

窄间隙焊接

〔日〕焊接学会 方法委员会 编



机械工业出版社

本书是介绍一种新的焊接方法。本书前部分对窄间隙焊接的特点、应用范围等作了综述,汇总、归纳了目前在日本窄间隙焊接的应用情况,为某些产品选用这一焊接方法的合理性和经济性提供了基础性数据。本书后部分是主要的,各应用厂从生产应用的角度撰写了熔化极气体保护焊、非熔化极气体保护焊、埋弧焊、气电焊、自保护焊和手工焊等 34 种窄间隙焊接方法。对每一种焊接方法均是从原理、设备、材料、工艺参数及应用实例等各方面进行论述,内容丰富并有一定的实用性,很值得借鉴。

本书可供从事焊接工作的科研人员、设计人员及工程技术人员参考。对从事窄间隙焊接的工人也有一定参考作用。

ナロウギャップ溶接

編集 (社)溶接学会溶接法研究委員会

発売元 黒木出版社

1984 年 6 月 20 日初版発行

* * *

窄 间 隙 焊 接

【日】焊接学会 方法委员会 编

尹士科 王振家 合译

张伟昌 校

*

责任编辑:董连仁

封面设计:王 伦

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)
(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32·印张 9 3/8·字数 245 千字

1988 年 7 月北京第一版·1988 年 7 月北京第一次印刷

印数 0,001—6,000·定价:3.60 元

*

ISBN 7-111-00611-9/TG·156

译 者 的 话

“窄间隙焊接”一书是日本焊接学会的焊接方法委员会负责编辑的,书中汇总了1982年12月以前的日本窄间隙焊接技术的发展状况,介绍了气体保护焊、埋弧焊、气电焊、自保护焊和手工焊接等34种窄间隙焊接方法,这些方法各具特点,具有很大的应用和参考价值。

窄间隙焊接方法,是一种高效率、高质量的焊接方法,是今后焊接技术发展的主要方向之一,已在国内外焊接界引起了广泛的兴趣。本书的出版发行,将对我国焊接技术的发展,特别是对窄间隙焊接方法的开发与应用起到促进作用。

本书的总论一章是窄间隙焊接方法的概述,提供了窄间隙焊接应用方面的社会调查情况,对各部门、各行业、各种产品选择这一焊接方法的合理性和经济性提供了基础性数据。分论一章主要由各工厂撰写,对每一种方法都作了具体说明,适于国内各工厂参考,并为开发新的窄间隙焊接方法开阔了思路,提供了线索。

本书介绍了窄间隙焊接用设备、材料、焊接工艺参数及施工情况,对从事这方面工作的工程技术人员、科研人员及施工工人都有一定的参考价值。

本书由尹士科(第一章、第二章第一、二节)、王振家(第二章第三、四、五、六节)合译,由张伟昌审校。

限于翻译及业务水平,译文必然还有许多不足和错误,望读者批评指正。

译 者

推 荐 书

如果说 1970 年日本电弧焊技术的顶点是单面自动焊接的话,那末,在 1980 年就是窄间隙焊接。窄间隙焊接的想法和研究虽不新鲜,但是,确实使人感到各式各样的窄间隙焊接之花在日本同时开放。这一点在欧洲好像是不可思议的。1983 年在英国召开的“日本焊接技术”讨论会上,就窄间隙焊接的开发、研究课题的背景等提出了若干问题,并进行了讨论。

在日本,焊接技术人员、研究人员与生产实际相结合。另外,炼钢厂重视造船方面的问题,造船技术人员关心钢材的开发,这些彼此挂钩的情况是与英国不同的。

近来,焊接学会的焊接方法研究委员会规划并编辑了“窄间隙焊接方法”指南,这很适时,很有成绩。本书的各位执笔者都是研究开发各种焊接方法、并使之得到应用的专家,其它人员也付出了辛勤劳动。这本书除了在日本发行外,还要译成英文,将对国际焊接界起到大的作用。对于这本珍贵的技术指南的完成,由衷的表示祝贺,对编辑委员会的辛勤劳动表示感谢。

