

苯并恶嗪树脂的合成及其改性的研究进展

吴广磊 寇开昌 晁敏 王伟 蒋洋 王益群 张教强

(西北工业大学理学院,西安 710129)

摘要 综述了近年来国内外在苯并恶嗪树脂基础研究与应用领域内的最新进展情况;介绍了苯并恶嗪树脂的合成及其改性方法,并对苯并恶嗪树脂的发展趋势进行了展望。

关键词 苯并恶嗪树脂 合成 改性

苯并恶嗪是由 O 原子和 N 原子构成的六元杂环化合物。该类化合物具有下列特点:①较低的熔融黏度,便于成型加工;②不需要以强酸为催化剂,加热或使用 Lewis 酸等催化剂就可使其开环聚合,聚合后形成类似酚醛树脂的结构;③聚合时无小分子放出,制品孔隙率低;④聚合过程中收缩很小,可保证制品精度;⑤聚合物耐热性好,有高的玻璃化转变温度(T_g)和热稳定性;⑥聚合物有良好的力学性能、电气性能、阻燃性能和高的残炭率,并且吸水率极低;⑦具有灵活的分子设计性等。苯并恶嗪已广泛应用于复合材料基体树脂^[1]、无溶剂浸渍漆^[2]、电子封装材料^[3]、阻燃材料^[4]和电绝缘材料^[5]等领域。然而,单官能度的苯并恶嗪在开环聚合时存在链转移反应,所得聚合物的分子量低,限制了其应用范围;而双官能度(如双酚 A 型)的苯并恶嗪尽管可用作高性能材料,但由于分子结构自身的特点,致使苯并恶嗪聚合物存在交联密度低、性脆、韧性较差等缺点。因此,为适应特殊的使用要求,需对苯并恶嗪进行合成工艺的探索和适当的改性,以便获得满足要求的性能。

1 苯并恶嗪树脂的合成

1.1 溶剂法合成

赵圩等^[6]以甲苯为溶剂,采用苯酚、苯胺、甲醛和二苯甲醛树脂(XF)为原料,通过 Mannich 反应合成了一种二甲苯型苯并恶嗪。此苯并恶嗪分子量分布较窄,在加热条件下可开环聚合,其固化温度为 145 ~ 230℃,此苯并恶嗪固化产物(聚苯并恶嗪)具有优良的热性能,其耐热指数为 197℃。王军等^[7]以双酚苈、环己胺和甲醛为原料,合成了一种新型双官能度苈。苈基苯并恶嗪呈现典型的热开环固化反应,苈基以 Mannich 桥键链接方式悬挂在聚合物网络结构中,分子内和分子间氢键及刚性的苈基链段使得聚合物的 T_g 达到 189.4℃。失重 5% 和 10% 时,对应的热分解温度为 329℃ 和 351℃,800℃ 时残炭率达到 31%。刘晓丽等^[8]以 3-氯丙烯、苯酚、甲醛和苯胺为原料,制备了烯丙基苯并恶嗪及其中间体烯丙基苯基醚、邻烯丙基苯酚,发现邻烯丙基苯酚与苯胺、甲醛在适当的配比反应 6 h,烯丙基苯并恶嗪的产率较高,可达到 98.8%。张英强等^[9]以烯丙基双酚 A、间氨基苯乙炔和甲醛为原料,以二氧六环为溶剂,合成了含烯炔结构的苯并恶嗪化合物。对该恶嗪化合物的固化产物进行了动态力学分析(DMA),结果表明,制备的恶嗪化合物固化物的 T_g

