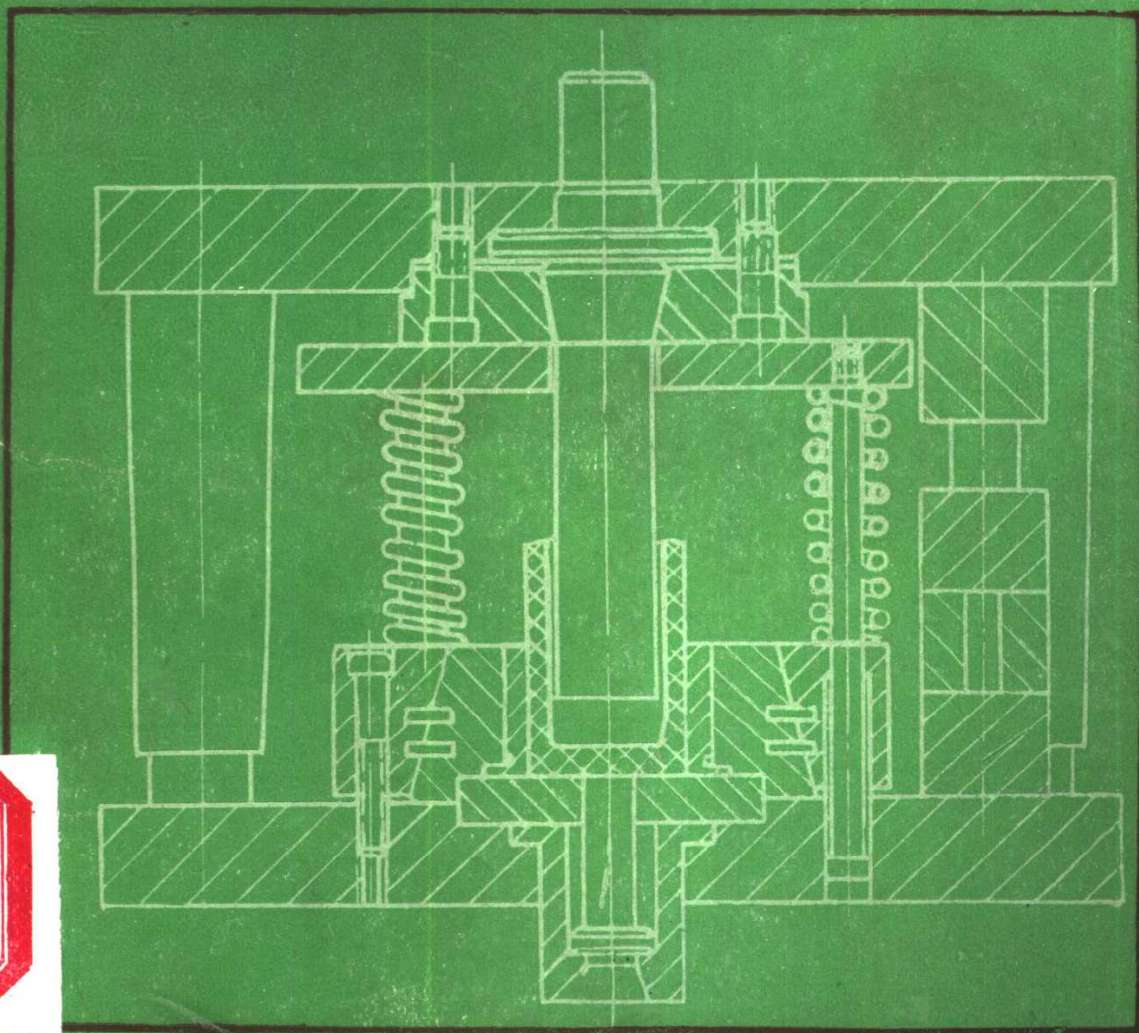


# 热挤压工艺与模具设计

贾宪安 胡九锡 编著



机械工业出版社

76

# 热挤压工艺与模具设计

贾宪安 胡九锡 编著

机械工业出版社

热挤压工艺是先进的压力加工方法之一，具有劳动生产率高、节约金属原材料、投产容易和经济效益显著等优点。本书是目前比较详细而系统地阐述热挤压技术的唯一专业书籍。

本书阐述了热挤压件的工艺设计问题，其中包括热挤压件图的绘制、原坯料的计算与选择 坯料加热、挤压用润滑剂、挤压件的切边、挤压件的热处理和清理、挤压力的计算、压力机的选择、热挤压件的质量检验等内容；还阐述了热挤压模具的设计与计算方法、热挤压模具的制造与修理工艺和挤压模具材料的选择；最后介绍了五种典型热挤压件的工艺和模具设计实例，供读者参考。

