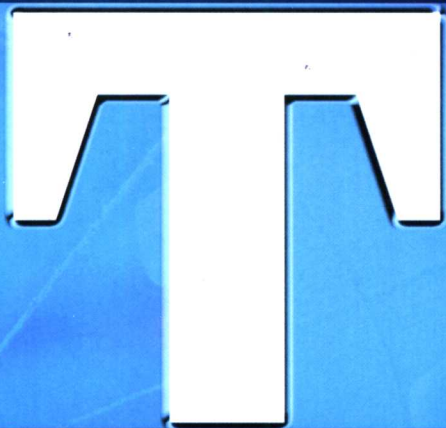


冷挤压实用技术

洪慎章 编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

冷挤压实用技术

洪慎章 编著



机械工业出版社

本书系统地介绍了冷挤压工艺及模具设计的基本原理、设计方法、应用实例及最新成果。全书包括冷挤压基本概念、冷挤压基本原理、冷挤压件的原材料及毛坯准备、冷挤压力、冷挤压零件设计、冷挤压工艺分析及制定、冷挤压模具设计、冷挤压组合凹模优化设计、模具材料及其热加工工艺、模具损坏与预防措施、冷挤压件质量分析、冷成形工艺、温挤压技术、冷挤压压力机、冷挤压零件工艺实例、冷挤压工艺及模具 CAD 等内容。

本书结构体系新颖，技术内容全面；书中配有丰富的应用实例，实用性强，能开拓思路，通俗易懂，便于自学。

本书主要可供冷挤压生产企业的技术人员、工人使用，亦可作为相关专业在校师生及研究人员的参考书和模具培训班的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

冷挤压实用技术/洪慎章编著. —北京: 机械工业出版社, 2004. 9
ISBN 7-111-15146-1

I. 冷... II. 洪... III. 冷加工—挤压 IV. TG376.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 085481 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 陈保华 版式设计: 冉晓华 责任校对: 张

封面设计: 王伟光 责任印制: 李 妍

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5 · 19.75 印张 · 772 千字

0 001—4 000 册

定价: 54.00 元



凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

冷挤压成形是指所成形的零件达到或接近成品零件的形状和尺寸，它是在传统的金属塑性加工基础上发展起来的一项新技术。近几年来，冷挤压技术是各行各业得到迅速发展的新工艺之一，也是产品零件加工中的重要手段，与其他制造工艺（如切削加工、铸造、锻造）相比，它具有“优质、高产、低消耗、低成本”的优点。目前，在汽车、电子通信、轻工、建筑、航空航天、军工、日用五金等制造业中都起着极为重要的作用。尤其在 21 世纪的零件制造业中，我国加入 WTO 后，产品价格的市场竞争日益剧烈，冷挤压技术已成为各企业继续发展与开拓的重要指标之一。普遍认为，一个国家的冷成形（冷挤压、冷锻、冷镦及冲压等）加工技术水平，是这个国家汽车工业水平、工业化水平乃至现代化水平的一种重要标志和反映。

本书作者长期从事锻压专业的教学和科研工作。为适应新形势的现代工业发展及教学需要，通过总结自己的科研实践经验和国内外先进技术成果，在不断更新的基础上编写了本书。本书突出了冷挤压原理、成形工艺与模具设计等三门关联课程，且进行了有机的融和，从实用角度出发，围绕工艺规程编制和模具设计，阐明冷挤压技术中的最基本问题。在内容编排次序上，首先简要介绍了冷挤压成形的基本原理；在此基础上，详细地叙述了工艺规程的制订及模具结构，以及冷挤压新技术；本书还列举了 129 个各种各样零件的工艺应用实例；最后，引入了现代冷挤压工艺及模具设计技术中的 CAD 及其系统。书中还附有大量的可供实际使用的图表资料，可使读者学习本书之后，就能独立编制冷挤压工艺规程及设计冷挤压模具。

