

互穿网络聚合物研究及其应用进展

段景宽¹ 江文斌² 邵双喜¹ 江平开³

(1. 宁波工程学院材料工程所, 宁波 315016; 2. 黄山永佳集团, 黄山 245000;

3. 上海市电气绝缘与热老化重点实验室, 上海 200240)

摘要 综述了互穿网络聚合物(IPNs)的分类、结构和制备材料,着重讨论了IPNs在各方面的应用,指出了目前IPNs材料制备存在的问题,并对今后IPNs的制备和研究进行了展望,提出了制备IPNs新思路。

关键词 互穿网络聚合物 应用 聚合物 制备

互穿网络聚合物(IPNs)是由两种或两种以上的聚合物网络相互穿透或缠结所构成的一类化学共混网络合金体系,其中一种聚合物网络是在另一种聚合物网络直接存在下原位聚合或交联形成的,两种聚合物网络之间为物理贯穿^[1]。自1960年由J. R. Millar^[2]首次使用“聚合物互穿网络”这个名词以来,IPNs以其独特的拓扑结构和协同效应,成为制备交联聚合物合金的重要手段,为制造特殊性能的聚合物材料开拓了崭新的途径。IPNs技术不仅是制备交联聚合物合金的唯一手段,也是由不完全互容聚合物合成分子级完全混合的聚合物合金的唯一途径。其特点在于独特的贯穿缠结结构,在提高高分子链相容性、增加网络密度、使相结构微相化及增大相间结合力等方面,由于存在所谓的动力学强迫互容行为,IPNs可达到均聚物及其它高分子合金难以达到的效果。

IPNs研究的代表性人物有H. L. Frisch^[3-4]、L. H. Sperling^[5-6]等,他们从不同方面加深和完善了IPNs的初期概念,使IPNs技术逐渐形成了一门独立的学科。H. L. Frisch曾长期致力于探索烃化合物的研究。烃化合物具有互锁环状结构,与IPNs结构具有内在的联系。L. H. Sperling最初主要研究线型聚合物共混物,20世纪60年代中期开始致力于IPNs的研究。除美国和前苏联之外,德、日、法等国家在IPNs领域的研究工作也非常活跃。我国在此领域的研究工作起步于20世纪80年代初。随着科学技术的发展,无论在理论上还是在实践上,IPNs的发展都十分迅速,并已进入工业规模的应用阶段。当今IPNs已成为聚合物共混与复合领域中一个重要和独立的分支。

目前,许多类型的IPNs已在导电高分子材料、非线性光学材料、药物缓释材料、弹性体、涂料、复合材料、粘接剂和膜材料等中得到了极其广泛的应用,

所以开发和研究IPNs具有非常重要的实用和理论价值。笔者在综述IPNs分类、结构和制备材料的基础上,着重讨论了IPNs在各方面的应用,同时提出了制备IPNs的新方法和思路。

1 IPNs的分类

IPNs可从形态学、制备方法等角度进行分类。根据形态学的观点,IPNs可相对地分为理想IPNs(CIPNs)、部分IPNs(PIPNs)和相分离IPNs(PSIPNs)三种。CIPNs是指在分子水平上均匀贯穿的IPNs。由于绝大多数聚合物在热力学上缺乏相容性,所以实际上难以得到CIPNs。PIPNs是由组分之间部分相容而产生的,其特点是具有宽广的玻璃化转变区。完全不相容的组分构成的IPNs为PSIPNs。这种分类方法用途不大,而最具有实际应用价值的分类方法是按照制备方法进行分类。

按制备方法分类,IPNs可以分为分步IPNs(SIPNs)、同步IPNs(SINs)、乳胶IPNs(LIPNs)、互穿网络弹性体IPNs(IENs)等。

先合成交联聚合物I,再用含有引发剂和交联剂的单体II使之溶胀,然后使单体II就地聚合而制得的IPNs为SIPNs;当两种聚合物网络同时生成而不存在先后顺序时,生成的IPNs为SINs;乳液聚合方法合成的SIPNs为LIPNs;由两种线型弹性体胶乳混合在一起,再进行凝聚、交联,制得的IPNs则为IENs。

