

自保护药芯焊丝焊缝中的气体

喻 萍¹, 田志凌¹, 潘 川¹, 薛振奎²

(1. 钢铁研究总院 先进钢铁材料技术国家工程研究中心, 北京 100081;

2. 中国石油天然气管道局 科学研究院, 河北 廊坊 065000)



喻 萍

摘 要: 自保护药芯焊丝焊缝中 N 元素含量较高在 0.025%~0.035% 内。分析了药芯成分(氟化物、碳酸盐和固氮元素铝)对焊缝中氮气孔的影响规律。焊接工艺参数对焊缝中氮气孔的产生也有重要的影响,从防止焊缝产生气孔的角度出发,焊接工艺参数的最佳取值范围为焊接电流 220~280 A,电弧电压 18~24 V,焊丝伸出长度 20~30 mm,极性采用直流正接。自保护药芯焊丝焊缝中不容易产生氢气孔和 CO, CO₂ 气孔。

关键词: 自保护药芯焊丝; 氮气孔; 影响因素

中图分类号: TG422.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-360X(2007)02-067-05

0 序 言

自保护药芯焊丝是在没有外加气体保护下的一种焊接材料,在焊接过程中大气很容易侵入焊接区,在焊缝中产生气孔。无论是自身造气保护的焊条电弧焊,还是利用外加气体保护的气体保护焊,产生的保护气体都笼罩在焊接电弧区外部,隔绝焊接过程不受外界空气的干扰。而自保护药芯焊丝在焊接过程中,造气剂位于焊丝内部,使焊接过程中内部气体压力过大,将金属熔滴推向外侧,产生很大的飞溅,并且产生的气体不会有效包围金属熔滴,使氧气和氮气很容易侵入焊接区。自保护药芯焊丝这种保护机制,使药芯中不能加入过多的造气剂,而主要依靠造渣剂、脱氧剂和氮化物形成元素来进行保护。

一般在焊缝中产生的气孔主要有以下三种:(1) CO₂ 和 CO 气孔。由于自保护药芯焊丝中加入了大量的脱氧剂(如 Al, Ti, Si, Mg 等),脱氧剂与氧的亲合力强,可优先被氧化,能够有效去除焊缝中的这类气孔。(2) 氮气孔。由大气中的氮气进入熔池而引起的,液态金属在高温下可溶解大量的氮,而在凝固时氮的溶解度突然下降,这时过饱和的氮以气泡的形式从熔池中向外逸出,当焊缝金属的结晶速度大于气泡的逸出速度时就导致氮气孔的产生,这种现象也被称为“氮沸腾”。当然,从钢带和基体金属中进入焊缝的氮也会对总的氮量产生影响,理想的钢带的化学成分必须含有较低的 S, O, N, P, Cu, Sn 等

有害元素,这种影响对于气体保护焊材或者缺乏强脱氧/氮剂的焊材更为突出,而在含有较多强脱氧/氮剂的自保护药芯焊丝中,这种影响可以忽略。自保护药芯焊丝焊接过程没有外加气体保护,很容易产生氮气孔,氮对焊缝的冲击韧度和延展性会产生很不利的影响,并会引起应变时效现象。(3) 氢气孔。由于药芯中加入了大量的氟化物,焊缝中很少出现氢气孔。

1 焊缝中的氮

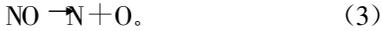
在碳钢焊缝中,氮是有害杂质,金属中氮含量高会导致焊缝塑韧性的降低,及气孔、裂纹及其它缺陷的产生。空气是氮的主要来源,根据焊接方法与条件的不同,焊缝氮含量在很大范围内变化^[1]。当采用低碳钢焊丝及光焊条进行电弧焊时,含量在 0.08%~0.228% 内;采用涂料焊条焊接时,则在 0.01%~0.04% 内;在 Ar 或 CO₂ 气体保护焊时,在 0.02%~0.03% 以下;埋弧焊时,小于 0.01%;管状焊丝明弧焊时为 0.015%~0.04%;采用无保护合金焊丝时,小于 0.12%。试验利用 ELTER 氧氮仪测定不同药芯成分的自保护药芯焊丝焊缝中的 N 元素含量在 0.025%~0.035% 之间,焊缝氮含量较高。氮在液态金属中的溶解主要通过以下四种方式。

