

金属压挤

П.С. 伊斯托明 著

王 格 译

冶金工业出版社

金 屬 壓 擠

(增訂第三版)

П.С. 伊斯托明 著

王 格 譯

冶金工業出版社

譯者的話

普·斯·伊斯托明博士教授的这本《金屬压挤》是有色金屬及合金的压力加工領域中一本經典著作。帮助我国培养高等工業建設人材而来我国的苏联專家普·格·吉里洛夫(П.Г.Кириллов)博士教授曾对譯者說：“这本书虽然不算新，但直到目前为止，关于压挤方面，还没有一本比它更好的書。”他又說：“这本书对于我們来說是与斯·伊·古布金博士教授的《金屬压力加工原理》(高等教育出版社出版)一样重要的。”誠然，就本書內容來說，它旁征博引了各种試驗，对金屬压挤原理作了透辟的論証，全面地叙述了压挤車間的設備，系統地闡明了設計步驟与計算方法，並广泛地介紹了各国的有关資料。所以無論对教学者，設計者，操作者都可以說是一本必要的参考書。

这本书对高等学校和中等專業学校有色金屬及合金压力加工專業有色金屬及合金管棒綫型的生产課程來說不失为有价值的参考書，除了電纜鉛包皮压挤外，它包括了用压挤方法加工的全部內容。

这本书能以我們的文字与讀者見面，是与吉里洛夫專家和他的教研組——莫斯科加里宁有色金屬与黄金学院压力加工教研組的帮助分不开的。吉里洛夫專家將作者送給他作紀念的原書，長期借給譯者从事翻譯，在譯校过程中，又蒙他不断地答疑，使譯者减少了許多困难。並且他的教研組为这个譯本的出版，特地寄来了一本原書。这些，譯者除了衷心地感激外，並希望讀者也知道是他們将这粒种子移植在我們的土地上的。

在翻譯过程中，曾請教胡葆珩、左耀先兩教授、林必樑工程师、朱泉、李振中、王廷溥、梁桂森、姜瀾、李国助及关德裕諸同志，得到他們很多的帮助，特此表示謝意。

本書的定稿，曾由馬龙翔教授初校了緒言及第一章，陈石卿同志审校了緒言及第一章的一、二、四节，复由梁桂森同志审校了一、三、五三章，馬怀宪同志审校了二、四兩章。

譯者能力有限，如有譯誤之处，希望讀者随时指正，則不胜感激之至。

王 格

一九五六年十二月

П.С. ИСТОМИН
ПРЕССОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ
МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (Москва—1944)

金 屬 压 挤

王 格 譯

編輯：叶建林 設計：赵香荅 責任校对：赵崑芳

1957年10月第一版 1957年10月北京第一次印刷 1,133册

787×1092 · $\frac{1}{16}$ · 390,000字 · 印張 19 $\frac{14}{16}$ · 插頁 14 · 定价(10) 3.00元

冶金工業出版社印刷厂印

新华書店發行

書号 0625

冶金工業出版社出版(地址：北京灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

目 录

第三版序言	5
緒論	6
正向法及反向法压挤过程的一般概念	7
第一章 压挤过程的原理	13
1. 在冷状态中的压挤	14
2. 金属与合金在热态下的压挤	16
3. 在高温时金属与合金可塑性的变化及在加热状态下可加工性区之决定	24
4. 根据产品的組織与質量决定最适当的压挤温度	41
5. 保証压挤产品具有适当的質量的最小变形程度之决定	49
6. 鑄錠压挤与穿孔时所需压力之大小以及各种因素对此等压力大小之影响	52
第二章 水力压挤机及其必要的設備, 安裝与操作	93
1. 臥式压挤机	93
2. 立式压挤机	113
3. 生产鉛管用的特殊压挤机	126
4. 用長心桿頂推空心坯料穿过一系列模子的方法制造管材用的特殊压力机	128
5. 用拉伸法矯直棒材及型材用的特殊水压机	131
6. 蓄力罐, 它們的用途及構造, 屬於它們的必要的仪器及各种体系的优缺点	134
7. 水泵	153
8. 調配器(操縱閘), 它們的結構及对它們的操作	160
9. 管道、它們的構造与联接	168
10. 立式曲柄机械傳动的压挤机	175
11. 爐子及其輔助機構	180
第三章 生产工艺	189
1. 适合用压挤加工的金屬与合金	189
2. 用压挤制得的产品之品种与質量	191
3. 压挤制品的尺寸精确度与公差	194
4. 各种金属及其合金鑄錠的压挤温度	196
5. 压挤速度与金屬流动速度及其与温度之关系	199
6. 鑄錠尺寸的决定	202
7. 鑄錠的标准与公差	215
8. 各种体系各种功率的压挤机之生产率	217
9. 压挤机的工具, 它們的形狀、尺寸、材料、寿命及增加其使用期限的方法	220
10. 对压挤机的操作	234
11. 压挤时的廢品与廢料以及減少它們的方法	234
12. 压挤車間操作的技术——經濟的效果	237
13. 压挤与其他加工方法的比較	238

第四章 压挤車間的設計原則	243
1. 車間工作計劃	243
2. 工艺过程的程序与鑄錠的尺寸	244
3. 鑄錠需要数量及生产中获得的廢料量的确定	250
4. 金屬平衡	250
5. 車間設備的选择	252
6. 压挤机、加热爐及其他輔助設備数量的决定	254
7. 蓄力罐的容积, 水泵的数目与生产率及水泵所用的馬达的功率的决定	259
8. 車間平面圖、設備及管道的佈置	283
9. 流动路綫	284
10. 水压机設備的管道計算原則	285
11. 車間的运输	293
12. 車間的供电	294
13. 設計中的其他問題	294
14. 生产的技术——經濟指标	294
第五章 压挤机安裝中主要部件的設計	296
1. 材料, 它們的分析及机械性能	296
2. 主要尺寸与应力的决定	298

第三版序言

在1932年本書第一版未問世以前，关于金屬压挤這個問題尚未有过系統性的指導性書籍。曾有过的只是研究者与生产者們一些零星的論文。这些論文中的最重要的曾引用於本書1932年及1935年兩版中，而較新一些的則引用於現在的第三版之內。

