



船舶入级规范

船舶/高速、轻型船只和海军水面船只 新建船舶

材料和焊接

第 2 篇 第 2 章

金属材料

2005年1月

本册包括了第0篇第1章第3节的2006年7月版中所述的相关
修订和更正内容

第1节	结构用轧制钢材.....	7
第2节	锅炉、压力容器和特殊用途的轧制钢材.....	19
第3节	复合钢板.....	29
第4节	钢管.....	31
第5节	锻钢件.....	34
第6节	锚链用棒材.....	44
第7节	铸钢件.....	45
第8节	铸铁件.....	56
第9节	铝合金.....	58
第10节	铜合金铸件.....	62
第11节	有色金属管件.....	66

挪威船级社

Veritasveien 1, NO-1322 Høvik, Norway Tel.: +47 67 57 99 00 Fax: +47 67 57 99 11

规范更改说明

综述

理事会2004年11月29日确定了包括增补和修订内容在内的现行规范版本，并以此替换本章的2003年1月版。

本次规范的更改于2005年7月1日生效。

本章在被新的修订版替换之前有效。仅在第0篇第1章第3节刊登少量增补和更正的更新后清单以外，不发行增补版。第0篇第1章通常在每年的1月和7月修订。

修订过的各章将发给本规范的所有订户。建议重印版本的购买者核对刊发在第0篇第1章第1节的规范各章的最新清单，以确认该章为现行版本。

主要更改

• 第4节 - 钢管

- 该节被重新命名（原名为“钢管及配件”）并经过全部修订。早期的规范是以ISO标准和具体的DNV要求为依据的，而新规范以最常用的工业标准为依据，如：ISO，EN，ASTM，DIN，和JTS等。为了将附加的安全措施以及本社认为必要的事宜包括在内，对特定的DNV要求进行了限定。

更正和澄清

除上述规范要求外，在现有规范的文本上还进行了一些更正和澄清。

对本译文的声明 (REV 00)：

为了方便中文读者对DNV RULES 的阅读，DNV安排了将该文本翻译成中文，如果在中文译文中存在与英文原文发生歧义的地方，应以DNV的英文版为准。

对本译文的任何意见和建议，请发邮件至 mchcn340@dnv.com 。

针对规范的意见可以通过电子邮件发送至rules@dnv.com
有关订购或订阅事项的信息，请联系distribution@dnv.com
有关DNV和本社服务的全面信息，请访问网址<http://www.dnv.com>

© Det Norske Veritas 挪威船级社
由挪威船级社计算机排版 (FM+SGML)
挪威印刷

可以证明的因挪威船级社过失的作为和不作为所致，对任何人造成的损失或损坏，挪威船级社赔偿其可以证明的直接损失或损坏。然而，赔偿金额不超过的等同相关服务收费总计金额的十倍。且最大赔偿金额不超过2百万美元
在本条文中，“挪威船级社”表示挪威船级社基金会及其分社、理事、官员、雇员、代理和其他代表挪威船级社的组织和个人。

目录

第1节 结构用轧制钢材 7

A. 通则 7

A 100 适用范围 7

A 200 钢材等级符号 7

A 300 制造方法 7

B. 普通强度钢 (NS) 7

B 100 适用范围 7

B 200 化学成分 7

B 300 热处理, 供应状态 7

B 400 机械性能 7

C. 高强度钢 9

C 100 适用范围 9

C 200 化学成分 9

C 300 热处理, 供应状态 9

C 400 机械性能 9

D. 超高强度钢 12

D 100 适用范围 12

D 200 化学成分 12

D 300 热处理, 供应状态 12

D 400 机械性能 13

E. 特定厚度方向具有最低性能要求的 (“Z” 质量) 的钢板和宽扁材 14

E 100 适用范围 14

E 200 制造 14

E 300 化学成分 14

E 400 试验材料 15

E 500 机械试验 15

E 600 重复试验程序 15

E 700 无损试验 15

E 800 标识 15

E 900 认证 15

F. 试验 15

F 100 试验材料 15

F 200 拉伸试验 16

F 300 冲击试验 16

F 400 检验-容差 17

G. 修补 17

G 100 表面缺陷 17

第2节 锅炉、压力容器和特殊用途的轧制钢材 19

A. 通则 19

A 100 适用范围 19

A 200 制造方法 19

B. 锅炉和压力容器用钢材 19

B 100 钢材等级 19

B 200 化学成分 19

B 300 机械性能 19

B 400 热处理 19

C. 低温用钢 23

C 100 钢材等级 23

C 200 化学成分 23

C 300 机械性能 24

C 400 热处理 24

D. 不锈钢 26

D 100 钢材等级 26

D 200 化学成分 26

D 300 机械性能 26

D 400 热处理 27

D 500 晶间腐蚀试验 27

E. 试验 27

E 100 通则 27

E 200 常温下拉伸试验 27

E 300 高温下拉伸试验 28

E 400 冲击试验 28

E 500 落锤试验 28

E 600 厚度方向性能试验 28

E 700 晶间腐蚀倾向试验 28

F. 检验、尺寸容差和表面状态 28

F 100 检验 28

F 200 容差 28

F 300 表面状态和缺陷修整 28

第3节 复合钢板 29

A. 通则 29

A 100 适用范围 29

A 200 热处理 29

B. 基体材料 29

100 一般规定 29

C. 包覆金属 29

C 100 一般规定 29

C 200 化学成分 29

D. 试验 29

D 100 一般规定 29

D 200 拉伸试验 29

D 300 冲击试验 29

D 400 弯曲试验 29

D 500 剪切试验 29

D 600 超声波试验 29

D 700 腐蚀试验 29

D 800 检验-容差 30

E. 修补和拒收 30

E 100 表面缺陷 30

E 200 拒收 30

F. 材料的标识 30

F 100 标记 30

第4节 钢管 31

A 一般要求 31

A 100 适用范围 31

A 200 制造 31

A 300 化学成分 31

A 400 热处理 31

A 500 机械试验 31

A 600 密性试验 31

A 700 检验 31

A 800 修补 31

A 900 标识 31

A 1000 认证 31

B 耐压管 32

B 100 适用范围	32
B 200 制造	32
C 不锈钢管.....	32
C 100 适用范围	32
C 200 制造	32
C 300 机械试验	32
C 400 腐蚀试验	32
D 低温用钢管.....	32
D 100 适用范围	32
D 200 制造	32
D 300 机械试验	32
E 锅炉和过热器用管材.....	33
E 100 适用范围	33
E 200 制造	33
F. 管子附件.....	33
F 100 适用范围	33
F 200 材料和制造	33
F 300 试验和检验	33
F 400 认证	33
第5节 锻钢件.....	34
A. 通则.....	34
A 100 适用范围	34
A 200 分类体系	34
A 300 制造	34
A 400 化学成分	35
A 500 热处理	35
A 600 机械试验用试验材料和试样	35
A 700 试验单元和试验次数	35
A 800 机械性能	35
A 900 检验	36
A 1000 修补	36
A 1100 标识	36
A 1200 认证	36
B. 船体结构和设备用锻钢件.....	37
B 100 适用范围	37
B 200 化学成分	37
B 300 热处理	37
B 400 机械试验	37
B 500 检验	37
C 轴系和机械用锻件.....	38
C 100 适用范围	38
C 200 化学成分	38
C 300 热处理	38
C 400 机械试验	38
C 500 检验	38
D. 曲轴用锻件.....	39
D 100 适用范围	39
D 200 化学成分	39
D 300 热处理	39
D 400 机械试验	39
D 500 检验	39
E. 齿轮用锻钢件.....	40
E 100 适用范围	40
E 200 化学成分	40
E 300 热处理	40
E 400 不渗碳锻钢件的机械试验	40
E 500 渗碳锻件的测试	40

E 600 检验.....	40
---------------	----

F. 锅炉、压力容器和管道系统用锻钢件..... 41

F 100 适用范围.....	41
F 200 化学成分.....	41
F 300 热处理.....	41
F 400 机械性能	41
F 500 检验.....	41
F 600 压力试验.....	41

G. 低温用铁素体锻钢件..... 42

G 100 适用范围.....	42
G 200 化学成分.....	42
G 300 热处理.....	42
G 400 机械性能	42
G 500 检验.....	42
G 600 压力试验.....	42

H. 不锈钢锻件..... 43

H 100 适用范围.....	43
H 200 制造	43
H 300 机械性能	43
H 400 检验.....	43

第6节 锚链用棒材..... 44

A. 通则..... 44

A 100 适用范围.....	44
A 200 钢材等级	44
A 300 化学成分.....	44
A 400 机械性能.....	44
A 500 热处理	44

B. 试验..... 44

B 100 试验次数	44
B 200 冲击试验	44

C. 材料的标识..... 44

C 100 标识.....	44
---------------	----

第7节 铸钢件..... 45

A. 一般要求..... 45

A 100 适用范围	45
A 200 分级体系	45
A 300 制造	45
A 400 化学成分	45
A 500 热处理	45
A 600 机械试验用试块和试样	45
A 700 试验单元和试验次数.....	45
A 800 机械性能	46
A 900 检验	46
A 1000 修补	46
A 1100 标识	47
A 1200 认证	47

B. 船体结构和设备用铸件..... 47

B 100 适用范围	47
B 200 化学成分.....	47
B 300 热处理	47
B 400 机械性能	47
B 500 检验	47

C. 机械用铸件..... 48

C 100 适用范围	48
C 200 化学成分.....	48
C 300 热处理	48
C 400 机械性能	48

C 500 检验	48
D. 螺旋桨用铸件	49
D 100 适用范围	49
D 200 化学成分	49
D 300 热处理	49
D 400 机械试验	49
D 500 检验	49
D 600 修补	50
D 700 焊接工艺认可试验	50
E. 锅炉、压力容器和管道用铸件	53
E 100 适用范围	53
E 200 化学成分	53
E 300 热处理	53
E 400 机械性能	53
E 500 检验	53
E 600 压力试验	53
F. 低温用铁素体铸钢件	53
F 100 适用范围	53
F 200 化学成分	53
F 300 热处理	53
F 400 机械性能	53
F 500 检验	54
F 600 压力试验	54
G. 不锈钢铸件	54
G 100 适用范围	54
G 200 化学成分	54
G 300 热处理	54
G 400 机械性能	54
G 500 检验	54
第8节 铸铁件	56
A. 一般要求	56
A 100 适用范围	56
A 200 铸件质量	56
A 300 制造	56
A 400 化学成分	56
A 500 热处理	56
A 600 试验	56
A 700 外观检验和无损检验	56
A 800 缺陷的修补	56
B. 球墨铸铁	56
B 100 适用范围	56
B 200 试验材料	56
B 300 机械性能	56
B 400 金相检验	57
C. 灰铸铁	57
C 100 适用范围	57
C 200 试验材料	57
C 300 机械性能	57
第9节 铝合金	58
A. 熟铝合金	58
A 100 适用范围	58
A 200 铝材等级和回火状态	58
A 300 制造	58

A 400 化学成分	58
A 500 机械试验用试验材料和试样	58
A 600 试验单元和试验次数	58
A 700 机械性能	58
A 800 压力焊试验	58
A 900 检验和容差	59
A 1000 修补	59
A 1100 标识	59
A 1200 认证	59

第10节 铜合金铸件

A. 一般要求	62
A 100 通则	62
A 200 分级体系	62
A 300 制造	62
A 400 化学成分	62
A 500 热处理	62
A 600 机械试验用试块和试样	62
A 700 试验单元和试验次数	62
A 800 机械性能	62
A 900 检验	62
A 1000 修补	63
A 1100 标识	63
A 1200 认证	63

B. 阀门、管道和一般用途的铸件

B 100 适用范围	63
B 200 化学成分	63
B 300 热处理	63
B 400 机械性能	63
B 500 检验	63
B 600 修补	63

C. 螺旋桨用铸件

C 100 适用范围	63
C 200 化学成分	64
C 300 热处理	64
C 400 机械试验	64
C 500 检验	64
C 600 修补	64
C 700 标识	64
C 800 认证	64
C 900 焊接工艺认可试验	64

第11节 有色金属管件

A. 铜和铜合金管

A 100 适用范围	66
A 200 制造	66
A 300 化学成分	66
A 400 热处理	66
A 500 机械试验	66
A 600 检验	66
A 700 修补	66
A 800 标识	66
A 900 认证	66

B. 钛和钛合金管材

B 100 适用范围	67
B 200 制造	67
B 300 认证	67

第1节 结构用轧制钢材

A. 通则

A 100 适用范围

101 本节规定了可焊接的普通强度、高强度和超高强度的热轧结构钢板和型材的要求。该要求也适用于结构用无缝钢管材。该要求适用于厚度不超过150mm的钢材产品。对厚度更大钢材，在对其各自的情况进行考虑后，可以被接受某些偏差或对其提出要求。

本节包含了IACS UR W11和W16的规定。

对于用作锻件代用品的轧制扁坯、方坯或棒材的要求见第5节。

102 经本社特许，在化学成分、脱氧方法、供应状态和机械性能和规范要求有所不同的钢材也给以接受。此类钢材应予以特殊符号，见200。

A 200 钢材等级符号

201 钢材的等级按强度分为以下三组：

- 普通强度钢（NS）
- 高强度钢（HS）
- 超高强度钢（EHS）

202 等级的字母数字符号为NV_{xy},

其中：

- NV = 按照本社规范规定的钢材等级符号。
x = 大写字母表示的相当于规定的冲击韧性试验温度，见表A1。
y = 按标定最小屈服应力确定的强度级别数字符号，见表A1。对于NS钢材，该数字省略。

203 在202规定的字母数字之后附加的符号可以是以下内容：

- Z = 改进厚度方向性能的钢材等级。
S = 专门认可的钢材，见100。

A 300 制造方法

301 钢材应当采用电炉或碱性吹氧炼钢的工艺生产。经本社特许，也可采用其它工艺。

302 除非本社另行认可，连续浇铸的扁坯轧制的板材的厚度减薄率最少为5：1。

303 适用的轧制方法的定义如下：

控制轧制，CR（正火轧制，NR）：最终成型在正火温度范围内进行的轧制过程，所制材质状态通常相当于正火后的结果。

热机轧制，TM（热机控制工艺，TMCP）：这是一种严格控制钢材温度和轧制减薄量的工艺。通常在接近Ar3温度下实施高比例的轧制减薄量，并可以在两相温度区域内进行轧制。不同于控制轧制（正火轧制），TM 获取的性能不可能由随后的正火或其它热处理方法再次产生。

表A1钢材等级的定义				
强度范围	冲击试验		拉伸性能	
	符号 x	试验温度 (°C)	符号 y	屈服应力 最小值 (N/mm²)
NS	A	—	略	235
	B	0		
	D	-20		
	E	-40		
HS	A	0	27	265
	D	-20	32	315
	E	-40	36	355
	F	-60	40	390
EHS	D	-20	420	420
		-40	460	460
		-60	500	500
			550	550
			620	620
			690	690

B. 普通强度钢（NS）

B 100 适用范围

101 分节B规定了普通强度钢（NS）的要求。普通强度钢是指最低屈服应力为235 N/mm²的钢材。

102 在分节E中，详细规定了具备厚度方向保证性能的附加要求—“Z”级钢。

B 200 化学成分

201 表B1给出了普通强度钢（NS）化学成分和脱氧的方法要求。

B 300 热处理，供应状态

301 普通强度钢（NS）在交货时的状态应符合表B2规定的要求。

B 400 机械性能

401 普通强度钢（NS）应当符合表B3规定的机械性能。

表B1 普通强度钢（NS）的化学组分和脱氧方法

		等级			
		NV A	NV B	NV D	NV E
脱氧方法		t ≤50 mm: 任何方法, 沸腾钢除外 ¹⁾ t > 50 mm: 镇静	t ≤50 mm: 任何方法, 沸腾钢除外 t > 50 mm: 镇静	t ≤25 mm: 镇静 t > 25 mm: 镇静和 细化晶粒处理	镇静和 细化晶粒处理
化学成分 (浇斗取样分析) ²⁾ ³⁾	C 最大值 (%) ⁵⁾	0. 21 ⁴⁾	0. 21	0. 21	0. 18
	Si 最小值 (%)	–	–	0. 10	0. 10
	Si 最大值 (%)	0. 50	0. 35	0. 35	0. 35
	Mn 最小值 (%) ⁵⁾	2. 5 x C	0. 80 ⁶⁾	0. 60	0. 70
	P 最大值 (%)	0. 035	0. 035	0. 035	0. 035
	S 最大值 (%)	0. 035	0. 035	0. 035	0. 035
	Al 最小值 酸溶ac. sol.	–	–	0. 015 ⁸⁾	0. 015

- 1) 经本社特许, 厚度小于或等于12.5 mm 的型材沸腾钢可以被接受。
- 2) 如果任何等级的钢材是在热机控制的状态下供应, 本社可以许可或要求规定的化学成分有一定的偏差。
- 3) 本社可限制残余/微量元素的含量, 这些元素可能对钢材的工作和使用带来不利影响, 如铜和锡。
- 4) 对于型钢, 最大值为0. 23%。
- 5) 含碳量加上1/6含镁量不得超过0. 40%。
- 6) 对于NV B级, 当硅含量为0. 10或以上时 (镇静钢), 锰含量的最小值可以降至0. 60%。
- 7) 可以测定总含量来代替酸溶含量。在这种情况下, 铝的总含量不得少于0. 020%。可以规定上限。经本社特许, 可以使用其它的细化晶粒元素。
- 8) 厚度大于25 mm时, 对铝含量有要求。

表B2 普通强度钢材(NS)的供应状态

等级	厚度, t (mm)	供应状态 ¹⁾
NV A	t ≤50	任意
	50 < t ≤150	AR ²⁾ , CR, N, TM
NV B	t ≤ 50	任意
	50 < t ≤ 150	AR ²⁾ , CR, N, TM
NV D	t ≤ 35	任意
	35 < t ≤ 150	AR ²⁾ , CR, N, TM
NV E	t ≤ 150	AR ³⁾ , CR ³⁾ , N, TM

- 1) 供应状态:
AR: 轧制
N: 正火
CR: 控制轧制
TM: 热机控制处理 (TMCP)
- 2) 经本社特许, 等级NV A和NV B可以轧制(AR)状态供应。
- 3) 如果夏比V型缺口冲击试验始终取得满意结果, 经本社特许, NV D级型钢可以轧制(AR)状态供应。同样, NV E级型钢也可以轧制(AR)或控制轧制(CR)供应。

表B3 普通强度钢（NS）的机械性能										
等级	屈服应力 <i>ReH</i> 最低 (<i>N/mm²</i>)	抗拉强度 <i>Rm</i> (<i>N/mm²</i>)	伸长率 <i>A5</i> 最小值 (%)	试验温度 (° C)	平均冲击功 <i>J</i> 最小值					
					<i>t</i> ≤50		50 < <i>t</i> ≤ 70		70 < <i>t</i> ≤ 150	
					纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向
NV A	235	400-520	22 ³⁾	+20	—	—	34 ²⁾	24 ²⁾	41 ²⁾	27 ²⁾
NV B				0	27 ¹⁾	20 ¹⁾	34	24	41	27
NV D				-20	27	20	34	24	41	27
NV E				-40	27	20	34	24	41	27
1) 对于厚度25 mm或以下的B级钢材，通常不要求进行夏比V型缺口冲击试验。										
2) 采用细化晶粒方法和炉内正火或热机控制处理生产的A级钢材，厚度在50mm以上时，不必进行冲击试验。										
3) 对于宽度为25 mm，标准长度为200mm的全厚度平板试样，其伸长率应符合以下的最小值：										
厚度, mm		<i>t</i> ≤ 5	5 < <i>t</i> ≤10	10 < <i>t</i> ≤15	15 < <i>t</i> ≤20	20 < <i>t</i> ≤ 25	25 < <i>t</i> ≤ 30	30 < <i>t</i> ≤ 40	40 < <i>t</i> ≤	
伸长率		14	16	17	18	19	20	21	22	

C. 高强度钢

C 100 适用范围

101 分节C规定了高强度钢要求。高强度钢是指屈服应力最小值为265 N/mm²至390 N/mm²（含390 N/mm²）的钢材。

102 应当注意高强度钢焊接接头的疲劳强度可能并不高于普通强度钢（NS）的焊接接头。

103 在分节E中，详细规定了具备厚度方向保证性能钢—“Z”级钢的附加要求。

C 200 化学成分

201 化学成分，脱氧方法和细化晶粒处理通常应满足表C1的要求。如果炼钢工艺中添加了任何其它的元素，应当表明含量。

202 符合表C1级别的钢材应当进行细化晶粒处理，含有Al，Nb，Ti和V中的一种或多种元素。在和本社达成一致后，可以采用其它晶粒细化(微合金化)元素。不同钢材等级的晶粒细化元素混用应经本社认可。

经本社认可后，稍低于表中给出的铝含量可被接受。

203 应通过浇斗取样分析，测定各冶炼炉规定的所有元素含量并应当在证书上标明。不进行细化晶粒处理的级别，可以省略Al，Nb，Ti和V的测定。

204 在要求时，可以根据浇斗取样分析按以下公式计算碳当量：

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

对于热机控制轧制的TM（TMCP）钢材，采用上式计算的碳当量应当符合表C2中的要求。

按照本社的意见，D200（P_{cm}）中给出的公式也可以代替碳当量进行可焊性的评估。

C 300 热处理，供应状态

301 高强度钢在交货时的状态应符合表C3规定的要求。

C 400 机械性能

401 高强度钢应当符合表C4中规定的机械性能。

表C1高强度钢 (HS) 的化学成分和脱氧方法

等级	NV A27S NV D27S NV E27S NV A32 NV D32 NV E32 NV A36 NV D36 NV E36 NV A40 NV D40 NV E40	NV F32 NV F36 NV F40
脱氧方法	镇静和细化晶粒处理 ¹⁾	
化学成分 (浇斗取样分析)		
C 最大值 (%)	0.18	0.16
Si (%)	0.10 – 0.50	0.10 – 0.50
Mn (%)	0.9 – 1.6 ²⁾	0.9 – 1.6 ²⁾
P 最大值 (%)	0.035	0.025
S 最大值 (%)	0.035	0.025
Cu 最大值 (%)	0.35	0.35
Cr 最大值 (%)	0.20	0.20
Ni 最大值 (%)	0.40	0.80
Mo 最大值 (%)	0.08	0.08
Al 酸溶ac. sol. (%)	0.015 – 0.08 ³⁾	0.015 – 0.08 ³⁾
Al 总量 (%)	0.020 – 0.085 ³⁾	0.020 – 0.085 ³⁾
Nb (%)	0.02 – 0.05 ³⁾	0.02 – 0.05 ³⁾
V (%)	0.05 – 0.10 ³⁾	0.05 – 0.10 ³⁾
Ti 最大值 (%)	0.02	0.02
N 最大值 (%)	–	0.009 (0.012 如果含Al)
1) 可接受厚度小于等于25 mm的NV A 27S级别, 不进行细化晶粒处理的半镇静或镇静钢。 2) 厚度等于或小于12.5 mm时, Mn含量的最小值可降至0.70%。对于NV A 27S, NV D 27S和NV E 27S, 无论板厚如何, Mn最小含量可降至0.70%。 3) 钢材应当含有Al, Nb, V 或其它适宜的晶粒细化元素, 可以是其中的一种或多种混用。使用一种时, 钢材应当至少含有规定最低值的该种晶粒细化元素。当混合使用时, 至少应有一种细化晶粒元素达到规定的最低含量。		

表C2 TMCP法生产的厚度小于等于150 mm高强度钢中的碳当量

钢材等级	碳当量, 最大值 (%)		
	$t \leq 50 \text{ mm}$	$50 < t \leq 100 \text{ mm}$	$100 < t \leq 150 \text{ mm}$
NV A27S, NV D27S, NV E27S	–	–	–
NV A32, NV D32, NV E32, NV F32	0.36	0.38	0.40
NV A36, NV D36, NV E36, NV F36	0.38	0.40	0.42
NV A40, NV D40, NV E40, NV F40	0.40	–	–

表C3 高强度钢 (HS) 供应状态			
等级	晶粒细化元素	厚度 <i>t</i> , mm	供货条件 ¹⁾
NV A27S NV A32 NV A36	Nb 和/或 V	$t \leq 12.5$ $12.5 < t \leq 150$	任意 AR ³⁾ , CR, N, QT, TM
		$t \leq 20$ $20 < t \leq 35$ $35 < t \leq 150$	任意 任意 AR ³⁾ , CR, N, QT, TM
	仅Al 或另含Ti		
NV A40	任意	$t \leq 12.5$ $12.5 < t \leq 150$	任意 CR, N, QT, TM
NV D27S NV D32 NV D36	Nb 或 V	$t \leq 12.5$ $12.5 < t \leq 150$	任意 AR ³⁾ , CR, N, QT, TM
		$t \leq 20$ $20 < t \leq 25$ $25 < t \leq 150$	任意 任意 ²⁾ AR ³⁾ , CR, N, QT, TM
	仅Al 或另含Ti		
NV D40	任意	$t \leq 150$	CR, N, QT, TM
NV E27S NV E32 NV E36	任意	$t \leq 150$	CR ³⁾ , N, QT, TM
NV E40	任意	$t \leq 150$	N, QT, TM
NV F32 NV F36	任意	$t \leq 150$	CR ⁴⁾ , N, QT, TM
NV F40	任意	$t \leq 150$	N, QT, TM
<div>1) 供应状态: AR: 轧制状态 N: 正火. QT: 淬火加回火 CR: 控制轧制 TM: 热机控制处理 (TMCP).</div> <div>2) 经本社特许轧制状态 (AR)。</div> <div>3) 如果夏比V型缺口冲击试验始终取得满意结果, 经本社特许, NV A27S, NV A32, NV A36, NV D27S, NV D32和NV D36等级的型钢可按轧制状态 (AR) 供应。同样, NV E27S, NV E32 和NV E36等级的型钢也可按轧制状态 (AR) 或控制轧制 (CR) 供应。</div> <div>4) 经本社特许, NV F32 和NV F36等级的型钢可按控制轧制 (CR) 供应。</div>			

表C4 高强度钢 (HS) 机械性能										
等级	屈服应力 <i>ReH</i> 最小值 (<i>N/mm²</i>)	抗拉强度 <i>Rm</i> (<i>N/mm²</i>)	伸长率 <i>A5</i> 最小值 (%)	试验温度 (° <i>C</i>)	平均冲击功 (<i>J</i>) 最小值					
					<i>t</i> ≤50		50 < <i>t</i> ≤ 70		70 < <i>t</i> ≤ 150	
					纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向
NV A27S	265	400 – 530	22 ¹⁾	0	27 ²⁾	20	34	24	41	27
NV D27S				-20						
NV E27S				-40						
NV A32	315	440 – 570	22 ¹⁾	0	31 ²⁾	22	38	26	46	31
NV D32				-20						
NV E32				-40						
NV F32				-60						
NV A36	355	490 – 630	21 ¹⁾	0	34 ²⁾	24	41	27	50	34
NV D36				-20						
NV E36				-40						
NV A40	390	510 – 660	20 ¹⁾	0	41	27	45	30	55	37
NV D40				-20						
NV E40				-40						
NV F40				-60						
1) 宽度为25 mm，标准长度200 mm全厚度平板试样，其伸长率应当符合以下最小值。										
2) 如果随机抽查试验时，均取得良好结果，经过本社特许，对于NV A27S, NV A32和NV A36钢材进行以验收为目的的冲击试验次数可以放宽要求。										
厚度 (mm)		t ≤5	5<t ≤10	10<t ≤15	15<t ≤20	20<t ≤25	25<t ≤30	30<t ≤40	40<t ≤150	
伸长率 (%)										
NV A27S, NV D27S, NV E27S		15	16	17	18	19	20	21	22	
NV A32, NV D32, NV E32, NV F32		14	16	17	18	19	20	21	22	
NV A36, NV D36, NV E36, NV F36		13	15	16	17	18	19	20	21	
NV A40, NV D40, NV E40, NV F40		12	14	15	16	17	18	19	20	

D. 超高强度钢

D 100 适用范围

101 分节D规定了超高强度钢的要求。超高强度钢是指屈服应力最小值为420 N/mm² 至690 N/mm²（包括690 N/mm²）的钢材。

102 应当注意，超高强度钢焊接接头的疲劳强度可能并不高于较低强度钢材材料的焊接接头。

103在分节E中，详细规定了具备厚度方向保证性能的附加条件—“Z”级钢。

D 200 化学成分

201 化学成分、脱氧方法和细化晶粒处理通常符合表D1中的要求。

如果炼钢工艺中添加了任何其它的元素，应当表明含量。

202 所有超高强度等级的钢材应当通过采用Al, Nb,

Ti 和 V中的一种或多种元素进行细化晶粒处理。在和本社达成一致后，也可以采用其它的晶粒细化元素（微合金）。不同的钢材等级中，晶粒细化元素的混合使用应当取得本社的认可。

