



中国船级社

材料与焊接规范

修改通报

2017

2017年7月1日生效

目录

第 1 篇 金属材料.....	3
第 1 章 通 则.....	3
第 2 节 试验与检验.....	3
第 2 章 材料的性能试验.....	3
第 1 节 一般规定.....	3
第 3 节 冲击试验.....	4
第 3 章 钢板、扁钢与型钢.....	4
第 1 节 一般规定.....	4
第 4 节 焊接结构用高强度钢.....	6
第 12 节 锚链及其附件用轧制圆钢.....	11
第 4 章 钢 管.....	14
第 1 节 一 般 规 定.....	14
第 5 章 锻 钢 件.....	14
第 1 节 一 般 规 定.....	14
第 6 章 铸 钢 件.....	14
第 1 节 一 般 规 定.....	14
第 2 节 船体结构用铸钢件.....	15
第 8 章 铝合金.....	15
第 2 节 铝合金板材与型材.....	15
第 10 章 设 备.....	17
第 3 节 海上设施定位用系泊链及其附件.....	17
第 2 篇 非金属材料.....	27
第 2 章 塑料材料.....	27
第 2 节 原材料.....	27
第 3 章 纤维增强塑料船体材料.....	28
第 1 节 一般规定.....	28
第 5 节 纤维增强塑料船直接计算用材料属性.....	28
第 3 篇 焊 接.....	29
第 2 章 焊接材料.....	29
第 3 节 电弧焊焊条.....	29
第 5 节 半自动、自动焊的焊丝与焊丝—气体.....	30
第 9 节 铝合金焊接材料.....	31
第 3 章 焊接工艺认可.....	31
第 2 节 对接焊工艺认可试验.....	31
第 3 节 角接焊工艺认可试验.....	33
第 4 节 倾斜或 T 形管节点全焊透工艺认可试验.....	33
第 5 章 船体结构的焊接.....	33
第 3 节 焊缝检验与修补.....	33
第 7 章 受压壳体的焊接.....	34
第 2 节 受压壳体的产品焊接试验.....	34
第 4 节 热 处 理.....	34

第 1 篇 金属材料

第 1 章 通 则

第 2 节 试验与检验

1.2.1 一般要求

1.2.1.1 性能试验通常应在验船师或其授权代表在场下进行，以验证试验结果是否满足规定的要求。

1.2.1.24 工厂应为验船师进入相关工作场所开展工作提供方便，并向验船师提供必要的资料，使其能按规范要求选样；见证检查试验设备校准、试验精度和材料的可追溯性；以及核实工厂是否按经认可的工艺规程进行生产，以及产品质量是否合格和稳定。

1.2.1.32 任何材料在后续的冷热加工、制造或试验过程中如发现并证实其不符合要求，即使该材料事先持有合格证书，也应予以报废。

1.2.2 化学分析

1.2.2.2 熔炼化学成分试样通常应在每炉钢出钢时从钢包、中间包或在连铸的结晶器中取样，取样方法应与认可时保持一致。当产品以不同炉次钢水在钢包中混合时，则应在钢包中取样。熔炼化学成分应以重量百分比报告。

1.2.2.3 工厂的化学分析报告可以得到 CCS 的承认，但若验船师有要求时，可进行取样核查。如果对材料的化学成分有疑问时，验船师亦可要求在材料或产品上取样作化学成分的复查。成品化学成分分析与炉罐取样熔炼化学成分分析之间偏差，应符合公认的标准要求。

1.2.8 材料的标记

1.2.8.2 合格的材料和产品均应打上 CCS 规定的标志。如某些材料无法打上钢印时，可采用型板喷刷、油漆或电蚀等方法。用油漆标记合金钢时，油漆中应不含铅、铜、锌或锡等有害成分；标记奥氏体不锈钢和奥氏体-铁素体双相不锈钢时，应采用尽可能低氯离子含量的涂料。对于用箱、桶或类似容器包装的相同类型和尺寸的小型产品以及捆扎在一起的棒材和型材，可只在每捆或每一包装表面上标以明显印记，或者牢固地系上一只耐久的标签。

第 2 章 材料的性能试验

第 1 节 一般规定

2.1.3 试样的制备

2.1.3.5 试验室应以适当的编号系统对所有试样进行标识，以方便追溯其所代表的材料。标识的方法应不影响试验结果。

第3节 冲击试验

2.3.1 试样

2.3.1.1 冲击试样应为夏比V型缺口试样，如图2.3.1.1所示。其尺寸和公差应符合表2.3.1.1的规定。

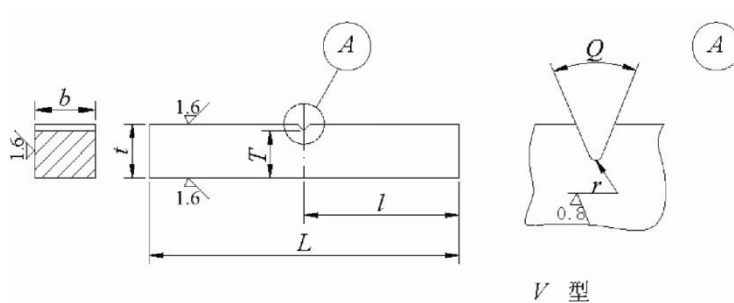


图2.3.1.1

冲击试样的尺寸

表2.3.1.1

名 称		符号	夏比V型缺口试样	
			公称尺寸	偏差
长度(mm)		L	55	± 0.60
宽度(mm)	标准试样	b	10	± 0.11
	标准辅助试样	b b	7.5 5	± 0.11 ± 0.06
厚度(mm)		t	10	± 0.06 <u>0.075</u>
缺口角度(°)		Q	45	± 2
缺口宽度(mm)		U	-	-
缺口以下的厚度(mm)		T	8	± 0.06 <u>0.075</u>
缺口根部半径(mm)		r	0.25	± 0.025
试样端部至缺口中心距离(mm)		l	27.5	± 0.42
缺口对称面与试样纵向轴线间的角度(°)		-	90	± 2

第3章 钢板、扁钢与型钢

第1节 一般规定

3.1.1.2 当使用不同于本章规定的钢材时，应将其化学成分、脱氧方法、交货状态和力学性能等资料提交CCS认可。

3.1.2.6 钢材制造厂在钢材生产过程中应遵循认可的有关的生产技术条件，进行有效的操作和控制。若出现控制失误和/或产品质量问题，制造厂钢厂应查出产生原因，制订防止再次发生的措施。同时将调查处理报告提交验船师备查。

3.1.4 试样

3.1.4.3 对于厚度超过 ~~40mm~~ 的钢板或扁钢，一般应可以切取至少保留 1 个轧制面的拉伸试样；若全厚度试样超过试验机能力或产品厚度超过 40mm 时，试样应是代表产品全厚度的剖分试样或保留一个轧制面的半厚度试样，但若也可采用试样轴线尽可能位于板厚 1/4 处的圆形横截面试样，应使试样的轴线位于板厚的 1/4 处。

3.1.5 外观检查 and 无损检测

3.1.5.1 ~~发货之前~~，钢厂有责任对所有钢材进行外观检查及外形尺寸校核。除厚度负偏差外，钢材的长度、宽度、板形和厚度偏差应符合国家标准或国际标准的规定。已验收的钢材，如船厂在加工中发现钢材有制造缺陷时，仍应由钢厂负责。

3.1.5.2 船用钢材的材质应均匀，无分层、裂纹、有害表面缺陷、有害的分层和类似的等缺陷；钢材中的偏析和非金属夹杂应尽可能减少或消除。

3.1.5.3 钢材的表面质量及其检查方法应符合钢厂和订货方商定的国家或国际标准。

3.1.5.4 ~~3~~ 除本章各节另有规定外，钢材的无损检测一般不作为验收项目，但钢厂有责任采取适当措施保证钢材的内部质量。必要时，验船师可要求按公认的标准作无损检测的抽查。验船师对钢材的验收并不解除钢厂保证钢材内部质量的责任。

3.1.6 缺陷的修整

3.1.6.1 对本章第 2、3、4 和 6 节所述的结构用钢，其表面缺陷可采用局部打磨方法予以消除，但：

- a) 修整后任何部位的厚度应不小于公称厚度的 93%，且减薄量应不大于 3mm；
- b) 单个修磨面积不能大于 0.25m^2 ，总修磨面积不能大于钢板总面积的 2%；
- c) 修整后的表面应光洁平顺；
- d) 对于本章第 4 节的高强度焊接结构用钢，打磨后的厚度应仍在允许的厚度负偏差之内。

此类修整应在验船师在场时进行。必要时，验船师可要求对已受影响区域进行适当的无损检测，以证明缺陷已全部消除。

3.1.6.2 除本章第 4 节高强度焊接结构用钢的焊接修补应经 CCS 特别同意外，不能按本节 3.1.6.1 规定处理的表面缺陷，在征得验船师同意并在其在场的情况下，可用铲削或打磨后进行焊补的方法予以修整，但应符合下列要求：

- (1) 在缺陷消除后和焊补之前，单件钢材任何部位的厚度减薄应不大于钢材公称厚度的 20%；对缺陷深度偶而超过上述限制的情况，须经验船师特别考虑；
- (2) 单一焊补面积不能超过 0.125m^2 ，总焊补面积不能超过表面积 2%；
- (3) 两个缺陷间的距离小于它们的平均宽度时应作为单个区域处理；
- (4) 对已修整区域应进行适当的无损检测，以证明缺陷已被消除；
- (5) 应由具有适当资格的焊工用认可的焊条按认可的焊接工艺进行焊补。焊补后，被修补部位应打磨光滑，并进行无损检测，以证明焊补质量满足要求；
- (6) 当验船师提出要求时，钢材应在焊补和打磨后进行正火或其他适当的热处理。

3.1.7 标志与证书

3.1.7.1 钢厂对检验合格的每一件钢材(小型钢材可包扎成捆)，应至少在一个位置清晰地标

出CCS的标志和下列标记:

- (1) 钢厂名称及商标;
- (2) 钢材等级标记;
- (3) 炉罐号及其他能够追溯钢材全部生产过程的编号或缩写;
- (4) 结构钢的交货状态(如: N、NR、TM、TM+AcC、TM+DQ和QT等);
- (5) 如订货方有要求, 可标上订货合同号或其他识别标记。

上述标记和钢印应用油漆框出, 以求明显易认。

3.1.7.3 钢厂应向验船师提供所有验收材料的合格证书二份。除钢厂名称外, 材料的合格证书应包括下列内容:

- (1) 订货方的名称和合同号以及使用该材料的船名或机号(可能时);
- (2) 炉批号、熔炼化学成分材料运往的目的地;
- (3) 材料的技术规格/等级说明书和尺寸;
- (4) 交货数量和重量;
- ~~(5) 材料的技术规格或等级~~
- (5) 炉罐号和熔炼化学成分碳当量(Ceq、CET或Pcm值)(如适用);
- ~~(6)~~ 力学性能试验结果, 包括可追溯的试验标识号;
- ~~(7)~~ 除热轧状态以外的供货状态(对于第4节中以热处理态交货的高强度钢, 应附有热处理温度);
- (8) 表面质量检查结果;
- (9) 超声波检测结果(如有时)。

3.1.7.4 证书签发前, 钢厂应书面声明, 陈述材料已按认可的方法生产并按要求进行了试验, 且结果使验船师或其授权代表满意。例如在带有钢厂名称的试验合格证书上加盖或打印该声明并由授权的厂方代表签字的方式是可接受的。

3.1.7.5 4 当钢锭或连铸钢坯并非由轧钢厂生产时, 应由炼钢厂提供 1 份合格证书, 说明钢的冶炼工艺、炉罐号和熔炼桶样化学成分, 且该炼钢厂应经 CCS 认可。

第 3 章第 4 节整节替换如下:

第 4 节 焊接结构用高强度钢

3.4.1 适用范围

3.4.1.1 本节规定适用于拟用于海洋结构工程的热轧、细晶、可焊接高强度结构钢。而不适用于本章第 2 节和第 3 节所规定的船体结构钢。

本节规定亦可适用于钢板以外的型钢或无缝钢管等其他产品型式。

3.4.1.2 本节规定的高强度钢按其最小规定屈服强度分为 420、460、500、550、620、690、890 和 960 N/mm² 共 8 个等级。除屈服强度 890 N/mm² 和 960 N/mm² 不设 F 韧性级外, 其他各强度级按其冲击试验的温度分为 A、D、E 和 F 共 4 个韧性级。所有等级如下:

