



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110893367 B

(45) 授权公告日 2022.03.18

(21) 申请号 201910832708.6  
(22) 申请日 2019.09.04  
(65) 同一申请的已公布的文献号  
    申请公布号 CN 110893367 A  
(43) 申请公布日 2020.03.20  
(30) 优先权数据  
    102018122395.1 2018.09.13 DE  
(73) 专利权人 耐驰精细研磨技术有限公司  
    地址 德国塞尔布  
(72) 发明人 L·弗莱萨 U·恩德勒  
    H·默舍尔  
(74) 专利代理机构 北京市路盛律师事务所  
    11326  
    代理人 张瑾 刘世杰

(51) Int.Cl.  
    B02C 17/16 (2006.01)  
    B02C 17/18 (2006.01)  
    B02C 17/10 (2006.01)  
(56) 对比文件  
    CN 101287554 A, 2008.10.15  
    CN 207655240 U, 2018.07.27  
    DE 10241924 B3, 2004.05.27  
    DE 202017104764 U1, 2017.10.12  
    CN 108479963 A, 2018.09.04  
    DE 202015101859 U1, 2015.05.21  
    CN 1345257 A, 2002.04.17  
    审查员 柳旭

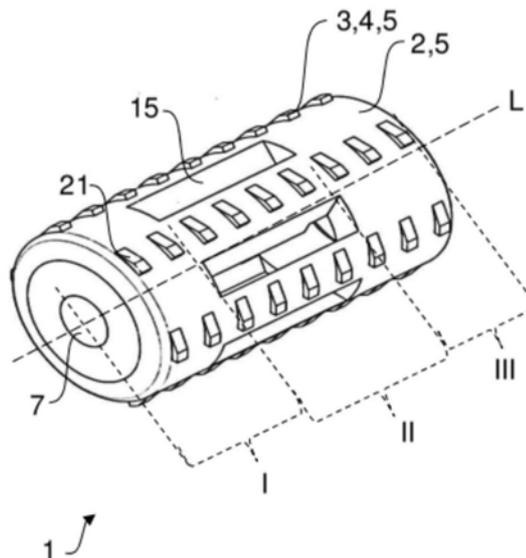
权利要求书2页 说明书15页 附图12页

(54) 发明名称

用于搅拌球磨机的搅拌轴、搅拌球磨机和用于制造搅拌球磨机的搅拌轴的方法

(57) 摘要

本发明涉及用于搅拌球磨机的搅拌轴,其中,搅拌轴具有纵轴线和配备有搅拌元件的外侧面,其中,搅拌轴与搅拌元件一件式地构造并且由陶瓷材料构成。本发明还涉及用于制造搅拌球磨机的搅拌轴的方法。



1. 用于搅拌球磨机(50)的搅拌轴(1),其中,所述搅拌轴(1)具有纵轴线(L)和配备有搅拌元件(3)的外侧面(5),其中,所述搅拌轴(1)与所述搅拌元件(3)一件式地构造并且由陶瓷材料构成,所述搅拌轴(1)具有至少一个冷却通道(6),所述至少一个冷却通道(6)构造成曲折的。

2. 根据权利要求1所述的搅拌轴(1),其特征在于,所述至少一个冷却通道至少局部地平行于所述搅拌轴(1)的纵轴线(L)地延伸。

3. 根据权利要求1所述的搅拌轴(1),其特征在于,所述至少一个冷却通道(6)在至少两个区域中分别平行于所述搅拌轴(1)的纵轴线(L)延伸,其中,在两个平行延伸的区域之间构造换向区域。

4. 根据权利要求3所述的搅拌轴(1),其特征在于,冷却剂在相反的流动方向上流过至少两个经由换向区域彼此连接的区域。

5. 根据权利要求2所述的搅拌轴(1),其特征在于,所述至少一个冷却通道(6)在至少两个区域中分别平行于所述搅拌轴(1)的纵轴线(L)延伸,其中,在两个平行延伸的区域之间构造换向区域。

6. 根据权利要求5所述的搅拌轴(1),其特征在于,冷却剂在相反的流动方向上流过至少两个经由换向区域彼此连接的区域。

7. 根据权利要求3所述的搅拌轴(1),其特征在于,冷却剂在相反的流动方向上流过每两个平行延伸的区域,所述每两个平行延伸的区域布置在所述搅拌轴(1)的共同半径(R1、R2或R3)上。

8. 根据权利要求4所述的搅拌轴(1),其特征在于,冷却剂在相反的流动方向上流过每两个平行延伸的区域,所述每两个平行延伸的区域布置在所述搅拌轴(1)的共同半径(R1、R2或R3)上。

9. 根据权利要求5所述的搅拌轴(1),其特征在于,冷却剂在相反的流动方向上流过每两个平行延伸的区域,所述每两个平行延伸的区域布置在所述搅拌轴(1)的共同半径(R1、R2或R3)上。

10. 根据权利要求6所述的搅拌轴(1),其特征在于,冷却剂在相反的流动方向上流过每两个平行延伸的区域,所述每两个平行延伸的区域布置在所述搅拌轴(1)的共同半径(R1、R2或R3)上。

11. 根据权利要求1至10中任一项所述的搅拌轴(1),其特征在于,所述搅拌轴(1)具有位于末端的第一子区段(I),所述搅拌轴(1)在所述第一子区段上能布置在驱动轴(70)上,其中,所述搅拌轴(1)还具有中间的第二子区段(II)和位于末端的第三子区段(III)。

12. 根据权利要求7至10中任一项所述的搅拌轴(1),其特征在于,所述至少一个冷却通道(6)在位于末端的第一子区段(I)之内且至少局部地在中间的第二子区段(II)之内延伸。

13. 根据权利要求12所述的搅拌轴(1),其特征在于,所述至少一个冷却通道(6)延伸通过所有三个子区段。

14. 根据权利要求11所述的搅拌轴(1),其特征在于,所述中间的第二子区段(II)具有第一空心的内腔(12)。

15. 根据权利要求12所述的搅拌轴(1),其特征在于,所述中间的第二子区段(II)具有第一空心的内腔(12)。

16. 根据权利要求14或15所述的搅拌轴(1),其特征在于,所述第一空心的内腔(12)被圆柱形构造并且具有纵轴线,所述纵轴线构造成与所述搅拌轴(1)的纵轴线(L)重合。

17. 根据权利要求11所述的搅拌轴(1),其特征在于,所述位于末端的第三子区段(III)具有第二空心的内腔(13)。

18. 根据权利要求12所述的搅拌轴(1),其特征在于,所述位于末端的第三子区段(III)具有第二空心的内腔(13)。

19. 根据权利要求17或18所述的搅拌轴(1),其特征在于,所述第二空心的内腔(13)被圆柱形构造并且具有纵轴线,所述纵轴线构造成与所述搅拌轴(1)的纵轴线(L)重合。

20. 根据权利要求14或15所述的搅拌轴(1),其特征在于,在所述中间的第二个子区段(II)的第一空心的内腔(12)和所述搅拌轴(1)的外侧面(5)之间在所述中间的第二个子区段(II)的区域中构造有通孔(15)。

21. 根据权利要求16所述的搅拌轴(1),其特征在于,在所述中间的第二个子区段(II)的第一空心的内腔(12)和所述搅拌轴(1)的外侧面(5)之间在所述中间的第二个子区段(II)的区域中构造有通孔(15)。

22. 根据权利要求1至10中任一项所述的搅拌轴(1),其特征在于,所述搅拌元件(3)构造成从所述搅拌轴(1)的基体(2)伸出的凸轮(4),其中,所述凸轮(4)的构造在所述基体(2)上的连接面相对大。

23. 根据权利要求22所述的搅拌轴(1),其特征在于,每个凸轮(4)具有与所述搅拌轴(1)的基体的连接面和在前的一侧,其中,所述在前的一侧在垂直于所述搅拌轴的基体的平面上的投影和所述连接面的大小的比例小于1。

24. 根据权利要求1至10中任一项所述的搅拌轴(1),其特征在于,具有搅拌元件(3)的搅拌轴(1)能在3D打印方法中制成。

25. 一种搅拌球磨机(50),所述搅拌球磨机具有沿着水平的或竖直的轴线(L50)延伸的碾磨容器(51)和在所述碾磨容器(51)之内能围绕水平的或竖直的轴线(L50)转动的搅拌轴(1),所述碾磨容器具有内侧面(52),所述搅拌轴具有外侧面(5),其中,在所述外侧面(5)上构造有搅拌元件(3),其中,在所述搅拌轴(1)的搅拌元件(3)和所述碾磨容器(51)的内侧面(52)之间构造有碾磨间隙(MS),其中,所述搅拌轴(1)与所述搅拌元件(3)一件式地构造并且由陶瓷材料构成,搅拌球磨机(50)具有根据权利要求1至24中任一项所述的搅拌轴(1)。

26. 根据权利要求25所述的搅拌球磨机(50),包括能布置在所述搅拌轴(1)的内腔中的防磨损保护套(30),所述防磨损保护套由陶瓷材料构成并且一件式地构造。

27. 用于制造搅拌球磨机(50)的根据权利要求1至24中任一项所述的搅拌轴(1)的方法,其中,所述搅拌轴(1)由陶瓷材料一件式制成。

28. 根据权利要求27所述的方法,其特征在于,具有搅拌元件(3)的搅拌轴(1)借助3D打印制成。

## 用于搅拌球磨机的搅拌轴、搅拌球磨机和用于制造搅拌球磨机的搅拌轴的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及根据独立权利要求的特征的用于搅拌球磨机的搅拌轴、搅拌球磨机和用于制造搅拌球磨机的搅拌轴的方法。

