

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.06.026

PE-UHMW 分子量及其分布表征技术进展

柳洪超,许峰,冀克俭,鲁毅,吴立军

(中国兵器工业集团第五三研究所,济南 250031)

摘要: 针对常规分子量表征手段很难用于超高分子量聚乙烯(PE-UHMW)的分子量测试现状,综述了 PE-UHMW 分子量分布及其大小测试方法。PE-UHMW 分子量分布可以通过以下方式实现:利用不同温度时溶解性不同实现分离,利用凝胶色谱柱实现分离,利用运动速度与分子量之间的关系实现分离。PE-UHMW 分子量测试目前主要有黏度法、凝胶色谱柱技术、流变仪法等,其中黏度法在实际生产中得到了广泛应用,但这种方法重复性差,其可靠性和准确性还不稳定。

关键词: 超高分子量聚乙烯;分子量;分子量分布;表征

中图分类号: O656.9

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2013)06-0121-05

Characterization Technology for Molecular Weight and Molecular Weight Distribution of Ultra-high Molecular Weight Polyethylene

Liu Hongchao, Xu Feng, Ji Kejian, Lu Yi, Wu Lijun

(CNGC 53, Jinan 250031, China)

Abstract : It was difficult for using conventional molecular weight characterization methods to determine molecular weight of ultra-high molecular weight polyethylene(PE-UHMW), so test methods of molecular weight and molecular weight distribution of PE-UHMW were summarized. The molecular weight distribution of PE-UHMW can be achieved by the use of relation between temperatures and solubility, gel column, relation between movement speed and molecular chain. Methods of testing molecular weight of PE-UHMW were viscosity method, gel permeation chromatography technology, rheometer technology. Viscosity method was widely used in the actual production, but reproducibility of this method was poor and its reliability and accuracy was debatable.

Keywords : ultra-high molecular weight polyethylene ; molecular weight ; molecular weight distribution ; characterization

超高分子量聚乙烯(PE-UHMW)分子量通常为100万~500万,具有摩擦系数小,磨损低,耐化学药品性优良,耐冲击、耐压、抗冻、保温、自润滑、抗结垢、耐应力开裂、卫生等优点^[1],广泛地应用于体育器材、纺织、采矿、化工、包装、建筑、机械、电气、医疗等领域^[2-9]。PE-UHMW优良特性与它具有极高的分子量有着密切的关系,PE-UHMW分子量越高,拥有的力学性能越好,但是如果聚合物中含有大量的低分子量尾端和存在较多的低分子量部分,同样会降低强度和耐老化性。分子量分布对PE-UHMW的力学性能也有重要的影响,窄分子量分布具有更高的力学强度及韧性,聚合物的分子量分布可以作为加工过程中各种工艺条件选择的依据,同时也为聚合反应的机理及动力学研究提供必要的信息。

PE-UHMW的分子量测试常用的方法为黏度法,该法通过测试黏度值带入特定的计算公式得到分子量。影响该方法测试结果的因素很多,结果的可靠性大大降低。目前,PE-UHMW的分子量测定虽然没有绝对的方法,但人们还是

通过各种手段来测量PE-UHMW的分子量,这些方法和手段可以为表征PE-UHMW分子量提供借鉴意义,笔者综述了PE-UHMW分子量表征工作,探索更好的PE-UHMW分子量测试方法。

1 分子量分布表征

测定聚合物分子量分布的方法从原理上分主要有3种:

1) 利用聚合物的溶解度对分子量的依赖性,如沉淀分级、柱上溶解分解、梯度淋洗分级等; 2) 利用高分子在溶液中的运动性质与分子量的关系,如扩散速度法、沉降速度法、沉降平衡法等; 3) 利用高分子在溶液中体积大小不同,如体积排阻色谱、电子显微镜直接观察法等。