一九八四年三月

益本功(名古屋大学教授)

日本焊接学会第 XII 委员会主席

国际焊接学会第 XII 委员会副主席

序 言

窄间隙焊接在日本是已经得到广泛应用的焊接技术。1982年12月,日本焊接学会焊接方法研究委员会将日本的窄间隙焊接技术现状进行了汇集,计划以技术指南丛书形式出版,向国内外发行。为此,在焊接方法研究委员会内部设立了技术指南编辑分委会,着手书的编辑、出版工作。

首先,编辑分委会通过焊接方法研究委员会与开发和应用窄间隙焊接方法的各个企业联系,委托他们撰写窄间隙焊接在各个企业的应用现况,结果搜集了由各个企业编写的34篇报告(到1983年10月)。为了编辑的需要,由中立委员对各篇报告的内容进行审查,定出各篇的排列顺序。其次,参考各篇报告的内容,以企业方面的成员为主,会同一部分有关人员编写出总论,以起到窄间隙焊接方法指南的作用。

将总论与各篇报告汇总在一起成为本书。从总体构成看,总论在前,单篇报告在后,并且按焊接方法分组编排。

基于上述编写方法,读者可先读总论,对其中感兴趣的某些焊接方法,再从后面的有关报告中仔细推敲。

该书如能对国内外的焊接技术的发展起到某种作用的话,将使编辑委员会感到欣慰。

最后,在本书发行之际,对给予大力协助的名古屋大学益本功教授(国际焊接学会第XII委员会副主席)、妹岛五彦焊接方法研究委员会委员长、编辑分委会各成员以及各篇报告的执笔者表示感谢。另外,在本书的汇总方面,牛尾诚夫副教授(编辑分委会干事)做了大量工作,我在此表示谢意。

1984年2月

窄间隙焊接指南编辑分委会委员长

焊接方法研究委员会副委员长

松田福久(大阪大学教授)

目 录

第一章 总论	1
1. 绪言	1
2. 窄间隙焊接方法及其特征	3
3. 窄间隙焊接方法的应用现状	11
4. 1981年“日本现状”的调查结果	19
5. 结论	21
参考文献	22
第二章 焊接方法分论	23
第一节 MIG 和 MAG 焊接方法(GMA 方法)	23
1. BHK 窄间隙弧焊方法	23
2. 窄间隙 GMA 平焊焊接方法(麻花焊丝弧焊方法)	32
3. 折曲焊丝式窄间隙 MAG 焊接方法的开发与应用	
三菱重工业有限公司	40
4. 窄间隙平焊弧焊方法(LOOPNAP 方法)	
日铁焊接工业有限公司、新日本制铁有限公司	49
5. 旋转电弧窄间隙焊接方法	57
6. 高速旋转电弧窄间隙焊接方法	64
7. 交流 MIG 窄间隙焊接方法	73
8. 高效 GMAW 焊接方法(SMAC 方法)	
住金焊接工业有限公司	80
9. 窄间隙焊接方法(NOW-B 和 NOW-HB 方法)	
巴组铁工有限公司、巴组技术开发有限公司	90
10. 窄间隙自摆 CO ₂ 立焊方法(NOW-VB 方法)	
巴组铁工有限公司、巴组技术开发有限公司	98
11. 窄间隙 GMA 横焊方法(NH 方法)	103
12. 窄间隙 GMA 多丝横焊方法(NHT 方法)	109
13. 窄间隙横焊方法(PAW-HB 方法)	120
14. 铝合金窄间隙 GMA 焊接方法(NHA 和 NVA 方法)	
神户钢厂	132

