

回转塑性成形工艺及模具

回转塑性

HUIZHUAN SUXING

成形

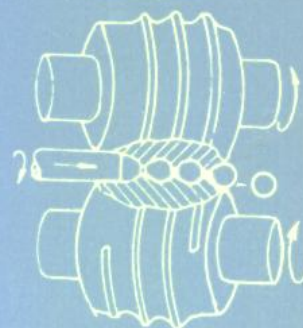
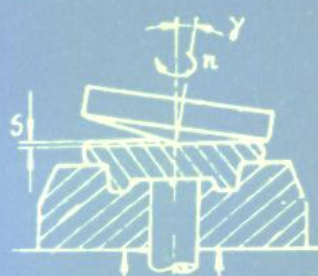
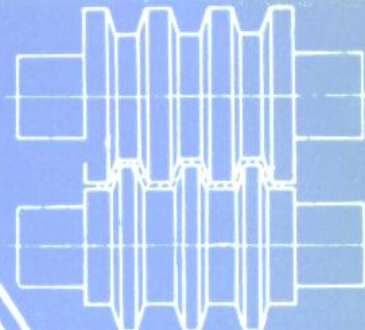
CHENGXING

工艺及模具

GONGYI JI MOJU

张 猛 胡亚民 等编著

武汉工业大学出版社



306

回转塑性成形工艺及模具

张猛 胡亚民 编著

武汉工业大学出版社

(鄂)新登字 13 号

内 容 简 介

本书是回转塑性成形方面专著。书中系统地阐述了辗环、摆动辗压、楔横轧、螺旋轧制、旋压、辗弯、旋转锻造、辗锻等方面的原理、工艺、模具及生产应用中的计算、设计、制造和工艺调整、产品质量分析与控制等,并且给出分析问题和多个生产应用示例。书中包括作者们生产实践的经验和科研成果,反映近年来国内外回转塑性成形的理论、工艺及模具的最新进展和生产应用现状。

本书所涉及到的八个方面内容各成独立体系,阐述深入浅出,注重实用。可供从事塑性成形技术工作的工程技术人员、科研人员学习参考,也可作为高等院校塑性成形工艺与设备专业教师的教学参考书,还可以作为研究生、本科高年级学生选修课的学习参考书。

回转塑性成形工艺及模具

© 张猛 胡亚民 编著

责任编辑 韩瑞根 朱益清

武汉工业大学出版社出版发行

(武昌珞狮路 14 号 邮政编码 430070)

新华书店湖北发行所经销

武汉工学院印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 15 字数: 380 千字

1994 年 11 月第 1 版 1994 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1—2000

ISBN 7-5629-0860-5/TH·26

定价: 28 元

前 言

提高生产、建设、流通等领域的经济效益,是国家经济发展的核心问题。采用新技术、新工艺、新设备,可以节约能源、降低材料消耗、提高产品质量和性能。提高生产率,降低成本,是建设新企业和对老企业进行技术改造必须考虑的重大问题,也是市场经济竞争中求得生存和发展的有效措施。

辗环、摆动辗压、楔横轧、螺旋轧制、旋压、辗弯、旋转锻造和辗锻等回转塑性成形技术,具有材料利用率高、能源消耗少、产品质量优良、劳动条件好、易于实现机械化自动化、生产效率高、设备价廉、基本投资回收期短等一系列优点。积极推广应用这些新技术新工艺,无论是直接生产成品还是制坯,都必然能收到提高经济效益、加速工业发展的良好效果。

近年来我国学者和工程技术人员在回转塑性成形工艺的理论研究、设备研制和推广应用方面作了大量工作,获得长足的进步。编著本书,就是为了总结回转塑性成形工艺的科技成果和生产经验,以达到提高回转塑性成形工艺的技术水平,适应工业企业建设和技术改造的需要,促进回转塑性成形技术的飞速发展。

本书结合作者多年的理论研究和科研实践,在对现有生产应用进行广泛分析和大量科研实验的基础上,总结出多种回转塑性成形工艺的一些基本理论和基本规律,扼要介绍了回转塑性成形的设备,同时本书也作了一些简单的理论推导,介绍了力能参数计算方法。重点介绍生产工艺设计计算、工模具设计制造、产品质量分析及工艺调整,并且给出应用实例。力求在兼顾到初学者能够顺利阅读的条件下,成为生产应用的得力助手。但由于涉及内容广泛,加之编著者水平有限,可能存在不少疏漏,恳切希望读者提出宝贵意见。

本书由武汉工学院张猛教授主编。具体分工是:第一章、第二章、第三章的第一节、第二节、第三节之一、第四章、第五章由张猛教授编著;第三章的第三节之二、三、四、五、六、第六章、第七章由重庆第59研究所胡亚民高级工程师编著;第八章由陕西汽车齿轮总厂胡敬贵工程师编著;第九章由武汉工学院副教授常志华博士编著。全书由姜奎华教授主审;武汉纺织工学院崔光杰副教授、武汉工学院李志明副教授、武汉工学院孙智富教授参加审阅。

