(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113683331 A
(43)申请公布日 2021.11.23

(21)申请号 202110879260.0

(22)申请日 2021.08.02

(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 丁一宁 王庆轩 葛茂林 李东升 晏楚 陈佳军

(74)专利代理机构 大连理工大学专利中心 21200
代理人 李晓亮

(51)Int.Cl.
C04B 20/12(2006.01)
C04B 20/02(2006.01)

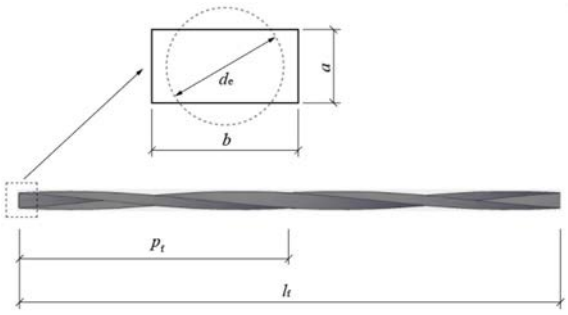
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

一种螺旋形玄武岩微筋及制备方法

(57)摘要

本发明提供一种螺旋形玄武岩微筋及制备方法，属于新型复合材料领域。该微筋包括玄武岩单丝纤维和耐碱浸润剂；将500～1500根平行的玄武岩单丝纤维通过耐碱浸润剂集束粘结后，依次经挤压成形、螺旋扭转、二次浸润、烘干硬化、切断后得到螺旋形玄武岩微筋。该微筋的制作工艺简单，截面刚度高，掺入混凝土中不易结团与脆断，可显著提高微筋在新拌混凝土中的掺量上限；微筋的螺旋形结构可改善其与混凝土之间的粘结性能，能够更加有效地桥接裂缝和限制裂缝扩展，从而显著改善混凝土的力学性能与耐久性；此外，微筋具有良好的耐碱、耐氯盐腐蚀性能，有利于提高混凝土的耐久性。



CN 113683331 A

1.一种螺旋形玄武岩微筋,其特征在于,所述的微筋包括单丝纤维(1)和耐碱浸润剂(5);将500～1500根平行的单丝纤维(1)通过耐碱浸润剂(5)集束粘结后,依次经挤压成形、螺旋扭转、二次浸润、烘干硬化、切断后得到螺旋形玄武岩微筋,其截面为矩形,长度为30～60mm、螺距为15～25mm。

2.根据权利要求1所述的一种螺旋形玄武岩微筋,其特征在于,所述的单丝纤维(1)为玄武岩单丝纤维。

3.根据权利要求1所述的一种螺旋形玄武岩微筋,其特征在于,所述矩形的长宽比2～5、等效直径0.5～0.8mm。

4.根据权利要求1所述的一种螺旋形玄武岩微筋,其特征在于,该微筋的表面形式为螺旋形结构。

5.根据权利要求1所述的一种螺旋形玄武岩微筋,其特征在于,所述的耐碱浸润剂(5)采用改性耐碱环氧树脂、改性聚丙烯酸酯、改性聚醋酸乙烯酯。

6.权利要求1-5任一所述的一种螺旋形玄武岩微筋的制备方法,其特征在于以下步骤:

第一步,将500～1500根平行的单丝纤维(1)通过耐碱浸润剂(5)集束粘结,然后采用专用模具将纤维束挤压成矩形;

第二步,在耐碱浸润剂(5)硬化前,将纤维束沿长度方向进行扭转以制得螺旋形纤维束,控制螺距为15～25mm;

第三步,将制得的螺旋形纤维束在耐碱浸润剂(5)中进行二次浸润;

第四步,将二次浸润后的螺旋形纤维束进行烘干硬化处理,然后将其切断为长度30～60mm的短切纤维束,即为螺旋形玄武岩微筋。

7.根据权利要求6所述的一种螺旋形玄武岩微筋的制备方法,其特征在于,所述第三步的浸润时间5～30s。

8.根据权利要求6所述的一种螺旋形玄武岩微筋的制备方法,其特征在于,所述的烘干硬化处理温度为150～200℃、烘干时间2～5min。

一种螺旋形玄武岩微筋及制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种螺旋形玄武岩微筋及制备方法，属于新型复合材料领域。