### 背景技术

[0002] 本发明涉及搅拌球磨机,尤其用于搅拌球磨机的搅拌工具。搅拌球磨机是用于使碾磨材料粗粉碎、精粉碎和超精粉碎或均质化的设备。搅拌球磨机由竖直或水平布置的、大多近似圆柱形的碾磨容器构成,碾磨容器的70%至90%填充有碾磨体。在搅拌球磨机中碾磨容器通常静止地支承。许多传统已知的碾磨机通过在其中一个端壁中的中央开口进行填充。替代地也可直接通过碾磨缸进行填充。在碾磨过程期间待磨碎的产品连续地从产品入口沿轴向通过碾磨腔流至产品出口。对此悬浮的固体材料通过在碾磨体之间的冲击力和剪切力被粉碎或分散。然后在排出区域中使碾磨辅助体与产品流分开。根据结构形式进行排出并且例如通过碾磨机端部处的筛子排出。

[0003] 搅拌工具通常由搅拌工具轴形成,搅拌工具轴用于使呈盘片或径向突出的销的形式的搅拌元件转动,尤其用于使碾磨材料的分布在液体中的固体材料散开并且粉碎。搅拌工具轴通常以通过马达驱动。作为合适的搅拌元件尤其使用盘式搅动机,盘式搅动机具有多个布置在搅拌轴上的碾磨盘。碾磨盘大多为圆形并且可具有通孔。经由通孔尤其确保产品流动。

[0004] 在碾磨缸的内侧和搅拌工具之间构造有环形的碾磨间隙,在搅拌球磨机运行时待粉碎的碾磨材料位于碾磨间隙中。搅拌工具被驱动转动并且对碾磨间隙之内的碾磨材料施加应力,由此使碾磨材料粉碎,这一方面通过碾磨辅助体且另一方面通过搅拌工具的搅拌元件来辅助。尤其借助搅拌轴使碾磨材料和碾磨辅助体密集运动。对此,通过冲击、压力、剪切和摩擦粉碎碾磨材料的固体材料颗粒。

[0005] 搅拌轴或搅拌工具优选由耐磨的材料、尤其由金属或陶瓷材料构成,例如W02000/054884A描述了一种搅拌球磨机,其中搅拌工具、尤其盘式搅拌元件由陶瓷材料构成。DE2626757A1公开了一种搅拌螺旋桨,搅拌螺旋桨构造成,只有相对简单和便宜的部件经受磨损并且这些部件可轻松替换。此处可为经济的是,这些简单的部件由特别耐磨的材料、例如陶瓷制成。

[0006] 许多的化学、机械或其他过程都在产生工艺热量的情况下完成,工艺热量会对工艺过程本身或使用的原材料有不利影响,因为例如参与工艺的物质是温度敏感的或温度改变对工艺速度有影响并进而难以有序的进行该工艺。由此通常例如通过借助合适的冷却装置或冷却方法排走产生的工艺热量来使工艺进程稳定。在容器中经历的工艺过程在此大多经由容器壁被调温,例如通过在壁部上延伸的冷水管或热水管被调温或通过使与第一容器径向间隔布置的另一外部容器环绕第一容器,从而在两个容器之间形成空腔,可为热水流或冷却剂流的流体流可通过该空腔以便运输工艺热量。

[0007] 在碾磨过程中也产生热量。根据产品必须排走热量或必须防止形成热量。问题尤其是在搅拌球磨机中期望具有大的碾磨容积或期望较高的效率。为了在碾磨过程期间进行冷却例如使得碾磨缸构造成可冷却的。例如公开文献DE 3614721 A1描述了具有冷却外罩的碾磨容器的构造作为现有技术。该文献还公开了,搅拌工具转子在其圆周上还可设有至少一个冷却通道。此外在公开文献WO 2007/042059 A1中示出了具有冷却外罩的碾磨容器。在该文献中描述的搅拌工具碾磨机还具有内定子,内定子同样可被冷却。搅拌工具构造成盆状并且包括筒状的转子。

[0008] 如在DE 3614721 A1的上下文中所述,替代地或额外地也可经由搅拌工具转子实现冷却。公开文献DE 3015631 A1描述了由内圆柱体和外圆柱体构成的搅拌工具,在内圆柱体和外圆柱体之间构造环形的冷却空间,其中为了冷却将输送冷却剂的管道轴平行地布置在冷却空间之内,管道连接冷却剂的输送管。

[0009] 另一可冷却的搅拌轴在专利文献DE10241924B3中公开,其中,为了冷却而使用不同横截面形状的管状材料,在其内部布置内管,内管在近似整个长度上延伸,其中,管的内部空间与冷却剂流入部连接并且外部空间与冷却剂流出口连接。

[0010] 从一定的结构尺寸开始,由陶瓷制成的搅拌轴或搅拌工具必须由多个部件构成。为了使单个零件彼此匹配地制造,需要很多磨削工作,由此由于所需的工作时间成本非常高。此外在由多个部件组装搅拌轴时产生所谓的死区,碾磨材料和/或碾磨辅助体会卡在死区中并因此污染机械空间。这种多件式的陶瓷轴还非常易于断裂、尤其在安装、拆卸、清洁和维修时易于断裂。此外至今都不能制造具有冷却装置的陶瓷转子。

## 发明内容

[0011] 本发明的目的是以简单且成本有利的方式制造用于搅拌球磨机的搅拌轴,尤其用高性能搅拌球磨机中的可冷却的搅拌轴。

[0012] 上述目的通过包括在独立权利要求中的特征的用于搅拌球磨机的搅拌轴、搅拌球磨机和用于制造搅拌球磨机的搅拌轴的方法实现。其他的有利设计方案通过从属权利要求描述。

[0013] 搅拌球磨机用于借助碾磨辅助体加工以及尤其粉碎碾磨材料并且具有包括碾磨材料入口和产品出口的碾磨容器,为碾磨容器配备搅拌工具,搅拌工具至少部分地布置在碾磨容器之内。

[0014] 搅拌工具包括驱动装置、布置在驱动装置上的且在旋转方向上旋转的搅拌轴和至少一个布置在搅拌轴上的搅拌元件。搅拌轴具有优选圆柱形的基体,基体具有纵轴线,其中,在基体上布置至少一个搅拌元件、优选多个搅拌元件。尤其搅拌轴具有配备有搅拌元件的外侧面。搅拌轴的纵轴线通常与碾磨容器的纵轴线重合。驱动装置通常布置在碾磨容器之外并且经由贯穿容器壁的驱动轴与布置在碾磨容器之内的搅拌轴连接。

[0015] 碾磨容器优选构造成圆柱形并且卧式地或立式地布置,从而搅拌轴相应卧式地或立式地布置。碾磨容器也可具有其他构型并且例如可构造成截锥形。在这种情况下搅拌轴优选与此对应地同样构造成截锥形。

[0016] 至少一个搅拌元件例如构造成凸轮,凸轮优选近似地在周向上从搅拌轴离开地朝搅拌球磨机的碾磨容器的内侧的方向延伸。

[0017] 在搅拌轴的外侧面和碾磨容器的内侧面之间构造环形的碾磨间隙,由碾磨材料和碾磨辅助体构成的混合物位于碾磨间隙中。由于搅拌轴的旋转,在碾磨间隙之内的碾磨材料由于例如通过颗粒彼此碰撞、由于剪切力等引起的应力而被粉碎。通过搅拌元件将额外的能量引入尤其作用到碾磨辅助体上,搅拌元件辅助粉碎操作。

[0018] 搅拌轴与搅拌元件一件式构造并且制造以及优选由陶瓷材料构成。特别优选搅拌轴由碳化硅(SiC),具有游离硅的碳化硅(SiSiC),氮化硅,二氧化锆或混合陶瓷制成。碳化硅陶瓷具有高度耐磨性、低的热冲击敏感性、低的热膨胀性、高的导热性、良好的耐酸性和耐碱性并且重量轻并且在高于1400°C的温度下保持其有利性能。此外,碳化硅在毒理学上是无害的,因此也可用于食品工业。尽管与碳化硅相比,氮化硅的硬度降低,然而,通过烧结工艺,可以实现 $\beta$ -氮化硅晶体的柱形再结晶,这使得材料的断裂韧性增加。高断裂韧性与小缺陷尺寸相结合,使氮化硅成为具有最高强度的工程陶瓷材料之一。由于高强度、低热膨胀系数和相对低的弹性模量的组合,氮化硅陶瓷特别适用于热冲击应力部件。与其他陶瓷材料相比,二氧化锆对裂纹的传播具有非常高的抵抗力。此外,二氧化锆陶瓷具有非常高的热膨胀,因此人们在实现陶瓷和钢之间的连接时更愿意选择。

[0019] 特别优选借助3D打印方法制造具有搅拌元件的搅拌轴。以这种方式可制造具有内部空腔的构件,借助传统的方法、例如浇铸等在没有其他的后处理,例如没有后续引入孔等的情况下不能在一个方法步骤中制成该构件。但是此时可简单且成本有利地在搅拌轴之内形成至少一个集成的冷却通道。优选设置成,冷却通道至少局部地平行于搅拌轴的纵轴线延伸。根据一种实施方式设置成,至少一个冷却通道构造成曲折的,例如冷却通道的至少两个区域分别平行于搅拌轴的纵轴线延伸,其中,在两个平行延伸的区域之间形成换向区域。

[0020] 根据本发明的实施方式,分别有两个平行延伸的区域位于搅拌轴的共同的半径上,冷却剂以相反的流动方向流过该区域。由此实现搅拌轴的对流冷却。尤其冷却剂分别靠近搅拌轴的纵轴线地从碾磨材料入口侧被引导至产品出口侧。冷却剂从产品出口侧至碾磨材料入口侧的回流在搅拌轴内部在与搅拌轴的外侧面相邻的区域中进行。由此实现,最新的且因此最冷的冷却剂首先被导入搅拌球磨机的碾磨材料最热的区域中。这尤其是在碾磨材料沿输送方向从碾磨材料入口侧开始流过搅拌球磨机之后靠近产品出口的区域。因此尤其冷却剂在搅拌轴的表面以与碾磨材料通过搅拌球磨机的输送方向的反方向流过搅拌轴。借助该对流冷却可进一步优化冷却过程。

