

船舶焊接变形的形成与控制

寇 雄, 颜 锦

(天津大学 海洋与船舶工程系, 天津 300072)

摘 要: 在船体建造过程中, 大量焊接构件的变形不利于船体制造精度的控制, 从而影响到船舶建造的质量。为此, 通过对船体焊接过程中构件焊接变形产生的原因以及影响焊接变形的各种因素进行综合分析, 并考虑到船体构件建造过程中各个阶段的特点, 总结出了船体建造不同阶段减少船舶焊接变形的结构设计措施和建造工艺措施, 从而达到满足船舶强度、使用性和经济性要求。

关键词: 船体建造; 建造质量; 焊接变形; 控制

中图分类号: U 646.7

文献标识码: A

Formation and control of ship welding deformation

KOU Xiong, YAN Jin

(College of Ocean and Ship Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: During the process of shipbuilding, deformation of plentiful welding components makes against precision control of ship construction, which affects the quality of ship construction. By general analysis of the reasons of causing and affecting ship-hull welding deformation in the process of ship-welding, various methods provided for reducing ship-hull welding deformation in the different phases of shipbuilding is summarized in order to satisfy the requirements of ship intensity and working performance and economy performance also.

Key words: ship construction; construction quality; welding deformation; control

0 引 言

在船体建造过程中, 焊接结构件大量应用于各个制造工序。焊接接头变形对接头的性能有着较大影响, 使得船体构件的强度、韧性下降。此外, 焊接变形不利于船体制造精度的控制, 从而最终影响到船舶的建造质量。

人们提出了许多降低和消除焊接变形的办法, 这些方法各有特点, 但由于船体结构的尺寸较大、形状较复杂, 因而不宜采取单项措施进行处理, 必须进行综合治理。因此将对焊接变形产生原因及其影响因素进行分析, 针对船体构件建造过程中各个阶段的特点, 采取不同的措施进行处理, 以达到降低或消除焊接变形的目的^[1]。

1 船体焊接结构件变形产生的原因

船舶工程结构件主要是由冷、热轧钢板、型钢及它们的成形件装焊而成, 从结构件制造工艺来看, 造成船体结构件变形的原因, 主要来自三个方面: 即焊接热应力、残余应力和外力。

焊接热应力变形是指在工件焊接过程中, 由于对金属材料不均匀的加热和冷却而产生的。焊接时, 加热的热源是移动的高温电弧, 焊缝和热影响区金属温度很高, 金属受热膨胀, 但又受到常温金属的阻碍和抑制, 便产生了压缩塑性变形。结构件

的焊接变形程度与施焊时热源的输入能量成正比。

残余应力主要为焊接残余应力和成形加工残余应力。当工件某一部位施焊结束后, 其焊缝金属由膨胀转为收缩, 但其又受到常温金属的限制, 这时便产生了焊接残余应力。成形加工残余应力主要是因为工件受工艺性外力而引起的, 如工件自由弯曲成形时不得法; 钢板校平辗压次数少等等都能引起成形加工残余应力。

外力引起的变形主要指组装、焊接过程中由磕、碰、摔、撞或过载引起的异常变形^[2]。

2 影响船体焊接变形的因素

在焊接过程中的热应变、塑性应变是产生焊接变形的原因^[3-5]。通常在低碳钢焊接时, 相变发生在弹性丧失温度以上, 对焊接变形和最终的残余应力影响较小, 往往予以忽略。但在低合金高强钢焊接时, 固态相变常发生在弹性丧失温度以下, 必须考虑相变时体积膨胀引起的应变变化。因此, 焊接变形是热应变、塑性应变以及相变应变综合影响的结果。由于焊接结构中产生的焊接变形是个很复杂的问题, 所以只从船体建造工艺角度分析影响焊接变形的一些主要因素。

2.1 施焊方法和焊接工艺参数

不同施焊方法引起的收缩量也不同。当焊件的厚度相同时,单层焊的纵向收缩比多层焊收缩大,这是因为多层焊时,先焊焊道冷却后阻止了后焊焊道的收缩。逐步退焊比直通焊收缩小,这是因为前者可使焊件温度比较均匀,产生压缩塑性变形比较分散的缘故。

