

第3章 金属塑性成型

金属塑性成型是利用金属在外力作用下产生塑性变形,从而获得具有一定几何形状、尺寸和力学性能的原材料、毛坯或零件的加工方法。金属塑性成型在工业生产中称为压力加工。压力加工时,作用在金属坯料上的外力可分为冲击力和压力两类。锤类设备向金属坯料施加冲击力使之产生变形,轧机与压力机则向金属坯料施加静压力以产生塑性变形。

金属塑性成型的主要方法有锻造、轧制、拉拔、挤压和冲压等。与其他成型工艺相比,具有以下特点:

(1) 改善金属的组织,提高金属的力学性能。金属材料经压力加工后,可以消除金属铸锭内部的气孔、缩孔等,使其组织、性能得到改善和提高。

(2) 提高材料的利用率。金属塑性成型时,体积进行重新分配,形状改变和切除金属少,因而材料利用率高。

(3) 具有较高的生产率和精度。塑性成型加工一般利用压力机和模具进行成型加工,生产效率高。另外,塑性成型加工时,利用先进的设备可实现少切削或无切削加工,故精度高。

(4) 适应性广,用塑性成型加工方法能生产出小至几克的仪表零件,大至上百吨重的大型锻件。

但是塑性成型也存在缺点:如锻件的结构工艺性要求较高;对形状复杂特别是内腔复杂的零件或毛坯难以甚至不能锻压成型;塑性加工方法需要重型的机器设备和较复杂的模具,模具的设计制造周期长,初期投资费用高,等等。

总之,塑性成型具有独特的优越性,获得了广泛的应用,凡承受重载荷、对强度和韧性要求高的机器零件,如机器的主轴、曲轴、连杆、重要齿轮、凸轮、叶轮及炮筒、枪管、起重吊钩等,通常均采用锻件作毛坯。据统计,在飞机上,锻件质量占总量的85%,在汽车上占80%,在机车上占60%。

3.1 金属塑性形变理论基础

经过压力加工之后,金属材料发生塑性形变。在改变坯料的形状和尺寸的同时,其内部组织也发生了很大变化,从而使金属的性能得到改善和提高。因此,塑性形变理论是金属压力加工的理论基础。为了能够合理设计压力加工成型的零件和正确地选用压力加工方法,必须了解塑性形变的实质、规律和影响因素。

3.1.1 金属塑性形变的实质

金属材料在外力作用下,其内部会产生应力。在它的作用下,原子将离开原来的平衡位置,于是,原子间的距离被改变,从而使金属发生变形,并使原子的位能增高而处于高能不稳定状态。当外力作用停止后,如果变形不大,原子就能自发地回到平衡位置,应力消失,变

形亦随之消失,这类变形称为弹性变形。当变形增大到一定程度后,即使外力的作用停止,金属的部分变形也不消失,这部分变形称为塑性变形。金属塑性变形的实质是通过晶粒内部产生滑移,晶粒间也产生滑移,同时晶粒发生转动来进行的。图 3-1 是单晶体的滑移变形示意图,图 3-1(a)是变形前的情况;当切应力较小时,晶格将发生弹性变形(图 3-1(b));当切应力增大到超过受剪晶面的滑移抗力时,该晶面两侧的晶体即发生沿该晶面(称为滑移面)的相对滑移。当滑移面上每一个原子移动一定距离后,在新的位置上重新处于稳定状态(图 3-1(c))。当应力消除后,弹性变形消失,但滑移引起的变形被保留下来,形成塑性变形(图 3-1(d))。根据以上讨论可知,只有在切应力的作用下才能产生滑移。滑移是塑性变形的主要形式。

