



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113005427 A

(43)申请公布日 2021.06.22

(21)申请号 201911326049.5

(22)申请日 2019.12.20

(71)申请人 中核北方核燃料元件有限公司

地址 014035 内蒙古自治区包头市青山区
456信箱科技处

(72)发明人 卢永恒 贾昕磊 刘建成 单宏祯

刘业光 康泰峰

(74)专利代理机构 核工业专利中心 11007

代理人 吕岩甲

(51)Int.Cl.

C23C 16/455(2006.01)

C23C 16/458(2006.01)

C23C 16/32(2006.01)

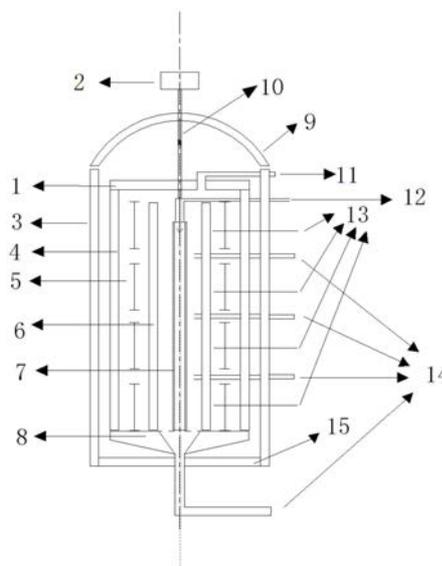
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置

(57)摘要

本发明属于核包壳材料制造技术领域,具体涉及一种全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置。旋转电机放置于炉盖上方,下方与吊挂架相连,保温上盖、外保温层和石墨底座共同组成保温室,石墨底座放置于炉底上方,加热体位于外保温层和内桶之间,内桶放置于加热体和全尺寸碳化硅包壳管之间,吊挂架穿过吸气管下端与全尺寸碳化硅包壳管连接,导气管位于内桶上方,进端通过保温上盖通入沉积室,出端与外部真空管道相连,吸气管进端位于全尺寸碳化硅包壳管上方,出端与外部真空管道相连,测温热偶放置于每段加热体内和内桶之间,每个测温热偶均与测温控温表相连,进气管位于沉积装置的下方和侧方。本发明填补了全尺寸SiC复合材料包壳管制备技术空白。



1. 一种全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置,其特征在于:包括保温上盖、旋转电机、外壳、外保温层、加热体、内桶、石墨底座、炉盖、吊挂架、导气管、吸气管、测温热偶、进气管和炉底;外壳、炉盖、炉底共同组成外部壳体,旋转电机放置于炉盖上方,下方与吊挂架相连,保温上盖、外保温层和石墨底座共同组成保温室,石墨底座放置于炉底上方,加热体位于外保温层和内桶之间,内桶放置于加热体和全尺寸碳化硅包壳管之间,吊挂架穿过吸气管下端与全尺寸碳化硅包壳管连接,导气管位于内桶上方,进端通过保温上盖通入沉积室,出端与外部真空管道相连,吸气管进端位于全尺寸碳化硅包壳管上方,出端与外部真空管道相连,测温热偶放置于每段加热体内和内桶之间,每个测温热偶均与测温控温表相连,进气管位于沉积装置的下方和侧方。

2. 根据权利要求1所述的全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置,其特征在于:所述的外部壳体由中空双层不锈钢材料制造。

3. 根据权利要求1所述的全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置,其特征在于:所述的保温上盖和外保温层由高温碳毡加工。

4. 根据权利要求1所述的全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置,其特征在于:所述的加热体采用高密石墨材料,为精确控温采取分段加热,各段加热体首尾相连,外部由保温室包裹。

5. 根据权利要求1所述的全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置,其特征在于:所述的导气管由高密石墨制备。

6. 根据权利要求1所述的全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置,其特征在于:所述的进气管将氩气、氢气、三氯甲基硅烷挥发气的混合气送入沉积室,送气采用底部多孔通入和侧方分段送入的方式。

7. 根据权利要求1所述的全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置,其特征在于:对全尺寸碳化硅包壳管进行气相沉积,具体步骤如下:将全尺寸碳化硅包壳管放入内桶之内,将全尺寸碳化硅包壳管上端与吊挂架下方连接,盖上保温盖,装入导气管,将吊挂架上端与旋转电机相连,盖上炉盖;加热到沉积温度后,通过进气管在沉积装置底部和侧方同时通入沉积气体,启动旋转电机带动吊挂架和全尺寸碳化硅包壳管旋转,打开导气管和吸气管阀门;打开炉盖,断开旋转电机与吊挂架之间的连接,取出导气管,抬起保温上盖,取出全尺寸碳化硅包壳管。

