

船舶工人培训丛书

钣金工艺学

中级

陶长根 主编



哈尔滨工程大学出版社

钣金工艺学

(中 级)

陶长根 主编

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书全面地叙述了金属薄板的变形和平整、隔热的包板工艺、柜与台的施工工艺、金属家具、铝合金薄板的施工工艺、展开图、机械通风系统、空气调节系统、舱室耐火系统等基本内容,并选择典型例子阐明在实船施工中的制造和安装工艺。

本书是中级钣金工人技术理论教育教材,也可作为技工学校教材,对其他专业工人及技术人员也有参考价值。

钣金工艺学

主编 陶长根

责任编辑 邵殿英

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南通大街145号 哈工程大学11号楼

发行部电话:(0451)2519328 邮编:150001

新华书店经销

哈尔滨工程大学印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 17.5 字数 400 千字

1989 年 12 月第 1 版 2003 年 2 月第 2 次印刷

印数:2 001—4 000 册

ISBN 7-81007-088-6

TG·9 定价:19.50 元

前 言

为了落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，搞好船舶工人技术理论教育工作，加强智力开发，提高职工素质，以适应社会主义现代化建设和振兴船舶工业的需要。中国船舶工业总公司人事部组织了上海船舶工业公司有关船厂，在调查研究和总结经验的基础上，根据总公司《船舶工业造船工人技术等级标准》的要求，编写了船厂二十一个工种的初、中级《造船工人技术理论教育教学计划与教学大纲》。

根据这些教学计划与教学大纲的要求，我们组织一些船厂有实践经验的工程技术人员及有丰富教学经验的教师，编写了五十种船舶工人技术培训教材，并聘请技术水平较高、经验丰富的同志担任主审。在编写过程中，广泛地听取了各船厂的意见，增强了教材的适应性。

编写的教材有：放样号料工、冷加工、火工、装配工、焊接工、批铆和密性试验工、气焊气割工、船舶钳工、船舶管铜工、螺旋桨工、船舶钣金工、船舶电工、船舶木塑工、除锈涂装工、船舶泥工、起重吊运工的工艺学，及船体结构、船舶概论、船体制图、船体结构与识图、船体加工设备与工夹模具、企业管理常识、电工常识、机械制图、船舶常识、船舶电工学、电工基础、船舶电气工程概论、电工仪表与测量、船舶电站与电力拖动、船舶导航与通信设备、木工制图、电动起重机原理及操作、金属材料及热处理、画法几何、船舶柴油机结构和修理等。

这些教材力图体现工人培训的特点，既考虑到当前造船工人的文化水平，做到通俗易懂，又要有一定的理论深度，适当考虑到长远的发展；既做到理论联系实际，又注意到知识的科学性、系统性和完整性；既体现船舶特色、又兼顾不同类型船厂的需要；既便于集体组织教学，也便于个人自学。

这套教材主要用于船舶工人相应工种的初、中级技术理论教育，也适用于对口专业职业高中和技工学校的教学，有的也可作为其它类型工厂的工人培训教材。相应专业的科技人员、专业教师及管理人员也可选作参考书。

这套教材的出版，得到了哈尔滨工程大学、有关地区公司、船厂的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写船舶工人培训的统一教材还是第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材难免存在不少缺点和错误。我们恳切希望广大读者在使用中提出批评和指正，以便进一步修改、完善，不断提高教材质量。

中国船舶工业总公司教材编审室

一九八五年七月

编者的话

本文系按 1983 年中国船舶工业总公司人事部主持制定的“造船工人技术理论教育教学计划 and 教学大纲(试行)”中的“钣金工艺(中级)教学大纲”编写而成。

本教材初级(2—3 级)、中级(4—6)级两册,可以配套使用。

本教材主要根据船厂钣金工作的一般分工和生产实践,力图按系统或选择典型例子阐明在实船施工中的制造和安装工艺。为兼顾修船,也适当选择了一些常用的实例。我国自从建造出口船以来,国外许多工艺先进的产品进入国内,使船厂的钣金技术得到进一步发展,如金属家具、空调螺旋风管的结构和系列、舱室耐火系统等。本教材对此均作了较详细的介绍。

根据船舶钣金工中级技术理论教学计划,设置冲压工艺学课程,因此在本教材中,有关钣金冲压技术,如冲裁、拉延、成形等工艺均未列入,以免重复。

本书第一、二、三、四、六、七、八、九(第二、三节)章由陶长根同志编写,第五、九(第一节)章由孙为庆同志编写。全书由陶长根同志主编,由李佩雄同志主审。

在编写过程中,江南造船厂、求新造船厂、沪东造船厂、上海船厂、6301 厂给予了大力支持,提供了许多宝贵的经验和资料,特别是李佩雄、董健中两同志给了热情的帮助,提出了许多宝贵的修改意见。此外,本书部分插图由高金祥同志设绘,描图组的许多同志也为图稿的完成付出了辛勤的劳动,在此一并致以深切的感谢。

