



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103419349 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 04

(21) 申请号 201310325886. 2

(22) 申请日 2013. 07. 30

(71) 申请人 四川大学

地址 610065 四川省成都市一环路南一段  
24 号

(72) 发明人 高雪芹 杨其 安方振 王中武  
申开智

(74) 专利代理机构 成都科海专利事务有限责任  
公司 51202

代理人 唐丽蓉

(51) Int. Cl.

B29C 47/38 (2006. 01)

B29C 47/58 (2006. 01)

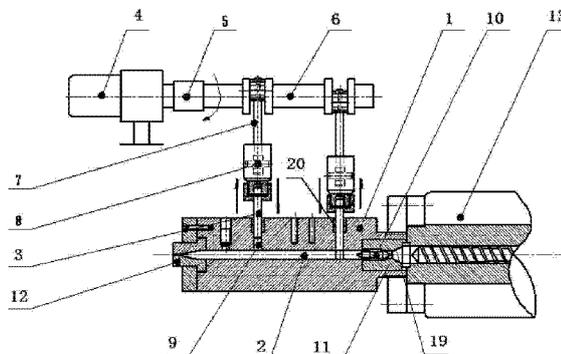
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

聚合物熔体剪切振动挤出成型装置

(57) 摘要

本发明提供的聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,包括挤出机 13、通过法兰盘与挤出机联接的挤出机头 1、口模 12、定型模 14、冷却水槽 15、牵引装置 16 和切割装置 17,其特征在于还包括设置在挤出机头 1 上方的曲柄连杆剪切振动系统 18 和挤出机头 1 内熔体流动道振动腔 2,其中曲柄连杆剪切振动系统是由曲柄连杆机构和往复振动杆 3 构成,往复振动杆 3 位于挤出机头 1 上所开的通孔 9 内,该通孔 9 与熔体流动道振动腔 2 贯通。本装置不仅能同时促进聚合物分子链取向,串晶结构的生成以及聚合物晶粒的细化,提高制品的力学性能,且还能降低挤出阻力,提高生产效率。



1. 一种聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,包括挤出机(13)、通过法兰盘与挤出机联接的挤出机头(1)、口模(12)、定型模(14)、冷却水槽(15)、牵引装置(16)和切割装置(17),其特征在于还包括设置在挤出机头(1)上方的曲柄连杆剪切振动系统(18)和挤出机头(1)内的熔体流道振动腔(2),其中曲柄连杆剪切振动系统是由曲柄连杆机构和往复振动杆(3)构成,往复振动杆(3)位于挤出机头(1)上所开的通孔(9)内,该通孔(9)与熔体流道振动腔(2)贯通。

2. 根据权利要求1所述聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,其特征在于曲柄连杆机构是由无级变速电机(4)、联轴器(5)、曲柄(6)、连杆(7)和活塞(8)构成,无级变速电机(4)通过联轴器(5)与曲柄(6)连接,连杆(7)一端通过连杆盖与曲柄(6)连接,另一端与活塞(8)连接。

3. 根据权利要求1或2所述聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,其特征在于往复振动杆(3)为2~6个,每个往复振动杆(3)分别与曲柄连杆机构中对应的活塞(8)连接,其端头穿过挤出机头上的通孔(9)伸入挤出机头内的熔体流道振动腔(2)内。

4. 根据权利要求1或2所述聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,其特征在于挤出机的熔体流道(19)与挤出机头内的熔体流道振动腔(2)之间设置有单向阀(10),该单向阀(10)位于与挤出机头呈过盈配合的单向阀套筒(11)中。

5. 根据权利要求3所述聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,其特征在于挤出机的熔体流道(19)与挤出机头内的熔体流道振动腔(2)之间设置有单向阀(10),该单向阀(10)位于与挤出机头呈过盈配合的单向阀套筒(11)中。

6. 根据权利要求1或2所述聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,其特征在于挤出机头上部的通孔(9)内均设置有粉末冶金轴承(20),该粉末冶金轴承(20)与通孔(9)呈过盈配合,与往复振动杆(3)呈间隙配合。

7. 根据权利要求3所述聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,其特征在于挤出机头上部的通孔(9)内均设置有粉末冶金轴承(20),该粉末冶金轴承(20)与通孔(9)呈过盈配合,与往复振动杆(3)呈间隙配合。

8. 根据权利要求5所述聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,其特征在于挤出机头上部的通孔(9)内均设置有粉末冶金轴承(20),该粉末冶金轴承(20)与通孔(9)呈过盈配合,与往复振动杆(3)呈间隙配合。

