

船舶工人培训丛书

船体冷加工高级工艺学

主编 刘雪梅



哈尔滨工程大学出版社

船体冷加工高级工艺学

主编 刘雪梅

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

船体冷加工高级工工艺学/刘雪梅主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2006
ISBN 7-81073-791-0

I. 船… II. 刘… III. 船体-冷加工-工艺学
IV. U663.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 005584 号

内 容 简 介

本书重点介绍了船体冷加工高级工应掌握的基础知识、专业知识及操作技能。基础知识部分着重讲解钢材冷加工的形式、钢材冷加工的特性、各种冷加工设备以及加工模具知识;专业知识部分着重讲解船体构件的展开方法、放样台上驳取各种加工线型值以及估算本工种定额工时的知识;操作技能部分着重讲解板材的辊弯、压弯、拉弯、压延以及一些其他成形方法,并有选择地介绍了几种典型构件的成形方法。

本书是船体冷加工高级工技术培训教材,也可作为技术学校教材,对其他专业工人及技术人员也有参考价值。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市东大直街 124 号
发行部电话:(0451)82519328 邮编:150001
新华书店经销
黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 6.75 字数 156 千字

2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月第 1 次印刷

印数:1—2 000 册

定价:10.00 元

前 言

本书是根据 1997 年 12 月劳动部、中国船舶工业总公司颁发的“中华人民共和国职业技能鉴定规范(考核大纲)”中的“船体冷加工(高级)”部分编写的。适用于船体技术工人使用,也可供有关专业技术人员参考。

本书以船体冷加工高级工人才的培养为出发点,始终围绕冷加工的特点,注重内容的实用性,具有较强的针对性。在内容的编写上,以“必需和够用”为原则,紧扣大纲,深度、广度适中,体现了理论和实践的结合。

全书共五章,重点介绍了船体冷加工高级工应掌握的基础知识、专业知识及操作技能,力求结合造船厂的生产实际,体现国内外船体冷加工的新工艺、新技术、新材料和新设备。

本书的第一章(第一、二、三节)、第三章由刘雪梅编写,第一章(第四、五节)、第二章(第五、六节)、第四章由牛亚超编写;第二章(第一、二、三、四节)由龚建松编写;第五章由魏莉洁编写。全书由刘雪梅担任主编。

本书在编写过程中得到了不少同行、专家、教授、师傅的帮助和支持,在这里致以深切的谢意。特别感谢渤海船舶重工有限责任公司的董文斗师傅、刘维纯师傅、米德生师傅,以及职工教育培训中心的闫永学老师、邢跃珍老师。

另外,本书在编写过程中,尽管借鉴了其他专业教材的有益内容和船体冷加工技术工人技能鉴定方面的成功经验,但由于编者水平有限,书中有些问题可能考虑不周,疏漏与错误之处也在所难免,竭诚欢迎读者批评指正。

编 者

2005 年 11 月 12 日

目 录

第一章 船体冷加工高级工基础知识	1
第一节 船体钢材冷加工的基本形式	1
第二节 钢材冷加工的特性	2
第三节 船体冷加工设备	5
第四节 钢材冷加工模具	12
第五节 弯曲成形基础知识	21
第二章 船体构件的展开	26
第一节 展开的基本方法	26
第二节 球形曲面的展开	27
第三节 船体外板的展开	31
第四节 船舶舾装件的展开	39
第五节 板厚处理	42
第六节 钢材弯曲料长计算	47
第三章 船体外板构件冷加工	53
第一节 辊弯	53
第二节 压弯	60
第三节 拉弯	65
第四节 压延	67
第五节 其他成形方法	71
第六节 船体典型构件制造	73
第七节 产品质量检验	78
第四章 驳取型值	81
第一节 造船中型值的驳取	81
第二节 修船中型值的驳取	89
第五章 生产管理基本知识	94
第一节 估算船舶冷加工工时	94
第二节 合理配置劳动力,提高劳动生产率	98
参考文献	99

第一章 船体冷加工高级工基础知识

在船用材料中,当今以钢材使用最为广泛,钢是含碳量小于 2.11% 的铁碳合金。钢中除含有铁、碳外,还含有少量的硅、锰、硫、磷等元素。钢具有较高的强度和韧性,同时具有良好的工艺性能,可以进行各种加工,因而获得广泛应用。

第一节 船体钢材冷加工的基本形式

金属在常温下一般都是固态结晶体,除具有一定的形状外,还具有坚硬性和延展性。对金属进行加工时,承受外力的金属会因弹性、塑性性质而变形,甚至破坏,从而得到人们所需要的各种形状和性能。

一、金属加工形式

金属加工包括金属塑性加工和金属切削加工。金属切削加工,是指从毛坯上切去多余的金属,以获得符合技术要求的工件或半成品的机械加工,一般使用切削刀具在金属切削机床上进行。金属塑性加工,通常是利用压力将金属加工成所需要的形状和性能,并在实用中永久保持该状态,大部分情况下使用压力机。

金属塑性加工又可分为一次加工和二次加工。一次加工是指在加工中,从金属的铸件出发,用连续稳定加工的轧制、挤压、拉拔等,制成金属的板、棒、线、型材、管等,如图 1-1 所示。

轧制,是指金属坯料在两个回转轧辊的孔隙中受压变形,以获得各种产品的加工方法,如图 1-1(a)所示;挤压,是指金属坯料在挤压模内被挤出模孔而变形的加工方法,如图 1-1(b)所示;拉拔,是指金属坯料被拉过拉拔模的模孔而变形的加工方法,如图 1-1(c)所示。