(1) 以氮分子的形式直接溶解于液态金属中。

(2) 氮分子通过下式分解为氮原子,氮原子的活性比氮分子的活性高,随着温度的增高,以原子氮形式存在的量也增多^[2]。



(3) 大气中的氧气对氮在焊缝中的吸收也有一定的作用, 氧能与氮结合在电弧区形成 NO, NO 分解时形成原子氮^[3]。



或者 NO 通过以下反应溶解于液态铁中。



从式(4)可以看出, 液态铁表面的溶氮量取决于金属铁中的氧含量, 任何能够降低焊缝氧含量的合金添加剂会增加氮气溶解于焊缝的速度, 这是氮和氧在表面活性区的竞争。

(4) 同时, 在电弧空间, 氮分子能够分解成氮原子和氮的阳离子^[4]。



氮离子比其它形式的氮动能高, 更容易溶解于液态金属中。Lakomski 和 Grigorenko^[5] 也指出氮在电弧区以氮离子的形式被焊缝金属吸收。电弧区温度对氮的吸收有着重要的影响, 电弧区温度越高, 焊缝中吸收的氮量越多。当弧柱中心温度达到 30 000 °C, 几乎不存在中性粒子, 弧柱中不仅有一价阳离子存在, 而且还有二价阳离子存在。

综上所述, 氮以分子、原子、离子和 NO 气体这四种方式溶解于液态铁中, 焊缝中的氮体现了以各种形式吸收的氮的总量。

2 药芯成分对焊缝氮气孔的影响

药芯组成对氮吸收过程有重要的影响, 自保护药芯焊丝完全依靠药芯成分来进行保护, 焊接过程中去除氮主要依靠调整药芯成分(造气剂、造渣剂和氮化物形成元素)和焊接参数。药芯中对焊缝中氮含量影响较大的是氟化物、碳酸盐和固氮元素铝。

2.1 碳酸盐对焊缝中氮气孔的影响

为了考察碳酸盐用量对气孔的影响, 改变药芯中碳酸盐用量, 自制了六种自保护药芯焊丝。用制备的六种自保护药芯焊丝进行气孔检测试验, 气孔的评定以三条 300 mm 焊道上的平均气孔个数来计算, 六种焊丝气孔评定结果如表 1 所示。

表 1 焊丝中碳酸盐的含量对气孔的影响

Table 1 Influence of carbonate content on porosity in weld

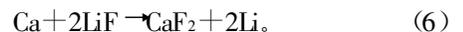
碳酸盐加入量 (%)	4	8	12	16	20	24
气孔数 n	7	0	0	5	8	15

