

ICS 47.020.01
CCS U 05

T/CANSI

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 90—2022

船用高锰奥氏体低温钢焊接要求

Technical requirements for high manganese austenitic cryogenic steel welding
for ships

2022-11-22 发布

2022-11-22 实施

中国船舶工业行业协会 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会归口。

本文件起草单位：武汉科技大学、广州文冲船厂有限责任公司、上海交通大学、中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院、合肥通用机械研究院有限公司、招商局金陵鼎衡船舶（扬州）有限公司、台州市五洲船业有限公司、丹阳市凯鑫合金材料有限公司、南通中集太平洋海洋工程有限公司、南京钢铁股份有限公司、江苏华滋能源工程有限公司、湖南三一工业职业技术学院、中船黄埔文冲船舶有限公司。

本文件主要起草人：王红鸿、蔡艳、刘桑、魏华兴、房务农、张富伟、潘海伟、荆正伟、张朝华、黄金祥、华学明、曹亮、张陈、孟庆润、潘海杰、裴囡、邵丹丹、包志刚、涂源根。

船用高锰奥氏体低温钢焊接要求

1 范围

本文件规定了船用高锰奥氏体低温钢（以下简称高锰钢）焊接的一般要求、焊缝设计及焊接坡口型式、焊接工艺评定、焊前准备、焊接方法、焊缝质量、焊接检验以及焊缝返修等技术要求。

本文件适用于采用焊条电弧焊、埋弧焊和钨极氩弧焊焊接方法的船用高锰钢的焊接。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2650 焊接接头冲击试验方法

GB/T 2652 焊缝及熔敷金属拉伸试验方法

GB 9448 焊接与切割安全

GBZ/T 160 工作场所空气有毒物质测定

JB/T 3223 焊接材料质量管理规程

NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测

NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测

NB/T 47013.15 承压设备无损检测 第15部分：相控阵超声检测

ISO 22825 焊缝金属的无损检测 超声波检测 奥氏体钢和镍基合金的焊缝金属的检测
(Non-destructive testing of welds—Ultrasonic testing—Testing of welds in austenitic steels and nickel-based alloys)

《高锰奥氏体低温钢应用指南（2021）》 中国船级社

《材料与焊接规范（2021）》 中国船级社

MSC.1/Circ.1599 低温用高锰奥氏体钢应用临时导则（Interim guidelines on the application of high manganese austenitic steel for cryogenic service） 国际海事组织（IMO）

IACS Rec47 船舶建造维修质量标准（Shipbuilding and Repair Quality Standard） 国际船级社协会（IACS）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 船用高锰奥氏体低温钢 High manganese austenitic steel for cryogenic service

指含锰量为22.5wt.%~25.5wt.%, 在环境温度和工作温度中保持奥氏体相的钢。

注: 其室温屈服强度大于400MPa, -196℃工作温度下横向冲击韧性大于27J。适用于液化天然气运输船及燃料船的建造。

4 一般要求

4.1 人员

从事高锰钢焊接的焊工, 应通过中国船级社焊工资格考试, 并取得相应资格证书后, 方可在有效期内承担合格项目范围内的焊接工作。

4.2 材料

4.2.1 母材为高锰钢, 其规格、化学成分、力学性能等应符合《高锰奥氏体低温钢应用指南(2021)》中对高锰钢的一般规定。

4.2.2 焊接材料包括焊条、埋弧焊丝、钨极氩弧焊丝、焊剂、气体、电极和衬垫等。

4.2.3 焊接材料应有质量证明书, 且符合相应标准或规范的要求。焊条、埋弧焊丝-焊剂组合、钨极氩弧焊丝应经中国船级社认可。

4.2.4 未取得中国船级社认可的焊接材料, 在使用前应按中国船级社有关规定进行认可试验, 试验结果应符合焊接材料所适用的标准相关要求, 且应得到中国船级社认可。