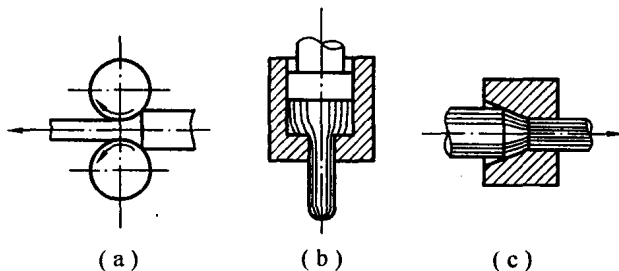


图 1-1 一次加工的基本形式

(a) 轧制; (b) 挤压; (c) 拉拔

二次加工是指在一次加工的基础上,进行零件制造的再加工,包括锻造、冲击挤压、辊制以及各种板材型材的成形加工。

船体是大型金属结构物,船体的零部件主要是用一次加工的钢板和型材,再经过二次加工制成的。这些加工包括船体钢材的预处理、构件的边缘加工、型材与板材的成形加工等。

二、船体钢材冷加工形式

船体钢材的加工方法,按加工时钢材的温度高低可分为冷加工和热加工两大类。冷加

工是指钢材在 Fe - C 状态图中的再结晶温度以下时,对其施加一定的外力而发生断裂或塑变的工艺过程。

船体冷加工有:剪、冲、辊、压、折、钻、刨、撑、敲等。

冷加工中的辊、压、折、撑、敲等加工,属于外力超过钢材屈服点,使钢材产生永久变形的加工形式。

冷加工中的剪、冲、刨、钻等加工,属于外力超过钢材极限强度,使材料产生断裂的加工形式。

船体冷加工采用的工艺方法,如图 1-2 所示。

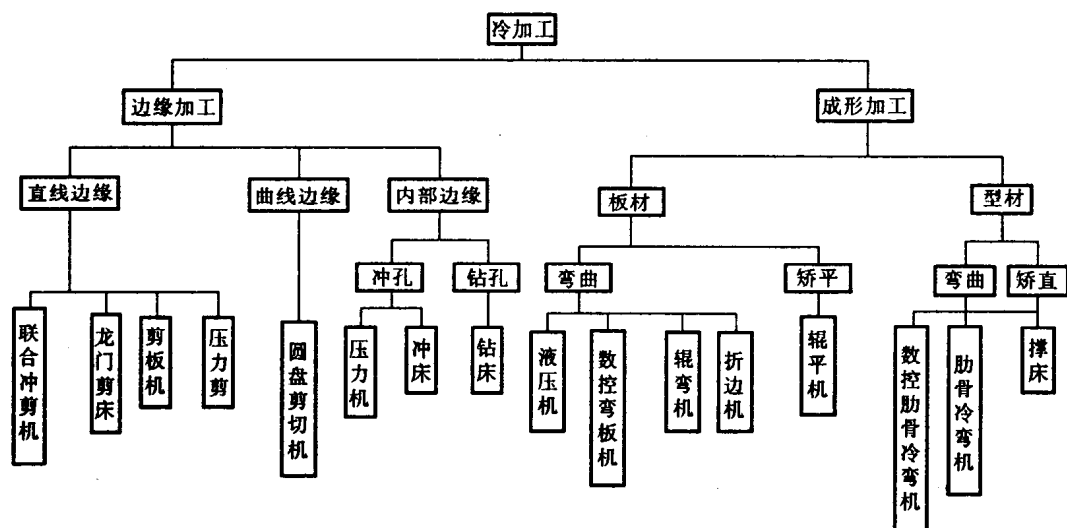


图 1-2 船体钢材冷加工工艺方法

第二节 钢材冷加工的特性

塑性是金属的重要特性,利用金属的塑性可把金属加工成各种形状,这种成形加工工艺是金属发生大量塑性变形的过程。由压力加工而产生的塑性变形还能使金属材料的组织和性能发生很大的变化,特别是冷塑性变形会使其产生加工硬化现象。

一、金属塑性变形

金属在外力作用下,其内部必将产生应力。此应力迫使原子离开原来的平衡位置,从而改变了原子间的距离,使金属发生变形,并引起原子位能的增高。但处于高位能的原子具有返回到原来低位能平衡位置的倾向,因而当外力停止作用后,应力消失,变形也随之消失。金属的这种变形称为弹性变形。

当外力增大到使金属的内应力超过该金属的屈服点之后,即使外力停止作用,金属的变形也并不消失,这种变形称为塑性变形。金属塑性变形的实质是晶体内部产生滑移的结果,单晶体的滑移变形如图 1-3 所示。

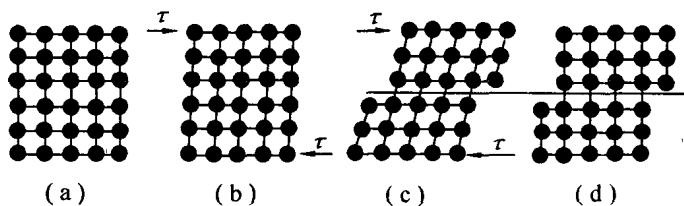


图 1-3 单晶体滑移变形示意图

(a)未变形;(b)弹性变形;(c)弹、塑性变形;(d)塑性变形

通常使用的金属都是由大量微小晶粒组成的多晶体,其塑性变形可以看成是由多晶体的许多单个晶粒产生变形(称为晶内变形)的综合效果,同时,晶粒之间也有滑动和转动(称为晶间变形),如图 1-4 所示。每个晶粒内部都存在许多滑移面,因此整块金属的变形量可以比较大。

金属内部有了应力就会发生弹性变形,应力增大到一定程度后就会发生塑性变形。当外力去除后,弹性变形将恢复,称“弹复”现象(或称“回弹”现象),这种现象对有些压力加工件的变形和工件质量有很大影响,在钢材冷加工成形中必须采用相应工艺措施来消除回弹的影响。

