

內 容 簡 介

本书是根据1959年制定的中等专业学校热模锻工艺学大纲，主要参考布留哈诺夫等著“模锻及模具设计”一书编写而成。

书中工艺部分是按锻件在各种模锻设备上操作过程的顺序叙述，并和模具结构及设计取得密切的结合，最后列举若干典型实例，使理论与实际更好结合。关于有色金属的模锻，也简略叙述。

本书适于中等专业学校锻冲专业模锻工艺学的交流讲义，并可供有关技术人员和工人参考。

模 锻 工 艺 学

太原重型机械学院
南昌航空工业专科学校 合编
太原机械学院

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $18\frac{3}{8}$ · 字数 411,000

1961年9月北京第一版·1961年9月北京第一次印刷

印数 0001—2,437 · 定价(9—4)1.70元

统一书号: 15165·837 (一版—199)

目次

前言

緒論 1

- 一、模鍛的基本概念及其特点 1
- 二、模鍛在工业生产中的地位和作用 2
- 三、模鍛車間生产过程概况 2
- 四、我国模鍛发展过程及今后发展的方向 3

第一章 模鍛用原材料及其准备 5

- 一、模鍛用原材料的种类、规格及其用途 5
- 二、模鍛材料的应用 6
- 三、各种下料方法 8

第二章 錘上模鍛 11

- 一、鍛件图的制訂 13
 1. 确定合理的模鍛方法 13
 2. 分模位置的确定 14
 3. 余量和公差 15
 4. 模鍛斜度 16
 5. 圓角半徑 20
 6. 孔的初形与冲孔連皮 21
 7. 繪制鍛件图的規則 22
 8. 制訂鍛件图的举例 24

二、錘上模鍛的工艺过程 25

1. 錘鍛模槽及模鍛工步的分类 25
2. 錘模鍛件分类 30
3. 敞开式模模鍛工步选择与原坯料尺寸計算 32

4. 封閉式模鍛的特点 49
5. 模鍛錘吨位的确定 52

三、錘鍛模設計 54

1. 錘鍛模模槽設計 54
2. 錘鍛模的結構及其設計 69
3. 錘鍛模設計之举例 82

四、錘鍛模安装、使用及錘上模鍛輔助工作的机械化 84

1. 錘鍛模的安装及調整 84
2. 使用鍛模时的注意事項 85
3. 錘上模鍛輔助工作的机械化 86

第三章 曲軸热模鍛压床上模鍛 90

- 一、模鍛特点及鍛件分类 90
- 二、压床上模鍛工艺 92
 1. 鍛件图制訂 92

2. 毛边槽 93

3. 模鍛工步 94

4. 第Ⅰ类回轉体鍛件模鍛工步选择和坯料的計算 95

5. 第Ⅱ类回轉体鍛件模鍛工步选择和坯料的計算 97

6. 第Ⅲ类鍛件工步选择 98

7. 第Ⅳ类鍛件工步选择特点 99

8. 压床上模鍛时压力計算及压床选择 99

三、压床上模鍛的模槽設計 100

1. 終鍛模槽 100
2. 預鍛模槽 100
3. 毛坯模槽 101

四、曲軸热模鍛压床的鍛模結構 102

1. 压床上的鍛模結構 102
2. 鍛模的頂出裝置 108
3. 安模空間的規格和鍛模的固紧 110
4. 模具的閉合高度 110
5. 压床用鍛模材料 111

五、曲軸热模鍛压床上的模鍛过程

举例 112

1. 圓柱齒輪的模鍛 112
2. 薄法兰鍛件的模鍛 114
3. 連杆的模鍛 116

第四章 平鍛机上模鍛 120

一、平鍛机上模鍛实质特点和鍛件

分类 120

1. 平鍛机上模鍛概述 120
2. 鍛件分类 122

二、鍛件图的制訂 122

1. 余量和公差 123
2. 模鍛斜度和圓角半徑 123
3. 鍛件的技术条件 129
4. 鍛件图制訂举例 129

三、鍛粗規則和聚集工步計算 131

四、第一类鍛件模鍛工步的选择和

坯料尺寸的計算 136

五、第二类鍛件模鍛工步的选择和

坯料尺寸的計算 144

六、第三类鍛件的模鍛工艺 154

七、第四类鍛件的模鍛工艺	156	三、鍛件的热处理清理及檢驗	224
八、第五类鍛件的模鍛工艺	158	1. 鍛件的热处理	224
九、模鍛所需压力的計算与平鍛机 的选择	160	2. 鍛件的清理	225
十、平鍛模模槽設計	161	3. 鍛件质量的檢驗	226
1. 模槽設計的原始資料	161	第七章 模鍛的先进工艺	228
2. 聚积模槽	162	一、軋制工艺	228
3. 成形和成形冲孔模槽	164	1. 軋鍛(軋鍛)	228
4. 模槽的夹紧部分	165	2. 横向軋制	231
5. 穿孔模槽	166	3. 环形件的軋制(扩孔)	233
6. 模槽的卡細部分和穿孔部分及其鑲块	167	4. 齿輪的軋制	235
7. 模槽的扩孔和穿孔部分及其鑲块	168	二、精密模鍛	237
8. 切边模槽	169	1. 精密模鍛的意义优点和应用范围	237
9. 切断模槽	171	2. 精密模鍛工艺特点	238
十一、平鍛模的結構及使用	172	3. 精压	240
1. 凸模的型式和固定	172	4. 精密模鍛和精压实例	243
2. 凸模夹持器	173	三、液体金屬模鍛	246
3. 凹模块及模槽鑲块	174	1. 液体模鍛的实质及其优越性	247
4. 后擋板的結構	176	2. 液体模鍛过程的类型	248
5. 模槽位置及其安排	176	3. 液体模鍛工艺	248
6. 平鍛模的安装和調整	176	4. 液体模鍛用模具的构造及設計	251
7. 平鍛模的材料	177	四、挤压模鍛	253
十二、制訂工艺和設計鍛模示例	177	1. 挤压模鍛的过程特点及分类	253
1. 带粗大部分杆形鍛件(第Ⅰ类)的 模鍛示例	177	2. 具有簡單形状的粗大部分杆形鍛件 的模鍛工艺	255
2. 穿透孔鍛件(第Ⅱ类)的模鍛示例	185	3. 坯料加块模具潤滑挤压速度及应注意 事項	258
第五章 其它设备上模鍛	190	五、电热頂鍛	260
一、水压机上模鍛	190	1. 电热頂鍛的意义及其特点	260
二、摩擦压床上模鍛	195	2. 影响电热頂鍛工艺过程的因素	261
三、立式鍛造机和轉鍛造机上模鍛	199	3. 基本工艺参数的选择及其計算	262
第六章 模鍛件的鍛后处理	205	4. 电热頂鍛实例	263
一、模鍛件的切边与冲孔	205	六、联合模鍛	264
1. 冲切方式及模具类型的选择	206	1. 二合同种模鍛设备的联合模鍛	264
2. 冲切力的計算	207	2. 二合不同设备的联合模鍛	265
3. 簡單切边模的設計	208	3. 多种设备的联合模鍛	267
4. 簡單冲孔模的設計	216	4. 应用焊接的联合模鍛	268
5. 連續模和复合模設計之要点	218	5. 利用周期性断面型材或特种断面型 材的联合模鍛	269
6. 冲切模的材料	220	第八章 有色金属及其合金模鍛 的特点	271
二、鍛件的校正	220	一、应用于鍛造和模鍛的有色金属 及其合金	271
1. 鍛件的变形及校正意义	220	二、应用鍛造和模鍛的有色金属及其	
2. 鍛件校正的方法	221		
3. 校正模設計之要点	222		
4. 校正的实例	224		

