

综 述

高效多功能螺杆混炼机开发现状

江 波 许澍华 张 冰 王 丽
(北京化工大学机电工程学院, 北京 100029)

摘 要: 结合“九五”国家重点攻关项目——高效多功能螺杆混炼机研制实践,对国内外现代混炼技术与装备的研究现状和发展进行了述评。

关键词: 螺杆; 混炼技术; 装备

中图分类号: TQ 320.52

挤出机作为高聚物生产、改性和成形加工的主要设备,已越来越得到广泛应用,目前塑料成形加工总量约有 1/3 是在挤出机上完成的。绝大部分高聚物生产过程中,下游工序都是利用挤出机进行脱水、脱挥、干燥和造粒的。挤出机的性能对挤出物的质量有重要影响,因此如何提高挤出机的性能一直是塑料加工技术工作者关注的热点。

挤出机的性能主要包括混合、混炼质量、熔融效果、挤出稳定性、脱气效率等质量指标;投入与产出比,如:比能、生产能力等经济指标;对不同物料、配方、机头型式、规格等功能适应性指标;电器元件、传动部件、密封元件等可靠性指标。其中优良的混合、混炼质量几乎是所有挤出机共同的要求。

一般地说,混炼包含分散混合和剪切混炼两个内容。分散混合是指树脂本体和添加剂粒子在熔融状态下产生分流,从而改变其相互分布的位置;剪切混炼是树脂本体和添加剂粒子在受热熔融的同时,受切应力的作用而产生剪切变形,从而出现几何尺寸的变化。

从高聚物流动和变形的角度来分析,提高混炼质量应从物料在挤出机内的滞留时间、剪切变形、比能、分流数以及料束位置变换等 5 个方面进行考虑。关于普通型螺杆和带剪切型混炼元件、分流型混合元件、流束位置交换型混合元件的单螺杆挤出机混炼能力分析和计算已在文献[1,2]中作了介绍。

1 混炼目的和内容

根据高聚物不同的混炼目的,其加工工艺的内容也有所区别,表 1 列出了高聚物混炼目的与内容之间的关系。

表 1 混炼目的与内容

Table 1 The intent and content of the compound

目的	内 容
塑化、熔融	把树脂塑化、熔融,进行成型加工
提高树脂性能,拓宽功能	把树脂与阻燃剂,润滑剂,增塑剂,紫外线吸收剂等助剂共混。
制取高聚物合金	把树脂混合物与偶联剂混合,对树脂进行改性
复合和强化树脂	把树脂与纤维状、无机粉末状等增强材料混炼,强化树脂性能
反应挤出	单体的聚合,接枝反应,架桥反应
脱挥	除去树脂中的水分,溶剂,单体

不同的混炼目的和内容,对所需设备的功能提出了不同的要求。因此在高聚物混炼加工技术领域,混炼机理、工艺配方及形态结构的研究,混炼装备和控制技术开发研究,最佳操作工艺条件的科学确定是有机地结合在一起的。

2 新型混炼装备的技术目标

随着国民经济的高速发展和现代国防建设需要的增多,对高分子材料的品种、性能和质量都提出了更高的要求,从而要求有新的混炼技术和装备来满足这个需要。为此,美国、瑞士、日本和德国等发达国家相继推出 FCM 连续混炼机、BUSS 混炼机、

收稿日期: 2000-09-10

基金项目: 国家“九五”重点科技攻关项目(97-319-03-05-01)

第一作者: 男,1942 年生,教授,博士生导师

KCK 混炼机、Pomini 密炼机和同向平行双螺杆挤出机等新型混炼机。尽管这些混炼机的结构、原理有所不同,但它们都有共同追求的技术目标,即高效、多功能、经济地完成混炼的 3 要素(剪切、分流和置换)。在高聚物混炼加工领域中,当前应用最为广泛的是同向平行双螺杆混炼挤出机。

3 同向平行双螺杆混炼挤出机的沿革^[3]

