

钢结构焊接应力与变形控制研究

盛培

河南经济贸易技师学院

【摘要】钢结构发展的历史十分悠久。钢结构大多是将型钢以及钢板通过焊接、螺栓等方式连接到一起制作而成，是当前建筑结构的主要类型之一。我国现阶段的钢结构技术比较成熟，而且施工的周期短，能够回收利用等多种优势，在生产之中具有较为广泛的应用。不过在钢结构焊接的过程中因为材料、技术等多方面因素的影响，焊接变形以及应力问题越发突出。本文就钢结构生产方式、生产工艺、变形种类以及影响进行深入的分析，最后提出控制钢结构变形的控制方法，以提升钢结构使用的质量。

【关键词】钢结构；焊接应力；变形控制；影响因素

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.11.062

引言

钢结构金属构建在进行焊接的时候，焊接的部分处于高温膨胀的状态，但是周围的金属材料仍然处于一个冷态，此时，因为钢结构受热不均的原因，会导致受热区域的膨胀受限，进而出现变形。伴随着电焊的不断移动，已经焊接的部分会发生热胀冷缩，此时周围的金属材料则是起到了约束作用，进而导致焊缝区域所受到的拉扯程度存在着较大的差异性。如果在焊接应力的作用下，如果焊接的拘束度比较小，那么焊接的金属器件会出现变形，比如弯曲、缩短、翘曲等等。如果焊接的拘束力度比较大，那么焊件没有办法发生自由变形，但是在应力的部位会出现应力并行，这样导致金属受热部位产生较大的残余应力。焊接应力主要是指对钢结构进行焊接以及加工的过程中，焊接部位的温度高达一千多度。如此之高的温度势必会导致材料产生碰撞。处于高温中心的材料，膨胀较为严重，但是周围材质的温度较低，碰撞量比较小，这就导致材料的限制没有办法自由碰撞，此时高温区的材料会出现挤压的现象，进而产生形变。在冷却的过程中，因为压缩塑性应变的影响，导致加热金属区域没有办法正常收缩，此时，焊件便会会出现一个与加热方向恰巧相反的应力，进而产生了体积上的变化。这种应力也被称之为相变应力。处理上述的原因以外，如果焊接被刚性固定或者焊接之间相互牵制，那么焊接金属器件则是会产生焊接应力。上述内容便是钢结构焊接过程中，钢结构焊接所产生的形变的主要原因。简单来讲，就是因为钢结构焊件所处的温度场存在着较大的差异，导致焊接器件出现膨胀、收缩不均匀的问题，进而产生的变形。

一、钢结构主要组成部分与生产方式

（一）钢结构的组成

钢结构主要是通过焊接或者铆接的形式将钢板以及型钢进行连接。钢结构是先进社会使用频率比较高的建筑结构。比如住宅屋系统是有屋架、防水层、屋面等组成。其中运用钢结构是为了达到保温的效果。在建筑物的外墙以及屋面中使用保温隔热材料可以长期使用并且保温隔热。在应用的过程中，建筑物的外墙以及屋面之中所使用的保温隔热材料可以长期使用，一般放在了墙柱之间的填充处。

钢结构的多样化导致钢结构建筑形式的多样化。钢结构有普通钢结构、薄壁轻钢结构、高层民用建筑钢结构、门式钢架轻型房屋钢结构、网架结构等等。钢结构之间的连接依靠焊接以及螺栓的方式、钢结构与混凝土连接可以形成楼盖。在我国，轻钢是一种被重点推荐的结构形式，它具有重量轻、经济性好的特点，目前，在屋盖以及单层房屋之中的使用比较广泛。在中小跨度的屋盖中，经常使用的是轻型钢以及轻型钢管拱形结构。网壳结构在大跨度空间结构中应用比较多。尤其是在地震发生频率较高的地区，网壳结构的效能更为突出。网壳结构的形式多种多样，有空间网壳结构、球面网壳结构、层面网壳结构等等。因为钢管结构形式多

样，灵活多变，能够与其他钢结构紧密相关，经常用于大型建筑。

（二）钢结构的生方式

钢结构的种类众多，其中最优代表性以及应用范围最广的当属H型钢。以H型钢为例，其生产方法主要有两种，即热轧成型以及焊接组合成型两种。焊接杆结构的时候，主要是将厚度适中的型钢裁成适当的宽度，并且放在连续焊接机上将型钢的边部以及腰部焊接在一起。焊接型钢的过程中有着较为明显的金属消耗，且生产成本低，经济效益低，没有办法保证产品的性能等缺点。钢结构生产主要是以热轧为主，不同的钢结构所使用的孔型存在着区别。其中，H型钢两辊孔型中轧制，而普通的工字型钢则是在万能孔型中轧制。