该书具有如下特点：①结合生产实践，以实用为主；②内容丰富，技术有所创新；③内容新，标准新；④思路清晰，方法新颖。

本书主要可供冷挤压生产企业的技术人员、工人使用，亦可作为相关专业在校师生及研究人员的参考书和模具培训班的教材。

尽管作者进行了精心的编写，但因水平有限，书中错误和问题在所难免，恳请广大读者批评指正。

洪慎章
于上海交通大学
2004 年 6 月

目 录

前言

第1章 冷挤压基本概念	1
1.1 冷挤压的实质及方法分类	1
1.2 冷挤压工艺的优缺点及应用范围	8
1.3 冷挤压技术现状及发展方向	14
第2章 冷挤压基本原理	18
2.1 冷挤压的金属流动规律	18
2.2 化学成分和组织状态对变形的影响	20
2.3 应力与应变对变形的影响	25
2.4 加工硬化和热效应	33
2.5 附加应力和残余应力	36
2.6 冷挤压时的外摩擦和润滑	38
2.7 冷挤压对金属组织和力学性能的影响	46
第3章 冷挤压件的原材料及毛坯准备	52
3.1 原材料的形态及其要求	52
3.2 冷挤压用材料	59
3.3 冷挤压毛坯的制备	65
3.4 毛坯软化处理	88
3.5 毛坯表面处理与润滑	95
第4章 冷挤压力	109
4.1 冷挤压变形的三个阶段	109
4.2 影响单位挤压力的主要因素	110
4.3 冷挤压力的计算	119
第5章 冷挤压零件设计	154
5.1 冷挤压零件的分类	154
5.2 冷挤压件图的设计	156
5.3 冷挤压件设计实例	178
第6章 冷挤压工艺分析及制定	180
6.1 冷挤压工艺设计的内容及方法	180
6.2 冷挤压工序的设计原则	184

6.3	冷挤压工艺方案	195
6.4	冷挤压工艺计算实例	212
第7章	冷挤压模具设计	221
7.1	冷挤压模具的分类、构造及设计方法	221
7.2	冷挤压模具结构设计	229
7.3	凸、凹模设计	244
7.4	复合挤压模具设计	258
7.5	校形模具设计	259
7.6	模具部件结构设计	262
第8章	冷挤压组合凹模优化设计	313
8.1	组合凹模的优越性	313
8.2	凹模内壁的侧压力	321
8.3	优化设计的理论计算法	324
8.4	优化设计的图算法	336
8.5	简捷设计计算法	341
8.6	组合凹模压合工艺的应用实践	343
第9章	模具材料及其热加工工艺	349
9.1	模具材料的基本要求	349
9.2	影响模具材料性能的因素	350
9.3	常用的模具材料	357
9.4	高铬合金工具钢	358
9.5	高速钢	362
9.6	硬质合金	368
9.7	钢结硬质合金	371
9.8	基体钢	374
第10章	模具损坏与预防措施	378
10.1	模具失效与使用寿命	378
10.2	模具损坏的检查方法	379
10.3	凸模损坏与预防措施	381
10.4	凹模损坏与预防措施	386
10.5	预应力圈损坏与预防措施	388
10.6	压力板损坏与预防措施	389
10.7	影响模具使用寿命的因素	390
10.8	提高模具使用寿命的方法	390
第11章	冷挤压件质量分析	396

11.1	质量问题分析及防止措施	396
11.2	冷挤压件的力学性能	409
第12章	冷成形工艺	413
12.1	冷模锻	413
12.2	冷墩	422
12.3	高速冷挤压	432
12.4	静液挤压	435
第13章	温挤压技术	445
13.1	温挤压的优缺点及其应用范围	445
13.2	温挤压温度的选择	447
13.3	温挤压毛坯的准备	453
13.4	温挤压的压力	456
13.5	温挤压的润滑剂	465
13.6	温挤压模具设计与模具材料	467
13.7	产品的力学性能及尺寸精度	473
13.8	温挤压工艺实例	476
第14章	冷挤压压力机	499
14.1	概述	499
14.2	机械压力机和液压机	503
14.3	压力机吨位的选择	509
第15章	冷挤压零件工艺实例	512
第16章	冷挤压工艺及模具 CAD	587
16.1	概述	587
16.2	CAD 的几个共性问题	596
16.3	挤压模 CAD 技术	599
16.4	冷挤压模 CAD 的应用举例	611
附录		616
附录 I	常用压力机技术参数	616
附录 II	模具材料	621
参考文献		623

第 1 章 冷挤压基本概念

1.1 冷挤压的实质及方法分类

1.1.1 冷挤压工艺的实质

冷挤压的加工方法是利用金属材料塑性变形的原理，在室温的条件下，将冷态的金属毛坯放入装在压力机上的模具型腔内，在强大的压力和一定的速度作用下，迫使金属毛坯产生塑性流动，通过凸模与凹模的间隙或凹模出口，挤出空心或断面比毛坯断面要小的实心零件，可获得所需一定形状及尺寸，还具有较高力学性能挤压件的工艺技术。冷挤压是无切屑、少切屑零件加工工艺之一，所以是近代金属塑性加工中一种先进的加工方法。图 1-1、图 1-2、图 1-3 及图 1-4 分别表示的普通碳素钢缝纫机梭芯套、低碳钢深孔气缸、中碳钢洗衣机齿轮轴及碳素工具钢连接帽都是冷挤压加工出来的。

