



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111640552 B

(45) 授权公告日 2022. 02. 15

(21) 申请号 202010448125.6

审查员 彭自如

(22) 申请日 2020.05.25

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111640552 A

(43) 申请公布日 2020.09.08

(73) 专利权人 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 吕以亮 吴添

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

代理人 尹丽媛 李智

(51) Int. Cl.

H01F 13/00 (2006.01)

H01F 41/02 (2006.01)

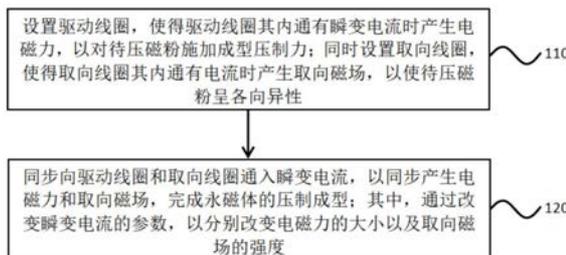
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种永磁体压制成型方法及装置

(57) 摘要

本发明属于永磁体压制成型领域,具体涉及一种永磁体压制成型方法,包括:设置驱动线圈,使得驱动线圈其内通有瞬变电流时产生电磁力,以对待压磁粉施加成型压制力;设置取向线圈,使得取向线圈其内通有瞬变电流时产生取向磁场,以使待压磁粉呈各向异性;同步向驱动线圈和取向线圈通入瞬变电流,以同步产生电磁力和取向磁场,完成永磁体的压制成型;其中通过改变瞬变电流的峰值以分别改变电磁力的大小以及取向磁场的强度。本方法采用瞬变线圈产生取向磁场,取向磁场可达到很高,提高永磁体磁性能;采用瞬变线圈来产生电磁力对磁粉压制,提高永磁体密度,压制时间短,解决了现有技术中电磁铁体积较大且无法进一步提升取向磁场强度的问题,实用强。



1. 一种永磁体压制成型方法,其特征在于,包括:

设置驱动线圈,使得所述驱动线圈其内通有瞬变电流时产生电磁力,以对待压磁粉施加成型压制力;同时设置取向线圈,使得所述取向线圈其内通有瞬变电流时产生取向磁场,以使所述待压磁粉呈各向异性;

同步向所述驱动线圈和所述取向线圈通入瞬变电流,以同步产生所述电磁力和所述取向磁场,完成永磁体的压制成型;其中,通过改变瞬变电流的峰值,以分别改变所述电磁力的大小以及所述取向磁场的强度;

所述压制力的实现方式为:

所述驱动线圈为两组驱动线圈,在压制过程中,向该两组驱动线圈通入的瞬变电流方向相反,使得该两组驱动线圈之间产生电磁排斥力,所述排斥力驱动其中一组驱动线圈以带动压头对待压磁粉施加成型压制力;

或者,

所述驱动线圈为一组驱动线圈,在压制过程中,同步向该组驱动线圈和所述取向线圈通入的瞬变电流方向相同,该驱动线圈和所述取向线圈之间产生电磁吸引力,所述吸引力驱动该组驱动线圈以带动压头对所述待压磁粉施加成型压制力;

或者,

所述驱动线圈为一组驱动线圈,在所述驱动线圈的一侧设置有驱动板;在压制过程中,向该组驱动线圈通入瞬变电流时,所述驱动板内产生涡流,使得该组驱动线圈和所述驱动板之间产生电磁排斥力,以带动压头对所述待压磁粉施加成型压制力。

2. 根据权利要求1所述的一种永磁体压制成型方法,其特征在于,所述排斥力通过驱动所述驱动板,以带动压头对所述待压磁粉施加成型压制力。

3. 根据权利要求1所述的一种永磁体压制成型方法,其特征在于,所述排斥力通过驱动所述一组驱动线圈,以带动压头对所述待压磁粉施加成型压制力。

4. 根据权利要求3所述的一种永磁体压制成型方法,其特征在于,同步向所述一组驱动线圈和所述取向线圈通入的瞬变电流方向相同,使得驱动线圈和取向线圈之间产生吸引力,该吸引力与所述排斥力共同驱动该组驱动线圈以带动压头对所述待压磁粉提供压制力。

