

高等学校材料科学与工程类专业“十二五”规划教材

JINSHU JIYA YU LABA GONGCHENGXUE

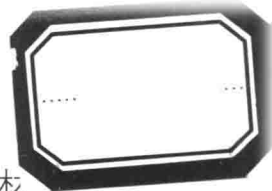
金属挤压与拉拔工程学

编著 邓小民 谢玲玲 闫亮明



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校材料科学与工程类专业“十二五”规划教材



金属挤压与拉拔工程学

邓小民 谢玲玲 闫亮明 编著

合肥工业大学出版社

内容提要

本书为安徽省高等学校“十二五”省级规划教材。本书系统地介绍了金属材料挤压与拉拔成形的基本原理和理论知识,介绍了挤压和拉拔成形设备的结构类型以及所使用工模具的设计方法;重点介绍了与工程实践密切相关的挤压与拉拔工艺的制定方法、常见缺陷的预防处理方法等。

本书可作为高等院校材料成形及控制工程专业的专业课教材,也可供从事金属材料挤压与拉拔生产、科研的相关工程技术人员以及现场实际生产操作人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

金属挤压与拉拔工程学/邓小民,谢玲玲,闫亮明编著. —合肥:合肥工业大学出版社, 2013.9

ISBN 978-7-5650-1519-9

I. ①金… II. ①邓…②谢…③闫… III. ①有色金属—挤压—高等学校—教材②黑色金属—挤压—高等学校—教材③有色金属—拉拔—高等学校—教材④黑色金属—拉拔—高等学校—教材 IV. ①TG379②TG359

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 218864 号

金属挤压与拉拔工程学

邓小民 谢玲玲 闫亮明 编著

责任编辑 汤礼广 石金桃

出版 合肥工业大学出版社

地址 合肥市屯溪路 193 号

邮编 230009

电话 理工编辑部:0551—62903087

市场营销部:0551—62903198

网址 www.hfutpress.com.cn

E-mail hfutpress@163.com

版次 2014 年 1 月第 1 版

印次 2014 年 1 月第 1 次印刷

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16

印张 24.75

字数 578 千字

印刷 合肥现代印务有限公司

发行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-1519-9

定价:49.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。



前 言

挤压和拉拔都是金属材料塑性成形的最基本方法。挤压按照被加工对象的属性分为一次塑性成形挤压和二次塑性成形挤压。一次塑性成形挤压是指常规的挤压生产方法,所使用的坯料通常为铸造坯料,主要用于挤压半成品金属材料,如管材、棒材、型材等,其中铝型材是最具代表性的挤压产品。二次塑性成形挤压的生产方法和原理、金属的变形特点、所使用的设备以及挤压的产品等都与一次塑性成形挤压有很大差别,通常被称为冷挤压,所使用的坯料通常是经过塑性加工后的金属材料(线材、棒料、管料、板料等),主要用于零件的挤压成形,如用轧制的板料挤压杯形件等。本书中涉及挤压方面的所有内容,都是指常规的一次塑性成形挤压。

本书的主要内容包括:金属挤压和拉拔的基本原理和方法、金属变形流动规律、组织性能特点及力能计算,挤压和拉拔设备的类型及工模具的结构、设计原理,挤压和拉拔工艺的制定方法,挤压和拉拔制品的缺陷与预防等。

本书可作为高等学校材料成形及控制工程专业的专业课教材,与一些同类教材相比较,本书在编写时不仅注重内容的精练和知识的更新,尤其注重理论与工程实践的结合,目的是开拓学生视野和加强对学生工程能力的培养。

本书主要是根据铝合金加工工业生产的实际情况进行编写,但对铜合金及其他金属材料的挤压、拉拔方面的内容也有所反映。为帮助读者理解和运用书中的一些原理、原则和计算式,作者在书中相应部位适当地增加了一些实例和例题,在每一章节的后面还配有若干思考题。