表中给出了经特许后可以接受的Al元素的更低含量。当采用混用的方式时，含量至少应达到一种元素规定的最低值。

203 应通过浇斗取样分析，测定各冶炼炉规定的所有元素含量并应当在证书上标明。

204 如果没有达成其它的一致，在评估可焊性时，应采用以下的公式：

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

D 300 热处理，供应状态

301 超高强度钢在交货时的状态应当满足表D2中给出的要求。

D 400 机械性能

401 超高强度钢 应当符合表D3中规定的机械性能。

402 如果本社发现有必要，可要求进行落锤试验和/或断裂力学试验。

表D1 超高强度钢（EHS）的化学成分和脱氧方法							
		等级					
		NV A420	NV A460	NV A500	NV A550	NV A620	NV A690
		NV D420	NV D460	NV D500	NV D550	NV D620	NV D690
		NV E420	NV E460	NV E500	NV E550	NV E620	NV E690
		NV F420	NV F460	NV F500	NV F550	NV F620	NV F690
脱氧方法		镇静加细化结晶处理					
化学成分 (浇斗取样分析) ¹⁾		A级：	D和E级：		F级：		
	C 最大值 (%)	0.21	0.20		0.18		
	Si (%)	0.10 – 0.55	0.10 – 0.55		0.10 – 0.55		
	Mn 最大值 (%)	1.7	1.7		1.6		
	P 最大值 (%)	0.035	0.030		0.025		
	S 最大值 (%)	0.035	0.030		0.025		
	B 最大值 (%)	0.005	0.005		0.005		
	N 最大值 (%)	0.020	0.020		0.020		
	Al ac.sol. (%)	0.015 – 0.08 ²⁾	0.015 – 0.08 ²⁾		0.015 – 0.08 ²⁾		
	Al total (%)	0.020 – 0.085 ²⁾	0.020 – 0.085 ²⁾		0.020 – 0.085 ²⁾		
	Nb (%)	0.02 – 0.05 ²⁾	0.02 – 0.05 ²⁾		0.02 – 0.05 ²⁾		
	V (%)	0.04 – 0.10 ²⁾	0.04 – 0.10 ²⁾		0.04 – 0.10 ²⁾		
	Ti 最大值 (%)	0.02	0.02		0.02		
1) 表中给出的限值应当被认为是总体限制。化学成分应当符合相关钢材等级的许可规格。							
2) 钢材应当含有Al, Nb, V 或其它合适的晶粒细化元素，可以是其中的一种或多种混用。使用一种时，钢材应当至少含有规定最低值的该种晶粒细化元素。当混合使用时，含量至少应达到至少一种元素的规定最低值。							

表D2 超高强度钢(EHS)的供应状态			
等级	晶粒细化元素	厚度, <i>t</i> <i>mm</i>	供应状态 ^{1) · 2)}
NV A420, NV A460, NV A500, NV A550, NV A620, NV A690	任意	<i>t</i> ≤ 150	N, QT, TM
NV D420, NV D460, NV D500, NV D550, NV D620, NV D690	任意	<i>t</i> ≤ 150	N, QT, TM
NV E420, NV E460, NV E500, NV E550, NV E620, NV E690	任意	<i>t</i> ≤ 150	N, QT, TM
NV F420, NV F460, NV F500, NV F550, NV F620, NV F690	任意	<i>t</i> ≤ 150	N, QT, TM
1) 供应状态: N: 正火. QT: 淬火加回火 CR: 控制轧制. TM: 热机控制处理(TMCP).			
2) 对于规定屈服应力超过500 N/mm ² 的钢材，只可采用淬火加回火的处理方式。			

表D3 超高强度钢 (EHS) 的机械性能							
钢材等级	屈服应力 <i>ReH 1)</i> 最小 (<i>N/mm²</i>)	抗拉强度 <i>Rm</i> (<i>N/mm²</i>)	伸长率 <i>A5</i> 最小值 (%)	试验温度 (° C)	平均冲击功 (<i>J</i>) 最小值		
					<i>t ≤ 150</i>		
					纵向	横向	
NV A420 NV D420 NV E420 NV F420	420	530 – 680	18	0 -20 -40 -60	42	28	
NV A460 NV D460 NV E460 NV F460	460	570 – 720	17	0 -20 -40 -60	46	31	
NV A500 NV D500 NV E500 NV F500	500	610 – 770	16	0 -20 -40 -60	50	33	
NV A550 NV D550 NV E550 NV F550	550	670 – 830	16	0 -20 -40 -60	55	37	
NV A620 NV D620 NV E620 NV F620	620	720 – 890	15	0 -20 -40 -60	62	41	
NV A690 NV D690 NV E690 NV F690	690	770 – 940	14	0 -20 -40 -60	69	46	

1) 在拉伸试验中未标记出屈服应力的情况下，可以采用0.2% 应力 $R_{p0.2}$ 。

2) 对于宽度为25 mm，标距长度为200mm的全厚度平板试样，其伸长率应符合以下的最小值：

厚度 (mm)		10 < t ≤ 15	15 < t ≤ 20	20 < t ≤ 25	25 < t ≤ 40	40 < t ≤ 50	50 < t ≤ 150
伸长率							
NV A420, NV D420, NV E420, NV F420	11	13	14	15	16	17	18
NV A460, NV D460, NV E460, NV F460	11	12	13	14	15	16	17
NV A500, NV D599, NV E500, NV F500	10	11	12	13	14	15	16
NV A550, NV D550, NV E550, NV F550	10	11	12	13	14	15	16
NV A620, NV D620, NV E620, NV F620	9	11	12	12	13	14	15
NV A690, NV D690, NV E690, NV F690	9	10	11	11	12	13	14

E. 特定厚度方向具有最低性能要求的 (“Z” 质)的钢板和宽扁材

E 100 适用范围

101 本节为A至D中的增补内容适用于厚度大于或等于15mm, 且在厚度方向上或 “Z” 方向上有规定的最小延展率的材料, 见图1.

102 这些所谓的 “Z” 质钢材推荐用于在厚度方向上

产生应变的结构件, 为了减少在建造过程中出现层状撕裂的可能性. 规定了两种 “Z” 质量钢材, Z25 用于普通船舶, 而Z35则用于更严酷的使用环境。

厚度方向的性能是以厚度方向拉伸试验中断面的收缩值为特征的。

E 200 制造

201 所有 “Z” 质钢材都应当在本社认可的工厂内制造。

E 300 化学成分

301 除了分节B和D中给出的适用钢材规格要求以外, 浇

斗取样分析测定的最大含硫量为0.008%。

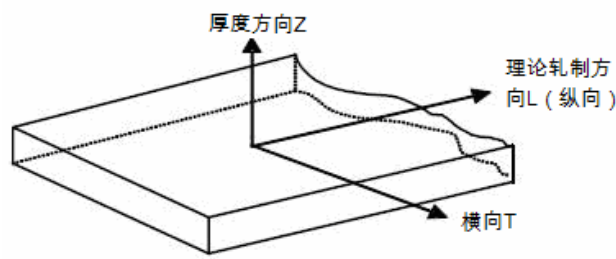


图1 厚度方向拉伸测试

E 400 试验材料

401 除了分节B和D中给出的适用钢材规格要求以外，试样的准备和试验步骤由下文给出：

402 对于板材和宽扁材，代表一批产品的试样应取自每件轧制产品的一端靠近中线的位置，见表E1和图2。

表E1 由产品和硫含量决定的批大小		
产品	$S > 0.005\%$	$S \leq 0.005\%$
板材	逐件（母板）	同炉、同厚度和同批热处理的产品量最大为50 t
标称厚度 ≤ 25 mm的宽扁材	同炉、同厚度和同批热处理的产品量最大为10 t	同炉、同厚度和同批热处理的产品量最大为50 t
宽标称厚度 > 25 mm的宽扁材	同炉、同厚度和同批热处理的产品量最大为20 t	同炉、同厚度和同批热处理的产品量最大为50 t

403 试验用试料应当足够大，可以进行6个试样的制备。先制备三个试样，保留试料的剩余部分以便进行可能的重复试验。

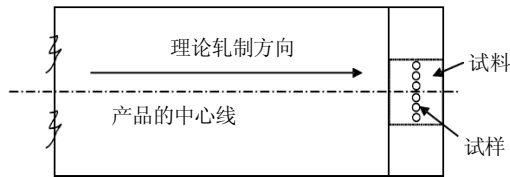


图2 板材和宽扁材的取样位置。

E 500 机械试验

501 圆型试样应当按照公认的国家标准制备。

502 如果在焊接或热影响区域出现断裂，试验视为无效，应进行替代试验。

表E2给出了至少三个试样面积收缩的最小平均值。对于相应的等级，只有一个试样的数值可低于最小平均值，但是不得低于最小单个值，见图3。

出现一个低于最小单件值的数值时，产品将被拒收。

表E2 - 减薄区域的接收值		
等级	Z25	Z35
最小平均值	25%	35%
单件最小值	15%	25%

E 600 重复试验程序

601 图3 为允许进行重复试验的三种情况。在这些情况下，可以从剩余的试料中制备试样，进行另外三次的拉伸试验。6次拉伸试验的平均值应当大于要求的最小平均值，并且低于最小平均值的结果不得超过两个。

没有通过重复试验的情况下，样品代表的批次将被拒收，或者该批次内的产品每件都单独进行实验。

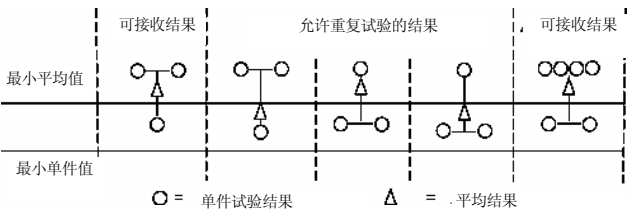


图3 接收、拒绝及重复试验标准示意图

E 700 无损试验

701 要求并按照EN 10160 1999 等级S2/E3 或ASTM A 578 等级C进行超声波试验。

应当对最终供应状态的试样进行超声波测试，采用频率为4 MHz的探针。

E 800 标识

801 符合这些要求的产品应当按照A至D给出的相应钢材的要求进行标识，并且在材料等级符号后附加的标注Z25或Z35，如NV E36 Z25。

E 900 认证

901 除了A至D给出的相应钢材的要求外，证书还应当包括以下的信息：

- a) 厚度方向上的面积收缩率(%)
- b) 标注有Z25或Z35的钢材等级

F. 试验

F 100 试验材料

101 提交验收试验用的同一试验单元中的所有材料，应当具备同样的产品形式，例如板材，扁钢、型材等。这些材料均出自同一冶炼炉并处于同样的供应状态。

试料应当完全代表该种材料，如果可能，试料在热处理完毕后从材料上截取。

试样不得以任何方式单独进行热处理。

102 除非另行得到同意，拉伸试料和冲击试样应从下列位置截取：

— 宽度 ≥ 600 mm 的板材和扁钢

试料应取自一端的位置，大概靠近轧制方向轴线和轧制后产品边缘之间中心的位置，（见图4a）。除非另行得到同意，为拉伸试验的制备的试样，其纵向轴应当和最终轧制方向垂直。

— 宽度 < 600 mm, 的扁钢，球扁钢和其它型钢

试料应从材料一端距外侧边缘约三分之一的位置截取。（见图4b, 4c, 4d和4e），或者在小尺寸型材的情况下，尽可能靠近这一位置处取样。在槽钢、钢梁或球缘角钢的情况下，试料可以选择在距腹板中心线或轴线四分之一宽度处截取（见图4d）。制备的拉伸试验试样，其纵向轴线可以和最终轧制方向平行或垂直。

对于小尺寸产品，拉伸试验的试样应具备产品全截面的长度。— 棒材和类似产品

在截取试料时，其试样的纵轴和轧制方向平行，并应尽量靠近以下位置：

- 对于非圆柱体型材，半对角线上距外侧三分之一处（见图4e）
- 对于圆柱体型材，距外侧三分之一半径处（见图4f）。

103 厚度方向性能试验的试料应当征得本社的同意。

F 200 拉伸试验

201 拉伸试验试样应当符合第1章第2节的要求。通常情况下板材、宽扁材和型钢应当采用全产品厚度片状的试样。棒材或类似的产品可以采用圆棒型试样。而对于小尺寸的棒材等，试样应具备产品全截面的长度。

202 对于每个试验单元，所进行的拉伸试验应当来自同一个抽样产品，除非成材的重量超过50吨。在后种情况下，应当分别从每50吨或剩余部分的成材中，每取得一个抽样产品，就进行一次补充的试验。同单元的产品，厚度或直径每相差10mm时，就应进行一个附加的试验。对型钢来说，所谓的厚度是指产品要经受机械试验点处的

厚度。

203 对于超高强度钢，每次的拉伸试验只能代表同批热处理的材料。

204 在拉伸试验中，未观察到明显的屈服现象时，应当测定0.2% 非比例伸长率时的应力。

205 对于加速冷却热机控制处理的钢材，可要求在模拟应力消除的情况下进行附加试验。

206 拉伸试验采用的步骤应当符合第1章的要求。

F 300 冲击试验

301 冲击试验的试样，应当为沿其纵轴切削的夏比V缺口类型，其纵轴可以和材料最终的轧制方向平行或垂直。除600mm以上的超高强度钢板材和宽扁材应当取其试样轴线和主轧制方向垂直以外，一般试样的准备和试验只取其纵向。然而，钢材加工厂仍要保证在两个方向上的冲击值都能满足本节的要求。

在试样上切削成型的缺口，所在的平面应当和轧制平面垂直。缺口位置距离火焰切割边缘或剪切边缘不得少于25 mm。

302 除了另有规定或和专门取得本社同意，试验单元的最大值应当按照表F1的规定。一组三个试样应当取自每一个规定测试单元或规定的部分中一件厚度最大的产品。.

303 厚度等于或低于50 mm时，截取的冲击试验试样，其边缘应当在距轧制面2mm的范围内。厚度超过50 mm时，冲击试验试样应当定位在试样的中心线和板材表面之间距离不少于1/4板材厚度的位置上。

304 不可能使用标准的10x10 mm冲击试样的情况下，采用以下数字的较大尺寸：10x7.5 mm 或10x5 mm。相应地冲击数值分别减少至标准试样的5/6和2/3。

305 每组三个冲击试验的平均功数值和单个试验数值，应当分别符合表B3, C4和D3的相应要求。此外，每组只能有一个数值可低于规定最小平均值，但是不得低于该数值的70%。

306 冲击试验采取的步骤应当符合第1章的要求。

表F1 交货时冲击试验的范围				
强度范围	等级	厚度, <i>t</i> (mm)	试验单元 最大值	
			板材	型钢
普通强度钢 NS	A	$t \leq 50$ $50 < t \leq 150$	无要求 50 t	无要求
	B	$t \leq 25$ $25 < t \leq 150$	无要求 50 t ^{1) 2)}	无要求 50 t ²⁾
	D	$t \leq 150$	50 t ^{1) 2)}	50 t ²⁾
	E	$t \leq 150$	逐件	25 t ³⁾
高强度钢 HS	A	$t \leq 150$	最大值 50 t ^{1) 2)}	50 t ²⁾
	D	$t \leq 150$	最大值 50 t ^{1) 2)}	50 t ²⁾
	E	$t \leq 150$	逐件	25 t ³⁾
	F	$t \leq 150$	逐件	25 t ³⁾
超高强度钢 EHS	D	$t \leq 150$	逐件	逐件
	E	$t \leq 150$	逐件	逐件
	F	$t \leq 150$	逐件	逐件

1) 以控制轧制(CR) 状态提供的厚度超过50mm的钢板, 应按每25吨为一批或剩余的部分决定冲击试验的频次。

2) 经本社特殊许可下, 产品以轧制(AR) 状态供应时, 应按每25吨为一组或剩余的部分增加冲击试验频次。类似地厚度超过50mm的NV A级钢材也可以轧制状态供应。在此情况下, 应当从每批50吨或剩余部分中取一组三个夏比V型缺口试样

3) 如经本社特别许可, 非NV E40 及 NV F40级别的型钢, 在以轧制或控制轧制的状态供应时, 应当以每批15吨或剩余部分进行一组冲击试验。

F 400 检验—容差

401 制造厂在发货前, 应负责进行表面检验和尺寸检查, 验证符合所有的质量要求和容差。制造厂还对符合无内在缺陷的一般要求负责。

材料在本社验收之后发现有缺陷的情况, 并不能免除制造厂的该项责任。

402 超高强度钢板材和其它产品, 应从上下两面进行彻底的外观检验, 以保证无缺陷。可能要求采用适合方式的无损检查方法, 如磁粉和/或超声波检查。

403 用于船体结构的板材、宽扁材和焊接型材, 其厚度负容差的最大许可值为-0.3 mm。

用于船体结构的轧制型材, 其厚度负容差的最大许可值应当符合公认的国际或国家标准规定的要求。

入级可以接受的厚度负容差, 应视为厚度容差“正—负”范围的下限, 该容差范围可在常规轧机正常生产出的材料对其标称厚度取平均数后给出。

船厂和船东在个别情况下, 可能会由于商业原因, 双方同意希望将厚度的负容差订立得较给定负容差更为严格。

可在距离纵向边缘至少10mm的随机位置进行厚度测量。如果缺陷或修磨符合已认可的国际标准或国家标准, 则可以忽略这些缺陷导致的局部表面凹陷和修复缺陷所产生的修磨区域。

404 对于结构无缝钢管, 其外径、壁厚和不圆度容差应当在开始生产前确认并达成一致。

G. 修补

G 100 表面缺陷

101 以下情况时, 结构钢材的表面缺陷应通过局部打磨去除:

- 任何部位的厚度均不会减薄至标称厚度的93%以下, 但是无论任何情况减薄量均不得超过3mm
- 各修磨区的面积不超过0.25 m², 且
- 所有的修磨区不得超过该材料总表面的2%。

两个相邻修磨区域之间的距离少于其平均宽度时, 应当被视为是一个区域。

在各种情况下, 修补均应当获得验船师的同意, 并在验船师的监督下进行, 除非另外获得同意。

102 无法按上述方法处理的表面缺陷, 若符合以下条件, 经验船师同意后, 可在其监督下, 用铲削或磨削后采用焊接修补。

- 去除缺陷后, 进行焊接前, 在任何地方工件的厚度的减少量都不得大于20%。焊接应当按照认可的步骤并采用认可的电焊条进行。焊接处应当修磨齐平至正确的标称厚度。
- 焊接修补应当进行足够的无损检验
- 最后完成修磨的工件, 要进行充分的热处理。所进行的热处理通常与钢材等级的热处理相同。

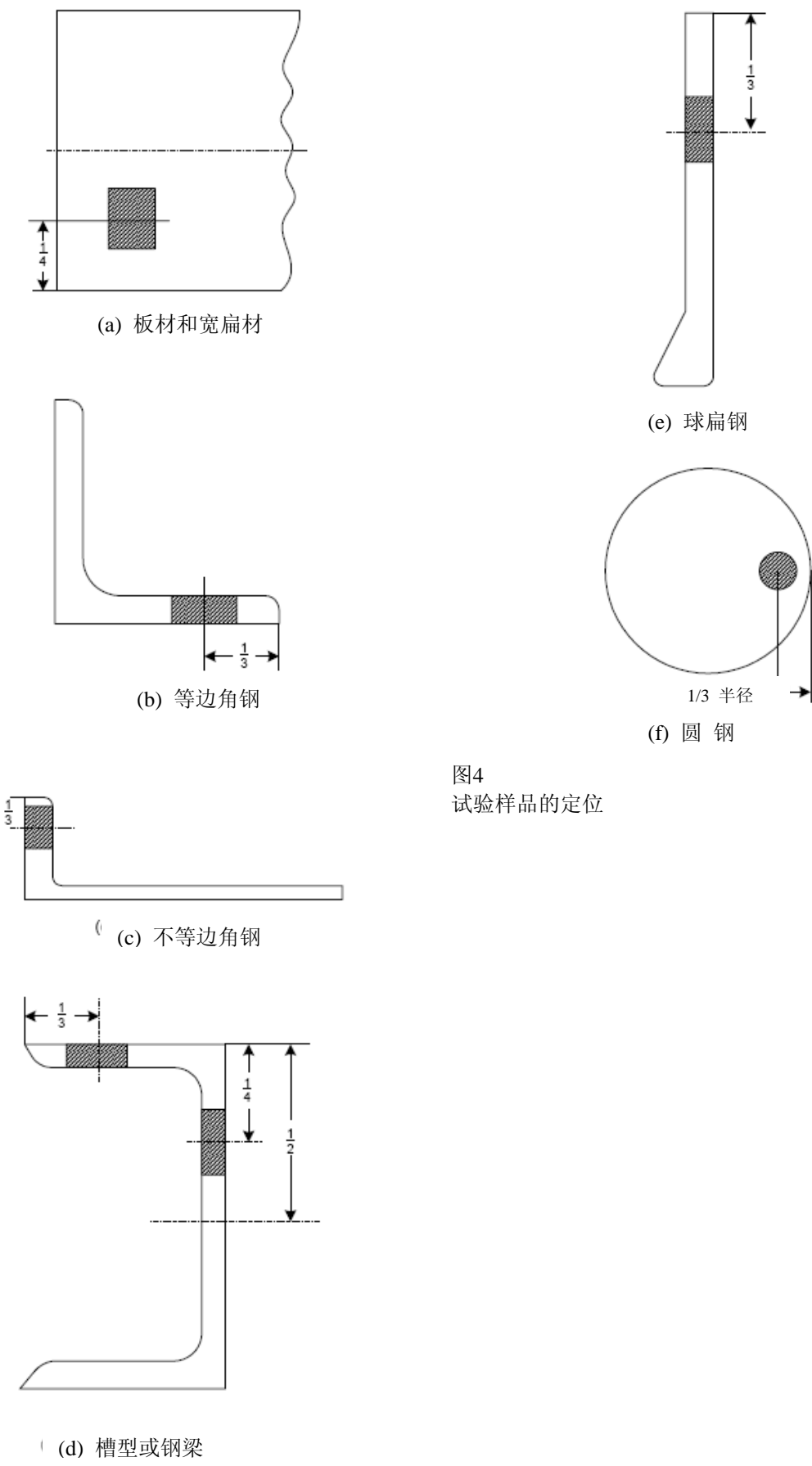


图4
试验样品的定位

第2节 锅炉、压力容器和特殊用途的轧制钢材

A. 通则

A 100 适用范围

101 本节规定了锅炉、压力容器以及低温用舱柜和过程设备制造用轧制钢材的要求。本节还阐明了高温下设计目的的机械性能。本规则也适用于轧制的奥氏体和铁素体-奥氏体（双相）不锈钢。

A 200 制造方法

201 钢材应当采用电炉或碱性吹氧的工艺炼制。经过本社特许，可以采用其它的工艺。

202 从连续浇铸的板坯轧制成板材的厚度减薄率，除非本社另行认可，最小值应为5：1。

B. 锅炉和压力容器用钢材

B 100 钢材等级

101 规定了在轧制状态厚度25mm以下和正火状态厚碳素钢和碳锰钢的要求；也规定了厚度100mm以下合金钢的要求。

符合有关标准的材料，每一种情况经认可后也可以被接受，以替代下述的钢材等级。

102 碳素钢和碳锰钢等级符号的构成如下：

字母 NV后面的三个数字表示规定的最小拉伸应力，以 N/mm^2 表示。

此外，还有一个表示冲击试验温度的数字：

数字 0、1和2表示分别在 $+20^\circ$ ， $0^\circ C$ 和 $-20^\circ C$ 的冲击试验。

附加的字母表示热处理脱氧方法。尾标A表示轧制，N 表示正火，QT淬火加回火，F表示钢材经晶粒细化处理。

在代替正火适用控制轧制的情况下，应适用尾标CR取代N。例如：

NV 360—1FN 表示该钢材等级的规定最小拉伸应力值为 $360 N/mm^2$ ， $0^\circ C$ 下冲击试验，细化晶粒处理并进行了正火。

B 200 化学成分

201 碳素钢和碳锰钢的化学成分应当满足表B1中的要求，而对于合金钢则应满足表B2中的要求。

202 规格中所有元素的含量，包括晶粒细化元素在内，都应当测定并在证书上表明。残余元素的含量应当采用

随机试验的方法进行检查，应当就该随机试验和验船师达成一致。

203 如果用其它的晶粒细化元素取代Al，则取代元素含量的最小值应当为：

— Nb，最小值 0.02%

— V，最小值 0.05%。

204 对于碳素钢和碳锰钢，在可行时，碳当量应通过浇斗取样分析按以下公式计算：

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

B 300 机械性能

301 材料的机械性能应当符合以下表格规定的要求：

表B3：碳素钢和碳锰钢，轧制

表B4：碳素钢和碳锰钢，正火或控制轧制

表B5：合金钢

这些表格中，抗拉强度、屈服应力和伸长率规定的数值是指在室温下进行的试验。

302 表6给出了高温下较低的屈服应力数值或0.2% 耐受应力数值。这些数值用于设计且不需要进行验证。

如果生产的材料符合某一公认的标准，且该标准中较低的屈服应力数值或0.2% 耐受应力数值要高于表B6给出的数值，倘若按照E300进行的高温拉伸试验取得满意结果，则这些较高的数值可被接受。

如果制造厂可以证实，在连续生产中，始终保持达到规定的高温下最低机械性能要求而让本社满意，则可以免除高温下的拉伸试验。

303 表B7给出了设计用的100,000和200,000小时估计断裂应力平均值。

B 400 热处理

401 由用户决定在热成形或冷成形后须进行热处理的材料，可在轧制状态供应以外，其它在供应时的材料热处理状态应如表B8所述。在这些情况下，热处理以及随后的机械试验应当在成形后进行。

402 控制轧制和热机处理的钢材符号后应当分别以CR和TM的尾标取代 N。

表B1 锅炉和压力容器用碳素钢和碳锰钢的化学成分									
等级	化学成分, (%)								脱氧方法
	<i>C</i> 最大值	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i> 最大值	<i>S</i> 最大值	<i>Al_{acc. sol}</i>	<i>N</i> 最大值	残余元素, 最大值	
NV 360 – 0A, – 0N	0.17	≤ 0.35	0.40 – ²⁾ 1.00	0.035	0.030	≤ 0.010	0.009 ¹⁾	⁶⁾	半镇静或镇静
NV 360 – 1 FN	0.17	≤ 0.35	0.40 – ²⁾ 1.00	0.035	0.030	0.015 – ⁵⁾ 0.080	0.015	⁶⁾	镇静 晶粒细化
NV 410 – 0A, – 0N	0.20	≤ 0.35	0.50 – 1.30	0.035	0.030	≤ 0.010	0.009 ¹⁾	⁶⁾	半镇静 或镇静
NV 410 – 1 FN	0.20	≤ 0.35	0.50 – 1.30	0.035	0.030	0.015 – ⁵⁾ 0.080	0.015	⁶⁾	镇静 晶粒细化
NV 460 – 0A, – 0N	0.20	≤ 0.40	0.60 – ³⁾ 1.40	0.035	0.030	≤ 0.010	0.009 ¹⁾	⁶⁾	半镇静 或镇静
NV 460 – 1 FN	0.20 ⁴⁾	≤ 0.40	0.60 – ³⁾ 1.40	0.035	0.030	0.015 – ⁵⁾ 0.080	0.015	⁶⁾	镇静 晶粒细化
NV490 – 0N	0.20 ⁴⁾	0.10 – 0.50	0.90 – 1.60	0.035	0.030	≤ 0.010	0.009 ¹⁾	⁶⁾	镇静
NV 490 – 1 FN	0.20 ⁴⁾	0.10 – 0.50	0.90 – 1.60	0.035	0.030	0.015 – ⁵⁾ 0.080	0.015	⁶⁾	镇静 晶粒细化
NV 510 – 1 FN	0.22	0.10 – 0.60	1.00 – 1.60	0.035	0.030	0.015 – 0.080	0.015	⁶⁾	镇静 晶粒细化
1) 电炉钢的最大值为 0.012。 2) 厚度超过40 mm时, Mn = 0.40 – 1.20%。 ³⁾ 如果规定了表B7中的高温性能, Mn含量应当为0.80 – 1.40%。 4) 厚度 t > 30 mm且t ≤ 100 mm时, C _{max} = 0.22%。 5) 可以用其它晶粒细化元素代替Al。 6) Cr 0.20 Cu 0.35 Ni 0.40 Mo 0.08 总计 0.70									

表B2 锅炉和压力容器用合金钢化学成分									
等级	化学成分, (%)								残余元素 最大值
	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i> 最大值 值	<i>S</i> 最大值	<i>Al</i> 总量 最大值	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	
NV 0.3 Mo	0.12– 0.20	0.15– 0.35	0.50 – 0.80	0.035	0.030	0.012	< 0.30	0.25 – 0.35	Cu 0.25 Ni 0.30
NV 1 Cr 0.5 Mo	0.10– 0.18	0.15– 0.35	0.40 – 0.80	0.035	0.030	0.020	0.70 – 1.30	0.40 – 0.60	
NV 2.25 Cr 1 Mo	0.08– 0.18	0.15– 0.50	0.40 – 0.80	0.035	0.030	0.020	2.00 – 2.50	0.90 – 1.10	

表B3 锅炉和压力容器用碳素钢和碳锰钢在轧制状态下的机械性能							
等级	抗拉强度 <i>Rm</i> (<i>N/mm²</i>)	屈服应力, <i>ReH</i> 或 <i>Rp0.2</i> (<i>N/mm²</i>) 最小值 厚度, (<i>mm</i>)		伸长率 <i>A5</i> (%) 最小值	<i>KV</i> , 平均值		
		≤ 16	> 16 ≤ 25		试验温度 (° C)	横向 (<i>J</i>) 最小值	纵向 (<i>J</i>) 最小值
NV 360 – 0A	360 – 480	205	195	26	20	20	27
NV 410 – 0A	410 – 530	235	225	24	20	20	27
NV 460 – 0A	460 – 580	285	255	22	20	20	27

表B4 正火或控制轧制状态的锅炉和压力容器用碳素钢和碳锰钢的机械性能									
等级	抗拉强度 R_m (N/mm^2)	屈服应力, R_m 或 $R_{p0.2}$ (N/mm^2) 最小值 厚度, (mm)				伸长率 A_5 , (%) 最小值	KV , 平均温度		
		≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 100		试验温度 ($^{\circ}C$)	横向 (J) 最小值	纵向 (J) 最小值
NV 360 – 0N	360 – 480	205	195	185	175	26 ¹⁾	20	20	27
NV 360 – 1 FN	360 – 480	235	215	195	2)	26 ¹⁾	0	20	27
NV 410 – 0N	410 – 530	235	225	215	205	24 ¹⁾	20	20	27
NV 410 – 1 FN	410 – 530	265	245	235	2)	24 ¹⁾	0	20	27
NV 460 – 0N	460 – 580	285	255	245	235	22 ¹⁾	20	20	27
NV 460 – 1 FN	460 – 580	295	285	275	2)	22 ¹⁾	0	20	27
NV 490 – 0N	490 – 610	305	275	265	255	21 ¹⁾	20	22	31
NV 490 – 1 FN	490 – 610	315	315	305	2)	21	0	22	31
NV 510 – 1 FN	510 – 650 ³⁾	355	345	335	315	20	0	22	31
1) 对于厚度40 – 63 mm, 最小值可降低1, 厚度63 – 100 mm 可降低2。									
2) 对于厚度 t > 63 mm 但t ≤ 100 mm, 厚度大于63 mm每超过5mm, 在范围t > 40 mm但t ≤ 63对应的规定数值上降低1%。									
3) 对于厚度63 – 100 mm: R_m 490 – 630.									