15. 压力水管现场窄间隙自动焊接方法 ……日本钢管工程有限公司…	144
16. 窄间隙焊接方法在铁路车辆方面的应用 ……	
日本车辆制造有限公司 ……	149
17. 微型计算机控制的窄间隙自动横焊装置 ……片山铁工有限公司…	157
第二节 TIG 焊接方法(GTA 方法) ……	165
18. 窄间隙 HST 焊接方法……巴布科克联营有限公司…	165
19. 高效率窄间隙 TIG 焊接方法(MC-TIL 方法)……神户钢厂…	172
20. 窄间隙热丝 TIG 焊接方法的开发与应用 ……	
三菱重工业有限公司 ……	179
21. 窄间隙全位置自动TIG焊接方法(AAW-ST 方法) ……	
酒井铁工有限公司 ……	184
第三节 埋弧焊接方法……	192
22. 窄间隙细丝埋弧焊接方法 ……石川岛播磨重工业有限公司…	192
23. 窄间隙埋弧焊接方法(KNS 方法)……神户钢厂…	196
24. 窄间隙埋弧焊接方法(SUBNAP 方法) ……	
日铁焊接工业有限公司 ……	203
25. 采用埋弧焊接方法的窄间隙焊接 ……日本钢厂…	214
26. 窄间隙埋弧焊接方法(SNAF 方法) ……住友焊接工业有限公司…	222
27. 窄间隙单面埋弧焊接方法(同时采用自动 TIG 焊接方法) ……	
石川岛播磨重工业有限公司 ……	231
28. 局部焊透角接头的窄间隙焊接 ……日本桥梁有限公司…	236
第四节 气电焊接方法 ……	243
29. 窄间隙立向气电焊接方法(SEGARC 方法)……神户钢厂…	243
30. 窄间隙立向气电焊接方法(VEGA-VB 方法, 细丝气电焊) ……	
日铁焊接工业有限公司 ……	253
31. 钢筋的窄间隙气电焊接方法 ……日本钢管工程有限公司…	260
第五节 自保护电弧焊接方法 ……	266
32. 横向窄间隙自保护电弧焊接方法……	
新日本制铁有限公司 日铁焊接工业有限公司 ……	266
第六节 手工电弧焊接方法 ……	276
33. 钢轨的窄间隙焊接方法(强制成形电弧焊方法) ……神户钢厂…	276
34. 钢轨的窄间隙强制成形电弧焊方法 ……日本钢管工程有限公司…	283
附录 ……	292

第一章 总 论

(日本窄间隙焊接现状综述)

1. 绪言

近年来,随着焊接结构的大型化,要求采用越来越厚的钢板和得到越来越好的焊接接头性能。窄间隙焊接方法由于可大幅度地减少坡口断面积,在不太大的焊接线能量下,可以实现高效焊接,因而被作为一种经济的、能够得到优良机械性能的、变形小的优质焊接接头的焊接方法,广泛应用于各种大型重要结构。

1981年1月,以日本焊接学会第十二委员会和焊接学会焊接方法研究委员会为中心,在日本焊接协会压力容器委员会施工分会、建设分会、船舶结构海岸构造物分会的协助下,对窄间隙焊接方法的发展过程、方法概要、应用状况,存在问题等进行了调查,并发表了调查报告^[1]。这次日本焊接学会焊接方法研究委员会在各参加单位的协助下,汇集出版了日本窄间隙焊接方法指南,内容详细、范围广泛,供各领域的焊接工作者参考。

(a) 术语和定义

“窄间隙焊接”(NGW)这个词,是1966年首次使用的^[2],此后,在世界范围内的焊接文献中广泛使用起来。但是,对已往坡口较深、坡口角度稍小的厚板埋弧焊接、电渣焊接等也都叫“窄间隙焊接”,故产生了混乱和误解。

V. Y.马林从许多刊物中整理出了窄间隙焊接的下述特征^[3]: (1)是利用了现有的弧焊方法的一种特别技术;(2)多数采用I形坡口,坡口角度大小视焊接中的变形量而定;(3)多层焊接;(4)自下而上的各层焊道数目相同(通常为1或2道);(5)采用小或中等线能量进行焊接;(6)有全位置焊接的可能性。

日本压力容器研究委员会施工分会第八专门委员会曾审议了

窄间隙焊接的定义,并作了如下规定:窄间隙焊接是把厚度 30 mm 以上的钢板,按小于板厚的间隙相对放置开坡口,再进行机械化或自动化弧焊的方法(板厚小于 200 mm 时,间隙小于 20 mm;板厚超过 200 mm 时,间隙小于 30 mm)。