高达 367.61℃。说明通过引入烯、炔结构,可大大提高苯并恶嗪树脂的使用温度。蒋健美等^[10]以双酚、甲醛和二胺为主要原料,以甲苯为溶剂,合成了苯并恶嗪(BOZ)中间体。发现双酚二胺类 BOZ 体系具有较宽的固化峰,在 200℃ 左右开始开环固化,具有良好的加工性能;双酚二胺类 BOZ 体系比双酚单胺类 BOZ 体系具有较高的分解温度和良好的耐高温性能,其 300℃ 时无热失重,700℃ 时的残炭率均超过 40%,说明该双酚二胺类 BOZ 体系是一种良好的耐高温材料,可以用于耐高温胶粘剂的制备。白会超等^[11]以对羟基苯甲醛、苯胺、甲醛为主要原料,以三氯甲烷和二氯甲烷为溶剂,合成了含醛基的苯并恶嗪中间体。结果表明,含醛基的苯并恶嗪中间体在氮气保护下,800℃ 的残炭率高达 65.63%,与普通的苯并恶嗪树脂相比,残炭率提高了 20%,耐热指数为 221.09℃。G. P. Cao 等^[12]用溶剂法 2,6-二(4-二氨基苯甲酰氧基)苯甲腈、苯酚和甲醛合成了一种含氰基的苯并恶嗪(BZCN),并借助红外光谱(IR)和核磁共振对其结构进行了表征。并用 IR、差示扫描量热(DSC)和热失重(TG)测试了其热性能。结果发现,完全固化后的材料在氮气保护下,800℃ 的残炭率可达 70%,在空气中(含 20% 氧气)600℃ 时的残炭率可达 64%。而且氰基的引入提高了苯并恶嗪的 T_g ,为 250℃。

1.2 无溶剂法合成

邹志量等^[13]采用无溶剂二步法制得了双酚 A 型苯并恶嗪,并将它的初级产品和溶剂法制得的苯并恶嗪的初级产品的成环率进行了比较。通过比较发现,无溶剂二步法制得的苯并恶嗪的成环率高。赵恩顺等^[14]采用无溶剂法以双酚 A、甲醛分别和苯胺、间甲苯胺、对甲苯胺、3,5-二甲基苯胺为原料合成苯并恶嗪树脂。通过对比固化后树脂的介电常数表明,苯胺苯环上甲基的存在和不同位置对苯并恶嗪固化树脂介电常数有影响。同时采用在树脂中引入氟原子的方法来降低树脂的介电常数。陶果等^[15]以 4-氨基苯基马来酰亚胺、甲醛、苯酚为原料,采用两步法合成苯并恶嗪。表征分析发现,马来酰亚胺引入恶嗪化合物后可以明显提高聚合产物的热性能;采用含马来酰亚胺结构合成的苯并恶嗪单体化合物的熔点为 113.3℃,苯并恶嗪在 150℃ 的固化率大大增加,

使马来酰亚胺的热聚合温度向低温方向移动,从而使苯并恶嗪的固化温度降低;固化后的苯并恶嗪树脂 5% 热失重温度为 348℃, 10% 热失重温度为 368℃, 800℃ 残炭率达到 55.6%。

2 苯并恶嗪树脂的改性

2.1 橡胶对苯并恶嗪树脂的改性

向海等^[16]用氨基封端的液体丁腈橡胶(ATBN)对苯并恶嗪树脂进行改性,发现随ATBN含量的增加,树脂的黏度增加较快,恶嗪环开环反应温度降低。采用扫描电子显微镜(SEM)对橡胶改性苯并恶嗪树脂的断面进行了分析,发现ATBN橡胶与苯并恶嗪树脂可发生相互作用,橡胶粒子的粒径基本不随橡胶含量的增加而变大,在ATBN质量分数为10%时,树脂发生从脆性断裂到韧性断裂的转变。向海等^[17]用液态端羧基丁腈橡胶(CTBN)对二苯甲烷二胺型苯并恶嗪树脂(B-BOZ)进行改性。结果表明,①在B-BOZ中加入CTBN,致使黏度增大。当CTBN用量超过10份后,树脂黏度增加速率加快;②CTBN含量对B-BOZ开环反应有影响,使反应温度降低,反应热焓减小;③CTBN可适当提高B-BOZ的韧性,CTBN用量为10份时,树脂的拉伸强度达到峰值为68.4 MPa。此时断裂伸长率提高到2.1%。赵海川等^[18]用液态聚硫橡胶对2,2'-二(3-烯丙基-2,4-二氢-1,3-苯并恶嗪)-丙烷(BAA)树脂进行了改性研究。结果表明,改性苯并恶嗪树脂的热性能和力学性能均得到不同程度的改善。当聚硫橡胶加入量为5份时,得到的改性树脂和纯苯并恶嗪树脂相比,其韧性和热稳定性有显著提高, T_g 也略有提高。复合材料的综合性能最好。

