

指南编号/Guideline No.W-05(202601)



W-05

锻钢件

生效日期/Issued date:2026 年 01 月 01 日

©中国船级社 China Classification Society

前言

中国船级社（以下简称“本社”）产品检验指南规定了拟申请本社认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求，但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由本社编写和更新，通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 service@ccs.org.cn。

历史发布版本及发布时间: W-05(201510) 2015年10月20日

W-05(201705) 2017年05月09日

W-05(202204) 2022年04月24日

W-05(202307) 2023年07月01日

本版本主要修改内容:

修订 7.4.5 条，增加评价材料抗断裂能力的试验标准。

目 录

1 适用范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语及定义	4
4 图纸资料	4
5 技术要求	6
6 原材料及零部件	6
7 型式试验	6
8 单件/单批检验	10

锻钢件

1 适用范围

1.1 本指南适用于按照 CCS《钢质海船入级规范》、CCS《材料与焊接规范》要求制造的船体、机械、受压容器及管系用的锻钢件。采用 CCS 规范规定以外的碳钢、碳锰钢或合金钢时，应将其化学成分、力学性能和热处理规程等资料提交本社认可，经同意后，可按 CCS 接受的有关标准验收。

1.2 本指南也适用于代替锻钢件的轧制扁坯和方坯，以及用于机加工制造轴类、螺栓、螺柱及形状类似的其他部件的轧制圆钢。

1.3 锻钢件应由本社认可的工厂制造。

2 规范性引用文件

2.1 锻钢件认可和检验应依据下列文件：

- (1) CCS《钢质海船入级规范》
- (2) CCS《材料与焊接规范》
- (3) 相关国家标准/国际标准

3 术语及定义

无

4 图纸资料

4.1 拟取得 CCS 工厂认可的单位，应提交下列图纸和资料供 CCS 审查：

- (1) 工厂基本资料
 - ① 工厂概况：工厂名称、地址、生产历史、生产能力、技术和检验人员、主要产品、隶属关系、产品商标等；
 - ② 申请认可产品的简要生产工艺；
 - ③ 质量管理文件；
 - ④ 企业注册登记证明；
 - ⑤ 资质证明和/或生产许可证；

- ⑥ 产品质量证明书样本；
- ⑦ 质量控制计划，如适用。

(2) 申请认可产品明细

锻钢件产品类别及用途(如船体结构用、轴系和机械用、压力容器及管系用锻钢件等)，材料种类(如碳钢和碳锰钢、低合金钢等)，申请认可最大锻件重量及相关尺寸，冶炼方式、锻造方式(自由锻、模锻、连续纤维锻等)，坯料种类(如钢锭、方坯)，热处理方法(正火、正火+回火、调质等)和表面交货状态等。对最大锻件重量及相关尺寸的解释为：

对自由锻件：分为轴类、饼/盘类、圈类，其中，轴类件按最大重量和直径计算，饼/盘、圈类，按高/厚度和直径计算；

对模锻件：按最大投影面积计算；

对连续纤维锻件：按直径和重量计算。

(3) 主要生产设备清单，包括下列设备相关的技术参数：

- ① 冶炼炉外精炼及真空处理设备能力 (如有时)；
- ② 锻造设备的最大锻造能力；
- ③ 加热炉及热处理炉的型式(如容量、燃料种类、温度控制方法、测温点的布置以及热处理采用的冷却装置)；
- ④ 锻件表面强化处理方式和设备(如有时)；
- ⑤ 起重设备。

(4) 测试试验设备清单，包括下列设备相关的技术参数：

- ① 化学成分分析方法(如化学分析、光谱)及分析元素；
- ② 力学性能(包括硬度)；
- ③ 无损检测设备；
- ④ 金相；
- ⑤ 上述设备法定检验单位和鉴/检定有效期。

- (5) 试验、检验人员的资质证明
- (6) 简述基本生产工艺流程，提交典型产品生产流程各阶段的工艺卡
- (7) 锻件炉号和批号的标识及追溯管理规定或相关描述
- (8) 外购坯料管理规定或相关描述：
 - ① 对于坯料需要外购的锻件生产厂，应向经过本社认可的坯料生产厂订购坯料，即用于锻件制造的坯料应由 CCS 认可的工厂制造；
 - ② 工厂认可时，锻造厂应提供经评审合格的坯料生产厂的清单以供 CCS 备查，当清单变更时应经报经 CCS 同意。锻造厂采购的钢锭/坯应是在 CCS 认可范围内，进厂后应至少按炉进行一次化学成分复验。

4.2 认可型式试验大纲应提交 CCS 批准。

5 技术要求

5.1 拉伸、冲击、冷弯试验方法应符合 CCS《材料与焊接规范》第一篇第二章的有关要求。

5.2 低倍组织、硫印、高倍金相应符合公认的有关标准。

5.3 除图纸要求或另有协议外，无损检测的结果应符合 CCS《船舶焊接检验指南》第7章附录7A的规定或相关公认标准的要求。如采用先进无损检测(ANDT)技术，应满足《材料与焊接规范》第3篇附录2的要求。

