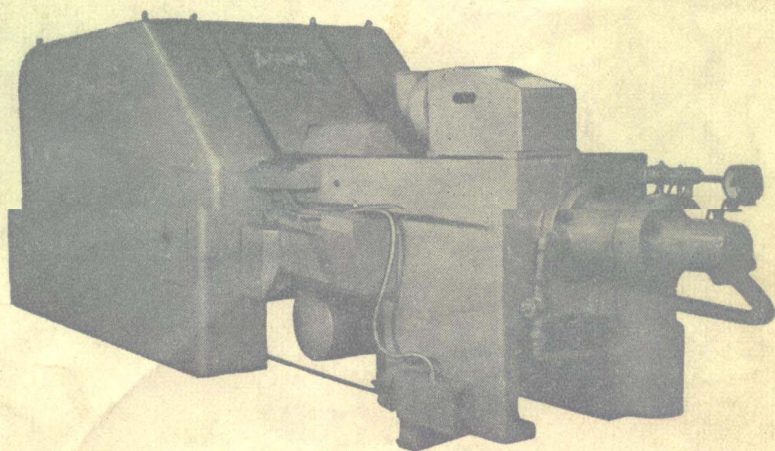


冷挤压工艺与模具设计

上海市徐汇区工人文化科技馆 编
上海交通大学教育革命小分队



上海交通大学革命委员会

376

最 高 指 示

备战、备荒、为人民。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

工人阶级必须领导一切。

要认真总结经验。

互通情报。

前 言

伟大领袖毛主席教导我们：“革命就是解放生产力，革命就是促进生产力的发展。”在战无不胜的毛泽东思想的光辉照耀下，无产阶级文化大革命以排山倒海之势，雷霆万钧之力，荡涤了科技战线上的污泥浊水，彻底摧毁叛徒、内奸、工贼刘少奇的反革命修正主义路线，以极其雄伟的力量推动着社会主义建设的迅速发展。工人阶级真正成了科学技术的主人，为我国更快地攀登世界科学技术高峰开辟了无限广阔的前景。当前，一个大力普及和推广无切削少切削的冷挤压技术的群众运动，正在上海蓬勃发展，一个又一个冷挤压技术应用成果如雨后春笋般接连涌现，完全证实了伟大领袖毛主席的英明预见：“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”。

为了适应当前工业战线上一派大好形势，我们徐汇区工人文化科技馆在上海交通大学教育革命小分队配合下举办了“工人冷挤压技术学习班”，本资料是在学习班教材基础上，以有生产实践经验的工人为主体的革命技术人员、革命师生“三结合”修改编成的。其目的是宣传战无不胜的毛泽东思想；热情报道工人阶级登上科学技术舞台涌现出来的冷挤压技术方面的先进事迹和丰硕成果；以及在“独立自主、自力更生”伟大方针指引下推广和应用冷挤压技术。上海有线电厂、上海仪表厂、卫阳电器厂、新华无线电厂、上海灯泡厂、上海电表厂、电讯总局五一九厂、上海无线电四厂、上海无线电二十五、上海第一缝纫机厂、上海电池配件厂、上海第一汽车附件厂、上海标准件七厂、上海电机厂、上海微型电机厂、上海开关厂、上海绘图仪器厂、上海客车修造厂、上海东方红缝纫机厂、上海东升汽车配件厂、上海工具厂、上海东风电容器厂、上海锻压机床厂、上海锻压机床二厂、以及上海交通大学等单位参加了编写和提供资料。

由于我们活学活用毛泽东思想不够，对全局情况缺乏了解，编写能力又低，时间又紧迫，所以编写难免有不妥之处，望广大读者提出宝贵意见，帮助我们改进。

上海市徐汇区工人文化科技馆

上海交通大学教育革命小分队

一九七〇年七月

本书主要代表符号

F_0	——毛坯断面积	(毫米 ²)
F_1	——挤压后零件断面积	(毫米 ²)
D_0	——毛坯外径	(毫米)
d_0	——毛坯内径	(毫米)
D_1	——挤压后零件的外径	(毫米)
d_1	——挤压后零件的内径	(毫米)
H_0	——毛坯高度	(毫米)
H_1	——挤压后零件高度	(毫米)
S_0	——毛坯壁厚	(毫米)
S_1	——挤压后零件壁厚	(毫米)
t	——底厚	(毫米)
ε_F	——挤压时断面缩减率	(%)
σ_b	——强度极限	(公斤/毫米 ²)
σ_s	——屈服极限	(公斤/毫米 ²)
P	——变形力	(公斤)
p	——单位压力	(公斤/毫米 ²)
H_B	——布氏硬度	
HR_c	——洛氏硬度	
η_F	——变形效率	(%)
κ_f	——变形抗力	(公斤/毫米 ²)

