



Development and Application of Environmentally Friendly and Ultra Highflowability and High Crystallinity PP

Caoyu Xin

Luoyang Petroleum&Chemical Expert Studio, Luoyang, China

Email address:

Caoyx.lysh@sinopec.com, 1657468697@qq.com

To cite this article:

Caoyu Xin. Development and Application of Environmentally Friendly and Ultra Highflowability and High Crystallinity PP. *Asia-Pacific Journal of Materials Science*. Vol. 1, No. 1, 2020, pp. 1-10.

Received: November 17, 2019; **Accepted:** December 22, 2019; **Published:** January 2, 2020

Abstract: In order to meet the needs of downstream users of light weight, thin, low odor, low precipitation, high rigidity, high gloss, high heat resistance and so on, At the same time, the implementation of plasticizer free, to achieve FDA, ROHS and other related environmental health requirements, Specially developed MFR=90~100g/10min ultra high fluidity polypropylene PPH-MN90B, In this paper, the choice of main catalyst, the design of assistant package and the optimization of process parameters are discussed in detail, Furthermore, the microstructure, performance, environmental protection, processing and application of the product are studied. PPH-MN90B is a high performance, environmental protection, health, widely used high crystallization homopolymer polypropylene resin, The product fills the gap in the country.

Keywords: Environment-friendly, High Liquidity, High Crystal, Highgloss, Homopolymerization Polypropylene

环保型超高流动性高结晶PP的研制及应用

曹豫新

洛阳石化专家工作室, 洛阳, 中国

邮箱

Caoyx.lysh@sinopec.com, 1657468697@qq.com

摘要: 为了满足下游用户轻量化、薄型化、低气味、低析出、高刚性、高光泽、高耐热性等需求, 同时实现不含塑化剂, 达到FDA、ROHS等相关环保健康要求, 专门研制开发了MFR=90~100g/10min的超高流动性均聚聚丙烯PPH-MN90B。本文对主催化剂的选择, 助剂包的设计, 工艺参数的优化等方面进行了详细的论述, 进一步从产品的微观结构、性能对比、环保性、加工应用等方面进行了深入的研究。PPH-MN90B是一款综合性能优异, 环保健康, 用途广泛的高结晶均聚聚丙烯专用树脂, 该产品填补了国内空白。

关键词: 环保型, 高流动性, 高结晶, 高光泽, 均聚聚丙烯

1. 引言

高结晶聚丙烯具有高耐热性、高刚性、高光泽度、以及高冲击强度和低收缩率等特点。与PS、ABS等工程塑料相比, 高结晶聚丙烯具有更低的材料密度和成本, 而且更加环保[1]。主要应用于食品包装、家电和汽车改

性行业, 例如热水壶、咖啡机、电饭煲、吸尘器, 加湿器, 饮水机, 电熨斗, 豆浆机等的外壳和结构件, 还有卫生洁具、大家电中的底座结构件等, 以及电器设备、电动工具部件、汽车内外饰件等[2]。随着食品包装、家电、汽车产业的快速发展, 高结晶聚丙烯以其独特的优势不断取代工程塑料的地位。从材料的结构上分, 高结

晶聚丙烯主要分为均聚高结晶PP和共聚高结晶PP。共聚高结晶PP主要包括中高熔体流动速率(25~60g/10min)的产品,其主要用于家电及汽车改性料(比如汽车前后保险杠、翼子板、玻纤增强部件等),典型的PP牌号有三星道达尔的BI961、SK的BX3800、BX3900等。均聚高结晶PP主要包括熔体流动速率为5~65g/10min的产品,其中主流产品的熔体流动速率在12~40g/10min之间,2016年中国需求量超过30万吨。用途大致可分为两大方面:一是直接用于注塑、吸塑成型的食品包装盒等制品和结构件;二是用于塑料改性,其主要用途是家电、汽车内外饰、电动车制件等[3]。常见的产品牌号有三星道达尔的HJ730、晓星HJ801R、大林HJ4012、LG H1615、博禄的RJ7662、兰港的H9020、H9018、华锦HJ8012、天津6012、上海石化M1200HS、洛阳的PPH-MN60、海天的648TV、台塑的1450T、镇海的PPH-M60ET、联泓的M600N等。随着全球环保低碳的倡导,家电、食品包装、汽车、合金改性等应用不断追求轻量化、薄型化、低气味;同时,国内外对与食品接触、与人体接触紧密的各种材料、制品提出了越来越多的新要求和新法规,比如对塑化剂、重金属和高度关注物质的禁用和限量等。因此,我们在这一背景下研制并开发出环保健康的超高流动性高结晶均聚聚丙烯产品PPH-MN90B,该产品在国内属首创,目前已取得了较理想的应用推广效果。

2. 实验部分

2.1. 原料

丙烯,洛阳石化;主催化剂HR/DQC401,奥达催化剂公司;主催化剂CS-I/CS-II,营口向阳;H9018,兰州石化;648TV,徐州海天;1450T,台塑;PPH-MN60/PPH-MN90B,洛阳石化;主抗氧化剂1010/辅抗氧化剂

168/除酸剂,营口风光;有机成核剂,美利肯、洛阳中达等公司。

2.2. 设备与仪器

SHJ-35型双螺杆挤出机,长径比=44,南京科亚高聚物装备有限公司;上海橡胶机械厂;Syster/100/420-200型注塑机,德马格公司;Z-2R-10A型10 L高速混合机,上海橡胶机械厂;IMPATS-15型冲击试验机,意大利西斯特公司;148-HD-PC-3型热变形/维卡仪,日本安田公司;广角X射线衍射仪,D8 Advance,德国Bruker公司;Instron 5566型材料试验机,美国英斯特朗公司;MI-4型熔体流动速率仪,高特福公司;Alliance型凝胶渗透色谱仪,美国瓦里安公司;ZHV/Z3212型硬度仪,德国Zwick公司;7890型气质联用仪,美国安捷伦公司;Q2000型差示扫描量热仪,美国TA公司。

