

摘要

粉末冶金是一种不需要将材料融化的冶金方法，是冶金和材料科学的一个分支。而随着经济的发展，粉末冶金工艺具有生产效率高、质量稳定、成本低以及可加工复杂形状工件等一系列优点，使其在现代工业中的地位也越来越高。相应的，粉末冶金模具作为现代高速成型技术在工艺装备中起到越来越大的作用。特别是在汽车行业中的应用的比例越来越重，是现代汽车行业发展的支柱之一，现代工业发展的一个方向。

本次设计了一套汽车刹车片的压制模。本课题主要是从对零件压坯的尺寸，密度，质量和高度等计算，来确定阴模与模冲的类型，再通过对压机的选择设计所需要的模具，顶出方式的选择，加热方式的选择，对模具的材料进行选择，强度校核，粗糙度的确定，最后画出零件图和装配图。

关键字：粉末冶金；压制成形；刹车片模具

Abstract

Powder metallurgy is a branch of metallurgy and materials science who is an undesirable material melting metallurgy method. With the development of economy, Because of powder metallurgy process with high efficiency, stable quality, low cost and can be processed with complicated shapes advantages, so that its position in modern industry are more and more important. Accordingly, powder metallurgy die as a modern high-speed molding technology play an increasingly important role in the process equipment. Especially in the automotive industry, an increasing proportion of re-application, is one of the important pillars of the modern automobile industry and also is a direction of Modern industrial development.

This design is a press die of brake pads. The project must basis on part's size, density, height and mass to design the mild's stamping type. Then basis on press machine to choice mold's type. Then I choice the best way for pushing-out and boiling. Next step are Selecting the material of the mold and Strength check. The last way, I must determine the roughness and draw the parts and assembly drawings finally.

Key Words : Powder metallurgy; stamping shape; Brake pads mold

目 录

摘要

Abstract

第 1 章 绪论.....	1
1.1 粉末冶金概述.....	1
1.2 模具工业在现代工业国民经济中的地位.....	4
1.3 粉末冶金模具的现状.....	4
第 2 章 粉末冶金模具设计的原则.....	5
2.1 通用粉末成形压机的选择原则.....	5
2.2 压坯的选用原则.....	5
2.3 压制成形模具设计准则.....	6
第 3 章 模具的设计和材料选择.....	6
3.1 压坯的要求和压制方式的选择.....	6
3.1.1 压制方式的选择.....	9
3.1.2 顶出方式的决定.....	11
3.1.3 加热板的排布方案.....	11
3.2 阴模的设计.....	12
3.3 上下模冲的设计.....	12
3.3.1 下模冲长度的设计.....	12
3.3.2 上模冲的设计.....	13
3.4 其它模架零件的设计.....	13
3.5 连接方式的设计.....	14
3.5.1 上下模座与固定板之间的连接.....	14
3.5.2 下模座与阴模固定板之间的连接.....	14
3.6 阴模材料的选择.....	14
3.7 模冲材料的选择.....	15
3.8 模架的材料选择.....	15
第 4 章 强度的校核.....	16
4.1 压机的选择.....	16
4.2 模冲强度校核.....	16
第 5 章 模具间的余量的计算.....	17
5.1 下模冲的弹性变形余量.....	17
5.2 阴模与下模冲的间隙.....	17
5.3 压坯烧结率与回弹率的总收缩率计算.....	18
5.3.1 压坯的回弹率.....	18
5.3.2 回弹率的影响因素.....	19
5.3.3 烧结收缩率.....	19
第 6 章 主要零件加工后应达到的要求.....	20
6.1 阴模.....	20
6.2 模冲.....	21
6.3 其他零件.....	21

总结与展望..... 28

参考文献..... 30

致 谢..... 32

第 1 章 绪论

1.1 粉末冶金概述

粉末冶金是一门制造金属粉末，以金属粉末（包括混入有废金属粉末者）为原料，用成形-烧结制造材料或制品的技术学科。广义上，它也包括以氧化物、氮化物、碳化物等非金属化合物粉末为原料，用成形-烧结制造材料或制品的技术。

这里所讲的成形，系指赋予金属粉末等原料粉末以所要求的金属制品的形状与尺寸。

在制造粉末冶金零件的过程中，所用的成型模具是如何设计的。模具设计与所使用的粉末原料的性能、使用的成形工艺与设备以及所制造的零件的材料性能、形状和尺寸大小等密切相关。

特别是 20 世纪 70 年代以来，铁基粉末冶金零件的生产技术发展非常快，一句对所制造零件的技术性能要求，研发出了各种各样的金属粉末成形技术与设备，除常规的单轴向刚性模具压制工艺之外，还有粉末锻造、注射成型、温压、热压、冷等静压、热等静压、挤压、粉末轧制、粉浆浇注、喷射成形及无模成形等。其中多种成型工艺都涉及到模具设计问题。

粉末冶金是一门古老的冶金技术。我国早在 2500 多年前的春秋末期，就已用块炼铁（即海绵铁）锻造法制造铁器了。块炼铁是用木炭还原铁矿制成海绵铁，这和现在还原铁粉的生产工艺相似，故可称之为早期的粉末锻造技术。这项技术后来由于炼铁技术的兴起而从历史舞台上消失。进入 18 世纪后，为制取金属铂，粉末冶金重新焕发了青春。从而，使粉末冶金这么古老的冶金技术开始进入现代科学技术发展的行列。

继金属铂之后，在 19 世纪后期至 20 世纪初，用粉末冶金方法制取了具有划时代意义的钨。之后粉末冶金方法制取了钼、铌等难熔金属，从而为现代电子和电光源工业的发展奠定了基础。

20 世纪初，继难熔金属之后，用粉末冶金技术陆续研制成功了硬质合金，多孔性金属含油轴承、钨-钢与钨-钢镍复合材料等。

2003 年全球粉末货运总量约为 88 万吨, 其中美国占 51%, 欧洲 18%, 日本 13%, 其他国家和地区 18%。汽车工业的发展推动了现代粉末冶金技术的进步。汽车制造业现已经成为粉末冶金工业最大的用户, 2005 年欧洲生产的粉末冶金结构零件 80% 用于汽车制造, 在日本为 90%, 北美为 75%。一方面汽车的产量在不断增加, 另一方面粉末冶金零件在单辆汽车上的用量也在不断增加。北美平均每辆汽车粉末冶金零件用量最高, 为 19.5 公斤, 欧洲平均为 9 公斤, 日本平均为 8 公斤。中国由于汽车工业的高速发展, 拥有巨大的粉末冶金零部件市场前景, 已经成为众多国际粉末冶金企业关注的焦点。

信息行业的发展也为粉末冶金工业提供了新的契机。日本电子行业用的粉末冶金产品已经达到了每年 4.3 亿美元, 其中热沉材料占 23%, 发光和电极材料占 30%。

现代粉末冶金工业, 除了通常所讲的生产铁粉、铜粉等金属粉末和生产铁基、铜基粉末冶金制品等产业外, 广义的讲, 还应包括用粉末冶金技术制造的所有产品门类的产业, 诸如难熔金属制品、硬质合金、金刚石-金属制品、软磁与硬磁铁氧体元件、技术陶瓷、电触头材料、多孔性金属过滤器、金属-石墨材料等产业。现在用粉末冶金技术制造的材料或制品, 大体上可以分为五类:

- 1) 粉末冶金机械零件, 其中包括烧结金属自润滑轴承、烧结金属结构零件及烧结金属摩擦材料与制品等;
- 2) 铁氧体磁性材料, 其中包括永磁铁氧体材料、软磁铁氧体材料;
- 3) 硬质合金材料与制品, 其中包括工具材料、耐磨材料、耐高温与耐腐蚀材料;
- 4) 难熔金属或高熔点金属材料与制品, 诸如钨、钼、钽、铌;
- 5) 精细陶瓷材料与制品。

粉末冶金机械零件是当前粉末冶金工业的主导性产品。广泛使用的粉末冶金机械零件材料有烧结铁、烧结碳钢、烧结低合金钢、烧结合金钢、烧结不锈钢、烧结铝和烧结铝和金、烧结铜和烧结铜合金、烧结镍合金等。

