

# 极低温胶 RAL231 在交流电感线圈中的应用

崔益民 潘皖江 武松涛

(中国科学院等离子体研究所,合肥市 230031)

## 1 前言

在国家大科学工程项目聚变 TOKAMAK 实验装置中,所用的胶粘剂均为极低温胶(如 RAL231 胶,在液氮温度下使用),这类胶在超导磁体线圈、绝缘子和其他辅助装置的线圈中应用非常广泛。交流电感线圈是等离子体波加热装置中的一种线圈,它的体积比较小,直径约 12 cm,长 56 cm,在液氮温度(-269 °C)下使用。对胶粘剂而言,低温要求高。

## 2 RAL231 胶的概况

极低温胶 RAL231 是我所通过北京低温中心从英国卢瑟福实验室购得的低温胶中的一种。它由环氧树脂(双酚 F,韩国产)、增韧剂(一种低分子环氧树脂,日本产)、固化剂(美国产)三个组分,按 60:40:21 的质量比混合而成。混合前,三个组分单独存放可以长期保存;混合后室温中可以保存 100 h 左右<sup>[1]</sup>。混合后的胶液呈棕红色,凝胶、固化后呈浅黄色;如以真空脱气处理,凝胶固化颜色更浅。这种胶的粘度在 40 °C 时为 90 mPa·s, 50 °C 时为 50 mPa·s, 60 °C 时为 33 mPa·s, 70 °C 时为 23 mPa·s,因此具有很好的流动性和渗透性,适用于真空压力浸渍工艺。室温下该胶的密度为 1.2 g·cm<sup>-3</sup>,凝胶温度为 75~81 °C<sup>[2]</sup>,凝胶时间为 24 h;固化温度为 125~135 °C,固化时间为 12 h;胶的热变形温度为 63 °C;固化时须根据用胶量控制升温速度,保证温度均匀,固化后应随炉冷却。另外,这种胶固化时的体积收缩率和线收缩率很小,为 10<sup>-4</sup>量级<sup>[3]</sup>。

## 3 线圈的试制

始初,线圈由直径为 9 mm 的(多股直径为 1 mm 的漆包线合并而成)漆包线绕制,把成形后的电感线圈放置于与线圈同形状的环形空腔模具中,模具的一端(放置时底端)和环形内外面封闭,另一端(放置时上端)留有灌胶口、出气口、导线进出口和观察口。

按比例配胶。混匀后在 60 °C、真空度为 26.6 pa 的真空室里脱气 15 min。然后拿出来对模具直接灌胶至满;再把试样放入烘箱,常压下降温至 78 °C,在此温度下保温 24 h;然后继续升温至 130 °C 保温 12 h 后,随炉冷至室温。将此试样缓慢冷却至液氮温度再升至室温。打开模具观察试验结果,发现线圈上的胶层已被冻裂。分析原因,一是胶层与金属材料的收缩率不一致,二是采用这种工艺制备的线圈灌胶后形成的富胶区较大、较多,导致胶层在低温状态被冻裂。

经过改进工艺,将漆包线换为铜导线,在铜导线外先绕包 1 mm 厚的玻璃纤维布带,再绕制成线圈。重复前述试验程序,发现效果非常令人满意。经总结认为:用这种方法制备的线圈克服了富胶区的存在,而玻璃纤维布与胶层复合后,与金属形成的界面是动态的,在遇低温收缩时,相互影响不大,对保证产品质量起了重要作用。但须指出,控制胶层与玻璃纤维布层的比例,只能在一定范围内降低收缩率。

## 4 结束语

在低温环境下对用胶的要求较高,RAL231 胶不仅有很好的耐低温性,而且有很好的力学性能;胶层在极低温的条件下,收缩率大于金属材料的收缩率,而玻璃纤维布的收缩率几乎为零。通过材料的复合可以扩展 RAL231 胶的使用范围,达到工程应用的目的。

### 参考文献

- 1 D Evans and S J Carter. A New resin system for the impregnation and bonding of large magnet coils. international cryogenic materials conference, 1999
- 2 Dave Evans. Insulation and impregnation. P. R. China november 1999
- 3 Dave Evans. Techniques available for the vacuum impregnation of magnet. IPP. Hefei, november 1999

### Applications of extra - low temperature adhe-

收稿日期:2001-02-08