同向平行排气式双螺杆混炼挤出机作为大型石化企业下游工序和制取高分子合金材料的重要装备,可以用于:(1)对含一定水分、溶剂和单体的物料直接进行清洗、凝固、挤压脱水干燥和造粒;(2)对含有各种添加剂的聚合物进行填充、共混、增强、排气、脱挥、着色、均化和造粒;(3)对粉末涂料、色母料、催化剂、油漆、食品、纸浆等进行分散混合;(4)特种物料的混合与成型。

它的基本原理是利用两根互相啮合的螺杆在机筒的“ ∞ ”字型区间高速同向回转,完成对高聚物的输送、压缩、塑化、熔融、混合、混炼、填充、排气、计量和成型等工艺过程。由于它的螺杆螺纹元件和机筒是组合式的,根据功能不同可作任意组合,因此该机组的适应性强,应用面广,它可以完成一般单螺杆挤出机和其它类型混合设备所不能完成的复杂工艺过程。由于它的加工机理特殊,结构复杂,加工物料种类繁多,对机械制造工艺、材质强度以及热处理的要求非常苛刻;机组的自控水平、精度和可靠性要求较高;理论上涉及到高聚物流变学、形态学、计算力学、传热学、结构力学等多门学科,因此技术难度较大,在国际上长期以来被少数厂家所垄断。

国际上生产同向平行双螺杆挤出机的著名厂家 Werner & Pfleiderer(简称 WP)公司自 1953 年应用 R. Erdmenger 等人成果生产出 ZSK 系列商用机^[4]以来,根据各个时期产品的特点可将同向平行双螺杆挤出机的发展沿革大致分为 6 个阶段(又称六个代),各代的特征为:

(1)第一代:又称标准型代,螺杆形状为三头螺纹,螺槽浅,螺杆外径与根径之比(简称啮合比)为 1.22,螺槽自由容积小,输送能力低,扭矩系数 K (每根螺杆所能承受的扭矩与两根螺杆中心距三次方的比值)为 $3.7 \sim 3.9 \text{ MN/m}^2$ 。低扭矩系数限制了螺杆长径比(L/D)的增加和挤出机功能的扩展。

机筒冷却大多采用风冷。

(2)第二代:根据工艺需要,两螺杆的旋转方向可以同向、异向互换,扭矩系数增加到 $4.7 \sim 5.5 \text{ MN/m}^2$,这两点的改进使其用途有所扩大。这一阶段由于受到材料强度的限制,有些厂家将螺杆做成整体式。

(3)第三代:螺杆结构采用组合式,螺杆形状以两头螺纹为主,这为深槽螺棱的几何造型设计提供了可能。这阶段螺杆螺槽深度比以往增加了 1.38 倍,啮合比为 1.44,螺槽自由容积为第一代标准型的 1.77 倍。在冷却方式上开始考虑用冷却介质代替风冷,前者与后者相比具有更高的传热效果和热稳定性。螺杆旋转方向回归到同向专用型,螺杆最高转速为 300 r/min 。追求高挤出量是第三代双螺杆挤出机的主要目标。

(4)第四代:主要特征螺纹元件采用 2 头螺纹和 3 头螺纹混合型式,它是针对第三代机型由于螺纹头数减少、物料分流通道的减少,加之螺槽深度增加,导致混炼不足而采取的补偿措施,该代机器结构较为紧凑,故又称紧凑型代。

(5)第五代:是 90 年代中期研制成功的新机型,螺杆形状为两头螺纹,啮合比为 1.55,螺槽的自由容积比为第一代标准型的 2.04 倍,扭矩系数达到 8.7 MN/m^2 ,螺杆最高转速为 600 r/min 。超深槽、高扭矩和高转速是该代机型的主要特征。

(6)第六代:为 90 年代末研制出来的最新机型,主要特征为超高扭矩、超高转速、多功能、低能耗和高耐磨。扭矩系数达到 11 MN/m^2 ,比第五代提高了 30%,螺杆最高转速为 600 r/min ,个别小型机可达到 1200 r/min 。螺杆的最大长径比从传统的 148 提高到 162。

以最新推出的第六代 ZSK70 机为例,加工物料的对象为 PA6-6/GF 质量比为 7/3,它的产量可达 2300 kg/h 。加工其它物料时产量约为 $1700 \sim 2600 \text{ kg/h}$,约为第五代机型的 4~5 倍。

