

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.12.013

万吨级 PE-HD 燃气管专用料生产装置技术开发

唐卫泽¹, 李世通², 马永金²

(1. 扬子石化股份有限公司塑料厂, 南京 210048; 2. 天华化工机械及自动化研究设计院, 兰州 730060)

摘要: 对高密度聚乙烯(PE-HD)燃气管专用料的生产装置进行设计,具体阐述了双螺杆挤出机装置工艺及配置技术的设计,经过试车验证,该生产装置投产后各项指标初步符合设计要求,可实现规模化生产。

关键词: 高密度聚乙烯;燃气管;专用料;生产工艺;螺杆组合

中图分类号: TQ320.5+2

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2012)12-0054-05

Technical Development on Manufacturing Equipment of 10000 Ton Class PE-HD Gas Pipe Special Material

Tang Weize¹, Li Shitong², Ma Yongjin²

(1. Plastic Plant of Yangzi Petrochemical Co. Ltd., Sinopec, Nanjing 210048, China; 2. Tianhua Institute of Chemical Machinery and Automation, Lanzhou 730060, China)

Abstract: Manufacturing equipment of high density polyethylene (PE-HD) gas pipe special material was designed. The design for installation technics and configuration of twin-screw extruder was specified. The equipment met requirement after test run verification production, which could realized large scale manufacturing.

Keywords: high density polyethylene; gas pipe; special material; manufacturing process; screw combination

1 燃气管专用料发展概况

随着20世纪高分子材料技术的高速发展,目前以高分子材料制成的管材,尤其是聚乙烯管材,凭借其卓越性能,广泛用于燃气输送、给水、农业灌溉、油田、化工等领域。目前世界上众多发达国家已经使用高密度聚乙烯(PE-HD)燃气管,我国从20世纪80年代开始推广使用PE-HD燃气管,随着燃气管技术的不断发展和完善,PE-HD燃气管市场将会得到迅速发展。

聚乙烯燃气管的特殊要求决定了其生产原料必须是专用PE原料,即PE燃气管专用料。近年来PE燃气管专用料消费量逐年上升,我国在2000年只有1万t,到2008年则达到了15万t。目前我国市场上PE-HD燃气管专用料基本依赖进口,进口量约占市场份额的90%,主要有美国Philips公司的TR418,法国Fina公司的3802,英国BP公司的PC2040Y、MD20YW和MD20BK,北欧化工的ME2421、ME2418,芬兰Neste的2490等^[1]。在燃气管专用料的国产化方面存在严重不足。目前我国能够进行聚乙烯燃气管专用料规模生产的只有上海石化公司一家,其产量为千吨级,价格相对进口料便宜,得到了用户的认可,占据国内燃气管专用料一定的市场份额,燕山石化、齐鲁石化等有少量的PE燃

气管专用料生产,但是规模很小。

随着我国西部大开发,西气东输的发展,PE燃气管专用料将迎来一个蓬勃发展的时期,国内市场日趋成熟。由于PE燃气管专用料附加值较高且进口料价格昂贵,因此国产燃气管专用料的开发,将给企业带来较好的经济效益。扬子石化塑料厂与天华化工机械及自动化研究设计院共同开发了万吨级燃气管专用料生产装置,实现了万吨级PE-HD燃气管专用料的生产。

2 生产规模及主要原料

2.1 生产规模

2套造粒机组,产能3万t/a,每套机组额定产量2.0t/h。

2.2 主要原材料

PE-HD粉料:牌号4803T或4902T,堆密度为0.3~0.4g/cm³,熔体流动速率(MFR)为0.15~1.4g/10min(190℃,5kg),扬子石化塑料厂;

炭黑母粒:牌号为PLASBLAK HD2776,香港卡博特公司;