一种全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置

技术领域

[0001] 本发明属于核包壳材料制造技术领域,具体涉及一种全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置。

背景技术

[0002] 目前,所有的商用轻水反应堆燃料包壳都是以Zr为基体的合金。这一族材料经过50多年的研究和应用,核燃料的性能以及此类燃料包壳的可靠性均有大幅度的提升。然而,锆合金包壳的服役寿命要受到材料腐蚀性能的影响,即在反应堆冷却剂中的氧化,尤其是氢的吸收,而且,一旦遇到高温蒸汽,锆合金的腐蚀将更为迅速。同时,随着²³⁵U富集度的进一步增加,或者由于其它方面的变化使得燃料中裂变产物的量进一步升高,这就要求研发具有更为优良的抗辐照损伤和耐腐蚀性能的其它材料,同时,也要求此类材料在发生严重事故的条件下,其性能恶化的程度能够进一步降低。因此,从长远的发展趋势来看,开发新型包壳材料势在必行。SiC复合材料能够满足轻水反应堆对更高安全性、更高性能以及更高经济性的要求,相对于锆合金包壳,以SiC为基体的燃料包壳优势更为明显,具体如下:

[0003] 对热中子的吸收率更低(比相同壁厚的锆包壳低~25%);

[0004] 在正常运行过程中几乎不存在腐蚀和氢的聚集,这样可以大幅提高燃料的寿命和提升燃料的富集度;

[0005] 高温条件下几乎不损失强度,且腐蚀速率低;

[0006] 发生重大事故时降解速率极低:不会熔毁,腐蚀速率低,微量/无氢气。

[0007] 基于上述特点, SiC是一种非常有应用前景的包壳材料。因此,开展SiC_f/SiC复合材料及其包壳制备工艺的研究,对于提升燃料元件寿命、提高燃料燃耗以及增加反应堆运行经济效益有着重要的意义。

[0008] 目前,美国、日本、法国等传统核电强国均在此领域开展研发,公开报道的信息大部分属于缩比小样品研究成果,而全尺寸SiC复合材料包壳管的制备并不是简单的缩比件试验装置的扩大,全尺寸SiC复合材料包壳管长度为4m,其自身制备难度较大,制备过程很容易出现内部与外部不均匀、长度方向不均匀的问题,需设计解决样品尺寸精度、均匀性等问题,本发明在前期缩比样品试验的基础上,不断探索改进,研发了一种全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置,将全尺寸SiC复合材料包壳管预制骨架放置于气相沉积装置内,加热到一定温度后,通入氩气、氢气、三氯甲基硅烷挥发气,在一定压力条件下进行气相沉积试验,制备全尺寸SiC复合材料包壳管。

[0010] 为达到上述目的,本发明所采取的技术方案为:

[0011] 一种全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置,包括保温上盖、旋转电机、

外壳、外保温层、加热体、内桶、石墨底座、炉盖、吊挂架、导气管、吸气管、测温热偶、进气管和炉底；外壳、炉盖、炉底共同组成外部壳体，旋转电机放置于炉盖上方，下方与吊挂架相连，保温上盖、外保温层和石墨底座共同组成保温室，石墨底座放置于炉底上方，加热体位于外保温层和内桶之间，内桶放置于加热体和全尺寸碳化硅包壳管之间，吊挂架穿过吸气管下端与全尺寸碳化硅包壳管连接，导气管位于内桶上方，进端通过保温上盖通入沉积室，出端与外部真空管道相连，吸气管进端位于全尺寸碳化硅包壳管上方，出端与外部真空管道相连，测温热偶放置于每段加热体内和内桶之间，每个测温热偶均与测温控温表相连，进气管位于沉积装置的下方和侧方。

