



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108698363 B

(45) 授权公告日 2021.05.07

(21) 申请号 201680082353.8

(22) 申请日 2016.12.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108698363 A

(43) 申请公布日 2018.10.23

(30) 优先权数据
102015122621.9 2015.12.22 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2018.08.22

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2016/082002 2016.12.20

(87) PCT国际申请的公布数据
W02017/108842 DE 2017.06.29

(73) 专利权人 卡尔斯鲁厄理工学院
地址 德国卡尔斯鲁厄

(72) 发明人 T-F·鲍斯

(74) 专利代理机构 北京思益华伦专利代理事务
所(普通合伙) 11418

代理人 彭臻臻 赵飞

(51) Int.Cl.
B32B 7/022 (2019.01)
B32B 5/12 (2006.01)
B32B 5/02 (2006.01)
B32B 5/26 (2006.01)

(56) 对比文件
GB 1333558 A, 1973.10.10
CN 102884337 A, 2013.01.16
CN 1077023 C, 2002.01.02
CN 103415722 A, 2013.11.27
JP S58131441 A, 1983.08.05
JP S6140852 B2, 1986.09.11
WO 03026882 A1, 2003.04.03

审查员 甘馨

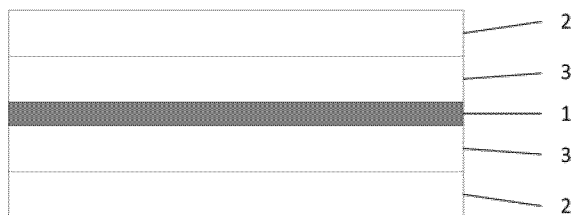
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

用于调节加工材料的弹性的方法以及通过该方法生产的工件

(57) 摘要

本发明涉及一种用于调节加工材料的弹性的方法、一种通过该方法生产的工件及其用途。



1. 一种用于调节选自盘簧、螺旋弹簧以及扭杆的工件的包括分层布置的两种或更多种材质的加工材料的弹性的方法,其中所述层具有不同的模量,并且被布置成从中性纤维开始它们具有逐渐减小的模量,

其特征在于:

-将所述模量用作结构优化过程中的变量,以及

-在朝向所述中性纤维的方向上增加所述模量,或者改变应力横截面上的模量,以及由此可以有目的地影响和均化应力分布。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,各个层使用不同的材质。

3. 如前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述模量为弹性模量和/或剪切模量。

4. 如权利要求1或者2所述的方法,其特征在于,所述材质选自包括天然纤维、有机纤维和无机纤维的组中。

5. 如权利要求1或者2所述的方法,其特征在于,所述材质包括金属纤维。

6. 一种用于选自盘簧、螺旋弹簧以及扭杆的工件的包括分层布置的两种或更多种材质的加工材料,其中所述层具有不同的模量,并且被布置成从中性纤维开始它们具有逐渐减小的模量,

其特征在于:

-所述中性纤维不位于加工材料的中间。

7. 如权利要求6所述的加工材料,其特征在于,所述模量为弹性模量和/或剪切模量。

8. 如权利要求6或者7所述的加工材料,其特征在于,所述材质选自包括天然纤维、有机纤维和无机纤维的组中。

9. 如权利要求6或者7所述的加工材料,其特征在于,所述材质包括金属纤维。

10. 如权利要求6或者7所述的加工材料,其特征在于,高拉力纤维布置在所述加工材料的横截面的中间。

11. 如权利要求10所述的加工材料,其特征在于,所述高拉力纤维是或者包括碳纤维,并且边缘层的具有最高弹性的纤维是或者包括玻璃纤维。

12. 如权利要求6或者7所述的加工材料,其特征在于,所述加工材料包括碳纤维增强塑料层和玻璃纤维增强塑料层。

13. 一种包括分层布置的两种或更多种材质的加工材料,其中所述层具有不同的模量,并且被布置成从中性纤维开始它们具有逐渐减小的模量,

其特征在于:所述加工材料通过根据权利要求1或者2的方法来制备。

14. 如权利要求6至13中任一项所述的加工材料在用于生产选自盘簧、螺旋弹簧以及扭杆的工件中的用途。

15. 一种选自盘簧、螺旋弹簧以及扭杆的工件的包括如权利要求6至13中任一项所述的加工材料或由如权利要求6至13中任一项所述的加工材料组成的工件。

用于调节加工材料的弹性的方法以及通过该方法生产的工件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于调节加工材料的弹性的方法、一种通过该方法生产的工件及其用途。

