

YOUSE JINSHU
JIYA CHEJIAN
JIXIE SHEBEI

魏军 编著

有色金属挤压车间 机械设备

冶金工业出版社



有色金属挤压车间机械设备

魏 军 编著

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书在介绍挤压加工方法、挤压力能参数、有色金属挤压车间生产流程和工艺线组成的基础上,重点介绍了液压挤压机的结构、主要构件的计算方法、液压传动和控制系统。同时,对挤压工具的设计、强度计算及材料选择也作了简要的介绍。

书中扼要地介绍了挤压车间的加热设备、辅助设备,并对挤压设备的使用、维护、修理,以及挤压车间设计作了概略说明。

本书供从事有色金属挤压生产和设备维护的工程技术人员和工人阅读;挤压设备的研究和设计人员、高等院校有关专业的师生也可参考。

有色金属挤压车间机械设备

魏 军 编著

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷99号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787 × 1092 1/16 印张26 1/2 字数630千字

1988年8月第一版 1988年8月第一次印刷

印数00,001~2,930册

ISBN 7-5024-0244-6

TG·43 定价6.50元

前 言

在有色金属加工领域中，挤压加工占有十分重要的地位。但是，长期以来，关于有色金属挤压加工设备方面，一直缺少系统的资料和书籍。鉴于这种情况，作者试将国内外较为零散的资料编写成为《有色金属挤压车间机械设备》一书。

评介挤压车间全部机械设备，可能需要一整套书，是作者能力和精力所不及的。因此，本书仅以挤压车间主要设备——液压挤压机——作为主要对象加以介绍，而对挤压车间的生产工艺过程、挤压的辅助设备 etc 则只作了简要的说明。

本书对液压挤压机的工作原理、基本结构、传动方式、控制方法，以及国内外典型的挤压机等作了较全面的介绍。同时，对挤压机主要构件、挤压工具的强度计算、挤压设备的安装与调整、挤压设备的使用与维护、挤压车间设计，以及挤压加工技术的发展趋势等方面均作了系统的归纳和评介。

本书在编写过程中，得到了沈阳有色金属加工厂很多同志的帮助和支持；东北工学院崔广椿教授对本书提供了宝贵的意见；东北轻合金加工厂工学院王祝堂教授承担了本书编审校工作。借此机会，仅向对本书编写提供帮助和指导的诸位，致以衷心的感谢。

限于编者水平，错漏难免，敬待读者批评指正。

魏 军

1984年12月25日于沈阳

ISBN 7-5024-0244-6

TG·43 定价6.50元

科技新书目 169-39

目 录

第一章 概论	1
第一节 挤压加工概述	1
第二节 挤压加工的发展简史	2
第三节 挤压加工技术的特点	5
第四节 挤压加工在国民经济中的地位	6
第二章 挤压的力能参数	8
第一节 挤压时金属的流动	8
一、正向挤压棒材	8
二、反向挤压棒材	10
三、正向穿孔挤压	10
第二节 挤压时的应力状态	10
第三节 挤压力的测定与计算	12
一、挤压力的实测法	12
二、挤压力的计算	12
三、挤压力计算的其他方法	16
第四节 穿孔力的计算	18
第五节 影响挤压力大小的因素	18
一、变形抗力的影响	18
二、加工率的影响	19
三、锭坯长度的影响	19
四、模角的影响	19
五、挤压速度的影响	19
六、摩擦条件的影响	20
七、挤压筒温度的影响	20
第三章 挤压方法、挤压生产流程及挤压生产线的设备组成	21
第一节 挤压方法	21
一、传统的挤压方法	21
二、静液挤压法	26
第二节 挤压生产流程	31
第三节 挤压生产线的设备组成	31
第四章 挤压车间主设备	34
第一节 挤压机的分类	34
第二节 挤压机的基本系列	34
第三节 挤压机主要技术参数的确定	35
一、挤压力	35

