



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105856530 A

(43)申请公布日 2016.08.17

(21)申请号 201610281096.2

(22)申请日 2016.04.29

(71)申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381号

申请人 广州华新科实业有限公司

(72)发明人 何和智 瞿金平 冯彦洪 邢月

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有  
限公司 44245

代理人 谢静娜

(51)Int.Cl.

B29C 47/40(2006.01)

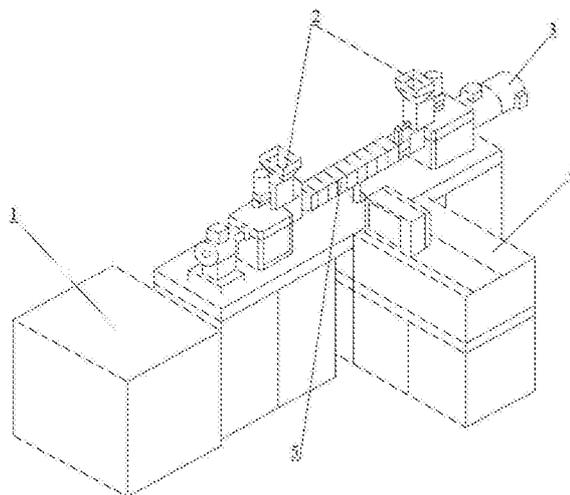
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出  
方法及设备

(57)摘要

本发明公开一种平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出方法及设备,其方法是在三螺杆系的主螺杆上增加一个轴向振动力场,同时采用双向进料方式,使三螺杆系旋转的同时,主螺杆轴向振动,实现物料在三螺杆系中同时受到剪切作用和轴向振动挤压研磨作用,从而加强物料的塑化混炼效果。其设备包括液压激振装置、三螺杆系、测控装置、驱动电机和加料斗,三螺杆系两端分别设置加料斗,三螺杆系的主螺杆两端分别与液压激振装置和驱动电机连接,测控装置设于三螺杆系一侧,驱动电机和液压激振装置分别与测控装置电气连接。本发明突破传统塑化混炼方法,增加振动力场,加强物料在输送过程中的塑化混炼效果,采用双向进料,使振动力场的轴向阻力得到消除。



1. 平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出方法, 其特征在于, 在三螺杆系的主螺杆上增加一个轴向振动力场, 同时采用双向进料方式, 使三螺杆系旋转的同时, 主螺杆轴向振动, 实现物料在三螺杆系中同时受到剪切作用和轴向振动挤压研磨作用, 从而加强物料的塑化混炼效果。

2. 平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备, 其特征在于, 包括液压激振装置、三螺杆系、测控装置、驱动电机和加料斗, 三螺杆系两端分别设置加料斗, 三螺杆系的主螺杆两端分别与液压激振装置和驱动电机连接, 测控装置设于三螺杆系一侧, 驱动电机和液压激振装置分别与测控装置电气连接。

3. 根据权利要求2所述的平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备, 其特征在于, 所述三螺杆系中包括三个螺杆, 即包括一个主螺杆和两个副螺杆, 两个副螺杆分别设于主螺杆两侧, 且各副螺杆与主螺杆之间相互啮合连接, 三个螺杆呈“一”字型设置。

4. 根据权利要求3所述的平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备, 其特征在于, 所述三螺杆系中, 两个副螺杆的直径相等, 主螺杆的直径大于或等于副螺杆的直径。

5. 根据权利要求3所述的平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备, 其特征在于, 所述三螺杆系为平衡式结构, 具体为: 三螺杆系两端对称设置实现双向进料的加料斗, 三螺杆系中的三个螺杆均包括左螺纹段和右螺纹段, 左螺纹段和右螺纹段的螺纹结构相对称, 并且旋向相反。

6. 根据权利要求3所述的平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备, 其特征在于, 所述三螺杆系中, 两个副螺杆同向旋转, 主螺杆与副螺杆同向旋转或反向旋转。

7. 根据权利要求3所述的平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备, 其特征在于, 所述三螺杆系中, 各螺杆均为螺纹元件组成的结构形式, 各螺杆的螺纹元件均采用积木式组合结构; 主螺杆上的螺棱与副螺杆上相啮合的螺棱之间设有轴向间隙, 轴向间隙的宽度大于主螺杆轴向振动时的最大振幅。

8. 根据权利要求3所述的平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备, 其特征在于, 所述三螺杆系中, 各螺杆均为捏合块元件组成的结构形式, 主螺杆上的捏合块与副螺杆上相啮合的捏合块之间设有轴向间隙, 轴向间隙的宽度大于主螺杆轴向振动时的最大振幅。

## 平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出方法及设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及聚合物成型技术领域,特别涉及一种平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出方法及设备。

### 背景技术

[0002] 近年来,塑料工业向高品质、高性能化、低成本方向发展,与之对应的是需要开发高效节能、物料适应性强的螺杆挤出机,现有的聚合物改性加工用的塑化混炼挤出机有单螺杆、双螺杆和多螺杆,三螺杆挤出机是目前新兴的一种塑料改性混炼挤出设备。

[0003] 公开号为CN203919658U的实用新型专利公开了一种三螺杆挤出机,该挤出机中,由一根长螺杆和两根短螺杆组成三螺杆,长螺杆的前半部处于进料筒中,长螺杆的后半部处于挤料筒中,第一短螺杆、第二短螺杆处于进料筒中,在进料筒利用三螺杆增加啮合区从而加强物料塑化混炼效果,在挤料筒利用单螺杆挤出从而减少功耗。公开号为CN104494103A的发明申请也公开了一种三螺杆挤出机,该三螺杆挤出机外筒呈半椭圆形,内设有呈等边三角形设置的三根同向旋转的螺杆,螺杆的轴向按顺序设置有第一混合区、第二混合区、第三混合区,三段螺杆上分别装有不同的螺纹元件,针对不同物料进行塑化混炼。公开号为CN1644341A的发明专利公开了一种三螺杆挤出机,该三螺杆挤出机中间主螺杆叠加一振动力场,实现轴向啮合齿间隙周期性变化,实现物料研磨挤压加强塑化。