2.3. 生产工艺及主要参数

HR催化剂在D106与凡士林油/脂混合均匀配制成膏状体,通过PK101单元计量后加入预接触罐D201内,继而进入预聚合反应器R200进行预聚合。在第一、二反应器(R201、R202)内进行聚合反应,生成聚丙烯粉料,聚丙烯与丙烯分离后进入汽蒸干燥系统进行主催化剂的失活、干燥,通过PK801系统进入粉料缓冲料仓D802,聚丙烯粉料和专用助剂包按照一定比例加入到造粒机混合器M802中均匀混合,混合物料喂入双螺杆造粒机,经掺混、挤压、熔融、剪切后从模孔中挤出,由旋转的二十四把切刀于水下切粒后,再经脱水干燥、筛选,由PK803风机送入成品料仓D901。产品生产控制的关键工艺控制点:主催化剂选择、聚合物洗涤干燥条件、助剂包设计、造粒机筒体温度优化、切粒水温控制等。主要生产工艺参数见表1。

表1 聚丙烯装置主要运行参数。

参数	控制范围	参数	控制范围
环管压力,MPa	3.4	NO.2筒体温度TIC8334, °C	160~180
环管温度,°C	70	NO.3筒体温度TIC8335, °C	210~240
Teal/C ₃ ⁻ , kg/t	0.14~0.16	NO.4筒体温度TIC8336, °C	210~240
T/D ⁻ , kg/kg	10~100	NO.5筒体温度TIC8337, °C	210~240
聚合物密度(R201), kg/m ³	530~550	NO.6筒体温度TIC8338, °C	210~240
聚合物密度(R202), kg/m ³	530~550	NO.7筒体温度TIC8339, °C	180~240
H ₂ 浓度(R201), mL/m ³ (v)	3900~4200	NO.8筒体温度TIC8340, °C	180~240
H ₂ 浓度(R202), mL/m ³ (v)	3900~4200	NO.9筒体温度TIC8341, °C	180~240
产量分配(R201), %wt	60~65	热油温度TIC8352, °C	180~250
产量分配(R202), %wt	35~40	切粒水温度TIC8360, °C	45~60
II (AC28), %wt	≥96.5%	节流阀开度ZI8301, %	30~70
MFR (AC28), g/10min	90~100	助剂包, ppm (WT)	2000~3000

3. 结果与讨论

3.1. 主催化剂选择

分别在相同的工艺的装置上取得不同催化剂、不同MFR的均聚聚丙烯粉料,加入专门设计的复合助剂,然后进行挤出造粒。结果见表2,从表中的结果可以看出:

采用HR催化剂氢调敏感性优异,粒料产品的弯曲模量高,TVOC含量低,气味等级低。从表3可以看出,采用HR催化剂生产的PP,其产品PPH-MN90B的力学性能、光学性能、耐热性、模塑收缩率等指标均优于其它催化剂生产的PP产品;而且选用HR催化剂生产超高流动性高结晶PP,通过反复工业化应用装置已实现了长周期平稳运行;同时,HR催化剂生产的PP产品不含塑化剂、有机锡等禁止

加入的物质。因此，选择HR催化剂生产超高流动性、高结晶聚丙烯专用树脂[4-5]。

表2 不同催化剂聚丙烯聚合物对比。

编号	MFR, 10g/10min	弯曲模量, Mpa	TVOC, ppm	气味 等级	H2, mL/m3	催化剂 类型
PP1	25	1721	127	3.5	3600	DQC401
PP2	62	1678	156	4.0	4200	DQC401
PP3	96	1776	76	3.0	4000	HR
PP4	66	1802	66	3.0	3300	HR
PP5	23	1623	260	4.5	3700	CS-II
PP6	69	1621	210	4.0	4300	CS-I

表3 5种高结晶聚丙烯产品性能。

样品	结晶温度(°C)	熔点(°C)	半结晶时间 (min)	雾度, %	MFR, (g/10min)	弯曲 模量 (MPa)	冲击 强度, KJ/m ²
1450T	124.64	160.85	4.5	14.3	65	1918	2.07
H9018	125.76	164.79	3.23	22.8	57	1893	1.86
MN60	127.12	164.12	2	15.7	66	2042	2.04
MN90B	127.7	164.24	1.9	17.7	101	2117	1.94
648TV	121.17	158.93	18	15.4	107	1759	1.97

表3 继续。

样品	热变形 温度(°C)	洛氏硬度	黄色指数	收缩率 TD, %	收缩率 MD, %	各向同性
1450T	107.7	104.4	-0.05	1.47	1.4	0.95
H9018	109.3	103.9	2.45	1.65	1.6	0.97
MN60	111.1	106.1	0.3	1.42	1.39	0.98
MN90B	112.4	107.5	-6.94	1.4	1.39	0.99
648TV	101.1	100.5	-0.16	1.49	1.35	0.91

3.2. 微观结构研究

由于聚丙烯（PP）在冷却结晶过程中分子链段是紧密堆积的，这样就很容易产生内应力，引起翘曲变形等现象。所以，在不改变PP密度的前提下，改善PP收缩率大的问题，提高其耐热温度、透明性、光泽度，缩短下游制品成型周期和加工质量，有效解决刚韧平衡等一系列问题，最有效的方法就是加入 α -有机成核剂。

