

# 施工现场环境对钢结构焊接质量的影响

王继红

(山西省运城市建设局 市政工程管理处,山西 运城 044000)

**摘要:**针对新时期建筑钢结构的特点和焊接难点、钢结构施工现场焊接的环境特点,就影响钢结构焊接质量的环境因素和因其产生的焊接缺陷及其形成过程进行具体分析,并提出相应的防护措施。对钢结构工程焊接施工人员具有一定的参考价值。

**关键词:** 钢结构;焊接;环境;质量

**中图分类号:** TG441.7      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1001-2303(2009)03-0070-04

## Influence of the environment of a construction site on the quality of welded steel structure

WANG Ji-hong

(The Construction Municipal Engineering Administration Department, Yuncheng 044000, China)

**Abstract:** Based on the characteristics of the present steel structure and welding difficulties and the environmental features of a steel construction welding site, the impact of the environmental factors on the quality of steel structure welding, the welding defects generated, and the formation process of such defects are analyzed; some corresponding protective measures are also proposed, which may have reference value to steel structure welding workers.

**Key words:** steel structure; welding; environment; quality

### 0 前言

在钢结构施工中焊接一向承担着主要任务。分析焊接质量的影响因素、制定有效的焊接工艺措施、确保焊接质量符合规范要求,是钢结构工程焊接技术和质量管理的重点。在具体施工中无论是项目部的管理人员,还是一般操作工人,对原材料的检验、焊接工艺参数的确定、焊接操作的模拟训练、焊接设备的调试都很重视,却往往忽视了对施工现场环境影响因素的评价,没有采取针对现场环境的控制措施,或者采取的措施仅仅针对焊接操作者的安全而言,因而焊接缺陷得不到消除,钢结构工程的质量得不到保证。更有甚者,把“顶风雪、冒严寒,风雨无阻”地焊接操作行为,当成“抢工期、抓进度,积极劳动”的表现,可想而知,这种钢结构工程的焊接质量必然存在隐患。究其原因,一方面是由于施工

现场环境客观上存在不稳定性,难以预料,把握不准;另一方面主要是对施工现场环境影响焊接质量的主观认识不足,对质量保证体系文件中的“工作环境”理解不准。

当前,钢结构建筑在我国处于快速发展的新时期,但是由于钢材出现新品种、节点构造复杂化,焊接施工难度也相应提高。各种焊接新技术、新工艺在推广应用当中,对施工现场环境要求都很苛刻。与传统焊接工艺相适应的环境控制措施,已经不能有效地解决焊接新问题。为此,在建筑钢结构快速发展的新时期,为了确保钢结构工程的焊接质量,讨论研究施工现场环境对钢结构焊接质量的影响很有必要。

针对新时期建筑钢结构的特点和焊接难点、钢结构焊接的环境特点,就施工现场环境影响钢结构焊接质量的危害因素、焊接缺陷以及形成过程进行具体分析,并提出了相应的防护措施,供钢结构焊接施工人员参考。

收稿日期:2008-03-20;修回日期:2008-11-22

作者简介:王继红(1966—),男,山西万荣人,学士,焊接工程师,主要从事钢结构工程的施工管理工作。

专题讨论  
——  
焊接培训

## 1 新时期建筑钢结构的特点和焊接难点

(1)随着国家产业技术政策的调整、钢材产量的急剧增长、建筑理念的不断更新以及计算机技术的支持,钢结构以其自身的优点广泛应用于建筑工程领域,进入了飞速发展的新时期。建筑钢结构的发展呈现出新的特点:

a. 钢结构建筑造型日趋新颖、结构体型日益多样。以“奥运”场馆为代表的大跨复杂空间形状的钢结构建筑不断涌现;高层钢结构发展迅猛;管结构得到推广;住宅钢结构正在开发应用。

b. 钢结构构件形状多变、节点构造复杂多样并且板厚加大。

c. 开发和应用新品种钢材,选用新型材。构件材料由低碳钢到低合金高强钢、铸钢。网架结构已开始应用铝合金材料。

(2)焊接作为钢结构连接的主要方法,由于其自身的专业特点,随着钢结构的发展也面临着许多焊接难点。

a. 多角度全位置高空焊接。结构体型与节点位置、节点构造决定了现场焊接除了操作点多、面广、量大之外,还存在多角度全位置高空操作的难点。

b. 节点焊接拘束应力加大,焊接接头容易产生缺陷。节点复杂、板厚加大,焊缝密集甚至立体交叉,焊接接头刚性拘束大,使焊缝不能自由收缩,导致双向、三向应力产生,增加了焊接接头产生裂纹、层状撕裂的可能性。

c. 新品种钢材现场焊接的工艺参数不完善和焊接操作经验积累不足,焊接接头存在质量缺陷。如低合金高强钢、铸钢的厚板现场焊接,钢材淬硬倾向大,对裂纹和氢脆的敏感性大,焊缝容易出现延迟裂纹。预热保温工艺有待完善。

d. 现场焊接过程控制的质量检查检验方法、评定标准可操作性不强,存在人为因素。如有的节点焊缝没有对应的超声波探伤标准,超声波探伤并不能完全检验发现低温环境下某些焊接质量缺陷。