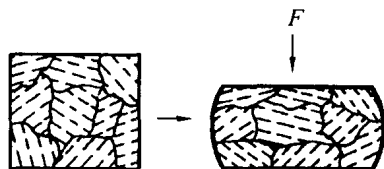


图 1-4 多晶体塑性变形示意图

金属在常温下经过塑性变形后,内部组织将发生变化:晶粒沿最大变形的方向伸长;晶格与晶粒均发生扭曲,产生内应力;晶粒间产生碎晶。

二、金属冷变形

由于金属在不同温度下变形对其组织和性能的影响不同,因此金属的塑性变形分为冷变形和热变形两种。在冷变形中,随着变形程度的增大,强度和硬度上升而塑性下降,我们把这种现象称为冷变形强化,又称加工硬化。

加工硬化从变形角度看具有重要的实际意义,如果金属仅有塑性变形而无加工硬化,就难以得到截面均匀的冷变形。这是因为凡是出现变形的地方必然会有硬化,从而使变形分布到其他暂时没有变形的部位。例如图 1-5 所示的金属材料冷冲压过程,由于在加工中圆角处变形最大,当金属的圆角处变形到一定程度以后,首先产生加工硬化,随后的变形即转移到其他部位,这样既可以避免已发生塑性变形的部位继续变形以至破裂,又可以得到壁厚均匀的冲压件。

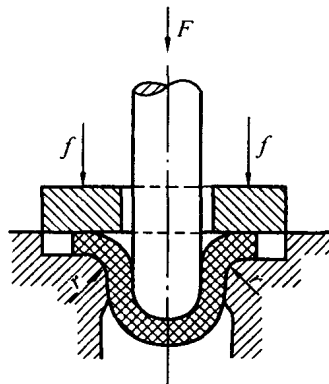


图 1-5 冲压示意图

加工硬化也有不利的影响,由于加工硬化,材料的塑性逐渐降低,使继续变形困难。当变形达到一定程度后,如需要继续变形,工件就会发生破裂。

加工硬化是一种不稳定现象,具有自发地回复到稳定状态的倾向,但在室温下不易实

现。当对其加热,加热温度较低时,冷变形金属的显微组织无明显变化,力学性能也变化不大,但残余应力显著降低,物理和化学性能部分地恢复到变形前的情况,这一阶段称恢复。金属在恢复后继续升温时,由于原子扩散能力增大,其显微组织便发生明显的变化,使被拉长而呈纤维状的晶粒又变成等轴晶粒,同时也使加工硬化与残余应力完全消除,这一过程称为再结晶。金属的恢复和再结晶过程就是加工软化过程。

金属塑性加工过程中,只有加工硬化而无恢复与再结晶现象的变形过程,称作冷变形。冷变形在低于再结晶温度的条件下发生。冷变形后产品的强度指标增加,塑性指标降低,致使金属严重硬化。欲想继续进行塑性加工,则必须加以软化退火。

三、板材的成形性能

板材的成形性能是指板材经过压制成形变成所设计零件的能力。具体地说,就是指能否用简便的方法,高效率地用板材生产出优质的压制件。板材的成形性能是一个综合性概念,涉及的因素很多,其中主要有两个方面:一方面是尽可能减少成形工序,实现尽可能大的变形程度,因而涉及成形极限的概念;另一方面是要保证压制件的质量。

1. 成形极限

在成形加工中,材料的最大变形限度称为成形极限。对于不同的成形加工,成形极限应采用不同的极限变形系数来表示,例如弯曲加工以最小弯曲半径或相对弯曲半径表示;压延加工以极限压延系数表示等。这些系数可以从相关手册查到,也可通过实验求得。

对于板材的成形加工,一般认为是在一种平面应力状态下进行的,垂直于板材的应力一般为零,或者数值极小,可以忽略不计。因此板材的成形方式,基本上可以分为以下两种类型。

(1) 以拉为主的变形方式

在以拉为主的变形方式下,板材的成形主要是靠板材纤维的伸长和厚度的减少来实现的。拉应力的成分越多,数值越大,板材纤维的伸长和厚度的减少越严重。因此,在这种变形方式下,板材过度变薄甚至拉断,是成形加工中的主要障碍。

(2) 以压为主的变形方式

在以压为主的变形方式下,板材的成形主要是靠板材纤维的缩短和厚度的增加来实现的。压应力的成分越多,数值越大,板材纤维的缩短和厚度的增加越严重。因此,在这种变形方式下,板材失稳是成形加工中的主要障碍。

通过上述分析可见,为了提高成形极限,从材料方面看,必须对板材的性能有所要求,需提高板材的塑性指标和增加抗拉、抗压的能力。

2. 成形质量

成形加工的零件不但要求有所需形状,还需保证产品质量。其质量指标主要有厚度的变薄率、尺寸精度、表面质量,及成形后材料的物理、机械性能等。

金属在塑性变形过程中体积不变,因此,在伸长类变形中板材都要减薄。影响成形件尺寸和形状精度的主要原因是回弹和畸变。材料经过剧烈的塑性变形后,其物理、机械性能会发生很大变化,例如强度、硬度等升高,塑性指标降低,电阻率增加,抗腐蚀能力降低等。另外塑性变形的另一个后果是在材料内产生残余应力,这是由于变形区内金属流动不均匀产生的,严重时内应力可引起零件自裂。成形加工件的表面质量主要是在成形过程中引起的擦伤、压痕造成的。

四、金属机械性能与成形性能间的关系

板材的机械性能与压制成形性能有着密切的关系,利用各种机械性能指标,就可以大致鉴定出各种材料压制成形性能的好坏。

1. 屈强比(σ_s/σ_b)

无论是伸长类或压缩类变形,其屈强比越小,则成形极限越高,压制成形性能越好。

2. 均匀延伸率

均匀延伸率是拉伸试验中开始出现局部颈缩时的应变值,它表示材料产生均匀变形或稳定变形的能力。在伸长类变形加工中,均匀延伸率越大,则极限变形程度越大。

3. 硬化指数

当把拉伸的真实应力应变曲线,写成 $\sigma = A\epsilon^n$ 形式时,式中幂指数 n 称为材料的硬化指数。它是用来表示板材产生均匀变形的能力, n 值越大,则抗局部颈缩失稳的能力越强,对伸长类变形而言,其极限变形程度越大。

