

在船舶焊接中减小焊接变形的措施

渤海造船厂集团有限公司 (辽宁 125004) 杨立志 田凤玉

现代造船技术飞速发展,造船总量年年创新高,作为船舶生产大国,中国的造船总量达到了年2000万吨载重。焊接成形是现代船舶生产的主要手段,但是焊接件的变形也是一个不容忽视的工艺问题,其对生产影响非常大,处理不好会影响产品的质量和进度,因此如何减小焊接变形成为焊接技术中的一个重要课题。

实践证明,可以通过结构设计和生产工艺两方面来解决焊接残余变形的问题。如果在结构设计时全面考虑,充分注意到减小焊接变形的重要性,要比单纯从工艺上解决变形问题方便得多。然而,如果在结构设计时考虑不周,对焊接变形问题未能充分注意,会给生产带来额外工序,延长生产周期,不但使产品质量受到影响,而且增加产品成本。由此可见,为减小焊接变形,不仅要研究有关工艺措施,而且还要充分重视结构设计。下面从设计和工艺上应对焊接变形的的方法分别介绍。

1. 减小焊接残余变形的的设计措施

(1) 合理选择焊件尺寸 焊件的长度、宽度及厚度等对焊接变形有明显的影晌。如板厚对角焊缝的角变形影响较大,当厚度达到某一数值(钢约9mm)时角变形最大。在制造“T形”或“工形”焊接梁时,由于焊件细长,以致于焊接区收缩变形引起焊件弯曲变形是一个突出问题。解决这一问题的最好办法就是精心设计结构尺寸参数(如板厚、板宽、板长及肋板间距等)与焊接参数(如单位热输入等)。

(2) 合理选择焊缝尺寸和坡口形式 焊缝尺寸的大小,不仅关系到焊接工作量,而且还对焊接变形产生较大的影响。焊缝尺寸大,焊接量也大,填充金属消耗量多,造成的焊接变形大。因此在设计焊缝尺寸时,在保证结构承载能力的条件下,应采

用较小的焊缝尺寸。片面加大焊缝尺寸对减小焊接变形极其不利,所以对并不承受很大工作应力的焊缝,不必采用大尺寸焊脚,只要能满足其强度要求就好。

另外,还要合理设计坡口形式。如对接接头要采用角变形为零的最佳“X形”坡口尺寸;对于受力较大的“T形”接头和“十字”接头,在保证相同强度的条件下,采用开坡口的焊缝比不开坡口焊缝动载强度高,焊缝金属量少,而且对减小焊接变形也有利,尤其对厚板而言,更有意义。

(3) 尽量减少不必要的焊缝 在焊接结构设计中,应该力求使焊缝数量减至最少。一般在设计中常采用加肋板来提高结构的稳定性与刚度,特别是有时为减轻主体结构重量而采用较薄板,势必增加肋板数量,从而大幅增加装配和焊接的工作量,其结果是不仅不经济,而且会使焊缝的焊接变形过大。所以实践证明,合理选择板厚,适当减少肋板,使焊缝减少,即使结构可能稍重,还是比较经济的。

(4) 合理安排焊缝位置 为避免焊接结构弯曲变形,在结构设计中,应力求使焊缝位置对称于结构件的中性轴或接近于中性轴。因为焊缝对称于中性轴,有可能使中性轴两侧焊缝轴产生的弯曲变形完全抵消或大部分抵消。因为焊缝接近中性轴,使焊缝收缩引起的弯曲力矩减小,从而使构件弯曲变形也减小。另外,对于一些截面形状无法改变的非对称结构件,可在保持截面形状不变的情况下,采用调整焊缝重心轴与中性轴距离的方法来减小焊接变形。

2. 减小焊接残余变形的工艺措施

(1) 反变形法 装配时根据经验预估变形的大小,给构件一个与焊接变形方向相反的变形,以

此与焊接变形相抵消,使结构在焊接后能达到技术要求。反变形有两种方法:塑性反变形和弹性反变形。在实际生产中,弹性反变形比塑性反变形更可靠。因为即使弹性反变形的预应变量不够准确,也总是可以减小角变形。若采用塑性反变形,所选取的塑性预弯量必须非常精确,否则得不到良好的效果。

