



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105696719 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 22

(21) 申请号 201610053937. 4

(22) 申请日 2016. 01. 26

(71) 申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工路  
2号

(72) 发明人 霍林生 王银坤 李宏男

(74) 专利代理机构 大连理工大学专利中心

21200

代理人 温福雪 李宝元

(51) Int. Cl.

E04B 1/98(2006. 01)

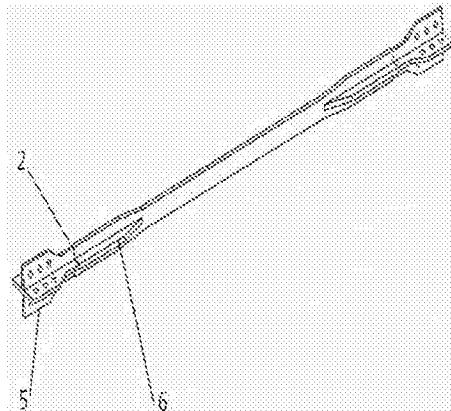
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种采用 GFRP 角钢约束的防屈曲耗能支撑  
结构

(57) 摘要

本发明属于土木工程结构减震抗风技术领域，提供了一种采用 GFRP 角钢约束的防屈曲耗能支撑结构。该防屈曲耗能支撑结构以中间窄两端宽的芯板为主体结构，芯板两端加宽的区域分别对称设有两个加劲肋板，形成端部为十字形的结构；芯板的两端延伸部分为十字形安装节点板，安装节点板上设有螺孔，支撑结构通过 GFRP 高强螺栓和安装节点板与框架结构连接；四个 GFRP 角钢分别设置在芯板周围，组成十字形，再通过 GFRP 高强螺栓与芯板固定在一起。约束部件为采用 GFRP 角钢，其自身重量轻，且强度高，即通常所说的轻质高强。除此外，其抗腐蚀、抗疲劳性能好，可以在酸、碱、氯盐和潮湿的环境中长期使用，因而可提高结构的使用寿命。



1. 一种采用GFRP角钢约束的防屈曲耗能支撑结构，其特征在于，该防屈曲耗能支撑结构包括芯板、防摩擦层、GFRP角钢、GFRP高强螺栓、安装节点板和加劲肋；

该防屈曲耗能支撑结构的纵向构成为三部分：无约束非屈服段、约束非屈服段和约束屈服段；

约束屈服段为防屈曲耗能支撑结构的中间段，完全包裹在约束部件GFRP角钢中，其截面采用一字形；约束非屈服段是约束屈服段的延伸部分，包裹在约束部件GFRP角钢中，通过焊接加劲肋增大约束非屈服段的截面宽度；无约束非屈服段是约束非屈服段的延伸部分，其未被约束部件GFRP角钢包裹，其为支撑与框架结构连接的部分；避免安装节点板与约束部件GFRP角钢之间接触，在无约束非屈服段处设置外部预留空间；

该防屈曲耗能支撑结构以中间窄两端宽的芯板为主体结构，芯板两端加宽的区域分别对称设有两个加劲肋板，形成端部为十字形的结构；芯板的两端延伸部分为十字形安装节点板，安装节点板上设有螺孔，支撑结构通过GFRP高强螺栓和安装节点板与框架结构连接；四个GFRP角钢分别设置在芯板周围，组成十字形，再通过GFRP高强螺栓与芯板固定；所述的芯板与约束部件GFRP角钢之间还设有防摩擦层。

2. 根据权利要求1所述的防屈曲耗能支撑结构，其特征在于，所述的芯板为低屈服点08F钢，屈服强度为 $176N/mm^2$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的防屈曲耗能支撑结构，其特征在于，所述的防摩擦层为无粘结可膨胀材料：橡胶、聚乙烯、硅胶或乳胶，有效减少或消除芯板与约束部件GFRP角钢间的摩擦力和剪力。

## 一种采用GFRP角钢约束的防屈曲耗能支撑结构

### 技术领域

[0001] 本发明属于土木工程结构减震抗风技术领域,一种采用GFRP角钢约束的防屈曲耗能支撑结构。

### 背景技术

[0002] 现代建筑结构在设计过程中必须要考虑建筑结构的抗震性能,特别是位于地震高发区的建筑结构。除了需要预防地震破坏外,许多建筑结构的设计还需要考虑其抗风性能。