4. 板厚方向性系数(厚向异性系数)

压制成形时,一般希望变形发生在板平面方向,而不希望厚度发生过大的变化。反映宽度方向与厚度方向变形难易程度的参数称为板厚方向性系数,它是宽向与厚向应变之比。此值越大,则板平面方向越容易变形,而厚度方向则较难变形,这样就可以减小材料的变薄率,提高抵抗拉、压失稳的能力,对提高极限变形程度是很有利的。

第三节 船体冷加工设备

船体冷加工设备的种类很多,用途各异。近几年来,随着科学技术和造船工业的迅速发展,这些设备出现了更新换代的新局面,船体构件加工技术也有了很大的发展,主要趋向于加工设备高效化、辅助工作机械化、工艺操作流水化和加工机床数控化。

船体零件的种类繁多,加工工艺过程也不相同,但从其构件特点和加工要求来看,可分为边缘加工和成形加工两大类。

一、边缘加工设备

边缘加工主要指经过号料(或套料)的船体钢材的切割分离以及焊接坡口的加工。边缘加工的方法有机械切割法(剪切、冲孔、刨边和铣边),化学切割法(气割)和物理切割法(等离子切割和激光切割等)。

冷加工主要采用机械切割法。机械切割是指被切割的金属受到剪刀给予的超过材料极限强度的机械力挤压而发生剪切变形并断裂分离的工艺过程。大致可以分为以下三个连续发生的阶段。

第一阶段,弹性变形阶段。在这个阶段中,钢材受上、下剪刀挤压而发生的变形处于弹性变形范围内,钢材内的应力没有超过屈服极限。

第二阶段,塑性变形阶段。在这个阶段中,钢材在上、下剪刀继续作用下,应力超过屈服点并继续上升,直到相当于材料抗剪强度的最大值。这时,最大剪切变形从剪刀的刃边部分开始,变形方向是沿着滑移面发生的。在这个阶段中,随着材料性质的不同,剪刀挤入被剪

金属的深度可达其厚度的 20% ~ 50%。

第三阶段,断裂阶段。这个阶段开始时,随着塑性变形的增加,沿着滑移面的方向逐渐形成裂缝并迅速扩大,直到材料的一部分与另一部分完全脱离,材料即被剪断。

观察材料的剪切边缘可看出存在两个明显的区域,其一是窄而亮的条带区(相应于塑性变形阶段);其二是较宽而无光的断裂条带区。在条带附近金属纤维受挤的部分是下剪刀刃边在剪切时对金属挤压而形成的硬化区。

1. 直线边缘冷加工设备

船体加工车间里剪切直线边缘构件的加工机床主要有斜刃龙门剪床和压力剪切机(或联合剪冲机)两种。构件边缘焊接坡口的机械加工设备主要有刨边机和铣边机两种。

(1) 斜刃龙门剪床

斜刃龙门剪床是用来剪切长直边构件的专用设备,对于中、薄板的直线剪切尤为适宜,其最大优点是精度高、速度快,其工作部分如图 1-6 所示。

其中,剪床刀刃倾角 φ 一般取 $1.5^\circ \sim 5^\circ$;后角 γ 主要是减少材料与剪刀的摩擦,通常取 $2^\circ \sim 3^\circ$;斜口刀刃的剪角 α 大小应以保证刀刃强度为准,视被剪材料的硬度而定,当剪硬或中硬质材料时, α 取 $75^\circ \sim 85^\circ$,当剪软质材料时, α 取 $65^\circ \sim 70^\circ$,减小 α 能使力臂降低,但并不显著,所以有时取 α 为 90° ,这样便于刀片四面调用;上下剪刀间隙 S 值根据所剪板材的材料和厚度来决定,最大不超过板材厚度的 7%,最佳间隙可查工艺手册,或由调整曲线中查出;龙门剪床的剪板刀片比较长,一般为 $1.5 \sim 5.2$ m,最大达 8.3 m,剪切厚度最大可达 $20 \sim 50$ mm,每分钟行程次数为 $5 \sim 45$ 次。

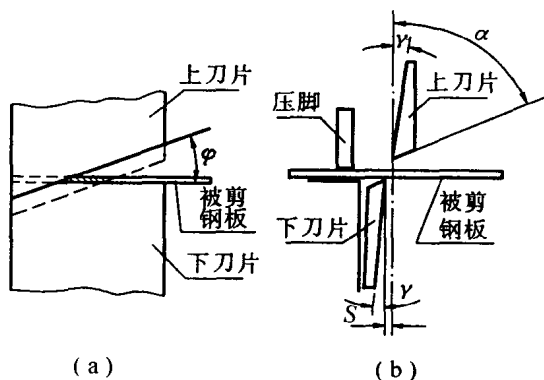


图 1-6 斜刃龙门剪床工作部分示意图

剪床的下剪刀固定,上剪刀由离合器与机床运动部分相连。在离合器脱开时,即使机床飞轮转动,上剪刀也不做上下往返运动。在剪切时需启动剪切机构,使上剪刀的离合器合上,上剪刀才做一次下剪动作。完成一次剪切动作后,上剪刀回到原来平衡位置时,离合器即脱开,工作部分停止运动,这样有充分时间进行剪切钢板的各项准备工作。同时,在上剪刀下剪以前,剪床的压紧装置将板料自动压紧,以免剪切钢板产生移动或翻转。所以,用龙门剪床剪切长直线时,可以获得相当高的精度。

