

不反应,可在比较苛刻的环境中使用。这些特种工程塑料产量较少,价格昂贵,主要应用于航天航空、军工、核工业领域和其他有特殊要求的场合。其实这些耐高温的特种工程塑料,大多以共混改性的品种得以应用,通过共混改性,使其力学性能、加工性能得以改善,成本降低较多,从而增加市场竞争力。

聚苯醚(PPO)具有优异的力学性能和电器性能,耐热性好,但其熔体的粘度大,流动性差,难以加工成型,因此真正有使用价值的PPO是其改性产品。PPO和PS均为非晶聚合物,二者有很好的相容性,与PS共混,改善了PPO的加工流动性,PPO/PS是最主要的PPO合金品种。美国GE公司以乙烯-甲基丙烯酸缩水甘油酯-聚苯乙烯共聚物(EGMA-PS)为增容剂制造的PPO/PA、PPO/PBT共混物均具有优异的力学性能、耐热性、耐油性和尺寸稳定性,热变形温度达190℃以上,PPO/PBT合金的物理性能和制品尺寸在低温和潮湿环境中仍能保持稳定,更适宜制作用于潮湿环境中的电器电子设备零部件。锦化集团研究的聚苯醚合金,能耐160℃高温,在-50℃低温时机械电器性能保持良好,适用于制造高温消毒柜等产品的绝缘部件和构件。

聚苯硫醚(PPS)具有优良的刚性、抗蠕变性、电绝缘性以及良好的耐热性、耐腐蚀性、粘接性和较低的摩擦系数,广泛应用于电机、电器、仪表零部件、防腐化工制品、无润滑轴承等。但是PPS的韧性较差,在有氧气的热态情况下易氧化交联导致熔融过程粘度不稳定,而且价格高,通过与其他聚合物共混改性可以改善上述的不足之处。

PPS/PA(60/40)共混物的缺口冲击强度为PPS的4倍,拉伸强度、弯曲强度均有所提高,热变形温度基本不变,通过与PA进行共混改性,可得到综合性能良好的PPS合金。PPS与PS、AS、ABS共混,冲击强度均有所提高,同时大大地改善了PPS的成型条件,可以在较低温度和压力下成型。PPS与PC共混得到的PPS/PC合金,其缺口冲击强度是PPS的4倍,成型加工性稳定,介电常数和介质损耗小,分别为3.0和0.003,很适合用于高频场合的电器绝缘结构部件。

三、结束语

随着汽车、家电、电子电器、通讯等新兴产业的迅速发展,我国对工程塑料的需求量日益增加,但是由于我国工程塑料工业在生产规模、技术路线和工艺水平方面均落后于先进国家的同行,导致产品结构单一、品种少、机械电气性能较差,在性能和数量方面不能满足目前的发展需求,一些高性能的工程塑料和塑料合金材料目前仍主要依赖进口。据统计,自20世纪90年代中期起,我国每年进口工程塑料为150t吨左右,耗用外汇近20亿美元,并保持15%~20%的年增长速度。

要改变我国工程塑料短缺的局面,满足日益增长的需求,需要国内的塑料生产企业和科研部门不懈努力,不断探索。本文介绍了国内外一些塑料合金的研究进展以及部分产品在电工电器产品的应用场合,希望能对塑料生产企业的产品开发和电器产品生产企业在研究开发新材料选择时有所帮助。

大型超导线圈VPI工艺的研究

◇文/ 中国科学院等离子体研究所
潘皖江 崔益民 武松涛

前言

中国科学院等离子体物理所承建的国家大科学工程超导托卡马克HT-7U项目已到了工程攻坚阶段,其装置主机中关键部件——大型超导线圈的VPI工艺经过前期研究已基本成熟,在实际浸渍过程发现填满玻璃纤维的大型线圈真空处理要达到真空度10Pa以下相当困难,并且模具设计制造成本高,因此不易实现。本文引入真空袋技术不但简化模具设计制造,而且解决了低温应用中必须解决的富胶问题。

一、设计

大型超导线圈VPI浸渍装置是由混料系统、抽气系统、冷阱、调节阀、控温系统和加压系统组成的,如图1所示。其中混料系统是由混料罐、搅拌器、储胶罐和出胶罐组成的,主要用来混胶脱气和观察胶面高低情况;抽气系统是机械泵、罗兹泵和阀门管道组成的,用来对线圈和树脂进行脱气,并通过管道和调节阀控制树脂的流向及流速;冷阱用来保护真空系统免受损害,使得被脱气的树脂挥发部分冷却下来,避免进入真空系统中;控温系统是由加热炉和水回路组成的,加热炉为浸渍线圈凝胶固化提供热源,控制温度变化区间,水回路中热水回路是用来控制树脂脱气温度,冷却水回路是用来保证浸渍树脂凝胶过程中管道中树脂不凝

