

强力旋压工艺与设备

陈适先 贾文铎 曹庚顺 赵洪文 编著

国防工业出版社

强力旋压工艺与设备

陈适先 贾文铎 编著
曹庚顺 赵洪文

国防工业出版社

内 容 简 介

本书共分六章:第一章,概述;第二章,成形原理;第三章,旋压机;第四章,工艺装备;第五章,工艺过程;第六章,加工实例。本书编写的主要目的是向读者系统地介绍强力旋压工艺与设备,包括公式、图表、数据和典型结构。

本书可供工程技术人员、高等院校师生等参考。

强力旋压工艺与设备

陈适先 贾文铎 编著

曹庚顺 赵洪文

责任编辑 余发棣

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张12⁵/₈ 279千字

1986年12月第一版 1986年12月第一次印刷 印数: 0,001—2,300册

统一书号: 15034·3024 定价: 2.60元

前 言

强力旋压是用于金属空心回转体零件成形的一种先进工艺技术。近二十年来在我国已有了迅速发展和应用。

本书是结合笔者的实践及国内外有关资料编写的，内容包括强力旋压的概况、成形原理、旋压机、工艺装备、工艺过程和加工实例等六章。

本书编写的目的是向读者系统地介绍强力旋压工艺与设备及其公式、图表、数据和典型结构。

本书第一、二、六章的主写人是陈适先，第三章是贾文铎，第四章是赵洪文，第五章是曹庚顺，由陈适先主编。

在本书编写过程中承孙存福等同志审阅，表示衷心的感谢。书中引用了不少兄弟单位的经验与结果，在此表示感谢。作者还要衷心感谢岳瑞云同志精心描制插图，罗小玲和刘忠祥同志协助誊写部分文稿。

由于经验和水平所限，本书会存在不少错误和缺点，希望读者指正。

目 录

主要符号索引	1
第一章 概述	2
§ 1-1 概念与分类	2
§ 1-2 特点与比较	9
§ 1-3 发展与应用	14
§ 1-4 前景和方向	21
第二章 成形原理	23
§ 2-1 变形	23
§ 2-2 变形力	78
§ 2-3 可旋性	114
§ 2-4 组织性能变化	122
第三章 旋压机	128
§ 3-1 特点与分类	128
§ 3-2 部件结构	138
§ 3-3 液电系统	171
§ 3-4 附件	208
§ 3-5 旋压机实例	220
第四章 工艺装备	239
§ 4-1 芯模	241
§ 4-2 尾顶装置	250
§ 4-3 旋轮装置	252
§ 4-4 靠模	269
第五章 工艺过程	271
§ 5-1 毛坯	271

§ 5-2 工艺因素.....	286
§ 5-3 辅助工序.....	295
§ 5-4 联合工艺.....	298
§ 5-5 工件质量.....	303
§ 5-6 工艺方案的制订和实施.....	317
第六章 加工实例	322
参考文献	395

主要符号索引

A ——面积	t_f ——工件壁厚
C ——常数	t_0 ——毛坯壁厚
c ——比热	v ——速度
D ——工件直径	V ——体积
D_p ——旋轮直径	W ——功
F ——旋压力	$\dot{W}$ ——功率
f ——进给率 (沿工件母线)	α ——工件半锥角
H ——高度	α_p ——旋轮成形角
h_p ——旋轮台阶高	β ——旋轮攻角
j_i ——毛坯与芯模的直 径间隙	β_p ——旋轮光整角
j ——旋轮与芯模 的间隙	γ ——剪应变
K ——系数	γ_p ——旋轮引导角
L, l ——长度	δ ——延伸率
M ——相似常数	ε ——实际应变
m ——系数	$\dot{\varepsilon}$ ——实际应变率
N ——旋转圈数	η ——效率
n ——主轴转速, 指数	θ ——角度
P ——机床力	λ ——偏移角
p ——单位接触压力	μ ——系数
R ——工件半径	ρ ——圆弧曲率半径
R_p ——旋轮半径	σ ——应力
r_p ——旋轮圆角半径	σ_b ——强度极限
s ——进给 (沿轴向)	σ_s ——屈服极限
T ——时间	τ ——剪应力
	ψ ——面积收缩率
	ψ_r ——厚度减薄率
	Δr ——厚度偏离率

第一章 概 述

§ 1-1 概念与分类

旋压是用于成形薄壁空心回转体零件的一种金属压力加工方法。它是借旋轮或杆棒等工具作进给运动，加压力于随芯模沿同一轴线旋转的金属毛坯，使其产生连续的局部塑性变形而成为所需空心回转体零件（图1-1 a）。