在本书的编著过程中,得到武汉工学院李佐新同志、讲师黄尚宇同志、硕士研究生刘澜同志、周立军同志的热情帮助,在此表示衷心感谢。

张猛

1994年6月于武汉

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1.1 绪言	(1)
§ 1.2 回转塑性成形的形式及特点	(1)
§ 1.3 回转塑性成形工艺的现状及其发展	(3)
第二章 辗环	(7)
§ 2.1 辗环概述	(7)
一、辗环特点 (7) 二、辗环机简介 (8) 三、辗环的应用与发展趋势 (9)	
§ 2.2 辗环的基本原理	(11)
一、辗环的运动学 (11) 二、辗环的变形分析 (16) 三、辗环的力能参数计算 (17)	
§ 2.3 辗环工艺与模具	(23)
一、辗扩比及其确定 (23) 二、锻件图制订与毛坯设计 (25) 三、辗压轮、芯辊、端面辊、托料板 (26) 四、异形断面环件的辗压孔型设计 (28) 五、辗环工艺与模具设计计算举例 (30) 六、辗环工具的安装与调整 (33) 七、环件主要缺陷分析 (34)	
参考文献	(35)
第三章 摆动辗压	(36)
§ 3.1 摆辗概述	(36)
一、摆辗特点、类型与摆动辗压机简介 (36) 二、摆动辗压的应用 (37) 三、摆动辗压的发展 (40)	
§ 3.2 摆动辗压的基本原理	(40)
一、摆辗的运动形式与运动学分析 (40) 二、摆动辗压的变形分析 (41) 三、摆辗力能参数计算 (43)	
§ 3.3 摆辗工艺及模具	(46)
一、摆辗工艺参数及其与变形的关系 (46) 二、摆辗锻件图的设计与坯料准备 (48) 三、摆动辗压润滑及摆辗机轨迹选择 (52) 四、摆辗模具结构设计 (56) 五、模具材料与寿命 (58) 六、摆辗工艺与模具设计应用举例——VE 型分配式油泵端面凸轮的冷摆辗成形 (69)	
参考文献	(77)
第四章 楔横轧	(79)
§ 4.1 楔横轧概述	(79)
一、楔横轧特点、类型与楔横轧机简介 (79) 二、楔横轧的应用 (82) 三、楔横轧发展概况 (82)	
§ 4.2 楔横轧的基本原理	(82)
一、楔横轧的运动学 (82) 二、楔横轧的旋转条件 (84) 三、楔展角 β (87) 四、楔横轧的变形特性 (89) 五、楔横轧力能参数计算 (92)	
§ 4.3 楔横轧工艺与模具	(94)
一、楔的组成 (94) 二、楔横轧孔型参数 (95) 三、楔横轧锻件图及毛坯 (96) 四、楔横轧孔型特点及孔型设计 (97) 五、孔型设计举例 (101) 六、楔横轧模具加工与工艺调整 (103)	
参考文献	(106)
第五章 螺旋轧制	(108)

§ 5.1 螺旋轧制概述	(108)
一、螺旋轧制的特点及应用 (108) 二、螺旋轧机简介 (109) 三 螺旋轧制的发展 (112)	
§ 5.2 螺旋轧制的基本原理	(113)
一、螺旋轧制的运动原理 (113) 二、螺旋轧制轧辊的辊形曲面 (114) 三、螺旋轧制力能参数计算 (117)	
§ 5.3 螺旋轧制工艺与模具	(127)
一、工艺参数的确定 (127) 二、毛坯准备、锻件图制订与轧辊尺寸确定 (128) 三、螺旋轧制孔型设计原理 (130)	
§ 5.4 工艺制定与孔型设计举例	(133)
一、轴承钢球的螺旋轧制工艺及孔型设计 (133) 二、球磨机钢球螺旋轧制孔型设计 (137) 三、轴承滚子单腔轧制孔型设计 (138)	
§ 5.5 螺旋孔型加工与工艺调整	(138)
一、螺旋轧制孔型加工 (138) 二、工艺调整 (139)	
参考文献 (140)	
第六章 旋压	(141)
§ 6.1 概述	(141)
一、旋压的工艺特征 (141) 二、旋压技术的发展 (141) 三、旋压机床 (142)	
§ 6.2 普通旋压工艺	(143)
一、普通旋压的工艺特征 (143) 二、拉深旋压 (143) 三、缩颈旋压与扩径旋压 (147) 四、普通旋压中的辅助成形 (148) 五、封头旋压 (149)	
§ 6.3 强力旋压工艺	(152)
一、一般概念 (152) 二、材料的可旋性 (153) 三、毛坯及其设计计算 (153) 四、几个旋压工艺参数 (155) 五、强力旋压的旋轮 (157) 六、强力旋压对材料组织和性能的影响 (158) 七、强力旋压过程中产生的缺陷及防治措施 (159) 八、强力旋压的具体应用实例 (160)	
参考文献 (162)	
第七章 辊弯	(163)
§ 7.1 辊弯型材的应用	(163)
§ 7.2 辊弯成形工艺	(163)
一、辊弯成形工艺的种类 (164) 二、辊弯成形工艺的成形制度 (166) 三、辊弯成形的工艺润滑 (169) 四、辊弯型材的缺陷及其消除方法 (170)	
§ 7.3 辊弯成形的孔型设计基础	(174)
一、辊弯成形的孔型设计系统分类 (175) 二、成形辊孔型设计的变形原则 (176) 三、辊弯成形件截面在成形辊孔型中的位置 (177) 四、坯料宽度的确定 (177)	
§ 7.4 波纹板成形辊孔型计算	(178)
一、波纹板成形时坯料宽度的确定 (178) 二、成形道次和成形制度的选择 (179) 三、波纹坯料成形辊孔型的计算 (180) 四、波纹坯料成形辊整形孔型设计 (180) 五、金属回弹的计算 (181)	
§ 7.5 成形辊	(181)
参考文献 (184)	
第八章 径向锻造	(185)
§ 8.1 径向锻造工艺的应用	(185)
一、径向锻造的工艺原理和特点 (135) 二、径向锻造工艺的应用 (185) 三、径向锻造的优缺点	

(186)	
§ 8.2 径向锻机	(187)
§ 8.3 工艺装备设计	(189)
一、锤头的设计 (189) 二、夹爪的设计 (192) 三、芯棒的设计 (193)	
§ 8.4 径向锻造工艺的设计	(194)
一、锻件图的设计 (194) 二、坯料的选择 (198) 三、变形过程的确定 (199) 四、工艺参数及其确定原则 (201) 五、工艺卡片的编制 (203) 六、锻件常见工艺缺陷及其预防措施 (206)	
参考文献 (206)	
第九章 辊锻	(207)
§ 9.1 概述	(207)
一、辊锻的特点 (207) 二、辊锻工艺的应用 (207) 三、辊锻机简介 (208)	
§ 9.2 辊锻的基本原理	(209)
一、坯料的咬入 (209) 二、辊锻变形分析 (211) 三、辊锻力能计算 (216)	
§ 9.3 制坯辊锻工艺及型槽设计	(218)
一、坯料设计 (218) 二、辊锻道次 n 确定 (219) 三、型槽系及其选择 (219) 四、辊锻制坯应用举例 (221)	
§ 9.4 成形辊锻工艺及型槽设计	(222)
一、零件工艺分析及工艺方案拟定 (222) 二、型槽设计 (223) 三、成形辊锻型槽设计举例 (224)	
参考文献 (227)	