4.2.5 焊接材料及其包装盒中不应含有石棉成分。

4.2.6 钨极氩弧焊宜选用铈钨棒作为电极, 保护气体为氩气(纯度不小于99.99%)。

4.2.7 焊接材料的验收入库等管理应按JB/T 3223的有关规定执行。

4.3 焊接环境

焊接环境应满足以下条件, 当不能满足时, 应采取相应保护或防护措施:

- a) 钨极氩弧焊时, 风速应小于1m/s, 其它焊接方法时, 风速应小于5m/s;
- b) 焊接环境温度宜在-3℃~38℃范围内;
- c) 焊接环境湿度应小于70%。

4.4 焊接设备

4.4.1 焊接设备应保持有效的工作状态, 用以测量电流和电压的仪表应经过校验, 并在有效期内。

4.4.2 氩弧焊设备应具有高频引弧、提前供气、延迟送气以及电流衰减功能。

4.5 焊接安全

焊接作业中对人身、工作区域的防护应符合GB 9448的规定。对焊接过程中产生的有害烟、尘、气体等, 应按照GBZ/T 160规定的方法进行检测。本文件中所使用的焊接材料中锰元素含量为22.5%~25.5%, 在焊接过程中产生大量锰蒸汽, 焊接作业过程中应采用专用防护用具、特种设备进行收集与处理。

5 焊缝设计及焊接坡口型式

5.1 焊缝设计

5.1.1 高锰钢用于运输船制造时，受压元件的焊缝应采用对接焊缝。

5.1.2 高锰钢焊缝宜采取对称分布的设计。

5.2 焊接坡口的型式

5.2.1 焊接坡口设计时应充分考虑实际工艺条件，坡口的型式应按设计图样或满足制造厂工艺的要求，还应得到中国船级社的认可，推荐焊接坡口形式见附录 A。

5.2.2 焊条电弧焊、埋弧焊时的坡口角度不宜过小，除应满足焊接操作外，还应方便根部脱渣。

6 焊前准备

6.1 焊接设备、加热设备及辅助工装应确保工作状态正常，安全可靠。

6.2 焊接材料在使用前，焊条、焊剂等应按产品说明书规定的要求进行烘干；烘干后的焊条可放入保温箱（箱内温度控制在 100℃~150℃）内待用，累积烘干次数应不超过 2 次。

6.3 焊接坡口加工宜采用冷加工法、等离子弧切割或激光切割。坡口表面及周边 20mm 范围内，应将水、锈、油污、氧化渣和其它有害杂质清除干净。

6.4 不应强力组装，定位焊缝的长度及间距应符合按照附录 D 制定的焊接工艺文件的要求。熔入永久性焊缝的定位焊缝所用的焊接材料与正式施焊的焊接材料相同。

6.5 定位焊缝不应有裂纹，否则应清除重焊。熔入永久焊缝的定位焊缝两端应便于填充，否则应修整。

7 焊接工艺

7.1 定位焊

定位焊采用焊条电弧焊，焊接工艺认可应符合附录 B 中的相关规定，焊接工艺参数参照附录 C 中的规定。

7.2 焊接通用要求

手工电弧焊、埋弧焊、钨极氩弧焊的焊接工艺认可应符合附录 B 中的相关规定，推荐的焊接工艺参数参照附录 C 中的规定。

7.3 清根方式

背面清根采用机械加工或碳弧气刨。

8 焊缝质量

8.1 焊接接头表面不应有表面裂纹、未焊透、未熔合、表面气孔、弧坑未填满、夹渣和飞溅物；焊缝与母材应圆滑过渡。

8.2 所有受压元件焊缝推荐进行 100%无损检测，其它对接焊缝应进行至少 10%的超声检测，厚度大于 30mm 以上焊缝，可用超声（UT）或相控阵超声（PAUT）检测方式。无损射线检测及评定按 NB/T 47013.2 规定执行，无损超声检测及评定按 NB/T 47013.3 或 ISO 22825 执行，无损相控阵超声检测及评定按 NB/T 47013.15 执行，合格等级为 I 级。