## 聚合物熔体剪切振动挤出成型装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于聚合物挤出成型加工装置技术领域,具体涉及一种曲柄连杆式聚合物熔体剪切振动挤出成型装置。

### 背景技术

[0002] 聚合物熔体振动成型加工技术是指在成型过程中施加振动场,以影响聚合物熔体流变性能和凝聚态结构的技术。该技术不仅可有效地促进聚合物分子的解缠,降低聚合物熔体的粘度,提高熔体的流动性,从而改善挤出时的熔体破碎现象和聚合物挤出胀大程度,提高挤出产率和质量,同时还能使挤出物晶粒细化,热稳定性提高。

[0003] 目前,有关聚合物熔体振动挤出成型加工仪器和装置的研究已有一些报道,如彭响方、瞿金平等研制出毛细管动态流变仪(《中国塑料》,聚合物动态挤出流变行为研究,2000,14(1):42)。该毛细管动态流变仪是在常规毛细管流变仪基础上,通过振动加压系统作用于压料柱塞对料筒里的熔体叠加1个正弦振动场,其振动频率为0~80Hz,振幅为0~0.3mm,但该流变仪还只是对加工过程的一个简单模拟,并不是真实的成型加工装置。又如郭少云、李惠林等报道了一种聚合物熔体的超声挤出装置(《化学通报》,超声辐照下聚乙烯熔体挤出流变特性的研究,2001,1:40)。该装置的振动场是由超声波发生器和超声探头产生的,其超声频率可达20kHz,功率0~300W连续可调,超声探头直径15mm,超声振动方向与熔体流动方向平行,机头口模为变截面毛细管挤出口模,并配有高温熔体压力传感器以连续测量挤出口模压力。该装置与毛细管动态流变仪相比,其振动属于超高频振动。另外,Isayev等(A. I. Isayev, Rishi Kumar, Todd M. Lewis, Ultrasound assisted twin screw extrusion of polymer-nanocomposites containing carbon nanotubes, Polymer, 2009, 50: 250)也进行了超声振动挤出研究,发现超声振动对于聚合物熔体的流变行为有很显著的改善作用,施加超声振动场后,聚合物挤出压力、挤出胀大和熔体粘度均减小,对结晶有细化作用,并使共混物相容性增强。但超声振动在制品力学性能的改善方面却不尽理想,甚至在某些情况下经过长时间的超声处理力学性能出现下降(Fridman M L Peshkovsky S L Vinogradov G V. The rheology of thermoplastics under conditions of spiral flow and vibrations on extrusion. Polym. Eng. Sci. 1981 21(12): 755.)。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是针对现有技术的不足,提供一种聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,该装置不仅可避免过高频率引起的制品力学降解,还能促进聚合物分子链取向、串晶结构的生成以及聚合物晶粒的细化,以提高制品力学性能。

[0005] 本发明提供的聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,包括挤出机、通过法兰盘与挤出机联接的挤出机头、口模、定型模、冷却水槽、牵引装置和切割装置,其特征在于还包括设置在挤出机头上方的曲柄连杆剪切振动系统和挤出机头内的熔体流道振动腔,其中曲柄连

杆剪切振动系统是由曲柄连杆机构和往复振动杆构成,往复振动杆位于挤出机头上所开的通孔内,该通孔与熔体流道振动腔贯通。

[0006] 上述装置工作时,当聚合物熔体进入熔体流道振动腔时,往复振动杆就会在曲柄连杆机构的带动下,连续不断地在通孔内上下往复运动,其杆头就会不停的对熔体流道振动腔中的聚合物熔体进行上下挤压抽动,使熔腔内的熔体受到强烈的剪切作用力,促进聚合物分子链取向、串晶结构的生成以及聚合物晶粒的细化。

[0007] 上述装置中曲柄连杆机构是由其特征在于曲柄连杆机构是由无级变速电机、联轴器、曲柄、连杆和活塞构成,无级变速电机通过联轴器与曲柄连接,连杆一端通过连杆盖与曲柄连接,另一端与活塞连接。

[0008] 为了使流经熔体流道振动腔的聚合物熔体受到更为强烈的剪切作用,上述装置中往复振动杆为 2~6 个,每个往复振动杆分别与曲柄连杆机构中对应的活塞连接,其端头穿过挤出机头上的通孔伸入挤出机头内的熔体振动腔内。另外,往复振动杆与口模的距离尽量短,以免由振动剪切作用引起的聚合物分子链的取向和解缠结在此距离段得到太多回复。

[0009] 上述装置中挤出机的熔体流道与挤出机头内的熔体振动腔之间设置有单向阀,该单向阀位于与挤出机头呈过盈配合的单向阀套筒中。单向阀的设置可以使机头部分的振动不至于影响单螺杆挤出机螺杆部分熔体的流动,以确保其中的聚合物熔体流态更稳定。