由于编者水平有限、编写时间仓促,肯定存在不少缺点和不妥之处,热忱欢迎读者和教师批评指正。

编 者

目 录

第一章 金属薄板的变形和平整	1
第一节 弯曲变形及弯曲件的强度计算	1
第二节 拨缘和拱曲	14
第三节 金属薄板变形后的平整方法	24
第四节 焊接应力和变形	27
第二章 隔热的包板工艺	38
第一节 油柜、排气管、锅炉	38
第二节 舱室的金属构架和薄板的敷设	47
第三节 冷藏舱敷设铝合金薄板的工艺	51
第四节 冷藏舱敷设镀锌铁皮的工艺	57
第三章 柜与台的施工工艺	60
第一节 钳桌台	60
第二节 污衣柜	65
第三节 集中控制台	69
第四章 金属家具	77
第一节 不锈钢洗池工作台	77
第二节 写字台	83
第三节 公文柜	92
第五章 铝合金薄板的施工工艺	102
第一节 铝合金在船舶上的应用	102
第二节 铝合金的加工	103
第三节 铝合金水密门	108
第四节 铝合金非水密门	111
第六章 展开图	116
第一节 圆管制件的展开	116
第二节 锥管制件的展开	122
第三节 变形接管的展开	128
第四节 通风头的展开	132
第五节 矩形管制件的展开	138
第六节 圆柱正螺旋面的展开	155
第七章 机械通风系统	158
第一节 机械通风的作用和系统设施	158
第二节 离心通风机	162
第三节 轴流通风机	167
第四节 风管和附件	170

第五节	实船安装·····	187
第六节	通风系统的试验·····	192
第八章	空气调节系统·····	199
第一节	舱室空气调节的基本知识·····	199
第二节	船舶空气调节系统的组成·····	201
第三节	船舶空气调节系统的分类·····	202
第四节	空气调节器的结构·····	204
第五节	螺旋风管系统·····	207
第六节	布风器·····	220
第七节	空气调节系统的噪音和消声·····	224
第八节	螺旋风管系统的安装·····	227
第九节	空调舱室的降温和采暖试验·····	231
第九章	舱室耐火系统·····	234
第一节	防火门·····	234
第二节	硅酸钙板舱室·····	243
第三节	复合岩棉板舱室·····	256

第一章 金属薄板的变形和平整

第一节 弯曲变形及弯曲件的强度计算

一、折边弯曲工艺常识和变形过程

把材料弯曲成一定角度和形状的工序叫弯曲工序。最常见的是利用弯曲模在曲柄冲床或液压板料折弯机上进行。此外,也可在弯板机和拉弯机等专用设备上进行。

“V”形零件的弯曲过程如图 1-1 所示。

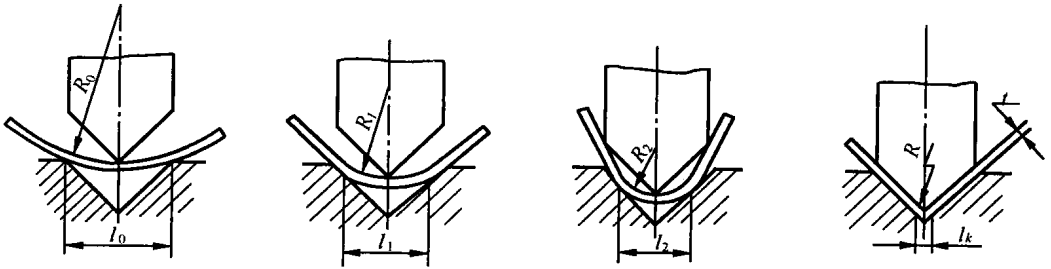


图 1-1

弯曲开始阶段工件是自由弯曲,工件的弯曲半径逐渐变小,由 R_0 变为 R_1 。凸模继续下压,工件的弯曲变形区逐渐减小,弯曲支点间的距离由 l_0 变成 l_1 、 l_2 直到 l_k 。当凸模下降到最低点时,工件的圆角、直边与凸模全部吻合。这种用凸、凹模对工件进行校正以得到所需要的弯曲件的过程是校正弯曲。

为了直观地看到弯曲变形,可如图 1-2 所示,在工件的侧面画出网状线条,弯曲后网格就发生变化,从中可看到弯曲变形有如下特点。

1. 弯曲变形区主要在零件的圆角部分,而平直部分基本没有变形。

2. 变形区内,材料的外层(靠近凹模一边,如图 1-2 所示 b 、 b)