本书可供从事锻压生产的广大技术人员和工人阅读，也可供有关科研单位的研究人员和大专院校师生参考。

## 热挤压工艺与模具设计

贾宪安 胡九锡 编著

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许可证出字第117号）

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本787×1092 1/32·印张9<sup>1</sup>/<sub>4</sub>· 字数 200 千字

1986年9月北京第一版·1986年9月北京第一次印刷

印数0,001—8,500·定价2.25元

统一书号：15033·6020

# 前 言

柴油机、汽车、拖拉机等制造业中，有许多钢质的机械零件，非常适宜于采用热挤压工艺进行生产。这是因为热挤压工艺所用的设备很普通，就是常见的曲柄压力机（俗称“冲床”），该机价格低廉，制造和供应不困难，安装方便，不需要采用蒸汽、锅炉等一系列辅助设备，早就列入锻压机械的系列生产之中；热挤压工艺能节省大量的金属原材料，因为热挤压件的加工余量很小，通常不产生模锻时那样的飞边，热挤压工艺用的金属原材料可以是各种牌号的钢材，节约合金钢、轴承钢、耐热钢比节约普通碳钢，经济效果更好；热挤压工艺的劳动生产率通常是比较高的，一台机床，两个操作工人，在技术熟练的条件下，班产热挤压件达二、三千件是不困难的。这是因为热挤压件成形一般只需要压机的一次行程，而压机的每分钟行程次数达数十次之多。

综上所述，不难看出，热挤压工艺是一种技术先进的压力加工工艺，对于大批量生产的柴油机和拖拉机生产具有显著的经济效果，因而赢得了广大锻压技术人员和锻工的赞赏。

但是，到目前为止，这种很有实用价值的工艺还没有得到广泛的采用。是不是因为这种工艺投入生产的历史比较短，因而未能取得锻压技术工作者和锻工的信服呢？不是的。从五十年代末正式采用热挤压工艺，用来生产柴油机里的钢质零件以来，已有二十余年的历史了。长期的生产实践，

成千上万的合格的热挤压件，早就令人信服地证明了它的先进性、实用性和显著的经济效益。没有广泛采用的一个重要原因是：对热挤压工艺的全过程以及必要的工艺装备所进行的系统的总结工作还不够。考虑到这一点，我们尝试着根据国内外有关的资料，结合我们实际从事热挤压工艺工作近二十年来的经验与体会，编著了本书，目的就是为了弥补系统总结工作的不足，以便在把热挤压技术推广到机械制造行业的有关部门的过程中起一些促进作用，让这朵工艺之花结出更加丰硕之果，为实现机械工业的现代化贡献一份微薄的力量。

本书虽然篇幅不多，但它毕竟是目前比较详细、系统地阐述热挤压技术唯一的书籍。书中主要内容是系统地阐述两个互相联系着的工艺课题：一个是热挤压件（钢质机械零件）的工艺设计问题，包括热挤压件锻件图的绘制，技术条件的决定，原坯料计算，挤压力计算等。另一个则是热挤压件的工艺装备设计问题，即热挤压模的设计与制造，专用检验工具的设计等。同时对模具材料和润滑剂也进行了探讨，最后还列举了五个典型的热挤压工艺实例，这些实例全都是柴油机里批量甚大的典型零件。书中介绍了在尽量短的时间内，以最少的材料和工时消耗，获得高质量的热挤压件的经验。

