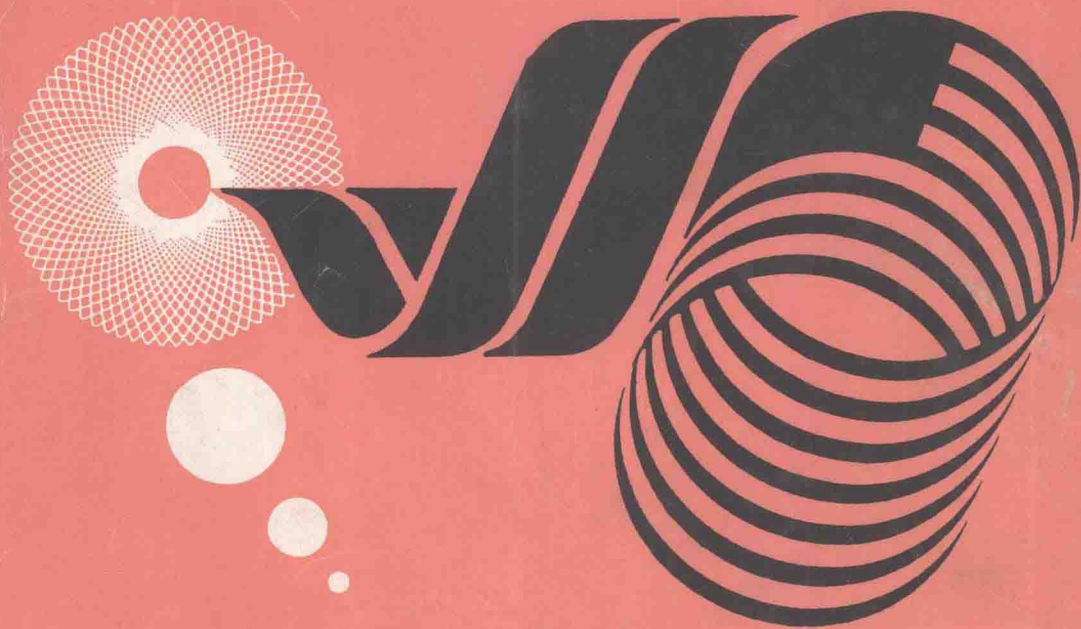


全国技工学校机械类通用教材

冷作工工艺学

('96新版)



中国劳动出版社

全国技工学校机械类通用教材

冷作工工艺学

('96 新版)

劳动部教材办公室组织编写

中国劳动出版社

图书在版编目(CIP)数据

冷作工工艺学: '96 新版/孟广斌编. -北京:中国劳动出版社, 1997

ISBN 7-5045-1980-4

I. 冷… II. 孟… III. 钣金工-工艺学 IV. TG936

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 00236 号

冷作工工艺学

('96 新版)

劳动部教材办公室组织编写

责任编辑 王绍林

中国劳动出版社出版

(100029 北京市惠新东街 1 号)

北京京安印刷厂印刷 新华书店总店北京发行所发行

1997 年 4 月北京第 1 版 2002 年 8 月北京第 8 次印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14.75

字数: 357 千字 印数: 3000

定价: 19.00 元

内 容 提 要

本书由劳动部教材办公室组织编写,供技工学校招收初中毕业生使用的机械类通用教材。

本书共九章,主要包括:矫正、放样与号料、展开放样基础知识、展开放样、下料、零件的预加工、弯曲成形、联接、装配和有关资料等。

本书也可作为技工培训、职业高中和职工自学用书。

本书由孟广斌、梅金林、王德明、孟庆峰编写,孟广斌主编;金仲达审稿。

’96 新版教材说明

为适应我国社会主义市场经济发展的新形势,贯彻党中央提出的科教兴国的战略,全面提高劳动者素质的方针,我们按照劳动部新颁发的技工学校专业目录,对劳动部原培训司组织编写的机械类通用教材进行修订。为了便于区别不同版本的教材,凡按新标准修订的教材,一律称为’96 新版教材。

新版教材以劳动部、机械工业部 1995 年联合颁发的《机械工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》为依据,广泛听取有关省、市、自治区劳动厅(局)教学管理部门及技工学校的意见,注意反映科技进步和文化发展的新成果,进一步突出专业操作技能,促进理论与实践的紧密结合,增强教材的实用性与适应性。