2.2 热塑性树脂对苯并恶嗪树脂的改性

雷雅杰等^[19]通过溶液共混及流延法制备了苯并恶嗪/聚芳醚腈(PEN)树脂及其固化膜。结果表明,PEN能够明显提高苯并恶嗪的力学性能,添加的适量PEN能在保证不降低弹性模量的前提下起到明显的增韧作用;PEN的加入提高了苯并恶嗪的耐热性,同时能够缓解苯并恶嗪固化过程中的放热集中现象,从而使材料更有利于加工控制。H. Ishida等^[20]将苯并恶嗪树脂和聚己内酯(PCL)熔融共混改性。PCL拥有独特的热力学性能,即 T_g 和熔点低而与大多数其它低 T_g 的热塑性聚合物相比,在400℃却表现出较高的热稳定性。前一性能使得苯并恶嗪的预聚物和PCL在不加任何溶剂的前提下就能在较低的温度下共混,这使得该共混物易于加工;后一性能表明PCL与未改性聚苯并恶嗪树脂共混时即可提高共混物的热稳定性。该共混体系的形态对最终形态有重要影响。根据利用TG和DMA分析得到的弯曲性能,可以断定通过使用PCL作为改性剂可以在不降低任何热力学和力学性能的基础上提高苯并恶嗪的韧性。Su Yiche等^[21]研究了聚苯并恶嗪/聚(N-乙-烯-2-吡咯烷酮)(PVP)共混物的热力学性质和共混物中氢键的行为。DSC结果表明整个共混物体系只有一个 T_g 。而且根据Kwei方程,在 T_g -共混物组成曲线中,可以观察到 T_g 有很大的正偏差。这表

明在聚苯并恶嗪和PVP之间存在强烈的氢键作用,因此,共混物表现较高的热性能。T. Takeichi等^[22]将可溶性聚(酞亚胺-硅氧烷)与苯并恶嗪共混,对苯并恶嗪进行原位聚合改性。加入聚(酞亚胺-硅氧烷)后,反应起始温度降到130~140℃,最高温度降到210~220℃,降低了恶嗪环的开环温度。随聚(酞亚胺-硅氧烷)含量的增加,聚合物的 T_g 、韧性和耐热性都得到提高。

2.3 热固性树脂对苯并恶嗪树脂的改性

徐波等^[23]以2,2'-(1,3-间苯撑)双-2-恶唑啉与二胺型苯并恶嗪树脂共聚,发现二胺型苯并恶嗪与双恶唑啉的共聚能使聚合物的交联密度变大,进而提高二胺型苯并恶嗪树脂基层压板的 T_g ,可达250℃。同时,聚合物的耐热性得到提高,700℃时残炭率达到54%。李玲等^[24]采用双马来酰亚胺(BMI)对苯并恶嗪进行改性,通过溶液法制备了苯并恶嗪/BMI树脂基玻璃布复合材料。结果表明,苯并恶嗪/BMI体系的熔点随BMI用量的增加而降低,凝胶时间随BMI用量的增加而缩短。苯并恶嗪/BMI玻璃布复合材料的弯曲强度和冲击强度随着BMI用量的增加而升高,吸水率则相反。T. Takeichi等^[25]利用聚酞亚胺(PI)和聚酞胺酸(PAA)来改性苯并恶嗪树脂。从DSC曲线中可以看到,与纯苯并恶嗪相比,与PAA共混后固化时放热曲线的起始温度明显降低,而与PI共混后固化温度却没有发生变化,这是由于PAA中羧酸的催化作用,使苯并恶嗪/PAA的固化温度较纯苯并恶嗪的低。经过改性后的苯并恶嗪/PI的韧性较好,但苯并恶嗪/PAA较脆。苯并恶嗪/PI共混物的拉伸性能测试表明,聚苯并恶嗪提高了PI的模量,PI也提高了聚苯并恶嗪的韧性,且与PI共混后提高了聚苯并恶嗪的热稳定性。H. Ishida等^[26]采用马来酰亚胺官能团化的苯并恶嗪与环氧树脂(EP)共聚。由于该体系存在环氧环、苯并恶嗪环和马来酰亚胺这三种可以发生聚合反应的基团,因而通过交联形成了一种具有良好热性能和力学性能的聚合物。

