

焊接H型钢裂纹成因及预防措施

郭长伟

四川宏华石油设备有限公司 四川广汉 618300

摘要: 针对某型号产品Q460ND焊接H型钢坡口焊缝采用埋弧焊时产生的裂纹问题, 通过对其目检、焊材的化学成分检验、现场施工取证、坡口设计分析, 找到产生裂纹的原因, 并改变制造工艺, 提出了针对性的解决措施, 最终取得了良好的效果。

关键词: Q460ND; 焊接H型钢; 埋弧焊; 焊接裂纹

Causes and preventive measures of crack in welded H-beam

Changwei Guo

Sichuan Honghua Petroleum Equipment Co., LTD., Sichuan Guanghan 618300

Abstract: For a certain type of product Q460ND welding H steel groove welding using buried arc welding crack problem, through the visual inspection, welding material chemical composition inspection, field construction evidence, slope design analysis, find the cause of the crack. And through changing the manufacturing process, this paper puts forward the targeted solutions and finally achieves good results.

Keywords: Q460ND; welded H-beam; submerged arc welding; welding crack

前言:

公司产品主体部分大都为焊接结构件, 而焊接H型钢又占有很高的比重, 如钻机底座、井架、天车等承载结构中大量使用焊接H型钢, 材质涉及到Q235B、Q355 (B/D/E)、Q460N (D/E) 及高强钢HG785 (D/E) 等, 腹板厚度8-30mm。为达到提高生产效率、改善劳动环境、推进自动化使用程度, 公司焊接H型钢均采用埋弧焊进行焊接。一直以来, 埋弧焊以其稳定的焊接质量、高的焊接效率以及良好的焊接环境, 在H型钢焊接上占有主导地位。而近期公司焊接H型钢制作过程中, 却频繁出现一些问题, 本文结合公司实际情况, 对焊接H型钢焊接施工过程中出现开裂的原因进行探讨。

1 焊接H型钢典型事故

某型号天车主梁焊接H型钢, 其材质为Q460ND, 翼板厚度38mm, 腹板厚度26mm, 梁长2181mm, 要求全熔透焊接。工艺要求采用埋弧焊焊接方法, 但在实际焊接过程中该型号焊接H型钢频繁出现焊接裂纹的问题, 导致在正面施焊时, 层间不得不清除裂纹缺陷后再焊, 严重影响焊接效率。另外在进行背面清根时又不得不增加清根深度, 来保证裂纹的有效清除。这样既浪费了碳

棒, 又增加了劳动强度, 与当初使用埋弧焊提升品质及效率的愿景背道而驰。因此, 通过对焊接H型钢产生裂纹的原因进行分析, 并找出有效的工艺措施, 防止裂纹的产生, 对保证公司同类产品的质量具有重要的意义。

2 裂纹产生原因分析

2.1 裂纹性质

通过对整个焊接过程的跟踪观察发现, 此种裂纹前焊后裂, 没有延时性, 且裂纹出现在焊缝横截面中心位置, 且沿着焊缝通长均存在 (图1), 可判断为热裂纹中的结晶裂纹^[1]。

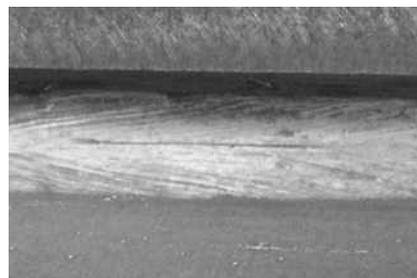


图1

2.2 结晶裂纹形成机理

从金属结晶的理论可知道, 焊接过程中先结晶的金

属比较纯，后结晶的金属杂质较多，熔池金属中的硫、磷等杂质在结晶过程中形成低熔点共晶，随着结晶过程的进行，他们逐渐被排挤在晶界形成了“液态薄膜”，而在焊缝凝固过程中由于收缩的作用，焊缝金属受拉应力，“液态薄膜”不能承受拉应力从而产生裂纹^[2]。结晶裂纹多发生在焊缝区，它的生成受诸多因素的影响，如：焊缝的冶金过程、焊缝中的合金元素、焊接工艺因素的影响等。在了解了裂纹的性质后，从多方面对裂纹形成的原因进行分析。

2.3 化学成分分析

焊接H型钢翼板及腹板所用材料均为Q460ND，使用焊材为JW-1，进厂检验对其主要元素含量检验，其检验结果分别见表1和表2。

表1 母材主要化学成分(质量分数)(%)

元素	C	Si	Mn	S	P
实测值	0.16	0.30	1.48	0.005	0.018
标准要求	≤ 0.20	≤ 0.60	1.00 ~ 1.70	≤ 0.025	≤ 0.030

表2 焊丝化学成分(质量分数)(%)

元素	C	Si	Mn	S	P
实测值	0.12	0.018	1.85	0.009	0.018
标准要求	0.10 ~ 0.20	≤ 0.10	1.70 ~ 2.20	≤ 0.030	≤ 0.030

由GB/T 1591-2018及AWS A5.17-2019标准可知，母材及焊丝的主要化学成分均符合相关国家标准要求。在正常情况下该钢种可焊性良好，一般不易产生裂纹。在排除了母材及焊材中因有害元素超标而引起裂纹的因素后，再从工艺因素对裂纹的产生进行进一步的分析。

