

钢的立体成形

方振家 编

新 时 代 出 版 社

钢 的 立 体 成 形

方 汉 家 编

新 时 代 出 版 社

内 容 简 介

本书从实际应用冷锻压立体成形工艺的角度出发,较系统地介绍中、小型钢制零件的成形方法,受力分析,变形程度和变形力的计算,钢材的选用与毛坯处理。并用生产中的实例,从单个毛坯和线材毛坯说明钢件冷锻压立体成形的工艺特征,变形工艺的拟定原则及典型零件的工艺分析。还结合不同类型的零件,介绍了模具设计的方法和几种典型的模具结构,并对成形工件进行了性能和质量分析。

本书可供从事冷冲压工作的工程技术人员、大专院校师生及技术工人参考。

钢的立体成形

方振家 编

新时代出版社出版 新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 7.5印张 158千字

1984年3月第1版 1984年3月北京第1次印刷

印数: 0,001—4,050册

统一书号: 15241·37 定价: 0.79元

前 言

钢的立体成形，是在冷挤压、冷镦压的基础上发展起来的一项精密冷锻工艺，它比切削加工工艺生产效率高，节约原材料，加工工艺简单，成形的零件机械性能好。在实际生产中已日益广泛地采用。

中国电子学会工装设计与制造专业学组为了推广此项工艺的应用，建议编者在编写本书时，认真总结冷挤、冷镦和锻造方面的生产实际经验，以现场资料为基础，并充实一些必要的理论分析。虽然篇幅不多，但力求能结合中、小型钢制零件体积小、精度高、过渡圆角小的结构特点，较系统地向读者提供钢的立体成形所必须的工艺设计要点和模具设计参数。

本书编写后由西北工业大学吴诗惇、南京有线电厂马光品和武汉汽车标准件厂吴家贤审阅。

由于编者水平有限，书中定有不少缺点和错误，请广大读者批评指正。

目 录

第一章 基本概念与分类	1
第一节 基本概念与分类方法	1
第二节 技术经济效果和应注意的问题	8
第二章 变形状态和变形力	12
第一节 体积不变定律和应变比例定律	12
第二节 材料的变形状态	15
第三节 影响金属流动的主要因素	21
第四节 变形程度的确定	25
第五节 毛坯变形高度和工件缴粗尺寸的计算方法	29
第六节 变形力的计算	39
第三章 钢材的选用及毛坯处理	53
第一节 钢材的选用	53
第二节 毛坯尺寸的确定及制备方法	59
第三节 毛坯的软化处理方法	66
第四节 钢制毛坯的表面处理与润滑	70
第五节 钢件表面润滑剂的清理	75
第四章 冷锻压立体成形的变形工序	76
第一节 工艺特性和变形工序的拟定原则	76
第二节 几种典型零件的工艺分析	80
第三节 不锈钢的变形工艺特征	90
第四节 线材毛坯的顶锻成形工艺	93
第五节 模具型腔的冷锻冷挤压成形	104

Ⅶ

第五章	钢的温热挤压成形	118
第一节	温热挤压成形工艺的主要问题	118
第二节	温热挤压成形工艺实例	131
第六章	冷镦压立体成形模具	135
第一节	冷镦压立体成形模具的特征和设计程序	135
第二节	凸模设计	140
第三节	凹模设计	154
第四节	组合凹模设计	164
第五节	冷镦模的设计	188
第六节	介绍几种典型的模架结构	207
第七节	模具材料	213
第七章	工件的性能和质量分析	221
第一节	工件的性能	221
第二节	工件的尺寸精度	222
第三节	工件的废品分析和防止方法	224

第一章 基本概念与分类

第一节 基本概念与分类方法

一、基本概念

冷锻压成形是一种少、无切削工艺，它是冷挤压工艺的发展和扩大应用，具有材料省，生产效率高，机械性能好和加工工艺简单的优点，而且比冷挤压适应性广，并有利于一次成形。近年来这项工艺已广泛应用于有色金属及钢制零件。