[0003] 耗能减震结构体系与传统的抗震结构体系相比,在安全性、经济性和技术合理性方面都要优越一些。传统抗震结构的基本原理是通过增强结构本身的抗震性能(强度、刚度)来抵御地震作用,即依靠结构本身和承重构件的损坏来储存、转换和消耗地震能量。结构抗震能力主要取决于结构的弹塑性变形能力与滞回环耗能能力,而结构本身不具备自我调节的能力,可以说是被动消极的抗震措施。

[0004] 耗能减震结构体系由于设有非承重耗能构件(耗能支撑、耗能剪力墙等),他们具有较大的耗能能力,在强震中耗能元件能率先进入耗能状态,消耗输入结构中的地震能量及衰减结构的地震反应,保护主体结构和构件免遭损坏,从而确保结构在强震中的安全性。耗能减震结构是通过“柔性消能”的方式减少结构的地震反应,主体结构和消能装置分工明确,主体结构的承重构件负责承受主要荷载,而消能装置并非承重构件,仅承担为结构提供较大阻尼,耗散输入结构的地震能量的作用。这样一方面能够减少结构构件的设置、断面和配筋,另一方面由于消能装置的协调合作,耗散了一部分地震能量,从而提高了结构整体的抗震安全度。工程资料表明,采用消能减震结构体系,对于新建建筑可以节省结构5%~10%的造价。随着建筑技术的不断发展,高强轻质材料越来越多的被采用,结构构件断面越来越小,房屋高度越来越高,结构跨度也越来越大,若要满足结构抗震的要求,已无法采用传统抗震理论中的单纯依靠构件的强度和刚度,以“硬碰硬”的方式来抵御地震的方法,而耗能减震结构则更加倾向于“以柔克刚”,结构越高、越柔、跨度越大,消能减震效果越显著。因而,耗能减震结构更加适应现代建筑技术的发展。

[0005] 现在的建筑结构系统中,框架结构和框架-支撑结构应用十分广泛。纯框架结构的抗侧刚度有限,在地震和强风荷载作用下,侧向位移较大,限制了他的应用高度。框架-支撑结构在一定程度上解决了结构抗侧刚度的问题,但其在强震作用下受压时易产生屈曲现象,极易造成支撑本身或连结的破坏与失效,同时支撑屈曲后的滞回性能能力变差,很难有效的耗能,使结构的抗震能力降低。为解决支撑受压屈曲的问题,一些学者研发出一种能防止屈曲的支撑构件,称为防屈曲耗能支撑。防屈曲耗能支撑一般由3部分组成,即核心单元、约束单元及滑动机制单元。常见的防屈曲耗能支撑包括两种类型,即灌浆型和纯钢型。灌浆型指约束材料为混凝土材料,而纯钢型则指整个产品仅使用钢材的情况。灌浆型产品为早期产品,在各国使用较为广泛,而纯钢型则相对发展较晚,但由于其自身优势明显,已开始在各国大面积使用。但是,这两种类型的防屈曲耗能支撑存在一个共同问题,就是支撑装置自身重量太大,给安装和应用带来很大不便。

[0006] 社会科学技术和土木工程结构学科发展迅速,这在很大程度上得益于性质优异的新材料、新技术的应用和发展。其中GFRP(Glass Fiber Reinforced Plastics)以其优异的力学性能及适应现代工程结构向大跨、高耸、重载、轻质发展的需求,正被越来越广泛地应用于桥梁工程、各类民用建筑、海洋工程、地下工程中,受到了结构工程界的广泛关注。GFRP各方面性能如下:(1)抗拉强度高。GFRP的抗拉强度均明显高于钢筋,与高强钢丝抗拉强度差不多,一般是钢筋的2倍甚至达10倍。(2)GFRP材料抗腐蚀、抗疲劳性能好,可以在酸、碱、氯盐和潮湿的环境中长期使用,因而可提高结构的使用寿命,这是其它结构材料难以做到的。(3)重量很轻,但强度很高,即通常所说的轻质高强。因此采用GFRP材料可减轻结构自重,施工方便,其重量一般为钢材的20%。(4)良好的可设计性。GFRP属于人工材料,可根据工程需要采用不同纤维材料、纤维含量和铺陈方式等不同工艺设计出不同强度指标、弹性模量及特殊性能要求的GFRP产品,且GFRP产品形状可灵活设计。(5)可工厂化生产,现场安装,有利于保证工程质量、提高劳动效率和建筑工业化。

