



指导性文件
GD 27-2023

中 国 船 级 社

节镍双相不锈钢检验指南

2023

2023年7月1日生效

北 京

目 录

第 1 章 通则	1
1.1 目的.....	1
1.2 适用范围.....	1
1.3 规范性引用文件.....	1
1.4 术语与定义.....	1
1.5 试验与检验.....	1
第 2 章 节镍双相不锈钢	2
2.1 一般要求.....	2
2.2 节镍双相不锈钢的技术条件.....	2
2.3 节镍双相不锈钢的工厂认可.....	2
2.4 节镍双相不锈钢的检验.....	2
2.5 节镍双相不锈钢的焊接工艺认可.....	3
第 3 章 节镍双相不锈钢的应用	4
3.1 一般要求.....	4
3.2 适装货品清单.....	4
3.3 节镍双相不锈钢建造和营运过程中的补充要求.....	6
附录 A 节镍双相不锈钢的点蚀试验	8
附录 B 节镍双相不锈钢的工厂认可	9

第 1 章 通 则

1.1 目的

1.1.1 本指南旨在从化学成分、交货状态、力学性能、耐点蚀性能、适装货品清单、建造过程的控制等方面作出规定，以使节镍双相不锈钢建造的散装化学品船的液货舱周界和油、气、水处理用压力容器或其他构件在目标使用寿命期间能够安全营运。

1.2 适用范围

1.2.1 本指南适用于按照 CCS《材料与焊接规范》要求制造的节镍双相不锈钢板的工厂认可和检验。

1.2.2 本指南适用于使用节镍双相不锈钢建造的散装化学品船的液货舱周界和油、气、水处理用压力容器或其他构件。

1.2.3 除本指南规定外，节镍双相不锈钢还应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章船体结构钢的相关要求。

1.3 规范性引用文件

1.3.1 中国船级社《材料与焊接规范》第 1 篇第 2、3 章。

1.3.2 中国船级社《产品检验指南》W02《轧制不锈钢板》。

1.3.3 中国船级社《产品检验指南》J01《焊接材料》。

1.3.4 ASTM 1084-15a：“Standard Test Method for Detecting Detrimental Phases in Lean Duplex Austenitic/Ferritic Stainless Steels”《检测节镍双相奥氏体/铁素体不锈钢有害相的标准试验方法》。

1.3.5 ISO 5817：“Welding-Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) — Quality levels for imperfections”《钢、镍、钛及其合金的焊接接头检验及质量评定》。

1.4 术语与定义

1.4.1 本指南采用的术语定义如下：

- (1) 节镍双相不锈钢：化学成分中 Ni 含量低于 2.5% 的双相不锈钢；
- (2) 传统双相不锈钢：化学成分中 Ni 含量不低于 2.5% 的双相不锈钢；
- (3) 点蚀实验：评价节镍双相不锈钢在 5% 三氯化铁溶液+1% 硝酸钠溶液中的耐点蚀性能的实验。

1.5 试验与检验

1.5.1 所有点蚀试验应在 CCS 认可或接受的实验室进行，采用符合要求的试验装置，按规定的试验程序，由具有胜任资格的人员进行。

1.5.2 除本指南另有规定外，试验应按 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇和第 3 篇的有关规定进行。

1.6 标志与证书

1.6.1 钢材的标志与证书应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 1 节的要求。

第 2 章 节镍双相不锈钢

2.1 一般要求

2.1.1 除本章另有规定者外，节镍双相不锈钢的生产应按 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章的有关规定进行。

2.2 节镍双相不锈钢的技术条件

2.2.1 节镍双相不锈钢的熔炼分析化学成分应满足表 2.2.1 的要求。

节镍双相不锈钢化学成分 (重量百分比%) 表 2.2.1

牌 号	化学成分 (%)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N
S32101	≤0.04	≤1.00	4.00-6.00	≤0.040	≤0.030	21.0-22.0	1.35-1.70	0.1-0.8	0.20-0.25

2.2.2 节镍双相不锈钢应以固溶状态交货，力学性能应满足表 2.2.2 的要求。

节镍双相不锈钢的力学性能 表 2.2.2

牌 号	力学性能				夏比 V 型缺口冲击试验		
	屈服强度 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm ²)	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A 不小于 (%)	硬度 ^① HB 不大于	试验温度 (°C)	冲击值 (J)	
						纵向	横向
S32101	450	620	25	293	-20	41	27