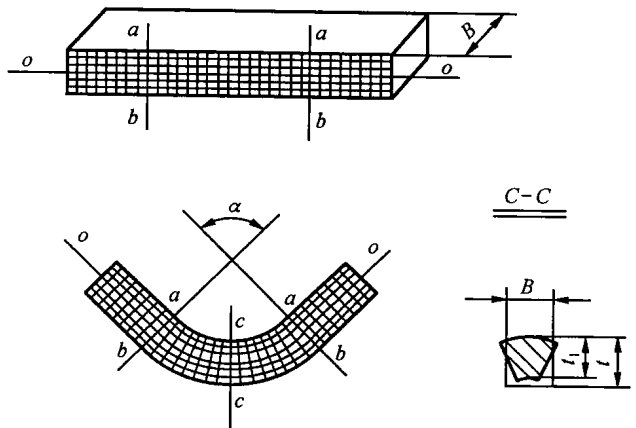


图 1-2

受拉而伸长,材料的内层(靠近凸模一边,如图 1-2 所示 a 、 a)受压而缩短。在伸长和缩短两个变形区之间,有一层纵向网线的长度不变,该层称为变形中性层(如图 1-2 所示 o 、 o)。

3. 由于外层受拉伸,内层被压缩,而变形区的金属体积基本无变化。因此外层的材料宽度变小(小于材料的毛坯宽度 B , 见 $C-C$ 剖面),对窄料($B < 2t$)来说,宽度 B 的变化较为明显,而厚度总是变薄(由毛坯厚度 t 变为 t_1),变薄现象在 $R < 3t$ 的情况下比较明显。

二、最小弯曲半径和弯曲回弹

(一)最小弯曲半径

由于弯曲件的外层纤维受拉,变形最大,所以最容易断裂而造成废品。外层纤维拉伸变形的大小,主要决定于弯曲件的弯曲半径(即凸模圆角半径)。弯曲半径越小,则外层纤维拉的越长,为了防止弯曲件的断裂,必须限制弯曲半径,使之大于导致材料开裂之前的临界弯曲半径——最小弯曲半径。

1. 影响最小弯曲半径的因素

(1)材料的机械性能。塑性好的材料,外层纤维允许变形程度就大,许可的最小弯曲半径就越小,塑性差的材料,最小弯曲半径就要相应大些。

(2)材料的热处理状态。由于冲裁后的零件有加工硬化现象,若未经退火就进行弯曲,则最小弯曲半径就应大些;若经过退火后进行弯曲,则最小弯曲半径可小些。

(3)制件弯曲角的大小。弯曲角如果大于 90° ,对最小弯曲半径影响不大;如弯曲角小于 90° 时,由于外层纤维拉伸加剧,最小弯曲半径就应增大。

(4)弯曲线方向。钢板经辗压以后形成纤维组织。由于纤维的方向性而导致材料机械性能的异向性。因此,当弯曲线与材料的辗压纤维方向垂直时,材料具有较大的拉伸强度,外缘纤维不易破裂,可具有较小的最小弯曲半径;当弯曲线与材料的辗压纤维方向平行时,则由于拉伸强度较差而容易断裂,最小弯曲半径就不能太小。(如图 1-3(a)、(b)所示)。

在双向弯曲时应该使弯曲线与材料纤维呈一定夹角(如图 1-4 所示)。

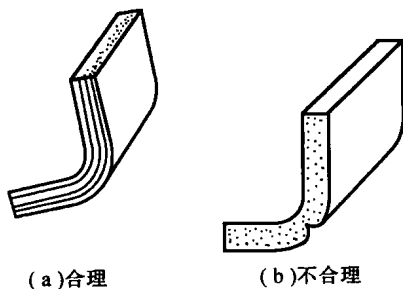


图 1-3

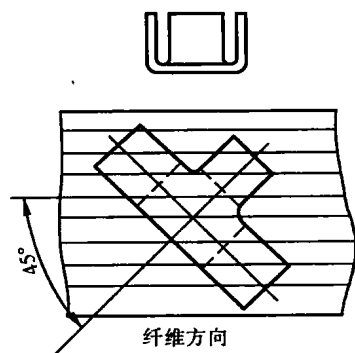


图 1-4

(5)板料表面和冲裁表面的质量:板料表面不得有缺陷,否则弯曲时容易断裂。在冲裁或剪裁后,剪切表面常不光洁,有毛刺,形成应力集中,降低了塑性,使允许的最小弯曲半径增大。因此不宜采用最小弯曲半径为零件的圆角半径,而应留有系数。当必须弯曲小圆角半径时,就应先去掉毛刺。在一般情况下,如毛刺较小,可把有毛刺的一边放于弯曲内侧(即