在本書第二版發行期間，3000吨的压挤机就認為是最强大的棒材——管材压挤机。輕合金及超輕合金的生产需要制造吨数更大的压挤机。在生产鎂基合金板材时，就需要强大的棒材压挤机作为压延机的制坯机，4000—5000—7000吨的压挤机已先后成为有色金屬尤其是輕金屬加工工厂中普通的机器。現在制造的压挤机已达到10000吨了。

这样的增加压挤机的功率，就必須將设备中的水压由200 仟克/厘米² 提高到300 仟克/厘米² 以及大大地加大蓄力的容积。但重錘式与帶活塞的壓縮空气式蓄力罐二者由於本身構造的关系是不能滿足这一要求的。因此現在它們已失去了本身的作用，仅在若干旧的工厂中还保留着。無活塞壓縮空气蓄力罐获得了普遍的称許，因而它的应用很广泛。

由於压延大直徑管材方面的进步，已可以用較賤的压延管子代替蓄力罐的貴而費工的鍛造的罐子，已可以制造水的工作容积为10000 立升，总容积为100 米³ 的二十个罐子的巨大设备。美国的工厂制造特殊結構的罐子，它是由鍋爐板鋸成的多層罐子。

飞机制造、貨車、輪船、汽車制造等等需要多种大断面的新型的压挤型材。这也就提出了对强大的棒材压挤机以及特种水力延伸矯直机等的需要。

在技术文献中已出現很多关于压挤机、蓄力罐、管道的計算以及材料流动的研究等方面的新論文；在我們祖国与外国的工厂中出現了新的压挤设备。

由於上面所指出的这些在压挤領域中的进展，使本書第三版的發行就成为必要了。如蒙讀者指出本書的缺点，我是很感激的。

П.С. 伊斯托明

緒 論

金屬及合金的壓擠是利用壓力迫使金屬或合金穿過模孔以生產棒材、綫材、型材及管子等坯料的方法。由於在壓擠機的構造上及生產方法上一系列的改善，現時壓擠已獲得廣泛的應用，並且目前可算是有色金屬及其合金在熱態加工中最經濟的方法之一。其原因当然是因為這個方法具有不少的優點。

用壓擠能制出差差不多或完全恰如所需尺寸的物品，因而使這類物品的冷壓延或冷拉伸降低到最少的次數；而壓延與拉伸，是很貴而又很慢的生產方法。用壓擠在一次操作後，就能制出尺寸達 20.5×18 毫米（註1）的薄壁銅管及黃銅管，管壁可薄至 1.25 毫米或更薄些，這是其他加工方法所做不到的；用壓擠能制出直徑達 6—1 毫米的棒材及用於綫材等的坯料，這樣尺寸的物品有時只需一兩次冷拉伸。當然這就大大地降低了加工的成本，增加了合格的成品，因為減少了當拉伸時不可避免的切屑、咬頭及其他等廢料的損失。

操作時間短（註2）及近來壓擠機功率的大大地增加（註3）使人們能用很重的（註4）鑄錠操作，因此能獲得斷面和長度大的物品；這個方法的其他優點，就是能夠製造比較精確的及各式各樣斷面的型材。

工具能很快地更換，這就使能在同一壓擠機上生產尺寸不同的多種物品。也就是說，水力壓擠機出產的品種具有最大的靈活性，專以這一點而論，壓延機是不能與之相比的。就質量而論，壓擠生產物件，並不次於壓延品，而以尺寸的精確度而論，實遠超過壓延品。

照圖1與圖2看來，用壓擠所製造的物件品種是各式各樣的。用這種方法不僅能製造簡單的型材，而且能製造壓延所不能制成的複雜型材。

現在很少能碰到這樣的有色金屬加工工廠，他們不安裝幾個大小不同的壓擠機，來生產上述二圖中所示的物件。

在歐洲，管子及型材主要都是用壓擠法來生產的。在美國，按已有文獻記載，可以判斷管子的生產雖然也有用水力壓擠機的，但並不那樣普遍。在那裡有色金屬管子，大都是先用壓延繼之用拉伸法加工制成的。而近來，則在冷態下用特殊的羅克萊特（роклайт）機用壓延法制成，這是由於用壓擠機加工存在着相當大的缺點，那

〔註1〕管子總是用這種標準方式表示，這樣表示的意思是：內徑是 18 毫米，外徑是 20.5 毫米。在理想上壓擠能生產達 12×10 毫米很小尺寸的管子，但是這會引起工具很大的耗損，也大大地降低了生產率，因而不合算的。

〔註2〕直徑 205 毫米長 340 毫米的黃銅鑄錠能在 6 秒鐘內變成 81×75 毫米長 13000 毫米的管子。並且全部壓擠過程——由一個鑄錠進入壓擠筒開始，到另一個鑄錠進入壓擠筒為止——所佔的時間不超過 $2-2\frac{1}{2}$ 分鐘。

〔註3〕壓擠機的“功率”或“噸位”這一術語的意思經常是指壓擠機的壓力在活塞上的最大作用力而言。

〔註4〕現時所製造的 3000 噸功率的壓擠機，具有能容納直徑達 420 毫米，長達 900 毫米的鑄錠的壓擠筒；功率 5000 噸的壓擠機能容納直徑達 500 毫米，長達 800—1200 毫米的鑄錠在其中操作；又功率為 7000 及 10000 噸的壓擠機則帶有直徑達 700 毫米，長達 1200—1600 毫米的壓擠筒。鐵基合金的板材及帶材經常是由尺寸為 $50 \times 320 \times 1200$ 毫米〔重 35 仟克〕及 $60 \times 500 \times 1000$ 毫米〔重 55 仟克〕扁平的壓擠的坯料所壓延的。為此要生產這種坯料以及為了生產巨大斷面的型材及鍛造的坯料，也需要 5000、7000 及 10000 噸那樣強大的壓擠機。