9 焊缝返修

9.1 受压元件焊缝的返修应做好返修记录，返修记录和焊缝返修通知单应一并提交中国船级社审阅。

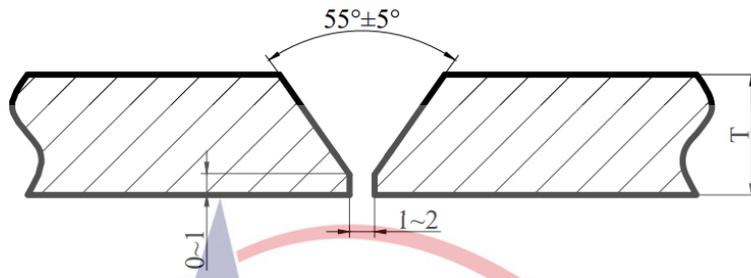
9.2 焊缝返修前应分析缺陷产生的原因，编制返修方案。返修工艺应由焊接工艺评定确定，焊接工艺评定应符合附录 D 的规定。焊缝同一部位的返修次数一般不超过 2 次。若超过 2 次，应按照《高锰奥氏体低温钢应用指南（2021）》中第 5 章，对返修焊接工艺进行工艺评定。返修次数、部位和返修情况应列入质量证明书。

9.3 焊缝返修后应按原图样规定的方法和要求进行无损检测。

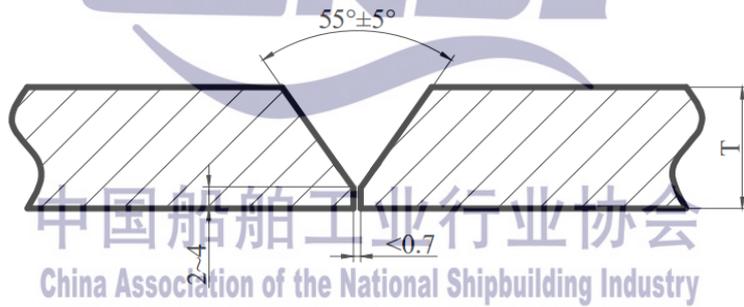
9.4 返修焊缝的性能和质量应满足设计要求。

附录 A
(规范性)
推荐焊接坡口型式

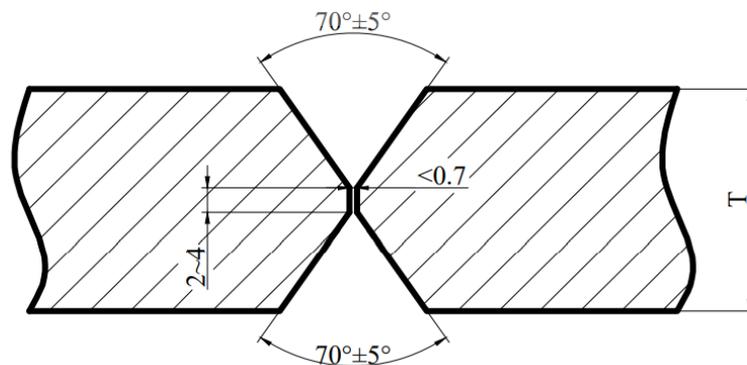
焊接试件坡口按图A.1~图A.3制备。若船厂有要求,可在偏差要求内进行变动,具体偏差范围参照 IACS Rec47。若试件厚度 (T) 大于40mm, 应将坡口尺寸记入试验报告。



图A.1 试件厚度 (T) 为6mm~10mm的焊接试件坡口示意图



图A.2 试件厚度 (T) 为10mm~20mm焊接试件坡口示意图



图A.3 试件厚度 (T) 为25mm~40mm焊接试件坡口示意图

附 录 B
(规范性)
焊接工艺认可

B.1 认可

B.1.1 建立并证明一项焊接工艺规程是否对某一具体用途的适用性是制造者的责任。在开工建造前，制造厂应结合本厂的技术条件和生产经验，制定产品建造焊接工艺汇总表交验船师认可。汇总表中应针对建造中焊缝出现于结构与结点的不同位置、形式和尺寸，列出拟使用的焊接工艺规程的名称和编号。