从表 1 中可以看出, 当碳酸盐加入量较少或者加入量过多, 焊缝都会产生气孔, 只有在碳酸盐加入

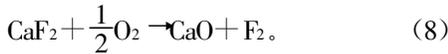
量在 8% ~ 12%, 焊缝中没有气孔产生。碳酸盐对焊缝氮气孔产生的影响有以下几方面原因: (1) 碳酸盐在电弧区分解出 CO₂ 气体, 使电弧空间氮气的分压降低, 溶解于焊缝中的氮量减少。(2) 氮气在电弧区形成 NO, NO 通过反应式(4)使氮溶入液态金属。碳酸盐在焊接过程中不仅释放出 CO₂ 气体, 而且能够提高焊缝中的氧含量, 从而降低焊缝中溶解的氮含量。(3) 氧化性气体 CO₂ 使液态金属中增氧, 氧作为表面活性元素将富集在液态金属表面, 从而阻碍液态金属对氮元素的吸附, 最终降低焊缝中的氮含量。(4) 电弧区中的 CO₂ 与金属之间所发生的氧化反应是放热反应, 使电弧区温度升高, 电弧区中气体的分解度提高, 增加氮溶解的可能性, 促使焊缝增氮。(5) CO₂ 的存在, 促使形成 NO, 增加了氮离子量, 使阴极区吸收的氮量提高。(6) 液态金属表面富氧, 会使溶解在液态金属中的氮向外逸出的速度降低, 残留在焊缝中的氮增多。(7) 碳酸盐的增加, 使药芯中其它保护物质的量相对减少, 其它物质的保护作用降低。当碳酸盐的含量较少时, 前三种原因起到主要作用, 使焊缝气孔产生的几率随着碳酸盐的增加而降低; 当碳酸盐含量达到一定浓度后, 后四种原因起主导地位, 即随着碳酸盐的进一步增加, 焊缝中气孔出现的几率升高。在以上七种原因共同作用下, 焊缝中的氮含量随碳酸盐的加入量增多, 先降低后升高。

2.2 氟化物对焊缝中氮气孔的影响

在自保护药芯焊丝中氟化物起到造气和造渣的双重作用。氟化物在电弧区气化, 产生一层气罩, 能够隔离空气的有害作用, 同时在熔池凝固时形成熔渣覆盖在焊缝上。氟化物在电弧区发生分解和电离, 降低电弧区温度, 不利于氮气的分解^[9]。在试验中选用的氟化物有氟化钙、氟化钡、氟化锂和氟硅酸钾。氟化钡和氟化钙对熔滴和熔池都有气渣保护功能。氟化锂在取代氮气的影响上起到重要的作用, 氟化锂在电弧区能够被还原剂还原成金属锂, 金属锂与氮发生反应形成氮化锂, 反应方程式为



同时, 金属锂在焊接区中蒸发, 由焊接区中心向较冷的边缘扩散, 从而取代侵入焊接区的氮气。氟化物还能够通过分解产生的氟气对焊接过程进行保护, 但是由于分解能高只能生成少量的氟气。但在焊接过程中, 氟化物能够与大气中的氧气发生反应, 从而产生大量的氟气。



为了考察氟化物用量对焊缝中气孔的影响, 调整药芯中氟化物用量, 自制了五种自保护药芯焊丝, 表 2 是药芯中氟化物用量与焊缝中气孔的关系。从表 2 中可知, 氟化物用量小于 45% 时, 熔池不能得到很好的保护, 容易产生气孔; 但是氟化物用量过高, 会降低其它保护成分或者脱氧/氮剂用量而在焊缝中产生气孔。所以, 该渣系药芯中氟化物用量在 45% ~ 55% 内能够获得较为理想的焊缝。

表 2 药芯中氟化物含量对气孔的影响

Table 2 Influence of fluoride content on porosity

氟化物含量 (%)	40	45	50	55	60
气孔数 <i>n</i>	11	0	0	0	3

2.3 固氮元素对氮气孔的影响

使用氮化物形成元素进行除氮是一种较为有效的控制氮气孔的方法。所选用的氮化物形成元素应该易于溶解在钢液中, 并在凝固时生成稳定的氮化物, 氮化物形成元素本身不应金属的力学性能产生不利的影响, 而且相对比较便宜。试验选用铝作为主要的除氮剂。

图 1 是焊缝中铝含量与焊缝产生的气孔个数的关系。从图 1 中可以看出, 焊缝中 Al 元素含量大于 0.55% 时, 焊缝中几乎不会出现气孔。但是由于以下几个原因, 所加入的铝必须高于理论值才能够获得良好的焊缝成形: (1) 药芯的成分不均匀; (2) 焊接时快速冷却会引起平衡的重大偏离; (3) 氧会与铝发生反应, 消耗一部分铝。所以焊缝中的 Al 元素含量要保证在 0.55% 以上才能获得良好的抗气孔性能。

