

高等学校試用教科书

金属工艺学

JINSHU GONGYIXUE

中 册

西安交通大学
哈尔滨工业大学等校編
北京工业学院

人民教育出版社

高等学校試用教科書



金 屬 工 艺 学

JINSHU GONGYIXUE

中 册

西 安 交 通 大 学
哈 尔 濱 工 业 大 学 等 校 編
北 京 工 业 学 院

人 民 教 育 出 版 社

本书系根据有关院校的讲义和教材，在 1961 年 3 月間，由西安交通大学、哈尔滨工业大学、北京工业学院、天津大学、上海交通大学、北京航空学院、华中工学院和西北工业大学等校金属工艺学教研组(室)的有关教师，进行了适当增删选编而成。

全书共六篇，分三册出版。上册包括第一、二、三篇；中册包括第四、五篇；下册包括第六篇。

第一篇为冶炼。主要内容选自南京工学院的讲义。

第二篇为金属性质。主要内容选自西安交通大学的讲义，并参考哈尔滨工业大学的讲义。

第三篇为铸造生产。主要内容选自北京工业学院的讲义，并参考西安交通大学的讲义。

第四篇为压力加工。主要内容选自哈尔滨工业大学的讲义，并参考北京工业学院和西安交通大学的讲义。

第五篇为金属焊接与切削。主要内容选自哈尔滨工业大学、西安交通大学和北京工业学院的讲义。

第六篇为金属切削加工。本篇系采用人民教育出版社出版的天津大学金属工艺学教研室编“金属工艺学”中的金属切削加工部分。

本书下册基本上利用原纸型重印，因此在开本上和上、中册不统一，页码和图号也不衔接，希望读者使用时注意。

本书可作为高等工业学校机械类专业“金属工艺学”课程的试用教科书，也可供其他专业师生及有关工程技术人员参考。

金 属 工 艺 学

中 册

西安交通大学、哈尔滨工业大学、北京工业学院、南京工学院等校编

北京市书刊出版业营业许可证书字第 2 号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

人民教育印刷厂印装

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

统一书号 K 15110·1042 开本 787×1092 1/16 印张 10

字数 230,000 印数 38,001—49,000 定价(7) ¥0.95

1961 年 8 月第 1 版 1962 年 6 月北京第 3 次印刷

目 录

第四篇 压力加工

概述	135
第一章 压力加工基本理論	136
§1. 变形力及金屬的变形	136
§2. 金屬的冷变形与热变形	137
§3. 热变形后金屬的組織和性能	139
§4. 影响金屬塑性及变形抗力的各种因素	141
§5. 压力加工时金屬的变形規律	143
第二章 金屬的加热及加热設備	144
§1. 金屬的加热及加热规范	145
§2. 加热設備	143
§3. 先进的加热方法	149
第三章 軋制	150
§1. 軋制設備	151
§2. 軋制工艺	153
§3. 軋制在机器制造业中的应用	155
第四章 拉絲	153
§1. 拉絲过程实质及产品	153
§2. 拉絲設備及工具	159
§3. 拉絲生产工艺过程	160
第五章 挤压	161
第六章 无型鍛造	162
§1. 无型鍛造的設備	163
§2. 无型鍛造的基本工序	167
§3. 鍛件的冷却	171
§4. 鍛件图的制定	171
第七章 模型鍛造	176
§1. 锤上模鍛	177
§2. 曲軸压力机上模鍛	183
§3. 平鍛机上模鍛	186
§4. 其他設備上的模鍛	188
§5. 模鍛的修整工序	191
§6. 模鍛生产的发展	192
§7. 冷鍛工作	195
第八章 冷冲压	195
§1. 冷冲压設備	196
§2. 冷冲压工艺	193
§3. 冲模的构造	204

§4. 板料金屬的簡化加工法	205
§5. 冷冲压生产的机械化自动化	207
§6. 冲压件結構設計的工艺性	208

第五篇 金屬焊接与切割

概述	211
第一章 手工电弧焊	213
§1. 焊接电弧及其特性	213
§2. 焊接电弧的电源	214
§3. 直流电焊設備	215
§4. 交流电焊設備	218
§5. 电焊設備的并联运用	220
§6. 电焊設備的比較与选择	220
§7. 电弧焊的冶金过程	221
§8. 焊条	222
§9. 手工电弧焊工艺	226
§10. 手工电弧焊提高生产率的方法 (深熔焊、多条焊、躺焊)	231
§11. 电弧焊的保安技术	233
第二章 埋弧自动焊和电渣焊	233
§1. 焊接过程的自动化及其优点	233
§2. 埋弧自动焊的焊接过程	235
§3. 埋弧自动焊的焊絲与焊剂	236
§4. 埋弧自动焊設備	236
§5. 埋弧自动焊焊接工艺	237
§6. 軟管半自动焊	239
§7. 电渣焊	240
第三章 接触焊	242
§1. 接触焊的原理、分类与特点	242
§2. 对焊工艺及設備	243
§3. 点焊工艺及設備	246
§4. 縫焊工艺及設備	249
§5. 接触焊的保安技术	251
第四章 气焊与气割	252
§1. 气焊的实质及与电焊之比較	252
§2. 气焊所用气体及其特性	252
§3. 气焊設備	253
§4. 氧-乙炔火焰	253
§5. 气焊工艺	259
§6. 气压焊	261
§7. 气焊的保安技术	262
§8. 氧氣切割	263

第五章 钎焊、堆焊和其他焊接方法.....	266	§ 1. 金属材料的可焊性	271
§ 1. 钎焊	266	§ 2. 焊接热过程对焊接接头组织、性能的影响	272
§ 2. 堆焊	263	§ 3. 常用材料的焊接	274
§ 3. 气体保护焊	268	第七章 焊接结构生产	278
§ 4. 电弧等离子流束	270	§ 1. 焊接结构生产过程	278
§ 5. 摩擦焊	270	§ 2. 焊接变形与应力	280
第六章 常用金属材料的焊接	271	§ 3. 焊接检验	285

