



CO₂陶质衬垫单面焊工艺与缺陷的浅析

金涛

【摘要】 本文主要通过对CO₂陶质衬垫焊工艺的阐述，详细分析了各种焊接工艺参数对单面焊工艺质量的影响关系和容易出现的焊接缺陷以及防止的工艺措施，从而进一步推进船舶建造的焊接质量和焊接效率。

关键词： CO₂陶质衬垫焊；焊接工艺；焊接缺陷

1. 概述

CO₂陶质衬垫焊与双面焊相比，不仅焊接效率可提高三倍以上，而且操作简单，使用方便，缩短焊接生产周期，具有十分显著的经济效益和社会效益。

为进一步提高焊接质量和焊接效率，目前在造船行业大多数船厂中，大量的拼板焊缝、分段总组对接焊缝、纵骨对接等焊缝均在应用CO₂陶质衬垫单面焊工艺，该工艺已占整个焊接工作量的50%左右，为焊接效率的提高起到了一定的推进作用。同时各船厂也在致力于进一步稳定焊接质量，消除焊缝根部打底层的裂纹和脉纹、凹凸、咬边等表面缺陷，用以提高大热输入量单面焊焊缝塑性和韧性。但在生产实际中，还是有各种焊接缺陷的产生，阻碍了该工艺的进一步发展。

本文以所在船厂为例，从焊接试验及实船应用的角度出发，着重通过对CO₂陶质衬垫单面焊的焊接工艺进行讨论和分析，如

何进一步提高CO₂陶质衬垫单面焊的焊接质量，减少各种焊接缺陷的产生，降低返修的工作量。

2. 实船应用情况分析

由于目前外包焊工占企业焊工人数的2/3以上，整体焊接技能水平相对较低，对于CO₂焊接技术的认识还局限于初期阶段。在船舶生产中，CO₂陶质衬垫单面焊的应用主要存在的问题是反面成形较差，较难获得优质的焊接接头，主要反映在焊缝成形宽窄不一、高低不平、背面焊缝熔合不良及部分产生未焊透和裂纹现象，有时还存在着树枝状气孔和密集气孔等焊接缺陷。为此，我们焊接试验室着重对生产中时常出现的问题进行了针对性试验，并取得了一定的成果。

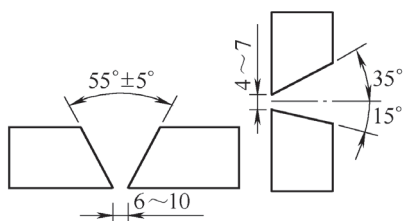
3. 焊接试验分析

通过大量的焊接试验发现，CO₂陶质衬垫焊的焊接工艺参数对焊缝的背面成形影响很大，要获得优质的反面焊缝成形，尤其

要注意诸多因素。

(1) 坡口角度 通过工艺试验，确定坡口角度以50°~60°最佳，坡口角度大，电弧穿透力和可达性增强，有利于根部熔透，但是填充金属量增多，影响焊接生产率，并且焊后结构的变形也增大。反之，如果坡口角度太小，焊枪难以伸入坡口底部，很容易产生根部熔合不良的情况，甚至导致气孔的产生，反面焊缝成形也不良。另外，还要注意单面90°的直角坡口，更容易产生熔合不良的情况，此类坡口在焊接时必须要在直角坡口的一侧停留更长的时间来使之较好的熔合（见附图）。

(2) 根部间隙 接头根部间隙的大小，直接影响到反面焊缝余高和宽度，同时也会影响到焊接过程中的稳定性。试验结果表明，在正常的焊接条件下，根部间隙最佳值为6~10mm，在此范围内容易得到良好的反面成形。但需要注意的是平焊位置时，



坡口角度

间隙不能过小，间隙过小时为保证根部不焊穿必定会加快焊接速度，焊速增加的后果就是焊缝过薄，这样极易产生打底层的纵向裂纹。

在生产实际中由于分段在建造和装配过程中的误差，某些合拢焊缝无法达到最佳值，所以焊工必须在指定的焊接工艺参数范围内对根部间隙的大小进行适当的调整。如果间隙过大，适当调低焊接电流和电弧电压。若间隙较小，则选择稍大的焊接工艺参数，并控制好焊接速度来保证焊缝根部的熔透。若是15mm以上的超大间隙，特别是在立焊位置时操作难度就大大地增加，这就需要调整操作手法，在焊接时可以不使焊丝抵达坡口根部往外拉3~5mm，来避免因焊接速度慢，温度高而产生的焊瘤，同时可有效降低反面焊缝的余高值，使之在合理的范围内（3mm左右）。