第六代双螺杆挤出机的研究成功,从某一侧面反映了发达国家的高聚物混炼加工及其装备研究领域的最新成就。

在 1999 年国际橡塑工业展览会上 WP 公司推出的第六代同向平行双螺杆挤出机的主要性能参数见表 2。

表 2 WP 公司第六代双螺杆挤出机的主要性能参数

Table 2 Parameters of the sixth era twin screw extruders made by WP

型号	驱动功率 P/kW	螺杆转速 $n/(\text{r}\cdot\text{min}^{-1})$	生产能力 $p/(\text{kg}\cdot\text{h}^{-1})$
ZSK40 MC	56	25 ~ 600	200 ~ 300
	112	24 ~ 1 200	350 ~ 500
ZSK50 MC	108	25 ~ 600	400 ~ 600
	216	24 ~ 1 200	650 ~ 1 000
ZSK58 MC	165	25 ~ 600	600 ~ 900
	330	24 ~ 1 200	1 000 ~ 1 500
ZSK70 MC	300	25 ~ 600	1 050 ~ 1 600
	600	24 ~ 1 200	1 700 ~ 2 600
ZSK90 MC	660	25 ~ 600	2 400 ~ 3 000
	1 100	24 ~ 1 000	3 900 ~ 5 700
ZSK133 MC	1 660	25 ~ 500	7 000 ~ 11 000

4 开发现状

(1) 理论研究:通过对双螺杆挤出机的 4 大技术难点:啮合机理、混合性能、排气效果、挤出能力的研究,建立了新型的双螺杆啮合数学物理模型;采用 AME 技术实现了螺杆几何造型的动态显示;运用系统工程原理对不同功能段螺纹元件进行了特殊设计和优化组合;提出用二次优化的计算方法,对物料在机头流道内的流动状态进行计算机模拟和优化计算。

(2) 测试技术:用激光散斑法测定推力轴承微变形量和压力分布状况,并用三维有限元法对主要受力元件进行力学计算,实现了我国双螺杆挤出机传动箱核心部件——串列式推力轴承组全部国产化。

(3) 结构研究:重点对机组的塑化系统、传动系统、机头、止推轴承组、快速更换滤网装置以及水环切粒装置等 6 个核心部件进行研究创新。其中“组合式推力轴承组”、“双圆柱螺杆挤出机的双对齿轮啮合传动装置”、“直角式带过滤筒的挤出机头”、“一种过滤网快换装置”等 4 项技术分别获得了国家专利^[5~8]。

(4) 材料与热处理:采用国际上先进的 X 合金双金属套筒和高耐磨硬质合金制作螺纹元件、啮合块及齿形盘,在加工玻纤增强物料时使用寿命超过 3 500 h,达到了国际同类备件水平。

(5) 控制系统:采用微机控制技术,实现全线启动、停止、运行程序化;主机与喂料系统采用模拟跟踪控制,可以任意设定、显示、记录储存工艺参数。

此外,机组还设置了故障自动诊断、报警、安全保护、反馈控制等功能,提高了整个机组的可靠性和安全性。

(6) 拓宽双螺杆功能:成功地实现了若干种对国防和经济建设有重要作用的特殊材料诸如火、炸药、电炭、电极材料及氟塑料的混炼和挤出成形;实现了含 70 % 重晶石粉的 EVA 宽幅板材(板宽 1.4 m,厚 3 ~ 6 mm)一次法挤出成形;利用三级排气技术对 w (溶剂) = 70 % 的粘合剂进行脱挥处理,使挤出物的 w (溶剂) < 0.2 %;对高粘度的 LLDPE 阻燃料实现低温挤出,当无机填料质量分数 w 为 60 % ~ 70 % 时仍能均匀分散混合;采用长径比为 48 的螺杆,对 w (淀粉) = 70 % 的 PE 降解料进行挤出造粒。这些高难度混合及成型技术的突破,既拓宽了我国双螺杆挤出机组的应用范围,又满足了国防和经济建设对特种材料的需求,起到了推动科技进步的作用,得到的社会效益和经济效益是显著的。