目 录

第 一 章 冷挤压基本概念	1
1-1 冷挤压概念	1
1-2 冷挤压的优越性	2
1-3 冷挤压的主要矛盾	3
第 二 章 冷挤压工艺设计	5
2-1 毛坯尺寸的确定	5
2-2 变形程度的计算	5
2-3 冷挤压零件的工艺分析	13
第 三 章 冷挤压压力	17
3-1 冷挤压变形的几个阶段	17
3-2 影响挤压力的主要因素	18
3-3 挤压力的计算方法	18
3-4 挤压力的测定	21
3-5 挤压力的计算示例	24
第 四 章 冷挤压毛坯制备和表面润滑处理	26
4-1 冷挤压毛坯制备	26
4-2 冷挤压毛坯的软化处理	28
4-3 毛坯的润滑处理	28
第 五 章 冷挤压模具的设计	46
5-1 模具的设计要点	46
5-2 模具的结构分类	46
5-3 凹模与凸模的设计	54
5-4 模具的卸料与顶出装置	62
第 六 章 冷挤压组合凹模的应用	65
6-1 冷挤压组合凹模的应用	65
6-2 组合凹模的简捷算法	66
6-3 组合凹模的压合工艺	70
6-4 组合凹模的应用举例	71

附 录 预应力组合凹模的理论分析	73
6-5 冷挤压凹模受力状态的分析	73
6-6 组合凹模的概念	74
6-7 组合凹模的理论计算	75
6-8 组合凹模的理论计算实例	78
第 七 章 冷挤模具材料与热加工	82
7-1 冷挤模具材料的选择	82
7-2 冷挤模具的锻造	84
7-3 冷挤模具的热处理	87
7-4 介绍几种新的冷挤模具材料	89
第 八 章 冷挤压压力机	93
8-1 冷挤压压力机的选择原则	93
8-2 冷挤压机械压力机	94
8-3 介绍一种新结构的冷挤压机	99
第 九 章 冷挤压零件质量和废品分析	101
9-1 冷挤压零件外表面质量	101
9-2 冷挤压零件内孔质量	106
9-3 其它废品及防止措施	108
第 十 章 冷挤压典型零件的介绍	112
10-1 軋铁的冷挤压	112
10-2 梭芯套冷挤压	114
10-3 多层微调电容	121
10-4 特大高矩形铝罩壳冷挤压	125
10-5 带凸缘的罩壳	127
10-6 带锥度零件的挤压	132
10-7 园扇形零件的冷挤压	133
10-8 夹头的冷挤压	135
10-9 活塞销的冷挤压	137
第十一章 模具型腔冷挤压	143
11-1 型腔冷挤压的优越性	143
11-2 型腔冷挤压方法	143
11-3 型腔冷挤凸模凹模的设计	144
11-4 其他	146
附表 金属材料名称对照表	149—151

第一章 冷挤压基本概念

伟大的领袖毛主席教导我们：我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。”

1-1 冷挤压概念

冷挤压是无切削、少切削零件加工工艺。冷挤压模具装在压力机上，利用压力机的简单往复运动，使金属在冷挤模腔内发生塑性变形，而获得所需要的零件形状。冷挤压工艺是金属压力加工中先进的工艺之一，它在我国各个工业部门得到了广泛的应用和飞跃发展。

根据挤压时金属流动方向和凸模运动方向的关系，冷挤压方法可分为下列三种：

1. 正挤压：金属流动方向和凸模运动方向相同（图 1-1）。一般适用于制造断面是圆形、椭圆形、矩形、六角形、圆扇形和其他对称形状的长杆形及管形零件，亦可用于等断面的不对称形零件。