合金的原坯料型式	273	七、有色金屬及其合金鍛件鍛模設計	
三、有色金屬及其合金鍛造和模鍛的		之特点	276
溫度範圍	274	第九章 模鍛工藝規程的編制	277
四、變形程度及變形速度對有色合金		一、編制工藝規程的意義及作用	277
的塑性與變形阻力的影響	275	二、工藝規程的構成形式和基本內容	277
五、鍛造和模鍛有色金屬及其合金的		三、編制模鍛工藝規程的方法	278
設備	275	四、模鍛工藝規程的實例	280
六、模鍛有色金屬及其合金的技術		參考文獻	287
規範	275		

緒 論

一、模鍛的基本概念及其特点

在現代机器制造业、仪表制造业以及各种机械零件加工的生产中，由于模鍛具有高度生产率和大量节约金屬的特点，因此模鍛件的比重不断的增加。随着我国工业飞跃的前进，模鍛在提高生产方面已起着很大的作用，因此已逐渐广泛地应用在工业生产中。

模鍛的实质就是使将金屬加热后使其具有高的塑性，然后置于鍛模的模槽內，由模鍛设备加压力，得到不可逆的变形，按照一定的技术条件获得需要形状的一种压力加工方法。

模鍛的特点除能提高生产效率和大量节约金屬外，模鍛件尚具有較高的机械性能和性質的一致性；并且模鍛能获得較高的精密度和表面光洁度，这就是現代广泛应用模鍛来加工金屬的原因。在成批和大量生产中，除采用模鍛锤平鍛机和曲軸热模鍛压床进行模鍛外，为了适应模鍛工艺的不断改进和对鍛件質量要求的提高，已逐渐应用特种鍛压设备和先进工艺对原材料进行过渡性毛坯的加工。

模鍛所以被广泛采用，还因为模鍛和自由鍛、金屬切削加工以及鑄造比較起来，模鍛还有着一系列的优点：

自由鍛造虽然在工具的通用性和消耗量方面，在經濟上是有利的；但自由鍛只适合于单件小批生产，生产效率特別低，在要求高质量和节约金屬方面，自由鍛是滿足不了的。虽然鑄造加工在提高生产率和节约材料有其优越的一面，但由于一系列的金屬内外缺陷，如鑄件会有縮孔、疏松和氣孔、以及冷热收縮不均匀等缺陷，便造成鑄件性質的不一致。模鍛沒有自由鍛件和鑄件这些缺点，还可以节约大量的金屬，減輕机器的重量，从而降低了产品的成本。

虽然切削加工是获得工件精确尺寸和高的表面光洁度的主要方法之一，但須經過粗、細、精等多道工序才能达到，同时需用較多的工时和切削机床，因而降低了生产率并使大量金屬变成切屑。例如：切削加工一根 17 公斤的曲軸，切削的损失占曲軸淨重的 185%，如用模鍛的方法来加工，則金屬的消耗就减少到 30%，加工工时縮短 6 倍左右。在曲軸模鍛压床上，可以模鍛成不需任何銑削加工 $m=6$ 、 $Z=8$ 的差动齒輪，采用两台曲軸模鍛压床模鍛，每小时产量可达 400 件，又如在制造徑向止推軸承和冷鍛滾柱时，两台模鍛压床可代替 30 台自动車床；一台冷鍛机，可代替 6 台自动車床，同样的完成生产任务。螺帽頂鍛自动机頂鍛 $M16$ 螺帽，比用四軸自动車床生产率提高 15 倍，而且精度和光洁度也高。

由于模鍛具有上述的优点，因此在机械制造业中，要求質量高并在高負荷下工作的部件：如发动机的曲軸、汽輪机叶輪飞机螺旋桨、炮筒等都用模鍛方法来制造毛坯。

模鍛的类型可根据所用设备和鍛件成形特点进行区分：

如果根据模鍛件的形状特点，可分为：

1. 錘上模鍛。
2. 曲軸模鍛壓床上模鍛。
3. 平鍛機上模鍛。
4. 其他設備上模鍛，包括摩擦壓床、模鍛水壓機、彎曲機、軋鍛機、旋轉鍛造機等。
5. 聯合模鍛。

如果按照工藝性質，着重於金屬在模槽內成形情況及特點，模鍛可分為：

1. 開式模鍛。
2. 閉式模鍛。

開式模鍛如圖 0-1 所示：由上下兩半模組成，上下模間的間隙 a 和作用力 P 垂直，其距離隨着金屬逐步充滿模槽而變小，並形成有利於金屬充滿模槽的毛邊，模鍛過程中上下模始終是敞開的。

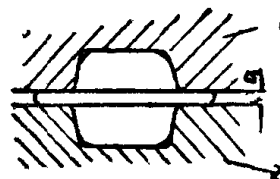


圖 0-1 開式模鍛

閉式模鍛如圖 0-2 所示：通常由凸模和凹模組成，凸凹模間的間隙 a 和作用力 P 平行，其作用是便於凸模的運行並避免摩擦，其大小不改變，當有稍多的金屬時，會在間隙中形成毛刺，模鍛過程中凸凹模始終是閉合的。

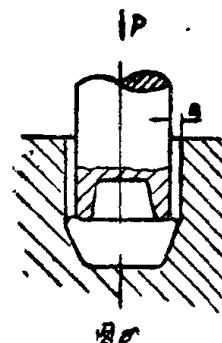


圖 0-2 閉式模鍛

閉式模鍛是三向受壓應力的良好塑性狀態，會促使金屬塑性的提高和變形阻力及每次允許變形程度的增加，使金屬變形過程中穩定而均勻，因此需使用較大能量的模鍛設備，適宜於模鍛塑性較差的金屬。開式模鍛正相反，由於塑性和變形阻力以及變形程度的降低，可以採用能量較小的模鍛設備，適宜於模鍛塑性較好的金屬。

二、模鍛在工業生產中的地位和作用

在現代工業中越來越廣泛的應用模鍛方法來生產鍛件。估計約有三分之一的鋼材須要在鍛壓車間加工，由於機器製造業不斷的發展，模鍛工藝也隨着擴大和提高，它可以加工各種形狀和重量較大的鍛件，如重達幾百公斤機車上的車輪和搖杆，以及發動機的曲軸等比較重型的鍛件。由於模鍛的精度高質量好，因此也可模鍛形狀複雜小到幾克重量的精密鍛件，如儀表和鐘表的零件，都可用模鍛的方法來製造。