本书为安徽省高等学校“十二五”省级规划教材。本书由安徽工业大学邓小民、谢玲玲和内蒙古工业大学闫亮明共同编著。本书在编写过程中借鉴和参考了许多学者与专家的资料,在此一并表示感谢。由于编者的学识和水平有限,书中难免存在错误之处,敬请读者批评指正。

作者



目 录

上篇 金属挤压

第 1 章 挤压概述	(3)
1.1 挤压的基本概念	(3)
1.2 挤压的特点及适用范围	(17)
1.3 挤压技术的发展进步	(18)
思考题	(21)
第 2 章 挤压时金属的变形流动规律	(22)
2.1 正向挤压时金属的变形流动规律	(22)
2.2 反向挤压时金属的变形流动规律	(32)
2.3 影响金属流动的因素	(37)
2.4 挤压时的金属流动模型	(40)
思考题	(41)
第 3 章 挤压制品的组织与性能特征	(43)
3.1 挤压制品的组织特征	(43)
3.2 挤压制品的力学性能特征	(55)
思考题	(60)
第 4 章 挤压力计算	(62)
4.1 挤压时的受力状况	(62)
4.2 影响挤压力的主要因素	(64)
4.3 挤压力计算	(70)
4.4 挤压力计算举例	(90)
思考题	(91)
第 5 章 挤压机及挤压工模具设计	(92)
5.1 挤压机简介	(92)
5.2 挤压工模具设计	(101)
思考题	(164)
第 6 章 挤压工艺	(166)
6.1 挤压工艺参数确定	(166)
6.2 坯料尺寸的选择	(193)
6.3 挤压润滑	(201)
6.4 挤压工艺流程	(204)



思考题	(211)
第7章 挤压制品的主要缺陷及预防	(212)
7.1 挤压制品的表面缺陷	(212)
7.2 挤压制品的形状、尺寸缺陷	(229)
思考题	(237)

下篇 金属拉拔

第8章 拉拔概述	(241)
8.1 拉拔的一般概念	(241)
8.2 管材拉拔的一般方法及适用范围	(242)
8.3 拉拔法的优点、缺点	(244)
8.4 拉拔技术的发展进步	(244)
思考题	(245)
第9章 拉拔时的应力与变形	(246)
9.1 圆棒材拉拔时的应力与变形	(246)
9.2 管材拉拔时的应力与变形	(251)
9.3 拉拔制品中的残余应力	(263)
思考题	(269)
第10章 拉拔力	(271)
10.1 影响拉拔力的主要因素	(271)
10.2 拉拔力的理论计算	(276)
思考题	(293)
第11章 拉拔设备及工具	(294)
11.1 拉拔设备简介	(294)
11.2 拉拔工具	(311)
思考题	(324)
第12章 拉拔工艺	(325)
12.1 拉拔时的主要变形指数	(325)
12.2 拉拔生产工艺流程	(325)
12.3 拉拔配模设计	(327)
12.4 拉拔时的润滑	(365)
12.5 特殊拉拔方法简介	(372)
思考题	(374)
第13章 拉拔制品的主要缺陷及预防	(376)
13.1 拉拔管材的主要缺陷及预防	(376)
13.2 拉拔棒材、线材的主要缺陷及预防	(384)
思考题	(386)
参考文献	(388)

▶ 上篇 金属挤压



第1章 挤压概述

1.1 挤压的基本概念

1.1.1 挤压的原理及基本方法

所谓挤压,就是对放在容器(挤压筒)内的金属坯料从一端施加外力,强迫其从特定的模孔中流出,获得所需要的断面形状、尺寸及一定力学性能的制品的一种塑性成形方法,其原理如图1-1所示。

挤压是金属塑性成形的最主要方法之一,可以直接生产管、棒、型、排材等半成品金属材料,并可为拉拔生产管材、棒材、型材、线材等提供相应的坯料,在铝加工、铜加工、钛合金及高熔点稀有金属材料加工、钢铁材料加工以及电缆包覆等行业有着广泛的应用。

