

121109

基本馆藏

金属压力加工

韓克筠編著



物理力学室

陈列图书不得携出室外

江苏人民出版社

• 內 容 提 要 •

本書系統地介紹了金屬壓力加工的基本知識；
關於鍛造和冷沖壓部分，有較多的闡述。

本書可作為工業學校學生學習金屬工藝學壓力
加工的參考書，也可供工廠技術員工閱讀。

金 屬 壓 力 加 工

韓克筠編著

江苏省書刊出版營業許可證出〇〇一號

江 蘇 人 民 出 版 社 出 版

南 京 湖 南 路 十 一 號

新華書店江蘇分店發行 江蘇新華印刷廠印刷

開本 787×1092 1/32 印張 6 字數 132,000

一九五七年六月第一版

一九五七年六月南京第一次印刷

印數 1—3,580

統一書號： 15100·27

定 價：(8)六 角

序 言

迄今为止，我国工业技术学校中采用的課本大多是苏联教材。一九五二年九月二十四日人民日报社論曾指出：“苏联各种专业的教学计划和教材，基本上对我们是适用的。它是真正科学的和密切联系实际。至于与中国实际結合的問題，則可在今后教学实践中逐渐求得解决。”

現在我国即將跨进第二个五年計劃，結合中国实际，逐漸編写出完全适合我国需要的教学用書，已是不容再緩的工作。因此，我試編了这本书。

本書內容，基本上根据一九五五年高等教育部頒布的机制类型金屬工艺学压力加工部分教学大綱編写的；但未能完全滿足大綱要求，主要表现在：(1)理論性問題敘述深度不够；(2)冷冲压部分內容超过了大綱中的規定。这是由于：1. 考虑到中等技术学校的学生人数远比高等工业学校多，所以較多地注意了中等技术学校学生的水平，于是把理論性問題簡略了些。这样做，对高等工业学校学生采用本書作教学参考用書，也仍然是合适的。2. 考虑到冷冲压在金屬工艺中的重要地位，因此本書增加了冷冲压內容。

本書承南京工学院陈毓龙先生审阅，謹致深切謝意。

韓克鵠 1957年元旦寫于南京

5775

4448

121109

目 录

第一章 概述	1
一 金属压力加工的本质和生产形式	1
二 金属压力加工的意义和我国在这方面的成就	2
第二章 金属压力加工基本原理	5
一 金属的塑性变形	5
二 冷压力加工对金属组织和机械性能的影响	9
三 热压力加工对金属组织和机械性能的影响	13
第三章 金属压力加工时的加热	17
一 加热规范	17
二 加热引起的缺陷	24
三 火焰加热设备	25
四 电热和其他加热设备	33
第四章 无型锻造	39
一 锻造过程本质	39
二 锻造工艺过程	42
三 无型锻造的工具和锻压设备	60
第五章 模型锻造(热冲压)	76
一 在锻锤上模型锻造	76
二 在卧式冲压机上模型锻造	90

三	在其他冲压机上模型鍛造	95
四	鍛件的整理和質量檢查	109
第六章	薄板冲压(冷冲压)	116
一	薄板冲压过程本質	116
二	冲模	133
三	其他	155
第七章	輾压(軋造)	163
第八章	拉伸(拉絲)	176
第九章	挤压	181

第一章 概 述

一 金屬压力加工的本質和生产形式

§1. 金屬工艺学的内容和目的

金屬压力加工,是金屬工艺学的一部分。

金屬工艺学内容可归納成六个部分: 1. 冶金; 2. 金屬学; 3. 鑄造; 4. 金屬压力加工; 5. 金屬焊接; 6. 金屬切削加工。

金屬工艺学的目的: 要求对目前广泛使用的金屬及其加工方式获得基本的知識。

§2. 金屬压力加工的定义

金屬进行加工,是为了得到具有一定机械性質的几何形狀。压力加工是建立在塑性变形基础上,將冲压力量加于被加工金屬,利用金屬的可塑性能,进行机械性質和几何形狀的变化,从而达到預定加工要求。

§3. 金屬压力加工的基本方式

有1. 輾压; 2. 拉伸; 3. 挤压; 4. 无型鍛造; 5. 模型鍛造; 6. 薄板冲压等六种。

1. 輾压: 把金屬送入旋轉着的有一定空隙的圓筒(軋輥)間进行变形而获得各种断面型材(主要是黑色金屬)的过程,叫做輾压。(图1)

2. 拉伸: 把金屬通过一个比坯料断面小的模孔,用拉引方式进行变形而获得各种断面线材的过程,叫做拉伸。(图2)