二、钢结构的生工艺

（一）以传统钢锭为原料的工艺

首先借助初轧机将钢锭轧成矩形，然后将这些矩形坯进行加热，输送到开坯机上进行轧制。开坯机一般存在着两种孔型，分为闭口式孔型以及开口式孔型。在闭口式孔型中进行轧制，材料的变形相对均匀，但是对于孔型的个数以及辊身的长度要求较高，常常应用在中等断面的型钢上。开口式孔型主要应用在腰宽以及腿宽的大断面型钢上。如果想要用开口式孔型来轧制型钢，往往需要两家开坯机才能够得到满意的效果。

钢坯在开坯机上会被轧成一定形状的异型坯，然后被输送到万能粗轧机组上进行轧制。万能轧机水平轧辊以及立辊的双向轧制，可以让异型坯的腰部变薄，腰部变得尖扁。这是因为腿部的压缩量一般要比腰部的压缩程度大。

（二）连铸矩形坯工艺

相比于第一种生产工艺来讲，他不需要初轧机，而且第二种工艺生产的钢结构要比第一种工艺的成品率、质量以及经济效益更高。该种工艺手段的限制主要是由连铸机设备条件限制。连铸坯的轧制工艺与第一种是相同的。

（三）连铸异形坯工艺

该种工艺的优势是使用少量的连铸异型坯就可以达到要求的生产尺寸钢结构，不过需要开坯机上采用宽展法。其孔型可以采用闭口式或者开口式。相比于前两种工艺手段，此种工艺生产方式所使用的孔型数相对较少。不过此种工艺会被连铸异型坯腿宽所限制。轧制工艺与前面两种工艺的轧制手段相同，但是需要经过粗轧以及精轧两种机组方能成形。

（四）连铸板坯工艺

借助联主办作为原料来生产钢结构要比初轧坯和连铸异型坯更加经济，但是这需要在开坯机上设置一个专门的孔型。这个孔型与轧钢规的孔型类似。利用辗轧板坯制作成一个异形断面。但是板坯需要在第一孔进行立轧，获得合适的腿宽，然后再下一个异形孔中可以轧成固定形状的异型坯。此种加工工艺技术相比于其他三种来讲生产较为方便，仅仅依靠一台开坯机+粗轧机+精轧机便可以生产大型的钢结构。

在开坯机上还有一种改造工艺板坯开坯机,利用水平辊以及立辊可以形成特定角度的异形断面。

除此之外,还有一种薄型的连铸异型坯可以直接进行粗轧以及精轧,不需要依赖开坯机。在此种情况下,想要提高产量,可以提升连铸机的速度。整个轧制的过程可以让钢结构变形更加均匀。

三、钢结构焊接变形种类及其影响因素

(一) 变形种类

1. 角变形

角变形主要是因为焊接的时候,温度在翼板厚度方向分步上存在着不均匀的现象。所采用的控制方法主要是借助刚性固定措施。但是在埋弧自动焊中不能够进行使用。因此,钢结构存在着角变形以后可以采用机械矫正的方式消除。

2. 弯曲变形

弯曲变形是由于在焊接的过程中,温度在腹板上存在着较为明显的温度分步不均现象,导致腹板出现纵向收缩。所采用的控制方法大多是采用控制焊接顺序以及焊接线能量等手段。

3. 扭曲变形

扭曲变形是因为工件装配存在着质量问题或者是焊接的顺序以及焊接方向不合适所引起的。想要改变这种问题就需要采用刚性固定或者改变焊接顺序以及焊接方向。

(二) 影响因素

通过对上述钢结构焊接发生变形的各种现状进行分析,可以发现其影响因素是多种多样的,首先焊件的不均匀受热、焊缝金属的收缩、金属组织的变化,这些是引起钢结构焊接的重要因素。

四、钢结构焊接应力与变形控制措施

(一) 优化组装和焊接顺序

钢结构的组装以及制作应该在一个标准的水平上进行。如果该平台上所承受的自重压力程度足够大,那么就不会出现钢结构失稳或者下沉的现象,这样可以满足构建组装的基本要求。在焊接小型的构件时可以一次性的完成,固定完焊接的位置以后,确定好焊接的顺序,然后进行组装。在焊接大型的钢结构时,需要先焊接小部件。小部件焊接完成以后,在进行拼装。在拼装部件的时候,为了让组装过程中不产生较强的应力和变形,需要让不同型号的零配件符合构件的基本要求,且在安装的时候不能够采取较大的外力,防止零部件因为焊接用力过度出现变形。同时,组装与焊接的过程中要保证焊接接头的热量均匀,这样可以明显地减少应力变形。焊缝应该做到尺寸一致、符合焊接的基本规范。