[0004] 然而,上述三种三螺杆挤出机中,前两种三螺杆挤出机都是利用外加热源和机械剪切共同作用的机理来达到物料塑化混炼,利用单纯增加啮合区的方法来提高物料的塑化混炼效果,没有突破原始塑化混炼机理,其塑化混炼效果还是难以得到较好的改善。而第三种三螺杆挤出机虽然突破传统的塑化混炼机理,即在中间主螺杆上叠加一振动力场,加强物料挤压研磨,但在实际应用中,中央主螺杆实现轴向振动时严重受到挤出方向物料对螺杆产生强大的阻力,造成振动(特别是大振幅的振动)很难实现,从而严重影响到三螺杆挤出机中间主螺杆叠加一振动力场所产生振动的作用,无法实现轴向啮合齿间隙周期性变化和为物料研磨挤压加强塑化混炼的目标。因此,三螺杆挤出机的塑化混炼效果还有待进一步改善。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出方法,该方法突破传统塑化混炼方法,通过增加振动力场,加强物料在输送过程中的塑化混炼效果,通过采用双向进料方式,使振动力场的轴向阻力得到消除。

[0006] 本发明的另一目的在于提供一种实现上述方法的平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备。

[0007] 本发明的技术方案为:一种平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出方法,在三螺杆系的主螺杆上增加一个轴向振动力场,同时采用双向进料方式,使三螺杆系旋转的同时,主螺杆轴向振动,实现物料在三螺杆系中同时受到剪切作用和轴向振动挤压研磨作用,

从而加强物料的塑化混炼效果。

[0008] 实现上述方法用的平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备,包括液压激振装置、三螺杆系、测控装置、驱动电机和加料斗,三螺杆系两端分别设置加料斗,三螺杆系的主螺杆两端分别与液压激振装置和驱动电机连接,测控装置设于三螺杆系一侧,驱动电机和液压激振装置分别与测控装置电气连接。

[0009] 所述三螺杆系中包括三个螺杆,即包括一个主螺杆和两个副螺杆,两个副螺杆分别设于主螺杆两侧,且各副螺杆与主螺杆之间相互啮合连接,三个螺杆呈“一”字型设置。在呈“一”字型排列的三螺杆系中,主螺杆上叠加一振动力场,该振动力场使主螺杆做轴向振动,实现主螺杆和副螺杆轴向啮合间隙变化,从而使物料在料筒中除受复杂剪切作用外,还受到轴向振动挤压研磨作用,从而加强物料塑化混炼效果。

[0010] 所述三螺杆系中,两个副螺杆的直径相等,主螺杆的直径大于或等于副螺杆的直径。

[0011] 所述三螺杆系为平衡式结构,具体为:三螺杆系两端对称设置实现双向进料的加料斗,三螺杆系中的三个螺杆均包括左螺纹段和右螺纹段,左螺纹段和右螺纹段的螺纹结构相对称,并且旋向相反。这种螺杆左右对称的结构形式可以有效抵消物料向前塑化输送时对螺杆轴向振动的阻力作用,从而减小螺杆左右端部轴承承受的轴向动载荷,实现中间主螺杆轴向振动。在螺杆转速一定的情况下,挤出产量可以随振动强度的增大而增大;在挤出产量一定的情况下,挤出压力随振动强度的增大而减少,熔体压力随着螺杆振幅增大而减小;因此,轴向大幅振动可以有效提高挤出制品质量、增加产量高、降低能耗。

[0012] 所述三螺杆系中,两个副螺杆同向旋转,主螺杆与副螺杆同向旋转或反向旋转。

[0013] 所述三螺杆系中,各螺杆均为螺纹元件组成的结构形式,各螺杆的螺纹元件均采用积木式组合结构;主螺杆上的螺棱与副螺杆上相啮合的螺棱之间设有轴向间隙(保证螺杆在做轴向振动时不影响其径向转动),轴向间隙的宽度大于主螺杆轴向振动时的最大振幅,其目的是为了保证主螺杆在做轴向振动时螺纹元件之间不会相碰而发生卡死现象,从而保证其径向转动正常运行。主螺杆和副螺杆之间由于有一定的螺纹间隙,由于振动的引入形成了窄间隙的高剪切去,使得主螺杆做轴向振动和径向转动时,间隙内物料流向发生多次变化,从而不断改变物料流体微元的界面取向,以利于界面增长,利于分布混合;另外,由于主螺杆的轴向振动使得左右间隙大小周期性变化,加强了对物料的挤压研磨作用,从而利于分散混合。

[0014] 所述三螺杆系中,各螺杆均为捏合块元件组成的结构形式,主螺杆上的捏合块与副螺杆上相啮合的捏合块之间设有轴向间隙,轴向间隙的宽度大于主螺杆轴向振动时的最大振幅。

[0015] 上述平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备的工作原理为:计量好的物料分别从三螺杆系两端的加料斗进入,在三螺杆系中进行塑化混炼,通过计量两端进料量可以使两边物料塑化输送过程中对三螺杆作用力抵消,为实现主螺杆全程轴向振动提供了条件;主螺杆和每一根副螺杆之间构成啮合区,振动的引入改变了物料的运动状态,减小物料的内摩擦系数,增加其流动性,因而使物料快速堆积,松散度变小,在摩擦拖曳和正位移输送的作用下,物料易于成型与压实,使物料得到良好的热传导。

[0016] 上述平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出方法及设备通过引入振动力场,同

时采用双向进料,有效加强了混合混炼效果,具体体现在以下几方面:

[0017] 1、物料流向发生多向性,振动力场作用下聚合物熔体在螺棱间隙、径向间隙、侧间隙、四面体间隙的流动过程显得非常复杂。特别是横流(即与螺槽方向相垂直的流动)的速度场发生了明显变化,随着振动频率或振幅的增加,流速增加,剪切混合增强。横流使物料在螺槽内产生翻转运动,对熔体的混合起着关键的作用,它能促进物料的混合、搅拌和热交换。

[0018] 2、振动力场促使物料与料筒来回接触,增加接触面积,而且接触面积上熔体更新的速度加快,从而提高固体颗粒的熔融速率。而且聚合物熔体在周期性力场的作用下会产生动态耗散热,动态耗散热提高物料熔融速率。