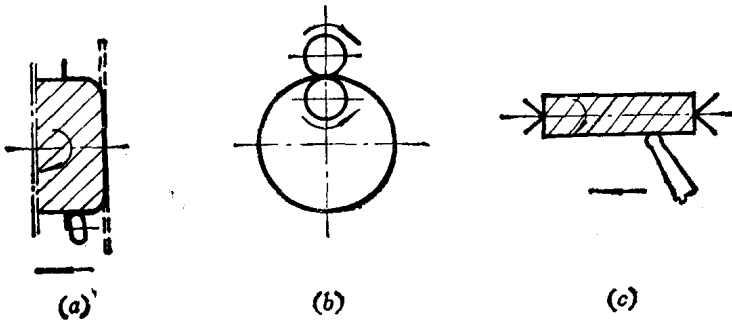


图1-1 三种连续局部回转成形

(a) 旋压；(b) 辊轧；(c) 表面滚压。

它与辊轧（图1-1 b）的区别是后者一般采用二个辊轮对毛坯加压，辊轮与毛坯的旋转轴线均非同轴，毛料的直径随着壁厚的减少而增大。

它与表面滚压（图1.1 c）的区别是后一过程中只产生表面层的变形，而旋压时则整个厚度上都产生变形。

旋压包含普通旋压和强力旋压两大类。

普通旋压有着悠久历史传统。它的典型过程如图 1-2 所示，尾顶块将毛坯在芯模上夹紧，芯模旋转，旋轮逐次进给将毛坯成形为零件。

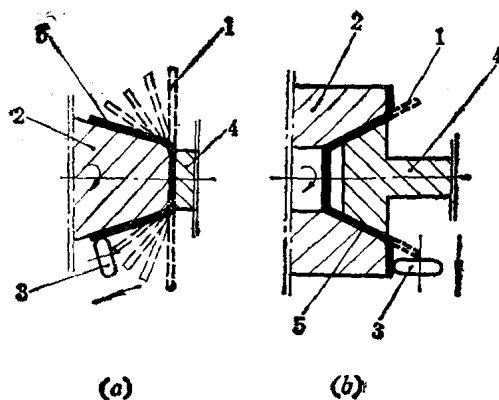


图1-2 普通旋压简图

(a) 收径; (b) 扩径。

1—毛坯; 2—芯模; 3—旋轮; 4—尾顶块; 5—工件。

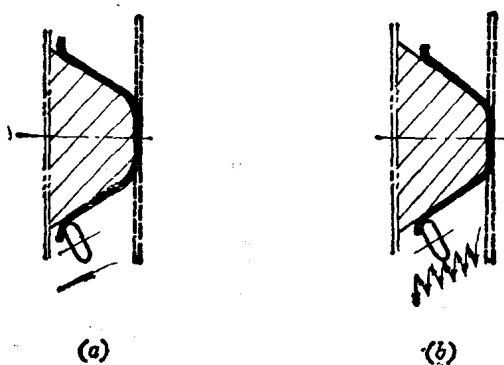


图1-3 普通旋压进给运动方式

(a) 单向前进; (b) 往复摆动。

普通旋压的变形特征是金属板坯在变形中主要产生直径上的收缩 (图 1-2 a) 或扩张 (图 1-2 b), 由此带来的料厚

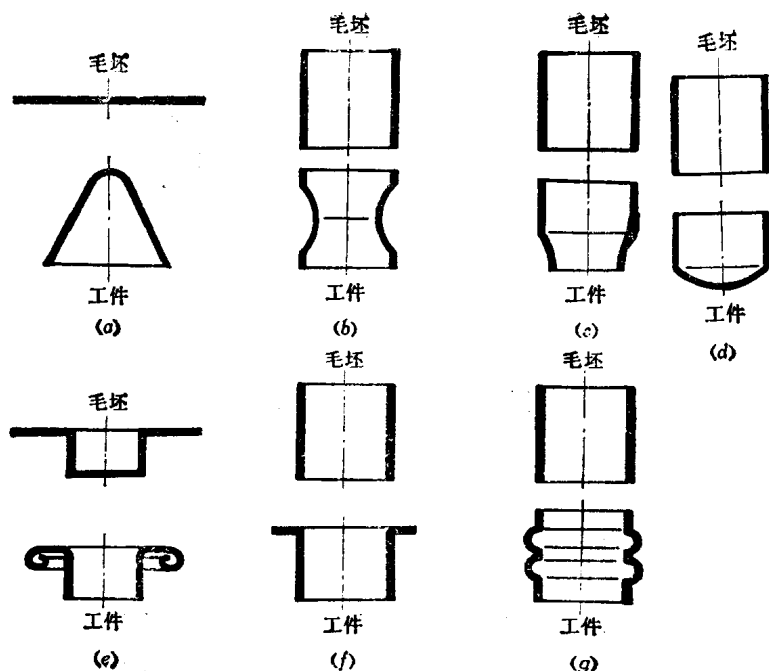


图1-4 普通旋压的各种方式

(a) 成形; (b) 缩颈; (c) 收口;
(d) 封口; (e) 卷边; (f) 翻边; (g) 压筋。

变化则是从属的。由于直径上的变化容易引起失稳或局部减薄, 故普通旋压过程一般是分多道次进给逐步完成的。普通旋压时, 旋轮(或杆棒)的进给运动可分单向前进和往复摆动二种方式(图1-3)。后一种方式更有利于材料的均匀流动并可使成形次数相应减少, 前一种方式则便于采用机械化、自动化操作。

