

水解氢焊割机, 原理, 应用

专题综述

27-30 水解氢焊割机的原理及应用

Principle of Application of H_2O to H_2 welding and Cutting machine

成都出口基地物资设备联合制造公司(610031)

邱士安 洪建

TG 435

Chengdu Material Equipment Union Company

Qi Shian et al

本文介绍的水解氢氧气体的应用技术,是采用电化学反应中电解效应的原理,实际上就是将水进行电解,产生氢、氧气体,再进行处理而用到生产中去。

二十世纪 80 年代,美国、瑞士、英国等国家开发生产出体积小、使用方便、无空气污染、节约能源的水解氢氧焊割设备。主要用于黑色金属、有色金属的焊割和玻璃制品的烧结等。

本公司于 1993 年初试制成功第一台水解氢焊割机,同年 4 月申报并批准国家实用新型专利,专利号:92.2.14284X。随即,产品投入小批量试生产,并通过市级质量监督检验所质量检验。各项指标均达到产品设计要求。1993 年 10 月底该产品又通过成都市经委组织的产品鉴定。水解氢焊割机的原理框图见图 1

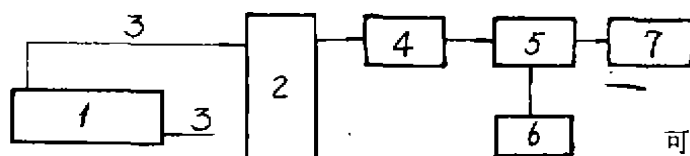


图 1

1. 电解池 2. 气罐 3. 循环系统 4. 止回阀
5. 混合调解器 6. 雾化 7. 干式回火器

水解氢焊割机的技术参数:

- (1) 电源: AC 220 $\pm$ 10V
(2) 功率: 不大于 4kVA
(3) 原料: 水
(4) 产气量: 不少于 1.5m³/h
(5) 切割性能: 大于 2000mm²/min (A₃ 钢厚 40mm 时)
(6) 焊割对象: 黑色金属、铜、铝等有色金属
(7) 其它用途: 玻璃封口、烧制、金属热处理
(8) 噪声: 不大于 70dB(A)

(9) 重量: 80kg

(10) 体积: 580 $\times$ 605 $\times$ 970(mm)

一、气体发生器的设计

1. 电解原理

电解是在电解质溶液中插入两块金属板,在板极通过直流电,即有气体生成。当选用 20%KOH 溶液作电解质,金属板为镍板时,在正极极板表面有氢气(H_2)产生,在负极极板表面有氧气(O_2)产生。

化学反应式:

电离: $KOH + H_2O \rightarrow H^+ + 2OH^- + K^+$ 阳极: $2OH^- \xrightarrow{\text{氧化反应}} H_2O + \frac{1}{2}O_2 + 2e$ 阴极: $2H^+ + 2e \xrightarrow{\text{还原反应}} H_2$ 即: $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

由上述可知,在电极上有四个电荷流过,就可在阳极上析出一个氧分子(O_2),在阴极上析出两个氢分子(H_2)。

经推算可知:

1 安培的电流在 1 秒钟、1 分钟、1 小时的时间内所析出金属质量的克数和氢氧气体的立方公分数见表 1。

表 1

	银	铜	氢	爆鸣气 (cm ³)
1 秒钟	0.001118	0.0003294	0.00001036	0.00301740
1 分钟	0.06700	0.01976	0.0006215	0.01044
1 小时	1.025	1.185	0.03729	0.626

即电解产物与通入的电量存在以下关系:
(1) 在电解过程中电极上起化学变化的物

理量与通过溶液的电量成正比:

(2)用相同的电量通过各种不同的电解质溶液时,在各电极上所析出或溶解的物质具有相同的当量数。

2. 设计目标

根据实验得知,外加电压要加到一定数值,电解反应才能发生。理论上这一分解电压是1.229V,而实际测得的分解电压要比1.229V高,其值的大小与电解质溶液的诸多因素有关。如,表2列出的用镍电极电解1吨酸、碱溶液时,其理论分解电压和实际分解电压的数值。

表 2

酸	电极产物	理分	实分	碱	电极产物	理分	实分
H ₂ SO ₄	H ₂ O	1.23	1.67	NaOH	H ₂ O	1.23	1.69
HNO ₃	H ₂ O	1.23	1.69	KOH	H ₂ O	1.23	1.67
H ₃ PO ₄	H ₂ O	1.23	1.71	NH ₄ OH	H ₂ O	1.23	1.74

由以上分析可见,电解一定数量的H₂、O₂只与通入电解液中电极的电流大小有关,与其它因素无关。

但是,要生成一定量的H₂、O₂气体——即要形成一定量的电流强度,必须在电极上附加电压,而电压的大小,直接反映了电能耗用的多少,所以尽量降低实际分解电压,就会实现生产同样的H₂、O₂气而耗用的电能最少,这就是具体设计氢氧发生器装置的节能目标。