第四篇 压力加工

概 述

金属压力加工是指借外力的作用,使金属材料产生塑性变形,从而获得具有一定形状、尺寸及机械性能的零件或毛坯的加工方法。

各种钢及絕大多數的有色金屬与合金都具有不同程度的塑性,因此它們可在冷态或热态下进行压力加工。

压力加工的主要生产方式有:

1. 軋制 使金属通过两个回轉軋輥之間的孔隙而变形的加工方法(图 4-1, a)。
2. 拉絲 将金属拉过拉模的模孔而变形的加工方法(图 4-1, b)。
3. 挤压 将置于容器內的金属从一端的模孔中挤出的加工方法(图 4-1, c)。
4. 无型鍛造 置于上、下抵鉄間的金属,受压力或冲击力的作用而变形的加工方法(图 4-1, d)。
5. 模型鍛造 将金属置于一定形状的鍛模內,利用压力或冲击力使其变形的加工方法(图 4-1, e)。
6. 冷冲压 利用冲模,使金属板料产生切离或变形的加工方法(图 4-1, f)。

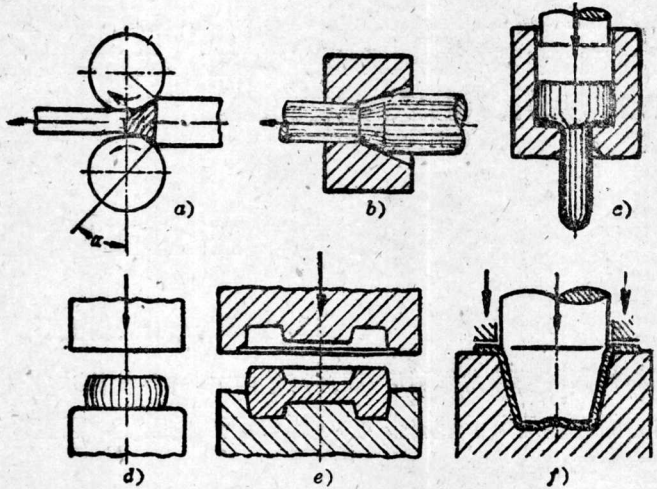


图 4-1 金属压力加工的生产方式。

压力加工的生产方式随着生产的需要在不断的发

展,从原始的冷鍛,手工鍛造发展到热鍛,机械鍛造,从生产率极低的和只能生产精度不高的生产状态发展到現今的高生产率和能获得高精度,光洁度零件的水平。

压力加工之所以能够不断发展,并扩大它的应用范围,这是由于它具有以下的特点:

1. 能改善金属組織,因而零件的机械性能較高。
2. 生产率高。例如一台 1150 初軋机每年可产 320—400 万吨鋼坯。一台自动冷鍛机所生产的螺釘相当于 18 台自动車床的产量。
3. 节约金属。由于改善了金属性能,因而能使零件在采用压力加工后减小所需的体积,同时也能使零件在整个生产过程中金属的工艺損耗减少。

4. 能适应各种形状及重量的需要,如简单形状的螺钉,复杂形状的多拐曲轴,重量不及一克的表针和重达数百吨的大轴。

由于上述特点,压力加工在机械工业中占有重要的地位。压力加工在一般机械工业中作为毛坯的制造方法之一,而同时,新的压力加工方法又是高效率地制造高质量零件的重要方法。冶炼而成的金属材料,其中75%以上要通过轧制,拉丝,挤压等制成钢材。

我国是最早使用铁器的国家,熟铁的锻造也早为我国古代劳动人民所掌握。据记载,远在汉代就出现了熟铁锻制的铁斧、铁钺及长达三尺的铁剑等,并且质地优良。这生动地说明了我国古代锻造技术的优越。

但是,和其他事业一样,在全国解放以后,我国压力加工事业在原有的薄弱基础上,随着整个国民经济的飞跃发展,才取得了巨大的成就。在鞍山、武汉、包头建立了许多大型轧钢厂,无缝钢管厂和薄板厂,使我国一向依赖国外进口的各种钢材得以自给。在设备方面,我们从修理,仿造进到自行设计,并能生产各种型号与吨位的锻压设备。其中有些重型产品的设计与制造的成功,说明我国的机械制造能力与水平有了很大的提高。在压力加工工艺方面,我们不仅掌握了具有世界水平的新工艺,如无氧加热,钢的挤压,无毛边模锻,热轧齿轮,液体模锻等,并在无屑加工,“锻——焊”,“锻——铸——焊”等复合工艺方面开拓着自己独创的道路。

压力加工目前正向着实现机械化,自动化,提高产品质量,提高生产率,降低成本,改善劳动条件等方面发展。和其他一切事业一样,压力加工在党的总路线大跃进与人民公社三面红旗的光辉照耀下,一定会取得更大的成就和发展。

