

串联式磨盘螺杆挤出机的结构与混炼机理

李翱 江波 许澍华

(北京化工大学机电工程学院,北京 100029)

摘要 介绍了自行开发研制的新型混炼装备——串联式磨盘螺杆挤出机的主要结构特点及工作原理,剖析了其独特的混炼机理。试验表明,采用多种形式的串联磨盘能够起到对物料的压缩、剪切与置换三种作用,串联式磨盘螺杆挤出机具有卓越的混炼、塑化性能,而且该机结构简单、挤出压力高。

关键词 串联式磨盘螺杆挤出机 结构 工作原理 混炼机理

目前高分子材料科学领域已将研究重点从新材料的合成转向对现有的聚合物进行改性。聚合物改性(物理改性与化学改性)是一条快捷、节能、经济的聚合物新材料的开发途径。为了实现各种物料的共混改性,就要求对混炼机理进行深入研究,开发研制新的混炼装备。因此,近年来一些发达国家集中力量相继推出了具有各种特色、性能优异的新型混炼装备。

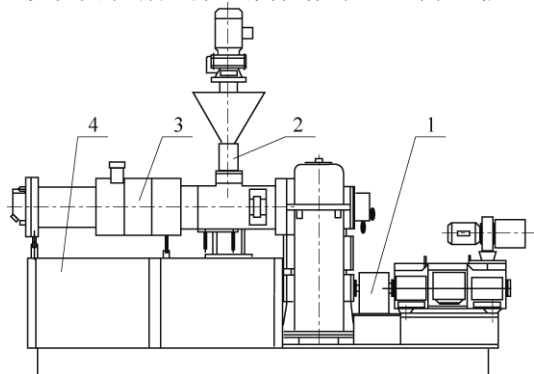
笔者在分析了国内外有关资料的基础上,结合我国的现状,自行开发研制了串联式磨盘螺杆挤出机,它将单螺杆挤出机和磨盘挤出机的结构进行科学组合,因此不仅具备了单螺杆挤出机结构简单、挤出压力高的优点,而且通过数对旋转磨盘和固定磨盘的沟槽对物料进行反复的研磨,充分发挥了磨盘挤出机卓越的破碎、分散、剪切、混合和塑化性能。

1 结构与工作原理

1.1 结构组成和特点

(1) 结构组成

图1是串联式磨盘螺杆挤出机的结构图,它主要由传动系统、加料系统、挤压系统和冷却润滑系统等组成。其中,在核心部分——挤压系统旋转的主轴上依次安装有加料段螺杆、数个可以同主轴一起

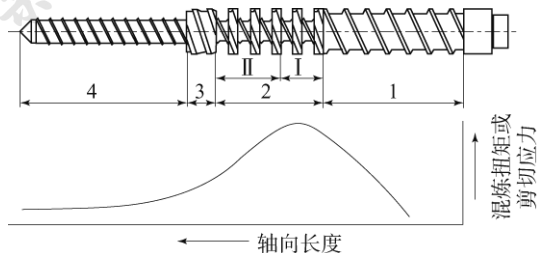


1—传动系统; 2—加料系统; 3—挤压系统; 4—冷却润滑系统

图1 串联式磨盘螺杆挤出机的结构图

旋转的旋转磨盘、螺纹元件及挤出段螺杆。固定磨盘即为机筒的一个部分,在装配时,旋转磨盘和螺纹元件交替安装,旋转磨盘与固定磨盘之间形成锯齿状的交替,每个旋转磨盘与固定磨盘的表面都开有不同形状的沟槽,可以对物料进行强有力的剪切。

根据物料在挤出机中三种物理状态的变化过程以及螺杆各区段的不同功能,可将挤压系统划分为固体输送段、熔融混炼段、排气段和挤出段四个区段(见图2),具体工作过程如下:



1—固体输送段; 2—熔融混炼段; 3—排气段; 4—挤出段

图2 挤压系统各功能段

在固体输送段,物料自料斗进入螺杆以后,在旋转的螺杆作用下,通过机筒内壁和螺杆表面向前输送并被压实。

在固体输送段的末段和熔融混炼Ⅰ段中,由于摩擦热的作用,与机筒内壁相接触的部分物料已达到粘流态温度,开始熔融,由于添加剂粉体的颗粒间无液膜存在,因此分散体系的表现粘度很大,从而导致混炼扭矩及剪切应力在此区段内达到最大值。物料到达熔融混炼Ⅱ段时,受到来自于旋转磨盘和固定磨盘强烈的剪切、混合和压缩作用,被进一步破碎、混合、分散和塑化,此时树脂已完全熔融,因而流动性良好,剪切应力降低。

在熔融混炼段的末端,设置一段排气区间,螺槽有较大的容积,物料在排气段磨盘中的压力因与抽

真空系统相通而低于大气压, 压力的急剧降低使熔体内包覆的气体和汽化了的挥发组分在熔体中鼓泡, 在排气段磨盘周向螺棱的切割作用下气泡破裂, 气体从排气口逸出。

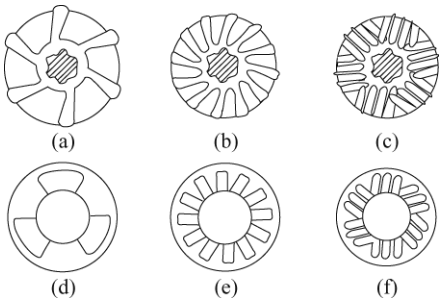
脱气后的熔体在挤出段螺杆内经过挤压和均化, 经机头被连续挤出。

(2) 结构特点

在加料段采用大直径螺杆, 增强了螺杆的刚性和强度, 适用于高扭矩、大功率挤出; 采用深槽、大直径螺杆加料, 可大幅度地增加产量; 采用多组磨盘反复研磨物料, 其破碎、分散、剪切、混合、塑化性能卓越; 采用组合式结构, 磨盘和螺杆元件的形状和组合形式可以多种多样, 适用范围广, 可制取一般混炼装置无法加工的“高分子合金”; 采用可调节的磨盘间隙, 适用于多种物料的加工生产。

1.2 工作原理

串联式磨盘螺杆挤出机的核心部件是串联磨盘, 其端面形状有扇形、菊形、白目形等多种型式 (见图 3)。在旋转磨盘的两个侧面上, 将其凸起顶端的倾斜方向在相位上相对于半径方向滞后或超前一个 α 角。这样如图 4 所示, 随着磨盘的旋转, 旋转磨盘与固定磨盘凸起的顶部螺线的交点 O 将向外侧移动; 相反, 在图 5 中, 交点 O 向内侧运动。基于上述工作原理, 在入口侧将各旋转磨盘的凸起在相位滞后的方向上倾斜, 而在出口侧朝相反方向倾斜, 就会使喂料段机筒与螺杆间隙内的物料通过旋转磨盘与固定磨盘之间的间隙, 被输送到旋转磨盘的外圆周表面上, 而后再被送到旋转磨盘的另一侧面与固定磨盘之间的中心方向上, 依此类推, 在磨盘工作区内形成物料的发散——收敛——发散——收敛的流动状态。在上述的流动过程中, 经过数对旋转磨盘与固定磨盘沟槽的剪切、破碎, 完成物料的熔融、混炼和熔体输送等过程。



