防中子辐射纤维及复合材料的开发

[] [] 字 []

(上海玻璃钢研究院有限公司,上海 9B3ABA)

摘要: 00 000 00 0 30 0 0000 0 000 0 0 0 0

关键词: 0 0 0 4 0 车 0 车 0 车 1 0

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 v 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 8 倍于 v 射线 由中子引起的染色体畸变大大高于 v 射线和 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 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,而含锂元素的氟化锂)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[3]

国外从上世纪 KB 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 30

П

织物层数	织物厚度 ^{T±±}	中子屏蔽率76
3	3C97	AB
A	7CB	J~
5	KC7	~7 (5
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¹ 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¹ 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¹ 受摩擦时极易损失,使中子吸收性能降低¹

收稿日期: 9B39UBKU8B

作者简介: 柳伟钧($3\sim71$),男,Lso 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0

日本还将锂和硼的化合物粉末与聚乙烯树脂共 聚后 采用熔融皮芯复合纺丝工艺研制了防中子辐 射纤维材料』纤维的强度可达 9B 8Be× T'x_,断裂 伸长率为936 896 [由于纤维中锂或硼化合物 的含量高达纤维重量的 8B6 因而具有较好的防护 中子辐射的效果,可加工成机织物和非织造布, A8B' T± °的机织物其热中子屏蔽率可达 AB6 ,常用 于医院放疗室内医生和病人的防护□

我国从上世纪 KB 年代开始防中子高分子材料 的研究 到 3~J A年天津纺织工学院(现为天津工业 大学) 研制出 A 种具有实用价值的防中子辐射板材 在开发防辐射透明板材的基础上 天津纺院继续研 究开发防中子辐射纤维 至3~J7年宣告成功』这种 纤维也采用皮芯复合结构纺出复合纤维 芯部掺入 偶联剂和中子吸收物质的粉末!! 纤维在测试现场中 子辐射强度为国家防护标准正常工作人员累计 9B 年的剂量 单层布质量为 JA± 10± 1时 ,中子吸收率 达 7~6 ,且防中子辐射织物经长时间辐照后 ,屏蔽 率无变化』它对中子射线的屏蔽效果达到并超过了 已知的国外同类研制水平,同时该纤维还具有较好 的 射线屏蔽功能 之后,天津纺院自行设计 研 究〕制造了防中子辐射纤维的纺丝成套设备,形成了 年产 3B 吨的生产能力,达到了连续化生产的要求, 除可以纺制防中子辐射纤维外,还可以纺制离子交 换纤维〕导电纤维〕防 v 射线纤维〕防 射线纤维 等』它的建成投产可以满足国内防中子辐射纤维〕 防 v 〕 射线纤维的需要 □

国内采用硼化合物〕重金属化合物与聚丙烯等 共混后熔纺制成的皮芯型防中子〕防 v 射线纤维, 其碳化硼含量高达876 纤维强度可达98 9Ke×T "x 断裂伸长率达9B6 AB6 ,可加工成针织物)机 织物和非织造布,用在原子能反应堆周围,可使中子 辐射防护屏蔽率达到 AA6 以上 有人还采用聚丙 烯与不同重量的碳化硼微粉为原料 研究通过熔融 共混纺丝工艺研制防中子辐射纤维及织物的可行 性,并对共混体系的流变性能及影响流变性能的因 素进行了讨论』经测试,用该复合纤维制成的无纺 布对热中子具有较强的屏蔽作用 对中能中子也有 一定的屏蔽作用』这类材料适合用于防护衣具)门 窗帘和遮盖包装等』

通过在聚丙烯中加入一定量的碳化硼及助纺 剂,可以织成纤维状的屏蔽布〕屏蔽衣等防护用具, 随碳化硼含量的增加,体系的粒度增大,可纺性下

降 材料的辐照性能也逐步提高 隨碳化硼粒度增 大 纤维强度有所下降,经综合测试,加入的碳化硼 含量在 AB6 为最佳』

国内研究人员还以聚乙烯醇和碳化硼为主要原 料采用湿法纺丝工艺制备出一种防中子辐射纤维』 研究显示,该防中子辐射纤维具有很强的热中子屏 蔽功能 对中能中子也有一定的屏蔽功能 ,其防护效 果达到了国外同类研究水平』

A 防中子辐射复合材料的开发

(3) 铅硼聚乙烯复合材料

聚乙烯是碳氢化合物,含氢量高,对快中子有 良好的减弱能力 硼吸收热中子 铅对 辐射的屏蔽 特别有效 因此,铅硼聚乙烯具有对快中子]热中 子和 辐射的综合屏蔽效果』美国反应堆实验用品 公司已有多种铅硼聚乙烯制品出售,并用于核反应 堆的屏蔽体中。国内在这方面也有相关的开发研 究 中国核动力研究设计院刘保金[9] 等以聚乙烯作 基体,将碳化硼粉)铅粉等均匀地分散在其中,并加 入复合阻燃剂和硅烷偶联剂等,可制成一种阻燃铅 硼聚乙烯复合材料 它具有优良的综合屏蔽性能及 力学性能 其阻燃性完全符合 ms A5B~UA中 f EU3 的 要求□