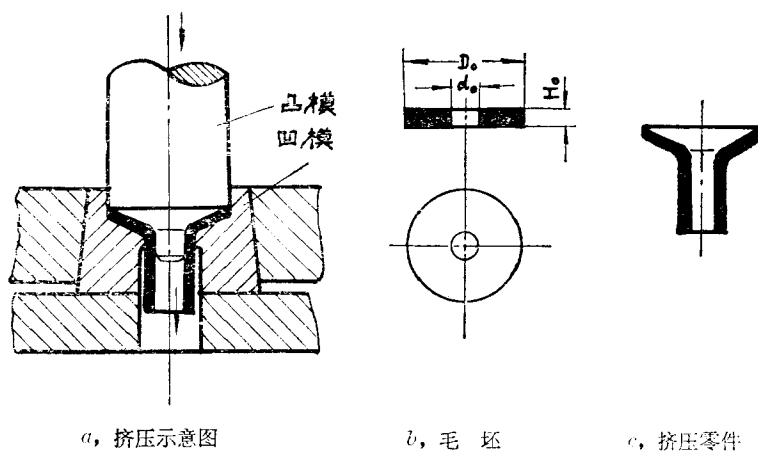


图 1-1 正挤压

2. 反挤压：金属流动方向与凸模的运动方向相反（图 1-2）。一般适用于制造断面是圆形、方形、长方形，“山”形、多层圆形、多格方形和长方形以及棱形的零件。

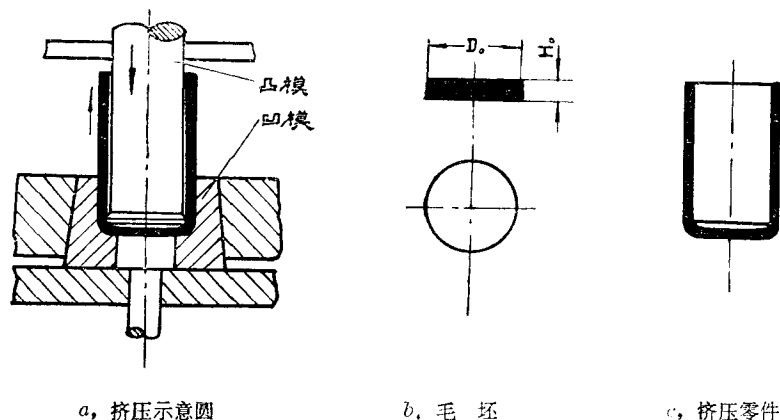


图 1-2 反挤压

3. 复合挤压：金属顺凸模的运动方向和相反的方向同时流动（图 1-3）。复合挤压是同时出现正挤与反挤，按零件形状的要求，可以制造一些复杂的零件。通常都是正挤部分的形状较为复杂，可以制造断面是方形、六角形，齿形、花瓣形和等断面不对称形零件。

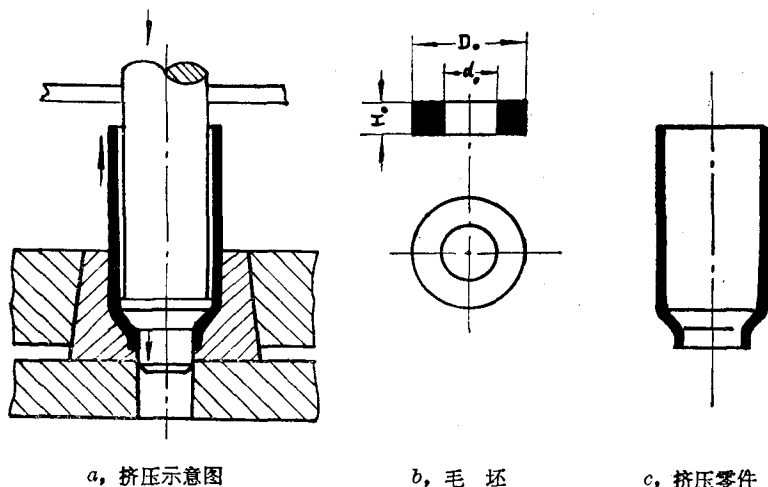


图 1-3 复合挤压

1-2 冷挤压的优越性

一. 节约原材料，提高生产率

毛主席教导我们：“厉行节约、反对浪费”。采用冷挤压工艺可以大量节约原材料，减少材料消耗，材料利用率高者可达 95% 左右。冷挤压模具较为简单，工人师傅操作方便，容易掌握，生产效率很高。图 1-4 钝铁底座长期以来是采用切削加工方法，零件的要求较高，是带直角的凸缘形零件，同心度要求在 0.02~0.03 之间，零件的其他要求见图 1-4。旧的切削加工工艺如下：