还有一些IPNs,虽然不是纯粹意义上的IPNs,但是从结构和制备方法上看,也可以归入IPNs范畴。这主要包括AB-交联聚合物(ABCP)和热塑性IPNs。ABCP是两种聚合物通过接枝交联而构成的整体聚合物网络。热塑性IPNs则是指在聚合物间形成了物理交联点,而不是化学交联点。嵌段共聚物、聚离子及半结晶聚合物等都可以构成热塑性IPNs。

2 IPNs 的结构

IPNs 特殊的制备方法, 使其得到单一聚合物所不能得到的结构变化。IPNs 材料网络之间的相互缠结, 提高了各种分子链的相容性, 增加了网络密度, 使相组织微细化并提高了相间结合力, 所发生的相分离是微相分离。由于网络互锁的环连结构, IPNs 在相分离上与机械掺混体及化学共聚物有所不同, 即所谓强迫相容性。这使两组分的相容性显著改善, 同时 IPNs 还具有双相连续、细胞状结构和界面互穿等特有的形态。

双相连续是指由于 IPNs 的强迫互容作用, 两组分有一定的热力学相容性, 因而在本体中有一定程度的互容, 而且存在一定的网络互穿, 加上界面互穿形成良好的相结合, 导致两相都具有连续性。细胞状结构指的是在 SIPNs 中, 随着第二网络的聚合并发生相分离, 结果得到以第一网络为“细胞壁”、第二网络为“细胞质”的细胞状结构。界面互穿是指通常情况下 IPNs 的两相互穿是在超分子尺寸上进行的, 而不是在真正的分子尺寸上进行的, 网络互穿主要集中在相界面区域。笔者的研究结果已证实这一点^[7]。

图 1 给出了不同固化时间内脂环族环氧树脂/三羟甲基丙烷三甲基丙烯酸酯 SIPNs 体系 (CER/TMPTMA, 质量比 100/20) 的刻蚀 SEM 照片。

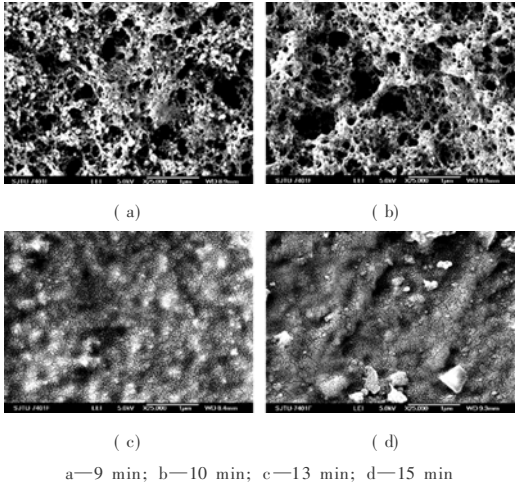


图 1 CER/TMPTMA SIPNs 体系不同固化时间下刻蚀后的 SEM 照片

从图 1 可以看出, 在刻蚀后试样表面形成了不同的“浮雕”。随着固化反应的进行, 表面“浮雕”由空洞结构转变成颗粒结构, 再由颗粒结构进化成均匀结构。很显然, CER/TMPTMA SIPNs 体系固化 9 min 时, 试样表面的骨架网络是 TMPTMA 单体交联的网络, 网络间无规分布的微球是部分 CER 形成的

微胶颗粒, 而网络间的空洞形状、大小以及多少与被蚀去的组分相同。随着固化时间的推移, 被刻蚀掉的部分越来越少, 即残留的空洞越来越少。固化 13 min 后试样表面刻蚀掉的部分很少, 残留空洞消失, 但体系中依然可见许多微小的 CER 凝胶微粒, 这说明此时 CER 交联网络基本形成。当固化 15 min 后, 试样表面平整, 没有成分被溶剂刻蚀掉, 并且体系中微胶颗粒基本消失, 体系呈均相结构, 这表明 CER 网络已经基本完成。刻蚀试样表面的形态变化真实地反映了 CER/TMPTMA SIPNs 形成的过程及其微观结构。