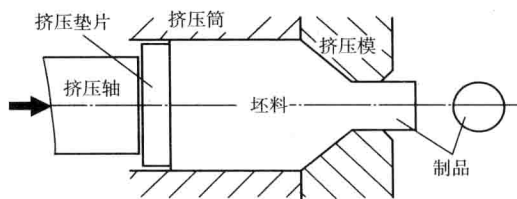


图1-1 金属挤压的基本原理图

挤压的方法可按照不同的特征进行分类,有几十种(见表1-1)。工业上最常见的有4种方法:正向挤压、反向挤压、侧向挤压和连续挤压。最基本的挤压方法仍然是正向挤压和反向挤压。

表1-1 挤压方法分类

分类特征	挤压方法	特点及适用范围
按照坯料与挤压筒间有、无相对运动分类	正向挤压	坯料与挤压筒之间有相对运动,二者之间存在着很大的外摩擦,挤压力的很大一部分用来克服这种外摩擦;金属变形流动不均匀。其适用于各种金属及合金制品挤压。
	反向挤压	坯料与挤压筒之间无相对运动,二者之间无外摩擦,挤压力较小;金属变形流动较均匀。其适用于各种金属及合金制品挤压。



(续表)

分类特征	挤压方法	特点及适用范围
按照出料方向分类	卧式挤压	挤压制品的出料方向与地面平行,可以使用较长的坯料并挤压较长的制品,生产效率和成品率较高。其适用于各种金属及合金制品挤压。
	立式挤压	挤压制品出料方向与地面垂直,使用的坯料较短,挤压制品的长度受限。其主要用于挤压无缝管材,偏心较小。
	侧向挤压	制品的出料方向与挤压方向垂直。利用侧向挤压时强烈的附加剪切变形,可提高材料的力学性能,生产高性能材料。其主要用于电缆包覆等生产。
按照变形状态分类	平面变形挤压	常规的挤压生产方式。其适用于普通产品挤压生产。
	三维变形挤压	模孔四个边中的三边是固定的,有一个边是可以转动的,其上有凹凸不平的图案,在挤压出的制品的一个面上就会出现相应的图案,可用于装饰。
按照润滑方式及状态分类	不润滑挤压	不施加任何润滑剂,外摩擦大。其适用于铝合金、镁合金、铜及含锌 15% 以下的黄铜等挤压。
	润滑穿孔针挤压	只在穿孔针表面涂抹润滑油,减少摩擦,改善其工作条件。其适用于硬铝合金和部分铜及铜合金等管材挤压。
	普通全润滑挤压	采用普通润滑剂对坯料内外表面进行润滑,或润滑挤压筒和穿孔针,减少摩擦,改善金属流动的均匀性。其适用于挤压温度不高的金属及合金挤压。
	玻璃润滑挤压	在坯料外表面和穿孔针上涂抹玻璃粉或包玻璃丝布,在模子端面放置玻璃盘等,减少摩擦并起到隔热作用,延长工具使用寿命。其适用于钢材、钛合金等高温金属材料挤压。
	静液挤压	坯料与工具之间完全被高压液体所隔开,摩擦很小,金属变形均匀。其适用于低塑性合金、复合金属材料等挤压。
	特殊润滑挤压	如在塑性较差的坯料外面加软金属套或前端加软金属垫挤压等。其适用于塑性较差的金属及合金挤压。
按照坯料的种类分类	实心圆坯料挤压	常规挤压方法,其主要用于挤压各种型材、棒材;采用穿孔法可以挤压铜合金、钛合金及软铝合金等无缝管材。
	空心圆坯料挤压	常规管材挤压方法,生产无缝管材时,减少了穿孔操作,降低了穿孔针的消耗。其适用于硬铝合金、钢铁等高温金属材料管材挤压。
	扁坯料挤压	坯料断面不是常规的圆形断面,呈扁椭圆形。其适用于在扁挤压筒上挤压宽厚比很大的壁板等扁宽型材。
	复合坯料挤压	将多种金属坯料或金属与非金属坯料预先加工好组装在一起,挤压双金属管或其他层状复合材料制品。