1.1 溶解度对分子量的依赖性

PE-UHMW是难溶解的工程塑料,在常温下溶剂不能溶解它,在高温下选择合适的溶剂可以实现溶解它,利用其在不同温度下的溶解情况可以实现其分离,进而实现聚合物

联系人: 柳洪超, 硕士, 从事光谱分析研究工作

收稿日期: 2013-03-23

分子量分布的表征。R.P.Kusy 等^[10]采用逐步升温方法将分子量低的部分先溶解出来,分子量高的部分后溶解出来,其数据如表 1 所示。

表 1 逐步升温法得到的 PE-UHMW 分子量分布情况

温度范围 / °C	特性黏度 / (dL·g ⁻¹)	分子量 × 10 ⁶	质量分数 / %
90 ~ 100	12.00	1.61	0.2636
100 ~ 110	14.75	2.13	0.3093
110 ~ 120	17.40	2.67	0.1838
120 ~ 130	21.80	3.62	0.1075
130 ~ 140	24.45	4.22	0.0546
140 ~ 150	25.75	4.53	0.0303
150 ~ 160	29.15	5.36	0.0202
160 ~ 170	32.15	6.12	0.0160
170 ~ 180	34.70	6.78	0.0072
180 ~ 190	36.95	7.39	0.0037

孟赞等^[11]介绍了一种 PE-UHMW 分级的方法,将试样在一定的温度下完全溶于溶剂,通过降低一定温度使高分子量部分稳定析出,并进行分离,反复降温取得不同分子量部分。将分离出的部分真空烘干,分别测试各部分质量以及粘均分子量,可得到分子量与累积分数质量的积分分布曲线或微分分布曲线。该方法与逐级升温实现分子量分级相比具有显著的优势,采用逐级升温时,存在低温时试样内部的高分子部分无法溶解出来等问题。

上述两种方法都采用高温溶解方式,整个实验过程需耗费几十个小时,且很难保证结果的重复性。

张玉梅等^[12]将使用原料的特性黏度与动力黏度相结合,通过旋转黏度仪测试动力黏度来对比判断 PE-UHMW 分子量的分布情况,该方法在一定程度上可避免在实验过程中由于参量变化及测量误差造成的系统误差,重复性好,能够实现 PE-UHMW 分子量分布的定性判断。

1.2 高温凝胶渗透法

凝胶渗透分离主要依据溶液中分子体积(流体力学体积)的大小来进行。尺寸大的高聚物分子由于只能扩散到尺寸大的孔洞中,在色谱柱中保留的时间就短;而尺寸小的高聚物分子几乎能够扩散到填料的所有的孔洞中,向孔内扩散得较深,在色谱柱中保留的时间就长。因此,不同分子量的高聚物分子就按分子量从大到小的次序随着淋洗液的流出而得到分离。对于高密度聚乙烯(PE-HD)通常采用凝胶色谱法来测定其分子量及其分布,但是当分子量大于 100 万后,溶剂黏度大,流动性极差易堵塞色谱柱,采用普通凝胶渗透色谱(GPC)仪很难测试 PE-UHMW 的分子量分布。

随着仪器技术的发展,出现了耐高温的 GPC 及适合高温、大分子测试用的凝胶柱,能够采用 GPC 仪实现 PE-UHMW 的分子量分布的测定。A.K.Do Nascimento 等^[13]采用 GPC 分析了 PE-UHMW 的分子量及其分布情况。其分析过程为将 0.001 g 试样置于 4 mL 三氯苯(TCB)中,加

热至 180 °C,搅拌 1 h 左右,然后注入分离柱中,不过滤,以避免可能造成 PE-UHMW 部分损失,使用的凝胶柱为美国 Waters 公司 TSK 柱、GEL 柱、GW 柱和 HXL-HT 柱,各柱长 300 mm、直径 7.5 mm,为了增加分离的效果将其串联起来组成 TSK-GEL-GW-HXL-HT 柱。采用上述方法分析得到的 PE-UHMW 分子量分布如表 2 所示。