早期的粉末冶金机械零件主要是含油轴承与垫圈之类的制品, 形状简单且力学性能较低。近 40 年来, 由于钢铁粉末、粉末成形压机、模具、烧结炉等的不断改进, 组合烧结、粉末锻造、注射成形、温压及冷、热等静压等工艺技术的相继开发, 制造的粉末冶金结构零件形状愈来愈复杂, 材料的力学性能越来越高, 像

汽车发动机中承受动态应力最高的连杆，现在不但可用粉末锻造生产，甚至可用一次压制-烧结工艺制造。利用温压技术，用一次压制-烧结就可以使铁基粉末冶金零件的材料密度达到 7.4g/cm^3 以上，从而使材料的力学性能显著增高。因此，粉末冶金机械零件的市场一直在不断扩大。

1.2 模具工业在现代工业国民经济中的地位

模具因其生产效率高、产品质量好、材料消耗低、操作简单、生产过程易于实现机械化与自动化、生产成本低而获得广泛的应用，利用模具可以加工出薄壁、重量轻、刚性好、形状复杂的零件；产品质量有模具保证，具有一模一样的特点；这是其它加工制造业所无法完成的；模具是现代工业，特别是汽车、摩托车、航空、仪表、仪器、医疗器械、电子通信、兵器、家用电器、五金工具、日用品等工业必不可少的工艺装备。据资料统计，利用模具制造的零件数量，在飞机、汽车、摩托车、拖拉机、电机、电器、仪器仪表等机电产品中占 80% 以上；在电冰箱、洗衣机、空调、电风扇、自行车、手表等轻工业产品中占 90% 以上；在子弹、枪支等兵器产品中占 95% 以上；在日用金属产品中占 95% 以上。可见，研究和发发展模具技术，对于促进国民经济的发展和工业现代化具有特别重要的意义。目前，模具技术已成为衡量一个国家产品制造的水平的重要标志之一。

1.3 粉末冶金模具的现状

80 年代后，我国的一些主要粉末冶金机械零件生产企业，先后从日本、欧洲及美国引进了高压压缩性雾化铁粉成套雾化装备，铁粉精还原炉，卧式雾化铜粉装置，机械式与液压式粉末冶金压机，网带式、推进式及步移梁式烧结炉，氮基气氛装置，水蒸汽处理炉，连续式双金属带材和 CM(DU) 带材生产线，喷撒法生产铜基摩擦片生产线，以及铁基结构零件、微型精密铜基含油轴承，电机车受电弓滑板，铜基过滤元件，铜基摩擦材料，双金属带材和 CM(DU) 带材等的制造技术。通过消化、吸收这些引进技术与设备，有力地推动了我国粉末冶金机械零件工业的技术进步，使其生产技术水平有了明显提高。例如：1. h1 含油轴承洗衣机、电机用含油轴承 1983 年以前全部从日本进口，1987 年北京粉末冶金工业公司实验厂试制成这种轴承后，挡住了进口。现在该厂年产量数以百万计，微型精密含油轴承是音像机器和微小型电机不可替代的关键零件。我国生产这种含油轴承的能力已超过 2 亿件/年，材料有铜基、铁基及铁铜合金等。

80 年代后期, 我国家用电冰箱生产发展迅速。电冰箱的心脏是压缩机, 而压缩机的一些主要零件都是用粉末冶金制造的, 诸如往复式压缩机中的连杆、活塞、轴套、阀板, 旋转式压缩机中的缸体、缸盖、平衡块、叶片等。现在宁波粉末冶金厂等一些厂家已能批量生产这些零件。这些零件是由易切削铁粉制造的。易切削铁粉的主要添加剂 MnS, 国内已研制成功, 并开始小批量生产。宁波粉末冶金厂经过 4 年研制, 已试制成功大发车的曲轴正时齿轮、凸轮轴正时齿轮、平衡块、主动与从动链轮, 止推板等, 有的零件已进入批量生产阶段。上海粉末冶金厂为上海桑塔纳轿车配套的粉末冶金零件 17 种 33 件, 已有 14 件(包括二次配套件)先后投入批量生产。

飞速发展的粉末冶金制品, 也给模具制造带来了飞速的发展。有单一的整体式的模具到复杂的组合式的模具一应俱全, 产品数量直线上升。这就为现在的模具设计提出了新的要求: 高的寿命, 高的强度, 高的耐磨性, 高的韧性, 高的耐热性等。这就给设计工作者提出了更高的要求。这不仅要求对模具制造工艺了如指掌, 而且要对材料的性能及特点非常熟悉。

第 2 章 粉末冶金模具设计的原则

2.1 通用粉末成形压机的选择原则

- 1) 压制成形用原料粉末的特性, 原料粉末的特性影响压制时的装粉速度、压制压力-密度曲线以及可达到的尺寸公差;
- 2) 零件压坯的几何形状, 决定了所需模冲的个数;
- 3) 制品的尺寸公差;
- 4) 批量大小, 生产批量大时, 模具更换少, 反之亦然;
- 5) 粉末冶金生产厂可利用的压机和模具的结构、气候条件和建筑特性等;
- 6) 操作和维修人员的素质;
- 7) 快速采购备件的可能性;
- 8) 对自动化程度的要求。

2.2 压坯的选用原则

- 1) 材质 根据所要求的强度、硬度、耐磨性、耐蚀性、气密性、磁性等物理-力学特性, 来选择材料的组成、密度、后续处理等;

2) 零件尺寸 根据对象零件的尺寸计算成形加压面积。然后依靠材质选定的密度, 确定所需要的单位面积压力, 从而计算出所需要的总压制力;

3) 零件形状 关键在于是否能压制成型, 若整体无法压制成型, 可以考虑分割成 2 部分以上分别压制成型再组合起来;

4) 成本 尽量将功能用不上的零件部分去除, 以节约材料, 降低生产成本;

5) 精度 零件形状确定之后, 在选定的材质、后续处理等条件下, 确定压坯精度。为了充分利用粉末冶金零件的经济性, 最好用模具压制成型来保证各项精度。

2.3 压制成形模具设计准则

1) 阴模型腔内各个部位都必须可靠地充填以数量精确的粉末;

2) 压坯内的密度分布应尽量均一;

3) 为保证邻接部分粉体间充分连接, 对阴模型腔内各处的粉体应同时进行密实。应注意密实粉体仅只很微量向侧向移动;

4) 必须将压坯完好的从成型模具中脱出;

5) 对模具零件的所有必要的动作都必须进行适当的控制, 而且必须能以足够高的精度进行重复;

6) 模具的模冲尽量少;

7) 在压制过程中, 模冲不得与阴模或芯棒, 或相互卡住;

8) 在压制过程中, 所有模具零件都必须能承受施加于其上的载荷。所有零件都必须尽量耐磨, 而且应具有最高的可预期寿命;

9) 模具的所有功能都必须最好的利用压机的相应功能;

10) 模具的设计应便于组装和安装在压机上, 以将组装的时间缩短到最短;

11) 磨损的模具零件应尽量容易更换, 以将停工时间缩小到最短;