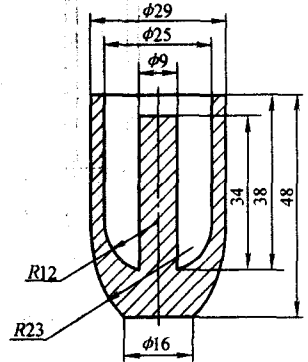


图 1-1 冷挤压普通碳素钢
缝纫机梭芯套

从上述所得的产品图中可见，冷挤压成形加工是靠模具来控制金属流动，靠软化金属体积的大量转移来成形所需的零件。由此可知，冷挤压工艺的成功与失败与模具结构设计、模具材料以及金属毛坯的软化处理等密切相关。

冷挤压方法既可用于生产成批的有色金属及黑色金属的零件，也可以加工各种模具的型腔，图 1-5 ~ 图 1-13 为纯铝、防锈铝、硬铝、锻铝、纯铜、无氧铜、黄铜、铬钼钢与轴承钢的冷挤压零件。

冷挤压加工的成形速度范围很广，所用的设备可以在专用的冷挤压压力机上进行，也可在一般的机械压力机（如冲床）或在液压机、摩擦压力机以及高速锤上进行。

1.1.2 冷挤压工艺的方法分类

冷挤压工艺可按金属流动方向、金属流动速度及变形温度等进行分类。

1. 按金属流动方向分类

根据冷挤压时金属流动方向与凸模运动方向之间的相互关系，冷挤压方法

有以下 7 种。

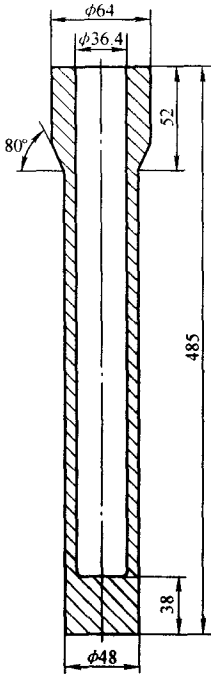


图 1-2 冷挤压低碳钢深孔气缸

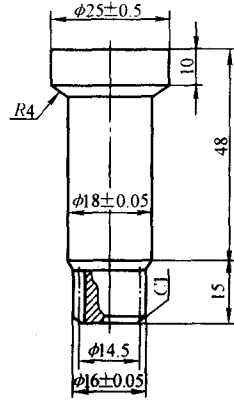


图 1-3 冷挤压中碳钢洗衣机齿轮轴

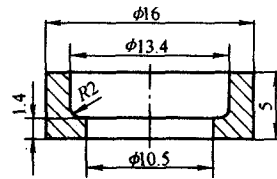


图 1-4 冷挤压碳素工具钢连接帽

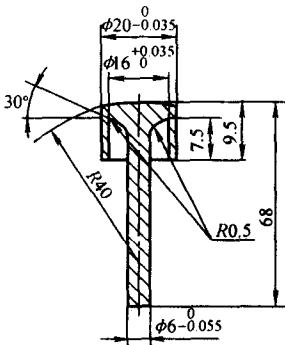


图 1-5 冷挤压纯铝仪表支架

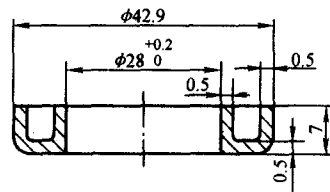


图 1-6 冷挤压防锈铝加压器

(1) 正挤压 正挤压时金属的流动方向与凸模的运动方向相同。图 1-14 所示为正挤压实心工件的情况。加工时先将毛坯放在凹模内，凹模底上有一个大小与所制零件外径相当的孔，然后用凸模加压法挤压毛坯。凸模的压力使金属进入塑性状态，并强迫金属从凹模的小孔中流出，从而制成所需的工件。一般

说来，正挤压可以制造各种形状的实心零件（采用实心毛坯），也可以制造各种形状的空心件（采用空心毛坯或杯形毛坯）。图 1-15 为正挤压空心工件的情况，空心工件如螺钉、芯轴、顶杆、支架、管子、套管、弹壳及衬套等。