3. 挤压: 把金屬通过一个比坯料断面小的模孔,用压出

方式进行变形而获得各种断面型材（主要是有色金属）的过程，叫做挤压。（图3）

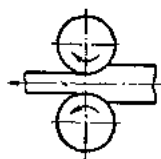


图1 軋压



图2 拉伸



图3 挤压

4. 无型鍛造：把金屬施錘击或加压力进行由两个抵鉄使之变形而获得各种几何形状工件的过程，叫做无型鍛造。（图4）

5. 模型鍛造：把金屬施錘击或加压力进行在模腔中的变形而获得各种几何形状工件的过程，叫做模型鍛造或体积冲压。（图5）

6. 薄板冲压：把金屬薄板料用冲模进行分离、变形而获得各种几何形状半成品或成品的过程，叫做薄板冲压。（图6）

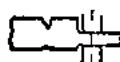


图4 无型鍛造



图5 模型鍛造

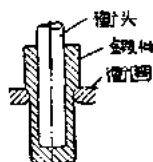


图6 薄板冲压

二 金屬压力加工的意义和我国在这方面的成就

§4. 在国民經济中的巨大作用

金屬压力加工，是工业建設中一个重要組成部分，例如在

运输工业中的大发动机主轴、鋼軌，以及飞机、汽車、火車的零件；在动力和化工工业中的高压容器、无缝鋼管；在国防工业中的炮筒、裝甲鋼板；在建筑工程上所用的結構鋼材；以及在輕工业中生产的許多机器和日用品等，这些种类繁多，为現代化經濟建設所必須的原料、器材，都是金屬压力加工的产品。

§ 5. 在机器制造工业中的地位

金屬压力加工是机器制造工业中的一部分，一般而言，它是机器制造生产过程中的初步阶段。

制造机器零件的各种坯料，很多是由压力加工生产方式供給的。尤其是受力較大、高速运动的机器主轴、齿輪、联杆等类需要高强度零件，只有用压力加工方法才能得到優質成品。

过去仅能用鑄造方法生产的机床床身和厚断面工件，目前在苏联已部分用压力加工和鍛接加工联合施工的方法所代替。

金屬压力加工，虽然是一种沿用已久的生产方法，但它随着生产史的发展而一直是进步的，现代丰富多采的各种压力加工形式，造成它生产率很高、在生产过程中廢料損失最少、和加工所得的机械性能最好。并且，它还日益从供給坯料进而局部和切削加工开始竞争，这就更加增長了它在机器制造工业中的重要性。

§ 6. 我国在压力加工方面的成就

我国有着悠久历史和燦爛的文化，早在二千五百多年前的春秋时代，压力加工的生产量已相当大，制劍工业很多，生产了許多所謂“削鉄如泥”的宝劍，这种質地优良的产品，生动地說明了我国鍛造技术的成熟。

在南北朝后的历史資料上，更記載着我国的兄弟民族在压力加工方面的重要貢獻。沈括在“夢溪筆談”中写着：“完善

鍛甲，鉄色青黑，瑩彻可見毛髮，以麝皮為酒旅之，柔薄而韌”。“鍛甲之法……冷鍛之……。或以火鍛之，無補于用。”這段文字描繪了我們的祖先當時已能把強度和塑性同時控制得很好。關於“冷工硬化”現象也已掌握。所有壓力加工的主要原理，我國在一千餘年前，就已有了較完整的知識。

以後，壓力加工發展更細致了，明朝末期的造針法，就是現代的拉伸法。

從這些歷史事實中可以看出我國古代在壓力加工方面的成就。雖然如此，但“中國自從脫離奴隸制度進到封建制度以後，其經濟、政治、文化的發展，就長期地陷在發展遲緩的狀態中。”（毛主席語）到了近代，更由於遭受帝國主義的侵略，金屬壓力加工事業很凋落，象國民經濟所必須的壓力加工產品——金屬型料——一直是耗費巨資向帝國主義國家購買而不能自己生產，使我國的金屬壓力加工生產落後了。

解放後，我國在這個薄弱的基础上，短短幾年中使壓力加工生產獲得了蓬蓬勃勃的發展。例如在加工廠方面，最大的大型軋鋼廠，最新式的無縫鋼管廠，最難製造的薄板廠，以及最巨型的鍛壓車間，都先後被建立起來，並投入了生產。在設備製造方面，東北和華東等地都有專門的沖壓設備製造廠，現在我國已能自制巨大的五噸蒸汽錘。在勞動生產方面，工人階級隊伍擴大了，並涌現出劉立富先進鍛工小組，張明山製造了自動化軋鋼設備等。這些，都標誌着我國在壓力加工方面的新的成就，但這還仅是開始，今後將得到更大的發展。