12) 就预期的模具使用寿命和生产压坯数量而言, 模具的制造成本必须合理。

第 3 章 模具的设计和材料选择

3.1 压坯的要求和压制方式的选择

该零件为刹车片如图 3-1 所示, 需要在压制的过程中进行和刹车片背板的烧结。

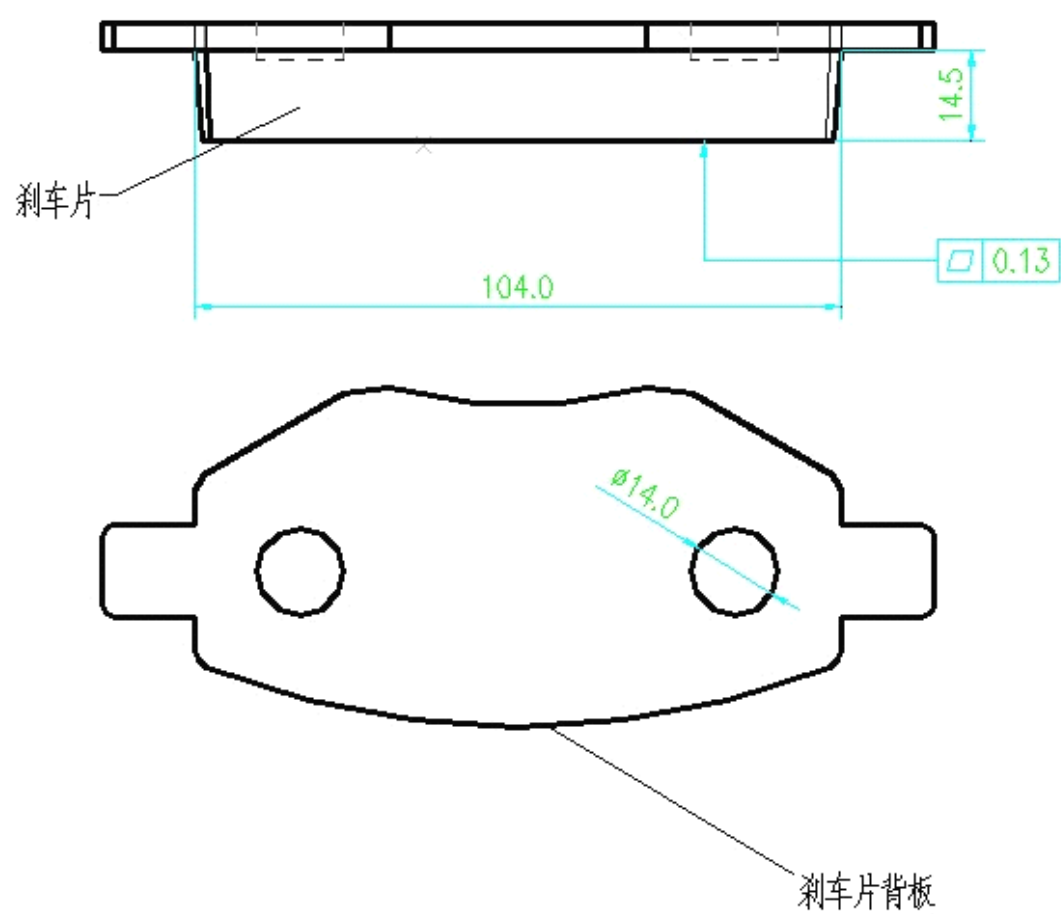


图 3-1 刹车片与背板的组合图

实际零件类似于图 3-2

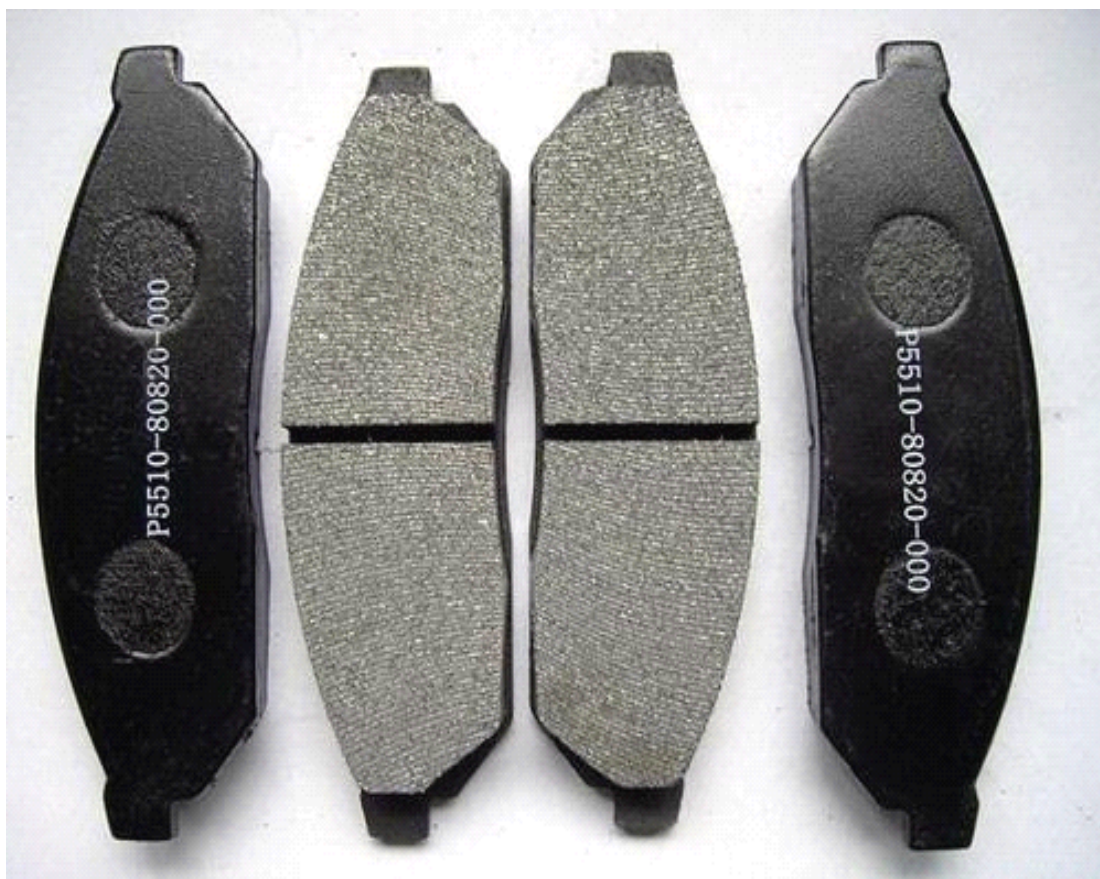


图 3-2

经查阅资料，刹车片材料除了大约 50%左右的金属材料如还原铁粉、钢纤维等，还有一定的各种纤维，酚醛树脂，利于烧结的各种成分在其中，查阅各阶段铁粉的密度如表-1：

粉末种类	松装密度 γ_0 (g/cm ³)	
	范围	常用值
还原铁粉	2.0 ~ 2.8	2.4
雾化铁粉	2.5 ~ 3.2	2.8
雾化 6—6—3 青铜粉	2.4 ~ 3.1	2.7
电介铜粉	1.7 ~ 1.9	1.8

表-1

选择比还原铁粉还要小一些的松装密度 2.0g/cm³ 而压制之后的刹车片压坯密度根据图表-2，

分类	密度 (g/cm ³)	孔隙度 (%)	单位压力 (Mpa)
----	-------------------------	---------	------------

低密度零件	<6.3	>20	<45
中密度零件	6.3-7.1	9-20	450-825
较高密度	7.1-7.6	2-9	>825
高密度零件	>7.6	<2	液相烧结和渗透 工艺制作

表-2

确定为低密度 $5.3\text{g}/\text{cm}^3$. 由于需要与刹车片背板压制烧结在一起

3.1.1 压制方式的选择

压坯密度的均匀性，是大压模设计要解决的主要压制质量指标。

在压制过程中，影响压坯密度分布均匀的因素较多，除了粉末成分、性能及模具表面质量外，主要有两个方面：一是由于模壁之间的摩擦所引起的压坯密度不均匀分布，他于压制方式有关。二是当模腔中的粉末同时受到压缩式，粉末体产生柱式流动，几乎不产生明显的横向流动，所以压坯密度分布均匀性还与模腔内各部分粉末填装高度、压缩比、压缩速率或最后压缩速度有关，这些都可以通过压制工艺参数来控制。

由于粉末与模壁之间的摩擦，所引起压坯密度无论是在高度还是横截面的分布都是不均匀的，特别是随着压坯高径比的增大引起的压坯密度沿高度方向的不均匀越来越大。但是压制方式的不同，压坯密度分布有很大差别。

单向压制时，压坯密度分布很不均匀，如果采用双向压制中的非同时双向压制或摩擦芯杆压制，可以显著改善压坯密度分布的不均匀性。

明确了压坯密度分布与压制方式之间的关系后，要解决压模设计中压坯密度分布的均匀性，必须根据压坯的形状、高径比、生产批量和压机选择压制方式和压模结构类型。

(1) 当圆柱体压坯的高径比 $H/D \leq 1$ 时, 圆筒形压坯的高壁厚比 $H/T \leq 3$ 时, 可采用单向压制和单向压模.