第一章 绪 论

§ 1.1 绪 言

在塑性成形工艺中,锻造、冲压、挤压、拉拔、轧制等是通用的最基本方法。但是,随着工业技术的发展,生产实践需要形状更复杂的零部件,所要求的生产批量也急剧增加,几种基本方法已不能满足工业生产发展的需要。特别是世界性的能源紧张,原材料匮乏,促使各工业发达国家纷纷投入大量的人力、物力进行开发研究,寻求能够节能、节材的塑性成形新工艺、新方法以适应工业生产发展的需要。

利用工具与工件的相对运动,使工件处于塑性状态下的金属变形成为所需要尺寸形状的零件。所以我们根据工具与工件的运动形式将塑性成形归纳为回转塑性成形和非回转塑性成形两类。锻造、冲压、挤压、拉拔等工艺,工具(模具)和工件均为直线运动,所以是非回转成形。而工件和接触工件的工具(模具)有一个旋转或者二者旋转的塑性成形工艺统称为回转塑性成形。因此,回转塑性成形是塑性成形工艺的重要组成部分。

§ 1.2 回转塑性成形的形式及特点

当前,回转塑性成形的形式约有12种。其中纵向轧制、滚压有缝管、卷板等是古老而成熟的技术,已有较多的著作介绍,不再列入本书的内容。旋转锻造是工具旋转,径向锻造是工件旋转,两者都是成形长轴类(包括管类)锻件。若以工具与工件相对运动的观点看,两者是一致的。所以本书只把径向锻造列为一章介绍。回转塑性成形的类型如表1.1所示。各种回转塑性成形的示意图见图1.1~1.8。

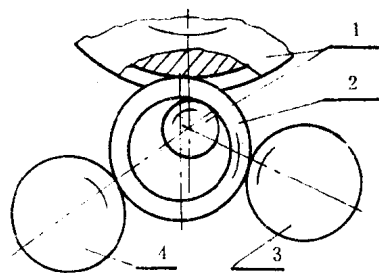


图 1.1 辗环

1—辗压轮; 2—工件; 3—推力辊; 4—信号辊

回转塑性成形工艺是对工件局部加压变形连续积累而达到整体成形,与一般塑性成形工艺相比,具有以下共同特点:

1. 变形工艺力小,设备小,投资少;
2. 近似于静压力,冲击甚微,对厂房和基础无特殊要求;

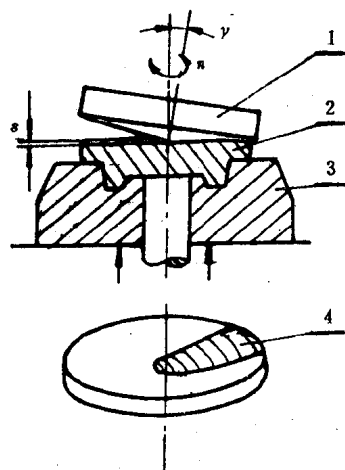


图 1.2 摆动辗压

1—上模(摆头); 2—工件; 3—下模; 4—接触面积

3. 振动小, 噪音低, 劳动条件好;
4. 易于实现机械化自动化生产, 劳动强度低, 操作工人少, 生产率高;
5. 可以成形一些其它工艺难以成形的制件。例如: 摆辗能成形厚度 0.2mm 的薄圆片; 辗环可以生产直径 10m, 高度 6m 的原子能反应堆用无缝加强环; 旋压可以生产直径 5m 的封头; 辊弯可以成形载重汽车的车箱板等等;

表 1.1 回转塑性成形的类型^{〔1〕}

名	设备名称	用 途
1. 辗 环	辗扩机 扩孔机	各种无缝环类零件。如火车车轮及轮箍, 轴承内外套圈、汽车盆齿坯、各种加强环等
2. 摆动辗压	摆动辗压机	各种盘类零件。如汽车拖拉机上的齿轮坯、铣刀片、盘形弹簧片、伞齿轮、同步器齿环、扬声器导磁体、摩托车启动齿轮、轮套、汽车半轴、摩擦片、锣等
3. 楔 横 轧	楔横轧机	各种实心 and 空心的台阶轴。如汽车拖拉机变速箱中的各种轴、电机轴、为模锻制坯的五金工具、凸轮轴等
4. 螺旋轧制	斜轧机	各种回转体零件。如无缝管、轴承钢球及滚子、自行车钢珠、丝杠、为模锻制坯球头吊环、柴油机摇臂等
5. 旋 压	普通旋压机 强力旋压机	各种壳类回转体零件。如灯罩、压力锅体、气瓶、导弹壳体、封头等
6. 辊 弯	辊式冷弯机	各种冷弯型钢。小型型钢作家具、汽车部件、建筑构件; 轻型结构; 宽幅型钢; 大型钢板桩、护栏; 闭口断面型钢, 包括圆管、方管、异形断面管等
7. 径向锻造	径向锻机	实心轴, 空心轴。锥度件、台阶件、内外表面异形件、缩口件、钢锭开坯、弯曲矫正等
8. 辊 锻	辊 锻 机	长轴类、板片类、变截面件。如犁铧、锄头、钢叉、十字镐及模锻制坯连杆、曲轴、扳手、发动机涡轮叶片、压气机叶片、履带节等

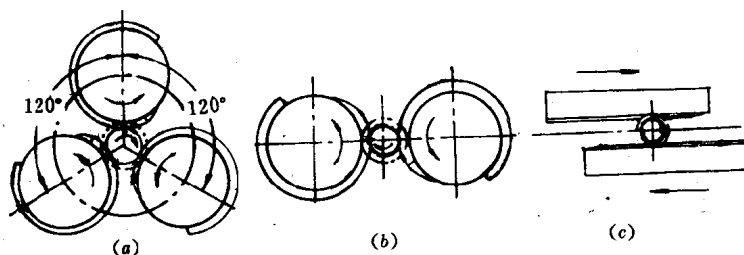


图 1.3 楔横轧

(a) 三辊式; (b) 二辊式; (c) 板式

6. 产品精度高, 可以实现少、无切屑加工。例如: 螺旋轧制成形的自行车钢珠及轴承钢球, 仅留磨削余量; 冷摆辗成形工件的尺寸精度可以达到 0.02mm; 辗环可以生产不再加工的轴承套圈等;