[0021] 搅拌轴的实施方式在于,搅拌轴包括至少两个子区段,尤其位于末端的第一子区段,搅拌轴在第一子区段上与搅拌工具的驱动轴连接。例如位于末端的第一子区段具有容纳区域,尤其波纹容纳部,驱动轴的自由端部布置在波纹容纳部中并且不可相对转动地与搅拌轴连接。此外设有至少一个第二子区段。第二子区段优选内部构造成空心的。此外在第二子区段中优选在外侧面和空心的内腔或内腔区域之间构造通孔。尤其设置多个通孔,多个通孔平行于搅拌轴的纵轴线延伸。在第二子区段的内部优选可形成分离装置。流过碾磨间隙的碾磨材料/碾磨辅助体混合物在第二子区段的打开端部处换向并且经由分离装置流入第二子区段的空心的内腔。例如可构造成筛分装置或分类转子的分离装置尤其拦截碾磨辅助体并且将其与可能还未充分粉碎的碾磨材料一起通过通孔输送回到碾磨间隙中。而充分粉碎的碾磨材料经由空心的内腔被引导至搅拌球磨机的产品出口并且可在此处被取出。

[0022] 优选地由于在搅拌轴和碾磨容器的内壁之间的碾磨间隙非常小,碾磨辅助体聚集

在所谓的碾磨腔中。只有很少部分的碾磨辅助体与碾磨材料一起换向并且经由分离装置例如第二子区段的空心的内腔中。

[0023] 根据一种实施方式,第二子区段是中间子区段,位于末端的另一第三子区段连接在该中间子区段上。第三子区段同样具有空心的内腔。在搅拌轴的基体为圆柱形的情况下,第二子区段以及必要时第三子区段的内腔优选同样构造成圆柱体并且具有圆形的横截面,其中,在第三子区段中的内腔的横截面的半径大于等于在第二子区段中的内腔的横截面的半径。此外,构造成圆柱体的内部空腔分别具有纵轴线,该纵轴线构造成与搅拌轴的纵轴线重合。

[0024] 在第三子区段中优选在搅拌轴的内腔和外侧面之间没有通孔。替代地,在第三子区段的内腔中可布置防磨损保护套,防磨损保护套优选同样构造成圆柱形。尤其防磨损保护套布置在碾磨容器的容器底部和第二内腔区域中的分离装置之间。在该实施方式中流过碾磨间隙的碾磨材料/碾磨辅助体混合物在第三子区段的打开端部处换向,在构造在防磨损保护套和搅拌轴之间的环形间隙之内朝第二子区段的方向被引导,这如上所述通过使碾磨材料与碾磨辅助体分离来实现。

[0025] 优选设置成,至少一个冷却通道在位于末端的第一子区段之内并且至少部分地在中间的子区段之内延伸。在包括三个子区段的搅拌轴的实施方式中可设置成,至少一个冷却通道延伸通过所有三个子区段。曲折的冷却通道例如可包括平行区段,平行区段在搅拌轴的第二子区段之内分别构造在通孔之间。平行区段可至少部分地延伸到搅拌轴的第一和/或第三子区段中。尤其在搅拌轴的第一和第三子区段的位于末端的区域处构造相应的换向区域,换向区域使冷却剂从一平行区段换向到下一平行区段中,从而冷却剂优选分别相反地流过彼此直接相邻布置的平行区段。

[0026] 尤其设置成,这种冷却通道包括偶数个平行区段,从而冷却剂入口和冷却剂出口分别位于搅拌轴的同一段部处。在这种情况下冷却剂例如在第一流动方向上流过第一、第三和第五平行区段等且在相反的第二流动方向上流过第二、第四和第六平行区段等。碾磨材料/碾磨辅助体混合物在第一输送方向上流过碾磨间隙,第一输送方向例如相应于第一流动方向并且在搅拌轴的第二和/或第三子区段之内尤其换向到第二输送方向,第二输送方向相应于第二流动方向。冷却水导向装置、尤其冷却水导入管路和导出管路可由插入件形成,插入件例如与驱动轴一起布置在搅拌轴的第一子区段上并且可固定在其上;例如插入件可被套接到驱动轴的端部上并且与驱动轴一起布置且固定在波纹套管中,其中,冷却水导入管路和导出管路与搅拌轴的至少一个冷却通道连接。

[0027] 在搅拌轴上优选布置多个搅拌元件。尤其平行于搅拌轴的纵轴线的列布置的和/或成列地依次布置的搅拌元件的规律布置设置成沿着搅拌轴的基体的圆周线。对此,所有搅拌元件都可构造成相同的或也可具有不同形状。此外,在搅拌轴上可设置这样的区域,在该区域中比其他区域构造更多凸轮等。

[0028] 优选搅拌元件构造成从搅拌轴的基体伸出的凸轮,其中,凸轮的构造在基体上的连接面相对大,尤其比凸轮沿径向伸出超过基体的凸轮高度更大。

[0029] 凸轮具有构造在搅拌轴的基体上的连接面、面对碾磨容器的内侧的上侧、沿搅拌轴的旋转方向在前的一侧、沿搅拌轴的旋转方向在后的一侧和在前的一侧和在后的一侧之间布置的两侧。在前的一侧也称为涌流侧并且在后的一侧也称为背离流动的一侧。在连接

面和上侧之间的间距称为凸轮高度。

[0030] 经由凸轮的相对大的连接面可有利地将热从碾磨材料/碾磨辅助体混合物中排出到搅拌轴中且尤其排出到搅拌轴的至少一个冷却通道内部的冷却剂中。下面详细描述凸轮形状降低了陶瓷材料易于断裂或折断的敏感性。基体和凸轮共同作为单个构件由陶瓷材料制成,尤其借助3D印刷方法制造,从而产生在搅拌轴的基体和凸轮之间的直接材料连接。搅拌轴的一件式实施方式促进稳定性以及导热性,因为取消了潜在的断裂部位和导热屏障。

[0031] 对于凸轮的良好稳定性且为了实现均匀良好的碾磨效果有利的是,每个凸轮具有与搅拌轴的基体的连接面以及在前的一侧,其中,在前的一侧在垂直于搅拌轴的基体的平面上的投影和连接面的大小的比例小于1。

[0032] 下面在前的一侧称为端侧的涌流面。优选端侧的涌流面相对于垂直于基体的平面的倾斜角在 $45^{\circ}$ 至 $85^{\circ}$ 的范围中。 $0^{\circ}$ 的角在此相应于垂直于基体布置的涌流面,而具有减号的角表示侧切的涌流面,即,涌流面如此倾斜,使得其似乎遮盖连接面的一定区域。因此具有加号的倾斜角表示相反倾斜的端侧的涌流面,即,涌流面的位于基体上的端部首先被流过。

[0033] 此外已经发现有利的是,每个凸轮的与搅拌轴的连接面具有最大宽度并且每个凸轮垂直于搅拌轴的高度和最大宽度的比例大于0.2。刚才提及的连接面尤其相应于每个凸轮的基面并且是指每个凸轮与搅拌轴接触的面。也已经发现有利的是,每个凸轮的与搅拌轴的连接面具有最大长度并且每个凸轮的高度和最大长度的比例小于1。

[0034] 同样有利的是,每个凸轮的与搅拌轴的连接面具有最大长度和最大宽度,其中,最大宽度和最大长度的比例小于1。

[0035] 如果在搅拌轴的基体的周向方向沿搅拌轴的基体的圆周线依次布置一排的多个凸轮,此时例如可为有利的是,在沿周向方向依次连续的一排凸轮之间的间距选择成,该间距等于或大于凸轮沿周向方向的最大长度。如果多个凸轮沿着在轴向方向彼此间隔开的多个圆周线分别成排地依次布置,此时可有利地在每两个轴向间隔开的凸轮排之间的轴向间距大于等于凸轮的最大宽度的1.1倍。凸轮在搅拌轴的基体上沿轴向方向彼此间隔布置的情况下可设置成,凸轮沿轴向彼此对齐或错开地布置。

[0036] 如上所述,在搅拌轴的位于末端的第三子区段中、尤其在第三内腔区域中可布置防磨损保护套并且如此安装在搅拌球磨机之内,使得可轻松更换该防磨损保护套。

[0037] 防磨损保护套至少局部地构造成圆柱形,尤其构造成空心圆柱体。空心圆柱体具有外直径,外直径小于第三内腔区域的内直径。在防磨损保护套的一端部区域上可设置固定区域、例如法兰,以将防磨损保护套定位且固定在搅拌球磨机中或上。

[0038] 尤其搅拌轴在第三内腔或内腔区域中的内侧面和优选构造成圆柱体的防磨损保护套的外侧面之间又构造碾磨间隙,碾磨材料/碾磨辅助体混合物在碾磨间隙中朝第二子区段的第二内腔区域的方向被引导。防磨损保护套优选同样一件式地且尤其由陶瓷材料制成并且可类似于搅拌轴例如在3D打印方法中制成。

[0039] 还可设置成,防磨损保护套包括至少一个冷却通道,至少一个冷却通道例如同样构造成曲折的并因此形成大的冷却面。防磨损保护套的外侧面可同样构造有凸轮状的突出部。突出部的形状例如可相应于布置在搅拌轴上的前述凸轮的形状。突出部减小搅拌轴在

第三内腔区域中的内侧面和防磨损保护套的外侧面之间的间隙。突出部尤其用作刮擦器，以防止碾磨材料和/或碾磨辅助体附着在搅拌轴的内侧面上。替代地，通过突出部确保，碾磨材料/碾磨辅助体混合物朝通孔的方向流动以使碾磨辅助体朝构造在搅拌轴的外侧面和碾磨容器的内壁之间的碾磨腔的方向返回。

[0040] 防磨损保护套优选可与前述搅拌轴结合应用在搅拌球磨机中。但是防磨损保护套也可与根据传统方法制成的搅拌轴结合使用。就此强调，带有或没有构造在外侧面上的突出部和/或带有或没有至少一个冷却通道的防磨损保护套的单件式构造方式是单独的发明。