背景技术

[0002] 玄武岩纤维具有抗拉强度高(>3000MPa)、耐腐蚀性好、热稳定性好等优点。相比于玻璃纤维，玄武岩纤维更加绿色、环保；生产每千克玄武岩纤维所需的总能耗(13MJ)比玻璃纤维(24MJ)降低46％，且玄武岩纤维的耐碱性能较高，与耐碱玻璃纤维(14.5wt％ZrO_2)相当，更适合应用于混凝土基体的强碱性环境(pH>12.5)中。相比于钢纤维，玄武岩纤维的抗氯离子侵蚀性能更为出色，作为增强材料应用于混凝土时，可避免类似钢纤维的锈蚀问题，保证玄武岩纤维在混凝土裂缝处具有良好的耐腐蚀性能，从而改善混凝土的耐久性与适用性。目前，短切玄武岩纤维主要有以下三种：单丝纤维、平直形微筋及带肋微筋；其中，平直形微筋与带肋微筋尚未投入工程应用。以上三种短切玄武岩纤维应用于混凝土时存在以下问题：

[0003] 1)单丝纤维是目前应用于工程中的主要产品，其直径一般小于20μm，其较小的截面刚度及单位质量极高的纤维根数(表1)对新拌混凝土工作度的负面影响很大，极易引起纤维在混凝土中的结团现象(图1a)及混凝土含气量的明显上升，导致纤维掺量难以提高。因此，单丝纤维对混凝土的增韧效果甚微，主要以较低的掺量在混凝土中限制收缩裂缝。

[0004] 表1玄武岩单丝纤维与螺旋形玄武岩微筋的物理及几何特征参数

[0005]

纤维种类	长度 (mm)	等效直径 (mm)	弹性模量 (GPa)	惯性矩 (mm^4)	截面刚度 ($N\cdot mm^2$)	纤维根数 (Pieces/kg)
玄武岩单丝纤维	35	0.015	80-100	2.49×10^{-9}	$(1.99\text{-}2.49)\times10^{-4}$	6.22×10^{6}
螺旋形玄武岩微筋	35	0.55	80-100	2.18×10^{-3}	174-218	9.64×10^{4}

[0006] 2)平直形微筋与混凝土在脱粘前，二者的粘结性能主要取决于微筋与混凝土的化学和物理粘结力；在脱粘后，平直形微筋在混凝土中发生滑移，拔出荷载快速减小，粘结性能主要取决于摩擦力。平直形微筋的粘结-滑移曲线包围的面积较小(图2)，微筋的滑移耗能能力较弱，对混凝土的增韧效果较差。

[0007] 3)带肋微筋的制作工艺较复杂；此外，横向肋在受力过程中可能与短切纤维束芯柱发生剥离，导致带肋微筋对混凝土的增韧效果下降。

发明内容

[0008] 针对上述短切玄武岩纤维应用于混凝土中的不足，本发明旨在提供一种具有螺旋形结构的玄武岩微筋，如图4所示。该微筋的截面刚度较单丝纤维提高了近8.76×10^{5}倍(表1)，掺入混凝土中不易结团与脆断，可显著提高微筋在混凝土中的掺量上限；与平直形微筋相比，该微筋与混凝土之间具有更好的粘结性能，如图2所示。因此，该微筋能够显著改善混凝土的力学性能与耐久性。此外，与带肋微筋相比，该微筋的制作工艺更为简单且成本较低。

[0009] 为达到上述目的，本发明采用的技术方案如下：

[0010] 一种螺旋形玄武岩微筋，其横截面如图3所示，包括单丝纤维1和耐碱浸润剂5。所述的单丝纤维1为玄武岩单丝纤维；所述的耐碱浸润剂5采用改性耐碱环氧树脂、改性聚丙烯酸酯、改性聚醋酸乙烯酯等。将500～1500根平行的单丝纤维1通过耐碱浸润剂5集束粘结后，依次经挤压成形、螺旋扭转、二次浸润、烘干硬化、切断后得到螺旋形玄武岩微筋，其截面为矩形，长度为30～60mm、螺距为15～25mm；所述矩形的长宽比2～5、等效直径0.5～0.8mm。