5. 根据权利要求1至4任一项所述的一种永磁体压制成型方法,其特征在于,所述压头的轴向剖面呈T字型,该T字型的底部与待压磁粉接触。

6. 根据权利要求5所述的一种永磁体压制成型方法,其特征在于,所述驱动线圈和取向线圈均为空心螺旋线圈,且同中心轴设置,所述取向线圈套设于所述待压磁粉的外围。

7. 一种永磁体压制成型装置,其特征在于,包括:驱动模块,压头,模具,以及取向线圈;

所述模具的中心处设置有用于填放待压磁粉的凹槽;所述压头的底部与所述待压磁粉接触、顶部与所述驱动模块的一端接触,且所述压头和所述凹槽的中心轴重合;

所述驱动模块用于产生如权利要求1至4任一项所述的永磁体压制成型方法中的电磁力,以驱动所述压头对所述待压磁粉施加成型压制力;

所述取向线圈套设于所述模具的外围,用于产生如权利要求1至4任一项所述的永磁体压制成型方法中的取向磁场。

## 一种永磁体压制成型方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于永磁体压制成型领域,更具体地,涉及一种永磁体压制成型方法及装置。

### 背景技术

[0002] 目前工业上涉及的永磁体生产工艺主要有烧结、粘结、铸造和热压热变形几种。其中,烧结工艺是应用最广泛的生产工艺,烧结永磁体极大部分为各向异性磁体,将松散状态的磁粉置于压机模腔内,使其在外加取向磁场和压力作用下成型,磁粉取向压制成型后经过烧结程序成为烧结永磁体。

[0003] 粘结工艺是将磁粉和粘结剂的混合物置于压机模腔内,使其在压力作用下成型,不需要再经过烧结程序,如果磁粉在压制过程中没有取向磁场作用,压制成型后成为各向同性粘结永磁体,其磁性能较低,如果磁粉在压制过程中受到取向磁场作用,则压制成型后为各向异性粘结永磁体,其压制成型过程与烧结永磁体相同。

[0004] 永磁体的磁性能与压制成型过程中的取向磁场和压制力密切相关,一般来说,取向磁场强度越大,永磁体的取向度越高;压制力越大,永磁体密度就越大,取向度和磁体密度就决定了永磁体的磁性能。

[0005] 现有技术取向压制成型永磁体通常采用电磁铁或永久磁路来提供取向磁场,为了达到所需强度的取向磁场,电磁铁体积往往较大,使得整体的压机设备体积较大,结构复杂,成本高。同时电磁铁磁场强度在饱和后就无法进一步提升,限制了永磁体的磁性能。

### 发明内容

[0006] 本发明提供一种永磁体压制成型方法及装置,用以解决现有永磁体压制成型工艺因制备结构体积大、所制磁体性能受限导致现有工艺不能满足工程实际需要的技术问题。

[0007] 本发明解决上述技术问题的技术方案如下:一种永磁体压制成型方法,包括:

[0008] 设置驱动线圈,使得所述驱动线圈其内通有瞬变电流时产生电磁力,以对待压磁粉施加成型压制力;同时设置取向线圈,使得所述取向线圈其内通有电流时产生取向磁场,以使所述待压磁粉呈各向异性;

[0009] 同步向所述驱动线圈和所述取向线圈通入瞬变电流,以同步产生所述电磁力和所述取向磁场,完成永磁体的压制成型;其中,通过改变瞬变电流的参数,以分别改变所述电磁力的大小以及所述取向磁场的强度。

[0010] 本发明的有益效果是:本方法采用电磁线圈产生取向磁场,可以根据需要调节通入的电流参数,来产生所需的磁场波形和大小,取向磁场可以达到很高,能够提高永磁体取向度,同时,取向线圈产生的磁场强度可以由通入的电流确定,不存在现有磁场强度在饱和后就无法进一步提升的问题,能够提高压制成型的永磁体的磁性能。其次,采用电磁线圈来产生电磁力驱动压头对磁粉压制,可以根据需要产生很大的压制力,提高永磁体密度。另外,由于采用瞬变方式,整个压制成型过程时间极短,消耗能量也较少,能够节约成本。因

此,本方法提高压制成型后的永磁体性能,解决了现有永磁体压制成型技术中电磁铁体积较大且无法进一步提升取向磁场强度的问题,适用于日益增加的工程实际需要。

[0011] 在上述技术方案的基础上,本发明还可以做如下改进。

[0012] 进一步,所述驱动线圈为两组驱动线圈,在压制过程中,向该两组驱动线圈通入的瞬变电流方向相反,使得该两组驱动线圈之间产生电磁排斥力,所述排斥力驱动其中一组驱动线圈以带动压头对待压磁粉施加成型压制力。