二、液体的工作压力	35
三、主缸系统参数	35
四、穿孔系统参数	38
五、挤压筒参数	41
六、主剪力、辅助剪力	42
七、滑移模座推入及拉出力	42
八、挤压机的速度参数	42
第四节 挤压机的生产能力	43
一、挤压机小时生产能力	43
二、挤压机的年产量	44
第五节 挤压机主要零、部件的结构	44
一、机架	45
二、后梁	53
三、主缸(工作缸)部件	59
四、前梁	62
五、动梁	66
六、穿孔装置	68
七、挤压筒及挤压筒座	76
八、模座	79
第六节 挤压过程机械化装置	81
一、挤压机的辅助操作	81
二、挤压过程机械化装置	83
第五章 金属液压挤压机	99
第一节 无穿孔系统的卧式挤压机	101
一、50兆牛棒型材卧式挤压机	101
二、20兆牛棒型材卧式挤压机	104
第二节 带穿孔系统的卧式挤压机	105
一、12兆牛卧式挤压机	105
二、15兆牛管材卧式挤压机	109
三、25兆牛卧式挤压机	110
四、31.5兆牛卧式挤压机	113
五、60兆牛卧式挤压机	115
六、80兆牛卧式挤压机	116
第三节 100兆牛以上的大型卧式挤压机	119
一、120兆牛卧式挤压机	119
二、125兆牛卧式挤压机	120
三、200兆牛卧式挤压机	124
第四节 泵直接传动的挤压机	131
第五节 95兆牛泵直接传动卧式挤压机	139
第六节 适于反向挤压的卧式挤压机	140
一、在普通的挤压机上进行反向挤压	140
二、适于反向挤压的卧式挤压机	141

第七节 无穿孔系统的立式挤压机	145
第八节 带穿孔系统的立式挤压机	149
第九节 立式和卧式挤压机的比较	152
第十节 静液挤压机	155
一、普通型静液挤压机	155
二、16兆牛静液挤压机	159
三、钢丝缠绕结构静液挤压机	162
第六章 挤压机主要构件的强度计算	164
第一节 张力柱的强度计算	164
一、静强度计算	164
二、疲劳强度计算	164
第二节 挤压机梁的强度计算	165
一、前梁的强度计算	166
二、后梁的强度计算	168
第三节 主缸的强度计算	169
一、法兰过渡部分的强度计算	169
二、圆筒部分的强度计算	171
三、缸底部分的强度计算	171
第七章 挤压工具	173
第一节 挤压工具的组成	174
第二节 模具设计	178
一、模具的尺寸关系	178
二、热胀冷缩对模具孔径的影响	181
三、模具的强度计算	181
四、模具刚度的计算	183
五、多孔模具及特种模具	183
第三节 挤压垫片的尺寸与强度计算	187
一、挤压垫片的尺寸计算	187
二、强度计算	189
第四节 挤压轴	189
一、挤压轴直径的确定	189
二、挤压轴的刚度计算	189
三、挤压轴的抗压强度	189
第五节 穿孔针	190
一、穿孔针的尺寸	191
二、穿孔针的强度计算	191
第六节 挤压筒	192
一、挤压筒强度计算的基本公式	193
二、挤压筒设计的强度条件	196
三、挤压筒设计	196
四、扁形孔挤压筒	212

