

锻 工 手 册

第 六 分 册

各种压力机上模锻

锻工手册编写组编

-62

机 械 工 业 出 版 社

锻 工 手 册

第 六 分 册

各种压力机上模锻

锻工手册编写组编



机 械 工 业 出 版 社

锻工手册共分十篇。第一篇，锻造用原材料及其准备；第二篇，金属加热及其设备；第三篇，锻压设备；第四篇，自由锻造；第五篇，胎模锻、锤上模锻和高速锤上模锻；第六篇，各种压力机上模锻；第七篇，轧制与旋转锻造；第八篇，锻件精整和热处理；第九篇，锻模的使用与制造要求；第十篇，锻工车间机械化装置与锻工安全技术。前五篇为上册，后五篇为下册，同时按篇出分册。

本分册为第六篇，内容包括曲柄压力机、摩擦压力机及平锻机上模锻，重点是成形工艺及模具设计，最后介绍了热挤压与冷挤压。

本手册供从事锻压生产方面的工人和技术人员使用，也可供锻压专业教学及科研人员参考。

本分册是由洛阳东方红拖拉机厂、第二汽车制造厂、哈尔滨工业大学、西安交通大学、第一汽车制造厂、上海柴油机厂及上海交通大学等单位共同编写的。

锻 工 手 册

第 六 分 册

各种压力机上模锻

锻工手册编写组 编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 850×1168 $1/32$ · 印张 $8\frac{1}{2}$ · 字数 213 千字

1977年7月北京第一版·1977年7月北京第一次印刷

印数 00,001—33,060 · 定价 0.71 元

*

统一书号：15033·4362

前 言

在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国锻造行业的广大工人、科技人员和干部，坚决贯彻执行党的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线，开展了轰轰烈烈的技术革新、技术革命的群众运动，促进了锻造生产技术的迅速发展。

为了总结交流经验，普及和提高锻造技术，我们根据锻造行业同志们们的要求，组织编写了这本手册。

在手册中着重反映了我国锻造生产方面的经验，同时根据“洋为中用”的精神，也参考和吸收了部分国外资料。

本手册的读者对象，主要是锻造行业的生产工人和技术人员，也可供教学及科研人员参考。为了方便读者，既出分册又出合订本。

本手册由哈尔滨市科技局领导下的锻压技术交流三结合小组和哈尔滨工业大学锻压教研室主编。参加编写工作的单位主要有：洛阳东方红拖拉机制造厂、第一汽车制造厂、哈尔滨第一机器制造厂、哈尔滨林业机械厂、第一重型机器制造厂、齐齐哈尔钢厂、哈尔滨船舶修造厂、松江拖拉机厂、第二汽车制造厂、东安机械厂、伟建机器制造厂、哈尔滨铝加工厂、哈尔滨量具刃具厂、哈尔滨第一工具厂、上海工具厂、哈尔滨电表仪器厂、北京锅炉厂、哈尔滨汽轮机厂、哈尔滨锅炉厂、哈尔滨机车车辆厂、北京第一机床厂、一机部洛阳设计院、一机部天津设计院、济南铸锻机械研究所、东北重型机械学院、山东工学院、广东工学院、西北工业大学、上海交通大学、西安交通大学、北京工业大学、北京工业学院、天津大学、吉林工业大学和重庆大学等。

参加手册审查的单位，除上述编写单位外，还有一机部机械研究院、一机部第一设计院、一机部机电研究所、上海市机电设

计院、上海机械制造工艺研究所、常州锻造厂、北京锻件一厂、哈尔滨汽车齿轮厂、哈尔滨重型机器制造厂、哈尔滨第一电炉厂、松江电机厂、第二重型机器制造厂、太原重型机器制造厂、沈阳重型机器制造厂、呼和浩特汽车制造厂、哈尔滨拖拉机配件厂、冶金部钢铁研究院、冶金部情报研究所、清华大学和太原工学院等。

