ~ 0.38 | 0.40 ~ 0.70 | 0.17 ~ 0.37 | ≤ 0.025 | ≤ 0.025 | 0.70 ~ 1.20 | 0.40 ~ 0.55 | ≤ 0.40 | — | ≤ 0.20 | — | — |
| 34CrNi3Mo | 0.30 ~ 0.40 | 0.50 ~ 0.80 | 0.17 ~ 0.37 | ≤ 0.025 | ≤ 0.025 | 0.70 ~ 1.10 | 0.25 ~ 0.40 | 2.75 ~ 3.25 | — | ≤ 0.20 | — | — |
| 20Cr3WMoV | 0.17 ~ 0.24 | 0.30 ~ 0.60 | 0.20 ~ 0.50 | ≤ 0.025 | ≤ 0.025 | 2.60 ~ 3.00 | 0.25 ~ 0.50 | ≤ 0.50 | 0.70 ~ 0.90 | ≤ 0.20 | 0.30 ~ 0.60 | ≤ 0.010 |

续表 1 %

| 钢 种 | C | Mn | Si | P | S | Cr | Mo | Ni | V | Cu | W | Al |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|---|------------|
| 30Cr1Mo1V | 0.27 ~ 0.34 | 0.70 ~ 1.00 | 0.17 ~ 0.37 | ≤ 0.025 | ≤ 0.025 | 1.05 ~ 1.35 | 1.00 ~ 1.30 | ≤ 0.50 | 0.21 ~ 0.29 | ≤ 0.20 | — | ≤ 0.010 |
| 25CrNiMoV | 0.20 ~ 0.28 | 0.30 ~ 0.60 | 0.17 ~ 0.37 | ≤ 0.025 | ≤ 0.025 | 1.00 ~ 1.50 | 0.25 ~ 0.45 | 1.00 ~ 1.50 | 0.07 ~ 0.15 | ≤ 0.20 | — | — |
| 28CrMnNiV | 0.25 ~ 0.30 | 0.30 ~ 0.80 | ≤ 0.30 | ≤ 0.025 | ≤ 0.025 | 1.10 ~ 1.40 | 0.80 ~ 1.00 | 0.50 ~ 0.75 | 0.25 ~ 0.35 | ≤ 0.20 | — | ≤ 0.010 |

表 2 化学成分允许偏差 %

| 化学成分 | C | Mn | | P | S | Si | Ni | | Cr | Mo | V | Cu | Al |
|------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | 成分上限 | | | | | 成分上限 | | | | | | |
| | | ≤0.9 | >0.9 | | | | ≤2.00 | >2.00 | | | | | |
| 允许偏差 | ±0.02 | ±0.03 | ±0.04 | +0.005 | +0.005 | ±0.02 | ±0.03 | ±0.07 | ±0.05 | ±0.02 | ±0.01 | ±0.02 | +0.005 |

4.3 力学性能

除另有规定外，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 | | | | | | |
|-----------------------|------|---------|--------------------|--|---------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|
| | | 280 | 350 | 500 | 600 | 700 | 750 | 650 |
| $\sigma_{0.2}$ MPa | 纵向 | 280 | 350 | 500 | 600 | 700 | 750 | 650 |
| | 切向 | 270 | 330 | 480 | 570 | 670 | 710 | 620 |
| σ_b MPa | 纵向 | 520 | 580 | 650 | 720 | 820 | 870 | 800 |
| | 切向 | 490 | 550 | 620 | 680 | 780 | 830 | 760 |
| δ_5 % | 纵向 | 19 | 17 | 15 | 15 | 14 | 13 | 13 |
| | 切向 | 14 | 13 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 |
| ψ % | 纵向 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| | 切向 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| A_{KU} J | 纵向 | 31 | 39 | 47 | 47 | 47 | 47 | 39 |
| | 切向 | 23 | 31 | 39 | 39 | 39 | 39 | 31 |
| 冷弯角度 ¹⁾ | 180 | 180 | 180 | 160 | 160 | 150 | 150 | 150 |
| 推荐用钢 | | 45A | 34CrMo 34CrMo1A | 34CrMo 34CrMo1A 28CrNiMoA 25CrNiMoV | 34CrMo 34CrMo1A 25CrNiMoV | 34CrNi3Mo | 34CrNi3Mo | 20Cr3WMoV 30Cr1Mo1 |