第一章 压力加工基本理论

§1. 变形力及金属的变形

任何物体在受外力作用后,即会产生内力,并且物体本身发生变形。

内力的产生是由于组成金属的原子间距离的改变,因而也改变了物体的形状。这种内力和外力是互相平衡的。

内力的大小可用应力来表示,所谓应力就是一个极小面积上的内力与该面积的比值极限,

$$p = \lim \frac{\Delta P}{\Delta F}$$

式中 ΔP 为在极小面积 ΔF 上所作用的总内力。

当金属由于受外力作用而产生应力时,该金属即处于应力状态中。

金属受外力作用所产生的变形,如果在外力离去后即行消失,恢复原有的形状及尺寸,则这种变形称为弹性变形。

弹性变形是因外力在金属内部所形成的应力尚未达一定的极限,这时在金属内部仅仅是原

子間距离的改变(即晶格常数的改变)。如图 4-2 所示,当外力离去后原子即自行恢复到原来的稳定位置,故变形也就随着消失。

如果金属所受到的作用外力达到这样的极限程度,以致因受力所产生的变形在外力去掉后也并不消失,则这种变形称为**塑性变形**。

塑性变形是由于外力在金属内所形成的应力超过了一定的限度,使组成金属的晶粒本身及晶粒之间产生了滑移变形的结果。

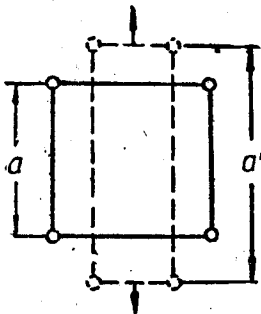


图 4-2 弹性变形示意图;

a —变形前原子間距离;

a' —变形后原子間距离。

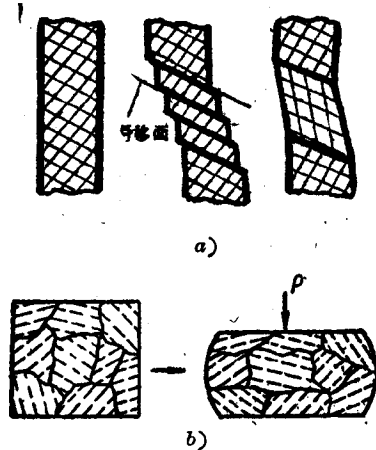


图 4-3 塑性变形示意图;

a —单晶体变形; b —多晶体变形。

在前面的金属性质部分我们已经知道一个金属的结晶颗粒是由许多结晶格子顺向排列而组成的,而一块金属又是由许多晶粒所组成。

图 4-3, a) 表示一单晶体受外力作用后由于切应力的存在使晶粒的个别部分之间在某些晶面上产生相对移动,这种移动称为**滑移**。由于滑移而引起的变形称为**滑移变形**。单晶体在某些情况下由于切应力的作用也会使晶粒的部分晶格产生扭曲,因而使单晶体分离成两个相应部分。这种变形称为**双晶变形**。滑移变形及双晶变形都是不可恢复的塑性变形。因此单晶体的塑性变形有滑移变形及双晶变形两种形态。

同样在多晶体塑性变形的发展过程中每个单晶体也存在滑移变形及双晶变形。除此之外,在多晶体的塑性变形时,晶粒与晶粒之间的晶界邻接长度也有所增长和缩短,这就说明晶粒与晶粒之间也存在有滑移。这种滑移变形,即所谓**晶间滑移变形**。由此可知多晶体的塑性变形是由晶粒本身的滑移及双晶变形和晶间变形所组成。但晶间变形是极小的,因为过大时会引起金属的破坏,所以塑性变形主要地还是晶粒本身的滑移。

从以上过程可以十分明显的看到,塑性变形的过程,只有当金属已有弹性变形时才会发生,这也就是說在塑性变形过程中一定有弹性变形存在。

§ 2. 金属的冷变形与热变形

钢在常温下变形时其组织变化有以下特征: 1. 晶粒沿变形最大的方向伸长; 2. 晶格与晶

粒均发生扭曲,产生内应力; 3. 由于晶间滑移而使晶粒有所破碎,产生碎晶。

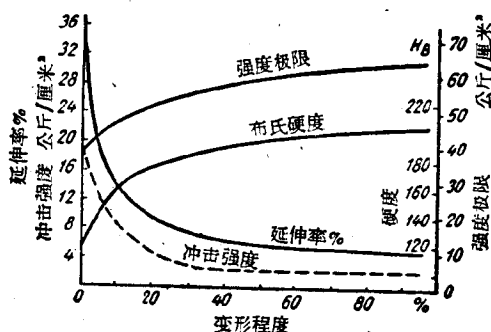


图 4-4 冷变形对低碳钢机械性能的影响。

钢在常温下变形时,其组织结构及机械性能也有了显著的改变。如图 4-4 所示,随着变形程度的增加,强度极限及硬度上升,而延伸率及冲击韧性降低。

钢在常温下变形时硬度升高是由于变形后晶格与晶粒均产生了扭曲,产生了内应力使原子处于高位能的状态,因此要使金属继续变形就需要更大的外力。同时由于晶粒与晶粒之间产生了碎晶阻碍晶间滑移的摩擦阻力增大,也就增加了变形的困难。这种随变形程度增加而硬度上升的现象称为加工硬化或冷硬现象。

冷硬现象并不是一个稳定的现象,它是可以用热处理的方法消除的。对于纯金属加热到该金属的绝对熔化温度的 0.25 到 0.3 倍时,则由于金属温度的升高,原子获得热能,同时热运动加剧,而使原子恢复正常排列。就消除了晶格扭曲,因而也消除了晶格扭曲所产生的内应力。这样就部分地消除了冷硬现象,这一过程称为恢复(图 4-5, b)。此时的温度称为恢复温度,即

$$T_{\text{恢}} = (0.25 - 0.3) T_{\text{熔}}$$

式中 $T_{\text{恢}}$ ——金属的绝对恢复温度;