背景技术

[0002] 轻质构造是很多种情形(包括车辆构造和飞机构造)中的中心主题。结构优化是机械零件和轻质零件开发中的重要组成部分,以便实现最大性能和/或节约资源。因此,例如在底盘技术中以及在弹簧元件的生产中,需要具有高能量吸收能力的抗腐蚀、耐疲劳的轻质底盘弹簧。在航空航天工业以及造船工业中,需要结构优化的部件用以减轻重量,例如(结构)优化的甲板和船体。同样在汽车和赛车运动工业中,需要优化的底盘部件(例如由CFRP/GFRP复合材料制成的优化的板簧和盘簧)和车身。

[0003] 目前,虚拟产品开发中使用了各种结构优化方法。通常,横截面优化(尺寸设计)方法、形状优化(形状优化设计)方法和拓扑优化方法之间有所区别。

[0004] 通过拓扑优化的方式,即优化例如部件的形状,则可以优化例如壁厚度或纤维取向。在横截面优化中,只将横截面值(厚度、高度、横截面面积、惯性矩等)用作优化变量。例如,当形状和结构设计已定义好时,使用横截面优化。因此,在复合材料材质(例如玻璃纤维层压体或碳纤维层压体)的优化设计中可以使用横截面优化,以便确定最佳的层片结构,从而节省材料,并因此减轻重量。

[0005] 根据现有技术,根据伯努利运动学假说设计和构思部件。以横梁为例,这个假说表明,在弯曲负载的情况下,在横梁中形成线性(拉伸/压缩)应力分布。在扭力杆的情况下,相应地在整个横截面上形成线性(剪切)应力分布。舒伯特·巴尔克(Herbert Balke)所写的教材“材料力学(Festigkeitslehre)”[强度理论]限制所述假设“无论各向同性均质材质的特殊性质如何都是有效的”(Herbert Balke.Einführung in die Technische Mechanik:Festigkeitslehre,第3卷,第82页)。各向同性材质的性质在所有方向上都是相同的。与各向同性材质相反,在各向异性材料中,所述性质根据方向和位置而改变。加工材料的弹性通常是各向异性的,并且可以通过弹性定律来描述。碳纤维增强塑料(CFRP)和玻璃纤维增强塑料(GFRP)和拉伸塑料具有与方向有关的弹性定律。

[0006] 另一方面,在格罗斯(Gross)所写的教材TM2中,这种应力分布被描述为是普遍有效的——没有提到各向同性(Dietmar Gross.Technische Mechanik 2-Elastostatik,第12卷,第89页)。这种描述导致以后用各向异性材质设计时得出不正确的结论。因此,在轻质构造方面的已知的结构优化技术省略了没有应力的部件体积。在各向同性横梁的情况下,这形成传统的双T形横梁几何形状,而在扭杆的情况下,形成管。

[0007] 强度理论(弹性静力学)的一个目标是得出关于机械零件或结构上的负载的结论。为此目的,通过应用弯曲理论来计算例如细长部件和/或薄部件(横梁、弧、壳或片)的弯曲或变形以及应力状态。在负载下长度不变的部件的层被称为“中性纤维”(或“中性轴”)。此时,负载不会导致任何拉伸应力或压缩应力或剪切应力。在垂直方向上离中性纤维最远的

层(层片)形成裂纹的风险最大。由于该点处材质的屈服强度 R_e 或弹性伸长率极限 ϵ 不足,所以形成这些裂纹。

[0008] 最大应力始终发生在部件或工件的表面处。这使得部件或工件对外部损伤特别敏感。在现有技术中使用的结构优化情况下的一个基本问题是:靠近中性纤维处受到低应力的结构迄今为止已被省略或者用泡沫或蜂窝状结构填充。

[0009] 另一个问题是迄今为止结构优化在恒定模量下的应力分布的基础上进行。弹性的模量(弹性模量,符号E)是源自加工材料技术的材质性质,其描述了具有线性弹性行为的固体本体的变形中的应力与应变之间的关系。材质对弹性变形的阻力越大,弹性模量的贡献就越大。以此类推,剪切模量(符号G)被定义为由剪切力引起的部件的线性弹性变形。

发明内容

[0010] 因此,本发明的目的是针对最大可逆能量吸收能力进行部件的结构优化或横截面优化。

[0011] 该目的通过一种用于调节包括分层布置的两种或更多种材料的加工材料的弹性的方法来实现,其中所述层具有不同的模量,并且被布置成从中性纤维开始它们具有逐渐减小的模量。

[0012] 加工材料是在生产过程中被进一步加工并且被引入到最终产品中的物质(材料)。选择的加工材料(材质)包括以下或由以下组成:原材料、辅助材料或预制品和半成品。