这次修订工作得到了北京、上海、天津、辽宁、湖南、湖北、广东、广西、河南、河北、陕西、四川等省、市、自治区劳动厅(局)的大力支持和协助,对此我们表示衷心的感谢。

欢迎广大师生和读者对新版教材提出意见。

劳动部教材办公室

一九九六年一月

目 录

绪论.....	1
第一章 矫正.....	3
§ 1.1 矫正原理	3
§ 1.2 机械矫正	5
§ 1.3 手工矫正	8
§ 1.4 火焰矫正	9
§ 1.5 高频热点矫正.....	16
第二章 放样与号料	18
§ 2.1 放样.....	18
§ 2.2 号料.....	26
第三章 展开放样基础知识	30
§ 3.1 求线段实长.....	30
§ 3.2 截交线.....	36
§ 3.3 相贯线.....	39
§ 3.4 断面实形及其应用.....	44
第四章 展开放样	49
§ 4.1 展开的基本方法.....	49
§ 4.2 基本形体展开法.....	52
§ 4.3 弯头展开法.....	55
§ 4.4 过渡接头展开法.....	57
§ 4.5 相贯构件展开法.....	60
§ 4.6 不可展曲面的近似展开.....	64
§ 4.7 板厚处理.....	67
§ 4.8 钢材弯曲料长计算.....	70
§ 4.9 钢材的质量计算.....	77
第五章 下料	84
§ 5.1 剪切.....	84
§ 5.2 冲裁.....	91
§ 5.3 气割.....	98
§ 5.4 等离子弧切割概述	105
第六章 零件的预加工.....	107
§ 6.1 孔加工	107
§ 6.2 攻螺纹与套螺纹	114

§ 6.3	开坡口	119
§ 6.4	磨削	122
第七章	弯曲成形	125
§ 7.1	弯曲加工基础知识	125
§ 7.2	压弯	128
§ 7.3	滚弯	135
§ 7.4	压延	139
§ 7.5	水火弯板	143
§ 7.6	其它成形方法简介	145
第八章	联接	148
§ 8.1	铆接	148
§ 8.2	螺纹联接	154
§ 8.3	焊接	157
§ 8.4	胀接	171
第九章	装配	178
§ 9.1	装配的基本条件和定位原理	178
§ 9.2	装配中的测量	180
§ 9.3	装配夹具和吊具	187
§ 9.4	装配的基本方法	195
§ 9.5	简单部件的装配	203
§ 9.6	典型结构的装配	208
§ 9.7	装配的质量检验	213
§ 9.8	工艺规程的基本知识	213
附 录		216
附表 1	热轧钢板规格	216
附表 2	热轧不等边角钢规格	218
附表 3	热轧等边角钢规格	221
附表 4	热轧工字钢规格	223
附表 5	热轧槽钢规格	224
附表 6	型材最小弯曲半径	225
附表 7	板材最小弯曲半径	227
附表 8	管材最小弯曲半径	227

绪 论

将金属板材、型材及管材,在基本不改变其断面特征的情况下,加工成各种金属结构制品的综合工艺称为冷作工艺。从事冷作工艺的工人称为冷作工,是机械制造业中的主要工种之一。

金属结构按所用材料的不同可分为钢结构、有色金属结构和混合结构(由黑色金属材料和有色金属材料混合制成的结构),其中,钢结构为数较多。金属结构的主要形式有桁架结构、容器结构、箱体结构和一般结构。桁架结构是以型材为主体制造的结构,如屋架、桥梁等;容器结构是以板材为主体制造的结构,如油罐、锅炉等;箱体结构和一般结构则是以板材和型材混合制造的结构,如船舶、机架等。金属结构的联接方法主要有铆接、焊接、螺栓联接和胀接。由于焊接技术的高度发展,采用焊接的金属结构越来越多,而铆接的金属结构日趋减少。

金属结构具有如下特点:产品具有较高的强度和刚度,较低的结构质量;结构设计灵活性强,可按受力和工作情况,在结构的不同部位选用不同强度和不同耐磨、耐腐蚀、耐高温等性能的材料,而且各部位厚度可以相差很大,这与铸、锻件相比,具有很大的优越性;产品制造所用设备简单,生产周期短,切削加工量小,材料损耗少,从而可以降低生产成本。

金属结构的上述特点使其明显优于其他结构(如铸、锻结构),因此金属结构制品得到广泛应用,已经遍及国民经济的各个部门,例如冶金工业中的高炉炉壳、炼焦设备;机械工业中的制氧机、起重机、大型压力机机架;电力工业中的锅炉、冷凝器、铁塔;交通运输业中的飞机、机车、汽车、船舶;建筑业中的屋架、桥架;石油化工业中的塔、器、罐等。金属结构制品在农业、轻工业及国防工业等部门的应用也很普遍。

冷作工操作的基本工序有:矫正、放样、下料、零件预加工、弯曲成形、装配、联接等。按工序性质可分为:备料、放样、加工成形和装配联接四大部分。

备料主要指原材料和零件坯料的准备,其中包括材料的矫正、除锈、检验和验收等。如果零件的坯料尺寸比原材料大,还需要进行拼接,此时备料工作还包括划线、切割等。

放样是根据产品的图样画出放样图,再根据放样图确定产品或零件的实际形状和尺寸,同时获取产品制造所需要的样板、数据、草图等。放样工序通常包含号料。

加工成形就是用剪、冲、割(气割或等离子切割)等方法,把坯料从原材料上分离下来,然后利用弯曲、压延、水火弯板等成形方法,将坯料加工成一定的形状。坯料成形的过程通常是在常温下完成,有时也要在坯料加热后才能进行。

装配联接是将加工好的零件组装成部件或产品,并用适当的方法(铆接、焊接等)联接成整体。

冷作工艺学是一门综合性、实践性都很强的专门工艺理论课程。为学好这门课程,应首先掌握机械制图、工程力学、金属材料、机械基础等基础理论知识。而且在学习这门课的过程中,要密切联系生产实际,把工艺理论知识与操作技能训练紧密地结合起来。同时,学习一些焊接、起重等相关专业知识,也十分必要。