表B5 锅炉和压力容器用合金钢的机械性能								
等级	抗拉强度 R_m (N/mm^2)	屈服应力 ReH 或 $R_{p0.2}$ (N/mm^2) 最小值 厚度, (mm) ²⁾			伸长率 A_5 , (%) 最小值	KV 平均值		
		≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63		试验温度 ($^{\circ}C$)	横向 (J) 最小值	纵向 (J) 最小值
NV 0.3 Mo	440 – 590	260	250	250	24 ¹⁾	20	20	27
NV 1 Cr 0.5 Mo	470 – 620	305	305	305	20 ¹⁾	20	22	31
NV 2.25 Cr 1 Mo	480 – 630	275	265	265	18 ¹⁾	20	20	27
1) 对于厚度40 – 63 mm, 最小值可降低1, 厚度63 – 100 mm 可降低2。								
2) 对于厚度 t > 63 mm 但t ≤ 100 mm, 厚度大于63 mm每超过5mm, 可在范围t > 40 mm但t ≤ 63对应的规定数值上降低1%。								

表B6 锅炉和压力容器用钢。设计用高温下最小值最低屈服应力(R _{el})或0.2%耐受应力(R _{p0.2}) 值											
等级		厚度 (mm) ¹⁾	最小值 ReL 或 R _{p0.2} (N/mm ²) 温度, (° C)								
			100	150	200	250	300	350	400	450	500
经正火的碳素钢和碳锰钢	NV 360 – 0N	< 16	175	172	168	150	124	117	115	113	
		16 ≤ 40	171	169	162	144	124	117	115	113	
		> 40 ≤ 63	162	158	152	141	124	117	115	113	
	NV 360 – 1 FN	<16	204	185	165	145	127	116	110	106	
		>16 ≤ 40	196	183	164	145	127	116	110	106	
		> 40 ≤ 63	179	172	159	145	127	116	110	106	
	NV 410 – 0N	< 16	211	208	201	180	150	142	138	136	
		> 16 ≤ 40	201	198	191	171	150	142	138	136	
		> 40 ≤ 63	192	188	181	168	150	142	138	136	
	NV 410 – 1 FN	< 16	235	216	194	171	152	141	134	130	
		> 16 ≤ 40	228	213	192	171	152	141	134	130	
		> 40 ≤ 63	215	204	188	171	152	141	134	130	
	NV 460 – 0N	< 16	248	243	235	210	176	168	162	158	
		> 16 ≤ 40	230	227	220	198	176	168	162	158	
		> 40 ≤ 63	222	218	210	194	176	168	162	158	
	NV 460 – 1 FN	< 16	266	247	223	198	177	167	158	153	
		> 16 ≤ 40	260	242	220	198	177	167	158	153	
		> 40 ≤ 63	251	236	217	198	177	167	158	153	
	NV 490 – 0N	< 16	270	264	255	228	192	183	177	172	
		> 16 ≤ 40	248	245	237	214	192	183	177	172	
		> 40 ≤ 63	240	236	227	210	192	183	177	172	
	NV 490 – 1 FN	< 16	284	265	240	213	192	182	173	168	
		> 16 ≤ 40	279	260	237	213	192	182	173	168	
		> 40 ≤ 63	272	256	234	213	192	182	173	168	
	NV 510 – 1 FN	≤ 63	–	–	265	245	225	205	175	155	
经轧制的碳素钢和碳锰合金钢	NV 360 – 0A	≤ 25	150	150	145	125	110	105			
	NV 410 – 0A	≤ 25	180	180	170	150	130	125			
	NV 460 – 0A	≤ 25	210	210	200	180	160	150			
合金钢	NV 0.3 Mo	< 63	237	232	218	200	167	153	148	143	139
	NV 1 Cr 0.5 Mo	< 63	270	259	248	237	216	203	199	194	188
	NV 2.25 Cr 1 Mo	< 63	249	241	233	224	219	212	207	194	180
1) 对于厚度 t > 63 mm 但 t ≤ 100 mm, 厚度大于63 mm的, 每超过5mm, 可在范围t > 40 mm但 t ≤ 63N对应的规定数值上降低1%。											

表B7 预计100 000 和 200 000小时断裂应力设计用平均值										
温度 (° C)	钢材等级的断裂应力, (N/mm ²)									
	NV 360 – 0N NV 360 – 1FN NV 410 – 0N NV 410 – 1 FN		NV 460 – 0N NV 460 – 1 FN NV 490 – 0N NV 490 – 1 FN NV 510 – 1 FN		NV 0.3 Mo		NV 1 Cr 0.5 Mo		NV 2.25 Cr 1 Mo	
	100 000 h	200 000 h	100 000 h	200 000 h	100 000 h	200 000 h	100 000 h	200 000 h	100 000 h	200 000 h
380	165	145	227	206						
390	148	129	203	181						
400	132	115	179	157						
410	118	101	157	135						
420	103	89	136	115						
430	91	78	117	97						
440	79	67	100	82						
450	69	57	85	70	239	217	–	–	221	203
460	59	48	73	60	208	188	–	–	204	186
470	50	40	63	52	178	159	–	–	186	169
480	42	33	55	44	148	130	210	180	170	152
490			47	37	123	105	177	148	153	135
500			41	30	101	84	146	122	137	119
510					81	69	121	99	122	103
520					66	55	99	79	107	89
530					53	45	81	64	93	77
540							67	52	79	68
550							54	42	69	58
560							43	34	59	50
570							35	–	51	43
580									44	–

表B8 锅炉和压力容器钢材的热处理	
等级	热处理或供应状态
NV 360 0A NV 410 0A NV 460 0A	轧制
NV 360 – 0N, – 1 FN NV 410 – 0N, – 1 FN NV 460 – 0N, – 1 FN NV 490 – 0N, – 1 FN NV 510 – 1 FN	正火/控制轧制 ¹⁾ 热机处理
NV 0.3 Mo	正火
NV 1 Cr 0.5 Mo NV 2.25 Cr 1 Mo	正火加回火
1) 见 402.	

C. 低温用钢

C 100 钢材等级

101 规定了在低温用晶粒细化碳锰钢和韧性镍合金钢的要求。

C 200 化学成分

201 化学成分应当符合表C1规定的碳锰钢要求以及表C2规定的镍合金钢要求。

202 规格中所有元素的含量，包括晶粒细化元素在

内，都应当测定并在证书上表明。残余元素的含量应当采用随机试验的方法进行检查，应当就该随机试验和验船师达成一致。

203 如果用其它的晶粒细化元素取代A1,则取代元素含量的最小值应当为

— Nb, 最小值 0.02%

— V, 最小值 0.05%.

204对于碳素钢和碳锰钢，在可行时，碳当量应通过浇斗取样分析按以下公式计算：

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

C 300 机械性能

301 材料的机械性能应当符合以下表格规定的要求：

表C3：碳锰钢

表C4：镍合金钢

表中规定的抗拉强度，屈服应力和伸长率的数值是指室温条件的试验。

302 在下列情况下，对厚度13mm及以上的镍合金钢板和型材应进行Pellini’s 落锤试验：

— 当NV 1.5 Ni拟用于设计温度低于 - 60° C时

— 当NV 3.5 Ni拟用于设计温度低于 - 80° C时

— 当NV 5 Ni拟用于设计温度低于 - 90° C试样品在低于设计温度5° C 的测试中，应显示出“无断裂性能”。

C 400 热处理

401 材料应按照表C5热处理规定的热处理状态供应。

402 淬火加回火、控制轧制和热机处理的钢材等级符号，应分别以尾标QT，CR，和 TMCP取代N。

指导性意见：

热机处理钢材的热成形或正火可能导致抗拉强度和屈服应力的明显降低。热机处理钢材不得用于将要进行热成型或正火的场合。

---指-导-性-意-见-完---

表C1 低温用碳锰钢 化学成分								
等级	化学成分, %							
	<i>C</i> 最大值	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>S</i> 最大值	<i>P</i> 最大值	<i>Al</i> ⁴⁾ 总量	<i>N</i> 最大值	残余元素
NV 360 - 2FN	0.17	0.10 0.35	0.40 1.00 ²⁾	0.025	0.030	≥ 0.018	0.015	
NV 2- 2	0.16	0.10 0.40	0.40 1.60	0.025	0.030	≥0.018	0.015	
NV 2 - 3	0.14	0.10 0.40	0.70 1.60	0.025	0.030	≥ 0.018	0.015	
NV 2- 4	0.14	0.10 0.40	0.70 1.60 ³⁾	0.025	0.030	≥ 0.018	0.015	Cr 0.20 最大值
NV 2- 4L	0.14	0.10 0.40	0.70 1.60 ³⁾	0.025	0.030	≥ 0.018	0.015	Cu 0.35 最大值 Ni 0.40 最大值 ¹⁾ Mo 0.08 最大值
NV 4- 2	0.16	0.10 0.40	< 1.60	0.025	0.030	≥ 0.018	0.015	Cr + Mo + Cu 0.45 最大值
NV 4- 3	0.16	0.10 0.40	0.70 1.60	0.025	0.030	≥ 0.018	0.015	
NV 4- 4	0.16	0.10 0.40	0.70 1.60 ³⁾	0.025	0.030	≥ 0.018	0.015	
NV 4- 4L	0.16	0.10 0.40	0.70 1.60 ³⁾	0.025	0.030	≥ 0.018	0.015	
1) 对于钢材等级 NV 2 - 3, NV 2 - 4, NV 2 - 4L, NV 4 - 3, NV 4 - 4 和 NV 4 - 4L, 可以允许最高至1.25% 的镍含量。								
2) 厚度超过40 mm, Mn = 0.40 - 1.20%.								
3) 如果NV 2 - 4或NV 2 - 4L 的碳含量没有超过0.13%，NV4 - 4或NV 4 - 4L的碳含量没有超过0.14%，可以允许最高1.65% 的锰含量。								
4) Al可以部分或全部被其它细化晶粒元素取代。								

表C2 低温用镍合金的化学成分							
等级	化学成分, (%)						
	<i>C</i> 最大值	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>S</i> 最大值	<i>P</i> 最大值	<i>Ni</i>	<i>Al</i> 总计
NV 1.5 Ni	0.14	0.10 - 0.35	0.30 - 1.50	0.025	0.025	1.30 - 1.70	≥ 0.018
NV 3.5 Ni	0.12	0.10 - 0.35	0.30 - 0.70	0.025	0.025	3.25 - 3.75	≥ 0.018
NV 5 Ni	0.12	0.10 - 0.35	0.30 - 0.80	0.025	0.025	4.70 - 5.30	≥ 0.018
NV 9 Ni	0.10	0.10 - 0.35	0.30 - 0.90	0.025	0.025	8.50 - 10.0	≥ 0.018

表C3 低温用碳锰钢的机械性能 ¹⁾									
等级	抗拉强度 (N/mm ²)	厚度(mm)对应的 屈服应力 (N/mm ²) 最小值		伸长率 A ₅ (%) 最小值	冲击功 KV, 平均值 ²⁾				设计最低 温度
		≤ 16	> 16 ≤ 40		厚度 (mm)	试验温度 (° C) ^{3) 4) 5)}	横向 (J) 最小值	纵向 (J) 最小值	
NV 360 – 2FN	360 – 480	235	215	26	≤ 25 > 25 ≤ 30 > 30 ≤ 35	– 20 – 25 – 30	27	41	–15° C
NV 2 – 2	400 – 490	265	255	24	≤ 25 > 25 ≤ 30 > 30 ≤ 35	– 20 – 25 – 30	27	41	–15° C
NV 2 – 3	400 – 490	265	255	24	≤ 25 > 25 ≤ 30 > 30 ≤ 35	– 40 – 45 – 50	27	41	–35° C
NV 2 – 4	400 – 490	265	255	24	≤ 25 > 25 ≤ 30 > 30 ≤ 35	– 55 – 60 – 65	27	41	–50° C
NV 2 – 4L	400 – 490	265	255	24	≤ 25 > 25 ≤ 30 > 30 ≤ 35	– 60 – 65 – 70	27	41	–55° C
NV 4 – 2	490 – 610	335	325	21	≤ 25 > 25 ≤ 30 > 30 ≤ 35	– 20 – 25 – 30	27	41	–15° C
NV 4 – 3	490 – 610	335	325	21	≤ 25 > 25 ≤ 30 > 30 ≤ 35	– 40 – 45 – 50	27	41	–35° C
NV 4 – 4	490 – 610	335	325	21	≤ 25 > 25 ≤ 30 > 30 ≤ 35	– 55 – 60 – 65	27	41	–50° C
NV 4 – 4L	490 – 610	335	325	21	≤ 25 > 25 ≤ 30 > 30 ≤ 35	– 60 – 65 – 70	27	41	–55° C
<div>1) 这些要求适用于最大厚度40 mm以下的产品。厚度超过40 mm的时, 应就是否采用这些要求达成一致。</div> <div>2) 规定的冲击韧性要求也适用于焊接接头的热影响区, 推荐订购的钢材留出足够的余量。</div> <div>3) 所有厚度≤ 40 mm、焊接后进行彻底应力消除热处理的舱柜及其部件材料, 在比设计最低温度低5° C的条件下进行试验。</div> <div>4) 运载液化气体的船舶用材, 见船舶入级规范的第5篇第5章第2节表D2。</div> <div>5) 对于厚度 25<t≤40 mm的材料, 冲击试验的温度应当打印在产品上, 并在证书中阐明。</div>									

表C4低温用镍合金钢的机械性能 ¹⁾									
等级	抗拉强度 (N/mm ²)	厚度(mm)对应的 屈服应力 (N/mm ²) 最小值		伸长率 A ₅ (%) 最小值	冲击功y KV, 平均值 ²⁾				设计最低温度
		≤ 30	> 30 ≤ 40		厚度 (mm)	试验温度 (° C) ^{3) 4)}	横向 (J) 最小值	纵向 (J) 最小值	
NV 1.5 Ni ⁵⁾	470 – 640	275	265	22	≤ 25 > 25 ≤ 30 > 30 ≤ 35	– 65 – 70 – 75	27	41	–60° C
NV 3.5 Ni ⁵⁾	540 – 690	345	335	22	≤ 25 > 25 ≤ 30 > 30 ≤ 35	– 95 – 100 – 105	27	41	–90° C
NV 5 Ni ⁵⁾	570 – 710	390	380	21	≤ 25 > 25 ≤ 30 > 30 ≤ 35	– 110 – 115 – 120	27	41	–105° C
NV 9 Ni	640 – 840	490	480	19	≤ 40	– 196	27	41	–165° C
1) 这些要求适用于最大厚度40 mm以下的产品。厚度超过40 mm的时，应就是否采用这些要求达成一致。 2) 规定的冲击韧性要求也适用于焊接连接的热影响区，推荐订购的钢材留出足够的余量。 3) 运载液化气体的船舶用材，见船舶入级规范的第5篇第5章第2节表D3。 4) 对于厚度 25 < t ≤ 40 mm的材料，冲击试验的温度应当标注在产品上，并在证书中阐明。 5) 在某些特定的情况下，材料应当按照302进行佩利尼落锤试验。									

表C5 低温用钢材的热处理	
等级	热处理/供应状态
NV 360 – 2FN NV 2 – 2 NV 2 – 3 NV 2 – 4 NV 2 – 4L NV 4 – 2 NV 4 – 3 NV 4 – 4 NV 4 – 4L	板材：正火 ¹⁾ 型钢：正火，热机处理，或控制轧制 ²⁾
NV 1.5 Ni NV 3.5 Ni	正火，正火加回火，或淬火加回火
NV 9 Ni	二次正火加回火，或淬火加回火 ³⁾
1) 其它的热处理工艺，例如淬火加回火，或热机控制处理也可被认可，见402。 2) 见402。 3) 通常对于厚度在30 mm以上的材料，要求采用淬火加回火的处理。	

D. 不锈钢

D 100 钢材等级

101 规定了七个奥氏体不锈钢的等级和两种双相(铁素体/奥氏体) 不锈钢等级的要求。

化学成分、机械性能和这些规格不同的钢材等级，在经对其用途的情况进行单独考虑后，可以被接受。

奥氏体钢材可在设计温度不低于–165° C的条件下使用。

D 200 化学成分

201化学成分应当符合表D1中给出的要求,或符合经认

可的规格要求。

D 300 机械性能

301 材料的机械性能应当符合表D2中规定的要求。对于奥氏体不锈钢则应当报告0.2%和1.0% 时的屈服应力。

抗拉强度，屈服应力和伸长率的数值是指室温下测试的数值。

仅在设计温度低于–105° C时，才要求进行奥氏体不锈钢冲击试验。

双相钢材进行冲击试验时所要求的温度，取设计温度和–20° C 二者之中的较低温度。

D 400 热处理

401 所有的材料都应以固溶处理的状态供应。

D 500 晶间腐蚀倾向试验

501 除非就相关的订单与本社达成一致，否则材料应当进行晶间腐蚀倾向试验, 证明材料不易受到富铬的

碳化物的晶界渗透所致晶间腐蚀的影响。每组拉伸试验进行一次试验。．测试应当按照ASTM A262, 方法E, 铜 - 硫酸铜 - 硫酸试验或其它公认的标准进行。

弯曲后的试样应当不显示出说明存在晶间腐蚀情况的裂纹。

表D1 奥氏体不锈钢和双相不锈钢的化学成分									
等级	化学成分, (%)								
	<i>C</i> 最大值	<i>Si</i> 最大值	<i>Mn</i> 最大值	<i>P</i> 最大值	<i>S</i> 最大值	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Mo</i>	<i>Other</i>
奥氏体									
NV 304 L	0.03	1.0	2.0	0.045	0.030	18.0 – 20.0	8.0 – 12.0	–	
NV 316 L	0.03	1.0	2.0	0.045	0.030	16.5 – 18.5	11.0– 15.0	2.5 – 3.0	
NV 316 L N	0.03	1.0	2.0	0.045	0.030	16.5 – 18.5	11.0– 14.5	2.5 – 3.0	N 0.14 – 0.22
NV 317 L	0.03	1.0	2.0	0.045	0.030	18.0 – 20.0	11.0– 15.0	3.0 – 4.0	
NV 317 L N	0.03	1.0	2.0	0.045	0.030	18.0 – 20.0	12.5– 15.0	3.0 – 4.0	N 0.14 – 0.22
NV 321	0.08	1.0	2.0	0.045	0.030	17.0 – 19.0	9.0 – 12.0	–	Ti $5xC \leq Ti \leq 0.70$
NV 347	0.08	1.0	2.0	0.045	0.030	17.0 – 19.0	9.0 – 13.0	–	$10xC \leq Nb \leq 1.0$
双相									
UNS S31803	0.03	1.0	2.0	0.030	0.020	21.0 – 23.0	4.5– 6.5	2.5–3.5	N 0.14 – 0.20
UNS S32750	0.03	0.80	1.2	0.035	0.020	24.0 – 26.0	6.0– 8.0	3.0–5.0	N 0.24 – 0.32

表D2 奥氏体不锈钢和双相不锈钢的机械性能						
等级	抗拉强度 (N/mm^2) R_m	屈服应力 ¹⁾ (N/mm^2), 最小值		伸长率 (%) A_5	夏比V型缺口试验 ²⁾ 冲击功	
		$R_{p0.2}$	$R_{p1.0}$		试验温度($^{\circ}C$)	最小平均值(J)
奥氏体						
NV 304 L	450 – 700	175	215	40	– 196	横向：27 纵向：41
NV 316 L	450 – 700	195	235	40		
NV 316 L N	600 – 800	300	340	40		
NV 317 L	500 – 700	195	235	40		
NV 317 L N	600 – 800	300	340	40		
NV 321	500 – 750	205	245	40		
NV 347	500 – 750	205	245	40		
双相						
UNS S31803	最小值 620	450		25	–20	纵向：41
UNS S32750	最小值 690	550		25	–20	横向：27
1) 奥氏体不锈钢在0.2% 和1.0%时的规定屈服应力， $R_{p0.2}$ 和 $R_{p1.0}$ ，应当形成记录下来。						
2) 仅当材料拟用于– 105 $^{\circ}C$ 的以下的温度时，奥氏体不锈钢冲击性能的数值才要求验证。						

E. 试验

E 100 通则

101 所有试验的步骤应当符合第1章相应的要求。

102 试验用试料应当取自第1节F100规定的位置。

E 200 室温下拉伸试验

201 板材的室温拉伸试验试样在截取时, 其主轴方向应当和最终轧制的方向垂直。

对于型钢, 截取的试样应当按照炼钢厂的选择, 其方向和最终轧制的方向垂直或平行。

202 对于板材, 如果每块材料的重量不超过2500 kg, 应当每块材料取一个拉伸试验试样。

当采用钢锭铸件时, 试样取自钢锭顶部。

当重量超过2500kg时, 拉伸试验的试样应当取自轧制钢板的两端。

203 当需要对轧制板材的每端取样试验时, 测得的抗拉强度差值不得超过60 N/mm²。

204 对于型钢, 不超过10吨的试验单元应当取一个拉伸试验试样。同一试验单元的材料应当来自同一炉钢水并为同样的形状, 厚度相差不超过5 mm。

205 对于加速冷却的热机控制处理的钢材, 可要求进行在模拟的应力消除状态下附加试验。

E 300 高温下拉伸试验

301 如果要求按照B302在高温下测定下屈服应力或耐应力时, 试验应当依照ISO 783进行。

接近应力值时的应变速率应当控制在每分钟0.1~0.3%应变之间。

中途用于测量应变估算应变速率的暂停时间不得超过6秒钟。

302 截取试样时, 其主轴应当和最终轧制方向垂直。

每冶炼炉的材料至少进行一次拉伸试验, 应当从该炉的最厚板材上取得试样。

303 如果在订单中未特别规定试验温度, 试验则在300° C下进行。

E 400 冲击试验

401 厚度 6 mm及以上材料的冲击试验, 应当在规定的温度下进行。

一组三个试样的平均值应当符合表B3, B4, B5, C3, C4, 和 D2中适用的要求。此外, 每组只有一个单独数值可以低于规定的最小平均值, 但是不得低于该数值的70%。

402 B, C 和D中规定的最小值是对标准的10 x 10 mm试样而言的。当不可能采用标准试样时, 应采用以下两种试样中较大的一种: 10 x 7.5 mm, 10 x 5 mm。

冲击值则分别降低至标准试样要求值的5/6 和 2/3 。

403 如果可行, 冲击试验试样的取样定位, 应当使试样中线至板材表面的距离不少于板厚的1/4 。

404 对于宽度为600mm或更高的板材和扁材, 试样在截取时, 其纵轴应当和最终轧制方向垂直。对于其它产品, 截取的试样可以和最终轧制方向垂直或平行。

截取试样时, 纵轴和最终轧制方向垂直或平行的要求在表格中以“横向” 和 “纵向” 分别标明。

405 切削缺口所在的平面应当和轧制平面垂直。

406 每次板材的拉伸试验应当至少进行一组(3个试样)试验。当试验温度为-50° C或更低时, 无论板材的重量是多少, 都必须从轧制钢板的每端各进行一组试验。

对于型钢, 应进行至少一组的拉伸试验。试验温度为-50° C或更低时, 来自同样受热状态且厚度偏差不超过5mm的各类型材, 每2吨或剩余部分进行一组测试。

E 500 落锤试验

501 当按照C302需要进行落锤试验时, 从每一冶炼炉选择采用厚度最大的板材或型材进行一组(2个试样)试验。可在采用全面统计资料的前提下, 减少试验的范围。

E 600 厚度方向性能试验

601 如果要求和在订单中指定厚度方向性能得到改善的钢材(Z-钢材), 材料应按照第1节E制造并试验。

E 700 晶间腐蚀倾向试验

701 当要求晶间腐蚀倾向试验时, 试验应当按照 ASTM, A 262, 方案E 铜—硫酸铜—硫酸进行, 或按照其它公认的标准进行。

F. 检验、尺寸容差和表面状态

F 100 检验

101 炼钢厂在发货前, 应负责进行表面检验和尺寸检查, 验证符合所有的质量要求和尺寸容差。炼钢厂还对无内在缺陷的一般要求负责。

材料在验船师验收后发现有缺陷的情况, 不能免除炼钢厂的该项责任。

202 板材和其它产品, 应从上下两面进行彻底的外观检验, 以保证无缺陷并且无有害的不完整性。可能要求采用适合方式的无损探伤方法, 如磁粉、着色渗透和/或超声波检验。

最终检验和检查时, 验船师应可以接近到所有的板材。

F 200 容差

201 用于锅炉、压力容器和低温下使用的板材, 在其厚度上不得出现负容差。用于无压力化学品舱柜的不锈钢, 板材在规定厚度上的负偏差不得大于0.3mm和6%二者的较低值。

型钢的负容差应当符合公认的国家或国际标准。

F 300 表面状态和缺陷修整

301 有表面均呈现精巧的光洁度, 无影响其可加工性和用途的缺陷或不完整性。

302 表面缺陷可以就地修磨消除。通常修磨区域的厚度不得低于材料的标称厚度。通过修磨或焊接修整较深的缺陷时, 应当就各个单独情况进行专门考虑, 而且在详细的修整方案未提交并获得批准前, 不得进行修整。

303 当采用修磨的方法消除缺陷后, 应通过对受影响区进行合适的无损检验方法证明缺陷被完全消除。

304 由修磨产生的凹陷应当平滑过渡到表面上。

第3节 复合钢板

A. 通则

A 100 适用范围

101 本节规定了复合钢板的要求。复合钢板由基体材料和在其单面或双面上连续且整体联结的薄层（包覆金属）构成。

A 200 热处理

201 板材应当以对两种材料类型最为适用的热处理状态供应。除制造厂推荐并经本社认可的热处理以外，用户不得对上述的材料进行任何形式的热处理。应当由验船师对热处理进行检查。

B. 基体材料

B 100 一般规定

101 如果加工工艺对完工后的板材不会造成负面影响，任何适合和包覆金属联结的钢材均可作为基体材料。如果板材参与船舶的强度，基体材料至少应当满足相应的船体材料要求。如果板材要用于锅炉或压力容器，则基体材料应当至少满足用于此类部件的材料要求。

制造厂应当提供表明化学成分的工厂证书。

C. 包覆金属

C 100 一般规定

101 包覆金属的厚度应当经认可。

C 200 化学成分

201 交付的奥氏体不锈钢包覆金属应当具备较低的碳含量，即最多0.03%，或者当采用NV 321和NV 347等级的材料时，应当按照第2节表D1进行了稳定化处理。当满足拟定的用途时，其它的不锈钢、镍和镍基合金也可被接受。

202 制造厂应当提供工厂证书。制造厂应当保证进行的分析符合规格的要求。如本社要求时，应进行检测分析。

D. 试验

D 100 一般规定

101 拉伸试验和弯曲试验的试样应当为薄片类型。试样通常具备板材的全厚度。板材厚度超过50 mm，或者为符合试验设备的测试能力的要求时，试样的厚度可采用机加的方法减薄。单面复合板材在减薄时，试样的两面都要进行机加处理以保持包覆金属和基体钢材的比例和板材相同，但是包覆金属不得减薄至3mm以下。双面的复合板材可以通过剖开的方式。在这种情况下，剖开的两半都应进行测试。冲击试验的试样应取自基体材料。

D 200 拉伸试验

201 一组拉伸试验包括两次试验：

一次试验是对完整的复合钢板进行的，该钢板的抗拉强度 R_m 不小于下式计算值：

$$R_m = \frac{S_1 R_{m1} + S_2 R_{m2}}{S} \quad (\text{N/mm}^2)$$

R_{m1} = 基体金属的最小抗拉强度

R_{m2} = 包覆金属的最小抗拉强度

S = 复合钢板的公称厚度= $S_1 + S_2$

S_1 = 基体金属的公称厚度

S_2 = 包覆金属的公称厚度

一次试验是在去除包覆金属后对基体金属进行的。试验结果应符合基体材料的要求。

202 对于船体用钢，应当从每五张板材上取样进行一组拉伸试验，并且至少对每炼制炉和每种厚度间隔进行一组试验（见第1节E200）。对于压力容器用钢，应当对每块板材进行一组拉伸试验。

D 300 冲击试验

301 如果要求进行冲击试验，则应当符合各个情况下基体材料的规定要求。

D 400 弯曲试验

401 弯曲试验的试样应当围绕冲头弯心弯转180°，不会出现裂痕或包覆金属从基体材料上松脱的迹象。当板材的抗拉强度低于490N/mm²时，冲头弯心的直径应当为板材厚度的两倍，当强度大于490N/mm²时，则为板材厚度的3倍。对每块板材应当进行两次弯曲试验。对于单面复合板材，一个试样在弯曲时应当使包覆金属受拉，而另一个试样弯曲时应当使包覆金属受压。对于双面复合板材，试样在弯曲时，两面的包覆金属应当受到到上述两种状态的测试。

D 500 剪切试验

501 如果需要进行剪切试验以测定基体材料和包覆金属之间的剪切强度，则应当按照ASTM A 264对每块板材进行剪切试验。剪切强度应当至少为 140 N/mm²。

D 600 超声波试验

601 为了检查结合质量，应当进行超声波试验。如果发现结合缺陷，应清晰地标出其范围并向验船师汇报。E100 和E203给出了修补的规则。每块板材靠近边缘的区域，应当进行100%的检查，检查的宽度至少为50 mm。还应对应均匀分布在表面上的各点进行试验，各点之间的间隔最大为150 mm。

D 700 腐蚀试验

701 如果需要测定包覆金属抗晶间腐蚀的性能，则试验应当按照ASTM A 262，方法E（铜—硫酸铜—硫酸）或其它公认的标准进行。

指导性意见:

向1000毫升的溶液中添加约50克的电解铜，沸腾时间可以缩短至15小时。试验前应当除去基体材料。

—指导性意见—完—

D 800 检验— 容差

801 在发货前应检查各块板材。板材应当满足第2节F200规定的最低容差要求。制造厂应当对厚度进行控制并向验船师提交结果。

E. 修补和拒收

E 100 表面缺陷

101 未超出203中规定限制的轻微表面缺陷和结合缺陷，可以通过焊接的方式进行修补。沿板材边缘的结合缺陷应予以修补。

在焊接前，应向验船师报告缺陷以取得修复的认可。应当采用获得认可的填充金属和焊接工艺。

E 200 拒收

201 如果一次机械试验未符合规定的要求，可重新进行两次试验。这两次试验都应当满足要求。.

