



中国船级社

材料与焊接规范

RULES FOR MATERIALS AND WELDING

修改通报

AMENDMENTS

2013



人民交通出版社

China Communications Press



中 国 船 级 社

材料与焊接规范

RULES FOR MATERIALS AND WELDING

修 改 通 报

AMENDMENTS

2013

2013年7月1日生效
Effective from July 1 2013

北 京
Beijing

目 录

第1篇 金属材料.....	1
第2章 材料的性能试验.....	1
第10节 金属落锤试验.....	1
第3章 钢板、扁钢与型钢.....	3
第1节 一般规定.....	3
第5章 锻钢件.....	5
第1节 一般规定.....	5
第9节 奥氏体不锈钢锻钢件.....	5
第8章 铝合金.....	8
第1节 一般规定.....	8
第2节 铝合金板与型材.....	8
第9章 其他有色金属.....	10
第1节 铜质螺旋桨.....	10
第4节 钛合金板.....	10
第5节 钛及钛合金管.....	12
第2篇 非金属材料.....	16
第2章 塑料材料.....	16
第2节 原材料.....	16
第3节 试样与试验.....	16
第3章 纤维增强塑料船体材料.....	17
第1节 一般规定.....	17
第2节 原材料.....	17
第3节 铺敷成型工艺.....	17
第3篇 焊接.....	19
第2章 焊接材料.....	19
第2节 焊接材料的力学性能.....	19
第3节 电弧焊焊条.....	19
第5节 半自动、自动焊的焊丝与焊丝-气体.....	19

第3章	焊接工艺认可.....	20
第1节	一般规定.....	20
第4章	焊工资格考试.....	21
第2节	焊工考试与评定.....	21
第3节	焊工资格适用范围.....	21
第5章	船体结构的焊接与铆接.....	23
第1节	一般规定.....	23
第2节	船体构件的焊接.....	23
第3节	焊缝检验与修补.....	24
第6节	钛及钛合金的焊接.....	24
第8章	重要机件的焊接.....	28
第4节	螺旋桨的无损检测与焊补.....	28

第1篇 金属材料

第2章 材料的性能试验

第10节 金属材料落锤试验

2.10.1 一般要求

2.10.1.1 本节规定适用于厚度不小于12mm的铁素体钢(包括马氏体、珠光体、贝氏体以及所有的非奥氏体钢)的无塑性转变温度的测定或验证。

2.10.1.2 为测定铁素体钢的无塑性转变温度，应进行系列温度下的落锤试验。

2.10.2 试样

2.10.2.1 落锤试验的试料通常可在常规力学性能取样位置附近截取。对于轧制板，试样的取向应使其纵向与板的轧制方向垂直。

2.10.2.2 试样的尺寸如表2.10.2.2所示。取样时应尽材料的厚度可能制取最大厚度的试样。试样的制备(包括尺寸偏差、启裂焊道堆焊和缺口加工)应符合公认标准(如GB/T6803)的要求。

试样类型和尺寸

表2.10.2.2

试样型号	P1	P2	P3	P4	P5	P6
长度 L (mm)	360	130	130	130	360	360
宽度 B (mm)	90	50	50	50	90	90
厚度 T (mm)	25	20	16	12	38	50

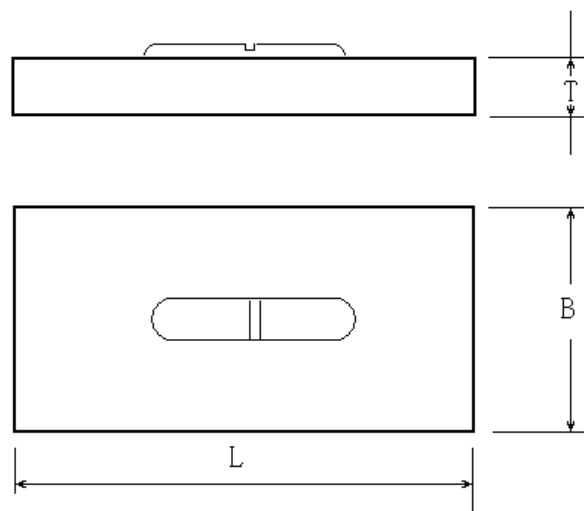


图2.10.2.2 标准落锤试样

2.10.2.3 截取的试样数量应满足试验和复试的需要。

2.10.3 试验

2.10.3.1 除下列规定外，试验应按公认的标准((如GB/T6803)进行。

2.10.3.2 测定材料无塑性转变温度应进行系列温度试验。试验温度一般为5℃的整倍数。

2.10.3.3 对于产品合格性考核的试验，仅在规定的温度下进行落锤试验。

2.10.3.4 每一试验温度应取一组2个试样进行试验。

2.10.4 试验要求

2.10.4.1 在测量材料无塑性转变温度的系列温度试验中，应试验至出现一组试样中至少有一个出现断裂(即裂纹扩展到试样受拉面的一个或两个边缘)为止，并在1组2个试样均未发生断裂的系列温度中取试验温度最低者为受试材料的无塑性转变温度。

2.10.4.2 对于产品合格性考核的试验，如果出现一组2个试样中有一个断裂的情况可进行复试。若2个试样均断裂时，不允许复试。复试应在原取样位置附件重新选取一组2个试样在原温度下进行，复试的两个试样应均不出现断裂。

第3章 钢板、扁钢与型钢

第1节 一般规定

3.1.3 标题“厚度公差”改为“尺寸偏差”

3.1.3.1最后增加（另起一行）：

钢板长度、宽度、平整度等应满足公认的国家或国际标准。

3.1.3.4(2) 改为：

对本章第2、3和4节所规定的各类船体结构用钢板和宽扁钢，除用于运输散装化学品或液化气体的受压容器和独立液货舱结构者外，其母钢板（指由一个锭或坯上直接轧制而成，未进行切割的钢板）应按3.1.3.5的规定进行厚度测量，其测量的算术平均值应不低于钢板的名义厚度，个别测量点的负偏差应不超过0.3mm。若钢板采用保证任选测点的厚度均不低于名义厚度的轧制工艺，则不必计算钢板的算术平均值。钢厂应证明钢板测点的数量和分布能够恰当地确定所生产的母钢板不低于规定的名义板厚，并使CCS满意。

图3.1.3.5(2)改为：

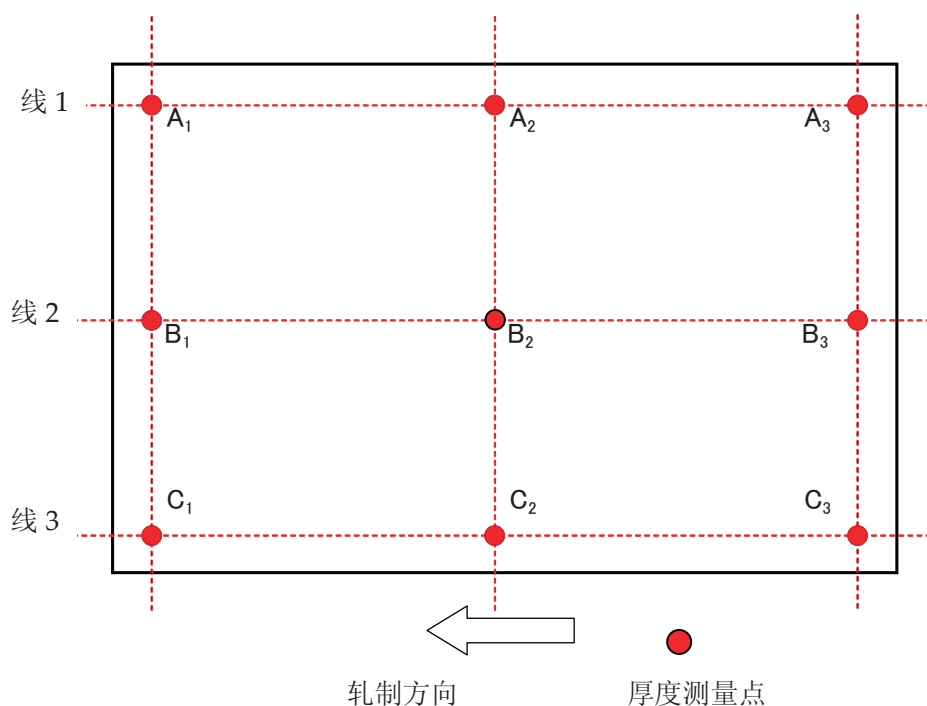


图3. 1. 3. 5 (2) 原始板的厚度测量点位置

3.1.3.5中增加(3)如下：

“(3) 上述测量位置均指从钢坯或钢锭直接轧制成形的成品，而不适用于钢板轧成后再切割的钢板（示例见图3.1.3.5(3)）。”