AH420	DH420	EH420	FH420
AH460	DH460	EH460	FH460
AH500	DH500	EH500	FH500
AH550	DH550	EH550	FH550
AH620	DH620	EH620	FH620

AH690 DH690 EH690 FH690
 AH890 DH890 EH890
 AH960 DH960 EH960

3.4.1.3 本节规定适用于厚度不大于 250mm 的钢板和扁钢、厚度不超过 50mm 的型钢，以及直径/厚度不超过 250mm 的钢棒。厚度超出此范围的钢材，应经 CCS 特别考虑。

3.4.1.4 本节规定的钢材可以以正火(N)/正火轧制(NR)、热机械控制轧制(TM)或淬火加回火(QT)状态交货。TM 交货状态可以是：热机械控制轧制(TM)、热机械控制轧制后进行加速冷却(TM+AcC)、热机械控制轧制后直接淬火加回火(TM+DQ)。

3.4.1.5 由 CCS 特别认可的材料，以及与本规范要求有差异的材料应在标识记号后增加后缀“S”。(如 EH620S)

3.4.2 制钢方法

3.4.2.1 本节规定的高强钢应由碱性氧气转炉、碱性电弧炉或经 CCS 特别认可方法生产。

3.4.2.2 下列各等级钢材均应进行真空脱气处理：

- (1) 所有有 Z 向性能要求的钢；
- (2) 强度级别为 690、890 和 960N/mm² 的钢。

3.4.3 脱氧方法和化学成分

3.4.3.1 本节规定的高强钢均应为全镇静钢，并按认可的制造工艺进行晶粒细化处理。按 ISO 643 或相当的试验方法中规定的金相检查法确定的晶粒度应大于或等于 6。

3.4.3.2 应按认可的钢厂技术条件进行目标化学成分分析，表 3.4.3.2 所列的所有元素应予以报告。不同交货状态的钢材应满足相应的成分要求。

焊接结构用高强度钢的化学成分

表3. 4. 3. 2

交货状态 ^①	N/NR		TM		QT		
钢材等级	AH420	EH420	AH420	EH420	AH420	EH420	FH420
	DH420	EH460	DH420	FH420	DH420	EH460	FH460
	AH460		AH460	EH460	AH460	EH500	FH500
	DH460		DH460	FH460	DH460	EH550	FH550
			AH500	EH500	AH500	EH620	FH620
			DH500	FH500	DH500	EH690	FH690
			AH550	EH550	AH550	DH890	EH890
			DH550	FH550	DH550	DH960	EH960
			AH620	EH620	AH620		
			DH620	FH620	DH620		
化学成分 ^②			AH690	EH690	AH690		
			DH690	FH690	DH690		
			AH890	DH890	AH890		
				EH890	AH960		
C (%)	≤0.20	≤0.18	≤0.16	≤0.14	≤0.18		
Mn (%)	1.0~1.70		1.0~1.70		≤1.70		
Si (%)	≤0.60		≤0.60		≤0.80		
P ^③ (%)	≤0.030	≤0.025	≤0.025	≤0.020	≤0.025	≤0.020	
S ^③ (%)	≤0.025	≤0.020	≤0.015	≤0.010	≤0.015	≤0.010	
Al(总含量) ^④ (%)	≥0.02		≥0.02		≥0.018		
Nb ^⑤ (%)	≤0.05		≤0.05		≤0.06		
V ^⑤ (%)	≤0.20		≤0.12		≤0.12		
Ti ^⑤ (%)	≤0.05		≤0.05		≤0.05		

Ni [®]	(%)	≤0.80	≤2.00 [®]		≤2.00 [®]	
Cu	(%)	≤0.55	≤0.55		≤0.50	
Cr [®]	(%)	≤0.30	≤0.50		≤1.50	
Mo [®]	(%)	≤0.10	≤0.50		≤0.70	
N	(%)	≤0.025	≤0.025		≤0.015	
O [®]	(ppm)	不适用	不适用	≤50	不适用	≤30

注：① 交货状态见3.4.4.1。

② 化学成分应以熔炼成分分析来确定，并应满足认可的制造技术条件。

③ 对型钢硫和磷的含量允许比表中规定值高0.005%。

④ 总铝与氮的比最小应为2：1。当采用其他固氮元素时，最小铝含量和铝氮比可不必满足。

⑤ Nb+V+Ti≤0.26 %和Mo+Cr≤0.65%，但对于淬火加回火钢可不必满足。

⑥ 经本社同意，可适当提高镍的含量。

⑦ 最大氧含量的要求仅适用于 DH890、EH890、DH960 和 EH960。

3.4.3.3 合金化、固氮和细化晶粒所用的元素以及残余元素应在制造技术条件中详细列明。当硼作为强化钢的淬硬性而有意加入时，硼元素的最大含量应不高于 0.005%，且分析结果应予以报告。

3.4.3.4 钢的碳当量值 C_{eq} 应以熔炼成分分析值按下式进行计算。最大值在表3.4.3.4中规定。

(1) 所有等级钢可采用IIW的公式：

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (\%)$$

(2) 对H460及更高强度级钢，钢厂可采用CET来替代 C_{eq} ，且按下面公式进行计算。

$$CET = C + \frac{(Mn + Mo)}{10} + \frac{(Cr + Cu)}{20} + \frac{Ni}{40} \quad (\%)$$

(3) 对于含碳量不大于0.12%的热机械控制轧制钢和淬火加回火钢，钢厂可用评价焊接性的冷裂纹敏感性系数 P_{cm} 替代 C_{eq} 或CET，且按下列公式计算。

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \quad (\%)$$

高强度钢的碳当量要求 (%)

表 3. 4. 3. 4

碳当量(%)	C_{eq}						CET	Pcm
产品形式	板材			型材	棒材	管材	所有	所有
产品厚度	≤50 (mm)	50<t≤100 (mm)	100<t≤250 (mm)	t≤50 (mm)	T(或d) ≤250 (mm)	t≤65 (mm)	所有	所有
钢材 等级/交货状态								
H420N/NR	0.46	0.48	0.52	0.47	0.53	0.47	-	-
H420TM	0.43	0.45	0.47	0.44	-	-		
H420QT	0.45	0.47	0.49	-	-	0.46		
H460N/NR	0.50	0.52	0.54	0.51	0.55	0.51	0.25	-
H460TM	0.45	0.47	0.48	0.46	-	-	0.30	0.23
H460QT	0.47	0.48	0.50	-	-	0.48	0.32	0.24
H500TM	0.46	0.48	0.50	-	-	-	0.32	0.24
H500QT	0.48	0.50	0.54			0.50	0.34	0.25
H550TM	0.48	0.50	0.54			-	0.34	0.25
H550QT	0.56	0.60	0.64			0.56	0.36	0.28
H620TM	0.50	0.52	-			-	0.34	0.26
H620QT	0.56	0.60	0.64			0.58	0.38	0.30
H690TM	0.56	-	-			-	0.36	0.30
H690QT	0.64	0.66	0.70			0.68	0.40	0.33
H890TM	0.60	-	-			-	0.38	0.28
H890QT	0.68	0.75	-			-	0.40	-

H960QT	0.75	-		-	0.40	-
--------	------	---	--	---	------	---

注：表中“-”为不适用。

3.4.4 交货状态

3.4.4.1 本节规定的高强度钢可以按以下状态交货：

- (1) 正火(N)/正火轧制(NR)；
- (2) 热机械控制轧制(TM)，(包含 TM+AcC 和 TM+DQ)；
- (3) 淬火加回火(QT)(包括热轧后直接淬火加回火)。

3.4.5 压缩比

3.4.5.1 除在认可时另有规定外，钢坯或钢锭的压缩比应不小于 3：1。

3.4.6 厚度限制

3.4.6.1 由连铸方法生产的坯料最大厚度由钢厂自行确定。

3.4.6.2 相应于特定的交货状态，钢板、型材、钢棒和管的最大适用厚度见表 3.4.6.2 所示。

不同形式产品的最大厚度

表 3.4.6.2

交货状态	最大厚度/直径(mm)			
	板	型材	钢棒	管
正火(N)	250 ^②	50	250	65
正火轧制(NR)	150	①		
热机械控制轧制(TM)	150	50	不适用	不适用
淬火加回火(QT)	150 ^②	50	不适用	50

注：①用正火轧制工艺路线生产的型钢、钢棒和管材的最大厚度通常小于正火工艺路线生产产品的厚度，并应经 CCS 同意。

②对于厚度大于 250mm 的正火钢和厚度大于 150mm 的淬火加回火钢应经 CCS 特别考虑。

3.4.7 力学性能

3.4.7.1 力学性能的试验频率应按下列要求：

- (1) 应以同炉、相同交货状态和相同厚度，小于或等于 25 吨为一批，按批制取拉伸试样。
- (2) 夏比 V 型缺口冲击试样应按以下要求抽取：
 - a. 对于以 N、NR 或 TM 轧制状态交货的钢板或扁钢，应每一轧件制取一套试样；
 - b. 对以 QT 状态交货的钢板或扁钢，应每一热处理件制取一套试样；
 - c. 对型钢、棒材或管材，应以每 25 吨或其余量为一批，每批制取一套试样。
- (3) 对于连续热处理的产品，其冲击试验的数量和取样位置可由钢厂特别考虑并经 CCS 同意。

3.4.7.2 力学性能试验的取样位置和方向，除如下规定外，应符合本章 3.1.4 的相关规定：

- (1) 对于厚度大于 100mm 的产品，当采用圆形横截面拉伸试样时，除了在厚度 1/4 处取样外，还应在厚度中心增加一个试样。
- (2) 对于钢板和宽度超过 600mm 的扁钢应取横向夏比冲击试样；对其他产品形式应取纵向冲击试样。
- (3) 夏比 V 型缺口冲击试样应取自其一个面距离轧制表面不大于 2mm 处。但对于厚度大于 50mm 的材料，冲击试样应在 t/4 和 t/2 处取样。
- (4) 对于名义厚度小于 6mm 的材料，一般不要求进行冲击试验。

3.4.7.3 力学性能的试样和试验程序应满足本规范第 2 章的规定。

3.4.7.4 试验结果应满足表 3.4.7.4 的相应要求。若对板和宽扁钢以外其他形式的产品进行纵向试验时，试验的伸长率结果应满足表内的纵向伸长率的要求。

焊接结构用高强度钢的力学性能 表3. 4. 7. 4

力学性能 钢级和 交货状态		屈服强度 R_{eH} (N/mm ²) 不小于			抗拉强度 R_m (N/mm ²)		断后伸长率 A_5 (%) $L_0=5.65\sqrt{S_0}$ 不小于		夏比V型缺口冲击试验		
		名义厚度 (mm)			名义厚度 (mm)				试验温 度(℃)	冲击功不小于 (J)	
		≥3 ≤50	>50 ≤ 100	>100 ≤250 ^①	≥3 ≤100	>100 ≤250 ^①	横向 T	纵向 L		横向 T	纵向 L
H420N/NR H420TM H420QT	A D E F	420	390	365	520~680	470~650	19	21	0 -20 -40 -60	28	42
H460N/NR H460TM H460QT	A D E F	460	430	390	540~720	500~710	17	19	0 -20 -40 -60	31	46
H500TM H500QT	A D E F	500	480	440	590~770	540~720	17	19	0 -20 -40 -60	33	50
H550TM H550QT	A D E F	550	530	490	640~820	590~770	16	18	0 -20 -40 -60	37	55
H620TM H620QT	A D E F	620	580	560	700~890	650~830	15	17	0 -20 -40 -60	41	62
H690TM H690QT	A D E F	690	650	630	770~940	710~900	14	16	0 -20 -40 -60	46	69
H890TM H890QT	A D E	890	830	不适用	940~1100	不适用	11	13	0 -20 -40	46	69
H960QT	A D E	960	不适用	不适用	980~1150	不适用	10	12	0 -20 -40	46	69