B.1.2 通常在采用新材料、新工艺时，应进行工艺认可试验，以验证制造厂具备使用该工艺进行焊接作业的适当资质。制造厂应制定详细的焊接工艺计划书。提交认可的焊接工艺计划书应包括下列内容：

- 1) 母材的牌号、级别、厚度和交货状态；
- 2) 焊接材料（焊条、焊丝、焊剂和保护气体）的型号、等级和规格；
- 3) 焊接设备的型号和主要性能参数；
- 4) 坡口设计、加工要求及衬垫材料（如有时）；
- 5) 焊道布置和焊接顺序；
- 6) 焊接位置（平、立、横、仰焊等）；
- 7) 焊接规范参数（电源极性、焊接电流、电弧电压、焊接速度和保护气体流量）；
- 8) 焊前预热和道间温度、焊后热处理及焊后消除应力的措施等；
- 9) 施焊环境：现场施焊或车间施焊；
- 10) 其它有关的特殊要求。

B.1.3 试件的焊接和试样的试验应由验船师在场见证。

B.1.4 试验过程中应将试验用的参数和结果记入焊接工艺试验报告，见证验船师应在试验报告上签署。

B.1.5 制造厂应根据试验结果，编写完整的焊接工艺规程，并附以试验报告一起提交中国船级社认可。

B.1.6 当试验结果不满足相关要求，且复验后不合格时，制造厂应调整焊接工艺计划书，并按更新内容重新进行焊接试验。

B.1.7 当制造厂对已批准的焊接工艺规程进行改动时，应将所有改动的内容提交船级社审核。中国船级社根据改动的具体内容决定是否重做焊接工艺认可试验。

B.1.8 一个制造厂取得的合格的焊接工艺规程适用于具有相同的技术和质量管理条件的车间。

B.2 对接焊工艺认可试验

对接焊工艺认可试验应按照《材料与焊接规范（2021）》的规定进行。

附 录 C
(规范性)
推荐焊接工艺参数

C.1 焊条电弧焊推荐的焊接工艺参数按表 C.1 的规定。

表 C.1 焊条电弧焊的焊接工艺参数

电流类型	焊条直径 mm	适用焊接位置	焊接电流 A	电弧电压 V	焊接速度 cm/min	线能量 kJ/cm
直流	Φ2.5	仰焊	60~100	25~30	9~12	10~15
	Φ3.2	平焊、立焊、横焊	70~110	26~32	8~12	15~18
	Φ4.0	平焊	80~120	24~26	8~11	15~18

C.2 埋弧焊推荐的焊接工艺参数按表 C.2 的规定。

表 C.2 埋弧焊的焊接工艺参数

焊丝直径 mm	焊接电流 A	电弧电压 V	焊接速度 cm/min	线能量 kJ/cm
Φ3.2	300~500	27~33	33~50	15~20
Φ4.0	350~650		29~52	20~25

