

苏联中等专业学校教学用书

有色金属 与合金的压力加工

上册

B. B. 若洛包夫 等著

冶金工业出版社

苏联中等专业学校教学用书

有色金属与合金的压力加工

下 册

B. B. 若洛包夫 等著

东北工学院有色金属和合金压力加工教研室 译

冶金工业出版社

В.В.ЖОЛОВОВ, К.Н.БОГОЯВЛЕНСКИЙ, М.Е.ЗУБЦОВ,
А.Д.ЛАНДИХОВ, Е.М.ЛЕКАРЕНКО, Н.Н.ПОСТНИКОВ
Обработка цветных металлов и сплавов давлением
Металлургиздат (Москва, 1955)

有色金属与合金的压力加工 上册

东北工学院有色金属和合金压力加工教研室 译

編輯: 王忠义 設計: 周 广、曹普芳 校对: 王坤一

——*——

冶金工业出版社出版 (北京市东市口里45号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第093号

中央民族印刷厂印 新华书店发行

——*——

1959年7月第一版

1959年7月 北京第一次印刷

印数 6,010 册

開本85×1168·1/32·200,000字·印張7 16
32

——*——

統一書号 15062·1608 定价 0.85 元

В. В. Жолотов, К. Н. Боговяженский, М. Е. Зубцов,
А. Д. Ландинов, Е. М. Лекаренко, Н. Н. Постников

ОБРАБОТКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И
СПЛАВОВ ДАВЛЕНИЕМ

Металлургиздат (Москва, 1955)

有色金属与合金的压力加工 下册

东北工学院有色金属和合金压力加工教研室 译

冶金工业出版社出版 (北京市灯市口甲45号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 093 号

冶金工业出版社印刷厂印 新华书店发

—— * ——
1959年11月 第一版

1959年11月北京第一次印刷

印数4,512册

开本850×1168 · 1/32 · 200,000字 · 印张 8

—— * ——
统一书号 15062 · 1880 定价0.91元

本書系根据苏联冶金科学技术書籍出版社出版的
B. B. 若洛包夫等六人合著“有色金屬和合金的压力加工”一書 1955 年莫斯科版譯出。原書經苏联有色冶金
工业部教育司審定为中等专业学校教科書。

本書中譯本分上、下两冊出版。上冊叙述金屬压力
加工的理論基础、有色金屬和合金板带材的生产、以及
型材軋制、冷軋管的过程，下冊叙述压挤、拉伸和冷冲
等生产过程。

本書可供我国有色金屬与合金压力加工企业和設計
研究机构工程技術人員参考。並可作为中等专业学校的
教科書。

本書下冊由东北工学院有色金屬与合金压力加工教
研室左耀先、孙能、杨守山、吳庆齡、周宜森等分別譯
出；並經馬龙翔、吳庆齡等校对。

上册 目 录

緒論	1
第一章 金屬压力加工的理论基础	5
第1节 关于金屬构造的簡要知識	5
第2节 力和应力	6
第3节 弹性变形和剩余变形	7
第4节 正应力和切应力	10
第5节 主应力和主变形	13
第6节 副应力和剩余应力	17
第7节 单晶体和多晶体的变形	19
第8节 塑性变形时体积不变的假定	20
第9节 冷变形	21
第10节 恢复和再結晶	21
第11节 热变形	25
第12节 变形溫度和速度对变形抗力的影响	27
第13节 单位塑流压力	32
第14节 极限状态理論	33
第15节 金屬压力加工时外摩擦的影响	36
第16节 最小阻力定律	37
第17节 相似定律	39
第18节 塑性变形时的变形功	40
第二章 軋制	42
A. 軋制的理論基础	
第19节 軋制过程的分类	42
第20节 在軋制中金屬变形量的表示	44
第21节 变形区、咬入弧及咬入角	46
第22节 軋輥咬入金屬的条件	47
第23节 軋制时的前滑	49
第24节 軋制时的宽展	54
第25节 軋制时变形金屬之抗力	53
第26节 在咬入弧上单位压力分布的理論	58

第27节	各种因素对于咬入弧上单位压力分布的影响	65
第28节	测定金属对轧辊的压力的仪器	68
第29节	咬入弧上单位压力分布之实验研究的结果	71
第30节	金属对轧辊的全压力	75
第31节	金属对轧辊的许可应力	85
第32节	简单轧制过程中作用于轧辊上的合力方向及转矩	86
第33节	单辊传动轧制时作用力方向及转矩	83
第34节	有拉力轧制时作用于轧辊上的合力方向	88
第35节	转动轧辊所需转矩	90
第36节	轧制功	92
第37节	轧制时的不均匀变形	95