## 发明内容

[0007] 本发明的目的是要解决现有防屈曲支撑存在的以下两方面问题:(1)现有的灌浆型和纯钢型防屈曲支撑存在自重大、不易安装的问题;(2)焊接连接装配式防屈曲支撑存在对约束部件产生损伤,而且一旦焊接完成,约束部件不易分开,分开时也必将损坏约束部件的问题。

[0008] 本发明的技术方案:

[0009] 一种采用GFRP角钢约束的防屈曲耗能支撑结构,包括芯板、防摩擦层、GFRP角钢、GFRP高强螺栓、安装节点板和加劲肋;

[0010] 该防屈曲耗能支撑结构的纵向构成为三部分:无约束非屈服段a、约束非屈服段b和约束屈服段c;

[0011] 约束屈服段c为防屈曲耗能支撑结构的中间段,完全包裹在约束部件GFRP角钢中,其截面采用一字形;约束非屈服段b是约束屈服段c的延伸部分,包裹在约束部件GFRP角钢中,通过焊接加劲肋6增大约束非屈服段b的截面宽度;无约束非屈服段a是约束非屈服段b的延伸部分,其未被约束部件GFRP角钢包裹,其为支撑与框架结构连接的部分;避免安装节点板5与约束部件GFRP角钢3之间接触,在无约束非屈服段a处设置外部预留空间d;

[0012] 该防屈曲耗能支撑结构以中间窄两端宽的芯板1为主体结构,芯板两端加宽的区域分别对称设有两个加劲肋板6,形成端部为十字形的结构;芯板1的两端延伸部分为十字形安装节点板5,安装节点板5上设有螺孔,支撑结构通过GFRP高强螺栓4和安装节点板5与框架结构连接;四个GFRP角钢3分别设置在芯板1周围,组成十字形,再通过GFRP高强螺栓与芯板1固定在一起。所述的芯板1与约束部件GFRP角钢3之间还设有防摩擦层2。

[0013] 所述的芯板1为典型的低屈服点钢—08F钢,它的屈服强度只有 $176\text{N/mm}^2$ ,且其屈服强度离散程度很小,只有 $\pm 20\text{N/mm}^2$ ,没有明显的屈服点,并且延性滞回性能很好,在很小的变形时就屈服耗能,是一种非常好的耗能材料。

[0014] 所述的防摩擦层2为无粘结可膨胀材料,如橡胶、聚乙烯、硅胶、乳胶等,可有效减少或消除芯板1与约束部件GFRP角钢3间的摩擦力和剪力。

[0015] 本发明的有益效果:

[0016] 1、GFRP角钢约束的防屈曲耗能支撑结构与其它一般防屈曲支撑相比,约束部件为采用GFRP材料的角钢,其自身重量轻,且强度高,即通常所说的轻质高强。除此外,其抗腐蚀、抗疲劳性能好,可以在酸、碱、氯盐和潮湿的环境中长期使用,因而可提高结构的使用寿命;

[0017] 2、GFRP角钢约束的防屈曲耗能支撑结构的芯板和GFRP角钢是通过螺栓组装在一起的,当角钢或内核芯板发生损坏后可方便拆卸,易于更换;

[0018] 3、GFRP角钢约束的防屈曲耗能支撑结构通过螺栓连接到节点板上,可避免现场焊接及检测,安装方便且经济。

## 附图说明

[0019] 图1是本发明的整体结构模型图。

[0020] 图2是本发明的内部结构组成图。

[0021] 图3是本发明的两端截面图。

[0022] 图4是本发明的外部平面结构组成图。

[0023] 图5是本发明的A-A截面图。

[0024] 图6是本发明的B-B截面图。

[0025] 图中:1芯板;2防摩擦层;3GFRP角钢;4GFRP高强螺栓;5安装节点板;

[0026] 6加劲肋;a无约束非屈服段;b约束非屈服段;c约束屈服段;d外部预留

[0027] 空间。

## 具体实施方式

[0028] 以下结合附图和技术方案,进一步说明本发明的具体实施方式。

[0029] 本发明提供了一种GFRP角钢约束的防屈曲耗能支撑结构,其加工步骤及具体实施方式如下:

[0030] 加工步骤:

[0031] 一、制备芯板1并焊接加劲肋板6:在防屈曲支撑的内核单元芯板的约束非屈服段焊接加劲肋板6,得到带加劲肋板的防屈曲支撑内核单元芯板1;二、制备GFRP角钢3:根据步骤一得到的带加劲肋板的防屈曲支撑内核单元芯板1,制备四个完全相同的,且大小合适的GFRP角钢3;三、制备GFRP高强螺栓4:利用GFRP材料制备一定数量的高强螺栓4;四、在GFRP角钢3上钻孔:依据步骤二和三得到的GFRP角钢3和GFRP高强螺栓4,在GFRP角钢3上面钻取适合螺栓的螺栓孔;五、无粘结处理:以橡胶作为无粘结防摩擦层2对步骤一得到的带加劲肋板的防屈曲支撑内核单元芯板1进行无粘结处理,得到无粘结处理后的防屈曲支撑内核单元;六、组装包裹:利用步骤二得到的四个GFRP角钢3和步骤三得到的GFRP高强螺栓4,将步骤五得到的无粘结处理后防屈曲支撑内核单元夹住组装在一起,完成组装得到GFRP角钢约束的防屈曲耗能支撑结构。最后将GFRP角钢约束的防屈曲耗能支撑结构通过GFRP高强螺栓4和安装节点板5上连接到框架结构上。

[0032] 在地震作用下,防屈曲支撑装置所承受的轴向力作用全部由支撑中心的芯板1承受,该芯板1在轴向拉力和压力作用下屈服耗能;而外围的约束部件GFRP角钢3提供给芯板1弯曲限制,来增加芯板1的刚度,防止芯板1在受压时发生整体屈曲并约束其局部屈曲,使芯

板1在拉力和压力作用下都能达到全截面的充分屈服,保证滞回曲线的稳定;由于泊松效应,芯板1在受压情况下会膨胀,因此在芯板1和约束部件GFRP角钢3之间设有一层无粘结防摩擦层橡胶片层2,可以减少或消除芯板1受轴力时传给约束部件GFRP角钢3;在约束非屈服段,芯板1上设有加劲肋6来增加构件截面积,以此确保其在弹性阶段工作。