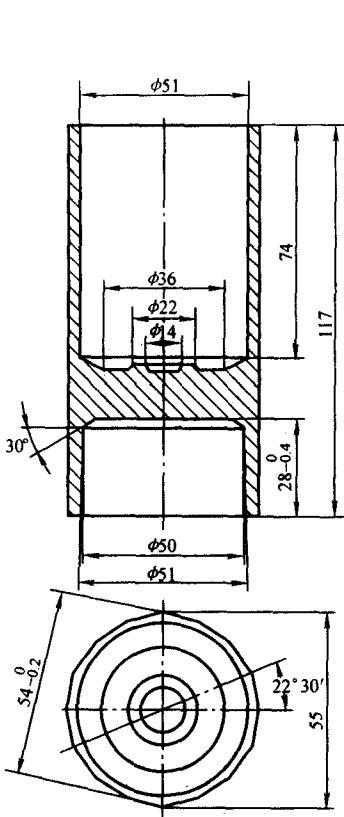


图 1-7 冷挤压硬铝十六角圆筒

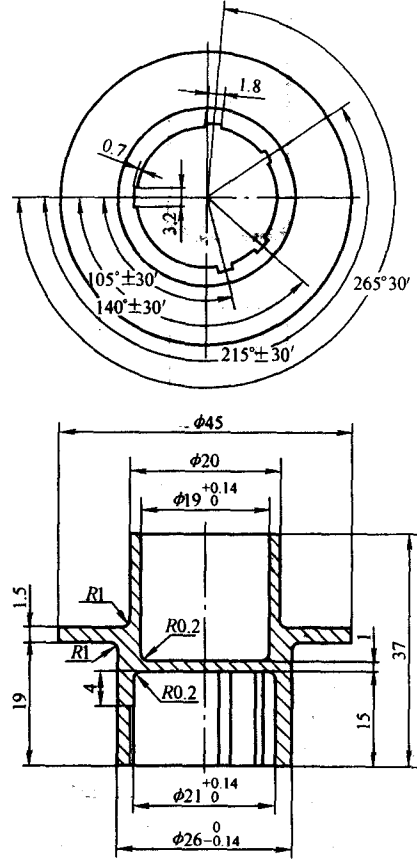


图 1-8 冷挤压锻铝凸缘壳体

(2) 反挤压 反挤压时金属的流动方向与凸模的运动方向相反。图 1-16 是反挤压空心杯形工件的过程。加工时把扁平的毛坯放在凹模底上（凹模与凸模在半径方向上的间隙等于杯形零件的壁厚），当凸模向毛坯施加压力时，金属便沿凸模与凹模之间的间隙向上流动，从而制成所需的空心杯形零件。反挤压方向可以制造各种断面的杯形空心工件，如罩壳、外壳、套筒、套管、屏蔽罩及灯座等。

