



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103962437 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 06

(21) 申请号 201410211044. 9

(22) 申请日 2014. 05. 19

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037 号

(72) 发明人 李亮 熊奇

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

代理人 廖盈春

(51) Int. Cl.

B21D 26/14 (2006. 01)

B21D 37/10 (2006. 01)

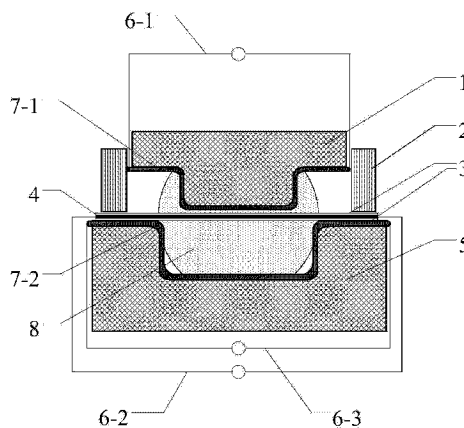
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种电磁力驱动金属材料塑性成形方法

(57) 摘要

本发明公开了一种电磁力驱动金属材料塑性成形方法,包括如下步骤:在金属胚料上下两表面喷涂绝缘涂层后,将其置于下模具上并用压边模压紧,上模具与金属胚料上表面保持一定间隔;在金属胚料上施加电流,同时在上模具上施加与金属胚料电流方向相反的电流,或/和在下模具上施加与金属胚料电流方向相同的电流,电流的相互作用产生向下的电磁力驱动金属胚料发生形变;金属胚料在电磁力驱动下经自由胀形、贴模等变形阶段后与下模具凹槽的上表面贴合,发生塑性变形直至成形。本发明还公开了相应的成形装置。本发明利用电流产生稳定持续的电磁力,显著提高成形效率、增加材料塑性、节省能源,适用于各类金属板材的塑性成形。



1. 一种电磁力驱动金属材料塑性成形方法,其特征在于,该塑性成形方法包括如下步骤:

a. 在金属胚料上下两表面喷涂绝缘涂层后,将其置于相互对置的上、下模具之间,其中下模具具备一凹形槽,上模具具备一与下模具凹形槽相匹配的凸槽,金属胚料置于所述下模具上并用压边模压紧,且所述上模具的下表面与金属胚料的上表面平行且保持间隔;

b. 对于金属胚料、上模具和下模具采用以下三种方式之一直接施加脉冲电流或直流电流:对金属胚料和上模具同时施加电流并各自构成通电回路,且使得流经金属胚料的电流方向与流经上模具的电流方向相反;对金属胚料和下模具同时施加电流并各自构成通电回路,且使得流经金属胚料的电流方向与流经下模具的电流方向相同;对金属胚料、上模具和下模具同时施加电流并各自构成通电回路,且使得流经下模具的电流方向与流经金属胚料的电流方向相同,同时使得流经上模具的电流方向与流经金属胚料的电流方向相反;以此方式,金属坯料和上模具上方向相反的电流相互作用产生互斥的电磁力,使得金属胚料受到向下的电磁力驱动,金属胚料和下模具上方向相同的电流相互作用产生相吸的电磁力,使得金属胚料受到向下的电磁力驱动;

c. 金属胚料在向下的电磁力驱动下经自由胀形、贴模等变形阶段,直至其与下模具凹形槽的上表面贴合,由此完成整个塑性成形过程。

2. 如权利要求1所述的电磁力驱动金属材料成形方法,其特征在于,还包括在上模具和下模具之间的待成形区域施加垂直于电流方向且与金属坯料表面平行的稳态磁场,通过电流和稳态磁场相互作用产生的向下的稳定的电磁力进一步驱动坯料发生变形。

3. 如权利要求1或2所述的电磁力驱动金属材料成形方法,其特征在于,在金属胚料、上模具和下模具上施加峰值电流密度为 $1 \times 10^8 \text{A/m}^2 \sim 1 \times 10^{10} \text{A/m}^2$ 的脉冲电流或直流电流。

4. 如权利要求1-3任意一项所述的电磁力驱动金属材料塑性成形方法,其特征在于,所述待加工金属材料优选为航天领域的钛合金或铝合金,而且所述上模具和下模具采用能导电的金属材料制作。