202 如果化学分析的结果和规格要求出现偏离，分析结果应提交本社决定是否拒收这些板材。

203 如果出现以下的情况，板材将被拒收:

— 修补将导致板材的强度减弱。

— 对于厚度15mm以下的板材，结合缺陷的面积超过4dm²，对于厚度15mm以上的板材，超过8dm²，或者多个结合缺陷总和超过板材表面积的2%。

F. 材料的标识

F 100 标记

101 板材应当按照第1章第1节中给出的指导说明进行标记。对于单面复合板材，应当在基板上打印上基体材料和包覆金属的标记。对于双面复合板材，所有的标记应当采用彩色印记，而不是加盖钢印。

第4节 钢管

A. 一般要求

A 100 适用范围

101 本分节规定了用于建造压力管道、货物输送管道和过程系统管道的钢质管材。这些规定针对碳素钢和碳锰钢,合金钢以及不锈钢。在F中分别给出了钢管的附加要求。

102 在本分节及B至E分节中的补充要求得到满足时,管材应当符合B至E分节给出的公认标准的要求。其它标准应当提交本社进行评估后才能认可。

103 按照公认标准选取的管材等级应当适合弯曲、法兰连接以及类似的连接加工和焊接。

104 在规范的相关设计和建造部分要求的情况下,管件应当符合第1章和本节的要求。

105 当拟采用的材料具有不同的要求时,具体细节应当连同材料拟采用的设计许可一同上报。作为最低要求,应当规定以下细节的情况:制造工艺、化学成分、热处理、机械性能,密性和无损检验。

A 200 生产

201 需要提供NV或工厂证书的管件应由本社认可的工厂生产。使用的钢材也应由本社认可的工厂生产。

202 管材应当按照B至E中的规定制造。术语“冷加工”和“热加工”是指管材在热处理前的状态。

203 对于钢管,应对全焊接长度进行自动无损探伤,该钢管可以视为等同于无缝管。

A 300 化学成分

301 每批钢水的化学成分应当由炼钢厂测定,测定的取样最好在钢水的浇铸过程中进行并应当符合相关标准的要求。如果是多批钢水倒入同一浇斗,则应当进行浇斗取样分析。

302 除非标准另有要求,炼钢厂可以自行决定采用适宜的晶粒细化元素。应当报告这些元素的含量。

303 在标准中被确定为残余元素的元素,不得有意向钢材中添加。应当报告这些元素的含量。

304 除非在标准中有更严格的要求,否则碳素钢和碳锰钢应当符合最大0.50%的碳当量要求,碳当量由下式得出:

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

A 400 热处理

401 管材的供应状态应当符合相关标准的要求。除非在标

准中另有要求,否则热加工或焊接管材不必进行热处理。

A 500 机械试验

501 管材的取样和测试应当符合相关标准的要求。除非在标准中另有更严格的要求,否则试验单元(试验批次)应当限制在最大400根管材内并符合502和503的规定。

502 如果进行了热处理,一个试验单元包括的管材应当为同一尺寸,来自同一等级钢材,在连续热处理炉进行处理,或者在批处理炉中的同一炉内装料内处理。

503 如果未经过热处理,一个试验单元包括的管材应当为同一尺寸、同样的制造方法并来自同样等级的钢材。

504 如果需要进行夏比V型缺口冲击试验,可在壁厚为6mm及以上的管材上进行。

A 600 密性试验

601 应当按照相关的标准要求,对每根管材进行水压试验或认可的无损检验以确定泄漏密闭性。除非在标准中有更严格的要求,否则试验应当符合602中的规定。

602 进行水压试验时,最大试验压力不得超过70 bar。

A 700 检验

701 管材的外观检验和尺寸测量应当符合相关标准的要求。除非在标准中另有更严格的要求,否则管材的检查频率应当和机械试验的要求相同。

702 管材必须具备和制造方式相符的光洁度,并且不得有可见的外在缺陷和内在缺陷。

A 800 修补

801 如果不会超过尺寸容差,可以采用磨修的方式消除缺陷。除对电熔焊接管材的焊缝进行修补外,不允许采用焊接的方式进行修补。

A 900 标识

901 应当按照相关的标准要求,采用明了的标记对管材进行标识。

A 1000 认证

1001 制造厂应当提供相关设计和建造规范要求的检验证书类型,以说明已验收的各试验单元的以下细节:

- 采购方的名称,订单号以及可能获知时的船舶标识,
- 制造厂的名称
- 管材质量和材料质量的描述
- 管材的标识记号
- 炉号和化学成分
- 机械试验和技术试验的结果
- 密性试验的结果
- 任何补充试验的结果和附加规定的试验要求

B. 耐压管

B 100 适用范围

101 这些要求为A的补充, 并且适用于碳素钢和碳锰钢以及在于压力系统的合金钢材。

102 采用以下公认的标准选择适合的管材等级:

ISO 9329 第1和第2部分, ISO 9330第1和第2部分

EN 10216第1至第3部分, EN 10217第1至第3部分

ASTM A53, ASTM A106, ASTM A135, ASTM A335

DIN 1626, DIN 1628, DIN 1629, DIN 1630, DIN 17178, DIN 17179

JIS G3454, JIS G3455, JIS G3456, JIS G3458.

此外, 也可以采用D和E给出的标准。

B 200 制造

201 第4篇第6章定义的用于I类和II类压力系统的管材, 应当采用以下任何方法制造:

- 热加工无缝工艺
- 冷加工无缝工艺
- 电阻焊接或高频电流焊接, 见A203
- 冷拔电阻焊接或高频电流焊接, 见A203
- 电弧焊接, 见A203。

C. 不锈钢管

C 100 适用范围

101这些要求为A的补充, 适用于腐蚀环境下的奥氏体和铁素体-奥氏体不锈钢管材以及低温使用的奥氏体不锈钢 管材。

102 应采用以下公认的标准选择适合的管材等级:

ISO 9329 第4部分, ISO 9330 第6部分
EN 10216 第5部分, EN 10217 第7部分
ASTM A269, A312, A358, A789, A790, A928
DIN 17455, DIN 17456, DIN 17457, DIN 17458, DIN 17459
JIS G3459.

C 200 制造

201 管材应当采用以下任何方法制造:

- 热加工无缝工艺
- 冷加工无缝工艺
- 电阻焊接或高频电流焊接, 见A203
- 冷加工电阻焊接或高频电流焊接, 见A203
- 电弧焊接, 见A203。

C 300 机械试验

301 对于奥氏体不锈钢管材, 需要在-105° C以下进行夏比V型缺口冲击试验。试验应当在-196° C 进行, 且标准的10mm宽试样的平均功, 最小为41 J。

C 400 腐蚀试验

401 对于 铁素体-奥氏体 (双相) 不锈钢管材, 需要进行符合 ASTM G48 方法A或等同标准的腐蚀试验。

402 试样的表面光洁度应当可以代表管材的交货状态。22Cr duplex级和25Cr duplex级的试验温度应分别为+20° C和+50° C 放大20倍观察时, 试样表面上不得有蚀损斑。试样的重量损失应当小于4.0 g/m²。

D. 低温用管材

D 100 适用范围

101 这些要求为A的补充, 适用于碳素钢和碳锰钢以及液化气低温下管道系统的合金钢管材, 其设计温度低于0° C。这些要求还适用于其它类型的压力管道系统, 这些系统要求采用的钢材可以保证低温下的冲击性能。

102 应采用以下公认的标准选择适合的管材等级:

ISO 9329 第3部分, ISO 9330第3部分
EN 10216 第4部分, EN 10217第6部分
ASTM A333, A334
DIN 17173, DIN 17174
JIS G3460.

D 200 制造

201 碳素和碳锰钢管材应当采用以下任何方法制造:

- 热加工无缝工艺
- 冷加工缝工艺
- 电阻焊接或高频电流焊接, 见A203
- 冷拔电阻焊接或高频电流焊接, 见A203
- 电弧焊接, 见A203。

202 镍合金管材应当采用无缝工艺制造

D 300 机械试验

301表D1给出了由钢材类型和设计最低温度决定的夏比V型缺口冲击试验要求:

表D1 夏比V型缺口冲击性能			
钢材类型	最低设计温度 (° C)	夏比V型缺口	
		试验温度 (° C)	平均功 (J)
C和 C-Mn	-55	1)	27
2 ¼ Ni	-65	-70	34
3 ½ Ni	-90	-95	34
9 Ni	-165	-196	41
1) 试验温度应当比设计温度低5° C或为-20° C, 二者取较低值。			

E. 锅炉和过热器管材

E 100 适用范围

101 这些要求为A的补充, 适用于碳素钢和碳锰钢以及在锅炉、过热器和热交换器中使用的合金钢管材

102 奥氏体不锈钢可用于这种类型的用途, 见A105。

103 应采用以下公认的标准选择适合的管材等级:

ISO 9329 第2部分, ISO 9330 第2部分
EN 10216第2部分, EN 10217 第2部分
ASTM A178, A209, A210, A213
DIN 17175, DIN 17177
JIS G3461, JIS G3462。

E 200 制造

201 管材应当采用以下任何方法制造

- 热加工无缝工艺
- 冷加工无缝工艺
- 电阻焊接或高频电流焊接, 见A203
- 冷拔电阻焊接或高频电流焊接, 见A203

F. 管子附件

F 100 适用范围

101 分节规定了诸如弯头、弯管、三通、异径管和管帽等钢制管附件的要求, B至E包括了这些附件的用途。这些要求不包括可拆卸的管道接头和法兰。

102 在103中给出了管件应当符合的公认标准。其它的标准应当提交本社进行评估后进行认可。

103 用以下公认的标准选择适合的附件等级:

EN 10253

ASTM A234, A403, A420, A744, A815, A960, A961
DIN 2605, DIN 2609, DIN 2615, DIN 2616, DIN 2617
JIS B2312, JIS B2313, JIS B2316。

104 设计和建造规范的相关部分要求的管件应当符合第1章以及本分节的要求。

105 所提出的材料用途, 具有与上述不同的要求时, 应当提交具体的详情, 并应当连同与建议材料有关的设计认可。至少应当规定以下具体详情: 生产工艺、化学成分、热处理和机械性能。.

F 200 材料和制造

201 用于附件的材料应当包括板材, 无缝或焊接管材。需提供NV或工厂证书的附件用材料应当在本社认可的工厂内制造。

202 附件应当采用成型操作制造完成, 如压制、弯曲或熔焊。

F 300 试验和检验

301 附件应当按照相关要求进行试验和检查。C和D中的试验补充要求也可适用于不锈钢附件和低温用附件。

F 400 认证

401 制造厂应当提供相关设计和建造规范中要求的检查证书类型, 以说明已验收各试验单元的下列细节:

- 采购方的名称, 订单号以及可能获知时的船舶标识
- 制造厂的名称
- 管件质量和材料质量的描述
- 管件的标识记号
- 炉号和化学成分
- 机械试验和技术测试的结果
- 任何补充试验的结果和附加规定的试验要求

第5节 锻钢件

A. 通则

A 100 适用范围

101 分节A规定了建造船体、设备、机械、锅炉、压力容器和管道系统用锻钢件的一般要求。这些要求还适用于用作锻坯的半成品轧制件或锻制产品,也适用于生产(仅通过机加工操作)轴、螺栓、螺柱和其它类似形状的部件的轧制棒材以及可从中截取各种部件坯体的锻件。

102 在规范的相关设计和建造部分要求的情况下,锻钢件应当符合第1章的要求、A中一般要求以及B至H中适用的特别要求。如果出现与这些一般要求不同的特别要求时,则以特别要求为准。

103 作为可替代102的另一种方式是,如果材料符合的国家或专有规范,合理等同于A中的要求或经过特别许可,则这些材料也可以被接受。至少应当规定以下的详细内容:制造工艺,化学成分,热处理,机械性能和无损检验。对于机械组件,也可见第4篇第2章第3节。

104 分节A, C, D和E包含了材料常规认证的适用要求。但是,必须按照第4篇第2、3、4和5章进行认证的部件,以这些章节内的要求为准。

A 200 分类体系

201 所涉及的锻件按照化学成分分为三个类别:碳素钢和碳锰钢(C和C-Mn钢),合金钢,不锈钢。

202 如果适用,可采用标有最小的规定抗拉强度的等级表明C和C-Mn钢以及合金钢。不锈钢则仅通过化学成分表明。

指导性意见:

为了达成本分类体系的目的,C和C-Mn钢被分为一种类型,主要合金元素为碳和锰的钢材,都被认为属于该类型。

——指-导-性-意-见-完——

A 300 制造

301 需提供NV或工厂证书的锻件应当在本社认可的工厂内制造。自身不具备钢铁制造能力的锻造厂,使用的原料只可由本社认可的工厂提供。机械部件的纯净锻钢件的生产需要进行特别许可,例如在设计时允许较高应力时的曲轴和传动系,亦见309。

302 用于制造锻件的钢材应当采用本社认可的工艺生产。所有的锻件都必须使用镇静钢。

303 对于规定最小极限抗拉强度800 N/mm² 或以上的锻件,钢水在浇铸成钢锭前或过程中,应经真空处理以除去起负面作用的气体,特别是氢气和氧气,提高钢材的纯度。如果有文件说明达到足够的纯度,也可以接受采用其它的工艺。

304 锻件用的钢锭应采用冷铸模倒制,最大的横截面积在上端,并有足够大的浇铸口。顶部和底部都应有足够的弃料以保证成品的锻件不致有管缩和有害的偏析。应当除去会对后续加工和成型作业有害的表面和表层缺陷。

305 材料应当被逐渐加热,采用锤锻或压锻方法加工,并被锻制成接近成品的形状和尺寸,见504。通过火焰切割、火焰表面清理或电弧空气气割成型的锻件,加工时应按照公认的良好实践方法加工,除非另行许可,否则加工应在最后的热处理前进行。

306 应当参照浇铸材料的平均截面积计算减缩比。钢锭最初顶锻参考区域可以取该作业后的平均截面积。否则许可的总减缩比至少应当为:

- 由钢锭或锻制的大方坯或小方坯制成的锻件, $L > D$ 时为3: 1, $L < D$ 时为1.5: 1
- 由轧制品制成的锻件, $L > D$ 时为4: 1, $L < D$ 时为 2:1
- 顶锻加工的锻件,顶锻加工后的长度不得超过顶锻加工前长度的三分之一,或者在最初顶锻减缩比至少为1.5:1时,不得超过顶锻加工前的二分之一
- 轧制棒材(见A101), 6: 1。

L和D分别为锻件相关部分的长度和直径。

307 考虑到使用中的应力模式,曲轴的晶粒流向被规定在最为有利的方向上。建议采用的制造方法要求获得本社的特别认可。在此类情况下,要求进行试验以表明取得了满意的机械性能和晶粒流向。

308 由两个和更多个锻件通过焊接组成棒材复合部件时,应提交采用的焊接方案进行认可。可能需要进行焊接方案的工艺评定试验。

309 对应纯锻钢件,当按照ISO 4967方法A进行试验时,钢材的纯度等级应当达到表A1的指标。样本应当分别取自各炉的锻制件或轧制件。此外,元素硫、磷和氧含量的最大值应分别为0.005%, 0.015%和25 ppm。

表A1 纯度要求		
包括的组别	分级	限值
A类	细	1
	粗	1
B类	细	1.5
	粗	1
C类	细	1
	粗	1
D类	细	1
	粗	1
DS类	—	1

A 400 化学成分

401 炼钢厂应当通过最好取自各炉钢材浇铸时的样本，测定各炉钢材的化学成分，并保证在规定的限值内。当多批钢水倒入共用的浇斗时，应当进行浇斗取样分析并保持在规定的限值以内。

402 除非标准另有规定，炼钢厂可以自行决定采用适宜的晶粒细化元素。应当报告这些元素的含量。

403 在各规范中被确定为残余元素的元素，不得故意向钢材中添加。应当报告这些元素的含量。

A 500 热处理

501 为达到B至H中规定的机械性能，所有的锻件都应进行热处理。热处理应当在正规建造的炉内进行，该处理炉被有效地维护，具备充分的温度控制方式并装有记录型高温计。处理炉的尺寸应保证全部的炉内装料可被均匀加热到所需的温度。

502 为测量记录炉内装料的温度并使之均匀，除非定期验证处理炉的温度均匀性，否则炉内装料应连接足够多的热电偶。

503 锻造厂应保留对热处理的记录，表明所使用的处理炉、炉内装料、日期、温度和所处温度的时间。在验船师提出要求时，应当出示这些记录。

504 当锻件需要进行淬火加回火处理并且不可能热加工至接近成型时，在进行本次处理前，应当进行适当的机械粗加工或火焰切割。

505 所有的成型加工应当在最终热处理前实施。如果有任何原因，锻件由于随后的热成型加工进行了加热，则锻件应当重新进行热处理。

506 如果锻件在最终热处理后进行了局部再加热或任何矫直加工，应当考虑随后进行应力消除的热处理。对于机械部件，所有矫直操作都需要获得本社的许可。

A 600 机械试验用试验材料和试样

601 试样取自试验材料。试验材料应该为锻制后的整件，603所述情况除外。试验材料应按照锻件的伸长或扩展提供，其横截面不少于在锻件上代表的部分。对于环形或圆盘形的锻件，应按照锻件的直径、厚度或长度提供试验材料。

602 除了闭式模锻的制件、需要渗碳处理的部件或末端随后需要封闭的中空锻件以及进行再热处理的锻件以外，在热处理完成前，不得从锻件上分离试验材料。

603 如果按照700允许进行批试验，试验材料也可以为生产部件或经单独锻制。单独锻制的试验材料的截面和减缩比应当和所代表的锻件相近。

604 所有的试验材料应当采用代表锻件的适宜标记进行标识。

605 以下是有关试样定向的定义：

纵向试验：试样的纵轴和组构变形的主方向平行。

横向试验：试样的纵轴和组构变形的主方向垂直。

切向试验：试样的纵轴垂直于一个过产品轴线的平面，并且和以轴线上的一点为圆心所做的圆相切。

606 除非另行达成一致，否则试样的纵轴应当按照以下进行定位：

a) 厚度或直径最大50 mm以下时，轴线应当在厚度一半处或截面的中心上。

b) 厚度或直径大于50 mm时，轴线应当低于任何热处理的表面，位于厚度四分之一（半径一半处）处或80 mm处，二者取较小值。

607 除了环形和经过展宽的中空锻件以及需要进行切向试验的饼形锻件外，通常需要进行纵向试验。

608 试样的准备和机械试验所采用的步骤应当符合第1章的相关要求。

A 700 试验单元和试验次数

701 质量为1000kg或以上的经过正火或固溶热处理的锻件，以及质量为500 kg或以上的经过淬火加回火处理的锻件应当进行单独的试验。这些限制是指热处理时经过锻制和机械粗加工的质量，但不包括试验材料。

702 质量低于1000kg经过正火或固溶热处理的锻件，可进行分批试验。一个试验单元包含的锻件应当具有相近的形状和尺寸，由同一炉钢水制成，在同一炉内装料进行了热处理，并且质量总和不超过6吨。

703 质量低于500kg经过淬火加回火的锻件，可进行分批试验。一个试验单元包含的锻件应当具有相近的形状和尺寸，由同一炉钢水制成，在同一炉内装料进行了热处理，并且质量总和不超过3吨。

704 经过轧制的棒材(见101)可进行分批试验，试验单元可以为下列情况之一：

a) 来自同一轧制钢锭或大方坯的材料，被截取成各自的长度，全部在同一炉内装料进行了热处理，或者

b) 同炉桶样直径的棒材，在同一炉内装料进行了热处理，且质量总和不超过2.5吨。

705 除非在B至H中另有规定，否则对一个试验单元进行一组机械试验。一组测试应当包括一个拉伸试验试样，以及在需要情况下的三个夏比V型缺口试验试样。

706 如果锻件的质量超过4吨且长度超过3米，应当对锻件的首尾两端分别进行试验。这些限制是指“经过锻制”的质量和长度，但不包括试验材料。

707 当某一锻件随后被分成若干部件，所有的部件应当在同一炉内装料中一同进行热处理。为达到试验的目的，这可当作一个锻件，要求的试验次数应当和原先复合锻件的总长度和质量相关。

A 800 机械性能

801 材料应当符合B至H规定的机械性能。

802 如果结果未达到规定的要求，可采用第1章所述的重复试验步骤。若锻件和试验材料要进行再热处理，它们

不可被再奥氏体化或固溶热处理超过两次。再次经过热处理的应当重复先前的进行过的试验，且结果必须达到规定的要求。

A 900 检验

901 所有的锻件均应进行外观检验。若可行，应当包括内表面和内孔。表面应当充分预先处理过，以便进行检验。黑色锻件应当通过适当的喷砂或火焰处理的方式脱除氧化皮。

902 本社要求认证的锻件，应当向验船师出示进行外观检验。

903 当进行外观检验时，锻件应当无有害的缩孔、裂纹、疤痕、叠层或其它非理想的现象，这些现象由于其性质、程度或范围，会对锻件的使用产生有害影响。

904 锻件应进行B至H规定的无损检验。机加完工的组件，其无损检验见相关的建造规范。所有的试验应当由具备资格的人员或通过诸如ISO 9712, EN 473 或ASNT等公认标准或准则认证的人员操作。无损检验应当按照公认标准的通用方法进行，如：

- a) 磁粉方法检验 (MT)：EN 10228-1, ASTM A275, 采用湿连续方法。
- b) 液体渗透检验 (PT)：ISO 3452, EN 10228-2, ASTM E165。
- c) 超声波检验 (UT)：EN 10228-3/4, ASTM A388。

905 以下为MT或PT显示相关的适用定义：

线性显示：长度至少为宽度的三倍的显示。

非线性显示：圆形或椭圆形的显示，长度小于宽度的三倍。

成列显示：排列在一条直线上的三个或更多个显示，相互间隔的边到边距离为2mm或更短。

开口显示：除去磁粉仍可看到的显示，或者是可以通过使用对比染料渗透剂可以探测到的显示。

非开口显示：除去磁粉不可看到的显示，或者是不可通过使用对比染料渗透剂探测到的显示。

相关显示：由不连续现象的状况或类型导致的显示，需要进行评估。只有尺寸大于1.5mm的显示才可以被考虑为相关显示。

906 规定采用MT或PT时，检验应当在最终热处理后，材料表面为最终状态下但是须在任何喷丸加工前进行。机加处理的锻件应当在最终机加作业后进行。PT只可在MT不可能采用时或不适用时进行，也可用于解读MT探测到的开口显示。当需要本社认证时，在进行无损检测NDT时，可要求验船师在场。

指导性意见：

当锻件以锻造状态交付时或者其状态过于粗糙，不利于随后的加工和购买方进行MT或PT，制造厂应当考虑完工状态时要求的

质量水平，进行适宜的中间检查。

——指-导-性-意-见-完——

907 规定采用UT时，检验应当在锻件机加处理至适合UT的状态，经过最终热处理后进行，但是要先于钻空孔和表面硬化前进行。如果被测锻件的形状和尺寸允许，径向和轴向扫描都应进行。

908 当锻件以锻制状态交付，随后进行机械加工时，锻件的制造厂应当保证进行适当的超声波检测以验证内在质量。

909 应和本社就无损检验和验收的标准达成一致。对于锻件，IACS推荐标准No. 68可被视作可接受标准的一个范例。对于机械用锻件，第4篇第2章所述的要求适用。

910 锻件制造厂应当保留自身的检查记录，该记录包括了各锻件可追溯的尺寸测量。这些记录应当在要求时向验船师出示。锻件制造厂应当向验船师提供一份声明，确认所有进行的无损检验均取得满意结果，并包括试验标准和测试范围的信息。

A 1000 修补

1001 如果部件的尺寸可以接受，且进行的修补符合相关建造规范中任何适用的要求，可以采用修磨和清铲加修磨的方式除去缺陷，亦见1002。产生的凹槽的底部半径应当约为凹槽深度的3倍，并且应当过渡至周围的表面，不得有明显的轮廓。完全消除缺陷的材料应当通过磁粉检验或液体渗透检验进行验证。

1002 除非对船体锻件另有许可，否则修磨允许的深度应当符合IACS推荐标准No. 68。

1003 除曲轴外，在预先获得本社的许可后，可允许对锻件进行修补焊接。在这种情况下，应提交修补程度和位置的全部详情、热处理以及随后的检验步骤以获得许可。

1004 锻件的制造厂应当保留修补及随后各修补锻件可追溯的记录。当提出要求时，应向验船师出示这些记录。

A 1100 标识

1101 通过试验和检验取得满意结果的各锻件，应当被制造厂按如下的内容适当地标识：

- a) 标识编号，炉号以及其它可追溯锻件整个生产周期的标记
- b) 若可行时，由验船师提供的挪威船级社证书号。
- c) 若可行时，试验压力。

1102 同类型锻件质量总和少于115 kg的情况下，可和本社就标识的改进编排方式达成一致。

A 1200 认证

1201 制造厂应当提供相关建造规范要求的检验证书的类型，说明以下有关已验收试验单元的详细情况：

- a) 若已获知，购买者的名称，订单编号和船舶标识。

- b) 制造厂的名称
- c) 锻件和钢材质量的说明。
- d) 锻件的标识记号。
- e) 钢材炼制工艺，炉号和化学成分。
- f) 热处理的详情，包括温度和保持时间。
- g) 机械试验的结果。
- h) 若可行时，无损检测的结果。
- i) 若可行时，试验压力。
- j) 规定的任何增补或附加试验要求的结果。