1. 钝铁棒料用车床校直后，按外形车坯，生产率为 80~100 只/班。由于钝铁韧性较好，切削性能差，机加工时较为困难，

2. 用三角夹头夹住车制毛坯，在钻床上钻孔，但因孔小而深，精度要求较高，常常把孔钻偏而成废品；

3. 钻床铰孔确保 $\phi 1.6^{+0.02}$ 的要求。

经过上述工序后，产品的成品率仅达 70~80%。这种加工方法远远满足不了工业生产飞速发展的需要，工人同志活学活用毛泽东思想，发扬敢想、敢说、敢干的革命精神，采用冷挤压工艺，挤压带直角的零件，挤压零件达到产品的公差要求。

新的挤压工艺如下：挤压的毛坯用冲床落料，毛坯尺寸：外径 $\phi 11^{-0.1}_{-0.05}$ ，内孔 $\phi 1.55$ ，厚 1.2 毫米。由于落料的毛坯内孔尺寸比挤压零件内孔尺寸约小 0.05 毫米，在挤压时，

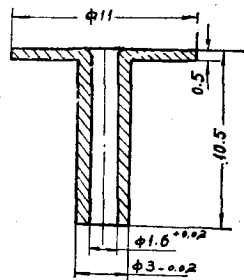


图 1-4 钝铁底座

先将内孔挤光，故挤压后的零件内孔光洁度在 $\nabla\nabla\nabla_7\sim\nabla\nabla\nabla_8$ ，冷挤压生产率是切削加工生产率的 30 倍，原材料节约 10 倍左右。

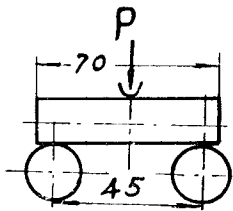
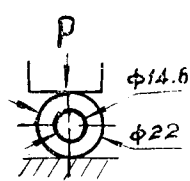
二、提高零件的质量

1. 提高零件的机械性能

切削加工把金属内部纤维方向割断，从而降低了零件的使用寿命。在冷挤压过程中，金属是处于三向压应力状态，其材料组织致密，而且具有连续的纤维流向，提高了其疲劳强度。例如，20Cr 材料汽车活塞销冷挤压后，经道路试验超过 50,000 公里，活塞销仍然完好。毛主席教导我们：“矛盾着的双方，依据一定的条件，各向着其相反的方向转化。”金属材料的软和硬是矛盾的双方，由于金属在常温下进行挤压，引起强烈的冷作硬化现象，材料的机械性能产生很大的变化，挤压后零件的强度指标大大的提高，而塑性指标则有所下降。

跃进牌汽车活塞销用不同工艺制造后，从其综合性能的对比（表 1-1）可知，用冷挤

切削加工和冷挤压零件机械性能 表 1-1

项 目 名 称	抗弯(公斤)	抗压(公斤)
		
跃进牌汽车活塞销技术要求	5,000	12,000
车削 20 Cr	7,000~9,000	12,000~15,000
冷挤 20 Cr	9,000~14,000	15,000~24,000
冷挤 20 号钢	8,000~9,500	13,000~15,000

压生产的活塞销，不论是 20Cr 和 20 号钢都超过原技术指标及车削的活塞销，而且用 20 号钢来生产跃进活塞销是最经济合理。由此可见，冷挤压成形后的零件，可以用普通碳钢代替合金钢，用低强度的材料代替高强度材料，为国家节约大量的合金元素及优质材料。冷挤工艺可以在零件制造中广泛的采用和推广。

2. 提高零件的精度及表面光洁度

冷挤压零件的精度可达 3 级，表面光洁度可达 $\nabla\nabla_6\sim\nabla\nabla\nabla_9$ ，有些零件冷挤压后，可以不用切削加工，从而为某些零件用冷挤压工艺代替切削加工、铸造、锻造开辟了一条广阔的道路。

1-3 冷挤压的主要矛盾

毛主席教导我们：“没有什么事物是不包含矛盾的，没有矛盾就没有世界。”在冷挤压变形的过程中亦包含着自始至终的矛盾，在诸矛盾中，变形材料与冷挤压模具的矛盾是主

要矛盾。换句话说，就是模具要使被挤压材料变形，而被挤压材料按照作用力与反作用力原理有一反作用力施加于模具上以反抗变形。或者说，冷挤压材料变形力与模具所承受能力之间的矛盾，这就是冷挤压的主要矛盾所在。为了达到金属材料塑性变形，在解决这一矛盾时，必须考虑如下的问题：