[0013] 本发明的进一步有益效果是:在压制过程中,向该两组驱动线圈通入的瞬变电流方向相反,两组驱动线圈之间距离较近时,产生较高的电磁排斥力,驱动压头对待压磁粉施加成型压制力。同时,通入取向线圈和上述带动压头的其中一组驱动线圈的瞬变电流方向可相同,以在两者间产生吸引力,进一步提高对待压磁粉施加的成型压制力,灵活性高,压制效率高。

[0014] 进一步,所述驱动线圈为一组驱动线圈,在压制过程中,同步向该组驱动线圈和所述取向线圈通入的瞬变电流方向相同,该驱动线圈和所述取向线圈之间产生电磁吸引力,所述吸引力驱动该组驱动线圈以带动压头对所述待压磁粉施加成型压制力。

[0015] 本发明的进一步有益效果是:在压制过程中,可以仅用一组驱动线圈,即可实现对待压磁粉的成型压制,使得压制结构体积大为减小。

[0016] 进一步,所述驱动线圈为一组驱动线圈,在所述驱动线圈的一侧设置有驱动板;在压制过程中,向该组驱动线圈通入瞬变电流时,所述驱动板内产生涡流,使得该组驱动线圈和所述驱动板之间产生电磁排斥力,以带动压头对所述待压磁粉施加成型压制力。

[0017] 本发明的进一步有益效果是:驱动线圈在驱动板的协助下,在驱动线圈内通入瞬变电流时其和驱动板之间产生排斥力,有效实现对待压磁粉的成型压制。

[0018] 进一步,所述排斥力通过驱动所述驱动板,以带动压头对所述待压磁粉施加成型压制力。

[0019] 进一步,所述排斥力通过驱动所述一组驱动线圈,以带动压头对所述待压磁粉施加成型压制力。

[0020] 进一步,同步向所述一组驱动线圈和所述取向线圈通入的电流方向相同,使得驱动线圈和取向线圈之间产生吸引力,该吸引力与所述排斥力共同驱动该组驱动线圈以带动压头对所述待压磁粉提供压制力。

[0021] 本发明的进一步有益效果是:当采用驱动线圈直接带动压头运动时,还可以利用取向线圈,以增加对待压磁粉的压制力,提高压制效果。

[0022] 进一步,所述压头的轴向剖面呈T字型,该T字型的底部与待压磁粉接触。

[0023] 本发明的进一步有益效果是:由于模具的凹槽表面积较为小,为了保证压头对待压磁粉有较大的压力,采用轴向剖面为T字型的压头,增大驱动线圈或驱动板与压头顶部的接触面,提高压制效率。

