第9卷第4期 复合材料学报 Vol.9 No.4
1992年10月 ACTA MATERIAE COMPOSITAE SINICA October 1992

表面冷等离子体改性对纤维抗拉强度的影响

笪有仙 孙慕瑾 席宗敏*

(中国科学院化学研究所，北京100080)

摘要 碳纤维和芳纶纤维表面冷等离子体改性的效果甚佳，抗拉强度得到显著的提高。本文还讨论了不同冷等离子体气氛及处理时间对纤维抗拉强度的影响，并提出抗拉强度提高的可能机理。

关键词 冷等离子体，碳纤维表面，芳纶纤维表面，抗拉强度

1 引言

碳纤维及芳纶纤维具有高模量、耐热、耐疲劳、抗腐蚀、抗蠕变等优异性能。由它制成的树脂基复合材料，广泛地用于航空、航天、化工、兵器、体育等许多领域。但由于表面惰性，与树脂粘接性能差，致使复合材料层间剪切强度低，限制了其优异性能的发挥。为此人们采用不同方法对它的表面进行改性，以期改善界面粘接特性，提高复合材料层间剪切强度。我们发现用一般的方法对它们表面进行改性，虽然表面粘接性得到了改善，但纤维抗拉强度下降得比较多，如用65%HNO_3氧化处理碳纤维，以及在0.1N NaOH电解液中阳极氧化处理碳纤维，抗拉强度随处理时间而下降如图1，2所示。由于纤维本身的强度下降，导致复

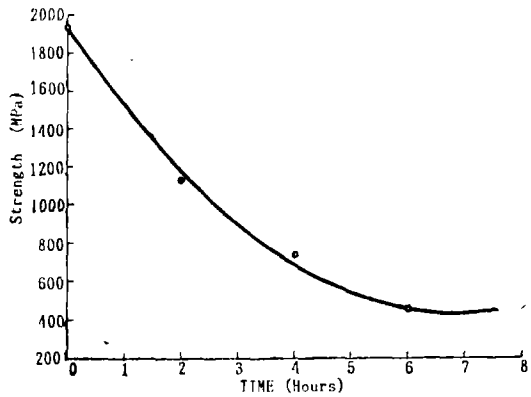

图1 硝酸氧化碳纤维表面处理时间与抗拉强度关系

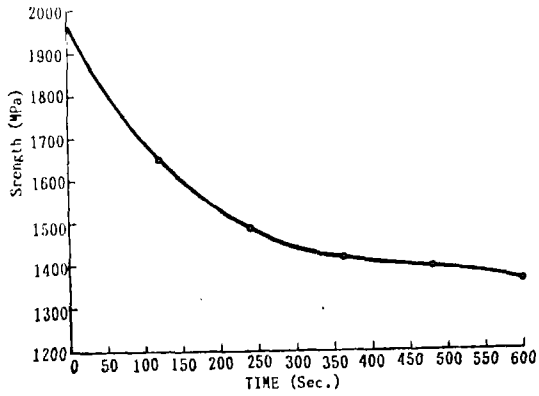

图2 阳极氧化碳纤维表面处理时间与抗拉强度关系

本文1990年2月27日收到，*北京航空航天大学1990年毕业生

合材料的层间剪切强度提不高，通常达 70～80MPa 时材料即发生拉伸破坏。如果找到一种表面处理方法，既能够改善界面粘接性能，又不使纤维抗拉强度下降，那是比较理想的，我们发现冷等离子体处理方法能够达到这一要求[1-5]。

2 实验与结果

2.1 材料

碳纤维（PAN高强Ⅰ型，表面无集束剂，上海碳素厂产）

芳纶1414纤维（表面无涂层，上海合成纤维研究所产）

2.2 纤维表面处理

用自制的KH-5110型等离子体发生装置处理纤维，即碳纤维或芳纶纤维在装置中，分别由N_2，O_2，Ar以及空气等离子体处理240秒，480秒，720秒，960秒，1200秒。处理过的纤维保存在干燥器中备用。

