

# 挤出成型的高新技术动向

井上公雄著 李小雪 孟小玲摘译 刘登祥校

橡胶螺杆挤出机除用于制品的最终成型外,还可用于胶片或胶粒等半成品的制造。早在1870年,这种利用螺杆挤出机进行胶料挤出成型的技术就已用于电线的包胶。热喂料挤出机可用于挤出包括多层挤出的多种制品。1950年以后,开发了利用冷胶条挤出的冷喂料挤出机。采用冷喂料挤出机挤出,可把橡胶加工过程分为混炼工艺和成型工艺,可以经济地制造出多种制品。但如何使冷喂料挤出机均匀加热,抵抗口型压力,并提高挤出效率,则是一个关键问题。1970年销钉式挤出机的开发,促进了冷喂料挤出机性能的提高及其向大型化的发展。

关于胶料的挤出成型已有所论述。本文仅在RAPRA文献检索及专利调查的基础上,就挤出成型用机械设备的现状及将来有待开发的新技术作一介绍。

## 1 挤出

关于塑料的挤出成型,包括聚合物的塑化和熔融过程在内,过去已进行过详细研究。目前正在确立塑化、熔融机理的模型与模拟化技术。

胶料挤出与塑料挤出相比,有以下不同:

(1)非结晶性橡胶从冷时难变形状态向热时易变形状态的变化是连续的,而结晶性塑料或非结晶性塑料则是以熔点或玻璃化转变点为界线而发生急剧变化。

(2)胶料的粘度一般比塑料高,因此在螺杆内因剪切作用而产生的热量较大,这就要求螺杆的螺纹沟槽要深,长径比( $L/D$ )要小,转速要低。

(3)胶料的加工温度较低,为了防止焦

烧,必须在近 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下挤出。

(4)胶料易粘附,造粒时要防止粘结。供给挤出机的胶料通常为片(或条)状。

从以上胶料的特性来看,橡胶挤出机与塑料挤出机各不相同。为了高效地生产出高质量和高精度的挤出成型产品,必须将胶料温度控制在一定的范围内,同时还要均匀混合,提高口型供料压力。由于胶料的挤出是以条状形式供料的,因此向螺杆内喂料对挤出机挤出能力的影响较大,需要采用喂料辊或推料器等辅助供料装置。

## 2 挤出过程中的混合与分散

单螺杆挤出机的混合与分散性能及挤出能力因螺纹沟深、螺距及流道等的不同而各异。为了进一步改善混合与分散性能,需要附加如图1或2所示的各种配件。如采用图1(b)的副螺纹或(e)的螺纹底部挡板,可提高胶料的剪切力,促进生热;如图2(c)将螺纹开槽,或在(e)机筒上设置销钉以促进混合等方法,都是橡胶冷喂料挤出机常用的技术。

## 3 挤出机

### 3.1 销钉式挤出机

把螺杆的螺纹切口开槽,在机筒侧加设销钉的销钉式挤出机,其原理已于1901年就用于切肉机中,但用于橡胶冷喂料挤出机还是比较新近的,1972年才申请专利。目前,中田造机、三叶制作所、特乐斯特、贝尔斯托夫、Krupp、Pomini及Farrel等许多挤出机制造厂都以生产橡胶冷喂料挤出机为主。利用切口的泄漏流和利用销钉分流可以促进混合。由于加设销钉可以增强剪切作用,使螺

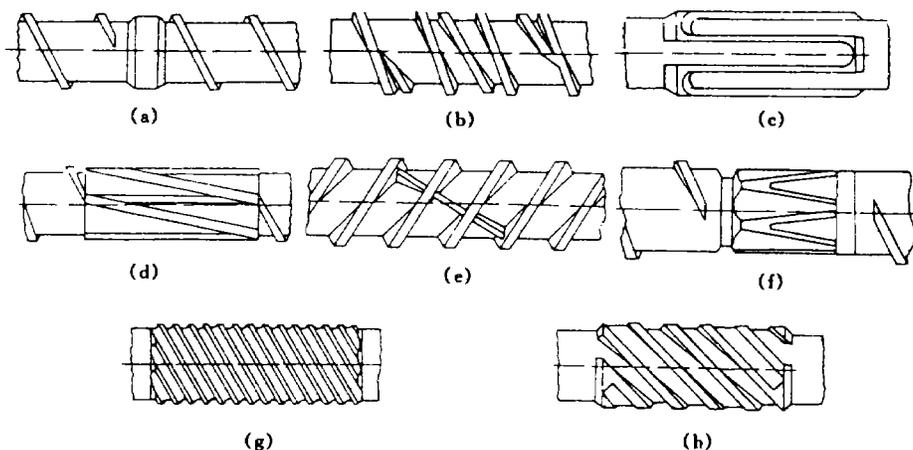


图 1 用于单螺杆挤出机的各种剪切装置

(a) 挡板环; (b) Mailleferk 螺纹; (c) Maddock 混合器; (d) Troester 混合器; (e) 横截挡板;  
(f) Dray 混合器; (g) Dulmage 混合器; (h) 多条螺纹阻挡层