同其它聚合物合金一样, IPNs 中两种聚合物互穿和缠结分子链可以影响并能使聚合物相结构趋于稳定, 进而影响材料的最终力学性能。除上述聚合物的相容性及结构影响着 IPNs 的最终性能外, IPNs 的性能还依赖于互穿网络形成过程中各反应物质的性质。

3 IPNs 的制备材料

IPNs 之所以引起人们的极大兴趣是因为与单独的聚合物相比, IPNs 拥有独特的性能。这些性能往往优于聚合物间的简单共混。很多化学物质可以或者已经被用来制备 IPNs。CER、聚氨酯 (PUR) 和丙烯酸酯类化合物是被广泛用来制备 IPNs 的化合物。制备 IPNs 的制约因素是单体、聚合物、引发剂、催化剂及副产品间的相容性问题。半 IPNs 几乎可以用所有的线型聚合物来制备。只要单体可以溶解或者掺入线型聚合物, 都可以制备半 IPNs。

半 IPNs 及全 IPNs 的化学组成见表 1。从表 1 可以看出, 制备半 IPNs 的交联组分主要是 CER 或苯基醚, 制备全 IPNs 的基本树脂主要是 CER 及丙烯酸酯类化合物。

表 1 半 IPNs 及全 IPNs 的化学组成

半 IPNs 的化学组成	全 IPNs 的化学组成
CER/甲基丙烯酸甲酯	CER/甲基丙烯酸甲酯
CER/聚苯乙烯 (PS)	CER/丙烯酸乙酯
CER/乙酸乙酯	CER/乙基丙烯酸己酯
CER/乙基丙烯酸己酯	CER/丙烯酸丁酯
CER/甲基丙烯酸丁酯	CER/甲基丙烯酸丁酯
CER/甲基丙烯酸乙酯	CER/甲基丙烯酸乙酯
CER/丙烯酸丁酯	CER/PS
CER/PUR	CER/PUR
CER/橡胶	PUR/甲基丙烯酸甲酯
苯基醚/硅氧烷	
苯基醚/甲基丙烯酸酯	
苯基醚/丁二烯	
苯基醚/苯乙烯	

20 世纪 70 年代以来 IPNs 的研究得到迅速发展。目前, IPNs 技术已成为聚合物材料合成和改性的一种很有前途的方法, 许多 IPNs 产品已投入市场。表 2 给出了部分商品化的 IPNs^[8-9]。

表 2 商品化的 IPNs

制造商	商业名称	组成	应用领域
Shell Chemical Co.	Kraton IPN	SEBS/PS	汽车零部件
Petrarch Systems Inc.	Rimplast	硅橡胶/PUR	齿轮或医用器具
ICI Americas Inc.	ITP	PUR/PS/苯乙烯	片材
DSM N. V.	Kelburon	聚丙烯(PP)/ 环氧树脂(EP)	汽车零部件
Shell Research B. V. Reichold Chemical Co.	TPR	橡胶/聚乙烯 (PE)、橡胶/PP	电线电缆 增韧塑料制品
Rohm & Hoos		阴离子/阳 离子物质	离子交换树脂
Monsanto	Santoprene	EPDM/PP	轮胎、软管
Du Pont	Somel	EPDM/PP	户外耐候制品
BFGoodrich	Telcar	EPDM/PP 或 PE	电线电缆
Exxon	Vistalon	EPDM/PP	汽车零部件
Freeman Chemical	Acpol	丙烯酸酯/ PUR/PS	片材
Dentsply International	Trubyte Biofom	丙烯酸酯基体	牙科材料
Hitachi Chemical		乙烯苯基醚	阻尼材料

