

中国造船工程学会人才与教育学术委员会
教材建设学组推荐

船舶工人培训丛书

CHUANBO GONGREN PEIXUN CONGSHU

船体火工高级工培训教程

主编 张子睿

船舶工业教材编审室审



哈尔滨工程大学出版社

船体火工高级工培训教程

主编 张子睿

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书重点介绍了焊接船体结构常用材料的热加工及火工矫正的各种方法、常用工具和技术要求,同时考虑到在船体加工过程中,起重搬运、生产管理和安全等方面的重要性,所以,对起重搬运和生产管理知识也作了一般性的介绍。

本书可作为船厂高级火工的技术培训教材,也可作为船厂其他相关工种的工人和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

船体火工高级工培训教程/张子睿主编.—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2007

ISBN 978-7-81073-932-0

I.船… II.张… III.造船-金属材料-热处理-技术培训-教材 IV.U671.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 017654 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 5.75
字 数 110 千字
版 次 2007 年 2 月第 1 版
印 次 2007 年 2 月第 1 次印刷
印 数 1—2 000 册
定 价 12.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

随着世界造船业的不断发展,我国已成为世界造船大国之一。在船舶的建造过程中,新技术、新工艺不断得到应用,船舶现代化程度也越来越高。但船体本身是特殊的,其外形是个空间曲面,且船体主要是由焊接的钢结构构成,这样,它的制造就离不开火工。船体火工作为船舶制造的基本技术是应该熟悉和掌握的,为满足当前造船工人对船体火工知识学习的需要,我们组织编写了本书。

作为一门专业实用技术课的教材,我们在编写的过程中力求深入浅出、言简意赅、通俗易懂、便于自学。该书共分五章,内容包括:船用钢材及船体火工、常用船体构件的加工变形及防止、船体结构变形规律及矫正、船体起重搬运基本常识和生产管理基本知识等。

本书导论、第四章由张子睿编写;第一章、第五章由渤海重工有限责任公司王彪编写;第二章由渤海船舶职业学院副教授孙庭秀编写;第三章由渤海重工有限责任公司高级工程师陈庆丰编写。全书由渤海船舶职业学院张子睿主编、定稿。

本书在编写过程中,得到了渤海船舶职业学院和渤海重工许多同志的大力支持,在文字稿的录入和编辑过程中,李晓凤同志付出了辛勤的劳动,在此一并致以深切的感谢。

由于编者水平有限,书中肯定存在缺点和错误之处,恳切希望读者批评指正。

编 者

2006年3月

目 录

导 论	1
第一章 船用钢材及船体火工	3
第一节 船用钢材的种类和性质	3
第二节 船体构件特征和船体火工基本知识	5
第二章 常用船体构件的加工、变形及防止	16
第一节 型钢的火工加工	16
第二节 钢板的火工加工	18
第三节 异型薄板壳体的加工	37
第四节 压力容器封头的加工	40
第三章 船体结构变形规律及矫正	52
第一节 火工矫正基本知识	52
第二节 船体结构中典型变形特征的火工矫正工艺	63
第三节 火工矫正辅助工夹具的选用	68
第四节 对船体火工矫正的工艺要求	69
第四章 船体起重搬运基本常识	71
第一节 起重搬运作业	71
第二节 船体起重工作中一些工艺因素的选择	74
第三节 起重信号	75
第五章 生产管理基本知识	79
参考文献	83

导 论

一、火工及船体火工

钢材加热到一定温度再进行加工或矫正成形的工作统称为火工(也称热弯工、煨弯工、火曲工)。火工包括火工加工和火工矫正两个方面。

火工加工就是利用火工的方法加工工件,使之达到设计所要求形状的工艺过程。目前,火工加工的工艺方法有两种,一是采用氧-乙炔火焰对钢材表面进行加热,利用钢材热胀冷缩的原理达到使钢材弯曲成形的目的,或在局部加热的同时,浇水跟踪冷却使钢板弯曲成形,即目前各船厂广泛应用的水火弯板,这种工艺方法俗称小火;二是将钢材放入专用加热炉或地炉进行整体或分区加热,主要是利用钢材加热后强度明显下降、塑性增大的特性,然后再加外力强制钢板弯曲成形,这种工艺方法俗称大火。