(7) 开发研制的机型:利用上述理论研究成果和专利技术,开发研制的高效、多功能螺杆混炼挤出机组的特征和应用范围见表 3。

上述 20 余种机型已在国内 17 家机械制造公司和院所批量生产。据不完全统计,投入正常运行的生产线已逾百条,直接经济效益超过亿元。

5 与国外的差距

在高效多功能螺杆混炼机的研究领域与发达国家相比总体上存在着较大的差距,主要表现在 6 个方面。

5.1 主要性能指标

通常双螺杆挤出机的主要性能指标用螺杆长径比、驱动功率、生产能力、螺杆转速 4 个参数来表示。我们研制开发的部分同向平行双螺杆挤出机组系列的主要性能参数如表 4 所示。

5.1.1 螺杆长径比 螺杆的长径比越大,物料在机内经历的行程就越长,可以得到更充分的混合和塑化,并能使温升过程变得缓和,因而为提高螺杆转速和增加产量提供了条件。近年来,随着双螺杆挤出机的用途越来越广泛,在挤出机内除了要完成一般的加料、输送、压缩、塑化、混炼、排气和均化等工序外,往往还要求进行脱水、干燥、降解、反应挤出等多种工艺;要求挤出机具有多路喂料系统和多级排气等功能。相应地,对挤出机 L/D 的要求也越来越大。然而由于 L/D 的增大,对机器的制造精度、材

表 3 开发研制的机型和特征用途

Table 3 The machines and character uses searched by us

机型名称	特征和用途
低密度烧蚀材料浇注枪	微型、高速、排气,手提式。螺杆直径 12 mm,转速 1 200 r/min。用于浇注宇宙飞船用烧蚀材料
80/146 火、炸药锥型双螺杆挤出机	用于火、炸药的挤出成型
80/156 炭精棒锥型双螺杆挤出机	用于直径 4~420 炭精棒,电炉电极的混炼和挤出成型
90 橡胶冷喂料强力塑化混炼挤出机	用于橡胶塑化、混炼和挤出成型
75 冷喂料排气挤出机及其连续硫化装置	用于低压和常压下连续硫化橡胶非模制品的混炼和挤出成型
80/146 锥型双螺杆板材挤出机组	用于宽 1.4 m,厚 0.5~10 mm PVC 硬、软板材挤出
60/125 锥型双螺杆挤出机	高速、高产型,用于 PVC 异型材挤出
25 双螺杆混炼造粒机组	高扭矩小型试验机台,扭矩系数为 8.47 MN/m ² ,机身侧向开有视窗,配有熔体齿轮泵
30- 双螺杆混炼造粒机组	聚四氟乙烯造粒专用机组
30- 双螺杆混炼造粒机组	高速型,螺杆转速为 500 r/min,配有熔体齿轮泵
35 双螺杆混炼造粒机组	深槽、高扭矩型,配有熔体齿轮泵
40 双螺杆混炼造粒机组	用于玻纤增强共混,玻纤含量最高可达 59%,高扭矩型扭矩系数为 7.65 MN/m ²
40/43 双螺杆混炼造粒机组	阶梯式,用于低密度填充料共混,高产量
53 双螺杆混炼造粒机组	用于玻纤增强共混
58 双螺杆混炼造粒机组	深槽高产型
70 双螺杆混炼造粒机组	高速、高产型,螺杆转速可达 600 r/min
72 双螺杆混炼造粒机组	已用于一次性挤出 1.4 m EVA 片材
* 72 聚乙烯硅烷交联造粒机组	配有液体助剂注入装置和双螺杆喂料器
75 双螺杆混炼造粒机组	超深槽,啮合比 1.66,高速、高产型,螺杆转速可达 600 r/min,
80 双螺杆混炼造粒机组	配有喷淋式快速更换滤网装置, $L/D=48$ 时,用于降解塑料造粒,高产型
100 微机控制双螺杆混炼造粒机组	5 000 t/年 级大型造粒机组,配有水环切粒和快速更换滤网、离心脱水干燥等装置,机组全部采用微机控制。
* 75/135 串联式圆盘螺杆连续混炼机	用于从橡胶、塑料到陶瓷、磁钢、粉末涂料等高填充材料的混合、混炼
* 125 异向旋转平行双螺杆挤出机	用于 PVC 大型管材,宽幅厚板的挤出成型