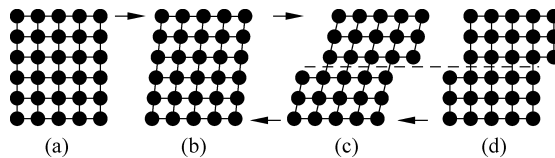


图 3-1 单晶体的滑移变形示意图

实际使用的金属并不是单晶体,而是由许多晶格位向不同的晶粒组成的多晶体;多晶体内部每个晶粒范围内的变形与前述的单晶体的变形情况相似。但是,由于多晶体内部各个晶粒的晶格位向不同,晶粒之间存在着晶界,当受到外力作用时,有的晶粒处于易发生滑移的位向,有的晶粒则处于不易发生滑移的位向,导致多晶体的变形不均匀。因此,在多晶体的塑性变形中,除了各晶粒内部的变形(称为晶内变形)外,各晶粒之间也存在着变形(称为晶间变形)。多晶体的变形可以看作是各个晶粒的晶内变形和晶间变形的总和(见图 3-2)。由于在晶界上原子排列的规律性差,且又容易聚集各种杂质,晶界的阻碍作用使晶间变形极为困难,所以多晶体的塑性变形主要是晶内变形,其次才是晶间变形。因此,金属的塑性变形性能不仅与原子间结合力的大小有关,还与晶粒的大小有关。晶粒越细,单位体积内的晶粒越多,则总晶界面积越大,对塑性变形的抗力也越大,因而强度也越高。同时,由于细晶粒金属的晶粒比粗晶粒金属多,塑性变形时单位体积内位向有利于滑移的晶粒也多。这样,金属的变形就会比较分散地分布于较多的晶粒内,比较均匀,降低了由于变形不均匀所造成的应力集中,使之可以承受较大的塑性变形而不被破坏。所以,细晶粒金属的塑性也要好得多。因此,生产中经常采用压力加工方法细化金属的晶粒,从而改善其力学性能。

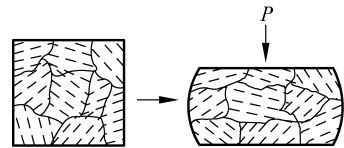


图 3-2 多晶体塑性变形示意图

3.1.2 冷变形和热变形后的金属组织与性能

1. 冷变形

在某一温度(再结晶温度)以下进行的塑性变形称为冷变形。冷变形后金属的内部组织将发生变化,从而导致其性能发生变化。冷变形对金属性能的主要影响是产生加工硬化,即随着塑性变形量的增加,金属的强度和硬度增高,塑性与韧性下降,如图 3-3 所示。产生加工硬化的原因是由于塑性变形时,晶粒被拉长、压扁,增大了晶界面积,滑移面附近晶格的强

烈扭曲和滑移面上晶粒产生的“碎晶块”,增大了滑移阻力,阻碍了滑移的继续进行。加工硬化是提高金属强度、强化金属材料的重要方法之一。这对于奥氏体不锈钢等不能采用热处理方法强化的金属材料更为重要。但是,加工硬化导致工件在变形过程中产生裂纹,不利于塑性变形的继续进行。因而,在实际生产中,经常在塑性变形量较大的工序后,采取工艺措施减少或消除加工硬化,从而再次获得良好的塑性。

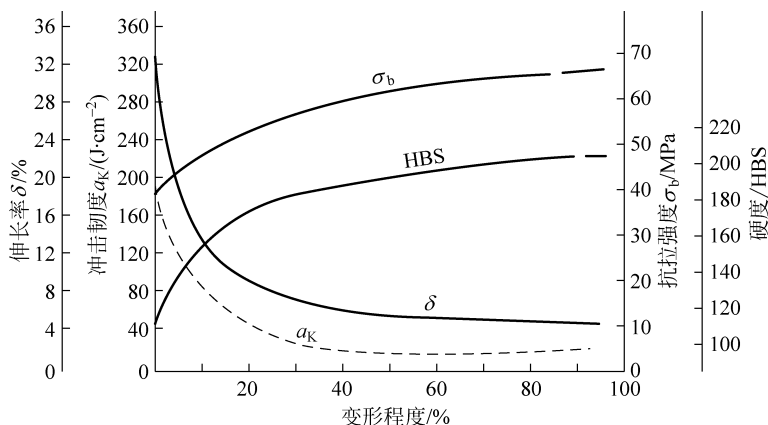


图 3-3 冷变形对低碳钢力学性能的影响

加工硬化状态是一种内部能量较高的不稳定状态,具有回复到稳定状态的趋势,但在室温下不易实现。如果适当进行加热,增大原子的扩散能量,即可以促使金属向低能量的稳定状态转变,从而消除加工硬化。