火工矫正是用火工对钢材进行局部加热进行矫正,利用钢材热胀冷缩的特性,使加热区域的膨胀受到周围较冷区域的阻碍而产生压缩塑性变形。当停止加热后,加热区域的钢材长度随着温度的下降而缩短,引起钢材新的变形,以达到矫正的目的。

火工是一项很复杂的工作,它担负了对钢材(零件、部件、分总段)在冷加工中难以加工或矫正成形的工作。船舶建造作为一项大型水上工程,也离不开火工。据统计,在船体建造过程中,一般货船的火工加工工时与冷加工工时之比为 1:3;火工矫正工时与船体装配工时之比约 1:6。

在船体建造过程中,由于整个船体的外壳就是一个曲面结构,因此,大多数的船壳板都有曲度。其中不少的船壳板,不但具有横向曲度,而且也具有纵向曲度,即通常所说的双向曲度板。这种双向曲度板用冷加工的方法难以达到成形的目的,唯一的办法就是采用火工加工,才能实现加工成形的目的。另外,在船体建造过程中,零件、部件及分、总段的加工、吊运、装配及焊接等各道工序,特别是经过焊接后,会产生各种各样的变形,当变形超过一定数值时,必须随时进行矫正,才能确保下道工序的正常进行。

此外,船舶在使用过程中,有时会发生意外使局部产生“瘪坑”,通常也是用火工进行局部加热,然后施加外力恢复原状。所以说,在船舶的建造和使用过程中,不论钢材的加工或矫正都离不开火工。船体火工就是火工在船舶建造和修理中的应用。

二、船体火工与其他工种的关系

1. 船体火工与冷加工的关系

火工是一个劳动条件较差、劳动强度较高的工种,而且手工操作又占很大比例。而冷加工可以大量采用机械来加工,如液压机等。同时,由于机械加工比手工操作的速度快、质量好、劳动强度低,因此凡具有单向曲度的钢板、型钢等零件常用冷加工的方法加工成形,而对于那些具有双向曲度的零件,通常也是先在液压机或三辊弯板机上加工出一定的形状后,再用火工的方法加工成形。

在零件加工工艺中,为提高工作效率应当把具有较大曲度的方向作为冷加工辊轧的方

向,较小的曲度则由火工进行弯曲。例如,船壳板一般是取其横向曲度作为冷加工的方向,纵向曲度作为火工加工的方向。

2. 火工与气割工的关系

在船体建造过程中,有不少零件,当经过氧-乙炔切割,特别是切割热量不对称或切割程序不当时,往往使零件产生弯曲变形。若这种零件的形状复杂,又较厚,则无法用撑床或液压机进行矫正,只能借助火工,采用加热浇水冷却的方法进行矫正。

3. 火工与装配工的关系

在船体建造过程中,由于零件加工的形状误差、部件的焊接变形,使得装配工仅用自己的常用工具,在常温下进行组装有时会非常困难。因此必须由火工随时配合矫正,才能顺利地将装配工作进行下去。例如,船台大合拢中的舳部转圆大接头处,往往由于两块舳部圆势壳板的线型不一致而难以对接,工作中必须由火工及时矫正圆势,才能完成对接。

4. 火工与焊接工的关系

目前,船体构件几乎全部采用焊接结构,由于焊接的热输入使构件局部受热,因此也就不可避免地会使结构产生变形。当这些变形量超出产品的加工精度标准时,将会严重影响下道工序的施工,因此必须由火工采取各种加工方法及时矫正。

5. 火工与起重工的关系

在船体构件的吊运过程中,由于起重力点选择不妥,或搬运过程中不慎,或构件刚性较弱,经常会造成船体构件的变形,而且这些变形往往很严重,也难以用冷加工方法复原,因此必须借助于火工矫正。