处于受压区),以防止产生裂纹。

2. 最小弯曲半径数值由试验方法确定

表 1-1 所列为部分材料的最小弯曲半径数值。

表 1-1 最小弯曲半径数值

材 料	退火或正火状态		冷作硬化状态	
	弯 曲 线 位 置			
	垂直纤维	平行纤维	垂直纤维	平行纤维
0.8、10	0.1 <i>t</i>	0.4 <i>t</i>	0.4 <i>t</i>	0.8 <i>t</i>
15、20	0.1 <i>t</i>	0.5 <i>t</i>	0.5 <i>t</i>	1.0 <i>t</i>
25、30	0.2 <i>t</i>	0.6 <i>t</i>	0.6 <i>t</i>	1.2 <i>t</i>
35、40	0.3 <i>t</i>	0.8 <i>t</i>	0.8 <i>t</i>	1.5 <i>t</i>
45、50	0.5 <i>t</i>	1.0 <i>t</i>	1.0 <i>t</i>	1.7 <i>t</i>
55、60	0.7 <i>t</i>	1.3 <i>t</i>	1.3 <i>t</i>	2.0 <i>t</i>
黄 铜	0.1 <i>t</i>	0.35 <i>t</i>	0.5 <i>t</i>	1.2 <i>t</i>
紫 铜	0.1 <i>t</i>	0.35 <i>t</i>	1.0 <i>t</i>	2.0 <i>t</i>
铝	0.1 <i>t</i>	0.35 <i>t</i>	0.5 <i>t</i>	1.0 <i>t</i>

表中“ t ”为板料厚度。

当弯曲件的弯曲半径小于最小弯曲半径时,应分两次或多次弯曲。即先弯成具有较大圆角半径的弯角,然后再弯曲所要求的弯曲半径。这样使变形区域扩大,以减小外缘纤维的拉伸率。如材料塑性较差或弯曲过程中硬化情况严重,则可预先进行退火,对于比较脆的材料及厚料,可以进行加热弯曲。

在设计弯曲零件时,在一般情况下,应使零件的弯曲半径大于最小弯曲半径。

(二)弯曲回弹

材料的弯曲变形是由弹性变形过渡到塑性变形的。在塑性变形中不可避免的有弹性变形的存在,致使材料弯曲后,制件的弯曲角度和弯曲半径发生变化而与模具尺寸不一致,这种现象叫回弹。回弹的程度以回弹角 $\Delta\alpha$ 表示。 $\Delta\alpha$ 就是弯曲后制件的实际弯曲角 α_0 与模具弯曲角 α 的差值 $\Delta\alpha = \alpha_0 - \alpha$ (如图 1-5 所示)。

回弹角 $\Delta\alpha$ 越大,就会直接影响制件的尺寸精度。所以我们必须了解影响回弹的因素,掌握控制回弹的方法,从而保证弯曲制件的质量。

1. 影响回弹的因素

(1)材料的机械性能。回弹角与材料的屈服极限成正比,即弹性越好,回弹角越大。

(2)材料的相对弯曲半径 R/t 表示弯曲带内材料的变形程度,当其它条件相同时,回弹角随 R/t 值的增大而增大。因此,可按 R/t 的比值来确定回弹角的大小(见

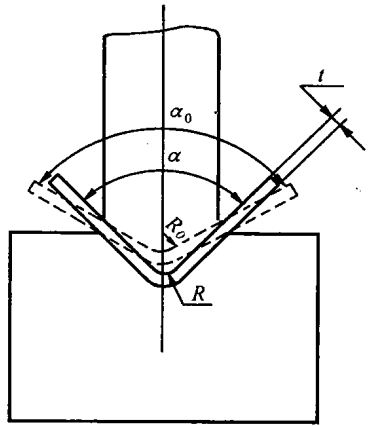


图 1-5

表 1-2)。

表 1-2 单角自由弯曲 90°时的平均回弹角 $\Delta\alpha$

材 料	R/t	材料厚度 t		
		$>0.8\text{mm}$	$0.8\sim 2\text{mm}$	$>2\text{mm}$
软 铜 $\sigma_b = 35 \times 10^7 \text{Pa}$	<1	4°	2°	0°
软黄铜 $\sigma_b \leq 35 \times 10^7 \text{Pa}$	$1\sim 5$	5°	3°	1°
铝 锌	>5	6°	4°	2°
中硬钢 $\sigma_b = (40\sim 50) \times 10^7 \text{Pa}$	<1	5°	2°	0°
硬黄铜 $\sigma_b = (35\sim 40) \times 10^7 \text{Pa}$	$1\sim 5$	6°	3°	1°
硬青铜	>5	8°	5°	3°
硬 钢 $\sigma_b > 55 \times 10^7 \text{Pa}$	<1	7°	4°	2°
	$1\sim 5$	9°	5°	3°
	>5	12°	7°	6°

注: $10^7 \text{Pa} = 1\text{kg/mm}^2$ 。

(3)弯曲制件的形状。一般弯曲“U”型制件时比弯曲“V”型制件的回弹角小。

(4)模具间隙。在弯曲“U”型制件时,模具的间隙对回弹角有较大的影响。间隙愈大,回弹角也就愈大。

(5)校正程度。在弯曲终了时进行校正。可增加圆角处的塑性变形程度,从而可达到减小回弹的目的。校正程度决定于校正力大小。随着校正程度的不同,减小回弹角的程度也不一样,校正程度越大,回弹角越小。