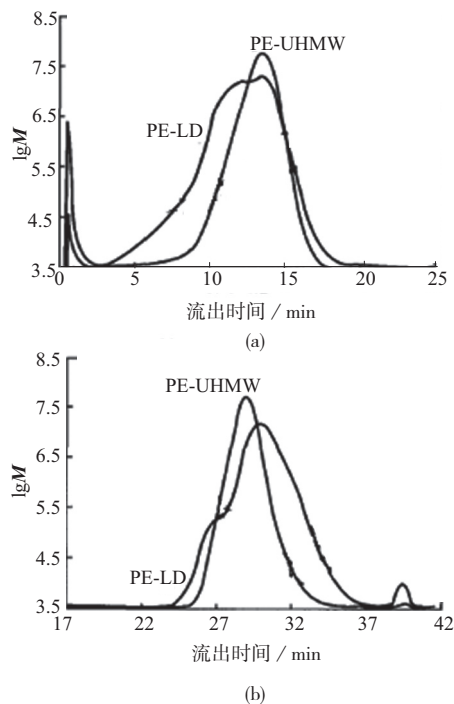
表 2 PE-UHMW 的分子量分布

分子量	所占比例
低于 500 000	20% ~ 35%
500 000 ~ 1 200 000	25% ~ 35%
3 500 000 ~ 5 500 000	5% ~ 15%
高于 5 500 000	10% ~ 25%

1.3 高温非对称场流分离

非对称场流分离技术是一种不使用固定相就能快速而分离分子(或微粒)尺寸为 1 nm ~ 100 μm 的聚合物的技术,其中非对称场流分离技术是最常用、最适于分析聚合物的技术,可测试聚合物的相对分子质量及其分布和分子链尺寸等参数^[14]。

罗春霞等^[15]综述高温非对称场流技术在聚合物分析中的应用,指出高温非对称场流技术对试样具有更好的分离效果,而高温 GPC 技术对低分子量的试样具有更好的分离效果。因为高温非对称场流技术的流道下壁面的半渗透膜为多孔陶瓷材料,聚合物中低相对分子质量的部分会随载流液一起透过该膜而流失,导致测得分子量分布偏窄。图 1 为高温非对称场流技术与高温 GPC 技术测试分子量分布结果。



a—高温非对称场流技术; b—高温 GPC 技术

图 1 高温非对称场流技术和高温 GPC 测得的分子量分布曲线

高温凝胶技术洗脱的曲线上出现了高分子量对应的肩峰(由于色谱柱的排斥极限所致),色谱柱不能分离试样中高相对分子质量的部分,而非对称场流技术分离曲线上未出现异常的分峰,能成功分离和表征分子量高达 9.9×10^8 的各部分。

2 分子量表征

目前 PE-UHMW 的分子量的测定一般是通过测定其稀溶液特性而得,无论采用黏度法还是凝胶色谱法都面临着 PE-UHMW 难溶解的问题,一般采用高温溶解,为了避免降解需在溶液加入抗氧化剂。

2.1 黏度法

在一定的条件下通过测定聚合物稀溶液的流出时间,继而求出聚合物的特性黏度,然后再根据该条件下的经验公式,计算出聚合物的分子量即粘均分子量。通常使用的黏度法是指稀释法,测定多个浓度下稀溶液的相对黏度,然后通过计算作图等得到聚合物的特性黏度,所以,此种方法既复杂又费时间。

在特性黏度的实际测试过程,常采用测试一个浓度下聚合物稀溶液的流出时间,然后根据一定的经验公式即可求得聚合物的特性黏度,周淑平等^[16]提供了一点法测试 PE-UHMW 的特性黏度的公式: $[\eta] = \{2(\eta_{sp} - \ln \eta_r)0.5\} / c$, 该公式得到的数值与通常的稀释法得到的结果具有很好的吻合性。

PE-UHMW 稀溶液一般通过采用三氯苯、十氢萘、白油等高沸点溶剂高温溶解得到,为了避免 PE-UHMW 在高温溶解时氧化须加入抗氧化剂、溶剂等,这些因素将对黏度产生影响进而影响分子量结果。贾广霞等^[17]研究了抗氧化剂 1076, 1010, CA 及其浓度对 PE-UHMW 稀溶液特性黏度的影响。结果显示,随着浓度的增加,特性黏度值增加。R.P.Kusy^[18]采用毛细管黏度计和高温低剪切黏度计进行了 PE-UHMW 的黏度测定,其结果如表 3 所示。由表 3 可看出,不同方法得到的黏度不一样,进而导致分子量差别。