聚丙烯能形成很好的结晶，一般具有球晶结构，球晶较大。在聚丙烯中添加成核剂，可以改善结晶性能，使晶核增多，微晶数量增多，尺寸变小，结晶形状发生了变化[6]。图1形象的描述了聚丙烯空白样、PP+有机成核剂（ α 型）、PP+透明剂的成核机理和结晶过程。加入有机类成核剂可提高PP的再结晶温度，加快了结晶速率，在较短的冷却时间内即可完全结晶。

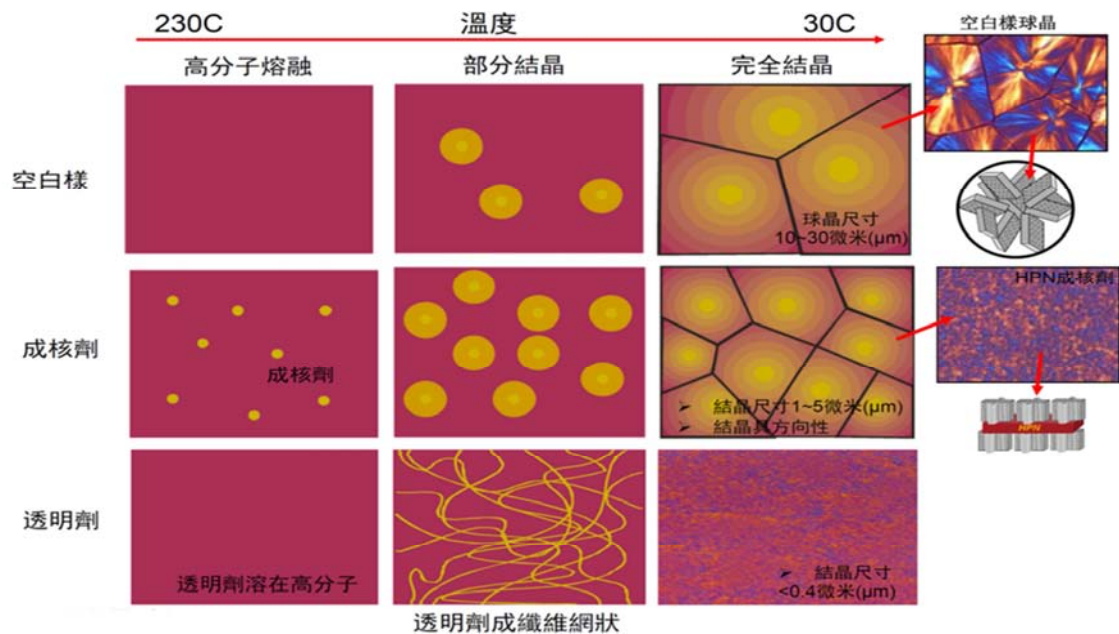


图1 成核剂的机理。

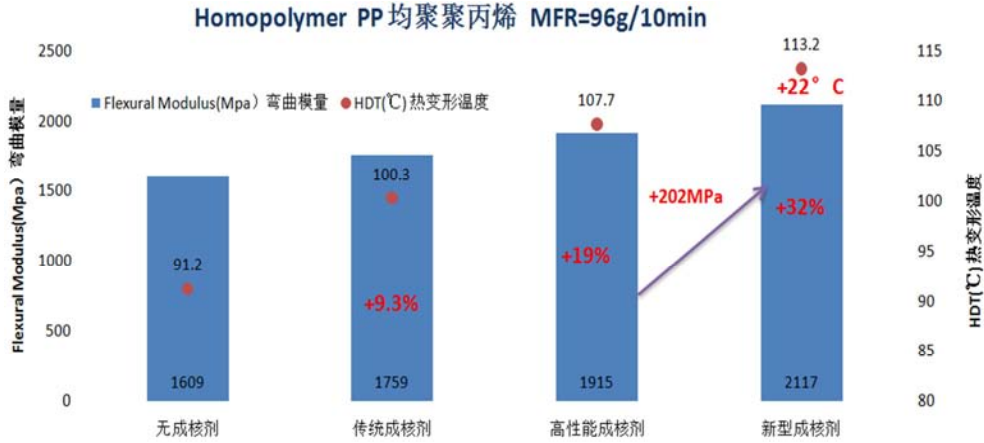


图2 不同成核剂弯曲模量和热变形温度变化。

从图2可以清晰的看出，新型成核剂能够将均聚聚丙烯的弯曲模量提高202Mpa，增幅32%，热变形温度可提高22°C。

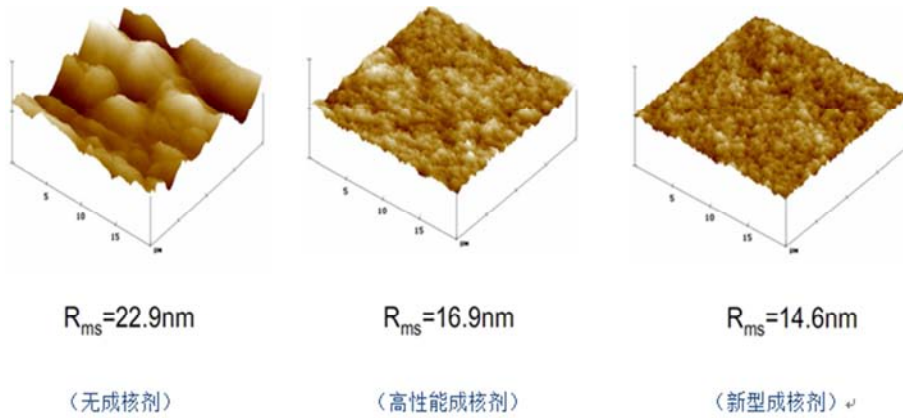


图3 不同成核剂表面粗糙度变化。

图3是无成核剂PP样品，PP+有机磷酸盐成核剂，PP+有机羧酸盐成核剂+光转换剂+分散剂等3个样品的电子显微镜照片。从图中可以看出，新型的成核剂体系有效的改善了聚丙烯表面粗糙度，从而可以大大提高产品的光泽度和透明性[7-8]。

