

[美] H. W. 扬基 著
张力真 李天基 张程勇等 译

张力真 主译

机械 制造 方法

下册

高等教育出版社

机 械 制 造 方 法

下 册

H. W. 杨基 著

张力真 李天基 张程勇等 译

张力真 主译

高等教育出版社

内 容 简 介

本书系根据[美] Herbert W. Yankee, *Manufacturing Processes* (Prentice-Hall, Inc., 1979) 译出。中译本分上、下册出版。主要阐述机械制造加工产品设计中的工艺问题。全书对约140余种工艺方法作了描述。上册主要内容为铸造及金属切削加工；下册主要内容为锻冲加工、粉末冶金、热处理工艺、光整加工、表面处理和塑料及其成型等数十种工艺方法。书中着重讨论了各种工艺方法的工作原理、工艺特点及其应用范围、工艺选择、产品设计原则和主要优缺点。对有关设备及其选用也作了简要介绍。每章末均附有一定数量的复习题和结合实际情况的作业题。书末附有本书论及的金属材料的牌号(或商标名)与国内牌号(或材料类别)的对照资料。

本书可供金属工艺学教师和机械类学生参考,也可供在机械制造厂或设计单位从事工艺和产品设计的工程技术人员参考。

下册由张力真、李天基、张程勇、徐允长、魏汝梅译,由张力真主译,徐允长、魏汝梅校阅。

责任编辑 李肇荣

机械制造方法

下 册

H W 杨基 著

张力真 李天基 张程勇等 译

张力真 主译

*

高等教育出版社 出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 16 字数 360 000

1988年11月第1版 1988年11月第1次印刷

印数00 001—2 530

ISBN 7-04-001987-6/TH.44

定价 5.70 元



不能告诉大人的秘密(第一辑)

●心理游戏

——让学校生活变得生动有趣

●找错高手

——没有什么能蒙你

●脑力激荡

——挑战你的智商

●灵感小发明

——我们都是天才的发明家

●看图辨真假

——练就一双火眼金睛

目 录

28 锻造	1	粉末锻造的应用	26
工艺说明	1	工艺选择原则	27
锻造温度	1	产品设计原则	28
组织	1	复习题	28
开式与闭式锻模	1	参考文献	28
锻造工艺	2	30 粉末冶金	30
一般锻造工艺	3	工艺说明	30
手工锻	3	金属粉末的制取	30
锤锻	3	混合或合批	31
落锻	3	压实	32
压力机锻	4	烧结	34
对击锻	5	熔浸	35
墩锻	7	浸渍	35
辊锻	8	精整	36
特种锻造工艺	8	整形	36
环形件的轧制	8	粉末冶金的应用	37
摆动辗压	10	工艺选择原则	38
无斜度锻	11	某些局限性	39
高能高速锻	12	产品设计原则	40
芯轴锻	12	复习题	44
其它锻造技术	14	作业题	44
楔块轧制	14	参考文献	46
分段锻造	15	31 冲压	47
锻造的应用	15	工艺说明	47
工艺选择原则	19	压力机	47
锻造优点	20	压力机选择原则	47
产品设计原则	20	润滑	50
复习题	23	冲压的应用	50
参考文献	24	工艺选择原则	51
29 粉末锻造	25	某些局限性	53
工艺说明	25	产品设计原则	55

冲模分类.....	55	冷镦.....	104
复习题.....	57	冷冲挤.....	107
作业题.....	58	螺纹滚压.....	110
参考文献.....	58	复习题.....	114
32 分离——板材、薄板与条料.....	59	作业题.....	115
工艺说明.....	59	参考文献.....	115
落料.....	59	35 一般拉延及有关的工艺.....	117
冲孔.....	65	工艺说明.....	117
修整.....	67	有关的工艺.....	118
产品设计原则.....	68	再拉延.....	118
复习题.....	74	起伏.....	118
作业题.....	75	精整.....	118
参考文献.....	75	凸肚.....	118
33 一般弯曲与成形加工.....	76	胀形.....	119
工艺说明.....	76	缩径.....	120
弯曲.....	76	收口.....	120
成形.....	76	精压.....	120
加工设备.....	77	拉延零件的修整.....	120
冲压加工设备.....	78	拉延操作采用的材料.....	121
压弯成形设备.....	78	产品设计原则.....	121
滚弯成形.....	80	复习题.....	123
成形辊子成形.....	80	作业题.....	123
三辊成形.....	82	参考文献.....	124
工艺术语与设计原则.....	84	36 特种拉延加工.....	125
复习题.....	86	工艺说明.....	125
作业题.....	87	张拉拉延成形.....	125
参考文献.....	87	径向拉延成形.....	126
34 特种冷成形加工.....	88	马氏成形.....	127
工艺说明.....	88	液压成形.....	128
韧性模成形.....	88	旋压.....	130
格林加工成形.....	90	复习题.....	135
锤击成形.....	90	参考文献.....	135
磁脉冲成形.....	91	37 热处理.....	136
爆炸成形.....	94	热处理目的.....	136
电铸.....	97	铁金属.....	137
型锻.....	100	非铁金属.....	137