[0010] 上述装置中挤出机头上部的通孔内均设置有粉末冶金轴承,该粉末冶金轴承与通孔呈过盈配合,与往复振动杆呈间隙配合,以减小往复振动杆与通孔的摩擦。

[0011] 上述装置中的口模与挤出机头可采用拆卸式连接,以保证设计制造的多种尺寸口模,包括用于研究聚物流变性能的毛细管口模,用于研究制品纵横两向力学性能的厚、薄片材口模等能方便安装其上,以利于研究聚合物的流变性能及制品结构性能。口模的长度应尽量取短,出口模后应尽快定型,这样才有利于聚合物熔体取向结构的保留。

[0012] 以上聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,所用的定型模为真空定型模或压缩空气定型模或其它滑动式定型模。

[0013] 以上聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,挤出机头包覆有加热圈,机头上开设有压力传感器孔和温度计及热电偶插孔以便测量机头压力和温度。

[0014] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0015] 1、由于本发明提供的挤出成型装置增设了曲柄连杆剪切振动系统,其中的往复振动杆在挤出机头通孔内进行往复运动,可使挤出过程中的熔腔内熔体受到强烈的剪切作用力,因而即有利于聚合物分子链取向和串晶结构的生成,也有利于聚合物复合材料中填料进行均匀的分散与取向,改变挤出熔体的流变性能和凝聚态结构,提高聚合物熔体的成型加工性能,改善制品的力学性能,同时还能降低挤出阻力,提高生产效率。

[0016] 2、由于本发明提供的挤出成型装置的曲柄连杆剪切振动系统中,往复振动杆的振动频率和振幅可通过调节电机的转速来进行调节和控制,因而既能避免过高频率引起制品的力学降解,又能通过调节获得不同取向度和串晶结构的聚合物制品,以满足不同的使用要求。

[0017] 3、由于本发明提供的聚合物熔体剪切振动挤出成型装置的挤出机与挤出机头之间安装有单向阀,因而不仅机头部分的振动不至于影响单螺杆挤出机螺杆部分熔体的流

动,使流态更稳定,且也不会因往复振动杆的振动挤压使聚合物熔体倒流,影响挤出效率。

[0018] 4、由于本发明提供的挤出成型装置的挤出机头和口模为可拆卸连接方式,且熔体所受到的剪切方向又与熔体流动方向平行,因而不仅口模更换方便,振动效果好,且还能只通过更换口模,就可将振动挤出技术应用于不同尺寸和类型的挤出制品。

[0019] 5、由于本发明提供的挤出成型装置中曲柄连杆机构驱动的往复振动杆的往复运动产生的振动噪音小,因而装置运行平稳,噪声污染小。

[0020] 6、本发明提供的挤出成型装置不仅可作为研究真实加工过程中低频剪切振动对聚合物熔体流变行为的影响的新设备,也可作为实用性很强的高聚物制品的加工设备。

## 附图说明

[0021] 图1为本发明提供的聚合物熔体剪切振动挤出成型装置的结构示意图。

[0022] 图2为本发明提供的聚合物熔体剪切振动挤出成型装置中的曲柄连杆剪切振动系统的结构示意图。

[0023] 图3为不同螺杆转速下HDPE 5000S熔体表观粘度随振动频率的变化曲线。

[0024] 由图3可知,经剪切振动后HDPE 5000S熔体的表观粘度明显降低,螺杆转速越低,振动场对熔体表观粘度的影响越大。转速为4r/min时,表观粘度从2994.1Pa·S降低为1963.4Pa·S,最大降幅为34.42%。

[0025] 图4为不同口模温度下HDPE 5000S熔体表观粘度随振动频率的变化曲线。

[0026] 由图4可知,口模温度为180℃、190℃和200℃时,HDPE5000S熔体的表观粘度最大降幅分别为19.83%、15.86%和16.85%。

[0027] 图5为不同螺杆转速下PP F401熔体的表观粘度随振动频率的变化曲线。

[0028] 由图5可知,经剪切振动后PP F401熔体的表观粘度明显降低。随着振动频率增大,表观粘度先是降低较快,到1.0Hz以后,降低速度趋于平缓。螺杆转速越低,振动场对熔体表观粘度的影响越大,转速为4r/min时,表观粘度从2179.5Pa·S降低为1459.0Pa·S,最大降幅为33.06%。

[0029] 图6为不同口模温度下PP F401熔体的表观粘度随频率的变化曲线。

[0030] 由图6可知,口模温度为180℃、190℃和200℃时,PP F401熔体的表观粘度最大降幅分别为22.96%、20.46%和24.37%。

[0031] 由图3~6可知,聚合物熔体在剪切振动场中的表观粘度变化与振动频率、口模温度和挤出机螺杆转速均有关,施加剪切振动后HDPE和PP的熔体表观粘度均有明显降低,表观粘度的降低有利于分子链的解缠结与取向以及聚合物复合材料中填料的均匀分散,另外,表观粘度降低,熔体流动阻力减小,挤出压力降低;在熔体达到相同的表观粘度时,所需的挤出温度也有所降低。