注：表中数值为最小值。

1) 订货合同未规定的不作为验收依据。

4.4 硬度均匀性

4.4.1 在同一圆弧表面上各点间的硬度差不应超过 30 HBS，同一轴线上各点间的硬度差不应超过 40 HBS。

4.4.2 硬度值不作为验收依据。

4.5 无损检验

4.5.1 一般要求

锻件不允许有裂纹、白点、缩孔、折叠、过度的偏析等缺陷。

4.5.2 磁粉（或酸洗）检验

除非另有规定，供方应保证磁粉（或酸洗）检验符合以下规定。

4.5.2.1 轴承部位表面不允许有长度大于 1.5 mm 的缺陷显示。在任意 25 cm² 面积上允许长度 1~1.5 mm 的缺陷显示不超过 5 个。每个轴承部位不允许有 15 个以上缺陷显示。

4.5.2.2 轴承部位以外外圆表面不允许有长度超过 3 mm 的缺陷显示。

注：25 cm² 面积是指最大边长为 15 cm 的矩形面积。

4.5.2.3 不符合上述规定的缺陷，经需方同意允许对缺陷进行局部研磨抛光，抛光深度不应超过 1.6 mm，并应与周围表面光滑过渡。

4.5.3 超声波检验

除非另有规定，超声检验应符合以下规定。

4.5.3.1 当量直径小于 2 mm 的单个分散缺陷不计。

4.5.3.2 转子体任何部位不得有当量直径大于 5 mm 的缺陷，且叶根槽加深 25 mm，传动端轴承及以外部位不允许当量直径大于 3 mm 的缺陷。

4.5.3.3 不允许有当量直径大于或等于 2 mm 的密集缺陷。

4.5.3.4 不允许有游动信号及连续缺陷信号。

4.5.3.5 提供锻件材料纵波 2~2.5 MHz 衰减系数的实测数据。

4.5.3.6 大于或等于 $\phi 2$ mm 当量单个缺陷，应以三维坐标标注其位置，并在合格证书中注明。

4.5.3.7 超过上述要求的缺陷应报告需方，双方协商处理。

注：密集缺陷信号是指在边长 50 mm 立方体内，数量不少于 5 个，当量直径不小于 2 mm 的缺陷信号。

4.5.4 中心孔

4.5.4.1 有中心孔的转子锻件，中心孔表面粗糙度 R_a 值为 3.2 μ m，中心孔表面不允许有裂纹、白点、残余缩孔和长度大于 4 mm 的可见缺陷显示以及非金属夹杂物等缺陷显示组成的密集区。另有以下规定：