(3) 复合挤压 复合挤压时，毛坯一部分金属流动方向与凸模的运动方向相同，而另一部分金属的流动方向与凸模运动方向相反。图 1-17 所示为复合挤

压的工作情况。在凸模的压力作用下，金属向两个不同的方向流动，发生了双向挤出变形。这是正挤压和反挤压组合在一起的一种挤压方法。

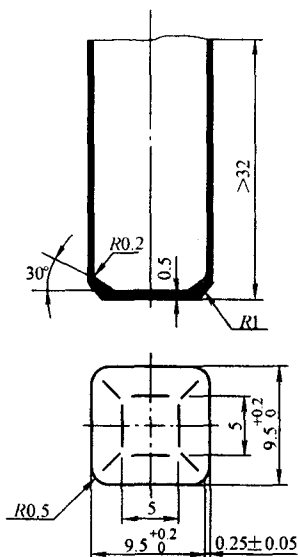


图 1-9 冷挤压纯铜正方薄壁屏蔽罩

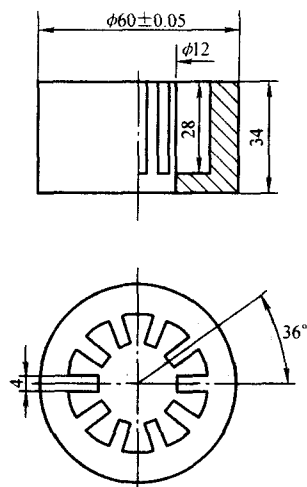


图 1-10 冷挤压无氧铜管座

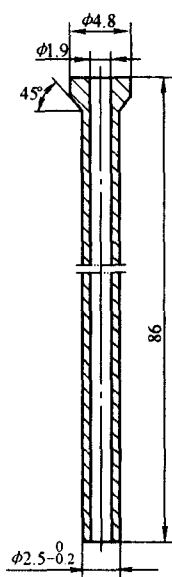


图 1-11 冷挤压黄铜仪表套管

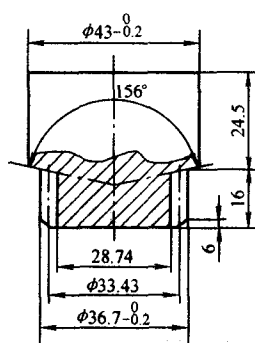


图 1-12 冷挤压黄铜小链轮

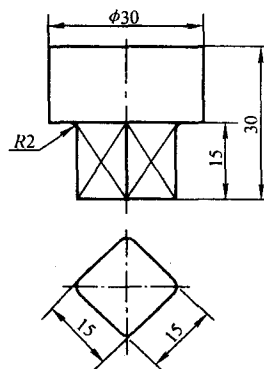


图 1-13 冷挤压轴承钢方身塞头

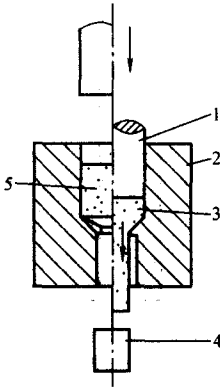


图 1-14 正挤压实心件

1—凸模 2—凹模 3—挤压件
4—顶料杆 5—毛坯

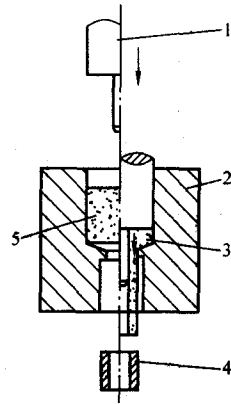


图 1-15 正挤压空心件

1—凸模 2—凹模 3—挤压件
4—顶料杆 5—毛坯

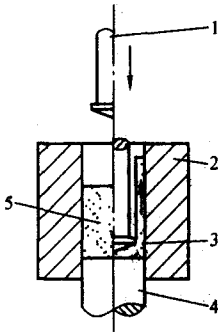


图 1-16 反挤压杯形件

1—凸模 2—凹模 3—挤压件
4—顶料杆 5—毛坯

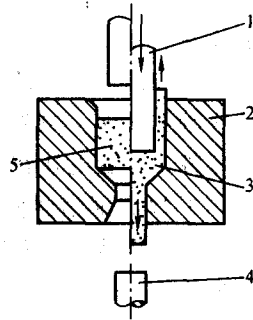


图 1-17 复合挤压

1—凸模 2—凹模 3—挤压件
4—顶料杆 5—毛坯

按照正挤压和反挤压的不同组合方式，可以将复合挤压分成如下三种情况：杆-杆件复合挤压（见图 1-18a），这是反挤压杆形件与正挤压杆形件的组合；杯-杯件复合挤压（见图 1-18b），这是杯形件反挤压与杯形件正挤压的组合；杯-杆件复合挤压（见图 1-17），这是杯形件反挤压与杆形件正挤压的组合。

复合挤压方法可以制造双杯类零件，如汽车活塞销；也可以制造杯杆类零件，如缝纫机梭芯。

(4) 减径挤压 它是变形程度较小的一种变态正挤压法，毛坯截面仅作轻度的缩减。图 1-19 所示为减径挤压的工作情况。减径挤压主要用于制造直径差不大的阶梯轴类零件以及作为深孔杯形件的修整工序。

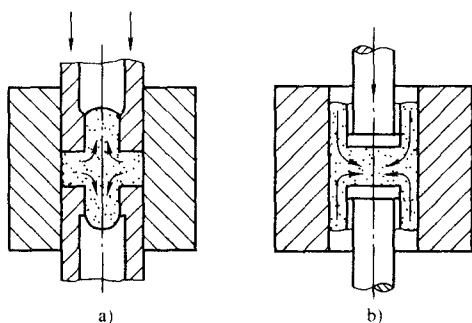


图 1-18 复合挤压的两种类型

a) 杆-杆件 b) 杯-杯件

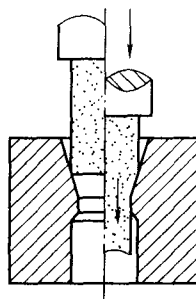


图 1-19 减径挤压

正挤压、反挤压、复合挤压与减径挤压是冷挤压方法中应用最广的四种成形方法。这四种方法的金属流动方向都与凸模的轴线平行，因此又统称为轴向冷挤压。

(5) 径向挤压 径向挤压时，金属的流动方向与凸模的运动方向相垂直，图 1-20 所示为径向挤压的工作情况。径向挤压又分为离心和向心挤压两种，主要用于制造带凸肩的齿轮坯以及十字轴类零件。如图 1-21 是用径向离心冷挤压方法生产铝合金零件，金属毛坯在凸模压力的作用下沿径向向外流出。又如图 1-22 是通信器材中的铝合金号码盘，内齿与外圆的阿拉伯数字一次挤出，内齿是用径向向心挤压法加工的。