刘峰等^[27]将酚醛树脂(PF)与苯并恶嗪树脂共混,共混后改变了苯并恶嗪的固化机理,苯并恶嗪/PF共混体系比纯苯并恶嗪树脂更容易发生反应。PF的加入使恶嗪分子由热开环变为活泼氢开环,在较低温度下就可以反应,降低了固化反应温度。同时共混树脂可以使固化过程收缩率和小分子挥发物比传统的PF低。H. Ishida等^[28]采用EP改性苯并恶嗪,在聚苯并恶嗪网络中加入EP后会大大增加其交联密度,提高力学性能。在损失少量硬度的情况下,共聚极大地增加了材料的 T_g 、弯曲应力和弯曲应变,改善了材料的韧性。共混物的断裂强度可达纯聚苯并恶嗪的2倍。王劲等^[29]采用低分子量可溶性PF路线合成了一种苯并恶嗪树脂溶液,与EP共混改性制得胶液,经浸渍玻璃布、烘焙、压制而得到了一种玻璃布层压板。该层压板的弯曲强度在常态下为567 MPa,155℃时为296 MPa,保持率为54%。潘光艳等^[30]用三种带有氨基的苯并恶嗪与EP(E51)共混,制备了苯并恶嗪/EP共混体系。研究表明,3种苯并恶嗪/EP固化物的

初始热分解温度均比酸酐或胺固化 EP 提高了 70~80℃, T_g 提高了 30~70℃。苯并恶嗪/EP 浇注体的力学性能和介电性能均比酸酐或胺固化 EP 有明显提高。王劲等^[31]采用双酚 A 苯并恶嗪与 EP 共混改性制得胶液,然后制得一系列覆铜板基板。EP 的种类对基板的 T_g 影响很大,其中含溴型基板的 T_g 为 145.2℃,常温下表面电阻和体积电阻率分别为 $1.51 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{m}$ 、 $5.75 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{m}$,无溴型基板 T_g 为 160.3℃,常温下表面电阻和体积电阻率分别为 $1.91 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{m}$ 、 $5.01 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{m}$ 。Liu Yingling 等^[32]通过用一种含硅的苯并恶嗪 (BAYMS-Bz) 分别与两种苯并恶嗪 Ph-Bz 和 F-Bz 共聚来改性聚苯并恶嗪。研究发现,Ph-Bz/BAYMS-Bz 共聚物的 T_g 由于分子间氢键的作用而表现出正偏移,而在 F-Bz/BAYMS-Bz 共聚物中却没有发现这种效应。同时,引入的 BAYMS-Bz 对聚苯并恶嗪表现出极大的增韧作用。