(3) 操作方法 半自动化CO₂气体保护焊接时可采用左焊接法和右焊接法。在陶质衬垫单面焊（平焊）及平角焊、横对接时均应采用右焊法，主要是保证有良好的气体保护性，而且焊波均匀平整。左焊法一般只在平位置的对接焊缝中采用。

(4) 焊接电流 焊接电流的选择应由板厚、焊接位置、接头

形式、焊丝直径等因素来综合决定。焊接电流大，电弧穿透能力增强，反面焊缝的余高和宽度也增大；反之，焊接电流过小，则容易产生焊缝根部熔合不良，反面焊缝产生脉纹等现象。陶质衬垫单面焊特别是在打底层的焊接中，焊接电流应根据不同的焊接位置必须控制在一定的范围内，基本在200A左右，不宜过大和过小。

(5) 电弧电压 电弧电压的选择主要取决于焊接电流，两者必须相匹配。电弧电压增加，电弧容易产生不稳定，气体保护不良，出现气孔，反面焊缝宽度和余高降低，根部熔合差，并会产生严重的飞溅。适当降低电弧电压使电弧对坡口加热充分，有利于焊缝根部熔化而获得良好的反面焊缝成形。

(6) 焊接速度 焊接时的速度应与焊接电流，电弧电压相匹配。由于陶质衬垫本身不导电，因此焊接速度不宜过快，如果焊接速度过快将导致焊丝直接与衬垫接触，造成焊接过程不稳定，甚至顶开衬垫使焊缝反面余高大大增加；若焊接速度太小，金属熔化量则增加，焊层过厚，焊接电弧难以潜入坡口根部，造成焊缝根部熔合不良，反面焊缝成形不佳。

(7) 气体流量 气体流量的大小，主要影响焊接电弧和熔池的保护效果，在生产现场和焊工考试过程中经常发现有些焊工无气体流量的概念。焊接时出现了气体流量过大使焊接过程非常不稳定，甚至连正常的焊接参数都无法调节好；反之，气体流量过小易产生气孔的现象。

通常规定CO₂半自动焊的气体流量为每分钟15~20L，在室外如果有风的干扰，除了采取防风措施外，应适当增加气体流量。

(8) 接头处理 由于CO₂气体保护焊焊丝直径较细，电流较小，加上衬垫和母材的散热作用，因此焊缝冷却较快。如果熄弧后停顿时间过长，接头时电弧热量不能相互渗透而导致缩孔的产生。一般应采用热接法，即在熄弧后很短的时间内重新引燃电弧，但应尽量避免过多的接头，以保证焊缝的力学性能。

4.CO₂陶质衬垫焊常见的焊接缺陷分析和防止措施

(1) 打底层裂纹 CO₂陶质衬垫焊是一种单面焊双面成形的焊接工艺，接头组对时必须有一定的间隙（一般6~10mm），方能保证焊接后背面形成高质量的焊缝。但由于焊缝具有一定的间隙，增大了焊缝的收缩应力，由于收缩应力的作用，极易在打底层的焊缝中产生纵向裂纹。微小的裂纹可通过第二层的焊接而重新熔化、结晶，使裂纹消失，但较大的肉眼可见的裂纹很难通过第二层的焊接而消除，这些裂纹遗留在焊缝中，形成焊缝破坏的隐患。

因而要防止打底裂纹的产生，一般可通过调整焊接工艺参数，即在打底层的焊接中，采用190~210A的焊接电流，并采用比常规焊接低1~2V的电弧电压，使焊接的焊缝厚度增加。同时第一层焊接尚未完全冷却的前提下，及时进行第二层的焊接，

以增加整体焊缝的横截面积,提高焊缝抵抗收缩应力的能力,可防止打底层裂纹的产生。

(2) 气孔 气孔是CO₂焊接中最常见的焊接缺陷,焊缝中产生的气孔有多种存在形式:如单个链状气孔、密集型气孔和树枝状气孔等。

单个链状气孔和密集气孔: CO₂气体保护焊是以CO₂气体作为保护介质,保护电弧和熔池不受外界气体的侵入,但CO₂气体在高温中极易分解,当温度达到4700℃时,几乎全部分解为CO和O₂。