a—扇形动盘; b—菊形动盘; c—白目形动盘;
d—扇形定盘; e—菊形定盘; f—白目形定盘

图 3 磨盘的结构型式

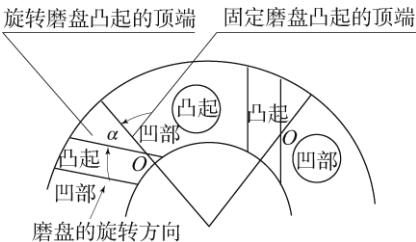


图 4 物料的发散流动

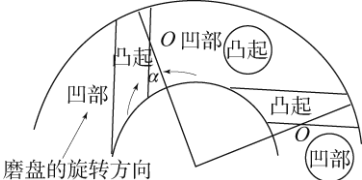


图 5 物料的收敛流动

2 串联式磨盘螺杆挤出机的混炼机理

2.1 混炼三要素

混炼是聚合物加工中必不可少的工艺过程。近年来, 随着聚合物共混、改性和增强工艺的需要, 加入到聚合物中的填料种类与数量也愈来愈多, 如何提高混炼质量, 将这些填料的几何尺寸破碎到适当的尺度, 并将它们均匀地分布到树脂中去, 就成为挤出加工中的一个重要课题^[1]。目前, 国内外对机械和流变学方面影响混炼过程的因素及其相互关系的认识尚不能达到统一。日本学者按分散体系的流变特性将混炼操作分为搅拌、混合和混炼, 而把压缩、剪切和分配置换称之为混炼三要素^[2~4] (见表 1)。整个混炼分散操作是由这三要素多方面反复地进行的。图 6 是混炼的三要素和原理图。由图 6 可知, 分散由“置换”来完成, “剪切”为进行“置换”起辅助作用, “压缩”则是为了提高物料的密度, 并且有助于提高“剪切”作用。

表 1 分散操作和混炼三要素

要素	压缩	剪切	分配置换	流动感觉
搅拌			要	流动顺畅
混合			要	流动较易
混炼	填料含量高、流动性差的材料必须压缩	要	要	有发粘、糊糊现象

2.2 混炼作用

(1) 磨盘的压缩与剪切作用

串联式磨盘螺杆挤出机的每一个磨盘的前后两个表面都开有规则形状的花纹, 显示出凹面和凸面, 相对的一对磨盘展开后如图 7 所示。串联式磨盘螺杆挤出机的剪切作用发生在旋转磨盘和固定磨盘的齿与齿的接触处, 而且槽内的物料由于磨盘的旋转而产生转动阻力, 从而在斜面处形成高压。当旋转

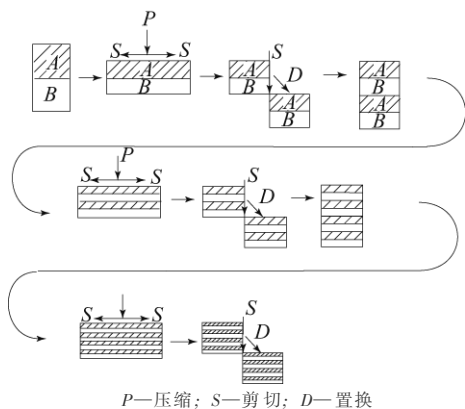


图6 混炼的三要素和原理图

磨盘沿箭头 R 方向移动时,各个凹部 1 与 2 的后侧壁 01 与 02 相对并互相靠近,它们之间距离缩短的结果使这部分的物料受到强大的压缩作用,并在凹部 1 与凸起 4 之间被挤出,然后被压入到凸起 3 与 4 之间,在这里物料受到了强大的剪切力作用。

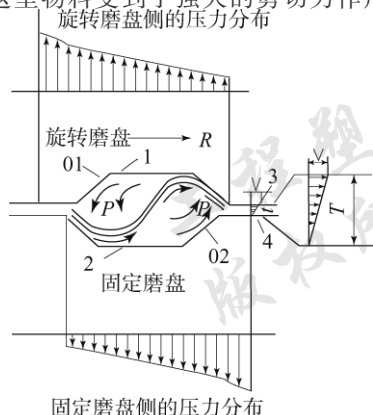


图7 串联式磨盘螺杆挤出机内剪切速率与压力分布

(2) 磨盘的置换分配作用

在固-固体系、液-液体系的分散操作中,置换分配作用一直是操作的主要因素;而当分散高粘度物料时,为了实施置换分配作用,其前提是物料受到剪切作用而实现相态的转换,通过两种相态物料的置换分散而起到混合作用。

