

船舶焊接手册

《船舶焊接手册》编写委员会 编

国防工业出版社

船舶焊接手册

《船舶焊接手册》编写委员会 编

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

船舶焊接手册/《船舶焊接手册》编写委员会编. —北京:国防工业出版社,1995.8

ISBN 7-118-01438-9

I. 船… II. 船… III. 造船-焊接工艺-手册 IV. U671.8-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 02551 号

705

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 52½ 1221 千字

1995 年 8 月第 1 版 1995 年 8 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:59.60 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

提高焊接技術
水平,促進船舶工業技
術進步,更好地為中國
和世界航運服務!

王榮生

一九九五年元月

《船舶焊接手册》编审委员会

主 任	李培昌				
副主任	赵忠义	方志良	张 义		
委 员	娄玉梅	陈听梁	周业基	水 澄	邵清廉
	忻鼎乾	王继铭	黄家华	陈国权	沈世瑶
	王济东	周国胜	姜思荣	解洪成	宋圣扬
	王华北	张 炯			

《船舶焊接手册》编写委员会

主 编	陈听梁	沈世瑶		
副 主 编	水 澄	陈国权	忻鼎乾	
参加编写人员	(以姓氏笔划为序)			
	于治水	王孔探	王成尧	王祚基
	王继铭	王献均	刘克非	刘孝曾
	刘秀珍	朱启鸿	孙关根	沈巧玲
	沈迺瑜	宋圣扬	杨泗霖	李标峰
	吴世初	何中南	张 炯	张今教
	张泽灏	邵清廉	陈秀妹	周公佐
	周业基	周浩森	金心溥	赵关福
	高文天	梁桂芳	梅建平	黄家华
	崔文媛	屠汉清	蒋成刚	程 宁
	虞维明	薛雅琴		

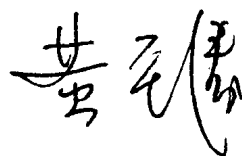
序

我国第一部大型《船舶焊接手册》工具书,在作者的共同努力和各有关单位的大力支持下,今天和大家见面了!

焊接技术在现代船舶工业中占有重要地位。据统计,船体焊接工时占船体建造总工时的30%~40%,焊接成本占船体建造成本的30%~50%。因此,焊接技术水平对提高船舶焊接生产效率、缩短船舶建造周期、降低成本、提高企业竞争能力具有举足轻重的作用。

船舶行业于50年代初期首先引进了埋弧自动、半自动焊接技术。继此之后,在重力焊、CO₂气体保护半自动焊、下行焊、各种衬垫单面焊、气保护垂直自动焊等高效焊接技术的应用和研究方面进行了不懈的努力,取得了较好成效。特别是1982年以来的10多年中,随着改革、开放的不断深入,船舶焊接技术获得了飞跃发展,各项高效焊接技术不仅成功地应用于国内外远洋船舶、海洋平台、船用设备的制造,而且广泛应用于冶金、石油、化工、水利、电力等大型设备,以及桥梁、高层建筑钢结构等方面。船舶工业总公司系统,1993年焊接高效化率已从1982年的15%提高到62%以上,其中自动化比例达到33%,焊接生产效率提高了1倍多,从而促使造船产量也从42.32万吨提高到132.52万吨,为船舶工业的发展和国民经济建设做出了较大贡献。

为了总结船舶高效焊接技术研究开发和推广的经验,进一步推动焊接技术进步,我们遵循科学、先进、实用的原则,组织编写了这部《船舶焊接手册》,从焊接工艺、设备、材料和管理等方面对船舶焊接技术作了详细介绍。期望本书出版对推动我国焊接技术进步将会起到应有的作用。



一九九三年一月

前 言

建国 40 多年来,我国船舶焊接技术经历了技术引进、科研开发、推广应用、创新提高等几个不同的发展阶段,特别是改革开放以来,扩大了与国外的交流与合作,船舶焊接技术获得了较快发展。目前,中国船舶工业总公司所属船厂的焊接高效化率达到 62% 以上,对提高生产效率、缩短周期、降低成本等均取得了显著成效。

为了反映现代船舶焊接技术水平,总结和推广船舶焊接技术加速科技成果转化为生产力,中国船舶工业总公司于 1983 年向原六〇一所(现中国船舶工业总公司综合技术经济研究院)下达了编写《船舶焊接手册》任务。本手册的编写宗旨是科学、先进、实用。为了较系统、全面地反映当前船舶焊接技术水平,较好地贯彻近年来颁布实施的《标准法》、《计量法》等,召开多次编写和编审会议,克服重重困难,进行反复修改和完善,最后于 1994 年 11 月定稿。