在一些機械製造業中模鍛件的比重日益增加，例如：按重量來計算，飛機中占 85% 的鍛件，坦克占 70%，電機占 60~70%，汽車占 80%，機車占 60%。此外在儀器製造工業中，人民消費品的生產中，模鍛也起着很大的作用。

由於模鍛的優點以及工藝方面的改進，近年來在我國工業生產中，已節約了大量的鋼材，並增加了模鍛件的產量；而且由於模鍛件質量的提高，相應的減輕了機器的重量，提高了機器的使用價值。

三、模鍛車間生產過程概況

模鍛件的生產過程，一般包括以下的工序：

1. 切割毛坯到一定尺寸；
2. 加熱毛坯；

3. 进行模鍛;
4. 切除毛边;
5. 热校正鍛件;
6. 精压鍛件;
7. 磨去毛刺;
8. 鍛件热处理;
9. 清理氧化皮;
10. 冷校正鍛件;
11. 檢驗鍛件。

根据鍛件加工的性质，以上 11 道工序又可分为四组：

1. 制坯工序：即上面的工序 1；由模鍛車間的制坯工部准备需要的毛坯。
 2. 模鍛工序：可分为基本的和終結的二部分：基本部分即上面的第 2 和第 3 工序，用以直接改变原坯料的形状，以达到所要求形状及尺寸的鍛件。終結部分即上面的 4、5、6、10 各工序，这些工序对鍛件不会有多大的变形，只是在基本工序不能达到所要求的形状尺寸，借助于这些工序进一步来达到。
 3. 完成工序：即上面的第 7、8、9 各工序，通常在模鍛工序之后由热处理工部来完成，目的在清除模鍛后的缺陷和热处理后产生的氧化皮。
 4. 檢驗工序：即上面的第 11 工序，質量檢查部門清除不合格的鍛件或廢品。
- 应该指出：不是所有的鍛件都要經過以上的 11 道工序，除了 1、2、3 和 9、11 是所有鍛件在模鍛中所必須进行的工序外，其他工序可按如下原則决定取舍：
1. 鍛件的形状，如不易变形的鍛件不須校正工序。
 2. 鍛件質量和精度要求，如对鍛件的質量和精度要求不高时，不用精压或特殊热处理。
 3. 模鍛工艺的性质，如不产生毛边或毛刺时，不需要除毛边和磨毛刺工序。

四、我国模鍛发展过程及今后发展的方向

我国的鍛造技术已有三千多年的历史，远在战国时代，我国的劳动人民，已經会鍛造农具工具和兵器了。由于长期以来封建統治和近百年帝国主义侵略及国民党反动派的残酷掠夺摧殘下，社会生产力受到破坏，长期得不到进一步的发展。解放前我国的模鍛技术更为落后，只有极少数的軍工生产的鍛工車間，有一些夾板錘皮帶落錘等简单的模鍛設備，采用单槽的模鍛方法，工艺陈旧，生产落后，烟尘弥漫的鍛工車間和繁重的体力劳动，严重的損害着工人們的健康，而且經營管理以及一切經濟命脉，都劫在統治階級和帝国主义的手中，而工人階級受着残酷的剝削。

解放后在党和政府的领导下，随着国民經济的恢复，模鍛生产也相应地发展起来。全国許多工厂都先后建立或改进了許多模鍛車間，在一些大工厂中的模鍛車間，也装有高生产率的模鍛錘、模鍛曲軸压床、平鍛机、扩孔机等模鍛設備。在这些車間里还安装着电加热和煤气加热爐等先进加热設備，和起重运输設備以及其他一些机械化的設備，从而大大地改善了工人的劳动条件和提高了劳动生产率。特别是对风动工具、軸承环等的生产，模鍛起了更重要的作用。

1958 年全体职工在党的领导和在总路线的光辉照耀下，发挥了冲天干劲，改建、扩建和新建了一些工厂，并创造了許多各式各样的模鍛設備和机械化不少的技术革新项目，使原有設備发挥了更大的潜力。此外，在压力加工理論研究和模鍛設備及工艺的改进方面，也取得不少的成績，从而更进一步的促进了生产大跃进。

我們認為今后模鍛的发展方向是：

1. 模鍛設備向高能量、高效率、高精度的方向发展。

我国制造的模鍛設備，已大大的提高了我国模鍛的生产力。为了最大限度的使模鍛件形状和尺寸接近于成品，以减少切削加工量，除一方面采用先进工艺外，便是从根本加强設備的剛性耐久性和稳定性，以达到高精度的要求。发展快速模鍛設備是提高生产效率的重要方面，虽然近来逐渐出現对击式和旋轉式鍛造机以及多个連杆的快速压力机，克服了間隙性运动和有空行程和行程长的缺点，但这样的高速度还没有和高能量高精度相結合，这些都有待于今后努力去完成。

2. 使鍛件形状尺寸接近于成品

模鍛发展主要趋势之一，是使鍛件形状尺寸接近于成品，这是在提高生产率和节约金屬的前提下提出的。按照这一方向的具体途径是推行与发展精密模鍛、精压、軋鍛、挤压、液体金屬模鍛等，至于如何簡化工步提高加热質量和經济效果等問題，也須进一步的探討和提高。

3. 寻求新的压力加工方法

模鍛生产单从原有的工艺和設備来考虑还是不够的，应该从根本上改变压力加工的类型和方法。現代工业中已用于生产或正在研究中新的压力加工方法，有金屬爆炸成型加工、金屬半液态加工、电热頂鍛、双面脉冲式快速模鍛等。这些新的压力加工方法，虽然有些在理論上或应用中还没有达到成熟阶段，但无疑的会給金屬压力加工开辟新的領域，促使更新更完善压力加工方法和新工艺的出現，应特別加以发展和重視。

4. 进一步提高模鍛过程的机械化和自动化

模鍛过程的机械化和自动化，可以大大的提高生产率和減輕体力劳动及保証生产安全。其途径是模鍛操作和生产輔助工序的机械化，以及自动送料、自动卸料和快速更換模具等，此外更应逐步发展自动化机組和模鍛自动生产綫。

除了上述模鍛的主要发展方向外，其他尚应对电加热、快速加热、以及节约材料降低金屬消耗等方面努力。

第一章 模鍛用原材料及其准备

一、模鍛用原材料的种类、規格及其用途

模鍛用材料主要是鋼材，除航空工业外，有色金屬及其合金，用得不够广泛。

模鍛用原材料不受化学成份的限制，碳素鋼、結構鋼、以及工具鋼、合金鋼都可以用来模鍛。但和自由鍛用鋼料比較起来有些分歧：虽然自由鍛小型鍛件也用鋼材，但主要是鋼錠和鋼坯、模鍛除大型鍛件如曲軸、也采用鋼坯外，一般是广泛的采用各种軋制的鋼材。对材料的要求方面，模鍛比自由鍛要求高精度和整徑过的材料。

