



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105290617 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 03

(21) 申请号 201510781725. 3

(22) 申请日 2015. 11. 13

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 董杰 郇勇 高萌 刘薇 加海友 汪卫华

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理 事务所(普通合伙) 11390

代理人 胡剑辉

(51) Int. Cl.

B23K 26/362(2014. 01)

B23K 26/40(2014. 01)

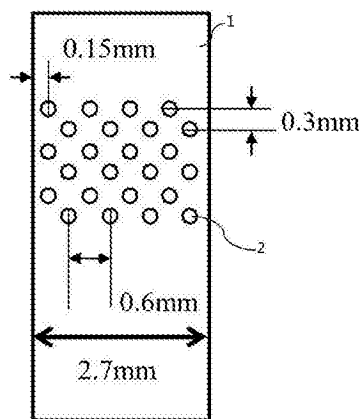
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种使金属玻璃产生拉伸塑性的加工处理方法

(57) 摘要

本发明公开一种使金属玻璃产生拉伸塑性的加工处理方法,包括如下步骤:步骤 10,准备一块板状的金属玻璃;步骤 20,在所述金属玻璃的上下表面蚀刻阵列排列的微坑,所述微坑垂直于所述金属玻璃表面。本发明的方法所激发的拉伸塑性不依赖于多重剪切带的作用,而是金属玻璃均匀流变效应。通过激光的热效应使加工区域附近的材料产生微观梯度结构,这种结构可以抑制剪切带的生成和扩展。本方法操作简便,适合大批量生产,效率高。



1. 一种使金属玻璃产生拉伸塑性的加工处理方法,包括如下步骤:
步骤 10,准备一块板状的金属玻璃;
步骤 20,在所述金属玻璃的上下表面蚀刻阵列排列的微坑,所述微坑垂直于所述金属玻璃表面。
2. 根据权利要求 1 所述的加工处理方法,其中,
所述步骤 20 中的所述微坑采用激光设备利用脉冲分别在所述金属玻璃的上下表面加工形成。
3. 根据权利要求 2 所述的加工处理方法,其中,
所述步骤 20 中,同一平面上的所述微坑与所述微坑之间的距离,以两个所述微坑的有效应力区相互接触为标准,所述有效应力区的直径为所述微坑的表面圆的直径的两倍。
4. 根据权利要求 3 所述的加工处理方法,其中,
所述步骤 20 中,同一平面上在纵向上相邻的所述微坑其前一横向上排列的所述微坑分别位于前一横向上排列的相邻两个所述微坑之间中线的延长线上。
5. 根据权利要求 2-4 中任一项所述的加工处理方法,其中,
同一平面上所述微坑沿斜方向密排面的倾斜角度与所述金属玻璃的拉伸断裂面的倾斜角度一致。
6. 根据权利要求 5 所述的加工处理方法,其中,
所述微坑的深度以所述金属玻璃上下表面相对的两个所述微坑的有效应力区相互接触为标准。
7. 根据权利要求 5 所述的加工处理方法,其中,
所述微坑的开口为圆形,所述微坑的开口至坑底,其圆周侧边为逐渐缩小的椭圆形抛物线。
8. 根据权利要求 7 所述的加工处理方法,其中,
所述抛物线在坑底的交接处为弧形过度。
9. 根据权利要求 7 所述的加工处理方法,其中,
所述抛物线的计算公式为:
$$y = \frac{8x^2}{d}$$

其中 d 为所述微坑的表面圆的直径, x 的取值范围为 $[-d/2, d/2]$ 。
10. 根据权利要求 2 所述的加工处理方法,其中,
所述激光设备的激光参数为:波长 515nm,平均功率 30W,最大脉冲能量 150uJ,最大脉冲周期 < 0.01ns,光束质量 $M2 < 1.3$,最小重复率 200KHz,最大重复率 800KHz。

一种使金属玻璃产生拉伸塑性的加工处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及金属玻璃加工领域,具体涉及一种能够激发金属玻璃在拉伸状态下发生均匀流变,产生拉伸塑性的加工处理方法。

背景技术

[0002] 金属玻璃是一种非晶态合金,原子间为金属键结合,排列呈无序状态,类似于玻璃的结构,因此既具有金属的特性又有玻璃的特性。特殊的结构使金属玻璃表现出优异的力学性能,具有超高强度和弹性极限、高硬度、高断裂韧性,有着巨大的工程应用潜力。