五、挤压筒的使用	214
第七节 挤压工具的材质选择	215
一、耐热工具钢	215
二、金属陶瓷材料	221
第八章 挤压机的液压传动系统	224
第一节 液压传动的流体力学基础	224
一、帕斯卡原理	224
二、液流的连续性原理	225
三、伯努利方程式	225
第二节 挤压机传动方案概述	227
一、泵直接传动	227
二、泵—蓄势器传动	228
三、增压器传动	229
四、传动方案的选择	229
第三节 挤压机的工作液体	231
一、对工作液体的一般要求	231
二、常用国产油及乳化液配方	231
第四节 工作液体的压力和输送速度	233
一、工作液体的压力	233
二、工作液体的输送速度	233
第五节 泵—蓄势器传动的动力系统	235
一、现代化泵—蓄势站的构成	236
二、泵—蓄势站自动控制系统	238
三、液位指示器	239
四、泵—蓄势站的电气控制系统	246
五、工作液体消耗图及高压泵的选择	250
六、高压罐的容积及其结构	255
七、高压空压机的生产能力	259
八、泵—蓄势站的其他装置	260
九、泵—蓄势站传动的低压动力系统	267
十、泵—蓄势站设备配置及设备基础	271
第六节 泵直接传动的动力系统	274
一、泵直接传动系统的组成	274
二、典型的泵直接传动动力系统	276
三、泵直接传动动力系统设计要点	285
第七节 泵直接传动系统的液压元器件	287
一、泵直接传动系统的高压油泵	288
二、泵直接传动系统辅助泵	288
三、液压控制阀	288
四、液压辅助器件	292
第九章 挤压机的液压控制系统	293
第一节 典型的泵—蓄势站传动的挤压机液压控制系统	293

第二节 泵—蓄势站传动控制系统用器件	295
一、填充阀	295
二、分配器	298
三、进液阀及排液阀	302
第三节 分配器的液控、电液控、电控机构	306
一、分配器的液压控制	306
二、分配器的电液控制	307
三、分配器电控系统	308
第四节 31.5兆牛卧式挤压机的电液控制系统	310
第五节 6兆牛立式挤压机的液压控制系统	314
第六节 泵直接传动的挤压机液压控制系统	314
第七节 典型的泵直接传动的挤压机液控系统	316
一、采用滑阀的泵直接传动控制系统	316
二、采用二通插装式液压阀的泵直接传动控制系统	322
第八节 泵直接传动系统的挤压速度控制	327
一、挤压速度检测	327
二、回转式电液伺服驱动器	328
三、电液比例调节器	336
四、关于挤压速度控制的评述	339
第九节 挤压速度的模拟控制	340
第十节 挤压机的程序控制	342
一、挤压过程的基本操作	342
二、对控制系统自动化的基本要求	344
三、行程开关——继电器程序控制系统	344
四、穿孔带程序控制系统	344
五、可编程逻辑控制系统	345
第十章 挤压设备的安装与调整	345
第一节 卧式挤压机的基础	348
第二节 卧式挤压机的安装工艺	348
一、挤压机底座的安装	349
二、挤压机主缸及主柱塞的安装	349
三、前梁、动梁的安装	349
四、张力柱和挤压筒的安装	349
五、穿孔系统的安装	350
六、辅助机构的安装	351
第三节 管路安装	351
一、泵—蓄势站传动的挤压机管路安装	351
二、泵直接传动的挤压机管路安装	353
第四节 泵—蓄势站设备的安装	353
第五节 泵—蓄势站的启动及调试	354
一、挤压机空载试车	354

二、张力柱在挤压力作用下的调整	354
第十一章 挤压设备的维护与修理	356
第一节 挤压制品偏差产生的原因及消除方法	356
一、挤压机主要零、部件状态对挤压过程的影响	356
二、大型挤压工具对挤压过程的影响	357
三、直接挤压工具对挤压过程的影响	358
第二节 挤压机的精度标准及检测方法	358
一、10兆牛立式挤压机的检测	358
二、50兆牛卧式挤压机的检测	359
三、挤压工具调整时的辅助检查	361
第三节 挤压设备的维护与修理	362
一、检修周期的构成	362
二、检修的基本内容	362
第四节 挤压机主要零、部件的维修	363
一、主缸部件的维修	363
二、梁的维修	364
三、张力柱的维修	364
第五节 泵—蓄势站的维护与修理	365
一、高压泵的维护与修理	365
二、高压罐及管道的维修	367
三、控制系统的维修	367
四、低压动力系统的维修	370
第六节 泵直接传动液压系统的维修	370
一、高压油泵的使用与维护	370
二、液压回路故障	372
三、密封环节的维修	372
四、液压系统的调整参数	373
五、液压工作油的维护	373
第十二章 挤压设备的安全技术基本要求	374
第一节 挤压设备投入运行的准备	374
一、泵—蓄势站传动的挤压机投入运行的准备	374
二、泵直接传动的挤压机投入运行的准备	375
第二节 挤压机停车	377
一、泵—蓄势站传动的挤压机停车	377
二、泵直接传动挤压机停车	377
三、紧急停车	377
第十三章 挤压车间加热设备	378
第一节 加热炉	378
一、煤气加热炉	378
二、电阻炉	380
三、感应加热炉	383