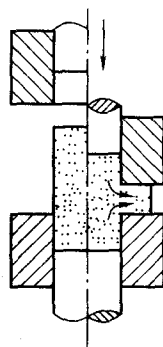


图 1-20 径向挤压

(6) 斜向挤压 挤压时，金属的流动方向倾斜或弯曲于

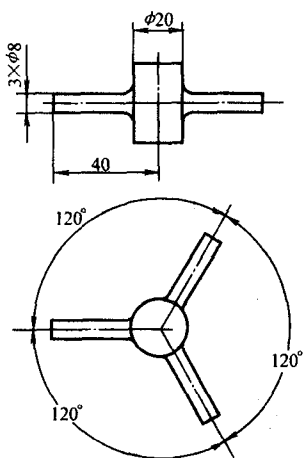


图 1-21 径向离心挤压铝合金零件

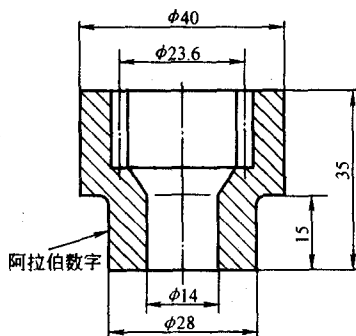


图 1-22 径向向心挤压铝合金号码盘

凸模的运动方向。图 1-23 所示为斜向挤压的工作情况。斜向挤压主要用于制造具有倾斜或弯曲枝芽的各种复杂形状零件。

(7) 镦挤法 变形时, 金属的流动具有挤压和镦粗的特点, 即一部分金属沿凸模轴向流动, 另一部分金属则沿径向流动。它是冷镦与冷挤压相结合的一种成形方法, 称为镦挤法。图 1-24 所示为镦挤法的工作情况。镦挤法主要用于制造大头类零件及阶梯轴类零件。如图 1-25 所示的支承杆就是采用这种镦挤法加工的, 先正挤压再镦头部, 把冷挤压与冷镦合并在同一工序中。

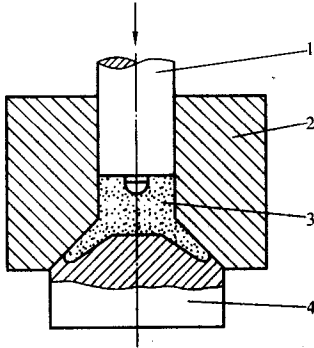


图 1-23 斜向挤压

1—凸模 2—凹模
3—挤压件 4—凹模镶块

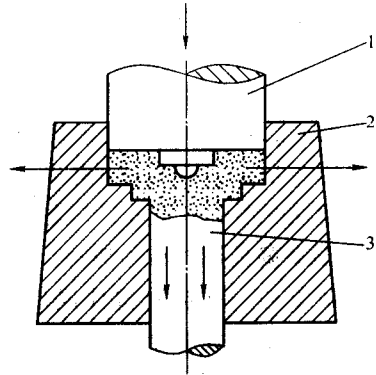


图 1-24 镦挤法

1—凸模 2—凹模 3—挤压件

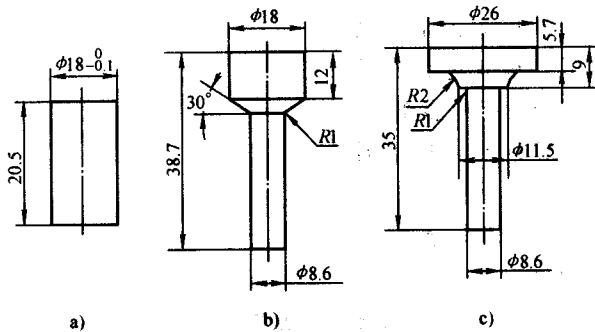


图 1-25 支承杆镦挤

a) 毛坯 b) 挤压 c) 镦粗

2. 按金属流动速度分类

根据金属坯料充填模具型腔的流动速度有一般速度、低速及高速挤压之分。

(1) 一般速度挤压 这是冷挤压中应用最普遍的一种速度, 范围在 $0.5 \sim 2\text{m/s}$, 其设备有冲床、肘杆压力机、摩擦压力机及专用挤压压力机等。