B. 板带材生产

第38节	板带材生产的典型流程	98
第39节	轧制板带材用的磷錠	102
第40节	热轧	107
第41节	冷轧	119
第42节	热处理	121
第43节	表面加工	121
第44节	剪切与下料	133
第45节	平整	138
第46节	板与带材生产的工艺过程	139
第47节	生产板带材的技术经济指标	169
第48节	完成各种不同工序时的安全规则	171
第49节	成品的检查与试验	173

B. 型材轧制

第50节	型材轧制的基本概念	176
第51节	轧辊孔型设计的基本概念	180
第52节	型材轧制的工艺过程	190
第53节	型材轧机的一般构造及其调整	202
第54节	型材轧制的废品及产品的质量检查	210
第55节	安全技术	211

F. 冷轧管

第56节	冷轧管的原理	214
------	--------	-----

第57节	孔型及芯头形状設計	219
第58节	軋管工艺的簡短叙述	224
第59节	冷軋管的废品	228
第60节	軋管机上工作时的安全技术	230
参考文献		231

下 册 目 录

第三章 压 挤

第 61 节	压挤过程的概念	235
第 62 节	表示压挤过程的加工量	236
第 63 节	热压挤法	236
第 64 节	冷压挤法	241
第 65 节	压挤时金属流动的性质	242
第 66 节	各种因素对流动性质的影响	245
第 67 节	压挤缩管的形成及其消除	253
第 68 节	压挤管材时的流动性质	253
第 69 节	在反向压挤中的流动性质	254
第 70 节	各种有色金属及合金压挤时温度范围的决定	255
第 71 节	压挤的变形程度	257
第 72 节	压挤速度与流动速度	258
第 73 节	压挤力	261
第 74 节	各种因素对压挤力大小的影响	233
第 75 节	决定压挤力的公式	270
第 76 节	压挤制品的品种和用途	273
第 77 节	准备压挤鑄錠和选择压挤筒	279
第 78 节	压挤速度和压挤温度	282
第 79 节	各种类型压挤机的生产率	282
第 80 节	压挤制品生产工艺过程	291
第 81 节	在水力压挤机上的操作	294
第 82 节	压挤工具	296
第 83 节	废料和废品	301
第 84 节	压挤时的安全技术	306

第四章 拉 伸

A. 拉伸的理论基础

第 85 节	拉伸过程的一般概念	311
第 86 节	控制的方法	313
第 87 节	拉伸力	321

B. 管材和棒材的拉制

第 88 节	延伸系数与配模方案	333
第 89 节	拉制管材和棒材时的潤滑	338
第 90 节	拉伸机和拉伸工具	341
第 91 节	管和棒材的热处理	346
第 92 节	輔助工序及精整工序	355
第 93 节	拉制管材及棒材的工艺流程	361
第 94 节	拉伸車間中的废品及废料	371
第 95 节	拉制管材及棒材的品种和技术条件	376
第 96 节	拉伸車間操作中的安全技术	380

B. 綫材的拉伸

第 97 节	拉綫配模計算	382
第 98 节	拉綫时的潤滑	393
第 99 节	拉綫工具	395
第 100 节	綫材的热处理及酸洗	398
第 101 节	拉制綫材的工艺流程	402
第 102 节	拉制綫材时的废品及废料	404
第 103 节	綫材的品种及技术条件	408
第 104 节	拉制时的安全技术	410

第五章 冲 压

第 105 节	冲压工作及所用的材料	411
第 106 节	冷冲材料的排样法	413
第 107 节	剪裁	417
第 108 节	用于剪裁的冲模	429
第 109 节	弯形	436
第 110 节	弯形模	445
第 111 节	冲形	449
第 112 节	冲形模	467
第 113 节	成形冲压、压形、縮口和弯边	474
第 114 节	有色金属与合金冲压件制造工艺流程	474
第 115 节	冲压安全技术和自动化	481

参考文献	483
------------	-----

緒 論

在我国国民經济中，有色金屬是和黑色金屬一样起着巨大的作用。没有一个工业、运输业及通訊部門不使用有色金屬。有色金屬及其合金在电器制造工业、化学工业、拖拉机制造工业、航空工业、造船工业、機車制造工业和器皿及其他日用品等制造工业方面得到了广泛的应用。尤其是在国防工业中，有色金屬更有特殊的重要意义。