2.3 纤维抗拉强度测定

将未经过处理和经不同条件处理过的纤维，取长10mm的单丝20根为一组，每根单丝粘在方形纸框上。

然后将它安装在纤维单丝拉力机上(上海纺织机械厂产)，水压维持20N(牛顿)条件下，测定纤维抗拉强度。纤维的直径由15×45倍的光学显微镜来测定，通过下式计算抗拉强度。

$$\sigma = \frac{\Delta P \times 4 \times 10^{-3}}{\pi d^2}$$

σ为抗拉强度，MPa；ΔP为断裂力值，N；d为纤维单丝直径，μm。

每组20根纤维单丝测得值取其算术平均值为纤维的抗拉强度。得到不同等离子体处理过的碳纤维与芳纶纤维抗拉强度与处理时间关系如图 3，4 所示。

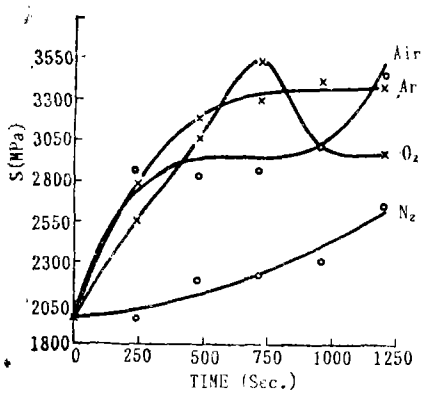

图 3 冷等离子体处理对碳纤维抗拉强度的影响

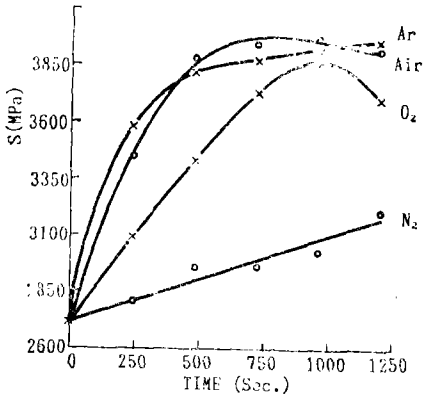

图 4 冷等离子体处理对芳纶纤维抗拉强度的影响

3 讨论

1．由图3、4可知，不论是那种等离子体处理碳纤维或芳纶1414纤维，其抗拉强度都有所提高，但提高的速度随等离子体种类而异。等离子体处理使纤维的强度上升，究其原因，可能有二方面因素促成：1）由于等离子体表面改性作用仅发生在表面很浅的浅层，不损伤本体强度，而等离子体对表面的缓慢刻蚀作用，又完善地消去表面的微裂纹，这样就减少了应力集中源，从而提高了纤维的抗拉强度。2)纤维在高频场中的等离子体的撞击作用下，纤维内部发生松驰，使它在生产过程中积累的内应力得以释放，从而也提高了纤维的抗拉强度。因此促成纤维表面经冷等离子体处理之后，抗拉强度不但没有下降，反而有所提高。最佳的情况可以使碳纤维抗拉强度从1965MPa提高到3529MPa，即增高了80%，这对工业生产就很有意义。因为通常的表面处理方法，都使纤维强度下降。如果选择冷等离子体处理方法不但不会使纤维抗拉强度下降，反而有所提高。