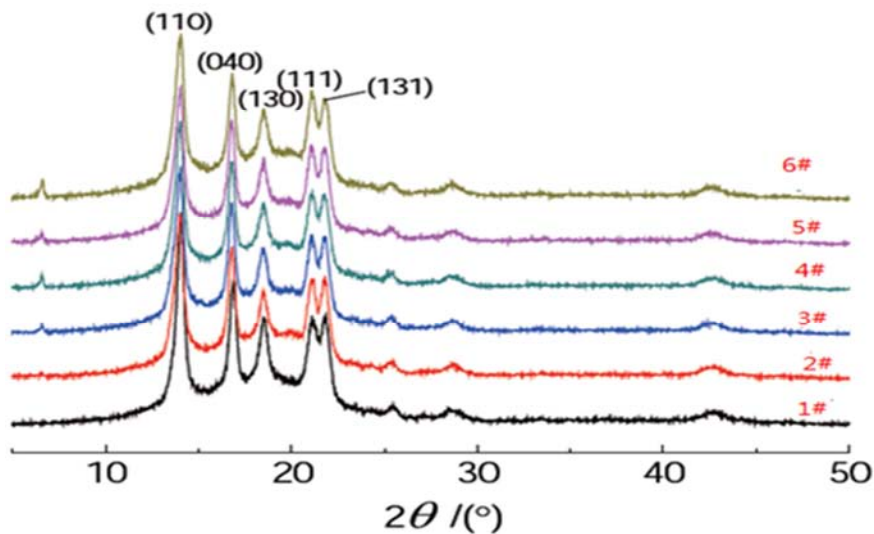


图4 6种聚丙烯产品的广角X射线衍射（WAXD）谱图。

为了进一步研究确定6种不同PP的晶型结构，采用X射线衍射仪进行分析。1#样品为不含成核剂的聚丙烯，2#~6#样品分别是1450T、H9018、PPH-MN60、PPH-MN90B、648TV等5种高结晶产品。图4结果表明，6个PP样品都含有5个尖锐的 α 晶系的主衍射峰，峰位置在14.1°、17.0°、18.6°、21.2°、21.9°，分别对应于(110)、(040)、(130)、(111)、(131)晶面的衍射峰，这说明这5种高结晶聚丙烯的晶型主要是 α 晶系，使用的成核剂是 α -成核剂[9]。

3.3. 产品性能对比

下面针对PPH-MN90B产品的熔融流动速率、等规度、分子量及其分布、DSC、等温半结晶时间、弯曲模量、简支梁冲击强度、洛氏硬度、雾度、黄色指数、热变形温度、收缩率及各向同性进行对比分析。

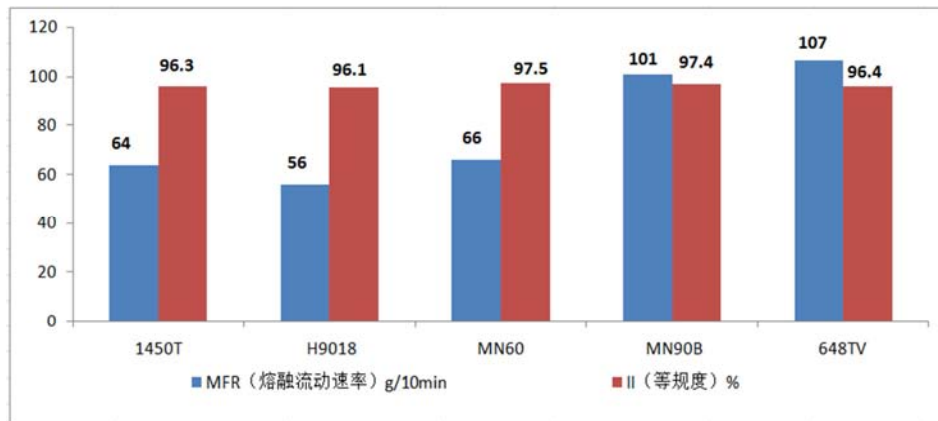


图5 MFR与II的对比分析。

从图5可以看出，PPH-MN90B的熔融流动速率为101g/10min，等规度为97.4，与其它4种高结晶PP相比，加工流动性更好，链规整度更高。

表4 5种样品的分子量及分子量分布。

样品编号	Mn (10^4)	Mw (10^4)	PD	Mw<1000, %
1450T	3.0	18.0	6.0	0.1
HP9018	3.2	18.7	5.8	0.2
PPH-MN60	3.1	17.5	5.7	0
PPH-MN90B	3.2	16.5	5.1	0
648TV	3.0	17.8	5.9	0.2

从表4的结果表明，5种产品的分子量相当，PPH-90B分子量分布较窄，重均分子量小于1000的部分为零，这对后加工制件的低翘曲、低气味、低析出的控制是非常有利的。