焊接工艺参数的影响主要为线能量。一般规律是,随着线能量的增加,压缩塑性变形区扩大,因而收缩量增大。

2.2 焊缝长度及其截面积

一般来说,焊缝的纵向收缩量随焊缝长度的增加而增加,而焊缝的横向收缩量随焊缝宽度增加而增加。横向收缩量还与板厚、坡口形式及接头形式有关。手弧焊时,板厚增加,收缩量增大,自动焊时则有所不同:在同样厚度条件下,V形坡口比X形坡口收缩量大,对接焊缝的横向收缩量比角焊缝大。图1是自动焊对接焊缝横向收缩量与板厚关系。

2.3 焊缝在结构中的位置

焊缝位置对焊接变形的影响很大,如表1。凡焊缝位置对称于结构重心线的,则产生的变化变形比较简单,只有纵向和横向的缩短,而焊缝位置与结构重心线不对称时,除纵向与横向缩短外,还产生了弯曲变形。焊缝距构件或构件中和轴越远,焊接收缩力对中和轴的力矩越大,焊接的弯曲变形也

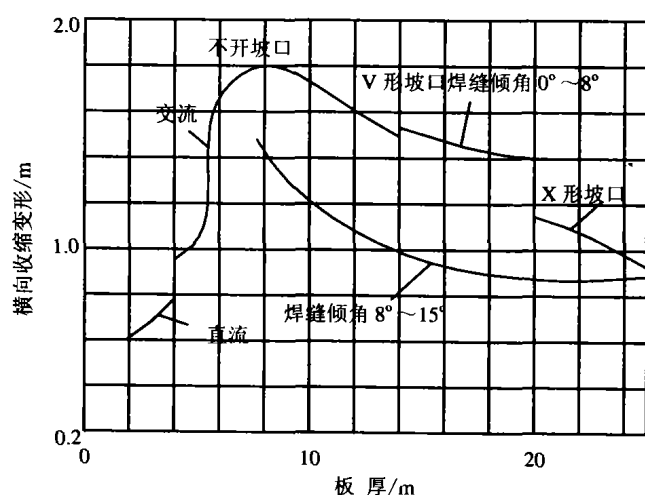


图1 对接焊横向收缩变形

Fig. 1 transverse contract deformation of butt welding

越大。所以布置在中和轴上或尽量靠近中和轴,以减少弯曲变形。

2.4 装配和焊接程序

装配焊接程序能引起构件在不同装配阶段刚性的变化和重心位置的改变,对控制构件的焊接变形有很大的影响。因此就整个结构生长而言,这就有边装配边焊接和装配成整体后再焊接两种方式可供选择。对于简单结构来说,采用后一种方式,可以减少其弯曲变形。如图2所示工字梁装焊过程,按图2(b)方式边装边焊,则焊后产生的弯曲变形较大,而按图2(c)装配完成后再焊接产生的弯曲变形较小。对于复杂结构而言,全部构件装配后再焊接方式,往往不合理。有两个原因:①边装配边焊接方式所产生的变形不一定都反映到总变形量;②有些零部件因施工上的需要,只能采用边装配边焊接的方式。

3 减少焊接变形的措施

通过焊接应力与变形的分析,可以知道焊接结构产生应力不可避免,只能在掌握焊接变形的影响因素之后,积极采取措施减少焊接变形^[4,6]。

3.1 结构设计方面

船体结构设计上除了要满足船舶的强度和使用性能外,还必须满足船舶制造中焊接变形最小及耗费劳动工时最低的要求。若能充分注意焊接

表1 焊缝处在不同位置时引起的变形

Tab.1 deformation arise by different location of welding bead

焊缝对称分布	
图例	说明
	X形坡口, 焊缝对构件截面重心对称布置, 焊后主要引起构件纵向和横向的缩短
焊缝不对称分布	
图例	说明
	V形坡口, 焊缝重心偏离在构件截面重心线上侧, 焊后不但有纵向和横向缩短, 还有角变形