TTT曲线——热处理工作者操作图.....	137	抛光.....	172
去除应力、软化和晶粒细化.....	138	工艺方法.....	172
退火.....	138	抛光机.....	172
正火.....	139	抛光的应用.....	173
去除应力.....	139	局限性.....	173
硬化.....	139	擦光.....	175
冷作加工.....	139	工艺方法.....	175
沉淀硬化.....	139	擦光的应用.....	176
淬火和回火.....	140	复习题.....	176
表面硬化.....	142	参考文献.....	176
热处理工件的设计.....	145	40 表面清净加工.....	178
复习题.....	146	机械方法清净.....	178
作业题.....	146	冲击法.....	178
参考文献.....	147	超声波法.....	179
38 表面光洁度与精整加工.....	148	动力刷.....	181
表面光洁度.....	148	化学方法清净.....	183
控制.....	148	预清净.....	183
度量.....	149	清净.....	184
检测.....	152	复习题.....	184
珩磨.....	154	参考文献.....	185
研磨.....	157	41 保护层与涂(镀)层.....	186
超精加工.....	160	预涂金属.....	186
复习题.....	162	有机保护层.....	186
参考文献.....	163	油脂漆.....	187
39 表面光饰加工.....	164	醇酸树脂漆.....	187
大量光饰.....	164	环氧树脂漆.....	187
滚筒抛光.....	164	有机硅漆.....	187
振动抛光.....	166	清漆与磁漆.....	187
芯轴抛光.....	168	聚酯.....	188
工艺选择原则.....	169	硝基漆.....	188
砂带抛光.....	170	丙烯酸.....	188
工艺方法.....	170	纤维素.....	188
机床.....	170	乙烯基.....	189
砂带抛光的应用.....	170	聚氨基甲酸酯.....	189
设计原则.....	170	尼龙.....	189
局限性.....	171	聚丙烯.....	189

氟塑料	189
酚醛漆	189
无机保护层	189
搪瓷	190
陶瓷涂层	190
金属镀层	191
电镀	191
热浸镀	192
浸镀	193
扩散镀层	193
气相沉积覆层	193
金属喷涂	194
转化膜	195
铬酸盐膜	196
磷酸盐膜	196
氧化膜	196
阳极膜	197
复习题	197
参考文献	198
42 焊接	200
焊接方法的选择	200
电弧焊	201
药皮焊条电弧焊	201
药芯焊丝电弧焊	202
熔化极气体保护焊	203
钨极惰性气体保护焊	203
埋弧焊	204
氧-乙炔气焊	205
电阻焊	206
点焊	206
凸焊	206
缝焊	209
闪光对焊	210
冲击焊	211
其它焊接方法	212
等离子弧焊	212

电子束焊	212
激光焊	214
扩散焊	216
电渣焊	217
铝热剂焊	218
摩擦焊	218
钎焊	219
复习题	220
参考文献	221
43 塑料及其加工	223
材料	223
热塑性塑料	224
热固性塑料	225
加工工艺	227
注射成型	227
压制成型	228
传递成型	229
挤出成型	229
吹塑成型	231
回转成型	231
热成型	232
层压制件	233
塑料冲压	233
塑料的机械加工	234
热的影响	234
表面光洁度	235
复习题	235
参考文献	235
附录	237
常用公式	237
铣削加工	237
车削加工	239
拉削加工	240
粉末冶金	241
冲压加工	241
型锻	243

拉延成形.....	243	材料类别) 对照表.....	245
美中部分金属材料牌号 (商标名,			

锻 造

通过锻锤、压力机、轧机或锻压机施加压力，使金属或合金产生塑性变形，成为一定形状的加工称为锻造。

锻造是最古老的金属加工工艺。从历史上可追溯到，先人用开式火焰炉加热，把他们的金属工具、器具与武器等锻打成粗制的外形。现在应用的设备是打铁匠用的手锤与砧座发展的结果。在过去的十年中，锻造技术发生了巨大的变化。

工 艺 说 明

锻造温度

尽管某些金属在室温下能够锻造，但大多数金属更适于用加热来进行锻造。在高温下锻造，金属的塑性得到改善，锻造所需的力可以减小。锻造黑色金属的温度是 $1700—2500^{\circ}\text{F}$ ($927—1372^{\circ}\text{C}$)，紫铜、黄铜及青铜是 $1100—1700^{\circ}\text{F}$ ($594—927^{\circ}\text{C}$)，铝及镁合金是 $650—900^{\circ}\text{F}$ ($344—483^{\circ}\text{C}$)。每一种具体金属成分具有它自己的塑性范围。一些合金具有较宽的锻造温度范围，而另一些的范围是很窄的。没有塑性范围的合金被认为无可锻性。