$T_{\text{熔}}$ ——金属的绝对熔化温度。

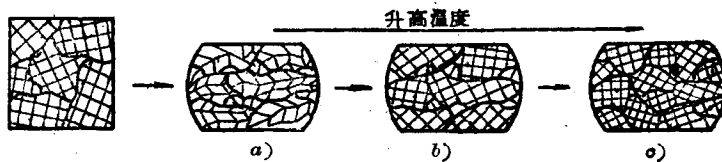


图 4-5 恢复及再结晶示意图:

a—变形; b—恢复; c—再结晶。

当温度继续升高到约为该金属绝对熔化温度的 0.4 倍时,当金属原子获得更高的能量时,即开始以某些碎晶或质点为核心形成新的晶粒,从而消除了一切硬化现象。这个过程称为再结晶,此时之温度称为再结晶温度,即

$$T_{\text{再}} = 0.4 T_{\text{熔}}$$

式中 $T_{\text{再}}$ ——金属的绝对再结晶温度。

当金属在较高温度下受力变形时,硬化现象也是同样会出现的,不过这时的硬化现象随时都被再结晶所克服。故在高温变形时金属都具有较高塑性而无硬化现象。

研究压力加工理论最卓越的苏联科学家之一,白俄罗斯科学院院士顾伯金(С. И. Губкин)曾指出:在加工结束时金属具有再结晶组织而无硬化痕迹,这种变形叫热变形。如果和变形同时发

生的只有硬化并无再結晶現象，而加工結束时金屬帶有硬化組織，这种变形叫**冷变形**。如果金屬变形結束时再結晶不完全，而帶有硬化痕迹的組織，这种变形叫不完全的**热变形**。不完全热变形的結果会使組織不均匀和机械性能降低，在生产中应避免。

金屬只有在热变形的情况下才能以較小的功而达到較大的变形，同时获得的零件是具有高机械性能的再結晶組織。因此对于金屬压力加工來說应该用热变形来获得成品而避免用不完全的热变形。冷变形則用于已热变形过的坯料(如鋼板，綫材等)的再加工。

§ 3. 热变形后金屬的組織和性能

金屬压力加工最原始的坯料是鑄錠。鑄錠在澆鑄的过程中由于冷却条件的不同而形成不同的組織。并且其内部产生了偏析、气孔、縮孔、疏松，非金屬夹杂物等缺陷。将这种鑄錠加热进行压力加工后，由于金屬經過再結晶，改变了原有的粗大鑄造組織，获得細化的再結晶組織。同时将鑄錠中的气孔、疏松等缺陷鍛合在一起，使金屬更加紧密。所以热变形后改善了金屬組織，提高了金屬的机械性能，在强度指标 σ_s, σ_s 上比原来提高 1.5 倍或两倍以上，而塑性和韌性的指标 δ, a_k 等提高的就更多。

此外，鑄錠中的杂质原是分布在晶粒边界上的，金屬变形时晶粒伸长了，杂质也就一起拉长。而再結晶时，晶粒形状改变了，但杂质依然呈条状被保留下来，这就形成了**纖維組織**。把金屬断面磨平腐蝕后用肉眼就可以看出(图 4-6, b)。

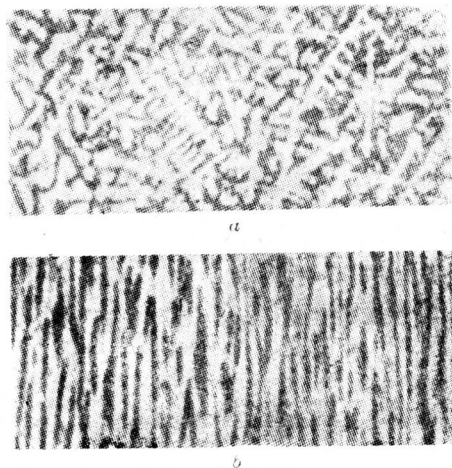


图 4-6 鋼錠的宏观組織：
a—鑄鋼； b—热变形后的鋼。

纖維組織在变形时首先在鑄錠的中心部分形成，随鍛造比或变形程度的增加而扩大到鑄錠的周边部分。因此，纖維組織形成的程度是与鍛造比 y_k 或变形程度有关。

$$y_k = \frac{F_0}{F};$$

式中 F_0 ——延伸前的断面积；

F ——延伸后的断面积。

苏联科学技术博士柯尔聶也夫(Н. И. Корнеев)曾确定鍛造比对鋼錠中心部分和周边部分形成纖維組織的程度关系。如表 4-1。

纖維組織的化学稳定性很高，不論热处理或其他方法都不能使其消失或破坏，只有經過鍛造可以使其沿鍛冲表面的方向分布。

由于纖維組織的形成，使金屬在性能上具有了方向性，纖維組織愈明显，坯料在纵向(平行纖維方向)和横向(垂直纖維方向)上机械性能差別也愈大，且纵向塑性提高也愈大(图 4-7)。

因此为了获得具有最好机械性能的零件，無論在設計或在拟定制造零件的工艺过程时，必須

表 4-1. 鍛造比与纖維組織的关系

鍛 造 比	鋼 錠 中 心 部 分 (杂乱的树枝状結晶)	鋼 錠 周 边 部 分 (柱状树枝状結晶)
1 3	纖維組織形成	树枝状結晶明显地离开它們原来在鋼錠中的方向
3 6	纖維組織	纖維組織表現得較明显, 但并非所有的树枝状結晶完全趋向于金屬流动的方向
10 和 10 以上	沿整个的断面纖維組織都是均匀的, 明显的	

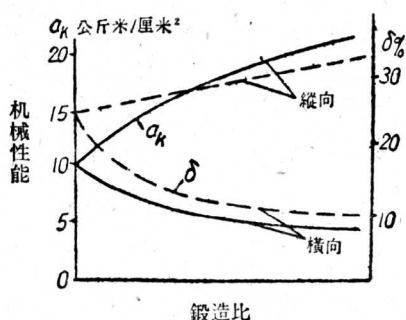


图4-7 鍛造比对机械性能的影响:
 a_k —冲击韧性(公斤·米/厘米²);
 δ —延伸率(%).