本书的编写特点是具有系统性和实用性。体现在：只要取得一张适合于挤压的产品零件图，并具备一定吨位的曲柄压力机，就能够做到下述工作：

1. 根据零件图，定出加工面上的余量和尺寸公差，绘出热挤件图，决定相应的技术条件；
2. 计算出原坯料的体积和规格，根据挤压力的大小，

选择挤压设备，排出热挤压的工艺流程；

3. 设计必要的热挤压模具；

4. 检验热挤压件的质量及分析产生废品的原因。

热挤压工艺适用于一切牌号的钢材，变形程度也几乎不受限制，但它的尺寸精度一般不高于6~7级精度，表面光洁度一般不高于 $\nabla 4 \sim 5$ 。这和冷挤压工艺的适用范围有很大区别。冷挤压通常只适用于45钢以下含碳量较低的钢材，且变形程度不能太大，但它的尺寸精度可高于6级精度，表面光洁度可高于 $\nabla 5$ 。在能源消耗方面，冷挤压与热挤压是比较接近的。因为热挤压需要加热金属坯料，但冷挤压前，钢材需要进行退火处理，同样消耗能源。此外，冷挤压设备应是专门的冷挤压机，而热挤压则用普通的曲柄压力机。黑色金属冷挤压必须预先经过特殊的润滑处理——磷化皂化，而热挤压则完全不必进行磷化皂化。冷挤压的模具结构和选材迥然不同于热挤压模具，冷挤压模需具有更高的硬度和强度。一般说来，采用热挤压较冷挤压来得容易。总之，冷挤压和热挤压是两种相辅相成的工艺，各有自己的适用范围和优缺点，因而彼此不能完全取代。

书中“热挤压”一般指钢质机械零件热挤压，但其基本原理同样适用于有色金属热挤压。

在本书的编写过程中，很多同志曾给予了帮助和支持。特别是周元庄同志和陈家骏同志，他们早在五十年代末，在热挤压方面就做过不少工作，这对我们确实帮助不小。周宝群同志和容耀华同志为本书提供了很多国内外先进经验。在此，一并表示衷心的感谢。

本书的读者对象为从事锻压生产的广大技术人员和工人，也可供设计院、科研单位有关同志参考，并可作为大专

VI

院校师生的参考教材。

由于编著者水平有限，加上时间仓促，书中错误和缺点在所难免，恳切地希望各位专家和广大读者批评指教。

编 著 者

1986年1月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 热挤压概述</b> .....	1
一、热挤压的概念和工艺过程.....	1
二、热挤压生产的优缺点和工艺特点.....	5
三、热挤压生产的设备.....	7
<b>第二章 热挤压件图的绘制</b> .....	16
一、挤压件加工余量和公差确定.....	17
二、挤压件圆角半径的确定.....	20
三、挤压斜度的确定.....	22
四、挤余厚度的确定.....	25
<b>第三章 热挤压力的计算</b> .....	28
一、对影响挤压力的主要因素的讨论.....	29
二、热挤压的变形规范.....	40
三、热挤压力的计算.....	44
<b>第四章 坯料计算和备料</b> .....	49
一、热挤压坯料的确定和计算.....	49
二、挤压件的毛边计算.....	53
三、热挤压坯料的准备.....	56
<b>第五章 坯料的加热和中频感应加热炉</b> .....	69
一、坯料的加热.....	69
二、中频感应加热炉.....	75



<b>第六章</b>	<b>热挤压模具的润滑</b> .....	95
一、	热挤压对润滑剂的性能要求.....	95
二、	适用于热挤压润滑剂的基本材料.....	97
三、	热挤压生产中实际应用的润滑剂.....	100
四、	用于热挤压生产的新型润滑剂.....	102
<b>第七章</b>	<b>挤压件的切边和清理</b> .....	109
一、	挤压件的切边(或冲底).....	109
二、	挤压件的清理.....	114
<b>第八章</b>	<b>挤压件的冷却和热处理</b> .....	125
一、	挤压件的冷却和冷却规范的制订.....	125
二、	挤压件的热处理和热处理工艺规范的制订.....	129
<b>第九章</b>	<b>挤压件的质量检验</b> .....	133
一、	挤压件常见的缺陷及其产生的原因.....	133
二、	保证挤压件质量的措施和验收标准.....	153
<b>第十章</b>	<b>热挤压模的设计与计算</b> .....	158
一、	热挤压模的设计步骤及模具各组成部件.....	158
二、	反挤压模的设计与计算.....	164
三、	正挤压模的设计与计算.....	175
四、	墩挤模的设计与计算.....	183
五、	多工位通用热挤压模.....	189
<b>第十一章</b>	<b>热挤压模具材料及提高模具使用寿命的     途径</b> .....	194
一、	热挤压工艺对模具材料的要求.....	194
二、	热挤压模新钢种.....	196