[0041] 前述的构造有凸轮等以及至少一个冷却通道的单件式搅拌轴结合了最佳冷却与最大耐磨性的优点并因此尤其适合应用在高性能碾磨机中。

[0042] 本发明也尤其包括一件式构造的且尤其由陶瓷材料制成的搅拌轴，搅拌轴构造没有冷却通道。优选搅拌轴同样具有至少两个构造不同的子区段，尤其用于将搅拌轴固定在驱动轴上的至少一个位于末端的第一子区段和至少一个第二子区段，至少一个第二子区段具有构造成空心的内腔区域和在第二区段中在搅拌轴的内腔区域和外侧面之间的通孔。

[0043] 此处应着重提及的是，关于根据本发明的装置所述的所有方案和变型方式可同样涉及根据本发明的方法的部分方案。因此在此在说明书中或在针对根据本发明的装置的权利要求限定中提及特定的方案和/或关系和/或作用时，这同样适用于根据本发明的方法。相反同样有效，从而关于根据本发明的方法所述的所有方案和变型方式可同样涉及根据本发明的装置的部分方案。因此在此在说明书中或在针对根据本发明的方法的权利要求限定中提及特定的方案和/或关系和/或作用时，这同样适用于根据本发明的装置。

## 附图说明

[0044] 下面应根据附图详细阐述本发明的实施例及其优点。各个元件彼此在附图中的尺寸比例不是始终与真实尺寸比例一致，因为相比于其他元件，一些形状被简化地示出并且为了更好地加以说明另一些形状被放大地示出。

[0045] 图1示出了根据本发明一件式构造的搅拌轴的实施方式的透视图，

[0046] 图2示出了根据图1的搅拌轴的侧视技术图，

[0047] 图3示出了搅拌轴沿着根据图2的剖切线A-A的剖视图，

[0048] 图4示出了搅拌轴沿着根据图3的剖切线B-B的另一剖视图，

[0049] 图5示出了搅拌轴的透视技术图，

[0050] 图6示出了被剖开的具有暴露的曲折形冷却通道的搅拌轴，

[0051] 图7示出了防磨损保护套的侧视图，

[0052] 图8示出了防磨损保护套的透视图，

[0053] 图9示出了搅拌球磨机的前视图，

[0054] 图10示出了搅拌球磨机沿着根据图9的剖切线A-A的剖视图，

[0055] 图11示出了搅拌球磨机沿着根据图10的剖切线B-B的剖视图，

[0056] 图12示出了搅拌球磨机沿着根据图11的剖切线C-C的剖视图，

[0057] 图13示出了搅拌球磨机沿着根据图12的剖切线D-D的剖视图，

[0058] 图14示出了搅拌球磨机沿着根据图9的剖切线E-E的剖视图，

[0059] 图15示出了根据本发明一件式构造的搅拌轴的另一实施方式的透视图,该搅拌轴具有对流冷却装置,

[0060] 图16示出了具有构造成对流冷却装置的冷却通道的搅拌球磨机的纵向剖视图,

[0061] 图17示出了具有搅拌轴的根据图16的搅拌球磨机沿着剖切线A-A的横截面,

[0062] 图18A至图18E分别示出了搅拌轴的其他实施方式。

[0063] 对本发明的相同元件或作用相同的元件使用相同的附图标记。此外为了清楚起见,在各个附图中仅示出用于说明相应附图所必需的附图标记。所示出的实施方式仅是例如能够实现根据本发明的装置或根据本发明的方法的示例并且这些示例不是封闭性的限制。

### 具体实施方式

[0064] 图1至图6示出了根据本发明一件式构造的搅拌轴1的不同视图和剖视图。这种搅拌轴1优选应用在如下面根据图9至图14详细阐述的搅拌球磨机50中。搅拌轴1具有圆柱形的基体2,基体具有纵轴线L,其中,在圆柱形的基体2的外侧面上构造有搅拌元件3、尤其凸轮4。凸轮4的外侧面以及圆柱形的基体2的未被凸轮4遮盖的外侧面一起形成搅拌轴1的外侧面5。搅拌元件3多列地、尤其分别以对齐的布置方式构造在圆柱形的基体2的外侧上,其中,这些列平行于搅拌轴1的纵轴线L布置和/或构造。

[0065] 根据本发明设置成,搅拌轴1构造成一件式并且尤其由陶瓷材料构成。特别优选地,搅拌轴1通过唯一的工艺步骤由陶瓷材料制成。特别优选地,对此使用3D打印方法,因为借助该方法在唯一的工艺步骤中也可在搅拌轴1之内产生空腔。

[0066] 陶瓷材料例如可为碳化硅(SiC),尤其经烧结的碳化硅(SSiC),具有游离硅的碳化硅(SiSiC),氮化硅,二氧化锆或混合陶瓷。碳化硅陶瓷具有高度耐磨性、低的热冲击敏感性、低的热膨胀性、高的导热性、良好的耐酸性和耐碱性并且重量轻并且在高于1400°C的温度下保持其有利性能。此外,碳化硅在毒理学上是无害的,因此可用于食品工业。尽管与碳化硅相比,氮化硅的硬度降低。然而,通过烧结工艺,可以实现 $\beta$ -氮化硅晶体的柱形再结晶,这使得材料的断裂韧性增加。高断裂韧性与小缺陷尺寸相结合,使氮化硅成为具有最高强度的工程陶瓷材料之一。由于高强度、低热膨胀系数和相对低的弹性模量的组合,氮化硅陶瓷特别适用于热冲击应力部件。与其他陶瓷材料相比,二氧化锆对裂纹的传播具有非常高的抵抗力。此外,二氧化锆陶瓷具有非常高的热膨胀,因此人们在实现陶瓷和钢之间的连接时更愿意选择。

[0067] 在根据图2的搅拌轴1的技术侧视图中以及在根据图6的剖切图中可看见冷却通道6,冷却通道构造在一件式的搅拌轴1之内。优选冷却通道至少局部地平行于搅拌轴1的纵轴线L延伸。特别优选设置成,通道6曲折地在搅拌轴1的端部区域之间延伸并且尤其分别在端部区域处转向,其中,在换向部之间的区域可分别彼此基本平行布置。在图2中例如可看出冷却通道6的三个平行区段61、62、63,三个平行区域彼此平行构造并且还平行于搅拌轴的纵轴线L布置。在三个平行区域61、62、63之间在搅拌轴1的端部区域中构造有两个换向区域67、68。

[0068] 在第一流动方向SR1上流过第一平行区段61的冷却剂在第一换向区域67中换向到第二平行区段62中并且在第二流动方向SR2流过该第二平行区段,第二流动方向反向于第

一流动方向SR1延伸。然后冷却剂在第二换向区域68中换向到第三平行区段63中并且又在第一流动方向SR1上流过该第三平行区段。

[0069] 在图3中示出的搅拌轴1沿着根据图2的剖切线A-A的剖视图示出了,构造在搅拌轴1之内的冷却通道6具有六个平行区段61、62、63、64、65和66,其中,第一平行区段61和第二平行区段62经由第一换向区域67连接,第二平行区段62和第三平行区段63经由第二换向区域68连接,第三平行区段63和第四平行区段64经由第三换向区域(未示出)连接,第四平行区段64和第五平行区段65经由第四换向区域(未示出)连接,并且第五平行区段65和第六平行区段66经由第五换向区域69(参见图6)连接。尤其可设置成,冷却剂经由冷却通道6的第一平行区段61进入搅拌轴1并且经由冷却通道6的第六平行区段66从搅拌轴1中导出。

[0070] 搅拌轴1具有三个子区段,尤其位于末端的第一子区段I、中间的第二子区段II和位于末端的第三子区段III。搅拌轴1在其位于末端的第一子区段I处可与搅拌球磨机(未示出)的驱动轴70连接。对此在位于末端的第一子区段I中例如构造有波纹容纳部7。搅拌轴1至少局部地构造成空心轴,尤其第二子区段II和第三子区段III以及必要时局部地第一子区段I分别具有内腔区域。尤其中间的第二子区段II具有空心的第一内腔,即内腔区域12并且第三子区段III具有空心的第二内腔,即内腔区域13。其优选同样具有圆柱形的形状,圆柱形的纵轴线分别与搅拌轴1的纵轴线L重合。此外设置成,第三子区段III在端侧构造成打开的并且尤其在打开的区域中显示出进一步增大的空心的内腔。如下面结合图9至图14所述,在该空心的内腔中可布置磨损元件等。

[0071] 此外可设置成,在中间的第二子区段II中在空心的内腔区域12和搅拌轴1的外侧面5之间构造通孔15,通孔的功能同样在下面结合图9至图14阐述。因此中间的第二子区段II也称为打开的子区段,而第一子区段I和第三子区段III分别显示为闭合的子区段。通孔15尤其平行于搅拌轴的纵轴线L延伸、优选分别在具有如尤其结合图1所描述的搅拌元件3的多列之间延伸。

[0072] 如例如根据图6可清楚看出,至少一个冷却通道6优选延伸通过搅拌轴1的所有三个子区段I、II和III,其中,换向区域67、68、69分别构造在位于末端的子区段I和III中。尤其冷却通道6构造成曲折的,这在下面更详细地描述。

[0073] 图4示出了搅拌轴1的纵向剖视图,尤其搅拌轴1沿着根据图3的剖切线B-B的剖视图。图3尤其是搅拌轴1在第二子区段II中的横截面,其尤其通过搅拌元件3。在此可清楚看出在第一空心的内腔区域12和搅拌轴1的外侧面5之间的通孔15。在图4中可看出,冷却通道6尤其平行于纵轴线L并且平行于轴线平行延伸的通孔15地构造,其中,冷却通道6的平行区段61、62、63、64、65、66分别与一系列搅拌元件3相邻地延伸。

[0074] 图7示出了防磨损保护套30的侧视图以及图8示出了防磨损保护套30的透视图。防磨损保护套30在搅拌球磨机50内部的布置及其功能尤其在下面结合图10、图12和图13描述。