[0011] 一种螺旋形玄武岩微筋的制备方法，包括以下步骤：

[0012] 第一步，将500～1500根平行的单丝纤维1通过耐碱浸润剂5集束粘结，然后采用专用模具将纤维束挤压成矩形。

[0013] 第二步，在耐碱浸润剂5硬化前，将第一步得到的纤维束沿长度方向进行扭转以制得螺旋形纤维束，控制螺距为15～25mm。

[0014] 第三步，将制得的螺旋形纤维束在耐碱浸润剂5中进行二次浸润，浸润时间5-30s。

[0015] 第四步，将二次浸润后的螺旋形纤维束在150-200℃的温度下进行烘干硬化处理，烘干时间2-5min，然后将其切断为长度30～60mm的短切纤维束，即为螺旋形玄武岩微筋。

[0016] 本发明的效果和益处：

[0017] 1)与单丝纤维相比，螺旋形微筋具有更大的截面刚度(表1)，在混凝土基体中的分布更为均匀(图1b)，可避免其在混凝土中的结团和脆断现象，显著提高新拌混凝土工作度所允许的微筋掺量上限。

[0018] 2)螺旋形微筋与混凝土在脱粘前，二者的粘结性能主要取决于微筋与混凝土的化学和物理粘结力；在脱粘后，粘结性能除微筋与混凝土的摩擦力τ外，主要取决于螺旋结构引起的沿微筋长度方向分布的斜向挤压力γ(见图2)。随着滑移量的增加，螺旋形微筋开始变形，拔出荷载的变化幅度较小。相比于平直形微筋，螺旋形微筋在混凝土中的粘结-滑移曲线更为饱满、包围的面积更大，具有更为优越的滑移耗能能力，能够更加有效地桥接裂缝和限制裂缝扩展，从而显著改善混凝土的力学性能(如韧性)和耐久性。

[0019] 3)与带肋微筋相比，螺旋形微筋的制作工艺更为简单且较为经济。此外，螺旋形微筋还可避免带肋微筋的横向肋与短切纤维束芯柱之间可能发生的剥离。

[0020] 4)与圆形截面的微筋相比，矩形截面的微筋更易沿其长度方向扭转而得到螺旋形结构；在横截面积及长度相同时，矩形截面的微筋与混凝土具有更大的接触面积，有利于改善微筋与混凝土的粘结性能。

附图说明

[0021] 图1为纤维在新拌混凝土中的分布状态：(a)玄武岩单丝纤维；(b)螺旋形玄武岩微筋；

[0022] 图2为平直形玄武岩微筋、螺旋形玄武岩微筋在混凝土中的受力图与粘结- 滑移曲线；

[0023] 图3为螺旋形玄武岩微筋的横截面；

[0024] 图4为螺旋形玄武岩微筋的外观形态及几何尺寸，其中p_f为微筋的螺距 (15～25mm)、l_f为微筋的长度(30～60mm)，微筋为矩形截面(a、b、d_e分别为矩形的宽度、长度和等

效直径,且长宽比为2～5、等效直径为0.5～0.8mm);

[0025] 图5为不同纤维混凝土试件的荷载-挠度曲线。

[0026] 图中:1玄武岩单丝纤维、2螺旋形玄武岩微筋、3粗骨料、4混凝土基体、5耐碱浸润剂。

具体实施方式

[0027] 以下结合附图及具体实施例对本发明做进一步说明。

[0028] 一种螺旋形玄武岩微筋,其横截面如图3所示,包括单丝纤维1和耐碱浸润剂5。所述的单丝纤维1为玄武岩单丝纤维;所述的耐碱浸润剂5采用改性耐碱环氧树脂。将500-1500根平行的单丝纤维1通过耐碱浸润剂5集束粘结,挤压成形、螺旋扭转、烘干硬化、切断后得到螺旋形玄武岩微筋,其截面为矩形 (长宽比2、等效直径0.55mm),长度为35mm、螺距为20mm,微筋的外观形态如图4所示。