考虑压力加工的金屬纖維組織和机械性能的方向性, 即使零件工作时的最大正应力的方向和纖維方向重合, 最大切应力的方向和纖維方向垂直。并使纖維能与零件的輪廓符合不被切断。用鍛、軋、挤等压力加工的方法所生产的零件能满足此要求。

例如, 由軋制的棒料直接用切削方法制造齿輪时(图 4-8, a), 作用在齿 1 上的圓周力方向与纖維方向是不适合的, 齿輪的寿命不高。当采用扁鋼模鍛齿輪时(图 4-8, b), 作用在齿 1 上的圓周力方向

与纖維方向垂直, 工作条件最好。而作用在齿 2 上的圓周力方向与纖維方向平行, 工作条件最不利, 所以采用这种原料及加工方法制出的齿輪, 齿 1 和齿 2 的寿命是不一样的, 从而影响整个零件的寿命。如果齿輪是采用直径較小的軋制棒料进行鍛粗后, 再經切削加工制出的, 則纖維被弯曲了, 呈放射状, 齿輪工作时圓周力的作用方向与纖維方向完全垂直, 工作条件最好, 齿輪的寿命也最高(图 4-8, c)。如果采用上述方法制造齿輪毛坯, 不用切削方法加工而采用軋制齿輪的方法加工, 則金屬纖維更符合各个齿的形状(图 4-8, d), 齿輪的寿命就更高。

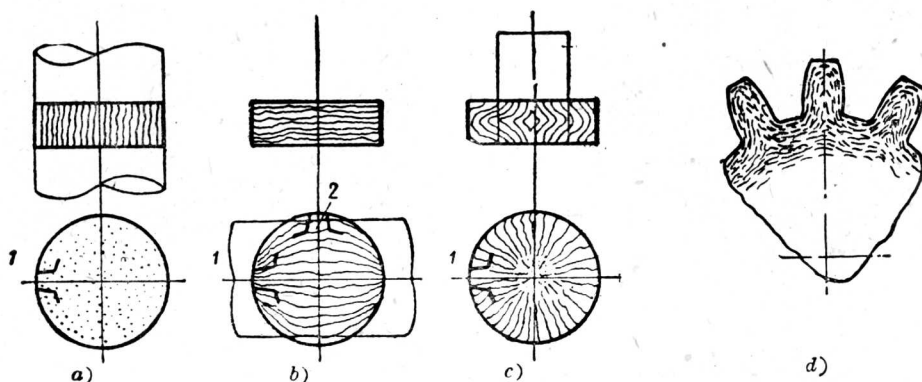


图 4-8 采用各种不同加工方法时齿輪的纖維組織。

如图 4-9, a 所示的曲轴没有锻出曲柄轴颈, 而用切削方法将 1 部多余金属切去, 结果使纤维切断, 当曲轴工作时, 曲柄上的纤维与受力(正应力)方向垂直, 因而曲轴寿命受到影响。当采用弯曲方法或曲柄锻出时(图 4-9, b), 纤维方向与曲轴受力方向相符合, 曲轴的强度最好, 寿命也最高。

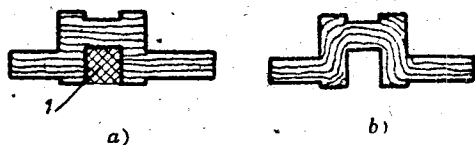


图 4-9 采用不同加工方法时曲轴的纤维组织。

§ 4. 影响金属塑性及变形抗力的各种因素

金属的塑性指标用金属的断面收缩率 ψ , 延伸率 δ , 冲击强度 a_k 等来表示。凡是 ψ 、 δ 、 a_k 值愈大或锻粗时变形程度愈大, 而不产生裂纹的金属, 其塑性也愈高。

在变形过程中金属抵抗变形的能力即称为变形抗力。变形抗力愈大, 则变形所消耗的能量也就愈多, 采用的设备也就愈大。

金属的塑性和变形抗力决定于金属的本质(化学成分, 组织及晶粒大小)和变形条件(变形温度, 变形速度及应力状态)。

1. 金属本质

1) 金属化学成分的影响 不同化学成分的金属或合金, 其塑性指标和变形抗力是不同的。纯铁的塑性就比含碳量较高的钢要高。含碳量大于 2.0% 时根本就不能进行压力加工。同样, 如果在钢中加入铬、镍、钼、钒、钨等合金元素而形成合金钢时也会降低钢的塑性和增加变形抗力。

2) 金属组织的影响 金属中不同的组织结构, 其塑性和变形抗力是不同的。如高温下的奥氏体组织, 其延伸率 δ 可达 40—50%。铁素体组织的延伸率 δ 可达 50%, 而断面收缩率 ψ 可达 80%。相反, 碳化物塑性就很差, 很硬很脆, 如渗碳体。

3) 晶粒大小的影响 晶粒愈大则塑性就愈低, 变形抗力也愈低。相反, 晶粒愈细小, 塑性就愈高, 变形抗力也就愈大。图 4-10 所示为两块体积相等而晶粒大小不同的金属。大晶粒金属晶界面积要小于小晶粒金属晶界面积。当两块金属受同样大小外力作用时, 则单位晶界面积上所受之外力, 大晶粒金属要大于小晶粒金属。因而大晶粒金属容易产生晶间变形, 这样使金属产生破坏, 而失去塑性。小晶粒金属则不易产生晶间变形而破坏。故小晶粒金属塑性高, 但变形抗力会相应较大。

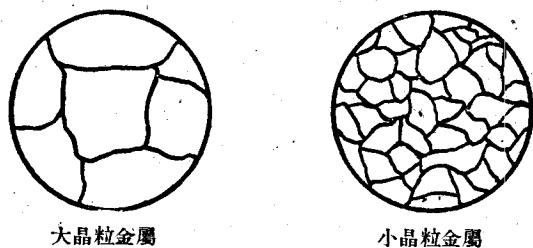


图 4-10 晶粒大小示意图。

2. 变形条件

1) 变形温度的影响 由于金属温度升高后, 原子的动能增加, 原子之间的吸引力削弱了, 因而使产生滑移所需要的切应力也减小了。所以金属温度升高后塑性增加, 变形抗力下降。热变形时的变形抗力只有冷变形时的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{15}$, 故生产中大多数都采用热变形。

