

MAG 焊产生缺陷的原因及预防措施

13-14.16

吴昌忠 谢彦武 唐松林
(江苏双良锅炉有限公司 江苏 211144)

TK 226.2

摘要 介绍了 MAG 焊在锅炉压力容器焊接中的应用情况,分析了 MAG 焊易产生气孔和未熔合的原因,并提出了预防措施。

Abstract The application of the MAG welding used in the boilers and pressure vessels are introduced in the paper. By analyzing the reason of porosity and incomplete fusion easy to occur in the MAG welding, the prevention methods are presented.

关键词 MAG 焊 锅炉压力容器 气孔 未熔合

焊接

缺陷

前言

在锅炉压力容器生产过程中,我国传统的焊接方法以氩弧焊、手工电弧焊和埋弧自动焊为主,CO₂ 气体保护焊及富氩 CO₂ 气体保护焊(MAG)虽然早就提倡采用,但由于焊接设备、焊丝及焊接气体等方面的原因,一些生产厂家在实际操作过程中遇到了很多困难和麻烦,往往只进行了一些焊接实验,或应用于非主要焊缝的焊接。其根本原因是由于焊接过程中容易出现气孔、未熔合等缺陷。因此,本文重点分析了气孔、未熔合产生的原因及预防措施,说明了 MAG 焊在锅炉压力容器焊接中的应用前景。

1 MAG 焊在锅炉压力容器中的应用情况

我公司自成立之初,通过慎密的调研,进口了 38 台米勒气保焊机作为锅炉和压力容器主焊缝的焊接设备。在技术人员和工人的配合下,通过培训和实验,克服了种种困难,从而掌握了该焊接工艺在锅炉压力容器上的应用。通过近两年的实际生产说明:采用 MAG 焊可以大大减少焊接的辅助时间,且焊接速度明显高于手工电弧焊,从而提高了生产效率,由于采用 MAG 焊的线能量小,使焊缝金属组织的晶粒细化,从而可提高焊缝的冲击韧性,同时由于焊接线能量小,过热区高温停留时间短,晶粒细小,使热影响区的韧性也得到改善;采用 MAG 焊提高了焊缝的外观质量,焊缝表面光滑过渡,焊缝成形好,从而减少了产品运行中由于焊缝形状而产生缺陷的可能性;MAG 焊由于采用的是喷射过渡形式,基本上杜绝了飞溅现象,不仅减少了清理时间,

工件表面美观,而且焊接场地的卫生面貌也得到了很大改观^[1]。另外采用 MAG 焊,只要工艺合适、过程控制严格,焊缝的一次合格率是可以和埋弧焊和手工电弧焊相媲美的。其统计结果见表 1。

表 1

焊接方法	探伤片子总数	不合格片子数	焊缝一次合格率
熔化极气保焊	1439	27	98.12%
手工电弧焊	462	11	97.6%
埋弧焊	652	11	98.3%

2 存在的问题及原因

在生产过程中,我们体会到 MAG 焊带来的效益,同时也遇到 MAG 焊普遍存在的问题,即易产生气孔和未熔合缺陷。统计表明在生产之初及工艺改进之前,MAG 焊的焊缝一次合格率只维持在 90% 左右,气孔和未熔合是最主要的缺陷,占总需要返修缺陷的 99% 以上。

2.1 气孔产生的原因及分析

众所周知,高温下焊接熔池溶解了大量的氢、氧、氮,在快速冷却过程中,这些气体来不及逸出,便生成气孔^[2]。对于 MAG 焊来说,保护气体采用的是富氩气与少量二氧化碳的混合气,产生气孔主要有三个方面原因:(1)由于材料本身水分而造成的气孔,这包括母材表面由于清理不净而含的水分、保护气体含有的水汽成分及焊丝表面不洁等。(2)由于 CO₂ 气体在高温下与液体金属反应而产生的 CO 气孔^[3]。(3)由于环境、保护气体流量不适等因素而造成的保护效果差,使空气侵入而引起的气孔。

实践分析表明,在上述诸因素中,由于气保焊焊丝中含有足量的 Si、Mn 元素,而 Si、Mn 与 O 的亲合力大于 C 和 O 的亲合力,在冶金反应过程中, Si、Mn 首先与氧发生反应,从而阻止了生成 CO 的反应。因此,在 MAG 焊中,CO 气孔不是主要的。而材料表面不干净或清理不彻底,特别是在南方的霉雨季节,空气湿度较大材料表面极易受潮是产生气孔的重要因素;保护气体水分含量高是产生气孔的主要因素;对于带垫板的对接焊缝或角焊缝产生的所谓机械气孔⁽⁴⁾也是一个方面;对于由于操作因素或风速大而产生的保护效果差而产生的气孔可以认为是一个偶然因素。

