

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.09.012

注塑聚乙烯垫板平整度与力学性能的影响因素研究

常杰,张海军

(河北翼辰实业集团有限公司,石家庄 052160)

摘要:以不同牌号的高密度聚乙烯(PE-HD)为基体,加入聚烯烃弹性体(POE)及其它助剂,通过挤出共混、造粒、注塑等工序制得20 mm厚注塑PE垫板。研究了挤出机螺杆组合方式,PE-HD牌号及其配方,以及注塑工艺参数等因素对PE垫板平整度和力学性能的影响。结果表明,选择具有增强排气、压实物料功能的螺杆组合方式,采用牌号为5502的PE-HD并加入5份的POE,并通过优化注塑工艺参数及机加工,可制得满足平整度与力学性能指标要求的20 mm厚注塑PE垫板。

关键词:聚乙烯垫板;拉伸强度;断裂伸长率;平整度

中图分类号: TQ327 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2012)09-0048-05

Influencing Factors on Planeness and Mechanical Properties of Injection PE Tie Plate

Chang Jie, Zhang Haijun

(Hebei Yichen Industry Group Co. Ltd., Shijiazhuang 052160, China)

Abstract: The injection polyethylene (PE) tie plates with 20 mm thickness were produced through extrusion blending, pelleting and injection processes by adopting high density polyethylene (PE-HD) with different trademarks as matrix and adding polyolefin elastomer (POE) and other additives. The effects of extruder screw assemble modes, PE-HD trademarks and their formula, injection molding parameters on the planeness and mechanical properties of PE tie plates were studied. The results showed that idea PE tie plate meeting the requirements of planeness and mechanical properties could be obtained through selecting screw assemble mode with the function of strengthening exhaust and compacting material, adopting PE-HD whose trademark was 5502, adding POE with 5 phr, and optimizing injection molding parameters including machine processing.

Keywords: PE tie plate ; tensile strength ; elongation at break ; planeness

聚乙烯(PE)树脂是由乙烯加聚而成的高分子化合物,是通用合成树脂中产量最大的品种,主要包括低密度聚乙烯(PE-LD)、线型低密度聚乙烯(PE-LLD)、中密度聚乙烯(PE-MD)、高密度聚乙烯(PE-HD)及一些具有特殊性能的产品^[1]。PE也是通用合成树脂中应用最广泛的品种之一,其注塑制品的性能取决于PE的种类和成型加工工艺条件。

20 mm厚注塑PE垫板是高速铁路8型扣件系统上用的调高垫板,主要用于调整钢轨高低或是在整个铁路路基下沉之后,调整路基高度。轨距挡板与垫板相配合,挡板直接与减震用弹条接触,承受火车对弹条的作用力,所以垫板必须非常平整且具有一定的硬度和韧性。WJ-8型扣件暂行技术条件^[2]中明确要求垫板材料为PE,对制品外观、尺寸精度及物理力学性能的要求都很严格。该技术条件规定PE垫板的拉伸强度 ≥ 14 MPa,断裂伸长率 $\geq 180\%$,邵氏硬度 ≥ 70 。从原料角度出发,无论

是PE-LD或是PE-HD等PE注塑试样均能满足拉伸强度和断裂伸长率的要求,但垫板的物理力学性能测试用试样要求必须从垫板实物上制取,这种试样的密实度及平整度远远低于直接注塑的试样。另外,垫板的厚度要求为 (20 ± 0.3) mm,而PE的收缩率大,对于厚度较大的垫板,很难确保垫板的物理性能均匀稳定,尺寸各个方向收缩一致,因此需要对PE原料进行双螺杆共混改性并调整合理的注塑工艺保证垫板的密实度和平整度,以便能更好地达到垫板的使用要求。由于PE-LD的邵氏D硬度较低,因此笔者以不同牌号的PE-HD为基体,分析了螺杆组合方式、PE-HD牌号及其配方、注塑工艺条件对20 mm厚注塑PE垫板平整度及力学性能的影响,为制备满足平整度与力学性能指标要求的20 mm厚注塑PE垫板提供一定的参考。

联系人:常杰,主要研究方向为双螺杆改性和注塑

收稿日期:2012-07-13

1 实验部分

1.1 主要原料

PE-HD : 5070, 熔体流动速率为 6~8 g/10 min, 辽宁华锦化工集团公司;

PE-HD : 5502, 中沙(天津)石化有限公司;

纳米瓷土粉、纳米 CaCO_3 : 石家庄凝蓝化工有限公司;