[0032] 图7为PP T30S通过本发明聚合物熔体剪切振动挤出成型装置振动挤出前后拉伸强度的变化曲线。

[0033] 图8为PP T30S通过本发明聚合物熔体剪切振动挤出成型装置振动挤出前后断裂伸长率的变化曲线。

[0034] 由图7、图8可知,经剪切振动挤出后的PP T30S试样最大断裂伸长率为837%,较常规PP T30S式样的断裂伸长率(552%)提高了51.6%,拉伸强度从常规试样的39.17MPa提

高到 41.53MPa,可见力学性能尤其断裂伸长率得到较明显提升。

[0035] 图 9 为 PP T30S 试样通过本发明聚合物熔体剪切振动挤出成型装置振动挤出前后的偏光显微镜照片,其中 a 为未经剪切振动的常规试样,b 为振动频率  $F=2.0\text{Hz}$  时剪切振动挤出成型的 PP T30S 试样,c 为振动频率  $F=2.5\text{Hz}$  时剪切振动挤出成型的 PP T30S 试样。

[0036] 从图 9 可以看出,振动后试样的晶粒尺寸明显变小,这说明剪切振动场下挤出成型有利于聚合物晶粒的细化,从而有利于试样断裂伸长率的提高。

[0037] 图 10 为 PLA 在转速为 2rpm 时常规挤出与通过本发明聚合物熔体剪切振动挤出成型装置振动挤出的 DSC 对比曲线。

[0038] 从图 10 可知,PLA(聚乳酸)在振动频率为 2.0Hz,螺杆转速为 2rpm 挤出时冷结晶峰消失,振动试样的结晶度显著提高,从常规试样的 2.69% 提高为振动试样的 38.03%,这说明剪切振动可以加快聚乳酸的结晶,从而使聚乳酸材料呈现良好的机械性能、热性能和较低的收缩性能,热变形温度有所提高。

## 具体实施方式

[0039] 下面结合附图给出实施例并对本发明提供的聚合物熔体剪切振动挤出成型装置进行具体描述。有必要在此指出的是以下实施例只用于对本发明作进一步说明,不能理解为对本发明保护范围的限制,该领域的专业技术人员根据上述本发明的内容做出的一些非本质的改进和调整,仍属于本发明的保护范围。

[0040] 实施例

[0041] 如图 1、2 所示,本实施例提供的聚合物熔体剪切振动挤出成型装置,包括挤出机 13、通过法兰盘与挤出机联接的挤出机头 1、口模 12、定型模 14、冷却水槽 15、牵引装置 16、切割装置 17 和设置在挤出机头 1 上方的曲柄连杆剪切振动系统 18 和挤出机头 1 内的熔体流道振动腔 2,其中曲柄连杆剪切振动系统是由曲柄连杆机构和往复振动杆 3 构成。

[0042] 曲柄连杆机构又是由无级变速电机 4、联轴器 5、曲柄 6、连杆 7 和活塞 8 构成,无级变速电机 4 通过联轴器 5 与曲柄 6 连接,连杆 7 一端通过连杆盖和螺栓与曲柄 6 连接,连杆 7 与曲柄 6 及连杆盖与曲柄 6 的接触面上放置有连杆瓦,另一端通过活塞销与活塞 8 连接。

[0043] 往复振动杆 3 本实施例为 2 个,每个往复振动杆 3 分别与曲柄连杆机构中对应的活塞 8 连接,其端头穿过挤出机头上的通孔 9 可伸入到挤出机头内的熔体振动腔 2 内。挤出机头上部的通孔 9 内均设置有粉末冶金轴承 20,该粉末冶金轴承 20 与通孔 9 呈过盈配合,与往复振动杆 3 呈间隙配合。本实施例挤出机头上的通孔 9 是与熔体流道振动腔 2 垂直贯通的,且熔体流道振动腔 2 的截面形状为圆形。

[0044] 挤出机的熔体流道 19 与挤出机头内的熔体振动腔 2 之间设置有单向阀 10,该单向阀 10 位于与挤出机头呈过盈配合的单向阀套筒 11 中。

[0045] 挤出机头前的口模 12 由上口模和下口模组成,并用螺钉与挤出机头固定连接。

[0046] 在聚合物熔体挤出成型过程中,挤出机料筒内被螺杆输送来的熔融聚合物经过栅板进入与挤出机头呈过盈配合的单向阀套筒内的单向阀,流入挤出机头内熔体流道振动腔内。无极变速电机带动曲柄旋转,曲柄的旋转运动带着连杆作直线往复运动,连杆又带着与活塞相连的往复振动杆在挤出机头熔体振动腔内进行直线往复运动。振动杆的往复运动使