〔1〕 指本章的参考文献序号 1。

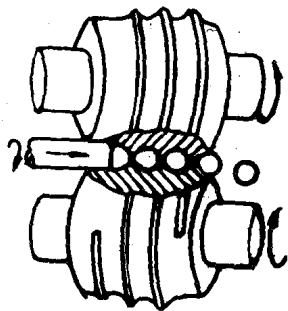


图 1.4 螺旋轧钢球示意图

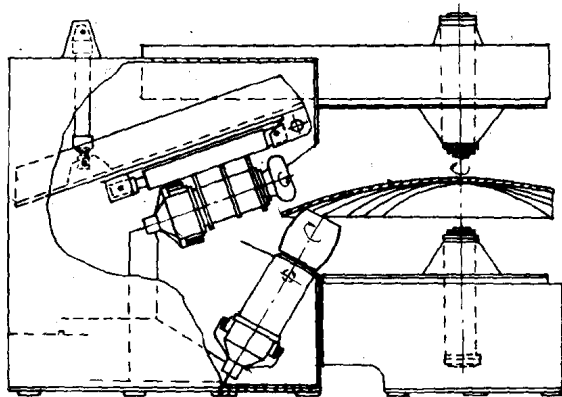


图 1.5 旋压

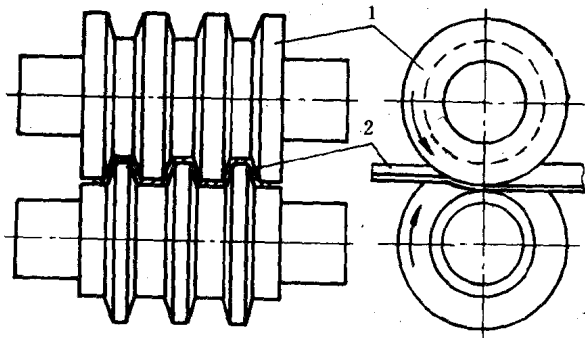


图 1.6 辊弯

1—轧辊； 2—工件

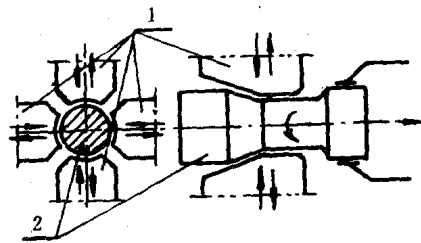


图 1.7 径向锻造

7. 节能、节材、生产成本低。

回转塑性成形的模具寿命都远远超过一般锻造、挤压模具，而制品精度高，变形力小，又能节材、节能。例如辗环成形汽车差速器被动盆齿轮坯与模锻相比，节能 30%，节材 22.5%；楔横轧成形阶梯轴，节材达 20%以上，模具寿命可达 10 万件以上，比锻模高 20 倍。

除了上述优点以外，回转塑性成形工艺还存在一些如下特点：

1. 回转塑性成形工艺比一般锻造方法专用性较强，所能成形加工的制件形状受其运动形式的限制，品种范围较小；
2. 回转塑性成形工艺多为新技术，设备结构及其运动关系比较复杂，工艺、模具设计及工装调试、维修等都有一定技术含量；
3. 回转塑性成形的设备结构多数都比一般锻压设备复杂。

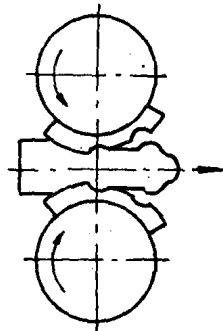


图 1.8 辊锻

§ 1.3 回转塑性成形工艺的现状及其发展

回转塑性成形工艺大多都是新技术，其基础理论、设备结构设计与制造、工艺的拓宽与应用等都处于研究开发和不断地完善阶段。

1. 辗环

辗环最早制造机器并用于生产的是德国蒂森机器公司瓦格纳工厂(THYSSEN MASCHINENBAU GMBH Wagner Dortmund),距今已有 100 多年的历史。当前国外最大的热辗环机辗压力 40000kN,辗压的最大工件直径 10m,轴向高度 4m。冷成形辗环机辗压成形的轴承套圈仅留磨削余量。有的辗环机用计算机控制,快速换模,辗压成形的无接缝环件断面形状多种多样,应用范围广泛。我国在 50 年代引进这项技术,也能制造小型的扩孔机,主要用于热辗压成形轴承内外套圈。到 90 年代,我国自制的热成形辗环机辗压力 2000kN,辗压件直径达 3500mm,轴向高度 500mm。冷成形辗环机及辗扩工艺已接近世界水平。辗环工艺的应用范围也逐渐扩大。济南铸锻研究所研制的轴向-径向辗环机和武汉工学院研制的 $\varnothing 500$ 型齿轮毛坯辗扩机都已采用微机控制。辗压成形的汽车后桥从动锥齿轮坯尺寸形状精度已达到世界水平,实现了节材、节能的目标。

2. 摆动辗压

摆动辗压最早出现在 20 世纪 30 年代,直到 70 年代初期波兰人马尔辛尼克研制出四轨迹冷成形摆动辗压机后,才真正作为一种工艺技术转入生产应用。其后,中国、日本、美国、原苏联、英国、德国、瑞士等国纷纷投入人力、物力进行开发研究。其中,中国的摆动辗压基础理论研究、热成形摆动辗压的应用、德国热成形摆动辗压机的制造、瑞士施密特(SCHMID)公司冷成形摆动辗压机的制造、原苏联螺旋伞齿轮成形专用摆动辗压机的研究与应用等均为世界先进水平。瑞士施密特公司制造并销售世界上最大的冷成形摆动辗压机,辗压力 6300kN。辗压工件最大直径 190mm,厚度公差 0.1~0.2mm,生产过程自动化,生产节拍 4~12part/min;德国蒂森瓦格纳公司(THYSSEN WAGNER)生产并销售世界上最大的热成形摆动辗压机,辗压力 12500kN,辗压工件最大直径 1600mm;中国制造的卧式热成形摆动辗机,辗压力 2000kN,可代替大吨位的平锻机热辗压成形汽车后桥半轴法兰;冷摆动辗压成形的典型产品有行星伞齿轮、同步器齿环、端面伞轮、启动齿轮、摩擦盘等,实现少、无切削加工。热摆动辗压成形锻造可实现无飞边模锻,精化锻坯。无论是冷成形或者是热成形摆辗,其精度都高于一般锻造。瑞士生产的摆辗机已实现自动化。德国生产的热摆辗机已并入自动生产线。我国在摆动辗压机的制造、摆动辗压工艺的应用上尚存在一定的差距。