聚烯烃弹性体 (POE) : 8150, 美国陶氏公司;

抗氧剂 1010、抗氧剂 168 和硬脂酸钙: 市售。

1.2 主要仪器及设备

同向啮合双螺杆挤出造粒机组: SJC-75 型, 南京诚科机械有限公司;

注塑机: MA380 型, 宁波海天股份有限公司;

万能拉伸试验机: TCS2000 型, 高铁检测仪器有限公司;

老化箱: GT-7017-NL 型, 高铁检测仪器有限公司;

邵氏橡塑硬度计: LX-D (90) 型, 山东莱州华云仪器设备有限公司;

数控机床: 3072VMC 型, 上海伟杨精机设备仪器厂;

冲刀: CT-25 型, 江都市天发实验机械制造有限公司。

1.3 试样制备

按配方称取 PE-HD, POE 及其它助剂, 高速混合后经双螺杆挤出机挤出造粒, 然后注塑成如图 1 所示的试样, 按 GB/T 1039-1992 的规定从 20 mm

厚的 PE 垫板实物中制取标准试样(用数控机床把 20 mm 厚的 PE 垫板铣成 4 mm 厚 PE 薄片, 在薄片上用拉伸试样的冲刀取样)。

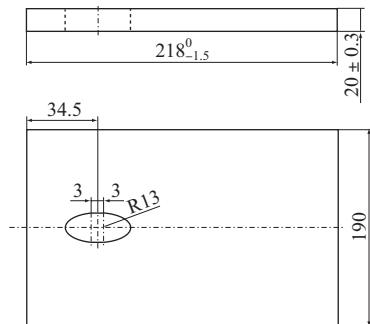


图 1 垫板试样的尺寸

1.4 性能测试

拉伸性能按 GB/T 1040-2006 测试;

邵氏硬度按 GB/T 2411-2008 测试;

检验规则按 GB/T 2828.1-2003^[3] 一次抽样, 检验水平 S-I, 各分项接收质量限 (AQL) 均为 2.5, 即一次抽样 5 个, 一个不合格即判定全部不合格 ($N=5$, $AC=0$, $Re=1$)。垫板的外观尺寸检验也遵循此抽检规则。

2 结果与讨论

2.1 螺杆组合方式的选择^[4]

按 PE-HD 5070 (100 份)、POE (10 份)、抗氧剂 1010 (0.2 份)、抗氧剂 168 (0.1 份) 和硬脂酸钙 (0.2 份) 的配方称料混合后, 采用不同螺杆组合方式 (见表 1) 的同向啮合双螺杆挤出机挤出造粒, 经注塑、制样后得到的试样力学性能见表 2。

表 1 双螺杆挤出机螺杆组合方式

组合方式	加料段	塑化段	剪切段	均化段
1 [#] (加强)	56 × 56, 垫圈 10, 96 × 96D × 2, 垫圈 10, 96 × 96, 72 × 72, 72 × 36, 56 × 56 × 3, 56 × 28	30° × 7 × 84, 45° × 5 × 56, 45° × 5 × 56L, 56 × 56, 45° × 5 × 60, 45° × 5 × 56, 90° × 5 × 56, 45° × 5 × 56, 72 × 36L, 96 × 96 × 2, 72 × 72, 56 × 56 × 2	30° × 7 × 84, 45° × 5 × 56, 72 × 36, 56 × 56, 45° × 5 × 56, 30° × 7 × 72L, 56 × 56 × 2	72 × 36L, 96 × 96 × 2 和 72 × 72 × 3, 72 × 36, 56 × 56 × 3, 蘑菇头
2 [#] (普通)	56 × 56, 垫圈 10, 96 × 96D × 2, 垫圈 10, 96 × 96, 72 × 72 × 4, 56 × 56, 52 × 52	45° × 5 × 60, 72 × 72 × 3, 56 × 56, 52 × 26, 45° × 5 × 60, 96 × 96 × 2, 72 × 72 × 2, 52 × 52 × 2	45° × 5 × 56, 72 × 72 × 2, 56 × 56, 52 × 52, 45° × 5 × 60	72 × 36L, 96 × 96 × 2 和 72 × 72 × 3, 72 × 36, 56 × 56 × 3, 蘑菇头
3 [#] (增加排气, 压实物料)	56 × 56, 垫圈 10, 96 × 96D × 2, 垫圈 10, 96 × 96, 72 × 72 × 4, 56 × 56, 52 × 52	45° × 5 × 60, 72 × 72 × 3, 56 × 56, 52 × 26, 45° × 5 × 60, 96 × 96 × 2, 72 × 72 × 2, 52 × 52 × 2	45° × 5 × 56, 72 × 72 × 2, 56 × 56, 52 × 52, 45° × 5 × 60	72 × 36L, 96 × 96 × 2 和 72 × 72 × 2, 56 × 56 × 5, 蘑菇头