本手册是我国船舶焊接领域第一部工具书,包括船舶焊接基本概况、焊接结构设计、性能计算、船用金属材料、焊接材料、焊接与切割设备、焊接工艺方法、特种船舶的焊接、锅炉压力容器的焊接、船舶焊接质量管理、工艺认可试验与检验,以及劳动保护,共分 16 章,约 120 多万字,用文、图、表格形式对造船焊接生产全过程作了实用性介绍。编写工作历时 11 年,得到了有关船厂、设备厂、高校、研究所等单位的近百名焊接专家和有关领导同志的大力支持或参与,在此,谨向参加此项工作或提供各种资料和帮助的单位和个人致以衷心的感谢!

中国船舶工业总公司王荣生总经理为本手册题词,中国船舶工业总公司黄平涛副总经理为本手册写序。

本手册也适合机械制造、冶金、水利、电力、交通、建筑等行业的人员参考。本手册由陈听梁、陈国权、忻鼎乾同志承担全书的统稿工作。

由于水平有限,手册内容涉及范围较广,不足或谬误之处恳请广大读者批评指正。

《船舶焊接手册》编写委员会

目 录

第一章 船舶焊接基本知识	(1)
第一节 船舶焊接常用符号	(1)
一、船舶设计常用符号	(1)
二、焊接常用符号	(1)
第二节 船舶的分类与结构形式	(5)
一、民用船舶的分类	(5)
二、军用船舶的分类	(7)
三、船体结构形式	(10)
第三节 焊接分类和特点	(13)
一、焊接分类	(13)
二、焊接特点	(14)
第二章 船体焊接结构设计	(15)
第一节 船体焊接结构设计的注意事项	(15)
一、船体焊接结构的损伤及其原因	(15)
二、船体焊接结构设计时应注意的问题	(17)
第二节 船体结构用钢材的选用	(22)
一、船体结构使用钢材的规定	(22)
二、使用高强度钢的有关规定	(24)
第三节 船体焊接接头设计	(25)
一、焊接接头的型式和种类	(25)
二、各种焊接接头在船体结构中的应用	(36)
三、船体重要部位的焊接接头	(47)
第四节 焊接工艺成本的估算	(48)
一、焊接材料消耗量概算	(48)
二、船舶产品焊接材料定额考核标准	(50)
三、焊接材料总消耗精确计算	(51)
第三章 焊接接头的性能与计算	(55)
第一节 焊接接头的静载强度和性能	(55)
一、概述	(55)
二、焊接接头的设计要点	(57)
三、焊接接头的强度计算	(59)
四、焊接接头的应力分布	(72)
第二节 焊接结构的脆性破坏	(74)

一、焊接结构的破坏情况	(74)
二、金属材料的断裂特征及断裂形貌	(75)
三、影响断裂的因素及防止措施	(76)
四、材料断裂的试验方法	(80)
五、脆性断裂的控制	(91)
第三节 焊接接头的疲劳性能	(92)
一、金属疲劳的概念	(92)
二、疲劳破坏方式和特征	(96)
三、焊接接头的疲劳性能及其控制	(98)
第四章 船用金属材料	(100)
第一节 船用钢铁材料	(100)
一、船体用结构钢	(100)
二、锅炉和受压力容器用钢	(111)
三、低温韧性钢	(117)
四、奥氏体不锈钢	(117)
五、Z 向钢	(117)
六、复合钢板	(118)
七、锻钢件	(119)
八、铸钢件	(122)
九、铸铁件	(126)
十、钢管	(127)
第二节 有色金属材料	(130)
一、铝及铝合金	(130)
二、铜及铜合金	(133)
附录 常用材料的国家标准	(135)
第五章 焊接材料	(138)
第一节 焊条	(138)
一、碳钢焊条	(138)
二、低合金钢焊条	(139)
三、不锈钢焊条	(146)
四、堆焊焊条	(151)
五、铜及铜合金焊条	(158)
六、铝及铝合金焊条	(158)
七、铸铁焊条	(158)
第二节 焊丝	(161)
一、焊接用钢丝	(161)
二、二氧化碳气体保护焊用钢焊丝	(163)
三、碳钢药芯焊丝	(165)
四、铸铁焊丝	(167)
五、铜及铜合金焊丝	(168)
六、铝及铝合金焊丝	(168)
第三节 埋弧焊用焊剂	(170)