在模鍛車間里，圓鋼和方鋼用的最多，近来已逐步应用异形断面和周期性形状的鋼材，以达到改进工艺的目的，用于模鍛生产的原材料按材料的断面通常应用有下列几种：

1. 初軋鋼坯；
1. 軋制方鋼坯；
3. 热轧方鋼；
4. 热轧圓鋼；
5. 异形断面鋼材；
6. 周期性形状鋼材。

我国重工业部部頒标准“16-52”規定了初軋鋼坯的横断面規格，如图 1-1 中 a ，其形状是四面凹进带有圓角的方形，其长度、边长、圓角半徑、断面及长度公差、以及使用标准，在标准規格中都有詳細的規定。

軋制方鋼坯，其規格在重“17-55”規定出来，其四周帶有圓角，如图 1-1 b 所示。

上面二种鋼坯，其边长公差較大，精度較差，一般用来作为再次热轧精度較高的圓形和方形鋼材的坯料，或直接用来模鍛中等的鍛件。

热轧方鋼，其規格由重“12-55”規定，根据断面形状的不同，分为二种：带直角的和带圓角的，如图 1-1 中的 c 所示，其精度有普通的和較高的两种。

热轧圓鋼，其規定見重“11-55”的規定，其形状如图 1-1 中的 d 所示，也分普通精度和較高精度两种。

上面二种軋制方和圓的鋼材，一般除用来精軋或冷軋精度更高的軋材外，可以用在錘、压床和軋鍛机上模鍛精度要求較高的小型鍛件。

异形断面鋼材使用目的在于提高材料使用率和簡化模鍛工艺过程。主要用在水平弯曲机上。我国部頒标准中，对模鍛用异型断面鋼材还没有詳細規定，但在全苏标准中：

ГОСТ 3294-53 規定了农业机械鍛造用的异型断面鋼材規格，如图 1-1 中的 e ，在 ГОСТ 5267-50 規定了機車和車廂鍛造用异型断面鋼材規格，如图 1-1 中的 e 所示。

周期性形状的鋼材，用在鍛件某一处或数处須要聚积而它們中間断面比較小得多时，其形状如图 1-1 z 所示，其使用目的和效果与异型断面鋼材一样。一般用于曲軸模鍛压床上，如在压床上模鍛連杆，汽車前梁，以及各种杠杆最为合适。周期性形状鋼材，在苏联和我国部頒标准都没有統一規格，由于制造成本較高，如果使用数量不大时，直接由

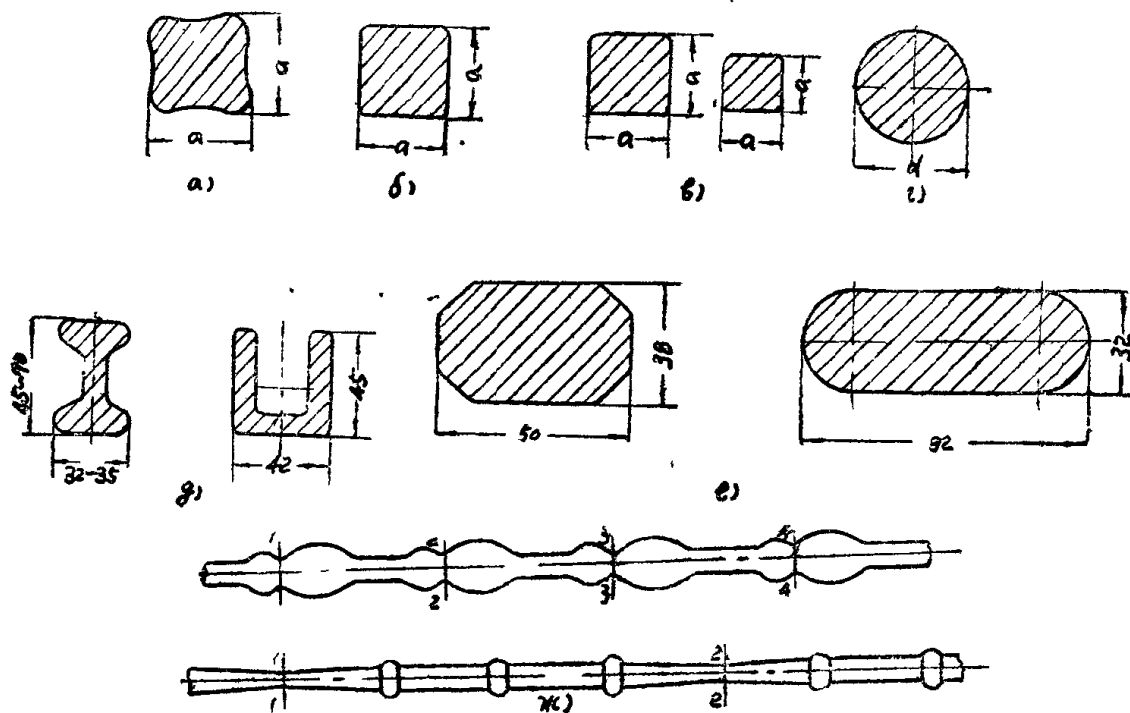


图 1-1 模锻用原材料的断面形状

使用工厂的模锻车间组织生产更为有利。

如果按原材料的直径公差来划分种类，可分成：

1. 一般精度的：直径公差范围较大，锤锻大部分采用这种精度的钢材，如曲轴、凸轮轴、齿轮锻件等用的钢材。
2. 高级精度：直径公差范围较小、精度较高，适用于平锻机和压床上的模锻。因为精度高的材料，才能保证锻粗时杆部容易夹紧和锻粗部分体积准确，如汽阀模锻的钢材。
3. 冷拔过的：直径公差最严格，主要用于平锻机和摩擦压床上模锻，其所以要求这样高精度的钢材，除前述的便于锻粗时夹紧和控制体积外，因为，往往不锻粗部分的杆部不进行加工时或直接在螺栓杆部分滚出螺纹时，需要严格的直径公差材料。

二、模锻原材料的应用

在使用原材料的时候，在经济上、工艺上应该考虑下列一些问题：

1. 经济效果方面：

轧制钢材在长度，断面形状和化学成份都有一定的标准，如果对所需材料要求改变标准时，要收补加费，这时应该从要求改变标准的优点，如简化工艺过程、节约材料、提高生产率等因素和由于补加费使锻件成本提高作比较，来决定是否按标准来订购钢材。

高级精度或冷拔的钢材价格比一般精确度钢材价格要高，这是由于对钢材提出质量上严格要求和直径精度而引起的，究竟是否应采用高级的钢材，应根据工艺上的必要性和锻件的质量要求，并在成本核算的基础上来决定。

从冶金工厂供应的钢材中，其长度不同价格亦不同，应根据使用情况来决定，其长度有三种：

普通长度的：适用于单个毛坯长度小于 400 毫米时，如连杆、齿轮类锻件、价格最

便宜。

倍数于鍛件毛坯长度的：适用于单件毛坯长度大于 600 毫米时，或平鍛机和錘鍛的毛坯总长大于 400 毫米时，如曲軸用 $\phi 130 \times 960$ 的倍数，此种倍数鋼材价格較貴。

