

好的效果。如果规范参数设置不当,可能造成结合强度低或产生淬硬组织的不良后果,甚至出现裂纹。

控制器还具有网压自动补偿功能。晶闸管的移相触发为 β 方式,即以电流过零的时刻为基准点。其优点是移相范围大,还可以防止出现移相角小于功率因数角导致单管通电的危险。

TN-100QA型气门推杆电阻焊机已投入生产并提供四川、河北、山东、浙江和江苏等地

的厂家使用,生产效率高,操作简便,焊接接头牢固、美观,焊后不需车削毛刺,取得了显著的经济效益。部分产品实物外观见图4。

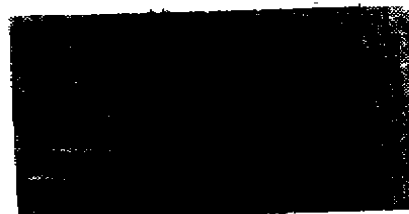


图4

保护焊 钨极惰性 镍 碳钢

17-20

纯镍及纯镍与多种钢的TIG焊

江苏省化工设备制造安装公司 于立荣

摘要 分析了纯镍的焊接性,总结了纯镍与碳钢、纯镍与不锈钢的TIG焊接工艺;对焊接质量控制、焊接接头的力学性能和金相组织等研究成果做了介绍。

TG 444.74

TIG WELDING FOR NICKEL TO NICKEL AND NICKEL TO DIFFERENT STEELS

Yu Lirong

Abstract The weldability of pure nickel is analyzed according to the practice of nickel-lined vessel fabrication; the TIG welding procedures of pure nickel to carbon steel and pure nickel to stainless steel are summarized up in detail. The QC measures, the mechanical properties and metallographical structures of welded joints are presented, too.

关键词 TIG焊 纯镍 低碳钢 奥氏体不锈钢

0 前言

由于镍和镍合金具有优良的耐蚀性和耐热性,在各种化学装置和高温设备上已被广泛地使用。1992年,我公司为齐鲁石化公司氯碱厂现场制作了一台内衬镍容器,二闪沉降槽。设备结构如图1所示。内盛介质NaOH(49.4%wt),使用温度95℃,筒体基层材质Q235A,厚12mm;顶盖316L,厚6mm;衬里层N6,厚

3mm,筒体上的节管及顶盖上的部分节管材质是N6。

为此,对纯镍与纯镍,纯镍与低碳钢,纯镍与奥氏体不锈钢间的TIG焊接工艺进行了研究,并制造了产品。

1 纯镍的焊接性能分析

1.1 焊接热裂纹

镍和镍合金,焊接时的凝固组织近似于不

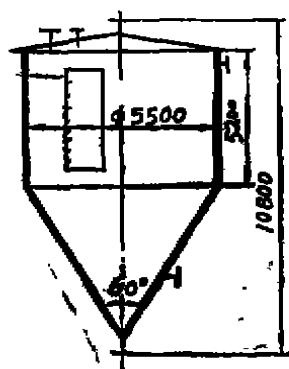


图 1

发生相变的奥氏体组织,且晶粒长大倾向很大,纯镍与Pb, Bi, S, P, B等元素易形成低熔点共晶体,如Ni₂S₂熔点645℃, Ni₂P熔点880℃,残留在晶界区的这些液膜,在焊接应力作用下,热裂纹敏感性很高,工艺稍有不当,就易在收弧接头和焊道中心产生裂纹。

碳钢和不锈钢相对于N6来说,所含杂质元素很高,如20g含S达0.035%,含P达0.035%,几乎是N6含量的15~30倍。当纯镍与不锈钢焊接时,热裂纹敏感性更高。