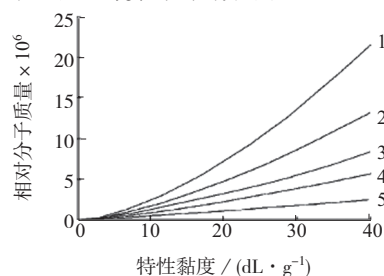
表 3 不同方法得到的 PE-UHMW 黏度及分子量

样品 编号	毛细管黏度计		低剪切黏度计	
	黏度 / (dL · g ⁻¹)	分子量 × 10 ⁶	黏度 / (dL · g ⁻¹)	分子量 × 10 ⁶
40R2	18.8	2.95	26.8	4.78
25R2	20.6	3.34	32.2	6.13
45R2	29.0	5.31	44.2	9.41

郭峰等^[19]详细论述了影响黏度法测试 PE-UHMW 的因素,其主要包括黏度计的类型、乌氏黏度计毛细管材质、乌氏黏度计尺寸、操作人员、浴槽控温精度、聚合物常量精度、溶液加入量、溶液浓度、抗氧化剂加入量等。

利用黏度法求 PE-UHMW 分子量时,一般根据 Mark-Houwink 方程 $M = k[\eta]^\alpha$ 计算^[20],图 2 根据 ASTM D4020-10a

采用不同的 K 和 α 计算得到的分子量。



1— $K=61\ 000$, $\alpha=1.587$; 2— $K=53\ 700$, $\alpha=1.49$;
3— $K=53\ 700$, $\alpha=1.37$; 4— $K=34\ 000$, $\alpha=1.38$;
5— $K=25\ 100$, $\alpha=1.235$

图 2 不同 K 值和 α 值对分子量的影响

从图 2 可看出,不同 K 值和 α 值得到的分子量具有差别性,特别在高特性黏度时分子量差别很大。

目前在实际生产中一般采用黏度法测试 PE-UHMW 的分子量,如何选择合适的 K 值和 α 值及准确测试特性黏度是黏度法测试 PE-UHMW 分子量必须面临的问题。

2.2 GPC 联用技术

(1) 高温凝胶—示差联用。

示差折光检测器也称折射指数检测器。绝大多数物质的折射率与流动相都有差异,当组分洗脱出来时,会引起流动相折射率的变化,这种变化与试样组分的浓度呈正比。当高温 GPC 与示差折光检测器联用时可以实现 PE-UHMW 分子量的测定。

稽培军等^[21]采用示差检测器研究 PE-UHMW 的分子量测试,用聚苯乙烯(PS)标定曲线、普适标定及 PE 真实标定曲线对高温 GPC PE-UHMW 谱图进行了计算,结果表明这 3 种处理方法产生的数据差别较大,采用 PE 真实标定曲线计算 PE 真实分子量误差最小,推荐采用 PE 真实标定曲线标定。

(2) 高温凝胶—激光散射联用。

激光照射到试样时,会在各个方向产生散射光,在一个角度或多个角度收集散射光的强度。在任何方向的光散射强度与分子量和溶液的浓度成正比。光散射直接测得高聚物的绝对分子量,其公式:

$$(1 + \cos^2 \theta) KC / 2R_\theta = 1 / MP(\theta) + 2A_2 C$$

式中: θ ——散射角;

K —— $4\pi^2 n_0^2 (dn/dc)^2 / \lambda_0^4 N_A$, 为光学常数,其中,
 n_0 为溶剂的折光指数, dn/dc 为溶液的折光指数增量, λ_0 为入射光波长; N_A 为阿佛加德罗常数;

C ——浓度;

R_θ ——瑞利因子,它可用相对方法求得;

$P(\theta)$ ——散射因子;

