中 国 船 级 社

船用锻钢件检验须知

版本号：XMPM04-1.0-2003

生效日期：2003.03.01

目 录

A. 冶炼、锻制要求

B. 热处理要求

C. 化学成份分析

D. 力学性能试验

E. 目检和无损检测

F. 锻件缺陷修整

G. 锻钢件质量证书

中国船级社工业产品处

A 冶炼、锻制要求

1、制造锻件所用钢材，应采用电弧炉或碱性吹氧转炉冶炼，也可采用电渣重熔钢锭。脱氧方法为镇静处理和细化晶粒处理。对于重要的大型锻件（如低速柴油机锻件，发电机转轴，螺旋桨轴等）必要时，应经过炉外精炼工艺。

2、锻件使用的钢锭、锻坯或轧材（轧制坯或型钢）的钢号、等级必须符合锻件产品图样和技术条件规定。如果没有相符的钢锭或轧材时，须经订货方认可或本社同意后，可按工厂规定的现有材料代用制度代用，有关记录文件将在本社备案。

3、钢锭应在金属铸型中铸成，应采用尽可能大的横截面积和有效的冒口。

4、每个钢锭的头尾部应有足够的切除量，以保证锻件无缩孔和无严重偏析。

5、制造厂自行熔炼的钢锭，应经本厂检验部门的相关检验，签署合格证后，方可锻造。

6、对制造厂不具备炼钢设备时，锻件选用的钢锭或锻坯必须由本社认可的钢厂或锻造厂提供，并持有效的质量保证书(包括化学成份、钢号或等级内容)。

7、对锻造使用的轧材（轧制坯或型钢），应持有有效的钢厂质量保证书。对无保证书的轧材,须经船级社特别许可，且在验船师见证下,进行相关的试验,符合规定要求的情况下才能进行锻造。在锻造前必须对轧材的表面进行处理，不得将带有缺陷的轧材进行锻造。

8、锻钢件的锻造比应符合本社规范的规定。也可参照下列规定：

① 当用钢锭锻造成锻件时，如果按主体断面计算，则锻造时未进行镦粗者，其锻造比不应小于 3，锻造时经镦粗者，其锻造比不应小于 2.5；如果按法兰或其他凸出部分计算，则锻造比不应小于 1.7。

② 当用轧材锻造成锻件时，如果按主体断面计算，则其锻造比不小于 1.5，如果按法兰或其他凸出部分计算，则不应小于 1.3。

9、在锻造过程中，锻件毛坯的加热、冷却、始锻和终锻温度，应按加热规范进行，并对重要锻件做出质量和其相关的记录。

10、对于高合金钢锭,在锻造前应首先进行扩散退火（去氢退火）处理。

11、锻件的形状和尺寸应符合锻件图样和工艺文件的要求，由制造厂专门检验员监督检验。

12、毛坯状态下交货的锻件或锻坯，不允许有肉眼可见的表面裂纹、重皮、缩孔及外来非金属夹杂物。表面缺陷可用铲、凿、削或砂轮磨削的办法修整，修整后应保证足够的精加工余量。重要锻件制造厂应进行超声波探伤质量保证。

13、制造厂应采用能使所有完工锻件能追溯原始炉号的识别标志体系，并向验船师提供充分的证据，能在需要时追溯该锻件。

B **热处理要求**

1、锻钢件经热锻后，在适当的加工阶段，应进行最终热处理，以使细化晶粒组织并获得所要求的力学性能。

2、对于重要的大型锻件(定义为：1000 吨以上水压机生产的自由锻件，相当于单重5t 以上轴类锻件或单重2t 以上盘形类锻件)必须经过锻后热处理,又称第一热处理或预备热处理。通常是紧接在锻造过程完成之后进行的。这种锻后热处理的目的是：

① 消除锻造应力，降低锻件的表面硬度，提高其切削加工性能。

② 调整与改善锻件在锻造过程中所形成的过热与粗大组织，降低锻件内部组织的不均匀性，细化钢的奥化体晶粒；提高锻件的超声波探伤性能，消除草状波，使得锻件中的各种内部缺陷都能够较清晰地显示出来，以杜绝不合格锻件向下道工序转移。