2) 变形速度 变形速度即单位时间内的变形程度

$$V_{\text{变}} = \frac{\varepsilon}{t} \frac{1}{\text{秒}}$$

式中 $V_{\text{变}}$ ——变形速度;

ε ——变形程度;

t ——变形时间。

金属变形过程中随着变形速度的增大塑性降低而变形抗力上升(图 4-11)。这是由于变形速度的增大,使恢复和再结晶不能即时克服硬化而造成的。所以冲击力作用下的变形抗力要比采用压力时约大 2~3 倍。

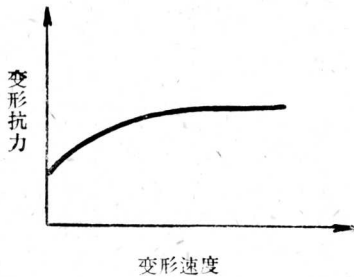


图 4-11 变形速度与变形抗力的关系示意图。

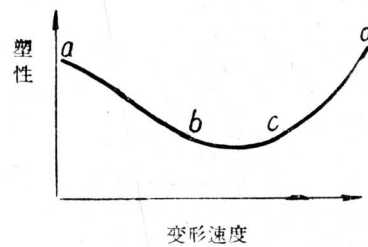


图 4-12 变形速度与塑性的关系示意图。

外力做功使金属产生变形,并通过晶格扭曲及晶粒之间的滑移等形式会将变形能量转化成一定程度的热能。此热能引起金属的温度升高。这种金属温度升高的程度即为热效应。变形速度愈大,热效应也就愈大,金属的温度也升的愈高。因而使塑性上升,变形抗力下降。

在上面我们曾提到变形速度的增加会引起变形抗力的增高。由此可知,变形速度对变形抗力及塑性变化之影响有着双重意义。一方面速度能增加变形抗力而促进了塑性下降,另一方面由于热效应的结果,而使塑性上升。

图 4-12 所示曲线说明了变形速度对塑性的影响,当速度较小时,热效应的作用不大,金属的塑性是下降的(ab 段),当速度增加到某一限度后,热效应的作用起了显著作用,引起了塑性的上升(cd 段)。

3) 应力状态的影响 金属在采用不同方法进行变形时,所受外力是不同的。因而所产生的

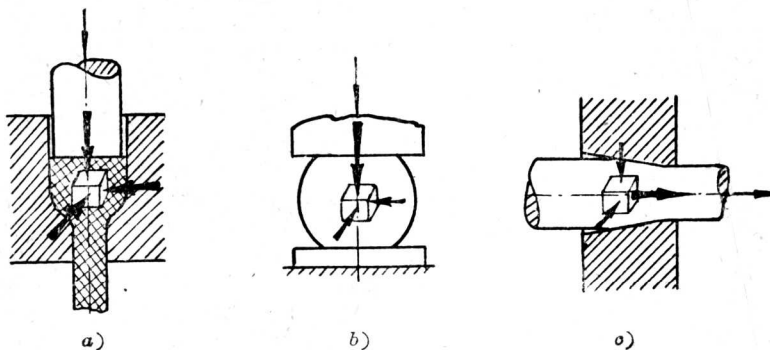


图 4-13 不同变形方法时金属的应力状态:

a—挤压; b—自由锻粗; c—拉丝。

应力大小和应力方向(压或拉)也是不同的。例如挤压变形时(图 4-13, a)为三向受压。自由鍛粗(图 4-13, b)也是三向受压,但数值要小于挤压。拉絲(图 4-13, c)則为一向受拉、两向受压。根据实验証明三向中压应力的数目愈多,則塑性愈好,拉应力的数目愈多,則塑性愈差。并且同号应力状态下引起的变形抗力大于异号应力状态下引起的变形抗力。造成这种现象的原因是由于金属并不是理想的那样完整,而是有气孔、小裂紋等缺陷。在拉应力的作用下,有缺陷的地方易产生应力集中而造成破坏,使金属失去塑性;而在三向压应力状态下由于增加了金属内部的摩擦,不易产生晶間变形,因而使变形抗力增加,塑性上升。

可以看出金属塑性的大小,一方面决定于金属的本质,而另一方面也取决于变形条件。了解到这种客观条件的影响,对于指导压力加工的生产实践及零件制造工艺过程的制定都具有很大的意义。

§ 5. 压力加工时金属的变形規律

了解与掌握压力加工时金属变形的規律是一个极其重要的問題,因为只有掌握了金属变形規律之后,才能控制变形,从而达到我們预期的效果。只有了解了这些規律才能制訂各种合理的工艺过程,以及正确設計和运用各种加工工具。

根据实验証明,金属在塑性变形时其体积为一常数,即是变形前的体积等于变形后体积,此規律称为体积不变定律。用公式表示則为:

$$L \cdot B \cdot H = L' \cdot B' \cdot H' = \text{常数}.$$

式中 L, B, H 及 L', B', H' ——变形前和变形后金属的长、寬、高。

根据此規律可計算出压力加工时毛坯的尺寸。

金属变形时还要遵守最小阻力定律,即金属变形时首先向阻力最小的方向开始流动。

金属变形时由于金属的流动就使得金属与工具的接触面之間产生摩擦力。如图 4-14, a 所示,工具对于金属所产生的摩擦力 T 的方向永远和金属流动方向相反,因此圆柱体金属进行鍛粗变形后側面成鼓形。