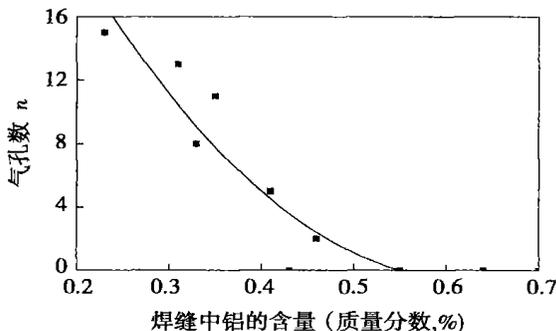


图 1 焊缝中的铝元素含量与气孔的关系

Fig. 1 Effects of Al content in weld on porosity

元素, 过量的铝会造成焊缝在冷却过程中难以发生相变, 也不会产生细化晶粒的作用, 从而形成大块的铁素体晶粒, 降低了焊缝金属的塑性, 造成焊缝金属的脆化, 所以铝的加入量也不宜过高。

3 焊接工艺参数对氮气孔的影响

电弧电压、焊接电流、焊丝伸出长度影响着焊接过程热输入、熔池的凝固速度、熔渣的冷却速度、气体的分解度和分压、气体与金属间的作用时间和接触面积等, 从而对焊缝中氮气孔的产生有着重要的影响。

首先考察电弧电压和焊接电流对气孔的敏感性, 焊接电流变化范围 180 ~ 300 A, 电弧电压变化范围 18 ~ 26 V, 焊丝伸出长度 20 mm, 小车速度 20 m/h, 结果如图 2 所示。

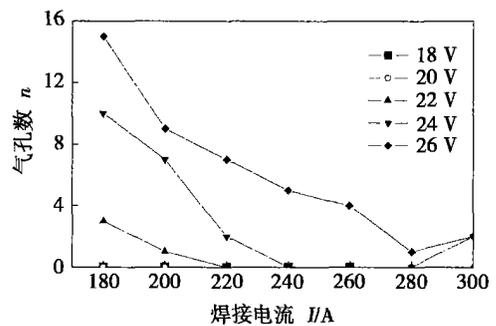


图 2 电弧电压和焊接电流对气孔的影响

Fig. 2 Effects of welding voltage and current on porosity

图 2 中可以看出, 小电流时(如 180 A), 电弧吹力小, 熔池中的搅拌作用小, 气体逸出条件差, 气孔率高。随着电流增大, 气孔率降低是由于以下几点原因: (1) 熔池的搅拌作用变强, 熔池尺寸增大, 焊缝中气体的逸出条件改善; (2) 电弧温度和熔滴温度升高, 金属表面蒸发而引起的气体—金属表面上氮分压降低, 使熔滴含氮量随着焊接电流的增大而降低, 因此氮的溶解度降低; (3) 过渡频率增加, 即熔滴两次过渡的间隔减小, 熔滴与气体的相互作用时间缩短; (4) 焊丝的送进速度提高, 即单位时间内有更多的焊丝通过电弧区, 氮被更多的金属所稀释, 焊缝的溶氮量降低。然而, 电流增大时, 会使熔滴尺寸变小, 比表面积增大, 在电弧区吸收的气体量增加, 过大的电流还使被焊母材表面形成氧化膜, 更加恶化了熔池中气体的逸出条件, 同时熔滴中的夹杂物不仅数量多, 而且尺寸大, 对熔池中气体逸出阻碍

