

项目二

塑性变形的理论



项目导入

在金属压力加工过程中,由于外力作用产生变形,这些变形有的随着外力消失而消失,有的会永久保留。在变形过程中它们遵守什么样的规律;在轧制等实际生产过程中有何指导意义;如何在实际运用塑性变形的的基本定律生产所需的产品,达到质量要求;金属材料在压力加工使其发生塑性变形过程呈现出的特征,如何通过一些措施加以改善,本项目中我们将做研究。

任务一 塑性变形基本定律



学习目标

- 回顾弹性变形和塑性变形的定义和特征。
- 掌握塑性变形的三大定律。
- 分析三大定律在实际生产中的应用。



任务描述

通过对金属材料学中对弹性变形和塑性变形的回顾,理解其含义。学习和理解金属压力加工过程中金属材料发生塑性变形遵守的三大定律,从而了解在实际生产中如何运用塑性变形的的基本定律进行生产工艺参数的确定,得到合格的产品。



相关知识

当物体受到外力作用时,其形状与尺寸发生变化,称之为变形。变形按其实质来说分为弹性变形和塑性变形。

一、弹性变形

物体在外力的作用下发生变形,在外力去除后形变即恢复的性质,称为弹性变形。

二、塑性变形

物体在外力的作用下发生变形,在外力去除后物体不能恢复原来的形状而保持变形后

的形状称为塑性变形。

三、弹性变形和塑性变形的特征

如图为低碳钢拉伸曲线。

1. 弹性变形的特征

(1) 应力和应变是直线关系,如图 2-1 中的 ob 段为弹性变形阶段。

(2) 外力只改变原子间距离,而不破坏其联系,当外力消失后原子又回到其原来的平衡位置,物体恢复原来形状。如图 2-2(b)所示。

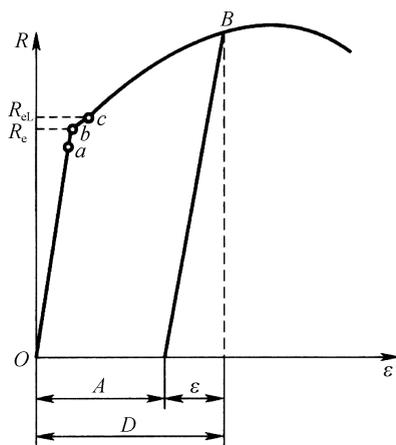


图 2-1 低碳钢拉伸曲线

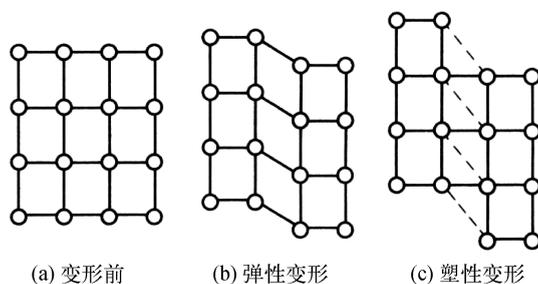


图 2-2 晶格形式

(3) 弹性变形过程材料基本性质不变。

2. 塑性变形的特征

(1) 塑性变形在弹性变形基础上产生,总变形等于弹性变形和塑性变形之和。卸载后物体的变形不会完全消失,只消失弹性变形,如图 2-1 中的 ϵ ;保留塑性变形,如图 2-1 中的 A 。

(2) 应力和应变不再是直线关系。

(3) 外力不仅改变原子间距离,而且破坏其原有的联系。

(4) 塑性变形改变了材料内部原子的联系,从而改变了材料的性能。

温馨提示

材料的屈服强度(拉伸实验期间发生塑性变形而力不增加时的屈服点对应的应力值)可在材料手册中查得,一般机件都是在弹性状态下工作,不允许有微小的塑性变形。但如果通过压力加工使材料发生塑性变形,从而获得所需的形状与尺寸,加在材料上的外力产生的应力值必须超过屈服强度,这是确定材料变形抗力的依据。

**任务实施****一、体积不变定律及其应用****1. 体积不变定律**

这是质量守恒定律在金属压力加工中的应用。由于质量=密度×体积。在金属压力加工过程中,通常认为变形前后金属的密度保持不变,从而得到体积保持不变。若设变形前金属的体积为 V_0 ,变形后的体积为 V_1 则有

$$V_0 = V_1 = \text{常数}$$

实际上,金属在塑性变形过程中,其体积总有一些变化,这是由于:

(1) 在轧制过程中,金属内部的缩孔、气泡等被焊合,密度提高,因而改变了金属的体积。金属除加工前期外,热加工时,其体积是不变的。

(2) 热轧过程中,金属因温度变化而发生相变以及冷轧过程中金属组织结构被破坏,也会引起金属体积的变化,不过这种变化都极为微小。

2. 体积不变定律的应用

(1) 确定轧制后轧件的尺寸 如果变形前矩形断面的工件厚度、宽度、长度分别为 H 、 B 、 L ,变形后变化为 h 、 b 、 l ,根据体积不变定律,可以写为

$$HBL = hbl$$

若变形前后工件的截面是其他任意形状,变形前后的横断面积分别用 F_0 和 F_1 ,根据体积不变定律可写为

$$F_0L = F_1l$$

体积不变定律在工程计算中十分有用。如已知产品的断面积和定尺长度选择合理的坯料尺寸,或已选定坯料尺寸计算轧件轧后长度等都根据这个定律来计算。

【例 2-1】 用 220 mm×1000 mm×6000 mm 的板坯轧制成厚度为 20 mm,宽度为 3.5 m 的板材,能轧多长?(不计损耗)

解

$$220 \times 1\,000 \times 6\,000 = 20 \times 3\,500 \times l$$

$$l = \frac{220 \times 1\,000 \times 6\,000}{20 \times 3\,500} = 18\,857.1 \text{ mm} \approx 18.86 \text{ m}$$



图 2-3 板坯、板材实物图

轧后板材长理论计算为 18.86 m,但是由于轧制生产不可避免会产生损耗,如热轧生产中加热过程产生的烧损,轧制过程中的剪头、尾,精整过程中的切边等,在实际生产中不能忽略。

(2) 确定轧辊的转速 轧件同时经过两架或以上轧机的轧制方式称为连续式轧制,简称连轧。如图 2-4 所示。连轧中要保证不堆钢和拉钢不变,要使单位时间内金属从每架轧机间流过的体积保持相等:

$$\text{即 } F_1 v_1 = F_2 v_2 = \dots = F_n v_n$$

F_1, F_2, \dots, F_n ——每架轧机轧件出口的断面面积, mm^2 ;

V_1, V_2, \dots, V_n ——各架轧机轧件的出口速度, mm/s 。

利用此公式可以确定每一架轧机的工作转速,保证轧件顺利通过每一个孔型。

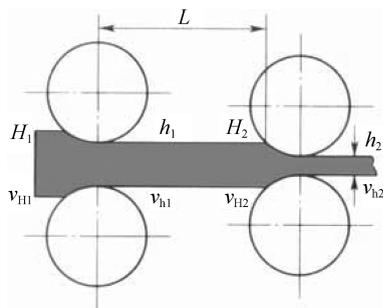


图 2-4 连轧示意图

(3) 确定最小坯料尺寸 在轧制中已知产品的尺寸,反过来确定使金属消耗量最小的坯料尺寸。

【例 2-2】 某轨梁轧机上轧制 50 kg/m 的重轨,其成品理论横断面积为 6 580 mm^2 ,孔型设计时选定的钢坯断面尺寸为 325 mm×280 mm,要求一支钢坯轧成三支定尺寸为 25 m 长的重轨,计算合理的钢坯长度应为多少?