第二节 均化炉	386
第三节 淬火炉	388
第四节 人工时效炉	389
第十四章 挤压车间辅助设备	391
第一节 矫直设备	391
一、张力矫直机	391
二、辊式矫直机	392
三、曲线辊式矫直机	394
四、矫直压力机	397
第二节 挤压制品的机械加工设备	397
第十五章 挤压车间(工厂)设计概要	399
第一节 设计前期工作	399
一、项目建议书	399
二、设计任务书	399
第二节 挤压车间的工艺设计	401
一、产品生产方案	401
二、工艺流程	401
三、金属平衡	401
四、设备负荷计算	402
五、车间设备的平面配置	404
六、车间综合技术经济指标	407
第十六章 金属挤压加工技术的发展趋势	408
一、挤压生产工艺方面	408
二、挤压设备	410
三、立式和卧式挤压机	411
四、挤压工具	411
五、几点结论	411
参考文献	412

第一章 概 论

第一节 挤压加工概述^[1~8]

金属挤压加工属于压力加工范畴，是金属成形的一种重要方法。

金属挤压加工就其本质而言，是用施加外力的方法使处于耐压容器中承受三向压应力状态的金属产生塑性变形，并从一个特设的孔（或间隙）中被挤出，而得到一定截面形状及尺寸挤压制品的压力成形过程。这里所谓的挤压制品，既可以是挤压毛坯——用于进一步加工，也可以是挤压成品——直接用于工程结构。

为使金属变形，就要克服金属原子间的结合力，这种结合力就是金属的变形抗力。

欲使金属通过压力加工达到塑性变形的目的，就必须具备一定的力学条件，使金属在外力作用下克服变形抗力，由弹性变形阶段过渡到塑性变形阶段。

经过长期的理论研究、科学实验及生产实践证明，压力加工原理中的“单位变形能不变条件”对金属压力加工——包括挤压加工——是符合实际的。

“单位变形能不变条件”指出：各应力分量对变形金属的单位体积变形功（即单位体积变形能）达到一定值时，该单位体积才能从弹性变形阶段进入塑性变形阶段。也就是说，要使金属产生塑性变形，不仅要使金属具备一定的塑性变形的应力状态，而且还要使应力达到一定的大小。

其次，金属在外力作用下，变形和应力的近似关系可以用压力加工原理中的“最小阻力定律”来说明，即如果金属在变形过程中，其质点有各种方向移动的可能时，则金属各质点将向阻力最小的方向移动。

总括上述，金属挤压加工应具备如下的三个条件：

- （1）使金属处于三向压应力状态；
- （2）建立足够的应力，使金属产生塑性变形；
- （3）有一个能使金属流出的孔（或间隙），提供一个阻力最小的方向。

通过图1-1可以了解挤压加工过程的基本状况。挤压轴（也称挤压杆）●6，经挤压垫片8，使在挤压筒（挤压容器）7中的金属锭坯1处于三向压应力状态。挤压轴在主柱塞的推动下压向锭坯，当使锭坯所受到的应力达到一定值时，锭坯便从模具4的孔中被挤出，形成挤压制品5。

图1-1所示的过程，是挤压轴前进的方向与金属流动的方向一致，是正向挤压过程。有关于挤压方法，将在后面做进一步介绍。

挤压加工主要的工艺参数为延伸系数和加工率。

对于棒材：

● 本书所涉及的挤压加工、挤压设备术语以《重有色金属材料加工手册》、《轻金属材料加工手册》（冶金工业出版社出版）为准。

延伸系数

$$\lambda = \frac{F_t}{F} = \frac{D_t^2}{d^2} \quad (1-1)$$

加工率

$$\varepsilon = \frac{F_t - F}{F_t} \times 100\% = \frac{\lambda - 1}{\lambda} \times 100\% \quad (1-2)$$