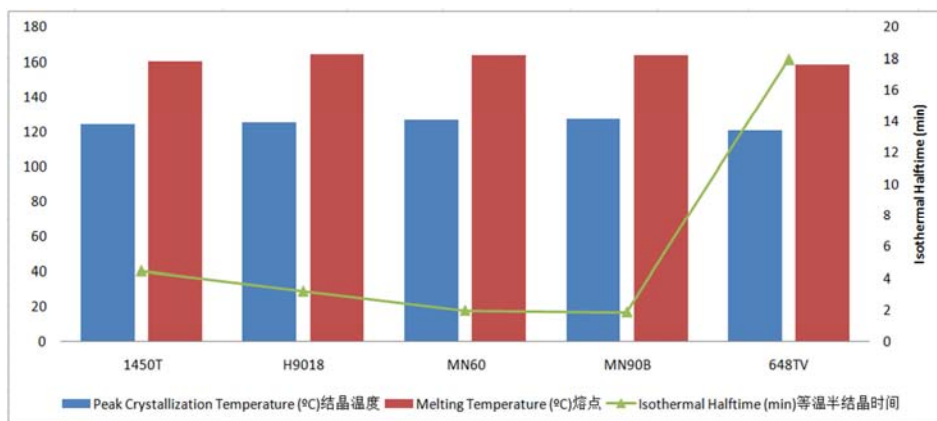


图6 不同牌号DSC和等温半结晶时间对比。

从图6中可以得到PPH-MN90B熔点是164.4°C，结晶温度127.7°C，等温半结晶时间只有1.9min。与其他几种产品相比，其结晶速率和结晶效果更理想，下游加工成型周期将大大缩短，生产效率将大幅提高，原材料成本可以显著降低。

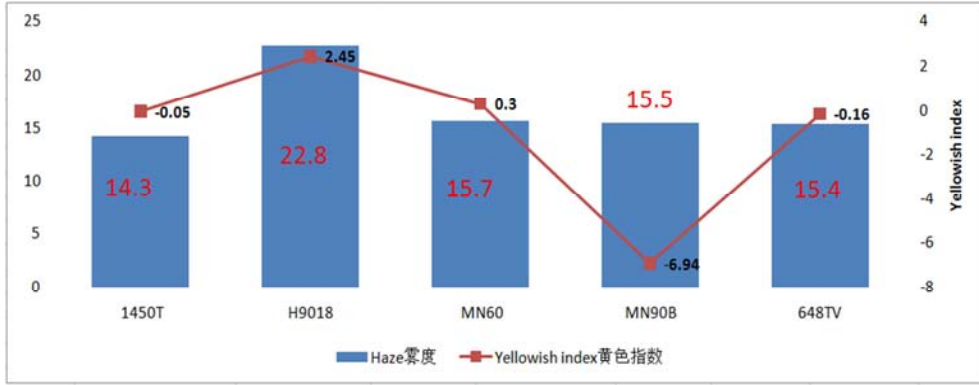


图7 不同牌号雾度和黄色指数对比。

1450T和648TV在生产过程中加入1.5%乙烯，从图7中的数据来看PPH-MN90B的雾度与这两种共聚产品相当，黄色指数只有-6.94，明显优于其它产品，这可以大大提高下游制品的外观唯美度。