[0013] 在本发明的含义内,加工材料被理解为是不同材质类型和/或材质等级的组合。不同材质的实例见表1、表2和表3。

[0014] 重要的是材质存在于加工材料内的各层中,即各个层片中,并且层(即层片)的模量是不同的。

[0015] 根据本发明,各个层包括不同的材质。在替代方案中,在各个层片中也可以存在两种或更多种材质的组合。

[0016] 如果使用不同取向的相同类型的纤维,即相同类型和等级的纤维,则这些是根据本发明的两个不同的层。

[0017] 优选地,在两个不同的层中选择在 0° 和 $\pm 45^\circ$ 之间的角度的不同取向的相同类型的纤维。

[0018] 两层在至少一个物理和/或化学特征上彼此不同,特别是在它们的弹性模量值和/或剪切模量值上彼此不同。

[0019] 在本发明的一个实施例中,每一层都使用均质纤维,即每一层仅使用一种类型的纤维。例如,在表3中,给出了纤维的类型或种类。在该实施例中,在同一层中不使用纤维的混合物。即,一层的所有纤维都具有相同的性质,特别是具有相同的化学和/或物理性质,特别优选地是具有相同的弹性模量值和/或剪切模量值。

[0020] 在一个实施例中,所述材质为纤维形式,任选地存在于基质中。因此,根据本发明的加工材料包括不同纤维类型、纤维等级和/或纤维取向的组合。

[0021] 在一个实施例中,使用天然纤维,即来自可持续或可再生原材料的纤维。这些是植物来源或动物来源的原材料。

[0022] 根据本发明,层可以由如下基质组成,在该基质中包含所使用的材质,优选地为纤

维。可以使用本领域技术人员已知的树脂作为基质。

[0023] 在一个实施例中,对于加工材料的所有层使用相同的基质。

[0024] 一方面,基质因此在模量变化方面没有任何作用。另一方面,避免了其它物质,例如粘合剂,这些物质的模量不符合顺序。

[0025] 然而,在一个实施例中,也可以使用不同的基质或者为工件提供表面精加工。

[0026] 各个层片的模量优选地在朝向在负载下长度不变的层的方向上增加。这一层就是所谓的中性纤维。结果,具有最高模量的层片与中性纤维相邻。

[0027] 本发明表明,通过使用模量作为结构优化过程中的变量并且在朝向中性纤维的方向上增加模量,或者改变应力横截面上的模量,可以有目的地影响和均化应力分布。

[0028] 在本发明的含义内的工件表示任何部件,例如支承结构、机械零件、弹簧(盘簧、螺旋弹簧、板簧等)、横梁、底盘部件等。

[0029] 本发明提供了与各向同性材质相比,当使用各向异性材质时对应力分布的全新理解,因为利用该新方法,该区域也可用于大部分能量吸收,而在现有技术中,靠近中性纤维处受到低应力的结构迄今为止已被省略或用泡沫或蜂窝状结构填充。

[0030] 本发明的另一个优点是,特别是当使用各向异性加工材料(例如纤维增强塑料)时,可以在非常大的范围内调节模量。因此,与各向同性材料相比,可以大幅度地改变应力分布。因此,最大应力未必出现在表面处。

[0031] 此外,以这种方式有利地实现了整个应力横截面的均匀和/或均质应力。另一个优点是可以根据所讨论的材质的最大屈服强度或弹性伸长率极限的应力分布。

[0032] 该方法通常适用于优化所有受到拉伸/压缩和弯曲应力的结构。另外,在扭转应力的情况下,剪切模量可以按类似方式变化,并且可以实现加工材料的相应结构。

[0033] 这种中性纤维,即无变形层(层片)的存在或出现对于本发明是必不可少的。

[0034] 这一发现导致材质横截面上的应力分布,这种应力分布可以适应每种情况下使用的材质。因此,具有不同模量的材质的组合是关键。

[0035] 以下表1示出了典型的模量:

[0036] 表1:不同材质的模量值

[0037]

材质	弹性模量[GPa]	剪切模量[GPa]
构造钢	200…216	77…85
V2A钢	189…210	74…84
铸铁	90…145	31…71
黄铜	78…123	35…42
铜	100…130	45…52
钛	110…120	36…51
铝	68…89	25…34
镁	42…47	15…19
铅	13…17	4…6
金	77…81	26…30
镍	150…245	72…100
钨	310…406	120…148
玻璃	40…90	25…49
混凝土	20…40	6…11
工业陶瓷	140…700	60…283
木材	6…25	0.3…2
聚丙烯	0.8…1.8	0.3…0.5
天然橡胶	高达0.05	高达0.0008
石墨烯	约1000	N/A
金刚石	800…1200	440…470
大理石	50…72	22…28
硬橡胶	5	0.0003
碳纤维UHM	690…830	310…370
碳纤维VHM	530…580	230…240
碳纤维HM	370…390	165…175
碳纤维HS	225…245	100…110

