



中国船级社

# 材料与焊接规范

修改通报

2021

2021年7月1日生效

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <b>第 1 篇 金属材料</b> .....         | 1  |
| 第 2 章 材料的性能试验 .....             | 1  |
| 第 2 节 拉伸试验 .....                | 1  |
| 第 9 节 双相不锈钢点蚀试验 .....           | 1  |
| 第 3 章 钢板、扁钢与型钢 .....            | 1  |
| 第 1 节 一般规定 .....                | 1  |
| 第 2 节 一般强度船体结构用钢 .....          | 3  |
| 第 3 节 高强度船体结构用钢 .....           | 3  |
| 第 7 节 低温韧性钢 .....               | 6  |
| 第 8 节 奥氏体不锈钢和双相不锈钢 .....        | 7  |
| 第 9 节 复合钢板 .....                | 8  |
| 第 12 节 锚链及其附件用轧制圆钢 .....        | 8  |
| 第 4 章 钢 管 .....                 | 10 |
| 第 1 节 一般规定 .....                | 10 |
| 第 6 节 奥氏体和奥氏体-铁素体双相不锈钢压力管 ..... | 10 |
| 第 5 章 锻钢件 .....                 | 11 |
| 第 1 节 一般规定 .....                | 11 |
| 第 3 节 轴系与机械结构用锻钢件 .....         | 11 |
| 第 5 节 齿轮锻钢件 .....               | 11 |
| 第 6 节 涡轮机锻钢件 .....              | 12 |
| 第 7 节 锅炉、受压容器与管系用锻钢件 .....      | 12 |
| 第 9 节 奥氏体与双相不锈钢锻钢件 .....        | 13 |
| 第 6 章 铸钢件 .....                 | 13 |
| 第 2 节 船体结构用铸钢件 .....            | 13 |
| 第 8 章 铝合金 .....                 | 13 |
| 第 2 节 铝合金板材与型材 .....            | 13 |
| 第 10 章 设备 .....                 | 14 |
| 第 1 节 锚 .....                   | 14 |
| 第 2 节 船用锚链及其附件 .....            | 15 |
| 第 3 节 海上设施定位用系泊链及其附件 .....      | 15 |
| 第 4 节 钢丝绳 .....                 | 19 |
| <b>第 2 篇 非金属材料</b> .....        | 20 |
| 第 2 章 塑料材料 .....                | 20 |
| 第 2 节 原材料 .....                 | 20 |
| 第 3 章 纤维增强塑料船体材料 .....          | 21 |
| 第 3 节 铺敷成型工艺 .....              | 21 |
| <b>第 3 篇 焊 接</b> .....          | 23 |
| 第 1 章 通则 .....                  | 23 |
| 第 1 节 一般规定 .....                | 23 |
| 第 2 章 焊接材料 .....                | 23 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第 2 节 焊接材料的力学性能 .....   | 23 |
| 第 9 节 铝合金焊接材料 .....     | 24 |
| 第 3 章 焊接工艺认可 .....      | 24 |
| 第 1 节 一般规定 .....        | 24 |
| 第 2 节 对接焊工艺认可试验 .....   | 24 |
| 第 4 章 焊工资格考试 .....      | 25 |
| 第 2 节 焊工考试与评定 .....     | 25 |
| 第 3 节 焊工资格适用范围 .....    | 25 |
| 第 5 章 船体结构的焊接 .....     | 26 |
| 第 1 节 一般规定 .....        | 26 |
| 第 2 节 船体构件的焊接 .....     | 27 |
| 第 3 节 焊缝检验与修补 .....     | 27 |
| 第 6 章 海上设施结构的焊接 .....   | 29 |
| 第 3 节 焊接检验 .....        | 29 |
| 第 7 章 受压壳体的焊接 .....     | 29 |
| 第 2 节 受压壳体的产品焊接试验 ..... | 29 |
| 第 11 章 有色金属的焊接和铆接 ..... | 29 |
| 第 3 节 钛及钛合金的焊接 .....    | 29 |

# 第 1 篇 金属材料

## 第 2 章 材料的性能试验

### 第 2 节 拉伸试验

2.2.4.1 在室温下进行拉伸试验时应符合下列规定：

(3) 钢材的上屈服强度应根据下述测得的载荷值计算：

- ① 试验机示力计上的指示值明显回落前的瞬时载荷或停滞时的载荷；
- ② 载荷-拉伸图上屈服阶段塑性变形开始处的载荷或材料塑性变形开始所产生的第 1 个峰值载荷，不论该峰值载荷是否等于或小于其随后出现的其他峰值载荷。

### 第 9 节 双相不锈钢点蚀试验

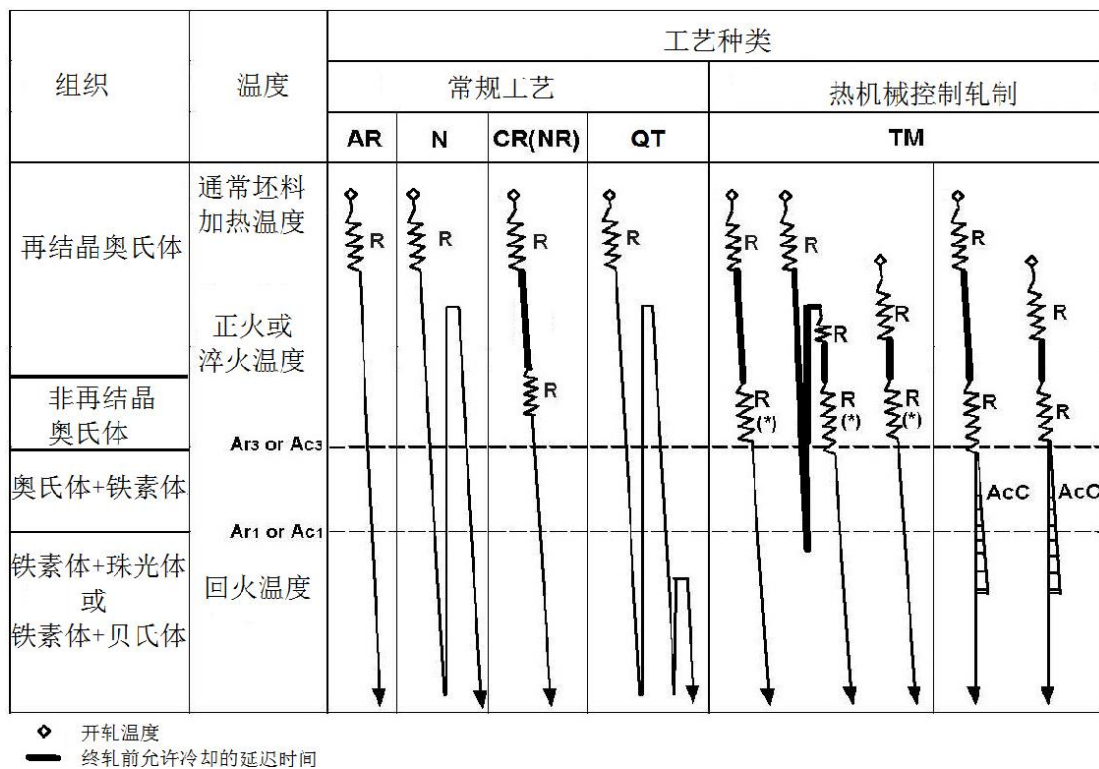
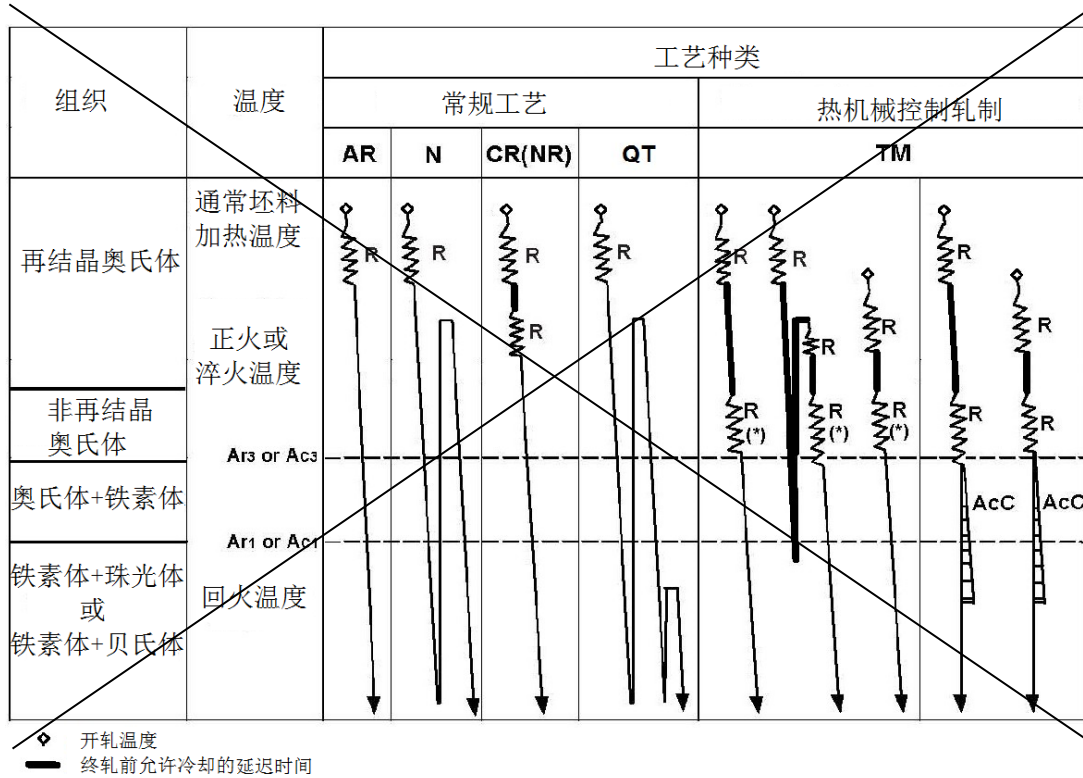
2.9.1.1 双相不锈钢点蚀试验主要用于评价奥氏体/铁素体双相不锈钢成品和焊接接头的耐点腐蚀性能。

2.9.1.2 本规范未规定的节镍型双相不锈钢（Ni 含量通常低于 2.5%）成品及焊接接头的点蚀试验，经 CCS 同意，可按照相关公认标准（如：ASTM A1084-15a C 方法）进行，对节镍型双相不锈钢材料，母材与焊接件的试验温度为 25℃。

## 第 3 章 钢板、扁钢与型钢

### 第 1 节 一般规定

3.1.2.4 钢材的轧制和热处理方法应满足本章各节中钢材供货状态的要求。适用的轧制和热处理方法定义如下，其原理工艺示意图如图3.1.2.4所示。



注： AR—热轧； N—正火； CR(NR)—控轧(正火轧制)； QT—淬火加回火； TM—热机械控制轧制；  
R—轧制； (\*)有时在奥氏体和铁素体两相区轧制； AcC—加速冷却。

图 3.1.2.4 轧制钢材生产工艺示意图

## 第2节 一般强度船体结构用钢

3.2.4.4 对于宽度25mm、标距长度200mm的全厚度板状非比例试样，其最小伸长率应符合表3.2.4.4的规定。

全厚度板状非比例试样的最小伸长率

表3.2.4.4

| 厚度 $t$<br>(mm) | $t \leq 5$ | $5 < t \leq 10$ | $10 < t \leq 15$ | $15 < t \leq 20$ | $20 < t \leq 25$ | $25 < t \leq 30$ | $30 < t \leq 40$ | $40 < t \leq 50$ |
|----------------|------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 伸长率 $A$<br>(%) | 14         | 16              | 17               | 18               | 19               | 20               | 21               | 22               |

## 第3节 高强度船体结构用钢

### 3.3.1 钢材等级

3.3.1.1 高强度船体结构用钢按其最小屈服强度划分强度级别，每一强度级别又按其冲击韧性的不同分为A、D、E、F4级。本节规定适用于厚度不超过150mm的AH27、DH27、EH27、FH27、AH32、DH32、EH32、FH32、AH36、DH36、EH36、FH36、AH40、DH40、EH40和FH40等级的钢板和宽扁钢；本节规定还适用于上述等级厚度不大于50mm的型钢和棒材。