3. 楔横轧

20 世纪 60 年代,原捷克斯洛伐克首先将楔横轧工艺与设备用于工业生产,随后在莱比锡国际博览会上展出,得到人们的广泛重视,从而成为世界上众所周知的轴类零件加工新工艺。英国的雷德曼(Redman)公司引进了这项技术,制造出 UL-35 辊式楔横轧机。原东德的耶尔福(Erfurt)公司在 1967 年的莱比锡国际博览会上展出了 UWQ40 $\times$ 40、UWQ80 $\times$ 630 两种搓板式楔横轧机,同样得到人们的广泛重视。以后在日本、前苏联等国家也先后采用这种工艺生产轴类零件毛坯,得了明显的经济效益。我国在 70 年代开始将楔横轧工艺用到生产上,先后出现三辊楔横轧机(轧制火车 D 轴),钳式二辊楔横轧机(轧制尖咀钳毛坯轴),单辊弧形板式和小型搓板式楔横轧机。到了 80 年代,中国的分体式二辊楔横轧机(即轧辊与传动部分分开,中间用联轴节连接)得到发展,形成系列产品,楔横轧工艺的应用范围不断地扩大。目前最大的二辊楔横轧机为 $\varnothing 1060$ mm 轧机,产品最大尺寸为 $\varnothing 100 \times 700$ mm,生产节拍为(6, 8, 10) part/min。中国楔横轧理论研究也达到世界领先水平。

4. 螺旋轧制

螺旋轧制是把轧辊做成螺旋孔型,利用斜轧运动原理轧制成形各种回转体零件的一种新

工艺。20 世纪 50 年代初期,原苏联、日本、美国等国家用这方法高效率地生产钢球、丝杠等产品(包括使用冷轧与热轧工艺,生产实心 and 空心的产品),技术经济效果十分显著。但由于该技术在孔型设计与加工、工艺调整等方面都比较复杂,随后的 20 多年里发展不快,仅仅生产形状比较简单的产品。中国在 20 世纪 60 年代初开始用螺旋轧制生产球磨钢球。70 年代以来,中国的学者们研制出单孔型工艺、深浅孔型工艺、多头轧制技术、轧辊孔型设计与制造方法等,使螺旋轧制技术发生了长足的进步。轧制产品的精度大大提高,热轧成形的轴承钢球及圆柱、圆锥、球面滚子等产品单边余量为 0.2mm。热轧成形的高射机枪弹头尺寸公差 $<0.1\text{mm}$ 。而精密轧制的产品 $\varnothing 6\sim\varnothing 12\text{mm}$,直径公差可控制在 $\pm 0.03\text{mm}$ 以内,表面粗糙度 $R_a 3.2\sim R_a 1.6\mu\text{m}$ 。第二个进步是可以轧制生产多个回转体组成的形状比较复杂的产品,例如自行车脚闸身毛坯、汽车转向球销、车床三爪卡盘伞齿轮坯、环形散热器(螺旋翅管)等。第三个进步是生产率大大提高,例如用四头螺旋孔型轧制 $\varnothing 3\text{mm}\sim\varnothing 6\text{mm}$ 自行车钢珠,单机生产率 1080 粒/min。

5. 旋压

旋压最早出现于公元前 3500~4000 年殷商时代的中国,是用陶轮旋制陶瓷制品。约在 10 世纪演变为将银、锡和铜薄板旋压成形为瓶、罐、壶、盘等容器、器皿的金属普通旋压工艺。13 世纪时这种技术传到英国,1840 年前后由约旦传到美国。直到 20 世纪中叶以后,旋压设备的机械化,模拟手工旋压的设备即采用液压助力器等驱动旋轮,旋轮往复移动实现进给和回程,才使旋压工艺有了发展。20 世纪 60 年代后期,德国莱弗尔德公司在自动旋压机的基础上,发展了数控(NC 和 CNC 控制系统)和录返系统(PNC 系统)的旋压机,普通旋压技术冲破了小批量生产的限制而应用于中、大批量生产中。在普通旋压技术基础上发展起来的强力旋压法(即变薄旋压),50 年后代开始应用,经过 60 年代的发展,70 年代强力旋压设备已完善定型。目前,美国普通旋压(不变薄旋压)最大制品 $\varnothing 6100\text{mm}$ 封头,强力旋压最大制品 $\varnothing 4060\text{mm}$ 筒形件。瑞士普通旋压最大制品 $\varnothing 7315\text{mm}$ 封头。我国近年来旋压技术发展很快,在飞机、火箭、导弹等航空、航天飞行器零部件生产中,旋压技术得到广泛应用。80 年代后期,我国的旋压已能制作 $\varnothing 3000\text{mm}$ 的封头。但在强力旋压以及数控和录返系统的旋压机技术方面还未能达到世界水平。

6. 辊弯

辊弯型钢是一种经济断面型材。20 世纪初期,美国人创造了辊式辊弯机组,开始生产商品冷弯型钢。随后英国、法国、德国、捷克斯洛伐克等国相继建成专业化生产的辊式冷弯成型机组,辊式冷弯成型工艺在欧洲得到逐步推广和应用。到 60 年代中期,由于带钢和薄板产量比重的增大,为辊弯型钢提供原料市场的增大,这项技术在世界各工业发达国家都得到广泛地应用。20 世纪 80 年代,美国辊弯型钢年产量 300 多万 t,日本辊弯型钢年产量 150 多万 t。前苏联辊弯型钢年产量 260 多万 t。目前,辊弯型钢的新工艺、新产品不断地出现。例如:高频电流局部加热弯曲部位的方法生产高强度钢的厚壁辊弯型钢;有机涂层辊弯型钢的生产、组合夹层的辊弯型钢等。我国辊弯型钢技术应用的还不普遍。还需要进一步开发与推广。