[0075] 防磨损保护套30至少局部地构造成圆柱形,尤其防磨损保护套30具有空心圆柱体33作为基体32,在空心圆柱体的外侧优选构造有尤其呈下面还将详细描述凸轮35的形式的突出部34。空心圆柱体具有的外直径 $d_{30}$ 小于搅拌轴1的第三内腔区域III的最小内直径 $d_{III}$ (参见图2)。在防磨损保护套30的端部区域上可设有固定区域,例如法兰36,以使防磨损保护套30在搅拌球磨机50中或上定位以及固定,尤其用于使防磨损保护套30固定在碾磨

容器底部59上、尤其碾磨容器底部59的合适容纳部中,参见图10和图12。

[0076] 防磨损保护套30优选同样一件式且尤其由陶瓷材料制成并且可类似于搅拌轴50例如在3D打印方法中由前述陶瓷材料中一种制成。

[0077] 此外可设置成,防磨损保护套30包括至少一个冷却通道,至少一个冷却通道例如同样构造曲折的并因此形成大的冷却面(未示出)。防磨损保护套的至少一个冷却通道的构造可相应于搅拌轴1的冷却通道6的构造。用于输送冷却剂和排走冷却剂的管路例如可由碾磨容器底部(59,参见图10、图12)构成。

[0078] 防磨损保护套30优选可应用在具有根据图1至图6的搅拌轴1的在图9至图14中示出的搅拌球磨机50中。但是防磨损保护套30也可结合根据传统方法制成的搅拌轴使用。

[0079] 图9至图14示出了具有根据本发明的搅拌轴1的搅拌球磨机50的不同视图和示意图,尤其图9示出了搅拌球磨机50的前视图,图10示出了搅拌球磨机沿着根据图9的剖切线A-A的剖视图,且图11示出了搅拌球磨机50沿着根据图10的剖切线B-B的剖视图。

[0080] 搅拌球磨机50包括沿着水平轴线L50延伸的圆柱形碾磨容器51,碾磨容器具有内侧面52。碾磨容器51可由金属或类似于搅拌轴1由陶瓷材料构成。此外可设置成,碾磨容器构造可冷却的并且例如包括外圆柱体53和内圆柱体54,在外圆柱体和内圆柱体之间构造冷却空间55,可经由合适的冷却剂入口56和冷却出口57将冷却剂K导入冷却空间中。碾磨容器51还包括碾磨容器顶盖58和碾磨容器底部59。

[0081] 具有纵轴线L的搅拌轴1水平卧式地布置在碾磨容器1之内。搅拌轴1的纵轴线L同时为其旋转轴线并且还和碾磨容器51的水平轴线L50重合布置。搅拌轴1相应于在图1至图6中所述的搅拌轴1,因此可参考对其特征的描述。

[0082] 驱动轴70穿过碾磨容器顶盖58,驱动轴与驱动装置、例如电动马达等(未示出)连接。驱动轴70不可相对转动地与搅拌轴1连接,尤其驱动轴70的伸入碾磨容器51中的端部接合到搅拌轴1的第一子区段I中的轴容纳部7中。此外,碾磨容器顶盖58包括碾磨材料入口71,碾磨材料M经由碾磨材料入口被填充到搅拌球磨机50中。在碾磨容器底部59中设有产品出口72,磨碎的产品P通过产品出口离开搅拌球磨机50。

[0083] 在碾磨容器51的内侧面52和搅拌轴的外侧面5之间、尤其在搅拌元件3的区域中构造有环形的碾磨间隙MS。在搅拌球磨机50运行期间碾磨材料/碾磨辅助体混合物位于该碾磨间隙中。通过搅拌轴1与碾磨辅助体(未示出)的旋转驱动对碾磨间隙MS中的碾磨材料M施加应力,使得碾磨材料粉碎,例如通过碾磨材料颗粒的彼此冲击、通过剪切力等进行粉碎。为了加强粉碎作用可设置成,在碾磨容器51的内侧面52上同样可布置突起,例如凸轮、棒等,其一方面引起对碾磨材料/碾磨辅助体混合物的额外混合并且另一方面例如提高碾磨间隙MS中的碰撞过程的次数,因此提高了搅拌球磨机50的粉碎作用。

[0084] 此外设置成,产品出口72构造在所谓的容纳部件75之内,容纳部件延伸通过碾磨容器底部59中的中央开口。容纳部件75可同样具有冷却通道76,为了冷却产品P通过该冷却通道引导冷却剂K。容纳部件75尤其沿轴向在搅拌轴1的内部空腔中朝碾磨材料入口71的方向延伸并且在产品出口72的区域中局部地被防磨损保护套30包围。容纳部件75的端部区域处,容纳部件沿轴向与产品出口72相对布置,优选布置下面将详细描述的分筛装置40,分筛装置用于在取走产品P期间将碾磨辅助体拦截在搅拌球磨机的内腔中。

[0085] 在图11中示出的搅拌球磨机50的横截面尤其相比于图3示出的搅拌轴1的在中间

的第二子区段II的区域中的横截面。细节放大图尤其示出了冷却通道6\*的替代实施方式，冷却通道不具有圆形横截面，而是具有优化的增大的横截面。

[0086] 在上下文中应详细描述凸轮4的形状。如所述，搅拌轴1一件式制成，尤其在制造搅拌轴1时搅拌元件3直接一起形成并且无需后续固定。搅拌元件3尤其构造成从搅拌轴1的圆柱形构造的基体2伸出的凸轮4。凸轮4的构造在搅拌轴1的基体2上的连接面20构造得相对大，尤其相比于凸轮4的径向高度h相对大。凸轮4的形状可在轴向剖面中以及径向方向上具有任意的几何形状，例如梯形、具有经倒圆的角部、具有倒棱的棱边等。连接面20尤其相应于每个凸轮4的基面并且是指每个凸轮4与搅拌轴1的外侧面接触的面。

[0087] 因为在示出的实施例中冷却通道6、6\*与凸轮4相邻构造，经由凸轮4的大的连接面20可有利地将热量从碾磨材料/碾磨辅助体混合物引导到冷却通道6、6\*之内的冷却剂中，因为大的连接面20更有效地导走热量。此外，通过形状明显降低了凸轮4的尤其在陶瓷材料中出现的易于断裂或折断的敏感性。搅拌轴1的一件式实施方式促进了稳定性以及导热性，因为消除了潜在的断裂部位和导热屏障。

[0088] 对于凸轮4的良好稳定性且为了实现均匀良好的碾磨效果有利的是，每个凸轮4具有与搅拌轴1的基体2的连接面20以及端侧的涌流面21（也参见图1），其中，端侧的涌流面21在垂直于搅拌轴1的基体2的平面上的投影和连接面20的大小的比例小于1。

[0089] 例如有利的是，每个凸轮4与搅拌轴1的连接面20具有最大宽度且每个凸轮4垂直于搅拌轴1的高度和该最大宽度的比例大于0.2。此外每个凸轮4与搅拌轴1的连接面20具有最大长度，其中每个凸轮4的高度和最大长度的比例优选小于1。根据另一实施方式有利的是，每个凸轮4与搅拌轴1的连接面20具有最大长度和最大宽度，其中最大宽度和最大长度的比例小于1。

[0090] 就此也可参考图18A至图18E。图18A至图18E分别示出了搅拌轴1的其他实施方式。其分别示出了外侧面5的横截面，类似于图3在此取消了通孔、冷却通道等。尤其在不同的实施方式中搅拌元件3或凸轮4在外侧面5上的布置和构造分别不同。例如沿旋转方向D在前的一侧或涌流面21的斜度和沿旋转方向D在后的一侧的斜度构造得明显不同。

[0091] 对此，端侧的涌流面21关于垂直于碾磨容器59的内侧的平面和/或垂直于搅拌轴1的圆柱形外侧面的平面的倾斜角在平面的区域中可处于 $-45^{\circ}$ 至 $85^{\circ}$ 的范围中。 $0^{\circ}$ 的角在此相应于位于垂直于碾磨容器59的内侧的平面之内的涌流面21（参见图18C），而具有减号的角表示侧切的涌流面21，即，涌流面21如此倾斜，使得其似乎遮盖连接面20的一定区域（尤其参见图18D、图18E）。因此具有加号的倾斜角表示相反倾斜的端侧的涌流面21，即，涌流面21的位于基体2上的端部首先被流过（尤其参见图18A、图18B、图18E）。

[0092] 原则上有利的是，为了促进碾磨材料/碾磨辅助图混合物的期望的相互作用在搅拌轴1上设有多个凸轮4。对此搅拌轴1也可具有没有凸轮的区域，或可在一些区域中具有更多凸轮4并且在其他区域中具有更少凸轮4。此外，无需所有凸轮4都相同构造，而是可以不同的形状和大小布置在不同的区域中。

[0093] 如尤其根据图1所见，可为有利的是，多个凸轮4沿着搅拌轴1的基体2的圆周线依次一排地布置在搅拌轴1的基体2的周向方向上。例如对此在周向方向上依次连续的一排的凸轮4之间的间距可等于或大于凸轮4沿周向方向的最大长度。

[0094] 如果多个凸轮4沿着在轴向方向彼此间隔开的多个圆周线分别依次布置成排，此

时有利地在相应两个轴向相邻的凸轮排之间的轴向间距大于或等于凸轮4的最大宽度的1.1倍。在凸轮4在轴向方向上彼此间隔开地构造在搅拌轴1的基体2上时,此时凸轮4可沿轴向对齐或彼此错开地布置。

[0095] 根据示出了搅拌球磨机50沿着图11的剖切线C-C的剖视图的图12,尤其描述碾磨材料/碾磨辅助体混合物G在搅拌球磨机50内部的路径。碾磨材料M经由碾磨材料入口71填充到碾磨容器51的内腔中。碾磨容器已经部分地填充有碾磨辅助体,例如碾磨容器的内腔已经大约80%充满碾磨辅助体。由于搅拌轴1旋转,将碾磨材料M和碾磨辅助体(未示出)混合成碾磨材料/碾磨辅助体混合物G,碾磨材料/碾磨辅助体混合物沿着搅拌轴1在碾磨容器51的内侧面52和搅拌轴1的外侧面5之间在第一输送方向FR1上朝碾磨容器底部59的方向流动。在搅拌轴1的第三子区段III的打开的端部和碾磨容器底部59之间构造有间距,在该间距中碾磨材料/碾磨辅助体混合物G的流动换向,从而碾磨材料/碾磨辅助体混合物此时在与第一输送方向FR1相反的第二输送方向FR2上流过搅拌轴1的第三子区段III的空心的第二内腔区域13。