[0012] 所述的外部壳体由中空双层不锈钢材料制造。

[0013] 所述的保温上盖和外保温层由高温碳毡加工。

[0014] 所述的加热体采用高密石墨材料，为精确控温采取分段加热，各段加热体首尾相连，外部由保温室包裹。

[0015] 所述的导气管由高密石墨制备。

[0016] 所述的进气管将氩气、氢气、三氯甲基硅烷挥发气的混合气送入沉积室，送气采用底部多孔通入和侧方分段送入的方式。

[0017] 对全尺寸碳化硅包壳管进行气相沉积，具体步骤如下：将全尺寸碳化硅包壳管放入内桶之内，将全尺寸碳化硅包壳管上端与吊挂架下方连接，盖上保温盖，装入导气管，将吊挂架上端与旋转电机相连，盖上炉盖；加热到沉积温度后，通过进气管在沉积装置底部和侧方同时通入沉积气体，启动旋转电机带动吊挂架和全尺寸碳化硅包壳管旋转，打开导气管和吸气管阀门；打开炉盖，断开旋转电机与吊挂架之间的连接，取出导气管，抬起保温上盖，取出全尺寸碳化硅包壳管。

[0018] 本发明所取得的有益效果为：

[0019] 本发明研发了一种全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置，采用该装置成功制备了4m长全尺寸SiC复合材料包壳管样件，通过沉积过程包壳管旋转、上端吸气、底部和侧方多孔进气的方式解决了沉积过程内外和长度方向上不均匀问题。样件相对密度可达到85%以上，抗拉强度达到150MPa以上，填补了全尺寸SiC复合材料包壳管制备的技术空白。该工艺为新一代包壳材料，碳化硅纤维增强复合材料包壳的研制和应用提供技术基础和保障。

附图说明

[0020] 图1为全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置结构图；

[0021] 图中：1、保温上盖；2、旋转电机；3、外壳；4、外保温层；5、加热体；6、内桶；7、全尺寸碳化硅包壳管；8、石墨底座；9、炉盖；10、吊挂架；11、导气管；12、吸气管；13、测温热偶；14、进气管；15、炉底。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0023] 如图1所示，一种全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积的装置包括：保温上盖1、旋转电机2、外壳3、外保温层4、加热体5、内桶6、石墨底座8、炉盖9、吊挂架10、导气管11、

吸气管12、测温热偶13、进气管14和炉底15。

[0024] 外壳3、炉盖9、炉底15共同组成了沉积装置的外部壳体,由中空双层不锈钢材料制造,其主要作用是将装置内部空间与外部大气隔开,形成密闭空间,即可抽真空,又可通入沉积气体进行全尺寸碳化硅复合材料包壳管制备,旋转电机2放置于炉盖9上方,下方与吊挂架10相连,工作时带动吊挂架和包壳管不断旋转,以保证全尺寸碳化硅复合材料包壳管在圆周方向上沉积均匀。保温上盖1、外保温层4和石墨底座8共同组成了保温室,保温上盖1和外保温层4由高温碳毡加工,保温室主要作用是防止加热体热量散失,保证沉积区域热量分布均匀,石墨底座8放置于炉底15基座上方,一方面起到保温支撑的作用,另一方面将底部进气管通入的沉积气体分流。加热体5位于外保温层4和内桶6之间,加热体采用高密石墨材料,为精确控温采取分段加热,各段加热体首尾相连,外部由保温室包裹,加热体作用是加热达到气相沉积所需温度。内桶6放置于加热体5和全尺寸碳化硅包壳管7之间,作用是约束通入的沉积气体,形成气相沉积所需的气体流场。吊挂架10穿过吸气管12下端与全尺寸碳化硅复合材料包壳管7连接。导气管11位于内桶上方,进端通过保温上盖1通入沉积室,出端与外部真空管道相连,导气管11的作用是将沉积尾气排入真空管道,由高密石墨制备。吸气管12进端位于全尺寸碳化硅复合材料包壳管7上方,出端与外部真空管道相连,吸气管12的作用是在包壳管一端吸气,使沉积气体可以流入到包壳管内部,以保证包壳管内外沉积均匀。测温热偶13放置于每段加热体内和内桶之间,每个热偶均与测温控温表相连。进气管14位于沉积装置的下方和侧方,进气管的作用是将氩气、氢气、三氯甲基硅烷挥发气的混合气送入沉积室,送气采用底部多孔通入和侧方分段送入的方式,以确保沉积室内气体均匀,保证全尺寸SiC复合材料包壳管在长度方向上沉积均匀。

[0025] 采用所述的全尺寸SiC复合材料包壳管化学气相沉积装置,对全尺寸SiC复合材料包壳管进行气相沉积,具体步骤如下:

[0026] (1) 装炉:将全尺寸SiC复合材料包壳管7放入内桶6之内,将全尺寸SiC复合材料包壳管7上端与吊挂架10下方连接,盖上保温盖1,装入导气管11,将吊挂架10上端与旋转电机2相连,盖上炉盖9。