注：①对某些应用场合，如海上平台的齿条等，若设计要求其整个厚度保持拉伸性能时，则最小规定的拉伸性能不能随着厚度的增加而降低。

3.4.7.5 对于宽度 25mm、标距长度 200mm 的矩形截面全厚度试样，其伸长率应符合表 3.4.7.5 所列的最小值的规定。

全厚度板状试样的最小伸长率¹⁾ 表3. 4. 7. 5

强度	厚度 (mm)						
	≤10	>10 ≤15	>15 ≤20	>20 ≤25	>25 ≤40	>40 ≤50	>50 ≤70
H420	11	13	14	15	16	17	18
H460	11	12	13	14	15	16	17
H500	10	11	12	13	14	15	16
H550	10	11	12	13	14	15	16
H620	9	11	12	12	13	14	15
H690	9 ²⁾	10 ²⁾	11 ²⁾	11	12	13	14

注1) 表列最小断后伸长率是对横向试样的要求。

2) 对厚度小于等于20mm的H690板，可用符合本篇第2章第2节的圆截面拉伸试样替代矩形截面的拉伸试样。横向

试样的最小伸长率为14%。

3) H890和H960的试样及不包括在表内的试样应采用标距长度为 $L_0=5.65\sqrt{S_0}$ 的比例试样。

3.4.7.6 对带有Z向性能标识的钢，应按本章第10节要求进行各项试验。厚度方向的抗拉强度应不低于规定最小抗拉强度的80%。

3.4.8 消应力处理和其他热处理

3.4.8.1 涉及热处理工艺的认可钢材，适宜进行消除应力热处理。如冷成型后的消除应力热处理或焊后热处理，以降低脆断风险、增加疲劳寿命和加工后的尺寸稳定性。

第12节 锚链及其附件用轧制圆钢

3.12.3 制造

3.12.3.2 锚链用钢和系泊链用钢通常应以碱性吹氧转炉、电炉或其他经特别认可的工艺生产。

3.12.3.4 ~~MR3S、MR4、~~MR4S和MR5级系泊链用钢应经真空脱气处理。

3.12.4 化学成分分析与冶金学检查

3.12.4.2 用于海上设施用的系泊锚链钢，每炉应取一个金相试样，在圆截面的1/3半径处，按公认的标准(如ASTM E112)检查奥氏体晶粒度。显微晶粒度应不低于6级。

3.12.4.3 ~~为提供信息，~~对于MR4S和MR5级钢，钢厂还应向制链厂提供如下信息，使其将检查结果包含在系泊链文件中每炉钢取样按公认标准进行如下检查：

(1) 非金属夹杂物检查：每炉按公认的标准(如ISO 4967)对非金属夹杂物进行定的数量和水平应予以评估，—确认其夹杂物的水平对于最终产品应当是可接受的；

(2) 宏观酸蚀检查：每炉按公认标准(如ASTM E381)取样进行检查，确认无有害的偏析和气孔；

(3) 淬透性试验：每炉按公认标准(如ASTM A255)取样进行试验，—试验应记录在报告中。

3.12.5 力学性能试验

3.12.5.2 在每个试件中应截取1个拉伸试样；除M1级锚链钢外，还应从同一试件上切取1组3个夏比V型缺口冲击试样。拉伸和冲击试样的截取位置如图3.12.5.2a或b所示，沿圆钢的纵向截取，且尽可能位于距表面1/6直径处。试样的制备和尺寸应符合本篇第2章的有关规定，其中拉伸试样的横截面积一般应不小于150mm²。若截面积不足时，也可采用全截面试样代替。

拉伸和冲击试验及其复试要求应按本篇第2章的有关规定进行，其试验结果应符合表3.12.5.2的规定。

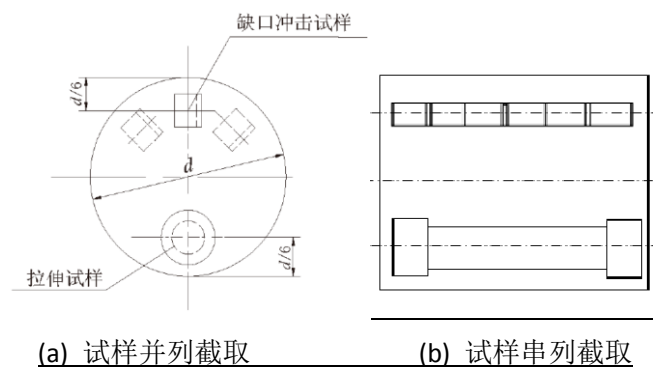


图 3.12.5.2 试样截取位置

锚链、系泊链及附件用材料的力学性能

表 3.12.5.2

锚链及附件用 材料等级	屈服点 R_{eH} (N/mm ²)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	伸长率 A_5 (%)	断面收缩率 Z (%)	夏比 V 型缺口冲击试验	
					试验温度 (°C)	冲击功 (J)
M1	无要求	370~490	≥25	无要求	无要求	无要求
M2	≥295	490~690	≥22	无要求	0	≥27 ^①
M3	≥410	≥690	≥17	40	0(-20) ^②	≥60(35)
MR3	≥410 ^③	≥690 ^③	≥17	50	0(-20) ^②	≥60(40)
MR3S	≥490 ^③	≥770 ^③	≥15	50	0(-20) ^②	≥65(45)
MR4	≥580 ^③	≥860 ^③	≥12	50	-20	≥50
MR4S ^④	≥700 ^③	≥960 ^③	≥12	50	-20	≥56
MR5 ^④	≥760 ^③	≥1000 ^③	≥12	50	-20	≥58

注：① 若 M2 级钢以热处理状态交货，其冲击试验可以免除。

② M3、MR3 和 MR3S 级钢的冲击试验温度通常为 0℃。当订货方有要求时，可以 -20℃ 温度下冲击作为交货条件。

③ 材料的屈强比一般的目标值不大于 0.92。

④ MR4S 钢的硬度应不大于 330HBW，对 MR5 级钢的硬度应不大于 340HBW。

3.12.5.3 每炉 MR3S、MR4、MR4S 和 MR5 级圆钢还应按下列要求进行氢脆试验：

(1) 当采用连铸方式生产时，试样应分别从能代表铸次的始端和末端的材料中切取。若采用锭模浇铸方式生产，试样应从能代表 2 个不同铸锭的材料上截取。

(2) 试件应采用拟在系泊链生产中采用的相同工艺热循环进行热处理。且应从每一试件的中心部位切取 2 个拉伸试样，试样的直径宜取 20mm(或 14mm)。

(3) 一个试样应在制备后 3h 内进行试验(对于 14mm 试样应在 1.5h 内进行试验)。当无法做到及时试验时，可将试样在制备后立即置于 -60℃ 环境中保存，保存期不超过 5 天。另一试样应在 250℃ 环境中烘焙 4h 后进行试验(对于 14mm 试样烘焙时间为 2h)。

(4) 拉伸试验整个过程中应变速率应始终小于 $0.0003s^{-1}$ ，直至断裂(对于 20mm 试样约需 10min)。

(5) 除应报告抗拉强度、断后伸长率和断面收缩率外，试验结果应满足：

$$Z_1/Z_2 \geq 0.85$$

式中： Z_1 —— 未经烘焙试样的断面收缩率；
 Z_2 —— 经烘焙试样的断面收缩率。

若如试验不满足 $Z_1/Z_2 \geq 0.85$ 的要求，可经 CCS 同意，在试件上重新取样，经脱氢处理后进行复试。

3.12.5.4 除非能够清晰证明失败的原因是因不合适的模拟热处理造成的，可重新经热处理后再交验外，若试验不合格，则其所代表的该批材料应予报废。

3.12.6 表面质量与尺寸公差

3.12.6.2 除合同规定外，直接用于焊接锚链或系泊链制造的圆钢，其直径和圆度偏差应符合表 3.12.6.2 的要求。系泊链用钢至少应对同批圆钢抽取 1%进行圆度测量。圆度的测量应是在一个横截面上测取最大直径和最小直径，圆度偏差是测得的最大直径与最小直径之差。

圆钢直径和圆度偏差								表 3.12.6.2
圆钢名义直径(mm)	小于 25	25~35	36~50	51~80	81~100	101~120	121~160	161~222
直径偏差(mm)	-0~+1.0	-0~+1.2	-0~+1.6	-0~+2.0	-0~+2.6	-0~+3.0	-0~+4.0	-0~+5.0
圆度偏差(mm)	0.6	0.8	1.1	1.5	1.95	2.25	3.00	4.00

3.12.7 无损检测和整修

3.12.7.1 钢厂应制定系泊链及其附件用钢所用的无损检测工艺文件，并将其与验收标准一起在认可时提交 CCS 备查。

3.12.7.2 所有系泊链及其附件用钢应在制造过程的适当阶段，按认可时确认的工艺和验收要求，用超声波无损检测方法进行 100%检测。圆钢应无气孔、裂纹或折皱。若交货圆钢的端头不能进行超声波检测时，钢厂应与制链厂商定圆钢端头切除的长度，具体细节应在圆钢供应厂的认可文件中明确。经 CCS 同意，超声波相控阵方法也可应用。

3.12.7.3 所有海上设施系泊锚链用钢应用磁粉、涡流或漏磁或等效的方法进行表面检测。表面无损检测应按公认的标准(如 ISO 9934、ISO 15549 等)进行。圆钢应无如裂纹、折叠、轧入氧化皮等有害的表面缺欠。如果表面纵向缺欠深度不大于圆钢直径的 1%，则可打磨去除，并使轮廓平顺过渡。

3.12.7.4 无损检测应按公认的标准进行，无损检测工艺及其验收标准应提交 CCS 备查。

3.12.7.5 所有以机加工(表面去皮)状态交货的圆钢应经 100%外观检查。CCS 也可要求对纵向缺欠增加 10%的磁粉(MT)、涡流(ET)或漏磁(MLFT)检测。去皮的深度由钢厂在认可时确定，并列入其认可文件中。

3.12.7.6 若统计表明产品的质量能够一贯保持在所要求水平之上，CCS 可酌情减少无损检测的频率。

3.12.7.7 系泊链用圆钢不允许焊接修补。

3.12.8 标记和证书

3.12.8.2 每批圆钢应由 CCS 验船师签署相应的合格证书。合格证书的内容除本章 3.1.7.3 所要求的内容外，当按本节 3.12.5.1 规定对试样进行了成品锚链所要求的模拟热处理，则还应包括试样热处理的详情、试样数量和相应的力学试验结果。对于 MR3S、MR4、MR4S 和 MR5 级系泊链用圆钢还应列出氢脆试验和无损检测等检查的结果以及奥氏体显微晶粒度、非金属夹杂物和淬透性检查结果的信息。

第4章 钢 管

第1节 一般规定

4.1.1 适用范围

4.1.1.1 本章规定适用于锅炉管和过热器管以及建造锅炉、受压容器和压力管系所用的钢管。

4.1.1.2 在高温下工作的钢管，应将其高温力学性能资料提交CCS认可。

4.1.1.3 所有钢管(除III级管外)的制造和试验，除符合本篇第1章和第2章的规定外，还应符合本章各节的规定。(本章涉及的管系的分级参见CCS《钢质海船入级规范》第3篇第2章的有关规定)

4.1.1.4 III级管系用的钢管，可按公认的有关标准进行制造、试验和验收。

4.1.1.5 海底管系用的钢管，可按公认的有关标准进行制造、试验和验收。

4.1.1.6 极地船舶暴露于低温环境下管系(包括管子、阀门和附件)的冲击试验应满足《钢质海船入级规范》第8篇第23章的相关要求。

第5章 锻 钢 件

第1节 一般规定

5.1.1 适用范围

5.1.1.1 本章规定适用于船体、机械、受压容器及管系用的锻钢件，其制造方法应符合本篇第3章3.1.2.2和3.1.2.3的要求。采用本章规定以外的碳钢、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CCS认可，经同意后，可按公认的有关标准验收。