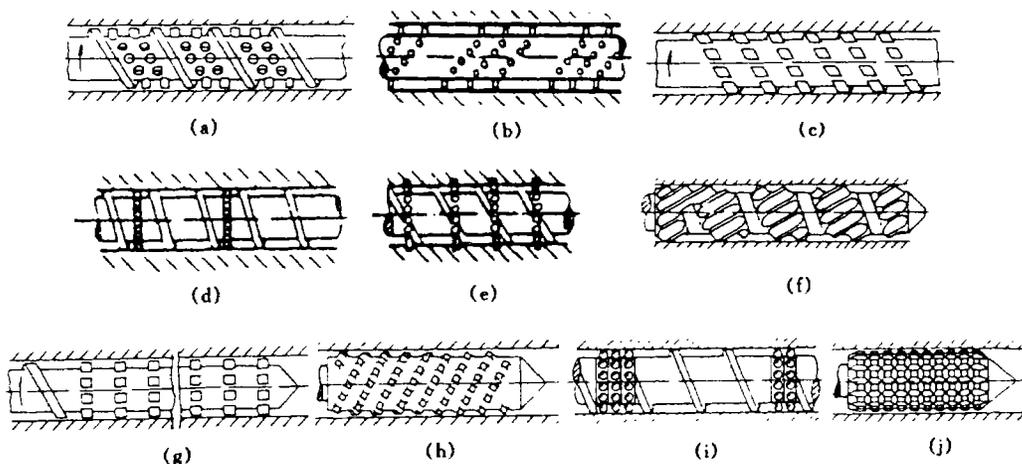


图 2 用于单螺杆挤出机的各种混合装置

(a) 销钉; (b) 低温混合头; (c) 切口螺纹; (d) 齿轮; (e) 销钉机筒; (f) 沟槽混合器;  
(g) 菱形混合器; (h) 菱形混合器; (i) 球形轴承混合器; (j) 双锥形混合器

杆的螺纹沟槽加深, 因此, 它可提高挤出能力, 实现大型化。

针对轿车轮胎和载重轮胎胶料及 NBR 胶料, 将全螺纹螺杆和切口螺纹螺杆及加销钉螺杆的胶料混合性能进行对比。试验证明, 胶料的混合度受胶料粘度的影响, 粘度低的轿车轮胎胶料的混合度最高, 而粘度高的 NBR 胶料的混合度最低。切口螺纹螺杆的挤出能力比全螺纹螺杆低, 即使加设销钉, 挤

出能力也没有太大变化。

### 3.2 转换式挤出机

转换式挤出机装有称为短转换段的混合区, 并在转换段的中部设置了许多销钉。最近, 贝尔斯托夫公司申请了一系列有关转换式挤出机的专利, 可以说这是橡胶冷喂料挤出机的新突破。混合区的结构类似于传递式混炼, 在螺杆与机筒侧设置的沟槽之间通过流动分割及剪切作用进行混合加热。转换式

挤出机与销钉式挤出机相比,螺杆的长径比小,实现了小型化。如要制成螺杆直径为150 mm以上的大型机器,其设备费用会比销钉式挤出机少。在混合区设置的销钉,其插入位置可以调节。利用销钉的位置变化,可以控制产量、单位能耗和胶料温度。也就是说,即使橡胶的种类不同,用同一种螺杆通过调节销钉位置,可以达到相同的挤出效果。

### 3.3 带CTM的挤出机

CTM(英国球腔传递式混炼机)是一种塑料和橡胶用的混炼装置,它由RAPRA公司发明。CTM安装在单螺杆挤出机的头部。物料在螺杆侧(转子)和机筒侧(定子)的模腔内进行移动的过程中,通过流动分割和剪切作用促进混合,其混合程度与模腔的排列数成指数函数关系提高。

该机用作塑料挤出机时,可用于炭黑母料的稀释。该机除用于将线形低密度聚乙烯(LLDPE)向PP中分散等聚合物混合外,也适用于低密度聚乙烯(LDPE)与交联剂混合等粘度差较大的材料混合。当用作橡胶挤出机时,为了控制生热,适宜采用3~4排短的CTM。利用CTM可以改善胶料的混合度,减小挤出物的温度不均匀度。但是,在半球形模腔内,因存在胶料残留物,更换材料需要花费一定时间。如将模腔形状做成倾斜式椭圆形或平行四边形,利用螺杆转动的推动力作用,可加快更换速度。

为防止CTM中的压力损失,增大了模腔容积,而为了防止剪切生热,又采用了减小螺旋齿顶面积的结构。安装了CTM后,挤出物(胶片)的温度变化幅度只是全螺旋螺杆的 $1/3 \sim 1/4$ ,改善了挤出物的均匀性。另外,通过改变模腔形状,还可以减少挤出机内的胶料残留物。由此可见,CTM可用于橡胶冷喂料挤出机。

荷兰Twente大学开发了一种与CTM类似的混合装置“TMR”,并已用于挤出成型机和注射成型机。在日本,除CTM外,TMR

也取得了专利实施权,有的厂家把它称为CMH(Cavity Mixing Head),并用于注射成型机。例如,用于聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)瓶状型坯成型时,可以减少乙醛的生成量。安装CMH可以降低PET的塑化温度,达到均匀化的目的。