三、提高模具使用寿命的途径·····	202
第十二章 热挤压模的制造与修理·····	207
一、热挤压模制造的特点与技术要求·····	208
二、热挤压模主要零件的制造·····	212
三、热挤压模的装配·····	221
四、热挤压模的修理·····	223
第十三章 热挤压件实例·····	227
一、推杆套筒热挤压·····	227
二、强力螺栓热挤压·····	239
三、内六角螺塞热挤压·····	250
四、摇把接头热挤压·····	261
五、气门热挤压·····	271
参考文献·····	284

# 第一章 热挤压概述

## 一、热挤压的概念和工艺过程

所谓热挤压，就是加热到一定温度的金属在强烈的三向不均匀压缩力的作用下，从热挤压模的模口中流出或流入狭小的模腔中，从而获得所需的热挤压件的一种压力加工方法。

众所周知，三向压缩具有使金属产生塑性变形的较好条件。这样就使得一些低塑性的金属和高合金钢能顺利成形。利用热挤压这种加工方法，不但能节约金属、减少机械加工余量和工时，而且还能进一步改善机械零件的机械性能，提高产品质量和劳动生产率。

用挤压方法所生产的各种挤压件，可以是不需再加工的机械零件，也可以是供给其它机械加工的中间毛坯或半成品。这主要根据产品零件的要求而定。

同冷挤压一样，一般可将钢质机械零件的热挤压分为两种：一种是正挤压，一种是反挤压。

根据产品零件的形状和要求，我们可以采用正挤压或反挤压，也可以采用两者的复合形式进行生产。不论采用哪种形式进行热挤压，都可以得到实心的挤压件，或者是具有通孔和不通孔的空心挤压件。凹模模孔和凸模的横截面形状可以是各种各样的。因此，利用热挤压方法，可以得到相应的各种不同截面形状的热挤压件。

热挤压形式应根据产品零件的形状、构造、尺寸情况和  
技术要求等进行选择，从而选用正确的热挤压形式，以及热  
挤压所需的机器设备和工艺装备。

通常正挤压工作的步骤是这样的：首先将要进行挤压的  
金属坯料加热，加热温度应由钢的化学成分和坯料尺寸的大  
小来决定。当坯料加热到所需的温度时，即将热坯料迅速地除  
去表面的氧化铁皮（若采用无氧化加热，则此工步可省略），  
然后再迅速将热坯料放入热挤压模的凹模模腔内进行热挤压  
工作。一次冲程结束后，即能完成一个热挤压件。假如下道工  
序需要切边或冲孔，则根据选择的切边或冲孔形式（系指热  
切边或冷切边，热冲孔或冷冲孔），进行切边或冲孔工作。

正挤压的特点是被挤压金属的流动方向与凸模（即冲  
头）的运行方向一致，而凹模则是固定不动的（如图 1-1  
所示）。

根据变形情况，正挤压过程可分为三个阶段：

第一阶段在凸模与坯料接触时，当凸模在动力作用下，  
产生的力超过金属的屈服点时，金属便开始流动。首先在横  
向充满整个模腔，此时由于热挤压坯料本身的温度下降，摩  
擦力逐渐增大，因而压力数值是在不断增加的，一直到此阶  
段结束（见图 1-1 a）。在此阶段结束时，金属顺着凸模  
施加压力的方向，通过热挤压模凹模的模口向下有少量的流  
动。

第二阶段为第一阶段结束后，凸模在压力机滑块的带动  
下，继续向下运动，一直到压力机的滑块行至下死点止。此  
阶段的最后时刻，即是正挤压过程中压力最大的时刻（见图  
1-1 b）。假如热挤压坯料的体积选择过大，则会出现热  
挤压金属的过剩现象，金属流动由于受阻，因而压力急剧上