普通旋压可以完成成形、缩颈、收口、封口、翻边、卷边、压筋等各种工作(图1-4), 因而有着广泛的用途。

元

强力旋压是在普通旋压的基础上发展起来的。它的典型过程是：尾顶块将毛坯夹紧，芯模旋转，旋轮作进给运动，使毛坯连续地逐点地变薄并贴靠芯模而成为所要求的工件（图 1-5）。旋轮的运动轨迹是由靠模或导轨来确定的。

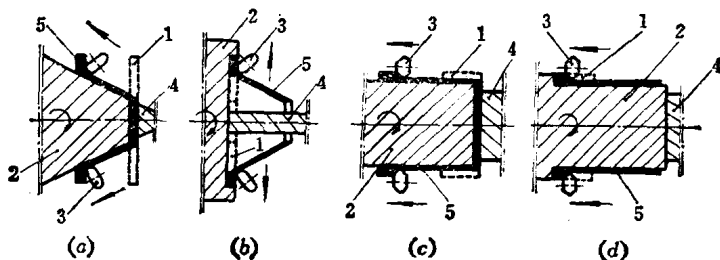


图1-5 强力旋压简图

- (a) 正剪切旋压（锥形件正旋），(b) 反剪切旋压（锥形件反旋），
(c) 正流动旋压（筒形件正旋），(d) 反流动旋压（筒形件反旋）。
1—毛坯；2—芯模；3—旋轮；4—尾顶块；5—工件。

图 1-6 所示是一个锥形件强力旋压前后的外观图。

这种工艺过程的称呼较多，包括“变薄旋压”(Spinning with Reduction)、“液压旋压”(Hydrospinning)、“流动车削”(Flowturning)、“旋压锻造”(Spin Forging)、“旋转挤压”(Rotary Extrusion)等等，本书采用国内企业流行的名称—强力旋压(Power Spinning)。

表 1-1 为强力旋压分类表。按工件外形不同，可分为锥形件（包括凸、凹形曲母线回转体件）、筒形件以及复合形件强力旋压三类。复合形件是指兼有锥形和筒形段的工件。锥形件强力旋压须采用板坯或较浅的预制空心毛坯，筒形件强力旋压则须采用短而厚、内径基本不变的筒形毛坯。根据变形中材料流动性质的区别（详见 § 2-1），称锥形件强力旋压为“剪切旋压”(Shear Spinning)；称筒形件强力旋压为