2.4 纳米颗粒对苯并恶嗪树脂的改性

张世杰等^[33]采用纳米碳粉 (CB) 对苯并恶嗪进行改性研究。结果表明,纳米 CB 对苯并恶嗪树脂的固化具有催化作用,降低了苯并恶嗪树脂的固化特征温度,在一定程度上克服了苯并恶嗪树脂高温固化的不足。对纳米 CB 改性苯并恶嗪树脂的固化反应动力学研究发现,改性后苯并恶嗪树脂的反应活化能远低于纯树脂的反应活化能,使苯并恶嗪树脂的开环固化更易进行;同时,纳米 CB 的加入,提高了苯并恶嗪树脂的弯曲性能与压缩性能,起到了增强增韧树脂的效果。T. Takeichi 等^[34]采用不同种类的有机改性蒙脱土 (OM-MT),通过熔融法和溶液法成功地合成了聚苯并恶嗪/OM-MT 纳米复合材料。在熔融法和溶液法中,采用 *N*-甲基-2-吡咯烷酮作溶剂,可以完全剥离 OMMT,使苯并恶嗪成功地插层进入,但用四氢呋喃作溶剂时,OMMT 只能部分剥离。OMMT 的插入使苯并恶嗪的固化温度降低,这表明开环聚合时,OMMT 有催化作用,在苯并恶嗪的固化行为中,OMMT 的作用主要是受其中离子的影响,而不受改性剂官能团种类的影响。T. Agag 等^[35]通过原位聚合用苯并恶嗪单体与异丙氧基钛 (作为二氧化钛的母体) 合成了聚苯并恶嗪/二氧化钛混杂材料,该材料在 200℃ 固化后为透明的深红棕色。在二氧化钛母体的存在下,苯并恶嗪开环聚合反应放热峰的起始和最高温度分别降低了约 30℃ 和 70℃。该混合材料的 T_g 比聚苯并恶嗪的有所提高。共混后,聚苯并恶嗪的热稳定性和残炭率都得到了提高。Y. J. Lee 等^[36]研究了末端含乙烯基的苯并恶嗪单体与多面体低聚倍半硅氧烷 (POSS) 共聚得到的纳米复合材料。苯并恶嗪开环聚合时通过硅氢化作用,利用乙烯基将苯并恶嗪单体与 POSS 共聚,制得了一种高性能纳米复合材料。与不含 POSS 的聚苯并恶嗪相比,这种含 POSS 的复合材料在热稳定性上得到极大提高,从而改善了复合材料的热稳定性。

2.5 其它

Hong Yee Low 等^[37]通过引入不同的过渡金属盐提高了苯并恶嗪的残炭率。研究表明,当过渡金属的摩尔含量为

2% 时,苯并恶嗪的残炭率可以提高 10%~20%。同时,过渡金属只是引发开环反应,并不催化苯并恶嗪的聚合反应。而且发现金属盐在苯并恶嗪的聚合过程中能促进碳基的形成。由于在热降解的过程中观察到较高浓度的 CO_2 ,所以认为金属盐的存在降低了苯并恶嗪的可燃性。凌鸿等^[38]采用 10-(2,5-二羟基苯基)-9,10-二氢-9-氧杂-10-磷杂菲-10-氧化物 (ODOPB) 改性苯并恶嗪并制备了一种无卤含磷阻燃聚苯并恶嗪 (PBOZ-ODOPB)。研究结果表明,ODOPB 的加入降低了苯并恶嗪的固化反应温度。该 PBOZ-ODOPB 具有优异的阻燃性,达到 UL94 V-0 级,燃烧后的 PBOZ-ODOPB 试样表面膨胀,而内部结构相对燃烧后的 PBOZ-M 内部更为致密,因而抑制了火焰的蔓延。