由表 1 和表 2 可知, 不同的螺杆组合方式下, 各 PE 垫板试样的拉伸强度均大于 14 MPa, 满足指标要求; 断裂伸长率则有明显差距, 3[#] 组合方式下的数据较高为 380%~680%, 1[#] 和 2[#] 组合方式下的数据分别为 60%~95% 和 128%~160%, 未达到垫板

的断裂伸长率要求。1[#] 组合方式的螺杆元件排列加强, 过分的剪切破坏了 POE 的增韧效果, 试样的断裂伸长率下降明显, 但对硬度、拉伸强度影响不大。2[#] 组合方式为普通排列, 由此制备的粒料中气体较多, 密实度较低, 在铣成 4 mm 厚 PE 薄片的过程中

表 2 不同螺杆组合方式对 PE 垫板试样力学性能的影响

项 目	组合方式		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
拉伸强度 /MPa	18.663	16.340	16.035
	18.520	15.400	15.669
	18.410	16.590	15.717
	19.210	15.950	15.891
断裂伸长率 /%	91.50	150.79	683.20
	91.56	160.60	401.00
	98.94	140.86	614.25
	85.62	128.67	382.05
邵氏硬度	63~66	63~66	63~66

发现注塑的 PE 垫板内部有很多气孔(见图 2);3[#]组合方式从加料段到塑化段增加了物料在料筒中的密实度,使料条更加密实,残存在料料中的气体减少。故后续实验均采用 3[#] 螺杆组合方式。

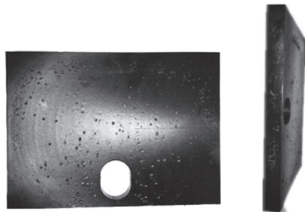


图 2 2[#] 组合方式下 PE 垫板的内部表面(厚度 10 mm)

另外,由表 2 可知,3 种组合方式下的试样硬度均为 63~66,不能满足 PE 垫板的要求,由于垫板在使用过程中长期承受火车在行驶过程中对扣件的挤压,若硬度不够会使整体扣件系统向下位移,全套组装间隙变大,导致系统中其它组件破坏,因此需要优选 PE 材料及相应配方。

2.2 PE-HD 牌号及其垫板配方的选择

(1) PE-HD 5070 及其垫板配方

笔者首先选用了 PE-HD 5070 作为 PE 垫板的基体材料,直接注塑成垫板并制取试样,然后进行拉伸性能测试,结果如表 3 所示,相应的拉伸应力-应变曲线如图 3 所示。

表 3 PE-HD 5070 的拉伸性能

拉伸强度 /MPa					断裂伸长率 /%				
23.0	23.5	23.9	23.3	23.6	90.7	106.9	95.3	102.9	41.1

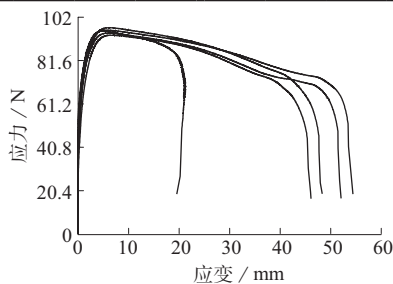


图 3 PE-HD 5070 的拉伸应力-应变曲线

由表 3 和图 3 可以看出,纯 PE-HD 5070 试样的拉伸强度为 23~24 MPa,但其断裂伸长率不稳

定,且数据偏低。PE-HD 5070 在拉伸过程中没有出现较为平稳的冷拉阶段^[5]。

在设计以 PE-HD 5070 为基体的 PE 垫板配方时,需要考虑到垫板平整度的问题。由于注塑后的 PE 垫板随着时间的延长(在注塑后 72 h 内)其结晶程度会不断提高,导致 PE 体积缩小,使垫板浇口四周(即垫板圆孔的四周)出现缩痕,且越厚的垫板其收缩率也越大,从而造成 PE 垫板的平整度较差。为了改善这一问题,需在 PE 材料中加入一定量的无机填料。