B. 船体结构和设备用锻件

B 100 适用范围

101 这些要求为A的增补内容，适用于拟用于船体结构和设备如舵杆、舵栓、舵连接螺栓和船锚的锻钢件。本规定是为了适用于焊接组装或被覆熔接装配的碳素钢和碳锰钢以及合金钢的等级而制定的。

B 200 化学成分

201 化学成分应当符合表B1给出的全部限值，或在可行时，应当符合认可规格的要求。

B 300 热处理

301 碳素钢和碳锰钢的锻件在供应时，应当具备以下状态之一：

- a) 正火。
- b) 处理温度不低于550° C的正火加回火。
- c) 温处理度不低于550° C的淬火加回火。

302 合金钢锻件应当在不低于550° C的温度经淬火加回火处理，或者以正火加回火的状态供应，在此种情况下，应就规定的机械性能和本社达成一致。

B 400 机械试验

401 应当进行纵向试验，而横向试验可由制造厂决定是否进行。

402 机械性能应当符合表B2中适用的最小抗拉强度值，或可行时，认可的规格要求。

403 规定最小抗拉强度在表B2中一般限值范围内的锻件可能受到相关建造规范的限制。当提议使用钢材的最小抗拉强度如果在表B2中给出的数值之间，则其它行性能相应的最小值 可通过内插法算出。

B 500 检验

501 对拟用于舵杆和舵栓，直径超过100mm的锻件应进行磁粉或液体渗透检验，见A906。

502 对拟用于舵杆和舵栓，直径超过200mm的锻件应进行超声波试验。

表B1 船体结构和设备 ²⁾ 用锻钢件的化学成分限值 ¹⁾										
钢材类型	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i> ³⁾	<i>Mo</i> ³⁾	<i>Ni</i> ³⁾	<i>Cu</i> ³⁾	总残余量
C和C-Mn钢	0.23	0.45	0.30 – 1.50	0.035	0.035	0.30	0.15	0.40	0.30	0.85
合金钢	0.25	0.45	0.30 – 1.00	0.035	0.030	最小值 0.40 ⁴⁾	最小值 0.15 ⁴⁾	最小值 0.40 ⁴⁾	0.30	–

1) 如果不以范围或最小值表示，则表示组分质量百分比的最大值。

2) 表C1中给出的组分限值可适用于不用作焊接的锻件。

3) 凡是不以百分比范围或最小值表示的元素均被考虑为残余元素。

4) 一种或多种元素应当符合该最小含量。

表B2 船体结构和设备用锻钢件的机械性能									
钢材类型	抗拉强度 <i>R_m</i> 最小值 (<i>N/mm²</i>)	屈服应力 <i>R_e</i> 最小值 (<i>N/mm²</i>)	伸长率 <i>A₅</i> 最小值 (%)		断面收缩率 <i>Z</i> 最小值 (%)		夏比V型缺口 ¹⁾		
			<i>l</i>	<i>t</i>	<i>l</i>	<i>t</i>	温度 (° <i>C</i>)	吸收功 (<i>J</i>)	
								<i>l</i>	<i>t</i>
C和C-Mn钢	400	200	26	19	50	35	0	27	18
	440	220	24	18	50	35	0	27	18
	480	240	22	16	45	30	0	27	18
	520	260	21	15	45	30	0	27	18
	560	280	20	14	40	27	0	27	18
	600	300	18	13	40	27	0	27	18
合金钢	550	350	20	14	50	35	0	32	22
	600	400	18	13	50	35	0	32	22
	650	450	17	12	50	35	0	32	22

1) +20° C下测试，若符合所有等级均适用的规定纵向最小平均功45 J或横向30 J，则可以接受

l = 纵向，*t* = 横向

C. 轴类和机械用锻件

C 100 适用范围

101这些要求为A的增补内容，适用于D和E范围以外，拟用于轴类和机械建造的锻钢件。本规定是为碳素钢和碳锰钢以及合金钢而制定的。

C 200 化学成分

201 化学成分应当符合表C1给出的全部限值，或在可行时，应当符合经许可规格的要求。

C 300 热处理

301 碳素钢和碳锰钢的锻件在提供时，应当具备以下状态之一：

- a) 完全退火。
- b) 正火。
- c) 处理温度不低于550° C的正火加回火。
- d) 处理温度不低于550° C的淬火加回火。

302 合金钢锻件应当在不低于550° C温度下经淬火加回火处理。或者以正火加回火的状态供应，在此种情况下，应就规定的机械性能和本社达成一致。

C 400 机械试验

401 应当进行纵向试验，而图1至3所示作为替代的试验可由制造厂决定是否采用。对于带有键槽、花键、径向孔、开槽的轴类，如果形状和尺寸允许，应当进行切向试验。

402 机械性能应当符合表C2中适用的最小抗拉强度值，或可行时，符合经许可的规格要求。

403 最小抗拉强度在表C2中一般限值范围内的锻件在供应时可能受到相关建造规范的限制。当提议使用钢材的最小抗拉强度如果在表C2给出的数值之间，则其它行性能相应的最小值可通过内插法算出。

C 500 检验

501 机加处理完工的锻件应按照相关建造规范的规定进行磁粉或液体渗透检验。

502 锻件应当按照相关的建造规范进行超声波检测。

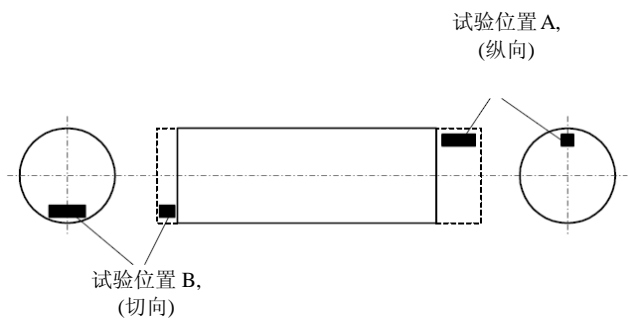


图 1. 普通轴

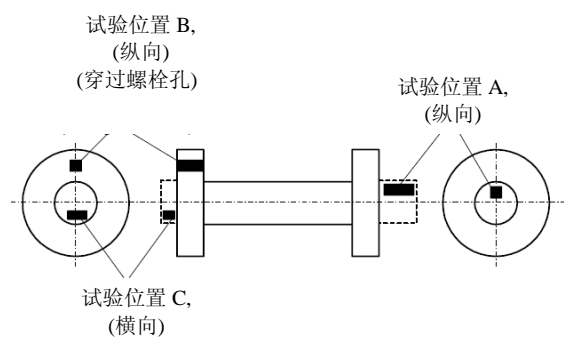


图 2 法兰轴

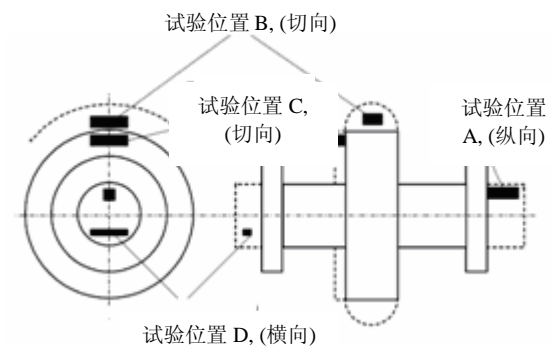


图 3
带轴肩的法兰轴

表C1轴类和机械 ²⁾ 用锻钢件的化学成分限值 ¹⁾										
钢材类型	C	Si	Mn	P	S	Cr ³⁾	Mo ³⁾	Ni ³⁾	Cu ³⁾	总残余量
C和C-Mn钢	0. 65	0. 45	0. 30 – 1. 50	0. 035	0. 035	0. 30	0. 15	0. 40	0. 30	0. 85
合金钢	0. 45	0. 45	0. 30 – 1. 00	0. 035	0. 035	最小值 0. 40 ⁴⁾	最小值 0. 15 ⁴⁾	最小值 0. 40 ⁴⁾	0. 30	—

1) 以组分质量百分比的最大值，质量百分比范围或最小质量百分比最小值表示。

2) 也认可其它规范，见A103。用于焊接的锻件应当符合表B1中的组分限值。

3) 凡是不以百分比范围或最小值表示的元素均被考虑为残余元素。

4) 一种或多种元素应当符合该最小含量。

表C2 轴类和机械用锻钢件的机械性能											
钢材类型	抗拉强度 <i>R_m</i> 最小值 (N/mm ²)	屈服应力 <i>R_e</i> 最小值 (N/mm ²)	伸长率 <i>A₅</i> 最小值 (%)			断面收缩率 <i>Z</i> 最小值 (%)			夏比V型缺口冲击 ^{1) 2)} 吸收能 (<i>J</i>)		
			<i>l</i>	<i>ta</i>	<i>t</i>	<i>l</i>	<i>ta</i>	<i>t</i>	<i>l</i>	<i>ta</i>	<i>t</i>
C和C-Mn 钢	400	200	26	22	19	50	43	35	–	–	–
	440	220	24	20	18	50	43	35	–	–	–
	480	240	22	19	16	45	38	30	–	–	–
	520	260	21	18	15	45	38	30	–	–	–
	560	280	20	17	14	40	34	27	–	–	–
	600	300	18	15	13	40	34	27	–	–	–
	640	320	17	14	12	40	34	27	–	–	–
	680	340	16	14	12	35	30	24	–	–	–
	720	360	15	13	11	35	30	24	–	–	–
	760	380	14	12	10	35	30	24	–	–	–
合金钢	600	360	18	16	14	50	43	35	41	31	24
	700	420	16	14	12	45	38	30	32	24	22
	800	480	14	12	10	40	34	27	32	24	22
	900	630	13	11	9	40	34	27	27	22	18
	1000	700	12	10	8	35	30	24	25	19	16
	1100	770	11	9	7	35	30	24	21	15	13
<div>1) 在+20° C下进行测试。 2) 依据第5篇第1章第4节，用于具有“Arctic or Icebreaking Service”以下所包括的船级符号的船舶，各种钢材类型应沿纵向在-10° C进行下夏比V形缺口冲击试验，吸收功最小平均值为27 J。 <i>l</i> = 纵向，<i>t</i> = 横向，<i>ta</i> = 切向</div>											

D. 曲轴用锻件

D 100 适用范围

101 这些要求为A的增补内容，适用于曲轴用锻钢件。本规定是为碳素钢和碳锰钢以及合金钢而制定的。A300中给出了纯净钢锻件的特别要求。

D 200 化学成分

201 化学成分应当符合表C1给出的全部限值，或在可行时，应当符合经许可规格的要求。

D 300 热处理

301 碳素钢和碳锰钢的锻件在提供时，应当具备以下状态之一：

- a) 正火加回火处理的温度不低于550° C。
- b) 淬火加回火处理的温度不低于550° C。

302 合金钢锻件应当在不低于550° C下经淬火加回火处理。或者以正火加回火的状态供应，在此种情况下，应就规定的机械性能和本社达成一致。

D 400 机械试验

401 整体锻制的曲轴，应当在各锻件主动轴端进行一组测试（见图4位置A）。当不包括试验材料在内经热处理

的质量总和超过3吨时，应在另一端进行第二组试验（见图4位置B）。

402 对于制造方法按照A300经特许的曲拐轴锻件，试验的次数和位置应当取得同意。

403 质量总和500 kg以下的锻件，可按照A700进行批量试验。对于淬火加回火的锻件，每一试验单元应当进行两组机械试验。

404 机械性能应当符合表C2中适用的最小抗拉强度值，或可行时，符合经许可的规格要求。

405 对于进行了批量试验的锻件，其中至少有10%应当进行硬度试验。

D 500 检验

501 机加处理完工的曲轴应按照第4篇第3章第1节的规定进行磁粉或液体渗透检验。.

502 应按照第4篇第3章第1节的规定进行曲轴的超声波试验。

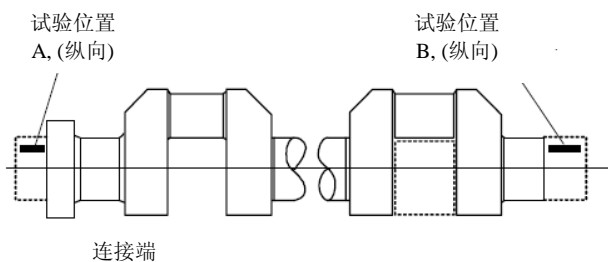


图 4 整体锻制的曲轴

E. 齿轮用锻件

E 100 适用范围

101 这些要求为A的增补内容, 适用于拟用于建造曲轴的锻钢件本规定是为碳素钢和碳锰钢以及合金钢而制定的。A300中给出了纯净钢锻件的特别要求。

102 热处理和/或机械试验应当由锻件或齿轮的制造厂进行。

E 200 化学成分

201 化学成分应当符合表C1给出的全部限值, 或在可行时, 应当符合经许可规格的要求。

E 300 热处理

301 不进行渗碳的碳素钢和碳锰钢的锻件在提供时, 应当具备以下状态之一:

- a) 正火加回火处理的温度不低于 550°C 。
- b) 淬火加回火处理的温度不低于 550°C 。

302 不进行渗碳的合金钢锻件应当在不低于 550°C 温度下经淬火加回火处理。

303 须进行渗碳的齿轮锻件应当以完全退火或正火加回火的状态供应。须进行感应淬火或渗氮的齿轮锻件应当被热处理至适当的阶段(通常通过淬火加回火)。相关建造规范中给出了表面硬化的要求。

E 400 不渗碳锻钢件的机械试验

401 小齿轮

机加处理完工的齿线直径超过200 mm的情况下, 应当在靠近齿线的位置(图5试验位置B)进行切向试验。如果因为尺寸的原因, 排除在该位置处的试验可能, 则应当在轴颈端(图5试验位置C)进行横向试验。但是如果轴颈的直径为200mm或以下时, 则应当进行纵向试验(图5试验位置A)。当完工后的齿线长度超过1250 mm时, 应当在各端进行试验。

402 小型小齿轮

完工后的齿线直径为200 mm或更小的情况下, 应当在轴颈端(图5试验位置A)进行纵向试验。

403 大齿轮

应当进行切向试验(图6试验位置A)。

完工后的直径超过2500 mm的情况下, 应在直接相对的两个位置进行试验。

404 齿轮轮缘(通过展宽制得)

应当进行切向试验(图7试验位置A其中之一)。当完工后的直径超过2500 mm或质量(指经过热处理不含试验材料在内的质量)超过3吨的情况下, 应在直接相对的两个位置进行试验。

405 中空小齿轮

应当进行切向试验(图8试验位置A)。

完工后的齿线长度超过2500 mm的情况下, 应当在各端进行试验。

406 小型锻件的批量试验

对于按照A700进行批量试验的锻件, 至少要对各个锻件进行一次硬度试验。

每批试验的硬度偏差不得超过30个布氏硬度值。

407 机械性能应当符合表C2中适用的最小抗拉强度值, 或可行时, 符合经许可的规格要求。

E 500 渗碳锻件的试验

501 机加处理后应进行渗碳的锻件, 应当和购买者达成一致, 提供充足的试验材料以进行渗碳和硬化处理完成后的最终试验。

502 相关的建造规范中给出了硬化层和其它特性的测量要求。

E 600 检验

601 机加处理完工的锻件应按照第4篇第4章第2节的规定进行磁粉或液体渗透检验。

602 应按照第4篇第4章第2节的规定进行锻件的超声波检验。

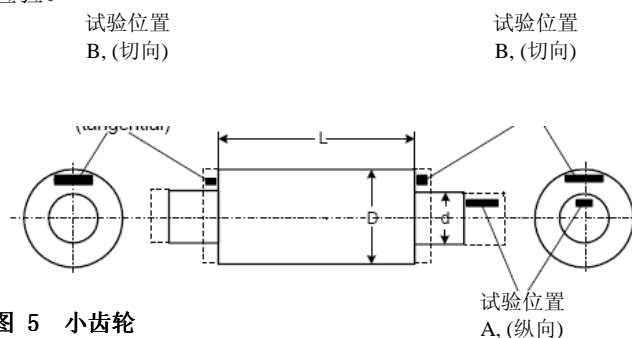


图 5 小齿轮

L = 齿线长度

D = 齿线直径

d = 轴颈直径

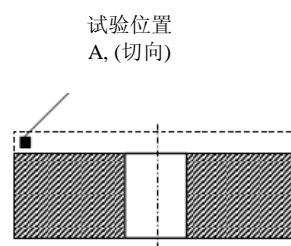


图 6 大齿轮

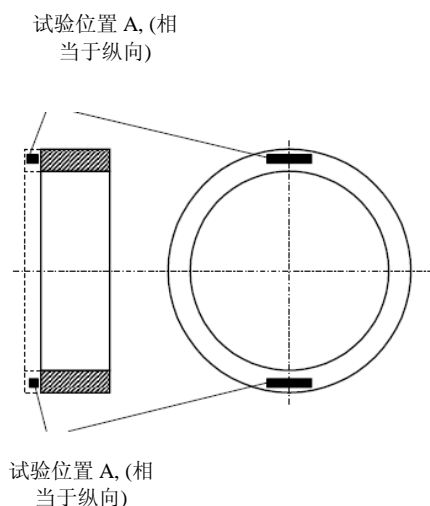


图7

齿轮轮缘(通过展宽制得)

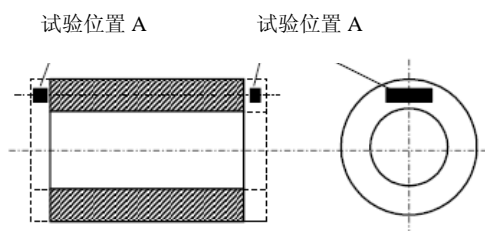


图8

中空小齿轮

F. 锅炉、压力容器和管道系统用锻件

F 100 适用范围

101 这些要求为A的增补内容, 适用于拟用于设计温度不低于0° C的锅炉、压力容器和管道系统的锻钢件。本规定适用于碳素钢和碳锰钢以及合金钢。

F 200 化学成分

201 化学成分应当符合表F1给出的全部限值, 或在可行时, 应当符合经许可规格的要求。

F 300 热处理

301 碳素钢和碳锰钢的锻件在提供时, 应当具备以下状态之一:

- a) 正火。
- b) 正火加回火处理的温度不低于550° C。
- c) 淬火加回火处理的温度不低于550° C。

302 合金钢锻件应当在不低于550° C的温度经过正火加回火处理或淬火加回火处理。它们也以在正火加回火的状态供应, 在此种情况下, 应就规定的机械性能和本社达成一致。

F 400 机械性能

401 机械性能应符合F2中给出的数值, 或可行时, 符合经认可的规格要求。

402 进行了锻件批量试验的锻件, 应当对各锻件进行硬度测试。

F 500 检验

501 淬火加回火处理的锻件应当进行磁粉检验, 见A906和第4篇。

502 质量1000 kg或以上经正火处理的锻件, 以及质量500 kg或以上经淬火加回火处理的锻件, 应当进行超声波检验。

F 600 压力试验

601 承受压力的锻件应当在机加处理后, 在规范相关设计和建造部分要求的试验压力下进行检验, 不得出现泄漏。

表F1 锅炉、压力容器和管道系统用锻钢件的化学成分限值 ¹⁾											
钢材类型	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i> ²⁾	<i>Mo</i> ²⁾	<i>Ni</i> ²⁾	<i>Cu</i> ²⁾	<i>Al</i> ²⁾	总残余元素含量
C和C-Mn	0.23	0.15-0.40	0.50-1.60	0.030	0.030	0.30	0.15	0.40	0.30	0.02-0.05	0.85
½Mo	0.23		0.50-0.90	0.030	0.030	0.30	0.45-0.65	0.40	0.30	0.02	-
1Cr ½Mo	0.20		0.30-0.80	0.030	0.030	0.80-1.25	0.45-0.65	0.40	0.30		-
2¼Cr 1Mo	0.15	0.50	0.30-0.80	0.030	0.030	2.00-2.50	0.90-1.20	0.40	0.30		-
1) 如果不用质量百分比范围或最小质量百分比最小值表示, 则表示组分质量百分比的最大值。 2) 凡是不以百分比范围或最小值表示的元素均被考虑为残余元素。 3) 元素铝的总含量。											

表F2 锅炉、压力容器和管道系统用锻钢件的机械性能					
钢材类型	等级	屈服应力 <i>R_e</i> 最小值 (<i>N/mm²</i>)	抗拉强度 <i>R_m</i> (<i>N/mm²</i>)	伸长率 <i>A₅</i> 最小值 (%)	断面收缩率 <i>Z</i> 最小值 (%)
C和C-Mn	450H	240	450 – 600	22	35
	490H	275	490 – 640	18	30
½Mo	–	275	480 – 630	18	35
1Cr ½Mo	–	275	480 – 630	18	35
2 ¼Cr 1Mo, 正火	–	315	520 – 670	18	35
2 ¼Cr 1Mo, QT	–	380	580 – 730	16	35

G. 低温用铁素体锻钢件

G 100 适用范围

101 这些要求为A的增补内容, 适用于拟用于货舱和液化气过程压力容器建造的铁素体锻钢件, 包括设计温度低于0° C的管道系统用锻件。本规定是为最低在 – 196° C 具备规定冲击性能的碳素钢和碳锰钢以及合金钢而制定的。

G 200 化学成分

201 化学成分应当符合表G1给出的全部限值, 或在可行时, 应当符合经许可规格的要求。

202 碳素钢和碳锰钢采用元素铌、钒或钛晶粒细化处理的情况时, 无论是单一或混用晶粒细化元素, Nb的含量应当在0.01至0.05%之间, V最多为0.05%, 而Ti最多为0.02%。

G 300 热处理

301 碳素钢和碳锰钢的锻件在提供时, 应当具备以下状态之一:

a) 正火。

b) 正火加回火处理的温度不低于550° C。

c) 淬火加回火处理的温度不低于550° C。

302 合金钢锻件应在不低于550° C的温度下, 经正火加回火处理, 加倍正火加回火处理, 或淬火加回火处理。

G 400 机械性能

401 机械性能应符合G2中给出的数值, 或可行时, 符合经认可的规格要求。

402 进行了锻件批量试验的锻件, 应当对各锻件进行硬度测试。

G 500 检验

501 淬火加回火的锻件应当进行磁粉检验, 见 A906 和相关的建造规范。

502 质量为1000 kg或以上正火的锻件, 以及质量为500 kg 或以上淬火加回火的锻件, 应当进行超声波检测。

G 600 压力试验

601 承受压力的锻件应当在机加处理后, 在规范相关设计和建造部分要求的试验压力下进行试验, 不得出现泄漏。

表G1 低温用铁素体锻钢件的化学成分限值 ¹⁾											
钢材类型	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i> ²⁾	<i>Mo</i> ²⁾	<i>Ni</i>	<i>Cu</i> ²⁾	<i>Al</i> ³⁾	总残余元素量
C和C-Mn	0.23	0.15 – 0.35	0.60 – 1.50	0.030	0.030	0.40	0.10	0.80	0.30	0.02 – 0.05	0.60
3 ½ Ni	0.20		0.30 – 0.90			0.025	0.025	0.25			0.08
5 Ni	0.12			4.70 – 5.30							
9 Ni	0.10			8.50 – 10.0							
1) 如果不用质量百分比范围或最小质量百分比最小值表示，则表示组分质量百分比的最大值。											
2) 凡是不以百分比范围或最小值表示的元素均被考虑为残余元素。											
3) 元素铝的总含量。可用于碳素钢和碳锰钢的晶粒细化元素，见200。											

表G2 低温用铁素体锻钢件的机械性能							
钢材类型	等级	屈服应力 <i>Re</i> or <i>Rp0.2</i> 最小值 (<i>N/mm²</i>)	抗拉强度 <i>Rm</i> (<i>N/mm²</i>)	伸长率 <i>A5</i> 最小值 (%)	断面收缩率 <i>Z</i> 最小值 (%)	夏比V型缺口	
						温度 (° C)	吸收功 (J)
C和C-Mn	450L	240	450 – 600	22	40	–60 ¹⁾	27
	490L	275	490 – 640	20	40	–60 ¹⁾	27
3 ½ Ni	–	275	490 – 640	20	35	–95	34
5 Ni	–	380	540 – 690	20	35	–110	34
9 Ni	–	480	640 – 790	18	35	–196	34
1) 如果设计温度高于 – 55° C 且低于 – 15° C，试验温度可比设计温度低5° C，如果设计温度高于 – 15° C，则试验温度可为–20° C。							

H 不锈钢锻件

H 100 适用范围

- 101 这些要求为A的增补内容，适用于拟用于货舱和液化气及化学品管道系统及建造的奥氏体不锈钢锻件。
- 102 如果符合本处包含的增补要求，锻钢件还应符合公认的标准，如EN 10222, ASTM A 336和JIS G 3214。其它标准应提交本社进行认可。

H 200 制造

201 钢材的炼制应采用电炉工艺、碱性吹氧工艺或本社认可的任何其它采用二次精练方法的工艺。

H 300 机械性能

301 设计温度低于 – 105° C 时，需要进行夏比V形缺口冲击试验。试验应当在 – 196° C下进行，纵向试验的平均能量值最少达到41J，而切向试验最少达到34 J。

H 400 检验

401 质量为1000 kg或以上的锻件，应当进行超声波检验。

第6节 锚链用棒材

A. 通则

A 100 适用范围

101 本节规定了锚链与及附件用（锚链卸扣、转环等）钢材的要求。

A 200 钢材等级

201 规定了三种钢材等级，即：

NV K1，NV K2，NV K3。

A 300 化学成分

301 浇斗取样的化学成分应符合认可的规格书。对于NV

K1、NV K1、NV K2和NV K3 等级的钢材，表A1中全部限值均适用。.