[0096] 在第二内腔区域13之内布置防磨损保护套30(也参见图10)。这种防磨损保护套30已经结合图7和图8进行了描述,其描述参考图7和图8。在第三内腔区域III的搅拌轴50的内侧面和防磨损保护套30的外侧面之间又构造有碾磨间隙,碾磨材料/碾磨辅助体混合物G在碾磨间隙中沿输送方向FR2朝中间的第三子区段II的第一空心的内腔区域12的方向引导。在防磨损保护套30的凸轮35和第三内腔区域III的搅拌轴50的内侧面之间,碾磨间隙特别小。凸轮35尤其用作刮擦器,以防止碾磨材料和/或碾磨辅助体附着在搅拌轴1的内侧面上。替代地,通过凸轮35确保,碾磨材料/碾磨辅助体混合物G保持流动并且沿输送方向FR2输入第三子区段中的通孔15,在此碾磨辅助体朝构造在搅拌轴1的外侧面和碾磨容器51的内侧面52之间的碾磨腔或碾磨间隙MS的方向回流。

[0097] 在第一空心的内腔区域12之内布置有筛分装置40、分类转子41或其他合适的装置,其拦截碾磨材料/碾磨辅助体混合物G的碾磨辅助体,而充分磨碎的碾磨材料作为成品P通过并且经由产品出口72可从搅拌球磨机50中取出。通过筛分装置40、分类转子41等拦截的碾磨辅助体以及必要时还未充分磨碎的碾磨材料M经由搅拌轴1的中间的第三子区段II中的通孔15返回碾磨容器51和搅拌轴1之间的碾磨间隙MS中并且重新沿输送方向FR1运动。

[0098] 图13示出了搅拌球磨机50沿着根据图12的剖切线D-D的剖视图,在其中可看出防磨损保护套30在搅拌轴1的第三子区段III的第二空心的内腔区域13之内的布置。

[0099] 图14示出了具有曲折的冷却通道6的搅拌球磨机50根据图9的剖切线E-E的剖视图。在此尤其可看见冷却通道6的第一平行区段61的走向和冷却通道6的第六平行区段66的走向。冷却剂K经由冷却剂入口56输入并且在第一流动方向SR1上流过冷却通道6的第一平行区段61。如结合图6所述,冷却剂6多次换向并且在冷却剂经由冷却出口57从搅拌轴1导出之前,最终在第二流动方向SR2上流过冷却通道6的第六平行区段66,第二流动方向反向于第一流动方向SR1。

[0100] 图15示出了根据本发明一件式构造的搅拌轴1的另一实施方式的透视图。在该实施方式中部分地取消了搅拌元件3、尤其凸轮4的示意图以及三个子区段I、II和III的更确切的特征构造。但是,结合图1所述的特征也适用于下面尤其对至少一个冷却通道6的构造详细阐述的实施方式。

[0101] 此处示出的冷却通道6是所谓的对流冷却。一方面冷却通道6在搅拌轴1的纵轴线L和外侧面5之间延伸的第一半径R1上具有两个平行区段81、82。尤其设置成,冷却剂被导入第一平行区段81中并且在第一流动方向上SR1从第一子区段I朝第三子区段III的方向流过第一平行区段,其中,第一流动方向SR1优选相应于根据图9至图14的用于碾磨材料/碾磨辅助体混合物的第一输送方向FR1。在对流冷却中尤其设置成,冷却剂K依次地流过两个平行区段81和82、83和84、85和86、87和88,平行区段分别位于搅拌轴1的共同半径R、R1、R2、R3、R4上。尤其在此首先相应较靠近纵轴线L延伸的平行区段81、83、85、87被冷却剂K流过。然后冷却剂K在第三分区段III的端部区域中在换向区域95中换向到分别布置在相同半径R1、R2或R3上的平行区段82、84、86或88中并且朝与第一流动方向SR1相反的第二流动方向SR2流过平行区段。在第一子区段I的自由端部区域中形成换向区域91,换向区域使冷却剂K从第一半径R2上的第二平行区段82换向到较靠近搅拌轴的纵轴线L构造的第二半径R2上的平行区段83中。此时,冷却剂又在第一流动方向SR1上流过第三平行区段83并且随后可经由第三子区段III中的另一换向区域95换向到构造在相同的第二半径R2上的与纵轴线L更远间隔开的第四平行区段84中等。最后冷却剂在第二流动方向SR2上流过构造在第四半径R4上的最后的平行区段88并且从搅拌轴1中导出。在此处描述的对流冷却中分别有冷却通道6的两个平行延伸的平行区段81和82、83和84等位于搅拌轴1的共同的半径R上,冷却剂K以相反的流动方向SR1、SR2流过平行区段。尤其冷却剂K分别靠近搅拌轴1的纵轴线L从碾磨材料入口侧被引导至产品出口侧。冷却剂K从产品出口侧至碾磨材料入口侧的回流在搅拌轴1之内在邻近搅拌轴1的外侧面的区域中进行。

[0102] 优选可设置成,冷却剂K不是依次流过平行区段81至88,而是新的冷却剂K流入较靠近纵轴线L地构造的平行区段81、83、85、87的每个中并且分别从较靠近搅拌轴1的外侧面构造的平行区段82、84、86、88流出。换向区域91在此优选构造成环形间隙92。由此实现了,最新的且因此最冷的冷却剂K首先被引入搅拌球磨机的碾磨材料最热的区域中。这尤其是在碾磨材料从碾磨材料入口侧流过搅拌球磨机之后靠近产品出口的区域。借助该对流冷却可进一步优化冷却过程。

[0103] 图16示出了具有搅拌轴1的另一实施方式的搅拌球磨机的纵向剖视图,搅拌轴具有构造成对流冷却的冷却通道6,以及图17示出了根据图16的具有搅拌轴的搅拌球磨机沿着剖切线A-A的横截面。在此设置成,冷却剂在第一流动方向SR1上经由搅拌轴1的驱动轴70之内的冷却剂输入管路93输入并且通过冷却通道6的第一平行区段81沿流动方向SR1流过冷却剂输入管路。第一流动方向SR1优选相应于根据图9至图14的用于碾磨材料/碾磨辅助体混合物的第一输送方向FR1。第一平行区段81也分别称为内部的流动通道94。

[0104] 在第三子区段III的端部区域中分别构造换向区域95,换向区域分别连接内部的流动通道94与冷却通道6的第二平行区段82。第二平行区段82也称为外部的流动通道96。尤其冷却剂K在换向区域95中换向并且此时在与第一流动方向SR1相反的第二流动方向SR2上流过外部的流动通道96并且然后经由驱动轴70之内的冷却剂排出管路97离开搅拌轴1。对此各有一个内部的流动通道94和外部的流动通道96布置在搅拌轴1的半径R上,其中,内部的流动通道94比外部的流动通道96布置得较靠近搅拌轴1的纵轴线L。

[0105] 在这种类型的对流冷却中各有冷却通道6的两个平行延伸的平行区段81和82位于搅拌轴1的共同半径R上并且通过冷却剂K在相反的流动方向SR1、SR2上流过平行区段。对此

特别有利的是,冷却剂K在其一次沿第一流动方向SR1且一次沿第二流动方向SR2流过搅拌轴1之后又分别排走。因此所有的平行区段82同等程度地被冷却,而在根据图15的实施例中最后的平行区段88中的冷却相对于在第二平行区段82中的冷却明显降低。因此根据图16的搅拌轴1的冷却相对于根据图15的搅拌轴1的第一实施方式的冷却被进一步优化。

[0106] 在图16中还示出了碾磨材料M的输送、在搅拌球磨机50内部的碾磨材料/碾磨辅助体混合物G的流动引导和产品P的取出,也参见图12的描述。

[0107] 此外可想到在搅拌轴1的用于冷却剂输入的第一子区域I中构造有环形间隙的实施方式。从该环形间隙开始,多个冷却通道在第一流动方向SR1上朝第三部分区域III的方向延伸。此时在此形成多个换向通道,换向通道此时在与第一流动方向SR1的对向流中以及在与碾磨材料/碾磨辅助体混合物G的输送方向FR的对向流中在第二流动方向SR2上返回,尤其朝收集排走“用过的”冷却介质的另一环形间隙返回。尤其实现了每个波纹区段分别被新的冷却剂冷却。

[0108] 实施方式、示例和前述段落的变型方案、权利要求或下面的描述和附图及其不同的视图或相应的个别特征可彼此独立地或任意结合地应用。与一种实施方式结合描述的特征可用于所有的实施方式,除非该特征不相容。

[0109] 在关于附图通常提及“示意性的”示意图和视图时,这并不是指,附图说明及其描述对本发明的公开内容不重要。技术人员可完全明白,从示意性和抽象示出的附图中可足够获取使其轻易理解本发明的信息,而没有以任意的方式例如由于绘出的并且可能未按精确规定尺寸比例的装置的零件和/或部件或绘出的其他元件而影响技术人员的理解。因此这些附图使得,技术人员作为读者可基于根据本发明的方法的具体提及的实现方案和根据本发明的装置的具体提及的功能推导出对于在权利要求以及说明书概括部分中一般性和/或抽象说明的发明思想。