复合助剂:牌号为YZ-PE-02,徐州万和化学工

联系人:唐卫泽,副总工程师,从事聚烯烃的生产和技术管理工作

收稿日期:2012-10-08

业有限公司。

2.3 产品配方

炭黑母粒质量分数为 4%~8%,复合助剂 2.5%~1%,其余为 PE-HD 粉料。

2.4 生产工艺

PE-HD 燃气管专用料生产线由配料系统、同向双螺杆挤出系统、颗粒料后处理系统等 3 部分组成。生产线设备包括储料仓、各组分失重秤、同向双螺杆配混挤出机、水下切粒机、颗粒干燥机、振动筛、颗粒输送风机、颗粒掺混风机、掺混料仓、半自动包装机。在生产工艺中,主料与炭黑母粒、复合助剂经过失重计量喂料器配料后加入双螺杆挤出机中,挤出机将原料在加热状态下剪切塑化,炭黑均匀分散于基础树脂中,然后加压使之通过模板,经水下切粒、颗粒干燥及筛分,利用气力输送至掺混仓中,通过重力掺混达到产品的均一性后包装出厂,具体工艺路线如图 1 所示。

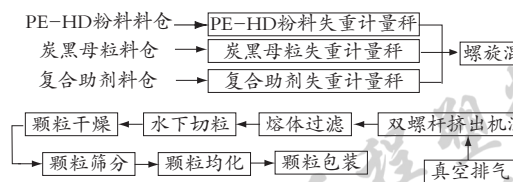


图1 专用料配混工艺路线

3 挤出机系统设计及配置

双螺杆配混生产装置由加料系统、挤出机传动系统、双螺杆挤出主机系统、真空排气系统、润滑油冷却系统、筒体冷却水循环系统、熔体过滤系统、切粒系统及颗粒后处理系统等构成。其中造粒部分采用水下切粒,实现高产量、连续化生产。

3.1 加料系统的配置

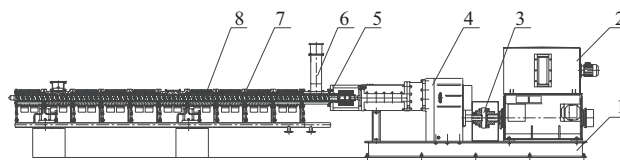
燃气管专用料对原料的配方及配比要求很高,因此造粒装置的配料及加料精度的设计保证尤为重要,根据配方组分的配比、物料性能及操作自动化要求,必须采用自动化配料工艺及采用失重式计量喂料秤配料。由于专用料原料粉料的物理状态(粒径较小)造成其可能产生下料不畅及“架桥”现象,对料斗结构形式要求其不能有死角及料斗锥角不能太大,以防止架桥,另外,在主机料斗中通入低压氮气防止架桥。另外由于双螺杆挤出机采用饥饿式喂料,即双螺杆挤出机的产量在挤出机最大产量以下,其产量是由上游的喂料量决定的,与挤出机本身的转速无关。在配料系统中各组分通过各自的失重式计量秤计量后同时加入到下游的螺旋混合机中,螺旋

混合机的设计也是采用饥饿式喂料,所以各组分物料在螺旋混合机中进行预混合,达到各组分的初步分布分散。

3.2 专用料双螺杆挤出机配置

在聚合物改性混炼挤出造粒设备中,双螺杆挤出机以其优异的混炼挤出效果、高速、高产量、以及螺杆和机筒的“积木式”组合特点,优良的自清理性能,在塑料改性及塑料制品的原料加工中占据很重要的位置。

双螺杆挤出机主机主要构成如图 2 所示。



1—机架;2—主电机;3—扭矩限制器;4—齿轮箱;5—中体组件;
6—主机料斗;7—筒体;8—螺杆

图2 双螺杆挤出机主机主要组成部分

筒体布置在 PE-HD 燃气管专用料配混改性生产中至关重要。筒体的类型、数量需满足组分的加入、排气、炭黑分散、停留时间分布、计量挤出建压等要求。专用料双螺杆挤出机为混炼型,螺杆和筒体采用“积木式”原理设计,在沿螺杆挤出的方向设置不同的功能区来完成物料输送、熔融塑化、分散、混炼均化等过程。目前国内配混用挤出机的长径比(L/D)一般在 36~48 之间,根据专用料特性,其炭黑母粒、复合助剂在加入挤出机之前已经与 PE-HD 粉料进行了预混,最终确定挤出机 L/D 为 44,专用料筒体按 11 节筒体进行配置,其中第 1 节为加料口,第 6 节筒体开口(预留自然排气,封堵状态),第 10 节为真空排气段筒体,其余为闭合筒体。