‘流动旋压’(Extrude Spinning)。

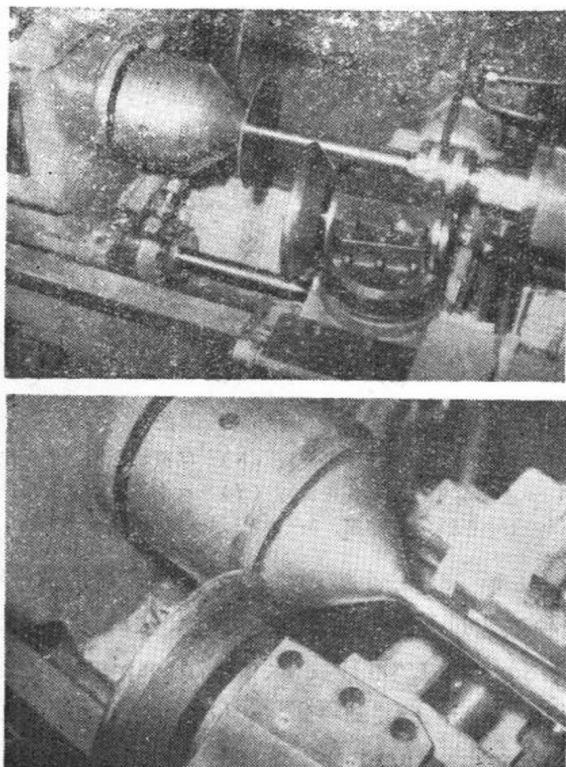


图1-6 正剪切旋压过程外观

(a) 旋前; (b) 旋后。

按旋轮进给方向与毛坯材料流动方向的不同,可分为“正旋”与“反旋”。正旋指毛坯材料流动方向顺旋轮进给方向,反旋指毛坯材料流动方向逆旋轮进给方向。由此可有“正剪切旋压”、“反剪切旋压”、“正流动旋压”及“反流动旋压”四种方式(见图1-5)。反剪切旋压时工件尺寸较难控制故不常用。

表1-1 强力旋压分类

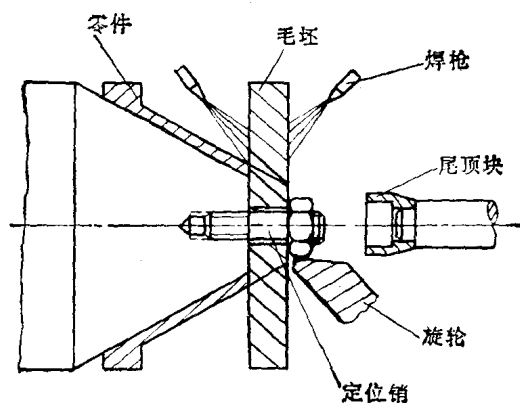
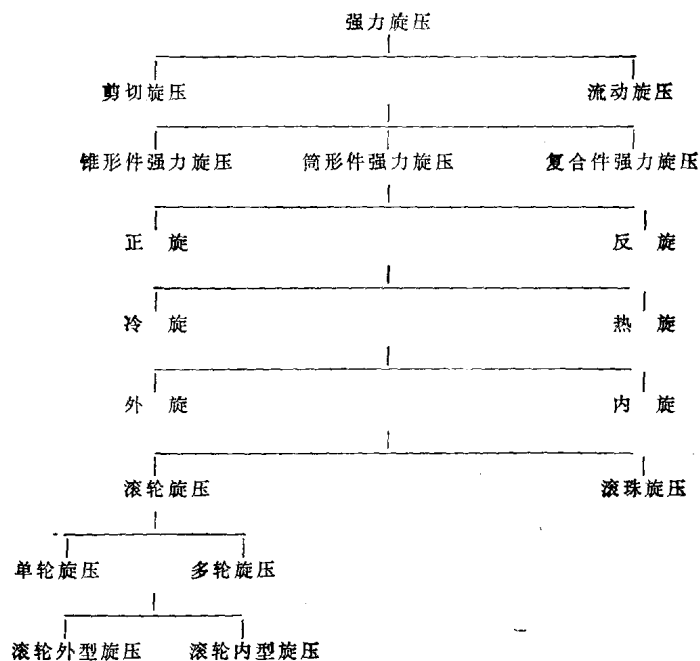


图1-7 热旋简图

按旋压时加温与否，可分为“冷旋”与“热旋”。通常采用冷旋，即在室温下强力旋压。特殊情况下（材料冷态塑性差、设备能力不足等）则采用热旋（图 1-7），即加温强力旋压。

按旋压工具不同可分为“滚珠旋压”及“滚轮旋压”。滚珠旋压（图 1-8）一般限于薄壁等截面直筒，用于加工波纹管管坯及其它薄壁件。本书主要讨论用滚轮强力旋压。

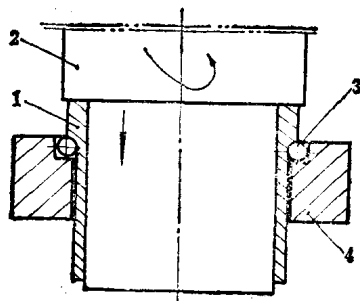


图1-8 滚珠旋压简图

1—工件；2—芯模；3—滚珠；4—圆盘。

用旋轮强力旋压按轮数的不同，可分为单轮和多轮（二轮、三轮等）旋。按旋轮及芯模与毛坯的相对位置，可分为外旋和内旋。通常相对于毛坯而言，旋轮在外，芯模在内，为外旋；当工件较大，有特殊要求时，亦有采用模具在外，旋轮在内的工作方式，为内旋（图 1-9）。