另增加图3.1.3.5(3)如下：

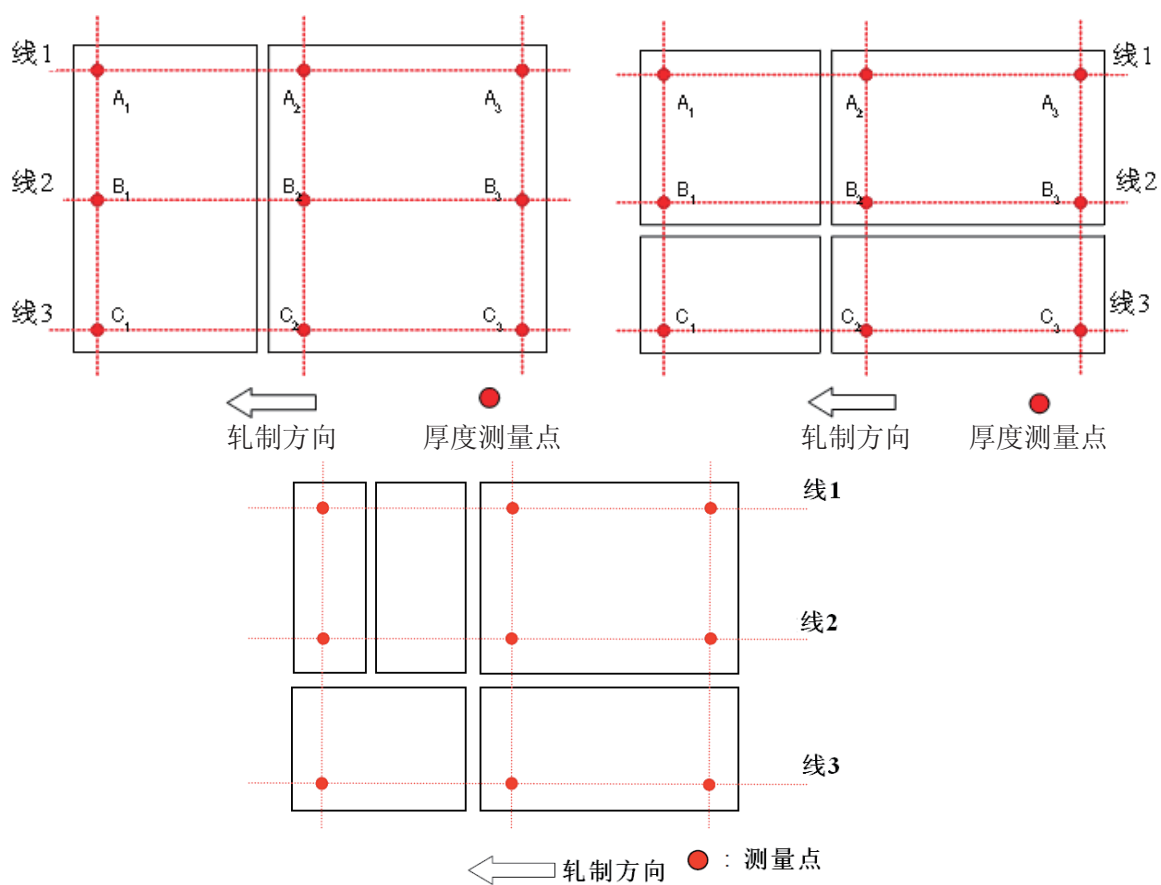


图3. 1. 3. 5 (3) 厚度测量点在切割钢板上的位置示例

第5章 锻 钢 件

第1节 一般规定

表5.1.3.5的注③中“锻造比”改为“变形比”。

5.1.6.5中“应在其表面作径向和/或轴向超声波检测，”修改为“通常应进行径向和轴向两个方向超声波检测。当形状或尺寸受限时，可进行轴向或径向超声波检测。”

第9节整节修改如下：

第 9 节 奥氏体不锈钢锻钢件

5.9.1 一般规定

5.9.1.1 本节规定适用于液化气体船的液货舱和管系低温用，以及散装化学品船液货舱和管系耐腐蚀用奥氏体不锈钢锻钢件。

5.9.1.2 本节规定也适用于螺旋桨推进轴的不锈钢锻钢件。

5.9.1.3 本节规定的奥氏体不锈钢锻钢件也适用于锅炉等高温条件下使用。

5.9.1.4 所有奥氏体不锈钢锻件均应提交化学成分、力学性能和热处理规程等详细资料，并取得CCS的认可。

5.9.2 化学成分

5.9.2.1 奥氏体不锈钢锻钢件的熔炼分析化学成分一般应符合表5.9.2.1的规定。

奥氏体不锈钢锻钢件的化学成份

表5.9.2.1

牌号	统一数字代号	化学成分 (%)									注
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	其他	
06Cr19Ni10	S30408	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	18.0~20.0	8.0~11.0	-	-	1
022Cr19Ni10	S30403	0.03	1.00	2.00	0.045	0.030	18.0~20.0	8.0~12.0	-	-	
06Cr17Ni12Mo2	S31608	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	16.0~18.0	10.0~14.0	2.0~3.0	-	1
022Cr17Ni12Mo2	S31603	0.03	1.00	2.00	0.045	0.030	16.0~18.0	10.0~14.0	2.0~3.0	-	
06Cr19Ni13Mo3	S31708	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	18.0~20.0	11.0~15.0	3.0~4.0	-	1
022Cr19Ni13Mo3	S31703	0.03	1.00	2.00	0.045	0.030	18.0~20.0	11.0~15.0	3.0~4.0	-	
06Cr23Ni13	S30908	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	22.0~24.0	12.0~15.0	-	-	2
06Cr25Ni20	S31008	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	24.0~26.0	19.0~22.0	-	-	2
06Cr18Ni10Ti	S32168	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	17.0~19.0	9.0~12.0	-	5C≤Ti≤0.80	
06Cr18Ni11Nb	S34778	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	17.0~19.0	9.0~12.0	-	10C≤Nb≤1.10	

注：1、不建议用于液化天然气船液货舱中的结构件。

2、建议用于高温条件抗腐蚀要求较高的场合。

3、表中数据除有区间的表示外，其他值均为最高限值。

5.9.3 热处理

5.9.3.1 所有奥氏体不锈钢锻钢件均应经固溶处理。

5.9.3.2 当锻钢轴校直变形量较大时，应进行相应的消除应力处理。必要时再次热处理。

5.9.4 力学性能

5.9.4.1 不锈钢锻钢件应按下列要求取样：

(1) 轴类锻钢件的取样应满足本章第3节5.3.4.1和5.3.4.2的要求；

(2) 管和阀类锻钢件以同熔炼号、同热处理批，每批不超过5t，至少取一个拉伸试样。

5.9.4.2 奥氏体不锈钢锻钢件的拉伸试验结果应符合表5.9.4.2的规定。

奥氏体不锈钢锻钢件的力学性能

表5.9.4.2

牌号	统一数字代号	屈服应力 $R_{p0.2}$ N/mm ²	抗拉强度 R_m N/mm ²	伸长率 A_5 %	断面收缩率 Z %	硬度		
						HBW	HRB	HVW
06Cr19Ni10	S30408	≥205	≥520	≥40	≥60	≤187	≤90	≤200
022Cr19Ni10	S30403	≥175	≥480	≥40	≥60			
06Cr17Ni12Mo2	S31608	≥205	≥520	≥40	≥60			
022Cr17Ni12Mo2	S31603	≥175	≥480	≥40	≥60			
06Cr19Ni13Mo3	S31708	≥205	≥520	≥40	≥60			
022Cr19Ni13Mo3	S31703	≥175	≥480	≥40	≥60			
06Cr23Ni13	S30908	≥205	≥520	≥40	≥60			
06Cr25Ni20	S31008	≥205	≥520	≥40	≥50			
06Cr18Ni10Ti	S32168	≥205	≥520	≥40	≥50			
06Cr18Ni11Nb	S34778	≥205	≥520	≥40	≥50			