3.3 专用料螺杆长径比

专用料螺杆的 L/D 应满足物料的输送、熔融、混炼、炭黑的分散、排气、计量挤出等要求。螺杆的长径比是影响 PE-HD 燃气管专用料挤出造粒的重要因素,也是挤出机的一个重要参数^[2]。对于积木式组合同向双螺杆挤出机,生产 PE, PP 时的 L/D 大都在 36~48 范围内。 L/D 越大,则物料在相同转速下挤出机主机中的停留时间越长,熔融塑化区间越长,但 L/D 并不能完全表征螺杆的塑化混炼效果,螺杆的塑化混炼效果还与螺杆结构(或组合)有着密切的关系。对于积木式组合双螺杆挤出机,可以通过螺杆组合实现 L/D 的有效补偿。对于 L

L/D 出现的不足,可通过设计排定新的螺杆组合,适当强化螺杆某一段或整体的混炼效果,来提高整个螺杆的混炼及剪切、分散效果。另外在本机组上还设置了节流阀,通过调整节流阀的开度,调整物料在螺杆中的停留时间以有效补偿由于长径比 L/D 或螺杆组合可能带来的不足,从而提高物料的混炼效果和炭黑的分散效果。

为了保证对物料的充分加热,主加料口到物料熔融区域的 L/D 为 12,物料混炼及炭黑分散区域长径比为 24,计量挤出段的 L/D 为 6,结合目前双螺杆挤出机的螺杆转速(大多在 300 r/min),一方面能够保证物料在螺杆中有足够的停留时间,从而保证充分的塑化,一方面又给螺杆组合及挤出工艺的调整留下了较大的空间。

3.4 专用料螺杆组合

螺杆的组合结构应根据筒体配置、各区段物料的状态、排气量大小、螺杆元件的具体结构和功能、螺杆在整个长度上的功能要求等进行组合设计,据此,最终确定的螺杆组合如图 3 所示。

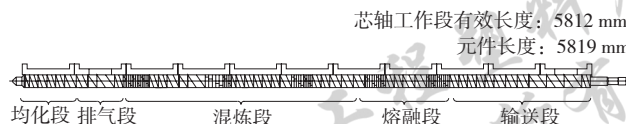


图3 螺杆组合

以下对输送段、熔融段、混炼段、排气段、均化段 5 区进行分析。

输送段: 此段主要作用是输送物料,防止溢料。由于物料是粒粉混合物(主要是 PE-HD 粉及炭黑母粒),堆密度相对较小,容易在入料口处形成堆积架桥现象,为保证加料顺畅及防止架桥,选用大导程、正向螺纹输送元件。由于螺槽容积由大变小,即螺纹导程由大向小渐变,故可加强螺杆的输送能力。

熔融段: 此段主要功能是通过热传递和摩擦剪切,使物料充分熔融和塑化。物料熔融塑化时需要从外部吸收一定的热量。此能量的传递主要靠机械传递和热传递来实现。由于专用料分子量较高,导热系数较小,在此区域选用加热效率较高的铸铜加热器(单位面积加热功率为 5.0 W/cm^2)。但是物料塑化热量主要还是来自螺杆结构,特别是螺杆捏合块机械能的输入^[3]。在此区域设置剪切较为强烈的捏合元件。由于捏合盘基本上没有输送能力,在一定的捏合盘设置长度之间设置输送元件,来增强螺杆在此区域的输送能力。

混炼段: 此段主要功能是使物料组分尺寸进一步细化与均匀,形成理想结构,具有分布性和分散性混合功能^[3]。由于专用料熔体挤出的过程中主要发生热降解反应,所以在此区段设置混合效果较强的啮合块。物料的混合区域与塑化区域在一定程度上没有明显的界区,在此区域采用不同厚度、不同错列角的捏合块组合,加上输送螺纹块,使物料受高剪切而分散,又保持停留时间,保证物料不产生分解。在该区域通过设置 45° 的捏合块与 90° 捏合块及中等导程($0.75 D$)螺纹元件进行反复剪切以及物料在螺棱上反复交替剪切、强烈混合,都会使得物料的表面不断更新,物料进一步分散、混合、均化^[3]。