A_2 ——第二维系数。

A. Willem deGroot^[22] 利用高温 GPC 与小角激光散射联用仪测试 PE-UHMW 分子量。在实验过程中发现,采用仪器厂家推荐的流动相速率(1 mL/min),则谱图上出现了很多毛刺,如图 3 所示。

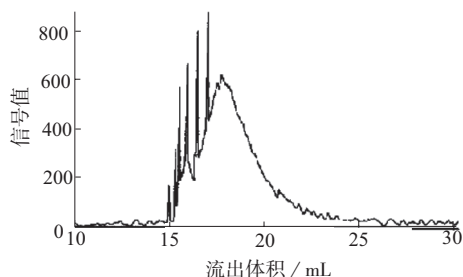


图3 流速 1 mL/min 时流出体积与响应信号的关系

当流动相速率设置为 0.1 mL/min 时,谱图上的毛刺消失,其分子量结果如表 4 所示。不同的流速得到不同的分子量,流动相流动速率可以对分子量结果产生显著影响。

表 4 不同流速时对应得到的分子量 $\times 10^6$

运行序号	流动相速率 / [mL · (min) ⁻¹]	
	0.1	1
1	1.60	0.236
2	1.57	0.284
3	1.55	0.256
4	1.63	0.270
相对标准偏差 / %	2.4	7.1

(3) 高温凝胶-示差-黏度联用。

黏度检测器可以测定纯溶剂的示差压力 ΔP 和淋洗液的进出口压力降 P_i 。由于在稀溶液范围内, η_{sp} 与 $\Delta P/P_i$ 成正比,将 η_{sp} 与 C 相匹配,就可以得到试样特性黏度。将示差与黏度检测器联用可以很方便地实现聚合物分子量的测定,这是因为可以采用浓度、峰值来建立校准曲线,分子量的大小只与峰的位置有关,峰的形状、大小对其影响很小,适合低浓度聚合物的溶液测定。PE-UHMW 分子量一般都为几百万,溶液浓度很低,采用高温凝胶-示差-黏度联用技术可以减少数据处理对结果产生的较大波动。

采用高温 GPC 进行 PE-UHMW 分子量的测定,不论高温 GPC 与哪一种检测器联用,确定合理的浓度及确保完全溶解时很重要,溶解不充分将阻塞色谱柱,严重时损坏色谱柱。为了更好地溶解 PE-UHMW,美国专利^[23]推荐的条件下溶解试样温度 160℃,边加热边搅拌,搅拌速率为 50~60 r/min。

2.3 流变仪法

聚合物的分子量分布显著影响熔体的流变性,因此可以通过研究聚合物的流变性能来获得相对分子量及分布等信息,即测试材料的剪切黏度、动态黏度、储能模量、损耗模量或松弛模量等流变参数与剪切速率或频率间的变化关

系,然后采用这些数据和变化关系并根据一定的转变模型计算出材料的相对分子量。

J. E. Jam^[25] 采用动态模量法得到了不同样品的分子量分布,并进行高斯拟合,得到了 PE-UHMW 的分子量并与高温 GPC 进行比较,如表 5 所示。

表 5 不同 PE-UHMW 的分子量

试样编号	GPC 法		熔体流变法	
	$M_w \times 10^6$	分散性指数	$M_w \times 10^6$	分散性指数
1	1.99	11.99	1.87	10.94
2	2.58	17.95	2.86	18.25
3	1.46	7.48	1.42	5.52
4	1.39	6.57	1.60	6.97

S. Talebi^[25] 也采用流变仪进行了 PE-UHMW 分子量分布的测定,并与 GPC 的数据进行对比,结果显示流变仪的数据和 GPC 的数据具有良好的一致性。

流变仪法测试 PE-UHMW 分子量是传统测试方法(如 GPC)所无法比拟的。其无需溶剂,只要材料能熔化即可;所需时间短,一般约 15~30 min;测试成本低。以最常用的动态流变测试为例,其仅需几克试样,无需任何辅助原料或溶剂^[26-28]。采用流变仪法可以快速实现 PE-UHMW 分子量的测定,能够实现在线分析,是一种很有发展前途的 PE-UHMW 分子量测试技术。