一、碳素钢埋弧焊用焊剂	(170)
二、低合金钢埋弧焊用焊剂	(171)
第四节 气体和钨极	(173)
一、气体	(173)
二、钨极	(181)
第五节 焊接材料的选用	(182)
一、焊接材料的一般选用原则	(183)
二、船体结构焊接材料的选用	(183)
附录一 焊条牌号编制原则及方法	(191)
附录二 焊丝牌号编制方法	(200)
附录三 埋弧焊剂编制方法	(206)
第六章 船舶焊接、切割设备及装置	(211)
第一节 电弧焊与电渣焊设备	(211)
一、弧焊电源	(211)
二、埋弧焊机	(229)
三、气体保护电弧焊机	(237)
四、等离子弧焊机	(249)
五、电渣焊机	(252)
第二节 气焊、切割与碳弧气刨设备	(254)
一、气焊和气割设备	(254)
二、其他切割设备	(273)
三、碳弧气刨设备	(275)
第三节 焊接夹具与装置	(277)
一、装焊夹具	(277)
二、焊接变位机械	(281)
三、焊件自动焊接装置	(297)
第四节 焊接、切割设备使用、维护及常见故障排除	(300)
一、焊接与切割设备的选择	(300)
二、焊接设备的使用、维护和常见故障及其排除	(303)
三、气焊、气割设备的使用、维护和常见故障及其排除	(311)
第七章 船舶焊接方法及其工艺	(318)
第一节 常用焊接方法	(318)
一、手工电弧焊	(318)
二、埋弧焊	(326)
三、气焊	(335)
四、钨极氩弧焊	(343)
五、堆焊	(350)
第二节 高效焊接方法	(356)
一、高效手工电弧焊	(357)
二、重力焊	(360)
三、高效埋弧自动焊方法	(362)

四、垂直气电焊	(370)
五、电渣焊	(372)
六、二氧化碳气体保护焊	(378)
七、Ar-CO ₂ 混合气体保护焊	(390)
第三节 钎焊	(392)
一、钎焊的特点	(393)
二、钎焊原理	(393)
三、钎焊的种类与方法	(394)
四、钎焊方法的选择	(396)
五、钎焊工艺	(397)
六、钎焊常见缺陷产生的原因	(401)
第四节 其他焊接方法	(401)
一、水下焊接(水下电弧焊)	(401)
二、螺柱焊	(405)
三、爆炸焊	(412)
第八章 焊接应力与变形	(416)
第一节 焊接残余应力	(416)
一、内应力的一些基本概念	(416)
二、焊接残余应力产生的原因	(416)
三、焊接残余应力的分布	(417)
四、焊接残余应力的影响	(423)
五、焊接残余应力的测试方法	(425)
第二节 防止和消除焊接残余应力的措施	(428)
一、消除焊接残余应力的目的与必要性	(428)
二、预防焊接残余应力的措施	(428)
三、消除焊接残余应力的措施	(430)
第三节 焊接残余变形	(431)
一、引言	(431)
二、焊接残余变形的分类及其产生原因	(432)
三、焊接残余变形的估算	(434)
第四节 焊接残余变形的控制及其矫正方法	(446)
一、预防、减少焊接残余变形的措施	(446)
二、焊接残余变形的矫正消除法	(454)
第九章 船体焊接工艺	(461)
第一节 焊接工程管理	(461)
一、概述	(461)
二、船体焊接结构设计的工程管理	(461)
三、焊接施工管理	(463)
第二节 造船焊接工艺	(467)
一、划分船体分段的原则	(467)
二、船体分段的编号	(467)
三、船体焊缝位置布置的要求	(467)

四、焊接顺序	(469)
五、船体焊接工艺规程编制的原则	(473)
六、船体焊接工艺的规定	(474)
七、焊接方法应用的部分实例	(475)
第三节 船舶焊接施工中的若干问题	(479)
一、交叉接头的焊接	(479)
二、下雨时的焊接	(480)
三、低温环境中的焊接	(480)
四、不同强度等级钢材的焊接问题	(481)
五、酸性焊条手工焊与埋弧自动焊混合使用	(481)
第十章 切割和碳弧气刨工艺	(482)
第一节 气割	(482)
一、气割的原理及应用范围	(482)
二、气割面的形成和质量	(482)
三、气割用气体与火焰	(483)
四、气割工艺	(485)
第二节 等离子弧切割	(489)
一、等离子弧的形成和类型	(489)
二、等离子弧切割机理及特点	(489)
三、等离子弧切割工艺	(490)
四、新型等离子弧切割	(493)
第三节 水下切割	(495)
一、水下氧弧切割	(495)
二、水下氧燃气切割	(496)
三、水下切割的安全技术	(497)
第四节 振动切割	(498)
一、不锈钢的振动切割	(498)
二、铸铁的振动切割	(499)
第五节 碳弧气刨	(499)
一、碳弧气刨的原理、特点和应用范围	(499)
二、碳弧气刨工艺	(500)
第十一章 船用材料的焊接	(503)
第一节 金属材料的焊接性及钢材焊接性试验方法	(503)
一、焊接性的概念	(503)
二、焊接裂纹	(503)
三、焊接热裂纹产生的原因及其防止措施	(504)
四、焊接冷裂纹产生的原因及其防止措施	(508)
五、层状撕裂及其防止措施	(513)
六、钢材焊接性试验方法	(515)
第二节 碳钢的焊接	(526)
一、低碳钢的焊接	(527)
二、中碳钢和高碳钢的焊接	(527)