本书参考了过去的定义,将根据电弧焊接的各种窄间隙焊接方法作以汇集和说明。

(b) 窄间隙焊接的历史

1963 年 12 月,在“铁时代”杂志上发表了由美国巴特尔研究所(Battelle)开发的窄间隙焊接方法。此后,各国都很关心这种先进的焊接方法,并开展了大量的试验研究工作(此前更早也进行过窄间隙焊接的研究^[4])。1966 年日本发表了采用 $\phi 3.2$ mm 焊丝和较大电流的窄间隙 GMA 方法焊接锅炉及其管接头的应用实例^[5]。约从 1975 年起,通过改进焊机和新的设想而在各公司中积极地进行焊接方法和焊接材料的开发工作,并相继得到了应用,如图 1 所示。

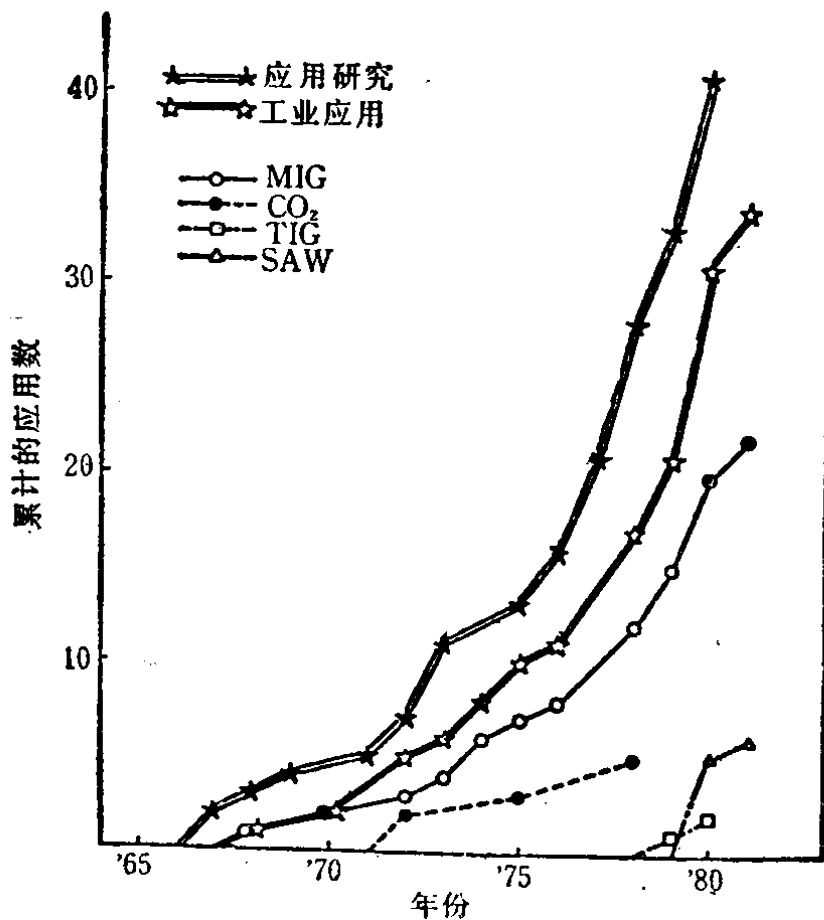


图1 窄间隙焊接方法的应用状况

2. 窄间隙焊接方法及其特征

(a) 窄间隙焊接方法的分类

根据各公司提供的资料，窄间隙焊接方法有如下几种：气体保护弧焊方法，简称气保焊；埋弧焊接方法(SAW)；气电弧焊方法(EGW)；采用焊条的手工焊接方法(MMAW)；自保护电弧焊接方法(FCAW)等。