得挤出机头流道内的聚合物熔体受到强烈的剪切作用力,使聚合物分子链取向或使聚合物复合材料中的填料进行均匀分散与取向,紧接着经剪切振动后的聚合物熔体流入上口模和下口模组成的狭缝口模内,再从狭缝口模流出,经定型、冷却、牵引、切割以后即成为聚合物片材。

[0047] 为了考察本发明提供的聚合物熔体剪切振动挤出成型装置的加工效果,本发明将 HDPE5000S、HDPE5000S/CF、PLA (聚乳酸)、PLA/OMMT (有机蒙脱土) 等聚合物体系用该装置在不同螺杆转速、不同口模温度和不同振动频率下进行挤出,然后考察了挤出过程中熔体表观粘度随振动频率的变化、挤出前后拉伸强度、断裂伸长率、晶粒尺寸和结晶度的变化,其结果见图 3-10。发现其中力学性能提高最为显著的是 PLA/OMMT (5%) 体系,该体系力学性能数据见下表,由下表可知经过本发明装置剪切振动挤出后试样的拉伸强度、断裂伸长率和弹性模量均得到提高。

[0048] 表

[0049]

振动频率 (Hz)	拉伸强度 (MPa)	断裂伸长率 (%)	弹性模量 (MPa)
0	69.47	15.02	1503.34
0.7	77.02	20.28	1788.82
1.0	75.62	20.14	1752.26
1.5	76.66	20.27	1850.83
2.0	78.54	17.39	1897.51