船体火工一般都是采用手工操作,劳动条件差、劳动强度较高。特别是在我国的造船生产中,火工手工操作的比例更大,因此各企业都在不断想方设法尽量采用新技术、新工艺来改变生产效率低、劳动强度大的局面。根据其发展方向,基本上可归纳以下几方面:

(1)冷加工取代热加工;(2)水火弯板取代地炉大锤敲制;(3)模压取代手工操作;(4)爆炸成形;(5)中频感应加热弯制肋骨;(6)自动化弯制肋骨;(7)自动化弯板。

总之,船体火工是船舶建造中的基本加工技术之一,尽管操作起来很麻烦,也很不容易掌握加工的程度,但只要多实践、多总结,了解和掌握火工的规律,我们就会熟能生巧,工作起来就会得心应手。

第一章 船用钢材及船体火工

第一节 船用钢材的种类和性质

一、船用钢材的种类

船体结构使用的钢材不仅要受到装载物所引起的外力,而且要经受冷热加工和焊接时产生的内应力,航行过程中还要受到波浪的冲击力和海水的腐蚀,因此船体结构用的钢材应具有较高的机械性能、良好的化学性能以及满足工艺性能要求。根据中华人民共和国《钢质海船入级与建造规范》的规定,用作制造船体结构的钢材分为一般强度船体结构钢和高强度船体结构钢。

1. 一般强度船体结构钢

一般强度船体结构钢通常都是低碳钢或低合金钢,造船中不仅要满足化学成分和机械性能的要求,而且还要保证满足一些规定试验项目的要求。

根据我国钢质海船建造规范,对船体结构用碳素钢分为 A, B, D, E 四个等级,钢材等级越高,试验项目越严格,对塑性和韧性的要求也越高。

一般船体结构钢按屈服点的大小分为不同牌号。不同牌号、不同等级的钢材其化学成分和力学性能指标不同,具体要求参见金属材料手册。其主要用途见表 1-1。

表 1-1 一般强度船体结构钢分类

等 级	主 要 用 途
A	建造内河船舶、港作船舶等
B	建造沿海船舶
D	建造远洋船舶
E	建造大型远洋船舶

2. 高强度船体结构钢

通常所说的高强度船体结构钢是指低合金高强度结构钢。随着大型船舶的出现,对钢材性能要求也越来越高,碳素钢已不能满足要求,于是人们在炼钢的过程中向钢中加入一种或几种合金元素。少量合金元素的加入,使钢材的性能得到明显地改善,具有比一般碳素结构钢更为优良的力学性能,如强度增大、淬透性提高、抗蚀能力增强。此外还具有较好的塑性、韧性、冷热弯曲加工性及良好的焊接性和耐低温性能。由于高强度钢有高的强度和优良的性能,因此可以减轻船体自重,从而提高船舶的载重量,这种低合金高强度钢在造船中已广泛应用。

高强度船体结构钢以材料的屈服点分为 32 kg 级和 36 kg 级两个强度级别三个质量等级,每类钢又分为 A,D,E 三个质量等级,即:AH32,DH32,EH32,AH36,DH36,EH36。其力学性能指标要求参见金属材料手册。

二、钢材的基本性质

1. 钢材在常温下的一般性质

船体建造中所使用的材料大部分是钢材,据统计,一条万吨轮,需钢材大约 5 000 t 左右,而钢材的材质大部分是低碳钢。低碳钢在拉伸试验时力与变形的关系,如图 1-1 所示。

从图可知, E 点为弹性极限, M 点为屈服点, B 点为抗拉强度极限, X 点为试样断裂点。试样断裂前,在屈服点以后这段时间,即使施加的外力减小,但试样却继续伸长直至断裂。在外力的作用下变形达到 E 点,当取消外力后,试样仍能恢复原来状态,这种变形称为弹性变形。变形超过 E 点之后,即使取消外力,试样也不能恢复原状,这种变形称作塑性变形。

2. 钢材加热后的材质变化

钢材受热后,温度升高,塑性增大。当钢材被加热到 500 $^{\circ}\text{C}$ 以上时,随着温度的增加,钢材的强度就急剧下降,如图 1-2 所示。热加工就是利用钢材变“软”的这种性质和钢材的热胀冷缩这些特点进行加工使钢材成形的。