5. 如权利要求1-4任意一项所述的电磁力驱动金属材料塑性成形方法,其特征在于,在所述下模具的凹形槽上表面平铺一层黄铜导体,在所述上模具的下表面平铺一层黄铜导体。

6. 如权利要求1-5任意一项所述的电磁力驱动金属材料塑性成形方法,其特征在于,该方法尤其适用于金属材料的超塑性成型。

一种电磁力驱动的金属材料塑性成形方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属成形加工制造领域,特别涉及一种电磁力驱动的金属材料塑性成形方法及装置,主要用于金属板材的胀形,特别是超塑性胀形。

背景技术

[0002] 金属材料的板材成形历史悠久,发展到今天已经成为国民经济发展的强大技术支撑,是先进制造技术的重要组成部分。板材成形技术的发展与汽车、航空、航天等重要产业紧密相联。对于航空航天领域广泛采用的钛合金、铝合金等轻合金,由于其在常温下的塑性差、难成形等缺点,一般采用充气热胀的方法实现零件的成形制造。其一般工艺过程为:首先将板材均匀加热,并使其温度保持在合适的范围内,然后通过加压装置对坯料施加一定气压,使其在气胀模具的约束下发生变形,并保证其应变速率满足某些要求,经胀形、贴模等变形阶段使坯料与成型模具表面贴合,从而最终成型。

[0003] 由于传统的充气热胀成形技术大多采用气压驱动,存在模具气路设计复杂,气压-时间曲线难以控制等问题,且广泛存在漏气现象,同时造成漏热,造成了极大的能源浪费。以电磁力作为金属材料成形的驱动力,具有无接触、柔性好的优点,且电磁力大小可通过电流的大小和磁场的大小精密控制,克服了传统充气热胀成形中驱动力由气压控制带来的响应慢、精度低等问题。

[0004] 现有的电磁力驱动金属材料成形技术大多依靠外加线圈产生的磁场和磁场变化所产生的感应电流相互作用产生电磁力,其线圈磁场必须是脉冲磁场,脉冲磁场的变化率直接影响电磁驱动力的大小,这样的驱动力对于材料成型过程中形状和性能的控制是很难的;其次,由于脉冲电磁力的作用,使得金属材料成形过程中材料应变速率很高,对于某些要求低速率成形的场合就不适用了,比如现在广泛采用的超塑性成形。

发明内容

[0005] 针对传统电磁力驱动金属材料成形技术驱动力不稳定、适用范围窄等局限性,本发明提出一种电磁力驱动的金属材料塑性成形方法及装置。

[0006] 本发明提供了一种电磁力驱动的金属材料塑性成形方法,包括如下步骤:

[0007] a. 在金属胚料上下两表面喷涂绝缘涂层后,将其置于相互对置的上、下模具之间,其中下模具具备一凹形模压区域,上模具具备一与下模具凹形模压区域相匹配的凸槽,金属胚料置于所述下模具上并用压边模压紧,且所述上模具的下表面与金属胚料的上表面平行且保持间隔;

[0008] b. 对于金属胚料、上模具和下模具采用以下三种方式之一直接施加脉冲电流或直流电流:对金属胚料和上模具同时施加电流并各自构成通电回路,并且使得流经金属胚料的电流方向与流经上模具的电流方向相反;对金属胚料和下模具同时施加电流并各自构成通电回路,并且使得流经金属胚料的电流方向与流经下模具的电流方向相同;对金属胚料、上模具和下模具同时施加电流并各自构成通电回路,并且使得流经下模具的电流方向与流

经金属胚料的电流方向相同,同时使得流经上模具的电流方向与流经金属胚料的电流方向相反;以此方式,金属坯料和上模具上方向相反的电流相互作用产生互斥的电磁力,使得金属胚料受到向下的电磁力驱动,金属胚料和下模具上方向相同的电流相互作用产生相吸的电磁力,使得金属胚料受到向下的电磁力驱动;

[0009] c. 金属胚料在向下的电磁力驱动下经自由胀形、贴模等变形阶段,直至其与下模具凹形槽的上表面贴合,由此完成整个塑性成形过程。

[0010] 作为进一步优选地,还可以在上模具和下模具之间的待成形区域施加垂直于电流方向,且与坯料表面平行的稳态磁场,通过电流和稳态磁场相互作用产生向下的稳定的电磁力进一步驱动金属坯料发生变形。