3 苯并恶嗪树脂的展望

随着先进复合材料应用领域的日益广泛,对于高性能树脂基体提出了更高的要求。苯并恶嗪是具有良好应用潜力和发展前途的新型复合材料树脂基体。未来苯并恶嗪的研究应该朝着合成一些具有特殊结构的苯并恶嗪、寻找性能更优的催化体系及改善工艺流程等方向发展。相信随着该研究的不断深入,更多更优异的高性能苯并恶嗪树脂体系将会在高新技术领域中发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 向海,等.热固性树脂,2005,20(2):10-12.
- [2] 黄进,等.绝缘材料,2007,40(1):8-13.
- [3] Rimdusit S, et al. Polymer, 2000, 41: 7941-7949.
- [4] Espinosa M A, et al. Polymer, 2004, 45: 6103-6109.
- [5] 吴迎春,等.工程塑料应用,2004,32(9):39-42.
- [6] 赵圩,等.玻璃钢/复合材料,2010(5):7-10.
- [7] 王军,等.湖南大学学报(自然科学版),2010,37(6):67-70.
- [8] 刘晓丽,等.烟台大学学报(自然科学与工程版),2009,22(4):259-263.
- [9] 张英强,等.玻璃钢/复合材料,2009(5):69-71.
- [10] 蒋健美,等.中国胶粘剂,2009,18(10):4-7.
- [11] 白会超,等.宇航材料工艺,2008(3):45-48.
- [12] Cao G P, et al. Polymer Degradation and Stability, 2008, 93: 739-744.
- [13] 邹志量,等.辽宁化工,2006,35(9):510-513.
- [14] 赵恩顺,等.化工新型材料,2007,35(1):41-42.
- [15] 陶果,等.高分子材料科学与工程,2010,26(9):16-19.
- [16] 向海,等.化工新型材料,2010,38(4):66-70.
- [17] 向海,等.合成树脂及塑料,2010,27(6):21-24.
- [18] 赵海川,等.化学与粘合,2008,30(6):1-4.
- [19] 雷雅杰,等.热固性树脂,2010,25(2):11-14.
- [20] Ishida H, et al. Polymer, 2001, 42: 6971-6979.
- [21] Su Yiche, et al. Polymer, 2003, 44: 2187-2191.
- [22] Takeichi T, et al. Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry, 2001, 39: 2633-2641.
- [23] 徐波,等.覆铜板资讯,2009(6):22-24.
- [24] 李玲,等.工程塑料应用,2009,37(6):20-22.
- [25] Takeichi T, et al. Polymer, 2005, 46: 4909-4916.

- [26] Ishida H, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2006, 101: 1 670 – 1 677.
- [27] 刘锋,等.热固性树脂,2007,22(6): 4 – 8.
- [28] Ishida H, et al. Polymer, 1996, 37(20): 4 487 – 4 495.
- [29] 王劲,等.塑料工业,2001,29(5): 6 – 8.
- [30] 潘光艳,等.化工新型材料,2008,36(11): 81 – 83.
- [31] 王劲,等.工程塑料应用,2002,30(2): 32 – 35.
- [32] Liu Yingling, et al. Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry, 2007, 45: 1 007 – 1 015.
- [33] 张世杰,等.宇航材料工艺,2008(6): 31 – 35.
- [34] Takeichi T, et al. Polymer, 2002, 43: 45 – 53.
- [35] Agag T, et al. Polymer, 2004, 45: 7 903 – 7 910.
- [36] Lee Y J, et al. Polymer, 2005, 46: 2 320 – 2 330.
- [37] Hong Yee Low, et al. Polymer Degradation and Stability, 2006, 91: 805 – 815.
- [38] 凌鸿,等.热固性树脂,2010,25(1): 15 – 18.

RECENT DEVELOPMENT OF SYNTHESIS AND MODIFICATION TO POLYBENZOXAZINES RESIN

Wu Guanglei, Kou Kaichang, Chao Min, Wang Wei, Jiang Yang, Wang Yiqun, Zhang Jiaoqiang

(School of Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

ABSTRACT The latest development of the basic research and application of polybenzoxazines resin at home and abroad in recent years were summarized. The synthesis and modification methods of polybenzoxazines were introduced. At last, the future development trend of polybenzoxazines resin was prospected.