(2) 当 $H/D > 1$ 或 $H/T > 3$ 时, 通常采用双向压制和双向压模;

(3) 当 $H/T > 4$ 时, 最好采用压制时芯杆和阴模能相对移动的压模;

(4) 当 $H/T > 6 \sim 10$ 时, 可采用摩擦芯杆压模或压制时阴模、芯杆和上模能相对下模冲移动的压模结构。一般浮动芯杆的移动速度约等于阴模移动速度的二分之

一。但上模冲的移动速度要比阴模和芯杆打，才能保证压坯密度分布均匀。

该刹车片的高径比 $H/D=14.5/110<1$ ，但由于有凹孔，所以选择使用单向压制。

3.1.2 顶出方式的决定

方案一，拉下式：

阴模浮动至下模冲的高度，使压坯脱出，如图 3-1

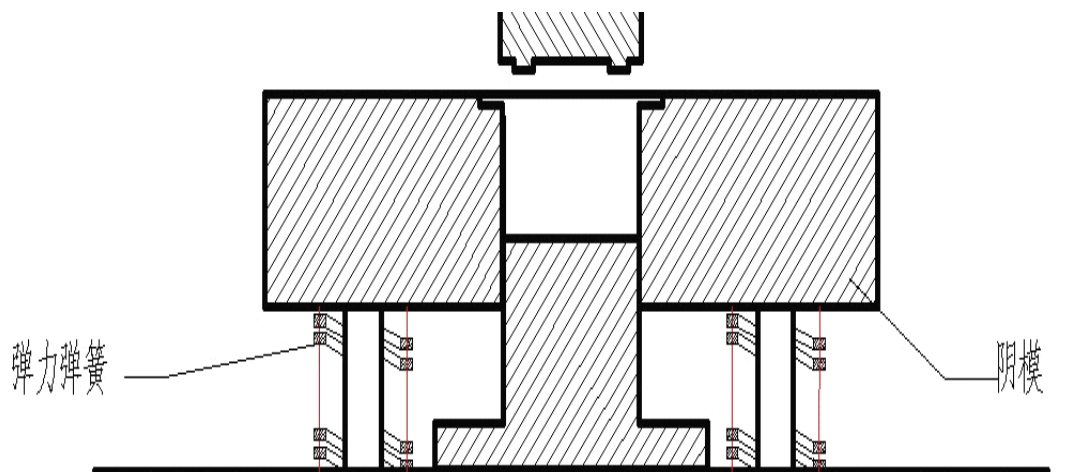


图 3-3

压制完成后，阴模继续由上模座的压力继续向下移动，移动至下模冲的上表面，最终顶出，之后取出零件。问题是动作过于繁琐，速度较慢，不适于大批量生产的要求。

方案二，顶出式：

阴模不动，下模冲在压制完成之后继续向上运动，运动到阴模的上表面，顶出零件完成取出零件的要求，如图 3-4：

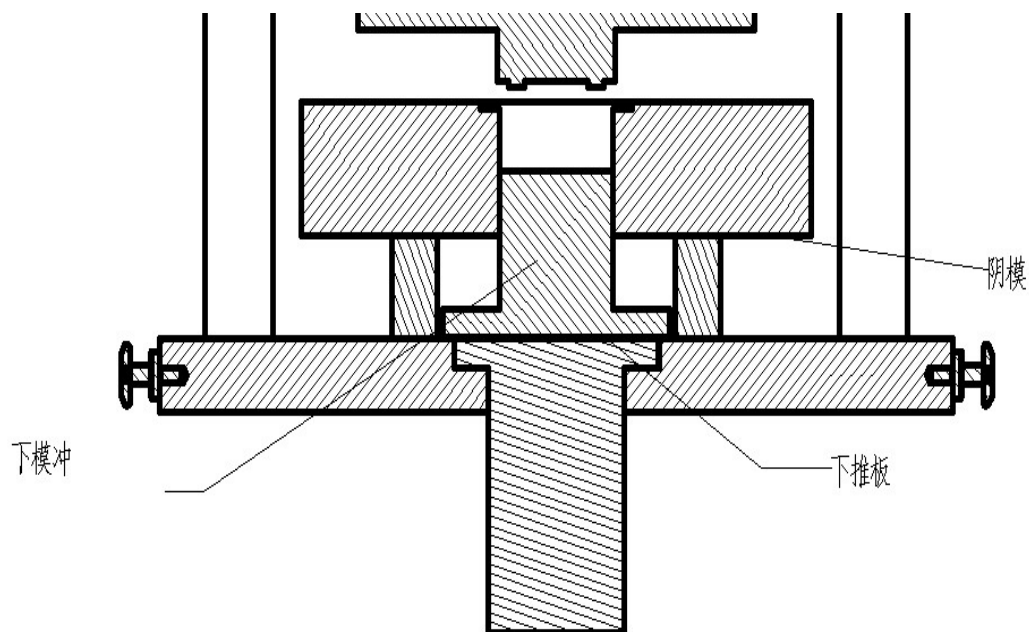


图 3-4

如图所示，下推板推动下模冲完成压制动作，之后在下推板的作用下继续向上运动，运动到阴模上表面，是零件完成脱模动作。该动作简单快捷，由于是借助压床的动力，对于一些脱模力较大的零件也可以应用，非常适合大批量生产，缺点在于阴模内腔会加速磨损。

综合两种方案，再根据零件是一种大批量生产，只要求一定的平面度，对阴模压制的外轮廓并没有很高的要求，所以即使是有一定的磨损也在承受范围内，决定选择使用下模冲向上运动使零件脱模的方案。

3.1.3 加热板的排布方案

方案一：

整个模具全部加热，如图 3-5

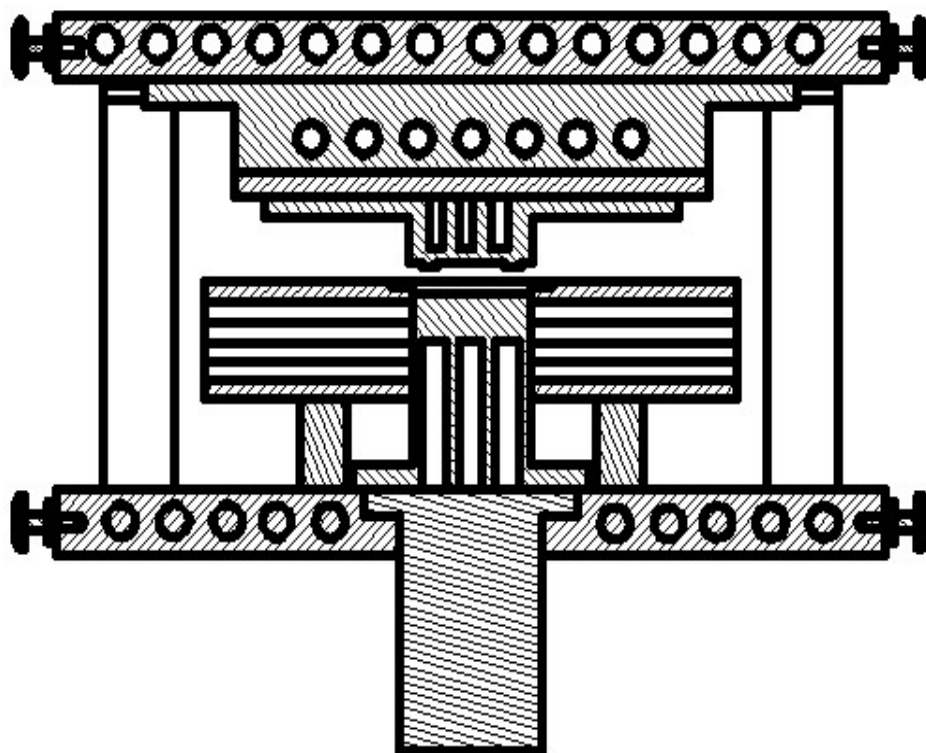


图 3-5

几乎在所有的零件上都设有加热元件的孔，优点是加热速度非常快，拥有很快的加工便捷性，相对的，缺点也非常大，浪费资源严重，相比于一般的模架来说，整体强度下降很多，抗弯曲的强度也有所下降。