注：表中硬度指标可任选一种方法测定，且仅在验收时作为参考值。

5.9.4.3 除另有协议外，奥氏体锻钢件一般不要求作冲击试验。当奥氏体不锈钢用于-100℃及以下温度环境时，可要求进行-196℃温度下的夏比V型缺口冲击试验。试验结果的平均值应不低于41J(纵向取样)。

5.9.5 无损检测

5.9.5.1 对直径大于250mm的奥氏体不锈钢螺旋桨推进轴锻钢件通常应进行超声波检测。

5.9.5.2 对除轴以外奥氏体不锈钢锻件，应按批准图纸、标准、合同或协议的要求进行无损检测。

5.9.5.3 不锈钢锻钢件应在制造过程的热处理后或适当阶段进行超声波检测。

5.9.5.4 从事奥氏体不锈钢超声波检测的人员应具有奥氏体钢的检测经验。

5.9.5.5 对于不锈钢锻钢件的重要部位可要求在制造过程结束后或其他适当阶段进行渗透检测。

5.9.6 晶间腐蚀试验

5.9.6.1 当材料拟用于腐蚀场合时，奥氏体不锈钢热处理后应取样按本篇第2章第7节的规定进行晶间腐蚀试验。

第8章 铝 合 金

第1节 一 般 规 定

8.1.8.1修改如下：

“8.1.8.1 制造厂应对所有经CCS检验合格的产品提供包括下列内容的合格证书：

- (1) 订货方名称和合同号；
- (2) 船名或结构项目号，若已知；
- (3) 产品的数量、尺寸规格和重量；
- (4) 铝合金牌号和交货状态；
- (5) 铝合金化学成分；
- (6) 制造批号或能追溯产品全部生产过程的识别标志；
- (7) 力学性能试验结果；
- (8) 腐蚀性能试验结果，如适用。”

第2节 铝 合 金 板 与 型 材

8.2.5.10~8.2.5.14修改如下：

“8.2.5.10 对以H111、H112、H116和H321状态交货，用于海船船体结构或经常与海水直接接触构件的5083, 5383, 5059, 5086和5456铝镁系合金，应每批按8.2.5.11~8.2.5.13的规定进行腐蚀试验或检验。

8.2.5.11 在上述铝镁系合金认可时，制造厂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 G67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 G66要求进行试验后，失重不大于15 mg/cm²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进行剥落试验和晶间腐蚀试验。试验结果应为按ASTM G67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 G66要求进行试验后，失重不大于15 mg/cm²。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ASTMG66和G67标准进行剥落腐蚀试验和晶间腐蚀试验。其验收条件应满足8.2.5.12的要求。”

表8.2.7.1修改如下：

轧制铝合金的力学性能(3 mm ≤ t ≤ 50 mm)

表8.2.7.1

牌号	状态	厚度 t (mm)	规定非比例延伸 强度 R _{p0.2} (N/mm ²)	抗拉强度 R _m (N/mm ²)	最低断后伸长率A ^① (%)	
					50mm	5d
5A01	O	3 ≤ t ≤ 50	≥ 165	≥ 325	10	
	H112	3 ≤ t ≤ 50	≥ 165	≥ 325	10	
	H32	3 ≤ t ≤ 50	≥ 245	≥ 365	8	
5454	O	3 ≤ t ≤ 50	≥ 85	215~285	17	16
	H112	6 ≤ t ≤ 12.5	≥ 125	≥ 220	8	—
		12.5 < t ≤ 50	≥ 85	≥ 215	—	9
	H32	3 ≤ t ≤ 6.3	≥ 180	250~305	8	—
6.3 < t ≤ 50		≥ 180	250~305	—	10	
5083	O	3 ≤ t ≤ 50	≥ 125	275~350	16	14
	H111	3 ≤ t ≤ 50	≥ 125	275~350	16	14
	H112	3 ≤ t ≤ 50	≥ 125	≥ 275	12	10
	H116	3 ≤ t ≤ 50	≥ 215	≥ 305	10	10
	H321	3 ≤ t ≤ 50	215~295	305~385	12	10
5383	O	3 ≤ t ≤ 50	≥ 145	≥ 290	—	17
	H111	3 ≤ t ≤ 50	≥ 145	≥ 290	—	17
	H116	3 ≤ t ≤ 50	≥ 220	≥ 305	10	10
	H321	3 ≤ t ≤ 50	≥ 220	≥ 305	10	10
5059	O	3 ≤ t ≤ 50	≥ 160	≥ 330	24	24
	H111	3 ≤ t ≤ 50	≥ 160	≥ 330	24	24
		3 ≤ t ≤ 20	≥ 270	≥ 370	10	10
	H116	20 < t ≤ 50	≥ 260	≥ 360	—	10
		3 ≤ t ≤ 20	≥ 270	≥ 370	10	10
	H321	20 < t ≤ 50	≥ 260	≥ 360	—	10
5086	O	3 ≤ t ≤ 50	≥ 95	240~305	16	14
	H111	3 ≤ t ≤ 50	≥ 95	240~305	16	14
	H112	3 ≤ t ≤ 12.5	≥ 125	≥ 250	8	—
		12.5 < t ≤ 50	≥ 105	≥ 240	—	9
	H116	3 ≤ t ≤ 50	≥ 195	≥ 275	10 [□]	9
5456	O	3 ≤ t ≤ 6.3	130~205	290~365	16	—
		6.3 < t ≤ 50	125~205	285~360	16	14
	H116	3 ≤ t ≤ 30	≥ 230	≥ 315	10	10
		30 < t ≤ 40	≥ 215	≥ 305	—	10
		40 < t ≤ 50	≥ 200	≥ 285	—	10
	H321	3 ≤ t ≤ 12.5	230~315	315~405	12	—
		12.5 < t ≤ 40	215~305	305~385	—	10
		40 < t ≤ 50	200~295	285~370	—	10
5754	O	3 ≤ t ≤ 50	≥ 80	190~240	18	17
	H111	3 ≤ t ≤ 50	≥ 80	190~240	18	17

注：① 试验时对厚度12.5mm及以下的材料，应采用标距长度为50mm的断后伸长率，当材料厚度大于12.5mm时，应采用5d断后伸长率。

② 对厚度小于及等于6.3mm的材料，为8%。

③ O状态和H111状态的力学性能相同。因为这些状态代表着不同处理工艺，为了防止双重证书，特予以分别列出。

第9章 其他有色金属

第1节 铜质螺旋桨

新增9.1.6.7如下：

“9.1.6.7 若对焊补范围有怀疑时，验船师可要求对怀疑区域进行酸蚀(例如用氯化铁)观察。”