### 3.4 辊筒机头挤出机

在胶料混炼工艺过程中,通常采用卸料式密炼下片挤出机。如从密炼机中排出的块状混炼胶用带有输入装置的单螺杆挤出机或开炼机下片后送入下一道工序。为了节能和减小占地面积,制造出将两根短锥形螺杆与辊筒组合的双轴辊筒机头挤出机“TSR”,现已广泛应用。该机在安装时使挤出机整体倾斜,以防止机身内残存胶料。

## 4 挤出新技术

### 4.1 利用齿轮泵挤出

如上所述,橡胶与塑料的性质不同,在塑料行业已实用化的技术不一定能够全部应用于橡胶行业。但是,提高生产效率,利用挤出均化技术改善制品质量及提高尺寸精度等对挤出成型的基本要求两者是一致的。这里将对在塑料行业已实用化而在橡胶行业未能实用化的新技术作如下介绍。

螺杆挤出机的挤出量是由螺杆转动的驱动流、因机头压力而产生的背压流及泄漏流之差求出的。即若口型的流动阻力大,且机头压力高,则挤出量减小,加在胶料上的剪切功增加而产生热量。而在机头挤出时,由于充满胶料的螺杆部位加长,胶料有时会从排气口流出。利用齿轮泵挤出聚合物的技术,很早就已应用于纺丝、薄膜成型等需要精密成型的领域,从80年代初开始也已用于聚烯烃的混炼造粒中。采用过去的连续混炼机与单螺杆挤出机组合,每台生产能力最大为 $15 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ ,而采用连续混炼机与齿轮泵组合,每台生产能力可达 $30 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上。这种适用于大型化、节能的齿轮泵系统迅速得到普及,80

年代中期以后,所有订货的设备几乎都变成了利用齿轮泵方式。最近已有利用齿轮泵进行胶料挤出的报道。利用齿轮泵时,不管挤出机头压力如何变化,都能确保一定的挤出量,保证降低挤出物的温度。例如,使用 EPDM 颗粒进行异型挤出时,可以把制品质量的偏差减小 2/3。在齿轮泵上使用滑动轴承,使出料侧的高压胶料向轴承部位流动,有利于润滑。因此,对于含高填充剂的胶料及含硫化剂的胶料,流动性在轴承部位降低,有可能引起焦烧。美国 Dynisco 公司为了防止齿轮泵焦烧而研制了一种利用滚柱轴承,从外部提供润滑油的 NORMAG“XLB”(外润滑轴承)泵。由于采用了特殊的密封,防止了胶料向轴承里渗入,但在耐久性方面仍存在一定的问題。最近,特乐斯特公司申请了一系列适用于胶料挤出的齿轮泵专利。在使用滚柱轴承这一点上,与 NORMAG 泵是相同的,但在结构上主要考虑了挤出胶料不渗入轴承的问题。如果这种齿轮泵能够达到实用化,则可以实现胶料挤出或高填充物料的挤出,齿轮泵的应用范围也将随之扩大。

#### 4.2 连续混炼与直接成型

双螺杆混炼挤出机是由组合式螺杆和机筒组成,使一台机器实现了多功能化。例如采用同向转动的完全咬合型双螺杆混炼挤出机进行橡胶连续混炼的工艺是:橡胶经破碎后,连续定量送往双螺杆混炼挤出机进行塑炼,然后加入炭黑等填充剂、软化剂及硫化剂等进行混合与分散,再经除气工序后进行挤

出。如果在双螺杆混炼挤出机的头部增设齿轮泵与口型,也可以使胶料直接成型。关于胶料的连续混炼,因橡胶很难达到粉末化或颗粒化,必须采用多种配方,正确加入少量添加剂。尽管它很容易生热,但仍要在低温条件下进行混炼,这在技术上和经济上都存在许多问题。以往曾对粉末 NR, CR 和 EPDM 等胶料的连续混炼进行过探讨,但能达到实用化的却很少。现就连续混炼提出一种设想,例如,在填充炭黑前,采用过去的间歇式混炼法,然后使加入硫化剂及除气等后工序连续化,并采用齿轮泵成型等,这种吸取间歇式和连续式混炼优点的折衷性工艺方法或许能够实现。

#### 5 结语

目前,胶料的混炼仍采用间歇式工艺方法,这是由橡胶的特性决定的,也是橡胶加工工艺长期优选的结果。此外,也出现了将改变结构的齿轮泵应用于橡胶加工技术的新尝试。胶料的连续混炼是早已提出来的新课题,目前广泛用于塑料行业的双螺杆混炼挤出机已在橡胶行业得到试用。由于塑料与橡胶的特性不同,对能够用于塑料行业的机器设备,若根据塑料与橡胶的不同点加以改进,则完全有可能应用于橡胶行业。胶料挤出成型的高技术化已从设备、材料及加工技术方面得到了改进。

译自日本“日本ゴム协会誌”,  
69[5], 375~383(1996)