在编写过程中除上述参加编审的单位外，锻压机械编辑部、云南重型机器制造厂、太原矿山机械厂、洛阳轴承厂、哈尔滨轴承厂、营口锻压机床厂、辽阳锻压机床厂、兰州石油化工厂、北京内燃机总厂、上海彭浦机器厂、沪东造船厂、江南造船厂、南京汽车厂等全国各地一百多个单位积极热情地提供了技术资料。但限于编者的水平，难免有缺点和错误之处。恳切希望读者提出批评和修改意见，使它不断地得到充实和提高。

在本手册的编写过程中，哈尔滨市科技交流馆作了很多组织工作，上海市机电一局锻造行业组及上海市科技交流站协助组织了第六至第十篇的审查。哈尔滨重型机器制造厂、哈尔滨第二工具厂、哈尔滨汽轮机厂、哈尔滨锅炉厂和哈尔滨第一机器制造厂的同志为手册绘图付出了辛勤劳动，在此一并表示衷心地感谢！

锻工手册编写组

目 次

第六篇 各种压力机上模锻

第一章 曲柄压力机上模锻	6-1
1 曲柄压力机上模锻特点及锻件分类	6-1
2 锻件图的制订	6-3
一、锻件分模面的选定	6-3
二、锻件机械加工余量和公差	6-4
三、模锻斜度	6-4
四、锻件圆角半径	6-5
五、冲孔连皮	6-5
3 设备吨位的选择	6-5
4 工步选择	6-6
一、第Ⅰ类锻件的工步选择	6-6
二、第Ⅱ类锻件的工步选择	6-8
5 工步设计与坯料尺寸确定	6-9
一、终锻工步设计	6-9
二、预锻工步设计	6-10
三、锻粗工步	6-12
四、确定坯料尺寸	6-14
6 锻模结构	6-15
一、模架	6-15
二、镶块	6-39
三、顶出器	6-44
四、排气孔	6-45
7 典型锻件模锻工艺及模具举例	6-47
第二章 摩擦压力机上模锻	6-74
1 模锻的工艺特点	6-74
2 锻件图的制订	6-75

一、锻件分模面的选择	6-75
二、锻件机械加工余量和公差	6-76
三、模锻斜度与圆角半径	6-76
四、冲孔连皮及压凹	6-77
3 摩擦压力机吨位的选择	6-78
4 终锻模膛及预锻模膛设计	6-79
5 锻件的制坯	6-80
一、毛坯图的制订	6-82
二、制坯模膛设计	6-84
三、型槽的布置、型砧的尺寸和材料选用	6-85
四、坯料规格的选择	6-87
五、无飞边模锻坯料尺寸的确定	6-87
6 模具结构设计	6-89
一、模块的形式及规格	6-92
二、模座的设计	6-98
三、模块和模座的紧固	6-99
四、模具导向部分的结构及设计	6-107
7 摩擦压力机上模锻工艺举例	6-113
第三章 平锻机上模锻	6-138
1 平锻的特点与分类	6-138
一、平锻特点	6-138
二、锻件分类	6-139
2 锻件图的制订	6-141
一、锻件分模面的选定	6-141
二、锻件机械加工余量和公差	6-143
三、模锻斜度	6-144
四、圆角半径	6-145
五、允许形状偏差	6-145
六、制订锻件图举例	6-148
3 平锻机吨位的选择	6-149
4 平锻工步设计	6-150
一、局部锻粗类锻件工步设计	6-150
二、孔类锻件工步设计	6-153
三、棒料尺寸的确定	6-160

5 平锻模膛设计	6-161
一、终锻模膛设计	6-161
二、预锻模膛设计	6-163
三、顶锻模膛设计	6-164
四、夹紧模膛设计	6-167
五、扩径模膛设计	6-170
六、卡细模膛设计	6-170
七、切断模膛设计	6-172
八、穿孔模膛设计	6-175
九、切飞边模膛设计	6-177
十、弯曲和压扁模膛设计	6-178
6 平锻模具结构	6-179
一、安模空间	6-179
二、总体结构	6-184
三、凸模夹持器	6-186
四、凸模	6-195
五、凹模	6-212
六、后挡板	6-215
7 典型锻件平锻工艺及模具举例	6-222
第四章 热挤压与冷挤压	6-232
1 挤压的分类	6-232
2 挤压件的精度	6-235
3 挤压件的变形程度	6-238
4 挤压力的计算及挤压设备的选择	6-239
一、挤压力的计算	6-239
二、挤压设备的选择	6-241
5 挤压模结构设计	6-245
6 冷挤压坯料的表面处理与润滑	6-254
7 挤压零件工艺举例	6-256

