

## 防中子辐射纤维及复合材料的开发

李 宇

(上海玻璃钢研究院有限公司, 上海 9B3ABA)

摘要: 中子辐射纤维是一种特种合成纤维, 它对中子流具有突出抗辐射性能, 在高能辐射下它能保持较好的机械性能和电气性能, 同时具有良好的耐高温和抗燃性能。采用防中子辐射纤维制成的屏蔽材料, 其作用就是要将快速中子减速和将慢速(热)中子吸收。

关键词: 中子辐射纤维; 复合材料; 纤维

中图分类号: >s 889 文献标识码: o

### 3 中子辐射和屏蔽材料概述

中子是一种不带电荷的中性粒子, 但它具有很强的穿透力, 在空气和其它物质中, 可以传播较远的距离。中子与氢(氧)碳(氮)等原子核作用能产生反冲核, 这种反冲核在组织中能引起高密度的电离, 它对人体产生的危害比相同剂量的 $\gamma$ 射线更为严重。研究表明, 中子致肿瘤的生物效应(+s n)约为 $9 \times 8$ 倍于 $\gamma$ 射线, 由中子引起的染色体畸变大大高于 $\gamma$ 射线和 $\alpha$ 射线。

中子和物质的相互作用有两种形式: 一是快中子的散射和减速; 二是慢中子被吸收后放出共化粒子或 $\gamma$ 射线。中子的屏蔽实际上是要将快中子减速和将慢(热)中子吸收。氢元素含量较高的石蜡、聚乙烯和聚丙烯等是优良的快中子慢化材料, 而含锂元素的氯化锂、溴化锂、氢氧化锂, 含硼元素的氧化硼、硼酸和碳化硼等是优良的慢中子吸收物质。快中子慢化材料和慢中子吸收物质微粉混合后使用可以得到优良的中、低能中子屏蔽性能的新材料。

### 9 防中子辐射纤维

通常防辐射纤维有三种类型: 耐辐射纤维, 纤维本身就耐辐射; 复合型防辐射纤维, 通过往纤维中添加其它化合物或元素使该纤维具有耐辐射的性能; 导电型吸波纤维, 即凭借低电阻导电材料对电磁辐射的反射作用, 在导体内产生与原电磁辐射相反的电流和磁极化, 形成一个屏蔽空间, 从而减弱外来电磁辐射的危害。防中子辐射纤维属于复合型防辐射纤维, 它是由基本聚合物纤维和抗中子辐射的化合物或元素组成。

基本聚合物纤维可以用聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚酯、聚氯乙烯等具有优良的耐辐射性及可纺性的高聚物通过熔融纺丝制成, 而其中所

添加的防辐射剂包括有重元素和具有大吸收截面的元素及其化合物。重元素用以阻滞中子, 而截面大的元素既能阻滞快中子, 又能吸收慢中子, 且不释放射线。

防中子辐射纤维是一种特种合成纤维, 它对中子流具有突出抗辐射性能, 在高能辐射下它能保持较好的机械性能和电气性能, 同时具有良好的耐高温和抗燃性能。采用防中子辐射纤维制成的屏蔽材料, 其作用就是要将快速中子减速和将慢速(热)中子吸收。

### 8 防中子辐射纤维的开发<sup>[3]</sup>

国外从上世纪 80 年代中期开始研究纤维状防中子辐射材料的技术。日本东丽公司采用复合纺丝方法制取防中子辐射复合纤维。具体做法为中子吸收物质与高聚物在捏合机上熔融混合后作为芯层组份, 以纯高聚物为皮层进行熔融复合纺丝, 所得纤维为皮芯结构, 经干热或湿热拉伸制得具有一定强度的纤维, 如表 3。