解 根据生产实践经验,选择加热时烧损率为 2%,轧制后切头、切尾及重轨加工余量共长 1.9 米,根据标准选定由于钢坯圆角损失的体积 2%。由此可得轧后轧件长度应为:

$$l = (3 \times 25 + 1.9) = 76.9 \text{ m} = 76\,900 \text{ mm}$$

$$\text{则: } 325 \times 280 l (1 - 2\%) (1 - 2\%) = 76\,900 \times 6\,580$$

$$l = \frac{76\,900 \times 6\,580}{325 \times 280 \times 0.98^2} = 5\,673 \text{ mm}$$

故选择钢坯长度为 5.7 m。

加油站

热轧生产的基本工艺流程为原料准备——加热——轧制——精整(矫直、剪切等),因此,不可避免会在加热过程中由于生成氧化铁皮而产生损耗,轧制过程为保证正常生产和产品质量而切头、切尾,精整过程中的切边等也会有损耗。实际轧制生产中,有一重要的经济技术指标来表示,即成材率。

成材率的定义是单位质量的金属能生产出合格钢材的百分率,以这个指标可以大致估算轧制过程中的损耗。

【例 2-3】 要生产断面尺寸为 $3.0\text{ mm} \times 1\,200\text{ mm}$, 定尺 $1\,200\text{ m}$ 的板坯, 板坯断面尺寸 $210\text{ mm} \times 1\,250\text{ mm}$, 成材率为 98.2% , 加热炉可装最大板坯长度 9.5 m , 请问板坯长度多大最合适?

解 假设板坯长度取最大, 则可生产定尺板材块数为:

$$210 \times 1250 \times 9500 \times 98.2\% = 3 \times 1200 \times 12000 \times n$$

$$n = 56.7$$

取块数为 56, 则需板坯长度为:

$$\frac{3 \times 1\,200 \times 12\,000 \times 56}{210 \times 1\,250 \times 98.2\%} = 9.384\text{ m}$$

二、最小阻力定律及其应用

1. 最小阻力定律

物体在变形过程中, 其质点有向各个方向运动的可能时, 将沿着阻力最小的方向移动。

2. 最小阻力定律的应用

(1) 判断金属变形后的横截面形状 如图 2-5, 随着压缩量的增加, 矩形断面逐渐变成多面形、椭圆和圆形, 若画出矩形断面的角平分线, 就可以很容易判断各区域内质点的流动方向, 如图 2-5 箭头指向。分析得到以下法则:

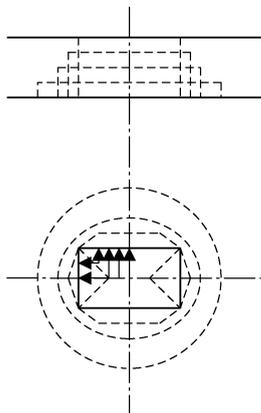


图 2-5 锻压矩形断面的变形规律

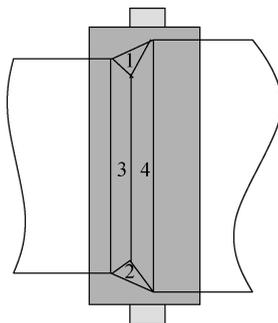


图 2-6 轧制时的变形区

① 一是最短法线法则: 镦粗矩形柱体时, 在垂直镦粗方向的任一剖面内的任一点, 其移动方向是朝着与周边垂直的最短法线方向进行的(见图 2-5)。

② 二是最小周边法则: 横断面为任意形状的棱柱体或圆柱体, 在存在摩擦的条件下进行塑性镦粗时, 将力图使断面的周界为最小, 在极限情况下为圆。

(2) 利用最小阻力定律分析小辊径轧制的特点 在压下量相同的情况下, 轧件在变形区中的延伸方向接触弧长度是不同的, 即大辊直径较小辊直径的接触弧长, 因此, 在该方向上产生的摩擦阻力也是大辊径较小辊径的大, 故在这两种辊径下轧制出来的轧件尺寸厚度相同外, 其长度和宽度是不相同的。用小辊径轧制出来的轧件长度较长, 而宽度较小。

(3) 在轧制生产中, 延伸总是大于宽展 如图 2-6 所示, 金属质点流动的方向由角平分线连接的四个区域而定, 1~2 区内的质点向宽度方向流动; 3~4 区内的质点向长度方向流动。由于金属质点沿长度方向流动的比宽度方向多, 使延伸大于宽展。

最小阻力定律在压力加工中应用十分广泛, 模锻的模具设计, 轧制的孔型设计, 都要应用它来帮助我们分析变形金属质点的规律。

三、弹—塑性变形共存定律及其应用

1. 弹—塑性变形共存定律

物体在塑性变形之前必须先产生弹性变形, 在塑性变形阶段也伴随着弹性变形的产生。

2. 弹—塑性变形共存定律的应用

弹—塑性变形共存定律在轧钢中具有重要的实际意义, 可以指导人们的生产实践。如图 2-1 所示, 总变形等于弹性变形和塑性变形之和, 卸载后物体的弹性变形 ϵ 消失, 保留塑性变形 A 。

(1) 用来选择工具 轧制过程是使轧件产生塑性变形, 而轧辊不允许有任何塑性变形, 并且弹性变形越小越好。因此, 设计轧辊时选择弹性极限高的材料; 反之, 轧件变形抗力越小、塑性越高越好。

(2) 轧件的轧后高度总比预先设计的尺寸要大 轧件轧制后的真正高度应等于轧制前事先调好的辊缝高度(两平行轧辊之间的距离)、轧制时轧辊的弹性变形(轧机所有部件的弹性变形在辊缝上所增加的数值——辊跳)和轧件的弹性变形之和。

小知识

大家一起讨论: 钢板通过两轧辊轧制, 若其缝隙设置为 20 mm, 得到的板厚是否为 20 mm? 为多少? 为什么?

轧件通过轧制, 由于轧辊与轧件的弹性变形, 轧件的压下量要比人们所期望得到的小, 如期望得到 20 mm, 实际调整辊缝应小于 20 mm, 具体小多少, 取决于轧机和轧件的弹性变形。而轧机的弹性变形所造成的影响可采取一些有效措施加以消除。如采用强度、刚度都很高的合金钢轧辊, 以及小直径工作辊和大的支撑辊。

任务二 金属的塑性与变形抗力



学习目标

- 掌握金属的塑性定义、塑性指标。
- 理解塑性图的含义及其应用。
- 分析影响塑性的因素,得出提高塑性的措施。
- 理解变形抗力的含义和确定方法。



任务描述

金属在压力加工过程表现出产生永久变形的能力,以及抵抗变形的能力,称之为金属的塑性与变形抗力。了解有关塑性与变形抗力的知识,保证加工顺利完成。同时通过一系列的措施达到提高塑性、降低变形抗力的目的。联系在生产实践中的运用。



相关知识

一、金属塑性的概念

金属之所以能够进行压力加工而不产生断裂,主要就是由于金属具有塑性这一特点。所谓塑性,是指金属在外力作用下,能稳定地产生永久变形而不破坏其完整性的能力。

金属塑性的大小,可以用金属在断裂前产生的最大变形程度来表示。它可以表示压力加工时金属塑性变形的限度。所以也叫“塑性极限”,也称为“塑性指标”。

二、塑性指标

测定金属塑性的方法,最常用的有机械性能试验法和模拟试验法(即模仿某加工变形过程的一般条件在小试样上进行试验的方法)两大类。要说明的是:每种实验方法测定的塑性指标,仅能表明金属在该变形过程中所具有的塑性。虽然如此,但也不应否定一般测定方法的应用价值,因为通过这些试验可以得到相对的和比较的塑性指标。这些数据可以定性地说明在一定变形条件下,哪种金属塑性高,哪种金属塑性低;或对同一金属,在哪种变形条件下塑性高,哪种变形条件下塑性低等。

常用的机械性能试验法:

1. 拉伸试验

拉伸试验是在材料试验机上进行的。拉伸速度通常在 $3\sim 10\text{ mm/s}$,相当于一般液压机的变形速度。

拉伸试验中可以确定两个塑性指标——延伸率(A)和断面收缩率(Z)。这两个指标越高说明材料的塑性越好。

2. 扭转试验

扭转试验是在专用的扭转试验机上进行。试验时圆柱形试样一端固定另一端扭转,用破断前的扭转转数(n)表示塑性的大小, n 越大说明金属的塑性越好。

除此之外,还有冲击试验、深冲试验、锻造及轧制时刚出现第一条肉眼可见的裂纹时的相对压下量 $(H-h)/H \times 100\%$ 、扩口试验、压扁试验、弯曲试验等。可以根据不同的要求和目的选择不同的塑性指标。

模拟试验法主要有镦粗试验和楔形轧制试验,这些方法都比较难以在实验室实施。

温馨提示

金属的塑性和柔软性是两个不同概念,而且它们之间不存在必然联系。柔软性反映的是金属的软硬程度,用变形抗力的大小来衡量。切不可认为,金属软或者说变形抗力小的金属塑性就好。

如热轧高温加热时产生过热或过烧的钢,其变形抗力很小,也就是柔软性很好,但塑性很差,很容易开裂,甚至完全丧失变形能力。

任务实施

在压力加工生产中研究金属塑性的目的是:选择合适的变形方法,确定最好的变形温度、速度条件以及可用的最大变形量。因为这些因素对金属的塑性都产生很大影响。

一、塑性图

一般常把测得的塑性指标用变形温度的函数形式表示出来,也就是画出塑性指标与变形温度关系的曲线图,称为塑性图。利用塑性图可以找到在一定的变形条件下的最好加工温度范围,或者加工时避开金属的低塑性温度区域。

下面以 W18Cr4V 高速钢为例,运用塑性图分析其塑性指标随温度变化情况。

该塑性图中的塑性指标有延伸率(δ ,新标准用 A 表示)、断面收缩率(ψ ,新标准用 Z 表示)、冲击韧性(α_k)以及强度极限(σ_b ,新标准用 R_m 表示)随温度的变化曲线。

由图 2-7 可见,该钢种在 $900 \sim 1200^\circ\text{C}$ 范围内具有最好的塑性,因此可将该钢种的塑性变形温度确定在以上范围内。塑性加工(如轧制)前钢锭加热时的最高温度为 1230°C ,超过此温度,钢可能产生裂纹或轴向断裂;变形终了温度不应低于 900°C ,否则不仅塑性明显降低,而且变形抗力急剧增大。

要说明的是,为了正确确定金属的变形温度范围,仅有塑性往往是不够的,因为许多金属与合金的加工,不仅要保证顺利实现成形过程,还必须满足钢材的某些组织性能方面的要求,为此,在确定变形制度时,除了塑性图之外,还要配合引用

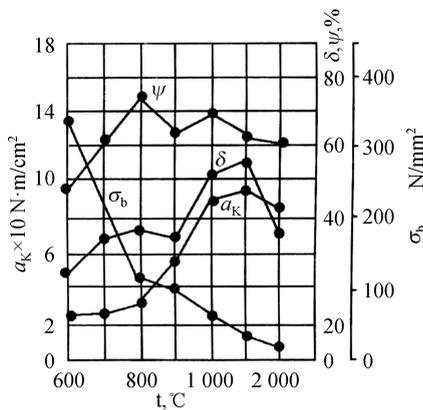


图 2-7 W18Cr4V 高速钢的塑性图

合金状态图和再结晶图以及必要的显微组织检查,才能确定出最合适的变形温度和变形量。

二、影响塑性的主要因素和提高塑性的途径

影响金属塑性的因素很多,大致可分为内因和外因两个方面:

内因:金属的自然性质;

外因:变形的温度—速度条件和变形的力学条件(即应力状态和变形状态)。

内因是关于材质方面的因素,外因则属于加工条件方面的因素。

1. 金属的自然性质对塑性的影响

(1) 化学成分的影响 纯金属的塑性最好,若其中有另外的元素,则其塑性将会随各种元素的种类和含量变化。各元素对钢的塑性的影响关系如下:

① 碳:碳的含量越高,塑性越差,其热加工的温度范围越窄。

② 硫:是钢中有害元素,与其他元素反应生成低熔点硫化物,在变形时开裂,产生热脆。

③ 锰:锰的硫化物熔点较高,并且它在钢中不是以膜状包围晶粒,而以球状夹杂形式存在。另外,锰和硫有较强的亲和力。因此,在钢中加入锰,就可形成硫化锰以取代易引起红脆性的硫化铁等其他硫化物,从而使钢的塑性提高。

④ 磷:固溶于铁素体使强度、硬度提高,而塑性、韧性下降时,尤其在低温下显得更加严重,称为冷脆。

(2) 组织状态的影响 生产中常见的金属与合金,在基本元素之外还含有其他合金元素,这些元素对材料的塑性均有一定影响,而且其影响往往是很不相同的,这主要取决于它们在材料中所处的状态。若所含的合金元素在加工温度范围内与基本元素形成单相固溶体,则有较好的塑性,与基本元素或其他元素形成化合物,则使塑性降低。

单相组织比多相组织的塑性好,这是因为多相组织中各相的机械性能不一,在变形时互相受到阻碍,引起内应力升高,从而降低金属的塑性。

晶粒大小对塑性也有影响。冷变形时,晶粒细小塑性较高;随晶粒增大,塑性降低。因为晶粒细小,晶界强度高,变形集中于晶内,表现出较高的塑性,晶粒粗大者易发生晶间变形,使塑性变坏。晶粒大小相差悬殊的多晶体,由于各晶粒变形的难易程度不同,造成变形和应力分布很不均匀,结果使塑性降低。

铸造组织的金属由于晶粒粗大,柱状晶存在方向性,化学成分偏析以及成分和组织不均匀等原因,加工时会产生不均匀变形,出现有害的附加拉应力,导致铸坯塑性较低。

2. 变形温度——速度条件对塑性的影响

(1) 变形温度的影响 温度是影响塑性的最主要的因素之一。一般是随着温度的升高塑性增加。因为随着温度的升高,原子热运动的能量加大,可能出现新的滑移系统,从而使塑性变形容易进行。同时随着温度的升高,利于回复与再结晶过程的发展,可在变形过程中实现软化过程,从而使在塑性变形过程中造成的破坏和缺陷的修复可能性增加。所有这些条件,都将导致塑性的提高。

关于塑性随温度升高而提高的上述见解,只在一定条件下才是正确的,因为变形温度的影响和材料本身的组织结构有密切的关系,若是相态和晶粒边界状态随着温度变化而发生了变化,在塑性曲线上可能出现凹陷(即出现脆性区)。现以温度对碳钢塑性的影响的一般

规律作为典型曲线分析(如图 2-8 所示);用 I、II、III、IV 表示塑性降低区域(凹谷);用 1、2、3 表示塑性增高区域(凸峰)。

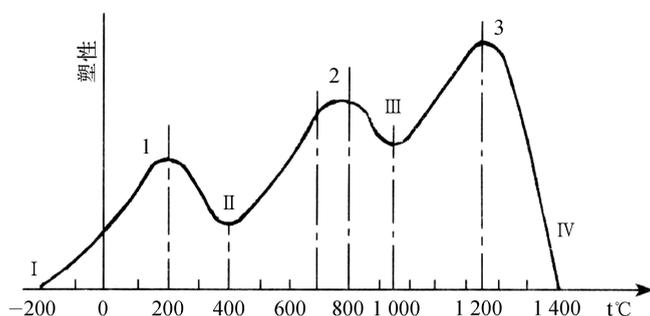


图 2-8 变形温度与碳钢塑性的关系曲线

在区域 I 中金属塑性极低,到 -200°C 时塑性几乎完全丧失,这大概是由于原子热运动能力极低所致。也有人认为,低温脆性的出现,与晶粒边界的某些组织组成物随温度降低而脆化有关。例如含磷高于 0.08% 和含砷高于 0.3% 的钢轨,在零下 $40\sim 60^{\circ}\text{C}$ 已经变成脆性。