③ 确定为保证锻件中不出现白点缺陷所必须的去氢退火时间，将在锻后热处理工艺过程中给予考虑和安排。

上述重要的大型锻件应包括：低速柴油机锻件、曲轴、发电机转轴和大型船舶的桨轴、尾轴、中间轴、舵杆等。

3、热处理应在适当结构的炉内进行，该炉应状态良好，并设有能控制和记录温度的有效装置。炉子的大小应使整个锻件能均匀地加热至所需的温度。

4、由于某种原因，锻件热处理后如需重新加热进一步热锻时，则锻件应再作一次热处理。

5、在最后热处理后如需进行任何矫直操作时，则应对该锻件进行消除应力处理。

6、船用锻钢件应在下列状态之一下交货：

大型锻件：碳钢和碳锰钢：　　正火+回火

　　淬火+回火

合　金　钢：　　淬火+回火

各类钢的回火温度不应小于 550℃（高温回火）

小型锻件也可在完全退火或正火状态交货（适用于碳钢和碳锰钢）

说明:对船体结构锻钢件一般不采用淬火+回火热处理。

7、对某些锻件（如齿轮、曲轴等）设计要求表面耐磨，具有较高表面接触疲劳强度,较好的承截能力和使用寿命时,制造厂应对锻件采用表面热

处理（高频、中频、工频感应加热淬火或火焰表面淬火）或化学热处理（渗碳、碳氮共渗或渗氮）。其工艺规程、技术条件等资料应提交本社认可。必要时验船师应对处理后的锻件表面质量（包括表面硬度，硬化层分布状况、硬化层深度、金相组织，表面碳含量、表面氮含量及外观检查等）进行检验。

C 化学成份分析

1、桶样分析：①应在每炉（包）浇注时取样分析。对于多炉合浇的大钢锭应报告权重分析结果。②如果试样丢失或者不适于做化学分析，也可在钢锭表面适当部位另取替代试样。③由轧材锻制成的锻件，其化学成份应以钢厂的质量保证书为依据。

2、锻件产品分析：

如果验船师对桶样分析结果有疑义，可对熔炼号浇出的或多炉合浇钢锭所锻制的一个代表锻件上取适当的样品，核查其化学成份。试样可以取自锻件本体或其延长部分。对于园盘或实心锻件，在由 1/2 半径处到外径之间的任何一点上取样。对于园形或环形锻件，在 1/2 壁厚处理处取样。试样也可在力学性能原样上取样。锻件成品化学分析允许偏差量（范围）应符合相应的国际或国家标准的要求。

3、锻钢件的桶样化学成份应符合本社规定有关章节的规定，具体化学成份的设计应适合于锻件的钢材种类、锻件类别、锻件的尺寸和规定的力学性能。

在符合本社规范的条件下，锻件桶样化学成份可参照下列国家标准和行业标准执行。

GB/T699　　优质碳素结构钢技术条件

GB/T1591　　低合金结构钢

GB/T3077　　合金结构钢技术条件

JB/ZQ4287　优质碳素结构钢

JB/ZQ4288　合金结构钢

4、除另有规定外，制造厂可使用适当的晶粒细化元素，如 Ae、Nb、V 等，这些元素的含量应在化学分析报告中注明。

5、对苏尔寿、B&W 等专利柴油机锻件，其钢种和化学成份应符合批准的专利技术条件要求。

D　力学性能

1、试验试块取样数量、位置和方向

a、一般规定

①　锻件单件重量小于 100 kg，每批（同炉号、同炉热处理），抽查 10%，但不得少于 1 个试块。

②　锻件单件重量 100 kg～250 kg，每批（同炉号、同炉热处理），抽查 20%，但不得少于 1 个试块。

③　锻件单件重量 251 kg～500 kg，每批（同炉号、同炉热处理），抽查 30%，但不得少于 1 个试块。

④　锻件单件重量 510 kg～1000 kg，（同炉热处理），每根坯料锻 5 件以下留取一个试块。锻 5 件以上留取 2 个试块。

⑤　锻件单件重量大于 1000 kg 或长度大于 3 m（重量不限），从每个锻件的一端（相当于钢锭冒口端）留取 1 个试块。

⑥　锻件单件重量大于 4 t，且长度大于 3 m，从每个锻件的两端留取试块。

⑦　长度大于 6 m（重量不限），从每个锻件的两端留取试块。

注：①上述锻件重量指热处理时重量，锻件的重量和长度不包括试块

的重量和长度。

②整体锻成而在热处理后再割开的数个锻件，可以视为一个锻件。

b、上述规定适用于船体、轴系和机械锻件。对于曲轴、齿轮锻件取样须按本社规范的规定进行。

c、锻件的试块一般应连在锻件本体上，小型锻件或某些锻件在本体上留取试块有困难时，允许用锻件本体的材料另锻试块，并需作标记，但要尽量与锻件的截面相当，试块和锻件应同一锻造条件，同炉热处理。

d、试块应尽可能留在锻件的纵向，但根据需要也可留在锻件的横向或切向。

e、实心园柱形锻件，在距表面 1/3 半径取样处取样。空心园柱形锻件，在壁厚 1/2 处取样。实心矩形锻件在 1/6 对角线处取样。上述尺寸参照锻件精加工尺寸选取。