三、碳钢焊接材料的选择	(528)
第三节 低合金结构钢的焊接	(529)
一、低合金结构钢的焊接特点	(530)
二、低合金结构钢的焊接工艺	(531)
三、船用低合金结构钢焊接接头力学性能	(533)
四、焊接材料的选择	(533)
第四节 耐热钢的焊接	(537)
一、珠光体耐热钢的焊接	(537)
二、马氏体耐热钢的焊接	(539)
三、铁素体耐热钢的焊接	(539)
四、奥氏体耐热钢的焊接	(540)
第五节 低磁钢的焊接	(541)
一、低磁钢的焊接特点	(541)
二、焊接方法和焊接材料的选用	(542)
三、焊接工艺	(542)
四、焊缝射线探伤标准	(543)
五、低磁铸钢的焊接和补焊	(543)
第六节 防弹钢的焊接	(544)
一、防弹钢的焊接特点	(544)
二、焊接方法和焊接材料	(544)
三、焊接工艺	(544)
第七节 耐蚀钢的焊接	(545)
一、低合金耐蚀钢的焊接	(545)
二、耐蚀不锈钢的焊接	(546)
第八节 低温钢的焊接	(549)
一、低温钢的焊接特点	(549)
二、焊接方法和焊接材料的选择	(551)
三、焊接工艺	(552)
第九节 船用铝合金的焊接	(552)
一、铝合金的焊接性	(553)
二、铝合金的焊接方法及焊接工艺	(555)
三、铝合金焊接接头的性能	(559)
四、全焊结构铝船建造实例	(562)
第十节 铜及其合金的焊接	(565)
一、铜及其合金的焊接特点	(565)
二、铜及其合金的焊接	(566)
三、船舶铜合金螺旋桨的补焊	(572)
第十一节 钛及钛合金的焊接	(576)
一、钛及钛合金的焊接特点	(576)
二、钛及钛合金的焊接方法	(577)
三、钛合金应用实例	(582)
第十二节 异种金属的焊接	(584)

一、异种钢的焊接	(584)
二、铜与钢及其复合板的焊接	(597)
三、钛与钢及其复合板的焊接	(598)
四、铝与钢及其复合板的焊接	(599)
第十二章 特殊船舶的焊接	(601)
第一节 海洋工程结构	(601)
一、海洋工程结构的发展和现状	(601)
二、海洋工程结构的分类	(601)
三、海洋工程结构的特点与结构件分类	(602)
四、钢材和焊接材料	(602)
五、焊接工艺	(608)
六、焊接检验	(619)
第二节 液化天然气船和液化石油气船	(620)
一、液化天然气船和液化石油气船的种类和特点	(620)
二、液化天然气船和液化石油气船容器系统材料的选择	(624)
三、低温装置的焊接	(627)
四、铝合金球罐的焊接工艺	(634)
五、薄膜式液舱——波纹隔板的焊接	(639)
第十三章 船用锅炉、压力容器及柴油机机座和机架的焊接	(643)
第一节 船用锅炉、压力容器的概述	(643)
一、船用锅炉、压力容器的使用概况	(643)
二、船用锅炉、压力容器的结构特点	(644)
三、几种船用锅炉、压力容器结构型式和主要参数	(645)
第二节 船用锅炉、压力容器用钢材	(652)
一、对船用锅炉、压力容器用钢材的要求	(652)
二、船用锅炉、压力容器常用钢材的性能	(653)
三、《钢船规范》与国家标准以及国外船级社所规定的锅炉、压力容器用钢的比较	(654)
第三节 船用锅炉、压力容器用焊接材料	(655)
一、焊接材料的选用原则	(655)
二、常用焊接材料的选用	(656)
第四节 船用锅炉、压力容器的焊接	(657)
一、焊接特点	(657)
二、焊接方法	(658)
三、焊接认可	(658)
四、焊前准备	(658)
五、焊接工艺	(661)
六、焊后热处理	(666)
七、对锅炉、压力容器受压件的无损探伤规定	(666)
第五节 船用柴油机机座和机架的焊接	(667)
一、概述	(667)
二、机座和机架结构简析	(669)
三、机座和机架制造工艺流程	(675)