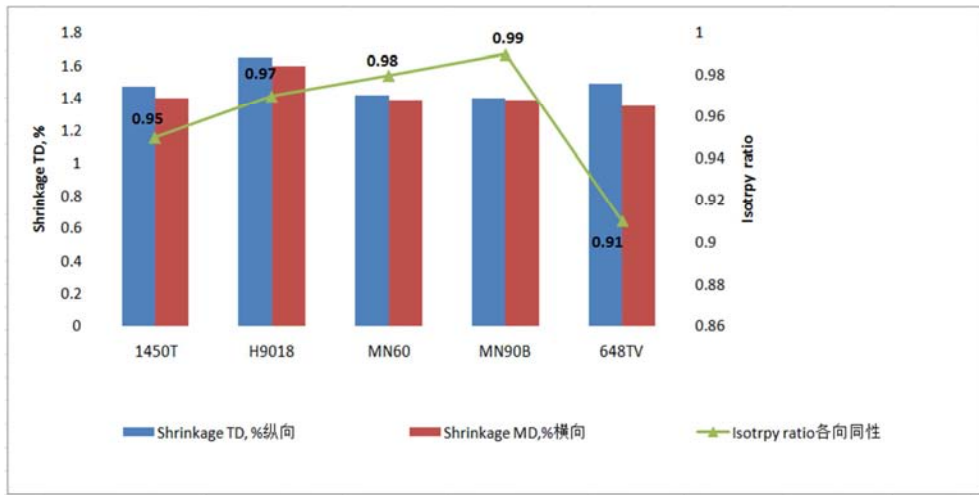


图8 不同牌号模塑收缩率对比。

图8清晰表明，PPH-MN90B纵横向模塑收缩率分别是1.40和1.39，各向同性0.99，性能优异，为制品低翘曲、尺寸稳定性和制件安装提供了可靠的技术保障。

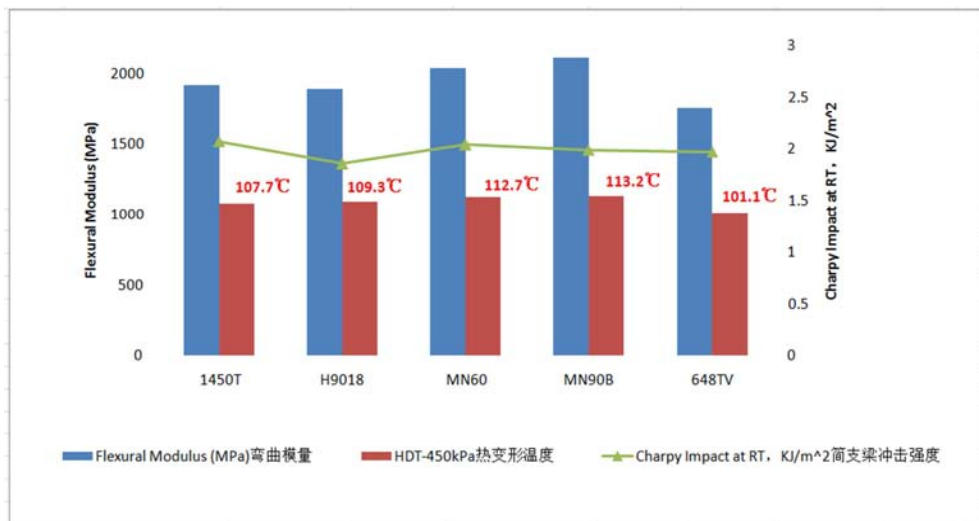


图9 不同牌号弯曲模量/热变形温度/冲击强度对比。

图9的数据表明，PPH-MN90B产品弯曲模量提升到2117Mpa，热变形温度113.2°C，其刚性和耐热性明显优于其他产品。其冲击强度为1.99KJ/m²，与共聚产品1450T相当，很好的实现了刚韧平衡。

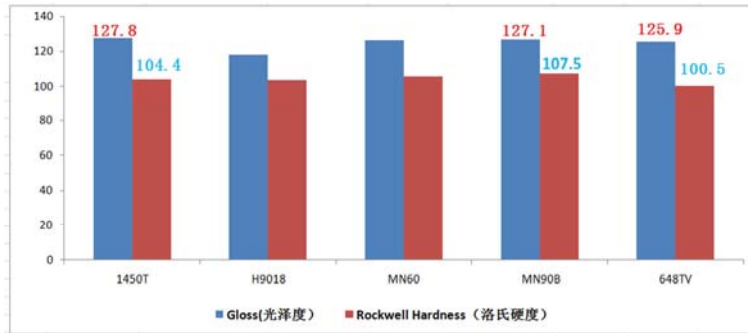


图10 不同牌号光泽度/洛氏硬度对比。

从图10可以明显的看出，PPH-MN90B实现了高光泽度、高硬度，保证了下游加工制件的耐刮擦和耐磨损性能。

3.4. 产品的环保性

3.4.1. TVOC和气味分析

气味是人的主观感觉，TVOC和VOC是量的概念，有些物质量很大，但闻起来不怎么刺激，有些物质量很少，但却让闻的人不能接受。聚丙烯产生气味的原因主

要有低聚物、催化剂残留、加工过程中的分解物、添加的助剂及分解物等[10]。因此，在生产过程中采取了一系列措施，首先选择使用HR催化剂；其次优化闪蒸和干燥工段的工艺控制，提高了造粒机加工温度和切粒水温度；然后更深入的研究设计专用助剂包，减少降解和小分子物质的析出。下面使用气质联用仪对5个聚丙烯样品的挥发性有机化合物（TVOC）进行定量分析[11]，结果见表5。测试结果表明，PPH-MN90B的TVOC含量是75.4 ugC/g，而648TV和H9018均超过250 ugC/g。

表5 挥发性有机化合物（TVOC）含量

样品	总量 (ugC/g)	C4-C6 (ugC/g)	C8-C9 (ugC/g)	C12 (ugC/g)	C15 (ugC/g)	>C15 (ugC/g)
1450T	177.3	36.4	79.9	32.5	20.6	7.9
9018	279.3	94.5	77.7	13.8	23.5	13.2
PPH-MN60	76.4	12.2	17.9	15.1	20.0	11.2
PPH-MN90B	75.4	5.8	19.6	19.2	20.6	10.1
648TV	250.3	100.2	92.4	29.5	19.2	9.0

进一步采用固相萃取-气相色谱-质谱联用进行分析，从图11中的结果显示两个样品的枝化烷烃（低聚PP）有差异，样品PPH-MN90B比648TV明显低，648TV样品的低聚物比PPH-MN90B样品含量高大约3.5倍，两个样品未发现其他具有显著气味的成份。通过以上的分析研究表明，采取的一系列创新措施可以大大降低聚丙烯的TVOC含量，从而减少聚丙烯在下游加工应用过程中的气味。