5.4 化学成分分析方法及分析误差应符合公认的有关标准。

6 原材料及零部件

用于锻件制造的坯料应由本社认可的工厂制造。

7 型式试验

7.1 型式试验大纲的确定。

在进行工厂认可型式试验之前，CCS 与申请方应协商确定认可产品型式试验大纲。型式试验大纲可以由申请方提出，经 CCS 确认、批准；也可以由 CCS 提出，经申请方确认。型式试验大纲应包括以下内容：

- (1) 申请认可产品的锻钢件类型及用途(如船体结构用、轴系和机械用、受压容器及管系用锻钢件等), 材料类型(如碳钢和碳锰钢、低合金钢等), 申请认可最大锻件重量及相关尺寸, 锻造方式(自由锻、模锻、连续纤维锻等)
- (2) 进行型式试验所选择的典型产品的产品名称、图号、钢级/牌号、重量和尺寸;
- (3) 型式试验的项目及采用规范和产品标准、方法标准。

7.2 典型产品选取。

型式试验的典型产品应按下述原则选取:

- (1) 不同锻造方式(自由锻、模锻、连续纤维锻等)应分别选取典型锻钢件;
- (2) 根据申请认可产品的锻件类型(结构用、轴系、齿轮锻钢件等)原则上每类型锻件选取一个具有代表性的典型产品, 且应覆盖所申请的材料类型;
- (3) 初次认可时至少应选择一件能反映制造厂最大锻造能力最大毛坯重量或最大尺寸 80%以上具有代表性的典型产品, 如本社认为必要, 可以加取另外一件锻钢件进行相关的试验或检查;
- (4) 典型产品可结合现有订货合同选取, 对船用锻件该产品设计图纸及技术条件须事先得到 CCS 认可或审批, 如果不是船用锻件该产品材料的技术条件要基本符合 CCS 规范对该类型锻件的要求。

7.3 当选定典型产品作为认可样品时, 锻件制造厂还应针对认可样品提供下述资料:

- (1) 锻件产品图纸(包括取样位置)及材料技术要求包括化学成分、力学性能及无损检测要求;
- (2) 锻造工艺及锻造比;
- (3) 热处理工艺。

7.4 型式试验项目及要求

7.4.1 碳钢、碳锰钢、合金钢化学成分分析元素应包括 CCS《材料与焊接规范》相关锻钢件种类中规定的化学成分; 合金钢技术标准、技术条件和专利产

品中规定的元素；

7.4.2 拉伸试验、冲击试验、硬度和冷弯（如有时）试验的取样数量取决于锻件单件重量及尺寸：

- (1) 根据不同用途的锻钢件，取样的要求详见材料规范；
- (2) 力学性能试验按照 CCS《材料与焊接规范》的有关要求进行，如没有规定，可按接受的有关标准进行试验。

7.4.3 硬度试验的试样可在拉伸试样或冲击试样（在试验中未发生变形的区段）上截取。

7.4.4 产品的超声波检测和外观检查。

7.4.5 对于环形锻钢件（回转支承用），应进行 CTOD 试验和其他经 CCS 同意的评价材料抗断裂能力的试验，以及疲劳试验（要求参考 GB/T4337 金属旋转弯曲疲劳试验方法）。

7.4.6 合金钢中间轴锻钢件特别要求

对于（ $800 \text{ (N/mm}^2 < R_m < 950 \text{ (N/mm}^2)$ ）合金钢中间轴锻钢件有以下要求：

- (1) 这类锻钢件需做扭转疲劳试验：试样分为有缺口试验和无缺口试验两种。在计算有缺口试验的应力集中系数时，疲劳强度折减系数 β 的取值应考虑设计时标准所允许的最大扭转应力集中。

① 试验的条件见表 7.4.6(1)：

扭转疲劳试验

表 7.4.6(1)

应力加载类型	应力比	负载波形	评估	试验终止循环次数（周期）
扭转	$R=-1$	恒振幅正弦	S-N 曲线	1×10^7

② 试验的验收标准：

测量的高周疲劳强度 τ_{c1} 和低周疲劳强度 τ_{c2} 应不小于通过下列公式计算所得的结果：

$$\tau_{c1} \geq \tau_c, \lambda=0 = \frac{\sigma_B + 160}{6} \times C_K C_D$$

$$\tau_{c2} \geq 1.7 \times \frac{1}{\sqrt{C_K}} \tau_{c1}$$

$$C_K = \frac{1.45}{scf} \quad k = \left[\frac{scf}{1.45} \right]^x$$

$$scf = \alpha_{t(hole)} + 0.8 \times \frac{(1-e)/d}{\sqrt{(1-\frac{d_i}{d}) \times \frac{e}{d}}}$$

$$\alpha_{t(hole)} = 2.3 - 3 \times \frac{e}{d} + 15 \left(\frac{e}{d} \right)^2 + 10 \left(\frac{e}{d} \right)^2 \left(\frac{d_i}{d} \right)^2$$