第二章 金屬压力加工基本原理

一 金屬的塑性变形

§7. 晶內与晶間变形

金屬在力的作用下引起形状改变,叫金屬的变形。当作用于金屬的力除去后,它仍能恢复原有形状,这叫弹性变形。当作用于金屬的力除去后它不能恢复原有形状而永远保持了这种变形的,叫塑性变形。

金屬压力加工是塑性变形的过程。变形是在力的作用下使金屬晶粒内部和晶粒边界发生滑动位移而形成。晶粒内部單元晶体之間的滑动叫晶內变形,晶粒之間的位移叫晶間变形。

图7表示晶內与晶間变形的大略情况。a 上图是金屬块未变形时的断面(正方形),下图是金屬块变形后的断面(長方形)。如果在断面上把晶粒表示出来,并編了号碼,可以看到

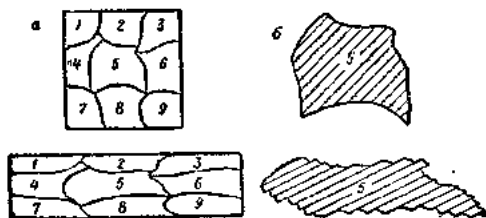


图7 金屬在压力下晶粒形状变化略图

金屬變形是晶粒變形的結果。但晶粒又是怎樣進行變形的呢？晶粒變形是單元晶体之間滑動的結果。在塑性變形開始時，晶粒內部單元晶体就成片地沿滑動平面滑動。6 上图是變形前晶粒 5 的放大，圖內直線是滑動平面；6 下图是變形後的晶粒 5 的放大圖。

§8. 影响塑性變形的各种因素

1. 溫度的影响：溫度升高時，屈服點降低，而伸長率增加，即塑性增加。由表1可以看出，三種碳鋼在各种溫度下的機械性質。

2. 化学成分的影响：在表1中可以看出，鋼中的含碳量增加，塑性就降低。當含碳量達到1.7%時，塑性最小，實際上就不再有進行壓力加工的可能。其他各種原素對金屬的塑性也有影响。錳、矽和碳的作用相似；硫的含量大於0.045%（約在700°—1000°C）時，會使鋼脆裂，但溫度在1000°C以上，又會使塑性改善，或者因含錳量的增加，而減少硫對鋼的坏影响。磷的含量大於0.045%，在低溫時，會使鋼脆裂，但隨着溫度的增高或者因含碳量的減小而免除了脆裂的產生。對硫和磷整個說來，是有害的雜質。鋼中若有鎳、鉻等其他特种元素，一般總是使塑性減小，變形的阻力增加。總起來講，純淨的金屬塑性好些，低碳鋼的塑性比高碳鋼好些，而合金鋼的塑性通常是差些。

3. 晶粒大小的影响：細晶粒金屬有較高的強度，但和粗晶粒金屬相比，後者加工時變形阻力小，可鍛性比前者好。但在熱加工鍛造溫度時，晶粒的大小對於變形阻力和塑性的影响實際上是不大的。

4. 變形速度的影响：變形速度對於變形阻力和塑性的影响很大，實驗証明：用鍛錘沖擊金屬所引起的變形阻力比用

表 1 碳鋼在各種溫度下的機械性質

溫度°C	0.14% C			0.3% C			0.42% C		
	拉力 Kg/mm ²	屈服點 Kg/mm ²	伸長率 %	拉力 Kg/mm ²	屈服點 Kg/mm ²	伸長率 %	拉力 Kg/mm ²	屈服點 Kg/mm ²	伸長率 %
15	42.8	28.2	38.0	57.5	34.9	26.6	64.5	41.8	22.4
100	44.2	27.8	34.5	53.0	29.7	23.2	63.0	36.3	23.2
200	47.2	27.2	27.0	64.0	32.6	22.4	68.7	39.4	17.6
300	51.2	24.2	37.6	68.5	30.5	18.7	78.2	40.8	13.6
400	59.6	20.3	38.6	64.0	23.6	28.0	66.2	39.6	28.8
500	31.5	—	48.6	45.3	—	39.4	52.7	32.6	25.1
600	19.7	—	56.0	24.4	—	51.0	33.1	—	32.0
700	10.7	—	65.0	12.7	—	48.8	15.9	—	44.8
800	6.3	—	75.0	8.6	—	60.7	9.4	—	66.4
900	3.15	—	—	5.9	—	68.0	6.55	—	59.7
1000	—	—	—	4.2	—	78.0	3.8	—	80.0