	碳化钨	388...406	165...175
	硼化钛	500...545	229...245
	碳化硅	440...480	190...210
	芳纶 (纤维)	170...190	1...2
	石棉/凯夫拉尔	160...195	44...66
[0038]	苧麻 (中国草)	61...128	14...16
	玄武岩纤维	71...110	31...41
	S-玻璃纤维	86...93	35...39
	E-玻璃纤维	72...85	30...36
	T-玻璃纤维	68...76	27...32
	C-玻璃纤维	66...70	27...30

[0039] 层压体的模量

[0040] 表2

[0041]

材质0° (各向同性)	弹性模量[GPa]	剪切模量[GPa]
氰酸酯+碳HM	299...376 (101...115)	4...5 (33...42)
PEEK+碳IM	146...149 (56...57)	5...6 (21...22)
环氧基树脂+碳HS	129...154 (49...60)	3...7 (19...23)
BMI+碳HS	110...130 (55...65)	5...6 (16...20)
环氧基树脂+S-玻璃	47...48 (19...21)	4...5 (9...10)

[0042] 根据本发明,可能的组合例如是具有玻璃纤维的碳纤维或者具有玄武岩纤维的芳纶纤维。

[0043] 原则上,伸长率极限的比较应该有4%或更大的差异。这里,纤维的弹性模量的最佳范围在60GPa与830GPa之间,或者在80GPa与600GPa之间。

[0044] 在替代方案中,两个相邻层之间的应力跳变应该只是适中的,即模量值差异很大的层不应该彼此相邻布置。可以想到的是,相邻层的模量值相差0.1%至100%。在整个加工材料上模量变化了在1.01到13之间的系数(factor)。通常,要注意的是,所有的模量仅与纤维有关。然而,没有树脂,这是没有价值的;因此,层压体复合材料的模量低至40%以上,并且还取决于所使用的树脂和纤维体积分数或生产方法。所使用的最高模量决定了价格。每个模量阶段每公斤材质的价格翻倍(HM->VHM->UHM)。因此,可以在靠近中性纤维的地方使小的UHM厚度快速改变为较便宜的等级。仅为了实现钢部件的价值,HS或HM等级且范围在80GPa(玻璃纤维)与390GPa之间的碳纤维就足够了。在层压体中,最大值相应地在40GPa与340GPa之间。

[0045] 纤维的剪切模量的最佳范围在27GPa与370GPa之间,或者在35GPa与175GPa之间。

[0046] 对于本发明来说,使用具有高模量的加工材料是必要的,但这种加工材料不具有

足够的延展性。具有相应的高伸长率极限但具有低模量的纤维的组合导致令人惊讶的所讨论的性质的组合。

[0047] 通常,根据本发明,长且连续的纤维适用于根据本发明所述的优化。根据本发明可以有利地使用的纤维见下表3。

[0048] 表3:

天然纤维:	毛发纤维、羊毛纤维、丝纤维、棉纤维、亚麻纤维、剑麻纤维、大麻纤维、黄麻纤维、苧麻纤维、香蕉纤维
[0049] 有机纤维:	PE、PP、PA、PES、PAN、芳纶(凯夫拉尔)、碳
无机纤维:	玻璃、玄武岩、石英、SiC、Al ₂ O ₃ 、硼、石棉
金属纤维:	钢、铝、铜、镍、铍、钨

[0050] 通常,加工材料在模量与伸长率极限之间存在负相关。例如,碳作为弹簧加工材料,具有高弹性模量和高屈服强度,但不具有高延展性。另一方面,玻璃纤维具有高伸长率极限,但是具有非常低的弹性模量。所面临的挑战始终是将这两个性质结合起来。现在,模量在朝向最低伸长率(中性纤维)的方向上有目的地增加。

[0051] 在一个实施例中,使用选自表1、表2和表3的2种、3种、4种或更多种材质的组合。

[0052] 理论结果可以通过模拟各向同性弹簧和其中弹性模量在朝向中性纤维的方向上增加的弹簧来说明。扭转盘簧相当于盘绕梁,并且在各向同性材质的情况下表现如预测的那样。

[0053] 在材质的中间形成中性纤维,所述中性纤维对能量吸收不起作用。

[0054] 应力分布是线性的,并且在这种应力情况下的材质利用率(类型利用系数)是50%或0.5。根据现有技术中已知的方法和工艺,在最高应力点处将使用具有最高屈服强度的纤维(即碳)。如在已知的夹层构造中,横截面的中间部分将用结构上弱的材质发泡或用蜂窝状结构填充。

[0055] 然而,在本发明的含义内,具有最高弹性模量的材质位于中性纤维中,即在弯曲过程中长度不变的层中。

[0056] 具有最高弹性的材质位于离弯曲过程中长度不变的层最远的层片中,即位于离中性纤维最远的层片中。这优选地是加工材料的边缘层。

[0057] 与现有解决方案相反,高拉力纤维,例如(碳),不位于边缘层中,而是位于横截面的中间,因为在那里出现或产生最大应力。具有最高弹性的纤维(玻璃纤维)位于边缘层中。