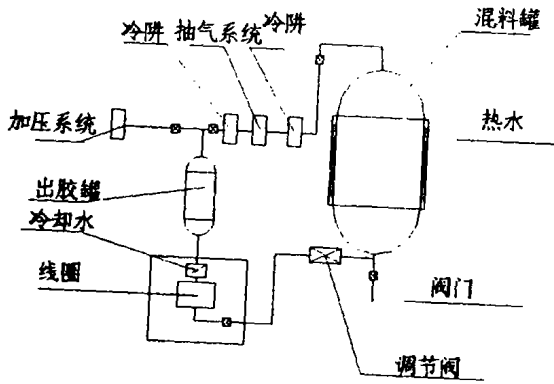


图1 VPI 浸渍装置

胶；加压系统是确保浸渍树脂能渗透到所需部位。

二、分析与讨论

1、条件准备

大型超导线圈 VPI 浸渍前需要做大量的准备工作，其中主要包括纤维材料的选择和表面处理、环氧树脂低温性能、固化放热特性、不同温度下树脂的饱和蒸汽压、不同温度树脂的粘度曲线和线圈模具的设计等等。RAL230 环氧树脂具有优越的低温性能，液氮温度下拉伸强度达 249MPa，树脂的饱和蒸汽压如表 1 所示，树脂在 40℃、24h 内的粘度小于 200mPa·s，适合大型线圈 VPI 浸渍。经过 KH560 表面处理的无硼无碱玻璃纤维和 RAL230 树脂复合也能满足超导线圈低温性能的要求。

表 1 不同温度下的树脂饱和蒸汽压

温度(℃)	30	40	50	60
饱和蒸汽压(Pa)	0.3	0.6	1.4	3.3

2、脱气

大型线圈绕制成型、装模后，脱气是影响 VPI 浸渍性能的一个关键因素，要分别对树脂和线圈脱气。对树脂脱气使得气压维持在所有树脂组分的饱和蒸汽压之上，保证树脂组分不被抽掉，RAL230 树脂的脱气真空压力维持在 5~10Pa 之间；对线圈脱气引入真空袋技术，真空可抽到 10Pa 左右。真空膜选用自溶红硅带在线圈外围半迭包形成一层真空袋密封结构；模具可以采用铝块螺钉连接而成，不须气密封；模具与

真空膜之间采用室温硫化硅橡胶浇注成型。

3、浸渍

线圈脱气结束后对其 VPI 浸渍的路线从下向上进行，在线圈底部浸渍时保证环氧树脂足量、均匀、快速分布。RAL230 树脂浸渍过程中，出胶罐未出胶前真空维持在 10Pa 上下，出胶后卸真空，加 2 个大气压的压力并保持几分钟，卸压，再抽真空达 10Pa 左右，如此往复几次直至线圈中观察不到明显的气泡出现。最后对完成浸渍的线圈加 5 个大气压凝胶固化成型。

4、固化

浸渍完成后的大线圈固化成型要考虑树脂的固化过程中的体积变化率和固化放热，减小线圈固化收缩量，控制树脂固化放热量，以免损坏线圈。RAL230 树脂固化时的体积变化率与温度之间的关系如图 2 所示。

从图 2 中可以看出，曲线 ACDBG 是选用最佳的工艺路线，其 RAL230 树脂升温到 78℃ 凝胶 24h，再升温到 130℃ 固化 12h，最后随炉冷却至室温，这样不仅大大降低了固化收缩率，而且还可以减小液体树脂升温的膨胀率，同时从另外一种角度看也可以避免环氧固化放热暴聚，缩短工作时间。

三、结束语

从试验线圈表面透明度和力学性能测量结果来看，运用真空袋技术成功完成了大型线圈的 VPI 浸渍。真空袋技术分离了真空压力浸渍中的真空和压力部分，简化了模具的设计难度和降低了制造精度，大大降低了模具的制造和安装成本，同时解决了低温复合材料成型中必须考虑的富环氧树脂问题，减少了线圈成型后的再加工。

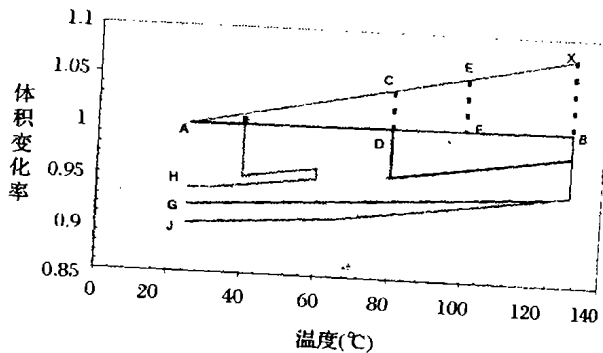


图 2 RAL230 树脂固化时体积变化率与湿度关系