在本章中所叙述的是一般锻造加工，仅适用于热锻造方法。某些特殊锻造加工在以后的冷成形技术章节中叙述。

组织

锻件是以纤维组织作为特征，这种最有利的状态一般是在热加工的作用下获得的。纤维组织仅在锻造金属中产生。当金属锻造时，形成不断裂且绕零件轮廓的特殊流线组织，可大大地提高沿流线方向的强度与韧性。优良的锻件设计的主要目的是控制金属组织的流动，以使零件在需要的部位得到最大的强度与断裂抗力，从而保证零件具有高的强度-重量比。图28-1所示为经浸蚀处理的锻件显露出组织流线的横截面。

锻锤锻造与压力机锻造是锻造的二种主要方法，它们仅是在采用的加压速度上有所不同。在特殊情况下，根据设备的类型，这二种方法可以互换。锤锻是由自由落下的锤头反复进行锻打，致使金属改变形状；压力机锻是通过缓慢地加压动作使金属坯料的形状改变。

开式与闭式锻模

锻件可以在开式或闭式锻模中制造。开式模锻是对金属坯料的不同部位逐步施加压力的方法。坯料被放在二个光滑平面之间或V型或半圆型模槽的锻模之间，通过锻锤或压力机的锻造，使之成为简单形状的锻件。由闭式锻模锻造加工的零件是通过作用力迫使金属流入到具有一

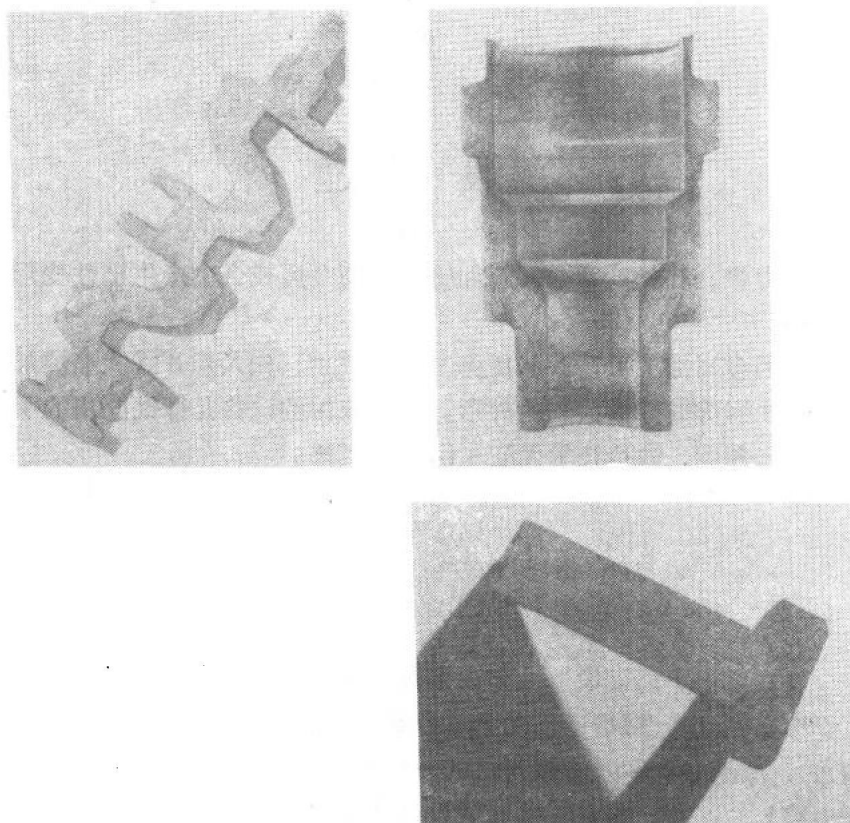


图28 1 沿零件轮廓在热锻造中形成的组织流线 (Courtesy, National Machinery Co.)

定形状的模槽中而制成的。闭式模锻能制造较复杂与精确的零件，提高生产率。

锻造工艺

金属坯料转变成一定形状的锻件，是通过多次的锻造加工来实现的。对于已知工件的生产，现代的锻造技术常常是采用二种或二种以上的方法。例如：通过用普通锻锤预制成形（使金属坯料的几何形状大致近似最后形状），在锻造压力机上完成最后的锻造形状。在一些锻造车间中，通常是在蒸汽锻锤上或锻造辊子之间进行预制成形，然后在锻模中经过一次或多次的弯曲工序制成外形，最后在锻造压力机中制成零件。有些零件开始是用落锻制成坯料，然后通过压力机锻造来完成。这样改进的多次锻造工序，常常会使锻造的能力大大提高。