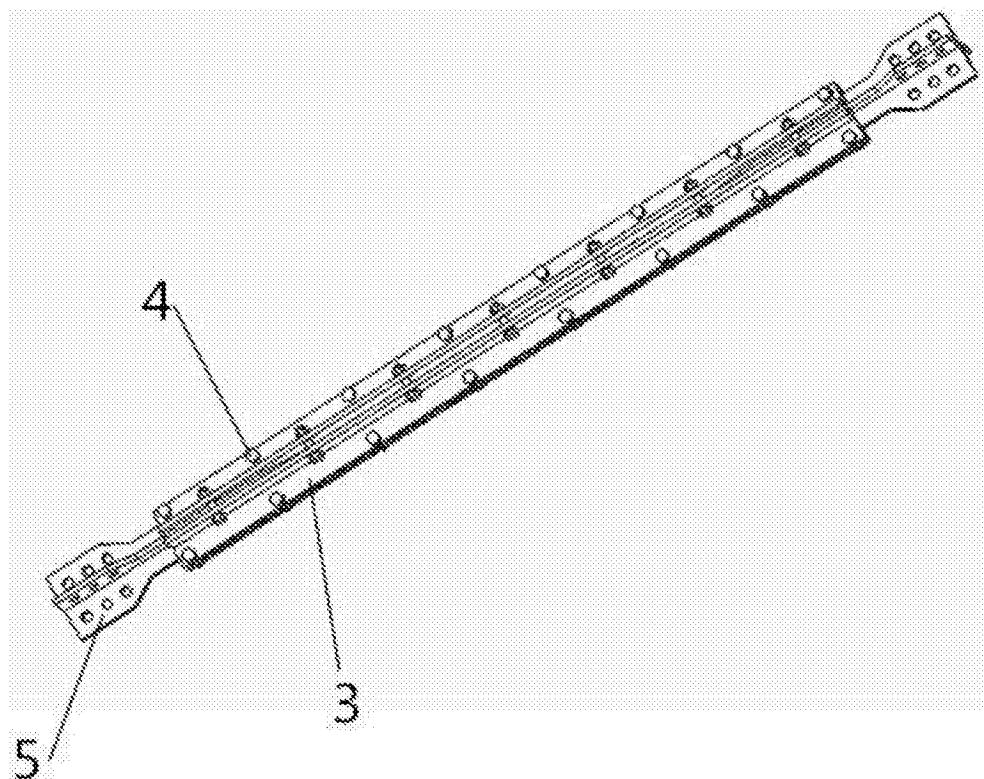


图1

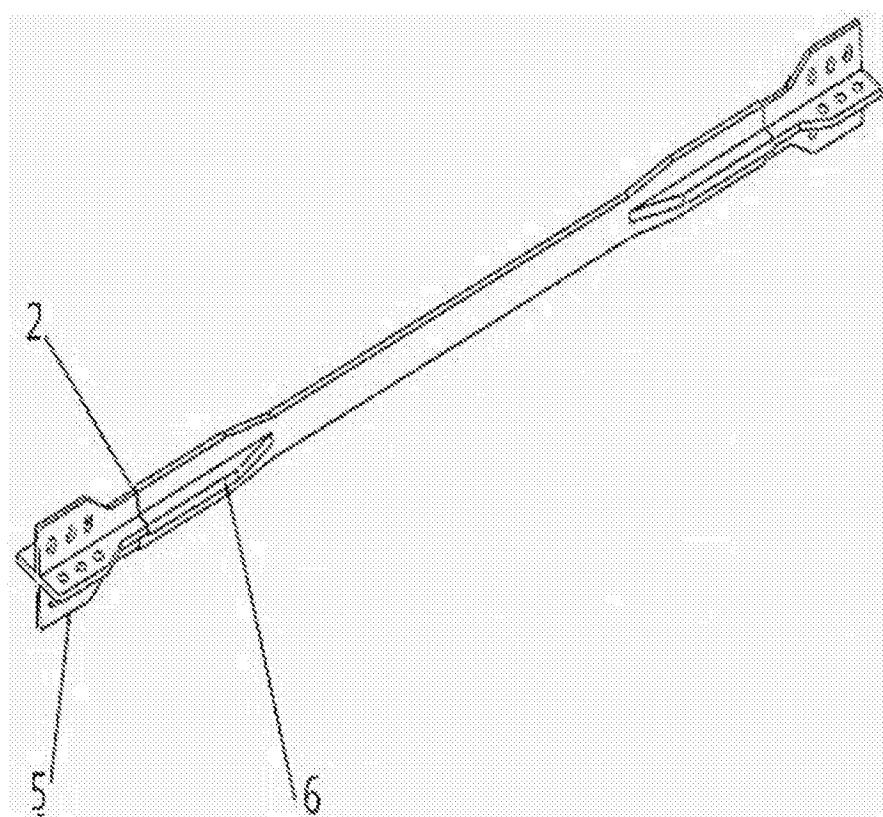


图2