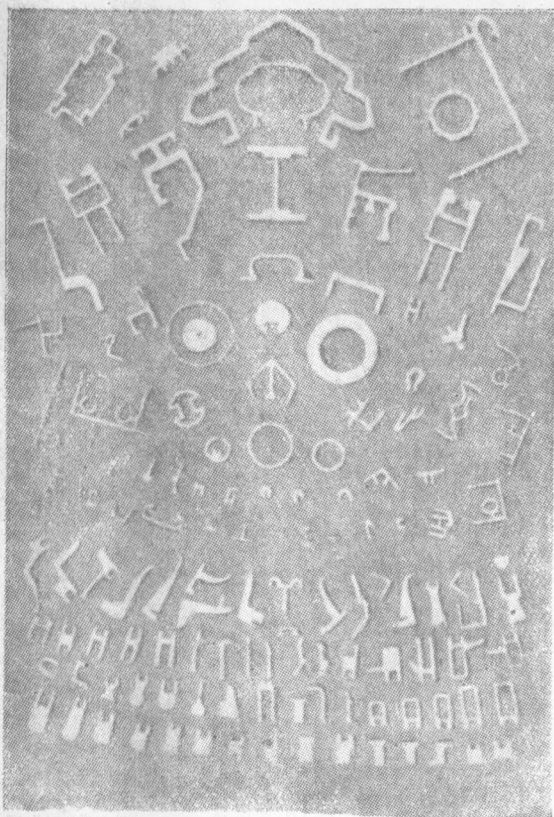


圖 1 用压挤所制造的細小的物件之橫断面

需要貴重的而且易於損毀的工具（如穿孔棒模子等）。自然，對於直徑小的（小於 50 毫米）管子以及棒材、型材、線材等的生产，水力压挤机依然佔据他应有的地位。

正向法及反向法压挤过程的一般概念

現在压挤主要是用於加工銅、含銅 58—70% 的黃銅、鋁及鋁合金、鎂及鎂合金、銅鎳合金、鋁青銅、錫、鉛等。

最初仅鉛合金和鉛錫合金棒材和管子是在冷态下用压挤法来生产的。还不过是前 45 年，难熔的金属及合金在热态下压挤才获得成功，而最近几年，甚至于有利用压

就是必然要剩下無用的所謂“压余”，它的大小可达 12—15%，而当压挤直徑大的管子时，可达 25—30%，甚至（当直徑近于 280 毫米的大管子穿孔时）可达 45%。

用压延法生产大直徑（超过 50—60 毫米）管子的方法，現在已开始普及於英国。

不久的将来在我們国家里，在中型及大型直徑管子的生产中，压延机也將要佔据有如它在鋼管生产領域中所佔的位置。主要因为採用压延机与压挤机相較时，它的生产率高（大約大兩三倍），它的廢料量也較少，原始价值低，同时在操作方面也不

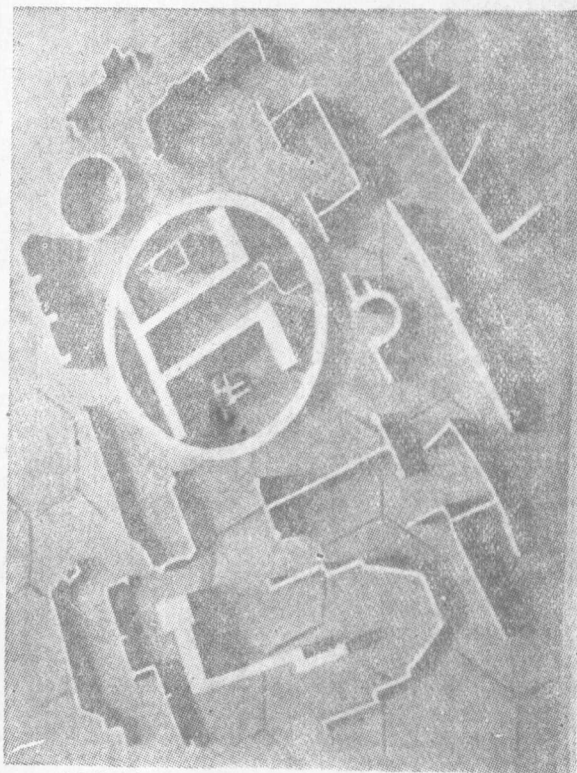


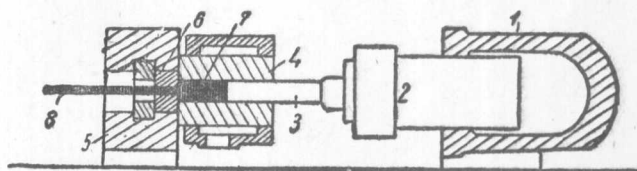
圖 2 用压挤所制造的巨大的物件之橫断面

挤法生产鋼管的企圖（註1）。因此，压挤是沿着两个方向开展的，即在冷态下以高速压挤軟金屬和在热态下用低速压挤难熔的金屬与合金。工艺上最重要的生产方法是第二种，因此我們也首先来研究它的压挤过程。

加工难熔的金屬及合金的第一台压挤机是由亞力山大，笛克 [Александр Дик (A. Dick)] 在 1894 年所創造的，直到今日这类压挤机及其生产方法尚常以他的名字来命名。虽然現在所用的最新的結構中，已加添了多种改进，但是近代称为“正向法”的操作原理与原始的操作原理还是相同的。

按正向法操作，用以生产棒材的最簡單的压挤机略圖表示於圖3。放在压挤筒中的鑄錠7（在圖中用黑色表示，制得的棒材也用黑色表示）受压挤桿压縮，材料遂按压挤桿运动方向，穿过模孔而流出。因此这个操作方法叫做“正向法”。压挤结束后，主活塞与压挤桿一同借回冲水缸〔在圖上沒有表示〕之助向后撤退。