2.2 未熔合产生的原因及分析

未熔合是最危险的缺陷之一,它产生的直接原因是焊接热量不足以使母材或周围的临近焊道熔化而形成未熔合。对于 MAG 焊来说,采用的保护气体是 80%~90% 的 Ar 和 20%~10% 的 CO₂ 混合气体,使 MAG 焊既具有氩弧焊的特点(电弧燃烧稳定,飞溅小,容易获得轴向喷射过渡等),又具有氧化性,克服了氩弧焊接时表面张力大,液体金属粘稠,斑点易漂移等问题,同时对焊缝蘑菇形熔深有所改善。由于这种混合气体可用于喷射过渡又可用于短路过渡,而未熔合产生的难易程度及原理与 MAG 焊采用的过渡形式相联系。

(1) 当采用短路过渡时,焊接工艺参数小,焊接所需的线能量不足而产生未熔合;短路过渡时的电弧吹力小,挖掘作用弱,易产生未熔合;短路过渡时电弧斑点小,操作时覆盖性差,也易产生未熔合⁽⁴⁾。

总之,短路过渡本身的特点决定了 MAG 焊采用短路过渡时非常容易产生未熔合,这一点在我们的实际生产中得到了验证。因此, MAG 焊在采用短路过渡时要慎重。

(2) 当采用射流过渡时,焊接所需的焊接线能量较大,焊丝端头熔化的金属被压成笔尖状,以细小的熔滴从液柱尖端高速轴向射入熔池,因而,电弧吹力和覆盖面积都很大,因而克服了短路过渡的一切缺点。故在正常情况下,采用 MAG 焊射流过渡时,产生未熔合的几率是很小的。但在实际生产过程中,往往也产生未熔合,我们通过实验表明,射流过渡产生未熔合不是焊接线能量小的原因,相反,在一定范围内,增加焊接线能量会增加未熔合的产生几率。这是因为当 MAG 焊采用射流过渡时,电弧电压变化不大。增加线能量就意味着增加焊接电流或降低焊接速度,使单位焊缝长度上填充金属的熔

数量增加,熔池体积增大;再由于 MAG 焊时氩气含量约占 90%,液体金属的表面张力较大,流动性较差,使焊接熔池在厚度方向增加较快。这样电弧直接接触的主要是液态熔池金属,而母材金属的熔化是靠液态金属的传导热作用而实现的,故熔深减小,严重时便产生未熔合。

3 预防措施

3.1 气孔的预防措施

通过分析和实践经验表明,只要严格控制下列因素, MAG 焊的焊接气孔是可以控制的。(1)严格控制气体的质量,焊接用混合气体应均匀,并严格控制水分含量应小于 50mg/L。(2)气瓶用完后应关紧阀门,且气瓶的剩余压力不应小于 0.3MPa,混合气体到厂后应尽快使用,长期放置将导致分层影响焊接质量。(3)焊工应严格执行焊接工艺,按标准控制焊接环境,如焊接时风速不超过 2m/s,相对湿度不大于 90% 等。(4)除按工艺对焊缝坡口及周围进行清理外,焊前应对焊缝周围进行火焰烘烤。(5)对有垫板的对接接头型式在装配时应注意间隙的均匀性,以防机械气孔的产生。

3.2 未熔合的控制措施

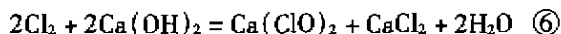
(1) 采用 MAG 焊进行锅炉压力容器主焊缝的焊接时,应采用喷射(射流)过渡形式,除打底焊且焊根可清除外,应严禁采用短路过渡形式进行焊接。(2) 由于 V 型坡口的根部间隙最窄,在熔池体积相同的情况下,此处的熔敷金属厚度最大,因而,最容易在根部产生未熔合缺陷。统计表明,在生产工艺改进之前,根部未熔合产生的数量很大,占总返修缺陷的 90% 以上。为此,我们改进了焊接工艺,即先采用手工氩弧焊进行打底,打底厚度在 2~3mm。通过改进,根部未熔合缺陷基本消除。这既保证了焊接质量又可保证生产效率。(3) 为防止根部未熔合和层间未熔合的产生,应控制每一道焊道熔敷金属的厚度,因为,熔敷金属的厚度过大,根部母材或层间焊道的熔化不是靠电弧热而是主要靠熔化金属的传导热,从而会由于热量不足产生未熔合。(4) 焊工操作时应尽量采用右焊法,因为采用右焊法时,母材的熔化主要靠电弧加热,从而可减少未熔合的产生;另外,进行 MAG 焊操作时应采用上坡焊,从而保证母材始终受电弧加热,避免了下坡焊时下淌的熔化金属阻碍电弧加热母材而产生的未熔合。(5) 在焊接类似单边 V 型坡口填角焊缝的结构型式时,