(1) 变形材料要软，为此应对挤压毛坯进行退火或淬火软化处理。材料软化的目的在于改善组织降低变形抗力；

(2) 在变形材料与模具间制造一个润滑层，避免变形材料与模具的直接接触，降低摩擦阻力，为此应对挤压毛坯进行表面润滑处理(如磷化、氧化、涂润滑剂等)；

(3) 在模具工作部分有一定的冲击韧性的情况下，保证挤压模有足够的硬度，一般硬度 $HR_c = 61 \sim 63$ 。硬度过高模具容易碎裂；硬度不够，模具容易磨损和下沉，使模具拉毛，造成变形材料粘附在模具上。为确保模具的强度，可以采用组合凹模，预先给凹模一个预应力。同时必须选择合理的模具结构和材料，对凹模凸模的锻造与热处理工艺尤应选择恰当；

(4) 为使变形材料在模腔中便于变形，除上述表面润滑处理外，还必须重视凹、凸模的表面光洁度及其几何形状。凹、凸模工作部分的表面光洁度应有 $\nabla \nabla \nabla \nabla_{10}$ 以上。在零件形状许可的情况下，应选择合理的凹、凸模几何形状，以利于金属的流动；

(5) 合理的制定冷挤压工艺以符合金属塑性变形的客观规律；

(6) 由于冷挤压变形力较大，对压力机亦有一定的要求。压力机应有较好的强度与刚度，良好的精度，以及可靠的保险装置等。

上海工人阶级在解决冷挤压的主要矛盾时，积累了一套成功的经验，对发展冷挤压技术起了很大的推动作用。以下各章就上述问题，向读者一一介绍。

第二章 冷挤压工艺设计

工艺设计是冷挤压中的关键问题之一。工艺制定正确与否，关系到冷挤压的成败。毛主席教导说：“无论何人要认识什么事物，除了同那个事物接触，即生活于（实践于）那个事物的环境中，是没有法子解决的”。一个成功的冷挤压工艺，往往要进行多次的试验，从试验中找出其规律性，并上升为理论，反过来指导实践，为实践服务。

2-1 毛坯尺寸的确定

一、毛坯尺寸的计算

毛坯尺寸的计算是根据挤压零件的体积 V_1 等于挤压零件毛坯的体积 V_0 来决定的，即 $V_1 = V_0$ 。考虑到冷挤压后的零件，一般需要修边，挤压毛坯的体积应加上修边余量的体积。回转体零件修边余量 Δh 值见表 2-1。

修边余量 Δh 值 (毫米)

表 2-1

零件高度	10	10~20	20~30	30~40	40~60	60~80	80~100
修边余量 Δh	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
说明	1. 在零件大于 100 毫米时，修边用加工余量应为零件高度的 6 %。 2. 对复合挤时，零件修边用加工余量应当放大。 3. 对矩形零件，按上表数值加倍。						

在计算挤压零件体积时，往往将它分成若干个简单形状，分别计算，然后再相加起来。为了便于运用，表 2-2 列出了各种简单形状的体积计算公式。

挤压零件的体积决定之后，便能很快的确定挤压毛坯的尺寸（外径 D_0 、内孔 d_0 及高度 H_0 ）。正挤压、反挤压或复合挤压时，为便于毛坯放入凹模，一般毛坯外径 D_0 应比凹模尺寸 D 小 0.1~0.2 毫米。毛坯的内孔 d_0 比挤压零件内孔小 0.01~0.05 毫米时，可以得到内孔光洁度为 $\nabla\nabla_6 \sim \nabla\nabla\nabla_9$ ，若零件内孔光洁度要求不高，毛坯内孔可比零件内孔大 0.1~0.2 毫米。毛坯的高度 H_0 则可按体积相等的原理求得。

