

文章编号 :1002-025X(2003)05-0051-02

# 大厚度钢板对接焊接的实例分析

邵隆毅

(中国第一重型机械集团 大连加氢反应器制造有限公司, 辽宁 大连 116113)

摘要: 采用埋弧焊的焊接方法, 在实际焊接大厚度中易产生焊根裂纹, 通过分析, 找出了焊后角变形是大厚度钢板产生根部裂纹的主要原因, 提出了防止措施和修复办法。

关键词: 大厚度; 埋弧焊; 根部裂纹; 角变形; 拉应力; 碳弧气刨; 热处理

中图分类号: TG445 文献标识码: B

在各种大型压力机的生产制造中, 需要采用很多大厚度、大长度的钢板, 由于尺寸超大, 需要通过对接来达到要求。对于板厚在 300 mm, 长度在 3 000 mm 以下的焊缝, 通常采用电渣焊, 不仅焊接速度快, 而且焊后变形很小。而对长度为 6 550 mm (板厚 210 mm) 的焊缝, 由于超过了电渣焊设备的爬杆行走长度, 所以改用焊条电弧焊封根, 埋弧焊填充、盖面的方法。但这种方法在实际焊接中出现了焊接变形难于控制, 焊缝根部易产生裂纹且裂纹难于修复等问题。

## 1 焊接裂纹产生的原因

在实际焊接中, 根部裂纹是焊件在冷却到 200~300 °C 以下产生的, 属于冷裂纹, 而且裂纹多产生在熔合线母材侧, 有延伸的倾向, 方向为纵向。氢、淬硬组织和应力是导致冷裂纹的 3 个原因, 它们相互影响, 相互促进, 导致裂纹的主要原因需进行具体分析。

1.1 淬硬倾向 钢板的材质为 30# 钢, 淬硬倾向小, 焊接性良好, 不是产生冷裂纹的主要原因。

1.2 氢的作用 所用焊材经过严格烘干, 但厂房环境湿度较大 (海洋性气候), 使焊接时有少量的氢留在焊缝内, 但含量较低, 也不是产生冷裂纹的主要原因。

1.3 焊接的应力 对于大厚度钢板, 焊接时在厚度方向上的温度分布是不均匀的, 焊接的一面受热膨胀大, 另一面膨胀小甚至不膨胀, 由于焊接面膨胀受阻, 产生了较大的横向压缩塑性变形; 在焊后冷却时就在钢板厚度方向上出现收缩不均匀的现象, 致使两连接件间产生角变形, 从而使背面根部承受很大的拉应力。由于所焊钢板厚 210 mm, 对接焊缝长 6 550 mm, 刚性很大。当焊后角变形所产生的拉应力超过根部焊缝熔敷金属抗拉强度的临界值时, 在最薄弱的根部焊缝处就会产生裂纹。因此焊接角变形所产生的拉应力是造成大厚度钢板对接焊缝根部裂纹的主要原因。

## 2 防止措施

### 2.1 采用双 U 形坡口形式

(1) 在实际焊接中, I 形、X 形、双 U 形坡口形式都曾采

用过。在试用 I 形坡口中间加钢条形成双 U 形坡口时, 由于钢条不能完全熔化, 根部钢条左右两边受应力影响被拉开两条裂纹, 裂纹很深且不易修复, 所以不宜采用 I 形坡口中间根部加钢条的坡口形式。

(2) X 形坡口在实际焊接中应用很多, 用半自动切割机就可完成坡口的加工, 比较简单, 但由于 210 mm 板厚, 开 30° 坡口后, 坡口宽度达到 75 mm, 过宽的坡口不仅焊接量大, 而且焊后变形也大, 同时增加了引起角变形的拉应力, 所以该坡口形式也不是最佳选择。

(3) 双 U 形的坡口形式坡口宽度小, 可控制在 30~40 mm, 焊接量小。由于坡口窄, 焊接操作虽有一定难度, 但焊后角变形比 X 形坡口小得多, 因而产生的焊接拉应力也小。双 U 形坡口是大厚度钢板对接焊中比较合适的形式 (图 1)。

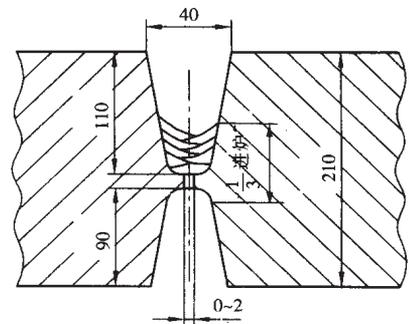


图 1

### 2.2 尽量避免使用约束焊缝自由收缩的卡具

采用埋弧焊焊接大厚度钢板的纵向对接焊缝时, 若在焊前采用强制固定装配法, 则在装配后产生很大的装配应力, 该应力和焊接应力相叠加而作用于根部, 易使焊根产生裂纹。

在实际焊接中, 曾采用在大板上焊接 8 块 50 mm 厚的卡子的刚性固定方法, 固定的卡子约束了大板产生角变形的收缩, 叠加的焊接应力将卡子的焊缝全部拉断, 而且大板根部也产生了裂纹。所以尽量避免使用固定卡具, 让焊缝能够自由收缩。

厚板焊接初始时变形量最大, 为控制其变形角度, 可将大板置于平台上, 预留 5° 的反变形角, 只在坡口两侧起弧板和收弧板处加两个卡子点固即完成装配 (图 2)。