塑性降低的区域 II,位于 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 的范围内,此区域为难脆区,其产生原因不明确,一般认为某些夹杂物析出或渗入晶界,使金属塑性降低。

塑性降低的区域 III,位于 $800\sim 950^{\circ}\text{C}$ 的范围内,此区域的出现与相变有关。由于在相变区有铁素体和奥氏体共存,产生了变形的不均匀性,存在附加拉应力,使塑性降低。也有人认为,此区域的出现是由于硫的影响,故称为红脆(热脆)区。

塑性降低的区域 IV,接近于金属的熔化温度,此时晶粒迅速长大,晶间强度逐渐削弱,当再次加热时可能发生金属的过热和过烧现象。

现在分析塑性增高的区域。区域 1 位于 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的范围,在此区域内,塑性增加是由于在冷变形时原子动能增加的缘故(热振动)。区域 2 位于 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ 的范围,由 440°C 到 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$,有再结晶和扩散过程发生。这两个过程对塑性都有好的影响。区域 3 位于 $950\sim 1250^{\circ}\text{C}$ 的范围,在此区域中没有相变,钢的组织是均匀一致的奥氏体。

(2) 变形速度的影响 变形速度对塑性的影响是比较复杂的。一般认为,当变形速度不大时,随变形速度的提高塑性降低;而在变形速度较大时,随着变形速度的提高塑性增加。可用下图 2-9 表示:

(3) 变形力学条件的影响 金属在塑性变形时,应力状态图示中拉应力的成分越少、压应力的成分越多,则金属的塑性越好。按应力状态是否有利于塑性的发挥,可以这样排列对塑性加工有实际意义的体应力状态图:三向压应力状态图最好,两压一拉次之,两拉一压更次之,三向拉应力图是最坏的。

变形状态对塑性的影响,一般可用主变形图来说明。因为压缩变形有利于塑性的发挥,而延伸变形则有损于塑性,所以主变形图中压缩分量越多,对于充分发挥物质的理性越有利。按此原则可将主变形图排列为:两向压缩一向延伸的主变形图最好,一向压缩一向延伸

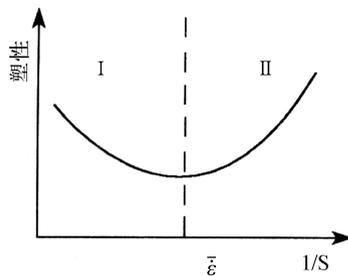


图 2-9 变形速度对塑性的影响

者次之,两向延伸一向压缩的主变形图最差。

主变形图对金属塑性影响的这一规律可做如下解释,在实际的变形物体内都不可避免的或多或少存在着各种缺陷,如气孔、夹杂、缩孔、空洞等。这些缺陷在两向延伸一向压缩的主变形图的作用下就可能向两个方向扩大而暴露弱点,使点缺陷变为面缺陷,因而对塑性危害增大;但在两向压缩一向延伸的主变形图条件下,面缺陷可被压小而变成线缺陷,使其危害减小。

如下图:

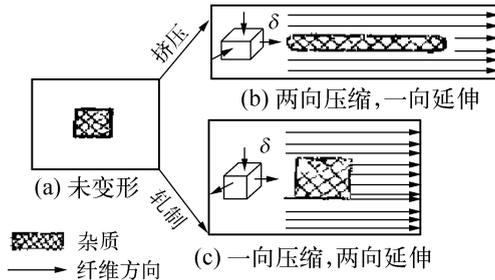


图 2-10 主变形对金属缺陷的影响

三、变形抗力

变形抗力是金属抵抗变形的能力。有时也称变形阻力,通常用某一变形条件下单向应力状态时的屈服极限作为变形抗力的指标。实际塑性加工时,如轧制、锻压、挤压、拉拔等,多数是在三向或两向应力状态下进行的。因此,对于加工同一种金属材料,在主作用力方向上的单位变形力在数值上一般要比单向应力状态下所测定的变形抗力大。

1. 变形抗力的确定

$$\sigma_s = K\sigma_{s30\%}$$

式中: σ_s ——该道次变形抗力,MPa;

$\sigma_{s30\%}$ ——压下率为 30%测定的变形抗力,MPa;

K ——与实际压下率有关的修正系数。

2. 影响变形抗力的因素

(1) 化学成分和组织结构的影响 钢中合金元素或杂质含量增加,均会使变形抗力增大。如钢中含碳量增加 0.1%,可使强度极限提高 60~80 N/mm²;含锰量增加 0.1%,可使强度极限提高 36 N/mm²。

金属的变形抗力与其显微组织有密切关系。如前所述,晶粒大小就是其中的一个重要因素。晶粒越细小,变形抗力越大。金属中的夹杂物对变形抗力也有影响。在一般情况下,夹杂物会使变形抗力升高。

(2) 变形温度的影响 对于同一种金属,在一定的温度区域内,金属的变形抗力是随着温度的升高而降低的。

(3) 变形速度的影响 对于每一种金属,在设定的温度条件下都有其特征变形速度。在小于此特征变形速度的范围内改变变形速度时,它对变形过程没有影响。但变形速度大

于此特征变形速度时,则提高变形速度会使变形抗力增大;同时也会使所有软化过程,物理—化学过程和需要时间来实现有强烈扩散性质的塑性变形机制受到阻碍。主要原因:加工硬化和再结晶软化过程来不及完成。

3. 降低变形抗力的常用措施

合理选择变形温度和变形速度,采取良好的润滑措施;减小工具、模具与变形金属的接触面积。

加油站

从变形抗力的计算公式,我们已经知道它是在单向应力状态下测定的变形抗力,根据实际轧制生产工艺参数进行修正。那么,如何根据轧制工艺参数来修正变形抗力呢?

1. 轧制工艺参数的主要内容

(1) 轧制温度:确定开始轧制、轧制终了以及轧制过程(轧制每一道次)的温度。

(2) 轧制速度:确定轧制过程的速度。

(3) 轧制变形:确定轧制的总变形量、每一轧制道次的变形量。如压下率 $\epsilon = \frac{H-h}{H}$

$\times 100\%$ 反映高度方向变形程度,是一个非常重要的变形参数。

2. 查找特定钢种在一定试验条件得到的变形抗力曲线。如图为压下率为 30% 的 Q235 钢在不同温度下其变形抗力随变形速度变化的曲线。

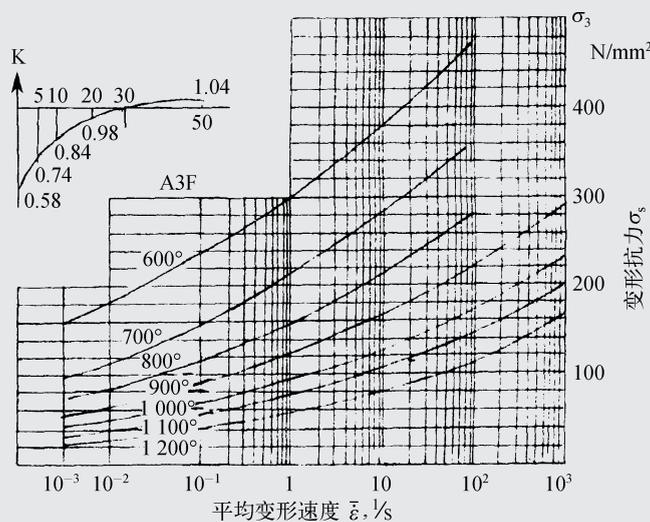


图 2-11 Q235 变形抗力曲线

3. 根据实际轧制条件进行修正。

【例 2-4】 若某轧制道次轧前轧件厚度 $H=5$ mm, 轧后厚度 $h=4$ mm, 轧制温度 $t=1100^\circ\text{C}$, 平均变形速度: $\bar{\epsilon}=201/\text{S}$, 钢种为 Q235, 计算该道次的变形抗力。

$$\text{解 } \epsilon = \frac{H-h}{H} \times 100\% = \frac{5-4}{5} = 20\%$$

按温度、变形速度条件得压下率为 30% 时的变形抗力等于 117 MPa。

由修正曲线可知: $K=0.98$, 代入:

$$\sigma_s = K\sigma_{s30\%} = 0.98 \times 117 = 115 \text{ MPa}。$$

确定轧制生产工艺参数会借助大量的经验公式与实验图表,大家通过这样的例题分析训练,学习这种分析处理方法,用于生产实践中,为实际问题提供理论依据。

任务三 金属塑性加工中的摩擦与润滑



学习目标

- 掌握金属塑性加工外摩擦的概念、特征和作用。
- 掌握摩擦系数在塑性加工中确定的方法。
- 分析影响外摩擦的因素,根据生产实际需求来加以控制、调节。
- 了解轧制生产工艺润滑的作用和意义。