(续表)

分类特征	挤压方法	特点及适用范围
按照挤压坯料的数量分类	单坯料挤压	常规的挤压方法。其一个挤压筒孔,一次挤压一个坯料。
	多坯料挤压	在一个挤压筒体上开设多个挤压筒孔,在各个筒孔内装入尺寸和材质相同或不同的坯料,然后同时进行挤压,使其流入带有凹腔的挤压模内焊合成一体后再由模孔挤出。适用于挤压硬合金空心型材、不同金属材料或金属与非金属材料的复合材料等制品。
按照坯料状态分类	普通固态坯料挤压	常规的挤压方法。其适合于各种金属材料挤压生产。
	粉末材料挤压	将粉末材料装入金属筒内,或采用等静压、喷射沉积等方法制成所需要形状、尺寸的坯料进行热挤压。其适合于特殊用途产品的生产。
	半固态挤压	坯料为液固共存的半固态状态,其中的固相成分占70%~80%。采用半固态坯料挤压可有效降低金属的变形抗力,减少摩擦,特别适合于强度较高的低熔点金属材料挤压。
	液态挤压	坯料为熔融的液体状态。可用于挤压低熔点金属材料,如铅及其合金;采用CASTEX连续铸挤法,可实现对高熔点金属材料的连续挤压。
按照挤压温度高低不同分类	冷挤压	挤压温度在回复温度以下,通常指室温下进行的挤压过程。其适合于变形抗力较低的纯铝以及其他软金属材料挤压。
	温挤压	挤压温度在回复温度以上、再结晶温度以下的挤压过程,应用较少。
	热挤压	挤压温度在再结晶温度以上的挤压过程。绝大多数金属及合金的挤压都是采用热挤压方式。
按照穿孔针与挤压轴的关系分类	固定针挤压	挤压过程中穿孔针固定不动,仅仅挤压轴前进。实现固定针挤压必须是双动挤压机,可采用瓶式针,有利于提高管材内表面质量,但在挤压过程中作用在穿孔针上的摩擦大,易断针。其适合各种金属及合金管材挤压。
	随动针挤压	挤压过程中穿孔针随着挤压轴一起前进,作用在穿孔针上的摩擦小,针不易损坏,但必须使用圆柱形针,通常在无独立穿孔系统的挤压机上使用较多。其适合各种金属及合金的中小规格管材挤压。



(续表)

分类特征	挤压方法	特点及适用范围
按照挤压机的结构分类	双动挤压机挤压	挤压机具有独立的穿孔系统,其主要用于挤压无缝管材。可用实心坯料穿孔挤压,也可用空心坯料不穿孔或半穿孔挤压,固定针方式和随动针方式都可以使用。采用实心坯料和实心挤压垫,也可以挤压棒材和型材。
	单动挤压机挤压	挤压机无独立穿孔系统,通常用于挤压棒材、型材。使用空心坯料,采用随动针方式也可以挤压无缝管材。
按照模具种类或结构分类	平模挤压	模角为 90° ,正向挤压时的死区大,有利于提高制品的表面质量,但所需要的挤压力大。其主要用于挤压铝合金型材、棒材。
	锥模挤压	模角在 $45^\circ \sim 60^\circ$ 范围内的挤压力最小,但死区也最小甚至消失,不利于保证制品表面质量。其主要用于挤压铝合金管材和高温、难变形合金的管棒材。
	双锥模挤压	锥模的模角由两个锥度构成,兼顾了平模和锥模的优点。其挤压铜合金时可提高其使用寿命;挤压铝合金管材时可增大轴向压应力,从而提高挤压速度。
	平锥模挤压	模子端面的外缘部分是平面、中心部分是锥面,兼顾了平模和锥模的优点。其主要用于挤压钢材和钛合金材。
	流线模挤压	模孔呈流线型,死区小,金属变形流动均匀。其适合钢材和钛合金挤压。
	平流线模挤压	模子端面的外缘部分是平面、中心部分是流线型,兼顾了平模和流线模的优点。其主要用于挤压钢材和钛合金材。
	碗形模挤压	模孔断面呈碗形,其主要用于铝合金的润滑挤压、铰接铰无压余挤压。
	舌型模挤压	模子一般为凸桥式结构。与平面分流模相比较,挤压力较小,但压余较多,其主要用于挤压硬合金空心型材。
	平面分流模挤压	与舌型模相比较,压余少,但挤压力较大,其主要用于挤压软合金空心型材。
	分瓣模挤压	模子是由多块拼装组成的,用于挤压阶段变断面型材。
穿孔针挤压	其用于挤压各种无缝管材。	