用旋轮强力旋压还包括用旋轮外形旋压和用旋轮内形旋压，后者限于小直径工件（图 1-10）。

表 1.2 所示是用强力旋压可以旋制的一些典型结构。这些结构的适当组合也是可以进行强力旋压的。

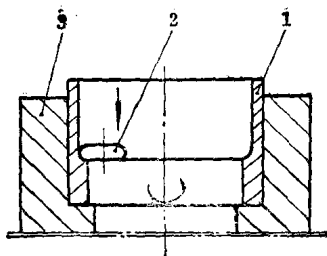


图1-9 内旋简图

1—工件；2—旋轮；3—模具。

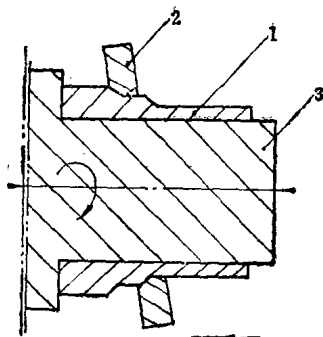


图1-10 用旋轮内型强旋

1—工件；2—内旋轮；3—芯模。

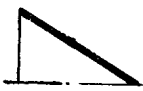
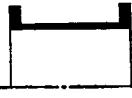
§ 1-2 特点与比较

一、优越性

1. 强力旋压属无屑加工。因而可节约原材料消耗；
2. 强力旋压属局部变形。因而单位接触压力虽高（可达 $250 \sim 350$ 公斤/毫米²），但总变形力及所需机床吨位相对来说却不大（ $1 \sim 100$ 吨）；
3. 强力旋压属轴向拉延（区别于拉深成形等径向拉延方式）。变形区的材料处于二或三向的压应力状态，可采用较高的变形程度；
4. 强力旋压属稳态逐点变形。瞬时成形范围小，未成形部分不易失稳。尤其适于加工相对深度大的整体空心件；
5. 强力旋压的变形方式便于采用局部加温进行热旋，可用来成形稀有金属、超高强度钢、粉末压制或特种铸造的坯料；
6. 强力旋压属半模成形。因而不需成套模具。
7. 强力旋压时，沿整个厚度上产生剧烈变形，相当于对毛坯材料进行了一次检查。毛坯中的严重夹渣、杂质、分

层以及不合格的焊缝都会旋裂而暴露。

表1-2 可强力旋压的典型结构

I. 锥形件 (包括凸、凹形)			
1. 简单的	2. 变壁厚	3. 带凸缘	4. 带顶锥
			
5. 带内筋	6. 双向锥	7. 凸曲母线	8. 凹曲母线
			
II. 筒形件			
1. 简单的	2. 变壁厚	3. 带凸缘	4. 带底的
			
5. 带内筋	6. 带台阶		
			
III. 复合形件			
1. 锥形 + 筒形	2. 筒形 + 锥形		
			

8. 强力旋压后材料晶粒细化, 强度提高。因而有可能减少某些制件的厚度并节约原材料; 还可能免除某些制件的成品热处理强化工序, 防止淬火畸变。

9. 强力旋压后材料表面硬度和疲劳强度有所提高。对具有切口敏感性的材料, 效果尤其显著。

10. 强力旋压后的工件一般可达到较高的壁厚精度 ($\pm 0.03 \sim 0.05$ 毫米) 和内表面光洁度 ($\nabla 7$ 以上) 在一定工艺条件下也能达到较高的直径精度和外表面光洁度。

二、局限性

和所有其它工艺方法一样, 强力旋压也不是万能的, 而存在着一系列弱点和局限性:

1. 工件的旋压段须是薄壁空心回转体;

2. 工件的内形 (外旋时) 或外形 (内旋时) 须平整以利材料流动;

3. 旋压段须有一定长度以保证经济上的合理性;

4. 毛坯材料须有一定可旋性, 如普通铸造材料就不能旋压;

5. 须采用有一定复杂程度的专用旋压机;

6. 须有适宜批量。一般说强力旋压适于年产数十至上万件的批量, 但有时也适于更大或更小批量的生产。有时即使是单件生产也只能由强力旋压来完成。因此要结合具体产品及生产条件进行技术经济分析。

下面将强力旋压与其它工艺方法逐一进行对比:

1. 与机械加工比较 强力旋压的有利方面是 (1) 对薄壁零件的适应性更强; (2) 可精化毛坯; (3) 可提高工效, 在适当条件下甚至可替代镗、磨等工序; (4) 工件强度性能提高, 纤维连续。但是, 强力旋压对于较短的零件及