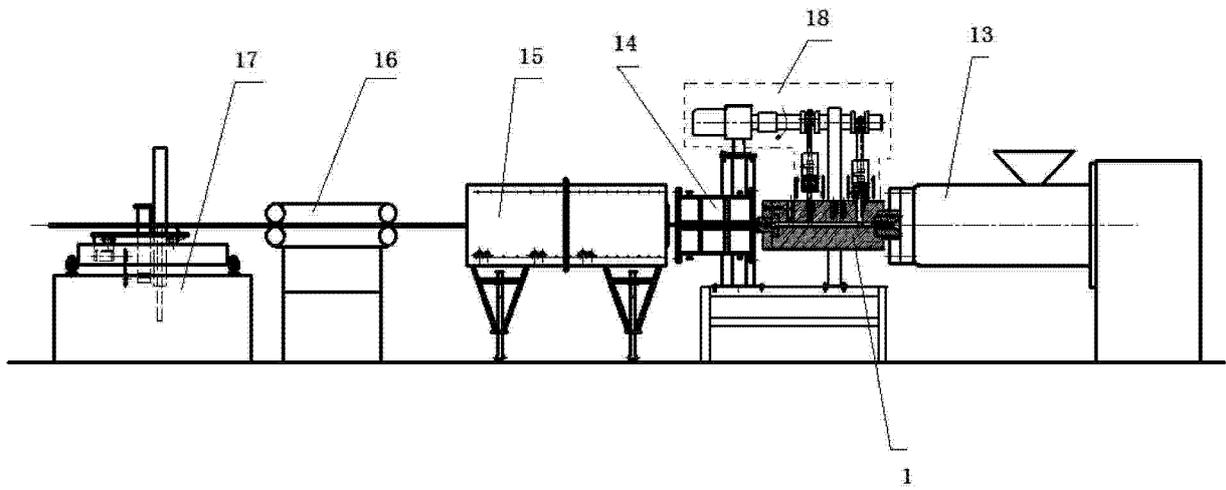


图 1

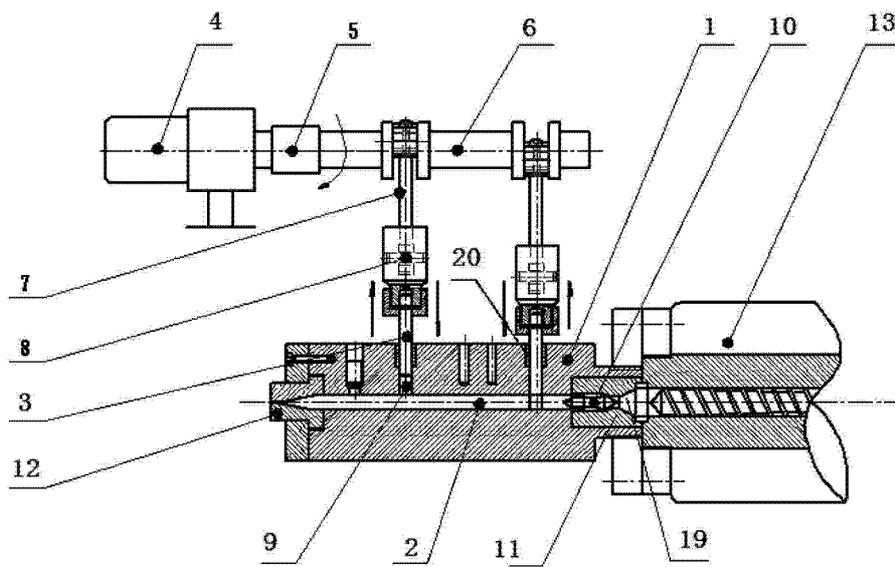


图 2

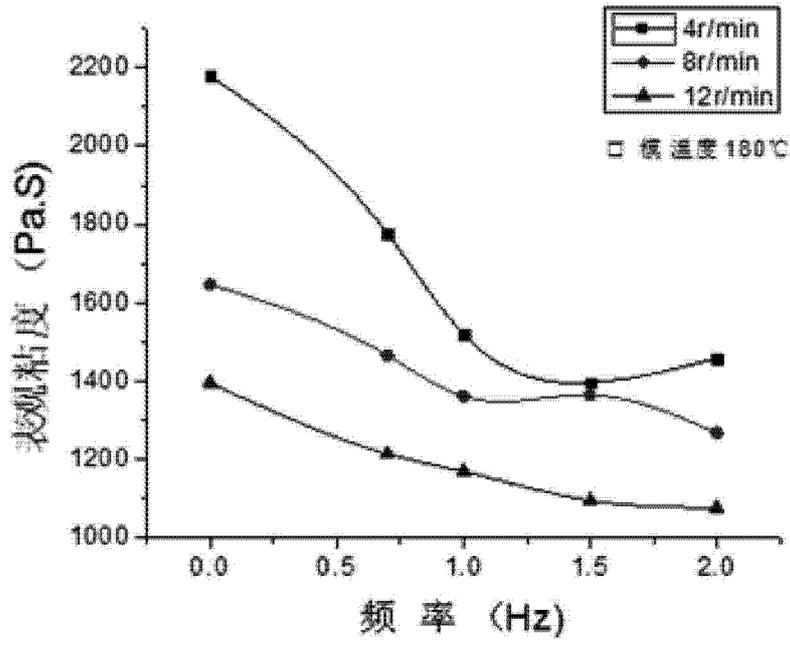


图 3