图 2 示出了窄间隙焊接方法的分类，其中有关利用气体保护弧焊方法的报告比较多，占总数的 66%，埋弧焊的占 18%，气电焊的占 8%，手工焊的占 5%。

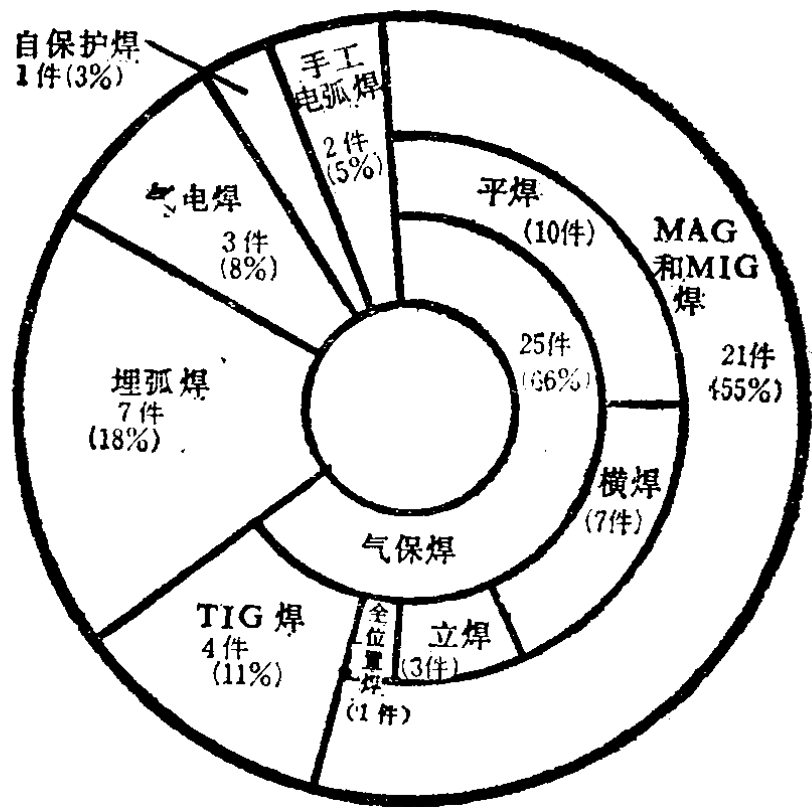


图 2 窄间隙焊接分类

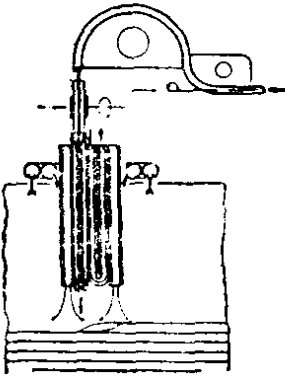
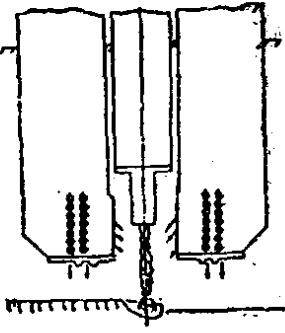
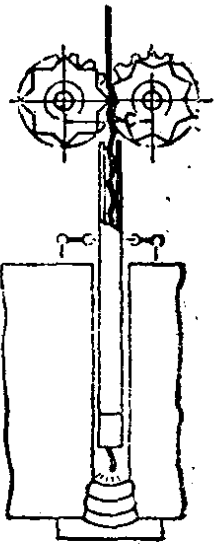
在气体保护弧焊方法中，MAG 与 MIG 焊接方法(GMA 方法)最多(保护气体为 CO₂, Ar-He, Ar-CO₂)，占总数的 55%；TIG 焊接方法(GTA 方法)占剩余的 11%。在 GMA 焊接方法中，多数报告是介绍平焊和横焊窄间隙焊接的。