(2) 低速挤压 其设备有各种吨位的液压机等, 其速度可达 $0.01 \sim 0.1\text{m/s}$ 。

(3) 高速挤压 设备的滑块速度高达 $6 \sim 20\text{m/s}$, 如高速锤、对击锤、空气

锤等。

3. 按变形温度状态分类

从金属塑性变形的温度状态来分, 有冷挤压 (室温挤压)、温挤压 (半热挤压)、热挤压及等温挤压。

1.2 冷挤压工艺的优缺点及应用范围

1.2.1 冷挤压工艺的优点

近年来, 在机械制造工艺方面广泛采用冷挤压先进技术, 取得了显著的成效。目前, 随着计算机、快速造型及数字化等现代科学技术的迅速发展及应用, 使冷挤压工艺进一步得到开拓及采用。与其他制造方法相比, 冷挤压工艺已成为金属塑性变形中最先进工艺之一, 在技术上和经济上它都有很多的显著优点。

1. 显著降低原材料的消耗

冷挤压是一种金属塑性成形加工方法。它在不破坏金属的前提下使金属体积作出塑性转移, 达到少切屑无切屑而使金属成形, 制得所需的形状及尺寸零件。这样就避免了在切削加工时而形成的大量金属废屑, 大大节约了各种有色金属及钢铁原材料, 使 1t 金属材料能作 2t、甚至 3~5t 之用。图 1-26 是通信器材中的纯铁底座, 采用冷挤压材料消耗仅为原来切削加工的十分之一, 即原来 1 个零件的材料现在可以加

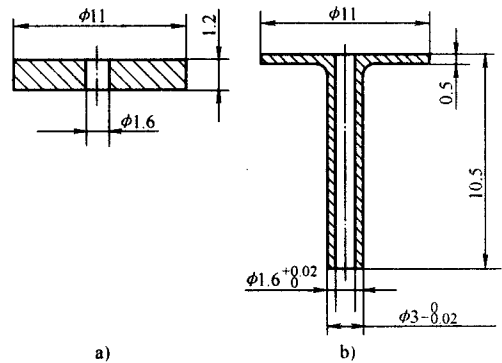


图 1-26 纯铁底座

a) 毛坯 b) 挤压件

工 10 个产品。图 1-27 是纯铝旋钮接头, 原来采用 $\phi 22\text{mm} \times 21\text{mm}$ 的实心坯料切削加工, 采用冷挤压后, 只需用 $\phi 20.3\text{mm} \times 6\text{mm}$ 的毛坯材料, 材料消耗约为原来的四分之一。图 1-28 是无氧铜排气管, 原采用 $\phi 40\text{mm} \times 180\text{mm}$ 圆筒形坯料切削加工, 现采用冷挤压后只需用 $\phi 40\text{mm} \times \phi 17\text{mm} \times 20\text{mm}$ 的空心扁坯材料, 显著节约了原材料, 仅为原来的九分之一。图 1-29 是双水内冷汽轮发电机水冷接头零件, 用奥氏体不锈钢 1Cr18Ni9Ti 制成, 采用冷挤压后, 材料消耗为原来切削加工的二分之一。图 1-30 是汽车发动机活塞销冷挤压件, 材料为低合金结构钢 20Cr, 原来切削加工的单件消耗定额为 0.282kg (跃进牌活塞销), 改用冷挤压后下降为 0.149kg。根据工厂的统计, 以一种车型为例, 按计划每年需生产