二、重量法求毛坯的高度 H_0

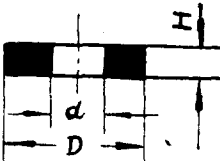
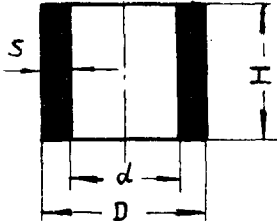
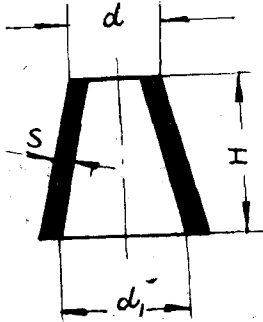
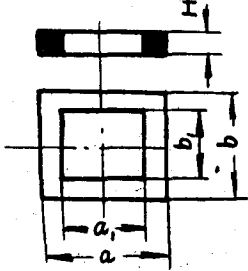
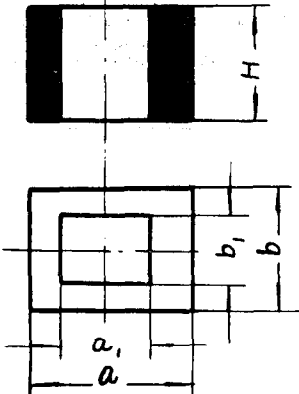
在计算法中已涉及到毛坯尺寸的决定，通常的情况下毛坯的外径 D_0 、内孔 d_0 是由挤压零件尺寸决定的，主要是毛坯高度 H_0 为未知数。工厂工人师傅用简单的重量法能很快的求得毛坯的高度 H_0 ，即挤压零件的重量等于挤压毛坯的重量，因此只要把零件与毛坯放在天平上一秤便决定了毛坯的高度 H_0 。

2.2 变形程度的计算

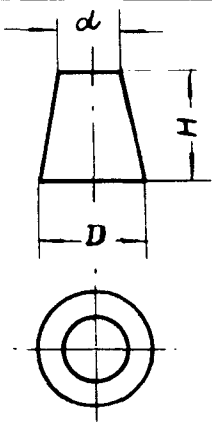
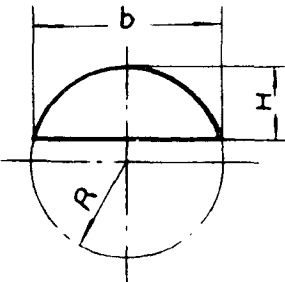
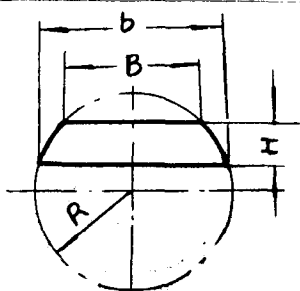
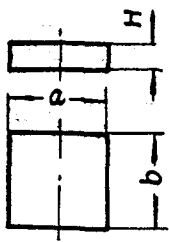
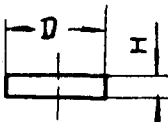
在冷挤压过程中，其变形程度是决定压力机的吨位选择及模具寿命的主要因素之一。变

各种形状的体积计算公式

表 2-2

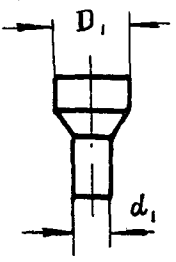
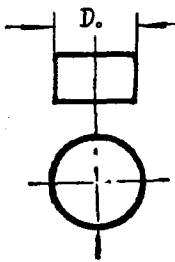
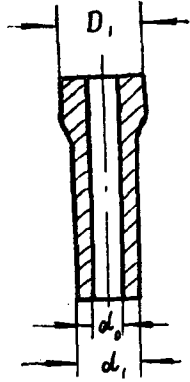
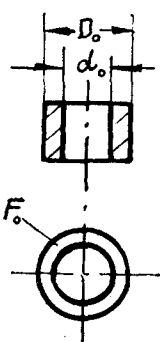
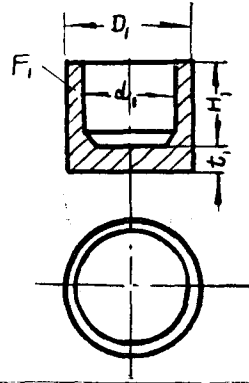
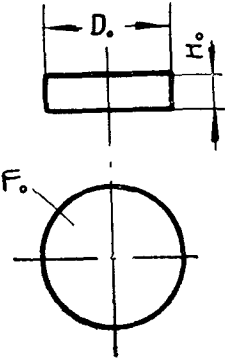
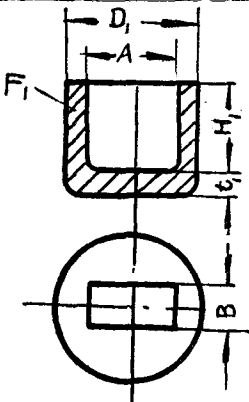
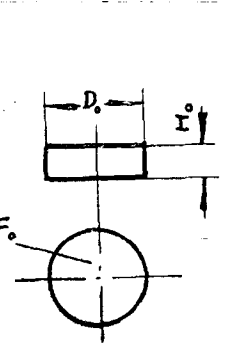
名 称	简 图	体 积 (V)
环 形		$V = 0.785(D^2 - d^2)H$
圆筒形		$V = 1.57 HS(D + d)$
空心圆锥体		$V = 1.57 HS(d_1 + d)$
带方孔		$V = (a \cdot b - a_1 \cdot b_1)H$
方孔体		$V = (a \cdot b - a_1 \cdot b_1)H$