随着工业生产和科学技术的不断发展,冷作工操作的机械化、自动化程度越来越高,电子计算机放样、自动下料、特种成形等新技术、新工艺日益普及,必将会对学习者提出更新、更高的要求。

第一章 矫正

§ 1.1 矫正原理

一、变形的原因

钢材和工件的变形,来自以下三个方面:

1. 在轧制过程中产生的变形

钢材轧制过程中可能产生残余应力而引起变形,例如,轧制钢板时,由于轧辊沿长度方向受热不均匀、轧辊弯曲、调整设备失常等原因,造成轧辊间隙不一致,而使板材在宽度方向的压缩不均匀,导致长度方向延伸不相等而产生变形。

热轧厚板时,由于金属的良好塑性和较大的横向刚度,延伸较多的部分克服了相邻延伸较少部分的牵制作用,而产生钢板的不均匀伸长。

热轧薄板时,由于薄板冷却较快,轧制结束时温度较低(约在 $600\sim 650^{\circ}\text{C}$ 左右),此时,金属塑性已下降。延伸程度不同的部分相互作用,延伸较多的部分产生压缩应力,延伸较少的部分产生拉伸应力。结果,延伸较多的部分在压缩应力作用下容易失去稳定,而使钢板产生波浪变形。

2. 在加工过程中产生的变形

当从整张钢板切割成零件时,由于轧制造成的内应力得到部分释放而引起变形。平直的钢材在压力剪或龙门剪床上剪成零件时,在剪刀挤压力作用下也会产生弯曲或扭曲。氧—乙炔气割时,局部受热也会造成零件的各种形式的变形。

3. 装配焊接过程中产生的变形

在采用焊接联接时,随着结构形式、尺寸、板厚和焊接方法的不同,焊接的部件和成品将不同程度地产生凹凸不平、弯曲、扭曲和波浪变形。

此外,大型结构在装焊过程中,需进行吊运或翻身,若刚性不足或方法不当,在自重和吊索张力作用下也可能导致变形。

所以,变形的矫正实际上包括:

钢材矫正,即在备料阶段对板材、型材和管材进行的矫正。

零件矫正,即在钢板剪切或气割成零件后,对加工变形的矫正。

部件及产品矫正,即型材构件在装配焊接过程中及产品完工后,对焊接变形的矫正。

二、变形造成的影响

钢材的变形会影响零件的号料、切割和其他加工工序的正常进行,并降低加工精度。零件加工中产生的变形如不加以矫正,则会影响整个结构的正确装配。由焊接产生的变形,将降低装配质量,使结构内部产生附加应力,影响结构的强度。此外,某些金属结构的变形还影响到产品的外观质量。

所以,钢材和工件不论何种原因造成的变形,都必须进行矫正,以消除变形或将其限制在规定的范围以内。

各种厚度的钢板,在矫平机或手工矫正后,应用长度 1 m 的直尺检查,其表面翘曲度不得超过表 1.1 的规定。

表 1.1 钢板表面的允许翘曲度

钢板厚度(mm)	3~5	6~8	9~11	>12
允许翘曲度(mm/m)	3.0	2.5	2.0	1.5

型钢的直度、角钢两边的垂直度、槽钢、丁字钢、工字钢翼板的垂直度,允许偏差如图 1.1 所示,图中 f 为型钢挠度, Δ 为偏差值。

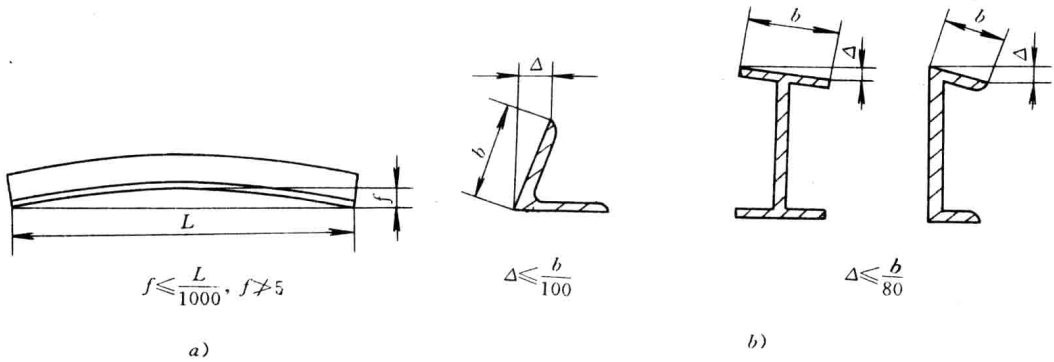


图 1.1 型钢的允许偏差
a) 挠度 b) 垂直度

装配焊接后的形状和尺寸允许偏差,随结构的类型、用途和性能要求而不同,通常在产品图样或技术文件中规定。

三、金属变形的实质和矫正方法

钢材和构件由于各种原因,所产生的变形,无论哪一种变形,都是由于钢材各部分存在不同的残余应力。其中一部分纤维较长,受到周围的压缩,另一部分纤维较短,受到周围的拉伸,造成了钢材的变形。矫正的目的,就是通过施加外力、锤击或局部加热,使较长的纤维缩短,较短的纤维伸长,最后使各层纤维长度趋于一致,从而消除变形或使变形减小到规定的范围之内。任何矫正方法,都是造成新的方向相反的变形,以抵消型材或构件原有的变形,使其达到规定的形状和尺寸要求。