除聚乙烯外 还可采用聚乙烯醇)聚丙烯)聚氧 乙烯)聚氨酯及耐高温聚合物(如聚苯硫醚)聚醚醚 酮〕聚醚砜〕聚芳酯〕聚酰亚胺) 来制备中子和 射线 屏蔽材料

硼聚乙烯和硼聚甲基丙烯酸甲脂复合材料[8] 具 有良好的屏蔽中子的能力,但因吸收中子后所形成 的氦) 锂不能进一步吸收中子, 屏蔽性能随吸收的 继续而递减 于是有人便提出在上述材料中加入一 定量的稀土元素 以提高复合材料屏蔽射线的能力[]

(9)稀土高分子复合材料[A]

稀土元素对高能射线具有优异的屏蔽性。稀土 高分子复合材料在 v 射线屏蔽应用中可有效弥补 铅的弱吸收区,具有高稀土含量的复合高分子屏蔽 材料具有强的热中子吸收能力。防护能谱复杂的中 子辐射的理想屏蔽材料是既含有轻元素(如氢) 碳) 又含有重元素 更重要的是应含有对热中子〕慢 中子和中能中子有特殊吸收能力的物质』稀土元素 中的许多元素,对热中子的#)反应截面比过去认 为吸收热中子的权威材料硼和镉高出十几倍,对慢 中子和中能中子的反应截面也比后者高出许多倍, 即使是快中子也要比锡高得多。因此,高稀土含量 的高分子复合材料是截至目前屏蔽中子辐射的最为理想的材料。将稀土元素引入弹性体材料可以获得稀土T天然橡胶复合材料〕稀土T聚氨酯热塑性弹性体复合材料等,具有极好的防护中子的能力。制备稀土高分子复合材料的8种主要方法是聚合法〕简单掺混法和反应加工法。

(8)玻璃钢防辐射材料[7]

玻璃钢类复合防辐射材料也是目前很受重视的防辐射材料,它是一种玻璃纤维增强复合材料,其防辐射成分主要是铅〕钨〕钡的化合物。与传统的铅板制品相比较,其衰减曲线好〕造价低〕成型性好〕散射小,因而可广泛用于 v 射线等的防护。

对于防中子辐射纤维用于玻璃钢中,目前尚未看到相关报道。从理论上看,防中子辐射纤维用于玻璃钢复合材料中,可起到防中子的作用,但是要考虑防中子辐射纤维(聚丙烯等)和玻璃钢聚合物基体(如环氧树脂)之间的粘接性能或相容性,以及对玻璃钢复合材料最终性能的影响。

(A)碳化硼(s Ae) T环氧树脂涂料[5]

环氧树脂作为三大通用热固性树脂之一,以其优异的粘结性,良好的化学稳定性)耐腐蚀性和电绝缘性,而广泛应用于涂料)黏合剂和复合材料等各个领域中。另外环氧树脂是含氢量高的碳氢化合物,对快中子有良好的减弱能力。特别是环氧树脂对核辐射有较强的耐受力,在长期核辐射条件下,其物理机械性能相当稳定。而碳化硼本身具有较高的热中子吸收能力,它含有38 s,38 是天然硼同位素的9种稳定同位素之一,对热中子的吸收截面是混凝土的7B 多倍。因此两者相结合可制成一种较好的防中子辐射新型涂料。

(7)氧化钐和聚丙烯酸钐T环氧树脂防辐射 材料^[K]

钐是稀土元素的一种,是屏蔽射线的主要元素□通过表面处理法和接枝聚合法可分别制备出氧化钐 ™氧树脂和聚丙烯钐 ™ 氧树脂防辐射材料□ 与

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

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¹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¹ 它可制成各种具有防护性能的织物布料 等(如无纺布¹机织布等),用于制作防护服装¹

用防中子辐射纤维和环氧树脂等相结合,可形成一种纤维增强的防中子辐射复合材料,国内尚未见相关报道。同时如果防中子辐射纤维采用的基体材料是聚丙烯或聚乙烯等非极性材料,应考虑它和环氧树脂之间的相容性,以及它对加工工艺和最后复合材料综合性能的影响。

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^E [®] ^C玻璃钢^T复合材料 .9BB7 .7: 73178C
- [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± °CV°ZZN# OV#"jZ#Z#* &y&x x j&- x'x± x#" j #Y °CNYx°CU "ZN# "-x&xVq[u]C<y: 7AJAAAC
- [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 稀十 9BB 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[%]C 中国辐射卫生 3~~A 3: ASUAKC
- [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 [%]C天津大学学报 9B33 .K: 58~U5AAC
- [K] 李江苏, 张瑜等C氧化钐T环氧树脂与聚丙烯酸钐T环氧树脂辐射防护材料的制备工艺) 微观结构及性能[%]C复合材料学报,9B339:A8 IAI C

/2 2m0 4+ 28 0. V8 X182 k 0 8 k V/ XV X0 8 . XV2 k & V8/ Y0 + 40 & X 2 &

 $. w < 1 \times Z N + 1 \quad o \times m = Z + U$

 $(\ y-j\ \#'\ -j\ Zf\ +u\ +x^\circ xj\ \&O-\ v\#''Z' \not \simeq x\ e\ VC,\ .\ ''YC,\ y-j\ \#'\ -j\ Z9\ B3ABA\ ,\ e\ -Z\!\!\!\!\!/ j\)$

V : \\(\frac{1}{2}\) \(\frac{8}{2}\) \(\frac{1}{2}\) \(\frac{8}{2}\) \(\frac{1}{2}\) \(\frac{1}\) \(\frac{1}{2}\) \(\frac{1}{2

6 : j #"Zl#x & & # & YZ "Z\#; °-Zx YZ#' ± j "x & '°; oZ\ &; O\± °\C'Zx°