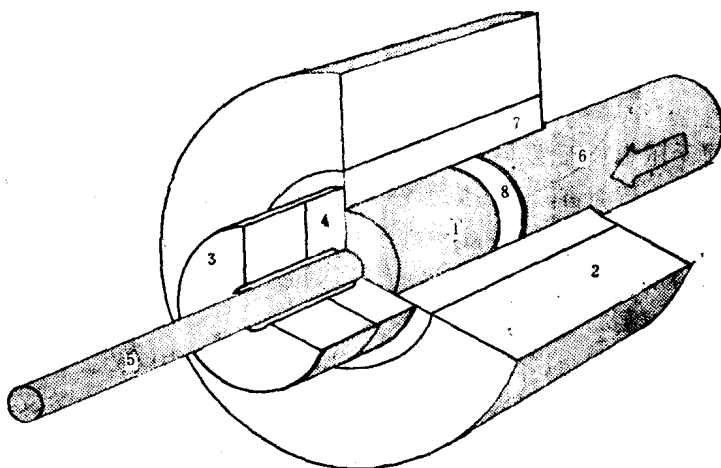


图 1-1 金属挤压方法示意图

1—锭坯；2—挤压筒（外套）；3—模座（模支承）；4—模具；5—挤压制品；6—挤压轴；7—挤压筒（内衬）；8—挤压垫片

对于管材：

延伸系数

$$\lambda = \frac{F_t}{F} = \frac{D_t^2 - d_n^2}{d^2 - d_n^2} = \frac{D_t^2 - d^2}{4s(d-s)} + 1 \quad (1-3)$$

加工率

$$\varepsilon = \frac{F_t - F}{F_t} \times 100\% = \frac{\lambda - 1}{\lambda} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 λ ——挤压延伸系数；

ε ——加工率；

F_t ——挤压筒孔径截面积；

F ——挤压制品截面积；

D_t ——挤压筒内径；

d ——挤压制品外径；

d_n ——挤压管材内径；

s ——挤压管材壁厚。

挤压加工方法适用于生产各种金属材料的棒材、线材、管材、型材等，即主要是长、直的半精制的挤压制品。

第二节 挤压加工的发展简史 (6,7,9)

据资料 [6,7] 记载，几乎都把1797年由英国人S.布朗曼 (S. Bramah) 设计的液体铅管挤压机^{[7][9]}做为挤压加工生产的开端。如果从此算起，发展到今天的专业化大型挤压车间、现代化成套的高效挤压设备，只有一百八、九十年的历史。

在挤压加工方法的发展过程中，下述年代出现的新工艺、新设备、新工具占有重要的地位。

1820年，T.布恩（T. Burn）设计出了第一台液压挤压机。这台挤压机大体上包括了现代管材挤压机的基本构件，如挤压筒，可以更换的模具，带挤压垫片的挤压轴，以及用螺纹固定在挤压轴上的穿孔针等。

1837年，J.汉森（J. Hanson）设计出了可更换模桥和模舌的桥式模。

1840年，W.阿姆斯特朗（W. Armstrong）制造出了第一个液压蓄势器。

1867年，法国人哈蒙（Hammon）研制了用煤气加热的双层挤压筒。

1870年，出现了反向挤压的铅挤压机。

1879年，第一台铠装电缆挤压机挤出了铠装电缆。

1881年，克虏伯-格鲁逊（Krupp-Gruson）制成了双向铠装电缆挤压机。

1894年，A.迪克（A. Dick）制成了第一台用于挤压高熔点金属的6兆牛卧式挤压机^[7]，用于生产黄铜制品。该挤压机有一个可倾斜的挤压筒，液态金属倒入凝固成形后，挤压筒转回挤压轴线进行挤压。这种老式的挤压机效率很低，作用在挤压垫片上的最大单位压力只有350兆帕。