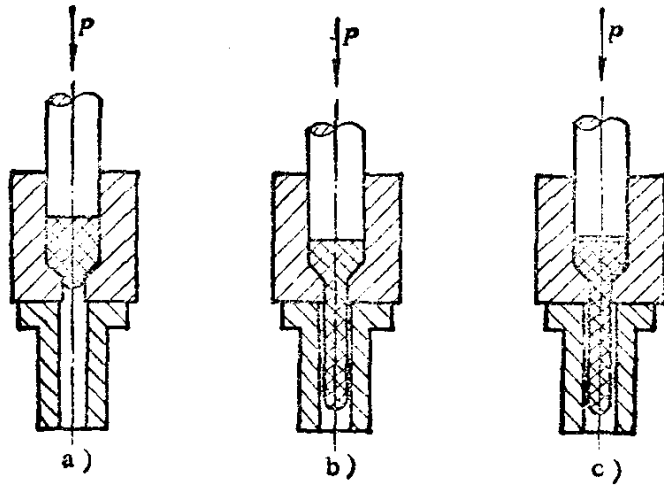


图1-1 正挤压过程示意图

- a) 凸模接触热坯料，金属开始流动    b) 凸模完成挤压，滑块到下死点位置    c) 凸模向上运动离开挤压件

升，致使模具破裂和设备损坏。假如坯料的体积选择过小，则会造成挤压件尺寸小于负公差的情况，致使热挤压件报废。

第三阶段即是第二阶段的结束到凸模离开挤压件向上运动为止。当第二阶段结束后，凸模开始离开挤压件，此时的压力数值为最小（见图1-1c）。第三阶段结束后，剩下的工作是将热挤压件从凹模内或凸模上取出。

热挤压过程应当迅速进行，否则会使坯料温度下降，压力急剧上升，金属塑性变形差，影响成形。所以热挤压过程的持续时间通常在三至六秒之间完成。这也说明，热挤压生产的生产率是很高的。

反挤压的特点是金属流动方向与凸模的运动方向相反。采用反挤压能制成圆形、正方形、矩形以及其它形状的空心零件。钢质热挤压件的壁厚和软金属冷挤压件不同，后者壁

厚最薄为0.08~1.5毫米，而前者必须在2毫米以上。因为在热挤压时，钢挤压件被挤起之壁过薄，会产生挤压件上口高低严重不平和壁厚不匀等缺陷。

根据变形情况，反挤压同正挤压一样，也可分为三个阶段：

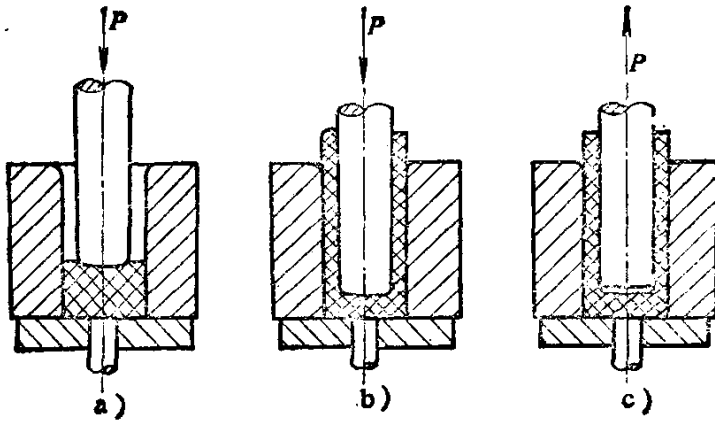


图1-2 反挤压过程示意图

- a) 凸模接触热坯料，金属开始流动    b) 凸模完成挤压，滑块到下死点位置    c) 凸模向上运动离开挤压件

第一阶段和正挤压完全一样（见图1-2 a）。这一过程是使金属开始流动的阶段，金属在凸模的压力作用下，首先在横向充满凹模模腔，然后在凸模与凹模的间隙中向上有少量的流动。这一瞬间压力是直线上升的。假如此时凸模和凹模的中心线不重合，则会形成间隙的不均匀，从而使下一阶段挤起的壁厚不均和口部高低不平。

第二阶段为凸模继续向下运动，在压力的作用下，迫使金属在规定的环状间隙中向上流动（见图1-2 b）。此时

压力数值并无很大的增加，但并不是保持不变，因为此时的挤压温度是在不断下降的（但也有人认为略有增加，其原因是由于有热效应存在），摩擦力也在不断增加。因此，势必使挤压力略有增加。这一阶段的最后，也是反挤压过程中压力数值最大的时刻。在冷挤压软金属时，挤压件的底部厚度（即连皮厚度）最薄可达0.3毫米，但在钢质机械零件热挤压中，必须在3毫米以上。因为在热挤压过程中，金属坯料的温度是不断下降的，特别是在金属薄处，温度下降得更厉害，挤压力剧增，塑性下降。