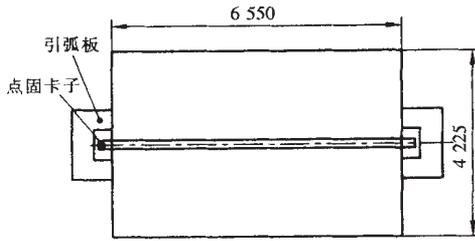


图 2

### 2.3 采用整体加热的方法

预热是防止冷裂纹的重要工艺措施之一，但如果加热的温度和位置不当，产生的热应力也会将点固焊缝拉裂。

考虑到大板的厚度和长度，预热时升温缓慢，所以开始预热时温度不可过高，预热区在焊道两侧，每侧宽度应大于焊件厚度的 2 倍，条件允许的情况下最好进行整体加热。

在焊接时，焊缝区温度最高，大板边缘温度最低，当焊缝区的道间温度高于 100℃ 以上时可不对焊缝区加热，而注重加热大板的边缘，让大板整体均匀受热，减小温度梯度，达到减小变形和应力，防止冷裂纹目的。

### 2.4 控制根部焊缝质量

由于焊接角变形引起的拉应力不可避免地作用在根部焊缝，所以要求根部焊缝有足够的强度以抵消拉应力的作用，因此必须保证焊缝熔敷金属的厚度和焊缝的质量。

根部焊缝质量控制意义重大，因为根部焊缝易产生夹渣、气孔连线、未熔合和咬边等缺陷，缺陷处抗拉强度小、容易产生应力集中，导致裂纹。

焊接时宜连续施焊，焊条电弧焊封根清理后应立刻采用埋弧焊，焊缝金属与母材应平缓过渡，焊成凹形角焊缝。在焊接 5~6 道后，此时大板的角变形已十分明显，根部焊缝也有足够的强度保证大板在吊翻时不开裂，应立刻翻转清根。清根时注意观察坡口熔合线处，将根部缺陷全部清除，并且保证气刨槽圆滑过渡，以便于焊接。清根检查合格后（条件允许时可进行磁粉探伤检测）继续进行焊接。

### 2.5 根据大板变形角度及时翻转

大板焊接中裂纹产生的主要原因是由于焊接角变形产生的拉应力，大板的角变形越大，由变形导致的拉应力也就越大，所以防止裂纹必须控制角变形。

在焊接中随时监控焊接角变形，以确定焊接层数和翻转时机。根据变形角度及时翻转焊接，使焊缝自由收缩，焊接角变形相互抵消，减小变形产生的应力，防止裂纹。

### 3 产生裂纹后的修复

大板一旦产生裂纹后修复较困难，主要原因是碳弧气刨刨削深度大和裂纹在清除的过程中有延伸的趋势。

裂纹的修复应在消除应力后进行，根据超声波探伤确定裂纹的长度和位置。如果裂纹很长，一次清除时，裂纹容易沿厚度和长度方向延伸。因此比较有效的方法是分段刨削清除，长度为 150~200 mm。裂纹清除后立刻焊接，增加熔敷金属的厚度，控制裂纹的延伸。如果裂纹较短，在刨削中寻找裂纹有难度，可沿熔合线进行，在接近裂纹深度后减小刨削量，注意观察，裂纹出现后沿裂纹方向清除，多数裂纹下面还有夹渣、未熔合等缺陷存在，注意清除干净。碳弧气刨刨除焊根缺陷时，深度应大于板厚的 1/2，因此碳棒的伸出长度较长，要求压缩空气压力一定要达到 0.6~0.8 MPa，确保风力能将熔化金属吹除，形成光滑的刨削面，便于控制修复过程中的焊接质量。

### 4 热处理及矫直

在焊到板厚的 1/3 时需对大板进行 620℃×3 h 的热处理以消除应力，在全部焊完后进行 620℃×5 h 最终热处理。如果大板全部焊完后，仍存在角变形，可在热处理的过程中采用自重和外加重力法对大板进行矫平，保证不平整度 ≤ 5 mm/m<sup>2</sup>，以符合产品的要求。

### 5 结论

采用埋弧焊焊接大厚度钢板，综合采取控制角变形、减小拉应力的多种方法，有效地防止了根部裂纹的产生，经超声波探伤焊缝合格。但采用埋弧焊方法，焊接速度较慢、焊接变形大，随着焊接技术的快速发展，需继续探讨更适合焊接大厚度钢板的焊接方法，使焊接速度和质量得到进一步提高。

### 参考文献：

- ① 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- ② 姜焕中. 电弧焊及电渣焊 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.

作者简介：邵隆毅（1979—），男，中国一重大连加氢反应器制造有限公司生产部高级工，现主要从事加氢反应器的焊接工作。

· 小知识 ·

## 焊条使用前的烘干与保管

(1) 酸性焊条对水分不敏感，而有机物金红石型焊条能容许有较高的含水量。所以，要根据受潮的具体情况，在 70~150℃ 烘干 1 h，存储时间短且包装良好，一般使用前可不烘干。

(2) 碱性低氢型焊条在使用前必须烘干，以降低焊条的氢含量，防止气孔、裂纹等缺陷产生，一般烘干温度为 350℃，1 h。不可将焊条在高温炉中突然放入或突然冷却，以免药皮干裂。对氢含量有特殊要求的，烘干温度应提高到 400~500℃，1~2 h。经烘干的碱性焊条最好放入另一个温度控制在 50~100℃ 低温烘干箱中存放，并随用随取。

(3) 烘干焊条时，每层焊条不能堆放太厚（一般 1~3 层），以免焊条烘干时受热不均和潮气不易排除。

(4) 露天操作时，隔夜必须将焊条妥善保管，不允许露天存放，应该在低温箱中恒温存放，否则次日使用前必须重新烘干。