指定长度的：用于单件毛坯长度大于 2 米时，如大彈簧用 $\phi 20 \times 3500$ 毫米，此种指定长度的鋼材价格最貴。

上面三种材料的选用，决定于經濟效果，普通长度的鋼材，因其长短不一，生产中会造成大量的料头，此种损失超过冶金工厂訂制成倍数长度所增加的价值时，就应该采用成倍数长度的鋼材。因此，鍛件长度愈长，直径愈大时，为了避免太大的浪费，就应该采用成倍数长度的原材料。指定长度的原材料，一般用的不多，也是在經濟效果合算时才采用。

2. 代用材料方面：

在材料比較缺乏或一时供应不及时的情况下，难免要用非指定的材料暫时代用，代用材料分两种情况：

(1) 原材料鋼号的代用

更换鋼号首先考虑其質量和性能，不致于影响工件的使用效果为原则，同时，由于鋼号的代用，应考虑到可能出現的缺陷和工艺过程的改变，并且会直接影响模鍛后热处理和切削加工后热处理的工艺規程的更改，不考虑这一点，便会造成大批工件的报废。

(2) 原材料規格的代用：

材料規格的代用，直接影响到下料工艺的改变，材料規格代用原则如下：

平鍛机和摩擦压床用的棒料直径，因模具不易变动，故一般不能代用；必須代用时，需用其它加工方法达到需要的尺寸。

錘鍛和曲軸压床用的棒料，一般分为二种情况：

第一种：軸类鍛件，直径允許比原直径大 2~5 毫米，长度不应该縮短过多，一般在 5~15 毫米內考虑，如果有延伸和滾挤工序时，直径允許比原直径大 2~8 毫米，长度可以酌情减短。

第二种：齒輪和鍛粗类鍛件，材料直径的代用，可以比原直径大或比原直径小，但原则上毛坯长度与直径比 l/d 应在 1.3~2.8 范圍內来确定，然后經過核算定出代用材料的长度。

3. 节约材料方面：

节约材料能降低材料的消耗，直接降低产品成本，为国家节约資金，在經濟上具有重大意义。此外，节约金屬就是挖掘材料利用潜力，并消除浪费材料及使用上不合理現象。

关于节约材料的具体措施，这里只能提出一些节约方案，有关具体詳細內容，将在以后各章講到。

(1) 采用先进或完善的工艺。

- a) 改变零件或鍛件結構，以降低材料的消耗；
- b) 改变工艺过程来降低材料的消耗；
- c) 严格合理訂制材料消耗定額，防止无限制的浪费材料；
- d) 采用异型断面和周期性形状鋼材；
- e) 减少燒損。

● (2) 采用精确设备和能节约材料的模锻方法。

a) 尽量应用曲轴模锻压床和水平锻机模锻；

6) 应用精密模锻、挤压模锻和无毛边模锻。

(3) 降低材料消耗并提高材料利用率。

a) 减少残料消耗，包括切毛边和模锻过程的残料；

6) 尽量利用残料来模锻其他锻件。

三、各种下料方法

一般送到工厂的钢材，需要分成单个的毛坯，分割毛坯可在全厂的制坯车间，或锻压车间的制坯工部内进行。

根据作用在金属上的方法，在目前切割毛坯最流行的方法有下列几种：

1. 剪床下料

在剪床上切割是用得最广泛的，它可以切割各种断面形状的毛坯，并且生产率很高。剪切前有时需要进行加热。然后利用装在剪床机架上的下剪刀和装在滑块上的上剪刀在工作行程时进行剪切，剪切时，为了避免棒料松动，有和滑块同时动作的压板压着棒料，切割长度由装在前面的擋板进行调节。

(1) 冷热切条件：

剪床切割根据材料的成份、断面大小及工艺上要求的不同，可切分为热和冷切两种：

对于碳素钢，如 30、40、45 号钢的棒料，当直径 ≥ 90 毫米时，须加热至 $200 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 进行热切；对于高碳钢和合金钢，当直径 ≥ 70 毫米时，需加热至 $350 \sim 500^{\circ}\text{C}$ 进行热切，一般说来，一些合金钢和大断面的材料，以及未经退火而直径 ≥ 50 毫米左右的碳素钢和合金钢，都需进行热切。热切可以避免端面产生裂纹，但加热温度不得太高，否则氧化皮太多和坯料容易变形。

对于碳素钢直径 $\phi < 85$ 毫米、压痕直径 $d_0 > 3.7$ 吋可以冷切，一些碳素结构钢和低合金钢，当 $B_B < 60$ 公斤/毫米² 时，也可进行冷切。冷切优点是生产率高，质量较好。

(2) 切割误差和缺陷：

在剪切毛坯时，往往会产生长度方向误差和各种缺陷，误差和端面斜度的产生是由于刀片之间间隙太大和擋斜板不准确所致。但刀片间隙过小，当材料硬度愈高而断面较大时，会在断面上产生裂缝。实际生产中，有些工厂允许长度误差为 1~4 毫米，长度愈长和直径愈大时，允许的误差亦大。刀片间隙 $Z = (0.04 \sim 0.05) D_{\text{坯料}}$ ($D_{\text{坯料}}$ ——坯料直径)，退火钢采用小的系数；未退火钢采用大的系数。其他缺陷如端面毛刺、压痕、压扁等都是由于坯料加热温度过高和刀片刃口磨损、以及刀片位置或形状不适当所致。

(3) 剪切用刀片的种类和设计：

如图 1-2 所示为剪切用刀片的种类，根据剪切槽的数目分成单槽和多槽的，单槽适用于粗大棒料的剪切；多槽适用于较大或细小棒料的剪切，轮廓尺寸较大，可依次或同时进行剪切，生产率很高。由于槽型尺寸不同，可切割不同尺寸的棒料，刃口未全部磨损前，均不需更换刀片，因此，可提高刀片使用效率。