任务描述

金属在压力加工过程中,变形金属与工具接触表面之间存在着外摩擦,对金属的变形过程产生很大的影响。因此我们的任务是:认识外摩擦的特征、作用,确定摩擦系数,学习实际生产中会有哪些因素影响它,从而才能在实践活动进行控制,利用。对压力加工过程中的外摩擦进行讨论,具有重要的实际意义。



相关知识

一、外摩擦的定义

金属压力加工中变形金属与工具接触表面之间存在的阻碍金属自由流动的摩擦力,称为外摩擦。外摩擦普遍存在于工具和变形金属的接触面之间,它对金属的塑性变形过程产生着很大的影响。

二、外摩擦的特征

与一般机械中的摩擦相比,塑性加工中摩擦的主要特点如下:

1. 工具与工件接触面上的单位压力大

热加工时约为 50~500 MPa,冷加工时可达 50~2 500 MPa。而重载的轴承上,其单位

压力不超过 20~40 MPa。由于压力很大,工具产生很大弹性变形,润滑剂带入变形区较难,易从变形区挤出,还会改变润滑剂的性能,从而使润滑困难。

2. 接触表面不断更新和扩大

由于工件塑性流动新生表面依次袒露,旧接触表面上的氧化皮和污染膜不断败坏,旧的表面不断被破坏,新的表面不断形成,使摩擦系数不断发生变化。

3. 作为摩擦对的工具与工件之间性质差别大

压力加工中的工具强度和刚度都很大,只发生弹性变形;而工件主要是产生塑性变形。这会导致变形金属和工具在接触表面产生很大滑动。冷轧带钢时相对滑动速度可达 8 m/s。

4. 接触表面温度较高

热加工时钢温可达 800~1 200℃,有的难熔金属的热加工温度高达 1 200~2 000℃,冷拉拔与冷锻时一般可达 200~300℃。高温不仅会改变金属氧化膜的厚薄、结构和性能,也会改变工件金属的组织与性能。

三、外摩擦在金属压力加工中的作用

从外摩擦的作用来分可以分为有益摩擦和有害摩擦。

1. 有益作用

在轧制过程中,由于外摩擦的存在,轧件得以被轧辊咬入,而且稳定轧制阶段的正常进行也需要摩擦力来维持,因此,在轧制过程中摩擦力是不可缺少的。轧制时,还可以根据摩擦系数的变化来控制延伸和宽展。

2. 不利影响

(1) 改变了应力及变形的分布 由于外摩擦的存在,金属在变形时的应力状态会发生变化,导致变形不均。如:锻粗金属时由于摩擦力的存在,由单向压缩变成三向压缩,使其侧面变成鼓形。

(2) 引起变形力和能耗增加 压力加工时,不但要使金属产生塑性变形,还要克服摩擦阻力的作用。一般摩擦可使变形力增加 10%~30%。由于变形力增加,加工道次多、能耗增加。

(3) 降低工具使用寿命,降低产品质量 引起工具磨损,缩短工具寿命,增加工具的消耗。同时还降低产品表面质量和尺寸精度,产品内部组织和机械性能不均匀。

四、外摩擦的分类

在金属压力加工中,按照接触表面的特征,可把外摩擦分为以下几类:

1. 干摩擦

干摩擦是指变形金属和工具之间没有黏性介质存在而直接接触产生的摩擦。这种摩擦是很难存在的。

2. 半干摩擦

半干摩擦是指在变形金属和工具的接触表面内,有部分区域存在黏性介质的薄膜。

3. 吸附润滑摩擦

在接触表面有一个吸附层薄膜,这种薄膜不因压力的增大而变薄,不具有一般液体的流

动性质。这种摩擦叫吸附润滑摩擦。

4. 液体润滑摩擦

在润滑剂作用下,金属与工具完全被隔离开,接触表面不再直接接触。这种摩擦叫液体润滑摩擦。



任务实施

一、摩擦定律及摩擦系数的确定

1. 摩擦定律

在干摩擦的情况下,摩擦力的大小与接触表面的正压力、摩擦对的性质和状态有关。在干摩擦的基础上,得出以下近似规律:当摩擦对接触表面上的其他条件相同时,摩擦力与接触表面的正压力成正比——库仑摩擦定律。

数学表达式为: $T = fP = f\sigma_N F_N$

式中: f ——摩擦系数;

P ——接触表面的正压力;

σ_N ——接触表面的正应力;

F_N ——摩擦对接触的宏观面积。

2. 摩擦系数的计算

热轧时的摩擦系数可用艾克隆德(Ekelund)经验公式计算:

$$f = K_1 K_2 K_3 (1.05 - 0.0005t)$$

式中: K_1 ——轧辊材质影响系数,可查实验数据,或对钢轧辊取 $K_1 = 1.0$,铸铁轧辊取 $K_1 = 0.8$;

K_2 ——轧制速度的影响系数;

K_3 ——轧件材质的影响系数;