基本的锻造工艺一般有如下一些：手工锻，锤锻，落锻，压力机锻，墩锻及辊锻。为了简便，把当前发展起来的以及其他一些传统锻造工艺的变种，都被归类为特种锻造工艺。这些技术包括有环形件轧制，摆动辗压，无斜度锻造，高能高速锻造，芯轴锻造，楔块轧制与分段锻造。在目前的技术文献中，表示锻造中最近发展所采用的一些术语是相当混乱不清的。可以预料，当每一种加工工艺达到广泛应用的水平时，最终将会产生统一的术语。

一般锻造工艺

手工锻

手工锻（或平面模锻）是应用手锤多次锤击，把金属的加热部分成形。它是采用平面模具或砧子进行的。在锻造加工时，由于用人工转向并调整锻件在砧子平面上的部位，以获得所需的长度与横截面，故金属的每一部分所需的形状为锻工所掌握。锻件的质量完全决定于锻工的手艺与技巧。手工锻不按产品加工来分类。它仅能锻造小量的较简单形状的锻件。可以认为这是一种古老而通用的锻造方法。它是在若干年来存在着而在目前还继续得到应用的工艺。

锤锻

锤锻不同于手工锻，它是由蒸汽锤或空气锤对加热的坯料进行锤击成形（见图28-2）。由于高的压力施加在工件上，可以锻造较大与较重的工件。锤锻件具有较均匀的组织。机械操作装置被用于手工不能夹持与搬动的笨重工件。锤头（上模）与砧子（下模）的水平表面是二个平面。锻工使用具有安全长手柄的特殊工具。这些特殊工具有冲孔用的各种冲头与特殊形状的模具；切口或截断操作用的镊子及锻造特殊形状时夹持工件的装置。与手工锻类似，锤锻所生产的工作局限

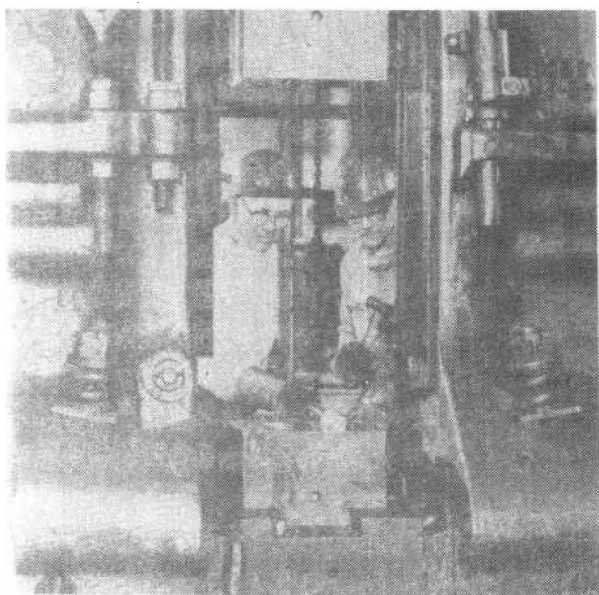


图28-2 在锻模中锤锻高强度零件 (Courtesy, Forging Industry Association)

于小批量的较简单的形状。除特殊的预成形外，这种加工一般不按产品-锻造方法进行分类。

落锻

落锻是对加热的棒料或坯料进行锤击，使金属流入到组合的锻模模槽中制成零件的加工工艺。模具是做成成套的或两个半模，一半装在锤头上，另一半固定在砧座上。这种方法是不能在一次的锤击下制成零件。落锻件的最后形状是由一个模槽压制后转到另一个模槽上压制，经过一系列的工步顺序制成的。图28-3表示具有三个连续的不同形状的模槽的典型闭式成套模具。当坯料在两锤击之间从一个模槽转移到另一个模槽过程中，金属在每个模槽中被压缩逐渐地流动与转变成工件的形状。有些模具是由多组模槽组成，在一个模锻中可以制成二件、三件或更多件，以提高生产率。

落锻采用与锤锻所采用的相同的蒸汽锤。典型的蒸汽锤是高速地工作，每分钟锤击 300

次以上，锤击能力为500—50 000磅（225—22 500 公斤）。通常利用蒸汽压力来提升锤头并控制对工件的打击力。图28-4为动力落锤。动力落锤是蒸汽锤的变种。这种机器在当用来提升锤头的蒸汽被瞬时释放时，锤头在重力作用下自由落下。

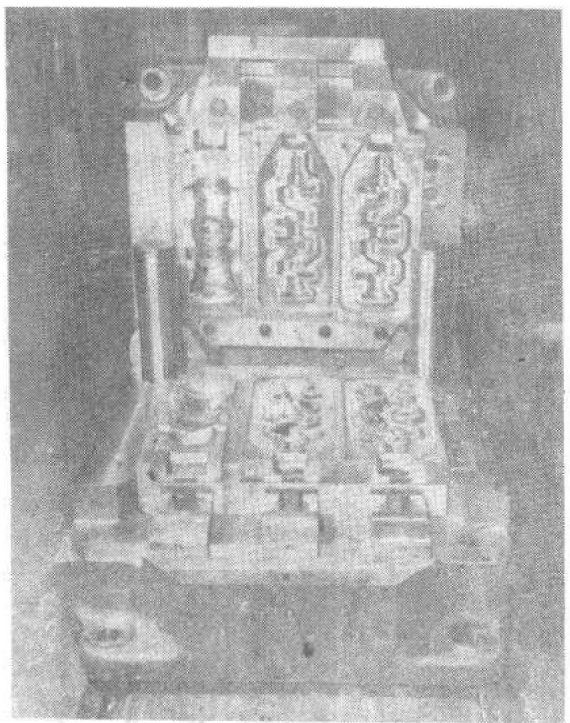


图28-3 成套模具。注意图中导柱，它能使模具组成一体，这样有助于制造出铅移很小的锻件 (Courtesy, National Machinery Co.)