注：① 硬度测试为非必须检测项目。

2.2.3 节镍双相不锈钢晶间腐蚀试验的试样制备和试验应按 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 2 章第 7 节的要求进行，同时应符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 5 节 3.5.4.1 的组批要求。

2.2.4 节镍双相不锈钢的点蚀试验的试样制备和试验应按附录 A 的要求进行，还应符合《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 5 节 3.5.4.1 的组批要求。

2.2.5 若客户有实际载货需求时，应按相关技术要求进行不锈钢的货品耐腐蚀试验，并经 CCS 同意。

2.3 节镍双相不锈钢的工厂认可

2.3.1 节镍双相不锈钢的工厂认可按照本指南附录 B 的要求进行。

2.4 节镍双相不锈钢的检验

2.4.1 除本章另有规定外，节镍双相不锈钢的单件/单批检验应符合 CCS《产品检验指南》W02 轧制不锈钢钢板相关规定。

2.5 节镍双相不锈钢的焊接工艺认可

2.5.1 焊接工艺认可适用范围按照 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 3 章第 1 节及 CCS《船舶焊接检验指南》第 4 章第 1 节的相关要求。

2.5.2 焊接工艺认可试验应按照 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 3 章第 2 节 3.2.7.2 及第 3 节的相关要求。同时还应满足下列要求。

(1) 弯曲试验的压头直径及弯曲角度应满足表 2.5.2 要求。

弯曲试验的压头直径及弯曲角度

表 2.5.2

材料	压头直径	弯曲角度
S32101	$4t^{\text{①}}$	180°

注：① t 为试样厚度。

(2) 点蚀试验中，对接焊试样尺寸按照本指南附录 A 的要求进行取样。角接焊试样尺寸根据实际情况经 CCS 验船师同意后进行取样。

第 3 章 节镍双相不锈钢的应用

3.1 一般要求

3.1.1 区别于传统双相不锈钢的应用，本章对节镍双相不锈钢的适装货品清单及建造过程要求进行了补充。

3.2 适装货品清单

3.2.1 对于《散装运输危险液体化学品船舶构造与设备规范》第 3 篇第 17、18 章中具有腐蚀性的货品，应按相关公认标准要求进行耐蚀性试验验证其与节镍双相不锈钢所建造的货舱周界的兼容性。表 3.2.1 中所列货品已通过耐蚀性试验，同时建议在营运服役后保持跟踪监控上述货品与节镍双相不锈钢货舱周界的兼容性。

节镍双相不锈钢适装酸性/碱性货品清单

表 3.2.1

No.1	乙酸 Acetic acid
No.2	乙酸酐 Acetic anhydride
No.3	甲酸（85%或以下） Formic acid (85% or less acid)
No.4	甲酸（超过 85%） Formic acid (over 85%)
No.5	甲酸混合物（含超过 18%丙酸和超过 25%甲酸钠） Formic acid mixture (containing up to 18% propionic acid and up to 25% sodium formate)
No.6	癸酸 Decanoic acid
No.7	新癸酸 Neodecanoic acid
No.8	柠檬酸（70%或以下） Citric acid (70% or less)
No.9	丙烯酸 Acrylic acid
No.10	尿素溶液 Urea solution
No.11	硫酸铝溶液 Aluminium sulphate solution
No.12	硫酸铵溶液 Ammonium sulphate solution
No.13	硫酸铵溶液（45%或以下） Ammonium sulphide solution (45% or less)
No.14	硫代硫酸铵溶液（60%或以下） Ammonium thiosulphate solution (60% or less)
No.15	亚硫酸氢钠溶液（45%或以下）

	Sodium hydrogen sulphite solution (45% or less)
No.16	丁酸 Butyric acid
No.17	戊酸 Pentanoic acid
No.18	正戊酸（64%）/2-甲基丁酸（36%）混合物 n-Pentanoic acid (64%)/2-Methyl butyric acid (36%) mixture
No.19	丙酸 Propionic acid
No.20	丙酸酐 Propionic anhydride
No.21	三甲基乙酸 Trimethylacetic acid
No.22	氢氧化钠溶液（*） Sodium hydroxide solution（*）
No.23	1,3-二氯丙烯 1,3-Dichloropropene
No.24	苜基氯 Benzyl chloride