龙门剪床的传动方式有机械传动和液压传动两种,液压传动的龙门剪床具有作用力恒定,可以防止超载、振动小、结构简单、体积小、质量轻等特点。

有的龙门剪床其工作台可以回转,以便将构件的边缘直接剪出焊接坡口。

(2) 压力剪切机

压力剪切机主要用来剪切短直线,有时也用来剪切较长的直线或缓曲线,但其速度慢、操作复杂而且质量较差。

船厂中常见的压力剪切机一般是剪切与冲孔两用的联合机床,它既可以剪切板材和型材,又可以进行冲孔。它的剪切刀片较短,一般在 $300 \sim 600$ mm 范围内,剪切时,上刀片做垂

直的往返运动,刀片的有效工作长度一般是 250 ~ 300 mm。压力剪切机上剪刀刃口倾角 φ 为 $9^\circ \sim 12^\circ$, 上下剪刀间隙为被剪金属板厚的 2% ~ 7% (约 0.5 ~ 3 mm)。

根据剪刀装置的方向,压力剪分纵向和横向两种。横向式压力剪如图 1-7 所示,其喉深一般为 600 ~ 1 000 mm,因此,板材剪切的宽度受到喉深的限制。

纵向式压力剪无喉深的限制,如图 1-8 所示,它可冲剪金属板材和剪切角钢等型材。图中右端为纵向式剪切板材区,中部为剪切型材区,左端为冲孔区。

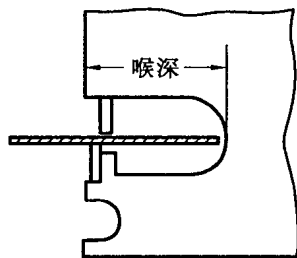


图 1-7 横向式压力剪切机

(3) 刨边机与铣边机

刨边机和铣边机都是加工船体板材构件直线边缘的专用设备。经过加工的平直船体板材构件,都可以在刨边机上刨出坡口,如 I 型、V 型、U 型、X 型等,只要更换不同的刨刀,旋转刀架至不同的角度,便可开出不同的坡口。也可以在铣边机上铣出 I 型坡口,供要求板材边缘平直而整洁的自动焊使用。

无论刨边机还是铣边机,整个机床大致分为底座、弓形梁和传动机构三部分。底座牢固地安装在地基上,它的上部是一个很长的工作台,为了便于放置被加工板材,在工作台的一

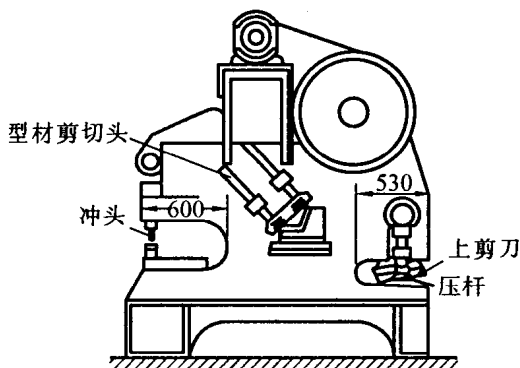


图 1-8 纵向式压力剪切机

边每隔 3 ~ 4 m 设托架一个。在整个弓形梁长度内装有许多向下压的千斤顶,工作时将被加工板材压紧。传动部分则由电动机及其传动机构推动刀架完成切削运动、走刀运动、吃刀动作等。因为刨边机与铣边机的切削方式不同,所以它们的刀架及传动机构也不同。

① 刨边机

一般情况下,工件固定不动,由刨刀运动完成坡口加工,如图 1-9(a)所示,刨刀的主切削运动形成刀具的直线运动轨迹,而其走刀运动将上述直线轨迹加以移动,即形成加工平面。

② 铣边机

有两种主要的铣削方式,如图 1-9(b)、1-9(c)所示,立铣和卧铣。立铣是用端铣刀完成的;卧铣是用圆盘铣刀完成的。这两种铣削方式的主切削运动都是铣刀的回转运动,再加上沿轴线移动的走刀运动,即形成加工平面。

由于端铣生产效率较高,所以铣边机多采用端铣刀加工。

2. 曲线边缘冷加工设备

对于厚度较小,具有任意曲线边缘的船体构件,可用圆盘剪切机进行剪切,圆盘剪切机的工作部分如图 1-10 所示。剪刀由两个轴线平行或倾斜安装的锥形圆盘组成,剪切时,上刀盘为主动盘,下刀盘为从动盘,上下剪刀的重叠值 h 为 $(\frac{1}{5} \sim \frac{1}{3})$ 板厚。由于两个剪刀重叠的弧线很短,所以可以用转动材料的方法剪切曲线边缘。这种加工设备适用于不宜气割的薄板和有色金属板材的曲线边缘加工。

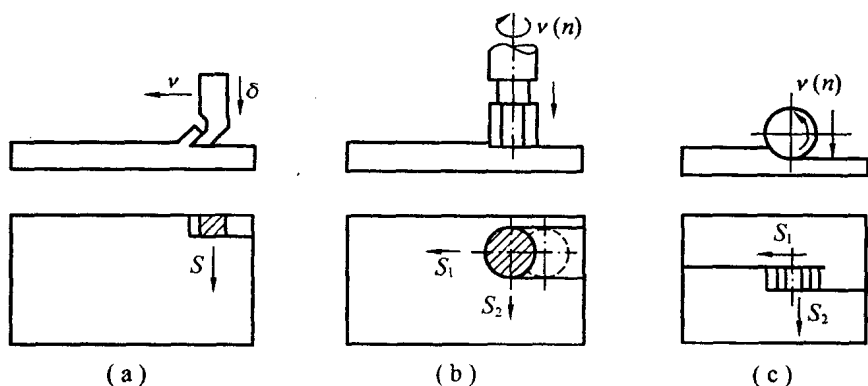


图 1-9 刀削平面形成原理

3. 先进切割设备

(1) 数控气割机

数控气割是随着计算机在工业方面的应用日益广泛而发展起来的一种新技术。所谓数控气割是将操作者的指令编成程序输入到专用计算机中,由计算机识读指令后,发出电信号控制执行机构进行的气割。