压机施緩慢的压力大2.5—4倍。因此，巨型工件的压力加工变形速度很慢，目的是使变形阻力减小，作用力能够深透到里层。

5. 外部摩擦的影响：在压力加工过程中，金属的表面和工具接触产生了外部摩擦，这对于塑性变形也是很有影响的。表面摩擦系数，材料的种类，工具表面的光滑度，以及加工时的温度、压力强度，与变形速度等都有关系。

6. 应力的影响：金属变形时，由于几何形状、温度分布、外部摩擦以及结构等原因，所受到的压力大小和方向是不均匀的，这种应力分布不均匀的结果，会使变形阻力增大，塑性变形的能力降低。

§9. 金属在塑性状态下流动的规律

根据最小阻力法则：“物体的质点在可以自由向各方流动的情况下，总是沿着最小阻力方向移动的。”换句话说，当金属在各个不同方向都可能自由流动的情况下，最大变形总是发生在大多数移动点对本身移动遇到最小阻力的那个方向。

熟练地掌握了最小阻力法则，就能得出金属在塑性状态下流动的普遍规律，例如将一个短圆柱体金属进行压短实验，得出的形状是鼓形的。（图8）这是因为圆柱体的两端面和砧

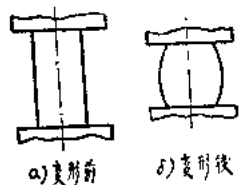


图8 短圆柱体锻造后
变形为鼓形

面有接触而产生了摩擦阻力，并且砧面对于圆柱体两端面有冷却作用，因此，圆柱体端面部分的金属流动比中间部分的困难，因而造成了鼓形。由此可知，运用最小阻力法则，还可以控制金属的流动，也就是说可以控制金属在塑性状态下的变形；例如要把一块

金属作纵向或横向的变形，这种向长宽方面流动的数量控制，

就是根据最小的阻力法则由变形中心所决定的。

变形中心的形状，就是金属工件受到变形作用力的（锤的）面积。如果变形中心长而窄，那末，金属工件就横向增加多而纵向增加少；如果变形中心短而宽，金属工件就横向增加少而纵向增加多。

最小阻力法则，应为从事压力加工的工作者成功地运用着。

§ 10. 金属塑性变形的应力

进行金属塑性变形的应力，是有一定范围的。如果应力太小，就只能得到弹性变形；如果应力太大，就会使金属产生破裂。因此，金属塑性变形的应力，应该在比弹性极限大而比强度极限小的范围内。

在拉伸图上（图9）可以看出应力和应变的关系，应力不大于 σ_0 时，金属是弹性变形；应力超过 σ_0 时，金属断裂；在 σ_0 到 σ_b 一段内是塑性变形。

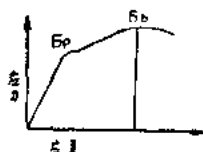


图9 拉伸图

这种在拉伸时变形的现象，和金属在压力加工时所产生的现象是一样的，因此可以运用拉伸图来决定金属在塑性变形时的应力范围。但是应注意， σ_0 和 σ_b 是在静力下测定的，压力加工时是动力，使金属变形的阻力增加，因此要修正系数，变形速度大（例如锻锤等）应为1.5—3，变形速度小（例如水压机等）应为1.25左右。

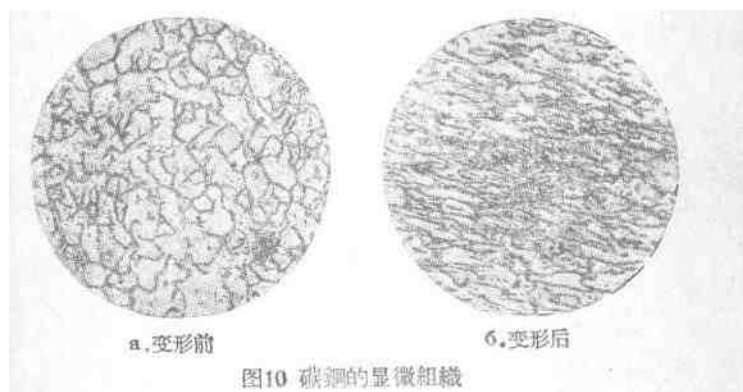
二 冷压力加工对金属结构和机械性能的影响

压力加工的结果，不但改变了原来金属形状，并且还影响

到結構和性能的改变；这种影响又因冷压力加工(冷变形)和热压力加工(热变形)而有所不同。

§ 11. 冷工硬化

苏联学者古毕金(С.И.Губкин)指出,金屬經過冷压力加工后,产生了硬化特征:晶粒向变形最大的方向伸長,出現定向,这样就使金屬获得纖維質的結構,如图 10 所示,а 是低碳