圖3 压挤机略圖
1—水缸；2—活塞；3—压挤桿；
4—压挤筒；5—压挤机前架；6—
模子，7—鑄錠，8—压挤后的物品。



为了减少压挤桿对压挤筒壁的摩擦，从而减少工具中这个貴重部分的耗損，压挤桿的直径常应远小于压挤筒的直径，而在压挤桿的端头安放一个垫片正向法压挤的略圖如圖4所示。

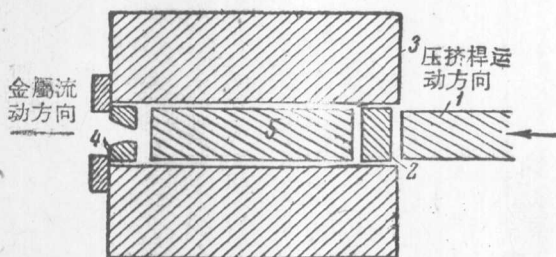


圖4 正向法压挤略圖
1—压挤桿；2—垫片；3—压挤筒；
4—模子；5—鑄錠

在热态下常用压挤法加工的合金的化学成分見后面第三章第一节。

压挤时，鑄錠承受了强大的压力，金屬的組織获得了很大的改善，因此在正确加工的情况下，压挤品的机械性能数值比鑄錠的高。關於这一点將在第一章第四节加以詳細說明。

直径为25毫米及更粗的棒材是由一个模孔挤出的，較細的棒材則由若干个模孔（普通由2—3个到8—12个）（註2）〔見表1〕挤出。採用多孔模子之目的是：不使鑄

〔註1〕系指用压擠挤出（Прессование-выдавливание）的方法穿过模孔。用爱尔加德（Эргардт）压挤法生产鋼坯的方法已早被採用。

〔註2〕1941年，作者曾在國外看到由32个模孔組成的模子的照片，这种模子是用於压挤鎂基金屬圓棒材的。札克斯（Закс）甚至將压挤的細錢材称为50号的線材〔見Закс所著“实用金相学”（Практическое металловедение）1938年版第二卷第179頁。〕

錠在压挤筒内过分地冷却，减少金属或合金的变形阻力，降低材料的流动速度至一定界限，每种材料均有一定的界限，因为超过此界限时，同样会产生不合格的产品。

压挤棒材常用的模孔数目如表 1 所示。

表 1

棒材的直径, 毫米	模孔的数目	棒材的直径	模孔的数目
25及25以上	1	12—16	5—6
22—25	2	9—11	6—8
19—21	3	6—8	8—12
17—18	4	—	—

根据截面积之大小，型材也可用一个或几个模孔来压挤。

管子总是由一个模孔压挤的，管子所采用的压挤机与上述类型的不同之点是它除了具有压挤棒外还有穿孔棒。压挤管子的过程是有它独有的特点的。

用正向法在不加热的压挤筒中的压挤过程有这样的缺点，就是为了保证棒材得到可靠的质量，必需在压挤筒中留下长度几乎等于铸锭直径的大量的压余料，即无用的剩余料占 25—30%。但是这种剩余料，当用具有加热压挤筒的新式卧式压挤机操作时，可降低到 10—15%，而当在立式压挤机中压挤管子时，甚至能降低到 3—5%，并保证制得质地十分优良的产品。

但是，所得到的压余料还是十分大的，它大大降低了这个生产方法的优越性。为了更进一步减少废料量，压挤棒的直径可做成比压挤筒的更小些，并且垫片的直径也比压挤筒的小 2—3 毫米(图 5)。当用这种操作方法〔起边压挤 (прессование с рубашкой) 法〕时，可使压余料降为铸锭重量的 10—12%，而有时还能更低达 8% 以下〔註 1〕。

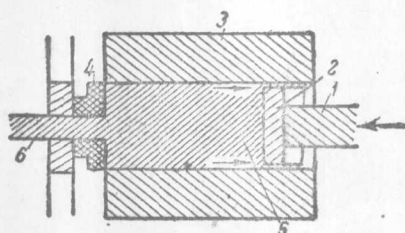


图 5 起边的正向法压挤

1—压挤棒；2—垫片；3—压挤筒；
4—模子；5—铸锭；6—压挤品

为了减少废料以及其它的理由(关于这些理由将在以后谈到)詹真傑尔斯 (Джендерс) (1924 年) 曾提議將挤压过程作这样的改变，即不使铸锭向模子运动，而相反的，使安在空心压挤棒端头的模子向铸锭运动(图 6)的反向法—金属向压挤棒运动相反的方向运动(註 2)。在这种情况下，几乎整个的铸锭都能穿过模子被挤出。在压挤筒中

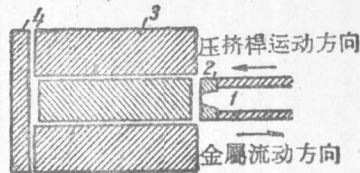
〔註 1〕见冶金学家 [Металлург] 1934 年第 4 号 82—88 頁若洛波夫 (В.В. жолобов) “由产品品质观点用压挤法制造铜管的条件之研究”。但是应该注意到，利用这个方法并非都是可能的。例如它就不能用于压挤铝，因为这种金属很容易与铜焊接在一起而损坏压挤筒。

〔註 2〕在较新式的压挤机上实行反向压挤是很少的。最近实际上已停止採用这种用反向法操作的较复杂而又较贵的压挤机了。因为採用加热的及良好潤滑的压挤筒时，用正向法已能获得几乎不遜于反向法的结果。关于这点以后各章將再詳为論及。

留下的仅是鑄錠被氧化的表面和厚約 20 毫米不大的圓餅狀残余料。在这种情况下，廢料減少至鑄錠重量的 6—8% 甚至 5—6%。用这种方法使压挤所需的功率也大大地节省。詹真傑尔斯的試驗表明：当用正向法压挤黃銅时，垫片上所需的压力是 49—105 仟克/厘米²，但在反向法中，28—56 仟克/厘米² 的压力就够了，即少了 43—46%。

圖 6 反向法压挤机略圖

- 1—空心压挤桿；2—模子；
3—压挤筒；4—止动垫片



压挤金屬的全部設備由以下几部分組成：

1. 臥式（圖 7）或立式（圖 8）压挤机——这是設備中进行正式操作的主要工作部分。
2. 操縱閘 調配器（圖 9）——向压挤机中这个或那个操作部分輸送約为 200—300 仟克/厘米² 至 400 仟克/厘米² 的高压水来控制压挤机的操作。