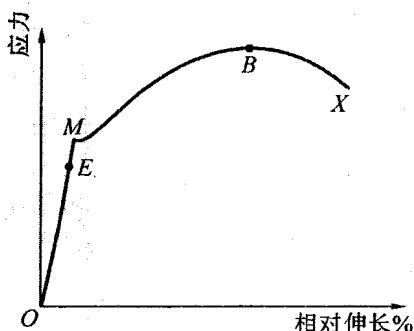


图 1-1 钢材拉伸试验的应力与应变关系

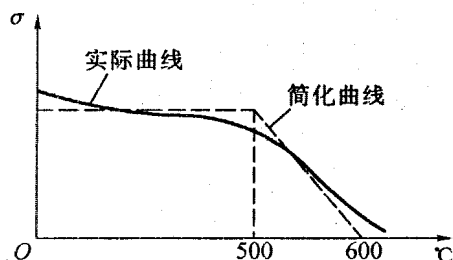


图 1-2 钢材的强度与温度变化关系

3. 钢材高温速冷时的材质变化

钢材(特别是合金钢)经高温速冷时,钢材会变得又脆又硬,使钢材失去了应有的韧性,严重影响产品质量。这种又脆又硬的性质称为脆性。钢材的脆化容易程度如图 1-3 所示。

从图中可看出:空冷比水冷不容易脆化;厚板不容易脆化;加热表面温度低的不容易脆化。

但在实际生产中为了提高水火弯板或火工矫正的效率,总希望加快加热温度及冷却速度,这是与防止材质的脆化相矛盾的,因此在水火弯板或火工矫正时,我们必须认真根据钢种、板厚和结构等决定加热方法,控制加热量和冷却方法。

4. 热加工对钢材机械性能的影响

热加工对钢材产生的影响比较复杂,主要表现有:

(1)热加工后可使钢材内部的气孔压合、疏松消除、晶粒变细(在正常加热温度下),有利于改善钢材的机械性能;

(2)热加工会使钢材表面产生“增碳”现象,在钢材表面增碳的同时,其表层下的部位(有

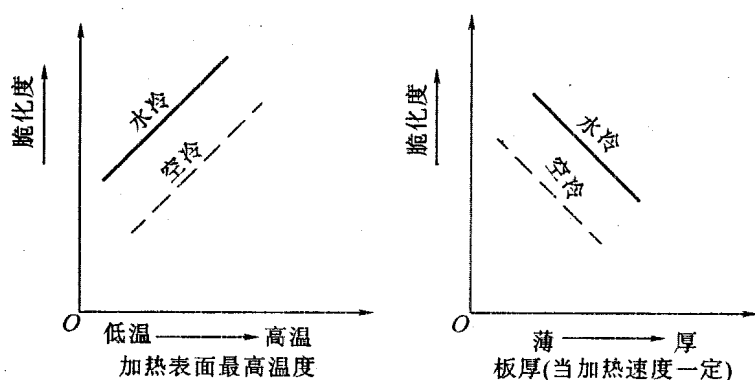


图 1-3 钢材脆化度的变化

时可深达 2~3 mm)则产生“脱碳”现象,使钢材内部强度略有降低;

(3)热加工后钢材的性能具有明显的方向性,沿着纤维方向的机械性能得以提高,垂直纤维方向的机械性能有所下降。

上述影响虽较复杂,但对低碳钢的热加工并不影响其性能指标;船用低合金钢在通常加热条件下,一般也不影响其使用性能。

5. 热加工对钢材物理性能的影响

(1)钢材在承受了塑性变形后,内部组织随着会产生内应力(组织应力),从而增加了钢材的防腐蚀能力。

(2)钢材在承受局部加热塑性变形后,加热部分呈现局部增厚,加热区边缘则形成局部凹陷,此处容易产生电化腐蚀。此现象以圆点加热法最为显著。

(3)钢材在承受热塑性变形后,增大了其内部晶粒大小的不均匀性,因而使材料的抗蚀能力降低。

第二节 船体构件特征和船体火工基本知识

一、船体构件有关知识

1. 船体构件加工方法的划分

一般按加工条件,船体加工方法分为冷加工和热加工两种,这是沿用已久的习惯分类方法,目前不少船厂仍按此种分类方法来划分。但随着现代造船技术的发展,特别是加工生产流水线的建立,又出现了按船体结构要求的分类方法,即分为边缘加工和成形加工两种,并据此建立加工工艺路线。见表 1-2。