[0019] 3、对于刚性粒子填充的聚合物体系,颗粒也随着聚合物熔体一起产生振动,聚合物熔体对无机刚性粒子的粘性拖曳力和振动的冲击就会破坏无机刚性颗粒最初形成的团聚体,无机刚性粒子在聚合物熔体中形成的团聚体被外部叠加的振动力场打散并迅速在熔体中扩散,最终使得无机刚性粒子在聚合物熔体中的分散性得到改善。

[0020] 4、从微观上看,引入振动力场一方面增加了高分子链之间的相互剪切摩擦,产生大量的耗散热,增加高分子的热运动能,空穴也增加和胀大,分子间的相互作用力减小,导致高分子链蠕动的增强;另一方面,振动不断对聚合物熔体进行挤压和释放,增加了分子取向,分子间的空穴增大,分子链重心偏移,也降低了分子间的相互作用力,从而使聚合物熔体的流动性增加,有利于物料混合均匀。

[0021] 本发明相对于现有技术,具有以下有益效果:

[0022] 1、物料塑化混炼效果好,耗能低。本发明在三螺杆挤出机的主螺杆上叠加振动力场,振动力场引发螺杆轴向齿间啮合间隙产生周期性变化,提高了熔体的混合均匀度,而且聚合物熔体在周期性力场的作用下会产生动态耗散热,动态耗散热提高物料熔融速率,同时减少了所需的外加热功率消耗,达到节能的效果。

[0023] 2、三螺杆系中,主螺杆易于实现轴向振动。“平衡式”两端进料的结构使物料塑化输送过程对三螺杆作用力抵消,从而有利于在中间主螺杆上叠加振动力场,在实践中,可以实现振动的振幅达到2mm。

[0024] 3、三螺杆系中,各螺杆的芯轴上可以设置不同的螺杆元件,适用加工物料范围广泛,可根据不同物料对塑化混炼要求自由组合螺杆元件。

## 附图说明

[0025] 图1为本平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备的整体结构示意图。

[0026] 图2为三螺杆系中,主螺杆和副螺杆同向旋转时的结构示意图。

[0027] 图3为三螺杆系中,主螺杆和副螺杆异向旋转时的结构示意图。

[0028] 图4为三螺杆系中的三个螺杆为等径一字型排列时的结构示意图。

[0029] 图5为三螺杆系中的三个螺杆为不等径一字型排列时的结构示意图。

[0030] 图6为三螺杆系中的螺杆采用螺纹元件结构形式时,其螺纹元件之间的间隙示意图。

[0031] 图7为三螺杆系中的螺杆采用捏合块元件结构形式时,其捏合块之间的间隙示意图。

[0032] 图8为本平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备在不同振动频率下,挤出流量随振幅的变化示意图。

[0033] 图9为本平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备在不同振动频率下,熔体压力随振幅的变化示意图。

[0034] 图10为本平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备在相同转速和组分配比时,所挤出的复合材料拉伸强度随振幅的变化示意图。

[0035] 图11为本平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备在相同转速和组分配比时,所挤出的复合材料冲击强度随振幅的变化示意图。

### 具体实施方式

[0036] 下面结合实施例,对本发明作进一步的详细说明,但本发明的实施方式不限于此。

[0037] 实施例1

[0038] 本实施例一种平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备,如图1所示,包括液压激振装置1、三螺杆系5、测控装置4、驱动电机3和加料斗2,三螺杆系两端分别设置加料斗,三螺杆系的主螺杆两端分别与液压激振装置和驱动电机连接,测控装置设于三螺杆系一侧,驱动电机和液压激振装置分别与测控装置电气连接。其工作过程是:在测控装置的控制下,驱动电机驱动三螺杆系转动,液压激振装置为主螺杆提供一轴向振动力,使主螺杆做轴向周期脉动,物料从三螺杆系两端的加料斗加入,两端加料量可根据实际情况调整,物料进入机筒后,在三螺杆系的旋转运动和主螺杆的轴向周期脉动作用下塑化混炼并同时从螺杆两端向螺杆中部输送,物料在机筒中经过强烈的剪切与螺杆轴向脉动挤压研磨作用,充分塑化混炼,物料经三螺杆系塑化混炼最终挤出。

[0039] 三螺杆系中包括三个螺杆,即包括一个主螺杆6和两个副螺杆7,两个副螺杆分别设于主螺杆两侧,且各副螺杆与主螺杆之间相互啮合连接,三个螺杆呈“一”字型设置。在呈“一”字型排列的三螺杆系中,主螺杆上叠加一振动力场,该振动力场使主螺杆做轴向振动,实现主螺杆和副螺杆轴向啮合间隙变化,从而使物料在料筒中除受复杂剪切作用外,还受到轴向振动挤压研磨作用,从而加强物料塑化混炼效果。

[0040] 三螺杆系中,两个副螺杆的直径相等,主螺杆的直径大于或等于副螺杆的直径。如图4所示,主螺杆的直径等于副螺杆的直径,即三个螺杆等径。如图5所示,主螺杆的直径大于副螺杆的直径,即三个螺杆不等径。

[0041] 三螺杆系为平衡式结构,具体为:三螺杆系两端对称设置实现双向进料的加料斗,三螺杆系中的三个螺杆均包括左螺纹段和右螺纹段,左螺纹段和右螺纹段的螺纹结构相对称,并且旋向相反。这种螺杆左右对称的结构形式可以有效抵消物料向前塑化输送时对螺杆轴向振动的阻力作用,从而减小螺杆左右端部轴承承受的轴向动载荷,实现中间主螺杆轴向振动。在螺杆转速一定的情况下,挤出产量可以随振动强度的增大而增大,如图8所示,挤出设备的挤出流量随着螺杆的振幅增大而增大;在挤出产量一定的情况下,挤出压力随振动强度的增大而减少,如图9所示,熔体压力随着螺杆振幅的增大而减小;如图10和图11所示,在转速为1.67r/s,不同频率下,PP/硅灰石(80/20,wt%)复合材料的拉伸强度和冲击强度随振幅的增大而增大,因此,轴向大幅振动可以有效提高挤出制品质量、增加产量高、降低能耗。