1) 回复

金属加热到某一温度以上时,通过原子的少量扩散而消除晶粒的晶格扭曲,可显著降低金属的内应力,这一过程称为回复,这一温度称为回复温度。

对于纯金属来说,回复温度与熔化温度之间大致存在以下关系:

$$T_{\text{回}} \approx (0.25 \sim 0.3) T_{\text{熔}}$$

式中, $T_{\text{回}}$ 为金属回复的绝对温度, K; $T_{\text{熔}}$ 为金属熔化的绝对温度, K。

经过回复过程后,因显微组织没有发生明显的变化,金属的强度和塑性变化不大。

2) 再结晶

如果继续提高加热温度,金属原子获得更多的热能,扩散能力便大为加强。当加热到某一温度以上时就会开始以某些碎晶或杂质为晶核进行结晶,形成新的晶粒,从而可以全部消除加工硬化,这一过程称为再结晶。能够进行再结晶的最低温度称为再结晶温度。就纯金属而言,再结晶温度与其熔化温度间大致存在以下关系:

$$T_{\text{再}} \approx 0.4 T_{\text{熔}}$$

式中, $T_{\text{再}}$ 为金属再结晶的绝对温度, K。

经过再结晶过程后,金属的强度和硬度下降而塑性提高。实际生产中,常采用再结晶退火的方法实现该过程。为了加速再结晶过程,一般选用的再结晶退火温度要比其再结晶温度高 $100 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。实际操作时,要注意避免因退火温度过高、保温时间过长,使再结晶生成的细晶粒再长大为粗晶粒,从而导致金属的力学性能下降。

2. 热变形后的金属组织与性能

变形温度在再结晶温度以上的塑性变形叫热变形。热变形后金属的组织 and 力学性能可得到明显的改善。金属压力加工最初坯料是铸锭,其内部组织总是存在不均匀(偏析)现象,晶粒粗大,而且存在气孔、缩孔、缩松、非金属夹杂物和疏松层组织等缺陷。通过热变形加工后,由于金属经过塑性变形和再结晶,铸锭中粗大铸造组织转变为细化的再结晶组织,且气孔、缩孔、缩松、细微裂纹等缺陷被压合,使组织更为致密。从而使金属的力学性能得到提高。此外,在变形过程中,沿晶粒边界分布的夹杂物会沿着晶粒的变形方向被拉长或压扁,形成化学稳定性很高的纤维组织。纤维组织的明显程度与变形程度有关:变形程度越大,则纤维组织越明显。纤维组织的存在使金属的性能表现出方向性(各向异性),沿纤维方向(平行于纤维方向)的力学性能优于横向的力学性能(剪切强度是一个例外,垂直于纤维方向的剪切强度高于平行纤维方向的剪切强度),特别是塑性和韧性更为明显。

纤维组织难以用热处理或其他加工方法消除,只能用锻造的方法改变其方向和分布。因此,设计和制造锻件时,对于纤维组织的合理分布要有充分的考虑,以扬长避短。一般应遵循如下原则:

(1) 纤维的分布应尽量与零件的轮廓一致,尽量使纤维组织不被切断。

(2) 应尽量使零件所承受的最大正应力方向与纤维方向一致,最大切应力方向与纤维方向垂直。

图 3-4(a)表示用棒料直接经切削加工制造的螺钉。其头部和杆部的纤维不完全连贯,部分被切断,而螺钉头部所受切应力顺着纤维方向,所以承载能力较弱,不能用于要求承载能力较大的场所。图 3-4(b)所示的螺钉是采用局部墩粗工艺制造的。此时,螺钉头部纤维因弯曲而与轮廓一致,且与杆部纤维连贯,未被切断,所以具有较高的承载能力。

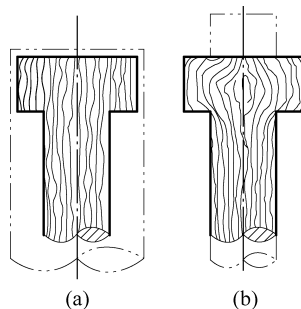


图 3-4 螺钉的纤维组织比较
(a) 切削加工制造的螺钉;
(b) 局部墩粗制造的螺钉

3.1.3 金属的变形程度

金属的变形程度通常用锻造比表示。对于不同的锻造工序,锻造比的表达方式有所不同。拔长时的锻造比 $Y_{拔}$ 为

$$Y_{拔} = \frac{F_0}{F} \quad (3-1)$$

式中, F_0 为坯料变形前的截面积; F 为坯料变形后的截面积。

墩粗时的锻造比 $Y_{墩}$ 为

$$Y_{墩} = \frac{H_0}{H} \quad (3-2)$$

式中, H_0 为坯料变形前的高度; H 为坯料变形后的高度。

选择合适的锻造比对于获得理想的工件性能是很重要的。例如,钢锭拔长时,随着锻造比 $Y_{拔}$ 的增大,加工后钢锭内部的缺陷逐渐被消除,力学性能得到明显提高。当 $Y_{拔}$ 为 2~5 时,由于形成明显的纤维组织,力学性能表现出方向性;当 $Y_{拔}$ 大于 5 时,纵向性能不再提高,横向性能则显著下降。锻造中,当采用型材作为坯料时,一般取 $Y_{拔} = 1.1 \sim 1.3$; 采用碳