原9.1.6.7顺延为9.1.6.8

新增第4节、第5节如下：

第4节 钛合金板

9.4.1 适用范围

9.4.1.1 本节规定适用于船舶或海洋工程用厚度在3mm以上的钛合金板。

9.4.1.2 采用本节规定以外的钛合金板，应将其化学成分、力学性能和应用场合等资料提交CCS审核，经同意后，可按公认的有关标准验收。

9.4.2 制造

9.4.2.1 钛合金板应由经CCS认可的工厂生产。

9.4.2.2 除本节规定以外，钛合金的制造和试验应符合本篇第1章和第2章的有关规定。

9.4.2.3 钛合金的熔炼应在真空条件下进行。若采用真空自耗炉重熔冶炼，其自耗电极禁止使用钨极氩弧焊焊接，且其熔炼次数应不少于2次，以保证材料的化学均匀性。

9.4.2.4 钛合金板通常应采用轧制方法制造。

9.4.2.5 除合同规定外，钛合金板通常以退火态交货。

9.4.3 表面质量

9.4.3.1 板表面不应有影响使用的缺欠，如裂纹、起皮、氧化皮、折皱、金属或非金属夹杂物、过碱洗痕迹等。

9.4.3.2 钛合金板的产品边缘应平齐、无毛刺、外形尺寸和公差范围应符合CCS接受的有关技术条件。

9.4.3.3 轻微的表面缺陷允许打磨去除。打磨一般应以轧制方向进行，打磨后的表面应形成平滑过渡，且厚度不低于技术条件所规定的最小厚度。不允许采用焊补的方法修整表面缺陷。

9.4.4 化学成分

9.4.4.1 钛合金铸锭厂应对每炉产品进行熔炼化学成分分析。化学成分应满足表9.4.4.1的要求。

钛合金的化学成分 (%)

表9.4.4.1

牌号	名义化学成分	铝 Al	钼 Mo	锡 Sn	锆 Zr	钒 V	硅 Si	铌 Nb	氮 N	碳 C	氢 H	铁 Fe	氧 O	其他元素		钛 Ti
														单	总	
TA7	Ti-5Al-2.5Sn	4.0~6.0	—	2.0~3.0	—	—	—	—	0.05	0.08	0.015	0.50	0.20	0.10	0.40	余量
TA18	Ti-3Al-2.5V	2.0~3.5	—	—	—	1.5~3.0	—	—	0.05	0.08	0.015	0.25	0.12	0.10	0.30	余量
TC4	Ti-6Al-4V	5.5~6.75	—	—	—	3.5~4.5	—	—	0.05	0.08	0.015	0.30	0.20	0.10	0.40	余量
TC4 ELI	Ti-6Al-4V ELI	5.5~6.5	—	—	—	3.5~4.5	—	—	0.03	0.08	0.012	0.25	0.13	0.10	0.40	余量
TA31(Ti80)	Ti-6Al-3Nb-2Zr-Mo	5.5~6.5	0.6~1.5	—	1.5~2.5	—	0.15	2.5~3.5	0.05	0.10	0.015	0.25	0.15	0.10	0.30	余量

注：表中数据除有区间的表示外，其他值均为最高限值。

9.4.5 力学性能

9.4.5.1 应在每批(同一炉号、同一制造方法、同一厚度、同一热处理炉次)的板中至少抽取1张(当一批板多于4张时，应抽取2张板)，在板材的端部距板边约1/4板宽处切取一个试料。

9.4.5.2 每块试料中应按如下要求制取1个拉伸试样和1组3个夏比冲击试样(对板厚大于10mm者)和2个弯曲试样：

(1) 拉伸试样应采用本篇第2章表2.2.2.1中序号1的板状比例试样(但试样宽度可为12.5mm P7试样)；对厚度大于40mm者也可采用序号2的圆棒形比例试样(但试样直径可为5mm)，此时试样的轴线应位于板的1/4厚度处；

(2) 对板的厚度不大于40mm时，冲击试样应为试样边缘距板轧制表面不大于2mm处；若产品厚度超过40mm时，试样的轴线应位于板材的1/4厚度处。试样轴线应垂直于轧制方向，试样的缺口应垂直于轧制面；

(3) 2个弯曲试样的受拉面应至少各保持一个原轧制面，且其轴线应垂直于轧制方向。试样宽度为15mm，对于厚度超过5mm的板，可单面减薄至5mm。

9.4.5.3 力学性能的试样制备和试验应按本篇第2章相关规定进行。弯曲试验应使板两个轧制面均受到试验。

9.4.5.4 钛合金的力学性能应满足表9.4.5.4的规定。

钛合金的力学性能

表9.4.5.4

牌号	名义化学成分	板厚 mm	规定非比例 延伸强度 $R_{p0.2}$ N/mm ²	抗拉强度 R_m N/mm ²	伸长 率 A %	夏比V缺 口冲击功 C_v ^① J	弯曲试验 ^②	
							直径 D	弯曲角 度 α
TA7	Ti-5Al-2.5Sn	≤10	≥685	735~930	≥12	—	9 t	105°
TA18	Ti-3Al-2.5V	≤10	≥485	590~735	≥15	—	6 t	105°
TC4	Ti-6Al-4V	≤80	≥825	≥895	≥10	≥20	10 t	105°
TC4 ELI	Ti-6Al-4V ELI	≤100	≥795	≥860	≥10	≥24	10 t	105°
TA31(Ti80)	Ti-6Al-3Nb-2Zr-Mo	≤25	≥785	≥880	≥12	≥47	8 t	105°
		>25~100	≥740	≥810	≥10	≥40	8 t	105°

注：① 试验在常温下进行。对TA7和TA18合金的冲击值可由合同规定。

② 弯曲试样的受拉表面应无肉眼可见裂纹。

9.4.6 无损检测

9.4.6.1 若合同规定对板应进行无损检测时，应按合同要求进行无损检测。

9.4.7 标识与证书

9.4.7.1 板制造厂对检验合格的每一件钛板(薄板可叠放打包)在一个位置处清晰地标出CCS检验标识和下列标记：

- (1) 制造厂名；
- (2) 材料的牌号和交货状态；
- (3) 能够追溯钛材全部生产过程的编号或缩写；
- (4) 如订货方有要求时，可标上订货合同号或其他识别标记。

9.4.7.2 每批板应附有材料的合格证书。合格证书应至少包括下列内容：

- (1) 订货方名称和合同号；
- (2) 材料的牌号、炉批号和交货状态；
- (3) 材料的规格和数量；
- (4) 材料化学成分和力学性能。

第5节 钛及钛合金管

9.5.1 一般规定

9.5.1.1 本节规定适用于船舶和海洋工程一般用途的钛及钛合金管。

9.5.1.2 采用本节规定以外的钛及钛合金管，应将其化学成分、力学性能和应用场合等资料提交CCS审核，经同意后，可按公认的有关标准验收。

9.5.2 制造

9.5.2.1 钛及钛合金管应由经CCS认可的工厂生产。

9.5.2.2 除本节规定以外，钛合金管的制造和试验应符合本篇第1章、第2章和第4章的有关规定。

9.5.2.3 钛及钛合金的熔炼应在真空条件下进行。若采用真空自耗炉重熔冶炼，应采用2次或以上的重熔工艺，以保证材料的化学成分均匀性和组织均质性，并降低氧化和氮化夹杂物水平。

9.5.2.4 钛合金管可采用轧制、焊接或焊接加轧制的方法制造。

9.5.2.5 焊接管可以退火态的轧制板带卷制后，用TIG焊或MIG方法焊接而成。若需采用填充材料时，采用的填充材料应与母材相适应。

9.5.2.6 钛及钛合金管的制造质量应符合本规范本篇第4章4.1.3的相关规定。

9.5.3 热处理

9.5.3.1 除合同另有规定外，钛及钛合金管应以退火态交货。

9.5.3.2 对于冷轧加工的管，通常应在不低于540℃的温度下进行退火；对热加工的管，若加工终止温度不低于760℃时，可不必进一步热处理。

9.5.4 化学成分

9.5.4.1 钛合金铸锭厂应对每炉产品进行熔炼化学成分分析。化学成分应满足表9.5.4.1的要求。

钛和钛合金管的化学成分 (%)