2. 船体构件的形状特征

船体建造是一项大型水上建筑工程,船体构件的结构和形状都比较复杂,且零件数量多,规格不一。船体构件的形状特点是选择最佳加工方案的主要依据,而加工方案一经确定,那么加工的工艺路线及最合适的加工设备也就基本上确定了。常见船体构件(按其形状

特征)见表 1-3。

表 1-2 船体加工方法的分类

类 别		基 本 特 征	主 要 工 序
按加工条件分	冷加工	零件在常温状态下的加工,此种方法大多利用机械设备进行,故劳动条件较好,生产率较高。冷加工的比重约占总加工量的 70% ~ 85%	矫平、剪切、冲裁、辊轧、折边、刨边等
	热加工	零件在加热高温状态下的加工,根据加热面积又分:①零件表面(弯曲)或边缘(切割)的局部加热;②零件的整体加热——进炉,目前热加工大多数为手工操作,故劳动条件较差,生产率低。但船体复杂曲度的零件仍需采用此法	气割、热弯
按结构要求分	边缘加工	根据设计与工艺要求对零件边缘进行的加工。加工依据是号料标记、仿形图或数控带	剪切、气割、冲裁、刨边等
	成形加工	根据设计与工艺要求将零件弯制所需的形状。加工依据是样板、样箱或数控带	辊轧、撑拉、折边、热弯

二、船体火工的含义、工具、设备及加工方法

(一)火工的含义

凡钢材不是在常温而是加热到一定温度后再进行加工或矫正成型的工作称为火工,所以火工应包含着火工加工与火工矫正两个方面。

火工加工 火工加工工艺方法有两种,一种是采用氧-乙炔火焰,对钢板表面进行局部加热,利用钢板热胀冷缩的原理达到钢板弯曲成形的目的。也可以在局部加热的同时,浇水冷却使钢板弯曲成形,即目前各船厂广泛应用的水火弯板,这种加热工艺方法俗称小火。另一种是将钢板放入专用加热炉或地炉进行整体或分区加热,主要是利用钢材加热后强度明显下降、塑性增大的特性,然后再加外力强制钢板弯曲成形,这种加热工艺方法俗称大火。

火工矫正 目前常用的矫正方法也有两种,一种是在冷状态下用手工或机械对钢材施加外力进行矫正。用手工矫正时,劳动强度高、效率低;用机械矫正时,劳动强度低、效率高,但适用范围有很大的局限性。另一种是用火工对钢材进行局部加热进行矫正,利用钢板热胀冷缩的特性,使加热区域的膨胀受到周围较冷区域的阻碍而产生压缩塑性变形。当停止加热后,加热区域的钢材长度随着温度的下降而缩短,引起钢材新的变形,以达到矫正目的。

(二)火工加工在船体建造中的作用

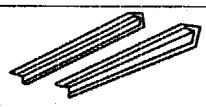
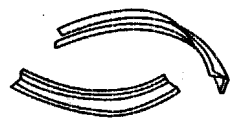
在船体建造过程中火工是一项很复杂的工作,由于整个船体的外壳就是一个曲面结构,因此,大多数的船壳板都有弯曲度,其中不少的船壳板是双向曲度板。这种双向曲度板难以用冷加工的方法达到成形的目的。在实际生产中为了保证产品的质量,降低成本,提高进度等原因,只能用火工加工的方法。钢板经加热,在一定的温度下,使钢板的纤维组织重新排