2.4 装配工艺

对现场施焊情况进行跟踪，并对操作人员进行访谈发现，操作人员认为为保证焊缝全熔透，焊缝背面清根是在所难免的，于是，为加快工作效率，将原工艺要求为铣边机铣K型坡口改为半自动气割而成的单边V型坡口。表面上看此种方法并没有不妥之处，一者，半自动气割较之铣边机效率更高，二者，背面清根确实也能除去打底层焊接缺陷并保证焊缝焊透。经观察，裂纹遍布整条焊缝并成断续状分布在焊缝中央，且深度较深(见图1、图2)。这样一来，操作者不得不增加焊缝背面清根的深度，既浪费碳棒、焊材，又耗费工时，与之想要达到的加快工作效率的目的适得其反。

进一步了解现场焊接H型钢焊接工艺参数如下：

- 1) 焊接方法：龙门式埋弧自动焊打底、填充、盖面，背面清根填充、盖面；
- 2) 坡口形式：钝边8mm的单边V型坡口，见图2、3；

- 3) 坡口角度：32° ~ 33° ；
- 4) 焊接位置：船型焊(1F)；
- 5) 焊接工艺参数：埋弧焊焊接工艺参数见表3。

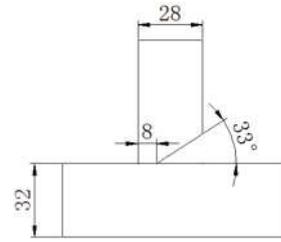


图2



图3

表3 埋弧焊工艺参数

焊接方法	焊丝	焊剂	焊丝直径	焊接电流	焊接电压	焊接速度
SAW	JW-1	JF-B	φ4.8	710 ~ 740A	28 ~ 30V	47 ~ 50cm/min

2.5 裂纹成因分析

从焊缝熔池的凝固特点可知，焊接参数与接头的形式对焊缝枝晶成长有重要的影响，从而影响到枝晶偏析或区域偏析。良好的接头及坡口形式能更好的控制焊缝的熔合比，从而减少母材中的有害元素侵入焊缝。而合理的工艺参数，则可以获得合适的焊缝成型系数 ψ ($\psi=B/H$, B为焊缝表面宽度, H为单道焊缝厚度)。当 ψ 值较小时，焊缝深而窄，结晶偏析现象严重，焊缝中部杂质聚集，在应力作用下易产生裂纹。

经过对现场多件焊接H型钢腹板坡口进行测量及对整个焊接过程的跟踪，发现焊接H型钢焊接前坡口形式为单面单边33° V型坡口(见图2、3)，其埋弧焊焊接工艺参数如表3所示，焊后测得焊缝厚度H为8 ~ 9mm，焊缝宽度B为6 ~ 7mm，计算可知焊缝成型系数 $\psi < 1$ 。此时，形成的焊缝深而窄，焊接应力大，焊后冷却时很容易受应力产生开裂现象。根据焊接参数对焊缝组织性能的影响规律，发现成型焊缝成型系数在1.3 ~ 2.0之间最好，尤其埋弧焊时更需要注意^[3]。结合以上情况，断定错误的坡口角度及过于小的焊缝成型系数，最终导致

焊缝中有害元素偏析，在应力作用下形成结晶裂纹。

3 解决措施

从结晶裂纹形成的机理我们知道，要避免结晶裂纹的形成，首先要控制硫、磷等金属元素在焊缝中的质量分数，其次通过合理的工艺方法来指导现场操作。但作为非原材料生产单位，在实际钢构焊接过程中我们无法控制硫、磷等元素的质量分数、无法向焊缝中添加能和硫、磷等形成高熔点的化合物元素、无法在焊缝中增加一些细化晶粒的元素。唯一可行的就是改变工艺方法，找到合理的工艺参数。

3.1 减小焊缝熔合比

减小焊缝熔合比（熔合比= $SB / (SA + SB)$ ），SB是被熔化的母材在焊缝中所占的体积，SA是填充金属在焊缝中所占的体积），具体措施为将原钝边为8mm的单边V型坡口更改为钝边为4-5mm的K型坡口（见图4），并增大坡口开口角度，此方式可调整焊缝的化学成分，降低裂纹的敏感性。

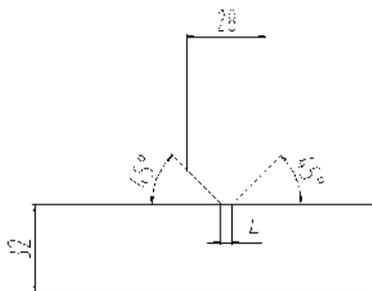


图4

3.2 增大焊缝成型系数

根据经验所得埋弧焊焊缝成型系数 ψ 值应不小于1.3，根据 $\psi = B/H$ 可知，想要增大 ψ 值，可在H值不变的情况下增大B值，即增加焊缝宽度，其措施为增大焊接电压；也可在B值不变的情况下，减小H值，即减小焊缝深度，其措施为减小焊接电流；又或者可同时增大B值，减小H值，其措施为增大焊接电压的同时，减小焊接电流。如表4为调整后的焊接参数。

表4 调整后埋弧焊工艺参数

焊接方法	焊丝	焊剂	焊丝直径	焊接电流	焊接电压	焊接速度
SAW	JW-1	JF-B	$\phi 4.8$	560 ~ 600A	30 ~ 32V	51 ~ 53cm/min

4 结束语

通过改变坡口形式来改变熔合比，调整焊接工艺参数来改变焊缝成型系数等措施，有效的解决了型号产品焊接H型钢的裂纹问题，消除了焊接H型钢的质量隐患，保证了生产任务的顺利完成。

参考文献：

- [1]张运动.焊接工字梁中角焊缝产生裂纹的原因及解决措施[J].焊接技术, 2002, 31(3): 59-60.
- [2]张文钺.焊接冶金学(基本原理)[M].北京:机械工业出版社, 1999.
- [3]王信义.压力容器制造安全技术与管理[M].北京:中国劳动出版社, 1993.