t ——轧制温度,单位: $^{\circ}\text{C}$, $t > 700^{\circ}\text{C}$ 时适用。

这些系数我们可以通过查找对应的实验曲线或实验数据来选取(表 3-1)。

表 3-1 轧件材质的影响系数

钢 种	K_3
碳素钢	1.0
奥氏体钢	1.4
铁素体钢	1.55

此部分的案例我们将结合项目四做分析。

三、影响外摩擦的因素

表 3-2 影响外摩擦的因素及影响规律

影响因素	主要规律	举例说明
1. 工具的表面状态	<ol style="list-style-type: none"> 1. 摩擦系数的大小与轧辊的表面粗糙度有关,表面越光洁,则摩擦系数就越低。 2. 摩擦系数具有方向性。 3. 工具的使用(或磨损)使摩擦系数增大,并明显地引起摩擦的方向性。 	<p>新轧辊摩擦系数较小,因此,在压下量相同时,旧轧辊比新轧辊容易咬入;而钢材的表面质量则是新轧辊比旧轧辊。</p> <p>新轧辊表面的摩擦系数在不同的方向是不相同的。如轧辊表面圆周方向的摩擦系数比横向摩擦系数一般要小 20% 左右,这主要是由于轧辊在车削或磨削时是沿轧辊的圆周方向进行加工的,轧辊表面总有环向刀痕,使其表面的摩擦系数产生了方向性</p>
2. 变形金属的表面状态	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在变形的开始道次,粗糙的钢坯表面使摩擦系数增大。 2. 最初道次以后,变形金属表面将呈现工具表面的压痕,此时变形金属的表面状态取决于工具的表面状态。 3. 加热过程中产生的炉生氧化铁皮轧制时摩擦系数较大。 	<p>如铸坯的表面凸凹不平较严重时,会因这种粗糙的接触表面使摩擦系数增大。</p> <p>当炉生氧化铁皮经变形而脱落后,再生的细而薄的次生氧化铁皮的摩擦系数较小</p>
3. 变形金属与工具的化学成分	<ol style="list-style-type: none"> 1. 轧辊材质的影响是:钢轧辊比铸铁轧辊易粘钢且摩擦系数也大。 2. 钢种的影响是:不同钢种的摩擦系数差异很大。高碳钢和低合金钢的摩擦系数比低碳钢的高。 	<p>钢轧辊的含碳量比铸铁的低,所以钢轧辊的硬度低,不耐磨,轧制一段时间后表面变得粗糙,使摩擦系数增加。</p> <p>在生产过程中,钢种的更换对摩擦系数影响很大。在编制作业计划时,应尽量避免频繁掉换钢种</p>
4. 变形温度	<ol style="list-style-type: none"> 1. 热轧时,随着轧制道次的增加,轧件的温度不断降低,摩擦系数数变得越来越大。 2. 温度较低(400℃左右)时,金属表面的氧化膜黏附在表面上,质地又较硬,与工具之间的摩擦系数较小。 	<p>轧制含碳量低于 0.5% 的钢件时,摩擦系数达到最大值的温度为 800 ~ 1050℃。原因是表面的氧化铁皮随温度的升高而加厚,结果导致摩擦系数增加;此后,随温度升高摩擦系数逐渐降低,原因是表面的氧化铁皮随温度的升高而软化。起到了润滑剂的作用,结果导致摩擦系数降低</p>
5. 轧制速度	摩擦系数随轧制速度的增加而降低。	<p>摩擦系数与轧制速度的这种变化规律,在生产实践中得到了广泛的应用。例如,在可调速的可逆式轧机上进行轧制时,为了不使咬入条件恶化,往往采用低速咬入高速轧制的方法,即轧辊在低转速下将轧件拉入轧辊,一旦轧件被轧辊咬入后就提高轧辊的转速,使轧件迅速变形,这种轧制方法是对摩擦系数的合理利用</p>
6. 冷却水	<ol style="list-style-type: none"> 1. 冷却轧辊的冷却水有一定的润滑作用,即冷却水有降低摩擦系数的作用。 2. 由于大量水的冷却,会造成轧辊表面冷热状态的急剧变化,使轧辊表面产生爆裂。甚至会产生剥落和掉肉等缺陷。 	<p>在钢板的热轧生产中没有采用什么润滑剂,然而用来冷却轧辊的冷却水却起到了一定的润滑作用。这是因为冷却水的作用首先保证了轧辊的强度和表面硬度,因而使轧辊的磨损率降低;同时又保证了钢板的表面质量。</p>

四、金属塑性加工中的工艺润滑

1. 工艺润滑的目的

- (1) 将轧制压力降低 10%~20%，功率消耗也相应降低。
- (2) 轧辊磨损减少 40%~60%，使轧辊使用寿命成倍延长。
- (3) 改善产品表面质量及板型。
- (4) 减少二次氧化铁皮的产生。

2. 工艺润滑剂的基本要求

- (1) 便于喷涂,有较强的黏附能力,并有一定的粘度。
- (2) 成分和性能稳定。
- (3) 要有适当的闪点及燃点。
- (4) 要有很高的比热容。
- (5) 杂质和残留物应符合要求,便于清理。
- (6) 资源丰富,成本要低。

3. 工艺润滑剂的种类

(1) 液体润滑剂 矿物润滑油、动植物润滑油,以合成脂肪酸为基础的油,矿物油和植物油或合成油的混合物,以植物油生产废料为基础的润滑油。

(2) 乳化液 由水和被乳化的油类所组成,油以微小的颗粒状悬浮于水中。常用乳化液由水、矿物油或肥皂组成,水占 95%左右。

(3) 固体润滑剂 包括玻璃润滑剂和石墨润滑剂,主要用于挤压、锻造及轧管时心棒的润滑等方面。

任务四 金属塑性变形时应力和变形的不均匀性



学习目标

- 分析应力和变形不均匀现象。
- 理解各种应力的含义和产生的原因。
- 认识不均匀变形产生的后果。
- 联系实际,学习预防的措施。



任务描述

金属压力加工过程中,均匀变形是理想状态。根据实际变形情况,从不均匀变形产生的现象入手,学习运用专业理论知识,分析不均匀现象产生的原因,从而找到预防的措施,结合实践,运用于轧制工艺参数的确定,因此,分析讨论塑性加工时金属变形不均匀分布的现象可以采取有效措施来防止和减少其不良影响。



相关知识

均匀变形表现为物体在长、宽、高等方向上变形都是均匀的,如墩粗一个圆柱体的物体,每一次变形其形状都保持为圆柱体。但严格说,这是不可能的。实际生产中不均匀变形是客观存在的,而且对保证产品质量有着重大影响,所以,必须了解塑性变形的不均匀性,以便采取有效措施来防止或减轻其不良后果。



任务实施

一、变形的不均匀现象

下面我们就几种常见的金属压力加工方法中的不均匀变形现象加以讨论。

1. 圆柱体自由墩粗时的不均匀变形

在进行墩粗时,可以观察到以下现象:

(1) 当圆柱体的高度 H 与其直径之比较小时,由于变形较为渗透,且接触表面上金属由于受摩擦力影响,流动较困难,所以变形后试件呈中部突出的单鼓形。

(2) 当圆柱体的高度 H 与其直径之比较大时,由于变形无法完全渗透到试件中部,而只能在两接触表面附近产生变形,同时接触表面上金属仍然受到摩擦力影响,流动较困难,所以变形后试件呈中部凹入,两端突出的双鼓形。

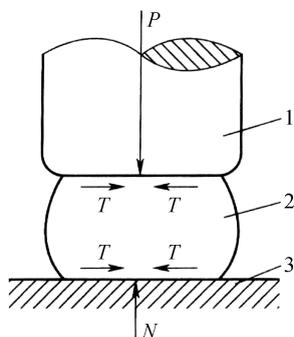


图 2-12 墩粗时不均匀变形

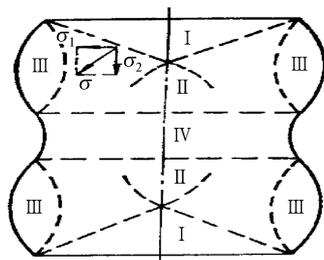


图 2-13 当墩粗高件时不均匀变形分布

2. 轧制时的不均匀变形

在轧制过程中,若钢坯较厚,而且相对压下量也比较小时,则轧件中层的塑性变形程度较小,变形量主要集中在接触表面附近的表层,使轧件变形后的横断面呈现鼓形。轧制时的不均匀变形反映在轧制产品的外形质量。如板材轧制出现的板形不良(图示波浪、镰刀弯状等),即主要因为在板的宽度方向延伸变形不均匀所致。

波浪是钢板表面沿长度方向呈现高低不平,像波浪一样高低起伏。它又分为中间波浪,两侧波浪和单侧波浪。

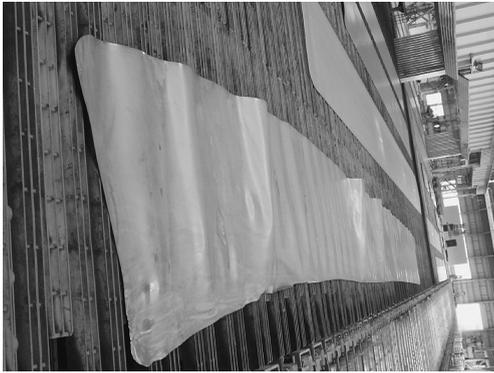


图 2-14 波浪板



图 2-15 镰刀弯

二、基本应力、附加应力和残余应力

轧制时,金属内的变形分布不均匀,不但会导致物体外形歪扭和内部组织不均匀,而且还会使变形物体内的应力分布也不均匀。此时,除基本应力外,还会产生附加应力。

1. 基本应力

由于外力作用所引起的应力叫做基本应力,基本应力在负荷卸载后会即行消失。

2. 附加应力

由于物体内部各处的不均匀变形受到物体整体性的限制,在变形体各部分之间相互平衡的内力引起的应力叫做附加应力。

在不均匀变形时,物体各部分不可能单独变形,因而相邻部分之间必然会相互牵制,以保持物体的完整性。这样,那些相对压下量较大,而具有较大延伸趋势的部分金属将受到邻近变形量、延伸量较小的金属的牵制,从而不能充分延伸,即受到附加压应力的作用。反之,变形量较小的那部分金属也会受到变形量大的金属的牵拉而具有发生较大延伸的趋势,即受到附加拉应力的作用。这些附加拉应力和附加压应力都是由彼此之间相互平衡的内力引起的。