列而达到成形的目的。

表 1-3 常见船体构件形状特征

零件分 类序号	分类名称			形状特征	零件图形	结构名称和所在部位
1	平直 构件	大型	中型	表面平、边缘直		中部外板、平甲板、平台板、内底板、舱壁板等
2						中底桁、旁底桁、基纵桁等
3						板条、T型材的腹板与面板、小肘板等
4	板	平面非直边构件		表面平、边缘不直		肋板
						舷侧纵桁、强横梁等的腹板
						肘板等
5	材	单向曲度构件		横向曲度不变、边缘直(筒形板)		平行中体处的舭列板等
				横向曲度变化、边缘直(锥形板)		首柱板、平行中体以外的舭部列板等
6		双向曲度构件		帆形板		首尾端中间部分的外板等
				鞍形板		首柱上部外板等
				横向弯曲和扭曲		首尾底板等
				横向波形弯曲		轴包套处外板等

表 1-3(续)

零件分 类序号	分类名称		形状特征	零件图形	结构名称和所在部位
7	板	复杂(空间)曲度构件	球面曲度		巡洋舰尾的尾包板、上层建筑及烟囱的流线型封头板等
			纵横双向波形曲面		轴包套处外板等
			扭曲和横向变化曲度		轴包板
			纵横双向弯曲及扭曲		首尾处舳列板等
8	材	具有折角的单向曲度构件	单折角或双折角、边缘直		平板龙骨(K行板)、折边的肋板、甲板纵桁、强横梁等
			多折角、边缘直		槽形舱壁、压筋围壁
9		具有折角的复杂曲度构件	折角和扭曲		首部舷顶列板
			双折角和两翼曲度		尾部平板龙骨(K行板)
10	型材	平直构件	平 直		平行中体部位的肋骨、纵骨、平台横梁、舱壁扶强材等
11		单向微弯构件	单向曲度		甲板横梁、平行中体以外的肋骨、底部纵骨等
12		复杂形构件	大曲度或双向扭弯		轴包套处的肋骨、尾部肋骨舷侧纵骨等

在船体建造过程中,零件、部件及分段的加工、吊运、装配及焊接等各道工序,其中特别是经过焊接后,会产生各种各样的变形。当变形量超过一定数值时,必须立即进行矫正,才能确保下道工序的正常进行。

在船舶航行中,经常会发生意外事故,使船壳板因受到外力而产生局部“瘪坑”。由于这些变形不需将整张壳板调换,故也常用火工进行局部加热,然后施加外力使其恢复原状。因

此,在船体建造过程中,不论钢板的加工或矫正都离不开火工。

(三)火工常用的工具、量具和模具

1.常用的工具

(1)锤子:板材热弯中敲击用。它有木锤、铁锤,其中铁锤根据大小、形状和加工要求可分为小锤、中锤、大锤、平锤、凸锤等。

(2)洋冲、锼子、钳子、羊角、液压千斤顶、螺旋千斤顶、铁楔、火工平台等。

2.量具

平尺、折尺、卷尺、活络角尺、卡钳、样板、样箱等。

3.模具

(1)靠模

靠模按形状可分为圆形靠模、角度靠模和曲线靠模,如图1-4所示。此种靠模在扁钢、角钢等弯曲时经常使用。由于靠模是加工的依据,将会直接影响构件的加工质量,因此必须做到准确。