3.2.2 除了表 3.2.2 中所列货品均不适用节镍双相不锈钢所建造的货舱周界外，《散装运输危险液体化学品船舶构造与设备规范》第 3 篇第 17、18 章中的其他货品一般均适用节镍双相不锈钢所建造的货舱周界，同时建议在营运服役后保持跟踪监控上述适用货品与节镍双相不锈钢货舱周界的兼容性。

节镍双相不锈钢不适装酸性/碱性货品清单

表 3.2.2

No.1	乳酸 Lactic acid
No.2	氯化铝/盐酸溶液 Aluminium chloride/Hydrogen chloride solution
No.3	氯化铁溶液 Ferric chloride solutions
No.4	氯化镁溶液 Magnesium chloride solution
No.5	聚氯化铝溶液 Polyaluminium chloride solution
No.6	氯化钾溶液 Potassium chloride solution
No.7	氯化钾溶液（26%以下） Potassium chloride solution (less than 26%)
No.8	氯乙酸（80%或以下） Chloroacetic acid (80% or less)
No.9	2-或 3-氯丙酸 2- or 3-Chloropropionic acid
No.10	2,2-二氯丙酸

	2,2-Dichloropropionic acid
No.11	磷酸 Phosphoric acid
No.12	硝酸铵溶液（93%或以下） Ammonium nitrate solution (93% or less)
No.13	硝酸钙/硝酸镁/氯化钾溶液 Calcium nitrate/Magnesium nitrate/Potassium chloride solution
No.14	氯磺酸 Chlorosulphonic acid
No.15	硝酸铁/硝酸溶液 Ferric nitrate/Nitric acid solution
No.16	氟硅酸（20-30%）水溶液 Fluorosilicic acid solution (20-30%)
No.17	盐酸 Hydrochloric acid
No.18	硝化酸（硫酸和硝酸混合物） Nitrating acid (mixture of sulphuric and nitric acids)
No.19	硝酸（70%及以上） Nitric acid (70% and over)
No.20	硝酸（70%以下） Nitric acid (less than 70%)
No.21	硫酸 Sulphuric acid
No.22	硫酸，废液 Sulphuric acid, spent

3.3 节镍双相不锈钢建造和营运过程中的补充要求

3.3.1 节镍双相不锈钢的存储应与碳钢材料做好隔离，通常要求在室内存放，做到防尘、防潮、防水。

3.3.2 材料堆放时应控制材料堆放的數量及垫木布置，避免节镍双相不锈钢发生变形及表面划伤。

3.3.3 运输时，所有与节镍双相不锈钢接触的工装夹具、加强等均应为不锈钢材质，不锈钢的吊运应保持平稳，严禁冲击。

3.3.4 内场施工应采用专用胎架，所有胎架与节镍双相不锈钢接触的地方需采用不锈钢材料，并对这些接触位置进行倒圆处理。

3.3.5 施工过程中应使用不锈钢材料施工专用工具，严禁与碳钢施工工具混用。

3.3.6 从事节镍双相不锈钢焊接的焊工应持有 CCS 接受的焊工能力认证证书。

3.3.7 节镍双相不锈钢焊接所使用的焊接材料应满足 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 2 章和 CCS《船用产品检验指南》J01 焊接材料的相关要求。

3.3.8 节镍双相不锈钢的焊接材料的选用应充分考虑化学成分、力学性能及耐腐蚀性的要求，推荐的焊接材料见表 3.3.8。

节镍双相不锈钢推荐的焊接材料

表 3.3.8

焊材 级别 母 材 1	母材 2	S32101	S30403 S30408	S31603 S31608	低碳钢和低合金钢
S32101		2205	304L	316L	309

3.3.9 节镍双相不锈钢的焊接应使用认可的焊接工艺，此外还应满足 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 5 章第 4 节的相关要求。