4 IPNs 的应用

IPNs 技术的应用可追溯到 IPNs 概念形成之前。至今其具体制备工艺和应用还主要局限于专利范围, 但是也有一些 IPNs 已经商业应用, 如牙科复合材料、阻尼复合材料、汽车修饰件、医疗设备、感光树脂、印刷板、热塑性增韧剂、药物释放材料、高冲击涂料等。IPNs 的典型应用领域主要包括:

(1) 橡塑改性领域 橡塑改性有两种途径: 其一, 通过调整 IPNs 组分达到改性的目的; 其二, 通过 IPNs 方法合成改性剂, 再与待改性的基体共混达到改性目的。例如, 20 世纪 20 年代, F. C. Hunchinson^[10]发表了一系列的专利阐述 IPNs 在增强橡胶等方面的应用。最典型的例子是由(乙烯/丙烯/二烯烃)共聚物(EPDM)与等规聚丙烯制备热塑性弹性体的方法^[11]。用 LIPNs 方法合成塑料改性剂近年来发展很快, 以这种方法合成的聚丙烯酸酯(ACR)类改性剂和 MBS 树脂已经投入市场。

(2) 反应注塑和模塑制品 反应注塑已广泛用于制备高模量的塑料制品, 如汽车部件等。例如将 PUR 与 CER、不饱和聚酯以及甲基丙烯酸类单体等复合生成以 PUR 为基体的 IPNs, 从而提高反应注塑制品的模量^[12]。一般模塑材料是在不饱和聚酯、苯乙烯混合物中添加填充物制得。但是填料容易沉降而使填料分散不佳, 可以采用 IPNs 技术来克服这些

缺点, 得到的制品具有质量稳定特点。例如在不饱和聚酯/苯乙烯体系中引入 PUR, 由于 PUR 可先生成网络而使体系粘度增加, 从而防止填料下沉^[13]。

(3) 离子交换树脂 IPNs 技术制备离子交换树脂可追溯到 1955 年。用 IPNs 方法制备离子交换树脂时, IPNs 中的一种聚合物网络是高度交联的, 它赋予离子交换树脂必要的力学强度; 另一种聚合物网络轻度交联、易溶胀, 赋予离子交换树脂必要的离子交换能力^[12]。

(4) 减震阻尼材料 当聚合物与振动物体接触时会吸收一定的振动能量, 结果使振动受到阻尼。在聚合物玻璃化转变温度(T_g)范围之内, 对振动能的吸收最大, 阻尼作用最强。一般均聚物和共聚物的 T_g 范围很窄, 因此在减震、阻尼方面的应用受到限制。两种聚合物共混时常可以加宽 T_g 范围, 特别是当两种聚合物制成 IPNs 时, T_g 范围加宽的效果更显著。例如, 聚丙烯酸乙酯(PEA)/聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)形成的 IPNs, 其 T_g 范围可以达到 100℃, 因而具有良好的阻尼性能^[14]。

(5) 人造革 IPNs 技术用于皮革改性具有广阔的前景。在鞣革、涂饰方面, IPNs 技术都具有很大的市场。常用单体为丙烯酸酯类、苯乙烯、乙烯基单体等。例如德国拜耳公司将 IPNs 技术用于 PUR 涂饰剂的制备, 制得了性能优越的皮革涂饰剂^[15]。

(6) 粘合剂、涂料及其它 IPNs 技术已经用于粘合剂及涂料的改性和制备新型粘合剂和涂料, 例如改性酚醛树脂、改性醇酸树脂涂料等。可以用氨基树脂、酚醛树脂、PUR 及 CER 制成 IPNs 以制备密封材料和建筑涂料^[16]。

IPNs 材料在医疗器械和医学方面也有很大的应用潜力。由于硅树脂改进了尼龙(PA)对血凝块的粘性并能减少血凝块的发生率, 从而为 IPNs 改性 PA 开拓了在医学上的应用领域, 可以制造器官移植用的医疗器械、人造关节等^[17]。