## 2 建筑钢结构施工现场焊接的环境特点

钢结构施工就是将加工制作好的构件,按照一定的次序,拼装吊装到预定的位置,然后进行测量连接固定,逐件逐单元地集成并最终形成结构体系的过程。安装工艺方法根据钢结构工程类型现场决

定。建筑钢结构施工现场的焊接作业与其他行业相比,机械化程度低,手工操作多。目前常用的焊接方法还是焊条电弧焊,特殊情况下才使用CO<sub>2</sub>焊、栓焊。钢结构施工现场实行项目经理负责制,项目管理水平、人员素质和技术装备差别较大。

钢结构工程的结构特点和安装工艺方法,决定了施工现场焊接的环境特点:

(1)露天作业、野外施工。存在高温、严寒,风雨雾等恶劣气象环境;存在夜间光线灰暗等能见度低的环境。

(2)高空作业、流动施工。操作位置多变,操作空间有限。

(3)多工种交叉作业、多障碍环境作业。施工场地有限,现场交通不便。现场材料设备多,临时堆放物多,易燃易爆材料多。各工种工序的成品和半成品之间容易发生污染。

(4)带电作业、高温作业。金属构件是带电导体,焊接熔池产生高温热辐射。

根据以上特点,可以将焊接环境划分为两种类型:其一是直接影响焊接接头质量的理化环境和通过影响焊接设备性能、焊接材料性能、焊接工艺参数稳定性而影响焊接接头质量的理化环境;其二是直接影响操作人员的身体健康、劳动保护、安全卫生、心理活动而间接影响操作质量的劳动环境。GB/T19001-2000标准6.4条款“为达到产品符合要求所需的工作环境”指的就是这种直接影响工程质量的理化环境。值得一提的是项目施工组织、质量保证体系运行这种管理环境也直接或间接地影响着焊接工程质量。

## 3 影响钢结构焊接质量的环境因素

影响钢结构焊接质量的理化环境因素主要是指空气的温度、湿度和风力,其次是指焊件坡口区域的清洁程度。其中温度的影响效果最直接、后果最严重,也最难控制;湿度次之;风力可在局部小环境内得到控制;坡口区域的清洁程度容易保证。这些环境因素在焊接质量的形成过程中所起的作用有所不同。

(1)空气温度直接影响焊接热循环过程、焊接熔池冶金化学反应程度、焊缝和热影响区金相组织转变、合金元素和应力的分布,最终影响焊接接头的质量和性能。其次空气温度也影响焊接设备的工作性能。



(2)空气湿度对焊接质量有影响,是因为水分是氢元素的主要来源。而氢元素直接参与熔池的冶金化学反应。氢元素的溶解度和扩散速度随着焊缝金属的结晶、组织转变不断发生变化。氢元素的含量和分布直接影响焊接接头的脆性转变和延迟裂纹的发生发展,对焊接结构的质量和安全隐患极大。

(3)风力即焊接区域空气的流速。主要是影响焊接电弧形态和气体保护氛围的工艺稳定性;其次与温度共同作用影响焊缝冷却速度,从而影响焊接热循环、冶金化学反应程度、接头组织转变和应力分布。

(4)焊接前坡口区域存在的水分、油漆、铁锈等污染物,含有 C、O、H 等化学元素。在焊接加热时,直接参与冶金反应,改变了正常的化学反应成分和元素含量,增加了焊接接头产生缺陷的机率。

## 4 环境因素产生的焊接缺陷和形成过程

施工人员已经掌握传统钢结构材料(Q235)的节点构造和焊接工艺,对现场焊接环境的控制和防护技术也比较成熟。但是正如前文所述,新时期建筑钢结构在快速发展的同时伴生着许多结构上、材料上的特点,焊接质量对环境条件更敏感,焊接人员面临许多新问题。这就要求焊接施工人员必须对环境因素所产生的焊接缺陷类型、危害性和形成过程系统地进行分析,有针对性地制定对策,以便解决钢结构工程实际存在的焊接问题。

焊接缺陷的产生是各种因素共同作用的结果。在此仅分析以理化环境因素为主导所产生的焊接缺陷:

(1)气孔。气孔的存在降低了焊缝的有效截面,降低焊缝金属的强度和韧性,影响疲劳强度和动载强度。气孔的类型主要是氢气孔和 CO 气孔。

氢气孔。低碳钢和低合金钢在多数情况下,氢气孔存在于焊缝表面,形似喇叭口而气孔周围有光滑的内壁。当环境气氛湿度较大,如雨雪雾天气、下雨雪前后、钢材表面结露、坡口周围含有水分未清理干净、焊条药皮受潮,加上低温环境焊接,焊缝结晶冷却速度过快,氢元素来不及上浮而残存于焊缝内部,从而形成内部氢气孔。

CO 气孔。焊件或焊丝表面黄色铁锈( $m\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )、氧化铁皮( $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ )在加热时分解出[O],与金属自身的[C]合成 CO。当结晶过快时来不及逸出,形成