[0024] 进一步,所述驱动线圈和取向线圈均为空心螺旋线圈,且同中心轴设置,所述取向线圈套设于所述待压磁粉的外围。

[0025] 本发明的进一步有益效果是:驱动线圈和取向线圈同中心轴设置,保证压头驱动线圈产生的电磁力方向与压头轴向重合并垂直施加于待压磁粉表面,提高压制效率。

[0026] 本发明还提供一种永磁体压制成型装置,包括:驱动模块,压头,模具,以及取向线

圈；

[0027] 所述模具的中心处设置有用于填放待压磁粉的凹槽；所述压头的底部与所述待压磁粉接触、顶部与所述驱动模块的一端接触，且所述压头和所述凹槽的中心轴重合；

[0028] 所述驱动模块用于产生如上所述的永磁体压制成型方法中的电磁力，以驱动所述压头对所述待压磁粉施加成型压制力；

[0029] 所述取向线圈套设于所述模具的外围，用于产生如上所述的永磁体压制成型方法中的取向磁场。

### 附图说明

[0030] 图1为本发明实施例提供的一种永磁体压制成型方法流程框图；

[0031] 图2为本发明实施例提供的另一种永磁体压制成型方法对应的压制成型装置；

[0032] 图3为本发明实施例提供的另一种永磁体压制成型方法对应的压制成型装置；

[0033] 图4为本发明实施例提供的另一种永磁体压制成型方法对应的压制成型装置；

[0034] 图5为本发明实施例提供的另一种永磁体压制成型方法对应的压制成型装置。

[0035] 在所有附图中，相同的附图标记用来表示相同的元件或者结构，其中：

[0036] 1、第一驱动线圈，2、第二驱动线圈，3、驱动板，4、压头，5、取向线圈，6、待压磁粉，7、模具，8、底座。

### 具体实施方式

[0037] 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。

[0038] 实施例一

[0039] 一种永磁体压制成型方法100，如图1所示，包括：

[0040] 步骤110、设置驱动线圈，使得驱动线圈其内通有瞬变电流时产生电磁力，以对待压磁粉施加成型压制力；同时设置取向线圈，使得取向线圈其内通有电流时产生取向磁场，以使待压磁粉呈各向异性；

[0041] 步骤120、同步向驱动线圈和取向线圈通入瞬变电流，以同步产生电磁力和取向磁场，完成永磁体的压制成型；其中，通过改变瞬变电流的参数，以分别改变电磁力的大小以及取向磁场的强度。

[0042] 利用电磁线圈产生取向磁场和电磁力，其中，产生的电磁力以对待压磁粉压制成型，且待压磁粉一般为永磁合金粉末。

[0043] 本方法采用电磁线圈产生取向磁场，可以根据需要调节通入的电流参数，来产生所需的磁场波形和大小，取向磁场可以达到很高，能够提高永磁体取向度，同时，取向线圈产生的磁场强度可以随着通入的电流峰值确定，不存在现有磁场强度在饱和后就无法进一步提升的问题，能够提高压制成型的永磁体的磁性能。其次，采用电磁线圈来产生电磁力驱动压头对磁粉压制，可以根据需要产生很大的压制力，提高永磁体密度。另外，由于采用瞬变方式，整个压制成型过程时间极短，消耗能量也较少，能够节约成本。因此，本方法提高压

制成型后的永磁体性能,解决了现有永磁体压制成型技术中电磁铁体积较大且无法进一步提升取向磁场强度的问题。

[0044] 本方法电磁力的来源可有三种,一是驱动线圈和驱动板配合,当驱动线圈产生瞬变磁场时,在驱动板上产生反向感应涡流,驱动线圈和驱动板之间产生电磁排斥力;二是驱动线圈由两个线圈组成,分别给两个驱动线圈通入相反方向的瞬变电流,两个驱动线圈之间产生电磁排斥力,三是驱动线圈与取向线圈通入相同方向的瞬变电流,驱动线圈和取向线圈之间产生电磁吸引力。

[0045] 优选的,上述驱动线圈为一组驱动线圈,在驱动线圈的一侧设置有驱动板;在压制过程中,向该组驱动线圈通入瞬变电流时,驱动板内产生涡流,使得该组驱动线圈和驱动板之间产生电磁排斥力,以带动压头对待压磁粉施加成型压制力。

[0046] 其中,上述排斥力可以通过驱动上述的驱动板,以带动压头对待压磁粉施加成型压制力,或者,上述排斥力通过驱动所述一组驱动线圈,以带动压头对待压磁粉施加成型压制力。当上述排斥力通过驱动所述一组驱动线圈以带动压头对待压磁粉施加成型压制力时,同步向所述一组驱动线圈和取向线圈通入的瞬变电流方向相同,使得驱动线圈和取向线圈之间产生吸引力,该吸引力与上述排斥力共同驱动该组驱动线圈以带动压头对待压磁粉提供压制力。

[0047] 为了更好的说明本方案,例如,如图2所示的装置,取向线圈5和模具7固定于底座8上,待压磁粉6置于模具顶部的凹槽内,将压头4底部放入凹槽,驱动板3为一金属板,同时为保证驱动板能很好地将力传递到压头,驱动板和压头粘合为一体,第一驱动线圈1移至驱动板正上方,靠近驱动板并固定。

[0048] 为了使取向磁场和压制力能够同步产生,本实施例将第一驱动线圈和取向线圈串联连接,并用电容器电源对其放电,放电时驱动板上感应出反向涡流,从而产生向下的电磁力,推动压头产生压制力,同时取向线圈在模具内产生取向磁场,其取向磁场强度和压制力大小通过设置电容器电源的初始放电电压来调节,可以很轻松地达到很高的取向磁场和压制力,其放电过程在几百微妙到几毫秒之间,放电结束后,永磁体压制成型。