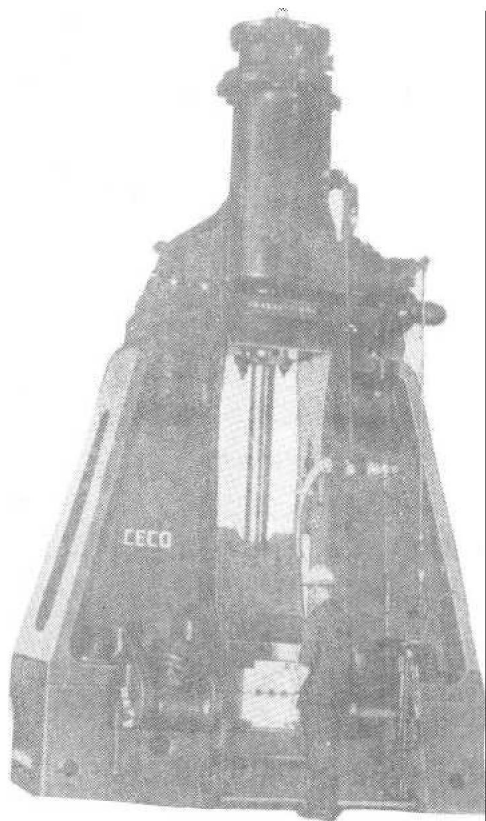


图28-4 采用空气或蒸汽作为动力，通过差动汽门装置来控制的动力落锤 (Courtesy, Chambersburg Engineering Company)

夹板锤是另一种形式的落锤。它是采用硬木板与钢滚轮组成的独特结构。当它们结合在一起时，把利用重力落下的锤头向上提升。与上述的开式模锻不同，生产锻件的数量，在特殊情况下从仅是几件，以至到几百万件。落锻件的尺寸与形状几乎不受限制。

根据尺寸与复杂程度，每小时可锻造10—500件零件。重1—5磅（0.45—2.3公斤）的零件可以得到的偏差为 ± 0.006 — 0.030 英寸（ 0.15 — 0.76 毫米），重100磅（45公斤）左右的零件一般可以得到的偏差为 ± 0.03 — 0.09 英寸（ 0.76 — 2.29 毫米）。

压力机锻

压力机锻是一种重要的生产方法，金属坯料在一个或几个模槽中承受缓慢的挤压作用，通过塑性变形制成零件。它与上述的锤锻与落锻不同，锻压时没有冲击作用。操作者对压锻件的质量影响很小，它的主要工作是对工件的加载与卸载。工件在闭式锻模中一次压制成形。从压制开始到结束，随着抗压强度增加，增大到最大压力，使得整个锻件锻透、组织流线改

善。成品锻件是用人工从模槽中取出的。

大多数压锻件是先用其他机器（例如辊锻、墩锻、弯曲或专用机器锻造）进行预成形。压力机仅用于进行粗锻与终锻的操作。在预成形中，目前倾向于采用使工件成本降低的机器切断、挤压或辊锻成形。

在大型立式压力机上，可以使机械或液压操纵进行压锻。图28-5所示的为世界上最大的机械压力机。机械压力机每分钟可以进行25—100次以上的动作，产生的压锻能力约为100—12 000美吨（90—11 000吨）。这种压力机一般能锻造重量30磅（13.5公斤）以下的有色金属件。液压机一般具有更大的压锻能力，可达到50 000美吨（45 000吨）。