3 结语

PE-UHMW 分子量及其分布的表征方法较多,黏度法因其快速、易实现等得到了广泛的应用,但其准确性较差;高温 GPC 法在柱子、标准工作曲线等方法存在局限性,难以在实际中得到广泛应用;动态流变学法需要完善理论模型,但其克服了高温溶解试样问题,是一种很有发展前途的方法。

参考文献

- [1] 刘英,等. 国外塑料,2005,23(11):36-40.
Liu Ying, et al. World Plastics, 2005, 23(11):36-40.
- [2] 黄安平,等. 高分子通报,2012(4):130-131.
Huang Anping, et al. Chinese Polymer Bulletin, 2012(4):130-131.
- [3] 赵红艳. 中国化工贸易,2012,4(1):266-267.
Zhao Hongyan. China Chemical Trade, 2012, 4(1):266-267.
- [4] 武军. 北京印刷学院学报,2012,20(4):75-78.
Wu Jun. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2012, 20(4):75-78.
- [5] 何缨敏,等. 塑料科技,2011,39(4):115-116.
He Yingmin, et al. Plastics Science and Technology, 2011, 39(4):115-116.
- [6] 张强,等. 当代化工,2011,40(4):392-393.
Zhang Qiang, et al. Contemporary Chemical Industry, 2011, 40(4):392-393.
- [7] 付廷明,等. 硅谷,2011(5):184-184.
Fu Tingming, et al. Silicon Valley, 2011(5):184-184.
- [8] 黄捷,等. 材料导报,2011(3):136-140.

- Huang Jie, et al. Materials Review, 2011(3):136-140.
- [9] 李传祥,等.科技致富向导,2012(2):222-224.
Li Chuanxiang, et al. Guide of Sci-tech Magazine, 2012(2):222-224.
- [10] Kusy R P, et al. Journal of Applied Polymer Science, 1986, 32:4 263-4 269.
- [11] 孟赞,徐静安,吴向阳,等.超高分子量聚乙烯分子量分布曲线的测定方法:中国,101451988[P].2009-06-10.
Meng Yun, Xu Jing'an, Wu Xiangyang. Ultra-high molecular weight polyethylene molecular weight distribution curve measurement method: China, 101451988[P]. 2009-06-10.
- [12] 张玉梅,王新威,侯秀红,等.一种超高分子量聚乙烯分布的定性测试方法:中国,102353618 A[P].2012-02-15.
Zhang Yumei, Wang Xinwei, Hou Xiuhong, et al. An ultra-high molecular weight polyethylene distribution qualitative test method: China, 102353618 A[P]. 2012-02-15.
- [13] Do Nascimento A K, et al. Suspension polymerization process for manufacturing ultra high molecular weight polyethylene, a multimodal ultra high molecular weight polyethylene homopolymeric or copolymeric composition, a ultra high molecular weight polyethylene, and their uses: US, 20090163679[P]. 2009-06-25.
- [14] 于志勇. 高分子通报, 2008(10):65-66.
Yu Zhiyong. Chinese Polymer Bulletin, 2008(10):65-66.
- [15] 罗春霞,等. 石油化工, 2012, 41(1):9-16.
Luo Chunxia, et al. Petrochemical Technology, 2012, 41(1):9-16.
- [16] 周淑平,等. 齐鲁石油化工, 2000, 28(4):333-334.
Zhou Shuping, et al. Qilu Petrochemical Technology, 2000, 28(4):333-334.
- [17] 贾广霞,等. 天津纺织科技, 1999(2):21-22.
Jia Guangxia, et al. Tianjin Textile Science & Technology, 1999(2):21-22.
- [18] Kusy R P, et al. Journal of Biomedical Materials Research, 1986, 20, 1373-1389.
- [19] 郭峰,等. 塑料科技, 2009, 37(9):62-65.
Guo Feng, et al. Plastics and Technology, 2009, 37(9):62-65.
- [20] 窦强,等. 功能高分子学报, 1994, 7(4):465-473.
Dou Qiang, et al. Journal of Functional Polymers, 1994, 7(4):465-473.
- [21] 嵇培军,等. 上海塑料, 1999(2):8-9.
Ji Peijun, et al. Shanghai Plastics, 1999(2):8-9.
- [22] Willem deGroot A, et al. Journal of Chromatography, 1993, 648:33-39.
- [23] Tso Chung C, et al. Ultra high molecular weight polyethylene fractions having narrow molecular weight distributions and methods of making and using the same: US, 20070249053[P]. 2007-10-25.
- [24] Jam J E, et al. Iran Polym J, 2012, 21:403-413.
- [25] Talebi S, et al. Macromolecules, 2010, 43:2 780-2 788.
- [26] 陈大华,等. 中国塑料, 2001, 15(6):21-24.
Chen Dahua, et al. China Plastics, 2001, 15(6):21-24.
- [27] 倪如青,等. 合成纤维, 1993(5):37-42.
Ni Ruqing, et al. Synthetic Fiber in China, 1993(5):37-42.
- [28] 张慧慧,等. 东华大学学报(自然科学版), 2001, 10(5):82-83.
Zhang Huihui, et al. Journal of Donghua University(Natural Science Edition), 2001, 10(5):82-83.