了沿结晶方向分布的条虫状内部气孔。黄色铁锈中的结晶水在加热时还会分解出  $\text{H}_2$ ,同时增加了生成氢气孔的可能性。

(2)裂纹。裂纹是钢结构焊接中最危险的一种缺陷。它除了减少结构承载截面,还会产生严重的应力集中,在结构使用中会逐渐扩展并发生脆断,带来灾难性的事故。建筑钢结构与环境因素有关的裂纹有三类:冷裂纹、层状撕裂、热裂纹。

冷裂纹。冷裂纹一般在焊后冷却过程中产生,具有延迟出现的特征。分布于热影响区。冷裂纹的形成与钢材的淬硬性、节点的拘束度及接头含氢量有关。而低合金高强钢的淬硬倾向主要取决于板厚、焊接工艺和冷却条件。其实质即生成马氏体组织的含量多少。冬季大风降雪等低温环境会使节点焊缝周围的温度场变化不均匀,冷却速度过快,使熔合区的组织成分转变为马氏体组织。另外氢是造成冷裂纹延迟特征的主要因素,因而所有可提供 H 的潮湿天气、受潮的焊条、含结晶水的铁锈等因素都可以促使焊接热影响区出现延迟性冷裂纹。

层状撕裂。厚板结构的 T 型接头、十字接头和角接接头,在刚性拘束的条件下焊接,有可能沿板材轧制方向出现具有阶梯状的裂纹即层状撕裂。层状撕裂是一种低温开裂,事先用无损探伤方法无法检验,使用中易造成危害。一般认为在低合金钢焊接热影响区附近,如根部或焊趾裂纹引发的层状撕裂,都与氢元素有关。

热裂纹。低温下焊接低合金钢时,在焊缝结晶后期发生。这种结晶热裂纹出现在焊缝上,一般沿焊缝中心线纵向分布。主要是由于低合金高强钢 S、P 杂质含量超标,在焊缝结晶过程中存在偏析,形成低熔点共晶物。低温焊接时焊缝冷却速度加大,使焊缝收缩力大于晶间结合力,引起焊缝开裂。

(3)残余应力和变形。焊接热循环过程中加热不均匀,构件受节点刚性拘束,伸缩不自由,内应力超过钢材屈服应力时产生残余应力和变形。残余应力影响结构承载力,焊接变形影响结构尺寸。

## 5 针对环境因素的防护措施

### 5.1 确认焊接作业区环境

(1)焊接作业区风速:手工电弧焊不超过 8 m/s;气体保护电弧焊及药芯焊丝电弧焊不超过 2 m/s。

(2)焊接作业区的相对湿度不得大于 90%。

(3)焊接作业区的环境温度应保持正温(即高于



0℃)。

(4)焊件接口部位 100 mm 范围内不得有水、油、锈等杂物。

## 5.2 低温焊接试验

(1)当焊接作业区的环境温度低于 0℃时,需要通过低温焊接试验确定实际焊接工艺参数、预热处理措施。把需要进行低温焊接工艺评定试验的钢材,按材质、板厚、焊接方法、焊接材料、接头形式、焊接位置分类统计列表。

(2)根据工程实际情况,确定试验项目,拟定预热温度、焊接工艺参数、焊后处理措施。焊接技术人员要注意《规程》(JGJ81-2002)表 6.2.1 中预热温度的适用条件。一般可参考此表并以工程实际情况做为变化条件,调整拟定焊接试验的预热温度。工程实际情况是指钢材类别、焊接接头的形式和节点构造尺寸、焊接方法、熔敷金属的扩散氢含量、焊接热输入大小、操作地点环境温度。

(4)按规定要求加工、焊接、检测试件。

(5)确定焊接试验结论,根据评定合格的焊接工艺参数,编制实际焊接工艺文件。

## 5.3 设置防护棚

(1)当现场焊接环境不符合规定(JGJ81-2002 第 6.1.6 条)要求时,施焊前必须在焊接作业区设置防

风、防雨或保暖防护棚。

(2)防护棚的搭设应当符合现场实际情况,满足焊接工艺要求,同时必须保证安全性和实用性。

(3)防护棚一般可采用架管或角钢搭设架,内侧安装彩钢板,外挂三防布(防风、防火、防水),底板最好铺装隔热阻燃材料。防雨棚要注意构件和棚板之间密封,防止雨水顺构件流淌。

(4)通常情况下,焊接作业区也应当准备一块应急遮盖焊缝的防护材料。如防水用的铁皮,缓冷用的玻璃棉毡、石棉布等。

## 6 结论

施工现场环境对钢结构的焊接质量有着举足轻重的影响,施工单位全体员工必须给予高度重视。避免施工现场的环境对钢结构焊接质量产生危害。

施工现场环境客观上存在不稳定性,而工程结构材料、构件节点构造也在不断发展变化。对于各种焊接缺陷的影响因素,目前还只是处于定性分析阶段,对于预防和消除各种焊接缺陷的有效措施,也还是采用工艺试验和工程经验相结合的办法。因此,对于特定施工环境下的焊接工艺参数、质量控制和安全防护措施还需要广大工程技术人员不断创新和逐步完善。