1.2 焊接气孔

纯镍与氧的亲合力很强,在450℃的空气中即能轻微氧化,使镍板光亮度降低,550℃出现浅黄色,650℃出现金黄色,750℃以上剧烈氧化,随着温度的升高,颜色由金紫色向深蓝色,青褐色,灰黑色变化。镍与氧生成NiO。NiO在230℃以上容易被氢还原。在230~300℃开始被C还原。H和C的来源主要来自焊材和母材及表面的油脂、氧化物等。

1.3 镍和镍合金的焊接

奥氏体晶粒长大倾向很大,晶粒粗大,既促成低熔点金属和低熔点化合物在晶界聚集,又降低了焊接接头的强度、塑性和耐腐蚀性。

综上所述,镍和镍合金的焊接,只要解决了热裂纹、气孔、晶粒长大等主要矛盾,纯镍

与纯镍,纯镍与异种钢的焊接也就基本解决了。

2 焊接措施

2.1 焊接方法

用于碳素钢和不锈钢的一般焊接方法,几乎都适用于镍和镍合金焊接,但是,大线能量的埋弧自动焊通常是不采用的,我们根据二闪沉降槽的结构特点,选用了TIG焊接方法。

2.2 氩气纯度

氩气纯度一定要达到99.99%以上,检验氩气纯度的方法,是在每瓶氩气使用前,按正常规范在镍板上点焊数点,焊点呈银白色,表面如镜面即为合格。

氩气保护罩要根据焊接接头形式、焊接工艺参数自制和选用,其原则是处于焊接温度场500℃以上的区域都应得到有效保护,保护效果以焊缝表面银白色或浅黄色为合格。

2.3 TIG焊丝选配

镍和镍合金的焊接,国内尚无焊接材料标准,TIG焊丝生产厂家很少,我们购到的φ2mm N6焊丝是按GB5235-85标准生产,其化学成分见下表,通过实践表明,该焊丝焊接纯镍与纯镍,除工艺性能差些外,焊接接头其余性能都是合格的。

“二闪沉降槽”是内衬镍设备,总计有2000多个塞焊缝,300多米A, B类拼焊缝。这些焊缝都是纯镍与碳钢的异种材料焊接,由于N6焊丝不含有脱硫脱氧等冶金元素,因此不宜用于纯镍与异种钢的焊接。我们使用了美国的ERNiCr-3和日本的WeLTiGNi-1焊丝,其化学成分见下表。

ERNiCr-3(AWSA5.14)属因科镍系列,熔敷金属σ_{0.2}686 MPa,伸长率δ₄₁%。日本产WeLTiGNi-1(JISZ3334-88)焊丝与美国的ERNi-1(AWSA5.14)相似,该焊丝熔敷金属σ_{0.2}487 MPa,伸长率δ₄₆%。

这两种焊丝的共同点是含有较多的Mn, Ti, Al, Nb, Si等冶金元素, Mn主要是用

国产及进口纯镍焊丝化学成分 (%)

材 料	产地	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Ti	Al	Cu	Nb+Ta	Fe	其它
N6 (3mm板)	中国	0.02	<0.01	<0.001	<0.002	<0.001		≥99.5			<0.001		<0.001	少量杂质
N6 (φ2焊丝)	中国	≤0.10	≤0.10	≤0.05	≤0.005	≤0.002		≥99.5						少量杂质
ERNiCr-3	美国	0.011	0.08	3.19	0.04	0.003	20.60	72.00	Ti/Nb 0.43		0.01	2.64	0.78	<0.50
WeLTiGNi-1	日本	≤0.15	≤0.75	≤1.0	≤0.015	≤0.030		≥93.0	1~3.5	≤1.5	≤0.52		≤1.0	少量杂质

来脱硫, Al, Ti, Si是脱氧元素, Nb和Ti能扰乱枝晶, 细化晶粒, 增加晶界面, Nb和Ti也具有脱碳作用

ERNiCr-3焊丝用来焊接纯镍与碳钢、纯镍与不锈钢时, 热裂纹敏感性低, 只要碳钢和不锈钢的稀释率不很高, 焊缝组织仍然是稳定的面心立方晶格。由于碳元素在金属镍中的固溶度低, 焊缝和熔合线附近不易发生渗碳和脱碳现象。