7. 径向锻造

径向锻造又叫精密旋转锻造,也有人称作精密锻轴工艺。1984 年奥地利 GFM 机器制造有限公司制造出第一台立式径向锻机,经过逐步完善,用于生产。随后继续研究开发,采用新技术,由手动发展到半自动、自动和全自动程序控制。到了 70 年代末期,已发展到计算机

数控全自动，设备逐步臻于完善。这种工艺既可热锻，又可以冷锻，可锻普通炭素钢，也可以锻各种高合金钢及难变形金属；可锻圆棒、方棒、矩形棒、多台阶轴类、锥度轴、液压用管，厚壁管等。冷锻可锻薄壁管、光管、花键等。因此，美、英、法、德、前苏联等国广泛地应用在国防生产上。它可冷锻枪刺、冷锻枪管膛线和炮管膛线。目前，最大的径向锻机锻击吨位 2500t，锻造电机功率 $2 \times 1000\text{kW}$ ，最大锻造尺寸 $\varnothing 900\text{mm}$ 、长度 10000mm，每小时的生产量为 30t，生产过程自动化。冷锻用最大径向锻机锻击吨位 300t，锻造电机功率 360kW，最大锻造直径 $\varnothing 75\text{mm}$ ，锻件长度不限。连续径向锻造最大的打击吨位 1000t，工件断面尺寸 $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 或 $\varnothing 340\text{mm}$ ，锻造速度 $10 \sim 20\text{m/min}$ 。我国自 1958 年开始研究、试用径向锻造，自行设计、制造了多种规格型号的径向锻机。应用到机床、汽车、拖拉机、机车、坦克和其它机械上的实心轴、空心轴、锥度轴以及军工生产上，可锻最大直径 $\varnothing 250\text{mm}$ ，最大长度 6000mm。无论是可锻工件尺寸大小，或者是自动化程度上都落后于世界先进水平。

8. 辊锻

辊锻是工件塑性成形长度小于轧辊工作直径周长的普通纵轧。辊锻与轧制无论是基本原理，或者是变形特性、运动关系和设备结构方面，两者都是一样的。所以也可以说辊锻就是轧制。作为制坯辊锻，辊锻工艺在国内外应用很广泛。特别是机械锻压机上模锻工艺发展应用，作为制坯的辊锻工艺得到相应的发展。20 世纪 50 年代后，辊锻工艺又发展到成形终锻，如板片类和长轴类锻件。冷精辊锻工艺也随之发展应用，如原西德、原苏联等国家利用它生产航空发动机涡轮与压气机叶片，叶型精度可达 $0.03 \sim 0.05\text{mm}$ 。我国在 70 年代后期和 80 年代，辊锻工艺的应用和发展很快。特别是在与机械锻压机配套，生产汽车前梁、连杆、栓钩、传动轴、转向节等锻件方面，取得可喜的成果。自行设计、制造的连杆辊锻自动线建成投入生产，说明中国辊锻工艺生产跨入世界水平。

第二章 辗环

§ 2.1 辗环概述

一、辗环特点

辗环又叫扩孔，是制造无缝环形锻件的最好方法之一。它是旋转着的型辊（模具）对工件局部加压，工件在回转过程中逐渐成形（图 2.1）。辗环类似于轧制，一般都需要制坯，通常都把它归类为锻造⁽¹⁾。但用这种工艺制造无缝环形锻件有以下特点：

1. 设备吨位小，加工范围大

辗环中环形件的成形是局部加压连续小变形的积累，工件与工具的接触面积小，因而和其它锻造方法相比，变形工艺力小，所需要的设备能力就小得多。因而小吨位的设备就可以制造较大的无缝环件，扩大了环件锻造成形的范围。例如，中型载重汽车后桥从动锥齿轮锻坯（ $\varnothing 434\text{mm}$ ），需要 125000kN 热模锻压力机或 16t 模锻锤锻造。改用辗环工艺，可用 3t 模锻锤或 30000kN 热模锻压力机制坯，压力为 600kN 的辗环机终成形。两者相比，设备投资相差 5~10 倍。目前，辗环可以成形外径 10m、高度 4000mm 的原子能反应堆容器的无缝加强环⁽²⁾，这是其它任何锻造方法也难于实现的。

2. 材料利用率高

目前，制造无缝环形件的方法有自由锻马杠扩孔、胎模锻、模锻及钢板气割等。其中大件用马杠扩孔，小件用模锻是比较省料的，但都不如辗环。因为马杠扩孔是以折线代圆弧，椭圆允差、尺寸公差都大于辗环，而模锻的冲孔连皮大、又有拔模斜度和飞边。辗环的工件截面尺寸形状更接近成品，一般和模锻相比，材料利用率可以提高 10% 以上。

3. 产品质量好

辗环变形是径向（或径向和轴向）压缩、切向延伸，因而金属纤维沿环件圆周方向连续排布，往往与环件使用中的受力和磨损相适应，所以强度高、耐磨，具有优良的内在质量。

4. 劳动条件好

辗环类似于静压轧制，与一般锻造相比，无冲击，无震动，噪音低，改善了劳动环境。辗环又易于机械化和实现自动化，生产率高，劳动强度低。

5. 生产成本低

和一般锻造相比，辗环降低生产成本的因素有节约原材料、节约设备投资从而减少设备的折旧费和维修费、节能、锻造工时少、节约机械加工工时、模具寿命长而模具费用减少 70%

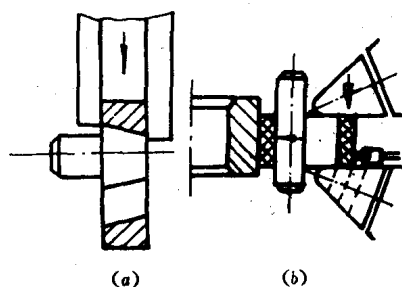


图 2.1 辗环

(a) 径向辗环；(b) 径向-轴向辗环；

1—辗压轮；2—芯辊；

3—工件；4—端面辊

以上等等，大大降低了生产成本。

二、辗环机简介

辗环有径向辗环(图 2.1 (a))和径向-轴向辗环(图 2.1 (b))两种。目前, 辗环外径 $\leq 400\text{mm}$ 的辗环机均为立式(或叫倾斜式)径向扩孔机, 国产机规格见表 2.1。其外观如图 2.2 所示。辗环外径较大的辗环机, 无论是径向辗环或者是轴向-径向辗环均为卧式辗环机, 国产机规格见表 2.2。机器外观见图 2.3。大型轴向-径向辗环机外观结构见图 2.4。用于制造小