方案二：

在关键性的局部位置添加加热板或者在强度比较高的模冲内加工可放置加热元件的深孔，如图 3-6

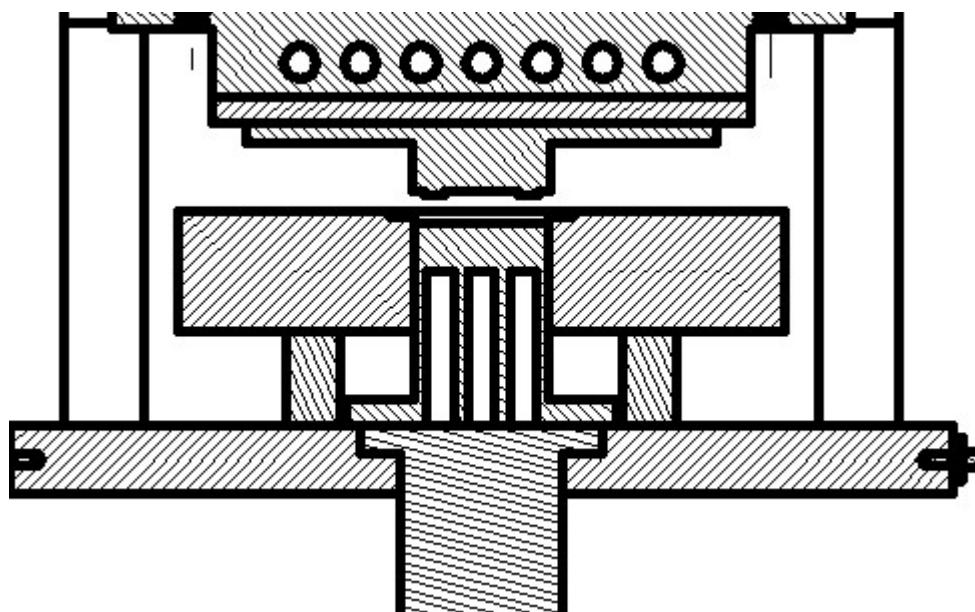


图 3-6

如图，仅仅在下模冲和上模冲的垫板之上加设了加热元件，相对于全体加热，加热速度相对较慢，但是考虑到只是加工时的预热速度较慢，等加热到可加工温度，持续加工的时达到所需要的温度很快，如此一来，将大大节省能源的消耗，节约资源，各方面的强度寿命也没有太大的影响，所以选择方案二。

3.2 阴模的设计

首先，阴模的高度必须高于装粉的高度，所以利用压坯密度和粉末填充密度之间的比率 Q 来计算零件部分所需要的装粉密度，比率 Q 可以根据如下公式计算：

$$Q = \text{压坯密度} / \text{充填密度} = \text{充填深度} / \text{压坯高度} \quad (3-1)$$

$$Q = 5.3 / 2.0 = 2.65.$$

则所要求出的装粉高度 F 为： $F = H \times Q = 14.5 \times 2.65 = 38.5\text{mm}$ 。

假定对与下模冲在阴模型腔内导引距离需要 25mm，则阴模至少要比装粉深度高 30mm。于是，将阴模下端面的边缘标注在上端面边缘以距离为 $A = F + 30\text{mm} = 70\text{mm}$ 处。最后，考虑模冲的长度。因为模冲的必须要足以能够将压坯从阴模中完全脱出，即它们的长度至少为 84mm。对于这个长度，还应加大裕度 5~10mm，以便能够修正磨损的模冲轮廓外形。所以最终定为长度为 90mm。

3.3 上下模冲的设计

3.3.1 下模冲长度的设计

形状与刹车片的形状一致,由于之前决定使用的顶出方式为下模冲运动至阴模面来顶出加

工零件,且选用了直径为 25mm,长度为 100mm 的加热元件,并且需要留出 30mm 以上的壁厚和 5~10mm 的磨损余量,最终确定下模冲长为 150mm.

3.3.2 上模冲的设计

上模冲在压制时起到固定刹车片背板,并且通过刹车片背板参与刹车片压制和烧结的过程,而且由于在上模冲背面设有一套加热原件,所以在不必要的情况下,可以设计的尽量短一些,便于加热元件的热量能够更快且尽量减少消耗的传递过来.上模冲的外轮廓与刹车片一致,但是需要通过刹车片背板的两个孔进行固定和定位,所以需要有两个 $\Phi 14$ 的圆形凸台,所以长度为 35mm,加上厚度为 15mm 的连接板。

注:

阴模型腔的硬度约为 62~65HRC,不得低于 60HRC。模冲除和阴模型腔一样必须耐磨以外,还必须具有韧性,故模冲的硬度可比阴模稍低一些,一般以 60~63HRC 为宜。

模具表面粗糙度愈小愈好。这不仅可以减少压制成型时粉末与阴模型腔间的摩擦力,且可增高压坯密度的均匀性,减低脱模压力。文献表明,精细研磨的硬质合金阴模型腔表面,可时脱模力减到 1/7. 因此,阴模型腔及模冲端面粗糙度极为重要。理论上,粉末压制成形模具中与粉末成形相关的任何表面,粗糙度上都是越小越好,以不大于 $Ra0.125\mu m$ 为宜。

3.4 其它模架零件的设计

下模冲与下模座之间需要一段空间来保证下模冲的压制运动能够顺畅进行,所以在下模座与阴模之间需要一组阴模固定块来支撑阴模一下模座之间的这片空间。下模冲长为 150mm,阴模高度为 90mm,阴模的装粉高度为 40mm,所以固定块的高度至少为: $150-(90-40)=100mm$,再留出至少 10~20mm 的余量,最终确定阴模固定块的高度为 120mm。

下模座和上模座由于需要装置导柱和放置杆,而导柱在 MISUMI 的标准件中查询到大于 350mm 长度的导柱直径需要 60mm,所以设定放置杆的直径也设计为相同的 60mm,最终确定上下模座的面积为 $700mm \times 550mm$,厚度为 50mm。

加热板上表面设计成略小于上模座,以便于连接,而下表面用来传递热量,为了尽量不浪费资源,设计成与上模冲大小一样,厚度暂时定为 90mm。

3.5 连接方式的设计

3.5.1 上下模座与固定板之间的连接

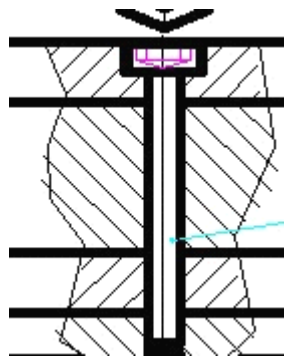


图 3-7

使用 M10×90 的内六角螺钉，方便拆卸，连接紧密，强度高。

3.5.2 下模座与阴模固定板之间的连接

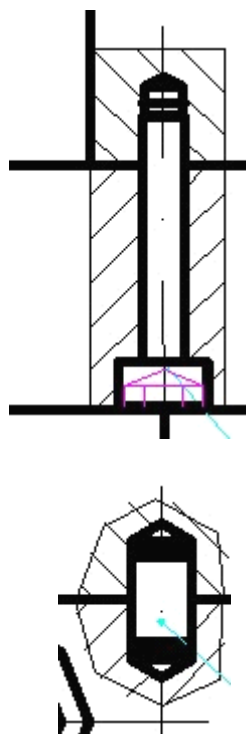


图 3-8

使用 M8×50 的内六角螺钉连接，并且每一侧用两个 M12×20 的定位销来确定位置和承受阴模的压力。

3.6 阴模材料的选择

阴模是成形零件压坯轮廓形状的模具，耐磨性特别重要。粉末成形时，阴模承受巨大内压。为防止破损，阴模大多以热装状态使用。因此，主要采用主要采用高硬度材料制造，并进行热处理。