矫正的方法有多种,按矫正时工件的温度分冷矫正和热矫正。冷矫正是工件在常温下进行的矫正,通过锤击延展等手段进行的冷矫正将引起冷作硬化,并消耗材料的塑性储备,所以,只用于塑性较好的钢材。变形较大或脆性材料,一般不能用冷矫正(普通钢材在严寒低温下也要避免使用)。热矫正是将钢材加热至 700~1000℃ 高温时进行,在钢材变形大、塑性差或缺少足够动力设备时应用。工件大面积加热可利用地炉,小面积加热则使用氧—乙炔烤炬。

按矫正时力的来源和性质分机械矫正、手工矫正、火焰矫正和高频热点矫正。机械矫正的机床有多辊钢板矫正机、型钢矫直机、板缝辗压机、圆管矫直机(普通液压机和三辊弯板机也可用于矫正)。手工矫正是使用大锤、手锤、扳手、虎钳等简单工具,通过锤击、拍打、扳扭等手工操

作,矫正小尺寸钢材或工件的变形。火焰矫正和高频热点矫正的矫正力来自金属局部加热时的热塑压缩变形。

各种矫正变形方法有时也结合使用,例如,在火焰加热矫正的同时对工件施加外力,进行锤击。在机械矫正时对工件局部加热,或机械矫正之后辅以手工矫正,都可以取得较好的矫正效果。

目前,大量钢材的矫正,一般都在钢材预处理阶段由专用设备进行。成批制作的小型焊接结构和各种焊接梁,常在大型液压机或撑床上进行矫正,大型焊接结构则主要采用火焰矫正。

钢材和工件的矫正要耗费大量工时,如船舶类大型复杂金属结构,从材料准备到总体装配焊接结束,在各个工艺阶段,有时要进行多达五次以上的矫正作业。所以,在金属结构制造过程中,从钢材的吊运堆放、零件加工到结构装焊,都应采取各种措施,尽量避免和减小变形的发生。

§ 1.2 机械矫正

一、钢板的矫正

板材的变形一般在多辊矫平机上矫正。矫平机的工作部分由上下两列辊轴组成,如图 1.2 所示,通常有 5~11 个工作轴辊,下列为主动辊,通过轴承和机体联接,由电动机带动旋转,但位置不能调节。上列为从动辊,可通过手动螺杆或电动升降装置作垂直调节,改变上下辊列的距离,以适应不同厚度钢板的矫正。工作时钢板随着轴辊的转动而啮入,并在上下辊轴间受方向相反力的作用,使钢板产生小曲率半径的交变弯曲。当应力超过材料的屈服极限时则产生塑性变形,使板材内原长度不相等的纤维,在反复拉伸和压缩中趋于一致,从而达到矫正的目的。

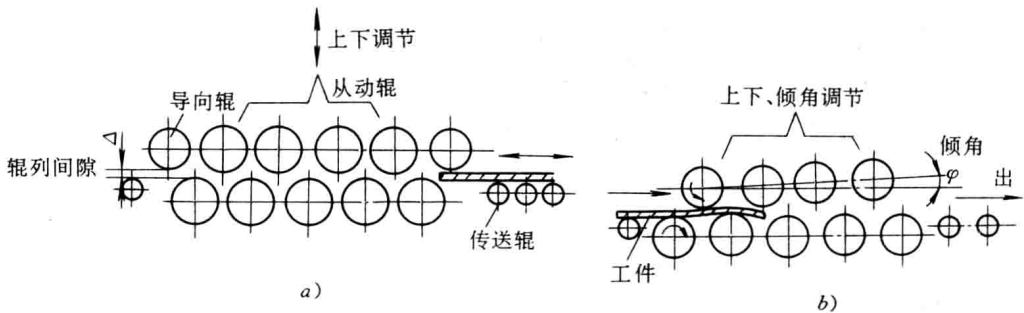


图 1.2 多辊矫平机

a) 上下辊列平行矫平机 b) 上辊列倾斜矫平机

根据轴辊的排列形式和调节轴位置的不同,常用的矫平机有以下两种:

1. 辊列平行矫平机

当上下辊列的间隙略小于被矫正钢板的厚度时,钢板通过后便产生反复弯曲。上列两端的两个辊轴为导向辊,它不起弯曲作用,只是引导钢板进入矫正辊中,或把钢板导出矫正辊(见图 1.2a)。由于导向辊受力不大,故直径较小。导向辊可单独上下调节,导向辊的高低应保证钢板的最后弯曲得以调平。有些还作成能单独驱动。通常钢板在矫平机上要反复来回滚动多次,才能获得较高的矫正质量。