表 2.1 径向辗环机主要参数

型 号 参 数	立 式 机			卧 式 机	
	D51W160	D51W250	D51W350	D52-630	D52-1000
径向轧制力(kN)	60	98	155	500	800
轧环外径(mm)	160	250	350	220~630	350~1000
轧环高度(mm)	35	50	85	160	250
轧制线速度(m/s)	2~2.5	2.1	2.2	1.3	1.3
电机功率(kW)	18.5	37	75	110	200
外形尺寸 长(mm)	2200	2890	4050	5230	7500
宽(mm)	1650	1900	1800	1900	2200
机器质量(kg)	2800	6500	10000	28000	4500

表 2.2 轴向-径向辗环机主要参数

型 号 参 数	D53K-800	ZDS-052	D53K-2000	D53K-3000	D53K-3000A	D53K-3500
径向轧制力(kN)	1250	2000	2000	2000	2000	2000
轴向轧制力(kN)	1000	1250	1250	1250	1600	1600
轧环外径(mm)	350~800	400~1800	400~2000	400~3000	400~3000	500~3500
轧环高度(mm)	60~300	80~500	70~500	80~500	60~700	60~500
轧制线速度(m/s)	1.3	1.3	1.3	1.3	0.4~1.6	0.4~1.6
主电机 径向(kW)	280	500	500	500	2×315	2×280
功率 轴向(kW)	2×160	2×160	2×160	2×160	2×315	2×220
外形尺寸 长(mm)	10000	12700	14600	15500	16200	15500
宽(mm)	2500	3600	3500	3600	3200	3600
机器质量(kg)	95000	150000	165000	220000	235000	220000

型环件的还有多工位径向辗环机(图 2.5)⁽³⁾和根据图 2.6 原理设计制造的轴向-径向辗环机, 又叫双辗压轮扩孔机。该机为日本东亚铁工所制造, 日本光洋精工所采用。其结构有两种: 一种水平式结构, 辗扩件的最大外径 90mm, 辗压轮由 10 马力电机驱动, 转速 300r/min, 直径 304.8mm, 上下料手工操作; 另一种是立式结构, 辗扩件最大外径 254mm, 辗压轮由 30 马力的电机驱动, 转速 300r/min, 上下料由手工操作, 辗环机的辗压轮由电机驱动旋转, 而芯辊、抱辊的旋转由工件接触摩擦力带动, 进给与抱紧等平行移动由气压或液压驱动。所以是机电液(气)一体化的机器, 动作程序较多, 目前已实现微机控制。国内外辗环机辗扩工件均采