(b) 窄间隙焊接的原理及特征

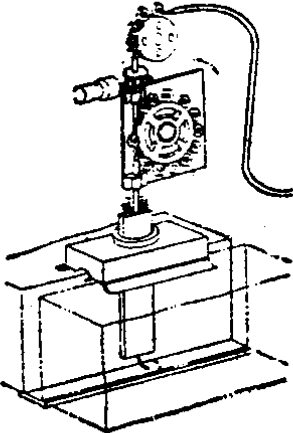
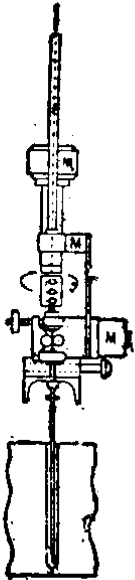
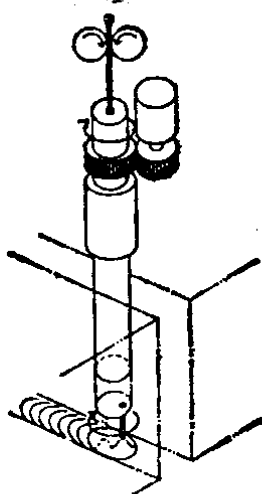
(1) 窄间隙气体保护弧焊方法

1) 窄间隙 MAG 及 MIG 焊接方法。窄间隙 GMA 焊接方法

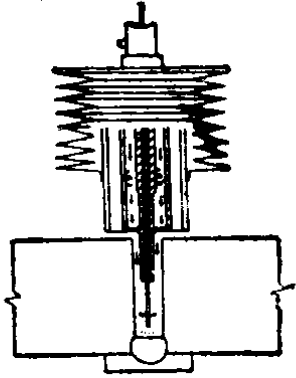
表1 MAG方式平

焊接方法		1	2	3
机 构				
原 理		向坡口宽度方向连续送入波浪形弯曲焊丝,使电弧摆动	利用两根绕在一起的焊丝(麻花焊丝)使电弧旋转	利用弯曲成形齿轮弯曲焊丝,使电弧摆动
焊接材料	焊丝种类	实芯	实芯	实 芯
	焊丝直径(mm)	1.2	2.0×2	1.2
	保护气体	Ar-CO ₂ (20%)	Ar-CO ₂ (10~20%)	Ar-CO ₂ (20%)
焊接电源		DC(脉冲)	DC(降特性)	DC(脉冲)
施 工 条 件	坡口形状(间隙,角度)	I形(9mm)	I形(14mm)	V形(1°~4°)
	电流极性	DC(+)	DC(+)	DC(+)
	焊接电流(A)	280~300	480~550	260~280
	电弧电压(V)	28~32	30~32	29~30
	焊接速度(cm/min)	22~25	20~35	18~22
	摆动			250~900次/分
焊接姿势		平焊	平焊	平 焊
备 注		BHK方式	麻花焊丝方式	折曲焊丝方式

焊窄间隙焊接方法

4	5	6
		
将焊丝弯成一定曲率并旋转,使电弧摆动	让焊丝呈螺旋状弯曲,使电弧旋转	让焊丝通过焊枪偏心孔,使焊枪高速旋转,电弧也按同一方向旋转
实 芯	实 芯	实 芯
1.2	1.2	1.2
Ar-CO ₂ (20%)	Ar-CO ₂ (20%)	Ar-CO ₂ (20%)
DC(脉冲)	DC(降特性或脉冲)	DC(脉冲)
I形(11mm)	I 形	I 形(16~18 mm)
DC(+)	DC(+)	DC(+)
290~310	300~360	300
28~30	31~35	33
20~27	20~30	25
20~60 次/分	120~150 次/分 (螺旋外径2.5~3mm)	最大 150 Hz
平 焊	平 焊	平 焊
肘摆动方式	旋转电弧法	高速旋转电弧法

(续)

焊接方法		7	8	9
机 构		—	—	
原 理		在交流电弧再引燃时刻叠加脉冲的粗丝焊接	使用药芯焊丝交流电源的焊接方法	焊丝摆动并采用蛇腹式双重气体保护
焊接材料	焊丝种类	实 芯	药 芯	实芯
	焊丝直径 (mm)	4.0(4.8)	2.0, 3.2	1.6
	保护气体	Ar-CO ₂ (5~10%)	CO ₂	CO ₂
焊接电源		AC	AC	DC(降特性)
施 工 条 件	坡口形状 (间隙, 角度)	I 形 (13 mm)	I 形 (10 mm)	I 形 (13 mm)
	电流极性	—	—	DC (+)
	焊接电流 (A)	600	400	320~380
	电弧电压 (V)	28	28	32~38
	焊接速度 (cm/min)	30	30	25~35
	摆动	—	—	备有摆动
焊接姿势		平 焊	平、横、立焊	平、横焊
备 注		交流 MIG 法	SMAC 法	NOW-B 法