(二) 反变形

在焊接焊缝的时候,经常会出现热胀冷缩的现象,这会使焊接的工件出现尺寸问题。为了解决这个问题,弥补热胀冷缩带来的变形,在焊接的过程中常常会选取反变形的形式。反变形便是使焊接过程中的构建率先发生变形,且这种变形与焊接所发生变形的方向相反、变形量一致。比如,为了防止工字钢梁的上下盖板出现焊接角变形,那么可以使用折边机在相反的方向进行预先压弯。

(三) 焊件夹具

在焊接大型的构件时,尤其是在焊接接头的时候,想要让工件以及零件在固定在一个位置上是比较难的。在焊接这些零件的时候,除了利用焊接平台来固定位置以外,还可以尝试借助焊件所带有的夹具来固定,这样可以有效避免工件出现变形的问题。除此之外,在选取焊接节点的时候,也需要对材料、结构、焊接现场环境等多重影响因素进行思考以及优化,来控制钢结构焊接变形的问题,从而提升钢结构焊接工程的质量。但是因为现场影响因素多种多样,且难以预料,需要在不断的实践中进行积累和总结,提升焊接人员

的焊接经验,这样可以显著提升焊接应力以及焊接变形的水平。

(四) 矫正方法

在生产以及焊接的过程中,所使用的矫正方法主要存在着三种,即机械矫正、火焰矫正以及综合矫正。相比于另外两种矫正方法来讲,火焰矫正的难度最大。因此在火焰矫正的过程,需要利用到高温,如果在控温或者操作上出现了些许的问题,那么还有可能会造成钢结构、零件发生更大的变形。因此,想要使用火焰矫正需要具有丰富的操作经验。

以H型钢结构为例,其火焰矫正方法有三种,即线状加热法、点状加热法、三角形加热法。不同位置的施工方法存在着条件差异。其中,温度注意事项:低温矫正需要用到500摄氏度—600摄氏度的冷却方式;水中温矫正需要用到600摄氏度—700摄氏度的冷却方式;空气和水高温矫正需要用到700摄氏度—800摄氏度的冷却方式。空气注意事项:火焰矫正时加热温度不能够过高,其中温度过高,会导致金属材料变脆,从而影响他们的人性。厚度或者淬硬倾向较大的钢材,比如16锰在高温时不能够用水冷却。

五、案例分析

(一) 柱、梁、撑得上拱与下挠及弯曲矫正

在翼缘板,沿着纵向的焊缝从中间向两端进行线状加热,这样便可以做到矫正弯曲变形。为了防止出现弯曲变形,两条加热带需要同步进行,并采取低温矫正以及中文矫正的方法,这样可以明显减少焊接的内应力。但是这两种方法在纵向收缩的时候会出现一个横向收缩,存在着一定的不确定性。

在翼缘板上进行线状加热,在腹板上进行三角形加热。借助这样的方法可以矫正柱、梁、撑等结果欧的弯曲以及变形,其效果十分明显。横向线状加热的宽度一般在20mm—90mm,当翼缘板的厚度比较小的时候,需要减小加热的宽度,加热的过程应该从宽度中间向着两边进行扩展。在开展现状加热的时候,为了提高加热的稳定性,最优的方法是由两个人同时进行操作,然后再去单独加热三角形。三角形的宽度不应该超过板厚的两倍。三角形的底边与对应翼板上的现状加热宽度应该相等。加热三角形的时候,需要从顶角开始,然后从中心向着两边进行拓展,一直加热到三角形的底边结束。在加热腹板的时候,温度不能够过高,否则很容易出现变形,且这种变形的修复难度极大。

结论

因为钢结构具有较强的强度、结构比较轻、且截面相对较小,具有良好的抗震性。建筑行业使用钢结构,其质量好、施工方便,质量可靠,因为得到了广泛的使用。但是在焊接过程中容易出现变形,比如温度场受热不均导致的变形、外界应力导致的变形等等,严重影响了钢结构的性能。而企业为了降低钢结构变形的影响,需要投入大量的人力物力,增加了成本,还降低了建筑物的安全性。因此,对钢结构焊接应力变形种类及其对应因素进行深入的分析,然后有针对性地提出对应的策略,可以显著将变形的程度降到最低,进而保证整个建筑功能可以有序、正常的开展。

参考文献

- [1]姚小彬,刘殿民,赵会伟,王林昌,张玲.钢结构用焊接H型钢制作及焊接变形控制[J].中国金属通报,2021(11):124-125.
- [2]卢青钱.钢结构焊接应力和变形的控制措施[J].硫磷设计与粉体工程,2020(04):35-37+6.
- [3]邹平.钢结构焊接变形与控制对策探讨[J].冶金与材料,2020,40(03):178-179.
- [4]赵晶,刘洋,刘海涛,戴小龙.浅析如何有效控制钢结构的焊接变形及应力[J].中国设备工程,2019(12):159-160.