续表 2-2

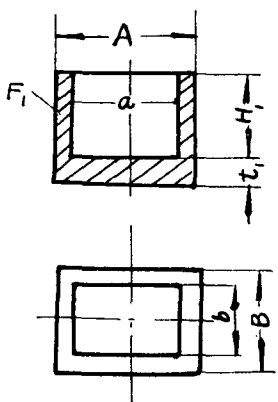
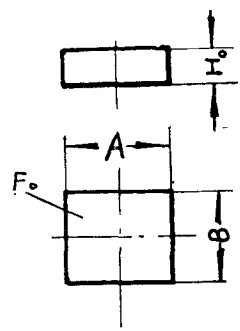
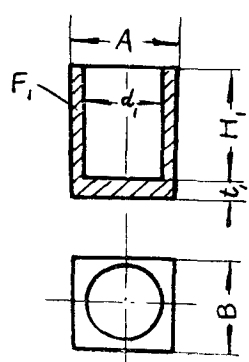
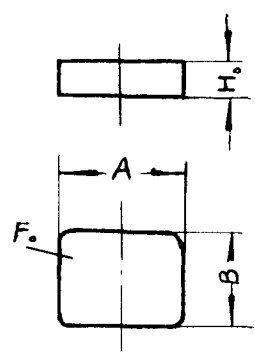
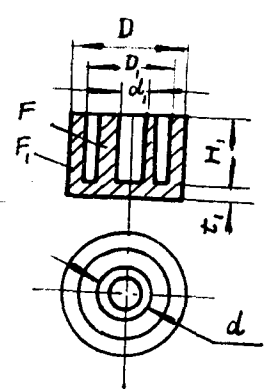
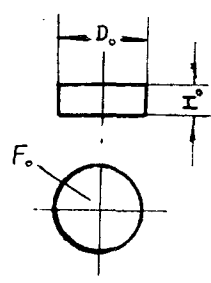
名 称	简 图	体 积 (V)
实 心 圆 锥 体		$V = 0.2618 H (D^2 + Dd + d^2)$
截 球		$V = \pi H^2 \left(R - \frac{H}{3} \right)$
球 台		$V = 0.5236 H \left(\frac{3B^2}{4} + \frac{3b^2}{4} + H^2 \right)$
方 形		$V = a \cdot b \cdot H$
圆 形		$V = 0.7854 D^2 H$

典型冷挤压零件变形程度和毛坯厚度计算公式

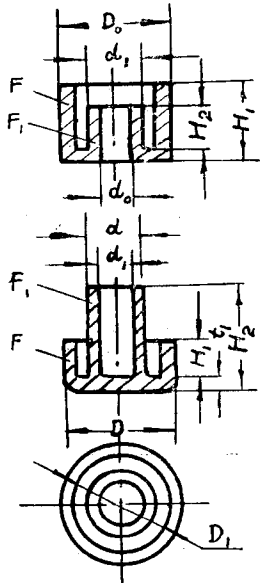
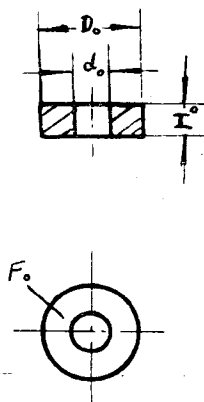
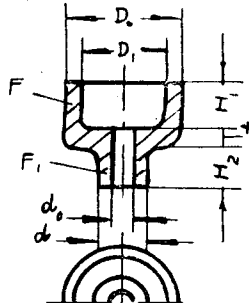
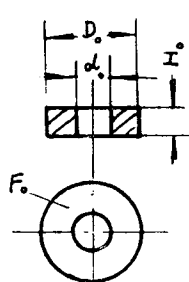
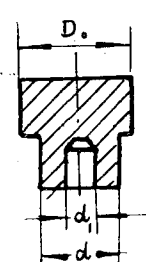
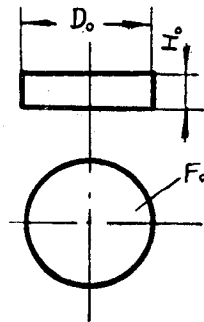
表 2-3