笔者选用了纳米瓷土粉和纳米 CaCO₃ 2 种无机填料,分别用硅烷偶联剂(KH-550)和钛酸酯偶联剂(NDZ-101)进行表面处理,然后添加到 PE-HD 5070 中,设计了 2 种配方,如表 4 所示,其中各配方中均加入了 0.2 份的抗氧剂 1010,0.1 份的抗氧剂 168 和 0.2 份的硬脂酸钙。2 种配方下试样的力学性能如表 5 所示。

表 4 PE-HD 5070 为基体的 PE 垫板配方

编 号	PE-HD 5070	POE	纳米 CaCO ₃	纳米瓷土粉
配方 1	100	10	10	0
配方 2	100	10	0	10

表 5 2 种 PE 垫板配方的力学性能对比

项 目	配方 1	配方 2
拉伸强度 /MPa	22.4	21.5
	22.1	22.1
	22.4	22.3
	23.0	22.6
	22.0	20.3
断裂伸长率 /%	77.7	18.5
	25.4	652.2
	49.3	23.7
	28.4	23.5
	69.9	196.5
邵氏硬度	68~70	68~70

从表 5 可以看出,加入无机填料后,相对于纯 PE-HD 5070,垫板试样的拉伸强度虽略有下降但变化不大。同时,垫板表面的收缩明显好转,基本能满足垫板表面平整度的要求。但熔体流动性明显变差,熔接痕明显,在铣成 4 mm 厚 PE 薄片后,发现试样表面流痕明显,即使提高注塑温度仍未改善此现象。另外,垫板试样在拉伸过程中基本没有延伸且在熔接痕处易断裂。

从表 5 还可看出,加入纳米 CaCO₃ 后,垫板试样的断裂伸长率下降幅度较大且不稳定;而加入纳米瓷土粉后,虽然垫板试样的断裂伸长率出现了较高值,但是变化幅度很大,极不稳定。由此可见,加入无机填料虽然可以改善垫板的平整度但同时大幅

降低了垫板的加工性能和断裂伸长率,垫板的表面外观差,故配方 1 和配方 2 均无法采用。

(2) PE-HD 5502 及其垫板配方

针对纯 PE-HD 5070 垫板断裂伸长率不稳定的缺点,采用了另一种牌号的 PE-HD,即 PE-HD 5502,将其直接注塑成垫板并制取试样,然后进行拉伸性能测试,结果如表 6 所示,相应的拉伸应力-应变曲线如图 4 所示。

表 6 PE-HD 5502 的拉伸性能

拉伸强度 /MPa					断裂伸长率 /%				
23.1	23.2	22.3	23.2	22.8	315.3	645.6	97.6	920.0	912.6

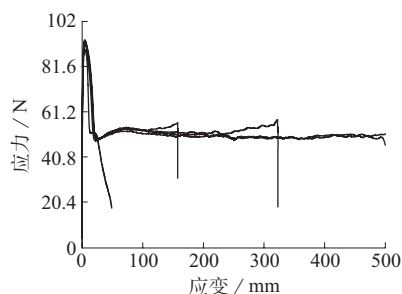


图 4 PE-HD 5502 的拉伸应力-应变曲线

由表 6 和图 4 可以看出,纯 PE-HD 5502 试样的拉伸强度在 23 MPa 左右,且其在拉伸过程中明显出现冷拉阶段,拉伸时发生径向收缩,试样细颈邻近区域相应优先变形,断裂伸长率很高,可达 920%。但由于 PE 本身收缩率大,且垫板上孔的位置不居中,收缩方向不对称,试样数据不稳定,甚至有一个试样的断裂伸长率仅为 97.6%,不符合 GB/T 2828.1-2003^[3]一次抽样规定,必须对 PE-HD 5502 进行改性。

由于无机填料存在降低材料断裂伸长率、使熔体流动性变差等缺陷,故在设计以 PE-HD 5502 为基体的 PE 垫板配方时,不加入无机填料,且考虑到硬度要求,将 POE 的用量减少为 5 份。即 PE-HD 5502 垫板配方为 PE-HD 5502 100 份、POE 5 份、抗氧剂 1010 0.2 份、抗氧剂 168 0.1 份、硬脂酸钙 0.2 份。按此配方经挤出造粒、注塑的垫板力学性能如表 7 所示。

表 7 PE-HD 5502 垫板的力学性能

拉伸强度 /MPa					断裂伸长率 /%					硬度
23.5	26.7	24.8	24.7	24.8	1000	637.0	693.4	751.2	1000	72~73