奥升德推出面向汽车市场的新型树脂产品

美国休斯敦市奥升德高性能材料公司近日宣布将推出多款面向汽车领域的新型 Vydyne 等级产品。

新产品包括: 30% 玻纤填充级 Vydyne R530HT, 热稳定性提高, 35% 玻纤填充级 Vydyne R535EN, 具有“电中性”, 以可回收原料生产的玻纤矿物填充级 Vydyne R860

奥升德汽车业务全球业务总监表示, 上述新产品表现出超强的耐热性、抗水解性和电气性能, 且不易受氯化钙影响。它们在注塑和测试阶段表现良好, 能显著提高加工效率, 帮助客户满足汽车行业日益严苛的技术要求。

奥升德在新品开发过程中, 认真听取客户意见以满足汽车散热器水箱、增压空气冷却器(中冷器)、风扇罩、引擎盖下连接器和其它产品的全球 OEM 标准。(工程塑料网)

陶氏功能塑料四大新成果齐齐亮相广州

近日, 陶氏功能塑料业务部将携旗下 4 大新成果亮相广州, 分别是具有更好回收性的 PE 自立袋、具有更好粘结及热封性能的全新挤出涂覆树脂、是“目前最为高效”的聚丙烯(PP)增韧改性剂、应用焊接领域 PVC 替代品——聚烯烃改性弹性体。其中, 陶氏最近开发的 100% 聚乙烯(PE)自立

袋技术不仅拥有更好的性能, 同时借助现有的 PE 袋和薄膜回收系统来展现更好的可回收性。

基于陶氏专有的 INSITE 技术, 公司最近开发了一种全新的挤出涂覆树脂 XUS59900.99, 能够在各种各样情况下提供优异的粘接和热封性能。这种树脂设计可单独使用, 能够在食品和特种包装的多种类型的挤出涂覆应用中提供作为热封层和/或粘结层的优异性能。性能的提升能够保持包装产品的质量, 同时降低材料和生产成本。

来自陶氏弹性体部门的 ENGAGE.XLT 新一代车用 PP 增韧改性剂, 是目前最高效的聚烯烃抗冲改性剂。在使用量相等的前提下, ENGAGE.XLT 具有显著增强的抗冲效率, 进而可以为配方带来更为卓越的冲击强度, 并维持其所需的模量, 以适应更为严苛的低温抗冲应用领域, 进而可用于制造厚度更薄或更为复杂的零部件。

陶氏弹性体部门寻求 PVC 替代材料用于高周波焊接应用领域。改性后的聚烯烃弹性体易着色, 能印刷, 可压延、压花并可与聚烯烃的阀门材料一起高周波焊接生产出多种充气产品。它比 PVC 材料轻 25%, 化学挥发物及气味超低, 且在宽广的温度范围内具有优越的手感。(工程塑料网)