鋼在变形前的結構, б 是冷变形后获得纖維質的結構。这种

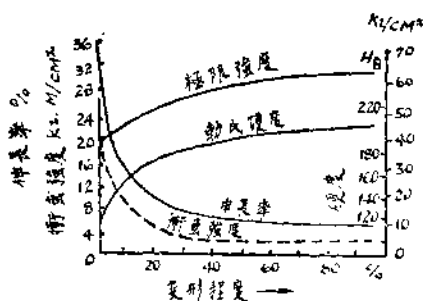


图11 冷加工时碳鋼机械性能变化图

結構引起了机械性能的改变,使强度极限和硬度增加,冲击强度和伸長率降低。图 11 表示低碳鋼在冷压力加工时机械性能的变化。

由冷压力加工所造成的結構和机械性能的变化,是不稳定的,可用热处理(退火)的方法进行消除。

§ 12. 恢复和再结晶现象

把冷压力加工变形后的金属加热(热处理)时,随着温度升高,金属内部发生了下列变化过程:1.恢复(应力去除);2.再结晶;3.晶粒生长。在图12上可以看出这些过程是因温度的升高而一个接着一个发生的。

当金属加热到某种温度时(铁是 200°C — 300°C),由于压力加工所造成的品格歪扭现象消失,内应力大部被除去了,这种过程叫做恢复。把金属再加热到较高温度(铁是 450°C),在晶间和晶内滑动平面处就有新的品格出现,金属开始重新结晶,硬化的晶粒重新排列,新晶粒形成,这种过程叫做再结晶。把金属再加热到更高温度(铁是超过 700°C 后开始),晶粒开始长大,这种过程叫做晶粒生长。

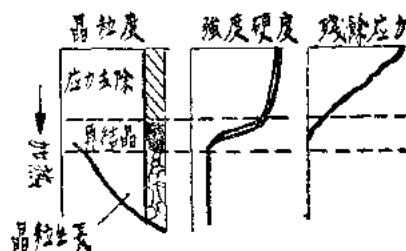


图12 冷加工后的金属加热时结构
和性能变化图

冷压力加工后的金属进行上述热处理后,原来因冷工硬化的机械性能有了剧烈改变,使强度和硬度降低,而塑性增加。

§ 13. 再结晶温度

造成在金属内开始产生最小的新晶粒的温度,叫再结晶温度。

关于再结晶温度的确定,苏联学者鲍启瓦尔(А.А.Бочвар)算出了纯金属的再结晶绝对温度约为绝对熔点的0.4:

$$T_{\text{再结晶}} = 0.4T_{\text{熔点}}$$

利用这个公式,可以得出铁的再结晶温度约为 450°C ,铜为 270°C ,铝为 100°C ,锌为 0°C ,铅为 -30°C ,锡为 -80°C 等等。

应该注意,再结晶的过程不是在一瞬间完成的,而是进行得很慢。为了加速再结晶的过程,所以需要较高的温度,表2列举了一些金属和合金的再结晶温度,以及在实际上所选用的再结晶退火范围。

表2 金属再结晶温度及再结晶退火温度范围

金属, 合金	再 结 晶 温 度 $^{\circ}\text{C}$	再结晶退火温度 $^{\circ}\text{C}$
铁	450	600—700
钢	450	600—700
铜	270	450—500
黄 铜	250	400—500

§ 14. 再结晶图

“用再结晶退火”的热处理方法可以消除硬化特征,在退火过程中晶粒会长大;晶粒长大的大小,对于金属机械性能是有影响的。利用再结晶图,可以确定合宜的变形温度和变形程度,藉以获得所需要的大小晶粒。

图13是低碳钢再结晶图,在图中可以看出晶粒的大小不仅和温度有关,更重要的是和变形程度的大小有关;低碳钢在变形程度超过15%时,晶粒长大不显著,在7%—15%之间的变形,晶粒的长大最大。这种在加热时出现最大的晶粒成形的变形,叫做临界变形。实际进行压力加工时,为了获得最小的晶粒,必须采用大于临界的变形,通常总是选用