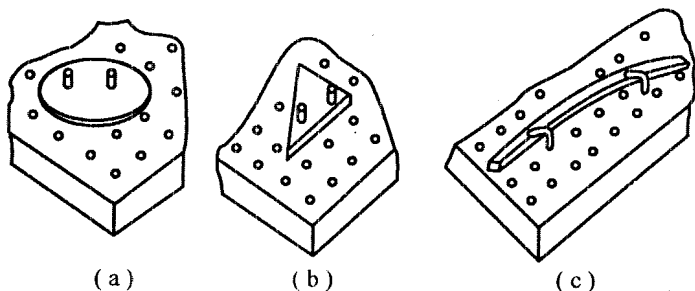


图1-4 常用靠山形式及固定
(a)圆形靠山;(b)角度靠山;(c)线型靠山

(2)压模

压模是用钢板或铸钢、铸铁制成的,如图1-5所示。前者用于批量生产中的壳板加工;后者用于压力容器封头的压制。由于压模是安装在压机上的,故生产效率高。

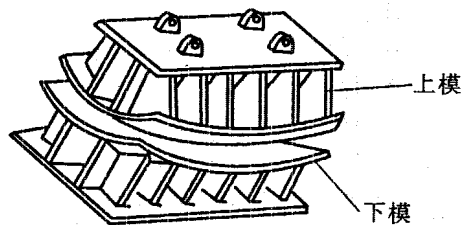


图1-5 钢板压模

4.加热设备与冷却设备

(1)加热炉是火工不可缺少的加热设备,它分为地炉与专用加热炉两种。如图1-6所示为地炉,如图1-7所示为专用加热炉。

(2)矫正炬,见表1-4。

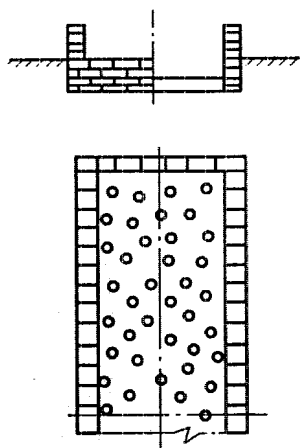


图 1-6 地炉

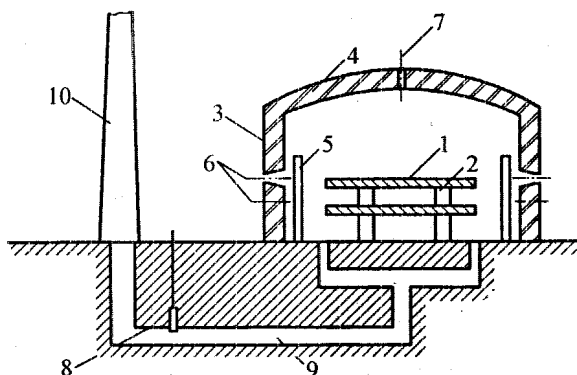


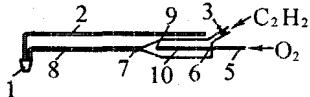
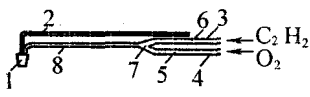
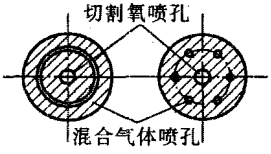
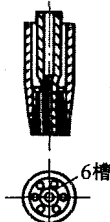
图 1-7 专用加热炉

1—钢板;2—垫块;3—侧墙;4—拱形炉顶;5—挡火墙;6—燃烧器;7—测温计;8—闸门;9—烟道;10—烟囱

表 1-4 矫正炬的种类

类别	氧 - 乙炔矫正炬	氧 - 丙烷矫正炬
热源	氧气和乙炔	氧气和丙烷(或丁烷等石油气)
特点	优点: 1)火焰温度高,燃烧速度快,生产效率较高 2)适应性大,可在多种场合下使用 3)加热质量比较稳定 缺点: 1)易发生回火和爆炸,安全性较差 2)成本较高,乙炔主要原料——电石的炼制需消耗大量国民经济的重要物资(电能、优质炭等) 3)不便于运输和携带,不利于抢修和高温作业	优点: 1)丙烷等石油气体是石油工业的废气,用它代替乙炔,符合综合利用的原则 2)燃烧速度较乙炔慢,回火和爆炸的可能性小,操作较安全 3)常温时液化压力较低,易于储藏和运输 4)发热量高,氧化性强,故气割边缘光洁、整齐 缺点: 1)火焰温度低,预热时间较长 2)火焰含氧比例大,氧气消耗量大 3)密度大于空气,不易扩散,不宜在舱内使用

表 1-4(续)