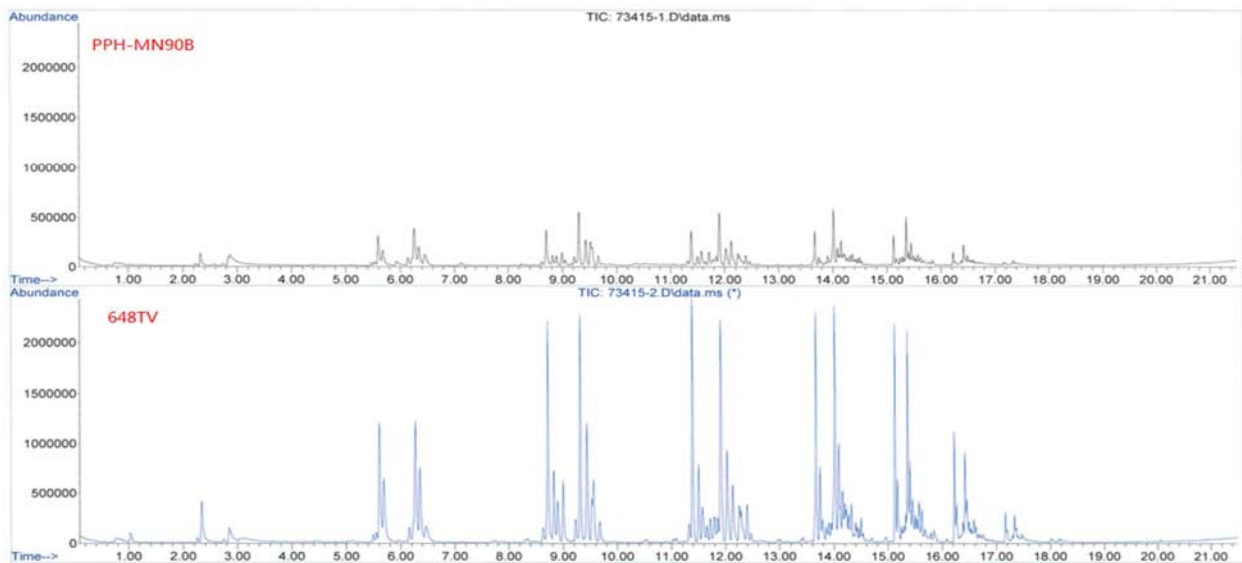


图11 固相萃取-气相色谱-质谱分析谱图。

3.4.2. 降解与析出研究

为了深入的研究PPH-MN90B产品的加工稳定性和小分子降解、析出现象，首先取HR催化剂生产的MFR为95g/10min的聚合物粉料，按不同的成核剂配方进行5次挤出试验，然后将三组9个样品进行MFR、黄色指数、热失重（TGA）分析研究。试验及研究结果见表6。

表6 PPH-MN90B不同配方5次挤出稳定性分析。

样品 Sample	熔体流动速率MFI (g/10min)	黄色指数 Yellow Index	热失重 (TGA)	
			分解温度Decompose Temperature (°C)	重量变化Weight Change (%)
PP空白样1次挤出	94.71	-0.88	446.28	100
PP空白样3次挤出	95.65	-0.34	446.83	100
PP空白样5次挤出	96.05	0.32	444.27	100
PP空白样+有机磷酸盐成核剂1次挤出	95.72	-1.39	443.58	100
PP空白样+有机磷酸盐成核剂3次挤出	96.14	-0.78	445.3	100
PP空白样+有机磷酸盐成核剂5次挤出	97.22	-0.49	444.29	100
PP空白样+新型复配成核剂1次挤出	93.29	-7.36	443.71	100
PP空白样+新型复配成核剂3次挤出	93.48	-7.92	443.13	100
PP空白样+新型复配成核剂5次挤出	94.1	-6.86	443.36	100

从表6的数据可以看出，当温度升高到分解温度时，空白样5次挤出的黄色指数变化稍大，其它两组样品的重量无任何变化，MFR和黄色指数变化不大，5次挤出试验过程未出现降解和小分子析出现象，其中新型复配成核剂体系产品的综合性能更优异。因此，PPH-MN90B产品助剂包体系设计科学，其加工稳定性优良[12]。

3.4.3. 塑化剂和有机锡

塑化剂和有机锡是工业上广泛使用的高分子材料助剂，国内外专家学者研究表明，塑化剂主要在遗传毒性、

胚胎发育毒性、生殖毒性、神经毒性、免疫毒性等方面影响人们的健康。而有机锡化合物是一种雄激素样的内分泌干扰物，直接危害人体的肝脏、肾脏、生化系统和酶系统，对儿童的危害尤为严重。因此，国内外的相关机构对食品包装、与人体（尤其是与儿童）紧密接触的各种材料和制品，制定了严格的禁止和限量塑化剂和有机锡的有关法律法规。PPH-MN90B产品通过了ROHS相关塑化剂、有机锡的检验认证，详细结果见表7、表8。

表7 PPH-MN90B塑化剂检测分析。

测试项目 Test Item	CAS号 CAS Number	方法检测限 MDL	测试结果 Test Result
邻苯二甲酸二丁酯 (DBP)	84-74-2	50	N.D
邻苯二甲酸苯基丁酯 (BBP)	85-68-7	50	N.D
邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯 (DEHP)	117-81-7	50	N.D
邻苯二甲酸二异壬酯 (DINP)	68515-48-0	50	N.D
邻苯二甲酸二辛酯 (DNOP)	117-84-0	50	N.D
邻苯二甲酸二异葵酯 (DIDP)	26761-40-0	50	N.D

备注 (note)：(1) mg/kg=ppm；(2) N.D=Not Detected (<MDL)，未检出 (<方法检测限)。

表8 PPH-MN90B产品有机锡检测分析。

测试项目 Test Item	方法检测限 MDL	测试结果 Test Result
一丁基锡 (MOT)	0.05	N.D
单辛基锡 (MBT)	0.05	N.D
二丁基锡 (DBT)	0.05	N.D
三辛基锡 (DOT)	0.05	N.D
三丁基锡 (TBT)	0.05	N.D
三苯基锡 (TPT)	0.05	N.D
三环己基锡 (TCGT)	0.05	N.D
四丁基锡 (TEBT)	0.05	N.D

备注 (note)：(1) mg/kg=ppm；(2) N.D=Not Detected (<MDL)，未检出 (<方法检测限)。

4. 加工应用

PPH-MN90B先后在注塑、吸塑等加工工艺上进行了试用，结果证明它可以广泛应用于汽车、家电、食品包装、工程塑料合金改性等领域。国内知名企业百佳、海尔、金发、株洲中车等企业通过了试用评价。表9是食品包装盒加工应用情况，表10是PPH-MN90B在奥迪车门槛改性材料中的加工应用情况。