1896年，出现了多层挤压筒。

1904年，克虏伯-格鲁逊设计并制造了第一台完整的四张力柱挤压机。

1910年，出现了铝挤压机。

1917年，钢挤压机问世，挤压力为20兆牛。

1921年，R.盖德尔（R. Genders）发表了反向挤压的试验成果。

1941年，发明了玻璃润滑剂，促进了钢的热挤压发展。

1944年，德马克（Demag）液压公司和施劳曼-西马克（Schloemann-Siemag）公司制造了当时世界上最大的125兆牛卧式挤压机，并改进了辅助设备，提高了机械化水平。



图 1-2 常见的铝及铝合金挤压制品截面形状

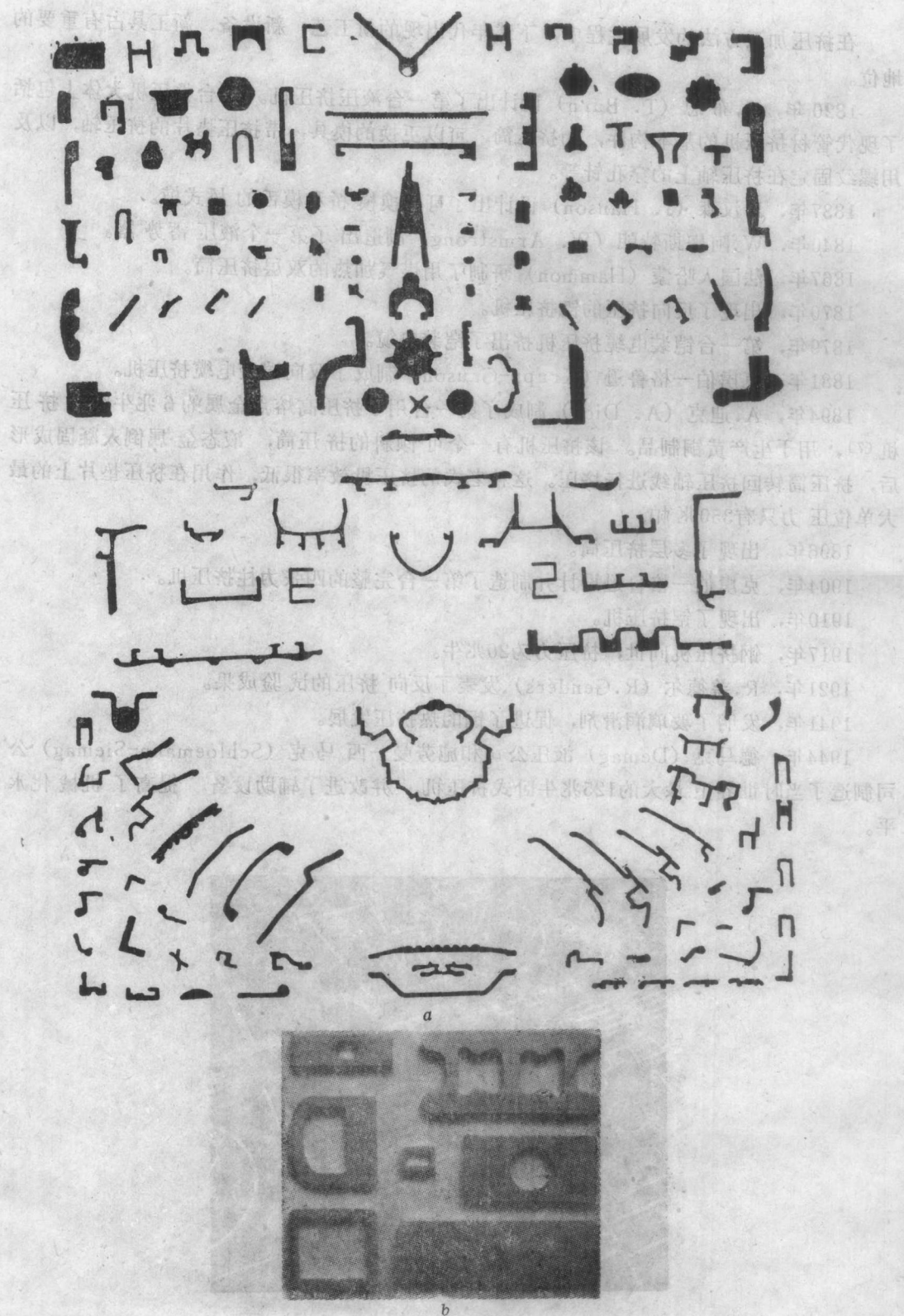


图 1-3 常见的铜及铜合金挤压制品截面形状〔7〕

1950年,英国人罗伯逊(J. Robertson)于1893年提出的超高压挤压原理,取得了实验成果。

1952年,英国布里奇曼(Bridgman)发表了线材静液挤压实验报告。

1955年,钢及难变形金属(钛、铍、锆、铀等)的挤压加工有了重大进展。

1971年,日本石川岛播磨重工业公司(IHI),按西德施劳曼公司的设计,造出了油泵直接传动的95兆牛管材卧式挤压机,从而打破了泵直接传动只用于中、小型挤压机的先例。

七十年代以后,各种金属及其合金的挤压工艺更趋于完善,挤压机及辅助设备都有了很大的进步。目前,挤压机的挤压力达到了200~250兆牛级,并着手设计350、600兆牛的超大型挤压机。现代化挤压机实现了挤压过程全部机械化,由中心控制台集中控制,有的挤压机实现了可编程序或计算机控制。

从挤压制品看,无论规格、品种、产量都有了巨大的发展,已从棒材、管材挤压发展到各种复杂截面型材(空心或实心)挤压。图1-2所示为常见的铝及铝合金挤压制品的截面形状;图1-3为铜及铜合金的挤压制品截面形状。