高强度船体结构用钢的化学成分

表3.3.2.1

| 等级 |                 | AH27、DH27、EH27、AH32、AH36、AH40、DH32、<br>DH36、DH40、EH32、EH36、EH40 | FH27、FH32、FH36、FH40    |
|----|-----------------|---|------------------------|
|    |                 | 化学成分(%) <sup>⑤⑥</sup>   |                        |
|    | C               | ≤0.18   | ≤0.16                  |
|    | Mn              | 0.90~1.60 <sup>①</sup>  | 0.90~1.60 <sup>①</sup> |
|    | Si              | ≤0.50   | ≤0.50                  |
|    | S               | ≤0.035  | ≤0.025                 |
|    | P               | ≤0.035  | ≤0.025                 |
|    | Al(酸溶)          | ≥0.015 <sup>②③</sup>  | ≥0.015 <sup>②③</sup>   |
|    | Nb <sup>④</sup> | 0.02~0.05 <sup>③</sup>  | 0.02~0.05 <sup>③</sup> |
|    | V <sup>④</sup>  | 0.05~0.10 <sup>③</sup>  | 0.05~0.10 <sup>③</sup> |
|    | Ti <sup>④</sup> | ≤0.02   | ≤0.02                  |
|    | Cu              | ≤0.35   | ≤0.35                  |
|    | Cr              | ≤0.20   | ≤0.20                  |
|    | Ni              | ≤0.40   | ≤0.80                  |
|    | Mo              | ≤0.08   | ≤0.08                  |
|    | N               | —   | ≤0.009(如含铝时，≤0.012)    |

注：① 对厚度不大于12.5mm的钢材以及AH27、DH27、EH27和FH27钢，其锰含量最低可为0.70%。

② 可以采用总铝含量来代替酸溶铝含量的要求，此时，总铝含量应不小于0.02%。

③ 钢厂可以将细化晶粒元素(Al、Nb、V等)单独或以任一组合形式加入钢中。当单独加入时，其含量应不低于表列值；若混合加入两种以上细化晶粒元素时，则表中对单一元素含量下限的规定不适

用，但应满足认可的技术条件。

- ④ 铌、钒、钛的含量还应符合： $Nb\%+V\%+Ti\% \leq 0.12\%$ 。
- ⑤ 若采用TMCP状态交货，化学成分应满足本节3.3.2.3的规定。
- ⑥ 在钢材的冶炼过程中添加的任何其他元素，应在材料证书上注明。

厚度小于等于150mm的热机械轧制高强度钢的碳当量 $C_{eq}$

表3.3.2.3(1)

| 钢材等级                                   | 碳当量 $C_{eq}$ (%) |                   |                    |
|--|------------------|-------------------|--------------------|
|  | 厚度 $t$ (mm)      |                   |                    |
|  | $t \leq 50$      | $50 < t \leq 100$ | $100 < t \leq 150$ |
| <a href="#">AH27, DH27, EH27, FH27</a> | $\leq 0.36$      | $\leq 0.38$       | $\leq 0.40$        |
| AH32, DH32, EH32, FH32                 | $\leq 0.36$      | $\leq 0.38$       | $\leq 0.40$        |
| AH36, DH36, EH36, FH36                 | $\leq 0.38$      | $\leq 0.40$       | $\leq 0.42$        |
| AH40, DH40, EH40, FH40                 | $\leq 0.40$      | $\leq 0.42$       | $\leq 0.45$        |

注：① 钢厂和船厂可以根据具体情况协商制定更严格的碳当量要求。

3.3.3.1 钢材的交货状态应符合表3.3.3.1要求。

高强度船体结构用钢的交货状态

表3.3.3.1

| 钢材等级                 | 细化晶粒元素   | 产品型式 | 交货状态(冲击试验取样批量) <sup>①②</sup>    |                                |                  |                           |                           |
|----------------------|----------|------|---------------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|
|                      |          |      | 厚度 $t$ (mm)                     |                                |                  |                           |                           |
|                      |          |      | $t \leq 12.5$                   | $12.5 < t \leq 20$             | $20 < t \leq 25$ | $25 < t \leq 35$          | $35 < t \leq 50$          |
| <a href="#">AH27</a> | Nb和/或V   | 板材   | A(50)                           | N(50), CR(50), TM(50)          |                  |                           | N(50), CR(25), TM(50)     |
|                      |          | 型材   | A(50)                           | N(50), CR(50), TM(50), AR*(25) |                  |                           | 不适用                       |
| AH32                 | Al或Al和Ti | 板材   | A(50)                           |                                | AR*(25)          | 不适用                       |                           |
| AH36                 |          | 型材   | A(50)                           | N(50), CR(50), TM(50), AR*(25) |                  |                           | 不适用                       |
| AH40                 | 任意       | 板材   | A(50)                           | N(50), CR(50), TM(50)          |                  |                           | N(50), TM(50), QT(每热处理长度) |
|                      |          | 型材   | A(50)                           | N(50), CR(50), TM(50)          |                  |                           | 不适用                       |
| <a href="#">DH27</a> | Nb和/或V   | 板材   | A(50)                           | N(50), CR(50), TM(50)          |                  |                           | N(50), CR(25), TM(50)     |
|                      |          | 型材   | A(50)                           | N(50), CR(50), TM(50), AR*(25) |                  |                           | 不适用                       |
| DH32                 | Al或Al和Ti | 板材   | A(50)                           |                                | AR*(25)          | 不适用                       |                           |
| DH36                 |          | 型材   | A(50)                           | N(50), CR(50), TM(50), AR*(25) |                  |                           | 不适用                       |
| DH40                 | 任意       | 板材   | N(50), CR(50), TM(50)           |                                |                  | N(50), TM(50), QT(每热处理长度) |                           |
|                      |          | 型材   | N(50), CR(50), TM(50)           |                                |                  | 不适用                       |                           |
| <a href="#">EH27</a> | 任意       | 板材   | N(每件), TM(每件)                   |                                |                  |                           |                           |
| EH32<br>EH36         |          | 型材   | N(25), TM(25), AR*(15), CR*(15) |                                |                  | 不适用                       |                           |
| EH40                 | 任意       | 板材   | N(每件), TM(每件), QT(每热处理长度)       |                                |                  |                           |                           |
|                      |          | 型材   | N(25), TM(25), QT(25)           |                                |                  | 不适用                       |                           |
| <a href="#">FH27</a> | 任意       | 板材   | N(每件), TM(每件), QT(每热处理长度)       |                                |                  |                           |                           |

|              |        |               |                                |                  |                  |                  |                   |  |
|--------------|--------|---------------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--|
| 钢材等级         | 细化晶粒元素 | 产品型式          | 交货状态(冲击试验取样批量) <sup>①②</sup>   |                  |                  |                  |                   |  |
|              |        |               | 厚度 $t$ (mm)                    |                  |                  |                  |                   |  |
|              |        | $t \leq 12.5$ | $12.5 < t \leq 20$             | $20 < t \leq 25$ | $25 < t \leq 35$ | $35 < t \leq 50$ | $50 < t \leq 150$ |  |
| FH32<br>FH36 |        | 型材            | N(25), TM(25), QT(25), CR*(15) |                  |                  |                  | 不适用               |  |
| FH40         | 任意     | 板材            | N(每件), TM(每件), QT(每一热处理长度)     |                  |                  |                  |                   |  |
|              |        | 型材            | N(25), TM(25), QT(25)          |                  |                  |                  | 不适用               |  |

注：① 交货状态：A：任意；N：正火；CR：控制轧制；TM(TMCP)：热机械控制轧制；QT：淬火加回火；AR\*：经CCS特别认可后，可采用热轧状态交货；CR\*：经CCS特别认可后，可采用控制轧制状态交货。

② 括号中的数值表示冲击试样的取样批量(单位为t)。每一批量应取1组3个夏比V型冲击试样。

3.3.4.3 高强度船体结构用钢的力学性能应符合表3.3.4.3的规定。

高强度船体结构用钢的力学性能

表3.3.4.3

| 钢材等级 | 屈服强度<br>$R_{eH}$<br>不小于<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 抗拉强度<br>$R_m$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 伸长率<br>$A_5$<br>不小于<br>(%) | 夏比V型缺口冲击试验 <sup>①</sup> |                 |                 |                  |    |                   |    |
|------|---|---------------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|------------------|----|-------------------|----|
|      |   |                                       |                            | 试验温度<br>(°C)            | 平均冲击功不小于(J)     |                 |                  |    |                   |    |
|      |   |                                       |                            |                         | 厚度 $t$ (mm)     |                 |                  |    |                   |    |
|      |   |                                       |                            |                         | $t \leq 50$     |                 | $50 < t \leq 70$ |    | $70 < t \leq 150$ |    |
|      | 纵向  | 横向                                    | 纵向                         | 横向                      | 纵向              | 横向              |                  |    |                   |    |
| AH27 | 265   | 410~530                               | 22                         | 0                       | 27 <sup>②</sup> | 20 <sup>②</sup> | 34               | 24 | 42                | 27 |
| DH27 |   |                                       |                            | -20                     |                 |                 |                  |    |                   |    |
| EH27 |   |                                       |                            | -40                     |                 |                 |                  |    |                   |    |
| FH27 |   |                                       |                            | -60                     |                 |                 |                  |    |                   |    |
| AH32 | 315   | 440~570                               | 22                         | 0                       | 31 <sup>②</sup> | 22 <sup>②</sup> | 38               | 26 | 46                | 31 |
| DH32 |   |                                       |                            | -20                     |                 |                 |                  |    |                   |    |
| EH32 |   |                                       |                            | -40                     |                 |                 |                  |    |                   |    |
| FH32 |   |                                       |                            | -60                     |                 |                 |                  |    |                   |    |
| AH36 | 355   | 490~630                               | 21                         | 0                       | 34 <sup>②</sup> | 24 <sup>②</sup> | 41               | 27 | 50                | 34 |
| DH36 |   |                                       |                            | -20                     |                 |                 |                  |    |                   |    |
| EH36 |   |                                       |                            | -40                     |                 |                 |                  |    |                   |    |
| FH36 |   |                                       |                            | -60                     |                 |                 |                  |    |                   |    |
| AH40 | 390   | 510~660                               | 20                         | 0                       | 39              | 26              | 46               | 31 | 55                | 37 |
| DH40 |   |                                       |                            | -20                     |                 |                 |                  |    |                   |    |
| EH40 |   |                                       |                            | -40                     |                 |                 |                  |    |                   |    |
| FH40 |   |                                       |                            | -60                     |                 |                 |                  |    |                   |    |

注：① 除订货方或CCS有要求外，冲击试验一般仅做纵向试验，但钢厂应采取措施保证钢材的横向冲击性能。型钢一般仅做纵向冲击试验。

② 如钢厂能保证冲击试验抽查合格，经CCS同意，AH27、AH32和AH36级钢验收时冲击试验的批量可予以放宽。

3.3.4.4 对于宽度25mm、标距长度200mm的全厚度板状非比例试样，其最小伸长率应

符合表3.3.4.4的规定。

全厚度板状非比例试样的最小伸长率

表3.3.4.4

| 厚度 $t$<br>(mm)  | 等级                                     | $t \leq 5$         | $5 < t \leq 10$    | $10 < t \leq 15$   | $15 < t \leq 20$   | $20 < t \leq 25$   | $25 < t \leq 30$   | $30 < t \leq 40$   | $40 < t \leq 50$   |
|-----------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 伸长率<br>A<br>(%) | <a href="#">AH27, DH27, EH27, FH27</a> | <a href="#">14</a> | <a href="#">16</a> | <a href="#">17</a> | <a href="#">18</a> | <a href="#">19</a> | <a href="#">20</a> | <a href="#">21</a> | <a href="#">22</a> |
|                 | AH32, DH32, EH32, FH32                 | 14                 | 16                 | 17                 | 18                 | 19                 | 20                 | 21                 | 22                 |
|                 | AH36, DH36, EH36, FH36                 | 13                 | 15                 | 16                 | 17                 | 18                 | 19                 | 20                 | 21                 |
|                 | AH40, DH40, EH40, FH40                 | 12                 | 14                 | 15                 | 16                 | 17                 | 18                 | 19                 | 20                 |