(2) 在外拘束条件下焊接 将焊件刚性固定在夹具中,以限制构件在焊接过程中产生变形。这种方式对减小焊件的角变形有很好的效果,可使焊接变形减少,但焊接应力较高。

(3) 合理选择焊接方法与焊接参数 为减小焊接变形,应尽可能采用高能量密度的焊接方法。如电子束焊、激光焊接、窄间隙焊接等,他们有较低的焊接热输入,焊接变形极小。在一般生产中,用CO₂气体保护焊来取代焊条电弧焊,不但生产效率高,而且还能明显地减小焊接变形。焊接薄板时,可采用钨极脉冲氩弧焊或电阻焊,都可防止压曲变形。

如果在生产中没有条件采用低热输入的方法,又不降低焊接规范时,可采用直接水冷或采用水冷铜块来改变热场分布,以达到减小变形的目的。但是对于淬硬性高的金属材料,此方法慎用。

(4) 选择合理的装配焊接顺序和焊接方向 装配焊接顺序的设计,主要考虑先期焊缝产生的焊接应力和变形对后续焊缝的影响,还要考虑后续焊缝产生的应力和变形是怎样与先期焊缝的影响相互作用的。实践证明,正确选择装配焊接顺序,是防止焊接变形的有效措施。

在生产中通常采用以小拼大的焊接结构进行生产,先焊成若干部件和组件,然后装配焊接成整体结构。由于焊件的装配和焊接顺序不同,在生产过程中结构刚性的递增以及对焊接变形的影响也不相同,因此要对其进行分析比较,选择变形最小的合理装配焊接顺序。

一般情况下,应先焊收缩量大的焊缝,后焊收缩量小的焊缝。当同时存在对接焊缝和角焊缝时,一般应先焊对接焊缝,后焊角接焊缝;当同时存在横向焊缝和纵向焊缝时,应先焊横向焊缝,后焊纵向焊缝;当同时存在厚板焊缝和薄板焊缝时,一般应先焊厚板焊缝,后焊薄板焊缝;当结构中同时存

在断续焊缝和连续焊缝时,一般应先焊连续焊缝,后焊断续焊缝。

(5) 预热 焊接不均匀热场是产生焊接变形的主要原因。因此采用适当的预热,使焊接温度分布趋于均匀,也是一种减小焊接残余变形的有效措施。

(6) 用拉伸法和加热法减小焊接薄板的平面外变形 用机械法或预热法使被焊壁板进行拉伸或伸长,与此同时将壁板焊到结构的框架上,焊完后,去掉拉伸载荷。此时壁板的收缩受到被焊框架的拘束,从而在壁板上只有小量的平面外变形产生。这时在焊接后壁板内存有残余拉伸应力,而在框架内则存有残余压应力。这种方法对减小焊接薄板的压曲变形具有良好的效果。

3. 焊后矫正变形

焊件焊前采用诸多办法尽量减小其变形,但是不能使焊接变形完全消除,为满足产品的质量要求,还必须对结构进行焊后矫正变形。

(1) 机械矫正法 利用机构外力使焊件产生与残余变形方向相反的塑性变形,以抵消焊接残余变形。对于薄板焊接件,可以采用锤击法来延展焊缝及其周围的部位,以达到减小变形的目的。

(2) 火焰加热矫正法 在焊件选定的位置处按一定方向进行火焰加热,使该部位的金属产生压缩塑性变形,并用水冷却时产生收缩来调整焊件的最终形状。此方法操作简单,但要控制好加热位置、加热范围、加热形状及加热温度,以取得良好的效果。

线状火焰加热用来矫正角变形,点状火焰加热主要矫正薄板的平面外变形,三角形火焰加热用来矫正梁的弯曲变形,另外还有松叶状火焰加热、十字火焰加热用来矫正板的平面变形,但是在实际生产中不太常用。

4. 结语

综上所述,为了控制焊接变形,不但要在设计时考虑周全,而且在工艺上也要采取有效的应对措施,才能处理好焊接变形,以保证产品的质量和生产周期,为企业的发展提供技术保障。**MW**

(20120821)