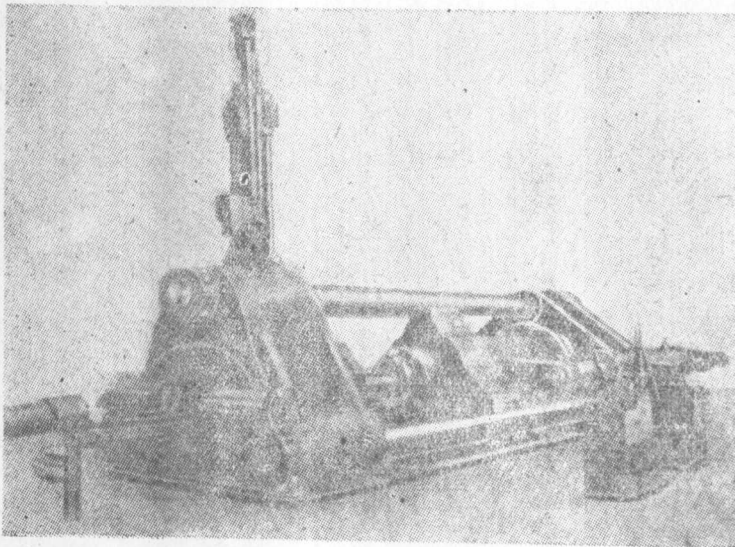


圖 7 臥式压挤机



圖 8 立式压挤机

3. 水泵（圖 10）——直接將水供給压挤机或特种設備——蓄力罐中。
4. 高压蓄力罐——重錘式的（圖 11）或在新式設備中所採用的壓縮空气式的（圖 12），它的作用一方面是調节压力，即緩和当水泵供給水时在管道中的冲击；另一方面能大大地加速压挤机的操作，並可用較小的水泵，这样一来就降低了全部設備的成本。
5. 低压蓄力罐或称風罐（見圖 185）的空气貯蓄罐，当压挤机回冲时，由主水缸放出的水来充滿，對於臥式压挤机，充滿到蓄力罐中得到 15—20 仟克/厘米² 的压力，對於立式压挤机則得到 5—8 仟克/厘米² 的压力。用这样压力的水来完成压挤机的主活塞与穿

孔棒的空程，亦即完成鑄錠進入壓擠筒以前以及將鑄錠送入壓擠筒之內的工作。這樣，高壓水僅僅消耗在正式壓擠與穿孔方面，因而保證在能量的消耗可節省到45—50%。

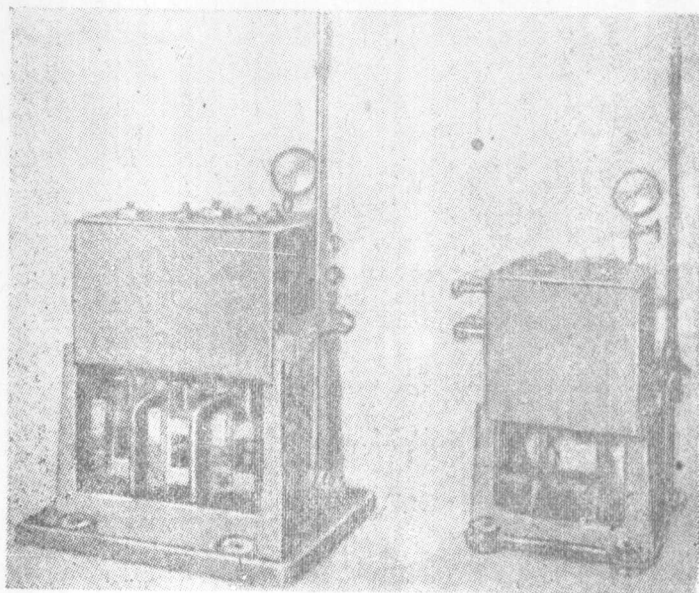


圖 9 水的操縱閘——調配器

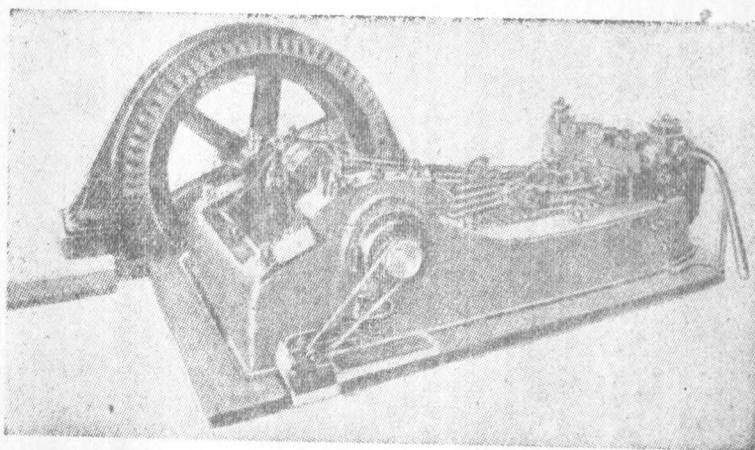


圖 10 直接連于馬達的三活塞臥式高壓水泵

帶有無活塞壓縮空氣蓄力罐的全部壓擠設備的略圖如圖 13 所示。這個設備的操作是按如下方式進行的：壓擠機未操作時，由馬達 2 帶動的高壓水泵 1 將水沿管道 3 送入蓄力罐，蓄力罐是由一個水罐 5 及一個而更常常是若干個空氣罐 6 組成的。從下面進入罐 5 中的水，壓縮處於 5 中的空氣及從上面用管子與 5 相連的罐 6 中的空氣達到 200—300 仟克/厘米² 的滿壓。當達到這個壓力時，水就借特種機械之助改由水罐穿過管道（在圖中沒有畫出）流回水泵 1 的吸入閥，因此在罐 5 中的壓力就不再升高。當壓擠機 8 開始動作時，則調配器 7 把從水泵送來的水匯同儲備於罐 5 中的大量之水，在滿壓下送進壓擠機 8 中，壓擠機 8 即進行它所需做的工作了。當壓擠機進行回程時，主水缸中的水仍由調配器 7 順着管 4 送入低壓蓄力罐 10，而在 10 中達於上述的壓力後，則順着管 11 向

前流进貯水池 12 中，由 12 这里，水泵 1 可得到所需的水。当罐 10 充满以后，則罐內保持在上述的恆定压力下，压挤机的空冲程，总是用从这个罐中顺着管 9 送来的低压水来完成的。高压水是一种比較貴的能。仅在为了产生适当的工作压力时，压挤机已充满水的水缸，才供給以高压水，因而高压水的消耗量比較不大。由於这样使压挤过程大大