[0042] 三螺杆系中,两个副螺杆同向旋转,主螺杆与副螺杆同向旋转或反向旋转。如图2所示为主螺杆与副螺杆同向旋转,如图3所示为主螺杆与副螺杆反向旋转。

[0043] 三螺杆系中,各螺杆均为螺纹元件组成的结构形式,各螺杆的螺纹元件均采用积木式组合结构;如图6所示,主螺杆上的螺棱与副螺杆上相啮合的螺棱之间设有轴向间隙 $m$ (保证螺杆在做轴向振动时不影响其径向转动),轴向间隙的宽度大于主螺杆轴向振动时的最大振幅 $h$ ,其目的是为了保证主螺杆在做轴向振动时螺纹元件之间不会相碰而发生卡死现象,从而保证其径向转动正常运行。主螺杆和副螺杆之间由于有一定的螺纹间隙,由于振动的引入形成了窄间隙的高剪切去,使得主螺杆做轴向振动和径向转动时,间隙内物料流向发生多次变化,从而不断改变物料流体微元的界面取向,以利于界面增长,利于分布混合;另外,由于主螺杆的轴向振动使得左右间隙大小周期性变化,加强了对物料的挤压研磨作用,从而利于分散混合。

[0044] 液压激振装置采用现有市面通用的液压激振装置即可。

[0045] 通过上述设备实现的平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出方法是:在三螺杆系的主螺杆上增加一个轴向振动力场,同时采用双向进料方式,使三螺杆系旋转的同时,主螺杆轴向振动,实现物料在三螺杆系中同时受到剪切作用和轴向振动挤压研磨作用,从而加强物料的塑化混炼效果。

[0046] 上述平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备的工作原理为:计量好的物料分别从三螺杆系两端的加料斗进入,在三螺杆系中进行塑化混炼,通过计量两端进料量可以使两边物料塑化输送过程中对三螺杆作用力抵消,为实现主螺杆全程轴向振动提供了条件;主螺杆和每一根副螺杆之间构成啮合区,振动的引入改变了物料的运动状态,减小物料的内摩擦系数,增加其流动性,因而使物料快速堆积,松散度变小,在摩擦拖曳和正位移输送的作用下,物料易于成型与压实,使物料得到良好的热传导。

[0047] 上述平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出方法及设备通过引入振动力场,同时采用双向进料,有效加强了混合混炼效果,具体体现在以下几方面:

[0048] 1、物料流向发生多向性,振动力场作用下聚合物熔体在螺棱间隙、径向间隙、侧间隙、四面体间隙的流动过程显得非常复杂。特别是横流(即与螺槽方向相垂直的流动)的速度场发生了明显变化,随着振动频率或振幅的增加,流速增加,剪切混合增强。横流使物料在螺槽内产生翻转运动,对熔体的混合起着关键的作用,它能促进物料的混合、搅拌和热交换。

[0049] 2、振动力场促使物料与料筒来回接触,增加接触面积,而且接触面积上熔体更新的速度加快,从而提高固体颗粒的熔融速率。而且聚合物熔体在周期性力场的作用下会产生动态耗散热,动态耗散热提高物料熔融速率。

[0050] 3、对于刚性粒子填充的聚合物体系,颗粒也随着聚合物熔体一起产生振动,聚合物熔体对无机刚性粒子的粘性拖曳力和振动的冲击就会破坏无机刚性颗粒最初形成的团聚体,无机刚性粒子在聚合物熔体中形成的团聚体被外部叠加的振动力场打散并迅速在熔体中扩散,最终使得无机刚性粒子在聚合物熔体中的分散性得到改善。

[0051] 4、从微观上看,引入振动力场一方面增加了高分子链之间的相互剪切摩擦,产生大量的耗散热,增加高分子的热运动能,空穴也增加和胀大,分子间的相互作用力减小,导致高分子链蠕动的增强;另一方面,振动不断对塑料熔体进行挤压和释放,增加了分子取

向,分子间的空穴增大,分子链重心偏移,也降低了分子间的相互作用力,从而使塑料熔体的流动性增加,有利于物料混合均匀。

[0052] 实施例2

[0053] 本实施例一种平衡式三螺杆振动力场强化塑化混炼挤出设备,与实施例1相比较,其不同之处在于:三螺杆系中,各螺杆均为捏合块元件组成的结构形式,如图7所示,主螺杆上的捏合块与副螺杆上相啮合的捏合块之间设有轴向间隙 $m$ ,轴向间隙的宽度大于主螺杆轴向振动时的最大振幅 $h$ 。

[0054] 如上所述,便可较好地实现本发明,上述实施例仅为本发明的较佳实施例,并非用来限定本发明的实施范围;即凡依本发明内容所作的均等变化与修饰,都为本发明权利要求所要求保护的范围内所涵盖。