[0058] 因此,本发明提供了一种用于生产加工材料和工件的方法,以及那些不受径向应力和/或动能加载的加工材料和工件。在一个实施例中,在加工材料和工件处不产生离心力。在另一个实施例中,加工材料和工件仅受到变形能量的影响。

[0059] 由于根据本发明的结构,就能量效应而言,材质利用率得到优化,所谓的类型利用系数增加。

[0060] 测试表明,与各向同性材质相比,各向异性材质的能量吸收能力增加35%。

[0061] 同时,可以将弹簧元件的重量减轻65%。

具体实施方式

[0062] 以下参考附图更详细地描述本发明。图1以横截面示出了以横梁为例的加工材料的结构的原理。在中间形成中性纤维1。与中性纤维相邻的是与其它层片相比弹性模量最高的层片3。下面的层片2相对于其它层片具有最高的弹性。另外的层可以紧随，其中从中性纤维开始，每个另外的层具有比前一层更小的模量值。

[0063] 在下面的图2中以截面类似地示出了扭杆的剪切模量的优化层片结构的实例。

[0064] 在图3至图5中，示出了进一步优化的加工材料的应力曲线。另外，给出了y轴对称的弹性模量和最大伸长率极限 ϵ 以及虚线所示的变形。相应的应力曲线与纵坐标之间的面积是材料的能量吸收的度量，或者总面积是加工材料的能量吸收的度量。在图3中的优化的纤维复合材料(FRP,纤维增强塑料)中，其比钢(弹性模量206000)的情况下要大70%左右。

[0065] 最终的层片结构仅由弹性模量大于钢的弹性模量的高等级碳纤维组成。根据图3的这种结构是刚性的并且非常昂贵。

[0066] 目的还在于利用玻璃纤维的高伸长率极限 $>4\%$ ，以便仅用碳纤维来调节加工材料的刚度(结合参见图4)。面积和能量吸收几乎相等。

[0067] 4%的玻璃纤维的伸长率极限是钢的伸长率极限的5倍，但弹性模量与之相比小3倍。与钢相比，这产生了额外的增加负载横截面的可能性。钢的能量吸收限于虚线所示的三角形(见图4)。因此，尽管玻璃纤维的弹性模量较低，但可以在其中存储大量的能量并且再次增加面积。

[0068] 中性纤维不一定必须位于加工材料的中间。这样得到的是不对称的结构。

[0069] 根据本发明进行层片优化，但主要是在一个方向上进行。目的是增加具有相同横截面的玻璃纤维的吸收应力(图5)。

[0070] 在一个实施例中，根据本发明的加工材料可以按如下方式生产：

[0071] 例如，通过将不同的纤维垫和编织织物/非卷曲织物分层布置，随后在工具中的热量的影响下将其在真空中或在高压灭菌器中浸渍和固化来产生二维几何形状。可选地，可以使用所谓的预浸料坯。在这种情况下，无需通过浸渍或RTM方法浸渍。

[0072] 通过拉挤成型方法或者拉缠方法产生剖面形几何形状。起始材质是单独的纤维粗纱、棉条和无纺织物。这些材质通过树脂浴浸渍或者直接浸渍在成型工具中，在热量的影响下在基质/空腔中加以固化，并且通过履带或夹持机构连续移除。

[0073] 本发明还提供了一种包括根据本发明的加工材料和/或通过根据本发明的方法生产的加工材料或由根据本发明的加工材料和/或通过根据本发明的方法生产的加工材料组成的工件。

[0074] 因此，专利的应用领域还特别涉及工件，例如工业门、商业门和车库门的弹簧元件、用于机动车辆和飞机的弹簧元件和/或支承表面、以及运动设备。即，加工材料可以用于各种运动设备，例如撑杆跳高用撑杆、弓、滑雪橇和滑雪板、帆船和冲浪桅杆等。原则上，加工材料适用于需要高弹性以及高抗裂强度的所有设备。因此，根据本发明的加工材料被用作稳定器、(驱动)轴和/或支承结构。