冷锻压立体成形工艺是在冷态温度下，将模具装在压力机或锻压机上，利用压力机的简单往复运动，使毛坯受压力的作用，在模具型腔内发生塑性变形而使体积重新分布，以获得一定形状、尺寸和性能要求的工件。实质上这是冷锻粗和冷挤压的统称，而且都是以一种联合成形的方式表现出来。这种体积的重新分布，含有毛坯断面扩张和收缩两个方面的塑性变形（如果这种变形只表现为毛坯的断面扩张，则为锻粗变形，反之，则为挤压变形）。

关于“冷态”温度，严格地说，是指不使材料引起再结晶而软化的温度。也就是材料在变形过程中，不会产生再结晶并留有加工冷作硬化现象的温度范围。

二、分类

冷锻压立体成形可按制件成形方式及模具的开闭方式分类，简介如下：

1. 按成形方式分类

按制件的成形方式，冷锻压立体成形可分为以下几种形式：

1) 挤压成形

2) 纵向锻粗成形 它是使毛坯在上、下模之间，从轴向压缩而向横向扩展的成形方法。这种轴向锻粗成形，又可分为全高锻粗、中间锻粗和头部锻粗三种形式（见图1-1）。

全高锻粗一般采用单个的棒料毛坯，中间锻粗和头部锻粗可采用单个的棒料毛坯，也可采用线料毛坯。

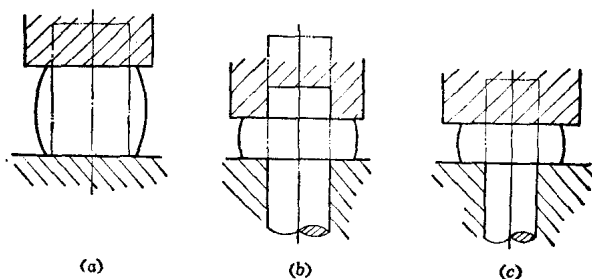


图1-1 轴向锻粗成形

(a) 全高锻粗；(b) 中间锻粗；(c) 头部锻粗。

3) 横向压扁锻粗成形 它是将毛坯材料横放在上、下模之间，进行横向压扁的锻粗成形方法（见图1-2）。

4) 锻粗与挤压联合成形 它是使毛坯材料在上、下模之间，通过轴向加压，使毛坯一部分产生横向膨胀另一部分横向收缩，而沿模具型腔流动的成形方法。又可分为以下四种形式：

(1) 锻粗-正挤压联合成形（见图1-3）；

(2) 冷锻粗-反挤压联合成形（见图1-4）；

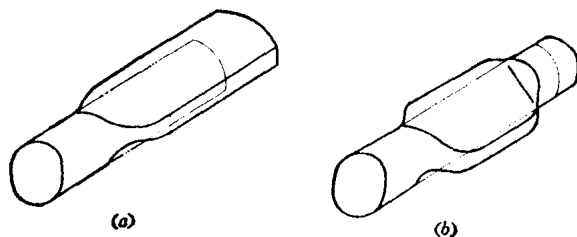


图1-2 横向压扁镦粗成形

(a) 一端压扁镦粗拔长; (b) 中间压扁镦粗。

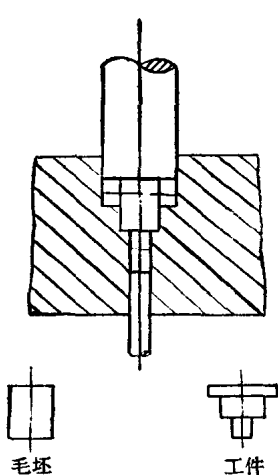


图1-3 镦粗-正挤压联合成形

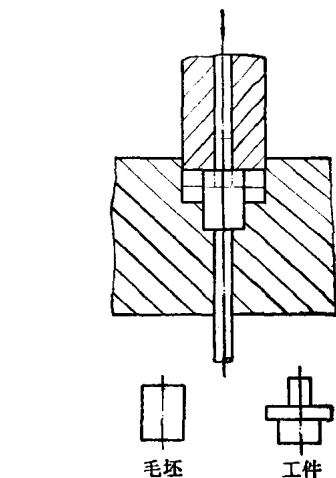


图1-4 冷镦粗-反挤压联合成形

(3) 镦粗与复合挤压联合成形 (见图1-5);