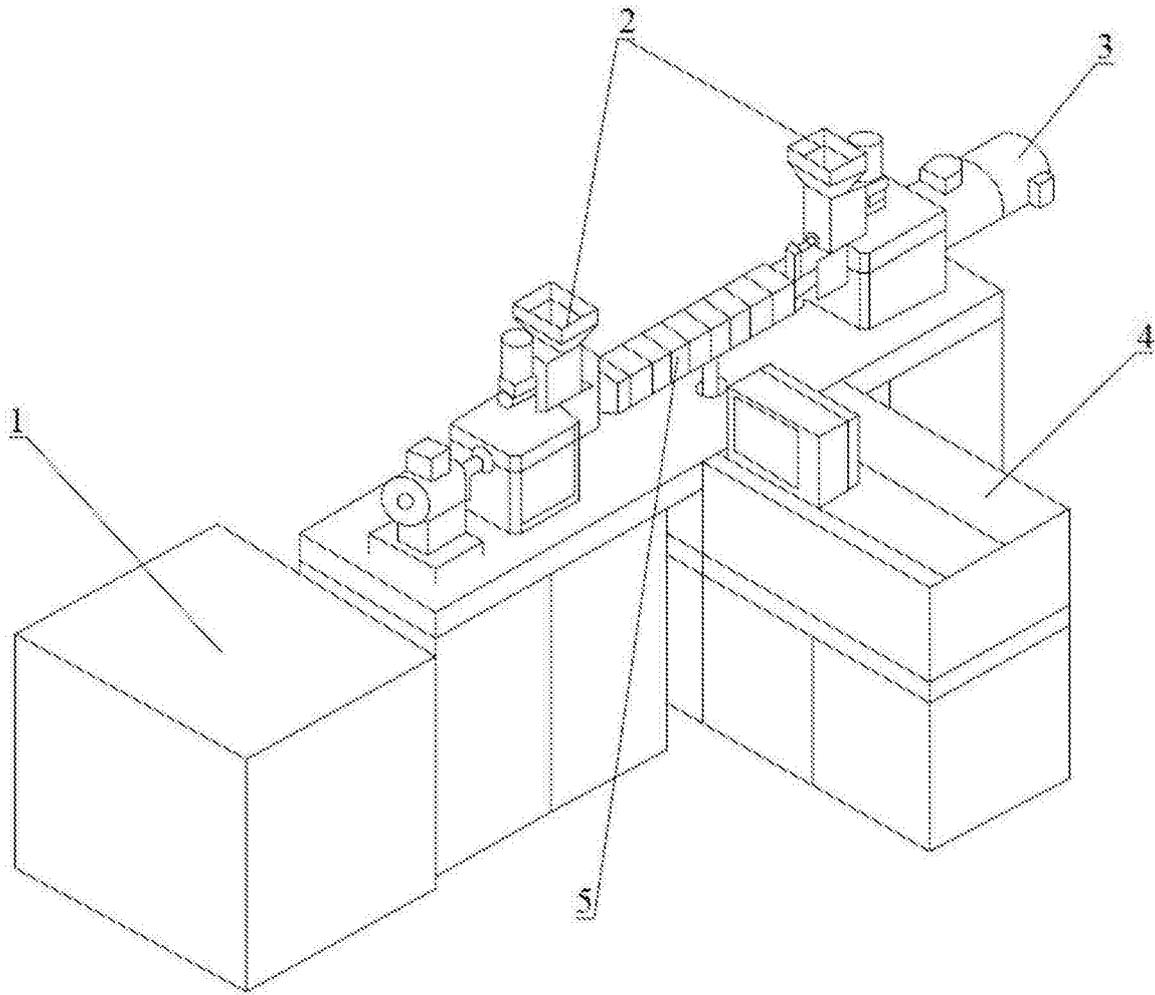


图1

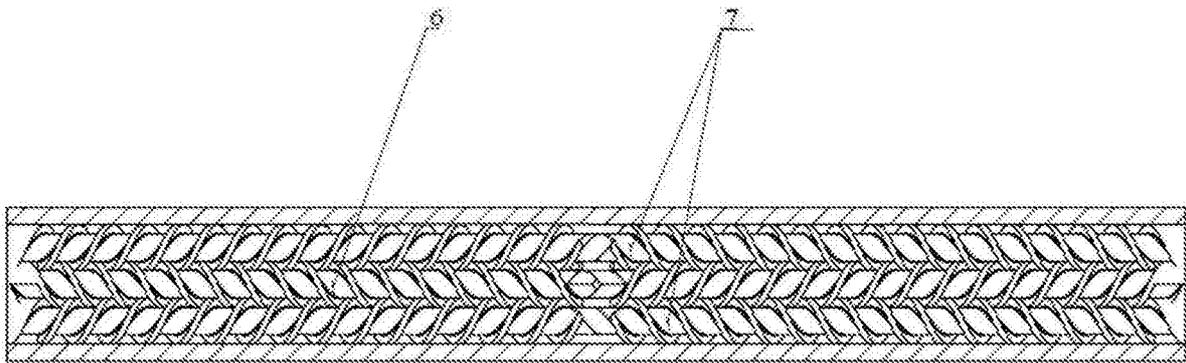


图2

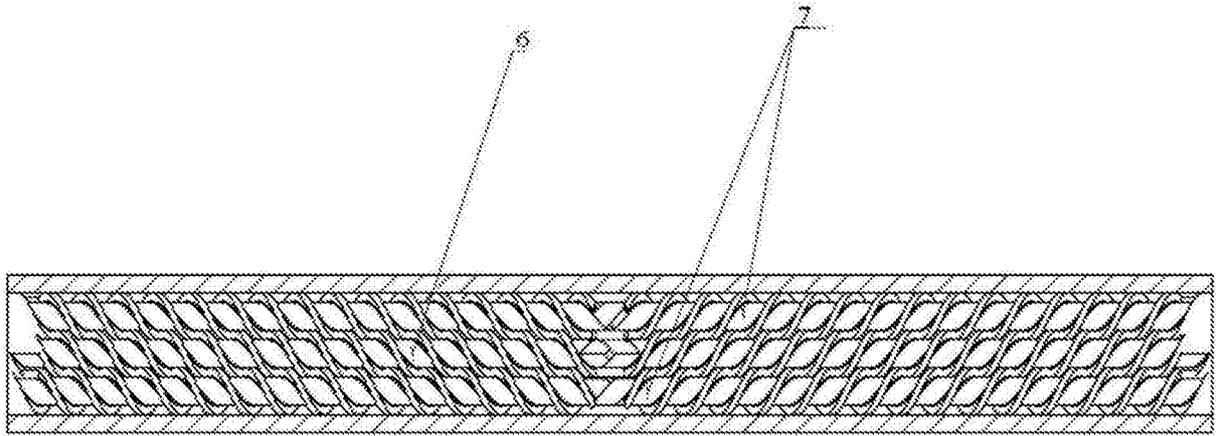


