

热轧不锈钢复合板气泡产生原因分析及对策

金建炳

(山东鲍德金属复合板有限公司, 山东 济南 250101)

摘要:针对热轧不锈钢复合板生产过程中产生气泡的问题,对不同生产工艺生产、超声波检测正常及异常的钢板取样进行金相分析,结果表明,开轧温度高、压缩比大的复合板结合面孔洞少,气泡产生与隔离剂烘干时间、复合坯真空度、轧制温度、压缩比有关。采取提高真空度、保证复合坯加热均匀和增加压缩比等措施,基本消除了用基准灵敏度超声可检测出的气泡。

关键词:不锈钢复合板;气泡;真空度;压缩比

中图分类号: TG337.5

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2014)06-0020-03

1 前言

在热轧不锈钢复合板生产过程中,尤其是厚规格大面积复合板生产过程中,时常有气泡产生,气泡主要分布在不锈钢与碳钢结合界面之间,大部分为圆形,也有呈不规则椭圆形,小的直径为1 mm左右,大的直径在500 mm左右,更有甚至呈大面积不复合,这些气泡面积小的可以通过焊接修补消除,面积大的影响了不锈钢复合板的复合率,只能改尺,有的甚至是判废,严重影响了产品质量、成材率和交货期,增加了企业的生产成本。为此,本研究对气泡产生的原因进行分析,提出了改进措施,取得了较好的效果。

2 气泡产生原因分析

热轧复合的基本原理是扩散焊理论:将两种表面洁净的金属相互接触,通过加热和塑性变形时原子间的高度扩散作用达到连续的冶金结合的复合方法,其结合过程大致分为物理接触、接触表面的激活、扩散及形成冶金结合3个阶段^[1]。热轧不锈钢复合板生产是通过原材料表面净化处理、复合制坯、焊坯、抽真空处理、复合坯加热、轧制而成,成品复合钢板有气泡且能用肉眼观察到,说明复合坯内部还有气体残留,主要有以下几种情况。

1)复合坯漏气。主要原因是在复合制坯和焊坯工序中,复合坯焊接不合格,抽真空前试漏没有检测出。但在实际生产过程中,复合坯的焊接是经过手工焊打底、埋弧焊焊接盖面6道次以上,在焊接完成抽真空前,还需要一套严格试漏工艺制度。从日常统计分析,复合坯漏气的概率在0.5%左右,而

漏气没有检出的概率不到0.5‰,所以可基本排除因为复合坯漏气而造成复合板产生气泡。

2)复合坯内有残留气体。主要原因是复合坯在抽真空时,还有气体没有抽出,也有可能复合坯内存在独立的气室。目前工艺是用一种机械泵进行抽真空,检验是否达到工艺要求,即观察连接复合坯的一个相对压力读数的数字式真空表,当停止抽真空后,表的数字是否回落来判断是否有漏气和达到工艺要求。但该真空表的缺点是不能读出复合坯内的实际气体残留压力,而且表的精度不高,理论上最高读数为-100 kPa,但实际常常达到-100.2 kPa。在用电阻规真空计对复合坯进行真空度测试时,发现复合坯内实际气体残留在100~580 Pa,也就是说复合坯内有1%~5.8%的气体存在,和扩散焊所需要的真空度还有一定距离。

3)复合坯腔内物质高温下产生还原成气体。复合坯腔内有刷涂在不锈钢上隔离剂、不锈钢和碳钢,碳钢与不锈钢都是经过表面磨削和加热处理,表面所依附气体较少,这些残存气体有可能会产生气泡,但根据实践经验,其气体量对热轧复合工艺构不成影响。隔离剂是较稳定的金属氧化物,在刷涂前进行高温煅烧去杂质和刷涂后烘干处理,在轧钢温度下不会发生还原反应,但假如隔离剂在刷涂完成后烘干时间或烘干温度不够,其结晶水没有完全蒸发,有可能在轧钢温度下变成气体。

3 复合板取样检测

为了进一步了解不锈钢复合板的界面气泡存在情况,更好地解释在复合坯内都有一定气体残留的情况下,有的复合板没有气泡,或者很小,有的复合板气泡很多,对生产现场的复合板取样进行了金相分析。

对济钢来自3条不同的生产线、开轧温度也不

收稿日期:2014-04-08

作者简介:金建炳,男,1981年生,2004年毕业于佳木斯大学材料成型及控制专业。现为山东鲍德金属复合板有限公司工程师,从事热轧不锈钢复合板生产、焊接和无损检测工作。

相同,但符合国标要求的不锈钢复合板(材质为Q235B+304)取样。试样1按JB/T 4730.3—2005标准要求^[2],超声检测正常,在基准灵敏度增加12 db值下,用单直探头检测没有缺陷,用双晶直探头检测,底波正常,但在结合面上有异样缺陷波;试样2

和试样3为基准灵敏度分别增加12 db和18 db,用双晶直探头检测,底波正常,没有发现较为明显的缺陷波。3组试样首道次压下率均为12%,其金相组织见图1,放大后的组织见图2。3组试样的金相分析对比见表1。