就 IPNs 应用前景而言, 应特别提及以下领域: ①电子、电气工业是 IPNs 应用前景广阔的一个重要领域。用作电子部件灌封材料的 IPNs 已令人注目。PA/硅树脂类型的 IPNs 可望大量用在电线、电缆的绝缘材料和管材; ②在汽车工业中, 为减轻质量大量采用各种模塑和反应性注塑制件。由于 IPNs 的高强度、高抗冲击性能, IPNs 可望在汽车工业获得广泛的应用; ③在医疗器械、减震以及特性涂料和粘合剂等方面也有巨大潜力。

IPNs 在绝缘材料中的应用也是非常广泛的。就目前使用情况来看,主要有两个方面的应用。其中一个方面的应用是电线电缆。随着电力工业的大规模发展,必然会伴随着大量的绝缘材料的需求。其中,电缆附件用量很大,冷浇注型电缆接头绝缘密封材料便是其中的一种。可作为冷浇注型绝缘树脂的聚合物材料主要有两类:一是液体 CER;二是液体 PUR。但是单独使用这些材料很难同时满足加工性能和电性能,所以人们利用互穿网络技术制备电气性能优良且加工方便的绝缘材料。

向前等^[18]采用三羟甲基丙烷蓖麻油、PUR 两种成分制成了 IPNs 作为冷浇注型绝缘树脂。研究表明,体系具有优良的加工和使用性能。市场上基于 IPNs 技术制备电缆浇注胶的还有 CER/PA 体系等。在电线电缆行业中,为了使电线电缆具有柔软、易移动等特性,常采用热塑性弹性体作为基材制备电线电缆。目前基于 IPNs 技术制备的主要有聚烯烃类热塑性弹性体(TPO),TPO 是 EPDM 与 PP 或者 PE 的共聚物。这种材料具有优越的电性能、耐气候性以及低温柔软性。

另一个方面的应用是电气器件绝缘漆。电气器件绝缘漆主要是以合成树脂等为漆基与某些辅助材料组成。绝缘漆主要包括浸渍漆、漆包线漆、覆盖漆等。其中使用 IPNs 技术最多的是浸渍漆。浸渍漆可分为溶剂漆或无溶剂漆两大类。随着科学技术的发展,浸渍漆的种类随着浸渍工艺的发展而增多。目前真空压力浸渍(VPI)工艺已成为当今世界上最先进的绝缘处理技术,广泛应用于旋转电机对地绝缘的制备^[19-20]。

VPI 工艺对浸渍漆要求较高。基本要求是:一是粘度低,加工性好,以利于树脂充分浸润云母带;二是无易挥发份,以免在浸渍或固化过程中产生气孔等绝缘缺陷;三是具有良好的低温储存稳定性和高温反应活性;四是固化产物具有良好的力学性能、绝缘性能以及耐热、耐老化性能等。现在市场上采用 IPNs 技术的 VPI 浸渍树脂主要以西屋公司(53841PU 和 WT)和 ABB 公司的环氧酯/酸酐/苯乙烯体系为代表^[21]。20 世纪 60 年代末出现了在 CER 中用顺丁烯二酸酐在触媒作用下生成半酯化反应产物的专利,然后进一步发展了液体酸酐与其环氧基反应,用苯乙烯与半酯化产物的双键发生反应而进行改性,但该树脂由于是半酯化环氧,贮存期不能太长。20 世纪 70 年代该体系又进一步改为全

酯化环氧。西屋公司自 20 世纪 70 年代开始使用该专利配方,一直到 20 世纪 90 年代末才又进一步改进。ABB 公司的浸渍树脂 EP-190 也属环氧/酸酐/苯乙烯体系,自 1965 年起使用至今^[22]。