5.1.1.2 极地船舶暴露于低温环境下的锻钢件冲击试验应满足《钢质海船入级规范》第8篇第23章的相关要求。

~~5.1.1.2~~ 5.1.1.3 本章要求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。

~~5.1.1.3~~ 5.1.1.4 锻钢件以及用于锻钢件制造的坯料应由CCS认可的工厂制造。

第6章 铸 钢 件

第1节 一般规定

6.1.1 适用范围

6.1.1.1 本章规定适用于建造船体、机械、锅炉、受压容器和管系的铸钢件。

6.1.1.2 极地船舶暴露于低温环境下铸钢件的冲击试验应满足《钢质海船入级规范》第8篇第23章的相关要求。

6.1.1.2 6.1.1.3 除第6节至第8节另有规定外，本章规定仅适用于设计和验收试验与环境温度下力学性能相关的铸钢件。若设计和应用有需要，特别是拟在高温或低温下应用时，可要求进行必要的附加试验。

6.1.1.3 6.1.1.4 采用本章规定以外的碳钢、碳锰钢或合金钢时，其化学成分、热处理规程和力学性能等经CCS同意，可按公认的有关标准验收。

6.1.1.4 6.1.1.5 由同一炉钢水浇铸，尺寸大致相同，并进行相同热处理批量生产的，单个重量小于 1t 的小型铸钢件，经 CCS 同意，可按每批不大于 6t 进行批量检验。

6.1.6.3 按本节6.1.1.53提交作批量检验的小型铸钢件，其试件可用同炉钢水单独浇铸。但试件尺寸应根据铸钢件的典型厚度按公认标准(如ISO 4990)确定，且至少为28mm厚。试件应与其所代表的铸钢件一起作热处理，并标上其所代表的批量的标记。

6.1.6.4 试样通常取自其轴线在试件厚度的1/4处。若试件厚度小于56mm，则试样轴线应位于距表面14mm处。全部试样应按照本篇第2章的规定制备。拉伸试样的横截面积应大于150mm²。

第 2 节 船体结构用铸钢件

6.2.3 热处理

6.2.3.1 铸钢件应采用下列之一的热处理：

- (1) 完全退火；
- (2) 正火；
- (3) 正火加回火，回火温度应不低于550℃；
- (4) 淬火加回火，回火温度应不低于550℃。

6.2.4.3 船体重要结构的铸钢件(如首柱、尾柱、舵承、尾轴支架、挂舵臂、尾轴管毂等)应进行夏比冲击试验。试样取自试件距表面t/4处，冲击温度一般为常温。如结构有冰区加强要求，则试验温度为0℃。冲击能量应不低于27J。

第 8 章 铝合金

第 2 节 铝合金板材与型材

铝合金的化学成分(%) 表 8.2.3.1

牌号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al	其他元素 ^①	
										每种	总量
5A01	Si+Fe≤0.40		≤0.10	0.30~0.70	6.0~7.0	0.10~0.20	≤0.20	≤0.15	余量	≤0.05	≤0.15
5454	≤0.25	≤0.40	≤0.10	0.50~1.0	2.4~3.0	0.05~0.20	≤0.25	≤0.20	余量	≤0.05	≤0.15
5083	≤0.40	≤0.40	≤0.10	0.40~1.0	4.0~4.9	0.05~0.25	≤0.25	≤0.15	余量	≤0.05	≤0.15
5383	≤0.25	≤0.25	≤0.20	0.7~1.0	4.0~5.2	≤0.25	≤0.40	≤0.15	余量	≤0.05 ^④	≤0.15 ^④

5059	≤0.45	≤0.50	≤0.25	0.6~1.2	5.0~6.0	≤0.25	0.40~0.90	≤0.20	余量	≤0.05 ^⑤	≤0.15 ^⑥
5086	≤0.40	≤0.50	≤0.10	0.20~0.70	3.5~4.5	0.05~0.25	≤0.25	≤0.15	余量	≤0.05	≤0.15
5456	≤0.25	≤0.40	≤0.10	0.50~1.0	4.7~5.5	0.05~0.20	≤0.25	≤0.20	余量	≤0.05	≤0.15
5754	≤0.40	≤0.40	≤0.10	≤0.50 ^②	2.6~3.6	≤0.30 ^②	≤0.20	≤0.15	余量	≤0.05	≤0.15
6005A	0.50~0.90	≤0.35	≤0.30	≤0.50 ^③	0.4~0.7	≤0.30 ^③	≤0.20	≤0.10	余量	≤0.05	≤0.15
6061	0.40~0.80	≤0.7	0.15~0.40	≤0.15	0.8~1.2	0.04~0.35	≤0.25	≤0.15	余量	≤0.05	≤0.15
6082	0.7~1.3	≤0.50	≤0.10	0.40~1.0	0.6~1.2	≤0.25	≤0.20	≤0.10	余量	≤0.05	≤0.15

注：① 其他元素包括 Ni、Ga、V 和其他未显示成分限制的元素，常规试验时不必分析；

② $0.10\% \leq \text{Mn} + \text{Cr} \leq 0.60\%$ ；

③ $0.12\% \leq \text{Mn} + \text{Cr} \leq 0.50\%$ ；

④ $\text{Zr} \leq 0.20$ ，其他元素的总量中不包括锆(Zr)；

⑤ $0.05\% \leq \text{Zr} \leq 0.25\%$ ，其他元素的总量中不包括锆。

8.2.5.11 在上述铝镁系合金认可时，制造厂一般应建立材料金相结构与耐蚀性之间的关系。制造厂应按 ASTM B928 中第 9.4.1 条规定的条件，对每种交货态和厚度范围摄取放大 500 倍的金相照片作为参考金相照片。参考金相照片应取自按 ASTM G667 要求进行剥落腐蚀试验后，试样没有明显剥蚀且点蚀率为 PB 级或更好的试件。该试件也应具有按 ASTM G676 要求进行试验后，失重不大于 15 mg/cm^2 的抗晶间腐蚀性能。CCS 根据金相组织与耐蚀性之间的关系，认可主参考金相照片和腐蚀试验的结果。参考金相照片被认可后，不应再改变生产工艺。

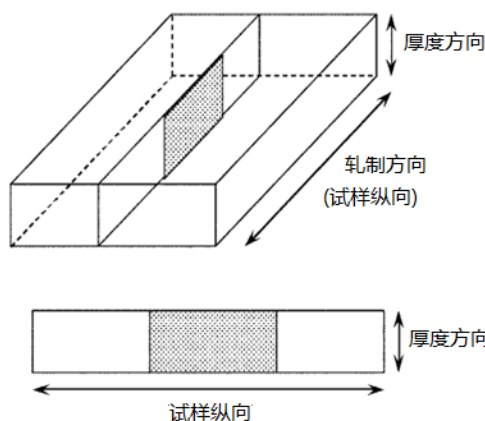
8.2.5.12 每批以 H116 或 H321 状态验收的铝镁系(5000 系)合金，应从随机的板或卷的一端的宽度中间取样进行金相检查。金相检查试样应按 ASTM B928 第 9.6.1 条规定的条件，使试样纵剖面垂直于轧制表面。在验船师在场时对试样金相组织与接受的参考金相照片进行比对。若金相组织显示在晶界处连续网状铝镁析出物超过接受的参考金相照片的证据时，该批材料应予以拒收或经验船师同意重新按 ASTM G66 和 G67 进行晶间剥落腐蚀和剥落晶间腐蚀试验试验。试验结果应为按 ASTM G667 要求进行试验后，试样没有明显剥蚀且点蚀率为 PB 级或更好；按 ASTM G676 要求进行试验后，失重不大于 15 mg/cm^2 。若试验结果满足 8.2.5.11 的要求，该批材料可以验收，否则就应拒收。

8.2.5.13 若不采用金相检查的方法，成品材料也可每批以在 ASTM B928 规定的条件，按 ASTM G66 和 G67 标准进行晶间剥落腐蚀和晶间腐蚀剥落试验试验。其验收条件应满足 8.2.5.12 的要求。

8.2.6.5 腐蚀试验或金相检查照片的试样应从下列部位制取，试样的取样方向参见图 8.2.6.5，其纵截面垂直于材料的轧制表面：

- (1) 对卷材：在每一卷材的端部的宽度中间；
- (2) 对板材：从一批板材中随机抽取一张，在其端部的宽度中间。

晶间腐蚀试样的取样方向和评估区域参见图 8.2.6.5。



图中阴影部分为晶间腐蚀试样的和评估区域

图 8. 2. 6. 5 晶间腐蚀试样的取样方向和评估区域

第 10 章 设 备

第 3 节 海上设施定位用系泊链及其附件

10.3.1 适用范围

10.3.1.2 本节规定的系泊链包括普通有档和无档链环、普通替换链环、加大链环、末端链环、可拆卸连接链环(如：肯特卸扣)、末端卸扣、水下连接器、转环、转环卸扣。

10.3.3 材料

10.3.3.2 除下列规定外，用于附件制造的锻钢应符合本篇第5章第1节的有关规定。

(1) 锻钢应满足认可的技术条件和在认可时提交认可的试验报告。钢应以吹氧转炉、电炉或其他经特别认可的工艺制造。所有钢级均应经镇静和细化晶粒处理, R4S和R5级钢还应经真空脱气处理。其显微奥氏体晶粒度应不低于6级。

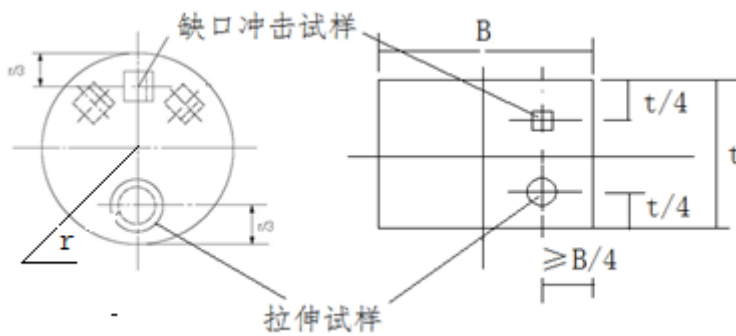
(2) 制造厂应测定每炉钢的熔炼化学成分。钢的化学成分应符合认可时CCS接受的技术条件。

(3) 锻钢材料应按公认的标准(如：ASTM E112)进行晶粒度检测, 其显微奥氏体晶粒度应为6或更细。对圆钢检测位置为表面下半径1/3处，对非圆钢材则为材料厚度的1/4处。

(4) 用于R4S和R5级附件的锻钢，应每炉按公认的国际/国家标准进行夹杂物的定量和评估(如ISO 4967)，偏析和气孔检查(如ASTM E381)，并进行淬硬性测定(如ASTM A255)。结果应满足认可时确定的要求。

(35) 完工的锻件应按工厂提交并经认可的技术规程进行适当的热处理。

(46) 在适当的热处理后，锻钢应以相同炉号、相同热处理，且直径相差不大于25mm的材料锻钢为一批，抽取一个试件，每个试件按本篇第3章第120节图3.12.5.2或本节图10.3.83.82(44)所示位置取1个拉伸3个冲击试样进行力学性能试验。力学性能应不低于本篇第3章第120节对系泊链用圆钢的相关要求。



a 圆横截面试件的取样位置 b 矩形横截面试件的取样位置

图10.3.3.2(4) 力学性能试样的取样位置

(7) R3S、R4、R4S和R5级锻钢件，每炉应按本篇第3章第12节3.12.5.3的规定进行氢脆试验。

(85) 对交货的锻钢件表面应按工厂提交的检测工艺文件，采用公认的标准(如EN 10228-1或其他等效标准)进行连续湿式磁粉检测法检测。所有锻钢且应按不低于1%的比例在锻制造过程的适当阶段用公认的标准(如ISO 13588，或其他等效标准)进行超声波无损检测。检测结果应满足认可时提交的标准要求。

(9) 系泊链用锻件材料的非机加工表面缺欠允许打磨，但深度不大于5%名义直径。除非为确认伪缺陷而进行最大深度为0.8mm的轻微打磨外，机加工表面不允许打磨。任何缺陷不允许采用焊接修补。

10.3.3.3 除下列规定外，用于附件(锚卸扣)制造的铸钢应符合本篇第6章第1节的有关规定。

(1) 铸钢应满足认可的技术条件和认可时提交认可的试验报告。钢应以吹氧转炉、电炉或其他经特别认可的工艺制造。所有钢级均应经镇静和细化晶粒处理，R4S和R5级钢还应经真空脱气处理。其显微奥氏体晶粒度应不低于6级。