数控气割机的割炬,由一台步进电机带动,每一个电信号使步进电机带动割炬沿纵向或横向移动一步,一般取 $0.02 \sim 0.1 \text{ mm}$,割炬实际运动的轨迹,是一条与工件轮廓相似的折线,由于步距很小,可以得到较准确的工件轮廓。

数控气割机的控制装置,在割炬每移动一步后,都进行偏差判断→割炬进给→偏差计算→终点判断四項工作,不断重复直至工作结束。

(2) 等离子弧切割机

等离子弧切割是用机械压缩、热压缩和电磁压缩的方法将电弧压缩为温度更高(一般可达 $15\,000\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 30\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$)、能量更集中的等离子弧,并用其在瞬间将被切割金属或非金属局部熔化,同时其高速气流将已熔化的金属和非金属吹走,从而形成狭窄整齐的切口,其工作原理如图 1-11 所示。

等离子弧是一种比较理想的切割热源,它可以切割氧—乙炔焰和普通电弧所不能切割

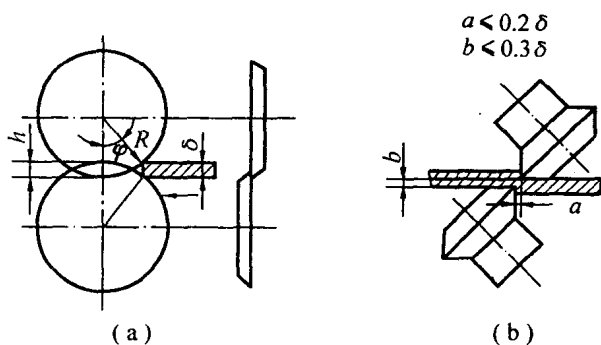


图 1-10 圆盘剪切机工作部分示意图

(a) 轴线平行式; (b) 轴线倾斜式

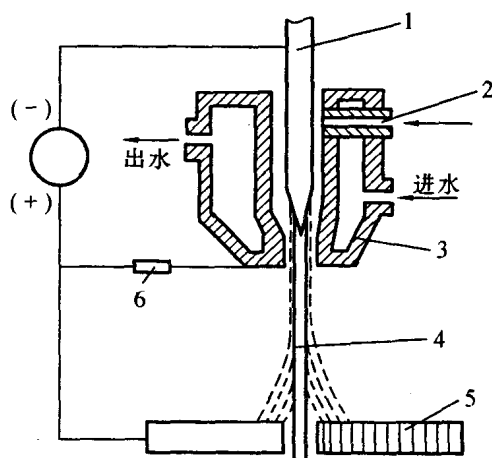


图 1-11 等离子弧切割示意图

1—钨极; 2—进气管; 3—喷嘴; 4—等离子弧; 5—割件; 6—电阻

或难以切割的铝、铜、镍、钛、铸铁、不锈钢和高合金钢等,并能切割难熔金属钨、钼,和非金属陶瓷、耐火材料,而且切割速度快,热影响区变形小,割口比较狭窄、光洁、整齐,不粘渣,质量好。

数控等离子弧切割机有热变形较小、切割速度快、切割质量好、切割材料种类多、切割成本低等优点。但如果直接在空气中进行,对操作人员的安全和环境十分有害,现在发展为水下等离子切割。

(3) 激光切割机

如图 1-12 所示,由激光器发出水平激光束经过 45°全反射镜,变为垂直向下的激光束,再经过透镜聚焦,在焦点处聚成一极小的光斑,光斑照射在被切割构件表面,产生局部高温(高达 10 000 °C 以上),使材料瞬时熔化或汽化,随着割嘴的移动,在材料上形成割缝,同时用一定压力的辅助气体将割缝处的熔渣吹除,从而使材料被切开。

数控激光切割机具有效率高、质量高、精度高等优点,但投资比较大。

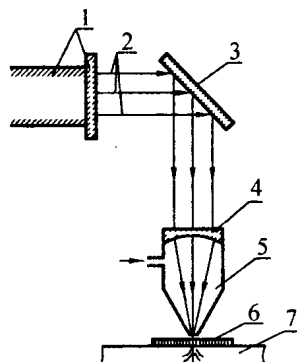


图 1-12 激光切割示意图
1—激光器;2—激光束;3—45°全反射镜;4—透镜;5—喷嘴;6—构件;7—工作台

二、成形加工设备

船体非平直构件较多,在边缘加工以后,还需要进行弯曲成形,这种弯曲成形的工艺过程,称为成形加工。成形加工一般分为型材成形加工和板材成形加工两种。

1. 型材成形加工设备

船体结构中常用的型材有角钢和球扁钢,型材构件主要有肋骨、横梁、纵骨等。型材成形加工的方法很多,下面就以肋骨为例,介绍几种典型的型材冷加工成形的设备。

(1) 三支点逐段进给式肋骨冷弯机

图 1-13 所示是这种机床的工作部分示意图。在冷弯某一段时,安装在固定夹头两侧的可动夹头连同所夹持的型材一起做如图所示的进退和旋转,对型材施加外力,将型材弯曲成所需要的形状。

两可动夹头之间的距离 A 主要取决于型材高度 H ,一般情况下 $\frac{H}{A} = \frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ 。型材弯曲时分内弯和外弯两种,由于所受弯矩方向的不同,内弯弯曲后出现下挠现象,外弯弯曲后出现上拱现象。产生的拱挠曲度则由中间固定夹头的垂向液压装置加垫片予以矫正,或预先给予反变形来防止。

一段弯好后,再进给一段,这样逐段冷弯出整根肋骨。弯曲时,夹头上的夹紧装置将型材腹板夹紧,防止型材在弯曲过程中产生翘曲和皱折。这种肋骨冷弯机优点较多,使用较普遍,但也存在压痕大、加工效率不高的缺点,现在有很多船厂已实现数字程序控制,能自动地弯制出各种形状不同的肋骨。