注 * 标记的机型为正在开发研制中的产品。

质和驱动功率的要求提高,所以 L/D 的大小在一定程度上反映了双螺杆挤出机的水平。

表 5 列出了国外部分引进样机 L/D 的数值,据资料介绍 ZSK 系列最大 L/D 为 48,而 TEM 系列则为 60^[9,10]。

5.1.2 驱动功率 大的驱动功率可给予物料大剪切变形和挤压压力,产生更多的剪切磨擦,这对物料的破碎、混合、混炼、塑化和挤出是十分有利的,因此追求大的驱动功率,进行超高扭矩挤出是当前国际上新一代挤出机的重要特征之一,可是超高扭矩双螺杆挤出机的设计往往受到螺杆芯轴、传动箱的强

度和轴承寿命及工艺条件等多方面因素的制约,有相当难度。

国外有的厂家把扭矩系数 K 作为衡量双螺杆挤出机承载能力的一项标准。显然, K 越大,螺杆抗扭强度越高,挤出机的承载能力就越大。研制开发的双螺杆挤出机与从 WP 和 Berstorff 公司引进的部分样机的扭矩系数值见表 6。

5.1.3 产量 影响产量的主要因素有:螺杆的尺寸、形状、组合形式、转速、工艺条件、物性、机头流道形状和螺棱间隙等。表 7 列出了国外部分引进样机与研制开发的双螺杆挤出机的产量数据。

表 4 开发研制的部分同向平行双螺杆挤出机性能参数

Table 4 The parameters of some twin - screw extruders searched by us

规格	螺杆直径 D/mm	L/D	$n/(\text{r}\cdot\text{min}^{-1})$	P/kW	生产能力 $p/(\text{kg}\cdot\text{h}^{-1})$
25	25	28 ~ 48	30 ~ 300	5.5	15 ~ 30
30-I	30	22 ~ 48	30 ~ 300	5.5	16 ~ 30
30-II	30	36 ~ 48	50 ~ 500	11	20 ~ 50
35	35	36 ~ 48	50 ~ 500	11	20 ~ 100
40	40	35 ~ 48	30 ~ 300	20	40 ~ 100
40/43	40/43	35 ~ 48	30 ~ 300	20	40 ~ 100
53	53	32 ~ 48	30 ~ 300	45	80 ~ 250
58	58	32 ~ 48	30 ~ 300	45	80 ~ 250
70	70	30 ~ 48	60 ~ 100	90/132	150 ~ 600
72	72	30 ~ 48	60 ~ 100	90/132	150 ~ 600
75	75	30 ~ 48	60 ~ 100	90/132	150 ~ 600
80	80	30 ~ 48	30 ~ 300	144	200 ~ 700
100	100	30 ~ 48	30 ~ 300	200	300 ~ 7 000
72	72	30 ~ 48	30 ~ 300	90	150 ~ 450

表 5 国外部分引进样机的螺杆长径比

Table 5 The L/D of some foreign machines

参数	德国							日本
	WP 公司				Berstorff 公司		Leistritz 公司	东芝公司
	ZSK83 型	ZSK58 型	ZSK53 型	ZSK40 型	ZE40 型	ZE60 型	ZSE96 型	TEM-70B 型
L/D	26	32	30	32.5	33	32	29	20

表 6 扭矩系数的比较

Table 6 Comparison of torque coefficient

(MN/m^2)

研制单位	D/mm												
	100	96	92	83	80	72	70	58	40	35	34	30	25
WP 公司	-	5.39	7.88	4.43	-	-	-	4.34	8.13	-	-	4.78	8.47
Berstorff 公司	-	-	-	-	-	-	-	-	6.4	-	4.79	-	6.96
东芝公司	-	-	-	-	-	-	5.14	-	-	-	-	-	-
北京化工大学	4.76	-	-	-	6.96	7.29	-	5.83	7.65	5.83	-	5.25	8.47