四、机座和机架的焊接	(681)
五、CO ₂ 气保护焊在机座和机架焊接中的应用	(684)
第十四章 船舶焊接质量管理	(688)
第一节 焊接质量管理体系	(688)
一、质量和质量管理	(688)
二、质量管理项目	(689)
三、质量管理的组织体制	(691)
第二节 船用钢材的验收	(694)
一、船用钢材质量的检验原则和规则	(694)
二、对船用钢材力学性能的检验	(694)
第三节 焊接材料管理	(697)
一、焊接材料的验收	(697)
二、焊接材料的库存管理	(698)
三、焊接材料的吸湿影响及干燥管理	(698)
四、焊接材料的再干燥	(702)
第四节 船用焊接材料的认可试验	(703)
一、船用焊接材料的认可概述	(703)
二、船用焊接材料的级别及其力学性能的认可	(703)
三、船用焊接材料的认可试验	(705)
四、各主要国家船级社对焊接材料的认可标准	(712)
第五节 焊接工艺认可试验	(715)
一、焊接工艺认可试验的意义和目的	(715)
二、焊接工艺认可试验的内容及其程序	(716)
三、对接焊和角接焊的认可试验	(718)
四、几个主要国家船级社的焊接工艺认可试验标准	(719)
第六节 焊工培训和焊工考试	(723)
一、焊工培训	(723)
二、焊工考试	(724)
三、各主要国家船级社的焊工考试规则简介	(730)
第十五章 船舶焊接与切割质量检验	(735)
第一节 焊接缺陷	(735)
一、焊接缺陷及其分类	(735)
二、焊接缺陷产生的原因及其对策	(736)
第二节 焊接质量管理和标准	(741)
一、焊接工艺认可	(741)
二、焊接材料管理	(742)
三、焊接设备管理	(744)
四、坡口管理	(744)
五、装配精度管理	(745)
六、焊接施工管理	(746)
七、焊缝表面质量检验和标准	(747)
第三节 无损探伤	(749)

一、无损探伤的目的与意义	(749)
二、X 射线探伤	(749)
三、 γ 射线探伤	(759)
四、超声波探伤	(763)
五、射线探伤和超声波探伤的质量验收标准	(772)
六、磁粉探伤	(779)
七、渗透探伤(着色探伤)	(785)
八、各种无损探伤方法的对比与应用	(788)
第四节 船体的密性检验	(790)
一、充气试验	(790)
二、灌水试验	(790)
三、冲水试验	(791)
四、淋水试验	(791)
五、涂煤油试验	(792)
六、液压试验	(792)
第五节 切割质量检验	(794)
一、割缝分类	(794)
二、割缝表面质量	(794)
第六节 船用锅炉、受压容器焊接检验和标准	(797)
一、锅炉、受压容器的分类	(797)
二、材料	(797)
三、锅炉、受压容器制造厂的认可	(797)
四、锅炉、受压容器的检验	(797)
第十六章 劳动保护和安全技术	(800)
第一节 焊工的劳动保护	(800)
一、焊接劳动卫生特点	(800)
二、焊接烟尘和有害气体	(801)
三、弧光辐射	(806)
四、其他有害因素	(807)
第二节 气焊与气割安全技术	(809)
一、气焊、气割工作的操作规程	(809)
二、操作数控切割机或等离子切割机时应遵守的规则	(810)
第三节 电焊的安全技术	(810)
一、电的危险性	(810)
二、焊接时发生触电事故的原因	(811)
三、电焊的一般安全措施	(812)
四、焊机电源线和焊接电缆的安全要求	(813)
五、焊钳与焊枪安全要求	(813)
六、安全操作	(814)
第四节 特殊焊割作业安全技术	(814)
一、水下焊接与切割	(814)
二、登高焊割作业	(816)

三、燃料容器检修焊补的安全技术	(817)
四、船舶修理中的焊割安全技术	(819)
附录	(820)
船用焊接设备、材料生产厂家介绍	(820)
主要参考文献	(823)