[0075] 通常在边缘层使用“可见层片”(例如碳纤维织物)，从而获得有吸引力的碳外观或者加工材料对环境影响更具抵抗力。这样的层片对能量吸收几乎不起作用。

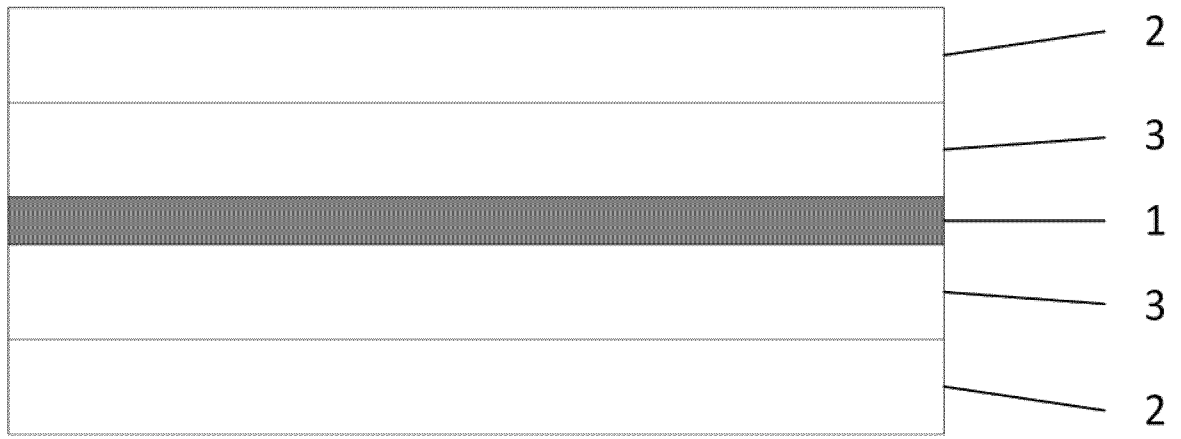