表9.5.4.1

牌号	名义化学成分	钛 Ti	钼 Mo	钯 Pd	镍 Ni	铁 Fe	碳 C	氮 N	氢 H	氧 O	其他元素	
											单一	总和
TA2	工业纯钛	余量	—	—	—	0.30	0.08	0.03	0.015	0.25	0.10	0.40
TA3	工业纯钛	余量	—	—	—	0.30	0.08	0.05	0.015	0.35	0.10	0.40
TA9	Ti-0.2Pd	余量	—	0.12~0.25	—	0.30	0.08	0.03	0.015	0.25	0.10	0.40
TA9-1	Ti-0.2Pd	余量	—	0.12~0.25	—	0.20	0.08	0.03	0.015	0.18	0.10	0.40
TA10	Ti-0.3Mo-0.8Ni	余量	0.2~0.4	—	0.6~0.9	0.30	0.08	0.03	0.015	0.25	0.10	0.40

注：表中数据除有区间的表示外，其他值均为最高限值。

9.5.5 力学性能

9.5.5.1 钛管和钛合金管可按批进行检查和试验。每批管材应由同一炉号、同一制造方法、同一规格、同一热处理炉次的钛管组成。

9.5.5.2 每批管材中按2%的比例随机抽取不少于2根，按下述要求进行取样试验：

- (1) 每根管取一个拉伸试样和一个压扁试样；
- (2) 当订货方有要求，每根管截取一个弯曲试样。

9.5.5.3 拉伸和压扁试验的试样和试验应符合本篇第2章的有关规定。压扁试验时，当管径小于等于25.4mm时，压扁系数取0.04；对管径大于25.4mm时，压扁系数取为0.06。对TA10合金，压扁系数取为0.04。

9.5.5.4 钛及钛合金管的力学性能应满足表9.5.5.4的规定。

钛及钛合金管的力学性能

表9.5.5.4

牌号	名义化学成分	交货状态	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ N/mm ²	抗拉强度 R_m N/mm ²	伸长率 A_{50} %
TA2	工业纯钛	退火	275~450	≥345	≥20
TA3	工业纯钛	退火	380~550	≥500	≥18
TA9	Ti-0.2Pd	退火	275~450	≥400	≥20
TA9-1	Ti-0.2Pd	退火	140~310	≥240	≥24
TA10	Ti-0.3Mo-0.8Ni	退火	≥300	≥460	≥18

9.5.6 无损检测与液压试验

9.5.6.1 所有钛和钛合金管均应在制造厂进行无损检测和液压试验。

9.5.6.2 无损检测可按公认标准(如GB/T 12969)的规定进行涡流或超声波检测。

9.5.6.3 如无合同规定，液压试验的压力可按下述公式确定。但一般对管径不超过76mm的管，试验压力不必超过17.2MPa；对管径超过76mm的管，试验压力也不必超过19.3MPa。

$$P = \frac{kSt}{\frac{D}{2} - 0.4t}$$

式中： P ——试验压力，MPa；

k ——试验压力系数，对无缝管取1，对焊接管取0.85；

S ——管子的许用应力，一般取材料规定非比例延伸强度最小值的50%，MPa；

t ——管壁厚度，mm；

D ——管的名义外径，mm。

9.5.6.4 液压试验时，试验压力应保持至少5s，管材应不出现畸变或泄漏。

9.5.7 标识与证书

9.5.7.1 制造厂应在检验合格的每一根钛管或钛合金管上清晰地标出CCS标识和下列标记：

- (1) 制造厂名或商标；
- (2) 材料的牌号和规格；
- (3) 能够追溯钛管全部生产过程的编号或缩写。

9.5.7.2 每批管应附有材料的合格证书。合格证书应至少包括下列内容：

- (1) 订货方名称和合同号；
- (2) 材料的牌号、炉批号和交货状态；
- (3) 材料的规格和数量；
- (4) 材料化学成分和力学性能。

原第9章第4节顺延为第9章第6节。

第2篇 非金属材料

第2章 塑料材料

第2节 原材料

2.2.3.4 (4) 修改如下:

“2.2.3.4 (4) 对不同类型的玻璃纤维增强材料, 其名义玻璃纤维含量如下:

手糊与真空成型的名义玻璃纤维含量 (重量百分比) 表2.2.3.4(4)

	手糊成型(%)	真空成型(%)
短切毡	30	36
无捻粗纱正交布 (方格布)	48	58
复合毡 (毡+布)	46~18R	56~22R
多轴向布 (3轴向、4轴向)	50	60
单向布	55	66

注: $R = \text{复合毡中毡的总重量} / (\text{复合毡中毡} + \text{布的重量之和})$

层板的总名义玻璃纤维含量 G 可用如下公式进行计算:

$$G = \frac{W}{\frac{W_1}{G_1} + \frac{W_2}{G_2} + \dots + \frac{W_n}{G_n}}$$

式中: W_1, W_2, \dots, W_n 为铺层单位面积中不同增强材料的各自总重量, g;

$W = W_1 + W_2 + \dots + W_n$, 为铺层单位面积中增强材料的总重量, g;

G_1, G_2, \dots, G_n 为铺层单位面积中不同增强材料的名义玻纤含量, 从表2.2.3.4 (4) 中得到。”

第3节 试样与试验

新增2.3.6.8如下:

“2.3.6.8 舵杆、舵销、舵轴、尾轴的轴承用高分子材料其试样应按2.2.8.4的要求进行试验, 结果应满足2.2.8.5及2.2.8.6的要求”。

原2.3.6.8条文号顺延。

第3章 纤维增强塑料船体材料

第1节 一般规定

表3.1.3.3 (5) 修改如下:

项目	短切毡与无捻粗纱正交布交替 /无捻粗纱正交布型复合毡/ 短切毡与无捻粗纱正交布型复合毡交替
拉伸强度(N/mm ²)	$800 G^2 - 80 G + 37$
拉伸模量(N/mm ²)	$38000 G - 5000$
弯曲强度(N/mm ²)	$502 G^2 + 107$
弯曲模量(N/mm ²)	$38000G - 6500$
压缩强度(N/mm ²)	$150 G + 72$
压缩模量(N/mm ²)	$38\ 000 G - 5\ 000$
层间剪切强度(N/mm ²)	$23.2 - 17.5 G$
玻璃纤维含量(%, 重量)	不低于 G
巴氏硬度	≥ 40

注: ① 表中所有力学性能均指面内性能, 不得使用面外压缩或弯曲等代替面内性能试验。

② 表中 G 为总名义玻璃纤维含量, 应四舍五入至小数点后一位, 其计算公式可采用2.2.3.4(4)中 G 的计算公式。也可采用2.2.3.4(4)中复合毡一栏的公式作为简化公式计算, 将层板简化为一个大的复合毡, 其中的毡与布分别予以计算, 如铺层结构中本身含有复合毡, 则将复合毡简化为单独的毡与布的结构进行计算。

第2节 原材料

3.2.2.1 中“3.2.5.5”改为“3.2.5.4”。

第3节 铺敷成型工艺

在3.3.9后增加3.3.10 真空成型工艺如下, 原3.3.10及之后的条文号顺延。

“3.3.10 真空成型工艺

3.3.10.1 真空成型工艺分为以下两种方式:

(1) 干法成型: 先将各种纤维增强材料按铺层设计的要求在模具上全部铺放好, 并将抽真空所需敷料全部铺放好, 然后抽真空。

(2) 湿法成型: 与手糊成型法类似, 铺设纤维增强材料的同时涂敷基体树脂, 铺层完成后再进行抽真空操作。

3.3.10.2 干法成型时, 对于铺敷于立面或舷侧等部位的增强材料应采用合适的方式固定, 如使用粘结剂则应与成型用树脂有良好的相容性。

3.3.10.3 脱模布的布放应考虑脱模方便, 在模具翻边处应越出纤维铺层, 之后在其上铺设导流布。

3.3.10.4 导流管应沿艇的纵向方向布设，并采用合适的方式与导流布固定。导流管的数量及布设形式应视铺层的面积大小及形状而定，以保证成型过程中树脂的浸润，避免出现干区。