C.3 钨极氩弧焊推荐的焊接工艺参数按表 C.3 的规定。

表 C.3 钨极氩弧焊的焊接工艺参数

焊丝直径 mm	焊接电流 A	电弧电压 V	焊接速度 cm/min	线能量 kJ/cm
Φ2.5	100~180	11~15	7~10	9~19

附 录 D
(规范性)
焊接工艺评定

D.1 用于下列各类焊缝的焊接工艺应按中国船级社规范的要求进行焊接工艺评定，受压元件母材表面补焊工艺应经中国船级社认可：

- 1) 受压元件焊缝；
- 2) 与受压元件相焊的焊缝；
- 3) 熔入永久焊缝的定位焊缝。

D.2 焊缝位置划定的方法和范围按中国船级社规范中相关规定。

D.3 制造厂焊接工艺评定前应编制预焊接工艺规程，并提交中国船级社审查。提交的预焊接工艺规程应包括下列内容：

- 1) 母材的牌号、级别、厚度和交货状态；
- 2) 焊接材料（焊条、焊丝、焊剂和保护气体）的型号、等级和规格；
- 3) 焊接设备的型号和主要性能参数（必要时）；
- 4) 坡口型式及衬垫材料（若有时）；
- 5) 焊道布置和焊接顺序；
- 6) 焊接位置（平、立、横、仰等）；
- 7) 焊接规范参数（电源极性、焊接电流、电弧电压、焊接速度和保护气体流量）；
- 8) 道间温度、焊后消除应力的措施等；
- 9) 其它有关的特殊要求。

D.4 试板在制备时，应使板材轧制方向平行于焊接方向。

D.5 试件的施焊与试验等过程的见证应满足中国船级社要求。

D.6 试件的取样要求应按船级社规范的要求；试验用设备应经过法定计量校验且在有效期内，检测机构还应得到验船师的认可。

D.7 对接焊接工艺评定试验项目和要求应满足中国船级社规范要求。

D.8 焊接工艺评定试验的合格指标按照 IMO MSC.1/Circ.1599 和《高锰奥氏体低温钢应用指南导则（2021）》执行，试样取样及试验按照 GB/T 2652、GB/T 2650 及如下要求执行：

- 1) 熔敷金属的拉伸试验选用棒样，拉伸试验温度为室温，拉伸试验规定按表 D.1。熔敷金属夏比 V 型缺口冲击试样取在熔敷金属中心，冲击试样取在距试板上表面 2 mm 的位置，冲击试验规定按表 D.1。试验温度为-196℃。冲击试样取三个，三个冲击吸收能量的平均值不小于表 D.1 中规定，只允许有一个值低于规定值，且不应小于 27J；

表 D.1 熔敷金属力学性能

抗拉强度 (R _m) MPa	屈服强度 (R _{eL}) MPa	伸长率 (A) %	-196℃冲击功 J
≥660	≥400	≥22	≥34

- 2) 焊接接头的拉伸试验选用全厚度试样，拉伸试验温度为室温，拉伸试验规定见表 D.2。焊接接头的夏比 V 型缺口冲击试验温度为 -196°C ，冲击试样取在距试板上表面 2mm 位置；当钢板厚度大于 30mm 时，需再加一组 T/2 (T 为试样厚度) 位置冲击试验。热影响区缺口位置选择 (FL+0) mm、(FL+1) mm、(FL+2) mm、(FL+3) mm、(FL+5) mm 位置 (FL 为熔合线的缩写)。冲击试验规定按表 D.2，冲击试样取三个，三个冲击吸收能量的平均值不小于表 D.2 中规定，允许且只允许有一个值低于平均值，且不应小于 27J；

表 D.2 焊接接头力学性能

抗拉强度 (R_m) MPa	-196°C 冲击功 J	冲击试验缺口位置 mm
≥ 660	≥ 34	焊缝金属中心、熔合线 FL+1、FL+2、FL+3、FL+5

- 3) 焊接接头弯曲试验温度为室温，试样尺寸及规定按表 D.3。弯曲试样弯曲到表 D.3 规定的角度后，其拉伸面上的焊缝金属和热影响区内沿任何方向不应有单条长度大于 3 mm 的开口缺陷。试样焊缝金属的棱角开口缺陷可不计，但由未熔合、夹渣或其它内部缺陷引起的棱角开口缺陷长度应计入。

表 D.3 焊接接头弯曲试验尺寸

试样厚度 mm	弯心直径 mm	支座距离 mm	弯曲角度 $^{\circ}$
10	40	63	180

D.9 任一试样的试验结果不合格时，可向中国船级社提出复试申请。

D.10 制造厂应妥善保存焊接工艺评定报告档案至其失效为止。