从冶金学的角度来看, 铝是一种强铁素体形成

作用大,所以当电流增大到 300 A 后,气孔率反而有所升高。尤其是在较低的电压(如 18 V)时,过大的焊接电流还会使电弧产生不稳定现象,也导致焊缝产生气孔。

图 2 中还可以看出,随着电弧电压的增高,气孔的敏感性增大,当焊接电压在 26 V 时,无论如何调整焊接电流,都不能防止焊缝产生气孔。提高电弧电压,一方面能够提高电弧温度和熔滴温度,使焊缝的氮含量降低;另一方面焊接电弧弧长增长,即金属暴露在空气中或者含氮的等离子区的时间延长,焊缝中的氮含量增高。在自保护药芯焊丝电弧焊接过程中,后者起到主要作用,所以随着电弧电压的提高,气孔产生的可能性增大。

当焊接热输入较大时,即大的电弧电压和焊接电流,使气孔产生的倾向增大,如图 2 中 24 V, 300 A 和 26 V, 300 A。这是由于热输入大时,焊缝处于液态的时间越长,氮的吸入量也越大。当然,当焊接热输入小时,电弧不稳定,气孔产生倾向也较大。结果表明,焊接电流 220 ~ 280 A, 电弧电压 18 ~ 24 V 时能够获得较理想的焊缝。

焊丝伸出长度对气孔的敏感性试验在电弧电压 20 V, 焊接电流 240 A 下进行,如图 3 所示。焊丝伸出长度对气孔敏感性的影响规律是随着伸出长度的增加,气孔量减少。伸出长度太短时(5 ~ 10 mm),对药芯的预热作用差,药粉的保护作用欠佳。当然,焊丝伸出也不能过长,否则会使熔滴存在于电弧区的时间延长以致吸收更多的氮,同时某些碳酸盐过早地释放出 CO_2 气体,引起过量的飞溅。在该渣系的自保护药芯焊丝中,焊丝伸出长度在 20 ~ 30 mm 内较为合适。

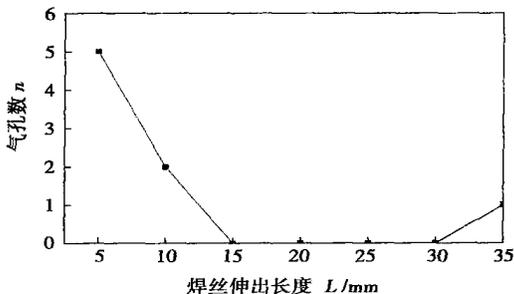


图 3 焊丝伸出长度对气孔的影响

Fig. 3 Effect of stick-out of wire on weld porosity

对于自保护药芯焊丝,气孔的产生与极性有着重要的关系^[7],有报道指出直径为 $\phi 2.4$ mm 的碱性药芯焊丝,极性从直流正接变为直流反接时,焊缝中

的 N 元素含量增加 0.01%。Verhagen^[8] 的研究也发现,直流反接时焊缝中的氮含量几乎是直流正接的 2 倍。为了考察极性对所研究的药芯焊丝氮气孔的影响,在焊接电压为 22 V 时,选用不同的焊接电流和极性进行试验,考察焊接极性对气孔敏感性的影响,结果如图 4 所示。从图 4 中可以看出,在一定电流范围内,直流反接比直流正接的气孔敏感性几乎高出 1 倍。这是由于在直流反接时,被焊试件接阴极,氮气通过式(5)电离成 N^+ ,氮离子的动能比氮的其它形式高,在熔池为阴极时, N^+ 更容易溶解于液态金属中,氮的溶解量增大。从而也证实了氮分解成氮离子形式并溶入焊缝的观点。

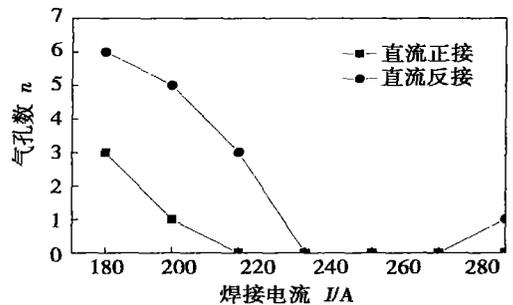


图 4 极性对气孔敏感性的影响

Fig. 4 Effect of pole on weld porosity

通过以上分析可知,从防止焊缝产生气孔的角度出发,焊接工艺参数的最佳取值范围为焊接电流 220 ~ 280 A, 焊接电压 18 ~ 24 V, 焊丝伸出长度 20 ~ 30 mm, 极性采用直流正接。