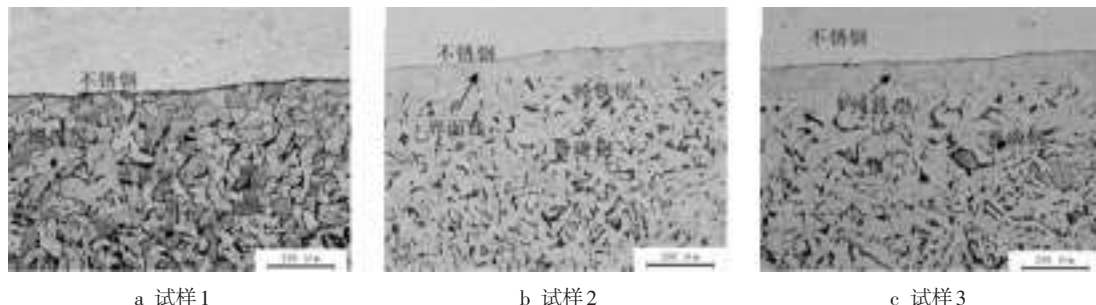


图1 不锈钢复合板的金相组织

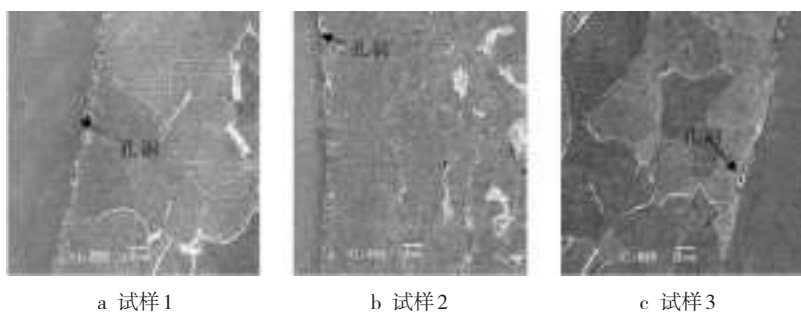


图2 不锈钢复合板在1 000倍下的金相组织

表1 3组不锈钢复合板试样的检测分析对比

编号	开轧温度/℃	超声检测	金相组织	1 000倍下的金相组织	剪切强度/MPa
试样1	950	有异常波	界面线较粗	有大量大小不一的孔洞	207
试样2	1 000	良好	有合金元素扩散现象,碳钢侧晶粒细化	有部分孔洞,空洞大小小于试样1	342
试样3	1 080	良好	合金元素进一步扩散,碳钢侧晶粒细化明显	很少孔洞,孔洞大小和试样2相同	447

从图1、图2和表1可以看到,在同样道次压下率的情况下,开轧温度升高有利于变形的进行,使界面两侧金属活化,增强两者表面的粘结作用^[3],界面孔洞减少,这就相应地增强了双金属抵抗分层破坏的能力,增加了结合强度,复合质量更好。剪切强度检测(见表1)也证实上述结果分析。

生产现场对近期采用3种不同压缩比生产的符合国标要求的不锈钢复合板取样(材质为Q235B+304),试样4为4倍压缩比,试样5为8倍压缩比,试样6为10倍压缩比,同样用超声检测在基准灵敏度上增加12 db没有异样缺陷波的样块,分别放大1 000倍和2 000倍观察试样的金相组织(见图3)。

为了考察压缩比对复合板金相组织的影响,在

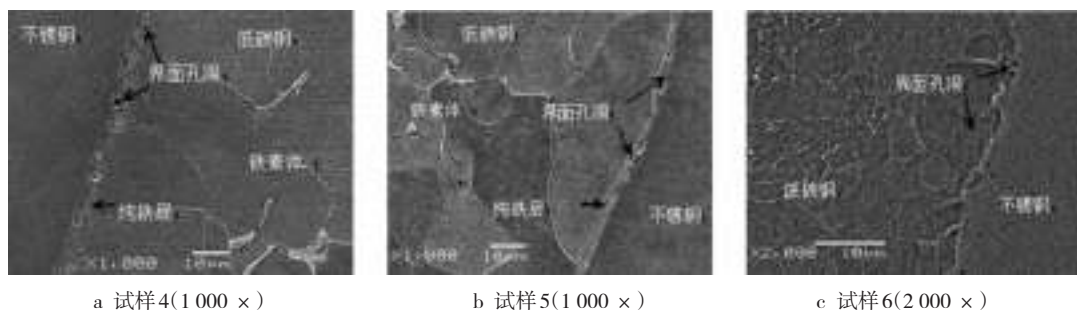


图3 不锈钢复合板高放大倍数下的金相组织

通过图3可以看出,在4倍压缩比下,不锈钢与普碳钢边界线上有大量大小不一的孔洞,出现在离边界线有一定距离的普碳钢边沿(见图3a),说明该压缩比下,并不能把普碳钢表面的空洞压实。随着