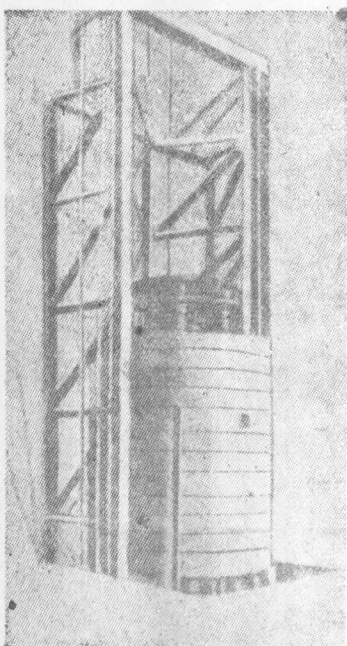


圖 11 恆压重錘式蓄力罐

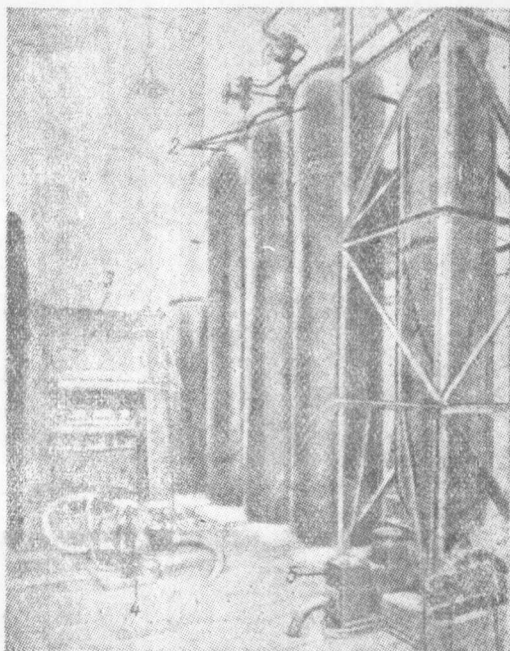


圖 12 帶有立式三活塞水泵及安全儀器的無活塞壓縮空氣式蓄力罐

1—水罐；2—三個空氣罐；3—三活塞式水泵；4—水泵啓動儀器；5—蓄力罐的啓動儀器

地节省。当採用蓄力罐〔譯者註〕时，水泵总的功率比直接由水泵操作的大大减小，因为蓄力罐之水泵的总功率，不必用每次压挤时水的最大消耗量来计算，而是用每小时平均数計算的。因此，水泵和馬达設備，对它們的供給电流以及电厂的設備均大为便宜。在近代压挤机的設備中不用蓄力罐的是比較少——只是在工作压力不大的压挤机（1000吨以下的設備）中才不用蓄力罐。

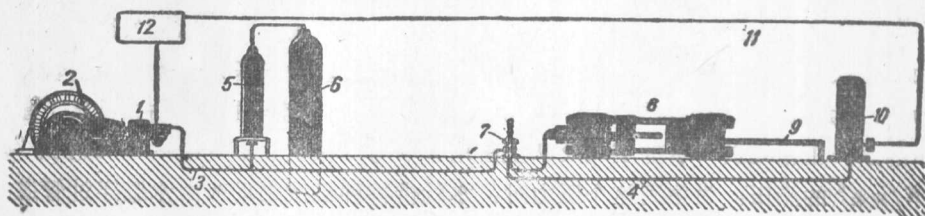


圖 13 帶有無活塞壓縮空氣式蓄力罐的压挤机設備略圖

1—高压水泵；2—水泵的电动机；3—高压管道；4—高压及低压管道；5—蓄力罐的水罐；6—空气罐；7—調配器；8—臥式压挤机；9—由風罐10送来的低压水管道；11—回水管道；12—貯水池

〔譯者註〕此處系指高压蓄力罐而言。在書中凡未特別標明为低压蓄力罐之“蓄力罐”一詞，均系指 高压蓄力罐的簡称。關於水泵总功率的計算見第二章，詳第四章。

第一章

压挤过程的原理

第一台压挤机，如前所述，是約在五十年前为亞力山大·笛克所創造的；但是关于研究金屬流动的最初一篇論文到四十年前才出現，並且是屬於我們庫尔納柯夫（Н.С.Курнаков）院士的，他与解穆楚仁（С.С.Жемчужин），在俄国冶金学会会刊〔註1〕上共同發表的“塑性物体的流动压力与硬度”一文，奠定了这一生产方法的科学基础。

在这篇著作發表以后，許多我国和外国的研究者們〔註2〕的論文都相繼出現于技术文献之中。据作者看来尤其應該指出的是俄国学者們的那些最寶貴的著作，因为它们不仅使我們能知道，压挤时材料流动的規律，而且最主要的，根据塑性变形定理，正确地闡明了所發生的現象的原因；同时从理論上給予我們決定压挤所需的压力——亦即压挤机的压力，压挤机零件的尺寸、水泵的生产率、蓄力器的大小等等的許多方法、公式和常数。

在这些第一流著作之中，首先應該提出的是庫尔納柯夫院士的学生古布金（С.И.-Губкин）博士教授的著作。他与他的学生薩赫罗夫（П.А.Захаров）、斯庫加列夫（И.Г.Скугарев）、庫塔依切夫（В.И.Кутайцев）及其他几位共同發表了若干關於研究塑性变形問題〔註3〕的論文。他个人就写了“金屬塑性变形”〔註4〕一書，在其中闡明了压力加工中各种变形的規律。也需提到的是巴甫洛夫（И.М.Павлов）〔註5〕博士教授的論文与著作，在他的著作中讀者可以也可找到關於这里所要研究的問題的材料。同时也須要提到的是沙雷切夫（П.А.Сарычев）〔註6〕及若洛波夫〔註7〕兩位工程師的著作、变形輕金屬手冊〔註8〕等文献这些著作所討論的有关於塑料变形也有关於各种金屬及合金錠在冷态或热态下的試驗。