5 IPNs 的发展趋势

IPNs 以其独特的拓扑结构和协同效应赋予 IPNs 材料新的物理化学性能,为制造特殊性能的聚合物材料开辟了崭新的途径。尽管 IPNs 制备和研究已有几十年,但是目前 IPNs 的理论研究还不够完善,很多方面还有待进一步探索。IPNs 在其形态表征手段上还需进一步探索和建立,尤其是建立互穿网络形成过程中结构和形态的表征手段。在应用方面,目前互穿网络技术主要集中在纯树脂方面,对复合材料方面的研究和应用较少,尤其是研究纳米填料对互穿网络形成的影响更少。现阶段,制备 IPNs 的方法和手段比较单一。因此笔者认为:第一,随着科技的发展,新的测试方法和手段的不断出现,可以借助崭新的测试方法和表征手段,使 IPNs 的理论基础以及应用基础不断完善,同时要采用过程控制的方法来研究互穿网络的形成过程和最终的微观结构,只有建立了互穿网络形成过程、微观结构以及宏观性能之间的关系,IPNs 的研究才算比较透彻;第二,目前纳米填料层出不穷,因此开展纳米 IPNs 复合材料的研究具有广阔的前景。从目前无机填充剂改性 IPNs 的目的来看,主要集中在改善 IPNs 材料的力学性能、耐热性能。但是对于填料改善 IPNs 的介电性能及导热性能的研究还不多,所以研究和探索导电、绝缘、导热填料在 IPNs 中的应用,尤其是在绝缘材料方面的应用,具有更广阔的应用前景;第三,尽管 IPNs 技术的发展开辟了制备新型聚合物合金的新途径,但是这一技术还远远不能满足人们对功能化材料的要求。根据应用目的而进行设计和组装最终聚合物的微观结构,以达到制备功能化材料的目的是研究者一直关注的方向。借助外场(电场、磁场以及机械力场)辅助组装技术来制备具有独特结构和新型功能的 IPNs 及其纳米复合材料是制备 IPNs 的一种崭新的方法。

参考文献

- [1] Sperling L H. Interpenetrating polymer networks and related materials[M]. New York: Plenum Press, 1981.
- [2] Iillar J R. Interpenetrating polymer networks styrene-divinylbenzene copolymers with two and three interpenetrating networks, and their sulphonates[J]. J Chem Soc, 1960, 236: 1311-1317.
- [3] Frisch H L, Klempner D, Frisch K C. A topologically interpenetra-

- ting elastomeric network[J]. J Polym Sci B, 1969, 7: 775 - 782.
- [4] Frisch H L, Du Y, Schulz M, et al. Interpenetrating polymer network(IPN) materials, in polymer networks, principles of their formation, structure and properties[M]. London: Blackie Academic & Professional, 1998: 187 - 214.
- [5] Sperling L H, Friedman D W. Synthesis and mechanical behavior of interpenetrating polymer networks poly(ethyl acrylate) and polystyrene[J]. J Polym Sci, Part B: Polym Phys, 1969, 7: 425 - 427.
- [6] Sperling L H. Interpenetrating polymer networks: An overview, in interpenetrating polymer networks[M]. Washington, DC: American Chemical Society, 1994: 3 - 38.
- [7] 段景宽. 环氧树脂/丙烯酸酯互穿聚合物网络的制备及其纳米复合材料在电场下组装行为的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- [8] Fan Lianhu, Hu Chunpu, Zhang Zhiping, et al. Polymerization kinetics of polyurethane and vinyl ester resin interpenetrating polymer networks by using fourier transform infrared spectroscopy[J]. J App Polym Sci, 1996, 59: 1417 - 1426.
- [9] Suthar B, Xiao H X, Klempner D, et al. A review of kinetic studies on the formation of interpenetrating polymer networks[J]. Polym Adv Tech, 1996(7) : 221 - 233.
- [10] Hunchinson F C. Shaped polymeric articles: US, 3886229[P]. 1975-05-27.
- [11] Fischer W K. Thermoplastic blend of copolymer rubber and polyolefin plastic: US, 3835201[P]. 1974-09-10.
- [12] 张留成, 等. 互穿网络聚合物[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1990.
- [13] 黄音. 低挥发低流失不饱和聚酯/苯乙烯绝缘漆及其应用工艺[J]. 绝缘材料, 2005(2) : 8 - 12.
- [14] 秦川丽, 蔡俊, 唐冬雁, 等. PU/VER IPN 材料阻尼性能的研究[J]. 材料工程, 2003(7) : 36 - 40.
- [15] Fischer W K. Thermoplastic blend of partially curing monoolefin copolymer rubber and polyolefin plastic: US, 3862106[P]. 1975-01-21.
- [16] 杨群, 李树材. 阻尼乳胶 IPNs 膨胀型阻燃涂料的研究[J]. 天津轻工业学院学报, 2002, 40(1) : 28 - 30.
- [17] 郭宝春, 邱清华, 贾德民. 互穿聚合物网络(IPN) 技术在功能高分子中的应用[J]. 功能材料, 2000, 31(1) : 29 - 32.
- [18] 向前, 谈晓宏, 肖玉岭. SiO₂ 填充型聚氨酯 IPN 绝缘冷浇注树脂的研究[J]. 绝缘材料, 1995(3) : 1 - 4.
- [19] Chabra O P, Kumar M C. Techno-scientific aspects of epoxy mica vacuum pressure imprgnation insulation system for rotating electrical machines and generators[C] // The 2000 IEEE International Symposium on Electrical Insulation. California: Anaheim, 2000.
- [20] Stone G C, et al. Electrical insulation for rotating machine[M] // Ed M E. IEEE press series on power engineering. New Jersey: A John Wiley & Sons Inc Publication, 2004.
- [21] Smith J D B, Jerson D D. Maleic anhydride-epoxy resin prepolymer, (vinyl or isopropenyl) phenyl glycidyl ether and anhydride[M]. United States: Westomgipse Electric Corp, 1992.
- [22] 郑芸. 环氧真空压力浸渍绝缘树脂的制备与性能[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.