图3

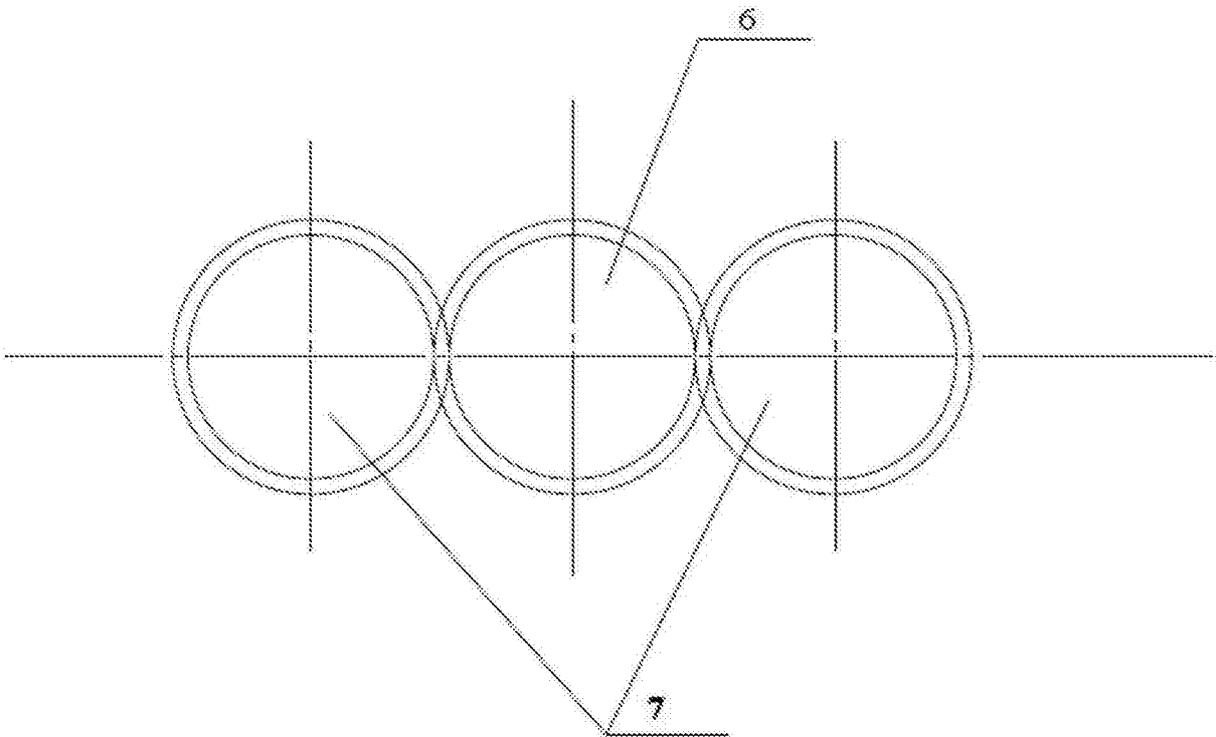


图4

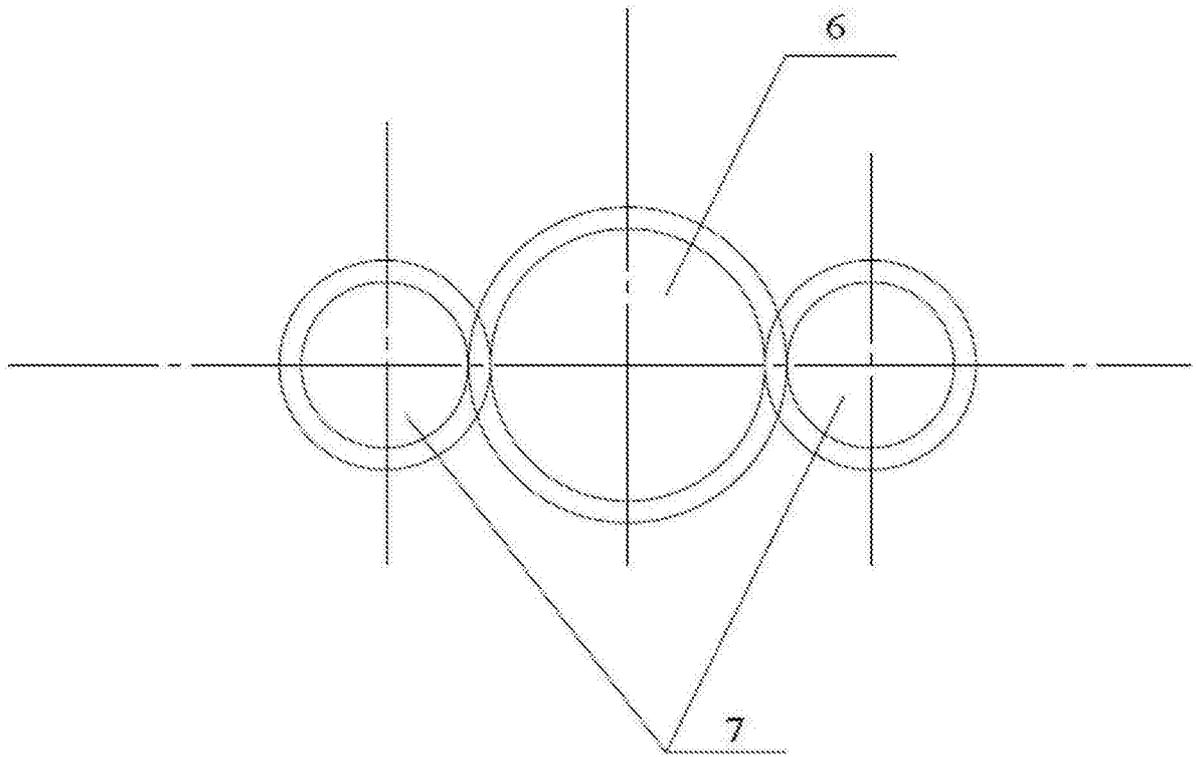


图5

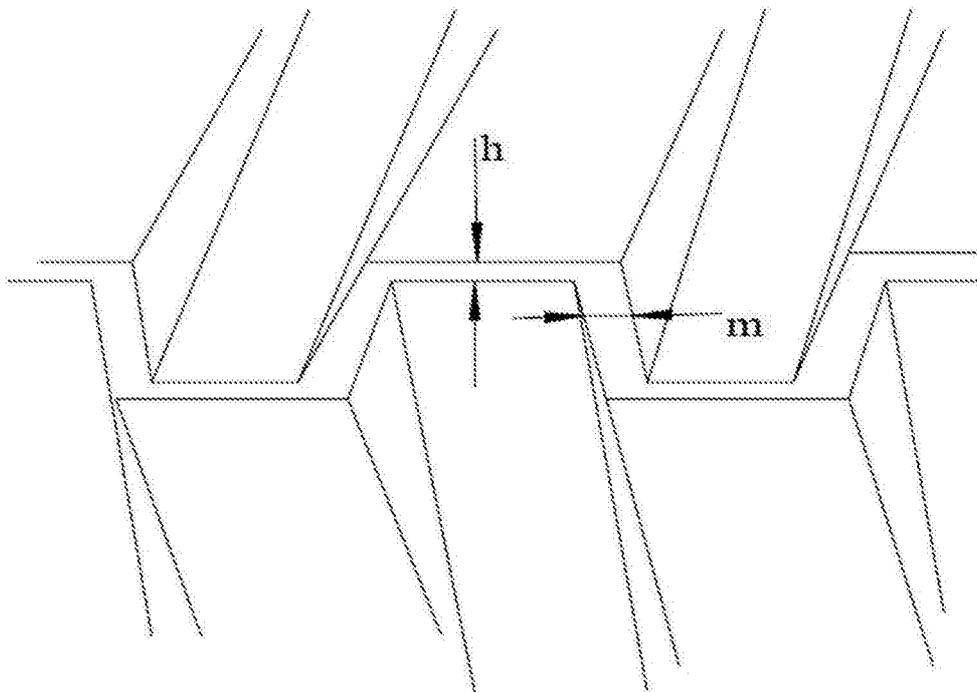