第三阶段是热挤压力变为零再转为拉力的过程，一直到退件结束（见图1—2c）。当第二阶段结束后，由于挤压件的温度下降，而使金属收缩，相反凸模因受热而膨胀，挤压件会紧箍在凸模上。在凸模上升过程中，热挤压件也随着上升，直到与脱料板相碰，凸模所受的拉力也急剧增加，达到最大值。当热挤压件脱出凸模时，挤压过程随之结束。应该指出，凸模所受的拉力，虽然不会大于挤压力，但它往往会由于热挤压件温度的显著下降而紧箍在凸模上，再加上热挤压件上口高低不平，致使脱料时有折断凸模的可能。当然，脱料板安装得高低不平，也有可能引起凸模折断。

## 二、热挤压生产的优缺点和工艺特点

### 1. 热挤压的主要优点

1) 热挤压生产是先进的金属压力加工方法之一。用这种方法加工的挤压件，其机械加工的余量很小，通常单边余量只给0.5~2.5mm。其值的选取视产品零件的具体要求和加工方法而定。另外，用这种生产方法加工的挤压件，其表面质量和尺寸精度是很高的，热挤压件的表面光洁度一般可

达 $\nabla 5$ ，尺寸精度可达6级到7级。因此，在零件要求不太高的情况下，热挤压件可无需再进行机械加工，这样便可节约大量金属材料 and 机加工工时。

2) 热挤压生产的劳动生产率很高，这是由于在曲柄压力机上生产，很容易实现机械化和自动化，滑块一次到二次行程就可以生产一个挤压件。一个要经过5~7次以上拉伸的空心零件，若采用热挤压的方法进行加工，则可以一次成形，制成所要求的零件。

3) 热挤压生产所得到的挤压件，其结构和机械性能是很好的，远远高于其它压力加工方法所得制件的机械性能。例如平锻机上局部锻粗所制得的零件，其结构和机械性能远远没有热挤压生产所得制件来得好。

热挤压生产的优点除了以上所介绍的外，还有很多，但通过以上的介绍，我们不难得出以下的结论：钢质机械零件热挤压是一种很先进的金属压力加工方法，具有很多经济与技术上的优点，是一种很有发展前途的金属压力加工方法。一些低塑性的合金也能进行热挤压生产，这一点是很有意义的。

## 2. 热挤压生产的缺点

1) 热挤压生产采用的模具，特别是凹模，其使用寿命较低。一只普通合金工具钢的凹模，仅能生产1000~2000只热挤压件。但如果选择更优良的材料和进行恰当的处理，使用中理想的冷却与润滑，那么使用寿命就能得到显著提高。

2) 热挤压生产要求对被挤压的坯料进行高质量的加热。因为热挤压时，氧化铁皮会在模具上刻出凹痕或粘在模具上刮伤挤压件。因此，对钢质机械零件热挤压来说，其坯料的加热，最好是采用无氧化或少氧化加热。如果采用一般的



加热方法来加热坯料，则应在热挤压前将坯料上的氧化铁皮清除干净，方可进行热挤压工作。

### 3. 热挤压生产的工艺特点

1) 为了保证挤压件的质量，要求坯料端面平整，并不能留有切割毛刺。否则在热挤压过程中，将会引起挤压件壁厚不均和上口高低不平等缺陷。

2) 如前所述，为了提高挤压件的质量，延长热挤压模的使用寿命和保证热挤压工作的顺利进行，应尽可能采用无氧化或少氧化加热，并力求做到均匀加热。

3) 在热挤压过程中，要求对热挤压模的工作部分进行很好的冷却和润滑。因为模具长时间地与热坯料接触，如果得不到充分的冷却，很快就会产生热疲劳。良好的润滑不仅能减少摩擦、降低挤压力，同时还能大大地提高模具的使用寿命。

4) 当挤压气门类型的零件时，往往采用两道型槽进行热挤压。在设计热挤压工艺和模具时，一定要将金属在第一道和第二道型槽内的挤压变形量分配合适。应当指出，在热挤压工作中，挤压量分配得适当与否，对热挤压模的使用寿命和热挤压工作能否顺利进行是有很大关系的。

5) 在热挤压后的热处理及表面清理等工序中，挤压件的各部尺寸会略有减小。这一点在设计热挤压模时，应预先估计进去。

## 三、热挤压生产的设备

目前在钢质机械零件热挤压生产中，愈来愈多地趋向采用专用的热挤压机床。当然，它必须在大批量生产的情况下才符合多快好省的经济原则。