2．由图3、4可知，不同的等离子体处理纤维表面，其对抗拉强度的影响是不一样的。对于等离子体氧不论是处理碳纤维或芳纶纤维表面，抗拉强度随处理时间的变化都有一个极大值，这可能是由于等离子体氧比较活泼，过度的处理而损伤了本体强度，因此抗拉强度随之而下降。等离子体氮，不论是处理碳纤维或芳纶纤维表面，抗拉强度随处理时间的变化很缓慢，强度提高的速度不显著。处理1250秒，纤维抗拉强度的增加值，尚不到等离子体氧处理800秒时强度增加值的二分之一。所以如此，很可能是由于氮气性质不活泼所致。等离子体空气处理的效果，对于碳纤维来说，介于等离子体氧与氮处理的效果之间，这是可以理解的，因为空气主要成分是氮和氧。而处理芳纶纤维其效果比氧和氮都好，其原因有待于进一步探讨。等离子体氩处理的效果，不论是碳纤维或芳纶纤维，其抗拉强度的上升很平稳而且高，这可能是由于氩等离子体对表面裂纹的刻蚀比较平稳和它的质量大，对碳纤维表面撞击消除内应力的效果较显著。由此可见用等离子体氩来处理是比较好的。但氩气比较贵，从经济角度来考虑，用等离子体空气来处理就可以了，尽管处理效果比氩稍差一些。

3．由图3、4可知，等离子体处理的时间对纤维抗拉强度的影响，不论碳纤维或芳纶纤维都随处理时间而增加，而等离子体氧出现一个明显的极大值，而其它等离子体则不明显。这种抗拉强度随处理时间的变化速度，除氮等离子体之外，其它三种等离子体不论处理碳纤维或芳纶纤维，其改变的速度相近似。究其原因有二：1）等离子体刻蚀表面微裂纹的能力与等离子体粒子的活性和质量的大小有关。通常活性大或质量大者则刻蚀能力大。对于氩和氧来说，前者质量占优势，后者活性占优势。所以其效果各有千秋。2）受高频场中的等离子体撞击，发生内应力的松驰作用和粒子质量大小有关。质量大者消除内应力的效果则显著，故氩在这方面比氧占优势。总而言之，氧和氩对提高抗拉强度的效果是相当的，而氮气这二方面都不具有优势，所以效果较差。

致谢　本研究纤维强度的测试工作，得到北京玻璃钢研究设计院刘长莉高工大力协助，特此感谢。

参 考 文 献

1 Sun Mujin. Composites Sci and Tech.1989, 34: 353
2 Donnt J B. Carbon.1986, 24(6): 757
3 Donnt J B. J Phys, D: Appl Phys. 1987, 20: 269
4 Loh I H. J Mater Sci. 1987, 22:2037
5 Jones C, Carbon. 1990, 28(4): 599

THE COLD PLASMA MODIFICATION SURFACE OF FIBER EFFECT ON THE TENSILE STRENGTH OF FIBER

Da Youxian *Sun Mujin* *Xi Zongmin*

(Institute of Chemistry, Academia Sinica)

Abstract The effect of cold plasma modification on the surface of carbon fiber and aromatic polyamide fiber is very good and the tensile strength is notably increased after treated.The influence to the tensile strength of fiber by cold plasma treatment with different pressure and different time has been discussed and a possible mechanism of the tensile strength increment is suggested in this paper.

Key words cold plasma, surface of carbon fiber, surface of aromatic polyamide, tensile strength

湿法成型玻璃钢表面毡通过省级鉴定

表面毡起着提高玻璃钢（如手糊、缠绕成型FRP）制品的表面光洁度、防渗漏、耐腐蚀性、耐老化性的作用，是优质表面性能FRP制品不可缺少的原材料。此前，我国基本上不能生产湿法成型FRP表面毡，不得不进口或采用国产的代用品。

1989年南京玻纤院二所与开封玻纤制品厂决定，在玻纤薄毡(主要用作铅酸蓄电池隔板底材）生产工艺的基础上，研制FRP表面毡，终于在1992年初中试成功。10月6日河南省轻工业局组织“湿法成型FRP表面毡鉴定会”，鉴定委员会由国家建材局、建材情报所、南京玻纤院等单位的专家组成。结论：本表面毡的性能属国内一流，值得全国推广应用。其各项工艺技术成熟，具备批量生产条件，建议批量投产。

另讯：本鉴定会也通过了上述二单位共同研制的用于铅酸蓄电池隔板的玻纤底材。

（董永祺、卜庆森）