现以扇形磨盘为例,通过图8对串联式磨盘螺杆挤出机的置换分配作用作一说明。顺时针方向定义旋转磨盘的沟槽顺序为 1~12,与旋转磨盘直径相同的固定磨盘的沟槽用字母 A~L 表示。充满各个沟槽内的物料由于磨盘的旋转而被压缩与剪切、分流与分割、置换与分散。当旋转磨盘转动 $1/12$ 周时,里面的物料即被分割、置换和分配(如图8b)。

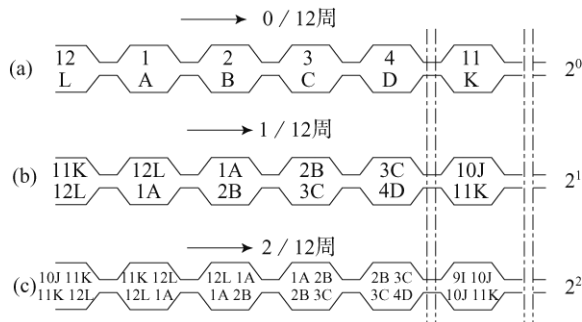


图8 串联式磨盘螺杆挤出机的分割和分配机理图

随着磨盘继续转动分别达到 $2/12$ 周、 $3/12$ 周和 $4/12$ 周时,通过沟槽的物料的分割数将为 2^2 、 2^3 、 2^4 ,依次类推。此时,分割和分配数(S)将为:

$$S = 2^n \times P \times R \quad (1)$$

式中: n —沟槽数目;

P —组合磨盘数目;

R —磨盘转速。

进一步而言,由于受到粘性阻力引起的滞留的影响,式(1)应改为:

$$S = 2^n \times P \times R \times \alpha \quad (2)$$

式中: α —影响系数。

显而易见,串联式磨盘螺杆挤出机可获得较高的分割和分配值,并使物料受到较高的剪切作用,因此是一种理想的新型混炼装置。

3 结语

在无机粉体加工技术和高分子材料复合技术不断进步的今天,为适应聚合物改性的飞速发展,对聚合物混炼装备的研究与改进主要是围绕着如何高效、经济地完成混炼三要素(压缩、剪切、置换作用)而进行的,笔者开发研制的串联式磨盘螺杆挤出机可以通过磨盘的形状、数目以及磨盘间隙的调节等手段对混炼三要素进行控制,因此具有较大的适应性,随着研究的深入,其应用的前景将会十分广阔。

参考文献

- 江波,许澍华,李翱.混炼技术和装备的研究现状和发展动向.橡塑技术与装备,2001,27(12):1
- 山冈岸泰.混炼装置的分散机构与《KCK》连续混炼挤出机.プラスチックエジ,1982,28(6):104
- 伊藤公正.单轴挤出机における混炼.プラスチック,1990,36(7):25
- Tim A, Osswald. Polymer Processing Fundamentals. Hanser: Hanser Publishers, 1998.

STRUCTURE AND KNEADING MECHANISM OF SERIES DISC-SCREW EXTRUDER

Li Ao, Jiang Bo, Xu Shuhua

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

ABSTRACT The primary structure and the operating principle of the series disc-screw extruder developed by us are introduced and the particular kneading mechanism of the equipment is also anatomized. The results indicate that using multifarious series discs, the three actions, i.e. compression, shearing and displacement are acted on materials, and the series disc-screw extruder possesses excellent kneading and plasticizing performances, moreover, the equipment has simple structure and high extrusion pressure.