## 第7节 低温韧性钢

镍合金钢的交货状态和力学性能

表3.7.3.2

| 钢号     | 交货状态  | 规定非比例<br>延伸强度<br>$R_{p0.2}$<br>不小于<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 抗拉强度<br>$R_m$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 伸长率<br>$A_5$<br>不小于<br>(%) | 夏比V型缺口冲击试验  |                              |                     |    | 最低设计温度<br>(°C) |      |
|--------|---|--|---------------------------------------|----------------------------|---|------------------------------|---------------------|----|----------------|------|
|        |   |  |                                       |                            | 材料厚度<br>$t$<br>(mm)   | 试验温度<br>$T$<br>(°C)          | 试样冲击功的平<br>均值不小于(J) |    |                |      |
|        |   |  |                                       |                            |   |                              | 纵向                  | 横向 |                |      |
| 1.5Ni  | 正火或正火加<br>回火或淬火加<br>回火或TMCP <sup>①</sup>            | 275  | 470~640                               | 22                         | $t \leq 25$<br>$25 < t \leq 30$<br>$30 < t \leq 35$<br>$35 < t \leq 40$ | -65<br>-70<br>-75<br>-80     | 41                  | 27 | -60            |      |
| 2.25Ni | 正火<br>或<br>正火加回火或<br>回火                             | 295  | 420~570                               | 19                         | $t \leq 25$<br>$25 < t \leq 30$<br>$30 < t \leq 35$<br>$35 < t \leq 40$ | -70<br>-75<br>-80<br>-85     |                     |    |                | -90  |
| 3.5 Ni | 正火加回火或<br>回火或<br>淬火加回火或<br>回火或<br>TMCP <sup>①</sup> | 345  | 440~690                               | 21                         | $t \leq 25$<br>$25 < t \leq 30$<br>$30 < t \leq 35$<br>$35 < t \leq 40$ | -95<br>-100<br>-105<br>-110  |                     |    |                |      |
| 5Ni    | 正火<br>或<br>正火加回火或<br>回火或<br>淬火加回火 <sup>①②</sup>     | 390  | 520~710                               | 21                         | $t \leq 25$<br>$25 < t \leq 30$<br>$30 < t \leq 35$<br>$35 < t \leq 40$ | -110<br>-115<br>-120<br>-125 |                     |    |                |      |
| 9Ni    | 两次正火加回<br>回火<br>或淬火加回火                              | 490  | 640~830                               | 19                         | $t \leq 40$   | -196                         |                     |    |                | -165 |

①TMCP交货的镍钢应经CCS同意。

②经特殊热处理的5%镍钢，例如经III级热处理（两次淬火+回火）的5%镍钢，可被用于最低温度为-165°C的场合，但应在-196°C下对其进行冲击试验。

| 钢号  | 交货状态 | 规定非比例<br>延伸强度<br>$R_{p0.2}$<br>不小于<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 抗拉强度<br>$R_m$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 伸长率<br>$A_5$<br>不小于<br>(%) | 夏比V型缺口冲击试验          |                     |                     | 最低设计<br>温度<br>(°C) |    |
|---|------|--|---------------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|----|
|   |      |  |                                       |                            | 材料厚度<br>$t$<br>(mm) | 试验温度<br>$T$<br>(°C) | 试样冲击功的平<br>均值不小于(J) |                    |    |
|   |      |  |                                       |                            |                     |                     | 纵向                  |                    | 横向 |
| ③本要求适用于厚度不超过40mm的材料。对厚度超过40mm的材料夏比V型缺口冲击能量值应经CCS同意。 |      |  |                                       |                            |                     |                     |                     |                    |    |
| ④冲击试验横向值适用板材、纵向值适用型材。                               |      |  |                                       |                            |                     |                     |                     |                    |    |

### 3.7.3.3 力学性能试验试样的截取：

- (1) 钢板：应从每一轧制件的一端截取1个拉伸试样和1组3个冲击试样；
- (2) 型钢等其他钢材：应以同一炉罐号、同一规格、同一轧制方法和同一热处理制度为一批(每批最大重量为10t)，从每批钢材中任取一件截取1个拉伸试样和1组3个冲击试样；
- (3) 拉伸与冲击试样的截取方向、试样形状和尺寸应符合本篇第2章与本章第1节有关规定，对于拟用于本节3.7.1.1所述用途的钢板，其冲击试样应取横向试样，取样位置及试验值应按CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》[第6章6.3.1、6.3.2和6.4.1](#)~~第6章6.1.4.1、6.1.4.2和6.1.5~~的相关要求。

## 第 8 节 奥氏体不锈钢和双相不锈钢

3.8.1.1 本节规定适用于散装化学品船和液化气体船的液货舱和油、气、水处理用压力容器或其他构件的奥氏体不锈钢和、奥氏体/铁素体双相不锈钢（以下简称双相不锈钢）[和节镍型奥氏体/铁素体双相不锈钢（以下简称节镍型双相不锈钢）](#)。

[3.8.1.2 节镍型双相不锈钢在散装化学品船的设计、建造、装载货品以及营运中，应考虑其耐点蚀性能与双相不锈钢的区别。节镍型双相不锈钢在化学品船的设计、建造、适装货品清单以及营运检验要求应经 CCS 特殊考虑。](#)

### 3.8.2 一般要求

3.8.2.1 本节规定的奥氏体不锈钢也适用于制造设计温度一般不低于-165°C 的压力容器，[如高温条件下使用应考虑其在该环境中的腐蚀情况并经 CCS 同意。](#)

3.8.2.2 本节规定的双相不锈钢一般适用于制造设计使用温度在[不低于 0°C 至 300°C 之间](#)的结构构件，[且设计用于盐雾环境下的双相不锈钢的设计使用温度应不超过 100°C。](#)

~~3.8.2.3 奥氏体不锈钢也可供高温条件下使用，但应向 CCS 提交化学成分、常温和工作温度下的力学性能、以及热处理工艺等详细资料。~~

[3.8.2.3 如拟采用节镍型双相不锈钢，应将其化学成分、力学性能、热处理规程以及耐点蚀性能提交 CCS 认可。](#)

3.8.5.2 除另有协议外，本节所列的奥氏体不锈钢一般不要求进行冲击试验。当奥氏体不锈钢用于-100°C 及以下工作温度时，[可要求](#)进行-196°C 温度下的夏比V型缺口冲击试验。试验的最低平均值应不低于27J(横向取样)。

### 3.8.6 晶间腐蚀试验

3.8.6.1 当不锈钢[（奥氏体不锈钢、双相不锈钢以及节镍型双相不锈钢）](#)用于某些特定环境，如存放腐蚀性化学品的液舱或储罐时，应按本章3.5.4.1的组批要求，与拉伸试验同时

制取晶间腐蚀试验的试样，进行试验。

### 3.8.7 点蚀试验

3.8.7.1 双相不锈钢应按本章 3.5.4.1 的组批要求，与拉伸试验同时制取点蚀试验的试样，进行试验。

3.8.7.2 双相不锈钢点蚀试验的试样制备和试验应按本篇第 2 章第 9 节的要求进行。

3.8.7.3 节镍型双相不锈钢点蚀试验的试样制备和试验经 CCS 特殊考虑并同意后，参照 ASTM A1084-15a C 方法的标准进行。

## 第 9 节 复合钢板

3.9.6.5 剪切试验应从每张钢板上制备 1 个横向试样，按 CCS 接受的方法进行试验，粘合面的抗剪强度应不低于下列规定：

- (1) 对抗拉强度  $R_m < 280 \text{N/mm}^2$  者，抗剪强度为抗拉强度的 50%；
- (2) 对抗拉强度  $R_m \geq 280 \text{N/mm}^2$  者，抗剪强度为  $140 \text{N/mm}^2$ 。

## 第 12 节 锚链及其附件用轧制圆钢

### 3.12.1 一般规定

3.12.1.1 本节规定适用于制造船舶锚链、海上设施系泊链及其附件用的轧制圆钢。

3.12.1.2 链用轧制圆钢的等级按其公称抗拉强度和适用产品种类分为船舶锚链用钢 M1、M2、M3 和海上设施系泊链用钢 MR3、MR3S、MR4、MR4S、~~和~~MR5 和 MR6 共 89 个等级。

### 3.12.2 化学成分

3.12.2.1 对于船用 M1、M2、M3 级锚链钢，其化学成分一般应满足表 3.12.2.1 的要求。

锚链用圆钢的脱氧方法和化学成分

表 3.12.2.1

| 锚链钢等级           | 脱氧方法   | 化学成分 (%)                   |           |       |        |        |                 |
|-----------------|--------|----------------------------|-----------|-------|--------|--------|-----------------|
|                 |        | C                          | Si        | Mn    | P      | S      | Al <sup>②</sup> |
| M1              | 镇静     | ≤0.20                      | 0.15~0.35 | ≥0.40 | ≤0.040 | ≤0.040 | -               |
| M2 <sup>①</sup> | 镇静细晶处理 | ≤0.24                      | 0.15~0.55 | ≤1.60 | ≤0.035 | ≤0.035 | ≥0.020          |
| M3              | 镇静细晶处理 | 应符合 CCS 接受的标准 <sup>③</sup> |           |       |        |        |                 |

注：① 经 CCS 同意，可添加合金元素。

② 系指铝的总含量。Al 可部分由其他细晶元素代替。

③ 对 M3 级锚链钢，钢厂应提供相关的技术条件。技术条件应包括所有必要的细节，如化学成分、脱氧措施、制造工艺、热处理要求和力学性能等。

3.12.2.2 海上设施系泊链用钢的化学成分应满足认可的标准。但对于 MR4、MR4S、~~和~~MR5 和 MR6 级锚链钢，其铝含量应不低于 0.20%。

### 3.12.3 制造

3.12.3.1 除 1 级锚链钢外，锚链、系泊链及其附件用轧制圆钢应经 CCS 认可的工厂生产。

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

3.12.3.3 所有锚链钢和系泊链钢均应为镇静钢，且除 M1 级锚链钢外，其他各等级的锚链钢和系泊链钢均需经细化晶粒处理。

3.12.3.4 MR4S、~~和~~MR5 和 MR6 级系泊链用钢应经真空脱气处理。

3.12.3.5 系泊链用钢的轧制比至少应不低于 5:1。如合同需要，可提出更高的轧制比要求。轧制比系指钢材开轧时的横截面积与成材后的横截面积之比。

3.12.3.6 除合同约定外，链用圆钢通常以热轧状态交货。

#### 3.12.4 化学成分分析与冶金学检查

3.12.4.1 锚链钢和系泊链钢应每炉进行熔炼化学成分分析，结果应满足本节 3.12.2 的要求。

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

3.12.4.3 对于 MR4、MR4S、~~和~~MR5 和 MR6 级钢，钢厂还应向制链厂提供如下信息，使其将检查结果包含在系泊链文件中：

(1) 非金属夹杂物检查：每炉按公认的标准(如 ISO 4967)对非金属夹杂物进行定量和评估，确认其夹杂物的水平对于最终产品是可接受的；

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

(3) 淬透性试验：每炉按公认标准(如 ASTM A255)取样进行试验。

锚链、系泊链及附件用材料的力学性能

表 3.12.5.2

| 锚链及附件用材料等级             | 屈服点<br>$R_{eH}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 抗拉强度<br>$R_m$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 伸长率<br>$A_5$<br>(%) | 断面收缩率<br>$Z$<br>(%) | 夏比 V 型缺口冲击试验        |                  |
|------------------------|---|---------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|
|                        |   |                                       |                     |                     | 试验温度(°C)            | 冲击功<br>(J)       |
| M1                     | 无要求                                     | 370~490                               | ≥25                 | 无要求                 | 无要求                 | 无要求              |
| M2                     | ≥295                                    | 490~690                               | ≥22                 | 无要求                 | 0                   | ≥27 <sup>①</sup> |
| M3                     | ≥410                                    | ≥690                                  | ≥17                 | 40                  | 0(-20) <sup>②</sup> | ≥60(35)          |
| MR3                    | ≥410                                    | ≥690 <sup>③</sup>                     | ≥17                 | 50                  | 0(-20) <sup>②</sup> | ≥60(40)          |
| MR3S                   | ≥490                                    | ≥770 <sup>③</sup>                     | ≥15                 | 50                  | 0(-20) <sup>②</sup> | ≥65(45)          |
| MR4                    | ≥580                                    | ≥860 <sup>③</sup>                     | ≥12                 | 50                  | -20                 | ≥50              |
| MR4S <sup>④</sup>      | ≥700                                    | ≥960 <sup>③</sup>                     | ≥12                 | 50                  | -20                 | ≥56              |
| MR5 <sup>④</sup>       | ≥760                                    | ≥1000 <sup>③</sup>                    | ≥12                 | 50                  | -20                 | ≥58              |
| <u>MR6<sup>⑤</sup></u> | <u>≥900</u>                             | <u>≥1100<sup>⑤</sup></u>              | <u>≥12</u>          | <u>50</u>           | <u>-20</u>          | <u>≥60</u>       |