该焊丝熔敷金属的线胀系数13.3, 接近纯镍, 介于低碳钢与不锈钢之间。在进行以上异种材料焊接时, 焊缝能经得起反复加热, 在有些场合, 还可省略低合金钢的后热处理。

WeLTiGNi-1焊丝也是一种抗热裂、抗氧化性很好的焊丝, 熔池流动性和焊接工艺性很好, 既可焊接纯镍与纯镍, 也可用于纯镍与碳钢, 纯镍与不锈钢之间的焊接。

2.4 焊接线能量

为防止热裂纹和晶粒粗大, 纯镍的焊接一般来说, 采用较低的线能量, 焊前不预热, 并采用低的层间温度。但液态镍的流动性差, 熔深浅, 焊接电流也不宜太小。我们的体会是, 焊接电流中等, 焊接速度尽量高些。用减少高温停留时间来控制焊接线能量, 这需要有熟练的TIG焊工操作。实际焊接时, 由于板的厚薄、节点的结构形式和散热条件不一样, 焊接参数的差异是较大的。

2.5 焊接质量控制

该设备的焊接, 参考了ASMEIX卷有色金属篇和JB4708—92、JB/TQ267—81标准进行焊接工艺评定试验, 并对所有操作工, 尤其是焊工进行培训。

镍和镍合金焊接, 最怕有害杂质污染, 镍板和焊缝表面不允许铁离子污染, 因此焊接环境, 制作全过程, 工装夹具, 焊前清理, 层间清理等, 都采取了相应的条件和措施, 并制定了严格的质量控制规程。

3 产品焊接

3.1 3mm镍板对接

用φ2mmN6焊丝, 坡口角度50°~60° (用砂轮磨出), 钝边1mm, 间隙1mm, 双面氩气保护, 喷嘴直径16mm, 拖罩长度80mm, 钨极直径3mm, 焊枪氩气流量26L/min, 焊接电流140A, 电压11V, 焊接速度130mm/min, 焊丝和坡口面都用丙酮擦洗干净。背面用尖角砂轮清根, 如有氧化颜色, 用不锈钢丝抛光轮清除后再施焊。

工艺评定试板和现场产品焊缝经X射线拍片, 按GB3323—87标准, 都能达到Ⅰ级和Ⅱ级片, 工艺评定试样 σ_b 为389~405MPa, 断于熔合线, 面背弯(3a)180°无裂。

3.2 纯镍与低碳钢的焊接

3mm镍板与低碳钢的对接工艺评定, 焊丝ERNiCr-3, 2.4mm, 焊接参数同上。X射线拍片Ⅰ级片, σ_b 393~398MPa, 断于镍板侧熔合线, 纵向弯曲 (二面二背) 3a, 180°无裂, 焊缝金相见图2。图2a焊缝呈树枝晶组织, 图2b熔合线靠近碳钢侧。

图3是拼焊缝结构图, 图中焊道1, 2用ERNiCr-3, φ2.4mm焊丝。由于基层是12mm厚碳钢, 能散发大量的热量, 故选用的焊接线能量较大, 电流240A, 电压13V, 钨极直径φ3.2mm, 喷嘴直径φ16mm, 氩气流量35L/min,

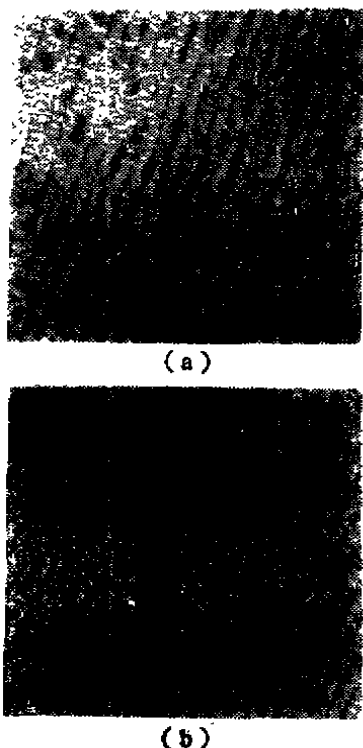


图2 纯镍与低碳钢焊缝(250×)