a. 长度等于或大于 1.5 mm 的缺陷显示应记录其轴向和周向的位置，并报告需方；

b. 在 60 cm² 面积内，不允许有长度在 1.5 mm 以下细小缺陷显示 10 个；

c. 长度为 1.5~3 mm 分散的缺陷显示不允许超过 10 个，长度为 3~5 mm 分散的缺陷显示不允许超过 5 个。

4.5.4.2 超出上述的缺陷允许打磨去除，打磨深度不得超过 1.6 mm，并与周围表面光滑过渡，经需方同意可扩大中心孔。

4.6 直线度

锻件交货时，其轴心线直线度公差值在直径为 3 mm 的圆柱体内。

4.7 金相组织

4.7.1 晶粒度

当要求检验晶粒度时，应在订货合同中注明。除非另有规定，平均晶粒度不应粗于 4.0 级。

4.7.2 夹杂物

当要求检验夹杂物时，应在订货合同中注明。除非另有规定，A、B、C、D 四种类型夹杂物均不得超过 3.0 级。

4.7.3 硫印试验

需方有权进行硫印检验。供方不进行此项检验，但应保证其结果不大于 3 级，大于 3 级时双方协商处理。

4.8 冷弯

需方有权进行冷弯性能检验。供方不进行此项检验，但应保证结果符合表 3 规定。

4.9 FATT₅₀

当要求检验 FATT₅₀ 值时，应在订货合同中注明，并规定脆性转变温度和试样部位。

4.10 热稳定性试验

需方应进行热稳定性试验，供方应对试验结果负责。

4.11 高温力学性能

4.11.1 首次生产的同一材料、同一规格、高温工作的转子体应进行高温力学性能测定。

4.11.2 当要求供方测定高温力学性能时，应在订货合同中注明，并规定取样部位和要求。

5 检验规则与试验方法

5.1 化学成分分析

5.1.1 每炉钢水应进行熔炼分析。

5.1.2 产品分析的试样取自锻件的切向或纵向试样。

5.1.3 化学成分分析试样取样按 GB 222 规定。

5.1.4 化学成分分析按 GB 223 或保证分析质量的其他分析方法。

5.2 力学性能

5.2.1 试样取样

除非另有规定，锻件在性能热处理后取力学性能试样，取样部位按以下规定。

5.2.1.1 纵向试样

a. 交货重量小于或等于 1 t 的锻件，供方在任一端距外表面 1/3 处（无中心孔）或 1/2 厚度处（有中心孔），取 1 个纵向拉伸试样和 2 个冲击试样，需方在另一端取样验收。

b. 交货重量超过 1 t 的锻件，在其两端各取 1 个纵向拉伸试样和 2 个冲击试样。

5.2.1.2 切向试样

a. 交货重量小于或等于 6 t 的转子体锻件，在轴身进汽端上切取 1 个切向拉伸试样和 2 个冲击试样。

b. 交货重量超过 6 t 的转子体锻件，在轴身两端各取 1 个切向拉伸试样和 2 个冲击试样。

5.2.1.3 采用锯割取样时锻件应留双倍试样，并在粗加工图样上标明试样位置。采用套料取样时，供需双方共用一轴端试料。

5.2.2 拉伸试样制备与切取试样应符合 GB 6397 规定的短比例试样。

5.2.3 拉伸试验按 GB 228 的规定，高温拉伸试验按 GB 6395 的规定。

5.2.4 冲击试验按 GB 229 的规定。

5.3 硬度均匀性

性能热处理后进行硬度均匀性检验。

5.3.1 检验部位

5.3.1.1 主轴锻件：在两轴颈外圆相隔 90° 各测 4 点，共测 8 点。

5.3.1.2 转子体锻件：在锻件两轴颈、轴身部位外圆表面相隔 90° 测 4 点，共测 12 点。

5.3.2 硬度检验方法按 GB 231 规定。

5.4 冷弯试验

当要求冷弯试验时，应在轴端取 10 mm×20 mm×160 mm 试样，试样之棱边为半径 1 mm 的圆弧，弯芯直径为 40 mm。试验方法按 GB 232 的规定。

5.5 酸洗或磁粉检验

酸洗或磁粉检验应在需方进行。

5.5.1 半粗加工后应在轴承部位、轴身端面及轴身过渡区进行酸洗或磁粉检验。

5.5.1.1 粗加工后进行表面宏观检验，必要时可进行磁粉检验，检验部位表面粗糙度 R_a 值为 $3.2 \mu m$ 。

5.5.2 磁粉检验方法按 JB/ZQ 6101 或其他公认的方法。

5.5.3 酸洗检验方法

进行酸洗的部位表面粗糙度 R_a 值为 $1.6 \mu m$ 。酸洗时先用 15% 的过硫酸铵水溶液，然后用 10% 硝酸水溶液，酸洗时间分别不少于 15 min。酸洗后进行两次检查，第一次检查在酸洗后 10 min，第二次检查在酸洗后不少于 12 h。