排气段: 此段主要功能是排出水汽、低分子量物质杂质。常规的配混料的螺杆组合在排气段入口处,设置反向螺纹元件,防止排气口冒料;对于专用料由于反向螺纹元件会大大增加物料在螺杆中的停留时间,使得物料受热增加,造成专用料的热降解,造成挤出机扭矩增加,主机电流增大,产量大幅度降低,所以此处不能设置反向螺纹元件,而只能采用小导程的螺纹元件,将熔体密封减压,然后采用大导程螺纹元件以形成低充满度和薄的熔体层,使物料暴露较大自由表面及较长的停留时间,以便排气。

均化段(计量段): 此段主要功能是输送和增压,使得熔体在模口处有一定的致密度,同时进一步混合,最终达到顺利挤出造粒目的。在该区域主要设置小导程、小容积的螺纹元件。通过螺纹块导程逐渐变小实现增压,获得较为密实的熔体。

4 专用料挤出工艺难点

为了保证管材专用料良好的耐压性能,专用料的 MFR 很低,相对分子质量较高,而通常在加工过程中高相对分子量的聚合链易于断裂,发生降解反应,导致专用料的 MFR 升高,专用料常规特性特别是长期耐热抗蠕变性能降低,严重影响专用料的使用。因此如何很好地控制专用料在熔融挤出过程中的 MFR 尤为重要。

专用料的力学性能随着 MFR 的升高而明显降低,尽管为保证专用料 MFR 的稳定、适用加工和长期使用加入了抗氧剂,但是在加工过程中还要严格控制 MFR 的变化。在专用料熔融挤出的过程中温度和停留时间又是影响 MFR 变化的主要因素,在加工中要严格控制。

4.1 加工温度

专用料生产工艺与普通聚烯烃基本相同,在挤

出过程中,加工温度控制是产品合格的关键。专用料的熔融温度为 140℃,分解温度为 250℃左右,提高挤出机熔融段温度有利于提高专用料表面质量,但过高的熔体温度使原料降解,降低专用料的力学性能。图 4 显示了管材专用料在不同加工温度下 MFR 的变化。由图 4 可以看出,随着加工温度的升高,专用料的 MFR 呈上升的趋势。在 230℃以下, MFR 变化相对较慢;加工温度超过 230℃以后, MFR 的上升趋势明显。加工温度超过 250℃以后,材料的力学性能已基本不能满足使用要求。因此在管材专用料加工过程中要合理地控制加工温度,尽量低温挤出。

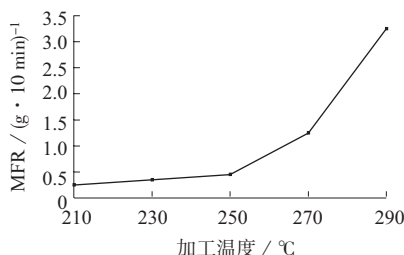


图 4 管材专用料在不同加工温度下 MFR 的变化

4.2 温度控制

挤出机操作工艺温度必须能够连续、准确。这就要求控制系统具有精确的控制能力和较强的稳定性。挤出机机身有 10 个温度控制区,机头部分设置了 3 个温度控制区,每个区都可以通过 PLC 控制面板进行单独控制。机身部分的温度控制区采用电加热水冷却的模式,采用先进的 PID 进行温度控制,温度控制精度达到 $\pm 1^\circ\text{C}$,升温过程缓慢,有利于连续挤出的稳定性,保证挤出物料性能的稳定性。

在各段温度设定时考虑以下几个方面:①聚合物本身的性能,如熔点,分子量大小和分布, MFR 等;②设备的性能(设备进料段的温度对主机电流的影响很大);③最终粒子外观。对于专用料的操作控制,机身温度较低、机头温度较高,可以实现节能降耗。机头温度偏高,可使物料顺利进入模板,但熔体稳定性差,收缩率增加;如果机头温度过低,则会造成熔体黏度增大,机头压力上升,加工较困难,导致挤出机背压增加,设备负荷加大,功率消耗也随之增加。PE 燃气管专用料挤出的熔体温度上限一般规定为 240℃,一般控制在 200℃左右为佳。另外,必须考虑物料的降解,熔体温度不宜过高,防止影响最终制品的强度。