[0011] 作为进一步优选地,在金属胚料、上模具和下模具上施加峰值电流密度为 $1 \times 10^8 \text{A/m}^2 \sim 1 \times 10^{10} \text{A/m}^2$ 的脉冲电流或直流电流。

[0012] 作为进一步优选地,所述待加工金属胚料优选为航天领域的钛合金或铝合金,而且所述上模具和下模具采用能导电的金属材料制作。

[0013] 作为进一步优选地,在所述下模具的凹形槽上表面平铺一层黄铜导体;在所述上模具的凸形下表面平铺一层黄铜导体。

[0014] 作为进一步优选地,该方法尤其适用于金属材料的超塑性成型。

[0015] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,主要具备如下技术优点:

[0016] 1、电磁力稳定持续。直接在金属胚料和上下模具上施加直流或脉冲电流,外加磁场可为稳态磁场,较之传统的脉冲磁场更为稳定,能提供金属材料成形所需的稳态持续的驱动力。

[0017] 2、适用范围广。通过选择脉冲电流或直流电流,调节电流的大小,可以调整金属材料成形过程中所需的材料应变速率,适用于高低速率成形的场合。

[0018] 3、能耗低、材料成形性能好。由于在整个成形过程中,金属坯料直接通有电流,其流经坯料所产生的焦耳热对坯料本身也有加热作用,可在一定程度上降低加热成本,节省能源。此外,在变形过程中,还会产生“电塑性”效应,可进一步提升坯料的变形性能,降低坯料的变形抗力,提高成形极限,并在一定程度上消除产品的残余应力,改善产品质量。

附图说明

[0019] 图 1 为电磁力驱动单层板成形装置示意图;

[0020] 图 2 为无背景磁场时上模具和坯料电流回路及电磁力示意图;

[0021] 图 3 为无背景磁场时下模具和坯料电流回路及电磁力示意图;

[0022] 图 4 为带背景磁场时电流回路及电磁力示意图;

[0023] 图 5 为电磁力驱动双层板成形装置示意图;

[0024] 图 6 为无背景磁场时双层板电流回路及电磁力示意图;

[0025] 图 7 为带背景磁场时双层板电流及电磁力示意图。

具体实施方式

[0026] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对

本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0027] 具体实施方式一:如图 1 所示,电磁力驱动的金属材料塑性成形装置包括三个大功率电源 6-1、6-2 和 6-3、压边模 2、上模具 1、下模具 5 以及压边模 2;其中,上模具 1 和下模具 5 分别置于待成形坯料 4 的上下两侧,所述下模具 5 为凹形槽,金属胚料 4 置于下模具 5 上并用压边模 2 压紧;所述上模具 1 为与下模具 5 相匹配的凸形槽,置于金属胚料 4 上并与其保持一定间隔;上模具 1 的凸形下表面平铺一层黄铜导体 7-1 用于导电,黄铜导体 7-1 经由导电回路接至大功率电源 6-1 形成第二条电流通路;下模具的凹形槽上表面平铺一层黄铜导体 7-2 用于导电,黄铜导体 7-1 经由导电回路接至大功率电源 6-1 形成第三条电流通路;金属胚料 4 的上下表面喷涂绝缘涂层 3,其两端经导线与大功率电源 6-2 相连形成第二条电流通路;

[0028] 结合附图 2 详细说明电磁驱动力的产生,流经黄铜导体 7-1 的电流为 I_1 ,流经金属坯料 4 的电流为 I_2 ,黄铜导体 7-1 的下表面始终与金属坯料 4 上表面平行,电流 I_1 和电流 I_2 方向相反,两者相互作用产生的相斥的电磁力,作用在金属坯料 4 上则表现为方向向下的电磁力 F_1 ,从而驱动金属坯料 4 向下模具 5 变形,其中,电流 I_1 和电流 I_2 均为峰值电流密度为 $1 \times 10^8 \text{A/m}^2 \sim 1 \times 10^{10} \text{A/m}^2$ 的脉冲电流或直流电流。

[0029] 如图 3 所示,下模具 5 的内表面包裹了一层黄铜导体 7-2,黄铜导体两端经导电回路接至大功率电源 6-3 并形成导电通路,流经黄铜导体 7-2 的电流为 I_3 ,流经金属坯料 4 的电流为 I_2 ,在金属坯料 4 和下模具 5 构成的空腔中, I_2 和 I_3 方向相同,两者相互作用产生的电磁力相吸,作用在金属坯料 4 上则表现为方向向下的电磁力 F_2 ,从而吸引待成形坯料 4 向下模具 5 变形。