3.3.10 包含节镍双相不锈钢材料结构的分段制作完成后，应及时对液货舱一侧焊缝、缺陷和污染进行打磨和抛光，并应涂石灰水做好防护。

3.3.11 在建造阶段，液货舱内所有脚手架均需冲砂做好油漆或镀锌，与节镍双相不锈钢接触位置应采用木头或者橡胶保护。

3.3.12 对于节镍双相不锈钢货舱与货物的接触面的渗透检测应满足 ISO 5817 质量要求的 B 级或其他相关公认标准。

3.3.13 节镍双相不锈钢液货舱的酸洗、钝化程序应参照制造厂及船舶经营方的相关要求。

附录 A 节镍双相不锈钢的点蚀试验

A1 一般规定

A1.1 节镍双相不锈钢点蚀试验主要用于评价节镍双相不锈钢成品和焊接接头的耐点蚀性能。

A2 试样制备

A2.1 试样应尽可能保留一个原始表面。对于平板，推荐试样尺寸为 $25\text{mm} \times 50\text{mm} \times (1.5\text{mm} \sim 5.0\text{mm})$ ；对于其他形状产品，可选用便于试验的尺寸。对于焊接接头应去除焊缝余高。

A2.2 试样的截取方法一般采用机械加工方法。若采用热加工切割方法，则应用机械方法对断面进一步加工，以消除高温对材料性能的影响。

A2.3 每组试验取 3 个试样（不锈钢成品和焊接接头）。

A2.4 试样表面应用不低于 120 目的不锈钢专用砂纸进行研磨，研磨时应避免过热。

A2.5 测量试样尺寸，并计算总暴露表面积。

A2.6 将试样表面清洗后，用丙酮或无水乙醇除油，并吹干。

A2.7 试样称重，精确到 1mg。

A3 试验程序

A3.1 试验的腐蚀介质应按每 55.1g 分析纯三氯化铁($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)和 6.6g 硝酸钠(NaNO_3)溶于 600ml 蒸馏水的比例，配制成约 5%三氯化铁溶液+1%硝酸钠溶液的混合溶液。

A3.2 将配制好的溶液倒入试验容器中，每平方毫米试样表面积所需的试验溶液量应在 0.2ml 以上，且溶液应浸没试样。将试验容器放入恒温槽中，成品和焊接接头试样均应加热到规定温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 。

A3.3 试验溶液达到规定温度后，把装有试样的玻璃支架放入溶液中，持续浸泡 24h，并在试验容器上盖表面皿等以防止溶液蒸发。试验过程中应保持溶液温度恒定，精确到 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

A3.4 试验结束后，取出试样，清除试样上的腐蚀产物，洗净，干燥后称重(精确到 1mg)。

A4 试验结果

A4.1 在试样表面应无肉眼可见的点蚀。

A4.2 除非另有规定，腐蚀率(即 24 小时浸泡后的单位面积失重)应不大于 10 mdd。具体计算公式如下：

$$CR = \frac{W_1 - W_2}{S} \times 10^4$$

式中：CR —— 腐蚀率，mdd；

W_1 —— 试验前试样的重量，mg；

W_2 —— 试验后试样的重量，mg；

S —— 试样总表面积， mm^2 。

A4.3 试验后试样的微观结构应满足 ASTM 1084-15a 中附录 2 的要求。

A4.4 对于点蚀试验，3 个试样全部通过为合格，若出现 3 个试样中有不超过 1 个不满足要求的可进行复试，复试应取双倍取样，复试结果全部通过为合格。

附录 B 节镍双相不锈钢的工厂认可

B1 通则

B1.1 除本附录另有规定外，节镍双相不锈钢的认可，包括文件资料、型式大纲、试验项目等应符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 8 节和《产品检验指南》W02 轧制不锈钢钢板的相关规定。

B2 型式试验典型产品的选取

B2.1 应对节镍双相不锈钢选取最大厚度产品进行型式试验，如果产品存在冶炼、轧制以及热处理状态的区别，则应分别选取每个不同方式生产的产品进行型式试验。

B2.2 应在铸锭的头部和尾部所对应的位置分别选取型式试验试样，如采用连铸坯，可随机选取钢坯，但应在该钢坯对应轧件的头部和尾部分别取样。

B3 型式试验项目

B3.1 除本节 B2.2.2 腐蚀试验要求外，型式试验应参照 CCS《产品检验指南》W02 轧制不锈钢钢板的要求进行。

B3.2 应对节镍双相不锈钢母材及焊接接头（试样可取自焊接性能试验试板）按 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 2 章第 7 节要求进行晶间腐蚀试验，并按本指南第 2 章和附录 A 的要求进行点蚀试验。