A 400 机械性能

401 机械性能应当符合表A1中的要求。

A 500 热处理

501 表A1中的热处理要求对成品的锚链及附件适用。此类用途的材料在交货时可不规定热处理状态。

表A1 锚链用棒材材料要求					
等级			NV K1	NV K2	NV K3
脱氧方法和细化晶粒处理			镇静	镇静，A1细化晶粒处理	镇静，细化晶粒处理
热处理			正火 ³⁾	正火	淬火加回火，正火或者正火加回火 ²⁾
化学成分	硅	%	0.15 - 0.35	0.15 - 0.55	0.15 - 0.55
	磷	%	最大值 0.040	最大值 0.035	最大值 0.035
	硫	%	最大值 0.040	最大值 0.035	最大值 0.035
	氮	% ¹⁾	最大值 0.009	最大值 0.015	最大值 0.009
机械性能	屈服应力 ReH或弹性极限 R _{p0.2} (N/mm ²)			最小值 295	最小值 410
	抗拉强度, R _m (N/mm ²)		370 - 490	490 - 690	最小值 690
	伸长率 (L ₀ = 5d) A ₅ (%)		最小值 25	最小值 22	最小值 17
	断面收缩率, Z (%)				最小值 40
	三次测试平均冲击值 (KV), (I)		最小值 27; 20° C	最小值 27; 0° C	最小值 60; 0° C

1) 如果含有足够数量的Al或其它能强烈形成氮化物元素含量，则允许的最高氮含量为0.015%。

2) 当锚链交付时为正火、或是正火加回火的状态，钢材应当采用A1 进行细化晶粒处理。此类材料可接受的N含量最大值为0.015%。

3) 如果锚链采用热成型的方法制造，且每隔27.5m的长度进行了一次断裂测试，则直径最大为50 mm锚链可在焊接后，不用经过热处理直接供

B. 试验

B 100 试验次数

101 来自同炼钢炉的每50吨或剩余不足50吨的棒材材料进行一组试验（含一个拉伸试样和3个冲击试验试样）。试验取样应来自直径最大的棒材。

试验材料应当在全直径尺寸下进行热处理，热处理仿照成品锚链的处理方式。

B 200 冲击试验

201 冲击试验的试样应当按照图1所示进行截取。

试验应当满足表A1所述的要求。

C. 材料的标识

C 100 标记

101 棒材要求的标记至少包括制造厂的商标、钢材等级和炼制炉的所写符号。

直径为40mm及以下且捆扎包装的棒材，可以固定上耐久的标签进行标记。

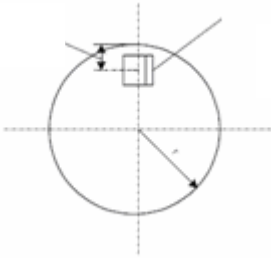


图1
冲击试验试样的定位

第7节 铸钢件

A. 一般要求

A 100 适用范围

101 分节A规定了船体、设备、机械、锅炉、压力容器和管道系统建造用铸钢件的一般要求。

102 在规范的相关设计和建造部分要求的情况下，铸钢件应当符合第1章的要求，A中一般要求以及B至G中适用的专门要求。如果出现与这些一般要求不同的特别要求时，则以特别要求为准。

103 作为可替代102的另一种方式是，如果材料符合国家的或专有规范，合理等同于第7节中的要求或各特定的用途经过特别许可，则这些材料也可以被接受。至少应当规定以下的详细内容：制造工艺，化学成分，热处理，机械性能和无损检测。对于机械组件，也可见第4篇第2章第3节。

A 200 分级体系

201 所涉及的铸件按照化学成分分为三个类别：碳素钢和碳锰钢（C和C-Mn钢），合金钢，不锈钢。

202 如果适用，可采用标有最小的规定抗拉强度的等级表明C和C-Mn钢以及合金钢。不锈钢则仅通过化学成分表明。

指导性意见：

为了达成本分类体系的目的，C和C-Mn钢被分为一种类型，主要合金元素为碳和锰的钢材，都被认为属于该类型。

---指-导-性-意-见-完---

A 300 制造

301 需提供NV或工厂证书一同交付的铸件应当在本社认可的铸造厂内制造。

302 钢材的炼制应采用平炉工艺、电炉工艺、碱性吹氧工艺或其它本社认可的采用二次精练方法的工艺。所有的铸件应采用镇静钢制造。

303 若采用火焰切割、火焰表面清理或电弧空气气割除去金属余料，受到影响的区域应当机加处理或修磨平整。

304 由两个和更多个铸件通过焊接组成棒材复合部件时，应提交计划采用的焊接方案进行认可。可能需要进行焊接方案的工艺评定试验。

A 400 化学成分

401 炼钢厂应当通过最好取自每炉钢水浇铸时的钢水样本，测定各炉钢水的化学成分，并保证在规定的限值内。当多炉钢水倒入共用的浇斗时，应当进行浇斗取样分析并保持在规定的限值以内。

402 除非标准另有规定，炼钢厂可以自行决定采用适宜的晶粒细化元素。应当报告这些元素的含量。

403 在各规范中被确定为残余元素的元素，不得故意向钢材中添加。应当报告这些元素的含量。

A 500 热处理

501 所有的铸件都应按照B至G中规定进行热处理。热处理应当在正规建造的炉内进行，该处理炉被有效地维护，具备充分的温度控制方式并装有记录型高温计。处理炉的尺寸应保证全部的炉内装料可被均匀加热到所需的温度。

502 为测量记录炉内装料的温度并使之均匀，除非定期验证处理炉的温度均匀性，否则炉内装料应连接足够多的热电偶。

503 铸造厂应保留对热处理的记录，表明所使用的处理炉、炉内装料、日期、温度和所处温度的时间。在验船师提出要求时，应当出示这些记录。

504 当铸件需要进行淬火加回火处理并且不可能热加工至接近成型时，在进行本次处理前，应当进行适当的机械粗加工或火焰切割。

504 如果铸件在最终热处理后进行了局部再加热或任何矫直加工，则要求随后进行应力消除的热处理，除非另有许可。

A 600 机械试验用试验样块和试样

601 试样取自试验样块，试验样块和铸件联体铸造。若不可行时，试验样块应按照铸件的方式同时铸造。上述两种情况下，这些试验样块都不得和铸件分离，直到完成热处理。

602 同类型的铸件完工后质量低于1000 kg的情况下，若试验样块和所代表的铸件来自同一炉钢水并和铸件一起进行热处理，作为替代措施，这些试验样块可以单独铸造。

单独铸造的试验样块应当采用和所代表铸件充分相同的铸造工艺。

603 所有的试验样块都应当被适当地标记，以标识所代表的铸件。

604 试验样块的尺寸应当符合公认的标准，在所有情况下，厚度不得少于28 mm。试样截取时，其轴线离铸件表面至少14 mm。

605 用于机械试验的试样，其制备和步骤应当符合第一章内的相关要求。

A 700 试验单元和试验次数

701 完工后质量为1000 kg 或以上的铸件，每个铸件应当被视为一个试验单元。

702 质量少于1000 kg的同类型铸件，可允许进行批量试验，每次热处理装料来自同一炉的铸件应当被视为一个试验单元。

703 除704和705规定的情况外，每个试验单元至少进行一组机械试验。

704 质量为10吨或更大的铸件，每个试验单元要求进行两组机械试验。应当采用尽可能大的间隔放置试验样块。

705 由两炉或更多炉的钢水生产铸件，浇铸前钢水未在浇斗内混合的情况下，要求对相应的炉数进行两组或更多组的机械试验。应当采用尽可能大的间隔放置试验样块。

A 800 机械性能

801 B至G规定的机械性能是指试样的性能而不是指铸件本身的机械性能，试样经过机加处理，来自连体浇铸或单独浇铸的试验样块。

802 如果试验结果不符合规定要求，可采用第1章中的重新试验步骤。如果铸件和试验样块要进行再热处理，它们不得进行超过两次的固溶处理或再奥氏体化处理。先前进行的所有试验在热处理后都需要重复进行，结果必须符合规定的要求。

A 900 检验

901 所有的铸件在其目视可及的表面上都应进行外观检验。若可行，应当包括内表面和内孔的检验。表面应当充分预先处理过，以便进行检验。适用的方法包括酸浸、碱洗、刷光、局部磨光、喷丸或喷砂。表面不得进行敲击、锤击或以其它可令不连续现象模糊的方式处理。

902 本社要求认证的铸件，应交验船师进行外观检验。为了查验焊接修补的情况，验船师可要求对查验区域进行表面蚀刻。

903 进行外观检验时，铸件不得有粘附的砂粒、氧化皮、裂缝、热裂纹或其它非理想的现象，这些现象由于其性质、程度或范围，会对铸件的使用产生有害影响。

904 铸件应进行B至G规定的无损检验。所有的检验应当由具备资格的人员或通过诸如ISO 9712, EN 473 或ASNT等公认标准或准则认证的人员操作。无损检验应当按照公认标准的通用方法进行，如：

- d) 磁粉方法检验 (MT)：ASTM E709，采用湿连续方法。
- e) 液体渗透检验 (PT)：ISO 3452, ASTM E165。
- f) 超声波检验 (UT)：ASTM A609。
- g) 射线照相检验 (RT)：ISO 5579, ASTM E94。

905 以下为MT或PT显示相关的适用定义：

线性显示：长度至少为宽度的三倍的显示。

非线性显示：圆形或椭圆形的显示，长度小于宽度的三倍。

成列显示：排列在一条直线上的三个或更多个显示，相互间隔的边到边距离为2mm或更短。

开口显示：除去磁粉仍可看到的显示，或者是可以通过使用对比染料渗透剂可以探测到的显示。

非开口显示：除去磁粉不可看到的显示，或者是不可通过使用对比染料渗透剂探测到的显示。

相关显示：由不连续现象的状况或类型导致的显示，需要进行评估。只有尺寸大于1.5mm的显示才可以被考虑为相关显示。

906 规定采用MT或PT时，检验应当在最终热处理后，材料表面为最终状态下但是须在任何冷加工前进行。机加处理的铸件应当在最终机加作业后进行检验。PT只可在MT不可能采用时或不适用时进行，以及用于解读MT探测到的开口显示。当需要本社认证时，在进行无损检测NDT时，验船师可要求到场。

指导性意见：

当铸件以铸造状态交付时或者其状态过于粗糙，不利于随后的加工和购买方进行MT或PT，铸造厂应当考虑完工状态时要求的质量水平，进行适宜的中间检验。

——指-导-性-意-见-完——

907 铸件应在以下的区域进行MT或PT检验：

- a) 进行焊缝坡口加工且从焊口算起30mm的范围内。
- b) 焊接修补过的部位。
- c) 所有可及的圆角和部位上明显的外形变化区。
- d) 通过火焰切割、火焰表面清理或电弧空气气割除去多余金属的部位。

908 规定采用UT检验时，应在完成最终热处理，铸件表面达到适合UT检验状态后进行。也可进行RT检验，一般适用于厚度小于50mm的铸件。

909 除非另有要求，否则应对铸件以下的区域需进行UT或RT检验：

- a) 进行焊缝坡口加工，从焊口算起50mm的范围内。
- b) 大量采用焊接修补的部位。
- c) 采用UT或RT检测出缺陷后焊接修补的部位。
- d) 所有随后要进行机加处理的区域，例如艏艉出部铸件。
- e) 除去浇口和冒口的位置。

910 应与本社就无损检验的验收标准达成一致。对于船体用铸件，IACS推荐标准No. 69可被视作可接受标准的一个范例。

911 铸造厂应当保留自身的检验记录，该记录包括了各铸件可追溯的尺寸测量。这些记录应当在要求时向验船师出示。铸造厂还应向验船师提供一份声明，确认所有进行的无损检验均取得满意结果，并包括检验标准和检验范围的信息。

A 1000 修补

1001 可以采用修磨和清铲加修磨的方式除去缺陷，达到的深度不超过型材厚度的10%和15mm二者的最小值。产生的凹槽的底部半径应当约为凹槽深度的3倍，并且应当过渡至周围的表面，不得有明显的轮廓。如果处理后产生的凹槽将修磨平整，则修磨前可以使用火焰表面清理或电弧空气气割的处理方法。完全消除缺陷的材料应当通过MT或PT检验进行验证。

1002 当修补作业必须要除去厚度的10%或达到15mm的深度时，应当对缺陷区域进行焊接修补。较浅的缺陷区域(见1001)也可采用焊接修补。挖出部分形状应当合适，从而可进行方便的焊接。产生的凹槽随后应当修磨平整，

完全消除缺陷的材料应当通过MT或PT检验进行验证。

1003 焊接修补可分为重大和轻微两种。在以下情况时，认为是重大焊接：

- 为焊接准备加工的凹槽深度超型材厚度的25%和25mm二者的最小值，或
- 长度乘以宽度计算出的坡口面积超过0.125 m²，或
- 铸件在水压试验中出现泄漏。

其它的焊接修补都被视为属于轻微的类型。

1004 重大焊接修补在开工前要求取得本社的许可。提出重大焊接修补的建议时应当辅以简图或照片，表明修补的程度和位置。除经过特许的情况以外，在进行重大修补前，应对整个铸件进行晶粒细化热处理。

1005 轻微焊接修补在开工前不需要取得本社的许可，但是必须要保留简图作为记录，表明修补的程度和位置。在被要求时，这些记录应当向验船师出示。

1006 所有的焊接修补应当由具备资格的焊接人员采用合格的步骤实施。

1007 采用的焊材应当具备适宜的成分，形成的焊缝熔敷在机械性能上至少要与母材相似。只能使用经认可的低氢型消耗品。焊材应当妥善保存并处置，以维持氢含量分级并符合制造厂的推荐建议。

1008 若修补焊接是在铸件的机械性能热处理后实施的，则修复的铸件应当送入热处理炉内进行应力消除的热处理。而轻微的修补可依据预先的许可，进行局部应力消除的热处理。当在材料和焊接工艺的联合作用下降低拉伸残余应力和硬度时，应当特别考虑低工作应力区轻微修复时，应力消除热处理遗漏的情况。

1009 完成热处理后，焊接修补的区域和相邻的材料应修磨平整。所有的焊接修补区域应当按照900的要求进行无损损伤检验。

1010 铸造厂应保留焊接，后续热处理和追溯至每一修补铸件的检验记录。在被要求时，这些记录应当向验船师出示。

A 1100 标识

1101 通过测试和检验取得满意结果的各铸件，应当被制造厂按如下的内容适当地标识：

- a) 炉号或其它可追溯锻件整个生产周期的标记
- b) 若可行时，由验船师提供的挪威船级社证书号。
- c) 若可行时，试验压力。

1102 同类型铸件质量总和少于230 kg的情况下，可与本社就标识的改进编排方式达成一致。

A 1200 认证

1201 制造厂应当提供相关建造规范要求的检验证书的类型，说明以下已验收各铸件试验单元的详细情况：

- a) 若已知，购买者的名称，订单编号和船舶标识。

- b) 制造厂的名称
- c) 铸件和钢材质量的说明。
- d) 铸件的标识记号。
- e) 钢材炼制工艺，炉号和化学成分。
- f) 热处理的详情，包括温度和保持时间。
- g) 机械试验的结果。
- h) 若可行时，无损检测的结果。
- i) 若可行时，试验压力。
- j) 规定的任何增补或附加试验要求的结果。

B. 船体结构和设备用铸件

B 100 适用范围

101 B中的这些要求为A的增补内容，适用于拟用于船体结构和设备如船艏、船艉构架、船舵组件、螺旋桨轴支座和船锚的铸钢件。本规定是为了适用于焊接组装的碳素钢和碳锰钢以及合金钢的等级而制定的。

102 如果对使用的钢材有不同的特别要求时，则拟使用材料的化学成分、机械性能和热处理的有关详情应当连同设计一并提交认可。

B 200 化学成分

201 化学成分应当符合表B1给出的全部限值，或在可行时，应当符合经许可规格的要求。

B 300 热处理

301 碳素钢和碳锰钢的铸件在提供时，应当具备以下状态之一：

- a) 完全退火。
- b) 正火。
- c) 处理温度不低于550° C的正火加回火。
- d) 处理温度不低于550° C的淬火加回火。

302 合金铸钢件应当在不低于550° C的温度经淬火加回火处理，或者以正火加回火的状态供应，在此种情况下，应就规定的机械性能和本社达成一致。

B 400 机械性能

401 机械性能应当符合表B2中数值，或可行时，应符合经许可的规格要求。

402 拟使用钢材的最小抗拉强度如果在表B2给出的数值之间，则其它行性能相应的最小值可通过内插法算出。

B 500 检验

501 铸件应当进行磁粉检验（见A906）和超声波检验。

表B1 船体结构和设备用铸钢件 ²⁾ 的化学成分限值 ¹⁾											
钢材类型	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i> ³⁾	<i>Mo</i> ³⁾	<i>Ni</i> ³⁾	<i>Cu</i> ³⁾	<i>V</i> ³⁾	总残余量
C和C-Mn钢	0.23 ⁴⁾	0.60	0.50 – 1.60	0.040	0.035	0.30	0.15	0.40	0.30	0.12	0.95
合金钢	0.25	0.60	0.50 – 1.70	0.035	0.030	最小值 0.40 ⁵⁾	最小值 0.15 ⁵⁾	最小值 0.40 ⁵⁾	0.30	0.12	–
1) 如果不用质量百分比范围或最小质量百分比最小值表示, 则表示组分质量百分比的最大值。 2) 可按表C1的组分限值供应不用作焊接的铸件。 3) 凡是不以百分比范围或最小值表示的元素均被考虑为残余元素。 4) 若锰含量最多减至1.20%时, 可以允许最大增加至0.30%。 5) 一种或多种元素应当符合该最小含量。											

表B2 铸件船体结构和设备用铸钢件的机械性能							
钢材类型	Steel 等级	屈服应力 <i>R_e</i> 最小值 (<i>N/mm²</i>)	抗拉强度 <i>R_m</i> 最小值 (<i>N/mm²</i>)	伸长率 <i>A₅</i> 最小值 (%)	断面收缩率 <i>Z</i> 最小值 (%)	夏比V型缺口 ¹⁾ 试验	
						温度 (° C)	吸收功 (J)
C和C-Mn钢	410 W	235	410	24	40	0	27
	450 W	255	450	22	35	0	27
	480 W	275	480	20	30	0	27
合金钢	550 W	355	550	18	30	0	32
	620 W	430	620	16	30	0	32
1) 若符合所有等级均适用的规定最小平均功45 J, 则可以接受在+20° C下测试,							

C. 机械用铸件

C 100 适用范围

101 C中的这些要求为A的增补内容, 适用于诸如柴油机组件、传动装置、连接装置、联结器和锚机等机械建造用铸钢件。本规定是为碳素钢和碳锰钢以及合金钢而制定的。

102若铸钢件拟用于曲轴或连杆时, 则使用材料的化学成分、机械性能、热处理、无损检验和修补的有关详情应当连同设计认可一并提交。

C 200 化学成分

201化学成分应当符合表C1给出的全部限值, 或在可行时, 应当符合经许可规格的要求。

C 300 热处理

301碳素钢和碳锰钢的锻件在提供时, 应当具备以下状态之一:

- a) 完全退火。
- b) 正火。

- c) 处理温度不低于550° C的正火加回火。
- d) 处理温度不低于550° C的淬火加回火。

302 合金铸钢件应当在不低于550° C温度下经淬火加回火处理。或者以正火加回火的状态供应, 在此种情况下, 应就规定的机械性能和本社达成一致。

303 第4篇第3章第1节规定的铸件以及其它对尺寸稳定性和无内应力要求严格的铸件, 应当进行应力消除热处理。 该处理应在不低于550° C的温度下进行, 然后炉冷至 300° C 或更低的温度。作为替代的处理方法, 可进行完全退火处理并将铸件炉冷至300° C 或更低的温度。

C 400 机械性能

401 机械性能应当符合表C2中给出的数值, 或可行时, 符合经许可的规格要求。

402 若提议使用钢材的最小抗拉强度在表C2正给出的数值之间, 则其它行性能相应的最小值可通过内插法算出。

C 500 检验

501铸件应当进行磁粉检验 (见A906) 和相关建造规范规定的超声波检验。

表C1 机械用铸钢件 ²⁾ 的化学成分限值 ¹⁾										
钢材类型	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i> ³⁾	<i>Mo</i> ³⁾	<i>Ni</i> ³⁾	<i>Cu</i> ³⁾	总残余量
C和C-Mn钢	0. 40	0. 60	0. 50–1. 60	0. 040	0. 040	0. 30	0. 15	0. 40	0. 30	0. 85
合金钢	0. 45	0. 60	0. 50–1. 60	0. 035	0. 030	最小值 0. 40 ⁴⁾	最小值 0. 15 ⁴⁾	最小值 0. 40 ⁴⁾	0. 30	–
1) 如果不用质量百分比范围或最小质量百分比最小值表示，则表示组分质量百分比的最大值。 2) 用于焊接的铸件应当符合表B1中的组分限值。 3) 凡是不以百分比范围或最小值表示的元素均被考虑为残余元素。 4) 一个或多个元素应符合该最小含量										

表C2 机械用铸钢件的机械性能							
钢材类型	钢材等级	屈服应力 <i>R_e</i> 最小值 (<i>N/mm²</i>)	抗拉强度 <i>R_m</i> 最小值 (<i>N/mm²</i>)	伸长率 <i>A₅</i> 最小值 (%)	断面收缩率 <i>Z</i> 最小值 (%)	夏比V型缺口试验	
						温度 (° C)	吸收功 (J)
C和C-Mn钢	410	205	410	24	38	–	–
	450	225	450	22	30	–	–
	480	240	480	20	27	–	–
	520	260	520	18	25	–	–
合金钢	550	340	550	16	35	20	32
	600	400	600	16	35	20	32
	690	490	690	13	30	20	32

D. 螺旋桨用铸件

D 100 适用范围

101 这些要求为A的增补内容，适用于螺旋桨、桨叶和螺旋桨毂用不锈钢铸件。在和本社预先达成协议的前提下，这些标准也可用于使用中受损螺旋桨的修复。

D 200 化学成分

201化学成分应当符合表D1给出的全部限值，或在可行时，应当符合经许可规格的要求。

D 300 热处理

301 马奥氏体铸钢件应当进行奥氏体化加回火处理。奥氏体铸钢件应当进行固熔热处理。

D 400 机械试验

401 试验样块应当和螺旋桨桨毂铸件或者和螺旋桨桨叶法兰铸件连体浇铸。试验样块的移除应当采用非热加工的步骤。

402 代表各铸件的材料应进行一组试验。机械性能应当符合表D2中给出的数值，或可行时，符合经许可的规格要求

403 作为401和402的替代措施，如果一定数量尺寸相同且直径小于1m的小型螺旋桨是采用同一炉钢水浇铸的并在同一炉内装料进行了热处理，则可采用单独浇铸试验样块的批量试验方案。批量制造的铸件每五个为一组进行一组试验。

D 500 检验

501 铸件应当按照 A900以及502 至511中的规定进行检验。

502 为了将检验的等级和缺陷的程度联系起来，螺旋桨的桨叶按照严格程度被分为三种区，以A、B和C表示。此外，

也对小侧斜螺旋桨和大侧斜螺旋桨进行了区分。

503 螺旋桨桨叶的最大侧倾角的定义为：在桨叶的投影面上，一条通过桨叶顶点和螺旋桨轴心点的直线和另一条过轴心点的，与螺旋叶片剖面中心点的轨迹曲线相切的直线所成的夹角，见图1。大侧倾螺旋桨的侧倾角大于25°，小侧倾螺旋桨的侧倾角在25° 以下。

504 小侧倾螺旋桨的A区是指桨叶的压力面上，包括圆角区并从圆角区至0.4 R，由分别位于距离导边0.15倍弦长CR处的直线，和位于距离随边0.2倍弦长CR处的直线围成的区域，见图2。若桨毂的半径(RB) 超过0.27 R，则A区另一端的边界可以增加至 1.5 RB。A区还包括图4所示单独铸造的螺旋桨桨毂位于窗口内的部分，以及图5所示的可调螺距和组装式螺旋桨桨叶的凸缘区和圆角区。

505 小侧倾螺旋桨的B区是指压力面上的0.7R以内504中剩余的区域，以及在吸力面上从圆角区到0.7R以内的区域见图2。

506 C区是指桨叶两面0.7R以外的区域。C区也包括除前面定义为A区的，整体铸造的桨毂表面和可调螺距螺旋桨的桨毂表面。

507 大侧倾螺旋桨的A区是指桨叶的压力面上，桨叶根

部圆角和自导边和根部圆角的汇合处开始至随边0.9R处,穿过桨叶0.7R处弦中点和位于0.4R圆弧上,和位于导边0.4R处相距0.3倍弦长位置点的一条曲线所围成的区域。该区域也包括桨叶吸力面上自根部沿随边至0.9R处的范围,其内侧的边界至随边的距离为0.15倍弦长处,见图3。

508 大侧倾螺旋桨的B区包括全部剩余的桨叶表面,见图3。

509 对于整个螺旋桨,单独铸造的桨叶和桨毂,严格度分区A、B和C包括的表面应进行PT检验。进行A区的检验时,验船师应当在场,在验船师提出要求时,可以见证B区和C区的检验。

510 为了评估PT显示,检验的表面应当分隔出100cm²的参考区,该区域可以是正方形或矩形的,长边的长度不超过250mm。

511 检测到的显示,其大小和长度不得超过表D3给出的数值。无论何处的焊接修补,都应可在其所在位置进按照A区的规定的方式行检验。

D 600 修补

601 应按照A1000和602至于610的规定对缺陷铸件进行修补。

602 通常修补应当采用机械的方式,如修磨或铣削。仅当焊接修补。只有认为必须时,才采用焊接修补的方式

603 焊接修补在实施前,应取得本社的认可。焊剂修补的提议应当附有简图和照片说明修补的程度和位置。应当避免5 cm² 面积以下的焊接。

604 可在保持桨叶厚度的程度内,对严格程度A区进行修磨。通常不允许对严格程度A区进行修复焊接,仅当本社予以特别考虑并许可后才能进行。

605 严格程度B区的缺陷可以通过修磨去除,修磨的深度可达到 $t/40$ mm, t 取规范规定的局部厚度的最小值或2mm二者中的较大值。更深的缺陷可采用焊接的方法修补。

606 通常允许对严重程度C区进行修补焊接。

607 焊接开始前,应提交详细的焊接方案的规范,包括焊缝口的准备、焊接参数、熔敷金属、预热、焊后处理以及检验方案。

608 700中给出了焊接方案审核测试的范围。

609 方案测试中金属电弧焊采用的电极和焊丝应当在焊接修补时采用。应当按照制造厂的推荐意见保管和处置焊材的。

610 马氏体钢材在焊接后,应当在热处理炉内进行再回火处理。然而,再预先取得许可的情况下,可以考虑对轻微的修补进行局部的应力消除处理。

D 700 焊接工艺认可试验

701 为了认可焊接工艺,应当焊接一个厚度最少为30mm的测试组合体,见图6。

702 在截开测试组合体前,应先进行外观检验和液体渗透

测试。可以按照500对不理想的情况进行考查。

703 应当制备两份宏观磨片,对一面进行表面蚀刻,清晰显示出焊接金属、熔合线以及受热影响区。断面应当外观检验(如果需要,可以辅以低倍数手持放大镜)任何出现在焊接金属和HAZ上的非理想状况。不允许出现裂缝或熔合不足。不允许出现超过3mm的夹杂和气孔。

704 应当准备两个扁平横向拉伸试验试样。抗拉强度应当达到基体材料规定的最小值。应当报告断裂的位置,即:在焊接材料、HAZ上或在基体材料上。

705 应当准备两个测向弯曲试验试样。除了奥氏体钢材以外,第一个试样的直径应当为厚度的4倍。奥氏体钢材第一个试样的直径为厚度的3倍。对弯曲后的试样在进行目测检查,不得出现长度超过2mm的不理想的表面现象。

706 对基体材料进行冲击测试时,应当准备两组夏比V型缺口试验试样,一组的缺口位于焊缝的中间位置上,而另一组的缺口位于熔合线上。试验温度和吸收功应当符合基体材料的要求。

707 一个宏观磨片应当用于HV硬度测试。压痕应当进入表面以下2mm处。在焊接金属、HAZ(两面)和基体材料(两面)上至少分别产生3个单独的压痕。应报告测定的数值。

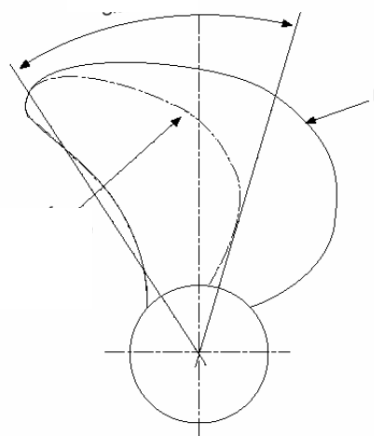


图1

侧倾角的定义

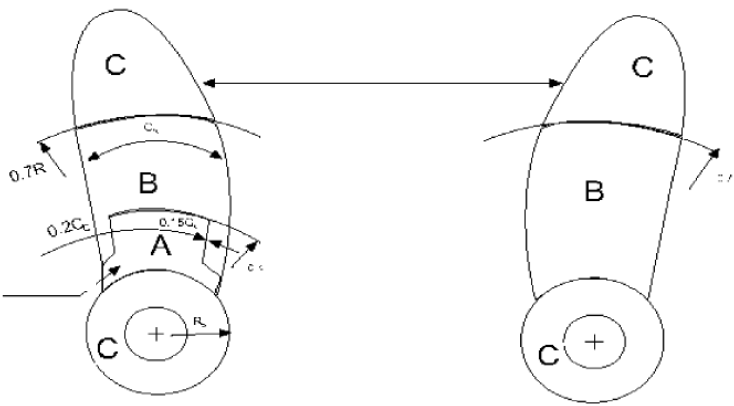


图 2
小侧倾螺旋桨和分别浇铸叶片的严格程度分区

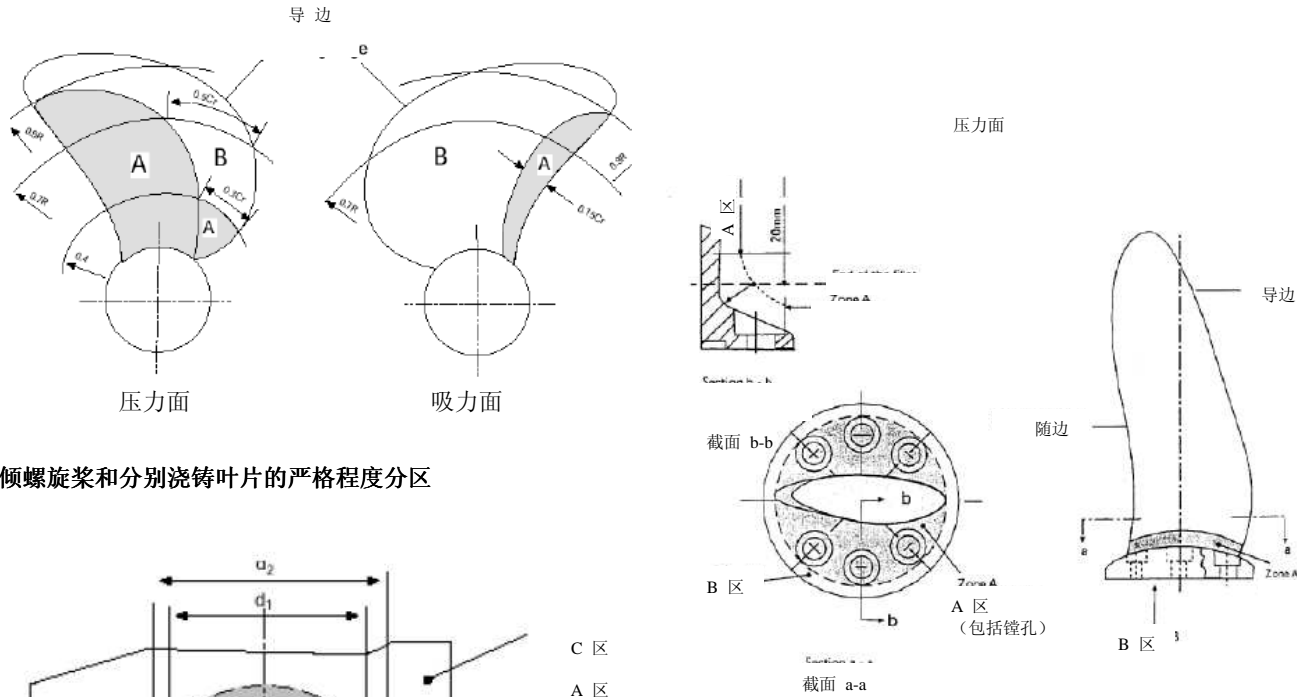


图 3
大侧倾螺旋桨和分别浇铸叶片的严格程度分区

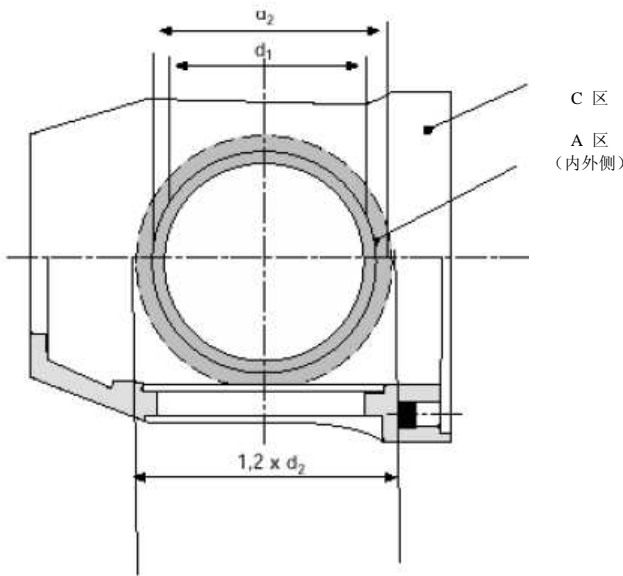


图 4
单独浇铸螺旋桨桨毂的严格程度分区

图 5
可调螺距螺旋桨的严格程度分区

备注：桨叶剩余的表面应当按照图2和图3分区。

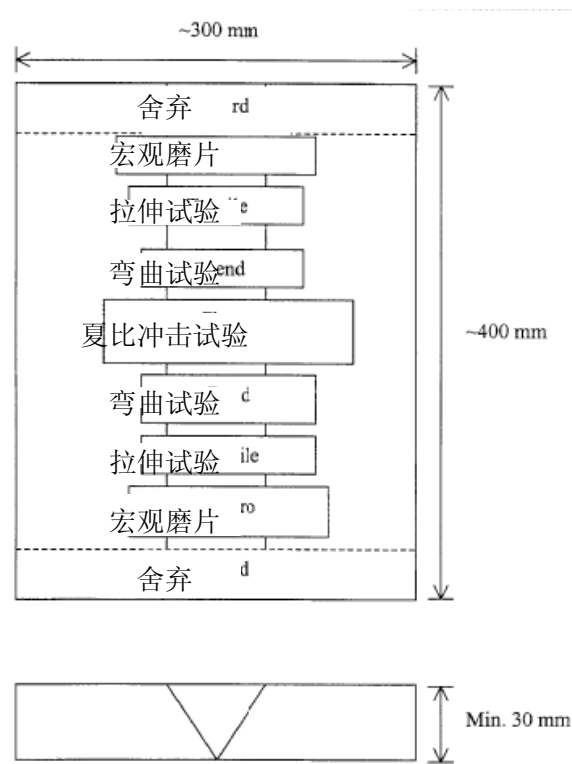


图6 焊接方案审核测试组合体

表D1 螺旋桨铸钢件的化学成分限值 ¹⁾								
合金类型	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
马氏体 12Cr 1Ni	0.15	1.5	1.0	0.035	0.025	11.5–14.0	1.0	0.4–2.0
马氏体 13Cr 4Ni	0.06	1.0	1.5	0.035	0.025	11.5–14.0	1.0	3.5–5.0
马氏体 16Cr 5Ni	0.06	1.0	1.0	0.035	0.025	15.0–17.5	1.5	3.5–6.0
奥氏体 19Cr 11Ni	0.12	1.5	1.5	0.040	0.030	17.0–21.0	2.0–4.0	9.0–13.0