[0003] 目前,块体金属玻璃的工程应用,一直受拉伸塑性变形能力弱的制约。在室温下,块体金属玻璃的塑性变形集中在一条宽度约 10nm 剪切带中,不能像晶体金属一样发生均匀的塑性变形。压缩和弯曲变形中的应力场能够约束剪切带的扩展而激发更多剪切带的生成,依靠这些剪切带的协同作用,块体金属玻璃在压缩和弯曲载荷下表现出塑性变形。但是在拉伸应力场中,剪切带生成后会瞬间发展成裂纹,所以块体金属玻璃在拉伸时常表现为脆性断裂,这种脆性断裂往往是突发性的,没有预兆的,直接制约了块体金属玻璃工程应用。

[0004] 目前,块体金属玻璃在室温下获得的拉伸塑性本质上和弯曲压缩中的塑性一样,都是依靠多重剪带来实现塑性变形,然而剪切带是一种微裂纹的雏形,会很快发展成裂纹,出现了剪切带意味着材料已经开始损坏。此外,剪切带的宽度只有 10nm,依赖于剪切带而产生的塑性是一种高度不均匀的变形。而真正工程应用所需要的是类似于晶体金属材料的均匀塑性变形。

发明内容

[0005] 本发明的目的是要提供一种能够使块体金属玻璃在室温下产生拉伸塑性的方法。

[0006] 特别地,本发明的提供一种使金属玻璃产生拉伸塑性的加工处理方法,包括如下步骤:

[0007] 步骤 10,准备一块板状的金属玻璃;

[0008] 步骤 20,在所述金属玻璃的上下表面蚀刻阵列排列的微坑,所述微坑垂直于所述金属玻璃表面。

[0009] 进一步地,所述步骤 20 中的所述微坑采用激光设备利用脉冲分别在所述金属玻璃的上下表面加工形成。

[0010] 进一步地,所述步骤 20 中,同一平面上的所述微坑与所述微坑之间的距离,以两个所述微坑的有效应力区相互接触为标准,所述有效应力区的直径为所述微坑的表面圆的直径的两倍。

[0011] 进一步地,所述步骤 20 中,同一平面上在纵向上相邻的所述微坑其前一横向上排列的所述微坑分别位于前一横向上排列的相邻两个所述微坑之间中线的延长线上。

[0012] 进一步地,同一平面上所述微坑沿斜方向密排面的倾斜角度与所述金属玻璃的拉

伸断裂面的倾斜角度一致。

[0013] 进一步地,所述微坑的深度以所述金属玻璃上下表面相对的两个所述微坑的有效应力区相互接触为标准。

[0014] 进一步地,所述微坑的开口为圆形,所述微坑的开口至坑底,其圆周侧边为逐渐缩小的椭圆形抛物线。

[0015] 进一步地,所述抛物线在坑底的交接处为弧形过度。

[0016] 进一步地,所述抛物线的计算公式为:

$$[0017] \quad y = \frac{8x^2}{d}$$

[0018] 其中 d 为所述微坑的表面圆的直径, x 取值范围为 $[-d/2, d/2]$ 。

[0019] 进一步地,所述激光设备的激光参数为:波长 515nm,平均功率 30W,最大脉冲能量 150uJ,最大脉冲周期 < 0.01ns,光束质量 M2 < 1.3,最小重复率 200KHz,最大重复率 800KHz。

[0020] 本发明的方法所激发的拉伸塑性不依赖于多重剪切带的作用,而是金属玻璃均匀流变效应。通过激光的热效应使加工区域附近的材料产生微观梯度结构以及坑边的梯度应力区,抑制剪切带的生成和扩展。本方法操作简便,适合大批量生产,效率高。

附图说明

[0021] 图 1 是根据本发明一个实施例的加工处理方法流程示意图;

[0022] 图 2 是根据本发明一个实施例的金属玻璃结构示意图;

[0023] 图 3 是图 2 所示微坑的结构示意图;

[0024] 图 4 为微坑的有效应力区示意图。

具体实施方式

[0025] 如图 1、2 所示,本发明一个实施例的加工处理方法一般性地可包括如下步骤:

[0026] 步骤 10,准备一块板状的金属玻璃;