KEYWORDS polybenzoxazines resin, synthesis, modification

英国开发低成本塑料太阳能电池

英国科学家的一项最新研究或能加速塑料太阳能电池的应用步伐,使其在 5 年到 10 年内实现商用。这种太阳能电池以可循环使用的塑料薄膜为原料,能通过“卷对卷印刷”技术大规模生产,其成本低廉、环保,可大规模应用。有专家认为,或将对传统晶硅类太阳能电池造成冲击。

据悉,新方法并未采用昂贵的技术来制造特定的半导体结构,而是通过批量印制工艺,用两种不同的感光物质在塑料薄膜上“印”上了一层厚度只有 60 nm 的电路结构。由于整个制造过程都在较低的温度下进行,这种塑料太阳能电池的制造可采用“卷对卷印刷”技术大规模生产。该工艺在总体上可显著降低能耗和材料浪费。

在使用上,这种太阳能电池质轻、易运输、可卷曲,在安装时甚至可以直接附着在建筑物表面而不占用额外的空间。

研究人员称,这种聚合物太阳能电池的转化效率目前可以达到 7% ~8%,下一步将有望提高到 10% 以上。

此外,与传统晶硅类太阳能电池切割工艺相比,新技术的生产效率更高,一次印刷就可生产出几个足球场大小的太阳能电池,而且大规模生产的成本也将远低于传统晶硅类太阳能电池。(工程塑料网)

从废塑料中提炼汽柴油 日本专家引领能源新概念

塑料制品因含有各种化学添加剂在废弃后易产生有毒有害物质、且不易降解、难以回收。然而,废旧塑料拥有相当高的能量值,几乎高于任何其它类型的废品。这一特点被日本布莱斯特公司的科研人员所关注,并通过不断的研发,最终研制出一台最新的转化机器。在技术上实现废旧塑料能量值的转换。该机器可以从各种各样的废旧塑料中提炼出多种类型的“塑料油”。

该机器不采用传统的焚烧法(该法直接烧融废旧塑料并产生大量毒害气体及二氧化碳等温室气体),而是应用最新的温度控制电加热系统,将温度控制在一定范围。将废旧

塑料转换成粗煤气,结合相应的技术,应用于以气为主的家用电器或者发电领域。专家表示,当这项技术趋于成熟后,由废旧塑料所转换出的粗煤气甚至可以直接被注入汽车或者液化气摩托车。

据介绍,开启该机器后,对塑料进行加热,机器内部温度开始上升。塑料将开始融化成为液体,液体沸腾后,气体通过管道进入一个充满自来水的温室气体单位,在那里进行分馏。

经过测算,每公斤废旧塑料可以产生一升的汽油、柴油或者煤油。然而实现这项转换的能耗仅仅只需要 1 千瓦时的电力,成本不到 20 美分。

目前,该技术仍处于起步阶段,仅能处理聚乙烯,聚苯乙烯和聚丙烯等塑料制品,对于聚对苯二甲酸乙二酯(PET)制品还没有完全的转换能力。可尽管如此,该机器的研发依然被业界公认为回收应用方面的重大技术突破。

布莱斯特首席执行官表示,该技术为人类回收废旧塑料制品方面提供了显著的解决方案。

目前,已超过 60 台机器被实践安装应用。它们分布在日本的农场、渔业和小型工厂,还有少数被推广的其它国家及地区。帮助当地收集游客留下的塑料垃圾并将它们转换为油制品加以回收再利用。

布莱斯特首席执行官最初的设想来自于塑料制品生产的逆向操作。他希望通过技术上的不断深入,从而实现废旧塑料的逆向回收。另辟蹊径地解决塑料制品难以在自然环境下分解的问题。同时也在一定程度上解决了石油资源稀缺紧张的能量或砍伐森林并将其焚烧时产生的二氧化碳等多种温室气体。

这项技术的研发,在一定程度上缓解了人类对大气的进一步破坏。通过这样高效安全的技术手段,挽救废旧塑料制品回收问题上的不良影响,加强对地球环境的保护。为子孙后代造福受益。(工程塑料网)