钢钢锭作为坯料时,一般取 $Y_{拔}=2\sim3$;采用合金结构钢钢锭作为坯料时,一般取 $Y_{拔}=3\sim4$;对于某些合金结构钢,为了击碎坯料中粗大的碳化物并使之均匀分布,应选择较大的锻造比,如采用高速钢作为坯料时,取 $Y_{拔}=5\sim12$ 。

在冷冲压成型工艺中,表示变形程度的技术参数有相对弯曲半径(r/t)、拉伸系数(m)、翻边系数(k)等。挤压成型时则用挤压断面收缩率(ϵ_p)等参数。

3.1.4 金属锻造性能

金属的锻造性能是衡量金属材料在经受塑性成型时获得合格零件难易程度的工艺性能。金属的锻造性能好,表明其适合采用塑性成型方法成型;锻造性能差,说明该金属不适用于采用塑性成型方法成型。

金属的锻造性能常用其塑性与变形抗力综合衡量。塑性好、变形抗力小的金属锻造性能好,反之则差。塑性的衡量指标包括断面收缩率 ψ 、断后伸长率 δ 和冲击韧性 a_K 等, ψ 、 δ 、 a_K 值越大,金属的塑性就越好,塑性变形时越不易开裂。变形抗力是指塑性变形时,金属抵抗外力作用的能力。变形抗力小,表明该金属锻造时省力,耗能少,工模具磨损小。

影响金属锻造性能的主要因素是金属的本质和加工条件。

1. 金属的本质

(1) 化学成分的影响。纯金属的锻造性能一般优于其相应的合金。合金中合金元素含量越高,杂质越多,化学成分越复杂,则其锻造性能就越差。例如,纯铁具有良好的锻造性能;碳钢的锻造性能随其含碳量的增加而降低;合金钢的锻造性能低于相同含碳量的碳钢,且合金元素的含量越高,其锻造性能越差;合金钢中如果含有可形成硬而脆的金属化合物并提高其高温强度的元素(如铬、钨、钼、钒、钛等)时,其锻造性能显著下降。

(2) 内部组织的影响。纯金属及固溶体的锻造性能一般都较好。晶格类型不同,会影响滑移面和滑移方向数目的不同,因而表现出不同的滑移能力。面心立方晶格的滑移能力最强,因而塑性最好,变形抗力最小;体心立方晶格次之;密排立方晶格最差。碳化物的晶格复杂,因而其塑性差且变形抗力大。合金中含有多种不同性能的组织,锻造时因为各组织成分不均匀变形而容易造成开裂。铸态柱状晶粒和粗晶粒结构的锻造性能不如晶粒细小而又均匀的组织。

2. 加工条件

(1) 变形温度的影响。提高金属的变形温度不仅是改善其锻造性能的有效措施,而且对生产率、产品质量和金属的有效利用均有很大影响。

金属在加热时,随着变形温度的升高,原子的热运动速度加快,动能增加,削弱了原子间的结合力,减小了滑移阻力,因而其塑性提高,变形抗力减小,改善了金属的锻造性能。当变形温度升高至再结晶温度以上时,由于再结晶速度高于变形过程中产生加工硬化的速度,使金属获得完全再结晶组织而没有加工硬化;随着温度的进一步升高,某些具有同素异构性的合金还会有组织转变,如高温时碳钢中的渗碳体溶入固溶体而变为具有面心立方晶格的单相奥氏体组织,均会提高金属的塑性,降低其变形抗力,从而改善金属的锻造性能。但变形温度太高时,会产生过热、过烧、脱碳和严重氧化等缺陷,甚至造成报废。综合以上分析可知,必须严格控制金属的变形温度范围。图3-5以Fe-Fe₃C合金状态图为依据,表示了碳钢的锻造温度范围。如该图所示,碳钢的始锻温度(开始锻造的温度)比AE线低200℃左右,