[0027] 步骤 20,在金属玻璃的上下表面蚀刻阵列排列的微坑,各微坑垂直于金属玻璃表面。

[0028] 在以下内容中,所说微坑均指金属玻璃上表面和下表面上的微坑,其中上表面和下表面的微坑位置、形状都一致,因此不在具体说明。

[0029] 在本实施例中,通过在金属玻璃 1 的上下表面设置微坑 2,利用微坑 2 的应力集中能量激发塑性流变,同时利用微坑 2 的梯度应力集中区抑制金属玻璃 1 在受拉伸时产生剪切带,从而使金属玻璃 1 的塑性变形成为均匀流变塑性,在实现金属玻璃 1 拉伸均匀流变塑性的同时,减少了对剪切带的依赖,提高了成品率。

[0030] 本实施例中的微坑 2 采用激光设备利用脉冲加工形成。利用激光加工能够产生辐射热能,使微坑 2 周围产生温度梯度,相当于对加工点周围的材料产生不同程度的退火,使之形成一个微观梯度结构,这能够抑制剪切带的生成和扩展,同时避免了机械加工易生成剪切带的问题。具体的激光设备可以根据待加工的金属玻璃 1 尺寸选择。可以根据金属玻璃的厚度分别在其上下表面设置微坑,上下表面的微坑 2 位置对应,如图 4 所示,微坑 2 的

深度和其有效应力区 21 覆盖金属玻璃的厚度多少有关,上下表面的两个微坑 2,其有效应力区 21 在垂直方向上以相互接触为标准,保证其最大覆盖率而不重叠。

[0031] 在本发明的一个实施例中,该微坑 2 与微坑 2 之间的距离,以两个微坑 2 的有效应力区 21 的范围相互接触为标准确定。即相邻微坑 2 的有效应力区 21 以相互接触为标准,具体的每个微坑 2 的有效应力区 21 与其表面圆的直径有关,一般一个微坑 2 的有效应力区 21 直径为该微坑表面圆直径的两倍,相邻微坑 2 的有效应力区 21 不能重合也不能有间距,各微坑 2 的有效应力区 21 刚好覆盖相邻微坑 2 之间的空隙为标准。

[0032] 根据前述理由,在纵向上相邻的微坑 2,其前一横向上排列的微坑 2 分别位于前一横向上排列的相邻两个微坑 2 之间中线的延长线上,整个金属玻璃 1 上的微坑 2 在纵向上交错排列。

[0033] 排列后的微坑 2 在斜向上分别位于一条斜线上,微坑 2 沿斜方向密排面的倾斜角度与金属玻璃 1 未设微坑 2 前的拉伸断裂面的倾斜角度一致。而微坑 2 的深度以两侧相对的有效应力范围相接触为标准。

[0034] 如图 3 所示,本实施例的微坑 2 开口为圆形,由微坑 2 的开口至坑底,其圆周侧边为逐渐缩小的椭圆形抛物线。该抛物线在坑底的交接处为弧形过度,以避免坑底出现尖端,而导致应力集中过大造成提前开裂。

[0035] 该抛物线的计算公式为:

$$[0036] \quad y = \frac{8x^2}{d}$$

[0037] 其中 d 为微坑 2 的直径, x 取值范围为 $[-d/2, d/2]$ 。

[0038] 以下以一个具体的例子说明本发明中金属玻璃 1 上微坑 2 的设置方式。

[0039] 试样材料为 Zr(锆)基金属玻璃,计量尺寸为 $0.9 \times 2.7 \times 22\text{mm}^3$,微坑 2 的表面圆直径为 150um,深度为 300um,距边界为 150um,相邻两行微坑的圆心错开且间距 300um,同行相邻微坑的圆心相距 600um。

[0040] 将金属玻璃 1 水平置于加工平台上,设定所需激光参数,微坑 2 排列参数,用激光脉冲在金属玻璃的上下表面分别刻蚀出微坑 2 阵列。

[0041] 在本实施例中,采用的激光设备为 TruMicro5250 激光器,其波长 515nm,平均功率 30W,最大脉冲能量 150uJ,最大脉冲周期 $< 0.01\text{ns}$,光束质量 $M2 < 1.3$,最小重复率 200KHz,最大重复率 800KHz。

[0042] 将打好微坑 2 的金属玻璃 1 置于材料试验机上进行单轴拉伸试验,准静态加载直至试样被拉断,用视频引伸计测得激光处理区域的拉伸应变,得到工程应力 - 应变曲线;利用下式将工程应力 - 应变曲线转化为真实应力 - 应变曲线;计算出塑性延伸。

$$[0043] \quad \begin{cases} \sigma_t = \sigma_e(1 - \varepsilon_e) \\ \varepsilon_t = \ln \frac{1}{1 - \varepsilon_e} \end{cases} \quad (1)$$