第六篇 各种压力机上模锻

第一章 曲柄压力机上模锻

1 曲柄压力机上模锻特点及锻件分类

曲柄压力机上模锻和锤上模锻相比，具有震动小、噪音小、劳动条件好、操作安全和对操作工人技术要求低等优点；由于曲柄压力机的导向精度高、上下都有顶出器，以及采用导柱模等原因，锻件的余块、余量、公差和模锻斜度都可以减小。另外，曲柄压力机的滑块行程和工作节拍（行程次数）是固定的，便于实行机械化和自动化。对于变形速度很敏感的某些材料不适于锤上模锻，可以在曲柄压力机上模锻。在曲柄压力机上除了进行一般模锻外，还可以进行热挤压和热精压等工艺。

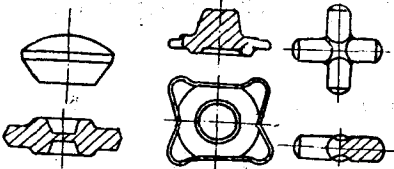
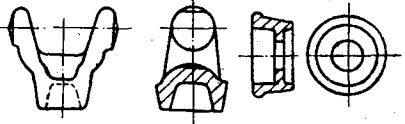
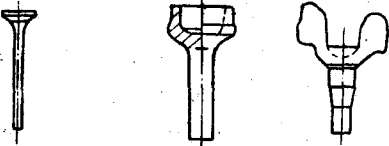
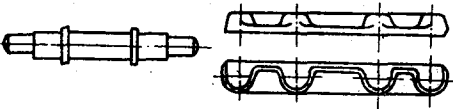
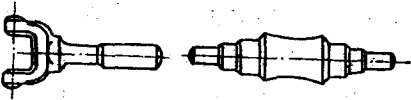
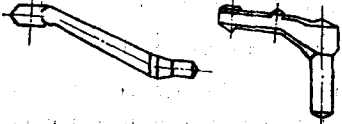
和同样能力的模锻锤相比，曲柄压力机的初次投资大，但由于维护费用低（模锻锤要经常换锤杆）、动力消耗小，所以较高的初次投资可以在几年内得到补偿。

和摩擦压力机上模锻相比，曲柄压力机上模锻的生产率较高，便于自动化。但是，由于曲柄压力机结构复杂、制造条件要求高，所以不便于使用厂自己制造。

根据曲柄压力机的工作特性，模锻工艺具有下列特点：

1. 在锤上模锻时，金属在锤头多次打击下逐步成形，锤头打击速度大而每次锤击下金属变形量较小，这种方式有利于毛坯上下端部金属的变形，较易充满模膛。曲柄压力机滑块行程速度慢，但一次行程中金属变形量大，毛坯中部变形大且易向水平方向强烈流动，形成很大的飞边，而模膛深处由于金属不够造成充填不满，同时比锤上模锻更易形成褶皱，这对于横断面形状复杂、分模面接近于圆形或方形的锻件（例如薄辐齿轮）特别明显。因此，对于这类锻件必须通过几个预锻工步使毛坯逐步接近锻件形状，

表6-1 锻件分类

类	组	锻件示例	主要特点
I	1		主要靠镦粗和少量挤压成形
	2		不但靠镦粗，而且有较大挤压成形
	3		主要靠挤压和不大的镦粗成形
II	1		断面变化不大
	2		断面变化较大
	3		断面变化很大
	4		弯曲杆

此时要求正确设计预锻工步。对于横断面形状不复杂的锻件，上述的金属流动特点对模膛充填影响不很大，所以预锻工步的选用基本上和锤锻模相近。

2. 模锻锤头每分钟行程次数多，打击的轻重快慢可以任意控制，对于长轴类锻件，进行拔长、滚压等制坯操作很方便。曲柄压力机上进行拔长和滚压则比较困难，因此对于断面相差很大的长形毛坯，就需要用其它设备（如辊锻机、平锻机、电锻机等）协助制坯。其中，辊锻机差不多已成为热模锻压力机的配套设备，热毛坯经辊锻制坯后立即送至曲柄压力机上进行模锻，可以一火锻成。在大量生产时，也可以采用周期性轧坯。