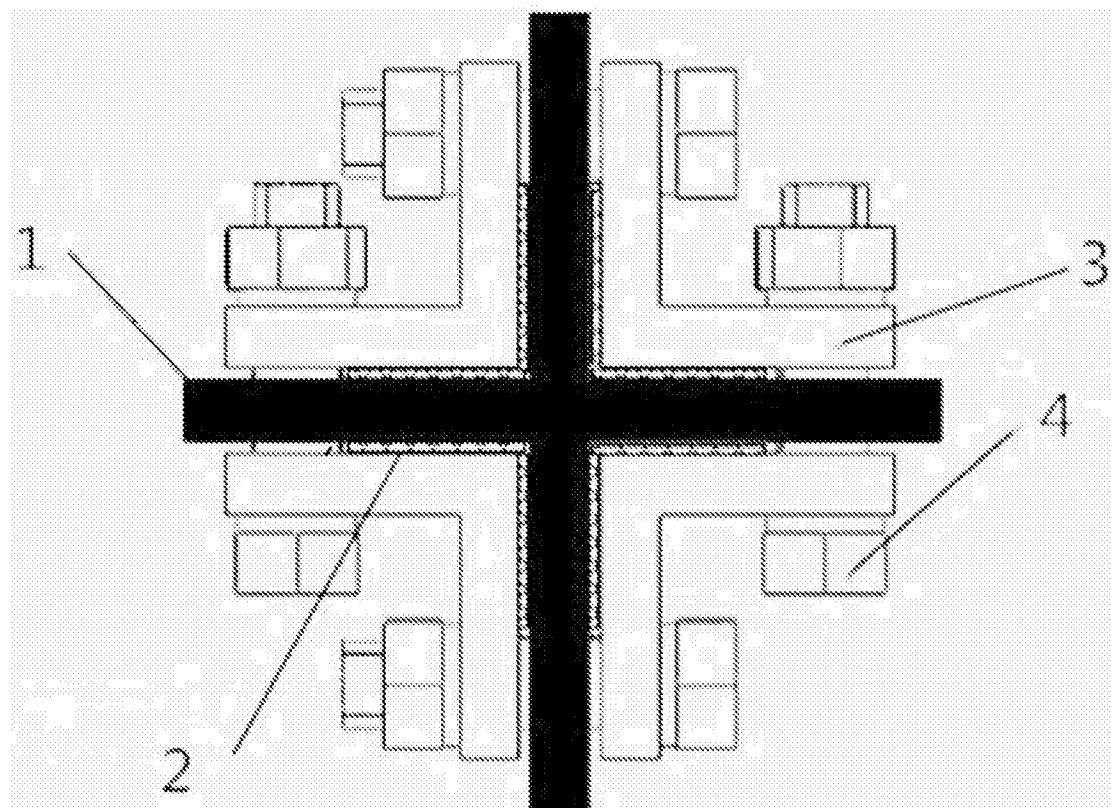


图3

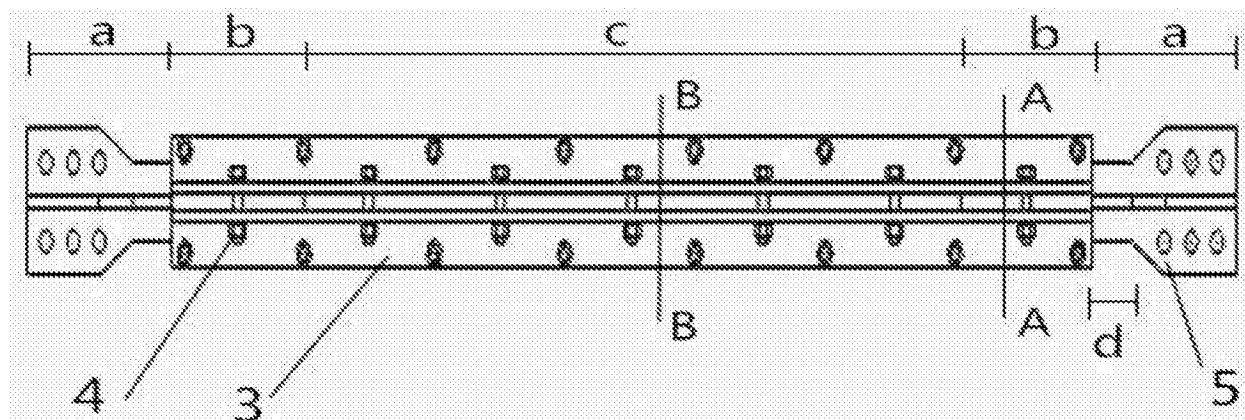


图4