在这里使用合金工具钢 Cr12MoV，且硬度要高于 60HRC。

3.7 模冲材料的选择

模冲压制成形用的模冲都不只是使用一次，二是 $10^5 \sim 10^6$ 次或更多，同时在使用过程中不得断裂或产生塑性变形，而且在负载作用下不会弹性胀大到挤进阴模型腔中的程度。就量一个压制周期中产生很小量的塑性变形，经过若干的压缩周期后，也会使模冲发生相当大的缩短与增厚。其后果可以想象：模冲缩短时，压坯的高度会相应的增高，而当模冲增厚时，最终会挤进阴模型腔与断裂，而且，可能会损坏整套模具。

于是，模冲必须具有高压压缩屈服强度、高的刚度及高的疲劳强度。除了上述性能外，再由模冲形成压制成型模具壁的一部分的场合，模冲表面的硬度还必须足够高。必要时，可十分精细的将模冲进行表面硬化，以免发生脆裂和表面开裂。只有刚度最高的一类工具钢适用于制造模冲，最理想的情况是，制造模冲的材料具备以下性能：

- (1) 软化退火时，切削性能好；
- (2) 淬火硬化后，具有最高可能的刚度与疲劳强度；
- (3) 在淬火硬化过程中，具有最高可能的尺寸稳定性和最小可能的对裂纹的敏感性；
- (4) 最高可能的耐磨性；

所以选择使用工具钢 Cr12MoV。

3.8 模架的材料选择

制作与模冲托板都是模架的一部分，即便是跟换模具，他们也都是通用的，故具有不产生缺陷与压痕的硬度是必要的。由于它们的尺寸余裕的场合居多，故在强度方面，没有必要采用像模具那么高级的材料。可使用 SK5(T8Mn) 或 SK3(T10)，硬度和模冲相同或略高即可。

这里选择材料为 45 号钢，硬度与模冲一样。

第 4 章 强度的校核

4.1 压机的选择

金属粉末的压制力通常由其单位流动压力所决定:

$$P=nFp \quad (4-1)$$

式中 p —金属粉末平均单位流动压力

F —压制坯截面积

n —压制模中型腔数量(对一次多件压制)

由于该刹车片只需要 45Mpa 左右的压力, 截面积为 4500mm^2 , 所需压制力使用原料粉末的成型压力乘以该零件的截面积, 所以压力 $F=45 \times 4500=202500\text{N}$,

确定压制力后, 可选择压机的吨位:

$$P_1=C_p P \quad (4-2)$$

式中 C_p —压力机吨位裕度系数, $C_p=1.25\sim 1.30$

而压制后制件的顶出力有侧压力 p_c 、粉体侧表面面积 F_c 和粉体与模壁的摩擦系数 μ ($=0.1\sim 0.2$) 确定:

$$P_{\text{out}}=\mu F_c p_c \quad (4-3)$$

顶出力为: $P_{\text{out}}=0.15 \times 3804 \times 10^{-6} \times 45 \times 10^6=30\text{kN}$

所以选用 SX-40 压机, 主要技术参数数据: 额定压制力 400kN (45tf); 脱出力 180kN(20tf);

阴模最大装粉深度 120mm; 压制速度范围 6~24 件/min; 上压头/下速头速度比 1:1~1:4。

4.2 模冲强度校核

①由于压制成形模具在周期高载荷下工作, 因此, 必须对主要受力件进行强度校核。

冲头一般处于压应力状态, 其强度校核式为:

$$\sigma = P/F_{\min} \leq [\sigma] \quad (4-4)$$

式中 P - 金属粉末压制力

$F_{\min}$ - 冲头最小截面积

$[\sigma]$ - 工具钢许用应力

$$\sigma = 220000/4500=48\text{Mpa} < 180\text{MPa}$$

下模冲为刹车片的外轮廓, 则

$$\sigma = 400000/4500=88\text{Mpa} < 180\text{MPa}$$

阴模强度校核:

$$\sigma = P_{\text{out}}/F = 30000/3804 = 7.8 \text{ MPa} < 180 \text{ MPa}$$

②对支撑模座和固定板也需要进行抗压强度校核:

$$\sigma = P/F \leq [\sigma]$$

加热板的强度校核:

$$\sigma = 4000000/77392 = 5.16 \text{ MPa} < 80 \text{ MPa}$$

模座的强度校核:

$$\sigma = 4000000/370000 = 1.1 \text{ MPa} < 80 \text{ MPa}$$

第 5 章 模具间的余量的计算

5.1 下模冲的弹性变形余量

模冲的弹性变量

$$\text{公式为: } \Delta L = L \times P/E \quad (5-1)$$

其中: ΔL —弹性变形量

L —模冲长度

P —成型压力

E —弹性模量 (模具钢 210MPa)

$$\text{上模冲弹性变量: } \Delta L_1 = 55 \times 220000/210 \times 10^6 = 0.05 \text{ mm}$$

$$\text{下模冲弹性变量: } \Delta L_2 = 150 \times 220000/210 \times 10^6 = 0.137 \text{ mm}$$

5.2 阴模与下模冲的间隙

如果零件压坯的外径对内孔的同轴度要求较高, 则间隙值可取 $5 \sim 7 \mu\text{m}$ 。对于一般工业生产用的原料粉末, 配合间隙值可取 0.013 mm , 其目的在于防止粉末进入模冲和阴模型腔的间隙中。当零件压坯的半径大于 25 mm 时, 一般间隙值为其直径的 0.05% 。

$$\text{间隙为: } 104 \times 0.05\% = 0.05 \text{ mm}$$

推荐的滑动模具零件间的间隙如表-3

模具尺寸/mm	间隙 ($\approx \text{IT5}$) / μm
≤ 10	$10 \sim 15$
$10 \sim 18$	$12 \sim 18$

18~30	15~22
30~50	18~27
50~80	21~32
80~120	25~38

表-3

应用表中推荐的间隙时，我们必须明白，在压制压力作用下，模冲会产生弹性胀大。这就意味着阴模与模冲之间的间隙减小。将这样窄小的间隙用于异形阴模型腔和模冲，在模具制造上会有一些困难，但是模具令人满意的进行相当长时间并不容许较大的间隙。

模具使用寿命长的前提是所有滑动表面的粗糙度都必须极好（一般不大于 $Ra0.125\mu m$ 为宜），而且一对滑动副的表面硬度要匹配的当。

5.3 压坯烧结率与回弹率的总收缩率计算

5.3.1 压坯的回弹率

常见的铁、铜压坯的回弹率见表-4

铁、铜压坯的回弹率 g

密 度 (g/cm ³) 粉 末 种 类	>5.6~6.1		>6.1~6.5		>6.5~7.2		>7.2~7.6	
	范围	常 用 值	范围	常 用 值	范围	常 用 值	范围	常 用 值
铁基	0.1~0.2	0.15	0.15~0.25	0.20	0.20~0.30	0.25	—	—
铁基	—	—	0.05~0.15	0.10	0.10~0.20	0.15	0.15~0.25	0.20
6-6-3 青铜	—	—	—	—	0.08~0.12	0.10	0.10~0.20	0.15

表-4

5.3.2 回弹率的影响因素

①粉末的塑性，不仅与其成分有关，而且相同成分但加工工艺不同时，塑性

差异易较大。如粉末破碎时的应力大小，退火充分与否，粉末含氧量及其他因素等。塑性好，则回弹率小。

②压坯密度高，则压制压力大，侧压力亦大。模具型腔随之增大，回弹率也就增大

③阴模的刚性对回弹率影响较大，刚性差则变形大，回弹率也大。

④压坯高度大于一定值时，高度对回弹率影响不大。但当高度小于一定值时，则高度对回弹率的影响逐渐明显。当压坯高度小于 3—5mm 以下时，回弹率大大降低。

烧结收缩率及其影响因素

5.3.3 烧结收缩率

常见的铁、铜压坯的烧结收缩率见表-5

铁、铜压坯的烧结收缩率 c

成分	密度 (g/cm ³)	收缩率 (%)		工艺条件
		范围	常用 值	
纯铁	>5.6~6.1	0.5~0.8	0.6	烧结温度 1080~1150℃
	>6.1~6.5	0.3~0.7	0.5	
	6.5~7.1	0.2~0.4	0.3	
铁— 碳	>5.6~6.1	0.5~1.0	0.8	含碳 1~3%，烧结温度 1080~1120℃
	>6.1~6.5	0.4~0.8	0.6	
	6.5~7.1	0.3~0.5	0.4	
6-6-3 青铜	>6.5~7.1	1.2~2	1.5	烧结温度 780~830℃