终锻温度(终止锻造的温度)为 800℃左右。应避免出现过低的终锻温度,以免因加工硬化严重、变形抗力剧增而使加工难以进行。强行进行低温锻造会导致锻件破裂。

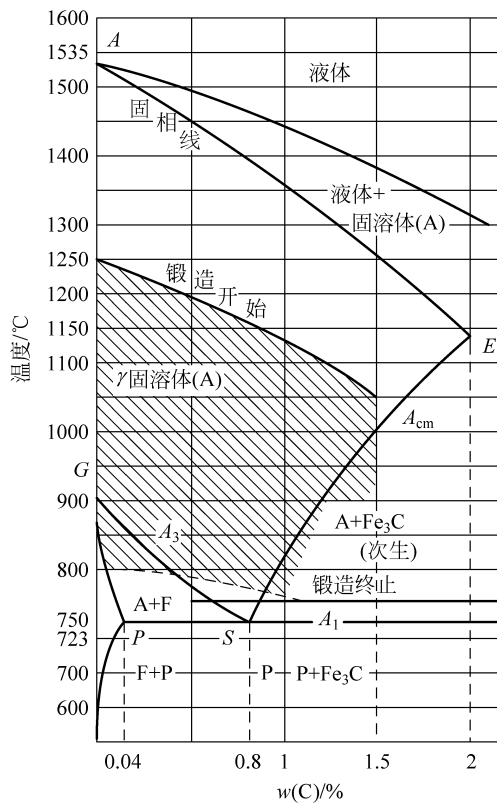


图 3-5 碳钢的锻造温度范围

(2) 变形速度的影响。变形速度是指单位时间内金属的变形程度。变形速度对锻造性能的影响如图 3-6 所示。当变形速度较低(小于图中的临界值 a)时,随着变形速度的增大,塑性降低而变形抗力增大,金属的锻造性能下降。这是由于再结晶不能充分进行,加工硬化积累的结果。变形速度超过临界速度 a 后,由于塑性变形所消耗的能量有一部分转化为热能,使金属温度升高(称为热效应现象),塑性变大,变形抗力减小,因而锻造性能变好。普通锻造设备不能使变形速度超过 a 值,所以一般对塑性低的金属均应选用较低的变形速度。

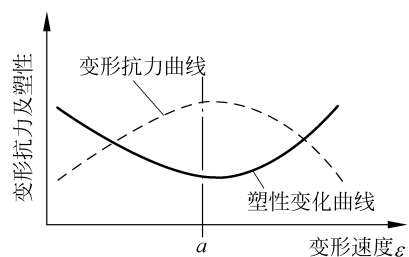


图 3-6 变形速度对塑性及变形抗力的影响

(3) 应力状态的影响。变形方式不同则变形区金属的应力状态亦不相同。挤压变形时金属承受三向压应力;拉拔变形时金属承受两向压应力、一向拉应力。试验表明,在三向应力状态中,压应力的数目越多,则金属的塑性越好;拉应力数目越多,则塑性越差。当金属处于拉应力状态时,如果其内部存在气孔、小裂纹等缺陷,就容易在缺陷处形成应力集中而导致缺陷的发展;压应力使金属内部原子间距减小,又不易使缺陷扩展,故金属的塑性会增

高,但压应力同时又使金属内部摩擦增大,变形抗力也随之增大,为实现变形加工,就要相应增加设备吨位,以增加变形力。因此,在选择具体加工方法时,应考虑应力状态对金属可锻性的影响,对于塑性较低的金属,应尽量在三向压应力下变形,以免产生裂纹;对于本身塑性较高的金属,变形时出现拉应力较为有利,可以减少变形能量的消耗。

综上所述,影响金属锻造性能的因素很多,在进行锻造加工时,应仔细地分析金属的本质,适当地选择加工条件,改善金属的锻造性能,从而提高劳动生产率和产品质量,并降低能量消耗。

3.1.5 金属塑性形变基本规律

金属塑性形变的规律是制订锻造工艺方案、进行模具设计和工艺操作的主要依据之一,其基本规律主要有体积不变定律和最小阻力定律等。

1. 体积不变定律

金属塑性形变后的体积等于其塑性变形前的体积,这一规律称为体积不变定律。铸锭经锻造后其致密度增加,体积略有减少,但因相对数量很小,可以忽略不计。计算坯料尺寸和工序间尺寸时,都必须应用体积不变定律。