注：① 若 M2 级钢以热处理状态交货，其冲击试验可以免除。

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

③ 材料的屈强比的目标值不大于 0.92。

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

⑤ 材料的屈强比的目标值不大于 0.95。

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

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

3.12.8.2 每批圆钢应由 CCS 验船师签署相应的合格证书。合格证书的内容除本章 3.1.7.3 所要求的内容外，当按本节 3.12.5.1 规定对试样进行了成品锚链所要求的模拟热处理，则还应包括试样热处理的详情、试样数量和相应的力学试验结果。对于 MR3S、MR4、MR4S、和 MR5 和 MR6 级系泊链用圆钢还应列出氢脆试验和无损检测等检查的结果以及奥氏体显微晶粒度、非金属夹杂物和淬透性检查结果的信息。

## 第 4 章 钢 管

### 第 1 节 一 般 规 定

4.1.8.2 应按下列规定进行液压试验：

(1) 试验压力应为钢管工作压力的 2 倍，且不低于 7.0MPa。如订货方要求，亦可按合同要求的试验压力进行试验，但应将有关资料提交 CCS 备查；

(2) 本条(1)中所述的试验压力  $P$  不必超过按下式确定的值：

$$P = 2t\sigma_t / D \quad \text{MPa}$$

式中：  $D$  —— 钢管的公称外径，mm；

$t$  —— 钢管的公称壁厚，mm；

$\sigma_t$  —— 许用应力值，MPa；对于碳钢钢管，为屈服强度 ( $R_{eH}$  或  $R_{p0.2}$ ) 的 80%，对于奥氏体 及双相 不锈钢钢管，为规定非比例延伸强度 ( $R_{p0.2}$ ) 的 80%。

(3) 在试验压力下应保持足够的时间，以便进行检查。

### 第 6 节 奥氏体和奥氏体-铁素体双相不锈钢压力管

4.6.1.1 本节规定适用于设计温度不低于  $-165^{\circ}\text{C}$  的奥氏体不锈钢压力管和适用于腐蚀环境的奥氏体不锈钢和奥氏体-铁素体双相不锈钢钢管，如在高温条件下使用应考虑其在该环境中的腐蚀情况并经 CCS 同意。

4.6.1.2 奥氏体不锈钢压力管也适用于高温场合，但应将其化学成分、力学性能和热处理规程等详细资料提交 CCS 认可。

4.6.1.3 奥氏体-铁素体双相不锈钢通常用于设计温度在 不低于  $0^{\circ}\text{C}$  至  $300^{\circ}\text{C}$  的使用条件，且设计用于盐雾环境下的双相不锈钢的设计使用温度应不超过  $100^{\circ}\text{C}$ 。

4.6.1.4 凡直接用于接触化学品的双相不锈钢钢管，需按本规范第 2 章第 9 节的规定进行点腐蚀试验。

4.6.4.2 除另有协议外，本节所列的奥氏体不锈钢管一般不要求进行冲击试验。当奥氏体不锈钢管（无缝管和焊接管）用于  $-100^{\circ}\text{C}$  及以下工作温度时，且管壁可以取出宽度为 5mm 及以上的标准冲击试样时，可要求应进行  $-196^{\circ}\text{C}$  温度下的夏比 V 型缺口冲击试验。试验的最

小平均值应不低于41J（纵向取样）。

## 第5章 锻钢件

### 第1节 一般规定

5.1.1.4 锻钢件（包括代替锻钢件的轧制圆钢）以及用于锻钢件制造的坯料应由 CCS 认可的工厂制造。

### 第3节 轴系与机械结构用锻钢件

5.3.4.4 试样一般应沿锻钢件纵向(位置A)截取，锻钢件制造厂也可按图5.3.4.4(1)、(2)和(3)所示的其他部位选取所需的试样。

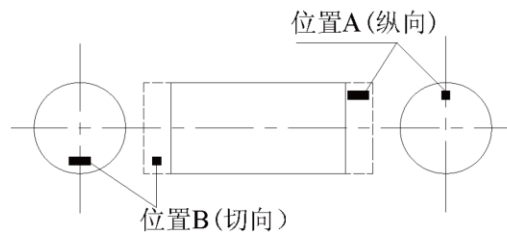


图5.3.4.4(1)

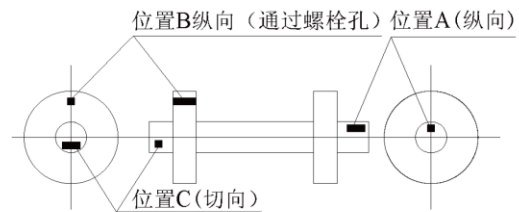
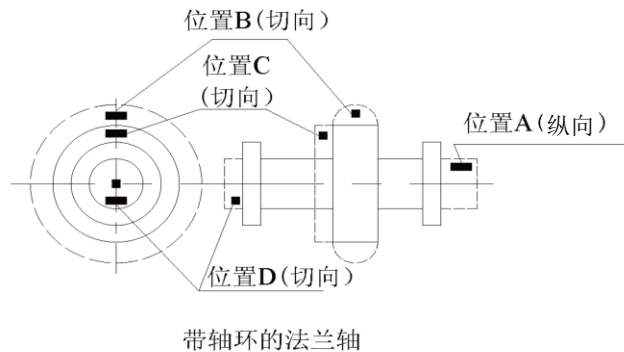


图5.3.4.4(2)



带轴环的法兰轴

图5.3.4.4(3)

### 第5节 齿轮锻钢件

5.5.5.1 每个取样的齿轮锻钢件至少应提供一套试验材料，包括1个拉伸试样，1组3个冲击试样。试样的切取方法应符合下列规定：

(1) 成品齿轮直径超过 200mm 的小齿轮(齿轮轴)锻钢件，应靠近齿部截取切向试样，如图 5.5.5.1(1) 中部位 B 所示；若受尺寸限制，无法在部位 B 取样时，则应按图中部位 C 所示，在轴颈末端截取切向试样；当该轴颈直径不超过 200mm 时，应在图中部位 A 截取纵向试样；当成品齿轮有齿部分的长度超过 1.25m，或成品齿轮重量超过 4 吨时，应从锻钢件的两端截取试样；

5.5.6.3 小齿轮锻钢件可按本章5.1.5.23规定进行批量试验，但每一锻钢件应进行硬度试

验。

## 第6节 涡轮机锻钢件

5.6.5.2 合金钢的涡轮机锻钢件，经正火加回火或淬火加回火热处理后的力学性能应符合表5.6.5.2的规定。

合金钢的涡轮机锻钢件的力学性能

表5.6.5.2

| 抗拉强度 $R_m$<br>不小于<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 屈服强度<br>$R_{eH}$ 或 $R_{p0.2}$<br>不小于(N/mm <sup>2</sup> ) |       | 伸长率 $A_5$<br>不小于<br>(%) |    |    | 断面收缩率 $Z$<br>不小于<br>(%) |    |    |
|---|--|-------|-------------------------|----|----|-------------------------|----|----|
|   | 正火加回火  | 淬火加回火 | 纵向                      | 切向 | 径向 | 纵向                      | 切向 | 径向 |
| 500                                       | 275  | —     | 22                      | 20 | 18 | 50                      | 40 | 35 |
| 550                                       | 300  | —     | 20                      | 18 | 16 | 50                      | 40 | 35 |
| 600                                       | 330  | 410   | 18                      | 16 | 14 | 50                      | 40 | 35 |
| 650                                       | 355  | 450   | 17                      | 15 | 13 | 50                      | 40 | 35 |
| 700                                       | 385  | 490   | 16                      | 14 | 12 | 45                      | 35 | 30 |
| 750                                       | —  | 530   | 15                      | 13 | 11 | 45                      | 35 | 30 |
| 800                                       | —  | 590   | 14                      | 12 | 10 | 45                      | 35 | 30 |
| 850                                       | —  | 640   | 13                      | 11 | 9  | 40                      | 30 | 25 |
| 900                                       | —  | 690   | 13                      | 11 | 9  | 40                      | 30 | 25 |
| 950                                       | —  | 750   | 12                      | 10 | 8  | 40                      | 30 | 25 |
| 1000                                      | —  | 810   | 12                      | 10 | 8  | 40                      | 30 | 25 |

注：① 取样方向应按本节图5.6.4.1(1)和(3)所规定的方向。

② 对于抗拉强度的中间值，其所对应 $R_m$ 、 $R_{eH}$ 或 $R_{p0.2}$ 、 $A_5$ 和 $Z$ 的最小值均可用内插法求得。

③ 表中各强度级锻钢的抗拉强度范围均为150N/mm<sup>2</sup>。

④ 对整体转子锻钢件，抗拉强度应不超过800N/mm<sup>2</sup>。

## 第7节 锅炉、受压容器与管系用锻钢件

锅炉、受压容器与管系用锻钢件的力学性能

表5.7.5.1

| 钢种            | 直径或等效厚度<br>$t$<br>(mm) | 抗拉强度<br>$R_m$<br>不小于<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 屈服强度<br>$R_{eH}$<br>不小于<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 伸长率 $A_5$<br>不小于<br>(%) | 硬度<br>(HB) |
|---------------|------------------------|--|---|-------------------------|------------|
| 钢和碳锰钢         | $t \leq 63$            | 410  | 215   | 20                      | 110 ~ 155  |
|               | $63 < t \leq 250$      |  | 205   |                         |            |
|               | $t \leq 63$            | 460  | 245   | 18                      | 130 ~ 170  |
|               | $63 < t \leq 250$      |  | 235   |                         |            |
|               | $t \leq 63$            | 490  | 265   | 16                      | 140 ~ 180  |
|               | $63 < t \leq 250$      |  | 255   |                         |            |
| 细晶粒<br>碳钢和碳锰钢 | $t \leq 63$            | 410  | 235   | 20                      | 110 ~ 155  |
|               | $63 < t \leq 250$      |  | 220   |                         |            |

| 钢种        | 直径或等效厚度<br>$t$<br>(mm) | 抗拉强度<br>$R_m$<br>不小于<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 屈服强度<br>$R_{eH}$<br>不小于<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 伸长率 $A_5$<br>不小于<br>(%) | 硬度<br>(HB) |
|-----------|------------------------|--|---|-------------------------|------------|
|           | $t \leq 63$            | 460  | 275   | 18                      | 130 ~ 170  |
|           | $63 < t \leq 250$      |  | 255   |                         |            |
|           | $t \leq 63$            | 490  | 305   | 16                      | 140 ~ 180  |
|           | $63 < t \leq 250$      |  | 280   |                         |            |
| 1Cr0.5Mo  | $t \leq 100$           | 410  | 255   | 18                      | 110 ~ 160  |
| 2.25Cr1Mo | $t \leq 100$           | 490  | 275   | 18                      | 140 ~ 185  |