由表 7 可以看出,相对于纯 PE-HD 5502,当 POE 的用量为 5 份时,垫板试样的拉伸强度有所提高,其均值为 24.7 MPa;断裂伸长率为 600%~1000%,硬度也满足要求。图 5 为 PE-HD 5502 垫板在拉伸过程中的应力-应变曲线,由图 5 可以看

出,PE-HD 5502 垫板的应力-应变曲线较为稳定,说明该配方可行有效。

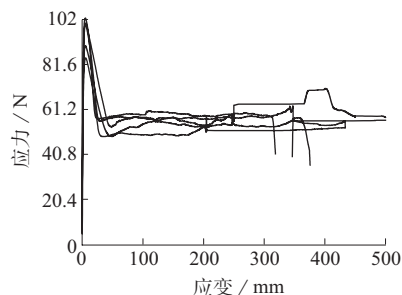


图 5 PE-HD 5502 垫板的拉伸应力-应变曲线

但由于未加入无机填料,20 mm 厚的 PE-HD 5502 垫板在注塑结束 72 h 后收缩,导致垫板的平整度达不到使用要求,只能采取后期加工的方式保证平整度,在模具的动模和定模的型腔上分别打磨 2 mm,这样注塑垫板在完全冷却定型后,再机加工正反两个平面,使之厚度变为 20 mm,从而保证垫板的平整度。

2.3 注塑工艺的优化

(1) 料筒温度

随着料筒温度升高,垫板的拉伸强度降低,断裂伸长率升高,收缩率变大,考虑到垫板较厚,后收缩情况明显,故注塑垫板的温度不宜过高,PE-HD 具有很宽的加工温度(108~220℃),故选用的温度为一段 200℃,二段 195℃,三段 180℃,四段 180℃,五段 160℃^[6]。

(2) 注塑压力与保压压力

随着注塑压力与保压压力的升高,收缩率逐渐降低,制品的密实度增高^[7]。但压力过大也会导致制品内应力增加,以致后期垫板翘曲变形严重无法二次机加工,另外,垫板的生产效率也会降低。因此注塑压力设为 90 MPa。

(3) 模具温度与成型周期

模具温度高,熔体冷却速率慢,制品结晶度高,密度增大,硬度、刚性均有所提高,但对制品收缩率不利;而模具温度低,熔体的冷却速率快,制品的结晶度低,呈现柔韧性,但由此产生的内应力会使收缩率的各向异性明显增加,制品会出现翘曲、扭曲等,对于 PE 垫板的模具温度应保持在 60~70℃。考虑到浇口厚度是垫板的五分之一,不容易迅速结晶,所以注塑成型周期要严格控制在 160 s 左右,以弥补因熔体收缩产生的缺料及局部密实度差等缺陷。

3 结语

(1) 采用具有增加排气、压实物料功能的螺杆

组合方式可使 20 mm 厚 PE 垫板具有较高的断裂伸长率和密实度。

(2) 无机填料虽然能提高 PE 垫板的平整度, 但使 PE-HD 的加工性能变差并大幅降低了 PE 垫板的断裂伸长率, 因而在 PE 垫板中不适宜加入无机填料。

(3) 采用牌号为 5502 的 PE-HD 及 5 份 POE, 通过优化注塑工艺及机加工, 可制得满足平整度与力学性能指标要求的 20 mm 厚注塑 PE 垫板。

参考文献

[1] 程军, 任陵柏, 任安峰, 等. 通用塑料手册[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007 年

[2] 肖俊恒, 方杭玮, 赵汝康, 等. WJ8 扣件暂行技术条件[G]. 2007: 41-43.

[3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T2828.1-2003/ISO2859-1:1999 计数抽样检验程序 第 1 部分: 按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.

[4] 吴昊, 杨春兵. 双螺杆挤出机螺杆组合对 GFRPA66 力学性能的影响[C]/2004 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集. 济南: 工程塑料应用杂志社, 2004.

[5] 杨鸣波, 唐志玉. 高分子材料手册(上)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.

[6] 罗河胜. 塑料材料手册[M]. 3 版. 广州: 广东科技出版社, 2010.

[7] 王兴天. 注塑工艺与设备[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.