(2) 制造厂应测定每炉钢的熔炼化学成分，钢的化学成分应符合认可时CCS接受的技术条件。

(3) 铸钢件应按公认的标准(如：ASTM E112)进行晶粒度检测，其显微奥氏体晶粒度应为6或更细。其检测位置对圆截面钢材为表面下半径1/3处，对非圆截面钢材则为材料厚度的1/4处。

(4) 用于R4S和R5级附件的铸钢，应每炉按公认的国际/国家标准进行夹杂物的定量和评估(如ISO 4967)，偏析和气孔检查(如ASTM E381)，并进行淬硬性测定(如ASTM A255)。结果应满足认可时确定的要求。

(53) 所有铸件均应按工厂提交并经认可的技术规程进行适当的热处理。

(64) 铸钢应以相同炉号、相同热处理，且尺度相似的材料为一批抽取1个试件，每个试件按本篇第3章第10.12节图3.120.53.28.8(1)所示位置取1个拉伸3个冲击试样进行力学性能试验。力学性能应不低于本篇第3章第12.9节对系泊链用圆钢的相关要求。但对R3和R3S级的铸钢件，其断面收缩率可为40%，对R4、R4S和R5的铸钢件，其断面收缩率可为35%。

(57) 对交货的铸件表面应按工厂提交的检测工艺文件，采用公认的标准(如ASTM E709或其他等效标准)采用连续湿式磁粉检测法进行检测。所有铸钢件均应用认可且应按不低于1%的比例在制造过程的适当阶段用公认的标准(如ISO 13588，或其他等效标准)进行超声波无损检测。检测结果应满足认可时提交的标准要求。

(8) 对位于非加工面深度小于5%名义直径的缺欠可用打磨方法去除；除非为确认伪缺

陷而进行最大深度为0.8mm的轻微打磨外，机加工表面不允许打磨。当去除的缺欠超过5%直径或厚度时，应按下列要求对缺欠区域用焊接修补：

① 去除缺陷后的凹槽形状应方便焊接，并打磨光滑，且用无损检测方法验证已彻底消除缺陷；

② 当凹槽的深度超过直径或厚度的25%或25mm，取较小值，为大焊补。其他焊补为小修补；

③ 对大焊补，在焊补前应进行工艺认可。除须进行焊缝金属、熔合线、热影响区2mm和5mm位置进行冲击试验外，焊补工艺应按公认标准(如ISO 15614或等效标准)进行考核。试验结果应满足母材的规定要求。大焊补的方案应附有显示修补范围和位置的草图或照片。

④ 大焊补前应对整个铸件进行晶粒细化处理，焊补后应进行焊后热处理或按铸件原热处理要求进行热处理。

⑤ 所有焊补均应记录在显示修补范围和位置的草图或照片上。

10.3.3.4 用于R4S和R5级附件的锻钢和铸钢应符合下列要求：—

~~(1) 钢制造时还应经真空脱气处理；~~

~~(2) 系泊链附件制造厂交货时，除常规钢材信息外，附件的质量文件还应提供包括每炉钢材的夹杂物含量、偏析和气孔、淬硬倾向、氢脆试验和超声波检测结果，以及附有草图或照片的焊接修补记录(如有时)。~~

10.3.3.5 横档材料应采用与链环材料相一致相当的材料或满足，其技术文件应提交CCS并被认可的技术条件。如横档需要焊接，其含碳量一般应不大于0.25%，或碳当量不超过0.58%。

10.3.4 系泊链设计

10.3.4.1 系泊链及其附件的详细图纸和计算书应提交CCS认可。有档系泊链典型的设计可参见图10.2.3.2，无档链环的形状和比例应符合10.3.8.6(5)的规定，其他无档链的比例应经特别认可。新型或非标准设计的链环、卸扣或附件可要求进行疲劳分析，并进行可行的其他性能试验、疲劳试验或腐蚀疲劳试验。

10.3.5 系泊链制造

10.3.5.2 系泊链应采用闪光对接焊连续制造。除以短链(如防擦链)交货的特殊情况下外，系泊链应在连续热处理炉中进行热处理，不允许采用分批热处理。制造过程中的圆钢加热、闪光对接以及热处理应做好记录，~~并便于验船师检查。~~

10.3.5.4 圆钢加热应符合下述规定：

(1) 圆钢应以电阻炉、感应炉或普通加热炉加热。

~~(21) 当采用电阻或感应炉加热时，加热状态应由光学温度传感器控制。~~控温系统应至少每8h校验1次，并作记录。

~~(23) 当采用普通加热炉加热时，应采用紧挨系泊链圆钢的热电偶连续记录炉温并控制加热过程。~~控温系统应至少每8h校验1次，并作记录。

10.3.5.5 在每个链环的闪光焊接过程中，应对电极移动速度、通电时间与电流，以及液压压力等参数进行控制。这些参数应至少每4h校验1次，并作记录。

10.3.5.6 系泊链的热处理应符合下述要求：

(1) 按已确定限制范围的温度-时间关系，将系泊链加热到上转变温度以上，使之奥氏体化。

(2) 如适用，系泊链应以规定的温度-时间关系进行回火。回火后的冷却速度应适当，以避免产生回火脆性。

(3) 温度-时间或温度-走链速度应予以控制，并作连续记录。

10.3.5.7 圆钢加热、链环的闪光焊和热处理记录应能使验船师方便查阅。

10.3.7 替换链环

10.3.7.4 每一个替换链环均应按10.3.10.1的要求在有档链的横档上或无档链闪光焊缝对面平直段的链环外侧处打上满足本节10.3.10要求的特殊标记和唯一编号。与其相邻链环的横档或链环平直段上也应打印特殊标记。

10.3.8 系泊链的试验和检查

10.3.8.1 本小节适用但并不限于成品系泊链(如普通有档和无档链环、端部链环、加大链环和替换链环)的试验和检查。

10.3.8.2 试验和检查前,应采用喷砂、抛喷丸或其他合适的方法去除系泊链表面的氧化皮、油漆或其他覆盖物,且具有与所用无损检测标准相适应的表面。

10.3.8.3 系泊链应具有与其制造方法相适应的光洁表面,且应无裂纹、沟槽和妨碍系泊链使用的其他缺陷。每个链环应按认可的程序进行检查。系泊链及其附件的结构尺寸,应符合CCS接受的有关标准或认可的特别设计要求。

10.3.8.4 经最终热处理后,所有系泊链应在验船师在场时,按CCS接受的标准进行拉力试验、抽样破断试验和力学性能试验。如果制造厂有拉力试验记录加载载荷的程序,且记录系统足以并能使验船师满意,则验船师可不必见证所有拉力试验,但验船师应确认试验机已经校准并处于保持良好的工作状态。

10.3.8.5 系泊链应按下述要求进行拉力试验和破断试验:

(1) 整根系泊链应能承受表10.3.8.5(1)中规定的拉力载荷的试验无破裂,且闪光焊缝中无裂纹,横档应无明显松动。拉链时所施加的载荷应不超过110%规定拉力试验负荷的110%。如果采用塑性变形法紧固横档时,则施加载荷应不超过认可试验时所确定的值,且应在试验报告中记录;

拉力和破断试验负荷、重量与五环长度

表10.3.8.5(1)

有档链	R3	R3S	R4	R4S	R5
拉力试验载荷(kN)	0.0148K	0.0180K	0.0216K	0.0240K	0.0251K
破断试验载荷(kN)	0.0223K	0.0249K	0.0274K	0.0304K	0.0320K
无档链	R3	R3S	R4	R4S	R5
拉力试验载荷(kN)	0.0148K	0.0174K	0.0192K	0.0213K	0.0223K
破断试验载荷(kN)	0.0223K	0.0249K	0.0274K	0.0304K	0.0320K
系泊链重量(kg/m)	有档链 $0.0219d^2$			无档链应按设计, 计算重量	
5环长度L	$22d \leq L \leq 22.55d$				

表中: $k=d^2(44-0.08d)$

d ——系泊链的公称链径, mm。

(2) 至少由3个链环组成的拉断试样应从系泊链或与系泊链同时同样方法制造的产品中制取。试验的频率应符合表10.3.8.5(2) 规定的取样间隔, 且原材料的各炉批次均有代表。每一个试样均应能承受表10.3.8.5(1)规定的破断载荷并保持30s, 而无断裂, 且闪光焊缝处不出现裂纹, 则认为该试验合格;

破断试验和力学性能试验的取样频率

表10.3.8.5(2)

公称链径 (mm)	≤48	49~60	61~73	74~85	86~98	99~111	112~124	125~137
最大取样间隔 (m)	91	110	131	152	175	198	222	250
公称链径 (mm)	138~149	150~162	163~175	176~186	187~199	200~210	211~222	
最大取样间隔 (m)	274	297	322	346	370	395	420	

(3) 对于直径超过100mm的系泊链，经CCS同意，上述3环断裂试验的试样可以用单个链环替代。采用替代试样时，试验的频率、代表性和试验载荷均应满足上述(2)的规定；

(4) 若当试验机能力不足时，若其他等效试验和校准程序方法应经CCS同意，可采用具有足够加载能力的替代加载试验机(如两个加载器并联)。

10.3.8.6 拉力试验过程后，应按照下述要求对至少5%链环的尺寸进行测量。链环的形状和比例应符合公认标准或特别认可的设计要求和下列尺寸公差要求：

(1) 在链冠位置测得的最大和最小尺寸应满足表10.3.8.6(1)的偏差要求。但冠部横截面积不允许有负偏差，冠部横截面积应按带有正负偏差的平均值计算，测量时应至少在交错约90°的两个位置上测量；

链环链冠位置的链径尺寸偏差

表10.3.8.6(1)

公称链径 d (mm)	≤40	40< d ≤84	84< d ≤122	122< d ≤152	152< d ≤184	184< d ≤222
负偏差 (mm)	1	2	3	4	6	7.5
正偏差 (mm)	对名义链径大于或等于20mm: $0.05d$ 对名义链径小于20mm: 在认可时经CCS同意					

(2) 链冠以外部位的直径不允许有负偏差，正偏差应不大于公称链径的5%。闪光焊缝处的正偏差应符合经CCS认可的工厂技术条件；对链径小于20mm的系泊链，其正偏差应在认可时得到CCS的同意。

(3) 每5个链环组成的长度的制造公差为0%~+2.5%(在加载10%拉力试验载荷的条件下测量)；

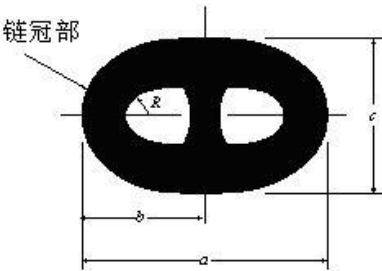
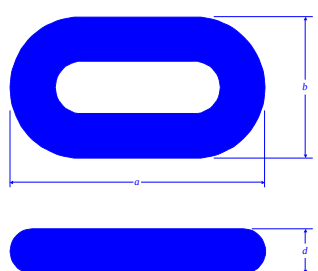
(4) 在系泊链的所有零件相互适配的情况下，除表10.3.8.6(5)规定外，其他所有尺寸的制造公差均为±2.5%；

(5) 普通有档和无档链环的偏差应满足表10.3.8.6(5)的相关要求。链环的内外侧弯曲半径应均匀；

(6) 对有档链，其横档应位于链环的中心位置，并与链环两侧成直角。若横档采用紧配合放置适宜，则其两端与链环内侧应紧密贴合，通常应压入链环2%~6%的链直径，且满足表10.3.8.6(5)的偏差要求。

普通链环比例尺寸和偏差

表10.3.8.6(5)

		
--	---	--

符号	名 称	有链链环公称尺寸	负偏差	正偏差	无档链环公称尺寸	负偏差	正偏差
a	链环长度	$6d$	$0.15d$	$0.15d$	$6d$	$0.15d$	$0.15d$
b	半环长度	$a^*/2$	$0.1d$	$0.1d$	不适用	—	—
c	链环宽度	$3.6d$	$0.09d$	$0.09d$	$3.35d$	$0.09d$	$0.09d$
e	横档偏角	0°	4°	4°	不适用	—	—
R	内侧半径	$0.65d$	0	—	$0.60d$	0	—