用热挤压方法生产的棒材直径从3到250毫米;管材直径从20(壁厚1.5毫米)到560毫米(壁厚15毫米)^[6]。大型有筋壁板宽度可达2000毫米,长度可达15米或更长^[6]。

用冷挤压方法可以生产易熔金属及合金的薄壁软管或复杂截面的型材,直径从3到100毫米,壁厚在0.05毫米左右;直径为150毫米时,壁厚为0.6毫米;直径为350毫米时,壁厚为3毫米^[6]。

挤压加工生产正处于一个方兴未艾的时代。

第三节 挤压加工技术的特点^[3,6,7,8]

挤压加工技术的特点,可以从优、缺点两个方面来阐述:

一、优点

(1) 因处于挤压加工状态的金属,受三向压应力的作用,所以可以得到比轧制、锻造更大的塑性变形。依据材料不同,延伸系数可达5~500,甚至更高。用挤压方法可以加工的金属及合金甚多,包括铅、铝、镁、锌、铜、镍、钛、钨、锆、铀等及其合金;普通钢、特殊钢、不锈钢;铸铁、灰口铁等脆性材料。

(2) 在生产过程中,改变挤压制品的品种方便,往往只需改变挤压工具即可办到,因而不受生产批量限制。可以生产用其他方法无法加工的复杂截面的型材(见图1-2、1-3)。

(3) 挤压制品的精度较高,尺寸精度可以达到IT8~IT11级(GB1801-79);表面光洁度可达▽5~▽7。挤压过程金属受三向压应力状态,金属组织得到改善,因而挤压制品有较高的机械性能。

(4) 从锭坯到挤压制品一次挤压即可成形,所用的时间甚短,可以用秒来计量。如将φ250×450毫米的紫铜锭坯挤成φ95×5毫米、长13米的管材,只需6~7秒钟的时间^[6]。

二、缺点

(1) 挤压工具处于高温、高压条件下工作,挤压工具要用优质耐热钢材,对加工及热处理要求严格,因而挤压工具成本较高,消耗量较大。