3. 在锤上模锻过程中，毛坯表面的氧化皮比较容易被打落、吹走。用曲柄压力机模锻氧化皮不易去掉，尤其是毛坯上下表面的氧化皮容易嵌入锻件。因此，最好使用电加热及其它少、无氧化的加热方法，或者在热毛坯送进压力机之前用有效的方法把氧化皮清除掉。

4. 曲柄压力机的导向精度较高，工作方式和板料冲压的冲床相近，采用带有导柱的组合模，能锻出精度较高的锻件。各个工步的模膛分别雕在单个的、更换方便的镶块上，然后紧固在通用模架（夹持器）上。采用带镶块的模具，可节约大量模具钢。有时切边模也可以装在这付模架上，有利于提高切边质量和进行自动化生产。

为了便于进行工艺设计，可将锻件分为两大类，见表 6-1。

2 锻件图的制订

锻件图制订的规则和过程与锤上模锻（见第五篇第二章）相同，即决定分模面、余量公差、模锻斜度和圆角半径，最后按成品零件绘制锻件图，其差别主要反映在这些参数数值的大小上。

一、锻件分模面的选定

选择锻件分模面的原则与锤上模锻相似，但由于曲柄压力机

装有顶出机构，使锻件有可能方便地从较深的模腔内取出，因此可按成形的要求较灵活地选择分模面。

二、锻件机械加工余量和公差

表 6-2 为某厂使用的锻件机械加工余量、公差和技术条件标准，可供参考。

表 6-2 锻件机械加工余量、公差和技术条件（毫米）

设备吨位 (吨)	锻件余量		锻件公差		技术条件		
	高度	水平	高度	水平	错模	残留毛刺	表面缺陷深度
≤1000	1~1.5	1~1.5	+0.8~1.0 -0.5	锻件自由公差	≥0.8	≥0.6	≥0.8
1600~2000	1.5~2.0	1.5~2.0	+1.0~1.5 -0.5		≥1.0	≥0.8	≥1.0
2500~3150	2~2.5	2~2.5	+1.5~1.8 -0.5		≥1.0	≥1.0	≥1.0
4000~6300	2~2.5	2~3	+1.5~2.0 -0.8		≥1.2	≥1.0	≥1.2
8000~ 12000	2~3	2~3	+2.0 -1.0		≥1.5	≥1.5	≥1.5

- 注：1. 由于曲柄压力机曲柄连杆机构的间隙及压机刚性的影响，模锻件的正偏差比锤模锻件略大而负偏差略小。如锻件要求严格，可以采用负偏差设计工装。
2. 确定余量、公差及技术条件时，应考虑到加热方式。采用电加热时，由于加热温度较稳定、氧化皮少，锻件精度可以提高。
3. 对于长度大于500毫米的长杆类锻件，每加长200毫米，其水平余量应加大0.5毫米。
4. 零件加工光洁度在▽7以上的部位，余量应加大0.25~0.5毫米。
5. 锻件自由公差参看第五篇第5-120页表5-34。

三、模锻斜度

压力机上模锻件的模锻斜度一般可比锤上模锻件小一级。外壁斜度为 $3^{\circ} \sim 7^{\circ}$ ，多数用 5° ；内壁斜度比外壁大一级至二级，为 $7^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。冲孔时，孔内壁斜度还应根据孔的相对深度而定。当孔深大于0.75倍孔径（ $h > 0.75d$ ）时，应该采用两级模锻斜度见图 6-1 及表 6-3）。