[0110] 本发明在参考优选的实施方式的情况下进行描述。但是本领域技术人员可想到能够对本发明进行变换或变化,而对此不会离开下述权利要求的保护范围。

[0111] 附图标记列表

[0112] 1 搅拌轴

[0113] 2 圆柱形的基体

[0114] 3 搅拌元件

[0115] 4 凸轮

[0116] 5 外侧面

[0117] 6、6\* 冷却通道

[0118] 7 轴容纳部

[0119] 12 第一内腔区域

[0120] 13 第二内腔区域

[0121] 15 通孔

[0122] 20 连接面

[0123] 21 端侧的涌流面

[0124] 30 防磨损保护套

[0125] 32 圆柱形的基体

- [0126] 33 空心圆柱体
- [0127] 34 突出部
- [0128] 35 凸轮
- [0129] 36 法兰
- [0130] 40筛分装置
- [0131] 41 分类转子
- [0132] 50 搅拌球磨机
- [0133] 51 碾磨容器
- [0134] 52 内侧面
- [0135] 53 外圆柱体
- [0136] 54 内圆柱体
- [0137] 55 冷却空间
- [0138] 56 冷却剂入口
- [0139] 57 冷却剂出口
- [0140] 58 碾磨容器顶盖
- [0141] 59 碾磨容器底部
- [0142] 61 冷却通道的(第一)平行区段
- [0143] 62 冷却通道的(第二)平行区段
- [0144] 63 冷却通道的(第三)平行区段
- [0145] 64 冷却通道的(第四)平行区段
- [0146] 65 冷却通道的(第五)平行区段
- [0147] 66 冷却通道的(第六)平行区段
- [0148] 67 冷却通道的(第一)换向区域
- [0149] 68 冷却通道的(第二)换向区域
- [0150] 69 冷却通道的(第五)换向区域
- [0151] 70 驱动轴
- [0152] 71 碾磨材料入口
- [0153] 72 产品出口
- [0154] 75 容纳部件
- [0155] 76 冷却通道
- [0156] 81 (第一)平行区段
- [0157] 82 (第二)平行区段
- [0158] 83 (第三)平行区段
- [0159] 84 (第四)平行区段
- [0160] 85 (第五)平行区段
- [0161] 86 (第六)平行区段
- [0162] 87 (第七)平行区段
- [0163] 88 (第八/最后的)平行区段
- [0164] 91 换向区域

- [0165] 92 环形间隙
- [0166] 93 冷却剂输入管路
- [0167] 94 内部的流动通道
- [0168] 95 换向区域
- [0169] 96 外部的流动通道
- [0170] 97 冷却剂排出管路
- [0171] d30 防磨损保护套的外直径
- [0172] dIII 第三子区段的内直径
- [0173] D 旋转方向
- [0174] FR1 第一输送方向
- [0175] FR2 第二输送方向
- [0176] G 碾磨材料/碾磨辅助体混合物
- [0177] h 凸轮的高度
- [0178] I 位于末端的第一子区段
- [0179] II 中间的第二子区段
- [0180] III 位于末端的第三子区段
- [0181] K 冷却剂
- [0182] L 搅拌轴的纵轴线
- [0183] L50 搅拌球磨机的碾磨容器的轴线
- [0184] M 碾磨材料
- [0185] MS 碾磨间隙
- [0186] P 产品
- [0187] R 半径
- [0188] R1 第一半径
- [0189] R2 第二半径
- [0190] R3 第三半径
- [0191] SR1 第一流动方向
- [0192] SR2 第二流动方向。