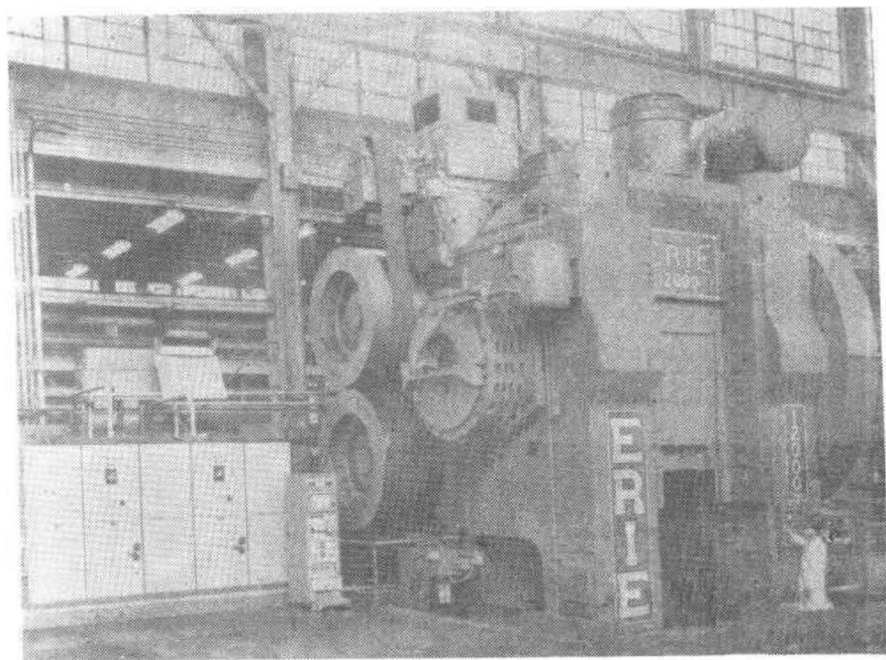


图28-5 重2750 000 磅的12 000美吨机械锻造压力机 (Courtesy, Erie Foundry Company)

压力机锻的操作比落锻更为平稳。由于锻造斜度小，可以制造一些高精度的锻件。压锻件的组织性能一般说来至少与落锻件相同，在很多方面还优于落锻件。锻造压力机也可用于辅助操作，先由其他锻造方法制成的零件，为了校正尺寸与改善表面质量，进行锤击整形。在各个操作中，金属流动很小，故不产生飞边（见35章）。专用的精整压力机可以用来去掉或精整锻件上的多余金属。

对击锻

对击锻也称自动闭式模锻。其实质是把预先切断的加热坯料（大致近似最终形状）机械定位与夹持在安装于水平方向上的气动缸或滑块相连接的两个相对锻模之间，通过程序控制器，作相对运动的两个半模对被夹持的坯料同时从两侧锤击，使金属坯料改变形状。这种操作没有明显的冲击与振动。当坯料由两侧均等地变形时，它就吸收了能量。如图28-6中所示

的这种工艺方法完全可以实现机械化，它是一种简单、自动化的单击锻造循环过程。

对击锻造生产的锻件类型一般相当于落锤上生产的锻件。它是一种较新的技术改进。由

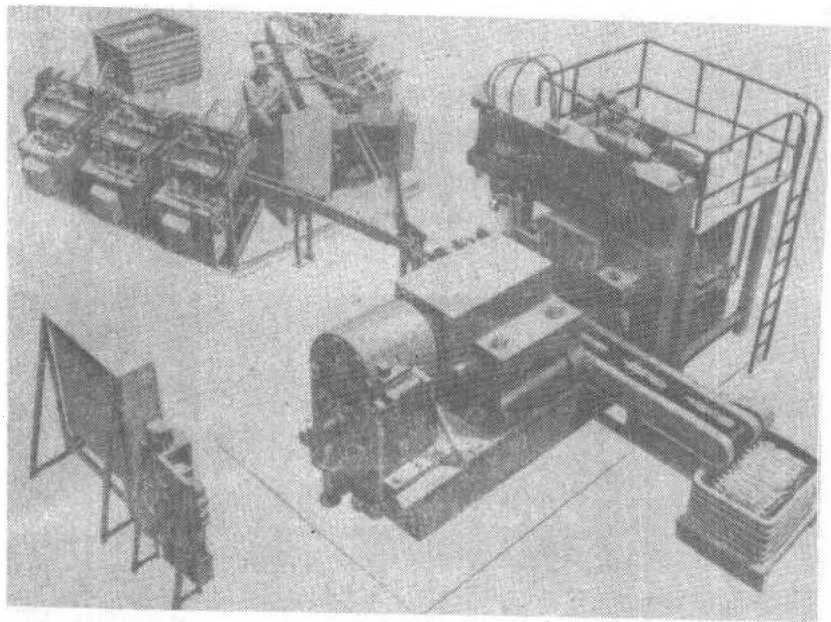


图28-6 由加热、送料、锻造与控制组成一个连续操作的全自动化的对击锻机 (Courtesy, Chambersburg Engineering Company)