(续表)

分类特征	挤压方法	特点及适用范围
按照制品形状或数目分类	棒材挤压	铝合金棒材通常使用平模挤压。棒材挤压对称性好,模具简单,挤压过程容易,生产效率高。其适合用卧式挤压机生产。
	管材挤压	铝合金管材通常使用锥模挤压。变形区内金属流动较挤压棒材时均匀,需要使用穿孔针(或芯棒)。可以在双动挤压机上用实心坯料穿孔或空心坯料不穿孔挤压,也可以在单动挤压机上用空心坯料不穿孔挤压;在卧式和立式挤压机上都可以生产(立式挤压机主要用于生产无缝管)。
	实心型材挤压	通常使用平模挤压。与空心型材挤压相比较,挤压力较小,挤压速度快,生产效率高,模具寿命长。
	空心型材挤压	一般需要使用舌型模或分流模挤压,模具结构较复杂,寿命较短。
	变断面型材挤压	通常使用分瓣模挤压,难度大,成材率低,生产效率很低。
	单孔模挤压	一次只能挤压一根制品。
	多孔模挤压	一次可以挤压多根制品。
按挤压金属的种类分类	有色金属挤压	挤压铝、镁合金时挤压力较小,挤压温度低,润滑容易,模具寿命长。
	黑色金属挤压	挤压温度高,润滑较困难,模具损耗大。
按生产的连续性分类	非连续挤压	间歇时间长,生产效率低,成品率低。
	连续挤压	间歇时间少,生产效率高,成品率高。
按照有无压余分类	有压余挤压	常规的挤压生产方式。
	无压余挤压	锭接锭的挤压方式,成品率高。其主要用于电缆包覆等。
按照挤压速度分类	低速挤压	常规的挤压方法。
	高速挤压	通常是指金属流出速度在100m/s以上的挤压。用这种方法生产铝合金材料,可以提高生产效率几倍,甚至几十倍。
	冲击挤压	其主要有爆破挤压、电液成形挤压、电磁成形挤压等。

1.1.2 正向挤压

挤压时,制品从模孔流出的方向与挤压轴的运动方向相同的挤压方式,称为正向挤压。正向挤压是最基本的、应用最广泛的挤压方法。正向挤压方法具有技术成熟;设备简单(相对于反向挤压)、维修方便,且造价低;操作简便,更换工具容易,且辅助时间较短;在相同规格的挤压筒上可生产尺寸规格更大的产品,甚至可以生产外接圆尺寸比挤压筒直径还要大的产品(宽展挤压);生产灵活性大等优点,适合于各种材料的加工成形。

正向挤压的基本特征是,挤压时坯料与挤压筒之间有相对滑动,存在着很大的外摩擦。这种外摩擦,在多数情况下对挤压制品的质量和挤压生产过程会带来不利的影响,它造成了金属流动不均匀,导致挤压制品头部与尾部、表层部位与中心部位的组织性能不均匀;使挤