應該強調一下，實踐中最常用的銅与鋅的合金的压挤是很困难的，因为它们們的依成分与溫度为轉移的塑性性能之变化是劇烈的。因此在文献中對於研究这类合金压挤时的行为，予以極大的注意，在这本書中也是如此。

〔註1〕俄国冶金学会会刊（Журн）№ 3, 1913 年 № 3, 256—298 頁。

〔註2〕他們詳細的姓名曾列於1935 年作者这本“金屬压挤”的第二版之中。因此在这一版中仅列出最近的著作，而且主要的是俄国学者們的最寶貴的著作。

〔註3〕参考“金屬塑性变形的試驗問題”（Экспериментальные вопросы пластической деформации металлов）1935 年第一卷（联合科技出版社（ОНТИ）出版），1936 年第二卷（冶金出版社出版）。

〔註4〕联合科技出版社（ОНТИ）1935 年出版。

〔註5〕“压延原理与金屬塑性变形基础”，（Теория прокатки и основы пластической деформации металлов），国家联合科技出版社（ГОНТИ）1933 年出版。

〔註6〕П.А.Сарычев“鋁合金的流动”国防出版社1940 年出版。

〔註7〕“冶金学家”雜誌1934 年 № 4, 82—83 及其他頁次。这些著作均在本書內容相应頁次的脚註中列出。

〔註8〕由維什退譚次克（И.С.Виштынецк）、沃龙諾夫（С.М.Воронов）、別洛夫（А.Ф.Белов）及賽門諾夫（М.П.Семенов）等所編輯，金屬加工工厂出版社1940 年出版。

1. 在冷状态中的压挤

塑 料

为了研究塑料的流动，錠曾用美国凡士林、白垩及顏料按 19:18:73 [譯註 1] 百分比所配制的着色不同的圓塊所組成 (圖 14.a, b, c) (見第 75 頁)。压挤在能順着边緣拆卸的圓筒中进行，这样可以使其在压挤至不同阶段时，圓筒能很容易地拆开。用細鋼絲將錠切开后，就能看到材料中顆粒的运动情况。

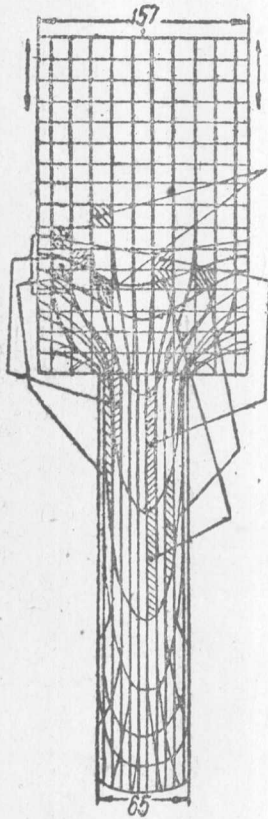


圖 15 由直徑 152 毫米的压挤筒穿过直徑为 65 毫米的模孔，压挤塑料的流动圖解 (在压挤程度三分之一以后的情况)

当压挤时，塑料是受流动定律所支配的，流动定律能根据圖 15 的研究被推出。

在垫片附近錠的部分，看不出顆粒的任何变动。这里只有与垫片及压挤桿运动相应的水平層的平行移动。变形只限于模孔附近不大的区域中。錠原始所形成的断面按着这样的次序即在圓筒中的次序，保留在棒材中，在錠子靠近模孔的部分上及棒材上，断面則呈漏斗狀。同时也必須指出，首先进入模子的錠的前端的变形是远小于随后进去的各部分的。当后面的这些顆粒出现在棒材之中时，所有其余的也都恰以同样的变形而进入棒材中。

研究了塑性物質一定范围的現象之后，証明了模口的直徑与圓筒的直徑之比愈小則主要發生变形的区域愈接近模口；这个比愈大，則变形区愈長。在圓筒的角落里顆粒的运动的速度則降低到零。恰在模孔的前面，速度变化很快就达到最大值。錠每开始由模孔挤出的棒材的縱向速度变化如圖 16 所示。在每一点上速度值是用順着錠子中心軸剖开的平面上的垂綫表示的。

由这个研究可得出一个結論：当压挤塑料时，压力在整个錠的断面上的分布几乎是均匀的。

錫

像錫、鉛等金屬在冷态下的压挤机构，与塑料的流动景象十分相似。

研究錫的流动过程是用“坐标格子”的方法来进行的。

为了这个目的，將鑄錠沿着对称軸切开 (圖 17)，用細小的鉋刀在切面上画出縱橫的細綫条，因此就获得了正方的格子。在冷态下試驗时，这些綫条用顏料填滿；若在热态下試驗，則用火泥与石墨的混合物填上。因为当压挤圓形棒材时，鑄錠在压挤筒內各方面所受的压缩是均匀的，所以流动情况是不因这种縱的断面之存在而变

[譯註 1] 这里顏料之量太大，且三者之和为 $19+18+73=110$ 而非 100，似均欠合理。在古布金 (С. И. Губкин) 所著“金屬压加工原理” (Теория обработки металлов давлением) 一書中，1947 年版 237—238 面中規定，用“蠟、凡士林及白垩”其比为 9:18:73。故譯者認為“蠟、凡士林与白垩之比为 9:18:73”較可靠。

化的。曾用冷态的錫作为試驗室的試驗材料。用於实验室的試驗仪器如圖 18 所示。錫錠的直径为 22 毫米，长度为 20、30 及 50 毫米。

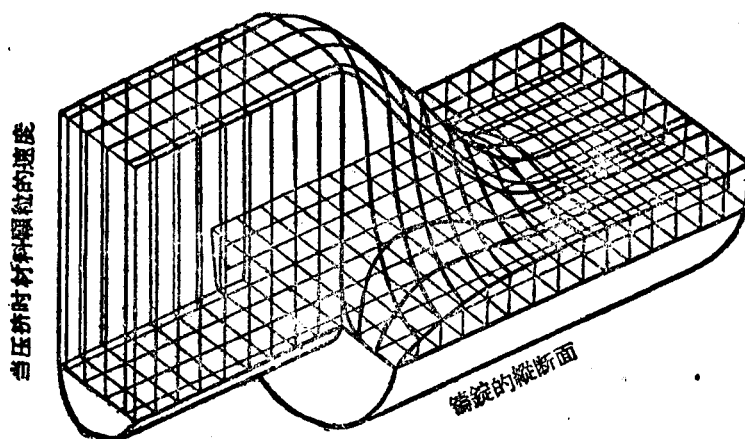


圖 16 由直径为 152 毫米的压挤筒直径为 65 毫米的模子，压挤塑料时，各点上顆粒运动速度的圖解

錫錠在实验室中作挤压試驗时，坐标格子在不同阶段的变化如圖 19（見第 75 頁）所示。从圖上可以很清楚看到，在这种情况下，变形仅在模子附近發生。离模子較远的錫錠顆粒，当尚未逐漸被卷入投向模子的材料主流以前，都被平行的各層所阻，而沒有