图1

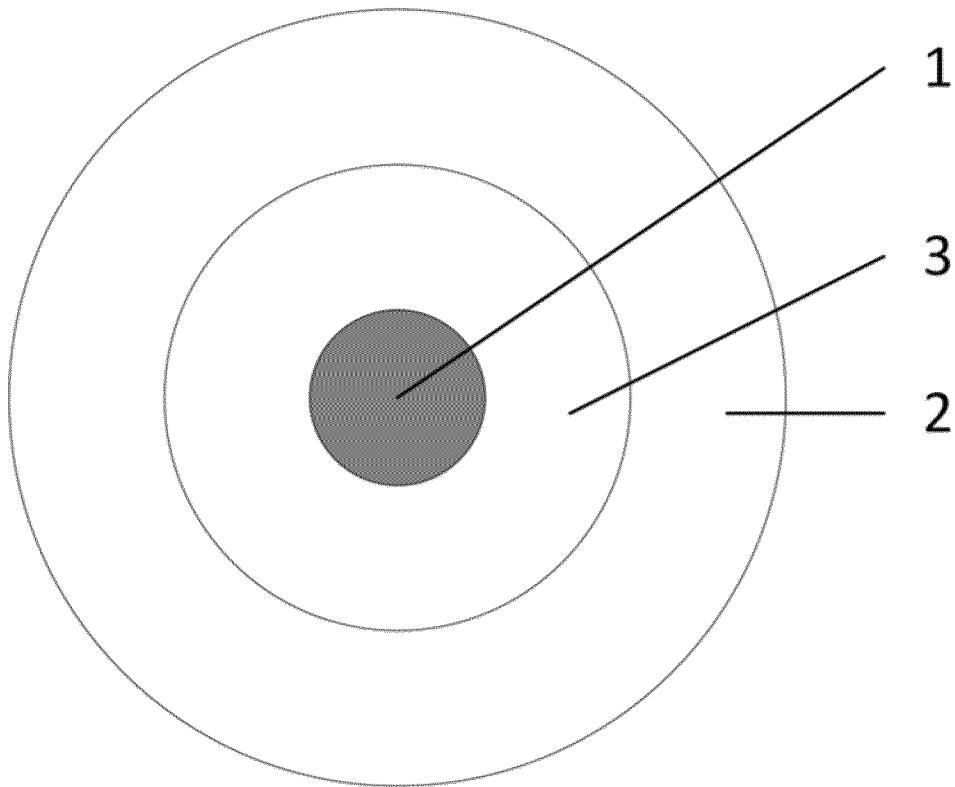


图2

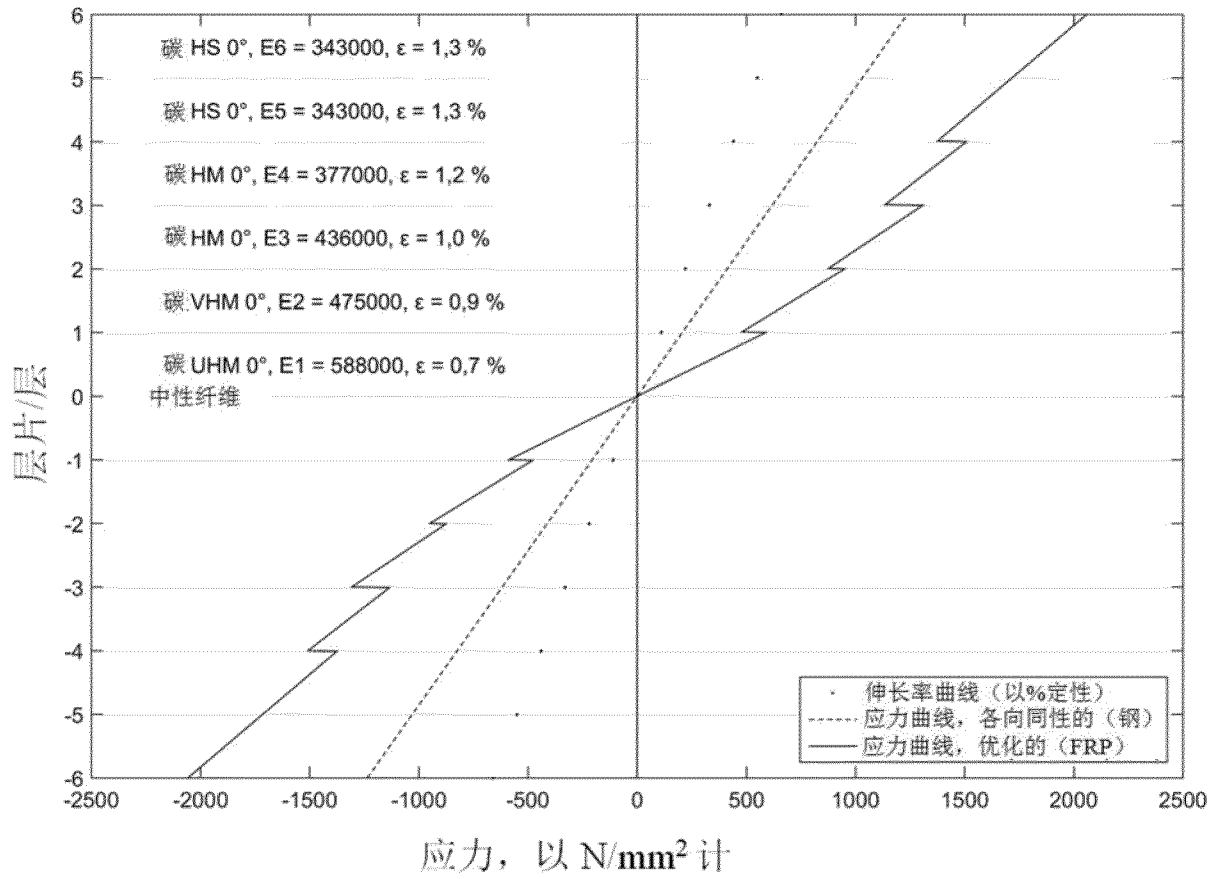