淀粉基生物塑料有望实现产业化

天然淀粉中的直链淀粉含量少、力学性能低、加工性能差, 使得制品结构不均匀、透明度和强度低。为克服这一难题, 由华东理工大学材料科学与工程学院牵头的国家“十二五”科技支撑计划项目——非粮淀粉基生物塑料制造关键技术研究课题日前正式启动。

据华理材料科学与工程学院教授郭卫红介绍, 课题组将针对生物塑料大规模制造过程中的加工工艺复杂、加工成本高、集成难度大等关键环节, 围绕直链淀粉制备、淀粉基塑料界面增容、淀粉基塑料薄膜制备、变性淀粉的生物与化学转化等共性关键技术, 以及这些技术的工程示范等问题进行研究, 最终达到开发若干低成本、高附加值的淀粉系列产品的制备工艺与成套装置, 建立淀粉基降解塑料和变性淀粉生物基材料示范生产线。

据了解, 华理材料科学与工程学院与中国林业科学研究院林业新技术研究所、甘肃圣大方舟马铃薯变性淀粉公司、宁波家联塑料用品制造公司和宁波家联塑料科技公司于 2010 年开始合作研发, 在小、中试上已取得一定进展。

研究人员先对淀粉分子的结构进行改造, 然后对全降解的塑化淀粉进行改性, 从而改善了材料性能, 实现塑料的全部降解。与传统的聚酯塑料相比, 该新型材料可减少 47% 的能源消耗, 降低 59% 的温室气体排放。此外, 马铃薯淀粉约每千克 4 元, 而塑料原料约每千克 20 元, 新工艺保证了生产企业拥有较高的利润空间。

目前, 越来越多的科研机构和企业将目光投向了淀粉基生物塑料这一可生物降解、对环境友好的天然再生资源的研发和利用上。对此, 业内专家表示, 要顺利进入市场, 生物基材料还必须通过技术、工程放大、成本控制等层层关口的考验。

(中国科学报)

塑料制品进出口价不平衡, 提升实力是关键

当前, 我国塑料制品进出口量呈现逆差局面。但是我国的出口单价明显低于进口单价, 增加产品附加值, 提高产品科技含量, 从塑料大国向塑料强国转变是当务之急。

统计数据显示, 2011 年我国塑料制品进口量 184.8 万 t,

进口额 180.66 亿美元; 出口量 1 304.7 万 t, 出口额 393.09 亿美元。

进口产量的平均单价是出口的 3.24 倍, 显示出我国出口塑料制品是以附加值较低的日用品居多, 满足国外一般性消费需求。在技术含量上, 我国的塑料加工工业还存有很大的发展空间。此外, 在塑料机械领域也面临同样的问题。我国出口的塑料加工设备技术含量低, 经济附加值也偏低。我国的塑料机械制造企业应该从机械本身的科技含量着手, 提高产品的质量和附加价值。

塑料产业在多个方面形成如此之大的利润逆差, 促使我国塑料产业的技术升级成为工作重点。分析认为, 塑料行业应继续深入贯彻落实科学发展观, 以加快经济增长方式转变为主线, 加快结构调整, 全面推进资源节约、环保、低碳、循环发展; 全面推进科技自主创新, 大力实施品牌战略、专利战略、标准战略, 加快行业诚信建设、社会责任建设; 全面提升塑料行业整体素质, 加快推进由塑料大国向世界塑料加工先进大国迈进的步伐, 也就是说从我国塑料大国向塑料强国迈进。这与我国系列产业发展纲要的要求一致。(中聚网)

吉林石化 ABS 专用料月产创新高

7 月份, 吉林石化公司合成树脂厂丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)装置通过技术攻关、调优工艺, ABS 专用料产量突破 3 600 t, 创历史新高。

今年以来, 化工产品价格“跌跌不休”, ABS 通用料市场也受到影响。该厂通过对 ABS 市场进行走访调研, 发现 ABS 专用料市场价格持续稳定。于是, 他们将创效的突破口放在 ABS 专用料上, 采取有效措施, 提高 ABS 专用料的性能和产量。为此, 他们启用新型抗氧剂, 有效延长 ABS 抗老化时间, 增强了产品颜色的长期稳定性。通过调整工艺条件, 优化 TDDM、CHP 等化学品的加料量, 改进络合剂配方等措施, 不但减少了杂质的含量, 还提高了 ABS 产品的耐冲击性能和白度。

该厂负责人表示, 下半年, 他们将继续加大 ABS 专用料生产能力, 将月产量提升到 4 000 t 以上, 并积极与国内大型电器公司沟通合作, 扩大 ABS 专用料市场渠道。(中化网)