基本应力与附加应力的代数和即为工作应力,工作应力决定了塑性变形时各部分金属的流动情况。即:工作应力=基本应力+附加应力。

当变形体绝对均匀时,由上式可知此时工作应力=基本应力。

3. 残余应力

塑性变形结束后仍保留在变形物体内的自相平衡的附加应力为残余应力。

由于附加应力在负荷卸载后仍然会存留在变形体内,因此我们可以通过附加应力的作用来分析各种轧制缺陷发生的原因,也可通过不同轧制缺陷反推附加应力的情况。

残余应力会导致金属的塑性降低,化学稳定性降低,导热/电性降低,并可能使金属发生翘曲,因而是非常有害的。

用热处理的方法可以使金属再结晶,从而消除或减小轧件内部的残余应力。

三、变形及应力不均匀分布的原因

引起变形及应力不均匀分布的原因主要有:接触面上的外摩擦、变形区的几何因素、工

具和工件的外廓形状、变形物体的外端、变形物体内部温度的不均匀分布以及变形金属的性质等等。这些因素的单独作用,或者几个因素的共同影响,可使变形的不均匀表现得很明显。

1. 接触面上的外摩擦

镦粗圆柱体时摩擦力对变形及应力分布的影响最明显。在变形力 P 的作用下金属坯料受到了压缩而使其高度减小,断面积增加。若在接触面上无摩擦力影响(并认为材料性能均匀),则发生均匀变形。

由于接触面上有摩擦力存在,使接触表面附近金属变形流动困难,而使圆柱形坯料转变成鼓形。在此种情况下,可将变形金属整个体积大致分为三个区域,Ⅰ为难变形区;Ⅱ为易变形区;Ⅲ为自由变形区。

由于不均匀变形的结果,在Ⅰ区及Ⅱ区内产生附加拉应力。在Ⅰ区内的附加拉应力一般说来没有危害,因为在该区内主要是三向压应力状态图示。而在Ⅲ区,由于附加拉应力作用的结果,使其应力状态图示发生了变化:环向(切向)出现拉应力,并且越靠近外层越大;径向压应力减弱,并且越靠近外层越小。镦粗有时侧面出现纵向裂纹,即为此环向拉应力作用的结果。

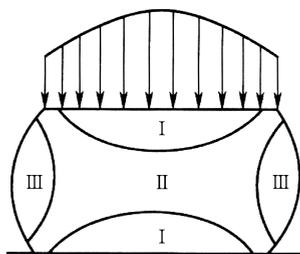


图 2-16 镦粗圆柱体时摩擦力对不均匀变形的影响

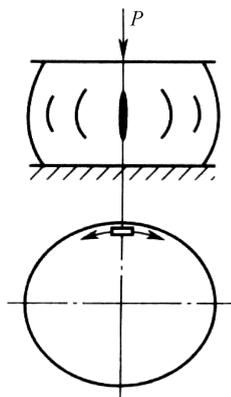


图 2-17 镦粗纵向裂纹

2. 变形区的几何因素

变形区的几何因素对轧制来说就是指轧件的厚度 H 与宽度 B 之比,对镦粗来说就是锻件的高度 H 与直径 d 之比。试验证明:

- (1) $H/d > 2$ 且变形程度较小时出现双鼓形;
- (2) $H/d \leq 2$ 时出现单鼓形。

H/d 越大,黏着区也越大,当摩擦系数一定时,随 H/d 值的减小,黏着区也减小,这时接触面上既有黏着区又有滑动区,当 H/d 进一步减小且采用轧制润滑时,黏着区可能消失,接触面完全由滑动区组成。

3. 工具和变形体形状

加工工具和工件的轮廓形状的影响,实质是使工件沿某方向上产生不同的变形程度,从而使物体内的变形和应力分布不均。

4. 变形体内温度分布不均匀

高温部分金属的变形抗力小,低温部分金属的变形抗力大,在同一外力作用下,此两部分金属产生的变形必然不同,并要引起附加应力。如热轧生产中由于上下面加热不均匀(即阴阳面)而可能产生缠辊事故。

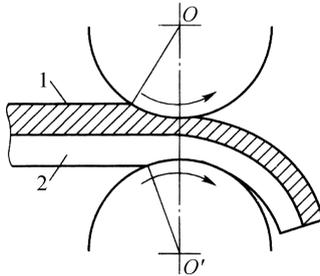


图 2-18 上部金属比下部金属延伸大而造成轧件弯曲现象
1—高温部分 2—低温部分

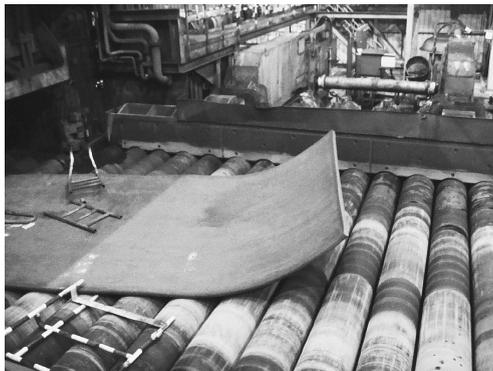


图 2-19 轧件不均匀变形形成弯曲现象

5. 变形体性质不均匀

当变形体的内部化学成分、组织结构、杂质以及加工硬化状态等状态分布不均时,都会使金属产生变形和应力不均匀分布。

因为不同成分的金属或杂质在塑性加工时的延伸性能不同,而且变形的难易程度也不一致,这就会导致应力集中,轻者产生裂纹,重者发生断裂。

四、不均匀变形引起的后果及预防措施

1. 不均匀变形引起的后果

在压力加工过程中,变形和应力不均匀分布会给生产过程造成许多不良影响。

(1) 使金属单位变形力增高 在产生不均匀变形时,将使变形体内产生各部分之间互相平衡的内力,即产生附加应力,使变形的能量消耗增大,也使单位变形力增高。此外,当应力不均匀分布时,将使变形体内实际应力分布情况与基本应力有很大不同,有时虽然作用着单向的基本应力,但工作应力却可能变成三向同名应力状态,从而也使单位变形力

升高。

(2) 使金属塑性降低 由于变形不均匀导致附加应力,当金属内某处附加应力与基本应力符号相同时,可能会使该处金属的工作应力最先达到强度极限而发生断裂,因而使加工时金属的塑性降低。

(3) 使产品质量下降 若变形终了时金属的温度较低,不能充分产生再结晶以消除不均匀变形引起的附加应力,则将有一定的附加应力残留于变形体内成为残余应力,从而使材料的机械性能降低。同时由于不均匀变形,变形体内各个部分的变形程度不同,这样的材料经再结晶退火后,将使各个部分的晶粒度不同而出现组织不均。变形不均匀的现象越严重,退火后各处的晶粒度差别越大。另外,不均匀变形还能造成产品外形产生弯曲或皱纹,严重时发生断裂造成产品报废。

(4) 使技术操作复杂化 由于不均匀变形使工具各部分磨损不均,降低工具使用寿命。带钢连轧时,可能破坏正常的连轧过程使操作复杂化。型钢生产中轧件易发生旁弯、上翘、下弯等现象,使导卫装置复杂化,甚至可能导致缠辊事故。对不均匀变形的轧材进行热处理时,也会使热处理工艺规程变得复杂。