表9 PPH-MN90B在食品包装盒中的应用。

项目	MN90B		1450T	
	一段	二段	一段	二段
注射压力, bar	145	120	145	120
注射速度, %	96	85	96	85
注射位置, mm	0.46	0.46	0.46	0.46
保压时间, s	30	0	30	0
全程时间, s	1.77		4.5	
动作时间, s	0.1		0.91	
射出位置, mm	83		93.2	
终点位置, mm	45.5		45.3	
筒体一段温度, °C	254		285	
筒体二段温度, °C	254		285	
筒体三段温度, °C	279		323	
筒体四段温度, °C	282		320	
喷嘴温度, °C	235		275	
制件重量, g	35.7		42	
制件外观	透亮、无抽丝、无银纹、无翘曲、静电小		浇口有抽丝、雾蒙蒙、静电大、偶有翘曲	

表9的结果表明, PPH-MN90B产品加工温度大幅降低, 成型周期明显缩短, 同规格制品重量可降低15%, 降低了原料成本。同时制品存在的抽丝、静电、银纹、翘曲等现象大大改观。

表10 PPH-MN90B在奔驰车门槛改性料中的应用。

测试项目	单位	分析方法	奥迪门框料标准	MN90B改性料
密度	g/cm ³	ISO 1183	1.058	1.056
燃烧残余物	%	ISO 3451	21.6	20.8
MFR	g/10min	GB/T 3682	28.7	34
拉伸屈服应力	MPa	ISO 527	19.2	19.7
拉伸强度	MPa	ISO 527	22	23.4
断裂标称应变	%	ISO 527	313.7	412.3
弯曲应力	MPa	ISO 178	25	18.6
弯曲模量	MPa	ISO 178	1823	1875
悬臂梁缺口冲击强度 (23°C)	KJ/cm ²	GB/T 1843	27.5	29.1
热变形温度 (0.45Mpa)	°C	GB/T 1634	108.9	108.5
热弯曲强度 (90°C/MPa /1小时)	MPa	ISO 178	448	475
收缩率(圆盘/水平)	%		0.5	0.58
收缩率(方板/水平)	%	GB/T 17037.4	0.16	0.25
收缩率(方板/垂直)	%		0.3	0.43
光泽度	/		20.6	21

表10的评价结果显示, 选用PPH-MN90B进行的奔驰车改性料与中车公司的产品标准对比, 各项指标均达到或超过传统的合金改性体系标准[13-15]。

5. 结论

1) 选用HR催化剂生产MFR为90~100g/10min的PPH-MN90B产品, 装置运行平稳。

2) PPH-MN90B的弯曲模量、热变形温度、结晶温度、等温半结晶时间、洛氏硬度、光泽度等性能指标明显优于其它产品。

3) 从催化剂、助剂包、粉料去活干燥、挤出机工艺及切粒水等方面进行优化, 产品的黄色指数只有-6.94, TVOC和气味等级非常低, 下游制品外观非常透明靓丽。

4) 通过5次挤出及热失重研究, 该产品加工稳定性优良, 无降解和小分子析出现象。

5) PPH-MN90B不含塑化剂、有机锡等ROHS禁止和限量的物质, 是国内市场唯一一款超高流动性、高结晶、低气味均聚聚丙烯专用树脂。

6) 在食品包装盒、汽车改性料的加工应用过程中, 综合性能优异, 其环保性、轻量化、薄型化特点突出。目前已在百佳、海尔、中车、金发等知名企业开始小批量使用。

参考文献

- [1] 有机类成核剂改善PP性能的研究进展 黄伟江等 现代塑料加工应用, 2106, 28 (5), 54。
- [2] 王雄,张宇婷,马艳萍,徐人威,朱博超,姚培洪 高结晶聚丙烯(HCPP)的研发和产业化进展, 高分子学报, 2011, 第4期。
- [3] 单国荣, 高光泽耐热型PP专用料研制, 石油化工技术经济, 2007, 23(2), 27-28。
- [4] 李国, 高结晶PP催化剂体系的配制及工业应用, 合成树脂及塑料, 2011,28 (5) :47-48。

- [5] 曲广淼, 王华, 杨勇外给电子体的研究, 精细石油化工进展, 2006, 7 (11)。
- [6] 胡友良, 乔金梁, 吕立新 聚烯烃功能化及改性—科学与技术[M]. 北京: 化学工业出版社。
- [7] 王建文, 浅析成核剂在聚丙烯中的作用, 塑料制造, 2011, 第12期, 69-70 2006: 353。
- [8] 苏兰 成核剂改性聚丙烯的研究进展, 新材料产业 2014, 第6期。
- [9] 胡庆云, 笄文忠, 梅利 α 成核剂和 β 成核剂对高流动性聚丙烯结晶行为的影响, 塑料科技, 38 (9) :74-75。
- [10] 高流动性共聚PP中VOC及其来源研究, 2011年全国高分子学术论文报告会。
- [11] 颊樑 汽车内饰件用改性聚丙烯材料表面析出的失效分析及优化, 汽车工艺与材料, 2015, 第2期, 45-46。
- [12] 钱欣, 郑荣华, 蔡鹏 聚丙烯的热氧老化及其影响因素, 浙江工业大学学报, 2002,30 (5) : 478-479。
- [13] 陈明华 成核剂对高流动性聚丙烯性能的影响, 现代塑料加工应用, 2011, 23 (3) : 12-13。
- [14] 王兴龙 高光泽改性PP专用料的开发, 炼油与化工, 2008,19 (4) :17-18。
- [15] 郝慧娟, 周莉, 张丽燕, 李园园, 高刚聚丙烯小家电专用料的研制, 辽宁石油化工大学学报, 2015,35 (6) :22-23。