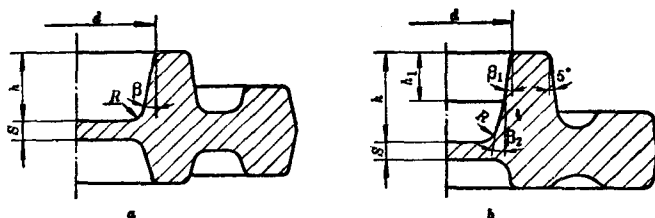


图6-1 孔壁模锻斜度
a——级斜度； b——两级斜度

表6-3 孔壁模锻斜度

相 对 孔 深	$h \leq 0.5d$	$h \leq 0.75d$	$h > 0.75d$
β (度)	10	12	—
β_1 (度)	—	—	$\leq 7 \sim 10$
β_2 (度)	—	—	10~15
h_1 (毫米)	—	—	$(0.4 \sim 0.6) h$
R (毫米)	6~8	6~8	6~8

四、锻件圆角半径

参看锤上模锻（第五篇第5-120页）。未注明圆角半径取2~3毫米。

五、冲孔连皮

压力机上模锻件中直径小于26毫米的孔一般不予冲出。冲孔时，连皮厚度通常取 $S = 6 \sim 8$ 毫米。

3 设备吨位的选择

曲柄压力机吨位的选择，根据锻件的锻造压力 P 确定。

锻造压力 P 可按下列经验公式进行计算：

$$P = (6.4 \sim 7.3)KF \text{ (吨)}$$

式中 F ——包括飞边桥部在内的锻件投影面积（厘米²）；

K ——钢种系数，按第五篇第5-127页表5-36选取。

对于外形简单、圆角较大、筋较厚而低,以及壁较厚的锻件,取小值;对于形状复杂、圆角较小、筋薄而高,以及小型锻件,取大值。

当 $K = 1$ (如锻件为 45 号钢时), 按上式计算的结果见表 6-4。

表6-4 曲柄压力机吨位选择

锻件投影面积 (包括飞边桥部) F (厘米 ²)	盘形锻件允许锻造的直径 (毫米)		推荐的合理锻造 直 径 (毫米)	设备吨位 (吨)
	包括飞边桥部	锻件本体		
137~159	132~143	112~123	100~110	1000
219~250	167~178	147~158	125~138	1600
246~281	177~189	157~169	138~149	1800
274~312	187~199	163~175	147~158	2000
342~390	208~223	184~199	163~175	2500
430~490	234~250	210~226	182~199	3150
547~625	264~282	240~258	212~228	4000
860~985	331~354	301~324	276~292	6300
1095~1250	374~399	344~369	308~326	8000
1570~1820	422~465	392~435	369~390	12000

注: 根据生产实践经验, 使用吨位最好不大于设备公称吨位的 80%, 这样有利于防止闷车, 提高锻件质量, 减少设备维修。因此, 表中列进了“推荐的合理锻造直径”。

生产实践表明, 闷车常常在预锻工步中发生, 在选用曲柄压力机吨位及设计模具时应予注意。

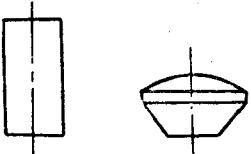
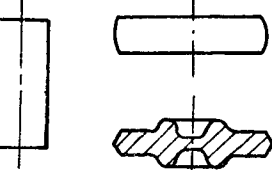
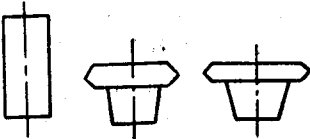
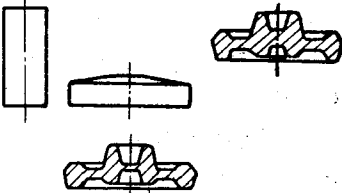
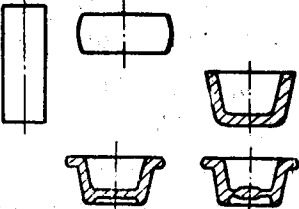
4 工 步 选 择

一、第 I 类锻件的工步选择

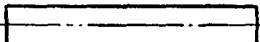
这类锻件常用工步为: 镦粗、挤压、预锻、终锻。选择工步的原则和锤上模锻有较大的区别, 主要原因是预锻工步用得得多, 而且重要; 其次, 采用挤压工步很方便。