注：① 对抗拉强度的中间值，其所对应的 $R_{eH}$ 和 $A_5$ 的最小值，可用内插法求得。

② 表中各级强度级的碳钢和碳锰钢的抗拉强度的范围均为120N/mm<sup>2</sup>，合金钢的抗拉强度的范围均为150N/mm<sup>2</sup>。

③ 取自锻钢件两端的拉伸样，其抗拉强度的差值应不超过70N/mm<sup>2</sup>。

④ 仅对按批试验的小型锻钢件，要求每件进行硬度试验。

## 第9节 奥氏体与双相不锈钢锻钢件

5.9.4.3 除另有协议外，奥氏体不锈钢锻钢件一般不要求作冲击试验。当奥氏体不锈钢锻钢件用于-100℃及以下温度环境时，可要求应进行-196℃温度下的夏比V型缺口冲击试验。试验结果的平均值应不低于41J(纵向取样)或34J(切向试样)。

# 第6章 铸钢件

## 第2节 船体结构用铸钢件

6.2.4.3 船体重要结构的铸钢件(如首柱、尾柱、舵承、尾轴支架、挂舵臂、尾轴管毂、舵叶用铸钢件等)应进行夏比冲击试验。试样取自试件距表面 $t/4$ 处，试验温度为0℃。冲击能量应不低于27J。

# 第8章 铝合金

## 第2节 铝合金板材与型材

8.2.5.9 若拉伸试验不符合要求，则可按本篇第1章1.2.56的有关规定进行复试并验收。

8.2.7.2 挤压成形铝合金在各种状态下的力学性能应分别符合表8.2.7.2的规定。

挤压成形铝合金的力学性能

表 8.2.7.2

| 牌号   | 状态   | 厚度<br>$t$<br>(mm)  | 规定非比例伸长强度<br>$R_{p0.2}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 抗拉强度<br>$R_m$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 最低断后伸长率 $A^{②}$<br>(%) |    |
|------|------|--------------------|---|---------------------------------------|------------------------|----|
|      |      |                    |   |                                       | 50mm                   | 5d |
| 5A01 | H112 | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 170$                                      | $\geq 330$                            | 10                     |    |
| 5454 | H112 | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 100$                                      | $\geq 230$                            | 10                     |    |

| 牌号    | 状态   | 厚度<br>$t$<br>(mm)  | 规定非比例伸长强度<br>$R_{p0.2}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 抗拉强度<br>$R_m$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 最低断后伸长率 $A^{②}$<br>(%) |    |
|-------|------|--------------------|---|---------------------------------------|------------------------|----|
|       |      |                    |   |                                       | 50mm                   | 5d |
| 5083  | O    | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 110$                                      | 270~350                               | 14                     | 12 |
|       | H111 | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 165$                                      | $\geq 275$                            | 12                     | 10 |
|       | H112 | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 110$                                      | $\geq 270$                            | 12                     | 10 |
| 5383  | O    | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 145$                                      | $\geq 290$                            | 17                     | 17 |
|       | H111 | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 145$                                      | $\geq 290$                            | 17                     | 17 |
|       | H112 | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 190$                                      | $\geq 310$                            |                        | 13 |
| 5059  | H112 | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 200$                                      | $\geq 330$                            |                        | 10 |
| 5086  | O    | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 95$                                       | 240~315                               | 14                     | 12 |
|       | H111 | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 145$                                      | $\geq 250$                            | 12                     | 10 |
|       | H112 | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 95$                                       | $\geq 240$                            | 12                     | 10 |
| 5456  | H112 | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 130$                                      | $\geq 300$                            | 10                     |    |
| 5754  | H112 | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 80$                                       | $\geq 180$                            | 10                     |    |
| 6005A | T5   | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 215$                                      | $\geq 260$                            | 9                      | 8  |
|       | T6   | $3 \leq t \leq 10$ | $\geq 215$                                      | $\geq 260$                            | 8                      | 6  |
|       |      | $10 < t \leq 50$   | $\geq 200$                                      | $\geq 250$                            | 8                      | 6  |
| 6061  | T6   | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 240$                                      | $\geq 260$                            | 10                     | 8  |
| 6082  | T5   | $3 \leq t \leq 50$ | $\geq 230$                                      | $\geq 270$                            | 8                      | 6  |
|       | T6   | $3 \leq t \leq 5$  | $\geq 250$                                      | $\geq 290$                            | 6                      |    |
|       |      | $5 < t \leq 50$    | $\geq 260$                                      | $\geq 310$                            | 10                     | 8  |

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

② 表中数据纵向或横向试样均适用。

③ 对于厚度小于 3mm 的铝合金的力学性能应满足公认标准的要求并经 CCS 同意。

## 第 10 章 设 备

### 第 1 节 锚

拉力试验后锚的外观检查和无损检测 表 10.1.5.4(1)

| 种类        |       | 普通锚                                  | 大抓力锚   | 超大抓力锚                                       |
|-----------|-------|--------------------------------------|--|---|
| 检查方法      |       |                                      |  |   |
| 外观检查      |       | 应检查锚所有受力部位，不应存在裂缝和其他明显的缺陷。           | 应检查锚所有受力部位，不应存在裂缝和其他明显的缺陷。                                   | 应检查锚所有受力部位，不应存在裂缝和其他明显的缺陷。                  |
| 无损检测<br>* | 磁粉或渗透 | 铸钢件的浇口和冒口部位；<br>焊接锚的焊缝；<br>所有锚的焊接修补处 | 铸钢件的浇口和冒口部位；<br>焊接锚的焊缝；<br>所有锚的焊接修补处；<br>锚的高应力区域(验船师认为有必要时)。 | 铸钢件的所有表面；<br>焊接锚的焊缝；<br>锚的高应力区域(验船师认为有必要时)。 |

|  |     |     |                      |  |
|--|-----|-----|----------------------|--|
|  | 超声波 | 不要求 | 钢板焊接锚的焊缝(验船师认为有必要时)。 | 钢板焊接锚的焊缝；<br>铸钢件的浇口和冒口部位；<br>锚上所有焊接修补处；<br>锚的高应力区或可疑部位(验船师认为有必要时)。 |
|--|-----|-----|----------------------|--|

注：铸钢件的无损检测应符合本篇第 65 章第 1 节和第 2 节的有关规定；锻钢件的无损检测应符合本篇第 56 章第 1 节和第 2 节的有关规定。组合锚焊缝应符合相关的质量要求。

## 第 2 节 船用锚链及其附件

10.2.7.7 链环力学性能试验不合格者，可按本篇第 12 章 1.2.63 的相关要求，取样进行复试。

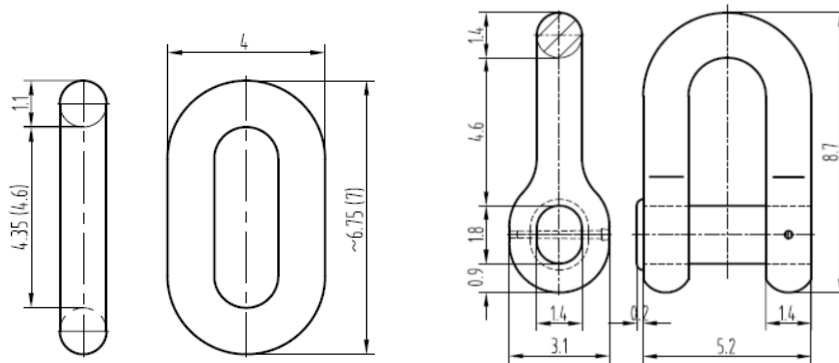


图 10.2.3.2(3) 未末端链环 图 10.2.3.2(6) 未末端卸扣

10.2.8.2 破断试验：对由 25 个或不足 25 个卸扣、转环、转环卸扣、加大链环和未末端链环组成的每个制造批量(炉罐号、链径和热处理相同)应取 1 个附件作为破断试验试样；而对肯特卸扣则以 50 个或不足 50 个为一个制造批量，取 1 个链环作为试样，按本节表 10.2.7.2 所规定的破断载荷进行破断试验。凡做过破断试验的附件一般不可再使用。

若未末端链环和加大链环是与锚链一起制造、热处理和试验时，则不必再进行破断试验。

## 第 3 节 海上设施定位用系泊链及其附件

### 10.3.2 系泊链等级

10.3.2.1 根据制造厂所生产所采用材料的公称抗拉强度，系泊链分为 R3、R3S、R4、R4S、R5 和 R6 六个等级。

10.3.2.2 制造厂对于 R4S 和 R5 级链的性能规定可以依据设计条件与 CCS 商议验收条件。

### 10.3.3 材料

10.3.3.1 焊接系泊链及其附件用轧制圆钢应满足本规范第1篇第3章第10节的相关要求。

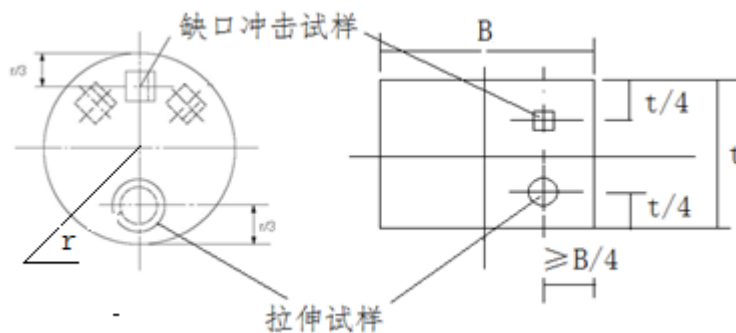
10.3.3.2 除下列规定外，用于附件制造的锻钢应符合本篇第5章第1节的有关规定。

(1) 锻钢应满足认可的技术条件和在认可时提交认可的试验报告。钢应以吹氧转炉、电炉或其他经特别认可的工艺制造。所有钢级均应经镇静和细化晶粒处理，MR4S和MR5和MR6级钢还应经真空脱气处理。

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

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

(4) 用于R4S、R5和R6级附件的锻钢，应每炉按公认的国际/国家标准进行夹杂物的定量和评估(如ISO 4967)，偏析和气孔检查(如ASTM E381)，并进行淬硬性测定(如ASTM A255)。结果应满足认可时确定的要求。



a 圆横截面试件的取样位置      b 矩形横截面试件的取样位置

图10.3.3.2(4) 力学性能试样的取样位置

(5) 完工的锻件应按工厂提交并经认可的技术规程进行适当的热处理。

(6) 在适当的热处理后，应以相同炉号、相同热处理，且直径相差不大于25mm的锻钢为一批，抽取一个试件，每个试件按本篇第3章第12节图3.12.5.2或本节图10.3.3.2(4)所示位置取1个拉伸3个冲击试样进行力学性能试验。力学性能应不低于本篇第3章第12节对系泊链用圆钢的相关要求。

(7) R3S、R4、R4S和R5和R6级锻钢件，每炉应按本篇第3章第12节3.12.5.3的规定进行氢脆试验。

(8) 对交货的锻钢件表面应按工厂提交的检测工艺文件，采用公认的标准(如EN 10228-1或其他等效标准)进行连续湿式磁粉检测法检测。且应按不低于100%的比例在制造过程的适当阶段用公认的标准(如ISO 13588，或其他等效标准)进行超声波无损检测。检测结果应满足认可时提交的标准要求。

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

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

(1) 铸钢应满足认可的技术条件和认可时提交认可的试验报告。钢应以吹氧转炉、电炉或其他经特别认可的工艺制造。所有钢级均应经镇静和细化晶粒处理，R4S、R5和R6级钢还应经真空脱气处理。

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

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

(4) 用于R4S和、R5和R6级附件的锻钢, 应每炉按公认的国际/国家标准进行夹杂物的定量和评估(如ISO 4967), 偏析和气孔检查(如ASTM E381), 并进行淬硬性测定(如ASTM A255)。结果应满足认可时确定的要求。

(5) 所有铸件均应按工厂提交并经认可的技术规程进行适当的热处理。

(6) 铸钢应以相同炉号、相同热处理, 且尺度相似的材料为一批抽取1个试件, 每个试件按本篇第3章第12节图3.12.5.2所示位置取1个拉伸3个冲击试样进行力学性能试验。力学性能应不低于本篇第3章第12节对系泊链用圆钢的相关要求。但对R3和R3S级的铸钢件, 其断面收缩率可为40%, 对R4、R4S、和R5和R6的铸钢件, 其断面收缩率可为35%。