压力增加,一般情况下,挤压筒内壁上的摩擦力占挤压力的30%~40%,甚至更高;由于挤压力的一部分被用于克服摩擦力,从而也限制了使用较长坯料;由于摩擦发热,使得金属与模具易发生黏结,加快了挤压筒、模具的磨损,导致制品表面质量下降,限制了挤压速度提高,并易造成制品头部、尾部尺寸不均一。

然而,这种外摩擦也不是绝对不利的,如:用挤压筒驱动的有效摩擦挤压法,其挤压筒前进过程中作用在坯料上的摩擦力,是构成使金属产生塑性变形并从模孔中挤出的挤压力的一部分。CONFORM连续挤压则是利用挤压轮旋转过程中与坯料之间的摩擦发热使金属温度达到塑性变形所需要的温度,并提供使金属产生塑性变形从模孔挤出所需要的挤压力。由于摩擦等在挤压筒与模子端面交界处所形成的死区,可以较为有效地阻碍铸造坯料表面的偏析瘤、氧化物、其他表面缺陷及污物等进入制品表面,提高制品的表面质量。

1.1.3 反向挤压

挤压时,金属的流动方向与支承模子的空心模子轴的相对运动方向相反的挤压方式,称为反向挤压,如图1-2所示。

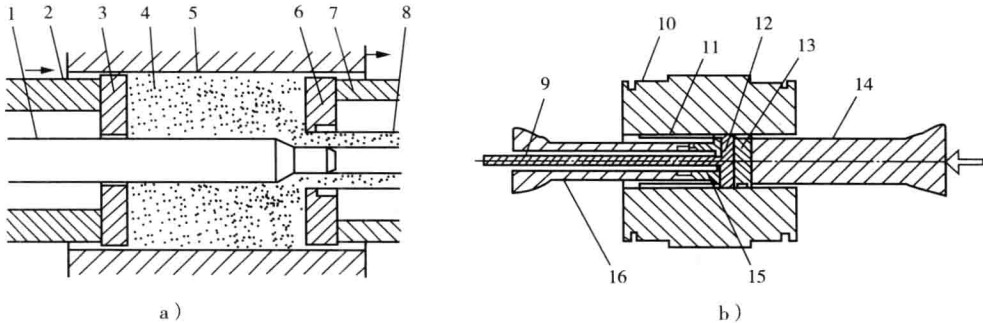


图1-2 双轴反向挤压示意图

a)反向挤压管材;b)反向挤压棒材

1—穿孔针;2—空心挤压轴;3—挤压垫;4—坯料;5—挤压筒;6—模子;7—空心模子轴;8—制品;9—挤压制品
10—挤压筒;11—残皮;12—坯料;13—挤压垫;14—主挤压轴;15—模子;16—空心模子轴

反向挤压的基本特征是,挤压过程中坯料与挤压筒内壁之间无相对滑动,二者之间无外摩擦。

与正向挤压相比较,反向挤压时的挤压力较小,能耗小;在同样能力的设备上可以实现比正向挤压更大变形程度的挤压变形,或挤压变形抗力更高的合金;可以使用比正向挤压更长的坯料,坯料的长、径比可达6:1,从而可以减少几何废料所占的比例,提高成品率。采用长坯料,还可使一个挤压周期中的挤压时间延长,间隙时间相对缩短,弥补反向挤压间隙时间较长对挤压生产效率所带来的不利影响;可以采用较低的坯料加热温度以提高挤压速度,提高生产效率;制品沿横向上的组织性能比较均匀;挤压过程中的温升小,有利于制品纵向上的组织性能均匀一致,且尺寸均匀一致;可以生产粗晶环很浅的制品;压余少,成品率高;可以提高挤压筒的使用寿命等。