[0029] 图1对比了玄武岩单丝纤维和螺旋形玄武岩微筋在新拌混凝土中分布状态,从图中可以看出玄武岩单丝纤维在混凝土中发生结团,而螺旋形玄武岩微筋在混凝土基体中分布更为均匀,避免了微筋在混凝土中的结团现象。

[0030] 图2对比了平直形玄武岩微筋、螺旋形玄武岩微筋在混凝土中的粘结-滑移曲线,从图中可以看出,螺旋形玄武岩微筋与混凝土脱粘后的粘结性能除摩擦力τ外,主要取决于螺旋结构引起的沿微筋长度方向分布的斜向挤压力γ;相比于平直形玄武岩微筋,螺旋形玄武岩微筋在混凝土中的粘结-滑移曲线更为饱满,包围的面积更大,具有更为优越的滑移耗能能力。

[0031] 图5对比了不同纤维增强混凝土试件在四点弯曲试验条件下的荷载-挠度曲线。玄武岩单丝纤维(BF:l＝35mm、d＝15μm、6.22×10^{6}根/千克)与玻璃纤维 (GF:l＝35mm、d＝15μm、5.76×10^{6}根/千克)在新拌混凝土中的工作度允许掺量约为13kg/m^3;在工作度掺量范围(≤13kg/m^3)内,玄武岩单丝纤维与玻璃纤维对混凝土的抗弯性能均无明显影响。平直形玄武岩微筋(SBM:l＝35mm、 d_e＝0.55mm、9.91×10^{4}根/千克)、带肋玄武岩微筋(RBM:l＝35mm、d_e＝0.55mm、 7.09×10^{4}根/千克)、螺旋形玄武岩微筋(TBM:l＝35mm、d_e＝0.55mm、9.64×10^{4}根/千克)和端部弯钩形钢纤维(SF:l＝35mm、d_e＝0.55mm、1.45×10^{4}根/千克) 均可改善混凝土的抗弯性能。在纤维掺量为30kg/m^3,跨中挠度达到L/200(L 为净跨度)时,螺旋形玄武岩微筋增强混凝土试件的残余抗弯强度、能量吸收值较平直形玄武岩微筋分别提高了290.0%、195.1%,较带肋玄武岩微筋分别提高了16.4%、24.6%,较端部弯钩形钢纤维分别提高了33.3%、41.5%。

[0032] 以上分析表明,该螺旋形玄武岩微筋克服了以上三种短切玄武岩纤维在混凝土中应用的不足,可明显提高微筋在新拌混凝土中的掺量上限,显著改善微筋与混凝土之间的粘结性能,进而显著增大混凝土的韧性。此外,螺旋形玄武岩微筋相比于钢纤维具有更好的耐氯盐侵蚀性能及对混凝土更显著的增韧效果。因此,该微筋可应用于沿海、近海等氯盐环境中的混凝土结构以替代或部分替代钢纤维。

[0033] 以上所述实施例仅表达了本发明的实施方式,但并不能因此而理解为对本发明专利的范围的限制,应当指出,对于本领域的技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些均属于本发明的保护范围。

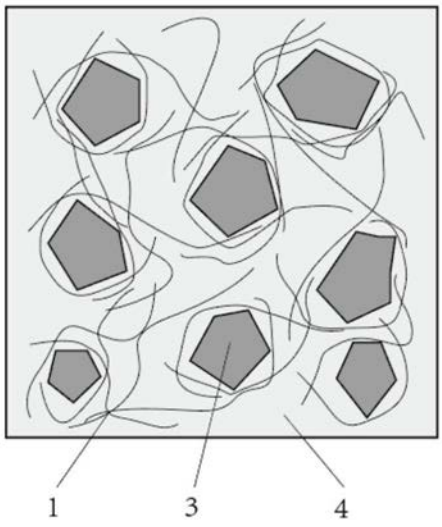


图1(a)