2. 减轻不均匀变形的措施

(1) 尽量减轻接触面上的外摩擦 为降低摩擦系数,加工工具的表面应保持一定的光洁度,或采用适当的工艺润滑措施。

(2) 合理设计加工工具的形状 板带钢轧制时,要正确地设定辊型。热轧薄板时,由于轧制过程中轧辊辊身中部比辊身两端的温度高很多,产生更大的热膨胀,因而原始辊型应该设计为凹型。冷轧薄板时,应考虑轧辊辊身的弹性弯曲和变形区内辊面的弹性压扁,将原始辊型设计成凸型。型钢轧制时,要正确选择孔型系统,以尽量减轻最后几个轧制道次的不均匀变形。

3. 尽可能使变形金属的成分和组织均匀

4. 正确选定变形的温度—速度制度

应使坯料的加热温度均匀,防止加工过程中局部温降。应尽可能在单相区的温度范围内完成塑性变形。至于变形速度的选择,应考虑变形体的几何尺寸。



案例分析

轧制生产中,如果各个环节的操作或配合不合理,会产生变形不均匀,而不均匀变形使轧件产生附加应力,若这个附加应力超过材料的极限,轧件便会产生变形甚至裂纹。现通过现场的案例分析。

【案例 2-1】 轧制时的劈头

轧制时,常出现如图 2-20 所示的劈头,在轧件横断面上因为温度不均、材料塑性较低等导致变形不均匀而产生附加的应力,在拉力作用下使轧件从端面分开。解决的关键在于避免轧件表面温度变化过大,对于低塑性钢特别要注意因变形不均匀产生附加应力的因素。

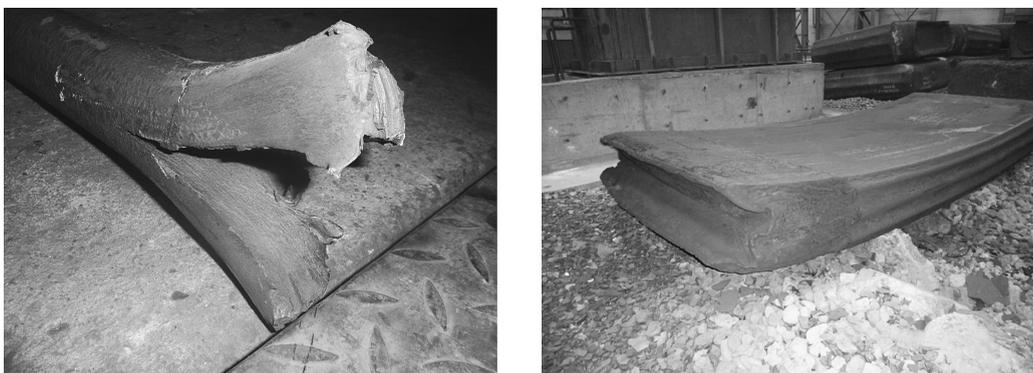


图 2-20 劈头

【案例 2-2】 板材轧制时的边裂

边裂是垂直于表面且贯穿整个板带厚度的位于边部的裂纹,在厚板轧制时,也会出现于轧件头尾。

边裂易出现在连铸方坯或板坯轧制过程,也会出现在冷却过程。这类缺陷形成的更进一步原因在于材料边部的局部区域受到超过其强度极限的应力作用。

知识拓展

轧制生产是个复杂的加工过程,是多种因素联合作用的结果,导致在实际生产中不能精确地控制轧件的运动,因此,我们会采取一系列的工艺措施使轧制生产过程通过人为干预而具有可预测性,下面介绍一种工艺手段——压力轧制。

一般情况下一对轧辊的工作直径相等,但也有不相等。一对轧辊每分钟的转数相同,若上下轧辊辊径不等,必然造成轧辊线速度不同,这将导致轧件出轧辊时向线速度低的轧辊一边弯曲。在孔型设计中所说的压力,就是指上下两个轧辊工作直径的差值,单位是 mm。所谓上压力就是上轧辊直径比下轧辊直径大;所谓下压力就是下轧辊直径比上轧辊直径大。

从理论上讲,在上下辊直径相同的轧辊中轧制,即在没有上压力或下压力的情况下轧制,轧件出轧辊时应该是笔直的,但是实际上由于许多因素的影响,如温度不均、轧件尺寸不等,轧件出轧辊后的方向很难掌握,经常发生顶导卫、缠辊等事故,给生产带来很多麻烦。

所以,在孔型设计中人为地给定一定压力,按照需要控制轧件出轧机的弯曲方向,这样既可以减少生产事故,又可以减少轧钢操作中许多不必要的麻烦。

通常型钢轧机都采用上压力,并安装下卫板,使轧件能贴着下卫板自轧辊中平直轧出。因为安装上卫板比安装下卫板复杂。

因为初轧机的轧件断面大,一般不发生缠辊事故,所以初轧机多采用下压力,这样能减少轧件前端对轧机前第一个轧辊的冲击力。

上、下压力要根据生产的具体情况选择(图 2-21)。上压力应该力求不超过轧辊平均直径的 2%~3%。最后几道的上压力要减小到 1% 以下,精轧孔型的辊径差最好等于零。

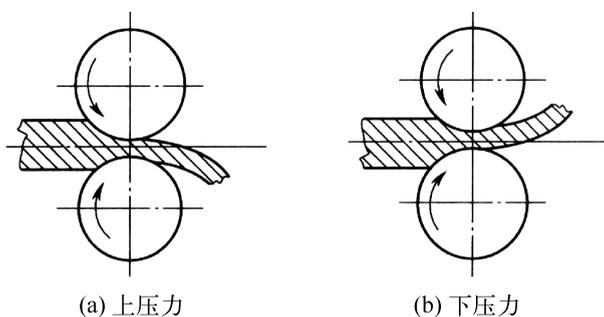


图 2-21 压力轧制

项目小结

项目二从金属塑性变形所涉及的基本概念入手,通过对塑性变形的三大定律、塑性变形的摩擦及影响因素、塑性变形时的塑性和变形抗力以及塑性变形时的不均匀变形的现象、原因和影响等任务的学习,了解塑性变形遵守的基本规律。在各个任务要掌握的知识点中,结合生产实际加深对知识的理解。

项目测评

1. 什么是弹性变形? 什么是塑性变形?
2. 塑性变形有何特征?
3. 容易变形的金属,说明它的塑性也好,这样理解对吗? 为什么?
4. 外摩擦有哪几种类型? 塑性加工中的外摩擦有何特点?
5. 外摩擦对塑性加工过程有何影响?
6. 影响摩擦的因素有哪些?
7. 试分析热轧时变形温度对摩擦影响的规律。
8. 轧钢生产中应如何合理利用摩擦?
9. 轧制工艺润滑的目的是什么?
10. 什么是金属的塑性? 如何提高金属的塑性?
11. 什么叫变形抗力? 应如何表示?
12. 通过哪些措施可以降低金属的变形抗力?
13. 什么叫基本应力、附加应力、工作应力、残余应力?
14. 产生变形和应力不均匀分布的主要原因有哪些?
15. 应力和变形不均匀分布会带来哪些后果?
16. 减轻或克服应力和变形不均匀分布的主要措施有哪些?
17. 用 $120\text{ mm} \times 120\text{ mm} \times 1400\text{ mm}$ 方坯轧成 25 mm 的圆钢,若加热时有 2% 的烧损,问轧出的圆钢长度是多少?
18. 初轧机上开始咬入的时刻,轧辊转速为 20 r/min ,轧辊工作直径 1000 mm ,钢轧辊,轧件为低碳钢,轧制温度为 1100°C ,则 $k_1=1, k_2=1, k_3=1$,计算此时的摩擦系数。