焊速18mm/min。电弧多指向镍板和焊丝。由于氩气流有一定挺度,故溶池后方60mm长度内能得到有效保护,焊缝表面银白色。当保护区前移后,焊缝表面产生浅黄色。塞焊缝和拼焊缝的盖面焊道3用纯镍(N6)焊丝,由于焊道1和2已排除了热裂纹的产生,焊道内仍存在必要的冶金元素,只要层间NiO去除干净,在正常操作下,不会出现热裂纹和气孔。

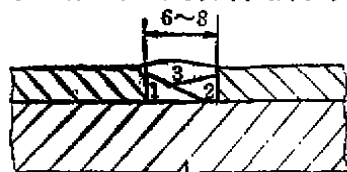


图3 拼焊缝结构

3.3 纯镍与不锈钢的焊接

3mm厚镍板与SUS316L的对接工艺评定。焊丝ERNiCr-3, $\phi 2.4$ mm, 焊接参数同上述, X射线I级片, $\sigma_b 408 \sim 418$ MPa, 断于镍板热影响区, 纵向弯曲(二面二背)(3a), 180°无裂纹, 金相组织见图4, 焊缝组织呈树枝状晶分布的奥氏体组织, 图中熔合线在不锈钢侧。

纯镍与碳钢和纯镍与不锈钢的焊接, 在图2和图4的熔合区, 合金元素含量复杂, Ni, Cr, Fe含量与焊丝和母材的化学成分, 与各自的稀释率有关, 与焊缝至熔合线的距离有关, 其变化规律是从焊缝向熔合线两侧呈线性变化, 合金元素的含量是渐变的。

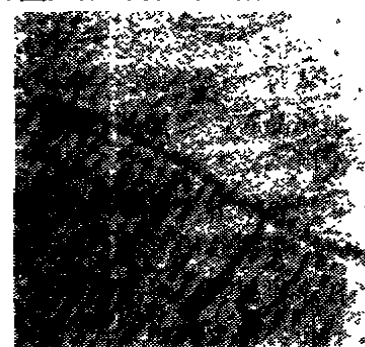


图4 纯镍与不锈钢焊缝(250×)

3.4 WeLTiGNi-1焊丝的使用

该焊丝是在ERNiCr-3焊丝用完后接替使用的, 在实际使用中, 既焊接了塞焊缝和拼焊缝, 也用在纯镍之间的焊接。实际使用证明, 该焊丝的工艺性能、抗热裂、抗气孔性能相当好。用WeLTiGNi-1焊丝焊接的镍与镍, 镍与碳钢, 镍与不锈钢的对接工艺评定, 试板经X射线拍片都达到I级片, σ_b 都大于390MPa, 弯曲试验(3a), 180°无裂。

4 结 论

(1) 纯镍与低碳钢和奥氏体不锈钢的焊接, 采用TIG方法, 并采用ERNiCr-3和WeLTiGNi-1与国产N6焊丝组合, 能获得质量优良的焊缝。

(2) 焊接时, 氩气保护、焊接参数、焊前和层间清理、点固焊道方式、焊接顺序、焊缝成形等都是影响焊接质量的重要因素。

参 考 文 献

- 1 郑承炎等. 中日焊接技术交流资料. 中石化总公司供应制造公司, 1987
- 2 杨新培. 工业纯镍 TIG 焊接研究. 焊接技术, 1991(1)
- 3 顾曾迪. 有色金属焊接. 机械工业出版社, 1987.