3. 设计方法

按电化学理论,得知电解时实际所需的分解电压,都大于理论分解电压(此现象称之为极化现象),而这一过电压,在电化学理论中称为“超电压”。

超电压,由以下三方面原因引起:

(1)电阻超电压 由于电解时在电极表面生成气体薄膜,同时电流通过电解液产生电阻,所以电解时必须用一部分电压来克服这种电阻,这种电压称为电阻超电压,其现象为电阻极化。

(2)浓差超电压 由于电解过程进行很快,

致使电极附近的离子浓度与溶液本身的浓度发生差别,在两个电极附近都形成浓差电极,而组成的电极正好与外加电压相反,必然克服一部分电压,此称为浓差超电压,其现象为浓差极化。

(3)活化超电压 电解时生成氢气(H₂),其化学反应的步骤是:

H⁺ 移向阴极 $\diamond$ H⁺ 放电吸附在电极表面
 $H^+ + e \rightarrow H$ $\diamond$ H 组合成分子 $H + H \rightarrow H_2$ $\diamond$ 氢分子积成气泡析出。

以上步骤若要顺利而快速进行,需要提供一定数值的外加电压,此电压即为活化超电压。此现象为化学极化。

综上所述,可知总的超电压应为:

$$V = V_{\text{电阻}} + V_{\text{浓差}} + V_{\text{活化}}$$

为了尽量降低超电压的值,降低能耗,必须进行如下处理:

(1)电极材料的选择 因为不同电极材料的超电压是不同的。H₂、O₂气在不同电极上的超电压值见表3。

表 3

电极材料	H ₂ 的超电压(V)	O ₂ 的超电压(V)
pb(镀铂黑)	0.05	0.77
pb(光滑)	0.68	1.499
石墨	1.22	1.24
Ag	1.09	1.13
Ni	1.24	0.05
Cu	1.25	0.79
Pb	1.26	1.77

综合分析上述各种材料,选择了含镍(Ni)的不锈钢(1Cr18Ni9Ti),经测试得知,其超电压为H₂极1.25V,O₂极0.83V。

(2)极板面积选择 因为超电压随电流密度增大而增加,其关系式为:

$$V = a + b \lg I = a + b \lg I^2$$

式中:a由电极材料决定,pt、pd、Ni等材料电极的a值较小

b为常数 当25℃时b=0.1183

g为随电极板片数的多少的动态值

I为电流密度 控制在0.139~0.185A/cm²

根据以上关系,选择了电极面积为 10800mm^2 。

4. 温度选择

升高温度,溶液粘度下降,离子迁移速度加大、电导能力加强,因而电解反应加速、离子的扩散速度加快,超电压减少。但温度高到一定值时,超电压会降低。这是由于水溶液产生沸腾,从而生成大量水蒸气,因此在电解时要控制电解液的温度。故在设备中采用了散热系统,温度控制和 PTC 控制。当温度低于 65°C 时,电解液温度较快的提高;当温度高于 65°C 时,散热系统开始工作,温度极缓慢的上升;当温度上升到 110°C 时,设备自动停止工作,散热系数强冷散热。而 PTC 温度辅助控制又能自动随温度调节功率而降低热量的产生。

经实验测得在环境温度为 40°C 的情况下,设备可连续工作 8 小时,不需停机冷却。

不同的电解质溶液和不同的温度下的溶液的电导率如图 2。

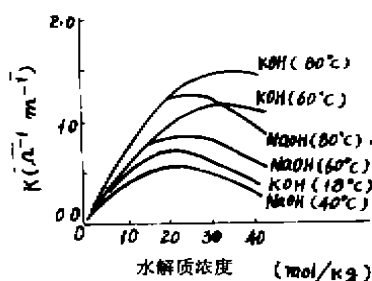


图 2 电解质溶液的电导率

5. 电解液循环系统

在电解过程中设备引用了循环系统。使电解液以 $18\text{L}/\text{min}$ 流速进行高速循环。从而降低了浓差极化,提高了电解液的活性,降低了超高压。

6. 电解池结构设计

为了使用标准的额定电压 ($220/380\text{V}$) 多层、方极板、压滤式电解池结构,电解池的两端分别与 $220/380\text{V}$ 整流后的电源相连,而中间极片(不锈钢 $1\text{Cr}18\text{Ni}9\text{Ti}$)两边由绝缘密封。这

样,中间极片任何二片都组成一单元电解池而每极片的一边为一单元电解池正极,另一边为另一单元电解池负极。

这样结构的电解池,结构紧凑,便于安装和气体处理。

7. 极间距离选择

多层、方极板、压滤式电解池极片间的距离大小与极间超电压的大小关系很大。即,调整适当的距离,有利于保证在相同的额定电流,一定的外加电压 ($220/380\text{V}$) 条件下,极片片数的数量,极片数量越多、产气量越大。

经实验得知:

极间距离选择: $5.5\sim 6.5\text{mm}$

单元电解池总数: $120\sim 130$ (220V 电压)