表-5

收缩率的影响因素

①化学成分对收缩率有一定影响。不仅不同的金属粉末收缩率差异较大，而且少量的合金元素添加剂，对收缩率也有一定的影响。例如，在铁基材料中，添加碳、硒、铝、硼等元素，使收缩率增大；添加铜，可阻碍收缩，一定条件下可使收缩率接近零，甚至胀大。在铜基材料中，添加锡、磷等元素，可增大收缩率；

添加锌，在一定条件下，有阻碍收缩的作用。

②提高压坯密度，可是收缩率减小，反之亦然。

③烧结工艺对收缩率影响最为明显。提高烧结温度，收缩率增大。这因素最敏感，尤其对于收缩率大的材料。延长保温时间，是收缩率增大。保护气氛是不能忽略的因素，真空和良好的还原气氛可增大收缩率，反之则阻碍收缩率，甚至胀大。尤其对于加有硅、铝、锰合金元素的铁基材料，哪怕是少量的水蒸气的存在亦会氧化。铜基材料对油污染气氛较敏感，烧结气氛中有油污的挥发存在，则阻碍收缩，甚至根本烧结不好。无论采用哪些烧结措施，均可增大收缩率，如铁、铜基材料的预氧化烧结；气氛中加有少量的卤族化合物以及物理措施。

在加工时需要留出烧结之后的形变量之后的余量，在经过复压整形之后成为最终的产品。

余量计算如下： $104 \times (0.6\% - 0.15\%) = 0.47\text{mm}$ (5-2)

所以加工之后要增加 0.5mm 左右的余量。

第 6 章 主要零件加工后应达到的要求

6.1 阴模

(1) 阴模的高度应能容纳压坯所需要的松散粉末，并使上下模冲有良好的定位和导向。

(2) 能保证压坯的几何形状和尺寸精度。

(3) 工作表面要有良好的粗糙度。

(4) 工作表面要有高的硬度和良好的耐磨性。

(5) 在工作压力下应有足够的强度和刚度。

(6) 根据产品的批量和复杂程度，选择模具材料的优劣。

(7) 结构上应便于制造和维修，便于安装操作方便。

(8) 能使压件完好的脱出压膜。

(9) 平磨后须退磁

6.2 模冲

(1) 工作表面要有足够的硬度和耐磨性，材料的选择与热处理应考虑有适当

的韧性。

(2) 上下模冲对阴模和芯棒应有良好的定位与导向，并有合理的配合间隙，复合的模冲 应能脱出压件。

(3) 上下模冲的工作面和配合面应有良好的粗擦度，非工作段的外径可适当缩小，内孔可适当的放大，以减少精加工与阴模的摩擦。

(4) 有关部位应能保障不垂直度，不平行度和不同心度等技术要求。

(5) 平磨后须退磁

6.3 其他零件

名 称	材 料	技术要求（长度单位为 mm）
上 模 座	Cr12	1. 不平行度允差为 0.02 2. 不垂直度允差为 0.015~0.030 3. 热处理硬度 HRC50~55
垫 板	Cr12	1. 不平行度允差为 0.01~0.02 2 热处理硬度 HRC52~56
导 柱	45	1. 不平行度允差为 0.015~0.030 2. 不垂直度允差为 0.015~0.030 3. 调制处理硬度 HRC28~32 4. 长度每组几件允差为 0.02~0.03
下 模 座	45	1. 不平行度允差为 0.02 2. 热处理硬度 HRC40~50
压	45	1. 不平行度允差为 0.02 2. 热处理硬度 HRC40~45

座		
接	45	1. 不垂直度允差为 0.02 2. 调制热处理硬度 HRC28~32
杆		

表-6

总结与展望

刚刚拿到本次毕业设计的时候相当自信，觉得学了两年模具设计，一个不算太复杂的模具设计还不是手到擒来。随着毕业设计的慢慢深入，之前的自信也一点点的消减，到了最后只知道学，不停地看书，不停地思考，沉浸在模具设计这门深且广的学科之中。

首先，我做的开题报告的相关资料的查阅与收集，每读一篇学术大拿们发表的文章，就不得不对学术领域的专家们的奇思妙想所震惊，越加的是自己感觉到在学校里学的那些自以为很到家的简陋知识简直连皮毛都算不上，各种前沿的技术，各种可预期的发展，都使我这个见识浅薄的菜鸟对这些技术了解的欲望愈加的强烈。也是我对模具设计的兴趣也愈加的浓厚。特别是冲压模具这一类的大型模具，幻想如果自己有一天能设计出一款几十上百吨的大型模具并且能够很好地完成预定的工作，寿命比同类的长，价格比同类的低，那是何等的一种享受。

本次毕业设计，首先我查阅了大量关于模具设计的一些资料，模具行业的发展，是呈一个上升的趋势，并且速度很快，可以说是一个很有前景的产业。模具在工业生产中的地位也越加的重要。生活中使用的生活用品，可以说 90%以上都是由模具生产出来的，地上跑的汽车，海里跑的轮船，天上飞的飞机，外壳或者许多零件也都是模具中的冲压模具做出来的，而另一个高速发展的模具行业—粉末冶金模具，也由于汽车行业的高速发展跟着迎来了的春天，如今许多高强度的零件不如行星轮，轴承，各种齿轮，都是由粉末冶金模具加工出来的，而且种类也越来越繁多。各种各样的资料从各方面证明了模具行业的发展前景是很广阔的，进入这个行业并不是一个错误的选择。

接下来根据老师给予的题目，刹车片的压制成形，本来以为是冲压模具的领域，但是经过大量的查阅资料 and 了解，发现这是粉末冶金模具的领域，由于之前对粉末冶金的知识接触的并不是很多，但为了做好本次毕业设计，在图书馆和网上耗费大量的时间自学了许多关于粉末冶金和粉末冶金模具设计的只是，大大的充实了自己，并对自己后一步模具设计奠定了良好的基础。

对于模具设计，我们首先就要先知道设计的东西有什么要求，特别是主要的零部件，如果什么都不知道，那也就谈不上是真正实际的设计，所以古往今来前人总结出来的经验是必须要看的，比如：压机的选用原则，需要根据压坯的压力，

压机的速度，批量的大小等等来进行合理的选择。同理，压坯的设计和模具的选择也有许多在实际选择中要遵守的准则。由于自身能力水平的有限，许多要求也可能没有考虑进去，在设计的过程中我会尽量注意，并且随时随地查阅资料来进行纠正。

之后的就进入了真正的模具设计和材料选择的环节，在此过程中，我借鉴了许多前辈的设计的优点，深刻的理解各种方案的优缺点，并且在此基础上，合理的加入了自己的想法，经过零件压制的要求和实际的一些客观要求，选择了最佳的加热和顶出方案。之后的阴模设计，根据书中的装粉高度公式，计算出了阴模的高度，再由阴模的高度，计算出了下模冲的高度并且合理的选择了上模冲的高度，再根据前辈们总结的经验公式和行业中的的一些内部规定，设定了各个部件的厚度。并且，确定了连接方式。之后对于模具材料的选择，也选择了如今应用最广并且各方面性能都很出色的 Cr12MoV 模具钢来作为核心零件阴模和上下模冲的材料。其他模架的零件也选用了应用最广的 45 号钢。应用最广并不代表最差，而是综合性能最出色的体现，还有一方面就是模具设计并不能只看重模具的工作性能出色与否，还要考虑当零件损坏后更换是否方便并且便宜的情况，而 Cr12MoV 和 45 号钢在这些方面可以说是占有绝对的优势的。