[0030] 具体实施方式二:本实施方式与具体实施方式一的不同点在于上模具 1 和下模具 5 采用金属材料,本身具有良好的导电性,因而可以不用平铺或包裹黄铜导体 7-1 或 7-2,直接经导电回路接至大功率电源 6-1 或者 6-3 构成电流通路。

[0031] 具体实施方式三:本实施方式与具体实施方式一或二的不同点在于大功率电源 6-1、6-2、6-3 改为同一套大功率电源经不同的开关并联引出三条支路,电流方向以及其余连接方式与具体实施方式一或二相同。

[0032] 具体实施方式四:本实施方式与具体实施方式一或二或三的不同点在于上模具 1 可以运动,当金属坯料 4 向下运动时,上模具 1 跟随其一起运动,降低由于距离增大带来的驱动力衰减。

[0033] 具体实施方式五:本实施方式与上述所有具体实施方式的不同点在于成形前根据金属坯料 4 的截面积、电阻率等数据,选择大功率电源 6-2 的输出参数,使金属坯料 4 被迅速加热至指定温度,然后再进行成形。其余步骤和连接方式与具体实施方式一相同。

[0034] 具体实施方式六:本实施方式与具体实施方式一的不同点在于还在上模具和下模具之间的待成形区域利用磁体提供了一个背景磁场 8,该磁场方向垂直于电流方向,且与金属坯料表面平行,其余连接方式与具体实施方式一相同。结合图 4 详细说明电磁力 F_3 的产生,流经金属坯料 4 的电流为 I_2 ,背景磁场 8 的方向反映在图中为穿透纸面向外,根据左手定则,在金属坯料 4 上会产生方向向下的附加电磁力 F_3 ,与方向向下的电磁力 F_1 、 F_2 共同作

用,从而驱动金属坯料 4 向下模具 5 变形。

[0035] 具体实施方式七:结合图 5 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式一或二的不同点在于待成形坯料为双层板料 10-1、10-2,待成形坯料表面均喷涂绝缘涂料 11,且上模具 12-1 和下模具 12-2 均为凹模,大功率电源 9-1 经导电回路接至上模具 12-1 并形成导电通路,大功率电源 9-2 经导电回路接至下模具 12-2 并形成导电通路。结合图 6 详细说明驱动力的产生。流经待成形坯料 10-1 的电流为 I_4 ,流经待成形坯料 10-2 的电流为 I_5 ,在待成形区域,电流 I_4 和电流 I_5 方向相反,产生的电磁力相斥,作用在待成形坯料 10-1 上则为方向向上的电磁力 F_4 ,从而驱动待成形坯料 10-1 向上模具 12-1 变形,作用在待成形坯料 10-2 上则为方向向下的电磁力 F_5 ,从而驱动待成形坯料 10-2 向下模具 12-2 变形。

[0036] 具体实施方式八:结合图 5 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式七的不同点在于还在待成形区域利用磁体提供了一个背景磁场 8,该磁场方向垂直于电流方向,且与坯料表面平行,其余连接方式与具体实施方式九相同。结合图 7 详细说明电磁力的产生,流经待成形坯料 10-1 的电流为 I_4 ,流经待成形坯料 10-2 的电流为 I_5 ,背景磁场 8 的方向反映在图中为穿透纸面向外,根据左手定则,在待成形坯料 10-1 上会产生方向向上的电磁力 F_6 ,从而驱动待成形坯料 10-1 向上模具 12-1 变形;在待成形坯料 10-2 上则会产生方向向下的电磁力 F_7 ,从而驱动待成形坯料 10-2 向下模具 12-2 变形。