在沙皇时代的俄国，有色金屬的开采及加工，組織得十分原始，规模也是很有限的。开采了数量不多的銅、鋅、鉛和另一些金屬；但如鎳和鎂的开采，以及鋁的生产，則根本沒有发展。因此，俄国虽然矿藏丰富，但也不得不从国外輸入有色金屬。

仅仅在伟大的十月社会主义革命之后，特别是近二十年来，有色金屬冶炼工业才得到了发展。勘査和开发了新的矿床，許多矿山和处理矿石的选矿厂及冶炼厂投入生产。同时也建設了新的和改建了旧的有色金屬加工厂。大多数工厂安装了现代的和具有高度生产率的设备。改換了生产工艺。

所有这些都能大大地增加有色金屬的板、条、管、棒、型、綫和箔材的生产，提高了劳动生产率，改善了产品质量和扩大了产品的品种。这些成就在很大程度上是由于社会主义生产方法的优越性而得来的，在这个基础上展开了并且还在开展为爭取提高产品产量，改善质量指标，和提高劳动生产率的群众性运动。

在大批生产金屬成品和半成品的工艺过程中，应用最广泛的是金屬的压力加工。它的基本方式是：軋制，挤压，拉伸，鍛造和冲压（图1）。

鍛造乃是使金屬在高度上受鍛压，而在长和宽的尺寸上有所增加（自由鍛）。紀元前几千年前就已經有了銅及銅合金的鍛造。过去使用的设备是极为原始的：砧子（最初的砧子是石头做的），和手动的錘头。到近年来用于鍛造的设备已起了根本的变

化；现在采用了机械化的锤子和压力机。

最近（在上世紀末）出现了由鍛造演变而来的模鍛。热模鍛（整体模鍛）与自由鍛的区别在于：鍛造时在鍛粗过程中，金屬流动受鍛模各个面的限制。冷冲是由軋制、挤压或拉伸而得到的半成品的最后加工阶段。

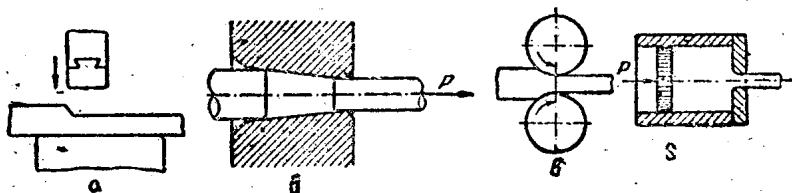


图 1 金屬压力加工基本方式示意图

a—鍛造；б—拉伸；в—軋制；г—挤压

拉伸乃是将金屬从錐形的模孔拉过而使其横断面縮小的过程。在文献中通常是說，在公元一世紀时，在利馬（Рима）地方第一次使用了拉伸方法。但是，近年来格魯吉亞学者們的发掘和研究証明，在公元1500~1700年以前，格魯吉亞地方的手工艺匠师就已經用过拉伸方法。用拉伸的方法可生产圓形或断面形状复杂的管、棒及綫材。拉伸时所用的坯料一般是用挤压或軋制的方法得来的。

軋制是金屬压力加工中使用最广泛的方法之一，軋制过程是使金屬通过两个轉动着的軋子中間，改变其尺寸和形状——使厚度減縮和长度增加。人們都認為軋制起源于1495年，那时有意大利著名艺术家和工程师列奥那德·达·文奇首次描述了已有的軋机。最初是用于軋制制造器皿用的錫板，造币用的金子和銀子，以及用于制管的鉛板。在现代，上百种型材和上千种断面尺寸的产品，由最細的綫材和最薄的带材、箔材，到大型的板材和型材，都已在无数自动化和机械化軋机上进行軋制。

挤压是压力加工中比較新的方法（从1894年开始采用）。此法是使金屬經過模孔挤出。这个方法被广泛应用在生产有色金屬

管、棒、型材及其它半成品，也用来生产拉伸和轧制用的坯料。

虽然金属压力加工的基本方式叙述起来很简单，但金属变形的过程是非常复杂的，并且它与很多因素有关，将所有这些因素考虑到，往往是很困难的。

我国学者与工程师们，在研究新的工艺过程和理论基础方面，曾做了很多工作。С. И. 古布金从物体在压力加工时流动的特点和从受力状态的观点，曾就塑性变形的各种过程给以理论上的分析；他得出了在挤压和拉伸时力的理论计算公式。И. М. 巴甫洛夫早在本世纪、三十年代就已经形成了关于不均匀变形的基本概念，用它能解释一系列的现象，其中包括由于副应力而在产品上产生裂纹的原因。А. И. 采利科夫解决了轧制生产中主要问题之一——确定轧制力的问题。此外，他还提供了轧制生产中主要设备的计算方法，以及一系列最新型的轧机结构。