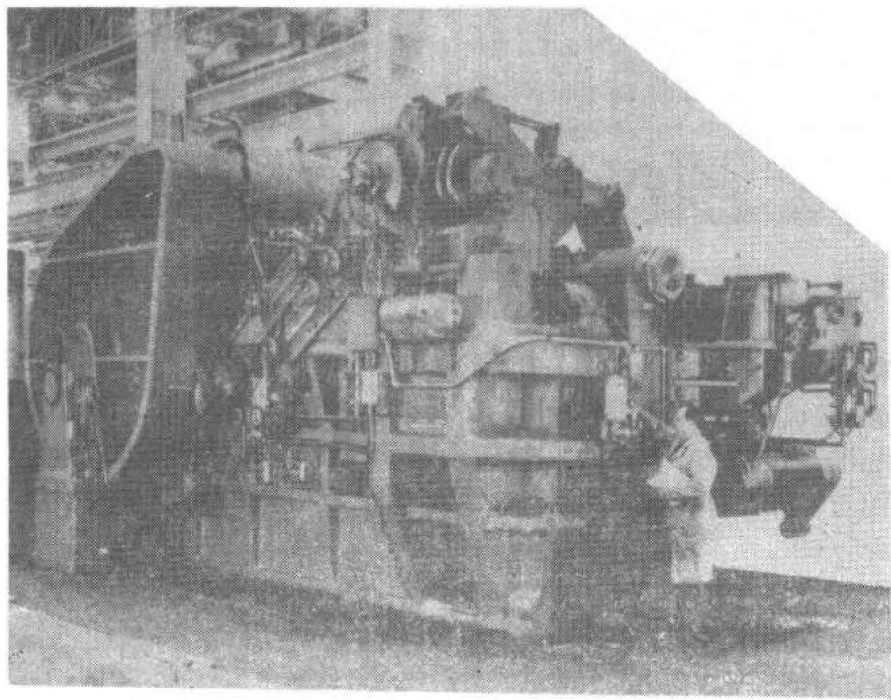


图28 7 具有自动化操纵机构的锻锻机锻汽车后桥半轴法兰 (Courtesy, Ajax Manufacturing Company)

于它仅在一次行程中在每个锻模中压制零件，可以认为是一种精密压锻。另一方面，它是利用猛烈的锤击使发生塑性变形得到最终的锻造的，故也被认为是落锻的分支。与大多数的其他闭式模锻加工一样，分布在锻件分模面四周的由多余金属挤成薄片的飞边，可以在以后加工中去掉。

与压力机锻或落锻的锻件比较，对击锻造的锻件在组织结构与物理性能上有明显的提高。一般可以获得很小的零件尺寸误差，可使机械加工时间减少，成本降低。这种加工适合于大量生产。零件的加工从原材料开始、切断坯料与最后取出锻件，完全可以自动化。

锻 锻

锻锻件是在类似图28-7所示的双动机械压力机上制造的,该种压力机是在水平面内动作

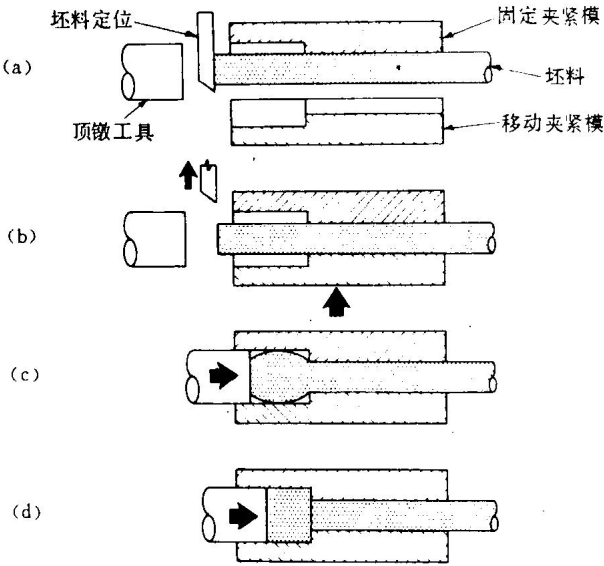


图28 8 锻锻机上典型的锻锻过程
(Courtesy, Forging Industry Association)

的。锻锻是利用冲头对成形模内的坯料撞击来实现的。早期形式的锻锻机称做“锻头机”，它最先是冷锻钉头、铆钉及小的螺栓发展起来的，到今日已成为生产这种产品的主要方法。在第34章中将讨论此种冷锻技术。现代的锻锻是把工件的加热部分金属挤入到模槽中，制成所需的形状。当某些零件要求在中部或仅在一端积聚金属体积时，常常采用这种方法。这类零件有齿轮坯、阀杆、轴、联轴器等。

图28-8所示的操作过程包括：把加热的金属棒料放在固定模内的操作；移动夹紧模紧靠固

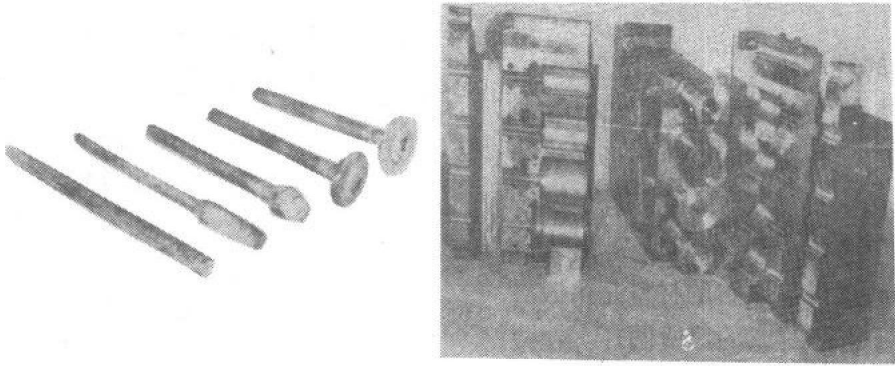


图28-9 汽车后桥半轴的锻锻过程(Courtesy, Ajax Manufacturing Company)