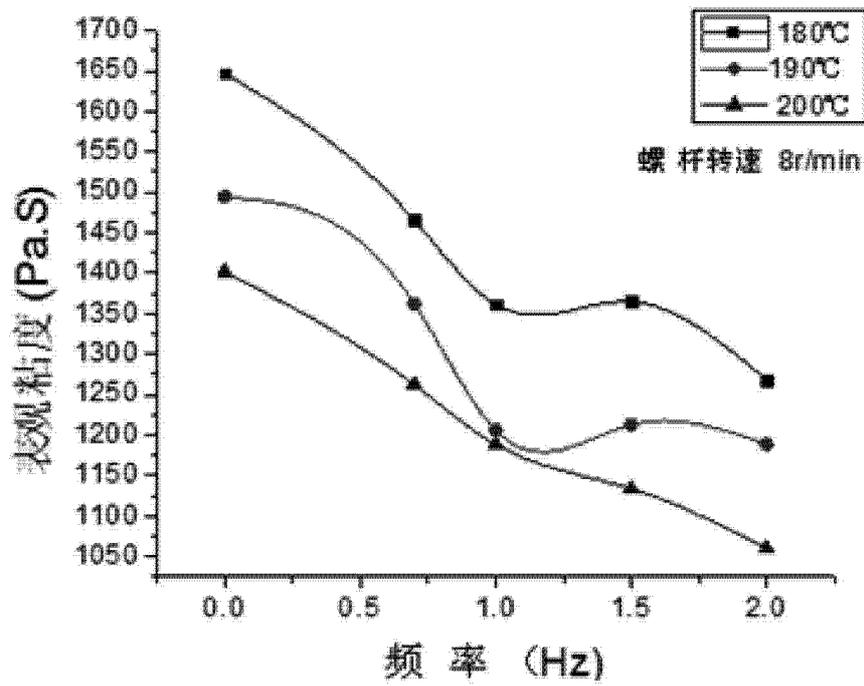


图 4

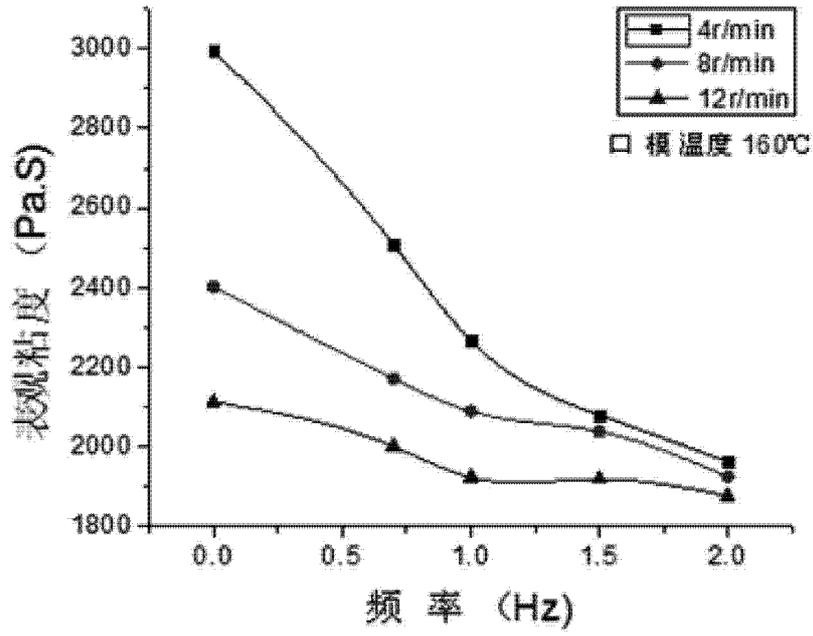


图 5

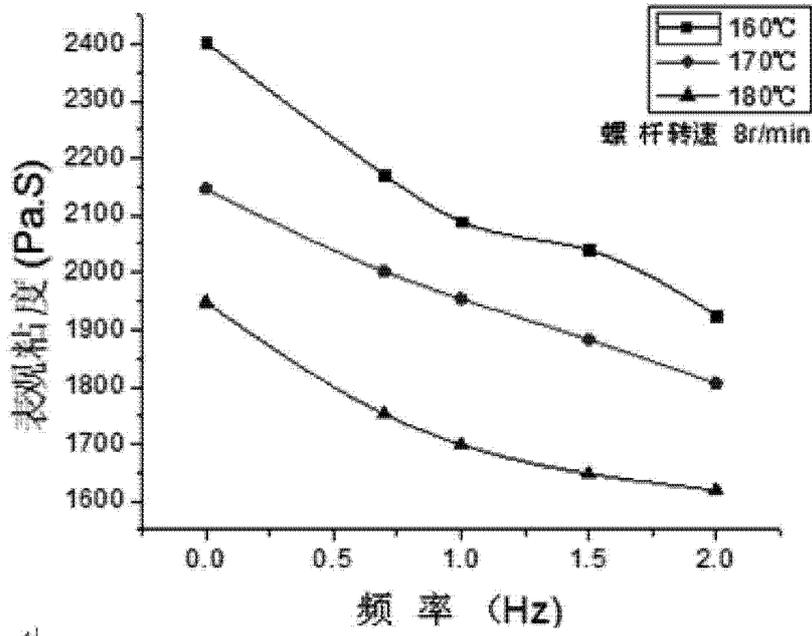


图 6

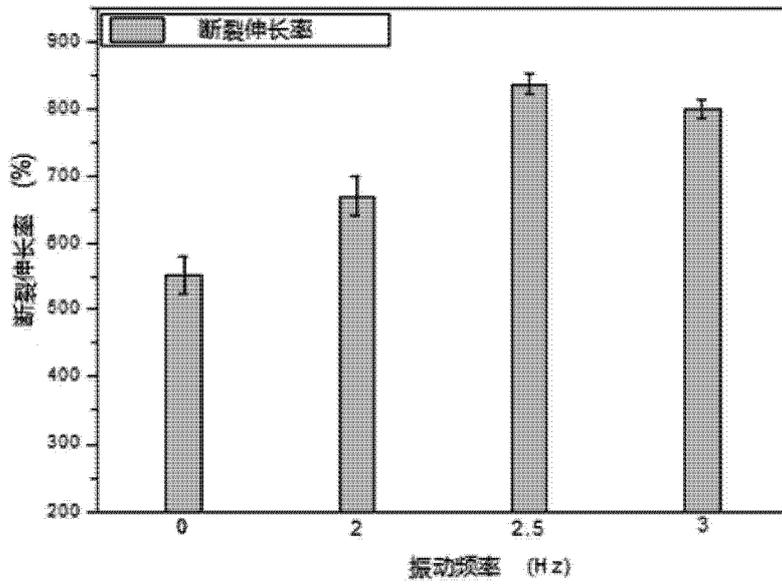