3.3.10.5 真空成型前应确保真空袋膜与模具之间的密封，如真空袋膜的宽度不够需要拼接时，应采用合适的措施确保拼接处密封良好。

3.3.10.6 真空度的确定与所用树脂的粘度有关，应按照船厂的工艺规程或树脂厂家的推荐选择。抽真空之后、导入树脂前应对整个真空袋进行检漏，发现泄漏应及时采取措施进行密封，之后进行树脂导入。

3.3.10.7 树脂导入之后待放热完成，固化冷却之后可以撤去真空袋。”

第3篇 焊 接

第2章 焊 接 材 料

第2节 焊接材料的力学性能

表2.2.2.3最后一行“裂坟”改为“裂纹”。

第3节 电弧焊焊条

2.3.3.3中“...按常规工艺以单道焊或多道焊的方法在平焊位置焊接。多道焊时，每一焊道的焊接方向应在试件端部改变，...”改为“...按常规工艺以每层单道焊或多道焊的方法在平焊位置焊接。每一层焊道的焊接方向应在试件端部改变，...”

第5节 半自动、自动焊的焊丝与焊丝-气体

2.5.5.1第2句改为：“除试板长度不小于300mm，且两侧焊缝应分别以制造厂申请认可的最小和最大直径焊丝焊制以外，多道半自动角接焊试验应按本章2.3.5的规定进行。”

第3章 焊接工艺认可

第1节 一般规定

表3.1.4.6修改如下：

焊接工艺对管材外径的适用范围

表3.1.4.6

试件管子外径 $D(\text{mm})$	适用范围 $d(\text{mm})$
$D \leq 25$	$0.5D \leq d \leq 2D$
$D > 25$	$d \geq 0.5D$ (最小25mm)

3.1.4.8中“……但当考核最高热输入焊接位置和最低热输入焊接位置合格后……”改为“……但当考核最高热输入焊接位置（立向上焊）和最低热输入焊接位置（横焊）合格后……”

3.1.4.8中“管子外径不小于168mm”改为“管子外径大于25mm”。

表3.1.4.13修改如下：

焊接接头型式的适用范围

表3.1.4.13

试件焊接接头型式			适用范围	
焊接方法	名称	代号	结构钢	铝合金
对接焊	双面焊	清根	C	C
		不清根	D	D, C, A
	单面焊	带衬垫	A	A, C
		不带衬垫	B	B, A, C, D

第4章 焊工资格考试

第2节 焊工考试与评定

4.2.1.2最后一句改为：“试题由CCS确定。”

4.2.5.1修改如下：

“4.2.5.1 钢材和铝合金焊缝外观目检应分别满足ISO5817和ISO10042的B级（焊缝超高、凸度过大和根部下塌可接受C级）要求，其主要项目合格标准见表4.2.5.1。

焊缝外观目检的合格标准

表4.2.5.1

缺陷名称	合格标准	
	钢	铝合金
裂纹	不允许	不允许
未熔合	不允许	不允许
根部未熔透	不允许	不允许
表面焊瘤	不允许	不允许
表面气孔	不允许	密集气孔和链状气孔不允许； 不均匀气孔率 $\leq 0.5\%$ ，且单个气孔直径 $\leq 0.2t^{①}$ ，最大1mm
局部根部内凹	深度 $\leq 0.05t^{①}$ ，最大0.5 mm	深度 $\leq 0.05t^{①}$ ，最大0.5 mm
咬边	深度 $\leq 0.05t^{①}$ ，最大0.5 mm	深度 $\leq 0.1t^{①}$ ，最大0.5 mm（不允许连续咬边）
焊缝超高（对接）	高度 $\leq 1 + 0.15b^{②}$ ，最大7.0 mm	高度 $\leq 1.5 + 0.15b^{②}$ ，最大8.0 mm
凸度过大（角接）	高度 $\leq 1 + 0.15b^{②}$ ，最大4.0 mm	高度 $\leq 1.5 + 0.15b^{②}$ ，最大4.0 mm
根部下塌	高度 $\leq 1 + 0.6b^{②}$ ，最大4.0 mm	高度 ≤ 4.0 mm
角接焊脚不对称	焊脚长度差 $\leq 1.5 + 0.15a^{③}$	焊脚长度差 $\leq 1.5 + 0.2a^{③}$

注：① t ——对接焊时为板厚，角接焊时为焊喉厚度，mm；

② b ——对应焊缝的宽度（根部下塌时为根部焊缝宽度），mm；

③ a ——焊喉厚度，mm”。

第3节 焊工资格适用范围

4.3.3.4修改如下：

“4.3.3.4 对接焊可覆盖相应位置的角接焊（包括全熔透角焊、部分熔透角焊或填角焊）。其中，板对接仅可覆盖板角接。”

4.3.6.1修改如下：

“4.3.6.1 对于板对接、板角接和管对接，钢材和铝合金的厚度适用范围分别见表4.3.6.1（a）和表4.3.6.1（b）。”

表4.3.6.1(a)修改如下：

钢材的厚度适用范围

表4.3.6.1(a)

试件厚度 ^① T (mm)	适用厚度范围 t (mm)
$T \leq 3$	$T \leq t \leq 2T$
$3 < T \leq 20$	$3 < t \leq 2T$
$T > 20$	$t > 3$

注：① 对组合焊， T 是每种焊接方法对应的熔敷金属的厚度。

4.3.6.2修改如下：

“4.3.6.2 管对接的管径适用范围见表4.3.6.2。”

新增4.3.6.3如下：

“4.3.6.3 管板角接的适用范围如下：

板厚范围按表4.3.6.1 (a) 和表4.3.6.1 (b) ，管壁厚度不限。

管径范围按表4.3.6.2。”

表4.3.7.2注①修改如下：

“注①对锅炉压力容器中的插入式管板角接不适用。”

第5章 船体结构的焊接与铆接

第1节 一般规定

新增5.1.4如下：

“5.1.4 船用结构钢的切割和成形

5.1.4.1 钢材的切割根据板厚的不同可采用机械剪切或热切割（如火焰切割、等离子切割和激光切割）的方式。切割表面应无边缘过烧、较深的沟槽和缺口等切割缺陷，如有时应使用机械方法去除。

5.1.4.2 对冷成形的船体结构用板材，应控制其内缘弯曲半径，一般内缘弯曲半径应不小于板厚的4.5倍。但对承受高应力的特殊构件，其内缘弯曲半径应不小于板厚的10倍。当不能满足上述要求时，应进行热处理，或进行相应应变条件下的时效冲击试验以证明其未影响材料的冲击性能，且经表面检验确认其无表面裂纹等缺陷。

5.1.4.3 当钢板的成形温度超过650℃（线加热或点加热除外）时，应进行力学性能试验，以证明该成形温度未影响钢材的拉伸性能和冲击性能。

5.1.4.4 当使用线加热或点加热方式进行曲面成形或光顺处理时，表面加热温度应满足表5.1.4.4的规定：

钢板表面线加热或点加热时最高加热温度

表5.1.4.4

项目		标准
传统工艺AH32-EH32、AH36-EH36 TMCP型 AH32-EH32、AH36-EH36 (Ceq.>0.38%)	加热后水冷	低于650℃
	加热后空冷	低于900℃
	加热后空冷并随后水冷	低于900℃(水冷起始温度低于500℃)
TMCP型 AH32-DH32、AH36-DH36 (Ceq.≤0.38%)	加热后仅水冷或空冷	低于1000℃
TMCP型 EH32、EH36 (Ceq.≤0.38%)	加热后仅水冷或空冷	低于900℃