1) 如果不用质量百分比范围或最小质量百分比最小值表示，则表示组分质量百分比的最大值。

表D2 螺旋桨铸钢件的机械性能						
合金类型	弹性极限应力 $R_{p0.2}$ 最小值 (N/mm^2)	抗拉强度 R_m 最小值 (N/mm^2)	拉伸率 A_5 最小值 (%)	断面收缩率 Z 最小值 (%)	夏比V型缺口冲击试验 ¹⁾	
					温度 (°C)	吸收功 最小值 (J)
12Cr 1Ni	440	590	15	30	- 10	20
13Cr 4Ni	550	750	15	35	- 10	30
16Cr 5Ni	540	760	15	35	- 10	30
19Cr 10Ni	180 ²⁾	440	30	40	-	-

1) 依照第5篇第1章第4节，仅对“Arctic or Icebreaking Service”以下从属的船级符号的情况要求试验。

2) $R_{p1.0}$ 值为205 N/mm^2 。

表D3 严格程度相关显示的允许个数和大小				
严格程度分区	显示个数的最大值s	显示类型	各类显示个数的最大值 ^{1) 2)}	显示的最大长度 (mm)
A	7	非线性	5	4
		线性或成列	2	3
B	14	非线性	10	6
		线性或成列	4	6
C	20	非线性	14	8
		线性或成列	6	6

1) A区内单个2mm以下的显示和其它分区内单个3 mm以下的显示可以忽略。
2) 在没有线性或成列显示时，非线性显示的总个数可以全部或部分地算入个数总和最大值。

E. 锅炉、压力容器和管道用铸件

E 100 适用范围

101 这些要求为A中要求的增补内容，适用于设计温度不低于0° C的锅炉、压力容器和管道系统使用的铸钢件。本规定是为碳素钢和碳锰钢以及合金钢而制定的。

E 200 化学成分

201 化学成分应当符合表E1中给出的全部限值，或在可行时，符合得到认可的规格要求。

E 300 热处理

301 碳素钢和碳锰铸钢件应当以下列之一的状态供应：

- a) 正火。
- b) 温度不低于550° C的正火加回火。
- c) 温度不低于550° C的淬火加回火。

302 合金铸钢件应当在不低于550° C的温度下正火加回火处理或淬火加回火处理。

它们也可以正火加回火的状态供应，此时材料的机械性能需与本社达成一致。

E 400 机械性能

401 机械性能应当符合表E2给出的数值，或在可行时，应当符合本社认可的规格要求。

E 500 检验

501 对于各试验单元，至少一件铸件应当进行磁粉检验。或者，当代表多个试验单元，被铸造成同样形状的一定数量的铸件，该形状铸件的前三件的试验可以替代试验单元的试验。

502 同样形状的第一个铸件，应当进行超声波或射线照相检验。该铸件可代表一或多个试验单元。

503 所有焊接修补过的铸件应当进行无损检验。

E 600 压力试验

601 承受压力的铸件在完成机加作业后，应当在规范相关设计和建造部分要求的试验压力下进行压力试验。不得出现泄漏。

表E1 锅炉、压力容器和管道系统用铸钢件的化学成分限值¹⁾

钢材类型	C	Si	Mn	P	S	Cr ²⁾	Mo ²⁾	Ni ²⁾	Cu ²⁾	V ²⁾	总残余元素含量
C和C-Mn	0.25	0.60	0.50– 1.20	0.035	0.035	0.40	0.15	0.40	0.40	0.03	1.00
½Mo	0.23	0.60	0.50– 1.00	0.035	0.035	0.30	0.40– 0.65	0.40	0.40	0.05	–
1Cr ½Mo	0.20	0.60	0.50– 1.00	0.035	0.035	1.00 – 1.50	0.45– 0.65	0.40	0.40	0.05	–
2¼Cr 1Mo	0.20	0.60	0.40– 0.90	0.035	0.035	2.00 – 2.75	0.90– 1.20	0.40	0.40	0.05	–

1) 如果不用质量百分比范围或最小质量百分比最小值表示，则表示组分质量百分比的最大值。

2) 凡是不以百分比范围或最小值表示的元素均被考虑为残余元素。

表E2 锅炉、压力容器和管道系统用铸钢件的机械性能

钢材类型	等级	屈服应力 Re 最小值 (N/mm ²)	抗拉强度 R _m (N/mm ²)	伸长率 A5 最小值 (%)	断面收缩率 Z 最小值 (%)
C and C-Mn	450H	240	450 – 600	22	35
	490H	275	490 – 640	18	30
½Mo	–	250	450 – 600	21	35
1Cr ½Mo	–	275	480 – 630	17	35
2 ¼Cr 1Mo, 正火	–	275	480 – 630	17	35
2 ¼Cr 1Mo, QT	–	380	580 – 730	16	35

E. 低温用铁素体铸钢件

F 100 适用范围

101 这些要求为A中要求的增补内容，适用于货船和设计温度在0° C以下的过程管道用铁素体铸钢件。这些规定是为最低至 – 95° C的温度时，具备特定冲击性能的碳素钢和碳锰钢以及合金钢而制定的。

F 200 化学成分

201 化学成分应当符合表F1中给出的限值，或者在可行

时，符合得到认可的规格要求。

F 300 热处理

301 铸件应当以下列状态供应：

- a) 正火。
- b) 在不低于550° C温度下的正火加回火。
- c) 在不低于550° C温度下的淬火加回火。

F 400 机械性能

401 机械性能应当符合表F2给出的数值，或在可行时，符合得到认可的规格要求。

F 500 检验

501 对于各试验单元，至少应当对一件铸件进行磁粉检验。或者，或者，具有一定数量的代表多个试验单元并由同一铸模制成的铸件，采用三个同一铸模的试验单元进行的检验，可替代各个试验单元的检验。

502 同一铸模制造的第一件铸件应当进行超声波或射线照相检验。该铸件可代表一个或多个试验单元。所有焊接修复的铸件应当进行无损探伤检验。

F 600 压力检验

601 承受压力的铸件在完成机加作业后，应当在规范相关设计和建造部分要求的试验压力下进行压力试验。不得出现泄漏。

表F1 ¹⁾ 低温用铁素体铸钢件的化学成分限值

钢材类型	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i> ²⁾	<i>Mo</i> ²⁾	<i>Ni</i>	<i>Cu</i> ²⁾	<i>V</i> ²⁾	总残余 元素含量
C和C-Mn	0.25	0.60	1.60	0.035	0.035	0.40	0.15	0.80	0.30	0.03	0.60
2 ½ Ni	0.25	0.60	0.50 – 0.80	0.035	0.035	0.40	0.15	2.00 – 3.00	0.30	0.03	0.60
3 ½ Ni	0.15	0.60	0.50 – 0.80	0.035	0.035	0.40	0.15	3.00 – 4.00	0.30	0.03	0.60

1) 如果不用质量百分比范围或最小质量百分比最小值表示，则表示组分质量百分比的最大值。

2) 凡是不以百分比范围或最小值表示的元素均被考虑为残余元素。

表F2 低温用碳素铸钢件的机械性能

钢材类型	等级	屈服强度 <i>Re</i> 或 <i>R_{p0.2}</i> 最小值 (<i>N/mm²</i>)	抗拉强度 <i>R_m</i> (<i>N/mm²</i>)	伸长率 <i>A5</i> 最小值 (%)	夏比V型缺口冲击试验	
					温度 (°C)	吸收功 (J)
C和C-Mn	450L	240	450 – 600	22	-60 ¹⁾	27
	490L	275	490 – 640	20	-60 ¹⁾	27
2 ½ Ni	–	275	490 – 640	20	-70	34
3 ½ Ni	–	275	490 – 640	20	-95	34

1) 如果设计温度高于 - 55° C 且低于 - 15° C，试验温度可比设计温度低5° C；如果设计温度高于 - 15° C，则试验温度可为-20° C。

G. 不锈钢铸件

G 100 适用范围

101 这些要求为A中要求的增补内容，适用于液化气体和化学品管道系统使用的不锈钢铸件。

G 200 化学成分

201 化学成分应当符合表G1中给出的全部限值，或在可行时，符合得到认可的规格要求。

G 300 热处理

301 奥氏体不锈钢铸件应当以固溶处理的状态供应。

G 400 机械性能

401 机械性能应当符合表G2给出的数值，或在可行时，符合得到认可的规范要求。

G 500 检验

501 对于各试验单元，至少应当对一件铸件进行液体渗透检验。或者，具有一定数量的代表多个试验单元并由同一铸模制成的铸件，采用三个同一铸模的试验单元进行的检验，可替代各个试验单元的检验。

502 同一铸模制造的第一件铸件应当进行超声波或射线照相检验。该铸件可代表一个或多个试验单元。

503 所有焊接修复的铸件应当进行无损检验。

表G1 不锈钢铸件的化学成分限值¹⁾

钢材类型	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>
GX 2 CrNi 18 10 (304L)	0.03	2.0	1.5	0.040	0.030	17.0– 21.0	–	8.0– 12.0
GX 5 CrNi 19 9 (304)	0.08	2.0	1.5	0.040	0.030	18.0– 21.0	–	8.0– 11.0
GX 6 CrNiNb 19 10 (347) ²⁾	0.08	2.0	1.5	0.040	0.030	18.0– 21.0	–	9.0– 12.0
GX 2 CrNiMo 19 11 2 (316L)	0.03	1.5	1.5	0.040	0.030	17.0– 21.0	2.0– 3.0	9.0– 13.0
GX 5 CrNiMo 19 11 2 (31)	0.08	1.5	1.5	0.040	0.030	17.0– 21.0	2.0– 3.0	9.0– 12.0
GX 5 CrNiMo 19 11 3	0.08	1.5	1.5	0.040	0.030	17.0– 21.0	3.0– 4.0	9.0– 13.0

1) 如果不用质量百分比范围或最小质量百分比最小值表示，则表示组分质量百分比的最大值。

2) 铌含量至少应当为碳含量的8倍，最大含量为1.00%。

表G2 不锈钢件的机械性能					
钢材类型	弹性极限应力 $R_{p0.2}$ 最小值 $^{1)}$ (N/mm 2)	抗拉强度 R_m 最小值 (N/mm 2)	伸长率 A_5 最小值 (%)	夏比V型缺口冲击试验	
				温度 ($^{\circ}$ C)	吸收功 (J)
GX 2 CrNi 18 10 (304L)	180	440	30	-196 $^{2)}$	41
GX 5 CrNi 19 9 (304)	180	440	30		
GX 6 CrNiNb 19 10 (347)	180	440	25		
GX 2 CrNiMo 19 11 2 (316L)	180	440	30		
GX 5 CrNiMo19 11 2 (316)	180	440	30		
GX 5 CrNiMo19 11 3 (317)	180	440	30		
1) $R_{p1.0}$ 的最小值应比此值高25 N/mm 2 。					
2) 若设计温度高于 - 105 $^{\circ}$ C，可省略冲击试验。					

第8节 铸铁件

A. 一般要求

A 100 适用范围

101 本节规定了铁素体和珠光体球墨铸铁以及灰铸铁的要求。本节覆盖了IACS UR W9和W10的内容。

经特别考虑后，也可接受贝氏体或其它类型的铸铁。

102 如果材料符合的国家规范或专用规范与这些要求具备合理的等效效力或者另被特别许可，则这些材料可以被接受。

103 制造厂大量制造小型铸件时，在经本社许可后，可采用替代试验和检验方案。

104 关于重复试验、标识和认证的要求，在第1章已进行了简要说明。

A 200 铸件质量

201 铸件不得具有在工作状态下影响其正常使用的表面缺陷和内部缺陷。表面的光洁度应当符合良好实践和取得认可图纸的规定要求。

A 300 制造

301 材料应当在本社认可的工厂内制造。

302 应当采用机械的方法去除铸件上多余的材料。不可采用热切削的工艺，用于机械方法的先期准备工作除外。

303 大规模生产相同类型的铸件的情况下，制造厂应当进行必要的试验以证明原型铸件的质量，并定期进行检查以验证制造技术持续的有效性。验船师应当有机会见证这些试验。

A 400 化学成分

401 除非有特别要求，否则由制造厂自行决定化学成分，制造厂应当保证化学成分适合于达到铸件规定的机械性能。

A 500 热处理

501 除502规定的情况，铸件可以铸造或热处理的状态供应。

502 对于某些用途，如用高温环境或尺寸的稳定性要求严格的条件，可要求对铸件进行适当的回火处理或应力消除热处理。

A 600 试验

601 应当为各铸件或各批铸件提供充足的试验材料，以进行必需的试验和可能的重复试验。通常应采用单独铸造的试验样品。

602 单独浇铸试块应用铸件相同的材料浇铸在模具里。当温度低于500°C时方可将试块从模具里取出。

603 铸件以热处理状态供应时，试验样品应当和所代表的铸件一同进行热处理。和铸件连体铸造的样品，在完成热处理前，不得将样品从铸件上切取下来。

604 修整后质量为1吨或以下的铸件，可采用批量试验的方案。同批的全部铸件应当为同样的形状和尺寸，采用处理过的金属由同一浇斗浇铸。每批铸件中，每2.0吨修整后质量的多个铸件，应当提供一个试样。

605 采用处理过的金属由多个浇斗浇铸的大型铸件，应提供代表每个浇斗的附加试验样品。

A 700 外观检验和无损检验

701 应当对所有的铸件进行清理以便于检查。不得以锤击、敲击或可导致缺陷模糊方式的处理表面。

702 验收前应对所有的铸件进行外观检验，若可行，也包括对内表面的检查。除非另行达成一致，否则应由制造厂负责铸件尺寸的验证工作。

703 除非是在有理由怀疑铸件的质量，通常不要求采用无损检验的方案对铸件进行补充检查。

704 在相关建造规范要求时，铸件应当在最终验收前进行压力试验。

705 任何铸件在后续的机加处理或试验中被证明是有缺陷的，无论先前是否已取得证书，铸件应予报废。

A 800 缺陷的修补

801 由验船师判断，轻微的表面瑕疵可采用局部修磨去除。

802 对于局部出现多孔现象的铸件，若这种多孔现象的程度不会对铸件的强度造成负面影响，在取得验船师的认可后，可采用塑性填料填充进行修补。

803 通常不允许采用焊接的修补方式，除非经过特别的考虑并接受了这一方式。

B. 球墨铸铁

B 100 适用范围

本分规定了球墨铸铁的专门要求。

B 200 试验材料

201 试验样品通常为厚度25mm的标准类型，其具体规定见公认的标准。

202 如果可能，单独浇铸的试验样品应在铸件浇铸过程接近完成时进行浇铸。

B 300 机械性能

301 具有特殊要求的铁素体球墨铸铁应当符合表B1中NV1和NV2等级的数值。

302 常规用途的球墨铸铁应当符合表B1中370和800等级的数值。列出的硬度值仅为参考信息。当抗拉强度在标定值之间，其相应确定的抗拉强度对应的伸长率值，可以通过线性内插的方法计算。

B 400 金相检验

401 经过处理用于生产球墨铸铁的金属，应该按每一浇斗准备球墨铸铁的金相检验样品。呈球状的石墨至少应当达到90%。

指导性意见

符合ASTM A247中I型板材的I型和II型石墨，被认为具备球状。

--指-导-性-意-见-完--

表B1 球墨铸铁 - 单独浇铸试验样品的机械性能							
等级	抗拉强度 ¹⁾ <i>R_m</i> 最小值 (N/mm ²)	弹性极限应力 ²⁾ <i>R_{p0.2}</i> 最小值 (N/mm ²)	伸长率 <i>A5</i> (%)	平均冲击功, <i>KV</i>		硬度 (HB)	主导结构
				最小值 ³⁾ (J)	试验温度 (°C)		
NV 1	350	220	22	12 (9)	- 40	110 - 170	铁素体
NV 2	400	250	18	12 (9)	- 20	140 - 200	铁素体
370	370	230	17			120 - 180	铁素体
400	400	250	12			140 - 200	铁素体
500	500	320	7			170 - 240	铁素体/珠光体
600	600	370	3			190 - 270	珠光体/铁素体
700	700	420	2			230 - 300	珠光体
800	800	480	2			250 - 350	珠光体或 经回火处理的 结构
1) 对于规定最低抗拉强度的中间值，其0.2% 耐受应力的最小值和伸长率值可通过内插法得出。 2) 给出的0.2%弹性极限应力为参考信息，除非另行达成协议，不要求用试验进行验证。 3) 测量3个夏比V型缺口试样得到的平均值，并且不得小于括号内的最小值。如果冲击试验是在+20° C下进行的，则NV 1和NV 2的冲击功数值不得小于17 (14) 和14 (11) J。							

C. 灰铸铁

C 100 适用范围

101 本分节规定了灰铸铁的专门要求。

C 200 试验材料

201 除非另外达成一致，否则应采用单独浇铸的试验样品，通常取自直径为30mm，长度适宜的棒材。

C 300 机械性能

301 只要求测定抗拉强度，取得的试验结果应当符合所用铸件规定的最小值。规定的最低抗拉强度应当不低于200 N/mm²。

302 所有拉伸试验的样品的断面都应当为颗粒状灰色外观。

第9节 铝合金

A. 熟铝合金

A 100 适用范围

101 本分节规定了用于建造船体和其它水工建造物以及低温用途的铝合金板材、型材、管材和棒材的要求。这些要求适用于厚度在3mm至50mm范围以内的熟铝材。

102 在规范的相关设计和建造部分要求的情况下，熟铝合金材料应当符合第1章和本分节的要求。

103 作为可替代102的另一种方式是，如果材料符合的国家或专有规范，合理等同于本分节中的要求或各特定的用途经过特别许可，则这些材料也可以被接受。通常这些材料应当符合第1章中适用的要求。

A 200 铝材等级和回火状态

201 表A1中所列出为铝材等级。表A2 给出了回火状态的表示符号。本规范表示铝合金等级的数字符号和回火符号均以铝业协会的符号为基础。

202 可应变硬化的5000系列合金，应当以表A3和表A4中适用的回火状态供应。可时效硬化的6000系列合金，应当以表A4中给出的回火状态供应。

203 6000系列铝合金与海水接触海水环境下的使用，受到应用和防腐体系的限制。该类铝合金的使用应和DNV达成一致。

204 低温环境下应用的铝合金应当为5000系列，并且以退火的状态供应。

A 300 制造

301 所有的熟铝合金产品应当在DNV认可的工厂内制造。

302 合金可以采用锭材铸造或连续铸造的工艺。板材应当轧制成形，可采用热加工或冷加工。型材、棒材和管材可以采用挤压、轧制或拉拔的成材方式。

303 材料应当具备和制造方法一致的光洁度，不得有因其性质、程度或范围，会对材料的使用产生有害影响的非理想的现象。

A 400 化学成分

401 制造厂应当测定每炉熔料的化学成分，最好采用取自熔料浇铸时的样本。化学成分应当符合表A1中给出的限值。

402 其它合金或不完全与表A1相符的合金，在根据各个实际情况进行考虑后，也可以被接受。可能要求特定的试验和/或其它的相关信息，如通过哪些方面可以确认材料具备满意的耐腐蚀性能和可焊性。

A 500 机械试验用试验材料和试样

501 对于轧制的产品，试验材料应当取自距离纵边三分之一宽的位置。截取试样时，通常其纵轴和最终的轧制方向垂直。如果受宽度的限制，无法进行横向试验，可允

许进行纵向试验。

502 对于挤压成形的产品，试验材料应当取自型材厚度边缘至中心的1/3至1/2处。截取试样时，通常其纵轴和挤出方向平行。

503 对于厚度等于或小于12.5 mm的产品进行拉伸试验时，应采用宽度为12.5 mm的薄片试样。制备的试样应当保留上下两个轧制的表面。厚度超过12.5 mm的产品，拉伸试验应当采用圆形试样。厚度等于或小于40 mm的产品，圆形拉伸试验试样在截取时，其纵轴应定位在材料的一半厚度处。厚度超过40 mm的产品，其试样的纵轴应当定位在产品表面下四分之一厚度处。

A 600 试验单元和试验次数

601 同一试验单元（批次）的所有材料，应当为同等级合金，同样的回火处理、同炉熔料、同样的产品形式（板材、型材等）和同样的厚度。作为补充，还应当考虑同一炉内装料人工时效等级。

602 对于轧制的产品，要求在每一试验单元中，每2000kg或余出的不足2000kg的产品进行一次拉伸试验。对于重量超过2000kg单块生产的板材或卷材，仅要求对每块或每卷产品进行一次拉伸试验。

603 对于公称质量小于1kg/m挤出成形的产品，要求在每一试验单元中每1000kg或余出的不足1000kg的产品进行一次拉伸试验。公称质量小于1kg/m至5kg/m的产品，要求在每一试验单元中，每2000kg或余出的不足2000kg的产品进行一次拉伸试验。公称质量大于5kg/m的产品，要求在每一试验单元中，每3000kg或余出的不足3000kg的产品进行一次拉伸试验。

A 700 机械性能

701 机械性能应当符合表A3和A4中适用的数值。具备相应机械性能的其它回火状态，在对具体的实际情况进行考虑后，也可以本社接受

A 800 压力焊试验

801 闭合异型挤出材的压力焊是否熔合正常，应当通过宏观磨片试验或扩口试验进行验证。其它的试验在经过考虑后，也可以被接受。每件产品均应取样，轮廓线长度为6m或以下的情况除外，在该种情况下，每5件异型材取一个样。所有样品的异型材的两端都应进行测试。

802 通过宏观磨片试验进行验证时，压力焊接处不得出现未熔合的迹象。

803 通过扩口试验进行验证时，截取的试样端面应当和异型材的轴线垂直。端面的边缘应当锉圆。试样的最小长度应当为型材外径的2倍和50mm二者中的较大值。试验应当在常温下进行，并且应当采用夹角至少为60° 锥形心轴在端面进行扩口。如果试样被破坏时沿焊缝呈现明显的开裂，则试验被视为不可接受。

A 900 检验和容差

901 制造厂负责表面检验和尺寸的验证。

902 表A5和表A6分别给出了轧制产品和挤压成型产品许可的厚度负容差。与这些容差尺寸不同的尺寸公差应当符合公认的标准。

903 船舶入级可接受的厚度负容差应当被视作厚度“正-负”范围内较低的限制，常见于对应标称厚度的轧制产品和挤压成型产品制造工厂中的正常生产中。

A 1000 修补

1001 如果完工时的尺寸可以保持在容差范围内，表面的缺陷应当采用机加处理或修磨去除。不允许使用焊接的方法进行修补。

A 1100 标识

1101 进行了试验和检验，取得满意结果的各产品应当由制造厂进行适当的标识，标识的内容如下：

- a) 制造厂名称或商标。
- b) 合金等级和回火状态。

c) 标记编号、熔料编号或其它可追溯产品整个生产周期的标记。

d) 若可行时，由验船师提供的DNV证书编号。

1102 当一定数量的货品被牢靠地捆扎固定在一起时，仅位于每捆的上部的货品需要进行标记。或者可以在每捆材料上牢固地捆扎一个耐久的标签。

A 1200 认证

1201 生产厂应当提供相关建造规范要求的检验证书类型，说明各已验收的试验单元有关以下内容的详细情况：

- 若已知，购买者的名称，订单编号和船舶标识。
- 制造厂的名称
- 数量、尺寸和产品的质量
- 合金的等级和回火状态
- 标识记号
- 化学成分
- 机械试验的结果
- 规定的任何增补或规定的附加试验结果

表A1 熟铝合金的化学成分限值¹⁾

等级	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	其它元素 ²⁾	
									单一	合计
NV-5052	0.25	0.40	0.10	0.10	2.2 – 2.8	0.15 – 0.35	0.10	–	0.05	0.15
NV-5154A	0.50	0.50	0.10	0.50	3.1 – 3.9	0.25	0.20	0.20	0.05	0.15
NV-5754	0.40	0.40	0.10	0.50 3)	2.6 – 3.6	0.30 3)	0.20	0.15	0.05	0.15
NV-5454	0.25	0.40	0.10	0.50 – 1.0	2.4 – 3.0	0.05 – 0.20	0.25	0.20	0.05	0.15
NV-5086	0.40	0.50	0.10	0.20 – 0.7	3.5 – 4.5	0.05 – 0.25	0.25	0.15	0.05	0.15
NV-5083	0.40	0.40	0.10	0.40 – 1.0	4.0 – 4.9	0.05 – 0.25	0.25	0.15	0.05	0.15
NV-5383	0.25	0.25	0.20	0.7 – 1.0	4.0 – 5.2	0.25	0.40	0.15	0.05 4)	0.15 4)
NV-5059	0.45	0.50	0.25	0.6 – 1.2	5.0 – 6.0	0.25	0.40 – 0.9	0.20	0.05 5)	0.15 5)
NV-6060	0.30 – 0.6	0.10 – 0.30	0.10	0.10	0.35 – 0.6	0.05	0.15	0.10	0.05	0.15
NV-6061	0.40 – 0.8	0.7	0.15 – 0.40	0.15	0.8 – 1.2	0.04 – 0.35	0.25	0.15	0.05	0.15
NV-6063	0.20 – 0.6	0.35	0.10	0.10	0.45 – 0.9	0.10	0.10	0.10	0.05	0.15
NV-6005A	0.50 – 0.9	0.35	0.30	0.50 6)	0.40 – 0.7	0.30 6)	0.20	0.10	0.05	0.15
NV-6082	0.7 – 1.3	0.50	0.10	0.40 – 1.0	0.6 – 1.2	0.25	0.20	0.10	0.05	0.15