但是,反向挤压也存在一些缺陷,如:工具结构较复杂,强度(特别是空心模轴的抗弯强度)要求高;反向挤压制品的表面质量较正向挤压的差,为了克服这一缺陷,坯料在挤压前需要进行车皮或剥皮,增加了生产线的复杂性,提高了成本;受空心模轴的限制,在同样能力的设备上所能生产制品的最大外接圆尺寸较正向挤压的小;设备的造价高;辅助时间较长,操



作较复杂,特别是当出现“闷车”事故时处理起来非常麻烦。

1.1.4 侧向挤压

挤压时,金属从模孔中流出的方向与挤压轴运动方向垂直的挤压生产方式,称为侧向挤压或横向挤压(如图1-3所示)。

侧向挤压的特征是,挤压模与挤压筒轴线成 90° 夹角。挤压过程中,金属先沿着挤压轴运动的方向流动,然后急转弯 90° 从模孔中流出。金属的这种流动形式,有利于减小制品组织(特别是纵向)的不均匀性,将使制品纵向力学性能差异最小化;金属在变形流动过程中产生比较大的附加剪切变形,晶粒破碎程度严重,晶粒细化,制品强度高。但是,相应地也要求工模具有高的强度和刚度。

侧向挤压主要用于电线电缆行业各种包覆导线成形(如电缆包铅套和铝套等),一些特殊包覆材料成形等。

近年来,利用侧向挤压时附加的强烈剪切变形来细化晶粒组织,以提高高塑性材料力学性能的研究成为热点之一,如侧向摩擦挤压、等通道转角挤压等。

1.1.5 连续挤压

以上所述的几种方法的一个共同特点是挤压生产的不连续性,即在前后两个坯料的挤压之间需要进行压余分离、充填坯料等一系列辅助操作,影响了挤压生产效率,且不利于生产连续长尺寸的制品。

连续挤压是采用连续挤压机,将金属坯料连续不断地从模孔中挤出,获得无限长制品的挤压方法(如图1-4所示)。连续挤压法主要有 CONFORM 连续挤压法(见图1-4a)和 CASTEX 连续铸挤法(见图1-4b)。其中,以 CONFORM 连续挤压法应用最为广泛。