图6

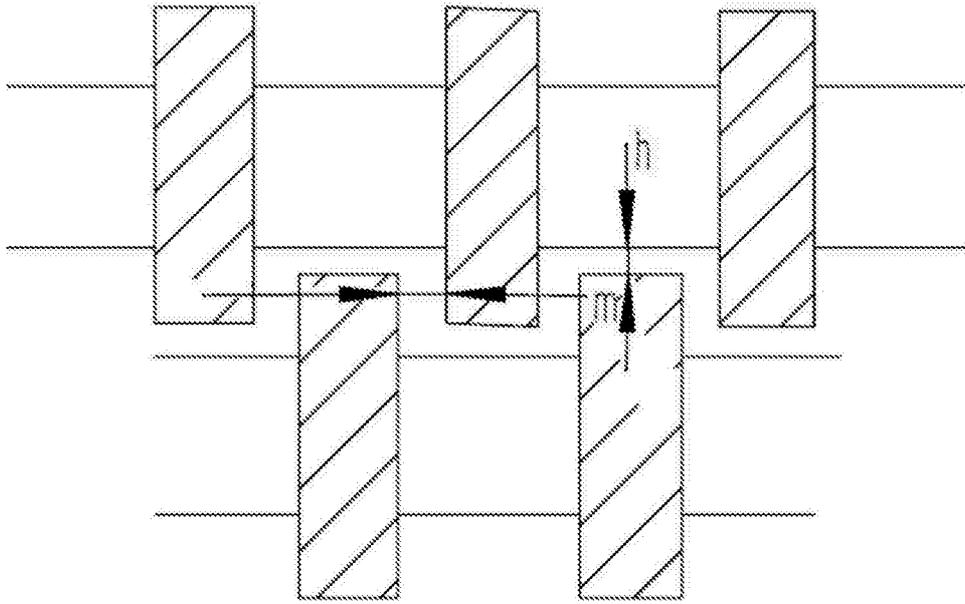


图7

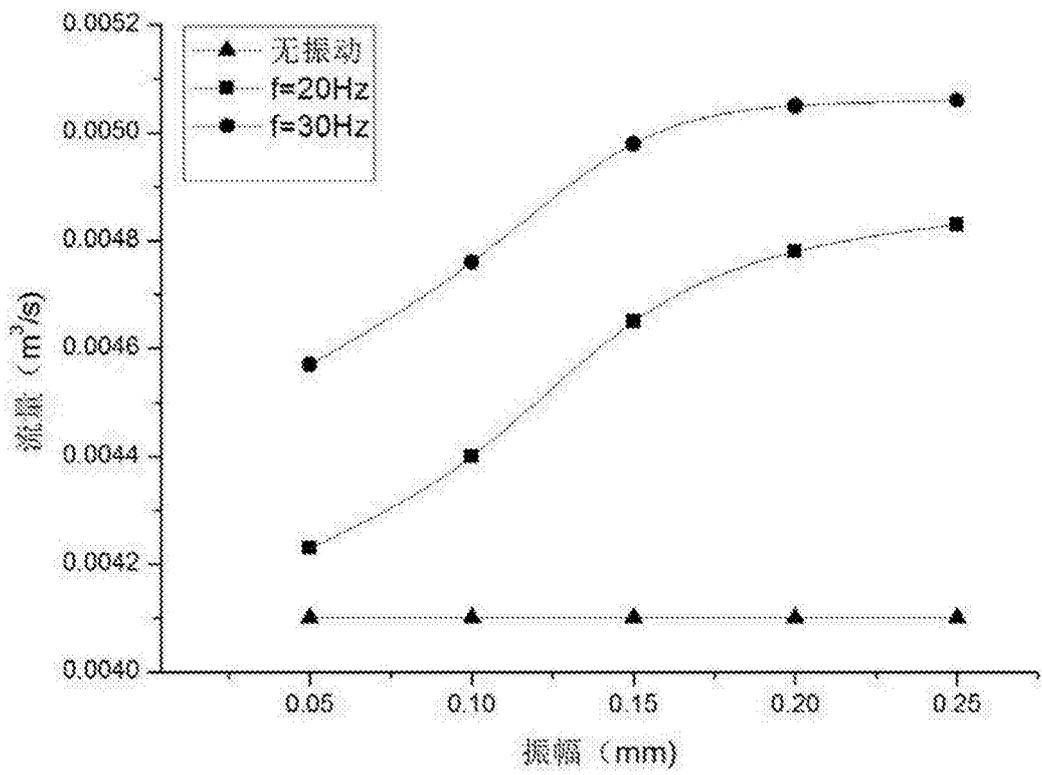


图8