PROGRESS OF RESEARCH AND APPLICATION OF INTERPENETRATING POLYMER NETWORKS

Duan Jingkuan¹, Jiang Wenbin², Shao Shuangxi¹, Jiang Pingkai³

(1. Institute of Materials, Ningbo University of Technology, Ningbo 315016, China;

2. Huangshan Yongjia Group, Huangshan 24500, China;

3. Shanghai Key Lab of Electrical Insulation & Thermal Aging, Shanghai 200240, China)

ABSTRACT The sort, structure and preparation materials of interpenetrating polymer networks(IPNs) were summarized. The applications of IPNs in all respects were described emphasisly and the existing problems during preparation process of IPNs at present were pointed. The preparation and research of IPNs in future were prospected. Some new thoughts of preparing IPNs were suggested finally.

KEYWORDS interpenetrating polymer networks, application, polymer, preparation

《工程塑料应用》杂志开设“技术转让与合作”、“企业风采”栏目

为作好广大作者、读者单位最新科研成果及新产品、新技术的推广服务,《工程塑料应用》杂志和“工程塑料网”(www.epa1973.com)网站已开设“技术转让与合作”栏目,以便买卖双方有效交流与沟通。栏目内容可涉及科研成果及专利技术的转让,公司新产品、新技术简介等方面。另外,为了全方位宣传塑料行业精英企事业单位形象,《工程塑料应用》杂志增设“企业风采”栏目。报道内容主要是企业发展历史、企业文化、企业管理、研发创新能力、新产品发布、攻关项目介绍,人物专访等。来稿字数控制在5000字以内,可以附带图片。

《工程塑料应用》为中文核心期刊,是中国工程塑料工业协会会刊,国内外公开发行,屡获国家期刊奖,是中国塑料行业的权威媒体,知名度高,发行量大。可确保您发布的信息有足够的浏览量。

欢迎各有关企事业单位踊跃投稿! 投稿时请加盖单位公章。具体刊登事宜请与编辑部直接联系。

地址: 济南市108信箱杂志社 邮编: 250031

电话: 0531-85878057 85878278 传真: 0531-85947355 85878057 E-mail: epa@epa1973.com