选用 矫正 炬型 式	矫正炬(手动): 射吸式或等压式(又称中压式)	矫正炬(手动): 等压式
		
	(a)射吸式;(b)等压式 1—焰嘴;2—高压氧通道;3—乙炔调节阀;4—氧气调节阀;5—氧气通道; 6—乙炔气通道;7—混合室;8—混合气通道;9—喷射孔;10—喷射管	
	焰嘴: 环形(图 c)或梅花形(图 d)	焰嘴: 齿槽—梅花综合式(图 e)
	 (c) (d)	 (e)

(3)冷却设备有水箱、水泵、水管、水龙头等。

(四)船体火工加工方法的选用

1.热弯加工方法的选用见表 1-5。

表 1-5 热弯加工方法的选用

方法分类		特征	主要设备与工具	适用范围
局部加 热弯曲	火焰弯板	对工作表面进行局部加热,利用钢材热胀冷缩原理,使工件产生残余塑性变形而弯制成形	加热炬(焊炬)、手锤、铁马、铁桩、铸铁平台	适用于各种曲形零件(除少数用样箱作加工依据的零件外)
	水火弯板	对工件表面进行局部加热时,同时浇水,以加速弯制成形的过程	加热炬(焊炬)、水管、铁马、铁桩、铸铁平台	同上
整体加热弯曲 (大火热弯)		将工件放在加热炉内进行整件或分件加热,利用钢材加热后塑性增大的特性,强制工件弯曲成形	加热炉、铸铁平台、手锤、油压机等	目前仅用于轴包板、球鼻首包板等复杂曲度零件,以及锅炉和压力容器封头等

2. 热弯加工时一些工艺因素的选择

①火焰性质:尽量采用中性焰,避免采用氧化焰。

②加热温度:根据工件厚度和加工方法而定。大火热弯时的加热温度应较局部热弯时高。钢材的最高加热温度不应高于 $1\ 100\ ^\circ\text{C}$,最低加热温度不应低于 $500\ ^\circ\text{C}$ 。压制时的终压温度不低于 $850\ ^\circ\text{C}$ 。正确掌握和测定加热温度,对保证加工质量、提高生产效率有很大作用。加热温度的判别见表 1-6。

表 1-6 钢材火色与温度的关系

颜色	温度/ $^\circ\text{C}$	颜色	温度/ $^\circ\text{C}$
赤褐	600	橘黄	900
暗赤	650	淡橘黄	950
暗樱红	700	黄色	1 000
樱红	750	淡黄	1 100
淡樱红	800	白微黄	1 200
橘黄微红	850	亮白	1 300

③炉内加热时间

以使工件表面温度与内部温度趋于均匀为原则。对较厚的工件,当表面温度达到要求时,可减小鼓风量,停留一定时间后再取出。

三、水火弯板一般工艺原理和工艺要求

1. 水火弯板的作用原理及特点

(1) 水火弯板的作用原理

由图 1-8 可知,当钢材局部加热至 $600\ ^\circ\text{C} \sim 700\ ^\circ\text{C}$ 以上时,由于钢材受热的局部性,钢材受热部分的膨胀受到较冷部分的限制,即产生压缩塑性变形,在钢材冷却时,便产生收缩。在一般情况下,此种收缩变形在钢材的整个厚宽方向都存在,但由于加热面的温度较高,产生的压缩塑性变形量大于背面,形成的收缩变形也较背面为大,因而形成角变形 α 。火焰弯板就是利用局部受热后钢材所产生的角变形及横向收缩来达到变形弯曲的目的。

一般的火焰弯板方法所造成的角变形量较小,用水冷却则可以提高冷却速度,增加厚度方向上的温度梯度,从而使角变形量增加。这便是水火弯板的基本作用原理。

(2) 水火弯板的特点

①显著提高劳动生产率,一般可提高工效 2~3 倍。

②成形质量好,板面光滑平顺,板厚减薄极微。

③改善劳动条件,一般不必用大锤敲击。

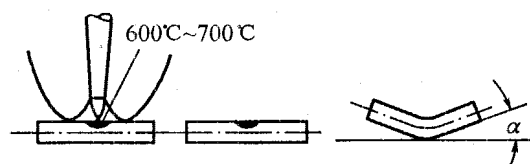


图 1-8 水火弯板作用原理图