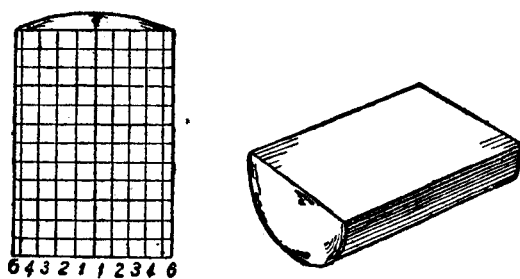


圖 17 研究材料在压挤时的流动过程用的鑄錠，在半部鑄錠上做有坐标格子

任何的变化。

当压挤时，鑄錠的外环区被模子表面迎头抵住，开始沿着压挤筒的内壁受到压挤，使在角落的区域中的变形極為困难。由於这样，在压挤筒角落处就形成了漏斗狀，在鑄錠的这个角落部分与压缩的外圍部分之間，就逐漸而連續地發生着材料的交流。

除了最前面的一部分外，棒材整个长度上的变形是相似的，棒材前端稍大於棒材直径的一段长度上根据线条的变化看来，几乎没有变形。

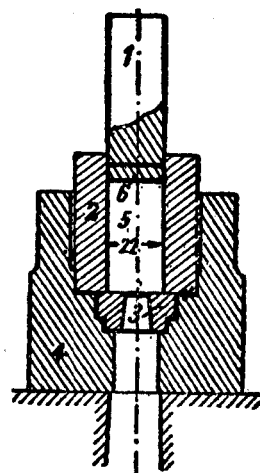


圖 18 压挤錫棒試驗用的艾斯宾 (Эйсбейн) 仪器圖
1—压挤桿；2—压挤筒；3—模子；4—仪器架；5—鑄錠；6—垫片

在下一压挤阶段中，当压余料厚度大为减小之际，鑄錠尾端的流动过程显著地变化。从压余的高度尚为它的直径四分之一时起，在尾端就形成一个类似缩孔的漏斗（圖 20）（見第 76 頁）。如果繼續这个过程，則此漏斗將具有这样的尺寸，即它所得到的不是棒而是細長的管子，並且这个管子的外徑要远比棒材的小。在实验室的試驗指出，这种漏斗的形狀是可以借用凹形垫片来避免的。

关于試驗的模子，曾採用圓柱形的孔道或各种傾斜角度 α 的圓錐形的孔道（参考圖 120 及圖 21）。其目的在於研究 a) 模子对材料的流动情况的影响与 b) 模子对压挤所需压力消耗的影响。由於在實踐中通常所採用的模子，都具有錐形的入口部分（參看圖 120），這個問題便具有非常重大的意义。已知模孔最适当的角度是傾斜角 α （模孔与模子中心軸所形成的）等於 30° 至 50° ，这时所需的压力，大致比用圓柱体的模孔所需的要小 30%。若这个角还要再小时，則引起压挤所需压力的升高。这是因为模孔加長时，虽然减少了內摩擦，但需要克服的模壁的外摩擦力却大大地升高。反之，用圓柱体模子时，內摩擦力是佔优势的。从圖 21（見 76 頁）上可以看到，随着角 α 的减小，鑄錠各層金屬的流动过程愈平稳，各層金屬就愈保持着自己的水平度而流向模子。一般說来，錫在冷态的流动景象是与上述塑性物質的相似。

2. 金屬与合金在热态下的压挤

黃銅及銅

研究金屬在热态下压挤的流动現象之主要試驗是用黃銅来进行的。为了使鑄錠便於进入压挤筒，鑄錠的直径要比压挤筒的小 5—35 毫米〔圖 22 a 及 b〕。这样，在鑄錠与压挤筒之間就有了一个偏心空隙。十分明显，当压挤棒加压时，鑄錠的材料在开始流入模子以前，碰到强大的阻力，就有向阻力較小的方向的那些方面流动的可能，这样就会填

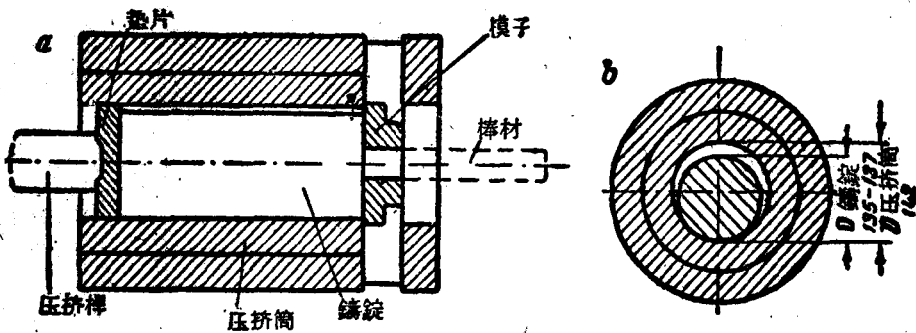


圖 22 a 及 b

满了这些空隙〔产生了所謂鑄錠的“填充压挤”〕。在填充压挤开始时，鑄錠几乎与压挤筒是不接触的，傳遞於垫片上的压力完全傳給模子四周的鑄錠之环形断面上，在环形断面上的單位压力於是比垫片上的大。当这个压力到达一定数值时，填充压挤就自模子附近开始，並且随着压力的增大而漸漸向垫片推进。因为当壓縮鑄錠时，由于与压挤筒壁接触的各部产生越来越大的摩擦力，所以为使鑄錠填充压挤进行到底，給于压挤棒上的压力也