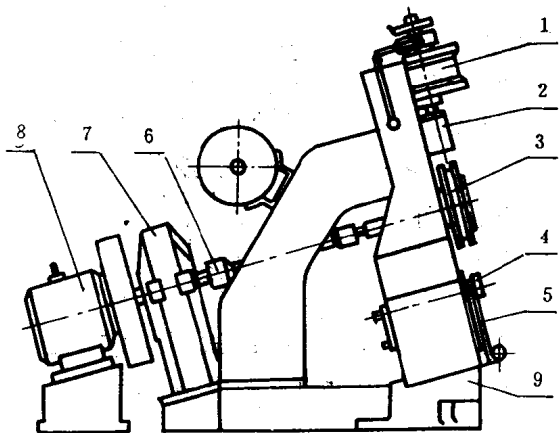


图 2.2 立式径向辗环机

- 1—气缸；2—滑块；3—辗压轮；
4—芯辊；5—托料板；6—万向节；
7—减速箱；8—电机；9—机身

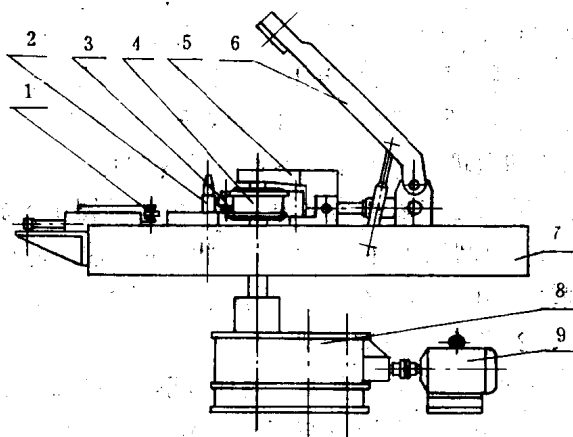


图 2.3 卧式径向辗环机外观结构

- 1—测量辊；2—芯辊；3—抱辊；
4—辗压轮；5—辗压轮上支撑；6—芯辊上支撑；
7—机身；8—减速箱；9—电机

用降压控制尺寸精度，控制精度不高。武汉工学院已开发出制件精度位置在线预测的智能型柔性控制技术，大大提高了控制精度。

三、辗环的应用与发展趋势

1. 辗环的应用

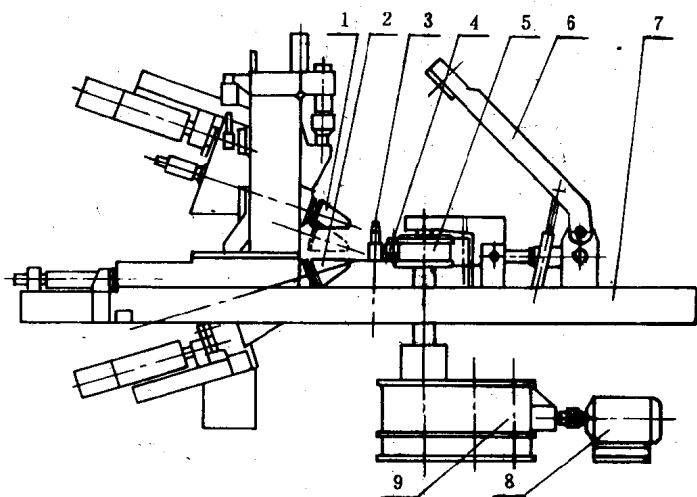


图 2.4 轴向-径向辗环机外观图

- 1—上端面辊；2—下端辊；3—芯辊；
4—抱辊；5—辗压轮；6—芯辊上支撑；
7—机身；8—电机；9—减速箱

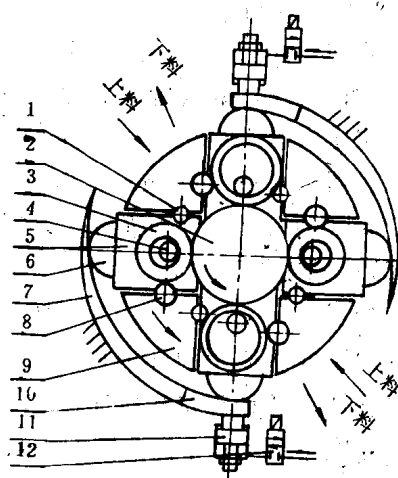


图 2.5 多工位径向辗环机

- 1—信号辊；2—辗压轮；3—毛坯；
4—芯辊；5—滑块；6—滚轮；
7—固定导板；8—推力辊；9—工作台；
10—活动导板；11—油缸；12—电磁阀

目前，辗环工艺在国内外的应用范围越来越广泛。例如火车轮箍、轴承内外套圈、齿轮圈、管道法兰、各种加强环、军工机械、建筑机械、起重机械的旋转轮圈等。辗环工艺生产无缝环形件的尺寸范围很大，直径自 40mm 到 10000mm，轴向高度自 10mm 到 4000mm。小的质量仅为 0.2kg，大的质量可达 6000kg 以上。截面形状

多种多样,典型的例子如图 2.7 所示。辗环要成形所需产品截面形状,不仅需要相应的辗压孔型,而且需要适当形状的毛坯。因此,辗压前需要下料、镦粗、冲孔、预成形等制坯过程,所以在辗环生产线上需配备锻锤、热模锻压力机、摆动辗压机、切边机(冲孔用)等设备完成制坯工序。

辗环还可以作为制坯工序,由摆动辗压完成轴向变形(图 2.8),可制造多种复杂截面形状、带有轴向薄边的无接缝环形锻件(图 2.9),充分发挥了两种工艺的优点。

2. 辗环的发展趋势

随着工业化的发展,辗环也形成下述发展趋势:

(1) 辗环机规格与环件尺寸

的大型化

随着近代工业的发展,特别是矿山工业、海上采油装置、原子能工业及核电站的发展,越来越多地需要特大型的无接缝环形件,因此,明显地扩大了环形件的尺寸范围。美、德、日、法等国的一些公司,拥有辗压力 1225~3087kN 的辗环机,可辗压直径 400~6400mm、高度最大为 1000mm 的环件。德国曾设计制造一台辗压力达 40000kN 的径向辗环机,辗压直径 10000mm、高度 4000mm 的核反应堆加强环。

(2) 高精度辗压成形,实现少无切削加工

现代工业所使用的环形件通常是由环形毛坯经过机械加工制造的。

这些零件尺寸变化范围大,断面形状多种多样。而且有较大数量是用不锈钢、高温合金、钛合金等贵重金属制造的。因此,提高环形件毛坯的辗压精度,对减少切削加工量、减少金属损耗,降低零件的制造成本具有十分重要的意义。例如英罗尔斯—罗伊斯公司制造的喷气式发动机,采用辗环制造的环形件代替锻造生产的环形件,一台发动机节约 10 万美元。目前,大型辗环机辗压的环形零件尺寸较精确,误差较小。通常直径误差在 $\pm 3\text{mm}$,高度误差 $\pm 1.5\text{mm}$ 以内。

采用精密冷辗实现少、无切削加工。英、美等国在航空工业部门使用的环形零件及轴承内、外套圈均由冷辗制造。美国通用电气公司制造了 CF6 型飞机发动机上的 7 种不同尺寸和断面形状的环形件,外形公差达 $\pm 0.05\text{mm}$,直径公差 $\pm 0.127\text{mm}$,节省 30% 金属。英国 Form Flo 公司冷辗的轴承套圈,外圈直径公差 $\pm 0.01\text{mm}$,内圈可达 $\pm 0.052\text{mm}$,圆度外圈

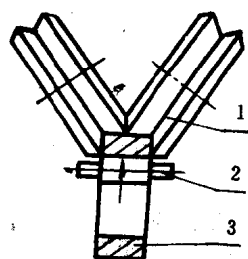


图 2.6 双辗压轮辗环机原理图

1—辗压轮; 2 芯辊; 3—工件

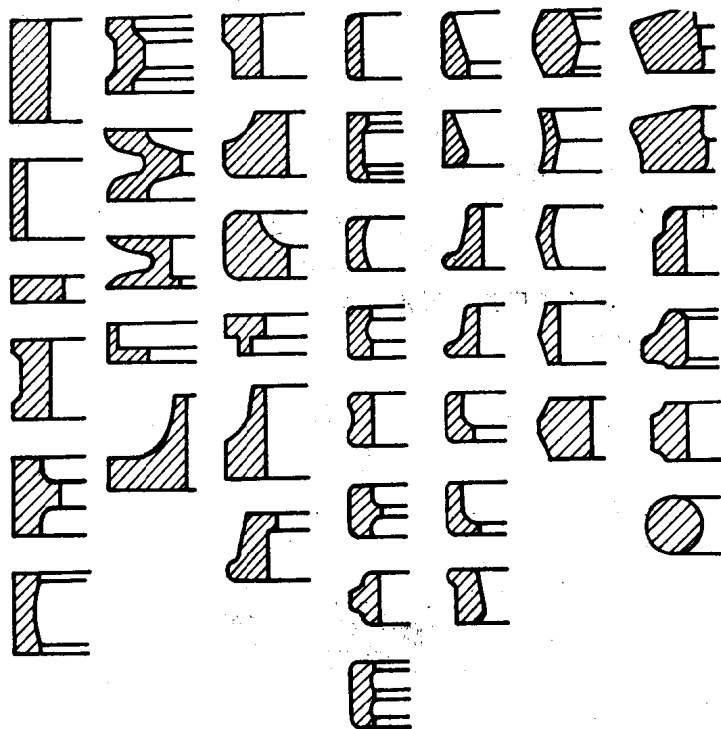


图 2.7 辗环产品的截面形状