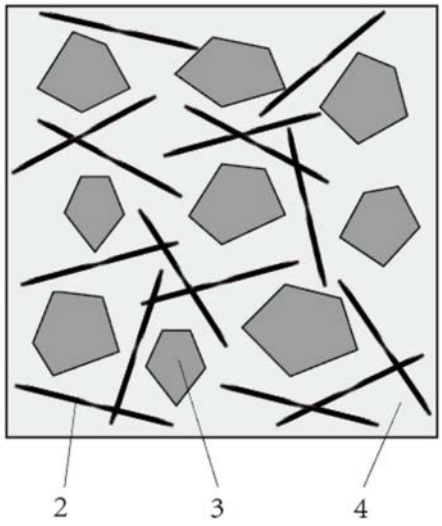


图1(b)

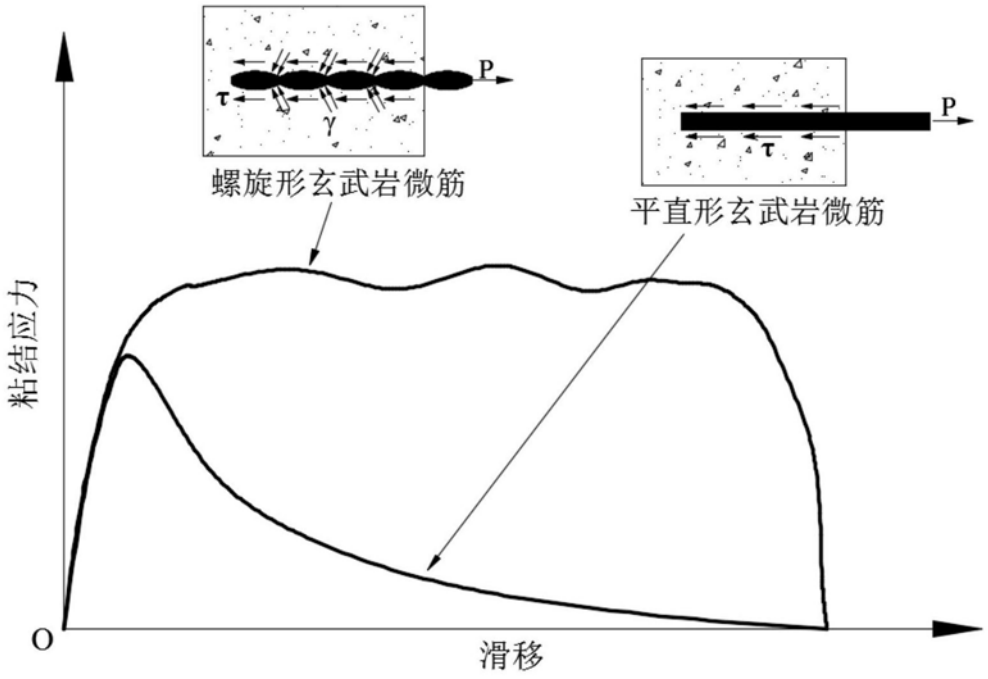


图2

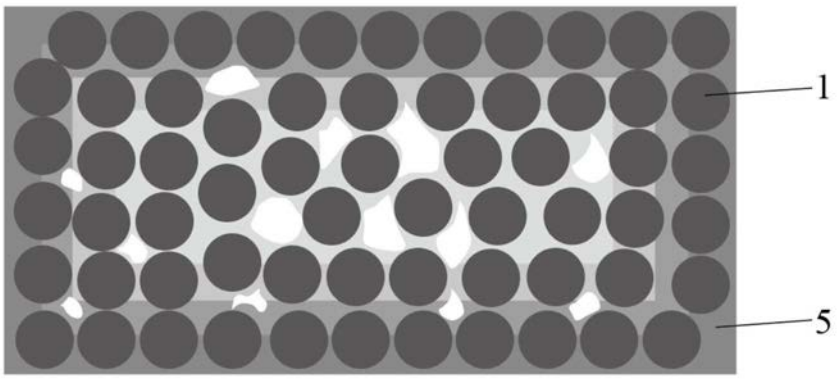


图3

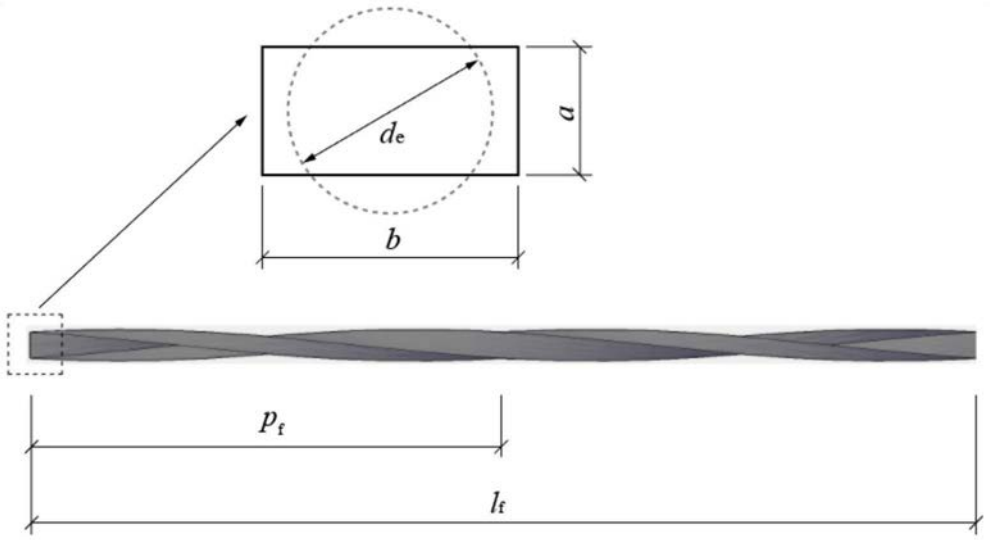

d_e
a
b
p_f
l_f

图4