А. И. 采里科夫，И. М. 巴甫洛夫，П. С. 伊斯托明，С. И. 古布金等人的非常著名的教学参考书，已成为钻研金属压力加工问题的工程师和技术员们必须的书藉。

和学者们一样，工程师、技术员和工人革新者们，也在从事研究工作。建立了科学和生产的密切联系。

推行新技术，提高生产技术水平，没有先进工人参加是不可能的。在我国，生产革新者的这种积极的活动已经展开了，尤其是在最近几年更加强了。例如，在规模巨大的有色加工厂之一《红色维堡人》工厂在开展研究工作的基础上，展开了大规模的社会性运动，力争改进工艺过程，消除和减少废品，节约金属等等。

这一运动的倡议者，现在是功勋冶金工作者称号的获得者，铸工 А. С. 波德莫斯特科夫，他在为减少铸造车间中铜在渣中的损失方面，完成了巨大的工作，将这项工作成果用在实践中，使渣含铜减少 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ ，节约了几十万卢布。

年青的带材轧制工 В. И. 沙姆申，细心研究工艺过程并改进了操作中的一些细节之后，把轧制铜带时的成品率提高了 35%，做

到了保証只出優質的帶材產品。

帶材牽引式退火爐上的退火工塔拉索娃，在 Н.И. 柯斯特羅諾索娃工程師領導下，証實用她所工作的爐子，對某些品種的鋁青銅進行退火實際上是可能的。她還顯著地改進了紫銅帶的退火工藝。

擠壓工柯馬羅夫同他自己的工作組一道，研究出用混合法來擠壓銅管的操作方法。

所有這些成就已完全用到生產中。這些工人研究員們的報告，在工廠的技術會議上經過了討論，得到了很高的評價。

科爾楚京諾城的奧爾忠尼啟則工廠，革新者們為了改進生產也做了不少工作。如像帶材軋制工 С.Г. 包利索夫，由於他明確地劃定了工作組每個成員的職責，使工作時間緊湊和改善了個別工序的操作方法，結果在保証生產優質產品的同時，在軋制帶材時縮短了手動時間30~35%。С.Г. 包利索夫又把他自己的經驗傳給了他其他軋制工人。

在其他的有色金屬及合金加工廠里，生產革新者們也在生產工藝及生產組織方面帶來了很多有價值和先進的經驗。

但是在學者與生產者們的面前，還擺着大量沒有解決的問題，其中最主要的是：使金屬壓力加工過程中力的理論計算方法更加正確，對制品的尺寸、質量和溫度施行自動控制，使軋制、擠壓、沖壓和拉伸過程廣泛機械化和自動化。

國民經濟新部門的迅速發展和新技术的採用，要求尋找新的高質量的有色金屬合金，這些合金應當是強度大，抗腐性能強，還要具有必要的電工性能。

第一章 金屬压力加工的理论基础

第一節 关于金屬構造的簡要知識

在研究与金屬塑性压力加工有关的問題时，可以限于了解原子的簡單概念，也就是由帶正电的核和圍繞着它轉的帶負电的电子所組成的原子体系的概念。

电子的数目决定了門捷列夫周期表中的原子序数。各个电子是在距原子核不同的軌道上旋轉着。

所有物体按其內部构造可分成**非晶体**（玻璃、蜡）和**晶体**（所有金屬）。非晶体的原子排列沒有任何系統，也就是**无序的**。非晶体的另一特征就是在物体的任何方向上性質（机械的、化学的和其他）一致（即各向同性现象）。

相反，晶体的原子互相間排列是**有序的**；晶体的性質在各个几何方向上是不同的（即各向異性现象）。

原子或分子在晶体中有規則的排列，构成了各种各样的立体几何形状。在大大小小的晶体中，原子（分子）的这种組合就产生了空間格子的概念，它是由最小形状的所謂**单位晶格**重复排列而成的。