(下转第 16 页)

$$K_a = \frac{[H^+][Cl^-][HCl]}{[Cl_2]} = 4.2 \times 10^{-4}$$

虽然此反应也可以加大水量将 Cl_2 置换, 但由于其生成物为 HCl 、 $HClO$, 而这两种生成物均对罐体有较强的腐蚀作用, 因此不宜采用。

在清洗过程中, 加入适量的 $Ca(OH)_2$ 可加速反应⑤向右移动, 其反应方程式如下:



根据反应方程式⑥可计算出置换 Cl_2 所需的 $Ca(OH)_2$ 的用量, 而罐体中 Cl_2 的残余量可用上述范德华状态方程式算出, 其中 $a = 6.49 \text{ atm} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$, $b = 0.0562 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

同样, 氯气的置换也可以用 $NaOH$ 、 Na_2CO_3 , 效果也很好, 只是成本相应较高。

根据上述原理, 我们在实际工作中采用一些结构简单的置换罐, 来清洗、置换罐体内的残余液氨、液氯, 均取得了较好的效果。

3. 处理程序

在实际应用中, 处理程序如下:

抽残液 → 排气 → 置换 → 水洗 → 化验 → 检验

(收稿日期 1999—06—22)

(上接第 14 页)

为防止未熔合, 特别是防止在未开坡口面侧产生未熔合, 操作时应尽量采用船型位置, 焊接电弧在不开坡口面侧的停留时间应相对加长。

总之, 只要严格控制各要素, 并培训焊工精心操作, 长期制约 MAG 焊在锅炉压力容器普遍推广应用的问题, 即产生气孔和未熔合是可以解决的。实践使我们相信, MAG 焊在锅炉压力容器中的应用前景是光明的。

4 结论

(1) MAG 焊最常见的缺陷是气孔和未熔合, 而且根部未熔合占多数。

(2) MAG 焊中气孔的产生主要是由水分引起的, 防止措施是严格清理焊丝和焊缝周围的母材表面, 并严格控制保护气体中水分的含量。

(3) MAG 焊未熔合产生的原因与采用的过渡形式有关。焊接时线能量偏低是造成短路过渡 MAG

残液由罐车的液相管抽出, 液相管最低处距罐体底部约 20mm, 这样在罐体底部将存留约 20mm 高的残余液体, 这部分液相空间占整个罐体的比例很小, 在计算残余气体时可忽略不计。残存液体的体积可根据罐体内径、长度的不同计算出不同的结果, 再乘以该液体的比重即可算出残余液体的重量。

排气由气相管排出, 排出气体直接通入装有饱和酸或碱的置换罐内, 排气速度不能太快, 以免反应不够充分。另外, 置换罐内的物料要及时更换。对于 60 m^3 左右的罐车大约需要两个班的时间 (15 小时)。

当罐体内不再有气体排出时, 可进入水洗阶段。在这个过程中, 水应当充满整个罐体。值得注意的是, 向液氯罐体内充水时不可间断, 要保证充足的水量, 否则将腐蚀罐体。水充满后再及时将水排尽。一般地说, 经过水洗后, 化验结果可满足检验要求。如遇到含杂质较多时, 可再用少量的水冲洗, 并将水及时排出。

焊产生未熔合的根本原因; 而 MAG 焊采用喷射过渡时产生未熔合的原因是当母材金属的熔化主要靠液态金属的传导热时, 由于传导热量的不足而产生未熔合。

(4) 防止未熔合产生的措施是慎用短路过渡 MAG 焊, 采用喷射过渡 MAG 焊时, 应该严格执行焊接工艺并精心操作, 让焊接电弧来熔化母材金属。

(5) MAG 焊在锅炉压力容器方面的广泛应用是可行的。

参考文献

- 1 吴昌忠. MAG 焊在锅炉压力容器焊接中的应用情况分析. 焊接技术, 1999, (6)
- 2 斯重遥等. 焊选手册(2). 机械工业出版社
- 3 潘际奎等. 焊选手册(1). 机械工业出版社
- 4 庄建清. 真空容器短路过渡 MAG 焊工艺探讨. 第八次全国焊接会议论文集, 第 3 册

(收稿日期 1999—12—03)

消息 本刊讯:《小型和常压热水锅炉安全监察规程》已于 2000 年 5 月 15 日经国家质量技术监督局局务会议通过。6 月 15 日 11 号局长令予以发布, 自 2000 年 8 月 1 日起施行。