序号	零件图	毛坯图	计算公式
1			$\varepsilon_F = \frac{D_0^2 - d_1^2}{D_0^2} \times 100\%$ $D_1 = D_0 \text{ (以下相同)}$
2			$\varepsilon_F = \frac{D_0^2 - d_1^2}{D_0^2 - d_0^2}$
3			$\varepsilon_F = \frac{F_0 - F_1}{F_0}$ $\varepsilon_F = \frac{d_1^2}{D_0^2}$ 毛坯厚度 $H_0 = H_1 + t_1 - \frac{d_1^2 H_1}{D_0^2}$ $H_0 = \frac{V_1}{F_0}$
4			$\varepsilon_F = \frac{A \cdot B}{0.785 D_0^2}$ $H_0 = H_1 + t_1 - \frac{A \cdot B \cdot H_1}{0.785 D_0^2}$ 当 $A = B$ 时: $\varepsilon_F = \frac{A^2}{0.785 D_0^2}$ $H_0 = H_1 + t_1 - \frac{A^2 \cdot H_1}{0.785 D_0^2}$

续表 2-3

序号	零件图	毛坯图	计算公式
5			$\varepsilon_F = \frac{a \cdot b}{A \cdot B}$ $H_0 = H_1 + t_1 - \frac{a \cdot b \cdot H_1}{A \cdot B}$ 当 $A = B$ 或 $a = b$ 时 $\varepsilon_F = \frac{a^2}{A^2}$ $H_0 = H_1 + t_1 - \frac{a^2 \cdot H_1}{A^2}$
6			$\varepsilon_F = \frac{0.785 d_1^2}{A \cdot B}$ $H_0 = H_1 + t_1 - 0.786 \frac{d_1^2 H_1}{A \cdot B}$ 当 $A = B$ 时 $\varepsilon_F = \frac{0.785 d_1^2}{A^2}$ $H_0 = H_1 + t_1 - 0.765 \frac{d_1^2 H_1}{A^2}$
7			$\varepsilon_F = \frac{D_1^2 - d^2 + d_1^2}{D_0^2}$ $H_0 = H_1 + t_1 - \frac{H_1 (D_1^2 - d^2 + d_1^2)}{D_0^2}$

续表 2-3

序号	零件图	毛坯图	计算公式
8			$\varepsilon_F = \frac{D_1^2 - d_0^2}{D_0^2 - d_0^2}$ $\varepsilon_{F1} = \frac{D_0^2 - d_1^2}{D_0^2 - d_0^2}$ $H_0 = t_1 + \frac{H_1(D_0^2 - D_1^2) + H_2(d_1^2 - d_0^2)}{D_0^2 - d_0^2}$
9			$\varepsilon_F = \frac{D_1^2 - d^2}{D_0^2 - d^2}$ $\varepsilon_{F1} = \frac{D^2 - d^2}{D_0^2 - d^2}$ $H_0 = t_1 + \frac{H_1(D_0^2 - D_1^2) + H_2(d^2 - d_0^2)}{D_0^2 - d_0^2}$
10			$\varepsilon_F = \frac{D_0^2 - (d^2 - d_1^2)}{D_0^2}$

续表 2-3

序号	零件图	毛坯图	计算公式
11			$\varepsilon_F = \frac{D_1^2}{D_0^2}$ $\varepsilon_{F1} = \frac{D_0^2 - d^2}{D_0^2}$
12			$\varepsilon_t = \frac{t_0 - t_1}{t_0}$
13			$\varepsilon_t = \frac{t_0 - t_1}{t_0}$