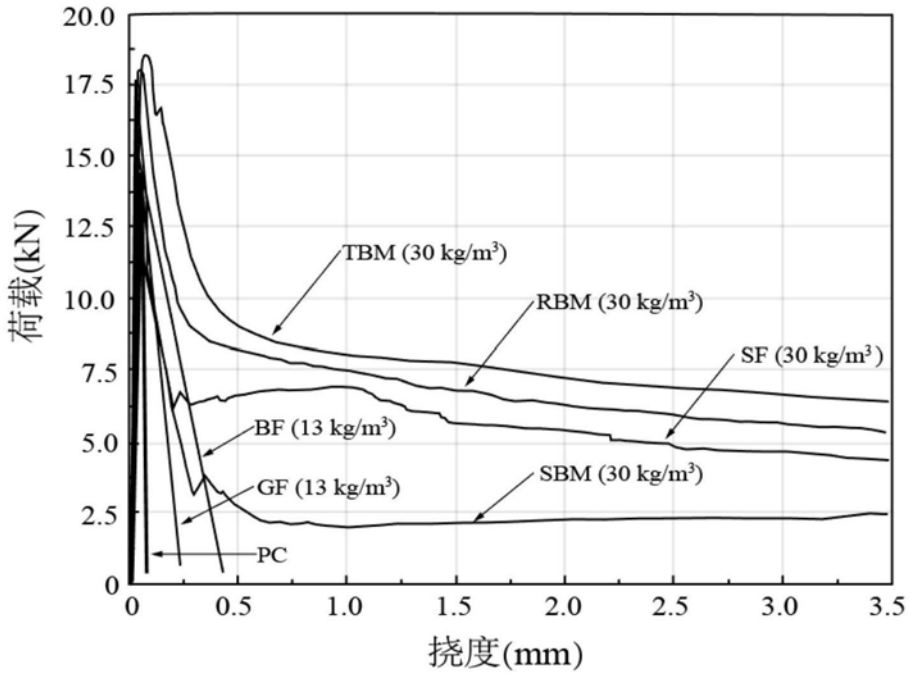

荷载(kN)
挠度(mm)
TBM (30 kg/m³)
RBM (30 kg/m³)
SF (30 kg/m³)
BF (13 kg/m³)
GF (13 kg/m³)
SBM (30 kg/m³)
PC
20.0
17.5
15.0
12.5
10.0
7.5
5.0
2.5
0
0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5

图5