4.3 停留时间

专用料相对分子质量较高,易受热降解,而热

塑性塑料的热降解量与其受热时间成正比,因此专用料在熔融挤出过程中的停留时间对 MFR 有很大的影响。在挤出过程中,专用料的停留时间应控制在松弛时间和热稳定时间之间;停留时间太短,会影响物料的塑化质量;停留时间过长,则物料会因为过度受热而产生热降解,影响制品的力学性能。物料在螺杆挤出过程的停留时间还受螺杆构型、机头压力、喂料速度、螺杆转速等因素的影响。

4.4 压力控制

挤出过程中最重要的压力参数是熔体压力,即机头压力,增加熔体压力,将降低挤出机产量,而使产品密度增加,有利于提高制品质量。但压力过大,会带来安全问题。熔体压力大小与原料性能、螺杆结构、螺杆转速、工艺温度、过滤网的大小、多孔板等因素有关。我国同向双螺杆挤出机减速箱所能承受的最大背压为 15 MPa,熔体压力通常控制 10~12 MPa,该装置的挤出机减速箱采用特殊设计,可以承受的背压为 22 MPa,在正常生产过程中操作压力为 14~17 MPa。

4.5 螺杆转速与挤出速度

螺杆转速是控制挤出速率、产量、质量的重要工艺参数。物料的破碎、塑化、分散、均化等过程除了与螺杆本身结构及操作温度有直接关系外,螺杆转速也是影响物料最终挤出的一个关键因素。螺杆转速对螺槽中的物料所受的平均剪应力影响显著,平均剪应力随螺杆转速的提高而明显提高,对于啮合盘区域,其分布和分散混合能力随着螺杆转速的提高而显著提高,但是由于物料在螺杆中的流动的复杂性很难量化。增加螺杆转速可以提高物料的塑化、分散和均化程度,有利于挤出,可以提高产量。但是螺杆转速过高会出现物料塑化不良、排气口返料、产生局部过热、机头压力不稳定等现象,造成电机负载过大,操作不稳定。

综合上述因素,挤出机螺杆长径比及组合,工艺操作温度、机头压力控制、螺杆转速等尤为关键。在规模化生产中,要对操作温度、机头压力、螺杆转速的匹配进行探索,不断进行优化各参数组合,实现达到较高的产量和较低的单产功耗,节省产品生产成本,节能降耗。

5 工艺参数及产品性能

2011 年 9 月,在扬子石化塑料厂用新建的 PE-HD 燃气管专用料装置进行了燃气管专用料 YEM-4902TBK 的生产,操作参数及产品性能分别

如表 1~表 4 所示。

表 1 专用料温度

项目	加热区段											℃
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	节流阀	模头
上限	200	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
下限	140	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
实际	150	180	179	180	178	182	179	181	181	181	225	232

表 2 专用料其它挤出工艺参数

项目	数据
主机转速/(r·min ⁻¹)	270
主机电流/A	530
熔体温度/℃	165
机头压力/MPa	14.5
主粉料/(kg·h ⁻¹)	1500
炭黑/(kg·h ⁻¹)	86
复合助剂/(g·h ⁻¹)	6.0

表 3 燃气管专用料(YEM-4902TBK)物性测试数据¹⁾

分析项目	质量指标	实测结果	试验方法
密度/(g·cm ⁻³)	≥ 0.955	0.96	GB/T 1033.2-2010
MFR/g·(10 min) ⁻¹ (190℃,5.0 kg)	0.20~0.35	0.31	GB/T 3682-2000
拉伸屈服应力/MPa	≥ 19	24.8	GB/T 1040.2-2006
炭黑质量分数/%	2.0~2.5	2.33	GB/T 23021-1991
炭黑分散/级	≤ 3	2.0	GB/T 18251-2000
水分质量分数/ (mg·kg ⁻¹)	≤ 300	240	ASTMD 4019-1994a
挥发分质量分数/ (mg·kg ⁻¹)	≤ 350	360	GB/T 15558.1-2003 附录 C
氧化诱导时间/min (200℃)	> 40	> 40	GB/T 19466.6-2009