2. 上列辊倾斜矫平机

上下两辊列的轴心连线形成很小的夹角 φ ,上辊除能作升降调节外,还可借转角机构改变倾角,使上下辊列的间隙向出口端逐渐增大(见图 1.2b)。当钢板在辊列间通过时,弯曲曲率逐渐减小,到最后一个辊轴前,钢板的变形已接近于弹性弯曲,因此不必装置可单独调节的导向辊。矫正时,头几对轴辊进行的是钢板的基本弯曲,继续进入时其余各对轴辊对钢板产生拉力,这附加的拉力能提高钢板的矫正效果。这类矫平机多用于薄板的矫正。

一般来说,钢板愈厚,矫正愈容易。薄板容易变形,矫正比较困难。厚度在 3 mm 以上的钢板,通常在五辊或七辊矫平机上矫平,厚度在 3 mm 以下的薄板,必须在九辊、十一辊或更多辊矫平机上矫平。

凹凸变形严重的钢板,可以根据变形情况,选择大小和厚度合适的低碳钢板条(厚度 0.5~1.0 mm),垫在需更大拉伸的部位,以提高矫平效果。

钢板零件,由于剪切时挤压或气割边缘时局部受热而产生变形,需要进行二次矫正。这时,只要把厚度相同的零件放在垫板的平整厚钢板上,通过多辊矫平机,然后将零件翻转 180°再通过辊轴辗压一次则可矫平。上下辊的间隙应等于垫板和零件厚度之和。

3. 液压机矫正

在缺少专用钢板矫正机时,厚板弯曲变形也可以在液压机上进行矫正。矫正时,应使钢板的凸起面向上,并用两条相同厚度的扁钢在凹面两侧支承工件。工件在外力作用下发生塑性变形,达到矫正的目的,如图 1.3 所示。施加外力时,钢板应超过平直状态(略呈反向变形),使外

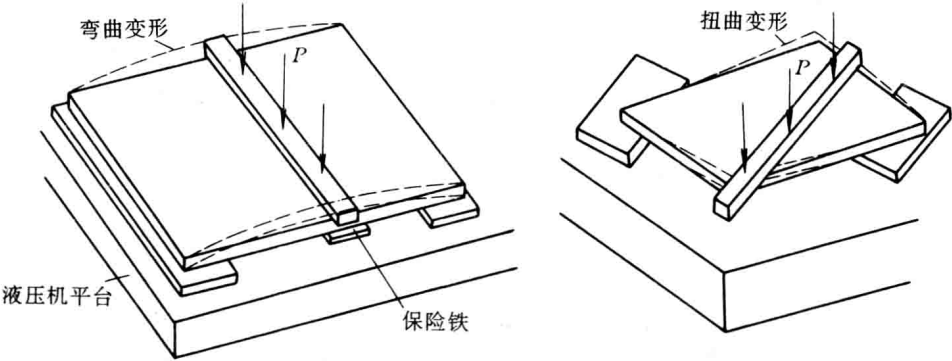


图 1.3 在液压机上矫正厚板

力去除后钢板回弹而矫直。当工件受力点下面空间间隙较大时,应放置垫铁,其厚度应略小于两侧垫板的厚度。若钢板的变形比较复杂时,应先矫正扭曲变形,后矫正弯曲变形,这时要适当改变垫铁和施加压力的位置,直至矫平为止。

4. 拼接薄板矫正

薄板拼接后容易产生波浪变形,可用专门的辗压滚轮矫正,如图 1.4 所示。这种变形是由焊缝的纵向收缩引起的,用滚轮施加一定压力在焊缝上反复辗压,使焊缝及其附近的金属得到延展伸长,从而消除波浪变形。

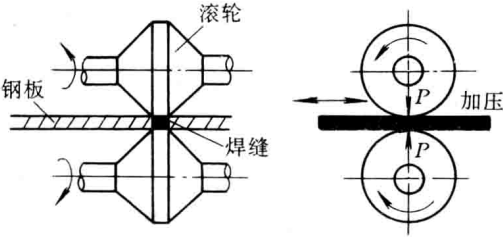


图 1.4 滚辗法矫正拼接板变形

二、型钢和焊接梁的矫正

1. 多辊型钢矫正机矫正

多辊矫正机可矫正角钢、槽钢、球扁钢和方钢等各种型钢。上辊列可作上下调节，辊轮可以调换，以便矫正不同断面形状的型钢。其原理和多辊钢板矫正机相同，依靠型钢通过上下两列辊轮时的交变反复弯曲而矫正，如图 1.5 所示。