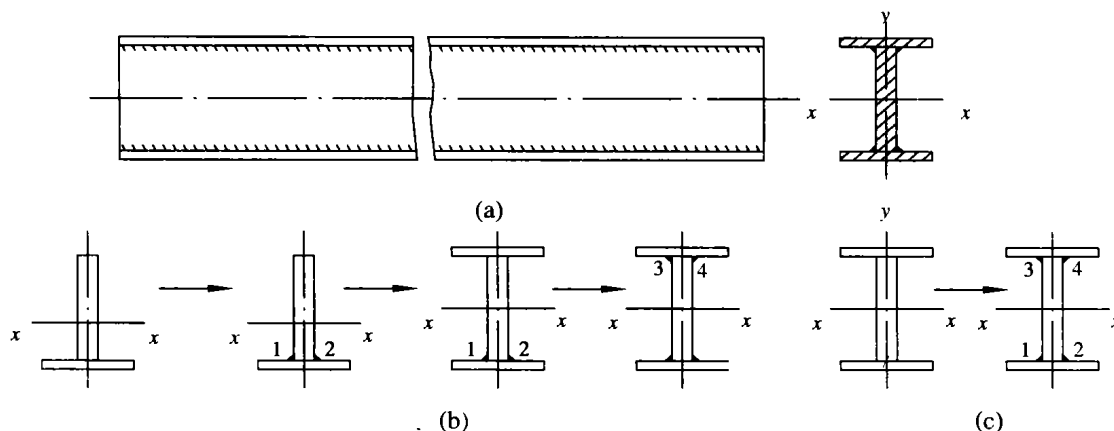


图 2 工字梁不同装焊次序对弯曲的变形的影响

Fig. 2 effect of the different assemble-welding orders of I-beam on curved deformation

特点进行船体设计, 则可大大减小焊接变形。

(1) 采用船体分段建造法, 可以大大减少船台工作量, 同时使船体总焊接变形得到控制;

(2) 焊缝应尽量保持对称性, 或者靠近结构的中心线, 防止弯曲变形;

(3) 在保证结构强度的前提下, 减少焊缝的截面尺寸, 以减少收缩变形;

(4) 尽可能减少焊缝数量;

(5) 在装配焊时, 采用简单装配焊接胎卡具。

3.2 建造工艺方面

在施工工艺方面, 应做到:

(1) 在无装配应力强制下进行船体装配;

(2) 采用自动埋弧焊和其他气体保护焊工艺;

(3) 合理选择焊接规范参数和装配焊接顺序。

在焊接工艺上尽可能合理运用刚性固定法和反变形法。预留收缩余量、刚性固定法和反变形法是控制焊接变形的最基本方法。

预留收缩余量是生产中为了弥补焊后尺寸的缩短, 预先考虑加放收缩余量。其大小可用经验公式近似估计。

刚性固定法是船厂施工中常采用的一种控制变形的办法, 是将构件固定在具有足够刚性的平台或胎架上, 待焊接构件上所有焊缝冷却到室温时再去掉刚性固定。这时焊接构件产生的变形将大大小于在自由状态下焊接的变形。船体装配焊接中广泛

使用各种形式刚性固定法, 如临时加筋板, 临时点焊加强角铁, 分段四周定位焊, 船体分段和胎架螺栓连接, 各种直线弧形拉马等。

反变形法即船体装配焊接前, 预先给船体分段或构件一个反变形值, 其大小应等于或大于船体分段焊后变形, 但方向相反。用于抵消结构焊接后产生的变形。利用此法可使船体分段变形消除或减少到最小。如放样时预放反变形量, 装配时加放焊缝收缩余量等都属于反变形法范畴。

4 结 论

综上所述, 在船舶建造过程中, 焊接变形是不可避免的, 只能采取积极的方法减少焊接变形, 从而达到既满足船舶强度和使用性能, 又满足经济性要求。

参考文献:

- [1] 叶家玮. 现代造船技术概论[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001.
- [2] 陈冰泉. 船舶及海洋工程结构焊接[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [3] 李亚江. 特殊及难焊材料的焊接[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [4] 孙维善. 船舶焊接[M]. 北京: 国防工业出版社, 1992.
- [5] 王承权. 船体结构的焊接变形[M]. 北京: 国防工业出版社, 1978.
- [6] 陆伟东. 船舶建造工艺[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1991.