100 万件，则可节约铬合金钢 135t。全国约有十几种车型，其钢材节约吨数是十分大的。

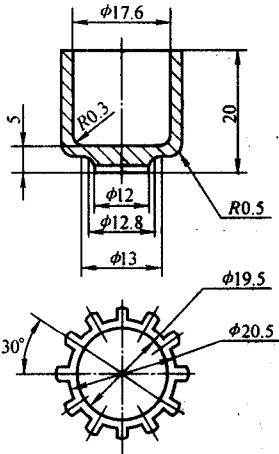


图 1-27 纯铝旋钮接头

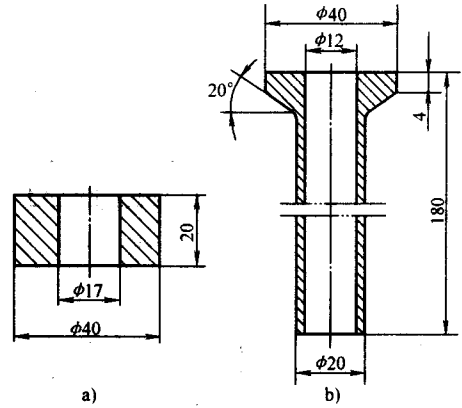


图 1-28 无氧铜排气管

a) 空心扁坯 b) 挤压件

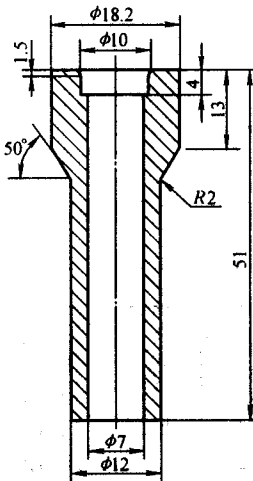


图 1-29 不锈钢水冷接头

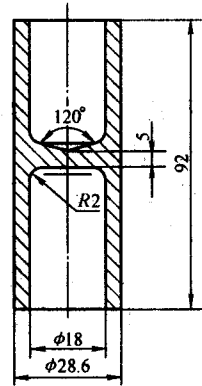


图 1-30 汽车发动机活塞销

2. 提高劳动生产率

冷挤压零件是在压力机上进行的，操作方便，容易掌握，生产率很高。图 1-26 的纯铁底座，由于纯铁较软，切削性能差，机加工较为困难，经采用冷挤压后，不仅节约了原材料，而且使生产率提高了 30 倍。图 1-31 的纯铜高压开关零件，直接用六角空心板坯（由冲床上无废料落料），冷挤压而成，省去了原来的车削和铣削（十字槽）工时。图 1-27 的航空仪表旋钮接头零件，改用冷挤压后，加工工时由原来机械加工的 5.84min 下降到 1min。图 1-29 的不锈钢水冷接

头零件的工时亦由原来切削加工的 15min 下降到 1.5min, 提高工效 9 倍。图 1-30 的汽车发动机活塞销, 冷挤压比车削加工可提高生产率 3.2 倍 (以跃进牌活塞销为例)。目前又生产了冷挤压活塞销自动机, 使生产率进一步提高, 一台冷挤压自动机的生产率相当于 100 台卧式车床或 10 台四轴自动车床。

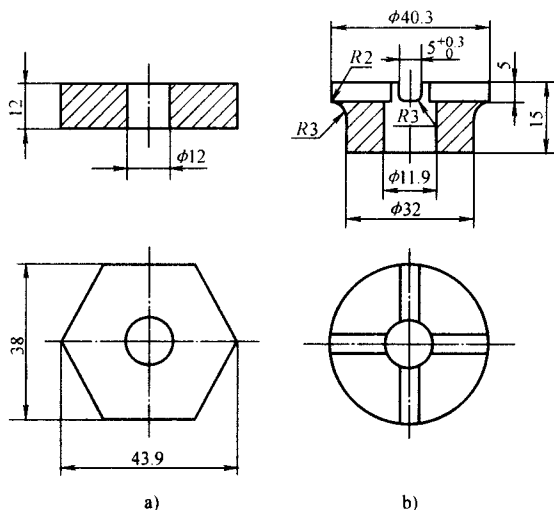


图 1-31 纯铜高压开关

a) 六角空心板坯 b) 挤压件

3. 可成形复杂形状的零件

在压力机的往复直线动作下完成复杂的加工工序, 并可以制成形状复杂的零件。图 1-32 的纯铝多层可变电容器、图 1-33 的纯铝双层套零件, 形状复杂, 尺寸小, 要求严。如采用切削加工方法制造, 不仅生产率低, 材料消耗大, 而且在制造方面会感到十分困难; 但用冷挤压加工则就显得十分方便。

4. 提高零件的力学性能

在冷挤压过程中, 金属材料处于三向不等的压应力作用下。挤压变形后, 金属材料的晶粒组织更加致密, 金属流线不被切断, 成为沿着挤压件轮廓连续分布的金属流线, 如图 1-34 的冷挤压活塞销的金属流线。图 1-35、图 1-36 表示各种冷挤压零件上纤维的状态, 可以看到所有纤维没有任何尖锐的间断痕迹。同时, 由于冷

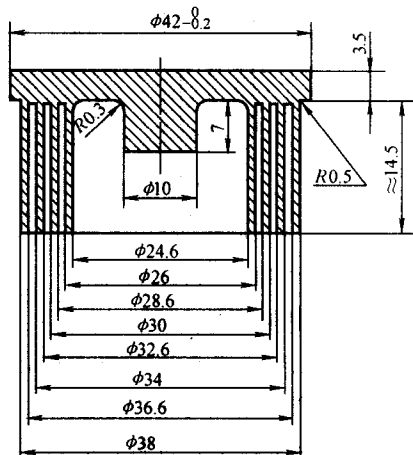


图 1-32 纯铝多层可变电容器