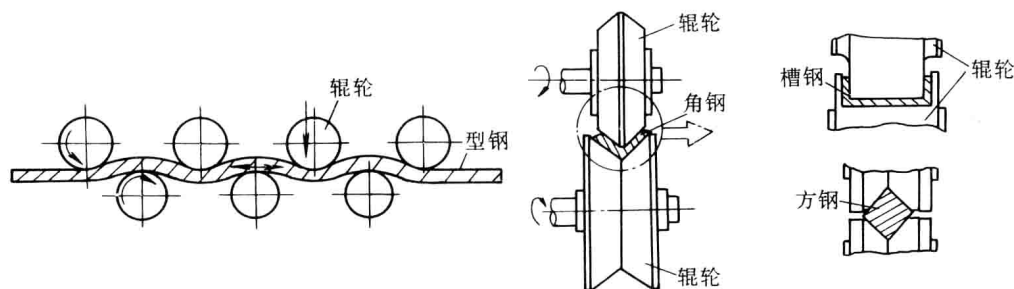


图 1.5 多辊型钢矫正机

2. 型钢撑直机矫正

型钢撑直机是采用反向弯曲的方法，矫正型钢和各种焊接梁的弯曲变形。撑直机运动件成水平布置，有单头和双头两种，双头矫直机两面对称，可两面同时工作，机床效率较高。撑直机的工作部分如图 1.6 所示，型钢置于支撑和推撑之间，并可沿长度方向移动，支撑的间距可由操纵手轮调节，以适应型钢不同情况的弯曲。当推撑由电动机驱动作水平往复运动时，便周期性地对被矫正的型钢施加推力，使其产生反向弯曲而达到矫正的目的。推撑的初始位置可以调节，以控制变形量。台面设有滚柱以支承型钢，减小型钢来回移动时的摩擦。

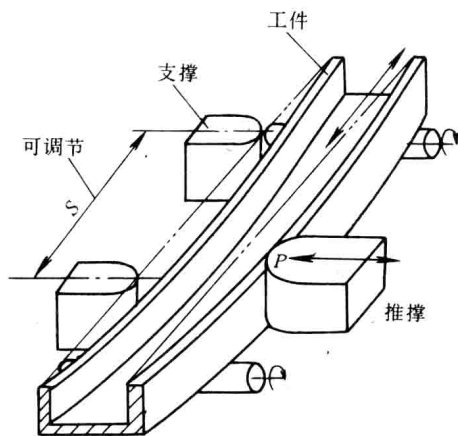


图 1.6 撑直机工作部分

型钢撑直机也可用于型钢的弯曲加工，故为弯曲、矫正两用机床。

3. 液压机矫正

在没有型钢矫正专用设备的情况下，也可在普通液压机（油压机、水压机）上矫正型钢和焊接梁的弯曲和扭曲。操作时，根据工件尺寸和变形应考虑：工件放置的位置、垫板的厚度和垫起的部位，是否需要垫铁和方钢。合理的操作可以提高矫正的质量和速度，如图 1.7 所示。

三、钢材预处理流水线

目前，许多工厂已将钢板矫正、表面清除和防护作业合并在一起，组成钢材预处理流水线，它包括钢板的吊运、矫正、表面除锈清理、喷涂防护底漆和烘干等工艺过程，如图 1.8 所示。

钢板由传送辊道成平置状态送入多辊矫平机矫平，再进入预热室使钢板温度达到 $40\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，以利于除去钢板表面的水分、油污，并使氧化皮和锈斑疏松。然后进入抛丸室，由卧式抛丸机对钢板进行双面抛丸除锈，再由辊道送入喷漆室。通常用高压无气喷涂机，进行自动双面喷涂保养底漆，随后进入烘干室烘干。处理完毕的钢板最后由辊道直接送到下道工序，进行号