2. 减小回弹的措施

由于弹性变形的存在,要想完全消除回弹是不可能的。在所有冲压工艺中都存在着回弹现象,尤其以弯曲工艺表现特别明显。在生产中常用下面一些措施来减小回弹。

(1)从模具设计上考虑减小回弹,如在单角弯曲中,将凸模角度减去一个回弹角。

(2)采用校正弯曲,即在弯曲终了时进行校正,以增加圆角处的塑性变形程度。

(3)缩小凸模和凹模的间隙。

(4)采用拉弯工艺,对于弯曲半径非常大的弯曲件,如采用拉弯工艺,可以大大减小甚至消除回弹。

(5)在必要和许可的情况下,可以进行加热弯曲。

(6)改进制件的结构设计,在制件的转角处压出加强筋,不仅可提高制件的刚度,也利于抑制回弹。

三、压弯力的计算

压弯力是选择设备和进行模具设计的重要依据。它的大小与制件的尺寸、板料厚度、材料的机械性能、弯曲半径、模具间隙和弯曲方式等因素有关。弯曲力的理论计算很复杂,也不适用。在生产中常用经验公式来计算。

例一:若图 1-1 中的 V 型件,长度 $B = 2\,000\text{mm}$,厚度 $t = 3\text{mm}$,材料为 A_3 ($\sigma_b = (44\sim 47) \times 10^7 \text{Pa}$),凸模圆角半径 $R = 3\text{mm}$,则其自由弯曲时的压弯力为

$$\begin{aligned}
 P &= 5.88 \frac{Bt^2 \sigma_b}{t + R} = 5.88 \times \frac{2\,000 \times 3^2 \times 45}{3 + 3} \\
 &= 5.88 \times 135\,000 \\
 &= 793\,800(\text{N})
 \end{aligned}$$

表 1-3 压弯力的计算公式

工件形状	弯曲方式	公 式	式中符号
“V”型件 (直角件)	自由弯曲 校整弯曲	$P = 5.88 \frac{Bt^2 \sigma_b}{t + R}$	P ——弯曲力(N)
		$P = 9.8pF$	B ——材料长度(mm)
“U”型件	自由弯曲 校整弯曲	$P = 6.86 \frac{Bt^2 \sigma_b}{t + R}$	t ——材料厚度(mm)
		$P = 6.86 \frac{Bt^2 \sigma_b}{t + R} + 9.8pF$	σ_b ——材料强度极限(10^7 Pa)
“┐┐”型件 (槽型件)	自由弯曲 校整弯曲	$P = 16.464 \frac{Bt^2 \sigma_b}{R + t}$	p ——单位面积的校正(10^7 Pa)
		$P = 16.464 \frac{Bt^2 \sigma_b}{R + t} + 9.8pF$	F ——弯曲部份在压弯力方向的投影面积
			R ——凸模圆角半径(mm)

注:当压弯有压料板时,应将压板力加进去。

表 1-4 校整弯曲时单位校整力 p 的近似值(10^7 Pa)

材 料	材 料 厚 度 (mm)			
	1 以下	1~3	3~6	6~10
10~20 号钢	3~4	4~6	6~8	8~10
25~30 号钢	4~5	5~7	7~10	10~12

例二:若要校整材料为 10 号钢的“┐┐”形件,如图 1-6 所示,长度 $B = 1\,000\text{mm}$, $t = 0.8\text{mm}$, $\sigma_b = (30 \sim 44) \times 10^7\text{Pa}$, $R = 0.5\text{mm}$ 。如图所示弯曲部份在压弯力方向的被校整面积, $F = (0.5 + 0.8 + 0.5) \times 2 \times 1\,000 = 3\,600\text{mm}^2$,由表 1-4 查得 10 号钢板 $p = 6 \times 10^7\text{Pa}$,所以,该槽形件校整弯曲时的压弯力 P 为

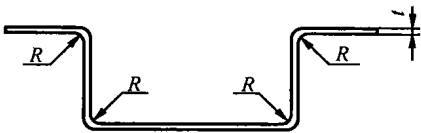


图 1-6

$$\begin{aligned}
 P &= 16.464 \frac{Bt^2 \sigma_b}{t + R} + 9.8pF \\
 &= 16.464 \times \frac{1\,000 \times 0.8^2 \times 40}{0.8 + 0.5} + 6 \times 3\,600 \times 9.8 \\
 &= 16.464 \times 19\,692.3 + 211\,680 \\
 &= 535\,894(\text{N})
 \end{aligned}$$

四、弯曲件的长度计算(展开长度)

弯曲零件的毛料展开尺寸的确定,是弯曲工件中不可少的工序,展开尺寸正确与否,直接影响零件的质量。对于弯曲件展开法,这里仅介绍经验计算法和中性层计算法。

(一)中性层计算法

由于毛料展开尺寸是零件直线部分长度和圆弧部分长度的叠加,见图 1-7。

当弯曲成 α 角时,毛料展开长度可用下式计算。

$$L = L_1 + L_2 + \frac{\pi \phi}{180^\circ} (R + \chi_0 t)$$

$$= L_1 + L_2 + 0.0175 (180^\circ - \alpha) \times (R + \chi_0 t)$$

式中, L_2 、 L_1 ——零件直线部分长度(mm);