4 结 论

自保护药芯焊丝在保护效果上与传统的焊接材料有较大的区别,焊接过程中很容易受到大气中的氧气和氮气的危害,使焊缝中产生气孔,其中危害最大的是氮气孔。大气中的氮气可以以氮分子、氮原子、氮离子、氧化氮等形式溶解到焊缝中。药芯成分和焊接工艺参数对焊缝氮气孔的产生有着重要的影响,碳酸盐的加入量在 8% ~ 12%, 氟化物的加入量在 45% ~ 55% 内,焊缝中 Al 元素含量大于 0.55%, 能够较好地控制氮气孔,形成较为理想的焊缝。焊接工艺参数对焊缝中氮气孔的形成是有规律的,即随着焊接电流的增大,气孔产生趋势减小;随着电弧电压的增大,产生气孔趋势增大。焊接工艺参数选择范围为焊接电流 220 ~ 280 A, 电弧电压 18 ~ 24 V; 焊

[下转第 74 页]

图 8 是叶片出水边上 A 点的焊接残余应力 R_{rz} 与加热面积的关系。为了研究加热面积对 A 点残余应力的影响,对加热区域进行如下的设计,加热宽度(即 50 mm)不变,加热长度(最小是 30 mm)沿平行于焊缝的方向加大,即利用加热区域的长度大小来表示加热面积,长度越大,加热面积越大。从图中可以看出, A 点的焊接残余应力随着加热面积的增加而降低;同时在增加相同加热面积的情况下,距离 A 点越远,残余应力的降低程度越小。

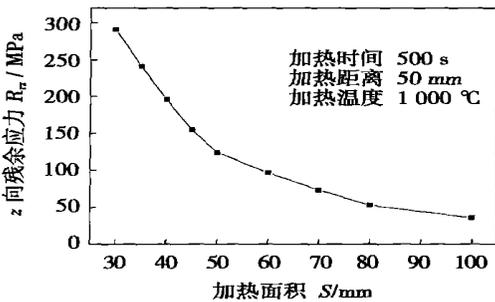


图 8 叶片上 A 点焊接残余应力与加热面积的关系

Fig. 8 Relation between residual stress R_{rz} and different heating area

4 结 论

(1) 利用数值模拟的方法研究了局部加热法影响转轮危险区域焊后残余应力的变化过程。在加热过程中,叶片危险区域的焊接残余应力增大;在随后

的冷却过程中,危险区域的焊接残余应力峰值随着时间的增加呈现先减小后增大的趋势。

(2) 对焊后的转轮采用局部加热—冷却的方法,转轮危险区域的残余应力降低的效果比较明显。降低效果主要与加热时间成正比,与加热温度成正比,与加热面积成正比,并且残余应力随加热距离的增加呈先降低后增大的趋势。因此在采用此法过程中,针对不同的转轮结构,可以采取适当的加热区域、加热温度、加热时间与冷却区域的方法来减小叶片危险区域的残余应力峰值,甚至变成压应力。

参考文献:

- [1] 樊世英. 混流式水轮机转轮裂纹原因分析及预防措施 [J]. 水力发电, 2002, 18(5): 38—41.
- [2] 王远江. 岩滩与李家峡水电站水轮机转轮裂纹的原因和处理 [J]. 水力发电, 1999, 15(5): 43—45.
- [3] Schweigert F. The development tendency of francis hydraulic turbine [J]. Journal of Hydraulic Research, 1986(3): 18—22.
- [4] 邓金成. 宝珠寺水电站水轮机全不锈钢分瓣转轮的焊接 [J]. 四川水力发电, 1997, 16(3): 64—65.
- [5] 黄文. 水轮机转轮叶片的应力分布及其裂纹成因 [J]. 实用测试技术, 1999(3): 33—34.
- [6] 黄振峰, 温洁明, 沈炜良. 混流式水轮机转轮叶片残余应力测试 [J]. 广西工学院学报, 1999, 10(3): 78—80.