1) 如果不用质量百分比范围或最小质量百分比最小值表示，则表示组分质量百分比的最大值。
2) 包括Ni，Ga，V以及已列出的、未给出特别限制的元素。不需要进行常规分析。
3) Mn + Cr: 0.10-0.60。
4) Zr: 最大值 0.20。其它元素的合计不包括锆。
5) Zr: 0.05-0.25。其它元素的合计不包括锆。
6) Mn + Cr: 0.12-0.50。

表A2 回火处理说明和符号

回火处理			回火
通过生产、退火、冷加工或冷加工加部分退火或安定化达到的回火处理	直接生产出来时的状态，冷加工，无规定的机械性能限制		F
	软化退火		0
	应力硬化至规定强度	1/8 硬度	H11
		1/4 硬度	H12
		1/2 硬度	H14
	应力硬化加部分退火 (p. a.) 至规定强度	1/8 硬度，p. a.	H21
		1/4 硬度，p. a.	H22
		1/2 硬度，p. a.	H24
	应力硬化加安定化至规定强度	1/4 硬度，安定化	H32
		1/2 硬度，安定化	H34
	特殊回火 – 比H11轻微的应力硬化，例如通过矫直或拉伸 – 不受控的应力硬化，但是由机械性能限制 – 防止剥落腐蚀的处理 – 低于受控的H32要求的回火应力硬化		H111 H112 H116 H321
热处理回火	固溶热处理后不稳定状态		W
	固溶热处理，自然时效		T4
	冷却自高温成型工艺，人工时效		T5
	固溶热处理，人工时效		T6
	固溶热处理，人工时效		T7

表A3 轧制铝合金的机械性能

等级	回火	屈服应力 $\sigma_{p0.2}$ 最小值 (N/mm ²)	抗拉强度 R_m 最小值或范围 (N/mm ²)	伸长率 1)	
				A50 mm 最小值 (%)	A5d 最小值 (%)
NV-5052	0 或 H111	65	165 – 215	19	18
	H32	130	210 – 260	12 ²⁾	12
	H34	150	230 – 280	9 ³⁾	9
NV-5154A	0 或 H111	85	215 – 275	17	16
	H32	180	250 – 305	10 ⁴⁾	9
	H34	200	270 – 325	8	7
NV-5754	0 或 H111	80	190 – 240	18	17
	H32	130	220 – 270	10	9
	H34	160	240 – 280	10 ⁴⁾	8
NV-5454	0 或 H111	85	215 – 285	17	16
	H32	180	250 – 305	10 ⁴⁾	9
	H34	200	270 – 325	8	7
NV-5086	0 或 H111	100	240 – 310	17	16
	H112	125 ⁵⁾	250 ⁵⁾	8	9
	H32 或 H321	185	275 – 335	10 ⁴⁾	9
	H34	220	300 – 360	8	7
NV-5083	0 或 H111	125	275 – 350	16	15
	H112	125	275	12	10
	H116	215	305	12 ²⁾	10
	H32 或 H321	215	305 – 380	10 ⁴⁾	9
NV-5383	0或H111	145	290		17
	H116 或 H321	220	305		10
NV-5059	0或H111	160	330		24
	H116或 H321	270 ⁶⁾	370 ⁶⁾		10

1) 伸长率A50 mm 适用于厚度为12.5 mm及以下的情况，而A5d 适用于厚度超过12.5 mm的情况。

2) 10%用于厚度为6.0 mm及以下的情况。

3) 7% 用于厚度为6.0 mm及以下的情况。

4) 8% 用于厚度为6.0 mm及以下的情况。

5) 厚度超过12.5 mm时，屈服应力最小值为105 N/mm²且抗拉强度最小值为240 N/mm²。

6) 厚度超过20 mm时，屈服应力最小值为260 N/mm²且抗拉强度最小值为360 N/mm²。

表A4 挤出成型铝合金件的机械性能

等级	正火	屈服强度 $R_{p0.2}$ 最小值 (N/mm ²)	抗拉强度 R_m 最小值或范围 (N/mm ²)	伸长率 ¹⁾	
				A50 mm 最小值 (%)	A5d 最小值 (%)
NV-5083	0 或 H111	110	270	12	10
	H112	125	270	12	10
NV-5086	0 或 H111	95	240 – 320	18	15
	H112	95	240	12	10
NV-5383	0 或 H111	145	290		17
	H112	190	310		13
NV-5059	H112	200	330		10
NV-6060	T4	60	120	16	14
	T5	100	140	8	6
	T6	140	170	8	6
NV-6061	T4	110	180	15	13
	T5	205	240	6	7
	T6	240	260	10	8
NV-6063	T4	65	130	14	12
	T5	110	150	8	7
	T6	170	205	10	9
NV-6005A	T4	90	180	15	13
	T5 或 T6	215	260	8	6
NV-6082	T4	110	205	14	12
	T5 ²⁾	230	270	8	–
	T6 ²⁾	250	290	8	–
	T6 ³⁾	260	310	10	8

1) 50 mm时的伸长率A50 mm适用于厚度为12.5 mm及以下的情况，5 d时的伸长率A5d适用于厚度为12.5 mm及以下的情况。
2) 状态的限制适用于厚度为5.0 mm及以下的情况。
3) 状态的限制适用于厚度大于5.0 mm的情况

表A5 轧制产品的厚度负公差 (mm)

标称厚度, t (mm)	板材宽度 (w) (mm)		
	$w \leq 1500$	$1500 < w \leq 2000$	$2000 < w \leq 3500$
$3.0 \leq t < 4.0$	0.10	0.15	0.15
$4.0 \leq t < 8.0$	0.20	0.20	0.25
$8.0 \leq t < 12.0$	0.25	0.25	0.25
$12.0 \leq t < 20.0$	0.35	0.40	0.50
$20.0 \leq t < 50.0$	0.45	0.50	0.65

表A6 U 挤出件的厚度负公差 (mm)

标称厚度范围, t (mm)	开放轮廓线, 截面形状的外切圆直径, d (mm)			闭合轮廓线
	$d \leq 250$	$250 < d \leq 400$	$d > 400$	
$3.0 \leq t < 6.0$	0.25	0.35	0.40	0.25
$6.0 \leq t < 50.0$	0.30	0.40	0.45	0.30

第10节 铜合金铸件

A. 一般要求

A 100 通则

101 本分节规定了设备、机械和管道系统用铜合金铸件的一般要求。

102 在规范的相关设计和建造部分要求的情况下，铜合金铸件应当符合第1章的要求，A中一般要求以及分节B和C中适用的专门要求。如果这些专门要求和一般要求有差异，则以专门要求为准。

103 作为可替代102的另一种方式是，如果材料符合的国家或专有规范，而这些规范合理等同于本节的要求或经过认可，可以应用于各特定的情况，则这些材料也可以被接受。通常这些材料应当符合第1章中适用的要求。

A 200 分级体系

201 本节涉及的铸件可根据其化学成分分为不同的合金类型，如青铜合金，黄铜合金等。

A 300 制造

301 所有的铸件应当在本社认可的铸造厂内制造。

302 熔料应当采用电感加热（高频电流加热）熔化，或采用燃气或燃油炉在坩锅内熔化，也可以采用本社认可的任何其它工艺。

303 型腔应当采用熔化金属层流充型。浇注、冒口和成型应当符合良好铸造方法。

A 400 化学成分

401 各浇斗熔料的化学成分应当被测定，并保持在规定的限值以内。

402 如果铸件由合金锭材制成，而且在熔化过程中没有添加其它材料，则可以采用锭材生产厂提供的化学成分证书。如果在熔料中加入了任何回炉料，则应当依照验船师的要求，通过频繁检查，对锭材生产厂的化学分析结果进行修正。

403 在各个规格中被确定为残余元素的元素，不得特意向熔料中添加。应当报告这些元素的含量。

A 500 热处理

501 对于以一定热处理状态供应的铸件，其热处理应当在正规建造的炉内进行，该处理炉被有效地维护，具备充分的温度控制方式并装有记录型高温计。处理炉的尺寸应保证全部的炉内装料可被均匀加热到所需的温度。

502 为测量并记录炉内装料的温度并使之均匀，除非定期验证处理炉的温度均匀性，否则炉内装料应连接足够多的热电偶。

503 铸造厂应保留热处理记录，表明所使用的处理炉、炉内装料、日期、温度和所处温度的时间。在验船师提出要求时，应当出示这些记录。

504 如果锻件在最终热处理后进行了局部再加热或任何矫直加工，除非另行许可，否则应当考虑随后进行应力消除的热处理。

A 600 机械试验用试验材料和试样

601 试样取自试验样块。试验样块应当单独浇铸成型，浇铸的模具的浇口系统应当保证熔料以层流的形式流入型腔，试验样块还应当符合第1章的相关要求。试验样块应当采用与其所代表铸件相同的铸造方法。

602 对于离心浇铸的衬套，试验材料可取自铸件的端部。

603 所有的试验样块都应当进行适宜的标识，表明其所代表的铸件。

604 机械试验的试样的准备和步骤应当符合第1章中的相关要求。

A 700 试验单元和试验次数

701 每一浇斗的熔料应当被视为一个试验单元。要求至少对每一试验单元进行一组机械试验。

702 同一浇斗的熔料浇铸出多个铸件的情况时，至少应对浇斗取样进行一组机械试验，以代表来自该浇斗的铸件。

703 如果铸件是由两个或更多浇斗浇铸的，除非各浇斗内的金属来自同一炉熔料，应当对每个浇斗取样进行机械试验。

A 800 机械性能

801 后续分节规定的机械性能是指通过机加作业由单独铸造的试验样块制得的试样所具备的机械性能，而非铸件本身的机械性能。

802 如果机械试验的结果与规定的要求不符，则应当采取第1章规定的重新试验步骤。

A 900 检验

901 所有的铸件在其目视可及的表面上都应进行外观检验。若可行，应当包括内表面和内孔的检验。表面应当充分预先处理过，以便进行检验。表面不得进行敲击、锤击或以其它可令不连续现象模糊的方式处理。

902 本社要求认证的铸件，应由验船师进行外观检验。为了查验焊接修补的情况，验船师可要求对查验区域进行表面蚀刻。

903 进行外观检验时，铸件不得有粘附的砂粒、氧化皮、裂缝、热裂纹或其它非理想的现象，这些现象由于其性质、程度或范围，会对铸件的使用产生有害影响。

904 除非购买者和制造厂之间另行达成一致，否则应当由制造厂负责尺寸的验证。

905 铸件应当进行后续分节规定的无损检验。所有的试验应当由具备资格的人员或通过诸如ISO 9712, EN 473

或ASNT等公认标准或准则认证的人员操作。无损检验应当按照公认标准的通用方法进行, 如:

— 液体渗透检验 (PT): ISO 3452, ASTM E165。

906 PT显示相关的定义见第7节相关部分。

907 规定采用PT检验的情况下, 检验应当在其表面处于最终状态时进行。进行机加的铸件应当在最终的机加作业结束后进行检验。如果要求DNV认证, 在进行PT检验时, 验船师可要求在场。

908 铸造厂应当保留可追溯至每一铸件的自检记录。如果可行, 这些记录应当在要求时向验船师出示。铸造厂还应向验船师提供一份声明, 确认所有进行的无损检验均取得满意结果。

A 1000 修补

1001 可以采用清铲、铣削或修磨的方式除去缺陷。清铲或铣削后必须进行修磨。产生的凹槽的底部半径应当约为凹槽深度的3倍, 并且应当过渡至周围的表面, 不得有明显的轮廓。完全消除缺陷的材料应当采用PT检验进行验证。

1002 当允许采用焊接修补时, 挖出部分形状应当合适, 从而可进行方便的焊接。产生的凹槽随后应当修磨平整, 完全消除缺陷的材料应当采用PT检验进行验证。

1003 所有的焊接修补应当由具备资格的焊接人员采用合格的焊接工艺。

1004 采用的焊材应当具备适宜的成分。焊材应当根据制造厂的建议妥善保存并处置。

1005 焊接修补的区域和相邻的材料应修磨平整。所有的焊接修补区域应当进行无损检验。

1006 铸造厂应保留焊接、后续热处理和可追溯至每一修补铸件的检验记录。当验船师提出要求时, 应出示这些记录。

A 1100 标识

1101 通过测试和检验取得满意结果的各铸件, 应当被制造厂以下列内容适当地标识:

- a) 炉号或其它可追溯铸件整个生产过程的标记。
- b) 若可行时, 由验船师提供的挪威船级社证书号。
- c) 若可行时, 试验压力。

A 1200 认证

1201 制造厂应当提供相关建造规范要求的检验证书的类型, 说明以下已验收各铸件试验单元的详细情况:

- a) 制造厂的名称, 购买者的名称, 订单编号和船舶标识 (若已知)。
- b) 铸件和合金类型的说明。
- c) 铸件的标识记号。
- d) 炉号和化学成分。
- e) 热处理的详情, 包括温度和保持时间。
- f) 机械试验的结果。

g) 若可行时, 无损检验的结果。

h) 若可行时, 试验压力。

i) 规定的任何增补或附加试验要求的结果。

B. 阀门、管道和一般用途的铸件

B 100 适用范围

101 这些要求为分节A的补充内容, 适用于阀门、管件以及其它用于容器建造和机械或管道系统的铜合金铸件。

B 200 化学成分

201 相关用途的铸件化学成分应当符合本社认可的公认标准中的限值。若可行时, 铜合金应当对海水具有满意的抗蚀能力。

B 300 热处理

301 铸件应当按照公认的标准进行热处理。

B 400 机械性能

401 机械试验的试验样块和试样应当与公认标准中的说明的情况一致。此外, 分节A600至A800的内容也适用。

402 机械性能应当符合公认的标准。

B 500 检验

501 承压铸件应当在机加处理结束后进行规范中相关设计和建造部分要求的压力试验。不允许出现泄漏。

B 600 修补

601 有缺陷的铸件应当按照A1000以及602至605的内容进行修补。

602 在消除缺陷时可深至截面厚度的10%。当修补需要去除缺陷的深度超过厚度的10%时, 缺陷区域只能通过焊接修补。

603 焊接修补可以分为重大修补和轻微修补。以下情况时的焊接修补应当被视为重大修补:

- 为焊接准备所加工的凹槽深度超过截面厚度的20%, 或
- 焊接的总面积超过铸件表面的4%, 或
- 铸件在压力试验中出现泄漏。

其它的焊接修补都被认为是轻微修补。

604 重大焊接修补在开工前要求取得本社的认可。提出重大焊接修补的建议时应当辅以简图或照片, 表明修补的程度和位置。

605 轻微焊接修补在开工前不要求取得本社的认可, 但是必须要保留简图作为记录, 表明修补的程度和位置。在验船师提出要求时, 应当出示这些记录。

C. 螺旋桨用铸件

C 100 适用范围

101 这些要求为分节A 的补充内容, 适用于螺旋桨铸件以及分开铸造的桨叶和桨毂铸件。

102 取得本社同意后，这些要求也可以用于使用中受损螺旋桨的修复。

C 200 化学成分

201 化学成分应当符合表C1中给出的限值。

C 300 热处理

301 除600 规定的情况外，螺旋桨铸件通常不需要进行热处理。

C 400 机械试验

401 机械性能应当满足表C2中的要求。

C 500 检验

501 铸件应当按照 A900以及502 至504中的规定进行检验。

502 对于所有的螺旋桨，单独浇铸的桨叶和桨毂，严格程度A区、B区和C区范围以内的面积，应当进行PT检验。有关倾侧的定义和严格程度的说明见第7节相关部分的内容。进行A区检验时，验船师应当在场。在验船师提出要求时，可以见证B区和C区的检验。

503 为了评估PT显示，检验的表面应当划分出100cm²的参考区，该区域可以是正方形或矩形的，长边的长度不超过250mm。

511 检测到的显示，其大小和长度不得超过表C4给出的数值。无论何处的焊接修补，都应可在其所在位置按照A区的规定方式行检验。

C 600 修补

601 应按照A1000和602至于610的规定对缺陷铸件进行修补。

602 通常修补应当采用机械的方式，如修磨或铣削。仅当焊接修补。只有认为必须时，才采用焊接修补的方式

603 焊接修补在实施前，应取得本社的认可。焊剂修补的提议应当附有简图和照片说明修补的程度和位置。

604 可在保持桨叶厚度的程度内，对严格程度A区进行修磨。通常不允许对严格程度A区进行修复焊接，仅当本社予以特别考虑并许可后才能进行。

605 严格程度B区的缺陷可以通过修磨去除，修磨的深度不哦超过t/40 mm，t取规范规定的局部厚度的最小值或2mm二者中的较大值。更深的缺陷可采用焊接的方法修补

606 通常允许对严重程度C区进行修补焊接。

607 侧倾角等于0° 的螺旋桨，通常允许在其桨叶面上进行焊接修补，如果和验船师达成一致，也可在桨叶的根区进行焊接修补。

608 焊接开始前，应提交详细的焊接方案的说明，包括焊缝口的准备、焊接参数、熔敷金属、预热、焊后处理以及检验方案。在表C3中给出了焊接的推荐建议。

609 900中给出了焊接方案审核测试的范围。

610 除NiAl-青铜以外，所有的焊接修补都应当进行应力小数热处理，以避免应力腐蚀裂纹。表C3中给出了热处理所需的温度。在达到200℃前，冷却的速率不得超过50℃/h。

马氏体钢材在焊接后，应当在热处理炉内进行再回火处理。然而，再预先取得许可的情况下，可以考虑对轻微的修补进行局部的应力消除处理。

C 700 标识

701 铸件应当按照A1100进行标识，并标有 以下附加的特别内容：

- a) 若可行时，抗冰级符号。
- b) 大侧倾螺旋桨的侧倾角。
- c) 最终检查的日期。

C 800 认证

801 铸件应当按照A1200进行认证，表明以下的附加特别内容：

- a) 带浇铸编号的铸件说明。
- b) 直径、桨叶数，螺距、旋转方向。
- c) 大侧倾螺旋桨的侧倾角。
- d) 最终质量。

802 制造厂应当提供如A1000所述的焊接修复记录。

C 900 焊接工艺认可试验

901 为了审核方案，应当焊接一个厚度最少为30mm的测试组合体，见图1。

902 在截开测试组合体前，应先进行外观检验和液体渗透测试。可以按照500对不理想的情况进行考查。

903 应当制备3份宏观磨片，对一面进行表面蚀刻，清晰显示出焊接金属、熔合线以及受热影响区。断面应当外观检验任何出现在焊接金属和HAZ上的非理想状况。不允许出现超过3mm的夹杂或气孔。不允许出现裂缝或熔合不足。

904应当准备两个如图2所示的拉伸试验试样。抗拉强度应当达到表C5中给出的最小值。应当报告断裂的位置，即：在焊接材料、HAZ上或在基体材料上。

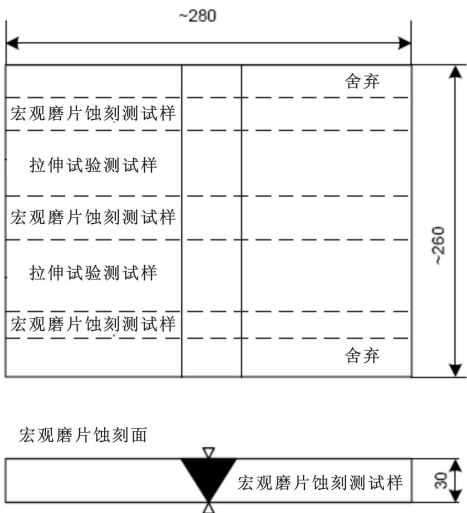


图1 焊接测试组合体

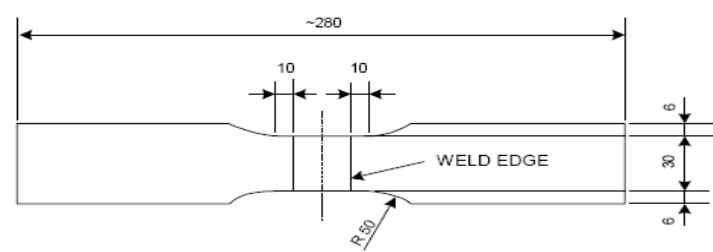


图 2 焊接测试组合体的拉伸试验试样

表C1螺旋桨铜合金铸件的化学成分限值 ¹⁾											
合金类型	Cu	Al	Mn	Fe	Ni	Zn	Sn	Pb	Cr	Mg	Si
Mn-青铜 ²⁾ , Cu1	52 – 62	0.5 – 3.0	0.5– 4.0	0.5– 2.5	1.0	35 – 40	0.1 –	0.5	–	–	–
Mn-Ni-青铜 ²⁾ , Cu2	50 – 57	0.5 – 2.0	1.0– 4.0	0.5– 2.5	3.0– 8.0	33 – 38	0.15	0.5	–	–	–
Ni-Al-青铜, Cu3	77 – 82	7.0 – 11.0	0.5– 4.0	2.0– 6.0	3.0– 6.0	1.0	0.1	0.03	–	–	–
Mn-Al-青铜, Cu4	70 – 80	6.5 – 9	8.0 –	2.0– 5.0	1.5– 3.0	6.0	1.0	0.05	–	–	–
1) 如果不以范围或最小值表示, 则表示组分质量百分比的最大值。 2) 采用下式计算的锌当量不得超过45%: 锌当量 (%) = 100 – (100 Cu/100 + A) 式中, A = Sn + 5 Al – 0.5 Mn – 0.1 Fe – 2.3 Ni											

表C2 螺旋桨铜合金铸件的机械性能				表C3 螺旋桨铜合金铸件的焊接建议	
合金类型	屈服应力 Rp0.2最小值 (N/mm ²)	抗拉强度 Rm 最小值 (N/mm ²)	伸长率 A5 最小值 (%)	合金类型	说明
Mn-青铜, Cu1	175	440	20	Mn-青铜, Cu1	焊接金属采用Al-青铜 ¹⁾ 或Mn-青铜。预热至150℃且层间温度不超过300℃。应力释放在350℃至500℃之间。
Mn-Ni-青铜, Cu2	175	520	18	Mn-Ni-青铜, Cu2	焊接金属采用Al-青铜或Mn-Ni-青铜。预热至150℃且层间温度不超过300℃。应力释放在350℃至500℃之间。
Ni-Al-青铜, Cu3	245	590	16	Ni-Al-青铜, Cu3	焊接金属采用Al-青铜, Ni-Al-青铜 ²⁾ 或Mn-Al-青铜。预热至100℃且层间温度不超过250℃。应力释放在450℃至500℃之间。
Mn-Al-青铜, Cu4	275	630	18	Mn-Al-青铜, Cu4	焊接金属采用Mn-Al-青铜。预热至100℃且层间温度不超过300℃。应力释放在450℃至600℃之间。
				1) 可以为Ni-Al-青铜或Mn-Al-青铜 2) 如果使用Ni-Al-青铜, 则无需应力释放	

表C4 严格程度分区中允许的显示个数和数量				
严格程度分区	显示个数总合的最大值	显示类型	每种类型的最多个数1) 2)	显示的最大尺寸 (mm)
A	7	非线性	5	4
		线性或成列	2	3
B	14	非线性	10	6
		线性或成列	4	6
C	20	非线性	14	8
		线性或成列	6	6

1) A区内单个2mm以下的显示和其它分区内单个3 mm以下的显示可以忽略。

2) 在没有线性或成列显示时，非线性显示的总个数可以全部或部分地算入个数总和最大值。

表C5 焊接评定试验的抗拉强度要求	
合金类型	抗拉强度 (N/mm ²)
Mn-青铜 (黄铜)	370
MnNi-青铜 (黄铜)	410
NiAl-青铜 (青铜)	500
MnAl-青铜 (青铜)	550

第 11 节 有色金属管件

A. 铜和铜合金管

A 100 适用范围

101 本分节规定了用于船载系统用铜管和铜合金管材的要求。这些规定是为了磷脱氧铜、铝黄铜和铜镍合金而制定的。

102 管材应符合此处的增补要求，且还应当符合公认的标准，如ASTM B 111，ASTM B 543，DIN 17671，DIN 1785，JIS H 3300和JIS H 3320。其它标准应当提交本社评估后进行认可。

103 在规范中相关设计和建造部分要求的情况下，管材应当符合第1章和本分节的要求。

104 如果对使用的材料有不同的特别要求时，则使用材料的化学成分、机械性能和热处理的有关详情应当连同设计认可一并提交。

A 200 制造

201 I类和II类压力系统的管材应当在DNV认可的工厂制造。

202 I类和II类压力系统的管材应当采用无缝拉制工艺。III类压力系统的管材可以为无缝拉制或焊接工艺。

A 300 化学成分

301 化学成分应当符合公认地标准以及表A1中给出的主要元素限值。

A 400 热处理

401 铜质管材应当以退火状态或半硬化状态供应。

402 铜合金管材应当以退火状态供应。

A 500 机械试验

501 管材应当按照公认标准的要求进行取样试验。

502 机械性能应当符合公认标准的要求以及表A2中给出的最小值。

A 600 检验

601 各管材应当按照公认标准的要求进行涡流试验或压力试验。

A 700 修补

701 如果不超出尺寸容差，可以采用修磨的方式除去缺陷。不允许采用焊接的方式进行修补。

A 800 标识

801 制造厂应当采用适当的标记方法对管材进行标识。管材不允许采用钢印标记。

A 900 认证

901 生产厂应当提供相关建造规范要求的检验证书类型，说明已验收的各试验单元有关以下内容的详细情况：

- a) 若已知，购买者的名称，订单编号和船舶标识。
- b) 制造厂的名称。
- c) 管材和材料质量的说明。
- d) 标识记号。
- e) 炉号和化学成分。
- f) 机械试验的结果以及若可行时，技术测试的结果。
- g) 试验压力或涡流试验的结果。
- h) 任何增补或附加试验规定要求的结果。

表A1 铜和铜合金管材中主要元素化学成分的限值 ¹⁾									
符号	<i>Cu</i>	<i>As</i>	<i>P</i>	<i>Pb</i>	<i>Fe</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Al</i>	<i>Mn</i>
磷脱氧铜	最小值 99.9 ²⁾	—	0.015 – 0.040	—	—	—	—	—	—
铝黄铜	76.0 – 79.00	0.02 – 0.06	—	0.07	0.06	余量	—	1.8 – 2.5	—
铜-镍 90-10 ³⁾	余量	—	—	—	1.0 – 2.0	—	9.0 – 11.0	—	0.5 – 1.0
铜-镍 70-30 ³⁾	余量	—	—	—	0.40 – 1.0	—	29.0 – 33.0	—	0.5 – 1.5

1) 如果不以范围或最小值表示，则表示组分质量百分比的最大值。

2) 包括银元素。

3) 当产品用于随后的焊接用途，且购买者也说明用于该用途时，采用以下的最大极限值：锌 0.50%，铅 0.02%，磷 0.02%，硫 0.02%，碳 0.05%。

表A2 铜和铜合金管的机械性能				
标记符号	状态	屈服应力 <i>R_{p0.2}</i> 最小值 (<i>N/mm²</i>)	抗拉强度 <i>R_m</i> 最小值 (<i>N/mm²</i>)	伸长率 <i>A5</i> 最小值 (%)
磷脱氧铜	退火 半硬化	100	220	40
		150	250	20
铝黄铜	退火	120	330	35
铜-镍 90-10	退火	100	290	30
铜-镍 70-30	退火	120	360	30

B. 钛和钛合金管

B 100 适用范围

- 101** 本分节规定了船载系统用钛和钛合金管的要求。这些规定是为第1级和第2级纯钛以及第9级钛合金而制定的。
- 102** 管材应当符合如果管材符合此处的增补要求，且应当符合公认的标准，如例如ASTM B 338，ASTM B 861和ASTM B 862。其它标准应当提交本社评估后进行认可。
- 103** 在规范中相关设计和建造部分要求的情况下，管材应当符合第1章和本分节的要求。
- 104** 如果对使用的材料有不同的特别要求时，则拟使用材料的化学成分、机械性能和热处理的有关详情应当连同设计认可一并提交。

B 200 制造

- 201** 所有的管件应当在DNV认可的工厂内制造。

202 I类和II类压力系统的管材应当采用无缝拉制工艺。III类压力系统的管材可以采用无缝拉制或焊接工艺。

B 300 认证

- 301** 生产厂应当提供相关建造规范要求的检验证书类型，说明已验收的各试验单元有关以下内容的详细情况：
- a) 若已知，购买者的名称，订单编号和船舶标识。
 - b) 制造厂的名称。
 - c) 管材和材料质量的说明。
 - d) 管材的标识记号。
 - e) 炉号和化学成分。
 - f) 机械试验结果。
 - g) 试验压力。
 - h) 任何增补或附加试验规定要求的结果。