α ——弯曲角度;

χ_0 ——中性层系数,通常小于 0.5(查表 1-5)。

直线部分长度从零件图中所注尺寸直线得到,圆弧部分的尺寸是按照中性层展开的尺寸计算,中性层的弯曲过程中长度不发生变化,其位置是随 R/t 比值的缩小而逐渐向里移动。

当 $R/t > 4$ 时,其中性层的位置就是在板厚的中间;

当 $R/t \leq 4$ 时,其中性层的位置就是向内表面移动,其值可查表 1-5。

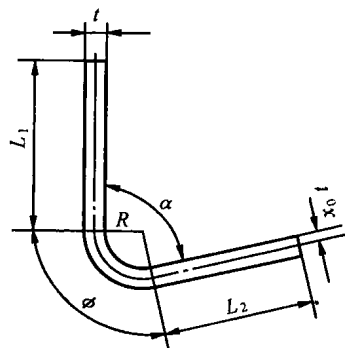


图 1-7

表 1-5 中性层位置系数

R/t	0.1	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	4 以上
χ_0	0.32	0.35	0.38	0.42	0.46	0.47	0.48	0.50

如果一个零件有几个弯角,同样按上述方法,把几个长度相加而得到毛料展开长度。

当 $\alpha = 90^\circ$ 时,则

$$L = L_1 + L_2 + \frac{\pi}{2} (R + \chi_0 t) \approx L_1 + L_2 + 1.57 (R + \chi_0 t)$$

(二)经验计算法

在生产实践中,对于薄铝板弯曲件如图 1-8 所示。其弯角为直角,可采用下例经验公式计算毛料的展开长度。

$$L = a + b - (t + R/2)$$

式中, a ——零件的宽度;

t ——板料厚度;

b ——零件的弯边高度;

R ——零件弯曲半径。

例三:计算图 1-8 所示直角零件的毛料展开长度。若 $a = 60\text{mm}$, $b = 30\text{mm}$, $R = 2\text{mm}$, $t = 1\text{mm}$,用中性层计算法计算。

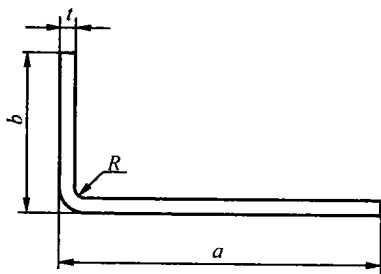


图 1-8

查表 1-5 知 $\chi_0 = 0.46$, 则

$$\begin{aligned} L &= L_1 + L_2 + \frac{\pi}{2}(R + \chi_0 t) \\ &= (60 - 1 - 2) + (30 - 1 - 2) + 1.57(2 + 0.46 \times 1) \\ &= 87.9 \text{ mm} \end{aligned}$$

用经验公式计算:

$$\begin{aligned} L &= a + b - (t + \frac{R}{2}) \\ &= 60 + 30 - (1 + \frac{2}{2}) \\ &= 88 \text{ mm} \end{aligned}$$

由两种算法可以看出, 虽然方法不同, 但差别甚小, 而第二种方法较简单。

例四: 计算图 1-9 所示四个直角弯曲件的毛料展开长度。

用中性层算法计算。

查表 1-5 知 $\chi_0 = 0.42$, 则

$$\begin{aligned} L &= L_1 + L_2 + L_3 + 2\pi(R + \chi_0 t) \\ &= [100 - 2(3 + 3)] + 2[25 - (3 + 3)] + 2[30 - 2(3 + 3)] + 2\pi(3 + 0.42 \times 3) \\ &= 188.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

用经验公式计算。

$$\begin{aligned} L &= a + b + c + d - 4(t + R/2) \\ &= 100 + 30 \times 2 + 25 \times 2 - 4(3 + \frac{3}{2}) \\ &= 192 \text{ mm} \end{aligned}$$

由两种算法可知计算结果相差 3.2mm, 所以经验公式只适用于单角弯曲计算。对多角弯曲误差较大。

上述的弯曲件毛料展开长度的计算, 没有考虑到各种材料的性质、变形速度、弯曲方式、模具的结构以及零件的精密程度等, 所以展开长度计算值, 有时应通过实验加以适当的修正。如果弯曲工件中发现弯曲尺寸有误差, 可适当加大或减少零件的弯曲半径。具体应用某种方法计算, 也要根据零件的精度要求而定。