如果根据刀片的型式，可分成整体的，带镶块的和可分的，如图所示，整体的磨损后，即需更换，如果做成圆筒形的，磨损后，可转 60° 或 90° ，得到多次的使用。带镶

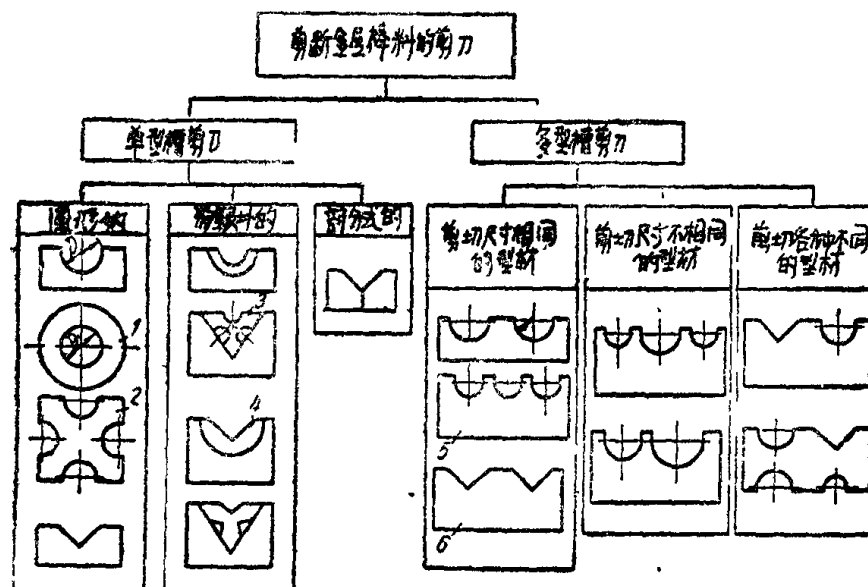


图 1-2 剪床刀片的种类

块的分为圆镶块和方镶块二种：圆镶块调整容易，但比方镶块会更容易折断。可分的刀片，适用于切断方形的坯料，制造方便。

剪床刀片形状如图 1-3 所示，a) 为圆形截面，b) 为方形截面其工作型槽形状及大小应和所剪切棒料的形状及大小相适应。

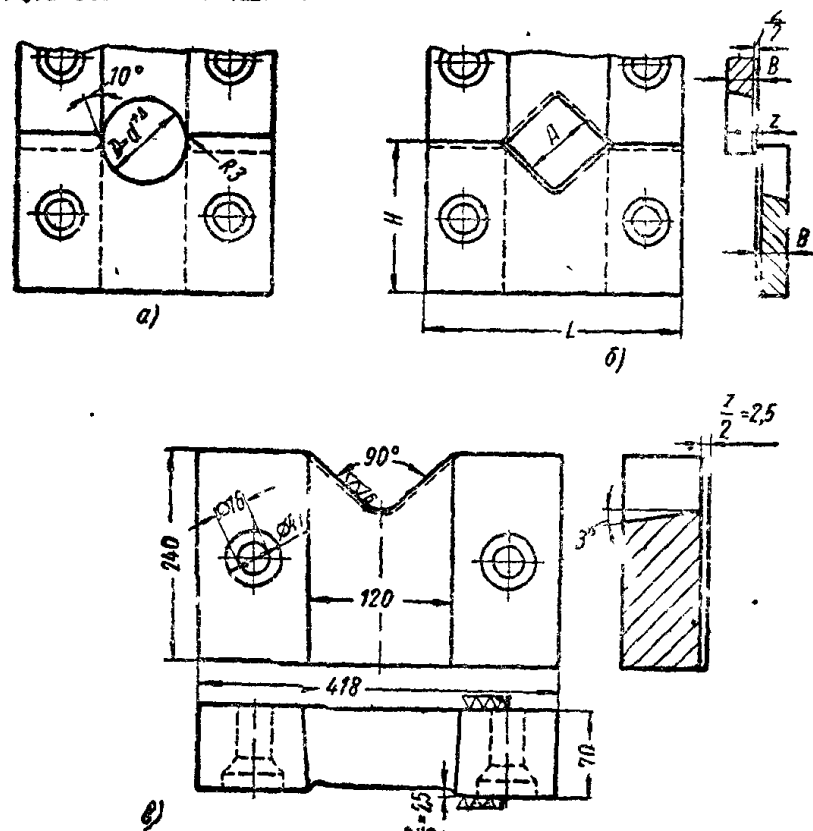


图 1-3 处于工作状态的刀片

圆形切刀

$$D = d + \Delta$$

式中 d ——棒料直径尺寸；

Δ ——棒截面尺寸正公差；

$B = (0.25 \sim 0.5)d$ 但必須保證刀片的強度和剛度。

H 及 L 決定於剪床裝刀處的尺寸，刀片間的間隙 Z 已於前述。

方形切刀： $A \geq a$

式中 a 為剪切方形斷面棒料的邊長。切刀的刃口，可以成直角或銳角的，銳角切斷容易(圖中所示)，但會促使金屬壓陷，故軟鋼及高溫下剪切時，最好不用銳角的剪切刀。

2. 在錘上或壓床上冷折斷：

錘上折斷是按一定尺寸壓凹痕，然後翻轉毛坯架在墊圈上，用錘折斷。1/2 噸錘，可以折斷 $\phi 100$ 毫米的 45 號鋼，如圖 1-4A 所示。

壓床上折斷，用於棒料直徑大於 80 毫米生產率要求高的情況，冷折斷是由兩個支點和一個壓下沖頭組成，壓刀力量通過壓下沖頭傳到要折斷的棒料上，如圖 1-4B 所示，折斷前須用火焰切斷或鋸床將棒料切口，其深度如圖中所示。

3. 鋸床切割

鋸床切割應用於單件小批生產，斷面比較大的毛坯；並且要求長度尺寸準確、切割端面質量高的情況下。切斷時需用冷卻液，以降低其溫度，鋸片隨所切割的材料質量而變，對於小直徑的棒料，可以把許多棒料夾在一起進行切割。

鋸切割的缺點是生產率低，管料用其他方法切割會壓扁變形，故常用鋸切割。

4. 火焰切割

火焰切割是將鋼材局部加熱超過熔點，同時用來加熱的氧氣和乙炔起劇烈燃燒，而將棒料切斷，火焰切割適用於斷面較大，含碳量小於 0.7% 的棒料，高合金鋼和有色金屬，因熔點低不能進行火焰切割。低合金結構鋼和炭素鋼，以及鋼板、鋼坯火焰切割用得比較普遍。

火焰切割，可以獲得高生產率，可切割複雜形狀的輪廓，缺點是金屬被燃燒，浪費了材料。

5. 電切割

電切割的方法是把圓鋸，和被切的金屬 2 插入直流的電路中，在轉着的圓鋸與被切斷的金屬間有電流通過，由於接觸阻力，使電能變為熱能，再加上二者摩擦所生的熱，使圓鋸進入金屬，而把金屬分開，如圖 1-5 所示，由於鋸片很薄(0.5~1.5 毫米)可以減少切割的廢料，其特點是生產率與被切割金屬的機械性能無關，因此，對高合金鋼及特種鋼也可以進行電切割。