压缩比的增大,孔洞越来越小,孔洞间的距离逐步增大,10倍压缩比时(见图3c),几乎看不到孔洞。

通过对两组不同轧制温度和不同压缩比的实物取样分析表明,只要复合坯内有残留气体,不锈

钢复合板结合界面就会有气泡,气泡的大小及数量取决于残留气体量、轧制温度、压缩比。在轧制过程中,界面附近的一些区域会出现孔洞,随着压下量的增大,孔洞尺寸逐步减小,数量逐渐变少变小消失。

检测分析也表明,热轧复合的3个阶段不是截然分开。一方面,扩散过程是一个连续过程,各阶段之间是逐渐过渡的;另一方面,同一时间内焊接面上的接触情况不一致,使有些地方的焊接已经进入第三阶段,而有些地方还处于第一阶段。

4 改进措施及效果

1)为了提高复合坯内的真空度,增加真空泵的能力,在原来机械真空泵的基础上增加高级别真空机组,采用双级泵来抽真空,使复合坯内的真空稳定在10 Pa以下;更换数字式相对压力真空表,更换后的电阻规真空计能直接读出复合坯内剩余气体的压力,从而进一步了解和掌握真空度和复合强度的关系。

2)进一步规范组坯时隔离剂的烘干制度,在烘干温度不变的情况下,适当延长烘干时间,使隔离剂的结晶水充分析出。

3)严格执行复合坯加热制度,适当提高加热温度,延长加热时间,使得复合坯加热均匀、充分。

4)对复合坯压缩比设计和轧制时首道次压下

量做了相关规定,在满足轧钢装炉和轧制的情况下,尽可能设计5倍以上压缩比和10%以上的首道次压下量。

采取改进措施后,济钢生产的不锈钢复合板基本消除了用基准灵敏度超声可检测出的气泡,其抗剪强度也稳定在300~420 MPa(见图4),远高于有关标准要求。

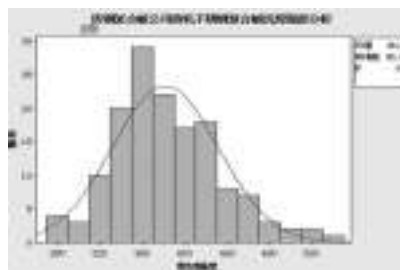


图4 济钢复合板抗剪强度正态分布

在济钢所起草的YB/T 4282—2012《压力容器用热轧不锈钢复合钢板》标准中,抗剪强度标准值也由210 MPa提高到 ≤ 220 MPa。

参考文献:

- [1] 陈祝年.焊接工程师手册[M].北京:机械工业出版社,2002:473.
- [2] JB/T 4730—2005.承压设备无损检测[S].北京:新华出版社,2005.
- [3] 那顺桑,陶进长,冯俊娟.轧制工艺在金属复合板复合中的应用[C]//河北省冶金学会.2007年河北省轧钢技术与学术年会论文集(上册),2007:31.

Cause Analysis and Countermeasures of Bubbles in Hot-rolled Stainless Steel Composite Plate

JIN Jianbing

(Shandong Baode Clad Co., Ltd., Jinan 250101, China)

Abstract: In view of the bubble problem in hot-rolled stainless steel composite plate, normal plates in ultrasonic test and abnormal plates in ultrasonic test produced by different processes were sampled for metallographic analysis. The results showed that the combined surface of the composite plate produced with high start rolling temperature and large compression ratio has few bubbles. The bubbles are associated with isolating agent drying time and the vacuum degree, rolling temperature and compression ratio of composite billet. By increasing the vacuum degree and compression ratio and ensuring the composite billet heating uniformity, the bubbles can be detected by benchmark sensitivity ultrasound were basically eliminated.

Key words: stainless steel composite plate; bubble; vacuum; compression ratio

信息园地

单位名称和符号常见错误用法

1)错将ppm等当作单位使用。ppm、pphm、ppb为英文的缩写,并不是计量单位的符号,也不是数学符号。他们所表示的含义为:ppm, parts per million, 10^{-6} ; pphm, parts per hundred million, 10^{-8} ; ppb, parts per billion, 10^{-9} (美、法等)或 10^{-12} (英、德等)。因此不能当作单位。

例如:“钢中氧含量为25 ppm”应改为“钢中氧含量为 25×10^{-6} ”;“Pb的重量百分浓度为35 ppm”应写成“Pb

的质量分数为 35×10^{-6} ”,如过改用量符号表示,则应写为“ $w(\text{Pb})=35 \times 10^{-6}$ ”。

2)用%(m/m)或%(V/V)等错误表示。由于百分是纯数字,所以质量百分或体积百分的说法是无意义的,也不能在百分符号上附加其他信息。可选用量的名称质量分数或体积分数等表示。

如硫酸的质量分数,或 $w(\text{H}_2\text{SO}_4)=5\%$ 。错误用法是硫酸的质量百分数,或 $\text{H}_2\text{SO}_4\%=5\%$ 。(燕明宇)