(7) 对交货的铸件表面应按工厂提交的检测工艺文件, 采用公认的标准(如ASTM E709或其他等效标准)采用连续湿式磁粉检测法进行检测。且应按不低于100%的比例在制造过程的适当阶段用公认的标准(如ISO 13588, 或其他等效标准)进行超声波无损检测。检测结果应满足认可时提交的标准要求。

(8) 对位于非加工面深度小于5%名义直径的缺欠可用打磨方法去除; 除非为确认伪缺陷而进行最大深度为0.8mm的轻微打磨外, 机加工表面不允许打磨。当去除的缺欠超过5%直径或厚度时, 应按下列要求对缺欠区域用焊接修补:

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

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

③ 对大焊补, 在焊补前应进行工艺认可。除须进行焊缝金属、熔合线、热影响区2mm和5mm位置进行冲击试验外, 焊补工艺应按公认标准(如ISO15614或等效标准)进行考核。试验结果应满足母材的规定要求。大焊补的方案应附有显示修补范围和位置的草图或照片。

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

⑤ 所有焊补均应记录在显示修补范围和位置的草图或照片上。

10.3.3.4 用于R4S、和R5和R6级附件的锻钢和铸钢交货时, 除常规钢材信息外, 附件的质量文件还应提供包括每炉钢材的夹杂物含量、偏析和气孔、淬硬倾向、氢脆试验和超声波检测结果, 以及附有草图或照片的焊接修补记录(如有时)。

10.3.3.5 横档材料应与链环材料相一致或满足提交CCS并被认可的技术条件。如横档需要焊接, 其含碳量一般应不大于0.25%, 或碳当量不超过0.58%。

### 10.3.6 横档的安装

10.3.6.1 R3及R3S级系泊链的横档可采用焊接方法加固。除经CCS特别批准外, R4、R4S、和R5和R6级系泊链横档不允许焊接。

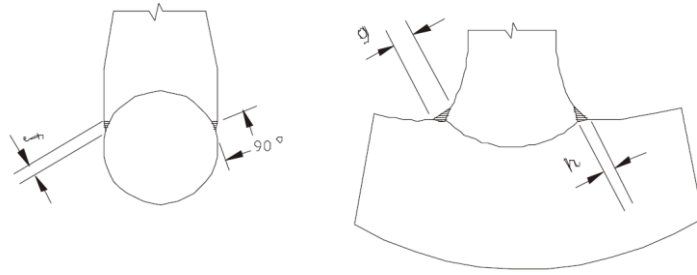
10.3.6.2 如横档采用焊接方法加固, 则焊接应在系泊链最终热处理之前进行。

10.3.6.3 横档的两端应与链环内侧有良好的配合。横档的焊接加固只能在与闪光焊缝相对的一面进行, 除经批准外, 应对横档端部采用周向焊接。

10.3.6.4 除经批准外, 不允许在横档两端施焊。

10.3.6.5 横档焊接应由合格的焊工使用经认可的低氢焊接材料按认可的工艺焊接。

10.3.6.6 角焊缝的尺寸应符合图10.3.6.6的要求。



图中:  $f=0.1d_{-0.01d}^0$ ,  $g=0.2d_{-0.02d}^0$ ,  $h=0.09d_{-0.01d}^0$

图10.3.6.6

10.3.6.7 焊缝应有良好的质量, 不应有裂缝、未熔合、密集气孔和1mm以上的咬边等缺陷。

10.3.6.8 所有焊缝应进行目检。在拉力试验后, 应对每节系泊链中至少10%的横档焊缝进行磁粉或渗透检测。如果发现裂缝或未熔合, 则应对该节系泊链的所有横档焊缝进行检测。

10.3.8.5 系泊链应按下述要求进行拉力试验和破断试验:

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

拉力和破断试验负荷、重量与五环长度

表10.3.8.5(1)

| 有档链         | R3                       | R3S     | R4      | R4S           | R5      | R6      |
|-------------|--------------------------|---------|---------|---------------|---------|---------|
| 拉力试验载荷(kN)  | 0.0148K                  | 0.0180K | 0.0216K | 0.0240K       | 0.0251K | 0.0276K |
| 破断试验载荷(kN)  | 0.0223K                  | 0.0249K | 0.0274K | 0.0304K       | 0.0320K | 0.0352K |
| 无档链         | R3                       | R3S     | R4      | R4S           | R5      | R6      |
| 拉力试验载荷(kN)  | 0.0148K                  | 0.0174K | 0.0192K | 0.0213K       | 0.0223K | 0.0246K |
| 破断试验载荷(kN)  | 0.0223K                  | 0.0249K | 0.0274K | 0.0304K       | 0.0320K | 0.0352K |
| 系泊链重量(kg/m) | 有档链 $0.0219d^2$          |         |         | 无档链应按设计, 计算重量 |         |         |
| 5环长度L       | $22d \leq L \leq 22.55d$ |         |         |               |         |         |

表中:  $k=d^2(44-0.08d)$

$d$ —系泊链的公称链径, mm。

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

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

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

拉伸试样应从闪光焊缝相对的一侧截取；

第一组3个冲击试样取自闪光焊缝处，并使焊缝位于试样中央的缺口上；

第二组3个冲击试样取自与闪光焊缝相对的一侧；

第三组3个冲击试样取自链冠处。

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

(4) 试验结果应符合表10.3.8.8(4)的要求。

系泊链及附件材料的力学性能

表 10.3.8.8(4)

| 系泊链及附件用材料等级           | 屈服点<br>$R_{P0.2}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 抗拉强度<br>$R_m$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 伸长率<br>$A_5$<br>(%) | 断面收缩率<br>$Z$<br>(%) | 夏比 V 型缺口冲击试验        |            |            |
|-----------------------|---|---------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|
|                       |   |                                       |                     |                     | 试验温度<br>(°C)        | 冲击功 (J)    |            |
|                       |   |                                       |                     |                     |                     | 母材         | 焊缝         |
| R3                    | ≥410                                      | ≥690 <sup>②</sup>                     | ≥17                 | 50                  | 0(-20) <sup>①</sup> | ≥60(40)    | ≥50(30)    |
| R3S                   | ≥490                                      | ≥770 <sup>②</sup>                     | ≥15                 | 50                  | 0(-20) <sup>①</sup> | ≥65(45)    | ≥53(33)    |
| R4                    | ≥580                                      | ≥860 <sup>②</sup>                     | ≥12                 | 50                  | -20                 | ≥50        | ≥36        |
| R4S <sup>③</sup>      | ≥700                                      | ≥960 <sup>②</sup>                     | ≥12                 | 50                  | -20                 | ≥56        | ≥40        |
| R5 <sup>③</sup>       | ≥760                                      | ≥1000 <sup>②</sup>                    | ≥12                 | 50                  | -20                 | ≥58        | ≥42        |
| <u>R6<sup>④</sup></u> | <u>≥900</u>                               | <u>≥1100<sup>④</sup></u>              | <u>≥12</u>          | <u>50</u>           | <u>-20</u>          | <u>≥60</u> | <u>≥44</u> |

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

② 材料的屈强比一般不大于 0.92。

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

④ 材料的屈强比的目标值不大于 0.95。

## 第 4 节 钢丝绳

10.4.4.6 成品钢丝绳的破断试验应按下列要求进行：

(1) 凡是制造长度在10000m以下的钢丝绳，应从每根钢丝绳的端头截取一段作破断试验。试样在夹头间的净试验长度至少应为绳径的30倍。如果制造长度超过10000m时，则应从钢丝绳上截取第二段试样进行试验；

(2) 在试验时，应控制试验机夹具上试验载荷增加的速度。开始可快速加载，当试验载荷达到钢丝绳公称破断载荷的4/5时，试验载荷递增的速度应平稳和缓慢，以确保不在钢丝绳试样上造成冲击载荷。若钢丝绳破断时，其断裂位置在试验机夹具附近，则此项试验结果应可作废，允许取试样复试。试验中如实测的破断载荷小于CCS接受的标准所规定的最小值，则该试验结果应判为不合格；

# 第 2 篇 非金属材料

## 第 2 章 塑料材料

### 第 2 节 原材料

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

- (1) 密度或相对密度;
- (2) 固化后体积收缩率;
- (3) 巴柯尔硬度;
- (4) 拉伸强度;
- (5) 断裂伸长率;
- (6) 吸水量(如长期接触水使用或用于建造纤维增强塑料船);
- (7) 热变形温度。

铺敷用树脂浇铸体性能

表 2.2.2.5

| 项目                          | 试验标准       | 不饱和聚酯/乙烯基树脂 |       | 环氧树脂  |
|-----------------------------|------------|-------------|-------|-------|
|                             |            | 1 级         | 2 级   |       |
| 拉伸强度 (N/mm <sup>2</sup> )   | ISO527-2   | ≥55         | ≥45   | ≥55   |
| 拉伸断裂伸长率(%)                  | ISO527-2   | ≥2.5        | ≥1.5  | ≥2.5  |
| 弯曲弹性模量 (N/mm <sup>2</sup> ) | ISO178     | ≥2700       | ≥2700 | ≥2700 |
| 弯曲强度 (N/mm <sup>2</sup> )   | ISO178     | ≥100        | ≥80   | ≥100  |
| 热变形温度 (°C)                  | ISO75-2    | ≥70         | ≥60   | ≥75   |
| 巴柯尔硬度                       | ASTM D2583 | ≥35         | ≥35   | ≥35   |
| 吸水量(mg)                     | ISO62      | ≤80         | ≤100  | ≤70   |

注 1: [对不饱和聚酯树脂及乙烯基树脂](#)试验所用试样应经 50°C 后固化 24h 制备, [对环氧树脂应按 ISO 3673-2 的要求固化以制备试样。](#)

注 2: 吸水性测试试样尺寸为 50mm×50mm×4mm, 试验条件为在 23±2°C 下浸泡 672h。

注 3: 以不饱和聚酯树脂或乙烯基树脂制造的胶衣树脂和罩面树脂应满足 1 级要求。

#### 2.2.7 环氧基座等垫片浇注料

2.2.7.1 用于堵塞机器、设备底座与其基座间的空隙,以保持准确定位的双组分热固性环氧浇注料在使用前应取得 CCS 认可。

2.2.7.2 浇注料生产厂应提供完整的施工技术文件,包括建议的设计原则,施工操作方法和要求以及安装程序等供备查。

2.2.7.3 用于认可的浇注料应按其在实际施工中的最小放热量条件浇注样品并进行以下的各项认可试验。

2.2.7.4 浇注料生产厂应确定在拟使用条件下浇注料固化反应所能达到的最高温度。

2.2.7.5 固化后的浇注型环氧机座垫片应测定下列性能:

- (1) 巴柯尔硬度;
- (2) 压缩强度和弹性模量;
- (3) 缺口悬臂梁(Izod)冲击强度;
- (4) 固化线性收缩;
- (5) 热变形温度;
- (6) 吸水率(在人造海水、蒸馏水中浸泡 7 天);

- (7) 吸油率(在柴油、润滑油中浸泡 7 天)；
- (8) 可燃性。

2.2.7.6 浇注料生产厂应有合适的试验方法和数据，证明在足够长的承压时间内不同温度下环氧垫片产生的压缩蠕变量不足以影响使用。

2.2.7.76 拟认可的环氧机座垫片的使用条件为：在使用过程中由设备本身自重产生的静载荷通常应不大于  $0.7\text{N/mm}^2$  (对额定转速低于  $300\text{r/min}$  的柴油机应不大于  $0.9\text{N/mm}^2$ )，环氧垫片承受的最大静载荷(设备自重加螺栓紧固力)通常应不大于  $4.5\text{N/mm}^2$ ，使用温度不超过  $80^\circ\text{C}$ 。浇注体的性能要求见表 2.2.7.76。对表中未提及的项目其结果应满足标准或制造厂制定的极限值。