原后续条文号顺延。

第2节 船体构件的焊接

5.2.2.1及5.2.2.1（1）修改如下：

“5.2.2.1 在船体的结构设计中，应考虑到不使角接缝造成较小的夹角，以避免施焊困难。在个别情况下，若构件的夹角小于50°时，可按下列形式进行焊接：

(1) 内底边板与舷侧外板的角接焊缝，其坡口角度应不小于45°，如图5.2.2.1(1)所示。若小于45°，则可将内底边板的边缘开坡口。在该坡口处进行多道连续角焊后完成背面连续角焊。必要时可使用单面焊双面成型工艺；”

5.2.7修改如下：

“5.2.7 起重桅（柱）和起重机基座的焊接

5.2.7.1 支持吊杆的起重桅（柱），以及起重机基座，其焊缝应符合下列要求：

(1) 由钢板弯制成的起重桅（柱）和起重机基座，其柱体的纵向接缝和横向接缝均应为对接焊缝，且应完全焊透；

(2) 当桅（柱）或基座贯穿强力甲板时，连接处的强力甲板应开单面或双面坡口，并保证完全焊透；

(3) 当桅（柱）或基座的根部不贯穿甲板，且直接焊于强力甲板上时，则根部边缘应开单面坡口，并保证完全焊透。”

第3节 焊缝检验与修补

5.3.2.3修改如下：

“5.3.2.3 船体焊缝无损检测的数量和位置可由船厂和CCS验船师之间根据工厂的船型、采用焊接方法和往日建造质量记录商定。必要时，验船师可要求增加无损检测的数量。”

5.3.2.7 (1) 删除“e.起重机（柱）基座全熔透焊缝；”后续“f”改为“e”。

新增5.3.2.9如下：

“5.3.2.9 船体结构与起重机基座（起重柱）直接相连的节点无损检测要求如下：

对全焊透的角焊，应进行100%超声波检测及100%磁粉（或渗透）检测；

对部分焊透角焊或填角焊，应进行100%磁粉（或渗透）检测。”

原后续条文号顺延。

新增第6节：

第6节 钛及钛合金的焊接

5.6.1 一般要求

5.6.1.1 本节适用于符合本规范第1篇第9章中可焊钛合金的焊接。

5.6.1.2 钛合金构件的设计应保持结构的连续性和焊接接头的平滑过渡，应避免出现应力集中。

5.6.1.3 钛及钛合金的焊接应按相应的焊接工艺规程执行。

5.6.1.4 从事钛及钛合金焊接的焊工应经钛合金焊接的操作技能培训 and 考试，并应取得相应的合格证书。

5.6.1.5 从事焊接质量检验人员应经技术培训，能正确掌握质量评判标准。

5.6.2 焊接材料

5.6.2.1 钛及钛合金氩弧焊焊丝，通常选用与母材同质的材料。

5.6.2.2 为改善焊接接头塑性，可选用比母材合金化程度稍低的焊丝。

5.6.2.3 不同牌号的钛材焊接时，应按耐腐蚀性能较好和强度级别较低的母材选择焊丝材料，或按设计规定选取。

5.6.3 焊前准备

5.6.3.1 应根据接头型式、母材厚度、焊接位置，焊接方法，有无衬垫及使用条件等综合因素确定焊接坡口形式和尺寸。为避免产生缺陷，减少残余焊接变形与应力，有利于焊接防护，应考虑焊缝填充金属尽量少的焊接坡口。

5.6.3.2 钛合金材料及焊接坡口可采用机械、火焰切割、水刀或等离子方法等进行切割，其中火焰切割和等离子切割应避免火花溅落在钛合金材料表面，且切割边缘和坡口仍应用机械方法加工和去除污染层。已用于钢切割的砂轮、锯条、锉刀不能再用于钛合金的切割。加工后的坡口表面应光滑、平整，不得有影响质量的表面缺陷和杂质。坡口表面应呈银白色金属光泽。

5.6.3.3 焊丝表面、坡口表面及其两侧20mm~50mm范围内的油污、水分和灰尘等污物及氧化皮应清除。可根据表面污染程度和氧化皮厚度选用脱脂、机械清理或化学清洗法。

5.6.3.4 清理干净焊丝和焊件应保持清洁、干燥，避免再次受到污染，端部已被氧化的部分应切除，焊丝表面如有氧化应进行化学清洗。清理后应尽快施焊，否则需要重新清理。

5.6.3.5 焊接钛合金应在如下环境中施焊

(1) 钛材一般应在独立场所进行焊接。如在钢铁作业的车间内施焊，应与钢铁作业区隔开，形成一个独立、封闭的钛材焊接区；

(2) 焊接应远离通风口和敞开的门窗，场地应铺设橡胶等软垫；

(3) 工作环境温度大于等于5℃. 相对湿度不大于80%；

(4) 施工时的风速应小于1.5m/s。

5.6.4 装配与定位

5.6.4.1 应采用铜制或其他无磁性材料作为焊接接头的定位或用来冷却焊道的邻近区域的夹具。

5.6.4.2 装配时必须保持所用工夹具及焊接坡口的清洁。定位焊所采用的工艺应与正式焊缝相同。定位焊缝不得有裂纹，气孔、夹渣等缺陷，否则应及时清除并重焊，重焊应在附近区域进行。

5.6.4.3 定位焊缝应清除其表面的氧化层（只允许银白色和黄色）等，并使焊缝两端平滑过渡以便于接弧，否则应予修整。

5.6.5 焊接

5.6.5.1 钛合金构件的常用焊接方法有钨极氩弧焊、熔化极氩弧焊及等离子焊等。

5.6.5.2 钛和钢等许多金属不能熔焊，钛在熔焊中严禁混入钢铁和其他金属。

5.6.5.3 选择焊接工艺参数应保证足够的熔透深度，保证良好的保护，避免产生缺陷，并尽量采用线能量小的焊接规范。

5.6.5.4 应采用合理的焊接顺序、施焊方法或刚性固定，以减少焊接变形与应力。

5.6.5.5 钨极氩弧焊焊接过程中应避免钨极触碰到焊缝金属，否则要去除污染层，必要时须修磨钨极尖端后再焊。

5.6.5.6 施焊时应保持焊缝的连续性。若有中断，重新焊接时焊缝应重叠10mm~20mm。多道焊接时，应注意前后道焊缝之间的清洁和道间温度，弧坑应填满，接弧处应熔合焊透。

5.6.5.7 采用氩弧焊时，氩气纯度不应低于99.99%，同时应对焊缝正反两面进行可靠的氩气保护，焊缝正面保护应同时采用焊炬保护和附加拖尾保护。焊缝反面保护可根据焊件形状尺寸，采用夹具垫板槽内通保护气、背面保护气罩或焊件内腔充氩保护等方法。

5.6.5.8 焊接过程应提前送气、滞后停气，滞后停气时间以确保熄弧处的焊缝冷却后为银白色和浅黄色来确定。

5.6.5.9 多层多道焊时，每层焊缝金属表面都应按要求进行检查和清理，以保证每道焊缝的质量。对于淡黄和浅蓝色的氧化皮，应使用不锈钢钢丝刷清除，同时用洁净白绸布加丙酮（或酒精）除去残余杂物；对焊接过程中产生的夹钨、裂纹等缺陷，应及时使用电动硬质合金刀清理。对接焊缝和全焊透角接焊缝为双面连续焊接时，在焊接第二面焊缝前应进行清根，清根后的坡口形状应符合焊接工艺要求。钛合金焊缝不能采用碳弧气刨方式而应采用铲、刨、磨等方式进行清根处理。