[0049] 另外,如图3所示的电磁驱动式永磁体取向压制成型装置,其与上述上例的区别在于驱动板固定于顶部,而第二驱动线圈2与压头合为一体并随压头运动。在本实施例中,第二驱动线圈与取向线圈的电流方向应当相同,当使用电容器电源对第二驱动线圈和取向线圈放电时,驱动板上感应出涡流,第二驱动线圈上产生电磁排斥力,同时取向线圈对第二驱动线圈产生电磁吸引力,二者合力驱动压头向下运动并对模具内的磁粉进行压制。

[0050] 优选的,上述驱动线圈为一组驱动线圈,在压制过程中,同步向该组驱动线圈和取向线圈通入的瞬变电流方向相同,该驱动线圈和取向线圈之间产生电磁吸引力,该电磁吸引力驱动该组驱动线圈以带动压头对待压磁粉施加成型压制力。

[0051] 为了更好的说明本方案,例如,如图4所示的电磁驱动式永磁体取向压制成型装置,其与上例的区别在于不需要设置驱动板。第二驱动线圈与取向线圈的电流方向应当相同,当使用电容器电源对第二驱动线圈和取向线圈放电时,取向线圈对第二驱动线圈产生电磁吸引力,该电磁力驱动压头向下运动并对模具内的磁粉进行压制。

[0052] 优选的,上述驱动线圈为两组驱动线圈,在压制过程中,向该两组驱动线圈通入的瞬变电流方向相反,使得该两组驱动线圈之间产生电磁排斥力,该电磁排斥力驱动其中一

组驱动线圈以带动压头对待压磁粉施加成型压制力。

[0053] 为了更好的说明本方案,例如,如图5所示的电磁驱动式永磁体取向压制成型装置,驱动线圈由两个线圈组成,分别为第一驱动线圈和第二驱动线圈,第一驱动线圈固定于顶部,第二驱动线圈与压头合为一体并随压头运动。使用电容器电源给第一驱动线圈和第二驱动线圈通入方向相反的脉冲电流,驱动线圈之间产生电磁排斥力,第二驱动线圈与压头向下运动并对模具内的磁粉进行压制。

[0054] 需要说明的是,每组驱动线圈可有一个或多个线圈串联构成。

[0055] 优选的,如图2至图5所示,压头的轴向剖面呈T字型,该T字型的底部与待压磁粉接触。由于模具的凹槽表面积较为小,为了保证压头对待压磁粉有较大的压力,采用轴向剖面为T字型的压头,增大驱动线圈或驱动板与压头顶部的接触面,提高压制效率。

[0056] 优选的,驱动线圈和取向线圈均为空心螺旋线圈,且同中心轴设置,取向线圈套设于待压磁粉的外围。驱动线圈和取向线圈同中心轴设置,保证压头驱动线圈产生的电磁力方向与压头轴向重合并垂直施加于待压磁粉表面,提高压制效率。

[0057] 实施例二

[0058] 一种永磁体压制成型装置,包括:驱动模块,压头,模具,以及取向线圈。其中,模具的中心处设置有用以填放待压磁粉的凹槽;压头的底部与待压磁粉接触、顶部与驱动模块的一端接触,且压头和凹槽的中心轴重合;驱动模块用于产生如上实施例一所述的永磁体压制成型方法中的电磁力,以驱动压头对待压磁粉施加成型压制力;取向线圈套设于模具的外围,用于产生如上实施例一所述的永磁体压制成型方法中的取向磁场。

[0059] 驱动模块包括:两个驱动线圈,或者一个驱动线圈,或者一个驱动线圈和一个驱动板。用于通入瞬变电流产生瞬变磁场,与驱动板配合产生电磁力,或者不需要驱动板配合,与取向线圈产生相互吸引的电磁力,电磁力大小通过改变瞬变电流峰值调节。当采用驱动板时,瞬变电流使得驱动线圈产生瞬变磁场,瞬变磁场使得驱动板内产生感应涡流,从而产生电磁力,驱动压头运动。取向线圈通入电流时产生取向磁场,磁场强度通过改变电流峰值调节。压头用于与驱动板或驱动线圈配合,对磁粉进行压制。模具用于装入磁粉,与压头配合,使永磁体成型。