2. 最小阻力定律

金属塑性形变时,首先向阻力最小的方向流动,这一规律称为最小阻力定律。不同截面试样的镦粗形变可以清楚地证明这一定律。正方形横截面试样镦粗时,由于各金属质点引向周边的法线方向距离最短,该质点流向这一条周边的阻力最小,所以由正方形对角线所划分出的四个区域中的质点都向垂直于最邻近该点的边流动,因而镦粗时试样由正方形截面逐渐变成圆形截面,如图3-7(b)虚线图所示。同样道理,圆形截面的金属沿径向流动,如图3-7(a)所示;长方形截面则分成四个区域朝垂直于四个边的方向流动,最后逐渐变成椭圆形,如图3-7(c)所示。最小阻力定律在锻造工艺中应用的实例很多,例如,拔长时,必须适当地确定材料的送进速度,以避免因送进量过大而增大金属的横向流动比例,反而降低拔长效率。

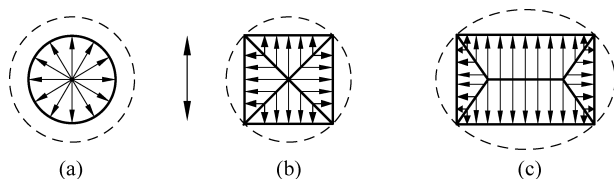


图 3-7 不同截面试样镦粗时金属的流动方向示意图

(a) 圆形; (b) 正方形; (c) 长方形

3.2 自由锻造

金属坯料在锻造设备的上、下砧铁或简单的工具之间,受冲击力或压力产生塑性变形的工艺叫做自由锻造。自由锻造时金属能在垂直于压力的方向自由伸展变形,而锻件的形状尺寸主要由工人操作控制。

自由锻造能生产各种大小的锻件。对于大型锻件,自由锻造是唯一可能的生产方法。

自由锻造采用通用设备和工具,故费用低、生产准备周期短。但是自由锻造只能锻造形状简单的锻件,生产率低,锻件表面粗糙,加工余量大,金属消耗多,工人劳动强度大,因此只适用于单件、小批量生产。

3.2.1 基本工序及设备

1. 基本工序

自由锻造的基本工序为镦粗、拔长、冲孔、弯曲、切割、扭转、错移及锻焊等。实际生产中最常用的是镦粗、拔长、冲孔等三种。

(1) 镦粗。镦粗是坯料高度减小、截面积增大的工序。镦粗时,金属在高度受压缩的同时,不断向四周流动。由于工具与坯料表面接触,对于变形金属有摩擦阻力和冷却作用,使表层金属的塑性流动受到限制,形成了楔入金属内部的难变形锥。镦粗能够增加锻造比,使变形均匀,提高综合力学性能,它是锻造圆饼类、空心类件必须采用的工序。

(2) 拔长。拔长是缩小坯料截面积、增加其长度的工序。拔长时,坯料在上、下抵铁之间产生的局部变形,也可看作是局部镦粗,它也受外摩擦力等因素的影响,产生不均匀变形。对于筒形件,一般采用芯轴拔长,以减少空心坯料的壁厚和外径,增加其长度。

(3) 冲孔。利用冲子将坯料冲出透孔或不透孔的工序,称为冲孔。锻造各种带孔锻件和空心锻件(如齿轮坯、圆筒等)都需要冲孔。常用的冲孔方法有实心冲子冲孔、空心冲子冲孔和漏盘冲孔三种。其中,实心冲子冲孔是常用的冲孔方法;空心冲子冲孔用于以钢锭为坯料、锻造孔径为400mm以上大锻件,以便将钢锭中心质量差的部分去掉;漏盘冲孔用于板料。

2. 自由锻设备

自由锻造主要靠坯料局部变形,所以需要的设备能力小。通常几十千克的小锻件采用空气锤,两吨以下的中小型件采用蒸汽—空气锤,大钢锭和大锻件则在水压机上锻造。

(1) 空气锤。它是利用压缩空气来驱动锻锤,其结构尺寸小、打击速度快、有利于小件一次打成。空气锤的吨位是以落下部分质量表示,最小为65kg,最大可达1000kg。