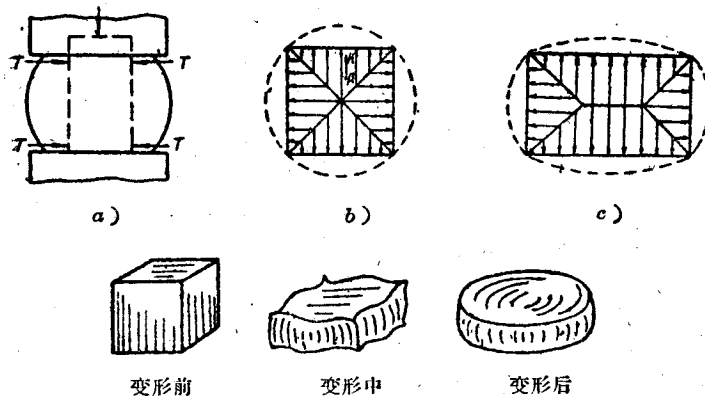


图 4-14 立方体鍛粗变形过程。

为了更清楚和全面的了解金属变形規律,我們再从变形金属的主軸方向研究其流动的方向

如图 4-14, b 所示。当一方形断面金属在受压后其断面形状会逐渐变成圆形。为了解这种现象不妨研究一下质点 A 在变形时流动的必然方向。质点 A 在受压后必然要沿某一定方向流动。质点 A 向任何方向流动时其摩擦阻力均相等, 但所流动的距离除 K 向外, 其余三个方向均较大。也就是说除 K 向外, 其余三个方向流动所需的功均较大, K 向所需的功最小。根据一般自然规律物体运动必然沿最小功的方向运动, 因此质点 A 的运动一定是 K 向。同理在正方形对角线所划分的其他区域内各质点也是垂直周边向外运动。这就不难理解到为什么正方形会逐渐变成圆形, 长方形(图 4-14, c)会逐渐变成椭圆形, 而最后也必然变成圆形的道理。

应用最小阻力定律可以事先判定变形金属的断面变化。这在实际锻造操作中具有重要的意义。

第二章 金属的加热及加热设备

加热能够改变金属的性能, 随着温度的提高金属的变形抗力下降, 塑性上升; 这样金属的可锻性就愈好。因此, 为了取得较好的变形条件就必须进行加热。

金属的加热在整个生产过程中是一个重要的环节。它之所以重要是因为加热直接影响着生产率, 产品质量及金属有效利用等方面。

在实际生产中加热时间往往占据整个生产过程的大部时间。对于一些较大锻件的加热时间竟达几十小时。因此缩短加热时间就能大大缩短生产周期, 发挥锻压设备的能力, 从而提高生产率。

在加热过程中金属表面一般地容易产生氧化现象, 操作不良时甚至会发生熔化现象及热应力, 而这些都直接影响到产品质量。

加热中所产生的氧化皮是一种硬脆而无用的铁皮, 它是一种损耗。我国每年大约有近万吨的钢铁被作为氧化铁皮而耗损掉。这是一个惊人的数字。因此设法减少氧化铁皮的损耗就能节省大量金属。

一个合理的加热过程必须保证: 在坯料断面及长度均匀热透的情况下, 在最短的时间内获得坯料所需温度, 保持金属的完整性, 同时金属及燃料的消耗最少。

正因为加热在生产中是一个极其重要的环节, 十一年来, 特别是自 1958 年大跃进以来, 在这方面由于我国工人及工程技术人员的创造性的劳动而获得了巨大成就。1953 年苏联专家捷哥洽廖夫在我国传播的快速加热先进经验已被广泛的采用, 从而大大地提高了锻压生产设备的潜力及劳动效率。大跃进以来由于无屑加工、热轧齿轮、精锻、挤压钢材——等先进工艺的应用与推广, 无氧化加热即成为加热中的一个新课题, 并已取得一定成果。大搞煤气化运动, 这是一个具有革命性的巨大改革。锻压车间的一切固体燃料火焰炉, 都能改成煤气炉。这样不仅能降低煤耗, 简化操作, 而且能从根本上改变锻压车间的生产劳动条件。这对彻底改变现有生产面貌有着巨大的意义。

§ 1. 金屬的加熱及加熱規範

如图 4-15 所示, 金屬是在高溫的爐氣中加熱, 在加熱過程中爐氣及爐壁的热能是依輻射和對流而傳給金屬表面。由於爐膛中燃燒產物的運動速度很小, 因而向金屬坯料傳热的主要方法是輻射而對流屬於次要。

金屬在加熱時會出現下列現象:

1. **金屬組織及性能的变化** 金屬的變形抗力下降, 塑性上升。圖 4-16 所指出的是低碳鋼加熱時機械性能隨溫度升高而变化的曲線。

這種性能的改变是由于金屬原子受到了大量热能的影響, 使其處於一種極為活潑的狀態下。同時加熱溫度超過鋼的相變點 A_c , 綫以上金屬組織已轉變成奧氏體。高溫下的奧氏體是一種較軟塑性較高的組織。

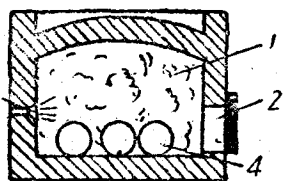


圖 4-15 金屬在爐中加熱:

1—爐膛; 2—爐門; 3—噴嘴; 4—金屬坯料。

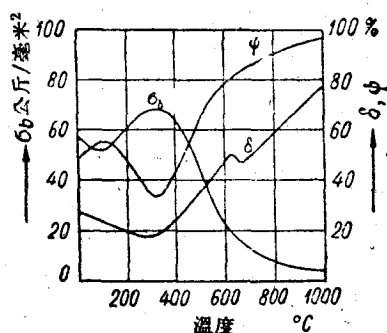


圖 4-16 低碳鋼的機械性能與溫度变化的關係。

2. **氧化及脫碳** 由於加熱爐的爐氣中含有氧氣, 水蒸汽及氧與其他元素的氧化性氣體, 因而使得加熱金屬與氧產生化合作用而形成氧化鐵。氧化鐵生成的多少與加熱時金屬表面溫度、爐氣成分、加熱時間及金屬表面對體積之比有關, 理論及實踐證明金屬表面溫度愈高, 爐氣中含氧愈多, 加熱時間愈長及金屬與爐氣接觸表面愈大(如板狀金屬)則氧化鐵生成愈多, 反之則少。

在高溫下隨著氧化的同時在金屬表層有**脫碳現象**出現。脫碳是在加熱過程中金屬表層一部分碳被燒失而使其含碳量下降的現象。

脫碳的多少及脫碳層的厚度與爐氣成分, 加熱溫度及金屬化學成分有關。爐氣中的水蒸汽, 二氧化碳氣, 氧及氫等促進脫碳的形成。加熱溫度愈高, 鋼中含碳量愈高則脫碳愈快。

3. **過熱與過燒** 當加熱溫度超過 A_c 轉變點以上, 金屬組織完全變成奧氏體後仍然繼續升溫加熱, 則隨著溫度的上升金屬的晶粒即開始長大, 在超過一定臨界溫度時, 晶粒即劇烈長大。這種金屬具有大晶粒的現象叫**過熱**。

過熱現象會使金屬的機械性能下降, 它可用退火及多次鍛造的方法糾正。

如果加熱金屬長時間在過高的爐溫內加熱, 則爐氣中的氧會在高溫下滲入金屬內部組織中, 在晶界上產生氧化層, 使金屬晶粒與晶粒之間失去機械連鎖力。因而在壓力作用下即發生破裂, 這種現象叫**過燒**。

过烧的产生与加热温度、保温时间及炉气成分等有关。由于过烧所造成的缺陷是无法挽救的,一經发生后金属坯料只有报废。

4. 热应力 我們都知道金属的物理性能之一就是随着温度的增高而膨胀。膨胀的情况随金属的膨胀系数而定。由于金属都具有一定的导热系数,也就是金属表面受热后将热傳向内部須經過一段时间,这就造成了同一块金属内外的温度差。温度差的存在就使得同一块金属内外的膨胀程度不一致,从而造成内应力,这种应力就叫做**热应力**。

金属内部的热应力超过其本身的强度极限时就会使加热坯料发生裂纹。

从上述的现象中可看出金属的加热是一个复杂的技术过程,在加热过程中必須控制一系列的因素以避免和减少上述的不良现象。为此在实际生产中就必须制定适合各种钢材及不同要求的加热规范。

在制定加热规范时首先应当确定始锻温度与终锻温度的加热温度范围。

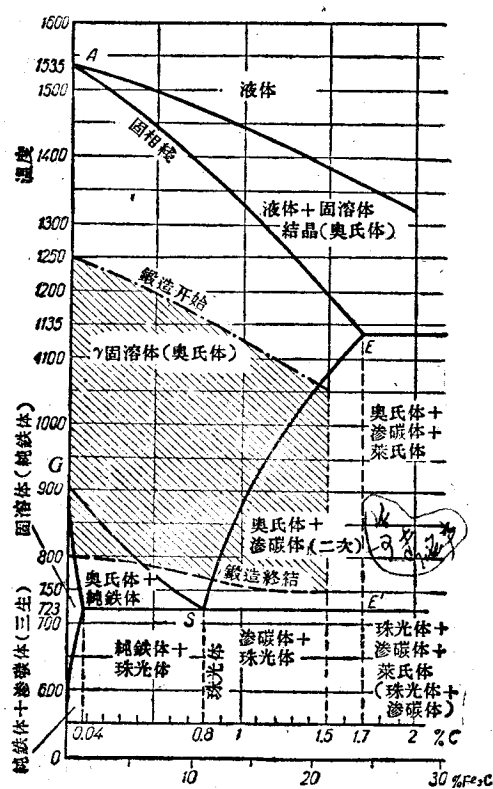


图 4-17 碳素钢的锻造温度范围。

始锻温度一般应在固相线(图 4-17 的 AE 线)以下約 $100-150^{\circ}\text{C}$ 始锻温度不宜太高,因太高有产生过烧的可能,同时也不宜过低,因这样会使锻造温度范围减小,增加锻造的困难。

终锻温度取在 GSE' 附近(图 4-17)約 800°C 。过低的终锻温度会造成塑性不良,变形困难等问题。而终锻温度过高时,会因停锻后晶粒在高温下继续长大使锻件获得粗大晶粒而降低其机械性能。

钢和其他合金压力加工时最好在单相组织中進行,因为这时所有晶粒具有同一成分和性能,能够避免加工时由于组织不同而造成的不均匀变形。对过共析钢锻造是在奥氏体和渗碳体两相组织中进行,在奥氏体晶粒周围包有薄层渗碳体,但它在锻造中可以击碎,而不至于影响到金属均匀变形。

始锻温度及终锻温度的具体数字可参看表 4-2。

将冷坯料加热到所需温度之过程,应当在保证质量的前提下,采用較快的加热速度以提高锻造期间的生产率。但是加热速度的提高会引起坯料内外

温度差的增大,因而出现大的热应力,这就会有产生裂纹的可能。故在加热时須决定一个合理的加热速度是极为重要的。

金属在炉膛中加热,如图 4-18 所示,热能是由表面傳向中心,坯料外层温度高,膨胀程度大而向外,而中心温度低,膨胀程度小也向外,这就可看出金属内外层的膨胀方向是一致的。但其程度不同。因而当炉温稳定,金属组织均匀的情况下,加热时金属内外层的膨胀程度相差不大时,