[0027] (2) 沉积:加热到沉积温度后,通过进气管14,在装置底部和侧方同时通入沉积气体,启动旋转电机2带动吊挂架10和全尺寸SiC复合材料包壳管7旋转,打开导气管11和吸气管12阀门。

[0028] (3) 打开炉盖9,断开旋转电机2与吊挂架10之间的连接,取出导气管11,抬起保温上盖1,取出全尺寸SiC复合材料包壳管7。

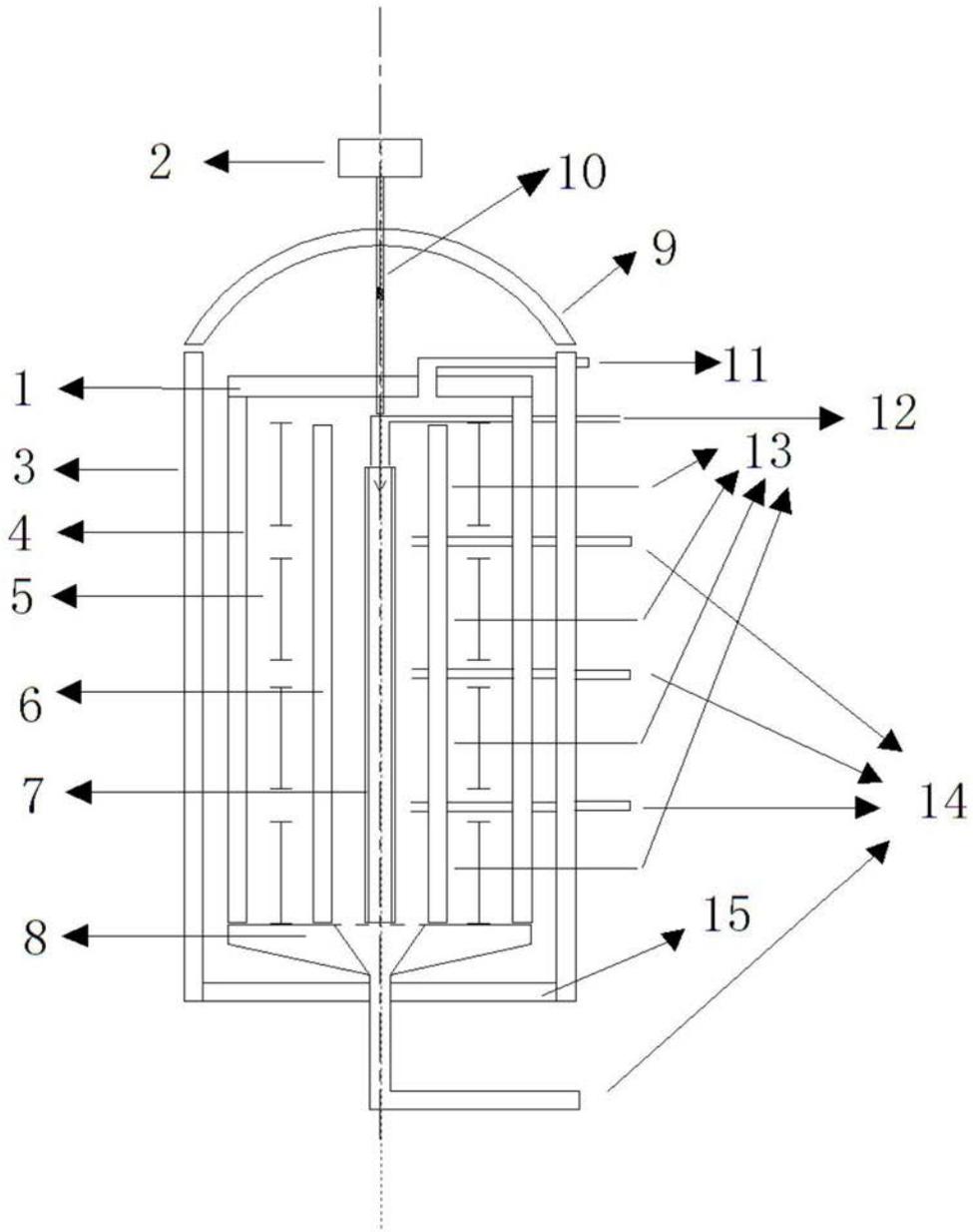


图1