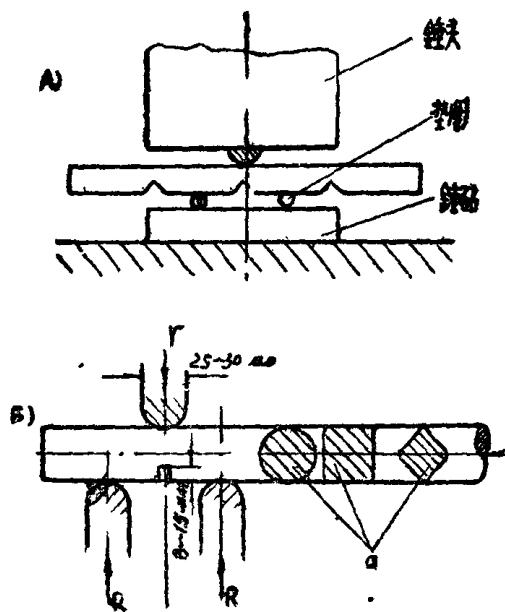


圖 1-4 錘和壓床上冷折斷

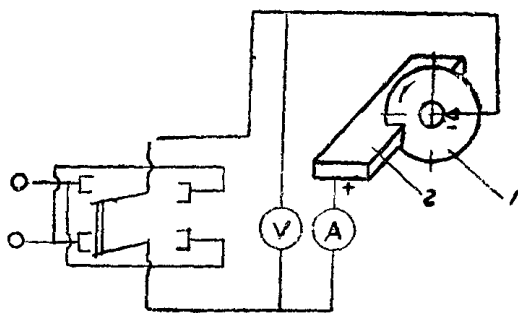


圖 1-5 電切割圖

第二章 錘上模鍛

模鍛錘的类型很多,但其工作部分均由两部分(錘头和砧座;或上下錘头)組成,其所使用之鍛模亦勢必分成两部分,分別固定在錘头和砧座上或分別固定在上下錘头上(图 2-1 及图 2-2)。

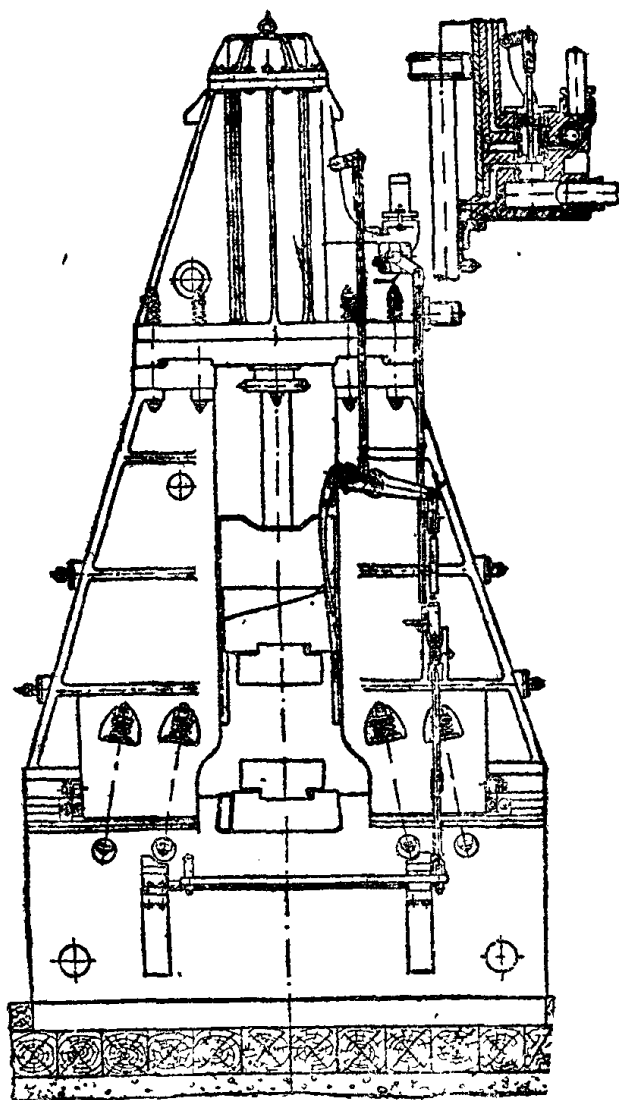


图 2-1 有砧座模鍛錘

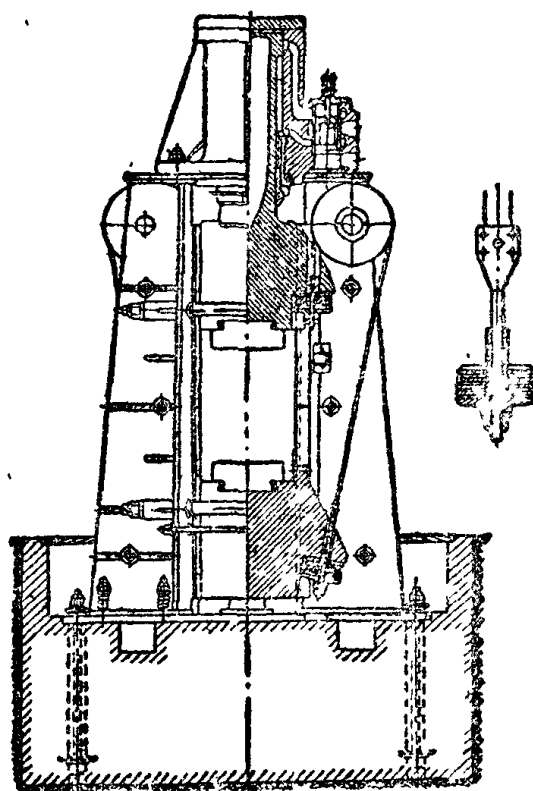


图 2-2 无砧座模鍛錘

显然錘上模鍛过程的實質就是将处在塑性状态下的坯料,放在模槽中,通过錘的冲击力,使坯料变形充滿模槽,得到所要求的鍛件的形状与尺寸。

与所制造的鍛件一模一样的模槽称为終鍛槽。如果坯料只用一終鍛槽来模鍛就称为单槽模鍛(图2-3);如果除終鍛模之外,事先还采用其它模槽时,則称为多槽模鍛。(图 2-4)鍛件形状簡單或即使鍛件形状复杂而产量小时或采用特定形状的毛坯如周型正断面型材或經自由鍛造的毛坯时,一般均采用单槽模鍛;当鍛件形状复杂而产量較大时,一般均采用多槽模鍛。

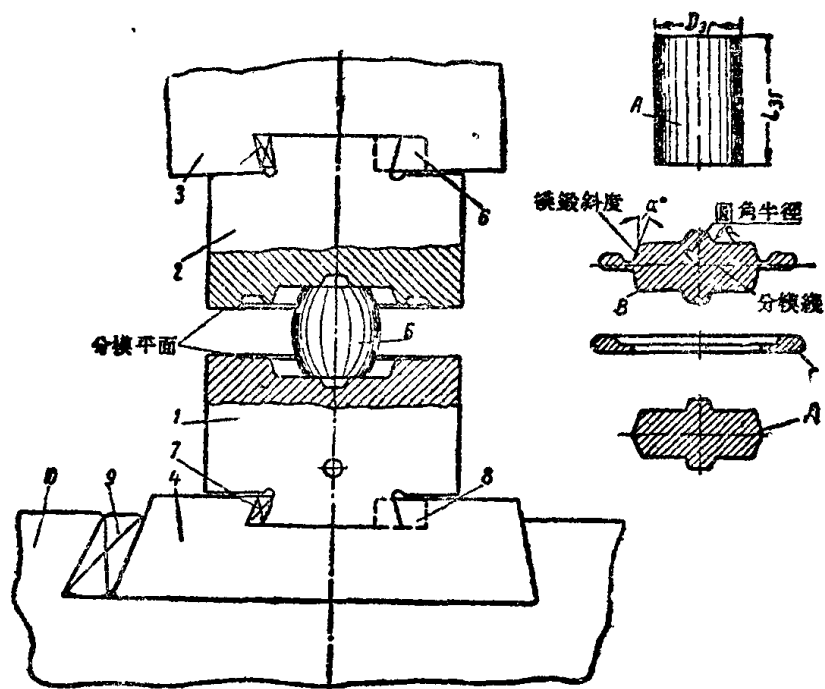


图 2-3 单槽模锻的过程

A—原坯料；B—模锻中的坯料；B—带毛边的锻件；Γ—毛边；
 Д—完成的锻件；1—下模；2—上模；3—锤头；4—锻模夹座；
 5—上楔；6—上键；7—下模；8—下键；9—夹座用楔；10—砧座。