5.6.5.10 焊后应清除焊件表面的焊渣、焊瘤、飞溅物以及其他污物。必要时应对焊缝进行局部修整。

5.6.5.11 为防止出现延迟裂纹，焊接过程应严格控制焊接气氛中氢含量。对于厚壁或重要构件应进行焊后消除应力处理。

5.6.6 焊缝检查与修补

5.6.6.1 完工焊缝应进行外观检查 and 无损检测，检测的方法和验收标准应经CCS同意。

5.6.6.2 应对所有的钛焊缝和热影响区原始状态的表面颜色进行检验，焊缝和近缝区颜色应为银白色或黄色，其他颜色应去除氧化色或进行返修。

5.6.6.3 焊缝内部质量一般应经无损检测方法检查（射线探伤或超声波检测）。焊缝无损检测的范围、数量及其所采用的工艺和标准应符合CCS接受的标准的要求（如：JB/T4730。）

5.6.6.4 焊缝表面应均匀、致密、平滑地向母材过渡，不应有裂纹、未熔合以及超出规定的咬边、气孔、夹渣、弧坑等缺陷。

5.6.6.5 钛合金焊缝表面不允许存在深度大于等于0.5mm的划伤。若有大于等于0.5mm的划伤应清除。清除后的焊缝表面不应低于母材表面。

5.6.6.6 钛合金焊缝补焊应采用与原焊缝相同的焊接材料和焊接工艺参数。同一部位返修次数不应超过2次，超过2次的焊补应经CCS同意；修补后的焊缝应重新进行表面渗透探伤检测。

5.6.6.7 用于临时固定连接焊缝的工夹具，拆除后的焊痕表面也应进行表面渗透探伤检测。

第8章 重要机件的焊接

第4节 螺旋桨的无损检测与焊补

图8.4.2.3(1)(a)修改如下:

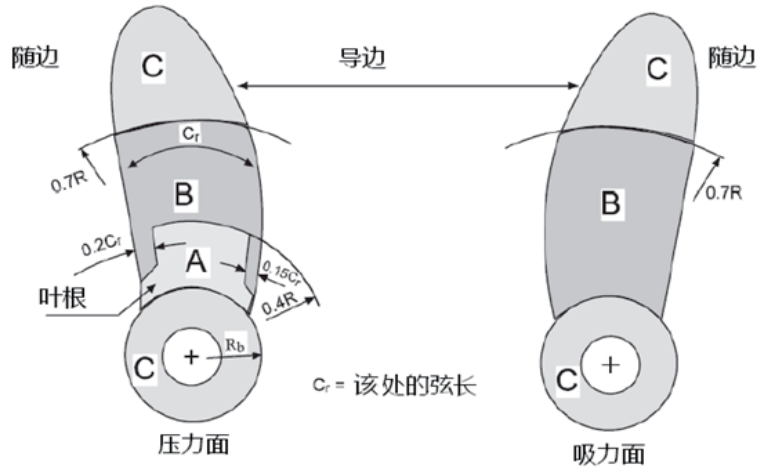


图8.4.2.3(1)(a) 整体铸造低侧斜螺旋桨的危险区域划分

图8.4.2.3(1)(b)修改如下:

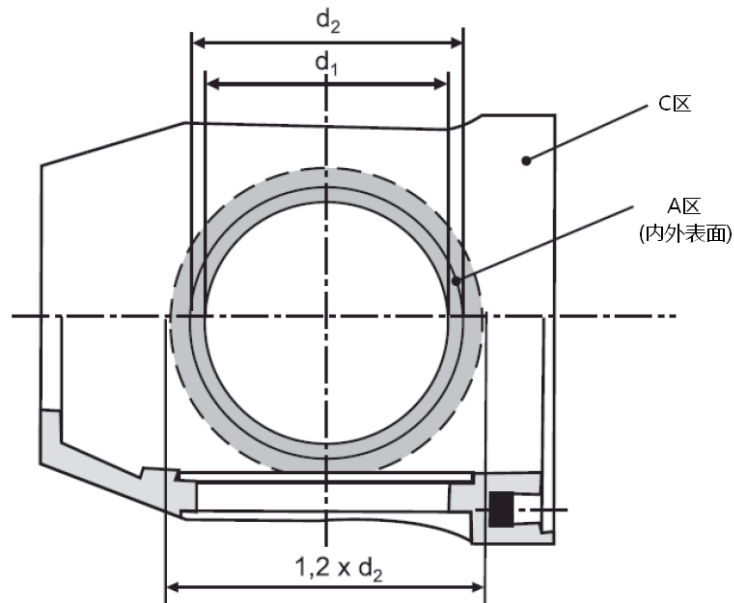


图8.4.2.3(1)(b) 分体浇铸桨毂的危险区域划分

图8.4.2.3(1)c修改如下:

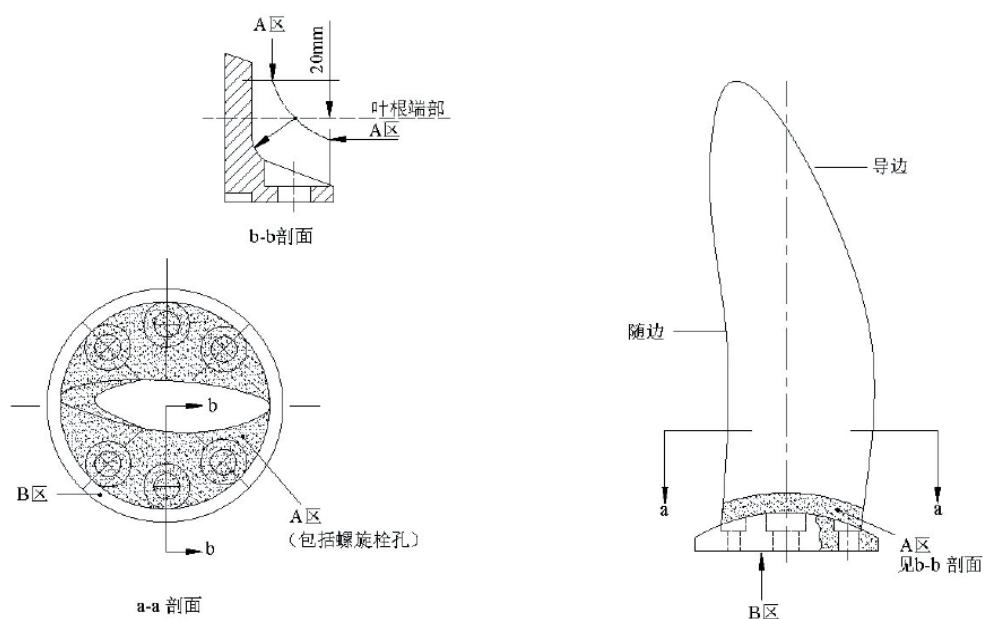


图8.4.2.3(1)(c) 可调螺距桨桨叶法兰及根部的危险区域划分

注：桨叶的剩余表面危险区域划分应按整体浇铸螺旋桨所示的危险区域划分，参见图8.4.2.3(1)a、图8.4.2.4(1)。

图8.4.2.4(1)修改如下:

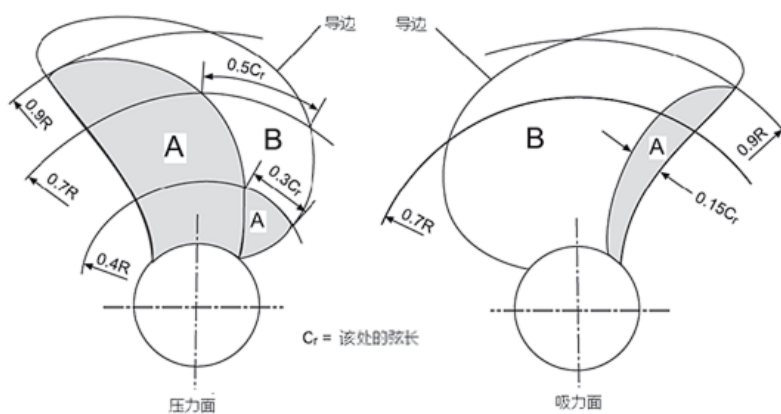


图8.4.2.4(1) 高侧斜螺旋桨的危险区域划分

删除8.4.8.2。