[0037] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

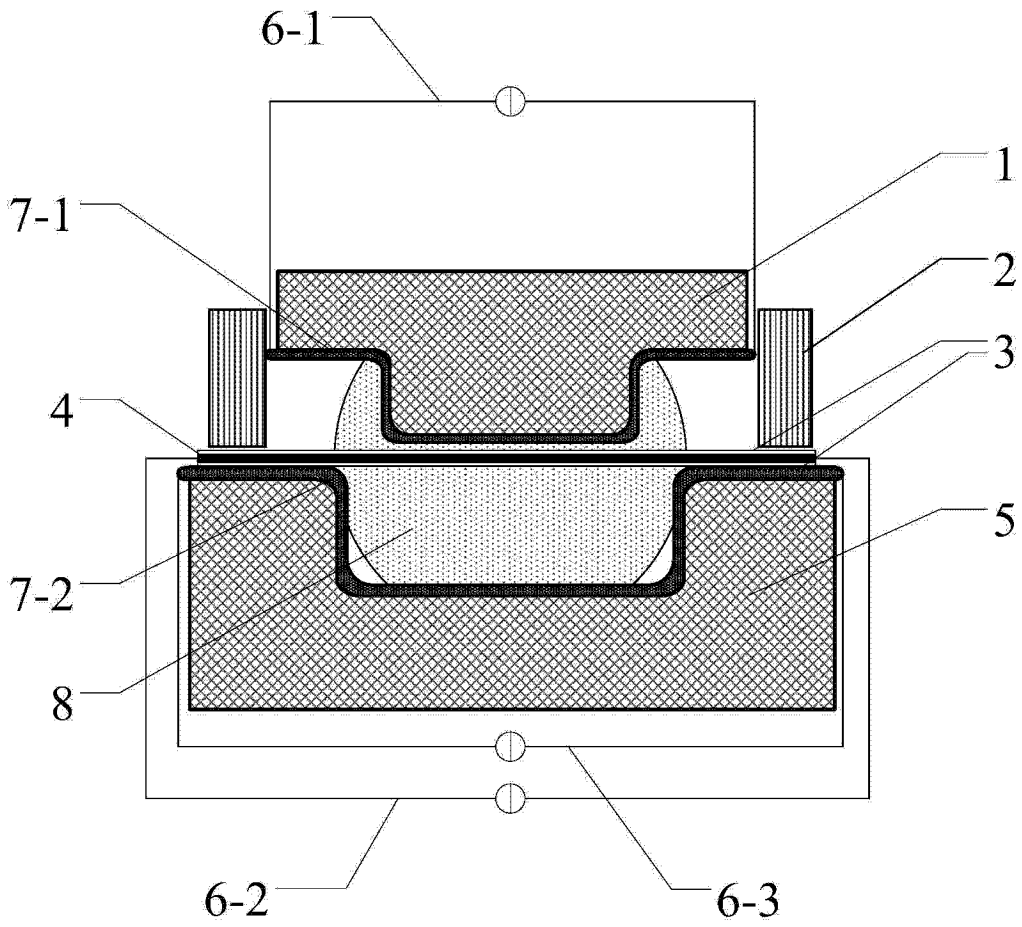