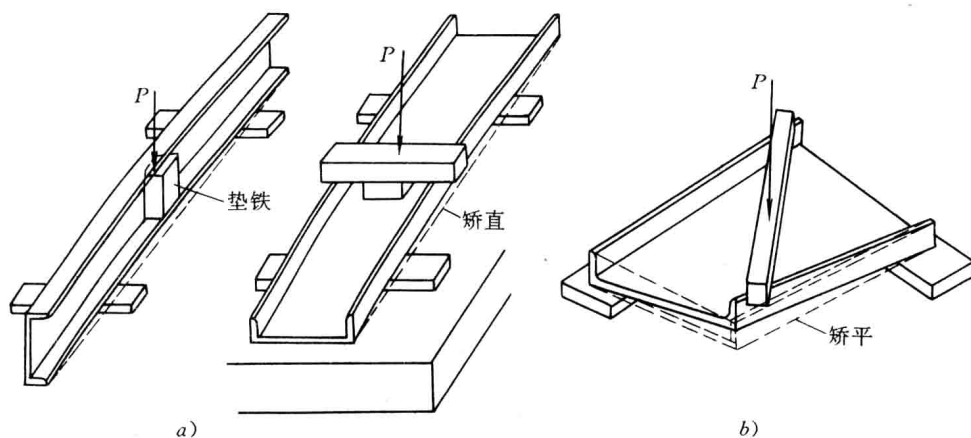


图 1.7 压力机上矫正型钢
a) 矫正弯曲 b) 矫正扭曲

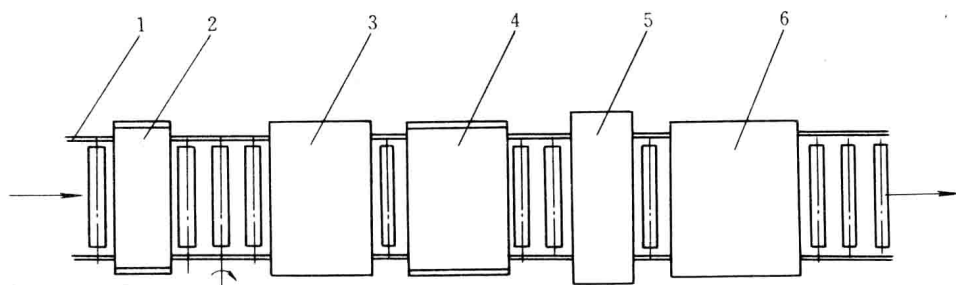


图 1.8 钢材预处理流水线示意图

1—传送滚道 2—钢板矫平机 3—预热装置 4—抛光除锈机 5—喷漆装置 6—烘干装置

料、切割等作业。采用钢板预处理流水线,不仅能够大幅度提高效率,降低成本,而且能保证钢板的矫正、除锈和涂漆的质量。

§ 1.3 手工矫正

无专用矫正设备时,小尺寸的板材、型材、切割后的零件及焊接结构的局部变形,可采用手工矫正。

手工矫正常见的是使用大锤或手锤,锤击工件的特殊部位,以使该处较紧的金属延伸扩展,纤维伸长趋于一致,达到矫正的目的。

薄板中部凸起俗称“鼓包”,是由于板材四周紧、中间松造成的。矫正时,由凸起处的边缘开始向周边呈放射形锤击,越向外锤击密度越大,锤击力加大,以使由里向外各部分金属得到不同程度的延伸,凸起变形在锤击过程中逐渐消失(见图 1.9a)。若钢板中间有几处相邻的凸起,则应在交界处轻轻锤击,使数处凸起合并成一个,然后再锤击四周使之展平。

如果薄板四周呈波浪变形,则表示板材四周松、中间紧。矫正时,由外向内锤击,锤击的密度和力度逐渐增加,板材中部的较大延展使四周波浪变形得到矫正(见图 1.9b)。

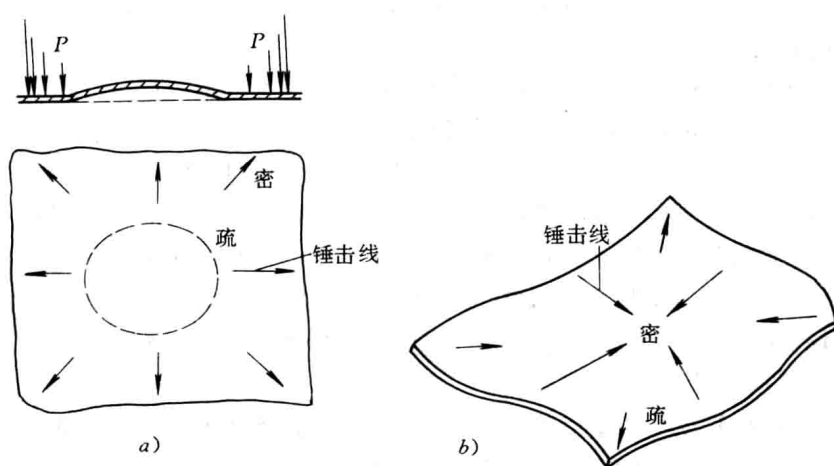


图 1.9 薄板的手工矫正

a) 中间凸起 b) 边缘成波浪形

扁钢、角钢、圆钢、圆管的弯曲变形,也可用锤击延展的方法加以矫正(见图 1.10a),锤击点在工件凹入一侧(图中箭头表示锤击和材料伸展的方向)。

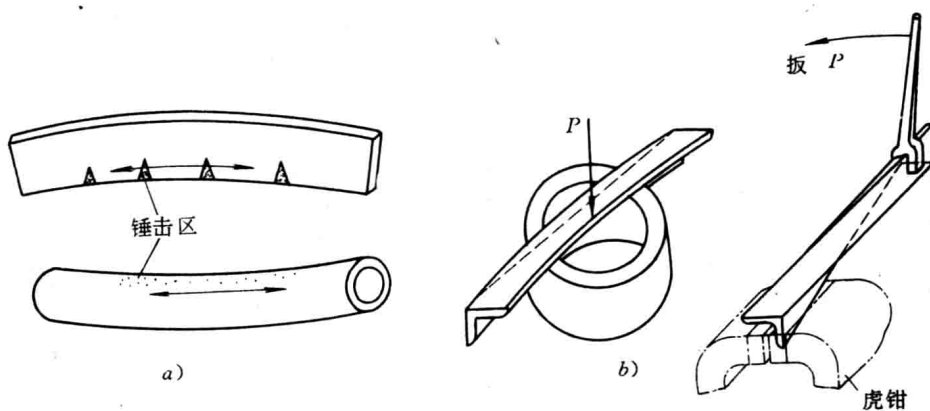


图 1.10 型钢的矫正

a) 锤击延展 b) 弯曲、扭转

型钢的弯曲和扭曲变形也可在平台、圆墩和虎钳上,用手锤、扳手进行矫正(见图 1.10b),是靠矫正外力造成的弯矩,达到矫正的目的。

板材和型材各种变形的手工矫正操作,可参考冷作工生产实习教材,这里不再重复。

§ 1.4 火焰矫正

一、火焰矫正的原理与特点

1. 火焰矫正的原理

火焰矫正时,应对变形钢材或构件纤维较长处的金属,进行有规律的火焰集中加热,并达到一定的温度,使该部分金属获得不可逆的压缩塑性变形。冷却后,对周围的材料产生拉应力,