五、金属材料的机械性能

对板料加外力, 金属板料对外力作用就表现出一定的抵抗力, 称为机械性能。由于不同金属的机械性能不同, 可以在钣金件成形过程中, 金属的工艺成形性能也不一样。

在生产中常采用屈服强度、抗拉强度来反映金属的机械性能。

(一) 屈服强度

金属材料在外力作用下, 抵抗发生明显的塑性变形的能力叫屈服强度。塑性高的材料, 在拉伸过程中, 当外力达到某一数值 P_s 时, 力不增加, 而材料变形仍继续增大, 这种现象称为屈服现象。 P_s 就是材料产生屈服现象时的外力, 此时的外力 P_s 与材料受力横截面积 F_0

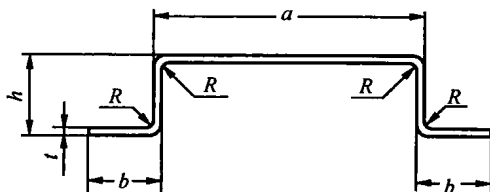


图 1-9

之比,称为屈服极限 σ_s 。

$$\sigma_s = P_s / F_0 (10^7 \text{ Pa})$$

屈服极限是金属材料将要发生显著塑性变形的标志。因此在钣金成形过程中,要使材料改变成一定形状,所加外力必须大于 P_s 。

(二)抗拉强度

金属材料在外力作用下,抵抗破坏的最大能力,称为抗拉强度。材料拉断时的最大负荷 P_b 与受力横截面积 F_0 之比,为抗拉强度或强度极限。用 σ_b 表示。

$$\sigma_b = P_b / F_0 (10^7 \text{ Pa})$$

金属材料所受外力超过 P_b 就会断裂,因此,在钣金成形过程中,为了不使零件断裂,所加外力必须小于 P_b 。

六、弯曲件的强度计算

(一)内力和应力

材料阻止外力使其变形的抵抗力叫做内力。它是材料分子之间的相互作用力。在零件破坏前,内力随外力的增大而相应地增大,当外力超过了内力的限度即强度极限时,材料开始断裂。对于纯粹受拉压的杆件,内力即等于抗力或压力。

求出内力后,还不能解决强度计算问题,因为材料的强度不仅与内力有关,而且还与材料的截面积有关。截面积大,单位面积上受到的内力就要小些,所以相同材料的制件,粗的要比细的能承受更大的轴向力。这说明尽管内力相同,如截面积不同,强度也不一样,因此为了反映材料截面积对杆件强度的影响,提出了应力的概念。如用 P 表示制件上受的拉压力, F 表示制件的横截面积, σ 表示应力。则

$$\sigma = P / F$$

即应力为单位面积上受的内力。

(二)许用应力与强度条件式

杆件在使用期限内,可能会碰到意外的和其它不利的工作条件和因素,以及载荷的变化、材料的不均匀性、装配质量不高、设计计算的近似性等。这就要求杆件有一定的强度储备。通常用一个大于 1 的数值安全系数 n , 去除强度极限, 所得数值就是材料允许达到的最大应力, 称为许用应力, 以 $[\sigma]$ 表示。

$$[\sigma] = \frac{\sigma_b}{n}$$

所以,杆件安全工作的条件是

$$\sigma \leq [\sigma] \quad \text{即} \quad \sigma = \frac{P}{F} \leq [\sigma]$$

因此,如果已知杆件的截面积 F 和许用应力,就可求出零件在安全条件下所能承受的最大外载荷 $P = F[\sigma]$, 即 $P_{\max} = F[\sigma]$ 。

(三)弯曲构件受载弯曲时中性层的位置

和力矩一样,面积也可以求矩,叫做静矩。

如图 1-10 所示,由材料力学可知,在 y 方向上各小块面积对 $o-o$ 轴的静矩的和,应等于总面积对 $o-o$ 轴的静矩。各小块面积对 $o-o$ 轴的坐标为各小块面积的中心到 $o-o$ 轴的距离。总面积对 $o-o$ 轴的坐标就是该截面的形心到 $o-o$ 轴的距离。

所以

$$\sum_{i=1}^n F_i \bar{y} = \sum_{i=1}^n F_i \bar{y}_i$$

式中, n ——小块面积总数;

i ——小块面积序号;

F_i ——某小块面积的面积;

$\bar{y}$ ——形心在 y 方向上的坐标;

$\bar{y}_i$ ——某小块面积中心在 y 方向上的坐标。

同理在 x 方向上:

$$\sum_{i=1}^n F_i \bar{x} = \sum_{i=1}^n F_i \bar{x}_i$$

所以形心的位置:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \bar{y}_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^n F_i}$$

由材料力学可知,弯曲构件受载弯曲时的中性层就通过截面的形心。

(四)弯曲构件的载荷强度计算

由弯曲变形的特点可知,纵向纤维的变形与应力和它到中性层的距离成正比,因而梁截面上最大应力点即危险点,发生在离中性层的最远处。

由于在本节中,我们只研究物件单方向受载的情况。即载荷只作用在 y 方向或 x 方向上,我们假定都作用在 y 方向上,因而只要求 y 方向承载时的中性层 $Z-Z$,而不考虑 x 方向承载时的中性层 $W-W$ 。