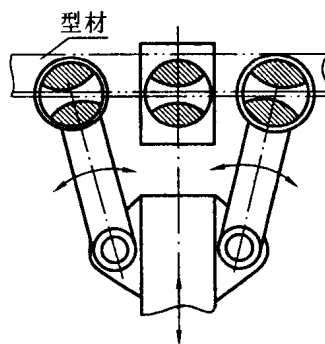


图 1-13 三支点肋骨冷弯机
工作部分示意图

(2) 纯弯曲原理肋骨冷弯机

图 1-14 所示为我国研制的 50 t 纯弯曲原理肋骨冷弯机的主要工作部分。该机采用四支点弯曲方法,其机械部分主要由水平弯曲机构、垂向反变形机构、进料机构、正位机构、仿形机构或数控机构等组成。适用于弯制中小型船舶的肋骨和横梁等型材。

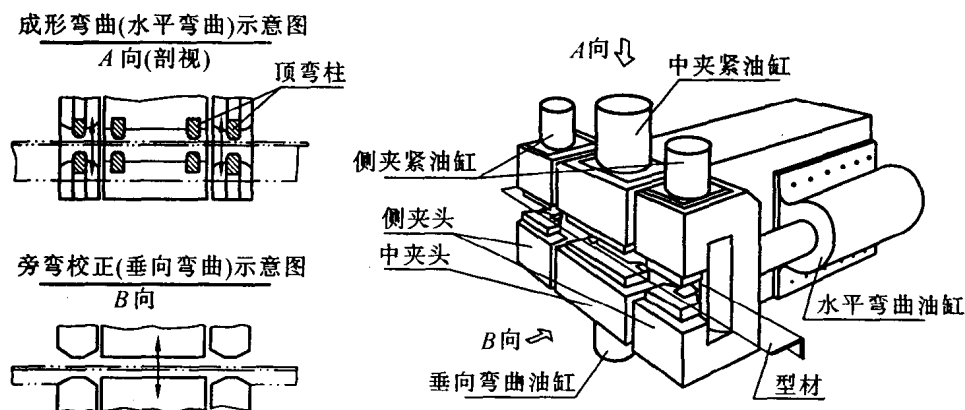


图 1-14 50 t 纯弯曲原理肋骨冷弯机示意图

水平弯曲机构采用液压传动装置。弯曲肋骨时,首先使三个垂直安装的夹紧油缸驱动三个夹头夹紧型材的腹板,然后由两个水平安装的大小相同的弯曲油缸分别驱动两个侧夹头体做水平方向的前后移动。由于中夹头体上设置两个顶弯柱,两个侧夹头体上各设置一个顶弯柱,这样在型材上就形成四个支点,顶弯柱对型材施加弯曲力,在型材腹板所在的平面(即机床的水平平面)内按纯弯曲原理进行弯曲。逐段进给逐段弯曲,直到整根肋骨成形。

另外在弯曲过程中产生中拱或下挠的旁弯现象,所以在机床上还安装了垂向反变形机构。在弯曲前,调整垂向弯曲油缸,升高或降低中间夹头,使中间夹头与两侧夹头高度形成一个差值,数值与该段型材在弯曲过程中产生的旁弯曲度数值大致相等,方向与旁弯方向相反,这样在三个夹头夹住肋骨后,就会产生反弯曲变形,以抵消弯曲过程中产生的旁弯变形。

(3) 数控肋骨冷弯机

为了扩大型钢冷弯加工的工作范围,提高生产效率,改善劳动强度,近几年来出现了数控肋骨冷弯机。这是一种先进的加工设备,根据程序它能自动地弯制出各种不同形状的肋骨。

2. 板材成形加工设备

板材成形的主要方法有机械冷弯法和水火弯板法。一般单向曲度板都采用机械冷弯法加工。而复杂曲度板则先用冷弯机械加工出一个方向的曲度(该方向曲度较大),然后再用火弯板法加工出其他方向的曲度;若批量较大,则可在压力机上安装专用压模压制成形。

(1) 辊弯机

辊弯是一种冷加工方法,主要设备有三辊弯板机、四辊弯板机,其中三辊弯板机应用最为广泛。

三辊弯板机下轴辊是主动辊,由电动机通过减速器带动其旋转,上轴辊是从动辊,可上下调节。当板材的一端送入上辊与下辊之间后,降下上辊,使上、下辊之间的间距略小于板材的厚度,当轴辊转动时,板材在这三个旋转的轴辊之间进行弯曲,如图 1-15 所示。

三辊弯板机分开式和闭式两类。开式三辊弯板机上轴辊的一端机架可以拆卸,以便能够取

出弯制好的封闭式板;闭式三辊弯板机上轴辊的机架则不能拆卸,故不能弯制封闭式板。

普通三辊弯板机除上轴辊可做上下调节外,再不能做其他调节,这使其弯板功能受到很大的限制。例如,在弯制圆柱形或圆锥形板件时,板的边缘就有一段无法进行辊压,只好采用既浪费工时又浪费材料的工艺措施(如加垫块先辊弯好板边部分或先用液压机压好板边部分等)来补救。为了解决上述缺陷,可采用几种新型的辊式弯板机。

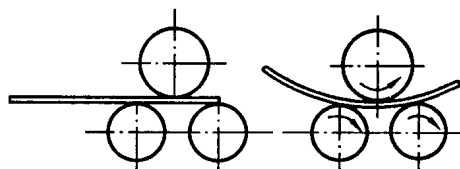


图 1-15 三辊弯板机工作示意图

①三根轴辊均可上下升降调节的三辊弯板机

这种弯板机的两根下轴辊不仅可以驱动,还可以单独或一起进行升降调节,图 1-16 所示为这种弯板机弯制构件边缘部分的过程。这种弯板机的工艺性能较好,操作方便,很适用于简单曲度板的成形加工。