环氧机座垫片浇注体性能要求

表 2.2.7.76

| 压缩强度<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | 压缩模量<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | 巴柯尔硬度      | 热变形温度<br>( $^\circ\text{C}$ ) | 可燃性       | 吸水率 <sup>①</sup><br>(%) | 吸油率 <sup>①</sup><br>(%) |
|-----------------------------|-----------------------------|------------|-------------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|
| ASTM D695                   | ASTM D695                   | ASTM D2583 | ISO 75-2                      | ASTM D635 | ISO 62                  | ISO 62                  |
| $\geq 120$                  | $\geq 5000$                 | $\geq 35$  | $\geq 80$                     | 自熄        | $\leq 0.9$              | $\leq 0.9$              |

注：① 吸水率及吸油率测试的样品尺寸为  $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 4\text{mm}$ 。

2.2.7.87 如浇注料拟使用于尾轴管和尾轴衬套安装，除 2.2.7.76 规定外，还应提供其拉伸强度和拉伸弹性模量的测定数据。其中拉伸强度应不小于  $34\text{MPa}$ (ASTM D638)。

2.2.7.8 应按如下要求对浇注体的蠕变性能进行测试，并满足如下要求：

(1) 制备样品为高  $25\text{mm}$ 、直径  $20\text{mm}$  的平行圆柱体，在环境温度下以拟认可的最大静载荷进行预加载并保持  $16\text{h}$ ，测量其高度作为初始高度  $H_0$ 。

(2) 以每小时  $8 \pm 1^\circ\text{C}$  的速度升高温度，直到达到  $80^\circ\text{C}$ 。

(3) 达到  $80^\circ\text{C}$  后保持该温度（不超过  $\pm 2^\circ\text{C}$ ）和加载载荷，每  $24\text{h}$  测定试样高度并计算蠕变量（%），绘制以蠕变量为纵轴（%），相对于时间（以分钟为单位取对数）为横轴的曲线图（如为负值意味着样品发生了膨胀）。应向 CCS 提交包括以上曲线图以及测试细节的报告。

(4)  $1000\text{h}$  后，测定高度  $H_{1000}$ ，最大蠕变量  $((H_0 - H_{1000})/H_0 \times 100\%)$  应不大于  $0.2\%$ ，且此时蠕变曲线应基本平稳不再剧烈变化。

## 第 3 章 纤维增强塑料船体材料

### 第 3 节 铺敷成型工艺

#### 3.3.8 单层板铺敷成型

3.3.8.1 单层板铺敷成型时应注意下列原则：

- (1) 增强材料布置应尽可能连续，层板厚度不应有突变，以保持铺层强度的连续性；
- (2) 推荐使用以短切原丝毡和无捻粗纱正交布交替铺敷成型；
- (3) 相邻的同一两层增强材料层片间一般都应顺着其边缘和端部搭接。搭接宽度不小于  $50\text{mm}$ 。如采用对接，5层以内不应有接缝重叠，且应有试验证明强度等效。
- (4) 层板中的接缝位置(无论同一层或相邻层)都应至少错开  $150\text{mm}$ 。
- (5) 层板厚度变化应缓慢，过渡区的宽度至少为厚度差的  $3020$  倍。渐变过渡区内的增强材料排列方向应保持介于双向和单向层板之间。渐变过渡区内的增强材料排列方向应考虑被连接两端增强材料方向的过渡。

#### 3.3.9 夹层板铺敷成型

3.3.9.12 如夹层板中要求有预埋件，预埋件应为有抗挤压能力的材料，并应跟芯材和

面板良好粘结。

3.3.9.13 应避免切割芯材。如确实需要，仅能单面切割，并且切割面应朝上使用在板材的所有外露表面上以利后续加工。

3.3.9.14 每道施工工序都应随时清除多余的固化粘结材料。并在最后夹层面板铺敷前清洁板材及涂上底漆密封。

3.3.9.15 如从夹层板向单层板过渡，则过渡区域的宽度应至少为芯材厚度的3倍。

# 第3篇 焊接

## 第1章 通则

### 第1节 一般规定

1.1.1.4 大型集装箱船用厚度为50mm~100mm,屈服强度不小于460N/mm<sup>2</sup>的高强度船用结构钢的焊接,除应符合本篇相关规定外,还应满足CCS《船用高强度钢厚板[检验应用指南](#)》的要求。

## 第2章 焊接材料

### 第2节 焊接材料的力学性能

结构钢焊接材料的力学性能

表2.2.2.3

| 焊接材料级别                             | 1、2、3                                       | 1Y、2Y<br>3Y、4Y <sup>①</sup> | 2Y40<br>3Y40<br>4Y40<br>5Y40 | 3Y42    | 3Y46    | 3Y50    | 3Y55    | 3Y62    | 3Y69    | 3Y89     | 3Y96     | 1.5Ni            | 3.5Ni            | 5Ni  | 9Ni  |      |
|------------------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|------------------|------------------|------|------|------|
|                                    | 屈服强度 <sup>⑦</sup><br>$R_{eH}(N/mm^2)$       | ≥305                        | ≥375                         | ≥400    | ≥420    | ≥460    | ≥500    | ≥550    | ≥620    | ≥690     | ≥890     | ≥960             | ≥375             |      |      |      |
| 抗拉强度 <sup>⑧</sup><br>$R_m(N/mm^2)$ | 400-560                                     | 490-660                     | 510-690                      | 520-680 | 540-720 | 590-770 | 640-820 | 700-890 | 770-940 | 940-1100 | 980-1150 | ≥460             | ≥420             | ≥500 | ≥600 |      |
| 伸长率A(%)                            | ≥22   |                             | ≥20                          |         | ≥18     |         |         | ≥17     | ≥14     | ≥13      | ≥22      | ≥25              |                  |      |      |      |
| 熔敷金属试验                             | 夏比试验温度(°C)                                  | ②                           |                              |         |         |         |         |         |         |          |          | -80              | -100             | -120 | -196 |      |
|                                    | V型缺口冲击功 <sup>⑨</sup> (J)                    | ≥47 <sup>④</sup>            |                              | ≥47     |         | ≥50     | ≥55     | ≥62     | ≥69     | ≥69      | ≥69      | ≥69 <sup>③</sup> |                  |      |      |      |
|                                    | 平均冲击功 <sup>⑩</sup> (J)                      | ≥47 <sup>④</sup>            |                              | ≥47     |         | ≥50     | ≥55     | ≥62     | ≥69     | ≥69      | ≥69      | ≥69 <sup>③</sup> |                  |      |      |      |
| 对接焊缝试验                             | 接头抗拉强度(N/mm <sup>2</sup> )                  | ≥400                        | ≥490                         | ≥510    | ≥520    | ≥540    | ≥590    | ≥640    | ≥700    | ≥770     | 940      | 980              | ≥490             | ≥450 | ≥540 | ≥640 |
|                                    | 夏比试验温度(°C)                                  | ②                           |                              |         |         |         |         |         |         |          |          | -80              | -100             | -120 | -196 |      |
|                                    | V型缺口冲击功 <sup>⑨</sup> (J)                    | ≥47 <sup>④</sup>            |                              | ≥47     |         | ≥50     | ≥55     | ≥62     | ≥69     | ≥69      | ≥69      | ≥69              | ≥69 <sup>③</sup> |      |      |      |
|                                    | 平均冲击功 <sup>⑩</sup> (J)                      | ≥47 <sup>④</sup>            |                              | ≥47     |         | ≥50     | ≥55     | ≥62     | ≥69     | ≥69      | ≥69      | ≥69              | ≥69 <sup>③</sup> |      |      |      |
| 弯曲试验                               | 试验后,试样表面上任何方向应不出现长度超过3mm的开口缺陷。 <sup>⑤</sup> |                             |                              |         |         |         |         |         |         |          |          |                  |                  |      |      |      |

注:① 手工焊条应符合2Y级及以上要求。

② 1、1Y级焊接材料的冲击试验温度为20℃;

2、2Y、2Y40级焊接材料的冲击试验温度为0℃;

3、3Y、3Y40、3Y42、3Y46、3Y50、3Y55、3Y62、3Y69、3Y89、3Y96级焊接材料的冲击试验温度为-20℃;

4Y、4Y40、4Y42、4Y46、4Y50、4Y55、4Y62、4Y69、4Y89、4Y96级焊接材料的冲击试验温度为-40℃;

5Y40、5Y42、5Y46、5Y50、5Y55、5Y62、5Y69、5Y89、5Y96级焊接材料的冲击试验温度为-60℃。

4、5Y89、5Y96级焊接材料的冲击试验验收值由CCS另行考虑。

③ 自动焊熔敷金属冲击试验的平均冲击功，对 $R_{eH} < 400\text{N/mm}^2$ 的焊接材料应不低于34J；对 $R_{eH} \geq 400\text{N/mm}^2$ 的焊接材料应不低于39J。

④ 立焊及自动焊对接接头冲击试验的平均冲击功，对 $R_{eH} < 400\text{N/mm}^2$ 的焊接材料应不低于34J；对 $R_{eH} \geq 400\text{N/mm}^2$ 的焊接材料应不低于39J。

⑤ 除5Ni和9Ni钢试件用直径为4倍板厚的压头对试样进行弯曲试验外，压头直径应符合本篇1.2.4.2的规定。

⑥ 冲击试验的单个值应不低于规定值的70%。

⑦ 当材料无明显屈服点时，则应为规定非比例伸长应力 $R_{p0.2}$ 。

⑧ 当抗拉强度超过上限时，由CCS另行考虑。

## 第9节 铝合金焊接材料

2.9.2.3 适用于 TIG 和/或等离子焊的直条填充焊丝-气体组合，在其级别符号前面加缀字母“R”，如“RB”。

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

## 第3章 焊接工艺认可

### 第1节 一般规定

3.1.4.3 焊接工艺规程对钢材的适用范围规定如下：

(1) 对相同强度级别的钢材，适用于与试验母材韧性等级相同或较低的钢材。

(2) 对除上述(1)以外，规定屈服强度最小值小于或等于  $390\text{N/mm}^2$  的钢，适用于与试验母材强度级别相同或低两个级别的钢材（此处 H27 级别钢材不作为一个单独级别，例如：AH36 级别钢焊接工艺适用于 AH32、AH27 及 A 级钢）；对焊接结构用高强度钢，适用于与试验母材强度级别相同或低一个级别的钢材。

### 第2节 对接焊工艺认可试验

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

冲击试验的温度要求

表3.2.5.4(a)

|        |  |  |  |   |   |
|--------|--|--|--|---|---|
| 试验材料等级 | A、 <u>AH27</u> 、<br>AH32、<br>AH36、AH40 | B、D、 <u>DH27</u> 、DH32、<br>DH36、DH40、AH420、<br>AH460、AH500、AH550、<br>AH620、AH690、AH890、<br>AH960 | E、 <u>EH27</u> 、EH32、EH36、<br>EH40、DH420、DH460、<br>DH500、DH550、<br>DH620、DH690、<br>DH890、DH960 | <u>FH27</u> 、FH32、FH36、<br>FH40、EH420、EH460、<br>EH500、EH550、EH620、<br>EH690、EH890、EH960 | FH420、FH460、<br>FH500、FH550、<br>FH620、FH690 |
|--------|--|--|--|---|---|

|            |    |   |     |     |     |
|------------|----|---|-----|-----|-----|
| 冲击试验温度(°C) | 20 | 0 | -20 | -40 | -60 |
|------------|----|---|-----|-----|-----|

冲击试验的韧性要求<sup>①</sup>

表3.2.5.4(b)

|                     |                         |  |               |                 |                                 |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                           |                           |
|---------------------|-------------------------|--|---------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 试验材料等级              | A、B <sup>②</sup><br>D、E | <a href="#">AH27、<br/>DH27、<br/>EH27、<br/>FH27</a> | AH32、<br>DH32 | AH36、<br>DH36   | AH40、<br>DH40、<br>EH40、<br>FH40 | AH420、<br>DH420、<br>EH420、<br>FH420 | AH460、<br>DH460、<br>EH460、<br>FH460 | AH500、<br>DH500、<br>EH500、<br>FH500 | AH550、<br>DH550、<br>EH550、<br>FH550 | AH620、<br>DH620、<br>EH620、<br>FH620 | AH690、<br>DH690、<br>EH690、<br>FH690 | AH890、<br>DH890、<br>EH890 | AH960、<br>DH960、<br>EH960 |
| 平均冲击功<br>不小于<br>(J) | 47 <sup>③</sup>         |  |               | 47 <sup>④</sup> | 28                              | 31                                  | 33                                  | 37                                  | 41                                  | 46                                  |                                     |                           |                           |