f、直径或厚度小于或等于 50mm 的锻件，允许在锻件中心取样。

g、某些特殊要求的锻件，应按该图纸上规定的取样部位取样。

h、试样应在最终热处理后的锻件上冷态切取试样，不允许再进行热加工。

2、试样横截面积与尺寸：

①拉伸试样横截面积应不小于 150mm^2

②通常，拉伸试样尺寸：直径 14mm　标距 70 mm。

3、试样的作废

当出现下列情况之一时，试验结果无效，可重新取样进行试验，重新取样应在原试样邻近位置。

a、如果因试样制备不合要求或试验机操作不当而造成试验不合格时；

b、当拉伸试样的断裂面与最近标距端点之间距离小于标距长度的

1/3，而且伸长率达不到规定值时（在试验报告上要注明近点断）；

c、当试样上有缺陷（白点和裂纹除外）而导致试验结果不合格时。对缺陷是裂纹和非金属夹杂物和其他有害缺陷时，锻件应补做低倍检查及超声波探伤。

4、复试的规定

（1)除冲击试验外,如果任何一项力学性能试验结果未达到规定值时，可在不合格试样的取样邻近位置选取双倍数量的试样，对不合格的项目进行复试。

（2）当一组三个冲击试验的试验结果未满足要求时，如低于规定冲击功平均值的试验不超过 2 个，且其中低于规定冲击功平均值 70%的试样不超过 1 个，允许再取一组三个冲击试样进行复试。复试后，前后 6 个试样的冲击功平均值如满足规定的冲击功平均值的要求,且这 6 个试样结果中，低于冲击功平均值的试样不超过 2 个，其中低于规定冲击功平均值 70%的试样不超过 1 个时，该项试验认为合格，否则应认为不合格。

（3）对要求以热处理状态供应的锻件，试验结果不合格时，制造厂可重新进行热处理后应按原规定取样再提交试验。但正火或淬火处理的次数不得超过三次，回火次数不限。

（4）除白点和高倍以外的其他低倍检验结果不合格时，允许复验。

E　目检和无损探伤检测

1、目检

精加工完工的锻钢件，在验收时，应提交验船师对其表面质量进行目视检查。推荐方法：

（1）检查准备：

a、准备有关的检查器材：清洗剂、布或纸巾、照明器具、放大镜和记录用具。

b、被检查表面要达到规定的加工粗糙度。

c、检查人员要有较好的视力。（在表面粗糙度 Ra 达 1.6~0.8 上能容易检测出长度在 0.2mm 左右的砂眼状缺陷）

（2）检查方法顺序如下：

a、清洗被检查面，要用清洗液将表面的灰尘和油污完全擦去，要保持清洁。

b、设定检查范围，被检查面应是检查员容易看的姿势，从直上方看，限定在 90°角度范围，希望将检查的部位尽可能地划分在小范围内进行测试。

c、观察，在观察被检查面时请务必留意下列事项：

（1）和被检查面的距离以及方向；

（2）照明灯的亮度、位置及方向；

（3）保持稳定的姿势；

（4）必要时随时使用放大镜。

因此，规定视野的方向与被检查面要时常保持几乎是直角，并且是平行移动，如果必须中断检验，则进行再检查时，一定要从上次最终部位为起点，开始作检查。检查所用照明灯、放大镜的效果和在连续检查时稳定的姿势有关。检测出的缺陷都要作出标记。

d、记录：缺陷示意图、分布状态及缺陷大小（直径或长度）。

2、超声波探伤检测

锻钢件最终超声波探伤检测时，验船师应现场见证。

（1）锻钢件的探伤条件：

a、锻钢件探伤应安排在最终热处理（表面强化处理除外）之后的影响全面探伤的热加工（如钻孔、车锥体、铣键槽等）前进行，并尽量留有适当的加工余量。

b、锻钢件需经粗加工以获得有利于实施探伤的形状和表面状态。轴类、盘类锻件宜加工成园柱形或园筒形面，其端面应与轴线垂直。矩形和饼形锻件其表面应加工平整，其相对表面应相互平行。