5.1.4 螺杆转速 螺杆转速 (n) 直接影响挤出机的产量、驱动功率、挤出物的质量和机器的结构等。

提高螺杆转速可增加挤出机的产量,提高挤出物的致密度,增强物料的剪切、捏炼,改善塑化和混合效果。在设备上还可使传动比减小,使机器的结构更为紧凑。

螺杆转速的提高,主要受物料允许临界剪切速率和临界转速的限制,另外还受机器制造精度和耐磨性的限制。这些涉及到螺纹元件的组合形式、工

艺条件的科学制定、捏炼盘的设计、螺杆—机筒副材质选择和热处理技术等诸方面因素。国内外部分相近规格挤出机最高螺杆转速比较见表 8。

由表 4 ~ 8 与表 2 所列数据的对比可以看出,经过近 10 年的努力,开发研制的双螺杆挤出机主要性能指标与以往进口样机差距不大,但与最新资料披露的 WP 公司 ZSK 系列第六代样机相比有相当大的差距。

表 7 国内外部分双螺杆挤出机的产量

Table 7 Output of some twin screw extruders on internal and external

(kg/h)

研制单位	螺杆直径 D/mm										
	100	96	83	80	72	70	58	40	35	30	25
WP 公司	-	-	300 ~ 800 高扭矩型 1 000	-	-	200 ~ 300	60 ~ 180 , 高扭矩型	40 ~ 100	-	15 ,高扭矩 型为 30	-
Leistritz 公司	-	1 500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
东芝公司	-	-	-	-	350	-	-	-	-	-	-
北京化工大学	700 ~ 1 100	-	-	350 ~ 710	200 ~ 450	-	150 ~ 250	40 ~ 100	30 ~ 90	20 ~ 50	8 ~ 21

表 8 国内外部分双螺杆挤出机螺杆最高转速

Table 8 Max screw rotation speed of some extruders on internal and external

型号	$n_{\max}/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	型号	$n_{\max}/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	型号	$n_{\max}/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$
ZSK25-170	300 *	TEM-100	250 ,300	TE34 ~ 90	300 *
ZSK220 ,300	200 160 *	SLJ-35 ~ 38	150	SJSH30 ~ 90	300
ZSE96	250	SHJ-68 ,74	300	SHT2-150	105
北化 25-100 **	300 , 500 ,600	SHL-35 ,72	250		

注: * 数据来源于 94 年的样本,最近引进 ZSK92 样机的最高转速为 500 r/min。

** 北京化工大学研制的部分双螺杆挤出机。

5.2 机型规格

目前开发研制的同向平行双螺杆挤出机规格大致集中在螺杆直径小于 100 mm 的中、小型机器上,年产约 200 台、套左右,基本能够满足国内用户的需要。万吨级双螺杆挤出机迄今尚未实现国产化,全部依靠进口解决。目前世界上只有德国 W. P 公司、Berstorff 公司和 Leistritz 公司,日本制钢所和神户制钢所等为数不多的几家公司拥有设计、制造和安装调试这类装置的技术。从“七五”到“九五”期间,全国共引进大型双螺杆造粒机组百余台套,据有关部门预测到 2010 年我国 PE 和 PP 产量将达 900 万 t,大约需要 70 000 t/年 级大型造粒机组 130 台套左右,每台套价格约 350 ~ 440 万美元,仅此一项,国家将支付外汇 4.5 亿美元。

5.3 控制系统

国产机器仪器、仪表的精度和可靠性相对较差,因电气仪表故障造成的停机率较高。

5.4 辅机的配套性

对上加料系统,较多采用单、双螺杆-容积式加料方式,控制精度较高的全数字失重式加料系统、多路式加料系统基本为 Brabender, Schenck, K-tron 等 3 家公司所垄断。对下辅机系统,国内基本以冷拉条切粒为主,只有少数机型配有水环切粒装置或模