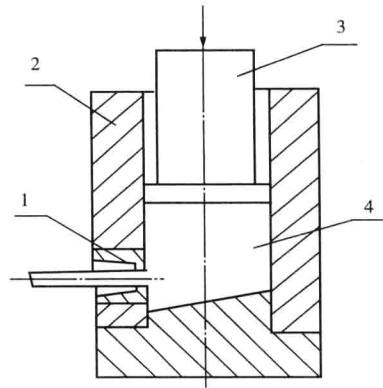


图1-3 侧向挤压方法

1—挤压模;2—挤压筒;3—挤压轴;4—坯料

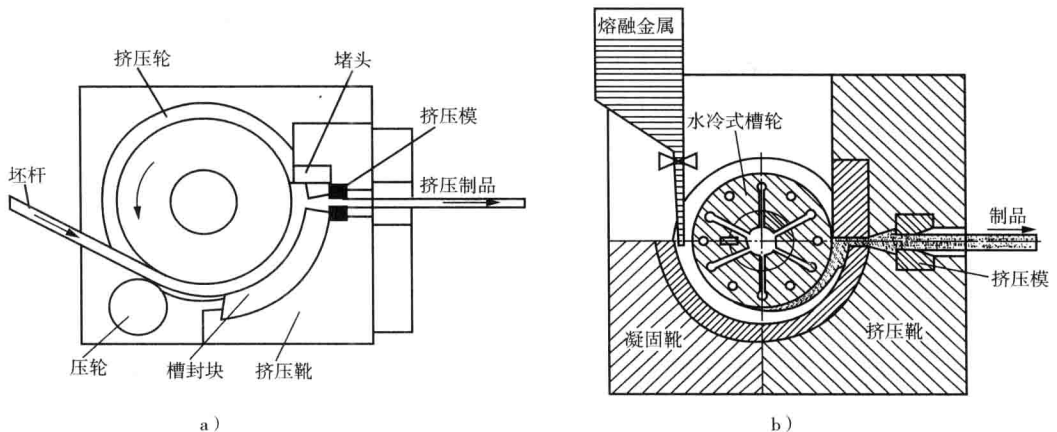


图1-4 连续挤压方法的原理

a)CONFORM 连续挤压法;b)CASTEX 连续铸挤法



CONFORM 连续挤压法是利用工具与变形金属之间的摩擦力实现挤压的。由旋转挤压轮上的矩形断面槽和固定模座(挤压靴)上的槽封块所组成的环行通道起到普通挤压法中挤压筒的作用。当挤压轮旋转时,借助于槽壁对坯料的摩擦作用将其连续不断地送入模腔而实现挤压。

CONFORM 挤压法的主要优点是:

(1)挤压型腔与坯料之间的摩擦大部分得到有效利用,使挤压变形的能耗大大降低。与常规挤压法相比较,能降低能耗 30% 以上。

(2)摩擦不仅为连续挤压提供了挤压力,而且由于摩擦发热,加上塑性变形热,可以使坯料的温升达到很高的值,以至于坯料不需要加热(铝合金)或采用较低温度预热(铜合金)就可以实现热挤压,大大降低电耗。据估计,比常规挤压法可节约 3/4 左右的热电费用。

(3)只要连续喂料,就可以连续地挤压出长度达数千米乃至万米长的成卷制品。从而显著减少了间歇性非生产时间,简化了生产工艺,缩短了生产周期,提高了生产效率;无压余,切头切尾量很少,可使挤压成品率达到 95%~98.5%;挤压过程稳定,制品组织性能的均匀性好。

(4)挤压坯料的适应性很强,可以是杆状坯料、金属颗粒料或粉末料。

(5)设备紧凑,轻型化,占地面积小,设备造价及基建费用低。

然而,由于成形原理与设备结构上的原因,CONFORM 挤压法也存在着对坯料表面预处理(除氧化皮、清洗、干燥等)质量要求高;生产大断面、形状较复杂制品的难度较大;生产空心制品的焊缝强度比正常挤压的低;对工模具材料的耐磨性、耐热性要求高;工模具的更换比较困难以及要求使用超高压液压元件等方面的缺点。

CONFORM 连续挤压法适合于铝包钢线等包覆材料,小断面尺寸的管材、线材、型材、排材等挤压成形,在电冰箱和空调器等用散热管、导电用铜铝排材生产中应用较为广泛。

CASTEX 连续铸挤法则是将连续铸造与 CONFORM 连续挤压结合成一体的连续成形方法。坯料以熔融金属的形式通过电磁泵或重力浇铸连续供给,由水冷式槽轮(铸挤轮)与槽封块构成的环形型腔同时起到结晶器和挤压筒的作用。

与通常的 CONFORM 连续挤压法相比较,CASTEX 连续铸挤法具有如下优点:

(1)由于轮槽中的金属处于液态与半固态(凝固区)或接近熔点的高温状态(挤压区),实现挤压成形所消耗的能量低。

(2)金属从凝固开始至结束的过程中,始终处于变形状态下,有利于细化晶粒,减少偏析、疏松、气孔等缺陷。

(3)直接由液态成形,省略了坯料预处理等工艺,工艺流程简单,设备结构紧凑。

(4)适用于变形抗力较高的金属材料的连续挤压生产。

1.1.6 其他挤压方法

1. 微通道铝管挤压

自 1981 年美国斯坦福大学的 Tuckerman 和 Pease 这两位教授开辟微通道换热研究以来,微通道换热研究引起了全球行业内高度的重视。全铝微通道换热器作为一种新型高效换热器正成为目前国内外空调领域研究的重点之一。目前,越来越多的世界知名空调企业已开始在他们的产品中应用全铝微通道换热器。