注：① 表中： d ——系泊链公称直径； a^* ——实际链环长度。

② 无档链的其他尺寸比例应提交 CCS 审核。

10.3.8.7 拉力试验后，应对整根系泊链进行每次5个链环的长度校验。校验时，第一次测量前5个链环组，随后的每5个一组链环中至少应包括前一组中的两环。如此测量至最后一个链环。测量宜在系泊链施加10%的拉力试验载荷下进行。一组5个链环的长度偏差应满足表10.3.8.5(1)的要求，超过偏差则应经客户和CCS同意。位于牵引固定装置中的端部链环可免于测量。

10.3.8.8 按表10.3.8.5(2)规定的试验频率和取样规定，从完成热处理的系泊链上取下足够的试样链环，按下述要求进行金相检查和力学性能试验：

(1) 取一个金相试样(如能确认材料的炉号，则可按每炉取一个)，在距表面 $1/3$ 半径和中心处分别按公认的标准(如ISO 643)检查母材、热影响区和焊缝的奥氏体晶粒度。奥氏体显微晶粒度应不低于6。

(2) 每次应从链环中切取1个拉伸试样和3组每组3个夏比V型缺口冲击试样进行试验。各试样的取样位置如图10.3.8.8(42)或本篇第3章第12节图3.12.5.2所示，并满足下述规定：

拉伸试样应从闪光焊缝相对的一侧截取；

第一组3个冲击试样取自闪光焊缝处，并使焊缝位于试样中央的缺口上；

第二组3个冲击试样取自与闪光焊缝相对的一侧；

第三组3个冲击试样取自链冠处。

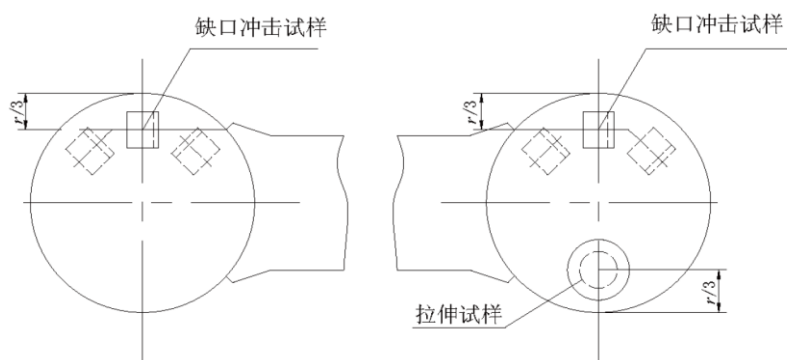


图10.3.8.8(42)

(23) 如果统计结果表明所要求的冲击韧性得到一贯的保证，经CCS同意，可以减少链冠区域的冲击试验频率。

(34) 试验结果应符合表10.3.8.8(34)的要求。

系泊链及附件材料的力学性能

表 10.3.8.8(34)

系泊链及附件用 材料等级	屈服点 $R_{p0.2}$ (N/mm ²)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	伸长率 A_5 (%)	断面收缩率 Z (%)	夏比 V 型缺口冲击试验		
					试验温度 (°C)	冲击功 (J)	
						母材	焊缝
R3	≥410	≥690 ^②	≥17	50	0(-20) ^①	≥60(40)	≥50(30)
R3S	≥490	≥770 ^②	≥15	50	0(-20) ^①	≥65(45)	≥53(33)
R4	≥580	≥860 ^②	≥12	50	-20	≥50	≥36
R4S ^③	≥700	≥960 ^②	≥12	50	-20	≥56	≥40
R5 ^③	≥760	≥1000 ^②	≥12	50	-20	≥58	≥42

注：① R3 和 R3S 级锚链的冲击试验温度通常为 0℃。当订货方有要求时，可以-20℃温度下冲击作为交货条件。

② 材料的屈强比一般不大于 0.92。

③ 在最终热处理状态下的硬度对 R4S 应不大于 330HBW，对 R5 级钢应不大于 340HBW。

10.3.8.9 应按认可时经CCS同意的频率和位置，在成品系泊链上进行硬度试验。试验结果仅作为信息和验证系泊链生产过程中热处理工序稳定性。

10.3.8.910 拉力试验后，应将系泊链放置在能够方便地对整根系泊链表面进行检查的位置上，对每个链环的表面进行目检。为了最方便地检查链的表面，可将链挂在垂直位置，但检查链的互连部位只能将链放在平位置。毛刺、不平整和毛边等应打磨平整。链环表面，尤其是在闪光焊接夹具夹持处，不应有轧制缺陷、表面裂缝、凹陷、划伤等。横档应足够牢固，无松档现象。

10.3.8.119 应采用与认可时提交CCS的使用相同的工艺和验收标准，使用相同的和设备，按下列要求对下述部位进行磁粉检测：

(1) 每个链环的闪光焊缝区域和焊接夹具夹持处附近；此外，

(2) 10%链环的所有可检测到的表面。

(3) 检测宜按公认的标准(如ISO 9934)采用湿法连续荧光磁粉法进行检测。当此标准检测方法不可行时，也可接受非荧光磁粉法检测；

(4) 链环的表面、闪光焊缝区域及夹具夹持处的链环表面应没有裂纹、未熔合及密集气孔。且无超过1.6mm横向线状磁痕显示或超过3.2mm的纵向线状磁痕显示，也无超过4.8mm的非线状磁痕显示。

10.3.8.11—12 应采用与认可时提交CCS的使用相同的工艺和验收标准，使用相同的设备，按下列要求对系泊链进行超声波检测：

(1) 现场校准的标准试块，应配合链的形状，并经CCS认可；

(2) 对每个链环的闪光焊缝区域应进行超声波检测—；

(3) 按公认的标准(如ASTM E587)，采用波束角为45°~70°的单晶片斜探头进行检测。由于单片探头的技术局限性，仅涉及中心区域的检测，且对于闪光焊缝的缺欠如平面点缺欠折反射率较差，因此当认为必要，可能需要采用串列、相控阵或TOFD技术。

(4) 适用于链环结构形状的校准器应经CCS同意。闪光焊缝区域内应无导致出现等于或超过标定标准回波信号的缺陷。

10.3.8.13 链档焊缝(如有时)应经外观检查。角焊缝的趾部应平顺过渡到链环，且无超过1.0mm的咬边。此外，至少分布在整根链上的10%链档焊缝应按公认标准(如ASTM E1417，或ASTM E1444)进行渗透检测或磁粉检测。裂纹、未熔合或密集气孔是不可接受的。如发现

缺陷，则应扩大检查至整根系泊链的链档焊缝。

10.3.9 复试、报废和修整

10.3.9.1 若系泊链5环组的长度不足，且仅为偶然发生时，系泊链可用高于规定的拉力试验载荷，但不高于认可的载荷对系泊链进行拉伸。经拉伸处理的链环应在报告中记录。若长度超过规定的偏差，则超长的链环应予以切除，并采用10.3.9.2的规定予以替换。经拉伸处理的链环应在报告中记录。

10.3.9.2 如果单个链环发现存在缺陷或不满足其他适用要求，则缺陷链环应予以切除并用替换链环替代。替换链环的单独热处理和检查程序应经CCS船级社的同意。其他修补的方法应经船社CCS和最终用户的书面认可。系泊链不允许焊接修补。

10.3.9.3 如果目检或磁粉检测发现闪光焊缝区存在裂纹、划伤等其他缺陷，则可采用打磨方法去除。打磨深度应不超过名义链径的5%，且打磨部位与其周围的表面应无尖锐轮廓平顺过渡。打磨后链环尺寸仍应符合标准要求。

10.3.9.5 如果链环的直径、长度、宽度及横档位置不符合规定的要求时，则应将这些链环与其左、右两侧各20个共40个链环的作相应尺寸比较。如果其中有两个以上的链环出现的同样的尺寸不合格，则应对该节所有链环的尺寸进行测量。不合格的链环应予以切除并按10.3.9.2的要求替换。

10.3.9.7 如果拉力试验中，加载段中有一个链环失败，则应立即通知验船师，一起进行全面检查以确定失败的原因。除上述试验失败原因调查外，还应从该试验失败链环的两侧各取一个拉断试样进行试验。只有两个破断试验均合格并根据失败原因分析不属产品质量问题，才能确定该节系泊链试验合格。若有一个附加试样试验不合格，该加载段长度的系泊链应予以报废。如果在试验段中发生两个或更多个链环失败，则该段系泊链应予报废。上述试验失败原因调查应特别着重于那些会引起其他取样长度的系泊链失败的因素或条件。

10.3.9.8 除上述试验失败原因调查外，还应从该试验失败链环的两侧各取一个拉断试样进行拉断试验。

当同时生产多条链，前后闪光焊的链环将以替换链环或其他端部链环连接起来。在这种情况下，CCS可要求从包含有前后两种闪光焊链环的链中增加取样两个拉断试验。如两个破断试验和对失效情况研究的结果令验船师满意，则可考虑验收这节系泊链。只有两个破断试验均合格并根据失败原因分析不属产品质量问题，才能确定该节系泊链试验合格。若有一个附加试样试验不合格，该加载段长度的系泊链应予以报废。缺陷链环应按10.3.7进行替换。

如果调查表明在闪光对焊中有缺陷或发现造成低级强度的闪光焊“虚焊”缺陷，则应附加进行NDT(如相控阵)检查确定是否有其他链环受到影响。焊接前需对闪光对接焊机进行一次全面评估，同时也需要对圆钢端部的状况进行评估。

10.3.9.9 对于链环材料的拉伸和冲击试验的复试的要求应符合本篇第1章第2节的相关规定。如果复试不合格，则该试样所代表的整节系泊链应予拒收。

10.3.10 标记、证书和文件

10.3.10.2 所有打上标记的链环应在产品合格证书上注明。标记应能识别系泊链的始端和末端。除上述要求的标记外，连续长度系泊链上属同一炉次的第一个和最后一个普通链环应打上明确的和可追溯其制造过程的标记。这些标记应是永久性的，在系泊链的预计寿命内应始终字迹清晰。

10.3.10.3 在链环的横档上应作如下标记：

- (1) 系泊链等级；
- (2) 证书编号；

(3) CCS的印章。

10.3.10.4 证书编号可以为缩写或其他等效的标记。但如使用，则应在证书中予以说明。

10.3.10.53 系泊链证书应包括替换链环的位置和数量的信息。如果证书编号和替换链环号码为缩写或其他等效的标记，则应在证书中予以注明。

10.3.10.64 制造厂应对每根长度连续的系泊链提供一本完整的、装订成册的系泊链检验和试验文件。该文件应包括所有的尺寸检查记录、试验和检验报告、无损检测报告、制造过程记录、照片以及任何不合格、矫正和修整的记录。此外，还应包括材料合格证书、替换链环的位置和数量。

应对每根连续的系泊链发给单独的证书。其所有附带文件、附录和报告均应注明该证书的编号。

制造厂有责任以安全并可随时调用的方式负责保存所有有关文件至少10年。

10.3.11 附件的试验和检查

10.3.11.1 本小节适用但并不限于成品系泊链用附件，~~{如可拆式连接链环(肯特卸扣)、可拆式连接板(三角板)、末端卸扣、转环和转环卸扣，}~~的试验和检查。

10.3.11.2 经最终热处理后，所有附件应在验船师在场时，进行拉力试验、取样破断试验和力学性能试验。如果制造厂有拉力试验记录程序，并能使验船师满意，则验船师可不必见证所有拉力试验，但验船师应确认试验机已经校准并处于良好的工作状态。试验和检查前，所有附件表面应无氧化皮、涂漆或其他覆盖物。

10.3.11.3 对于附件的生产应向CCS提交包括附件产品特征、铸造、锻造、热处理(包括部件在热处理炉内的布置、间距、淬火)、力学试验、拉力试验、破断试验、无损检测细节的制造工艺技术条件。