面喷雾热切装置。而大型水下切粒装置和双圆柱快速更换滤网装置基本为空白,有待进一步开发。

5.5 材质与热处理技术

承受高扭矩螺杆芯轴和齿轮箱输出 A、B 轴的材质和热处理、能耐腐蚀的超深槽高耐磨复合型螺纹元件的加工和热处理技术,与国外相比仍有相当大差距,尚需继续改善。

5.6 机型的品种

作为高效、多功能螺杆混炼挤出机大家族的其它成员,如 FCM 连续混炼、传递式混炼机、BUSS 混炼机、KCK 连续混炼机、非啮合型同向旋转双螺杆挤出机和行星齿轮混炼挤出机等机型,从机理上与啮合型同向平行双螺杆挤出机有所不同,应用范围的侧重也不一样,各自具有一定的市场占有率。而我们除了对同向平行双螺杆挤出机、KCK 连续混炼机和 BUSS 混炼机有了一定研究外,其它机型的开发研究还有待于今后深入。

参 考 文 献

- [1] 许澍华. 挤出过程的混炼技术. 北京化工大学学报, 1998, 25(2): 32 ~ 40
- [2] 伊藤公正. 单轴挤出机における混炼. プラスチックス, 1990, 36(7): 25 ~ 72

- [3] 大田佳生. コンパウンディング: Plastics Age (进步编). 东京:株式会社 プラスチックス.エ.ジ,1998
- [4] Albalak R J. Polymer devolatilization. New York: M D Ckker, 1996. 349~396
- [5] 江波,许澍华. 组合式推力轴承. 中国,实用新型, ZL 93216106.5,1993
- [6] 董立本,丁国强,徐则明. 双圆柱螺杆挤出机的双对齿轮啮合传动装置. 中国,实用新型, ZL 93241043. X, 1994
- [7] 许澍华,江波. 直角式带过滤筒的挤出机头. 中国,实用新型, ZL 93216105.7,1993
- [8] 冯连勋,董立群. 一种过滤网快换装置. 中国,实用新型, ZL 92222319. X,1992
- [9] 江波,许澍华. 同向平行排气式双螺杆挤出机的开发与研究. 塑料,1994,23(1):7~12
- [10] 王丽. 高性能同向旋转双螺杆挤出机的开发及其脱挥理论的研究. [学位论文]. 北京:北京化工大学,1999

Actuality and development of high-efficient and multifunctional screw compounder

J IANG Bo XU Shu-hua ZHANG Bing WANG Li

(College of Mechanical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 1000029, China)

Abstract: Based on the development practicing of the national “ninth five-year project” research item “the high efficient and multifunctional screw compounder”, this paper make a comment for the actuality and development of modern compounding technology and equipment.

Key words: screw; compounding technology; equipment

“铝-硅联合缓蚀剂的创制和应用研究” 通过技术鉴定与验收

我校林玉珍教授等承担的科技部“九五”国家科技攻关项目“铝-硅联合缓蚀剂的创制和应用研究”于2000年10月9日在北京通过了由国家石化局科技办主持的技术鉴定与验收。

该项目经过课题组近5年的攻关,创制开发了新型的铝-硅联合缓蚀剂,它是无毒、无磷、耐氯离子侵蚀的绿色缓蚀剂。该缓蚀剂在使界面生成铝缓蚀膜后,用硅化合物对缓蚀膜进行封闭处理,自动修补膜中缺陷,使膜的耐蚀稳定性进一步增强,从而使它在海水体系中,特别是在海水循环体系碳钢腐蚀的防护中,呈现出良好的缓蚀效果。

课题组在建立了流速为0~20 m/s的连续可调的动态模拟试验装置的基础上,又建立了年产30 t缓蚀剂中试生产装置。经秦皇岛港务局水暖供应公司、北京化二股份有限公司现场应用表明:(1)该缓蚀剂在除尘水洗系统(流量为40 t/h)中的腐蚀率为淡水0.03 mm/年左右,海水0.04~0.06 mm/年。(2)在热盐水(流量100 t/h,65℃)中的腐蚀率为0.08 mm/年左右。

鉴定委员会一致认为该缓蚀剂品质优良,生产过程中无三废,符合当前日趋严格的环保要求,且国内外未见相关报到,该成果达到国际先进水平。这也为海水的直接利用提供了有效的技术支撑和广阔的应用前景。

(科技处)