图 1

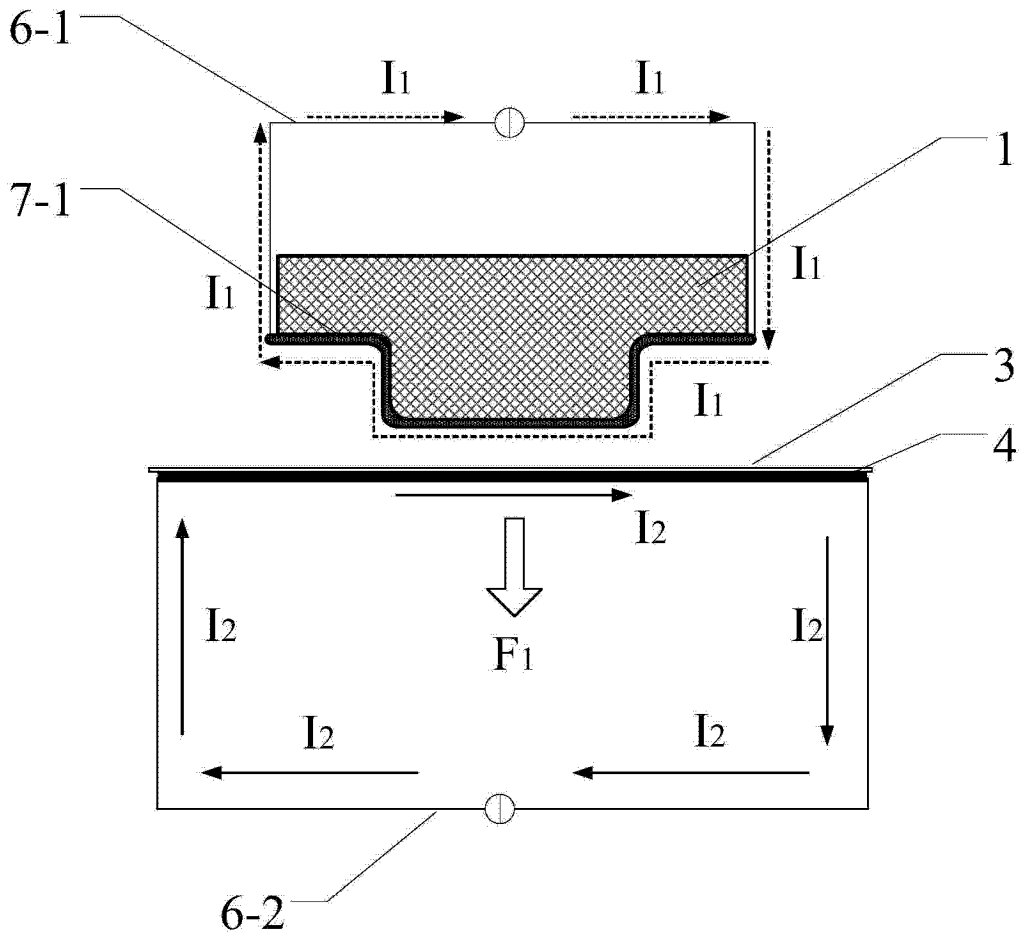


图 2

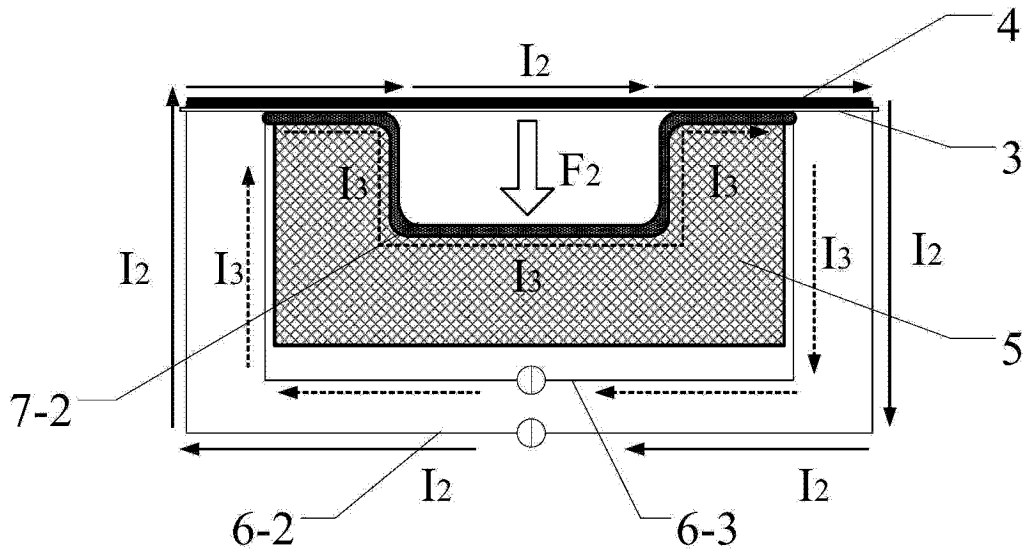