定模把坯料牢牢地夹紧；装有冲头的顶锻模向着工件运动及加压；坯料变形或镦锻，一直到与凹模形状相一致。最后顶锻模卸载，返回原处。根据工件形状，模槽或全部在夹紧模内，或全部在冲头内，或由两个分担制出工件。最后一次工序是冲孔或剪切。图28-9中所示的冲头与阴模是用于制造汽车后桥半轴（在左边）。镦锻通常不需要修整工序。镦锻机能加工的棒料直径范围从1英寸（6.35毫米），最大到10英寸（254毫米）。

辊锻

辊锻是使短棒料的横截面减小的一种加工。它的产品有来复线步枪、杠杆、轴及弹簧片等，或为了以后加工制成简单的预成形形状。辊锻是通过改变横截面的形状或减小直径或变薄厚度而增加长度的材料变形。图28-10所示为一种辊锻工艺。采用了一对装有活动模槽的半圆锻辊，模槽为辊子圆周表面的一部分（通常为二分之一）。工人用钳子夹持加热的棒料毛坯，把它送入辊锻模之间。旋转辊子把坯料咬入并挤压时，变形开始，然后又把工件轧制退回到工人面前。在第一道孔型轧制完、辊子敞开时，把棒料移到下一道孔型的另一组模槽之间。用较小的模槽顺序地进行加工，直到要求的工件形状与尺寸。辊锻能制出带斜度的或直的工件，可以得到光滑无氧化斑点的表面。辊锻模对加工坯料的逐步挤压与热加工作用，使辊锻成形零件的纤维组织得到了改善。

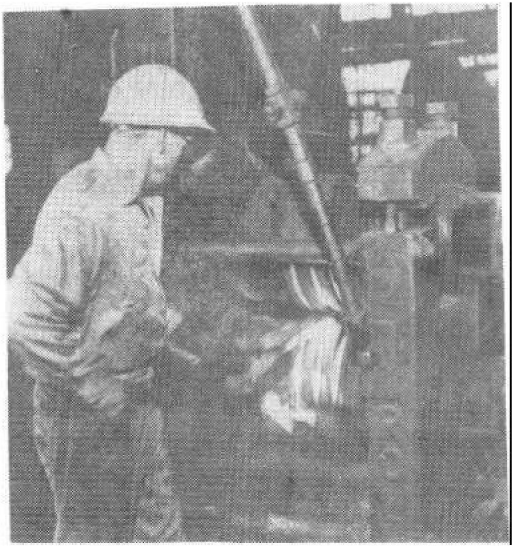


图28-10 具有三个模槽的锻辊是一种工件成形的高效工具 (Courtesy, Forging Industry Association)

特种锻造工艺

环形件的轧制

环形件的轧制是在锻造工业中得到了广泛应用的一种特种加工。环形件轧制机器基本上是一种立式“二辊高速”轧机，其中之一是驱动辊。图28-11所示为第二道的典型轧制过程。原始的材料是由锻造或其他预加工工序制成的厚壁圆环。在壁的厚度减薄，环的直径增加时，坯料被夹持在驱动辊与从动辊之间。操作时，从动

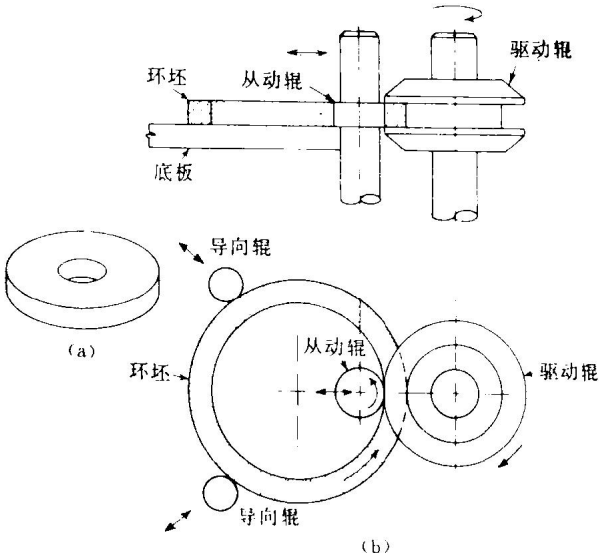


图28-11 环形件的典型轧制工艺 (Courtesy, Forging Industry Association)