[0060] 驱动线圈和取向线圈均为空心螺旋线圈,取向线圈固定于底座,驱动线圈和取向线圈同轴。驱动板可为导电率较高的金属薄板或金属圆环,且驱动板与驱动线圈靠近但不相连。压头轴向截面为T字形,且其底部半径小于取向线圈内径,压头顶部与驱动板相连或者直接与驱动线圈相连。模具固定在底座上,且位于磁场取向线圈中心,模具外径小于磁场取向线圈内径,顶部开有凹槽,凹槽尺寸与压头契合,凹槽内可放入磁粉。

[0061] 相关技术方案同实施例一,在此不再赘述。

[0062] 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。

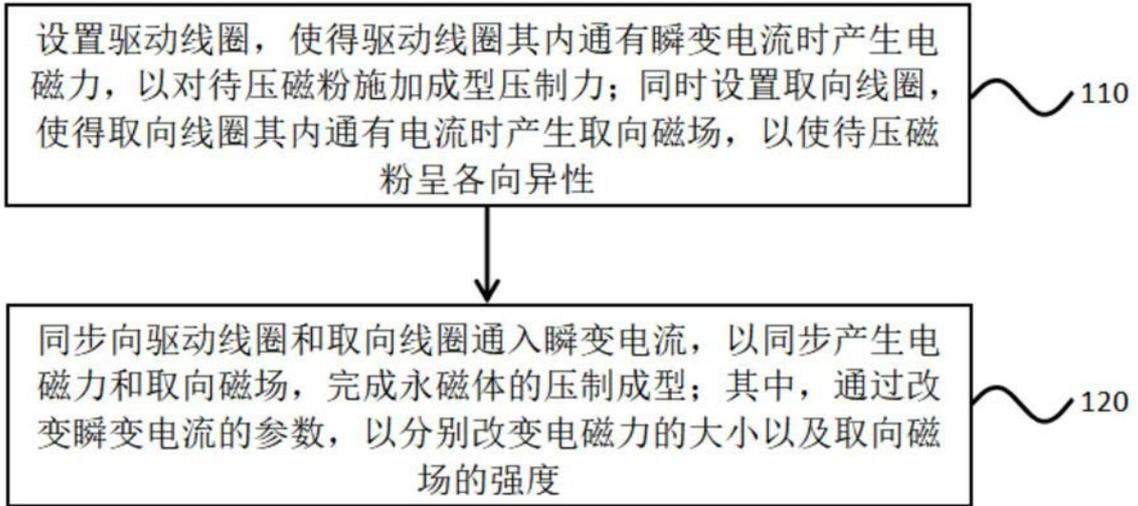


图1

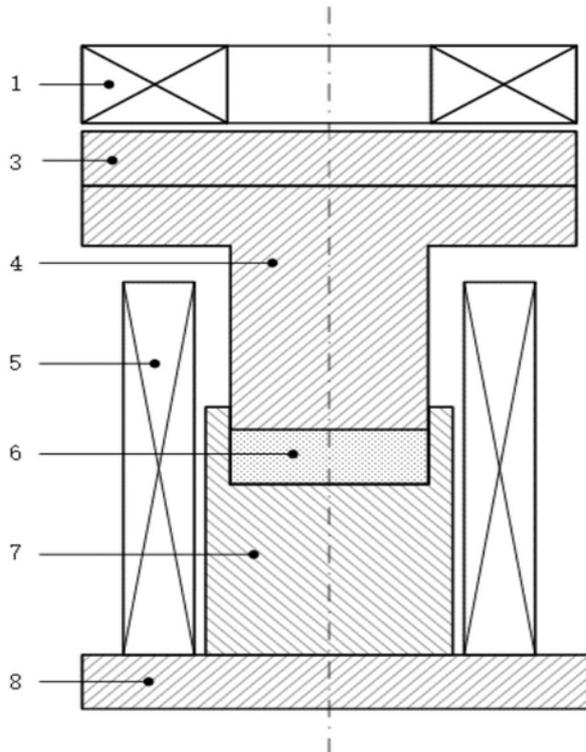


图2

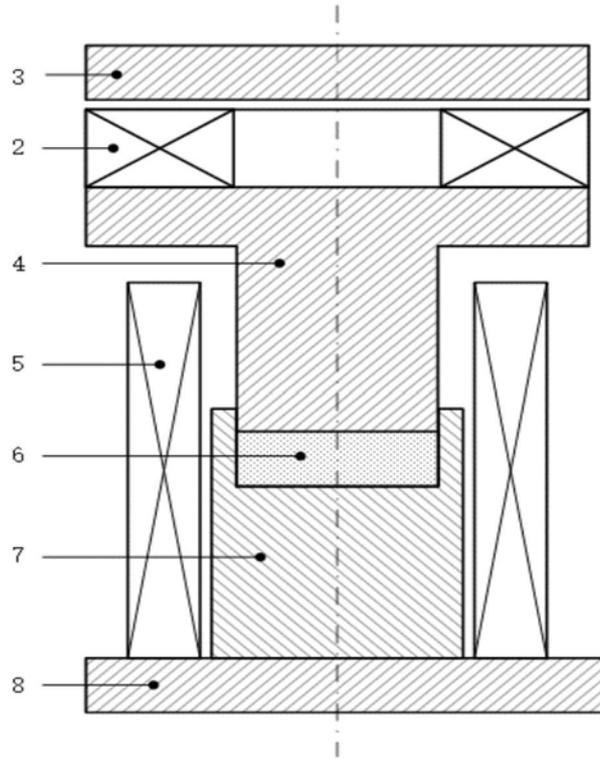


图3

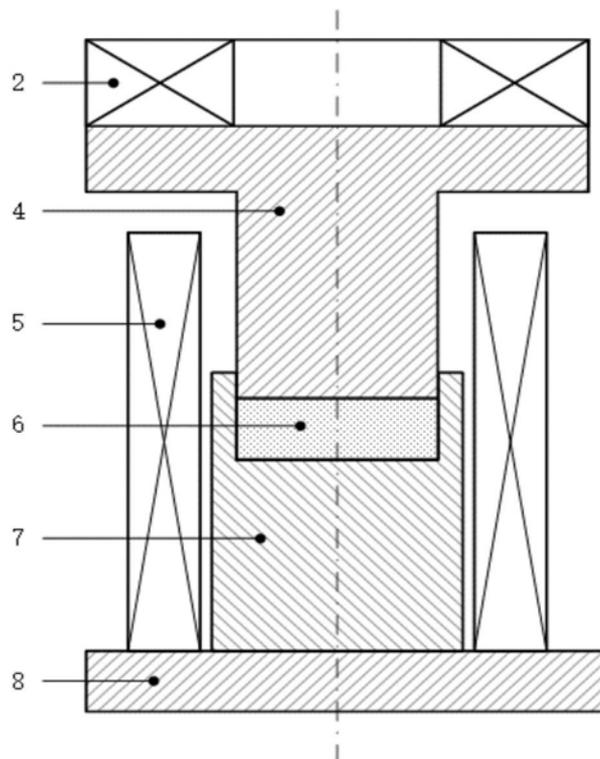


图4

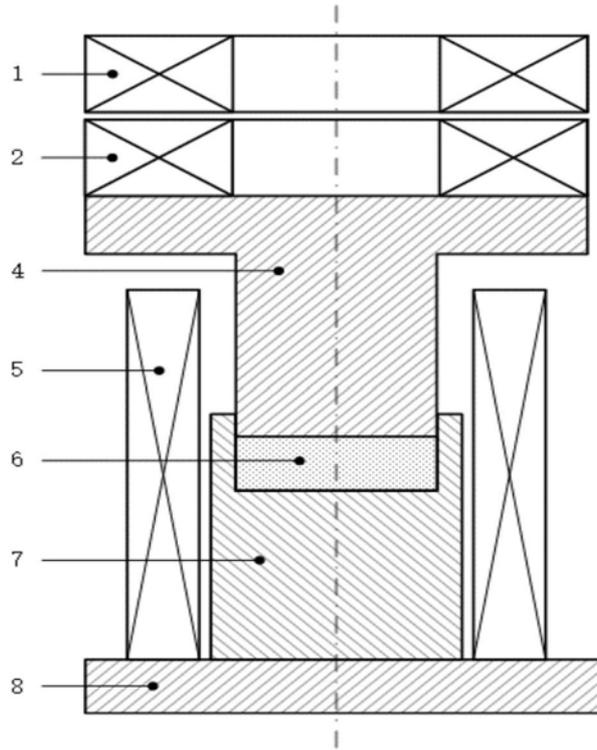


图5