10.3.11.34 所有附件均按对应有档系泊链等级规定和规格的载荷进行拉力试验。

10.3.11.4-5 系泊链附件应以至少每批(不超过25个)取一个，按对其适用系泊链的等级和规格规定的载荷进行破断试验。每批应是源于同一炉钢和同一热处理批次。

单个制造或小批量(少于5个)单独制造或热处理的附件(少于5个)，经CCS批准，可采用其他等效方法进行试验。但应满足下列条件：

- (a) 制造工艺技术条件和书面程序文件中描述等效试验方法；
- (b) 提供断裂载荷下的有限元分析，并证明附件具有高于系泊链断裂载荷的安全边界；
- (c) 对与认可时相同的参数生产的等级材料按CCS同意的程序进行应变时效试验；
- (d) 如果附件尺寸很大，难以进行批量热处理或具有独特的设计，则在初次认可和生产过程中进行的断裂试验时应进行应变测量。产品试验的应变测量结果应与认可时的结果相当。

经破断试验后的附件应毁弃不能作为系泊的组成部分使用。

10.3.11.5-6 拉力试验后，每批(相同类型、相同尺寸、相同公称强度且不超过25个)附件中应至少取一个附件校核尺寸。制造厂应提供一份满足订货合同要求的声明。

10.3.11.6-7 系泊链附件尺寸公差应不超过下列值：

公称直径：0%~+5%；

其他尺寸：±2.5%。

这些公差不适用于机加工表面。

10.3.11.7-8 在热处理后并经拉力试验合格的产品中(每批不超过25个)至少抽取1个全尺寸附件作为代表整批产品的试件，取样进行力学性能试验。成品附件应进行硬度试验，其频率和位置应经CCS同意。报告的硬度值仅作为信息，用于核查验证附件生产过程中热处理是否稳定。

除附件形状特别复杂外，不允许采用分离的代表试件。

10.3.11.8-9 附件力学性能试验应满足下列要求：

(1) 锻造卸扣和锻造肯特卸扣应在其卸扣的冠部，参照图10.3.8.8(12)，制取一组3套三个冲击试样和一个拉伸试样，其中冲击试样应取自弯曲半径的外侧。对较小直径的卸扣，冠部因几何尺寸而无法以截取拉伸试样时，拉伸试样可以在其直段上截取。拉伸性能和冲击值应分别满足表10.3.8.8(34)的要求。其他几何形状复杂的附件的取样位置应经CCS同意。

~~10.3.11.9(2)~~ 铸造卸扣和铸造肯特卸扣可从用附件的直段处制取试样。取样位置参照图10.3.8.8(12)，拉伸性能和冲击值应满足表10.3.8.8(34)的要求。

(3) 其他几何形状复杂的附件的取样位置应经CCS同意。通常对于非圆形截面产品，从表面下厚度的1/4处取样，对轧制板材类应按生产板材的标准进行试验。

10.3.11.10 单个或小批量(小于5个)单独生产(或热处理)的附件，可由制造厂用书面方式详细列出每种替代试验的方案，提交CCS同意。并可以要求以下的附件条件：

(1) 若采用分离的锻造或铸造试件，应有与其代表的附件相当的横截面，并与实际锻件或铸件在同炉热处理，同时同一容器中淬火。热电偶应连接到该试件和附件上；

(2) 若同意用分离的锻造或铸造试件，则应通过工艺试验来验证试件的性能代表着附件的性能。

10.3.11.11 销的力学性能试验应参照图 10.3.8.8(12) 右侧图示，从与成品销相同直径，专用于试验的销的中段中取样。对于整根椭圆形销，所取的直径应代表较细的直径。力学试验试样可取自一个与最终的销直径相同，但含有试验段和热处理缓冲段的延长样品销中，其中中部试验段的长度已确定。热处理后要切除的保护段长度应至少等于一个销的直径，然后，试件可以从此延长的销的延长段中取出试验段，如图 10.3.11.10 所示。保护段和试验段应取自销的同一端。

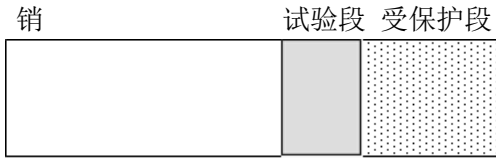


图 10.3.11.10 受保护段和试验段的位置

10.3.11.12 拉力试验后，应按下列要求进行无损检测。

(1) 对每个附件的表面进行近观目检，应特别注意机加工表面和高应力区域。检查前附件应按所用无损检测方法标准的要求对表面进行适当处理。所有非机加工表面均应采用喷砂或喷丸进行清理，以便进行彻底检查。可行时，附件应拆开进行内表面检查。所有附件均应进行磁粉(或渗透检测)。CCS可要求进行超声波检测。

(2) 应按公认的标准(如表10.3.11.11所示)和工艺进行无损检测。检测工艺和相关的验收标准应提交CCS审核。

系泊链附件无损检测适用标准 表10.3.11.11

附件材料	检测方法	适用标准
锻件	磁粉检测	ISO 4986, IACS Rec.69, EN 10228-1, ASTM A275
	超声波检测	ISO 13588, EN 10228-3, ASTM A388
铸件	磁粉检测	ASTM E709, 湿式连续磁化法
	超声波检测	ISO 13588, ASTM A609

(3) 整个表面均应经磁粉检测，检测应参照荧光磁粉技术的标准。表面应无：

超过1.6mm的横向线性显示；

超过3.2mm的纵向线性显示；

超过4.8mm的非线性显示。

(4) 当CCS有要求时，应对铸造或锻造的附件进行100%超声波检测，结果应满足设计定下的验收标准。

(5) 检验合格后制造厂应提供一份合格证书，该证书中应包括与检测方法和操作者证书资质的主要信息。

10.3.11.13 成品附件不允许进行焊接修补。

10.3.11.14 如果附件的任一试验失败，则其代表的那批附件不能验收。如果能确定失败原因及证实其余任一附件均不存在会造成该失败的因素，并得到验船师的认可，则该批附件仍可验收。

10.3.12 附件的标记、证书和文件

10.3.12.3 制造厂应对每一份订单提供1本完整的、装订成册的附件检验和试验文件。该文件册应包括所有的尺寸检查、试验和检验报告、无损检测报告、制造过程记录、元部件装炉位置示例照片以及任何不合格、矫正和修整的记录。

10.3.12.4 应对每种类型的附件发给单独的证书。所有附带文件、附录和报告均应注明该证书的编号。制造厂应负责保存所有有关文件至少10年。在保存期内，上述文件应保存完好并可随时调用。

10.3.12.5 制造厂应以安全、可检索的方式，负责任地保存所有有关文件至少10年。

第 2 篇 非金属材料

第 2 章 塑料材料

第 2 节 原材料

2.2.2.5 对浇铸体时间进行下列项目的测定，结果应满足表 2.2.2.5 的要求，对表中未提及的项目其结果应满足标准或制造厂制定的极限值。

2.2.6.4 用作夹层板芯材的 PVC（聚氯乙烯）及 SAN（苯乙烯-丙烯腈共聚物）泡沫材料，其密度应不低于 60kg/m³，其常温下基本力学性能应不低于表 2.2.6.4 的要求，其他泡沫材料可参照执行。对表中未提及的项目其结果应满足标准或制造厂制定的极限值。

2.2.6.8 应对轻木进行下列试验，结果应满足表 2.2.6.8 的要求，对表中未提及的项目其结果应满足标准或制造厂制定的极限值。

2.2.7.7 拟认可的环氧机座垫片的使用条件为：在使用过程中由设备本身自重产生的静载荷通常应不大于 0.7N/mm²，环氧垫片承受的最大静载荷（设备自重加螺栓紧固力）通常应不大于 4.5N/mm²，使用温度不超过 80℃。浇注体的性能要求见表 2.2.7.7，对表中未提及的项目其结果应满足标准或制造厂制定的极限值。

2.2.8.5 舵杆、舵销、舵轴、尾轴的轴承用高分子材料的物理性能应满足表 2.2.8.5 的要求,该表中未提及的 2.2.8.4 中的其他检验项目的结果应在生产厂家规定的范围内。对表中未提及的项目其结果应满足标准或制造厂制定的极限值。

第 3 章 纤维增强塑料船体材料

第 1 节 一般规定

3.1.3.3(3)层板试件的数量和规格按接受的有关标准进行加工,供进行拉伸、压缩、弯曲、层间剪切等力学性能试验。同时测定其密度 (满足制造厂制定的极限值)、巴柯尔硬度、玻璃纤维含量等项目。

新增第 5 节如下:

第 5 节 纤维增强塑料船直接计算用材料属性

3.5.1 一般要求

- 3.5.1.1 纤维增强塑料船如要进行直接计算,提交的材料属性数据应满足本节要求。
- 3.5.1.2 提交的所有材料属性数据应有对应的检测报告,对芯材等成品可接受产品说明书的性能数据,对泊松比可接受文献数据。
- 3.5.1.3 纤维增强塑料船进行直接计算时,可对构件整体赋予力学性能进行计算也可对构件采用分层的方式赋予材料属性进行层合计算。

3.5.2 定义与术语

- 3.5.2.1 单层材料:系指由 1 层增强材料(毡或布)与树脂复合而成的材料。
- 3.5.2.2 纤维增强塑料层合板:系指由多个单层材料组成的纤维增强塑料板。
- 3.5.2.3 1 方向:系指面内纤维主承力方向。
- 3.5.2.4 2 方向:系指面内垂直于纤维主承力方向的方向。
- 3.5.2.5 3 方向:系指垂直于 1、2 方向的方向。

3.5.3 构件整体计算所需材料属性

- 3.5.3.1 对纤维增强塑料层合板应提交其在 1 和 2 方向上的拉伸模量 (E_t)、压缩模量 (E_c) 和剪切模量 (G)、泊松比。
- 3.5.3.2 对夹层结构材料可提交整体的力学性能属性;也可以按 3.5.3.1 规定提交纤维增强塑料层合板和芯材的材料属性,对非各向同性的芯材还应提交其 3 方向的以上数据。

3.5.4 层合计算所需材料属性

3.5.4.1 应提交单层材料在 1 和 2 方向上的拉伸模量 (E_t)、压缩模量 (E_c) 和剪切模量 (G)、泊松比。

3.5.4.2 对夹层结构的芯材应提交 3.5.4.1 规定的的数据。对非各向同性的芯材还应提交其 3 方向的以上数据。

3.5.4.3 以上单层材料性能推荐采用测试方法取得。测试方法如下：

单层材料属性 表 3.5.4.3

项目	试验方法
拉伸强度及模量	ISO 527-4, ISO 527-5
压缩强度	ISO 14126
剪切强度及模量	ISO 14130

3.5.4.4 如采用应力衡准进行直接计算则除提供 3.5.3.1 或 3.5.4.1 要求的材料性能外，还需提交整体构件或单层纤维增强材料的拉伸强度、压缩强度和剪切强度。

第 3 篇 焊 接

第 2 章 焊接材料

第 3 节 电弧焊焊条

2.3.6 测氢试验

2.3.6.1 扩散氢试验应使用ISO3690-2012规定的水银法或热导法。每组应制备4个焊接试件。对热导法，不同试验温度下扩散氢最短收集时间应符合表2.3.6.1的规定。对含氢量等级为H10和H15的焊接材料，也可使用2.3.6.2规定的甘油法。

新增表2.3.6.1如下：

热导法试验温度与扩散氢最短收集时间关系 表2.3.6.1

测氢方法		试验温度 (℃)	扩散氢最短收集时间 (h)
热导法 ^①	气相色谱法（集氢法）	45	72
		150	6

①热导法包括气相色谱法（集氢法）和载气热提取法。对于载气热提取法，若证明其试验程序能保证持续收集和测定扩散氢直到所有扩散氢被测出，则可考虑使用。

2.3.6.2 甘油法测氢程序如下：

- (1) 制备4块任何等级的船体结构用钢钢板作测氢试验的试板。试板厚度为12mm，宽度为25mm，长度为125mm。
- (2) 焊前，试板应予以清洁并称重，重量精确到0.1g。

(3) 焊条应按制造厂推荐的焙烘方法进行焙烘，使焊条充分干燥。施焊的焊条直径为4mm，焊接电流约为150A，以短弧在试板宽度为25mm的表面上堆焊一道长约100mm的焊道(约用去150mm焊条长度)。