其中， C_K (相对于高周疲劳)为特定轴设计特点因子

scf为应力集中系数，详见M68.7.3(无缺口试样)

$C_D = 0.35 + 0.93d_0^{-0.2}$ ，为尺寸因数， d_0 为试样外径，详见M68.5

σ_B 为规定的轴材料每平方毫米上所受的最小抗拉强度

$\alpha_{t(hole)}$ 为径向孔的应力集中，其公式中 e =孔的直径、 d =最小直径、 d_i =实际的直径，有时可简化为 $\alpha_{t(hole)} = 2.3$ 。

- (2) 纯净度：这类钢测定的夹杂物（A、B、C、D、DS）等级应满足《材料与焊接规范》的要求。

7.4.7 当验船师认为必要时还应进行下列其它项目的试验：

- (1) 对于大型重要锻钢件低倍组织检查，硫印检查和高倍金相(夹杂物和晶粒度)检查，取样部位一般为冒口端；
- (2) 对精加工交货的锻钢件应进行表面着色或磁粉检测以检查锻件表面或近表面缺陷；
- (3) 整体曲轴采用模锻或其他保证曲轴的锻造纤维具有连续性的锻造方法除锻造工艺规程提交本社认可外，还要进行有关试验证实该锻钢件具有良好的连续纤维组织；
- (4) 对锻件表面进行表面处理和化学热处理的锻钢件除了进行表面硬度测定外还要测定表面淬硬层分布状况和淬硬层的深度，还应进行锻钢件本体的性能试验；
- (5) 对于工作温度高于 350°C 的锻钢件应测定高温力学性能数据；
- (6) 对精加工交货的锅炉受压容器和管子用空心锻钢件应进行必要的水压试验；

- (7) 对奥氏体不锈钢、双相钢锻件应进行晶晶间腐蚀试验、点蚀试验，具体试验按照 CCS《材料与焊接规范》的有关要求进行；
- (8) 对专利技术生产的船用柴油机锻件，应进行 CCS 批准的专利技术条件中规定的试验；
- (9) 对于用于-100℃及以下温度环境的奥氏体不锈钢锻钢件，应进行-196℃温度下的夏比 V 型缺口冲击试验。

8 单件/单批检验

8.1 根据本社持证清单要求，需持有本社产品证书的锻钢件，应申请本社检验，合格后才允许上船使用。对于重要用途（如船用轴舵系、柴油机零部件）的锻钢件图纸应提交本社审批的图纸。

8.2 单件/单批检验的主要步骤如下：

- (1) 锻造及热处理工艺审查（对重要用途锻件）；
- (2) 取样；
- (3) 试验；
- (4) 目检和无损检测；
- (5) 报告及资料审核。

根据锻钢件产品的不同生产阶段及表面交货状态具体可分为如下检验内容，见表 8.2(1)。

锻钢件产品检验内容表

表 8.2(1)

交货状态	检验项目
毛坯	桶样成分分析或坯料成分复验
	力学性能试样的取样、跟踪
	力学性能试验（检测项目为规范要求）
	外观检查
粗加工	超声波检测 ^①
	外观检查
精加工	磁粉/着色检测 ^①
	外观尺寸精度检查

注：①除图纸要求或另有协议外，无损检测的结果应符合 CCS《船舶焊接检验指南》

第 7 章附录 7A 的规定或相关公认标准的要求。如采用先进无损检测 (ANDT) 技术, 应满足《材料与焊接规范》第 3 篇附录 2 的要求。

②除本社验船师同意外, 所有检测应验船师在场时进行。

对于按批试验的小型重要锻钢件 (压力容器、连杆、曲轴、贯穿螺栓), 验船师认为有必要时可要求对每一锻钢件进行硬度试验, 硬度值的差异应符合表 8.2(2)中规定的与抗拉强度有关的值。

硬度的差异

表 8. 2(2)

规定的最小抗拉强度 $R_m(N/mm^2)$	布氏硬度的差异(HB)
$R_m < 600$	25
$600 \leq R_m < 900$	35
$R_m \geq 900$	42

8.3 经检验合格的产品需逐件打上 CCS 钢印。

8.4 制造厂应对每一锻钢件或成批量交验合格的锻钢件提供至少包括下列内容的工厂质量证明书:

- (1) 订货方的名称和合同号;
- (2) 锻钢件的名称、图号、钢级 (牌号)、表面交货状态;
- (3) 冶炼方法、炉罐号和熔炼化学成分分析;
- (4) 热处理资料, 包括热处理温度和保温时间;
- (5) 力学性能试验结果;
- (6) 低倍组织检查结果(如有时);
- (7) 锻造比;
- (8) 试验压力(如有时);
- (9) 无损检测的方法及结果 (如进行)。