作者简介: 姬书得 男, 1977 年出生, 工学博士, 副教授。主要从事航天领域的特种连接技术的研究工作, 发表论文 20 余篇。

Email: superjsl@163.com

[上接第 70 页]

丝伸出长度 20 ~ 30 mm; 焊接极性选用直流正接。自保护药芯焊丝由于药芯中加入了大量的脱氧剂、氟化物等物质, 能够有效避免 CO_2 气孔和氢气孔产生。

参考文献:

- [1] 帕毫德涅 ИК. 焊缝中的气体 [M]. 赵鄂官译. 尹士科校. 北京: 机械工业出版社, 1977.
- [2] Kaplan H I, Hill D C. Thermodynamics of air operating flux cored electrodes and an analysis of weld toughness [J]. Welding Research, 1976, 55(1): 13s—19s.
- [3] Krivenko L F, Slutskaya T H. Effects of alloying elements on the residual nitrogen content of the weld metal after open arc welding [J].

Automatic Weld, 1967, 20(3): 12—14.

- [4] Blake P D. Nitrogen in steel weld metals [J]. Metal Construction, 1979, 11(4): 196—197.
- [5] Lakowski V J, Grigorenko G M. Absorption of hydrogen and nitrogen by the metal during arc welding [J]. Automatic Welding, 1964, 17(11): 1—9.
- [6] Cunat P J. Flux cored arc welding without external shielding [J]. Soudage et Techniques Connexes, 1981, 35(9—10): 319—324.
- [7] Kobayashi T. Some aspects of advances in the science of welding [J]. Welding in the World, 1973, 21(11): 227—236.
- [8] Verhagen J G. Nitrogen absorption by ferritic weld metal during arc welding [J]. Metal Construction & British Weld, 1970, 2(4): 135—143.

作者简介: 喻萍, 女, 1971 年出生, 工学博士。主要从事药芯焊丝的研发工作, 发表论文 20 余篇。

Email: lyyuping@yahoo.com.cn

9.5% more than Fe—Cr—C hardfacing alloy. And the relative abrasion wear-resisting property of NbC strengthened Fe—Cr—C hardfacing alloy increased 60% comparing to the Fe—Cr—C hardfacing alloy. The cross shape of NbC hard phase in Fe—Cr—C—NbC alloy is rose, showing as rhombic or polygonal shape distributed between the M_7C_3 or embed in the M_7C_3 . The distribution of NbC phase is not uniform, and it congregates in local regions. The eutectic carbides in the Fe—Cr—C—NbC alloy show coarse structure compared to the Fe—Cr—C hardfacing alloy, and the space between them is much great.

Key words: Fe—Cr—C hardfacing alloy; NbC; abrasion wear-resisting property; microstructure

Ductile tearing assessment of surface flaw in circumferential weld of pipe-line based on J integral parameter

ZHANG Manli¹, WANG Jianping², TAO Yongyin² (1. Maths and Information Department, Langfang Teachers College, Langfang 065000, Hebei, China; 2. Research Institute of China Petroleum Pipeline Bureau, Langfang 065000, Hebei, China). p59—62, 66

Abstract: Based on level three programme (ductile tearing assessment) of assessment standard BS7910, ductile tearing assessment of surface flaw in circumferential weld of pipe-line under pure bending load was proceeded by using J integral engineering estimate method of SC. ENG. By taking X56 steel pipeline as an example, effects on assessment curve and evaluating results were given by flaw dimension and fracture parameter choosing were discussed, and the assessment point was put forward that J_{mat} is more reasonable than J_g in determining assessment points while choosing J integral parameter to make a ductile tearing assessment of flaw in metal structure. The research results are not only taken as a guide on safety evaluation in pipeline construction, but also can make engineering application of the ductile tearing assessment of structure with flaw more popular and referentia.