此类锻件可按外形复杂程度来选择工步。(参见表 6-5)。

表6-5 第 I 类锻件的工步选择

锻 件 特 点	工 步	示 例
锻件形状简单, 其轮廓线光滑过渡, 加热质量高, 无或少氧化皮, 毛坯和锻件外尺寸相差不大	直接终锻	
锻件形状简单, 其轮廓线光滑过渡, 但毛坯的直径远比锻件外尺寸小	锻粗—终锻	
锻件形状比较复杂, 但毛坯与锻件小端尺寸相差不多 ($<0.5 \sim 2$ 毫米), 加热质量较好	预锻—终锻	
锻件形状复杂, 毛坯与锻件的外廓尺寸相差大	锻粗—预 锻—终锻	
锻件形状复杂, 具有深孔腔	锻粗—一次预 锻(挤压)—二次预 锻—终锻	

(续)

锻件特点	工步	示 例
锻件外形较小 (如 $\phi < 80$ 毫米的小齿轮, 小十字轴等)	一模多件, 按长杆类选择工步	
		
		
		

二、第Ⅱ类锻件的工步选择

第Ⅱ类锻件的工步选择, 原则上和锤上模锻相同:

1. 对断面变化小的锻件 (见表 6-1, Ⅱ-1 组), 视其形状复杂程度可直接终锻或预锻。当此锻件宽度与毛坯直径之比大于 1.6~2 时应增加压扁工步。

2. 对具有一定断面变化的锻件 (见表 6-1, Ⅱ-2 组), 当断面变化不超过 10~15% 时, 可采用压肩—终锻或压肩—预锻—终锻。在曲柄压力机上也可以进行变形量不大的拔长和滚压工步, 但是生产率较低。

3. 对断面变化较大的锻件 (见表 6-1, Ⅱ-3 组), 一般需采用其他设备制坯 (辊锻、平锻、电锻等) 或用成形毛坯 (周期性轧坯和异形断面型钢)。

4. 对弯曲轴类锻件 (见表 6-1, Ⅱ-4 组), 是否需要采用弯曲工步与锤上模锻相同, 而其他工步的选择可按上述原则进行。

5. 在曲柄压力机上模锻重量和尺寸较小的锻件时, 可以采用

多件模锻（图 6-2），以便提高生产率、减少工步及简化制坯模膛。

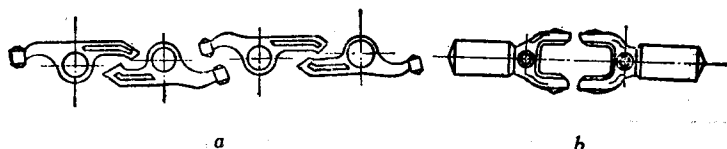


图6-2 多件模锻示例

a —交错排列法， b —一字排列法

5 工步设计与坯料尺寸确定

曲柄压力机用锻模的制坯模膛设计过程和方法，与锤锻模基本相同。由于压力机模锻的预锻工步用得较多，预锻模膛和终锻模膛的差别往往又较大，所以除了设计热锻件图外，还要设计各个“热预锻件图”，通常称为“工步图”，用于制造各个模膛。这个过程称为工步设计，相当于锤锻模的模膛设计。现以第 I 类锻件为例，概述工步设计的原则和过程。

一、终锻工步设计

即设计热锻件图和选择飞边槽，其方法和锤锻模相同。飞边槽的形式也和锤上锻模相近，但没有承击面，一般情况下仓部开通（图 6-3）。当仓部宽度过大时，为了减小机械加工量，可做成图 6-3 中假想线所示的形状。图 6-3 型式 I 使用得比较普遍，型

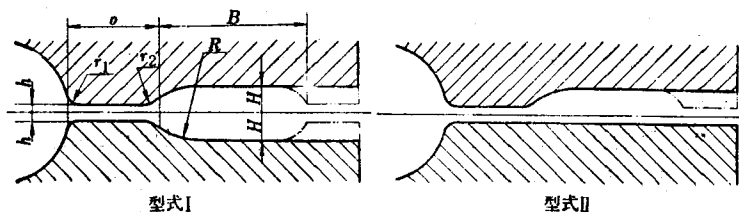


图6-3 锻模的飞边槽型式