下面引入一个惯性矩的概念。规定

$$J_z = \sum_{i=1}^n y_i^2 F_i$$

为截面对中性轴的惯性矩。

式中, y_i ——某小块面积中心到中性层的距离;

F_i ——某小块面积。

由材料力学知:构件弯曲时,截面上某点的应力 σ 为

$$\sigma = M y / J_z$$

式中, M ——该截面所受的弯曲力矩。在整个构件长度上,它不是常量,而是随截面的位置而变化。在计算最危险点的最大应力时,应该取弯矩的最大值 $M_{\max}$ 。

y ——某点到中性层的距离。

所以,离中性层最远处($y = y_{\max}$),最大应力点的应力为

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} y_{\max}}{J_z}$$

对于抗拉和抗压强度相同的塑性材料(如钢),只要使构件的绝对值最大的应力不超过许用应力即可。于是建立强度条件:

$$\sigma_{\max} = M_{\max} y_{\max} / J_z \leq [\sigma]$$

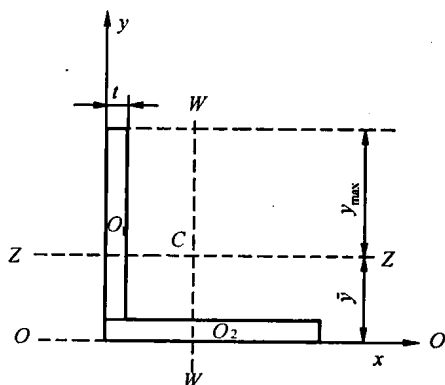


图 1-10

构件载荷的形式有两种。

1. 集中载荷

对于分布的长度与轴相比很小时,可把分布力简化为集中力 P ,其形式和所引起各截面上的弯矩的大小用弯矩图如下,见图 1-11。由弯矩图可知, P 作用点构件受的弯矩最大,向两边逐渐减小。 R_A 、 R_B 分别为 A、B 支承点的反力即支承力, x 为 P 作用点到 A 端的距离。现求 p 点的弯矩:

$$\because R_A l = P(l - x) \quad \therefore R_A = P(l - x)/l$$

$$R_B = P - R_A = P - \frac{P(l - x)}{l} = \frac{Px}{l}$$

所以 P 作用点所受的弯矩,即 $M_{\max} = R_A x = \frac{P(l - x)}{l} x$ 。显然,在 P 位于构件的中点 $x = l/2$ 时, $M_{\max}$ 最大,即这时 P 点最危险。在强度计算时,就校核这一点的强度。

$$M_{\max} = \frac{P(l - x)}{l} x = \frac{P(l - l/2)}{l} \cdot \frac{l}{2} = \frac{1}{4} Pl$$

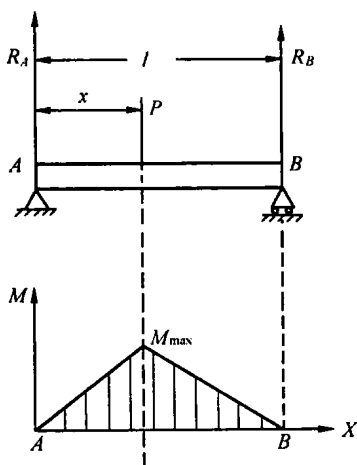


图 1-11

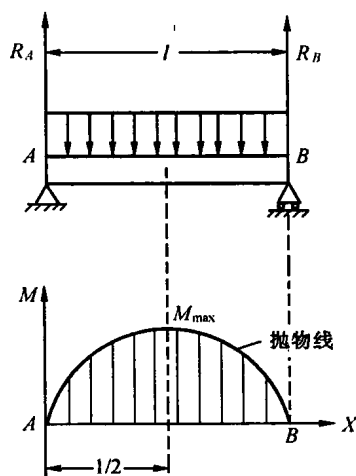


图 1-12

2. 均布载荷

当载荷均匀分布在整個构件上时,其形式和弯矩图如下,如图 1-12。若作用在构件上的总的力为 P ,则 $R_A = R_B = P/2$ 。这种载荷的弯矩图为一抛物线, $M_{\max}$ 位于构件的中点处。

$$M_{\max} = R_A l/2 - P/2 \cdot l/4 = \frac{P}{2} l/2 - P/2 \cdot l/4 = \frac{1}{8} Pl$$

与集中载荷比较,在总载荷相同的情况下,均布载荷时构件中点的 $M_{\max}$ 要小一半,因而同样尺寸的构件承载能力也提高一倍。

因为

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} y_{\max}}{J_z} \leq [\sigma]$$

所以

$$P_{\max} = \frac{4[\sigma]J_z}{l \cdot y_{\max}} \text{ (集中载荷)}$$