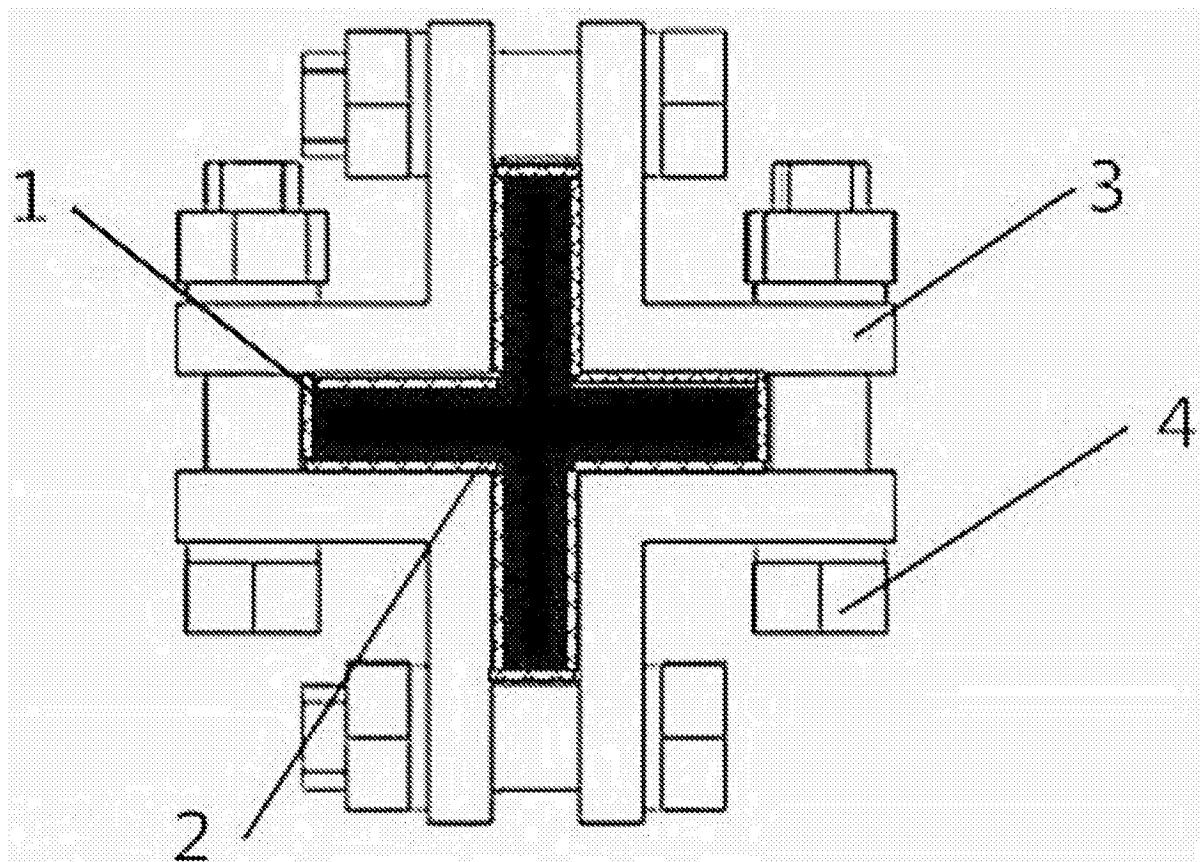


图5

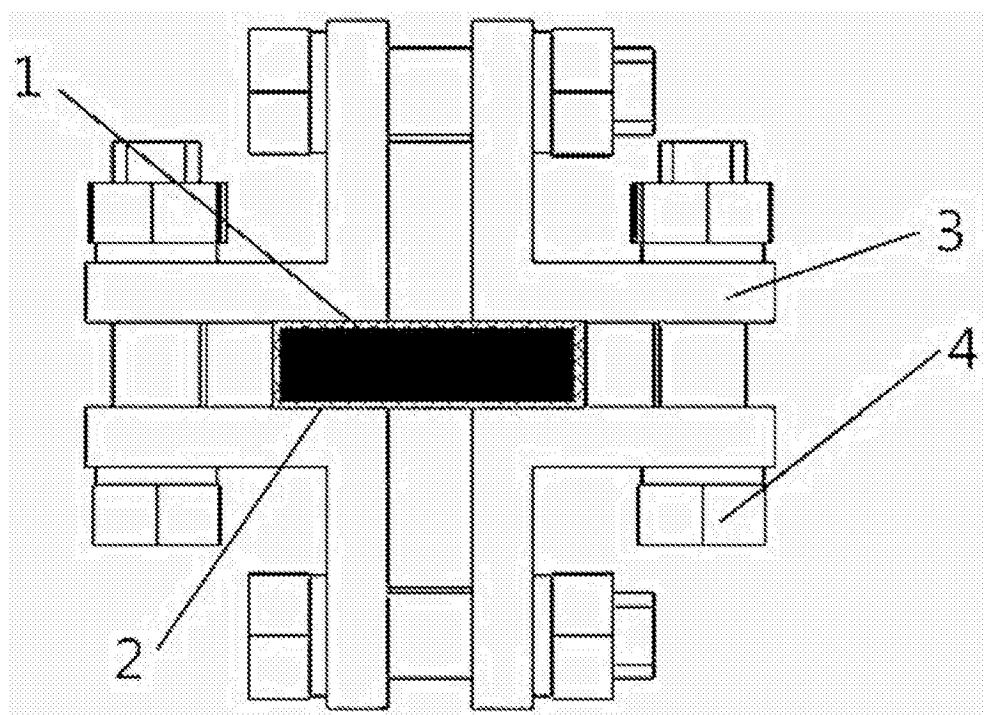


图6