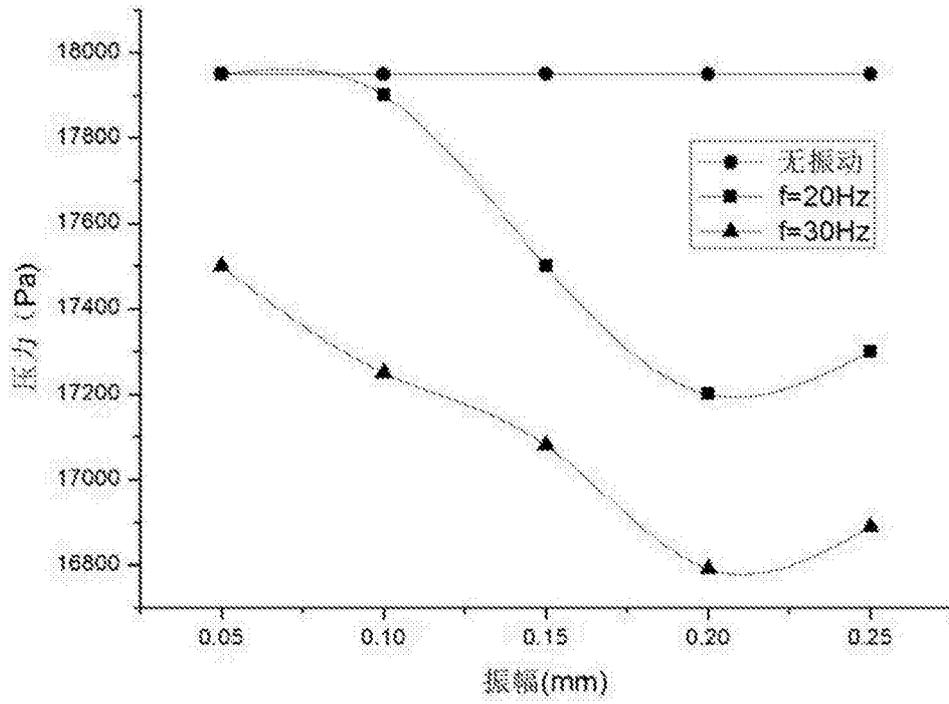


图9

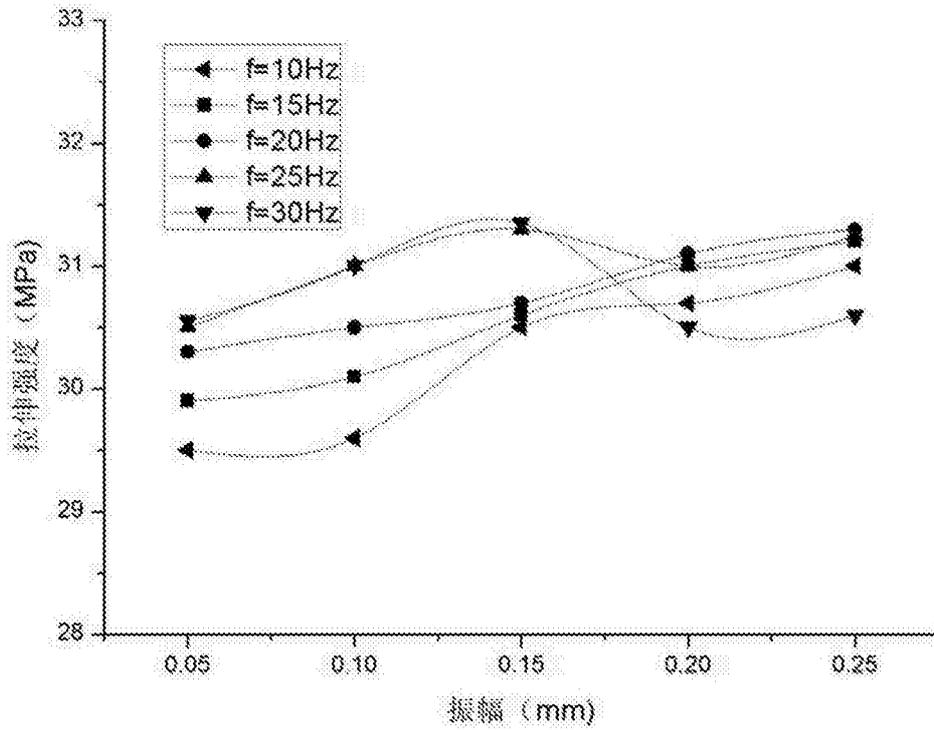


图10

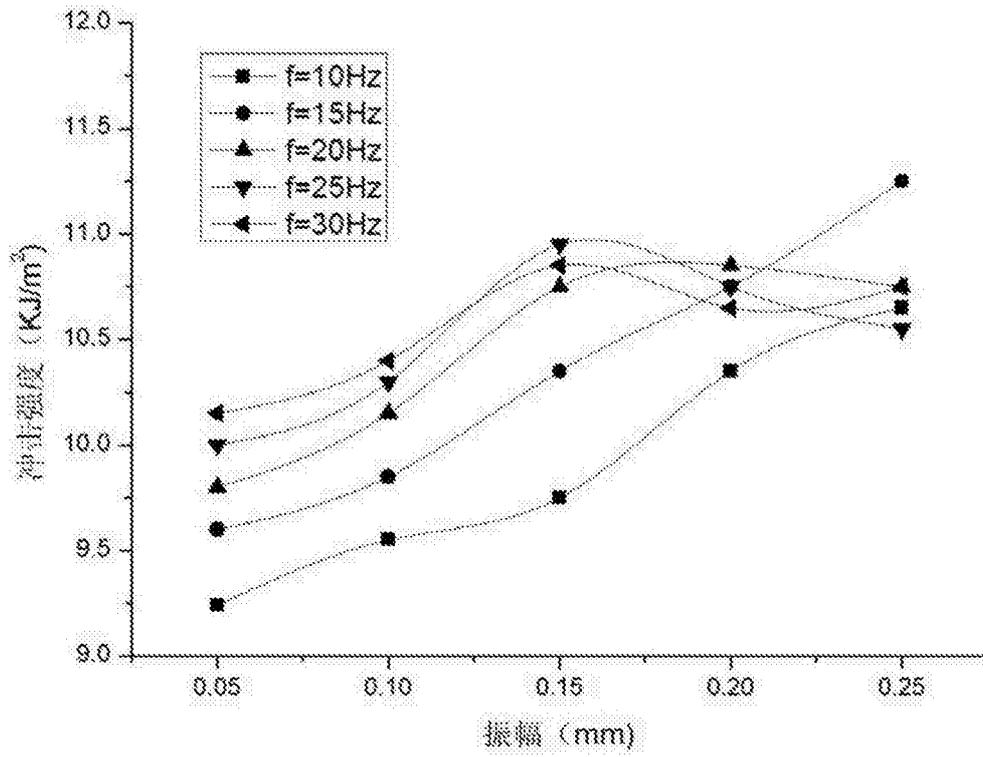


图11