图 3

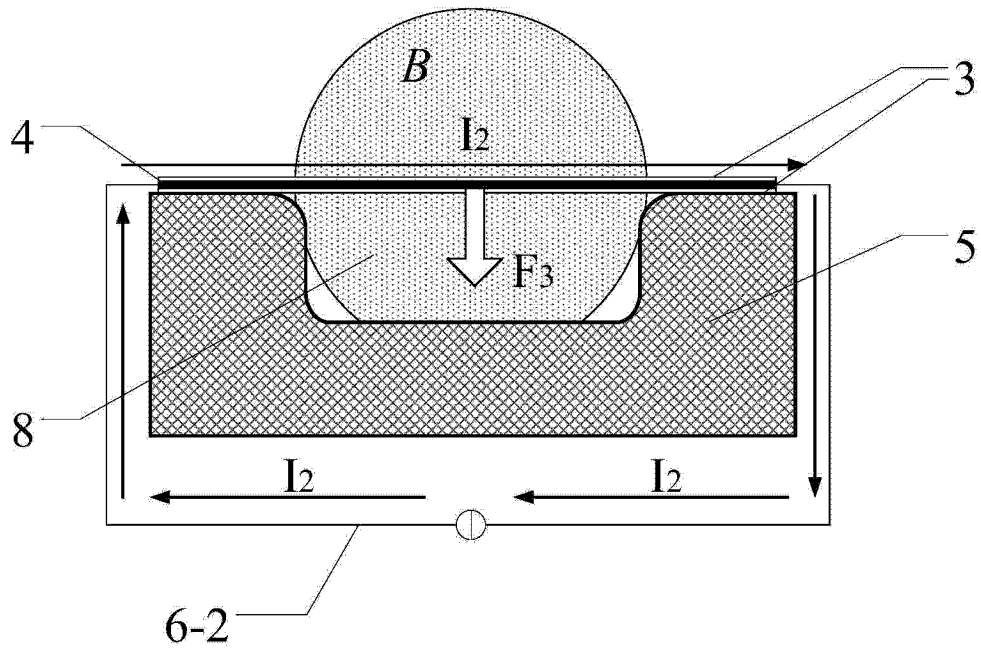


图 4

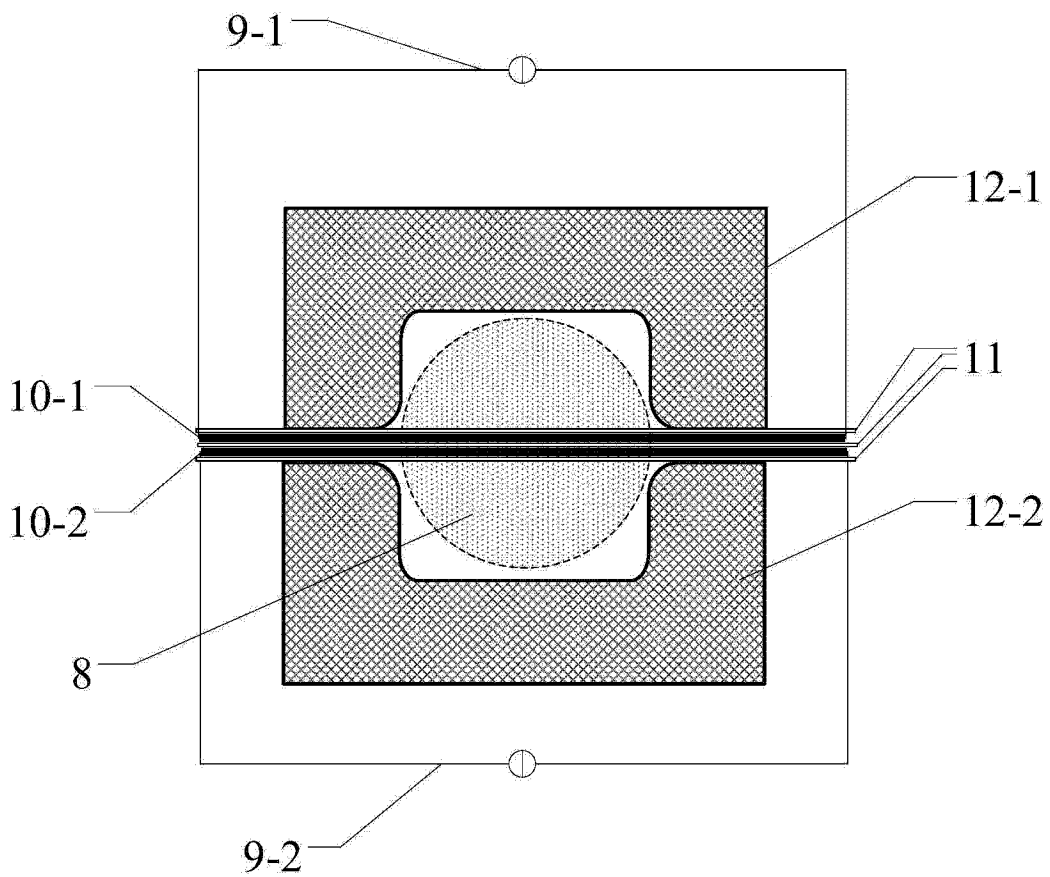