当全部设计完毕，选定了材料之后，并不是完结，之后还有许多事情要做，比如接下来要做的强度的校核，选定了模具的形状和材料，他们在压机下是否能在规定的情况下完好地完成需要的动作和能否承受压机的压力等等。由于经验技术和知识的限制，如寿命的计算并没有科学的计算公式，只有每个师傅自己掌握的一些经验公式，使得本人没有办法对一些方面进行校核，惭愧的同时并表示遗憾。

之后是在加工和装配式需要注意的问题，其中最重要的就是各模具零件之间的间隙问题了，间隙的预留不能太小，否则会严重影响零件间的工作状态并且使得零件在压机的压力下加速磨损，大大减小使用寿命，还有出现崩裂的危险情况。间隙过大会出现粉末泄露，运动不平稳等状况，所以间隙的适当也是在模具设计的过程中必须加以慎重考虑的，由于水平的限制，有许多应该考虑的因素可能没有考虑到，希望在不远的将来能够更进一步。

接下来要考虑的就是零件的粗糙度问题了，特别是工作零件表面的粗糙度，一定要加以重视，因为在资料中显示，当阴模粗糙度降低到一定程度时，零件的脱

模力竟然可以降到原来的 $1/7$ ，因此，阴模型腔及模冲端面粗糙度极为重要。而硬度也是一个很重要考虑因素，阴模型腔的硬度约为 $62\sim 65\text{HRC}$ ，不得低于 60HRC 。模冲除和阴模型腔一样必须耐磨以外，还必须具有韧性，故模冲的硬度可比阴模稍低一些，一般以 $60\sim 63\text{HRC}$ 为宜。

其他零件的加工要求并不像主要零件这么严，但是粗糙度和平面度的要求也有严格的要求，为了保证压制出来的零件满足初始的要求，各个零件的要求也不是可有可无的陪衬。限于水平，各种计算出来的平面要求会有一定的错误，感谢老师的指正。

在做毕业设计的过程中，我深切的体会到了模具行业的旺盛活力和无限的发展前景，每天都有新的技术出现，各种能够用应用于模具的新材料层出不穷，模具的应用领域也在不断地深入各个领域，制作的零件的复杂程度也越来越高，制作出来的各方面的指标也远远高于其他制作方法，真正贯彻了多、快、好、省的各项大环境的要求，把模具发展水平看成是一个国家的工业水平的体现之一还是有一定的科学依据在里面的，这么一个在工业领域里极具代表行的产业，确实是一个很好地标志。在大学里选择了模具方向的课程并没有让我感到失望。相信在不远的将来，模具的发展不仅会在产量高，质量好，材料省这些方面越来越好，也一定能在环保，清洁等方面做出一定的突破，相信在不远的将来就会实现。

参考文献

- [1] 王树勋. 模具实用技术设计综合手册[M]. 华南理工大学出版社 1995 850~986
- [2] 赵忠、周康、丁仁亮. 金属材料及热处理[M]. 机械工业出版社 2006 95~123
- [3] 赵占西主编,《材料成形技术基础》,北京:机械工业出版社出版,2001.2 157~186
- [4] 徐灏. 机械设计手册(第3,4卷)[M]. 北京:机械工业出版社,1991.258~291
- [5] Hydro forming Congress, Hydroforming for large volume production Bochum, Nov. 4~5, 1997 134~142
- [6] Keyes, K. A. Pressworking: Stampings and dies. Soc. of Mfg. Engrs. 1980 57~65
- [7] LI Xiong, ZHANG Hong-bing, RUAN Xue—yu, LUO Zhong—hua, ZHANG Yan. Heat Treatment of Die and Mould Oriented Concurrent Design[J]. Journal of Iron and Steel Research, 2006 40~43, 74
- [8] MPIF. Powder Metallurgy Design Manual. 3rd Edition. Published by MPIF, 1998 78~80
- [9] 美国金属协会主编. 金属手册:第七卷, 粉末冶金. 第九版. 北京:机械工业出版社, 1994 68~69
- [10] 粉末冶金模具设计手册编写组. 粉末冶金模具设计手册. 北京:机械工业出版社, 1978 34~36
- [11] 中国材料工程大典, 第十四卷, 粉末冶金材料工程, 化学工业出版社, 2006年1月, 349~353
- [12] 中国模具设计大典, 第四卷, 锻模与粉末冶金模具设计. 江西科学技术出版社, 2003
- [13] 韩凤麟编著. 粉末冶金机械零件. 北京:机械工业出版社, 1987
- [14] 粉末冶金常用标准汇编:上、下册. 机械工业粉末冶金制品标准化技术委员会, 2000
- [15] 韩凤麟. 粉末冶金零件压制成形中裂纹的成因与对策. 粉末冶金技术, 1999, VOL. 17, NO. 3:209-215
- [16] 余志勇, 李亚军. 金属粉末件钢模压制成形模具设计计算方法. 锻压技术, 2000, 第2期
- [17] 陈晨. 粉末冶金模具设计中的印象因素. 粉末冶金模具技术, 2006, 第12期
- [18] 杨宏亮. 粉末冶金模具设计原理及应用. 模具制造, 2003, 第11期
- [19] 韩凤麟主编. 粉末冶金模具模架使用手册. 中国机械通用零部件工业协会. 北京:冶金工业出版社, 1998

[20] 韩凤麟主编. 中国模具工程大典第 6 卷. 粉末冶金零件模具设计. 北京: 电子工业出版社, 2007. 5

[21] 李书常. 新编工模具钢. 化学工业出版社, 2008, 38

致 谢

通过本次毕业设计，通过本次毕业设计，在理论知识的指导下，结合认识实习和生产实习中所获得的实践经验，在老师和同学的帮助下，认真独立地完成了本次毕业设计。在本次毕业设计中，有很多实际操作和计算的地方，是我对本专业的知识有了进一步的认识，深刻的认识到模具行业不只是泾渭分明的塑料模具和冲压模具这种在学校分的很清晰的种类，在本次毕业设计中，还应用了许多粉末冶金模具的只是和理念，其中还夹杂着机械设计的计算，强度的校核，材料的加热之后的热效应等等等等。可以说，实际上模具是模具设计，机械设计，材料学，热工学，粉末冶金等许多学科综合起来的一个高难度科目。

做一个模具，说简单很简单，几块钢板拼出个零件的样子，压力机上一冲就完事了，但是在实际的生产中，由产量和精度还有寿命的要求，说白了就是经济性的要求，各种加工产业对模具的要求也越来越高，使得我们不得不想尽一切办法来提高模具各方面的性能，而且类别也越来越细。说实话，本来我学的只是塑料模具和冲压模具，几乎没怎么想过粉末冶金模具，可以说思维已经距现在了这两个方面，而这次粉末冶金模具的设计，通过大量的查阅资料，细细的琢磨，一点一滴的积累，使我的思维打破了思维定势，发现原来模具的领域有这么多可以用来借鉴的交叉学科，而且其中的内容是那么的丰富多彩，这一下是我的学习热情又一次高涨了起来，同业也深深为自己狭隘的思想感到惭愧，直到现在在才体会到老师说的那句话“模具看似简单，其实其中每一个边角都蕴含着无数的心血”，确实是这样，为了完成一个成型动作，真的可以说是让人煞费苦心，抓破头皮，就连做梦都能梦到各种方案。从某中意义上来说，这次意义非凡的经历，不仅培养和锻炼了我查阅资料，获取有价值信息的能力，还使得自己对信息的概括整合多方面发散思考的有了很大的提高。

总之，通过本次毕业设计的锻炼，是我对模具设计和模具制造的整个过程都有了深刻的认识。经过一次次地修改，是我接受了一个机械设计作业的学生应该有的锻炼和考察。我很感谢老师和学校能给我这次机会。我是认认真真做完这次毕业设计的，也是认真对待自己的最后一次也是最重要的一次在校设计的。由于水平有限，错误和不足之处在所难免，希望各位老师和同学能够指正，非常感谢。