织物层数	织物厚度 $T \pm$	中子屏蔽率 $T6$
3	3C97	AB
A	7CB	J~
5	KC7	~7 C5
3B	39C7	~J C7

日本专利还报道了另一种纤维状中子防护物的制取方法。含有中子吸收物质的高聚物溶液在高压下喷射纺制纤维, 提高了防中子辐射纤维的热中子屏蔽率。这种方法制得的纤维由于中子吸收物质暴露在纤维表面, 因而在洗涤、受摩擦时极易损失, 使中子吸收性能降低。

收稿日期: 9B39UBK8B

作者简介: 柳伟钧(3~77 J, 男, L s o 高级工程师, 主要从事玻璃钢复合材料技术开发)管理和产业化工作。



氧化钆/环氧树脂对比,聚丙烯钆/环氧树脂中钆元素分布更均匀,力学性能更好,但钆的质量分数只能提高到 336 g/g,而氧化钆/环氧树脂中钆的质量分数可达到 876 g/g。对于低能射线,钆元素的质量分数是影响复合材料屏蔽率的决定性因素;而对于高能射线,钆元素的分布均匀对屏蔽率的影响更大。

## 7 结 语

根据防辐射的机理,防中子辐射复合材料是选用耐辐射性能较好的基体聚合物,然后通过适当的加工工艺加入一定量的吸收中子辐射的物质(粉末填料)聚合物等),制成聚合物基防中子辐射复合材料<sup>[1]</sup>

防中子辐射纤维也是一种聚合物基复合材料,其基体材料一般选用聚丙烯、聚乙烯等高聚物,然后与吸收中子射线的碳化硼或重金属化合物混合熔融纺丝制成。它可制成各种具有防护性能的织物布料等(如无纺织布、机织布等),用于制作防护服。

(A) 碳化硼(s<sub>A</sub>e) 环氧树脂涂料<sup>[5]</sup>

## 参考文献

[3] 梁威, 杨青芳等C 防辐射纤维及材料的研究进展[J]. 玻璃钢/复合材料, 9(BB7): 73-78.

[9] 刘保金,刘锦洪等C 一种阻燃铅硼聚乙烯复合材料[u]C中国: e×3B3B88838C

[8] wt o Qc + x°Z# Ov± °PZAZ# OvWjZ#Z#’ & xj & - x’x± x#’ j #Y °WYœU  
 ”Z# ”-x&Vg[u] C<v; 7AJ AAC

[A] 陈俊,黄宏林等C稀土在防辐射高分子材料中的应用[ %C 四川  
稀土, 9BBJ 8:35C

[7] 孟斌,冯涛等C玻璃钢类复合防辐射材料的防护性能及评价[J].中国辐射卫生, 3~A 3: A5UAKC

[5] 黄益平,冯惠生等C含碳化硼的吸收和屏蔽中子辐射涂料的研究  
[J]天津大学学报 9B33 K: 58~5 AAC

[K] 李江苏, 张瑜等. 氧化钆/环氧树脂与聚丙烯酸钆/环氧树脂辐射防护材料的制备工艺、微观结构及性能[J]. 复合材料学报, 2013, 30(1): 1-8.

通过表面处理法和接枝聚合法可分别制备出氧化钆/环氧树脂和聚丙烯钆/环氧树脂防辐射材料<sup>[1]</sup>与

$$w \in \mathbb{Z}^n \setminus \{0\} \text{ s.t. } w \cdot v = 0 \text{ and } w \cdot w = 1$$
$$V : w \# \text{ } ^{-} Z \text{ } j \& Z x , j \# \text{ } V x \& Z u \text{ } V q \text{ } ^{\circ} \& \# O Z C x ^{\circ} \text{ } V q \# x \text{ } \& \# \& Y Z \text{ } ^{\circ} Z \# \text{ } j \# Y \text{ } ^{\circ} - Z Y \# \text{ } \pm j \text{ } ^{\circ} x \& \text{ } ^{\circ} Z \text{ } ^{\circ} \& \text{ } Z x Y , j \# Y$$

6 : j # " Z # x & & # & Y Z " Z # ; ° - Z ' Y # ' ± j " x & ° ; q Z W & ; O V ± ° O ° Z x °