[0044] 这里 σ_e 是工程应力, ε_e 是工程应变, σ_t 是真实应力, ε_t 是真实应变。

[0045] 具体的塑性延伸计算方式为:对真实应力 - 应变曲线线性段进行线性拟合,用所得斜率作直线贯穿整图,真实应力 - 应变曲线上偏离直线的段即为塑性变形段,其对应的应变即为塑性延伸。

[0046] 在应力 - 应变曲线上未观测到锯齿状流变, 证明拉伸塑性不依靠多重剪切带作用实现。用扫描电镜观测试样的断面形貌, 看到的类似于“尖锥”的形貌而未发现剪切带, 且“尖锥”尺寸远大于剪切带尺寸, 表明材料发生了均匀塑性流变, 从证实本加工处理方法完全能够实现金属玻璃 1 的拉伸塑性变形。

[0047] 至此, 本领域技术人员应认识到, 虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例, 但是, 在不脱离本发明精神和范围的情况下, 仍可根据本发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此, 本发明的范围应被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

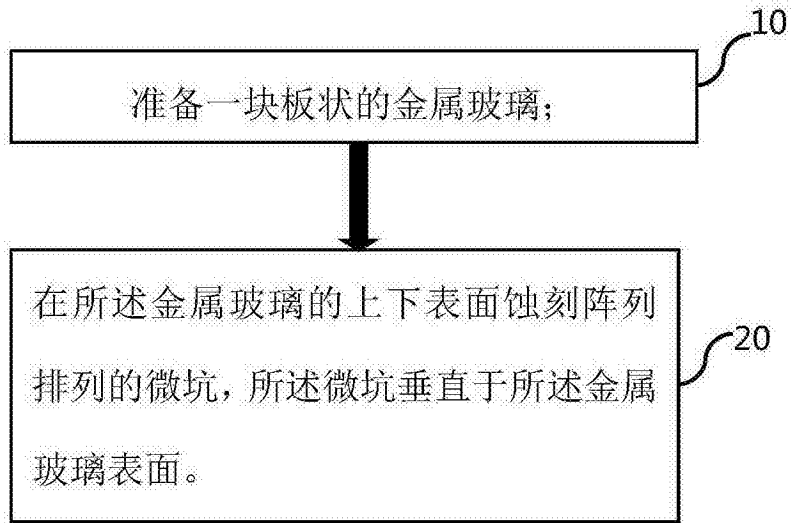


图 1

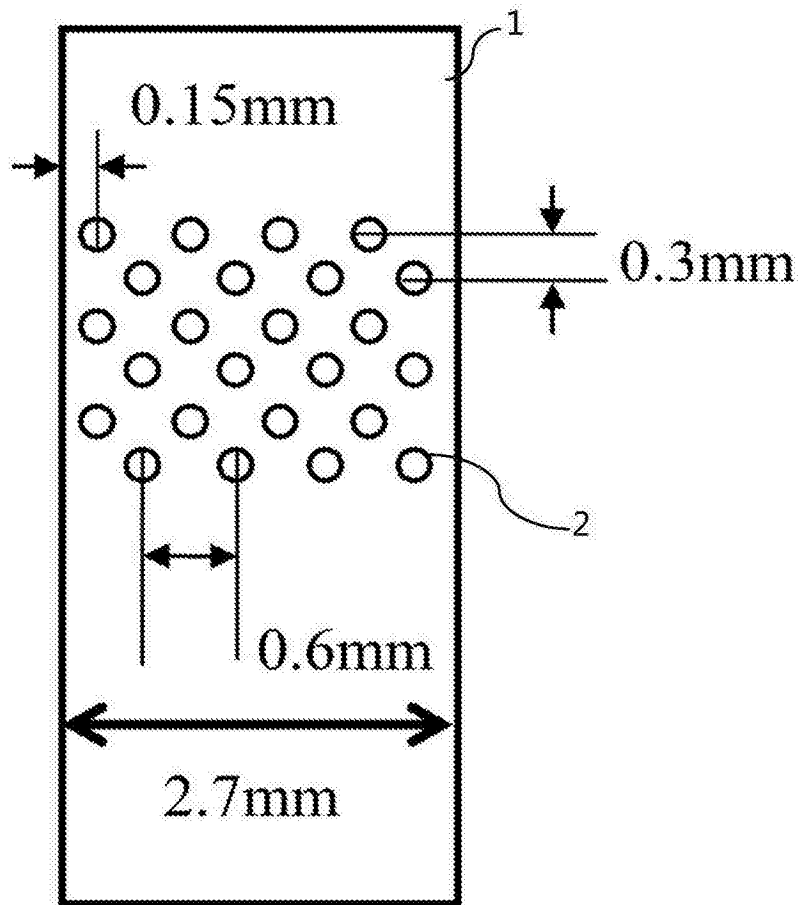


图 2

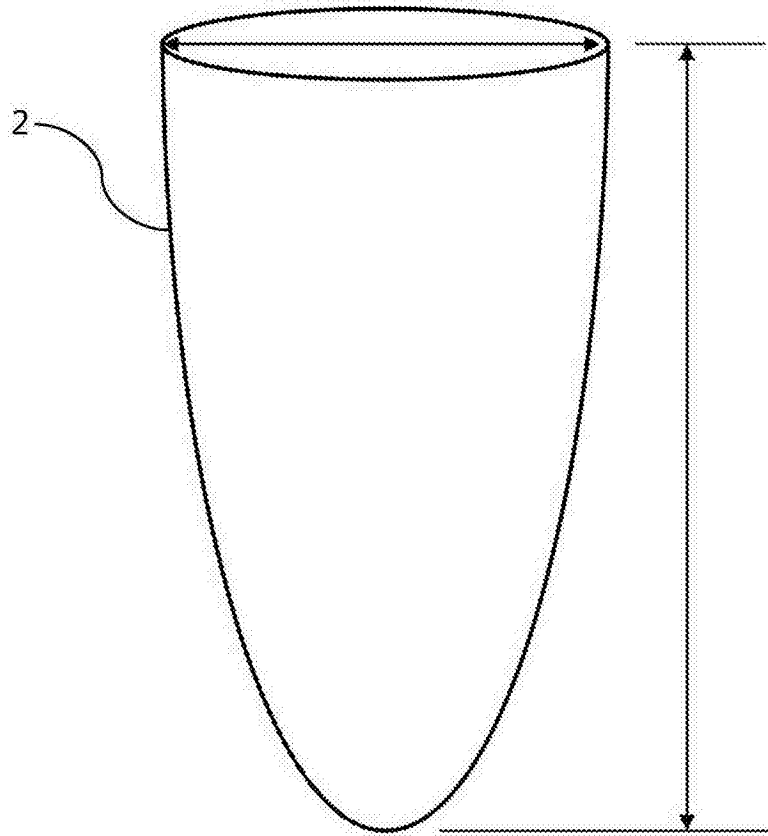


图 3

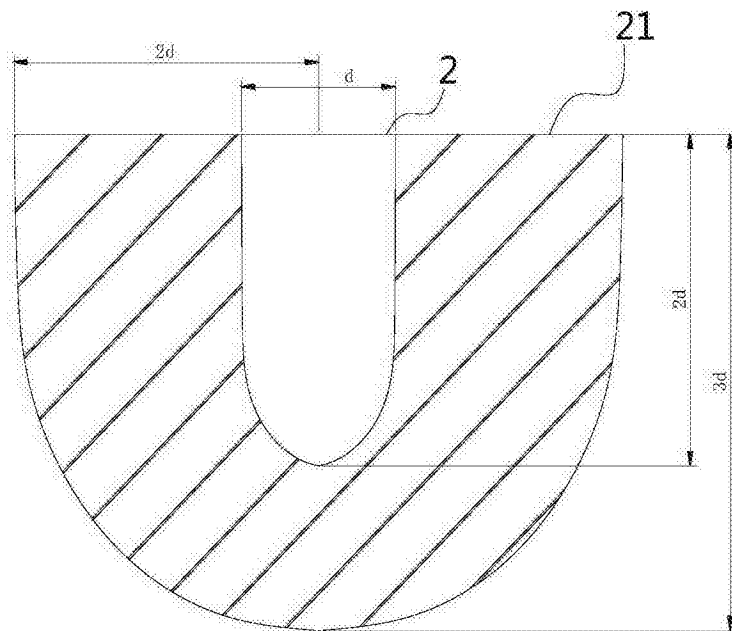


图 4