Key words: BS7910; J integral; circumferential weld; surface flaw; ductile tearing assessment

Characteristic of interface microstructure in joint between copper alloy and 35CrMnSiA steel

LV Shixiong, YANG Shiqin, WANG Haitiao, XUE Chengbo (State Key Laboratory of Advanced Welding Production Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China). p63—66

Abstract: The shell structure consisting of copper alloy surfacing layer and steel substrate was produced by a cool-body tungsten inert gas surfacing method, and microstructure of the shell was mainly investigated. Characteristics of microstructure and morphology of interface, copper alloy layer and steel substrate were observed by using optical microscope, scanning electron microscope. Effects of welding process on the content of Fe within the copper alloy were also analyzed. Energy dispersive X-ray analysis on the composition change of copper alloy layer and interface shows that solution of some elements from the steel substrate to the copper alloy layer and diffusion of some elements of copper alloy layer to the steel substrate happened during the welding process. There is Fe_2Si distributing in the copper alloy layer dispersely when $CuSi_3$ is used as surfacing layer

and there is dendritic crystal in the copper alloy layer when surfacing layer is made of B30. Moreover, penetration cracks caused by eutectoid at the interface occurred when the inappropriate welding parameters were used.

Key words: copper alloy; steel; tungsten inert-gas surfacing; interface

Gas in weld for self shielded flux-cored arc welding

YU Ping¹, TIAN Zhiling¹, PAN Chuan¹, XUE Zhenkui² (1. National Engineering Research Center of Advanced Steel Technology, Central Iron & Steel Research Institute, Beijing 100081, China; 2. Research Institute of China Petroleum Pipeline Bureau, Langfang 065000, Hebei, China). p67—70, 74

Abstract: The nitrogen content in the weld for FACW—S (flux-cored arc welding-self-shielded) is about 0.025%—0.035%, which is higher than other welding materials. The effects of flux ingredients (for example, fluoride, carbonate and nitrogen fixation substance Al) on the nitrogen gas pore were studied. The welding parameters also have an important influence on the nitrogen gas pore. Considering the gas pore in the weld, the welding parameters should be 220—280 A welding current, 18—24 V welding voltage, 20—30 mm wire extension and direct current stright polarity. Hydrogen gas pore and CO/CO₂ gas pore are not easy to form in FCAW—S weld.

Key words: self-shielded flux-cored wire; nitrogen porosity; influencing factors

Influence of local heating-cooling on welding residual stress of francis turbine runner

JI Shude¹, ZHANG Liguo¹, FANG Hongyuan², LIU Xue-song² (1. Institute of Astronautical Technology, Shenyang Institute of Aeronautical Engineering, Shenyang 110034, China; 2. State Key Laboratory of Advanced Welding Production Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China). p71—74

Abstract: On basis of local heating-cooling method which is brought out to improve the distribution of welding residual stress in blade according to the property of weld formation, influence of local heating-cooling method on runner's residual stress field is studied by numerical simulation technology. Moreover, the change process of welding stress in the blade dangerous area and the optimizing scheme of local heating are attained. The result shows that the method of local heating-cooling can decrease the residual tensile stress peak in dangerous area of the blade. The effect on decreasing residual stress is directly proportional to heating time, heating temperature and heating area. Moreover, with the augmentation of heating distance, the residual stress in dangerous area can decrease and with further the augmentation the residual stress will increase.

Key words: blade; local heating-cooling; numerical simulation; welding residual stress

Application of joint time frequency analysis to electrical signals of CO₂ arc welding

LUO Yi (School of Material Science and Engineering, Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050, China). p75—78