(4) 压扁镦粗挤压联合成形 (见图1-6)。

5) 立体模压成形 它是使坯料在带有不同型腔的上、下模之间产生体积的重新分布,而充满各种型腔的成形方法。这种体积的重新分布,包含有一部分金属产生横向流动而扩

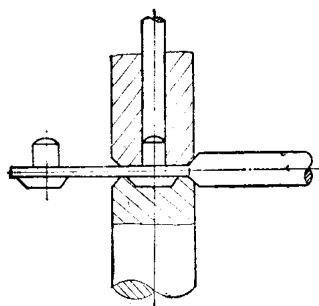
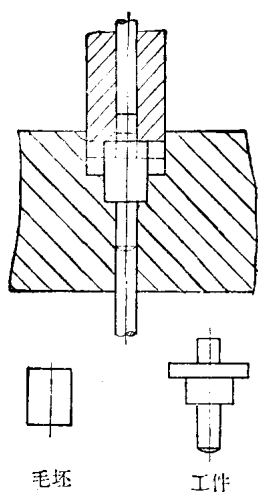


图1-5 墩粗与复合挤压联合成形 图1-6 压扁墩粗挤压联合成形

胀，另一部分金属从型腔孔或型槽挤出（也可能是残留在型腔孔或型槽中）而产生凸起（见图1-7）。

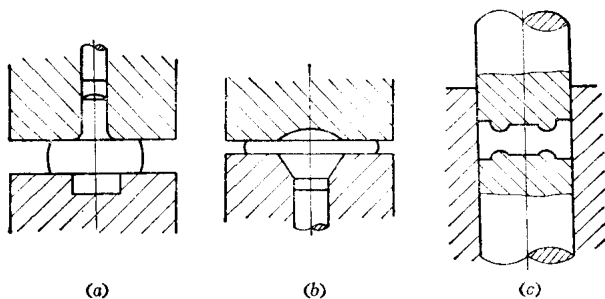


图1-7 立体模压成形

(a) 开式；(b) 半开式；(c) 封闭式。

立体模压成形与锻粗-挤压联合成形大体相似,但立体模压成形的变形量要小,并会有被型腔孔或型槽揉压而引起的凸起。立体模压成型分初步成形和精压成形两种形式,要求不高且过渡圆角较大的工件,可以不需进行立体精压。

6) 压印与压花 压印是使坯料在上、下模之间厚度发生细小的变化,一部分金属沿模具的型腔重新分布,而形成起伏的花纹、印痕或字样等(见图1-8)。

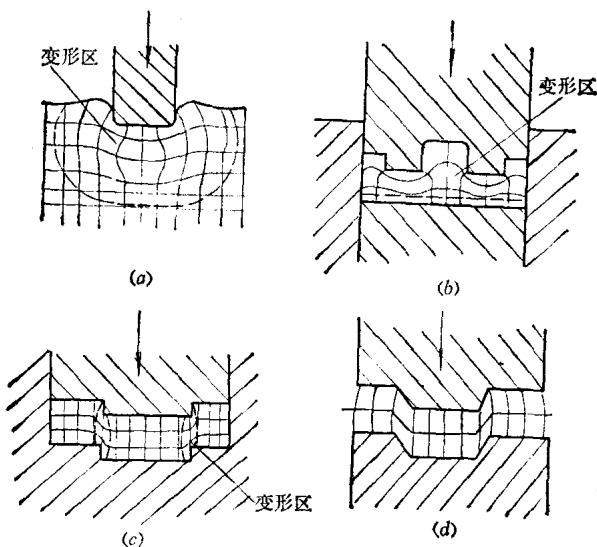


图1-8 压印与压花

(a) 开式压印; (b) 闭式压印; (c) 闭式压花; (d) 开式压花。

2. 按模具的开闭方式分类

按模具的开闭方式,冷锻压立体成形可分为以下几种形式:

1) 全敞开式主体成形 如图 1-9 所示,在全敞开式模

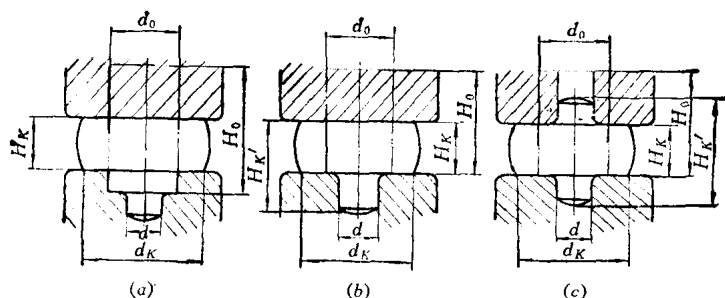


图1-9 全敞开式模具内成形

(a) 下模敞开带台阶；(b) 下模敞开不带台阶；(c) 上、下模皆敞开。

具内成形时，变形金属的流动方向在敞开处不受模具型腔的约束，这种成形方式的模具，受力情况好，但只适用于在敞开方向的尺寸和形状要求不高的工件。对于一些要求不高的球面旋转体，可以采用调整凸模尺寸的方法保证球体的大小，不需要再进行切边或修整，周边形成自然凸出的球面。

2) 半敞开式立体成形 如图1-10所示，在半敞开式模具内成形时，变形金属的流动方向有一部分受到模具型腔的约束，按其敞开部位又可分为下列四种方式：

(1) 在上、下模之间敞开式型腔内成形，见图1-10(a)；

(2) 在凸模中心敞开式型腔内成形，见图1-10(b)；

(3) 在凹模中心敞开式型腔内成形，见图1-10(c)；

(4) 在上、下模中心同时敞开式型腔内成形，见图1-10(d)。

半敞开式立体模压成形应用很广，封闭部位的尺寸精度较高，对敞开的部位，可采用切边平头等再加工方法，以切

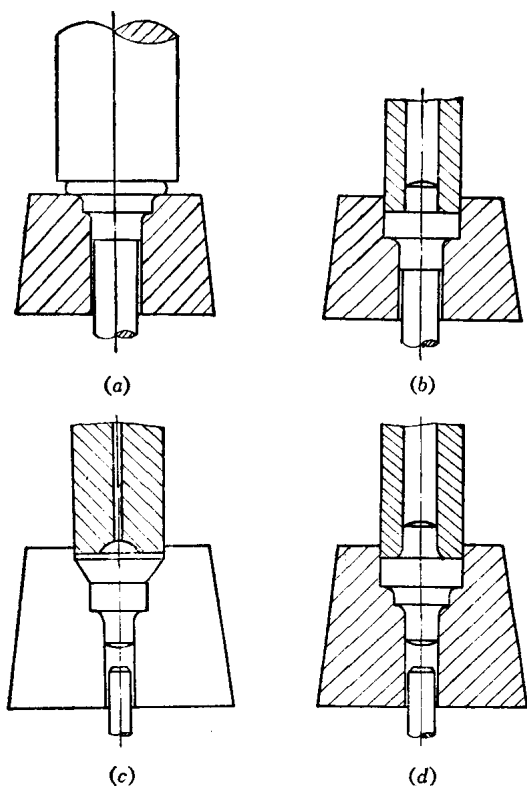


图1-10 在半敞开式模具内成形

除多余的金属。模具的受力情况比全敞开式的差。

3) 全封闭式立体成形 如图1-11所示, 在全封闭式模具内成形时, 变形金属的流动方向最终全部受到模具型腔的约束。由于变形到最后阶段时单位压力猛增, 所以模具受力情况不好, 一般很少采用。

采用全封闭式立体成形加工, 所获得的工件尺寸精度较高, 不必进行切边整形, 但它对毛坯的形状和尺寸精度要求

较高，也就是毛坯与工件的体积当量要比较准确。

总之，冷锻压立体成形具有挤压和镦粗的多种表现形式。只要我们的构思合理，就可以采用不同的方式加工一些结构比较复杂的零件。它比单纯的挤压或镦粗适应性广，并有利于考虑零件的一次成形。