使变形得到矫正。所以,火焰矫正是利用金属局部加热后所产生的塑性变形,抵消原有的变形,而达到矫正的目的。

金属具有热胀冷缩的特性,在外力作用下既能产生弹性变形,也能产生塑性变形。局部加热时,被加热部分的金属膨胀,由于周围金属温度相对较低,膨胀受到阻碍,使加热部分金属受到压缩。当加热温度达到 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ 时,应力超过屈服极限,即产生塑性变形,此时,该处材料的厚度略有增加,长度则比可自由膨胀时为短。一般低碳钢当温度在 $600\sim 650^{\circ}\text{C}$ 时,屈服极限接近于零,金属基本上产生塑性变形。现以长板条一侧非对称加热为例,如用电阻丝作热源对狭长板条的 AB 一侧快速加热,由于加热速度较快,此时在板条中产生对横截面成不对称分布的非均匀热场,如图 1.11 所示(图中 T 为其温度分布曲线)。在整张钢板上气割窄长板条,或沿板条的一侧进行焊接,情况即与此类似。

为了便于理解,假设板条是由若干互不相连,而又紧密相贴的小窄条组成,每一小窄条都可以按各自不同的温度自由膨胀,结果是各窄板条端面出现和温度曲线对应的阶梯状变形(见图 1.12a)。但板条是一个整体,各部分材料互相牵制约束,板条沿长度方向将出现图 1.12b 所示的弯曲变形,板条向加热侧凸出。根据内应力平衡的条件,加热时板的内力应力分布应如图 1.12c 所示(两侧金属受压,中部金属受拉)。由于加热侧温度高,应力超过屈服极限,而产生压缩塑性变形。冷却时,板条恢复到初始温度,加热时受塑性压缩变形的部分收缩,板条将产生残余变形(加热一侧凹入),其内部应力分布如图 1.13 所示,与加热时的情形正相反,加热过的一侧产生拉应力。这是火焰局部加热产生变形的基本规律,是掌握火焰矫正的关键。

在金属局部进行条形或圆形加热时,其应力和变形的规律,也可按此作相似的分析。

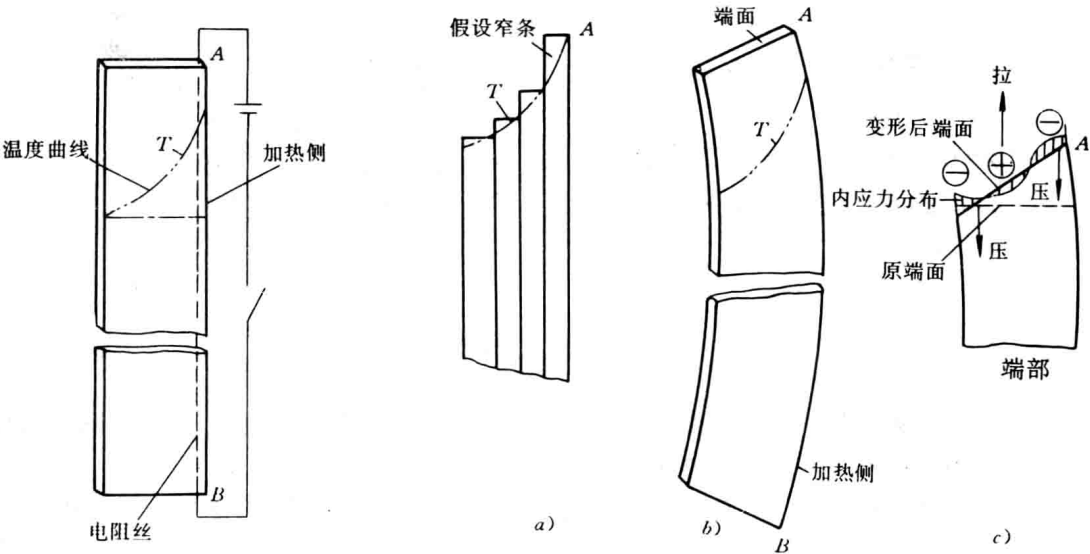


图 1.11 长板条一侧加热

图 1.12 板条一侧加热时的应力与变形
a)板条的假想变形 b)端面实际变形 c)应力分布

2. 火焰矫正的特点

(1)火焰矫正能获得相当大的矫正力,矫正效果明显。对于低碳钢,只要有 1cm^2 面积的金属加热到塑性状态,冷却后就能产生约 24kN 的矫正力。工件上若有 0.01m^2 的材料加热面积在矫正时达到塑性状态,冷却后就会产生 2450kN 的矫正力。所以,火焰矫正不仅应用于钢材,