(2) 蒸汽—空气锤(蒸空锤)。常见的结构形式有单柱式和双柱式,单柱式蒸空锤可以从三面靠近下砧,操作方便,但刚性差、设备吨位不宜大;双柱拱式蒸空锤如图3-8所示,是目前锻造车间普遍采用的设备,其刚性好,但只能前后两面操作。

蒸空锤都是以6~9个大气压的蒸汽或压缩空气为动力,用手柄操作气阀来控制高压气体进入工作缸的方向和进气量,以实现悬锤、压紧、单打或不同质量的连打等操作。为提高打击效率,砧座质量为落下部分的10~20倍。

(3) 水压机。水压机是以水泵产生的高压水为动力进行工作的,它靠静压做功,无振动,不需很大的砧座和地基,因此可制成大吨位设备;锻造变形速度低,有利于改善钢料的可锻性以获得大变形量,而且工件变形均匀;容易获得很大的工作行程,并能在行程的任何位置进行锻压。水压机的缺点是结构庞大,供水和操纵系统等附属设备复杂,维修困难,造价高。水压机的吨位用压力表示,压力可达500~15000t,能锻1~300t重的钢锭。

合理地选择锻造设备对于锻件质量和成本有很大影响。选用设备过小,锻件难以成型或锻不透,生产率也低;设备过大,动力消耗大,费用高,效率低。

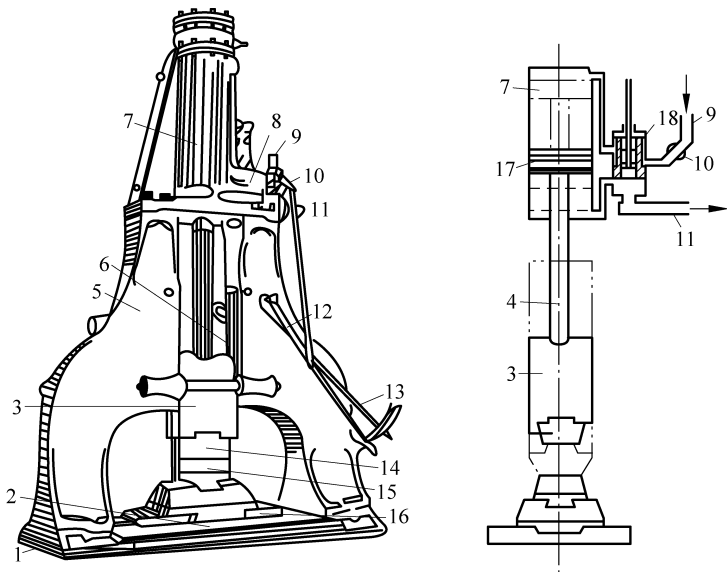


图 3-8 双柱拱式蒸气—空气自由锻锤

1—底座；2—砧垫；3—锤头；4—锤杆；5—机架；6—导轨；7—气缸；8—滑阀汽管；9—进气管；
10—节气管；11—排气管；12—节气管操作手柄；13—滑阀操作手柄；14—上砧铁；15—下砧铁；
16—砧座；17—活塞；18—滑阀

3.2.2 自由锻工艺规程制订

工艺规程是保证生产工艺可行性和经济性的技术文件,是指导生产的依据,也是生产管理和质量检验的依据。因此,制订工艺规程,编写工艺卡片是进行自由锻生产必不可少的技术准备工作。工艺规程的主要内容和制订步骤如下。

1. 绘制锻件图

锻件图根据零件图绘制。自由锻件的锻件图是在零件图的基础上考虑加工余量、锻造公差、工艺余块等之后绘制的图,它是计算坯料、设计工具和检验锻件的依据。

(1) 加工余量。自由锻的精度和表面质量都很低,锻后工件需进行切削加工,因此在锻件需要切削的相应部位必须增加一部分金属余量,即加工余量。零件的基本尺寸加上加工余量称为锻件的名义尺寸。加工余量的数值与锻件形状、尺寸及工人技术水平有关,其数值的确定可查阅锻工手册,如图 3-9(a)所示。

(2) 锻造公差。实际操作中,由于金属的收缩、氧化及操作者不能精确掌握锻后工件的尺寸等原因,允许锻件的实际尺寸与名义尺寸间有一定的偏差,即锻造公差。一般锻造公差约为加工余量的 $1/4 \sim 1/5$ 。