图 7

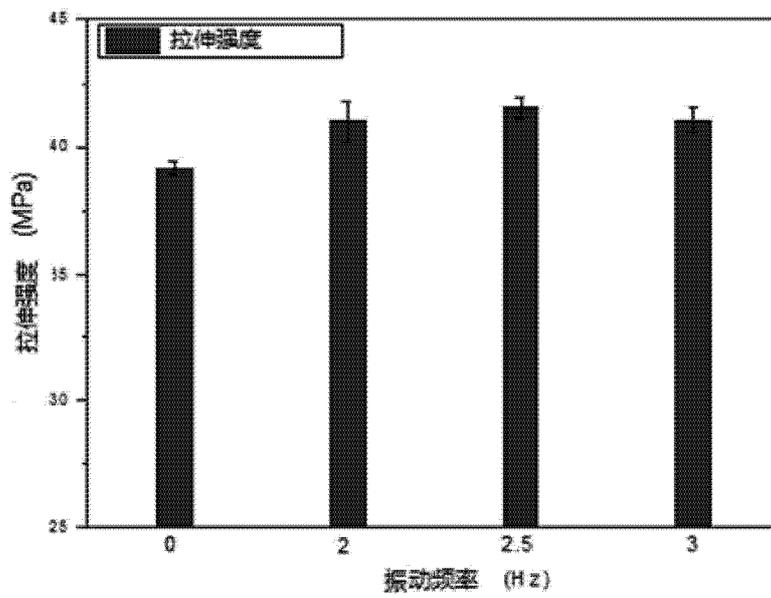


图 8

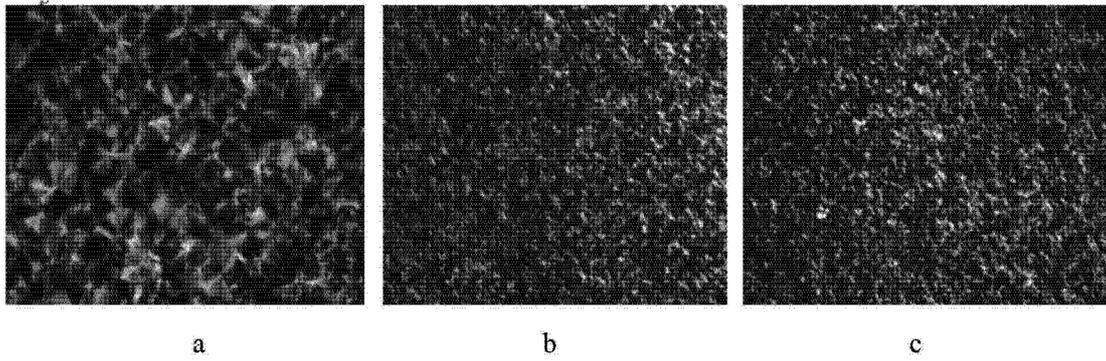


图 9

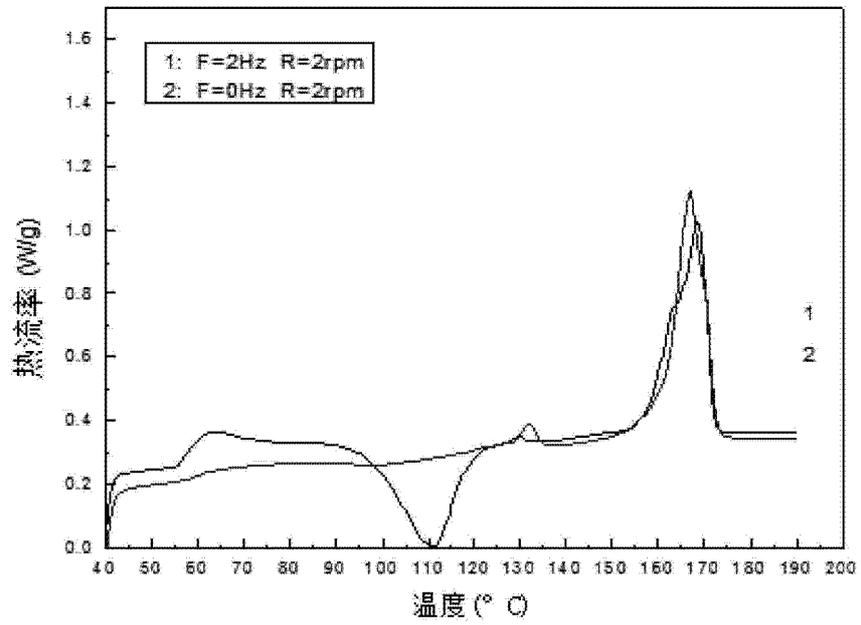


图 10