此时,产气量较大,能耗较低。

8. 电解质及浓度的选择

电解液电导率的大小对浓差超电压有很大的影响;从表 4 得知,电解质的种类和电解质浓度对电导率的影响。

表 4

$C/\%$	NH_4CO_3	NaCO_3	ZnSO_4	CuSO_4	KOH	NaOH	H_2SO_4
5	10.9	14.9	52.4	52.9	5.3	5.1	4.8
10	5.6	8.3	31.2	31.3	5.2	3.2	2.6
15	3.9	6.1	24.1	23.8	2.4	2.9	1.8
20	3.0	5.1	21.3		2.0	3.0	1.5
25	2.5	4.7	20.8		1.9	3.7	1.4
30			22.7		1.8	4.8	1.35
35					2.0	6.4	1.4
40					2.2	8.3	1.5

因此,选用 KOH 为电解质,电解液浓度配置为 $20\sim 30\%$ 。

二、气体处理设计

1. 干燥设计

由电解池产生的气体含有一定量的水蒸气,含水蒸气的氢氧气体燃烧时会发出爆鸣声,同时燃烧的温度也会受水蒸气的影响而降低。从而影响焊割的质量。

为了消除水蒸气,故在输出的氢氧气端增设干燥设备。

2. 雾化设计

H_2 、 O_2 气体燃烧的温度 $2400^\circ C$, 其燃烧火焰为中性焰, 而氢氧燃烧速度为 $11m/sec$, 此因素使黑色金属的焊接和切割存在有一定的困难。如果在 H_2 、 O_2 气中混有碳氢化合物, 一定程度上, 降低了燃烧速度, 提高了燃烧温度和热值。其混合方式分为两种, 一种是用 H_2 、 O_2 气夹带添加剂, 另一种是将添加剂雾化后定量混合于氢氧气中。

(1) 夹带方式 夹带方式是将氢、氧气输入到碳氢化合物溶液中, 通过氢氧气的流动, 夹带一部分碳氢化合物输出。

这种方式存在一定缺点。由于这种方式会使剩余的碳氢化合物水分过重、杂质含量多, 用过一段时间必须将其排除, 重新注入新液。另外的缺点是: 夹带量不稳定, 影响燃烧质量, 一般不易采用。

(2) 雾化方式 即将碳氢化合物雾化, 形成一定分密度的雾状, 将雾状的碳氢化合物定量的输入到氢氧气中混合。

这种办法能够调解控制混合比例, 有利于调解火焰温度和热值, 利于不同素质的操作者掌握。

本设备采用的碳氢化合物为 $70^\circ \sim 90^\circ$ 汽油或 90% 以上的乙醇。其雾化方式为恒温 ($450^\circ C$) 热雾化方式, 通过阀门调解混合比例。

三、安全控制

(上接第 24 页)

流无补偿作用。因而应选用热量控制法的控制器。

在电容贮能式点焊机上使用计算机进行控制可以使充电过程更加平稳、对电网冲击小、减少能耗和提高设备寿命, 并能使充电电压更加精确、规范更加稳定。

通过用光导纤维检测焊接处的温度并使用

氢气燃烧有一定的危险性, 因此, 在本设备中的安全问题, 作为重点来处理。

本设备有四级安全保护:

(1) 干式防回火装置 本设备在出气端装有乙炔用干式防回火器, 它能使火焰发生回火时, 自动切断送气源, 保证了设备的安全。

(2) 止回防爆系统 在雾化混合的前级, 设备上设置了单向输气阀门, 此阀门当有火源从出气端返回时 (干式防回火装置失灵), 止回阀会自动关闭, 防止了火源危害电解池和气罐。

(3) 防爆片 在气罐上装有铝合金防爆片, 由于某种原因使回路中气体压力超过 $0.45MPa$ 时, 防爆片会自动破裂, 从而保证了设备的安全。

(4) 压力控制 在电器控制上, 设备设置有压力继电装置。当整机内气体压力大于 $0.25MPa$ 时, 设备动力会自动切断, 当气压降至 $0.22MPa$ 时, 设备会自动工作。此电器控制即起到了安全保护作用, 又能使设备在节能的基础上连续地工作。

结束语

本公司在水解氢氧能的利用上推出了“水解氢焊割机”, 其后, 将进一步开发水解氢专用热加工设备、水解氢氧炉具、水解氢、氧气体发生器 (站)、水解氢氧汽车发动机…等。

希望在不久的将来, 水解氢、氧气体将部分地、逐渐地取代乙炔、天然气、石油、煤…等对大气环境有污染的能源。

计算机进行控制, 可以实现电阻钎焊的自动控制, 但目前这种方法只适用于较开敞的结构和较大的零件。效果以用膏状钎料为佳, 使用时必须有排风装置排除焊接区的烟尘油雾。与一般的焊机相比, 这种焊机增加了一套光纤温度检测器和一套信号检出及控制装置。