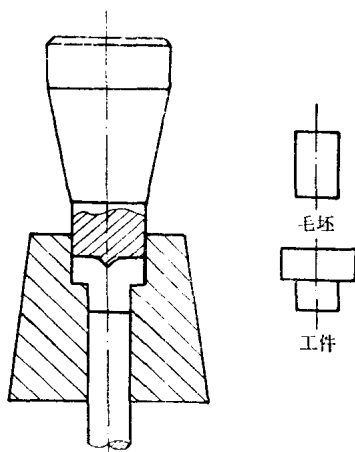


图1-11 在全封闭式模具内成形

第二节 技术经济效果和应注意的问题

一、技术经济效果

冷锻压立体成形工艺，近年来已成为金属压力加工中先进工艺之一，在技术上和经济上都有很多的优越性，介绍如下：

1. 原材料利用率高。由于这种工艺是利用金属体积的重新分布，在不发生材料破坏的前提下成形零件，以达到少、无切削的目的，故节省原材料。

2. 提高劳动生产率。由于立体成形工艺是在压力机上进行，单件机动时间很少，操作方便，容易掌握，易于实现机械化、自动化装卸，辅助时间少，生产效率高，比切削加工工艺要提高几倍到几十倍。

3. 零件的机械性能好。由于它不切断金属的纤维组织，而是使纤维组织基本上按零件的成形母线分布，因而零件强度高。另外，金属受锻压后提高了金属密度，改善了组织状态，强化了零件，提高了零件的机械性能。所以，有时可以用强度较差的材料代替强度较高的材料。例如，用于高速冲击载荷下工作的小型打字锤（图1-12），原用高级优质高碳工具钢T8A车加工成形，淬硬HRC58~62，使用的情况是头部 $\phi 2.5$ 处易断，打字面（A面）易磨损，寿命低。后来采用合金结构钢20Cr经立体成形后进行表面渗碳淬火，表面硬度HRC62~64，使用的情况是打字面磨损情况好转，且头部不易折断，显著地提高了零件的使用寿命。

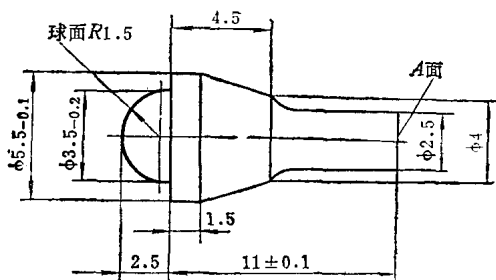


图1-12 打字锤零件图

4. 可以加工一些形状复杂的零件。如有立体曲面、以及某些局部有凸台或凹槽的对称轴立体等零件，用其它方法加

工十分困难，而采用立体成形则比较容易。

5. 能获得较好的表面光洁度。冷锻压立体成形的表面质量很好，因为在变形过程中，金属零件表面受到模具光洁表面的熨平，所以光洁度高，可达 $\nabla 7$ 以上。

6. 立体成形比单纯的轴向挤压适应性广，能尽可能地减少成形次数，必要时还可以形成较小的过渡圆角。

二、冷锻压立体成形应注意的问题

冷锻压立体成形必须具备最基本的条件，是模具单位面积所能承受的能力 $p_{\text{许用}}$ ，必须大于变形材料的单位变形力 p ，即

$$p_{\text{许用}} > p$$

通常， $p_{\text{许用}}$ 采用模具的单位许用压力。

为了满足上述变形的基本条件，必须注意下面几个问题：

1. 在保证零件使用要求的前提下，变形零件要尽可能选用软材料，并对材料进行有效的软化处理，以便改善金属组织状态，降低变形抗力。

2. 在变形材料与模具之间要加以润滑，以降低摩擦阻力，为此必须对退火后的毛坯进行表面润滑处理。

3. 设计并制造适合冷锻压立体成形特征的模具结构。冷锻压成形的模具要有足够的强度和硬度，凸、凹模的几何形状要有利于金属的流动，并应使装、卸料方便。

4. 选用恰当的模具材料，并进行有效的锻打和热处理。对承受单位压力较大的模具，凸、凹模一定要选用高强度模具材料。

5. 尽可能提高凸、凹模型腔的表面光洁度，一般要求达

$\nabla 10$ 以上。对凸、凹模工作部分的过渡圆角要连接圆滑，以减少摩擦阻力。

6. 拟定合理的变形工艺，以利于金属的塑性变形。

7. 选用适合于冷锻压成形工艺特点的机器设备。要求要有足够的强度、刚性和精度，以及可靠的安全保险装置等。

8. 对一次变形量较大，材料的塑性较差或受设备吨位所限时，可采用温热成形。