注：① 板厚大于50mm的试验要求应由CCS同意。

② A级和B级钢在熔合线和热影响区的平均吸收功最小值为27J。

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

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

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

### 3.2.7 不锈钢焊接工艺认可试验的附加要求

3.2.7.2 对双相不锈钢和[节镍型双相不锈钢](#)，除上述 3.2.4.1、3.2.5 相关要求外，还应满足下列规定：

(1) 冲击试验取焊缝中心、熔合线和距熔合线 2mm 的热影响区各 1 组（试验温度为-20℃），冲击能量应不小于 27J；

(2) 硬度试验结果应不超过 HV420；

(3) 焊缝点蚀试验(与其它不锈钢或碳钢之间的焊缝除外)，按本规范第 1 篇第 2 章第 9 节要求进行；

(4) 焊缝及热影响区微观检验，应无晶间碳化物和金属间化合物的析出物；

(5) 对最后焊道和根部焊道的焊缝和热影响区分别测定铁素体含量。其铁素体含量应在 30~70% 范围内。

## 第4章 焊工资格考试

### 第 2 节 焊工考试与评定

4.2.3.1 试件母材应符合本规范第 1 篇的有关规定。其中，船体结构用钢应满足下列要求之一或具有 CCS 认可的相当等级：

(1) 本规范第 1 篇第 3 章第 2、3 节规定的船体结构用钢板；

(2) 本规范第 1 篇第 5 章第 2 节规定的船体结构用锻钢件；

(3) 本规范第 1 篇第 6 章第 2 节规定的船体结构用铸钢件；

(4) CCS《船用高强度钢厚板[检验应用](#)指南》规定的最小规定屈服强度 460N/mm<sup>2</sup> 的船体结构用钢。

4.2.3.2 焊接材料应与母材的性能相匹配。其中，船体结构用钢的焊接材料应满足下列要求之一：

(1) 本篇第 2 章第 1 节至第 7 节规定的船体结构钢用焊接材料；

(2) CCS《船用高强度钢厚板[检验应用](#)指南》规定的 H47 钢用焊接材料。

### 第 3 节 焊工资格适用范围

4.3.4.1 钢材的分组见表 4.3.4.1。用一个组别中任何一种金属焊接的焊工或焊接操作者的资格可以覆盖相同组别中所有其他金属的焊接。

钢材的分组 表 4.3.4.1

| 材料组别             | 钢材类型  |
|------------------|---|
| W01 <sup>①</sup> | 碳钢/碳锰钢和最小屈服强度规定值 $R_{eH} \leq 390 \text{N/mm}^2$ 的低合金高强度钢                   |
| W02              | CrMo 钢及抗蠕变 CrMoV 钢  |
| W03              | 最小屈服强度规定值 $R_{eH} > 390 \text{N/mm}^2$ 的高强度钢，以及 Ni 含量 < 5% 的镍钢 <sup>②</sup> |
| W04              | Cr 含量为 12%~20% 的铁素体或马氏体不锈钢  |
| W05              | Ni 含量 $\geq 5\%$ 的低温镍钢  |
| W11              | 奥氏体、 <u>双相不锈钢</u> 或 <u>节镍型</u> 双相不锈钢  |

注：①《船用高强度钢厚板检验应用指南》中规定的最小规定屈服强度为  $460 \text{N/mm}^2$  的船体结构用钢可归入 W01 组。

② W01 中包含的除外。

## 第 5 章 船体结构的焊接

### 第 1 节 一般规定

5.1.3.4 当使用线加热或点加热方式进行曲面成形或光顺处理时，表面加热温度应满足表 [5.1.4.4](#) [5.1.3.4](#) 的规定：

钢板表面线加热或点加热时最高加热温度 表5.1.3.4

| 项目   | 标准         |  |
|--|------------|--|
| 传统工艺 <a href="#">AH27-EH27</a> 、AH32-EH32、<br>AH36-EH36<br>TMCP型AH36-EH36<br>( $C_{eq} > 0.38\%$ ) | 加热后水冷      | 低于 $650^\circ\text{C}$                                 |
|  | 加热后空冷      | 低于 $900^\circ\text{C}$                                 |
|  | 加热后空冷并随后水冷 | 低于 $900^\circ\text{C}$ (水冷起始温度低于 $500^\circ\text{C}$ ) |
| TMCP型 <a href="#">AH27-DH27</a> 、AH32-DH32、<br>AH36-DH36<br>( $C_{eq} \leq 0.38\%$ )               | 加热后仅水冷或空冷  | 低于 $1000^\circ\text{C}$                                |
| TMCP型 <a href="#">EH27</a> 、EH32、EH36<br>( $C_{eq} \leq 0.38\%$ )                                  | 加热后仅水冷或空冷  | 低于 $900^\circ\text{C}$                                 |

#### 5.1.4 焊接材料选用

5.1.4.1 船体结构所用的焊接材料应符合本篇第2章的规定。所选用焊接材料的级别应与船体结构用的钢级相适应，并符合表5.1.4.1的规定。

焊接材料选用表 表5.1.4.1

| 船体结构<br>钢级<br>焊接材<br>料级别 | A | B | D | E | AH27<br>AH32<br>AH36 | DH27<br>DH32<br>DH36 | EH27<br>EH32<br>EH36 | FH27<br>FH32<br>FH36 | AH40 | DH40 | EH40 | FH40 |
|--------------------------|---|---|---|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|------|------|------|
|                          | 1 | × |   |   |                      |                      |                      |                      |      |      |      |      |
| 2                        | × | × | × |   |                      |                      |                      |                      |      |      |      |      |
| 3                        | × | × | × | × |                      |                      |                      |                      |      |      |      |      |
| 1Y                       | × |   |   |   | ×②                   |                      |                      |                      |      |      |      |      |
| 2Y                       | × | × | × |   | ×                    | ×                    |                      |                      |      |      |      |      |
| 3Y                       | × | × | × | × | ×                    | ×                    | ×                    |                      |      |      |      |      |
| 4Y                       | × | × | × | × | ×                    | ×                    | ×                    | ×                    |      |      |      |      |
| 2Y40                     | ① | ① | ① |   | ×                    | ×                    |                      |                      | ×    | ×    |      |      |
| 3Y40                     | ① | ① | ① | ① | ×                    | ×                    | ×                    |                      | ×    | ×    | ×    |      |
| 4Y40                     | ① | ① | ① | ① | ×                    | ×                    | ×                    | ×                    | ×    | ×    | ×    | ×    |
| 5 Y40                    | ① | ① | ① | ① | ×                    | ×                    | ×                    | ×                    | ×    | ×    | ×    | ×    |

注：“×”为适用的钢级；

① 在普通强度结构钢焊接中不宜采用过高强度级别的焊接材料。

② 当采用1Y级焊接材料焊接时，母材的厚度不大于25mm。

## 第 2 节 船体构件的焊接

### 5.2.3 高强度钢焊接

5.2.3.1 焊接高强度钢材时，应采用与母材相适应的并经 CCS 认可的低氢型高强度焊接材料。焊接时，应考虑预热并注意控制[线能量热输入](#)和道间温度。

5.2.3.2 在船体结构中采用高强度钢时，其焊缝的外形应光滑，不应有过高的焊缝余高。

5.2.3.3 若船体构件(如首柱、尾柱、舵叶等)是由高强度钢板组焊而成的，则施焊后应考虑对其进行退火处理，以消除焊接时的残余应力。退火温度应达临界温度之上，然后缓慢冷却。

## 第 3 节 焊缝检验与修补

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

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

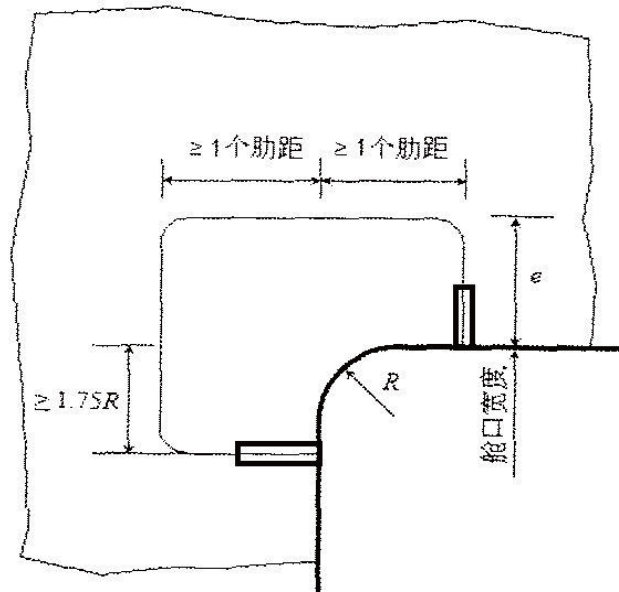


图5.3.2.6(3)

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

(5) 以下部位当使用全焊透角焊缝时, 应按下列要求进行无损检测:

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

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

(6) 此外, 以下部位还应进行表面裂纹检测:

- a. 铸钢件和锻钢件的焊缝, 以及在应力下或低温下焊接的焊缝, 应进行100%表面裂纹检测;
- b. 板厚30mm及以上的重要部位焊缝(例如艏柱、焊接的桅和舱壁墩座上的焊缝等)应进行100%表面裂纹检测;
- c. 位于高应力区域的焊缝应进行100%表面裂纹检测;
- d. 其他坡口深度30mm及以上的焊缝进行不低于20%的表面裂纹检测。

## 第6章 海上设施结构的焊接

### 第3节 焊接检验

#### 6.3.2 固定式海上设施结构焊接检验的补充要求

##### 6.3.2.1 外观检查:

(1) 焊缝外形尺寸应符合设计图纸和下列要求:

- ① 对接焊缝余高应符合有关标准,且应不超过3mm;
- ② 角焊缝的两焊脚高度差应不大于2mm,凸起的部分度R应不超过按下式计算之值:

$$R = 0.1K + 0.76 \quad \text{mm}$$

式中:K——焊脚高度。

- ③ 管结点的焊缝尺寸如图6.3.2.1(1) ①、②及表6.3.2.1(1)所示,打磨后焊缝的外形尺寸应符合设计和制造的有关规定;
- ④ 密封焊缝的所有搭接表面均应为连续的角焊缝,其焊脚高度除另有规定外,一般应不超过5mm。

## 第7章 受压壳体的焊接

### 第2节 受压壳体的产品焊接试验

7.2.3.1 各个级别的受压壳体所需制备的试样应按图7.2.3.1和表7.2.3.1的规定截取。

各级受压壳体的试样

表7.2.3.1

| 序号  | 试样名称                  | 受压壳体 |     |
|-----|-----------------------|------|-----|
|     |                       | I级   | II级 |
| 1   | 熔敷金属拉伸                | 要求   | 要求  |
| 2   | 正弯 <sup>①</sup>       | 要求   | 要求  |
| 3   | 反弯 <sup>①</sup>       | 要求   | 要求  |
| 4   | 接头横向拉伸                | 要求   | 要求  |
| 5   | 断面宏观检查                | 要求   | 要求  |
| 6~8 | 焊缝中心冲击试验 <sup>②</sup> | 要求   |     |

注: ① 当试板厚度超过20大于等于12mm时,可改取侧弯试样,进行侧弯试验。

② 下列情况应增加1组3个缺口位于熔合线上的冲击试样:

- a. 潜水系统和潜水器受压壳体;
- b. 所有设计温度在0℃及以下的受压壳体;
- c. 使用合金钢制造的受压壳体(奥氏体不锈钢除外)。

## 第11章 有色金属的焊接和钎接

### 第3节 钛及钛合金的焊接

#### 11.3.5 焊接

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

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

11.3.5.3 选择焊接工艺参数应保证足够的熔透深度，保证良好的保护，避免产生缺陷，并尽量采用[线能量热输入](#)小的焊接规范。