(4) 每一试样焊完后应在30s内脱渣完毕，然后将试样浸入温度为20℃的清水中冷却，过30s后将试样清洗干净、擦干并放入一个适宜于用甘油置换法收集氢气的装置中。4个试样应(由一个操作人员)在30min内焊毕并置入收集氢气的装置中。

(5) 试样应在温度为45℃的甘油中浸放48h，然后取出，再分别在酒精和水中清洗干净，待干燥后称重(精确到0.1g)，以确定熔敷金属的重量。

应仔细测定被收集的氢气的体积，精度应达到0.05cm³，然后将测得的体积换算成标准状态(0℃，101.325kPa)下的体积。

2.3.6.3 测得的4个试样扩散氢含量单独值和平均值应予以报告。每100克熔敷金属的扩散氢平均含量应不超过符合表2.3.6.3的规定值：

表2.3.6.3替换如下：

扩散氢平均含量		表2.3.6.3
含氢量等级	扩散氢含量	测量方法
H15	15cm ³ ①	水银法 热导法 甘油法®
H10	10cm ³ ②	
H5	5cm ³	水银法 热导法

注 ①使用甘油法时为 10cm³。

②使用甘油法时为 5cm³。

③甘油法不应用于含氢量等级为 H5 的焊接材料。

第 5 节 半自动、自动焊的焊丝与焊丝—气体

2.5.1 一般要求

2.5.1.3 认可试验所采用的保护气体的成分组分应在试验报告中列出。保护气体的成分按组分及组分限值见表2.5.1.3规定分组。一种焊丝与不同组别的保护气体配合使用时，应各自分别进行认可试验。

保护气体种类及混合物分组的成分组分限值				表2.5.1.3
组别	气体成分组分(体积含量%)			
	氩气(Ar)	二氧化碳(CO ₂)	氧气(O ₂)	氢气(H ₂)
M11	余量 ^{①②}	0~5	—	0~5
M12	余量 ^{①②}	0~5	—	—
M13	余量 ^{①②}	—	0~3	—
M14	余量 ^{①②}	0~5	0~3	—

M21	余量 ^{①②}	5~25	—	—
M22	余量 ^{①②}	—	3~10	—
M23	余量 ^{①②}	5~25	0~8	—
M31	余量 ^{①②}	25~50	—	—
M32	余量 ^{①②}	—	10~15	—
M33	余量 ^{①②}	5~50	8~15	—
C1	—	100	—	—
C2	—	余量	0~30	—

注：① 其中氩气含量的95%可由氮气所代替。

② 使用氮气时，其含量应大于或等于氩气的含量。

第 9 节 铝合金焊接材料

2.9.2 一般要求

2.9.2.4 铝合金焊丝或填充焊条应与按表2.9.2.4规定的保护气，或带“S”符号的“特定”纯的或混合的保护气一并进行认可。保护气体的成分组分应予以报告。经同意，经认可的焊丝或填充焊丝与某一保护气体组合一般可覆盖该焊丝或填充焊丝与表2.9.2.4中同组其他保护气体的组合。

使用的保护气体和混合物的组分限值保护气体的组别和成分 表2.9.2.4

保护气体组别	气体组分成分(体积百分比)	
	氩	氮
I-1	100	—
I-2	—	100
I-3	余量	$0 < \text{He} \leq 33$
I-4	余量	$33 < \text{He} \leq 66$
I-5	余量	$66 < \text{He} \leq 95$
S	其他成分的气体(混合气体)作为特殊气体考虑，并应单独试验。	

第 3 章 焊接工艺认可

第 2 节 对接焊工艺认可试验

3.2.5 钢结构焊接工艺试验结果要求

3.2.5.4 夏比V型缺口冲击试验的试验温度应符合表3.2.5.4(a) 的规定，其试验结果应符合表

3.2.5.4(b)的规定。

冲击试验的温度要求

表3. 2. 5. 4(a)

试验材料等级	A、AH32、 AH36、AH40	B、D、DH32、 DH36、DH40、 AH420、AH460、 AH500、AH550、 AH620、AH690、 AH890、AH960	E、EH32、EH36、 EH40、EH420、 EH460、EH500、 EH550、EH620、 EH690、EH890、 EH960	FH32、FH36、FH40、 EH420、EH460、 EH500、EH550、 EH620、EH690、 EH890、EH960	FH420、FH460、 FH500、FH550、 FH620、FH690
冲击试验温度(°C)	20	0	-20	-40	-60

冲击试验的韧性要求^①

表3. 2. 5. 4(b)

试验材料等级	A、B ^② D、E	AH32、 DH32 EH32、 FH32	AH36、 DH36 EH36、 FH36	AH40、 DH40、 EH40、 FH40	AH420、 DH420、 EH420、 FH420	AH460、 DH460、 EH460、 FH460	AH500、 DH500、 EH500、 FH500	AH550、 DH550、 EH550、 FH550	AH620、 DH620、 EH620、 FH620	AH690、 DH690、 EH690、 FH690	AH890、 DH890、 EH890、 FH890	AH960、 DH960、 EH960、 FH960
平均冲击功不小于(J)		47 ^③		47 ^④	28	31	33	37	41		46	

注：① 板厚大于50mm的试验要求应由CCS同意。

② A级和B级钢在熔合线和热影响区的平均吸收功最小值为27J。

③ 手工或半自动焊焊接接头立焊和自动焊时平均冲击功可为34J；手工或半自动焊焊接接头平焊、横焊和仰焊时平均冲击功为47J。

④ 手工或半自动焊焊接接头立焊和自动焊时平均冲击功可为39J；手工或半自动焊焊接接头平焊、横焊和仰焊时平均冲击功为47J。

⑤ 除表列船体结构用钢外，常用钢材焊接接头的冲击试验温度和冲击功应符合母材规定。

3.2.5.6 硬度测试的结果要求见表3.2.5.6。

对规定最小屈服强度小于或等于420N/mm²的钢材，一般应不超过HV350；对规定最小屈服强度范围在大于420N/mm²和小于或等于690N/mm²之间的钢材，应不超过HV420。

新增表3.2.5.6，如下：

焊接接头的硬度测试结果要求

表3. 2. 5. 6

钢材的规定最小屈服强度 R_{eH} (N/mm ²)	焊接接头允许硬度最大值
$R_{eH} \leq 420$	HV350
$420 < R_{eH} \leq 690$	HV420
$690 < R_{eH} \leq 960$	HV450

3.3.3.2 平板角接焊应按图3.3.3.2所示截取试样。在试件的两端截弃长度约为50mm的截弃段，然后取出两个长度约25mm的焊缝断面宏观试样，一个位于试件长度中间处，另一个位于含有熄弧/引弧点处。对规定最小屈服强度大于或等于355N/mm²的钢材（含双相不锈钢），有熄弧/引弧点的试样又用作硬度测试试样。剩余试件中取较长一段作为角焊缝破断试样。

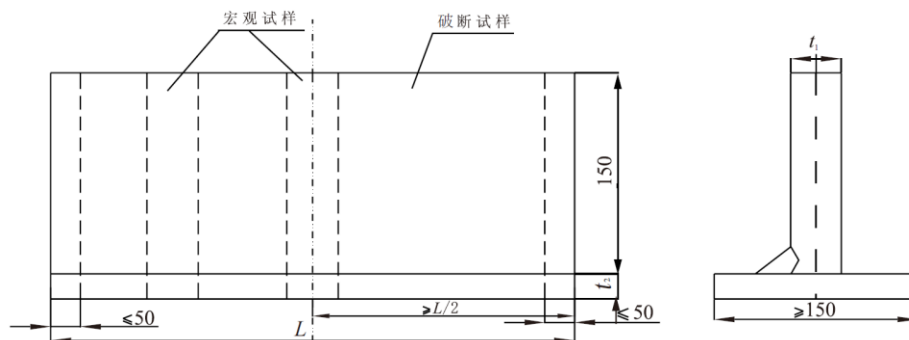


图3.3.3.2

第3节 角接焊工艺认可试验

3.3.4 试验结果要求

3.3.4.3 钢质结构硬度测定的结果要求见本章第2节表3.2.5.6对规定最小屈服强度小于或等于 420N/mm^2 的钢材，一般应不超过HV350；对规定最小屈服强度范围在大于 420N/mm^2 的钢材和小于或等于 690N/mm^2 之间的钢材，应不超过HV420。

第4节 倾斜或T形管节点全焊透工艺认可试验

3.4.4 试验结果要求

3.4.4.3 硬度测试的结果要求见本章第2节表3.2.5.6为：对规定最小屈服强度小于或等于 420N/mm^2 的钢材，一般应不超过HV350；对规定最小屈服强度范围在大于 420N/mm^2 和小于或等于 690N/mm^2 之间的钢材，应不超过HV420。

第5章 船体结构的焊接

第3节 焊缝检验与修补

5.3.2.6 重要部位的焊缝应按下列要求采用射线或超声波(除另有规定者外)进行无损检测：

- (1) 液舱水密舱壁、内底板、底边舱斜板上的对接焊缝交叉点，每4个检测1个；
- (2) 位于船底、舷侧以及甲板上的纵骨和纵桁对接接头，在船中 $0.4L$ 范围内每10个检测1个， $0.4L$ 范围外每20个检测1个；
- (3) 强力甲板舱口角隅嵌补板周界对接焊缝，每一角隅转角处至少进行2处无损检测，如图5.3.2.6(3)。

(4) 厚度50mm及以上对接接头(例如尾柱、尾轴架、减摇鳍舱、桅柱等), 100%无损检测;

(5) 以下部位当使用全焊透角焊缝时, 应按下列要求进行无损检测:

- a. 主机座面板与腹板连接: 100%;
- b. 挂舵臂和尾轴架对船体结构外板: 100%;
- c. 舵封板对舵铸件的连接区域: 100%;
- d. 当开口尺寸超过300 mm时, 船中0.6L以内的强力甲板、舷顶列板和船底板上的开口边缘补强部位或管道贯穿处: 100%;
- e. 纵向舱口围板端部肘板与甲板板的趾端连接: 在船中0.6L内, 100%检测; 船中0.6L外, 每2处检测1处;
- f. 内底与横舱壁、底墩或横向肋板间连接, 或底墩与横舱壁间连接: 35%;
- g. 底边舱斜板与内底或内壳间连接: 25%;
- h. 横向槽形舱壁与顶边舱连接: 35%;
- i. 甲板边板和舷顶列板连接: 10%, 另在船中0.6L 内每一合拢焊缝处增加检测1m。

(6) 对大截面的焊缝, 特别是铸钢件和锻钢件的焊缝, 以及在应力下或低温下焊接的焊缝, 应进行100%表面裂纹检测; 其他大容积截面单面坡口或双面坡口焊缝(板厚约为30mm或以上者)和厚的角接焊缝, 例如艉柱、焊接的桅和舱壁墩座上的焊缝, 通常应进行100%表面裂纹检测。

第7章 受压壳体的焊接

第2节 受压壳体的产品焊接试验

7.2.3.3 当试板厚度超过70mm时, 应按图7.2.3.3所示, 制取2个熔敷金属拉伸试样。如试样直径无法取为10mm时, 则应尽可能取大的直径, 其标距长度为直径的5倍。对板厚小于16mm的钢板, 可免做熔敷金属拉伸试验。

第4节 热处理

7.4.1 一般要求

7.4.1.1 受压壳体连同其产品焊接试验试件的热处理应在焊制完毕后、液压试验之前进行。

7.4.1.2 下列受压壳体一般可免做焊后热处理:

(1) I级受压壳体, 当采用碳钢或碳锰钢制造的锅炉, 且其焊接构件的厚度不大于小于20mm时;

(2) II级锅炉与受压容器, 当采用碳钢或碳锰钢制造的I、II级一般受压容器, 其焊接构件的厚度小于不大于30mm且工作温度不大于150℃时; 或采用碳锰钢, 其焊接构件的厚度小于20mm且工作温度不大于150℃时(对具有低温V缺口冲击韧性要求的钢种, 经CCS同意, 此厚度可以增加);

(3) 所有III级受压容器。

7.4.1.3 潜水系统与潜水器受压壳体的板厚超过20mm时应进行焊后热处理。若能证明其焊接接头具有良好的断裂韧性，则经验船师同意可免做焊后热处理。