KEYWORDS series disc-screw extruder, structure, operating principle, kneading mechanism

日本模具产业衰退趋势明显

近几年日本模具产业产值逐年减少,模具的年需求降到4100亿日元左右,专家认为,日本模具产业已到了非改革不可的地步。日本的模具产能约占全球的40%,居世界第一位。不过从1998年产值达到1.87万亿日元的高峰后,就呈现衰退的局面。生产厂家、从业人员、业务规模都明显萎缩。与高峰期相比,目前的厂商数量减少了8.5%左右,从业人员减少了30%,产值衰退率达11%。另外,基于亚洲其它国家和地区模具工业大规模发展,因其成本或技术竞争力的增强,迫使日本模具价格下降了约20%左右。

日本模具的总产值中,塑料模具产值6428亿日元,占第一位,约占模具总产值的38.8%。塑料模具应用于多种产业,虽然近年来信息技术产业发展迅速,但仍无法改变模具产业衰退的趋势。汽车、半导体等产业的主要客户外移,使得日本的模具产业也不得不将经营重心转向海外。而技术

高科技化、品质要求日趋严格等因素,使得日本模具产业雪上加霜。为摆脱这困境,专家建议,除在高精密加工技术方面多下功夫外,如何与一般模具加以区别,并创造高附加值的加工产品是日本模具业的努力方向,这也是亚洲其它国家和地区面临的新课题。

(陈东方)

美国通过立式注塑机的 SPI 安全标准

美国国家标准协会已经批准了立式注塑机的第一安全标准。新的标准适用于所有在2003年4月以后制造的立式夹具。据介绍,与1998年制订的水平式注塑机 ANSI/SPI 安全标准不同的是,立式注塑机标准不包括要求对现在安装改型的条款。立式注塑机标准允许使用轻垫防止工人受损伤,尤其是在常用于立式注塑机的注入处理过程中更是如此。但是,在高吨位设备上展开的大型旋转臂可以不需要任何类型的安全装置,因为在操作站和夹具单元之间有相当大的空间。

(俞丽)



N,N' -4,4'-二苯甲烷双马来酰亚胺

洪湖市恒基化工有限公司是国内较大的一家专业生产 N,N' -4,4'-二苯甲烷双马来酰亚胺的公司,有完善的设备和先进的生产工艺,产品采用优质原料精制。已广泛用于塑料改性、绝缘材料、高分子合成等多种行业,在改性聚丙烯和玻纤增强尼龙中作为偶联剂已得到广泛的认可,并被列入由中国塑料工程学会塑料改性专业委员会编辑出版的《改性塑料行业指南》。

N,N' -4,4'-二苯甲烷双马来酰亚胺技术指标

外观	熔点/℃	酸值/ KOH mg·g ⁻¹	热甲苯溶解	杂质/ %	CT 凝胶时间/ min(200℃,1g)	聚合吸热/ ℃	聚合焓(ΔH)/ J·g ⁻¹	固化物玻璃化温度 T _g / ℃(280℃,10h)
浅黄色粉末	150~156	<3	清澈透明	≤0.1	3	240±15	200	340

双马来酰亚胺在改性聚丙烯中的应用效果

双马来酰亚胺/ 份	玻璃纤维/ 份	聚丙烯/ 份	简支梁缺口冲击 强度/kJ·m ⁻²	简支梁冲击强 度/kJ·m ⁻²	拉伸强度/ MPa	弯曲强度/ MPa	弯曲弹性 模量/MPa	热变形温度/ ℃
0	30	70	7.61	21	60	85	3200	130
0.5	30	70	11.2	26	94	115	4000	135
1.0	30	70	14	32	85	120	4800	155

我们的宗旨是:上乘的质量、合理的价格、完善的服务

洪湖市恒基化工有限公司

地址:湖北省洪湖市代家场镇代市路195号

电话:(0716)2882317 2884322

邮编:433204

联系人:赵四清 陈家龙 赵福全

传真:(0716)2884322

手机:013972137569

013507268620