图 5

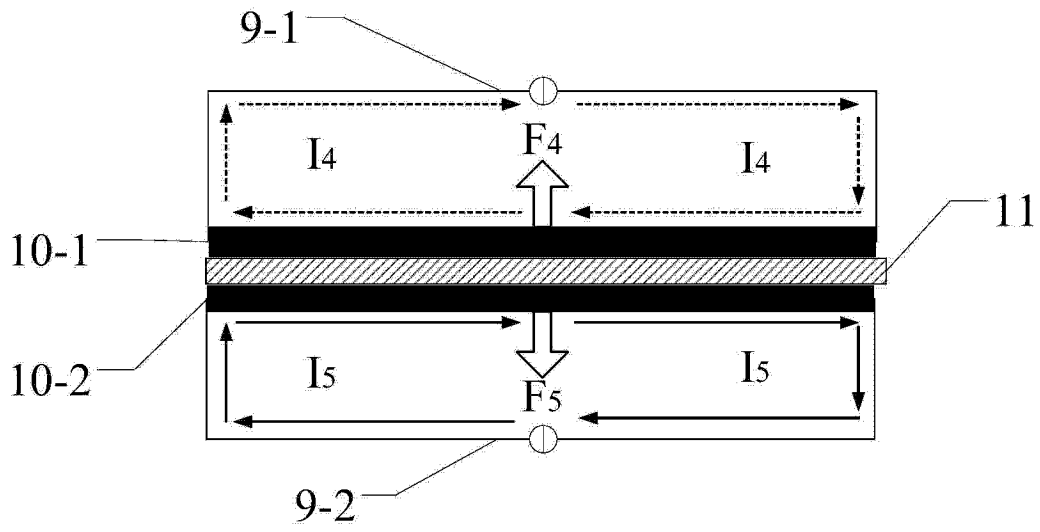


图 6

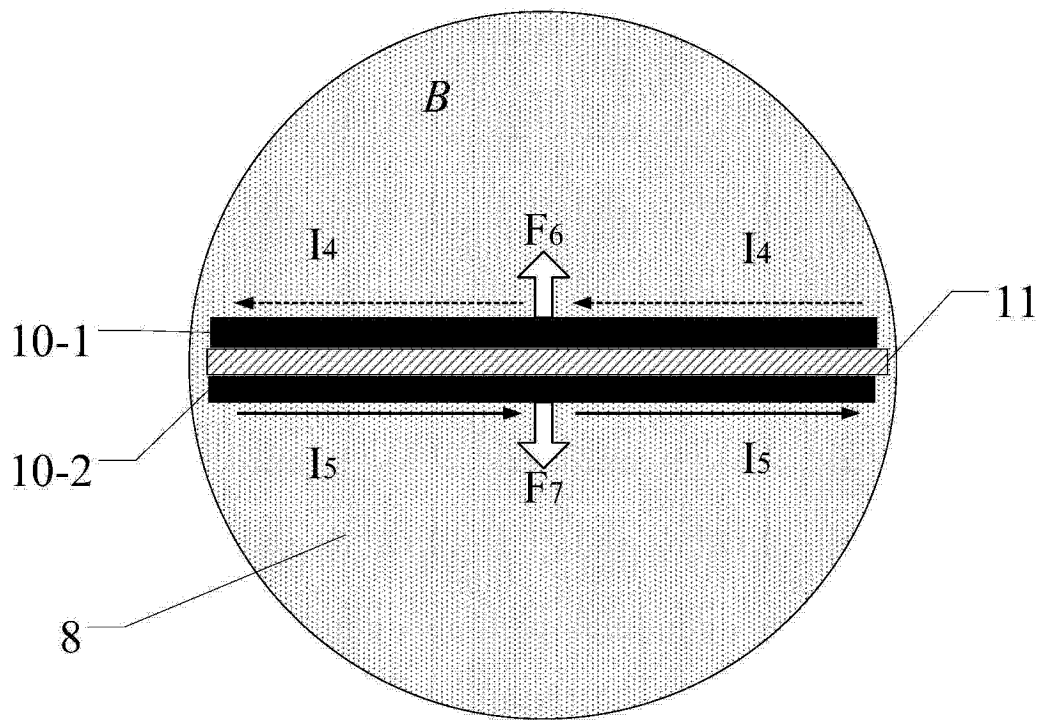


图 7