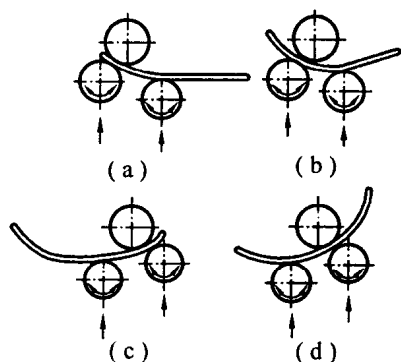


图 1-16 下辊可上下调节的三辊弯板机工作示意图

②轴辊可作横向调节的三辊弯板机

这种弯板机有两种类型。一种是上辊可横向移动的开式三辊弯板机,它可以用来弯制封闭形筒体或锥体,图 1-17 所示为这种弯板机弯制封闭形筒体的弯制过程。弯制时,可使上轴辊作横向移动并进行升降调节,弯制出构件的边缘部分,然后再弯成封闭的筒体。另一种是下轴辊可横向移动的闭式三辊弯板机,它是通过分别调节两根下轴辊的横向位置,弯制出构件边缘部分的曲度。

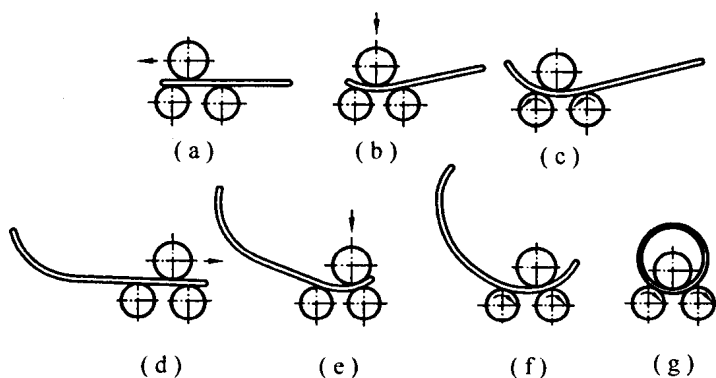


图 1-17 上辊可横移的开式三辊弯板机的工作示意图

③四辊弯板机

其轴辊的布置如图 1-18 所示。轴辊 1 和 2 为主动辊,轴辊 3 和 4 为从动辊。轴辊 1 安装在固定的轴承内,其余三根轴辊被分别安装在可做升降调节的轴承内。弯制船体构件时,将要弯曲的钢板夹在轴辊 1 和 2 之间,通过对轴辊 3 和 4 做升降调节,将钢板弯制成构件所要求的弯曲程度。

(2) 液压机

液压机也是冷弯成型的主要设备,是利用液体压力对板材压弯成形的,根据使用的液体介质的不同,分为油压机和水压机两类,其中油压机使用比较广泛。

液压机的结构形式有悬臂式和柱式两种,船体加工中通常采用的是悬臂式,该机型工作台三面敞开,操作方便。液压机进行压弯加工时,必须在压头上装设压模,由压模保证板材的形状,整个压模由上下两部分组成,有关内容将详细介绍。

(3) 数控弯板机

自 20 世纪 70 年代初期,一些造船业发达的国家,已经着手研究有关船用钢板弯曲加工自动化问题。并已先后研制出几种数控弯板机,其中最典型的一种是多压头式(或称多柱塞式)数控弯板机,其工作原理如图 1-19 所示。弯板时,用事先编制的数控程序,将弯板机下模(或上模)的各个压头逐个自动调节,使其改变高度,形成与所要求的钢板形状相同的曲面。而在实际使用时,先将被弯钢板定好位后,上模(或下模)的各个压头按照程序下降(或上升),将钢板弯成所需要的各种形状。

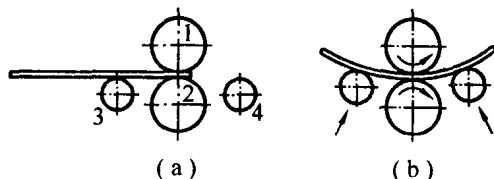


图 1-18 四辊弯板机弯板示意图

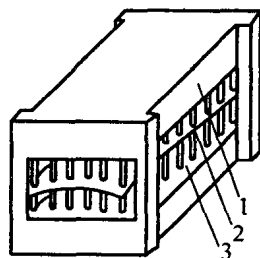


图 1-19 多压头式数控弯板机工作原理
1—上模;2—钢板;3—下模

第四节 钢材冷加工模具

船体结构中的钢板和型钢的弯形、折边、压角、预弯与矫平,除在专用设备上加工外,批量较大时一般可在压力机上安装压模的方法轧制成形。压模,在压力机和冲床上几乎是必用的,否则就不可能由压力机活塞和冲床滑块的简单运动达到复杂曲面、曲线和复杂边界的成形。模具主要分为冲裁用的冲模、成形用的压模和型材用的冷弯模。一套模具由上下两部分组成,上面部分称为上模又称为阳模或凸模,下面部分称为下模又称为阴模或凹模。压模的形式和精度是影响构件成形加工质量的关键之一。

一、冲裁模具

冲模配在冲床上用以落料和冲孔,所以按用途分为落料模与冲孔模。它们在基本尺寸上是有区别的,在刀刃形状的分配上也不一样。

二、压模

压模一般配在压力机上对板材进行成形加工。板材的成形完全取决于压弯模的形状和尺寸。船体中零件数量较多、种类繁多、尺寸各异,所以压弯模的形式很多。根据弯形件的形状、精度要求及生产批量等进行选择,最简单而且常用的是无导向装置(利用压床导向)的单工序压弯模。这种压弯模可以整体铸造后加工制成,也可以利用钢板焊接而成,或由若干零件组合而成。冷加工所用的压弯模,多数采用焊接而成,并且尽量少用或不用切削加工零件。这样,制作方便,可以缩短模具制造周期,还可以利用生产剩余的边角料,降低生产加工