c、探伤面应无妨碍探伤的氧化皮、划痕、油漆和污垢等异物，表面粗糙度 Ra：3.2~6.3μm。

d、锻件的机加工几何形状和表面粗糙度均应经检查，符合探伤要求后，方可委托探伤。

c、除另有规定外，锻件均应进行径向和轴向超声波探伤。

（2）探伤人员要求

a、探伤人员须持有“中国船舶无损检测人员资格认可委员会”颁发的超声波探伤人员资格证书，从事相适用的工作。

b、也可按 GB9445《无损检测人员资格鉴定通则》经省、市以上有关部门考核鉴定，并取得相应资格证书的人员担任。

c、签发探伤报告者必须持有超声波探伤Ⅱ级或Ⅱ级以上资格证书。

d、探伤人员的有关资料应备案本社检验机构。

e、验船师如果对资格证书有怀疑时，应进一步确认其有效性。

（3）验收标准：

（1）锻件超声波探伤标准一般应按批准图纸或订货合同指定标准进行。当指定标准明显不符合该类产品时或标准没有确定时，验船师应参照现行有效的国际、国家、行业、IACS 统一要求中与其相适用的标准，并得到设计部门的确认。（如有可能得到船东认可）

（2）专利技术柴油机（如苏尔寿、B&W 低速柴油机）锻件探伤标准应等效采用该专利公司规定的探伤标准和技术条件，检验规范进行。

（3）推荐的超声波探伤验收要求：

锻件类别	锻件名称	部位		缺陷记录限 mm	缺陷容许限 mm	底波衰减量 dB	缺陷最大延伸长度 mm	密集缺陷区总面积占探伤总面积的百分数 %
船体系锻件	舵杆、舵销、舵柄	锻件全部		Φ3	Φ6	≤12	≤15	<20
轴系及机械用锻件	桨轴、中间轴、推力轴、联轴节、连杆、活塞杆、活塞、十字头销，贯穿螺栓，气缸盖	表层区域		Φ2	Φ4	≤12	≤30	<10
		中心区域			Φ6		≤50	<20
曲轴系	整锻曲轴、曲臂	重要部位(曲臂、销臂、过度区)		Φ2	Φ3	≤6	不允许	不允许
		其它部位	表层区域		Φ4	≤12	≤30	<10
			中心区域		Φ6			
齿轮系	齿轮、齿圈、齿轮轴、齿套	齿部(包括齿根下20mm)		Φ2	Φ4	≤6	不允许	不允许
		齿轮轴及其它部位	表层区域			≤12	≤30	<10
			中心区域		Φ6		≤50	
		齿轮的其它部位		Φ3	Φ10	≤20	不评定	<20

说明：①表中所列表层区域为锻件表面至 1/6D 的区域（D 为检测部位的直径或厚度）；

②底波衰减速量大于 6dB 的区域应在探伤报告中说明；

③延伸性缺陷是探头至少在一个方向上连续扫描时，回波高度非均匀下降，其回波量值不小于记录限的缺陷。缺陷延长度采用半波高法或端部半波高法测定，且应考虑按探关的声域特性进行修正。

④ 有关锻钢件超声波探伤标准：

GB/T3907　　钢锻件超声波探伤标准

GB/T12604.1~12604.8　　无损检测名词述语

ZBU05008　　船用锻钢件超声波探伤

CB/T1159　　轴系锻件技术条件（附录 B）

美国 ASTM A388/A388M　大型锻件超声波检验方法标准

3　磁粉探伤和着色探伤检测

（1）精加工后的锻件磁探伤或着色探伤应按锻件产品用图纸、订货合同或专利公司指定的标准执行。

（2）对粗加工交货的锻件产品，验船师认为必要，可要求对其进行磁粉探伤检查，要求为：锻件不允许存在裂纹，单个线缺陷（裂痕长度小于 3 倍宽度的缺陷）不能大于 5mm，否则必须打磨.打磨探伤必须在加工余量的 75%范围内。两个缺陷的距离小于 5mm 的按一个缺陷处理。

F　锻件缺陷修整

锻件表面的轻微缺陷可以凿削，气刨或砂轮修磨光滑，并经目测或用着色探伤或磁粉探伤检查，证实该缺陷已被完全消除。锻件表面不允许用焊补方法修整缺陷,如需要对细小的和低应力区域的缺陷进行焊接时，应经验船师特别认可，并应提交修补详细情况和随后的检查程序。

G　锻钢件质量证明书

对已验收的每一锻件或每批锻件，制造厂应向需方和本社各提供一份包括下列内容的锻钢件质量证明书：

订货单位，锻件名称，用于船舶名称或设备名称/机型、机号，装置名称，合同编号，质量证书编号，锻件材料钢号、钢级，锻件重量，数量，图号，交货状态，热处理细节，重要尺寸，炼钢工艺，炉号，产品编号，桶样化学成份，力学性能试验结果，无损探伤标准和结果，锻造比，高、低倍金相试验结果（如有时），标印内容，试验压力（如有时）和制造厂的检验结论及有关签字。

锻钢件检验须知

编写人：　陈方