(3) 工艺余块。自由锻只能锻造形状较简单的锻件,零件上的某些凸台、台阶、小孔、斜面、锥面等都不能锻造(或虽能锻出,但经济上不合理)。因此,这些难以锻造的部分均应进行简化。为了简化锻件形状而加上那部分金属称为工艺余块,如图 3-9(a)所示。

为使锻工了解零件的形状与尺寸,在锻件图上应采用双点划线画出零件的轮廓,并在锻件尺寸线下面用括号注明零件的基本尺寸,如图 3-9(b)所示。

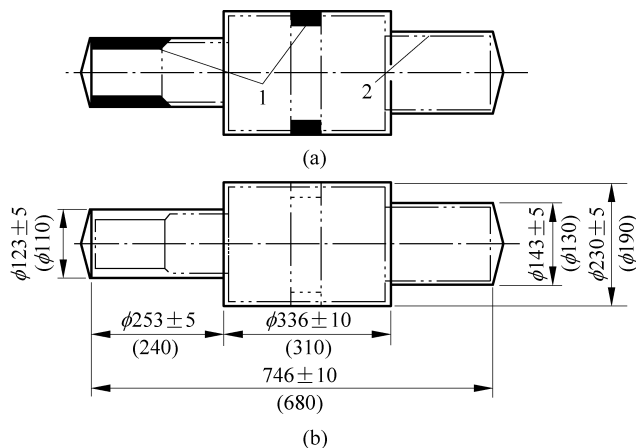


图 3-9 阶梯轴锻件图

(a) 锻件的加工余量与工艺余块; (b) 锻件图

1—工艺余块; 2—加工余量

2. 确定坯料的质量及尺寸

(1) 坯料质量的确定。坯料的质量是根据锻件的形状和尺寸,先计算出锻件的质量,再考虑加热时氧化损失,冲孔冲掉的料芯及切头损失等计算出来。用型钢作坯料的中小型锻件,其质量计算式为

$$G_{\text{坯}} = G_{\text{锻}} + G_{\text{切}} + G_{\text{烧}} \quad (3-3)$$

式中, $G_{\text{坯}}$ 为坯料质量; $G_{\text{锻}}$ 为锻件质量; $G_{\text{切}}$ 为冲切掉的钢料质量; $G_{\text{烧}}$ 为因加热氧化烧损的钢料质量。

用钢锭作坯料的大型锻件,其质量还应考虑需切掉的钢锭头部和尾部的质量,因此其质量计算式为

$$G_{\text{坯}} = G_{\text{锻}} + G_{\text{切}} + G_{\text{烧}} + G_{\text{锭头}} + G_{\text{锭尾}} \quad (3-4)$$

(2) 坯料尺寸的确定。坯料的质量确定后,根据 $V_{\text{坯}} = G_{\text{坯}} / \rho$ (ρ 为坯料密度) 可计算出坯料的体积 $V_{\text{坯}}$, 然后再确定坯料的直径 D_0 或边长 A_0 。坯料尺寸的确定与锻件加工时所采用的第一道基本工序有关,采用的工序不同,确定方法也不相同。

采用墩粗法锻造时,应使坯料高度 H_0 不超过坯料直径 D_0 (或边长 A_0) 的 2.5 倍,同时又不小于直径 D_0 (或边长 A_0) 的 1.25 倍。即

$$1.25D_0 (\text{或 } A_0) \leq H_0 \leq 2.5D_0 (\text{或 } A_0)$$

采用拔长法锻造时,坯料截面积 $F_{\text{坯}}$ 的大小应保证能得到所要求的锻造比,即

$$F_{\text{坯}} \geq Y_{\text{拔}} \cdot F_{\text{锻}} \quad (3-5)$$

式中, $F_{\text{坯}}$ 为坯料截面积; $Y_{\text{拔}}$ 为锻造比,一般取 1.1~1.5; $F_{\text{锻}}$ 为锻件的最大横截面积。

(3) 锻造工序的选择。锻造工序的选择一般是先将锻件根据其形状特征进行大致分类,然后再根据其形状、尺寸、各种锻造工序的特点及已有的实践经验,结合现场条件来安排。

自由锻工序的选择与整个锻造工艺过程中的加热次数(称“火次”)和变形程度有关。坯料的加热次数及每一次坯料成型所经工序都需明确规定,并在工艺卡上标出。