在金屬中常见的是六方晶格、正方晶格和立方晶格（图 2）。很少遇到其他形式的晶格。

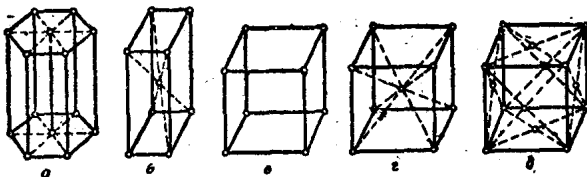


图 2 組成金屬晶格的单位晶格主要类型

a—六方晶格；b—正方晶格；c—簡單立方晶格；r—体心立方晶格；
x—面心立方晶格

在晶体中可以取許多通过晶格結点(原子)的平面。这些平面就叫作晶面。例如,在体心立方晶格(图3)中,可以取通过立方体側面的,通过側面对角綫的和通过各頂点的各一平面。由几个单位晶格組合起来,就可以得到更多的晶面。变形就发生在这些假想的某些晶面上,因此这些晶面就叫做滑移面。

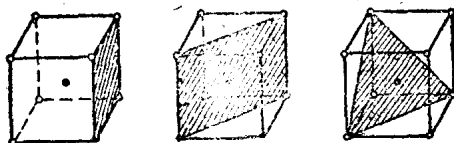


图 3 体心立方晶格中的晶面

在单一的晶体(单晶)中,能很好地显示出結晶构造的规律性。在工程技术中所使用的实际上是多晶体,因而平常遇不到合乎几何規則的晶格。由于各种原因晶格被破坏了和歪曲了,这首先是由于結晶条件的不一致性。在鑄态金屬中,晶体及其晶面都互成不同的角度向着各种方向,因而使物体在不同几何方向上的不同性質得到中和。

第二節 力和应力

在力学中有作用在物体表面上的**表面力**和作用在整个物体上的**空間力或整体力**。在大多数情况下,金屬压力加工是在表面力作用下进行的;但是变形也可以由空間力来实现,例如重力的作用,慣性力的作用等等。

在金屬压力加工时,表面力的作用是由某种工具通过接触表面传达到物体上的。表面力被內力所平衡。单位面积上內力的强度称为**应力**。应力是物体机械性能主要特征之一,强度极限,屈服极限,弹性极限,蠕变极限等等都是用应力来表示的。物体变形和破坏的过程首先决定于应力的大小和特点。

在許多情况下,物体中应力在断面上的分布是不均匀的,这可以由工具造成的局部附加載荷,物体的形状,尺寸等等來說

明。可是应力常常用面积除作用力来表示：

$$\sigma = \frac{P}{F},$$

式中 σ ——应力，公斤/公厘²或公斤/公分²；

P ——作用力，公斤；

F ——横断面面积，公厘²或公分²。

第三節 彈性變形和剩余變形

所有固体在外力作用下都要变形，也就是在不同的程度上改变自己的形状和尺寸。

如果在去掉作用力后，物体完全恢复自己原先的形状和尺寸，则那样的变形叫作弹性变形或可逆变形。如果在去掉作用力后，物体不能完全恢复自己原先的形状和尺寸，则那样的变形叫作剩余变形或塑性变形。

在解决金属压力加工中大部分问题时，都必须知道应力是如何随着变形的大小而变化的。

对有显著剩余变形的塑性金属，其应力和延伸率间的关系曲线见图 4 所示。按这个曲线还可以确定弹性变形的部分和剩余变形的部分。完全恢复到原先尺寸和形状只有在弹性极限 σ_s （点 A）内才可能；应力更大时，就出现剩余变形。但一直到应力超过屈服极限 σ_s ，剩余变形仍旧伴随有弹性变形（外力去掉后即消失）。因此，在载荷作用时的全变形 δ ，等于弹性变形 $\delta_{\text{уп}}$ 和剩余变形 $\delta_{\text{ост}}$ 的总和。

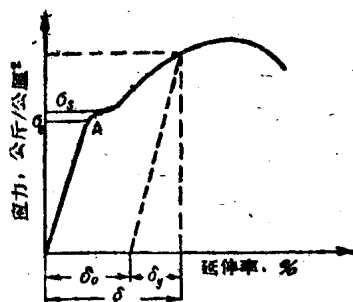


图 4 延伸率和应力的关系曲线

图 5 所示为压缩和延伸时，弹性变形 $\varepsilon_{\text{уп}}$ 和剩余变形 $\varepsilon_{\text{ост}}$ 的示意图。