5.6 超声波检验

5.6.1 超声波检验应在调质处理和粗加工后对锻件全部可探测表面进行检验。

5.6.2 需重新热处理的锻件，在重新热处理后应再次进行超声波检验。

5.6.3 超声波检验方法按 JB 1581 的规定。

5.7 热稳定试验

当要求做热稳定试验，应在需方进行。检验方法按 ZB J32 005 的规定。

5.8 中心孔检查

5.8.1 有中心孔的转子体锻件应检查中心孔尺寸和内孔表面。

5.8.2 除非另有规定，一般用窥膛仪检查。

5.9 金相检验

5.9.1 除非另有规定，测定晶粒度的试样取自本体切向试样，主轴取自轴端纵向试样，检验方法按 GB 6394 的规定。

5.9.2 除非另有规定，硫印检验方法按 GB 4236 的规定。硫印评级仅限于横向切片，并按 JB/ZQ 6134 进行。

5.9.3 除非另有规定，夹杂物检验方法按 GB 10561 附录 A 评级图 I 进行评定，取样部位同本标准第 5.9.1 条规定。

5.10 残余应力

5.10.1 锻件出厂前应做残余应力检查，试样取自锻件切向试样的同一部位。

5.10.2 转子体的叶轮直径小于 $\phi 300 mm$ 和主轴不测定残余应力。

5.10.3 除非另有规定，一般采用切环法和环芯电阻应变法测定残余应力。切环法取试样尺寸 $25 mm \times 25 mm$ 的圆环，用测量该环切割前后平均变形量的方法计算残余应力。

5.10.4 残余应力计算公式：

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

式中： σ_r ——残余应力，MPa；

δ ——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。

5.11 复试

5.11.1 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，则不得复试。

5.11.2 由于设备故障或试样制备不良而使某项试验结果不合格时，可在锻件相邻位置取样重试。

5.11.3 拉伸试验结果有一项不符合要求时，应在邻近处取 2 个补充试样进行拉伸试验，2 个试样的各项试验结果，均应达到要求。

5.11.4 室温冲击值低于规定的下限时允许复试。复试时应在邻近处取 2 个补充试样进行冲击试验，2 个试样的冲击值均应符合表 3 规定。

5.12 重新热处理

5.12.1 当锻件的任一力学性能复试结果仍不合格时，允许重新热处理，并重新取样。

5.12.2 锻件重新热处理次数，一般不得超过 2 次（指重新淬火）。

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。

6.2 需方有权选择锻件的某些验收试验项目，在验收试验或在以后的加工或试验中发现锻件不符合本标准和订货合同中规定的补充技术要求时，需方应及时通知供方，双方协商解决。

6.3 供方应向需方提供合格证书，合格证书应包括以下内容：

- a. 合同号；
- b. 锻件图号；
- c. 标准号、锻件级别和钢种；
- d. 熔炼炉号和熔炼方法；
- e. 熔炼分析和成品分析结果；
- f. 钢锭主要尺寸和锻件的实际锻造比；
- g. 各次热处理的实际温度、保温时间和冷却方式；
- h. 力学性能的检验结果；
- i. 其他检验和需方要求补充检验的结果；
- j. 交货锻件的实际尺寸和重量。

7 标志和包装

7.1 供方应在每个锻件相当于钢锭下部打上合同号、炉号、件号等标记，并用白漆圈上。

7.2 供方应对每个锻件的外表面和中心孔表面涂防锈剂，中心孔两头用木塞堵严，以防止运输和保管过程中损坏或腐蚀。

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。

本标准主要起草人蒋新亮、章秀山、田运江、刘晓光。

中 华 人 民 共 和 国
机 械 行 业 标 准
25 MW 以下汽轮机
转子体和主轴锻件技术条件
JB/T 7025—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 3/4 字数 14,000
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 1324

机械工业标准服务网: <http://www.JB.ac.cn>