中,平焊与横焊方法的原理及特征列于表1和表2。

表1的平焊方法中,为了使I形坡口的两边充分焊透,研制了如下各种方法:使焊丝弯曲的方法;使焊丝摆动的方法;采用麻花焊丝方法;采用药芯焊丝的交流弧焊方法;采用大直径实芯焊丝的交流弧焊方法等。另外,也有采用 $\text{Ar} + \text{CO}_2(70\%)$ 作为保护气体与直径1.6mm的实芯焊丝相配合的气体保护焊方法,来焊接特殊车辆的形状复杂的接头。

在表2中的横焊方面,为了防止I形坡口内熔融金属往下淌,以便得到均匀的焊道,提出了如下焊接方法:利用焊接电流周期性变化的焊接方法,使焊丝摆动或将坡口分成上下层的焊接方法,以及将各种方式组合起来的焊接方法等。此外,也有根据被焊结构的坡口变化,自动地调整焊接规范的全自动焊接。

在立焊窄间隙MAG焊接方法中,为了保证坡口两侧焊透,研制了摆动焊丝焊接方法以及与摆动同步地变化焊接电流的焊接方法等。

作为全位置焊接方法的实例,压力水管的现场焊接方法已得到了应用。

2) 窄间隙TIG焊接方法。作为窄间隙GTA焊接;有的利用在送进的焊丝中通过直流电并使由此产生的磁场偏向焊接前进方向的焊接方法,以及把这一方法用于压力水管环缝的现场单面焊接方法。

在窄间隙热丝TIG焊接方法方面,研制了利用低频脉冲电流立焊或横焊不锈钢的焊接方法。此外,为了防止因向填丝通电而引起磁偏吹,还研制了周期性地增减电弧电流,并在电弧电流减少之瞬间填丝通电的焊接方法。

(2) 窄间隙埋弧焊接方法

在窄间隙埋弧焊接方面,在窄坡口内应具有良好的脱渣性是最主要的因素。某焊接材料制造厂生产的脱渣性良好的熔炼型或烧结型焊剂已成功地用于窄间隙焊接。焊接用坡口形状为U或V形(角度 $2^\circ \sim 4^\circ$),使用 $\phi 0.2 \sim 4.8 \text{ mm}$ 的焊丝。

12		前丝指向坡口下角, 后丝指向坡口上角, 使脉冲电流按周期增减的双丝纵向焊接方法	实芯 1.2 1.6 Ar-CO ₂ (20%)	DC(脉冲)
13		使焊接电流周期性按大小两档变化, 以此来控制焊道形成的焊接方法	实芯 1.6 1.2 Ar-CO ₂ (20%)	DC (降特性, 电流变化)
14		使焊丝在坡口内横向摆动, 同时让电流周期性变化的焊接方法(焊铝用)	实芯 1.6 2.4 Ar-He	DC

(续)

焊接方法	施 工 系 件						焊接姿势	备 注
	坡口形状 (间隙、角度)	电流极性	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (cm/min)	摆动		
8	I 形(6mm)	—	340	29	40	—	横焊 平焊 立焊	SMAC 法
9	I 形(13mm)	DC(+)	340	36	35	有	横焊 平焊	NOW-HB 法
11	I 形(14±2mm)	DC(+)	280~330	29~35	25~40	—	横焊	NH 法(1.6mm 焊丝)
12	I 形(10~14mm)	DC(+)	(前丝) 170 (后丝) 140	21~23	18~20	—	横焊	NHT 法 (1.2mm 焊丝)
13	I 形(9mm)	DC(+)	(前丝) 360~450 (后丝) 120~220	29~33 16~20	10~13	—	横焊	PAW-HB 法 (1.6mm 焊丝)
14	I 形	DC(+)	240~380	23~35	20~60	有	横焊 立焊	NHA 法 (1.6mm 焊丝)