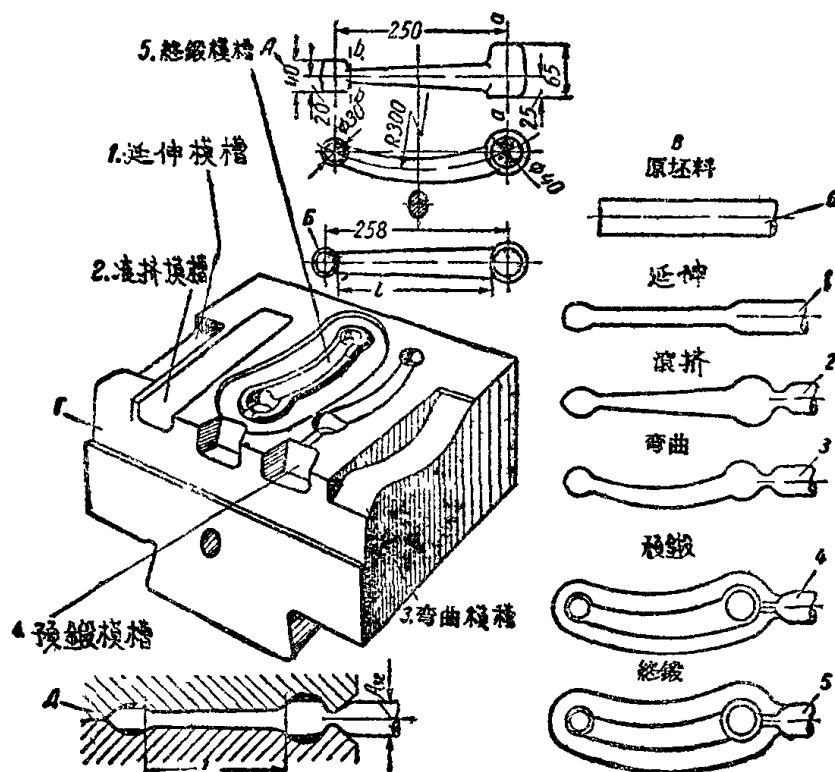


图 2-4 多槽模锻过程

A—锻件图；B—锻件展开图；B—模锻工步；Γ—下模；Д—滚挤槽剖面。

锤上模锻，如果按照所使用的模具结构来分类，则有敞开式模锻与封闭式模锻之分。图 2-3 及图 2-4 即为敞开式模锻之例；图 2-5 即为封闭式模锻之例。采用敞开式模锻时，通常会得到带有毛边的锻件，因此必须通过装于切边压床上的切边模具将毛边加以切除，才能达到所要求的锻件形状。但此种模锻方法具有较大的万能性，能锻制各种形状的锻件。

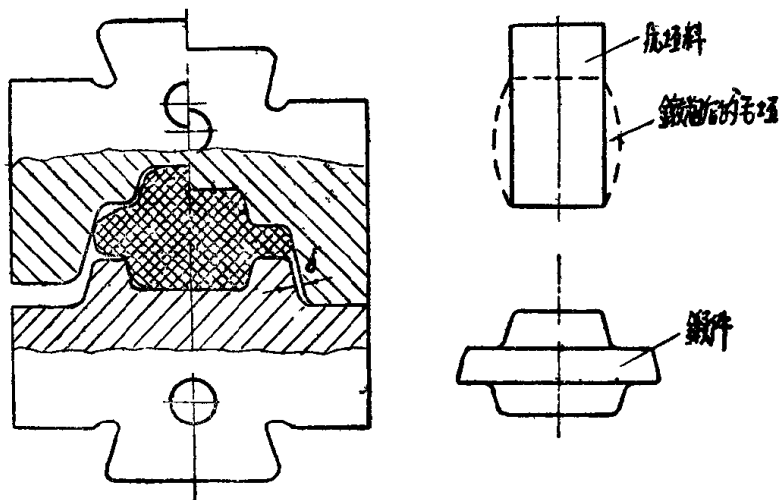


图 2-5 用封闭式锻模模锻

一、锻件图的制订

锻件图是锻工车间生产工作的依据，有了它才能制订工艺规程和设计模具，锻件图也是联系其他加工车间甚至是装配车间的技术资料之一，所以锻件图的制订乃是一项重要的工作。

锻件图是根据零件图来制订的。随着模锻方法及其他加工方法的不同，锻件图的制订亦不一样，但无论如何应尽量使得锻件形状尺寸接近零件。

在本节中，着重讨论作为机械加工用锻件图之制订，至于作为精压用锻件图之制订的特点，将在精密锻造一节中讨论。以上这两种锻件图中又分为检验用锻件图和制模用锻件图两种。而制模用锻件图又是根据检验用锻件图来制订的，这一锻件图制订之特点将在模具设计中讨论。现将作为机械加工用的，检验锻件用的锻件图的步骤分述如下：

1. 确定合理的模锻方法

在制订锻件图之前，务必熟悉零件的形状尺寸、功用与受力情况、材料的工艺性能以及零件在各个加工工序中对锻造所提出的技术要求等资料。然后才能考虑该锻件应在何种设备上模锻，从而再进一步进行锻件结构的具体设计。只有这样经过详细的考虑之后才能订出合理的锻件图。下列各项可作为确定模锻方法时的参考：

(1) 改变零件的结构以便改善(简化)锻件的结构；

(2) 形状尺寸相近的零件采用统一的锻件，而不必制造两种或多种锻件；

(3) 将零件分为两个或更多的锻件以便分别进行模锻，然后用焊接或其它的方法联结起来(图 2-6)；

(4) 两个或更多有关的(图2-7)或无关的(图2-8)零件组合成一个锻件，然后分割开；

(5) 将两个原拟连接起来的零件结合成一个锻件，以省去焊接或其他连接的手续

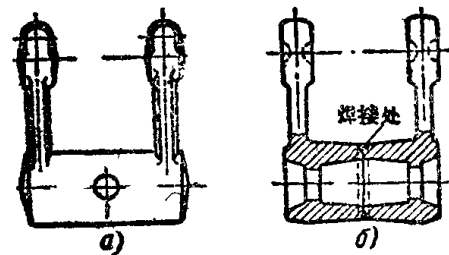


图 2-6 两种模锻方案

a—整体锻件；

b—两个锻件焊接起来的零件。