图3

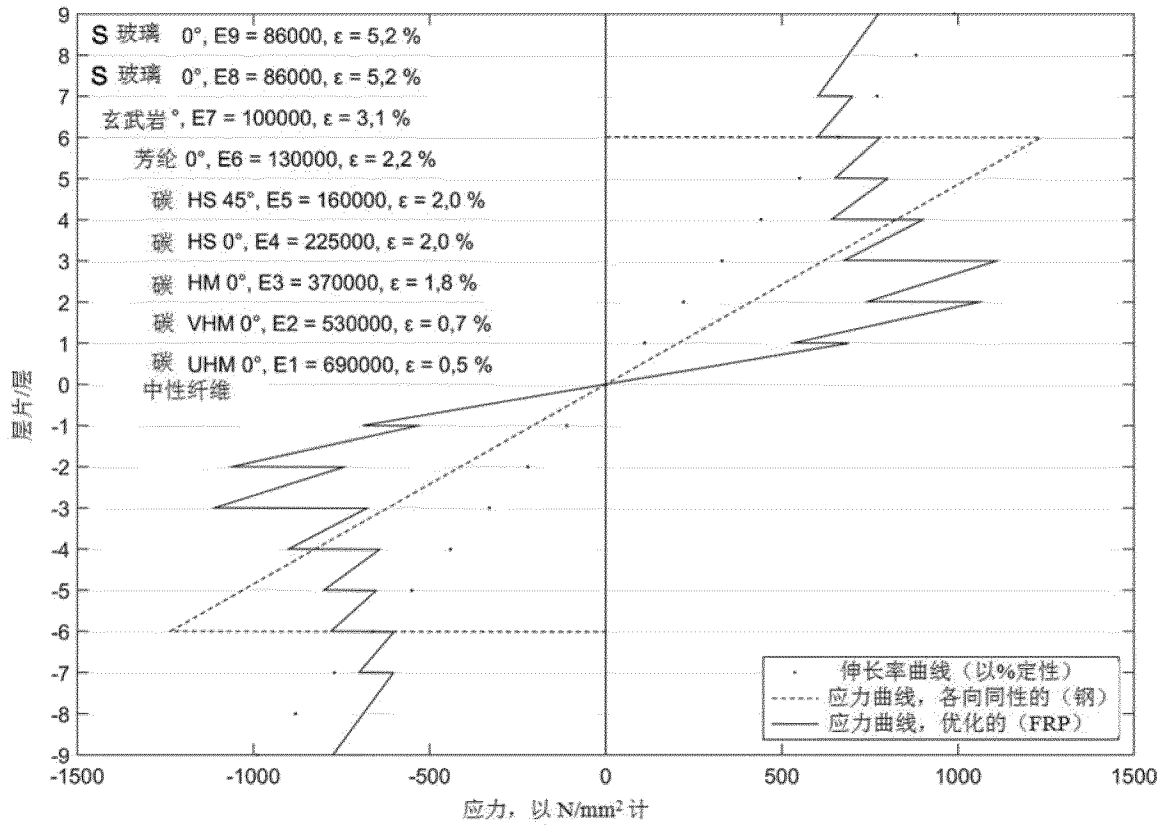


图4

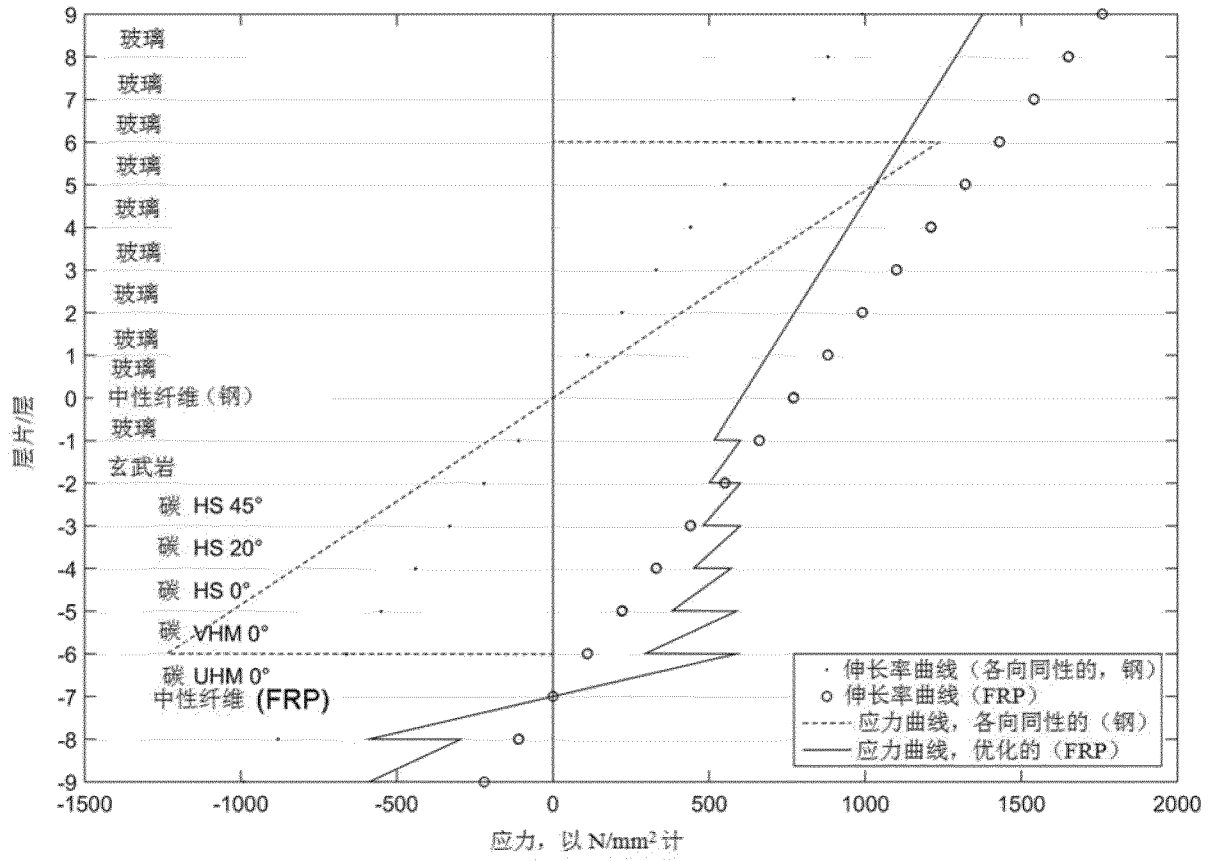


图5