这些气体进入到熔池中形成了气孔,又因为在焊接时,CO₂气流又对焊缝起到了冷却作用,加快了熔池的凝固速度,使熔池中的气体无法及时排出而形成气孔,同时CO₂陶质衬垫焊中的陶质衬垫又加快了熔池的凝固速度,增加了焊缝中气孔产生的可能性,所以气孔是CO₂陶质衬垫单面焊常见的焊接缺陷。

为减少焊缝中产生链状气孔或密集气孔,焊接前应清除焊缝周围及焊丝上的水分、油等污物,焊接时应降低焊接速度,使熔池中的气体有充裕的时间排除,同时适当增加CO₂气体流量,控制好喷嘴到工件的距离,这样可有效减小气孔产生的可能性。

树枝状气孔: CO₂陶质衬垫

单面焊,是以耐高温的陶质衬垫作为背面焊缝成形的依托,而陶质衬垫是由矿石等材料经高温烧结压制而成,在常温时极易吸收空气中的水分,已吸收水分的衬垫虽肉眼及手感无法感觉,但一旦应用到焊接中,就会在焊缝内部产生大量树枝状气孔。树枝状气孔由于处于焊缝结晶的交接线上,又形成线状,所以这种气孔危害性较大,一旦焊接的残余应力达到一定量时,就会在线状部位产生开裂现象。

为防止CO₂陶质衬垫单面焊树枝状气孔的产生,必须选用密封包装内的衬垫,衬垫安装完后要及时开始焊接。对于已拆封的衬垫在经80~100℃的烘焙并保温2小时后再使用,这样可防止CO₂陶质衬垫单面焊树枝状气孔的产生。

(3) 未熔合 未熔合也是CO₂焊中较常见及具有严重的危害性的缺陷。一般在平焊对接及横焊对接位置中出现较多。尤其是横焊对接的下口经常出现未熔合现象。未熔合使焊缝的强度大大降低,并引起应力集中,产生严重的后果。

产生未熔合的原因主要是焊接电流过小,焊接速度太快,使坡口边缘未充分熔化。在CO₂焊中需特别注意的是母材或前一层焊缝金属未得到充分熔化就被填

充金属所覆盖而造成未熔合,因为CO₂焊相比手工焊熔敷效率要高得多。

防止未熔合的措施: 焊炬的角度一定要合适,要注意观察坡口两侧的熔化情况; 选择合理的焊接电流和电弧电压,并掌握好焊接速度,在横焊对接时焊接速度是最为关键之处,要根据熔池下口的熔合情况来增减焊接速度。

5. 结语

CO₂焊接技术是船舶建造的一项关键工艺,直接影响到船舶的建造质量、成本和周期,部分焊工对陶质衬垫单面焊的操作技术、规范选择还比较陌生,往往将平时焊接角焊缝的操作方法应用于衬垫焊接,焊接参数选择没有达到最佳值; 另外,在焊接过程中观察熔池的能力较差,从而造成电弧拉长、焊接速度过快或过慢,使得焊接电弧不稳定,因气体保护效果差而无法获得高质量的反面焊缝成形。

通过焊接试验详细分析了CO₂陶质衬垫单面焊中所存在的问题,以及常见焊接缺陷的分类和防止措施,从而进一步提高CO₂陶质衬垫单面焊的焊接质量,确保船体建造的整体质量。

作者简介: 金涛, 扬帆集团股份有限公司。

MW 20170719

《金属加工(热加工)》2017年第16期广告目次

肯倍焊接技术(北京)有限公司	1508	封面A	北京金威焊材有限公司	1161	前彩4
金属加工杂志社	8000	封二A	伊达新技术电源(昆山)有限公司	1925	前彩5
法国液化空气焊接公司上海代表处	1404	封面B	上海东浩兰生国际服务贸易(集团)有限公司工博会项目分公司	6014	前彩6
昆山京群焊材科技有限公司	5123	封二B	金属加工杂志社	8000	I
泰佰亿(山东)工业有限公司	5032	封三	上海ABB工程有限公司	5176	III
凯天环保科技股份有限公司	5028	封底	海别得(上海)商贸有限公司	1697	V
柯马(上海)工程有限公司	5187	前彩1	2017全国焊接失效分析培训研讨会	8000	分隔页
威特仕焊接(深圳)有限公司	2538	前彩2			
浩亨(珠海)贸易有限公司	5312	前彩3			