注:1)表中数据是用装置现场生产的颗粒得出的测试结果。

经检测,该装置生产的燃气管专用料 YEM-4902TBK 的物理性能指标初步满足燃气管 PE100 标准要求。

表 4 成型管材的测试数据¹⁾

分析项目	质量指标	实测结果	试验方法
静液压强度/h (20℃,环应力 12.4 MPa)	100 h 不破坏, 不渗漏	> 233	GB/T 6111-2003
耐慢速裂纹增长 SCG/h (80℃,试验压力 0.92 MPa)	165 h 不破坏, 不渗漏	> 500	GB/T 18476-2001
耐快速裂纹扩展 RCP/ MPa (S4 试验临界压力)	PC, S4 (0℃) ≥ 0.34	0.336	GB/T 19280-2003

注:1)表中数据是用国内管业加工厂挤出的 DN32、DN110 规格的管材得出的测试结果。

6 结论

(1)影响 PE-HD 燃气管专用料生产的主要因素是温度、螺杆转速、机头压力等,经过对各工艺参数的准确调节和匹配就能保证专用料的质量稳定性,实现高产量、规模化生产。

(2)双螺杆配混挤出机实现了高黏度、低 MFR 物料的挤出,该装置生产的燃气管专用料 YEM-4902TBK 的物理性能指标初步满足燃气管 PE100 标准要求。该专用料可实现规模化生产。

参考文献

[1] 李颖. PE 燃气管专用料的工艺研究[J]. 石化技术,2009,16(3): 4-10.

[2] Todd D B. 塑料配混工艺及设备[M]. 北京:化学工业出版社, 2002.

[3] 耿孝正. 双螺杆挤出机及其应用[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2003.

[4] 傅勇,徐振明. 几种聚乙烯管道的应用及专用料开发现状[J]. 现代塑料加工应用,2010,22(3): 57-61.

[5] 杨文涛. HDPE 管材行业的发展[J]. 合成树脂及塑料,2006,23(3): 80-83.

LED 产业发展拉动导热塑料行业发展

LED 产业的快速发展,大大拉动了上游材料业的发展,也进一步促进高端材料领域的突破。LED 灯具中用到大量的塑料件,包括 LED 芯片的封装元件、LED 光学透镜、光散射元件、高效散热元件、光反射和光漫反射等。LED 灯是一种可持续的替代照明方案,比荧光灯和白炽灯节能 30% 到 80%。虽然 LED 灯节能且散热量较小,但其导热部件散热性能的优劣对 LED 灯的使用寿命和节能效果极为关键。因此,科研人员利用导热填料对高分子基体材料进行均匀填充,以提高其导热性,研发出可以有效传递热能的导热塑料。

导热塑料正越来越多地取代金属部件应用于 LED 灯具的导热部件,包括灯座、冷却散热灯杯和外壳等。比起传统的金属材料,导热塑料拥有很多优势,总结起来有以下四点:其一,散热均匀,避免灼热点,减少零件因高温造成的局部变形。其二,质轻,比铝材轻 40%~50%。其三,成型加工方便,无需二次加工。其四,产品设计自由度高。

如今的人们对二氧化碳排放量保持高度关注,逐步增强

了节能环保的意识,LED 技术的诞生帮助人们实现可持续发展的目标。采用导热塑料替代金属,能够增加灯具造型设计的灵活性,降低灯具总重量。除此之外,导热塑料的应用能够有效提高照明效率,节约电耗。

随着政府部门对此给予更多的关注,在专用材料方面加大技术创新和投入的力度,LED 材料尤其是导热性塑料将会有非常好的应用前景和发展空间。(中聚网)

欧洲塑料回收利用率超过预定目标

根据一份由欧洲塑料再生与回收组织(EPRO)等发布的最新报告,欧洲各国 2011 年塑料包装废弃物的回收率达 33.6%,超过了 22.5% 的欧盟最低要求。这表明基于延伸生产者责任的欧洲国家回收计划运行良好。

该报告显示,欧盟成员国以及挪威和瑞典,2011 年回收了 66.8% 的塑料包装废弃物。其中 33.6% 被回收利用,33.2% 进入能量回收过程。荷兰排在首位,回收利用率为 48.4%,其次是瑞典、捷克、爱沙尼亚和德国。(中聚网)