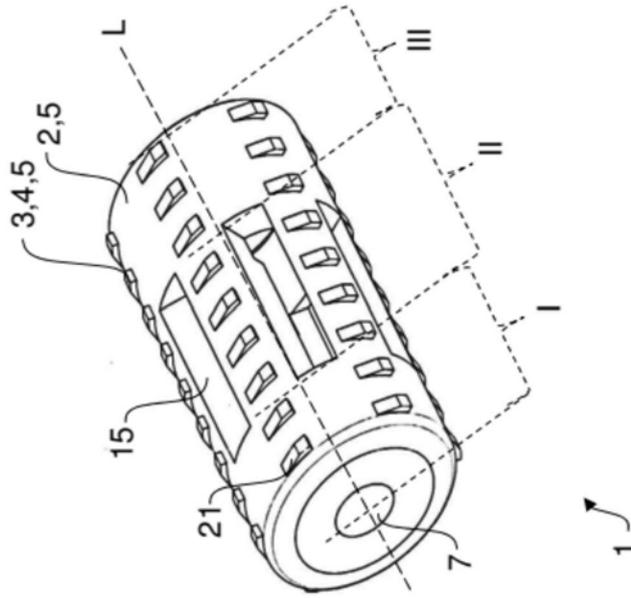


图1

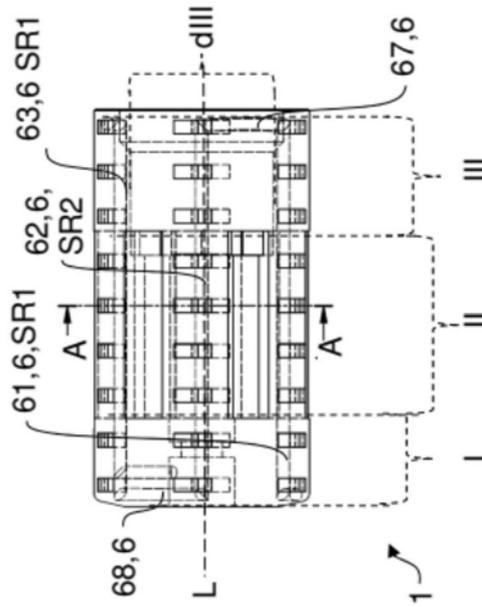


图2

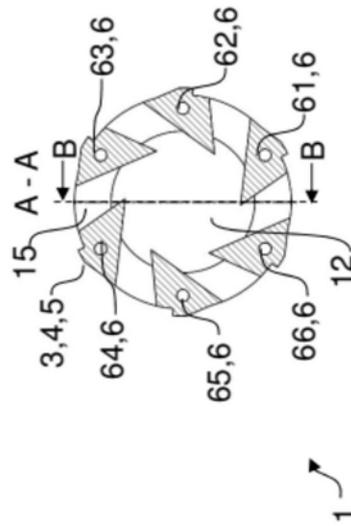


图3

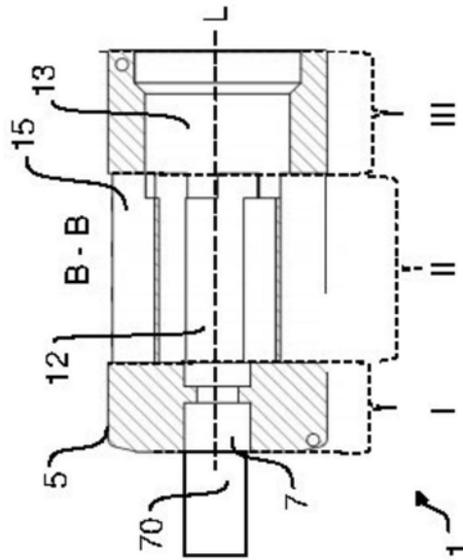


图4

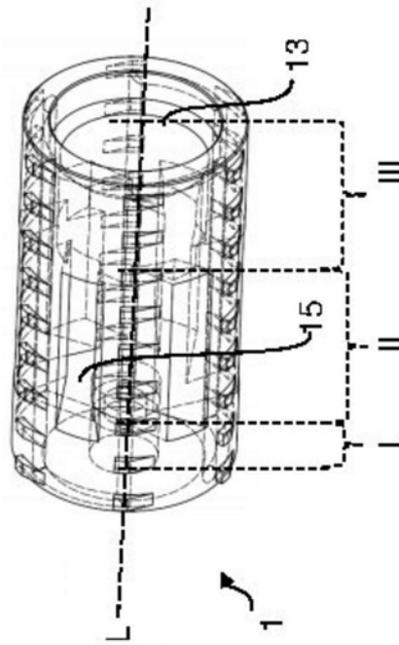


图5

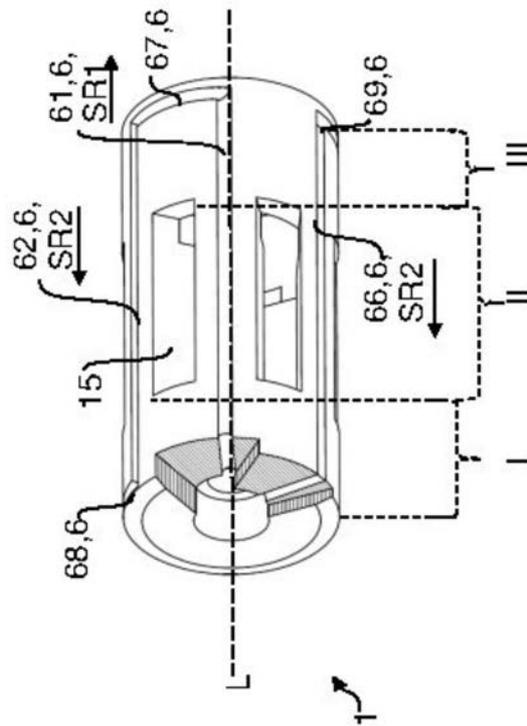


图6

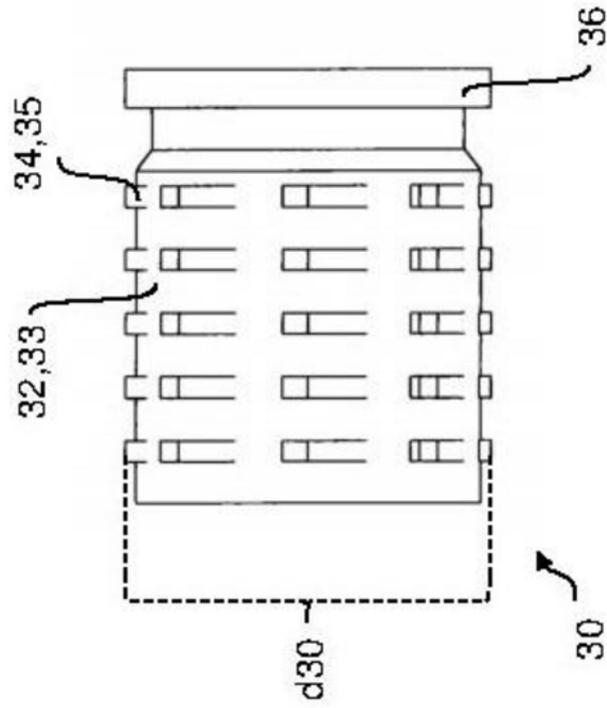


图7

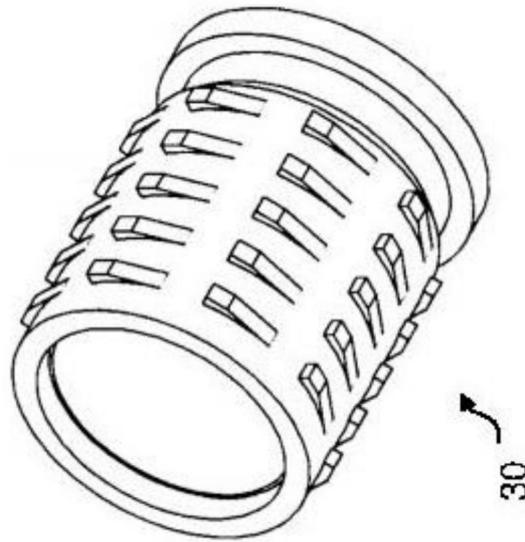


图8

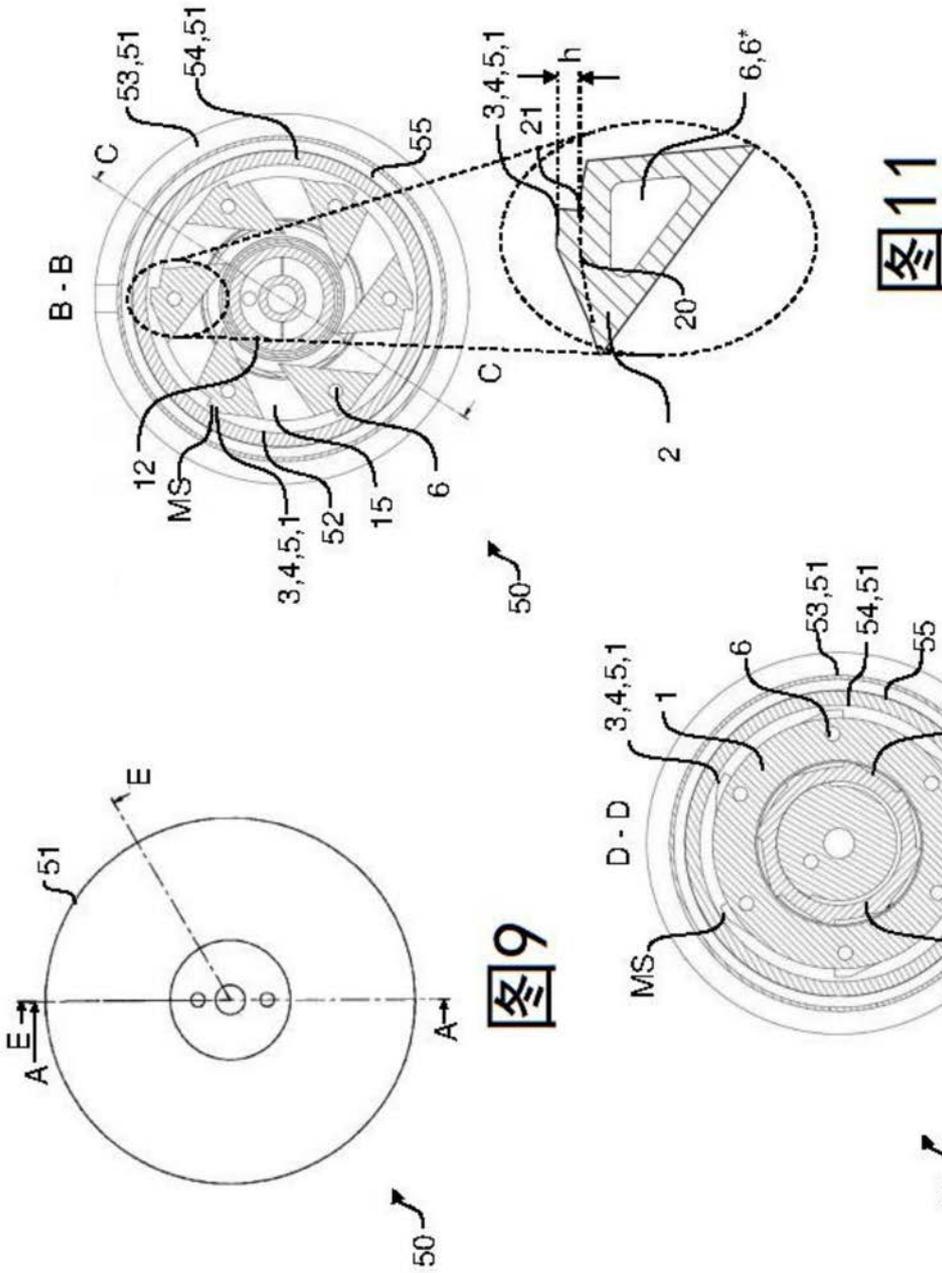


图9

图11

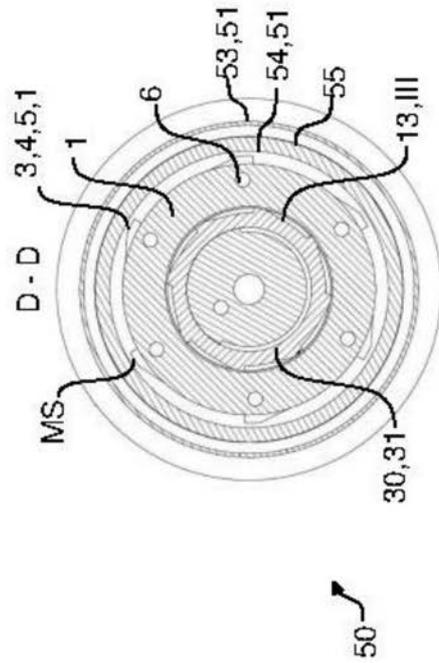


图13

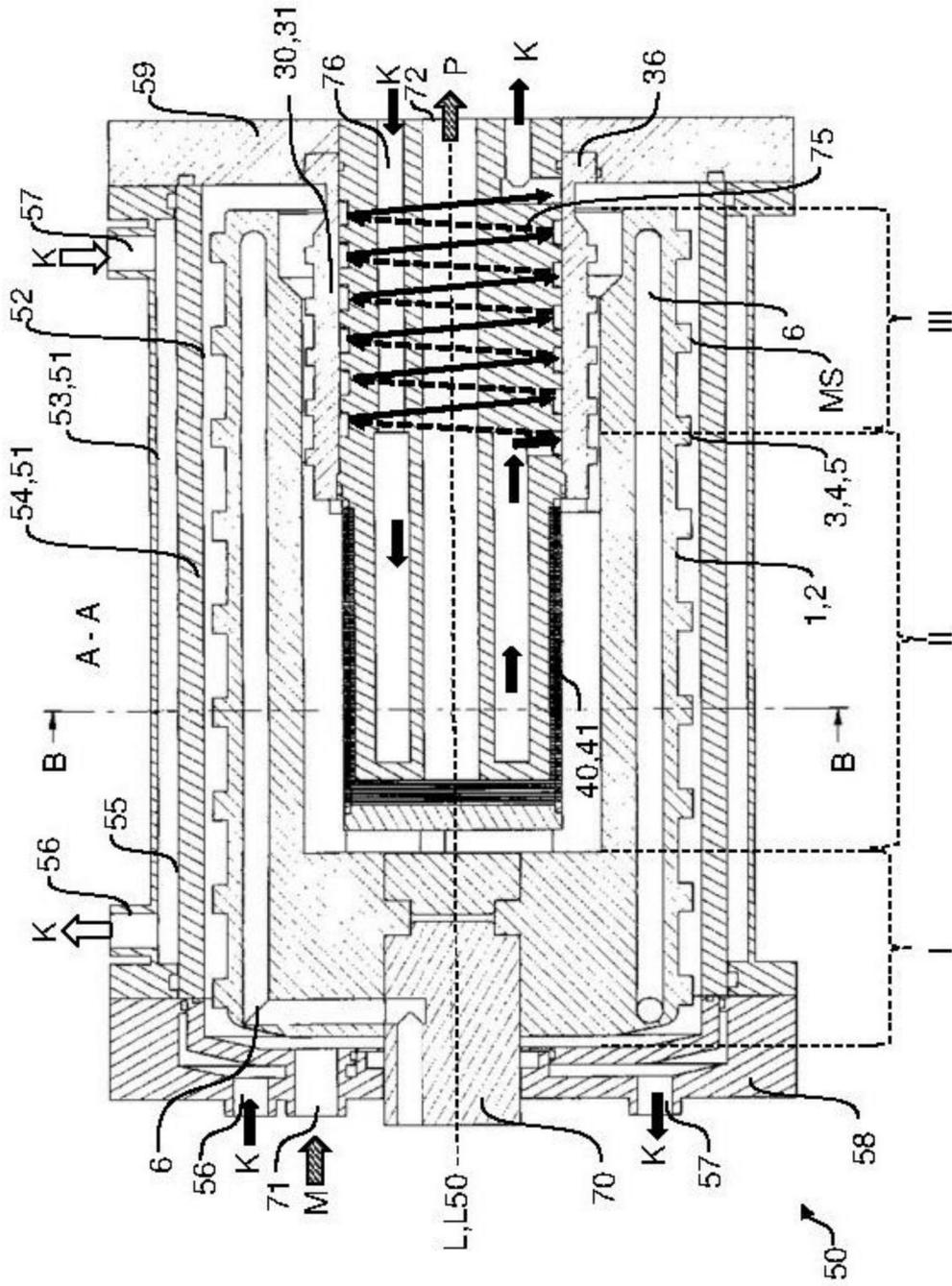


图10

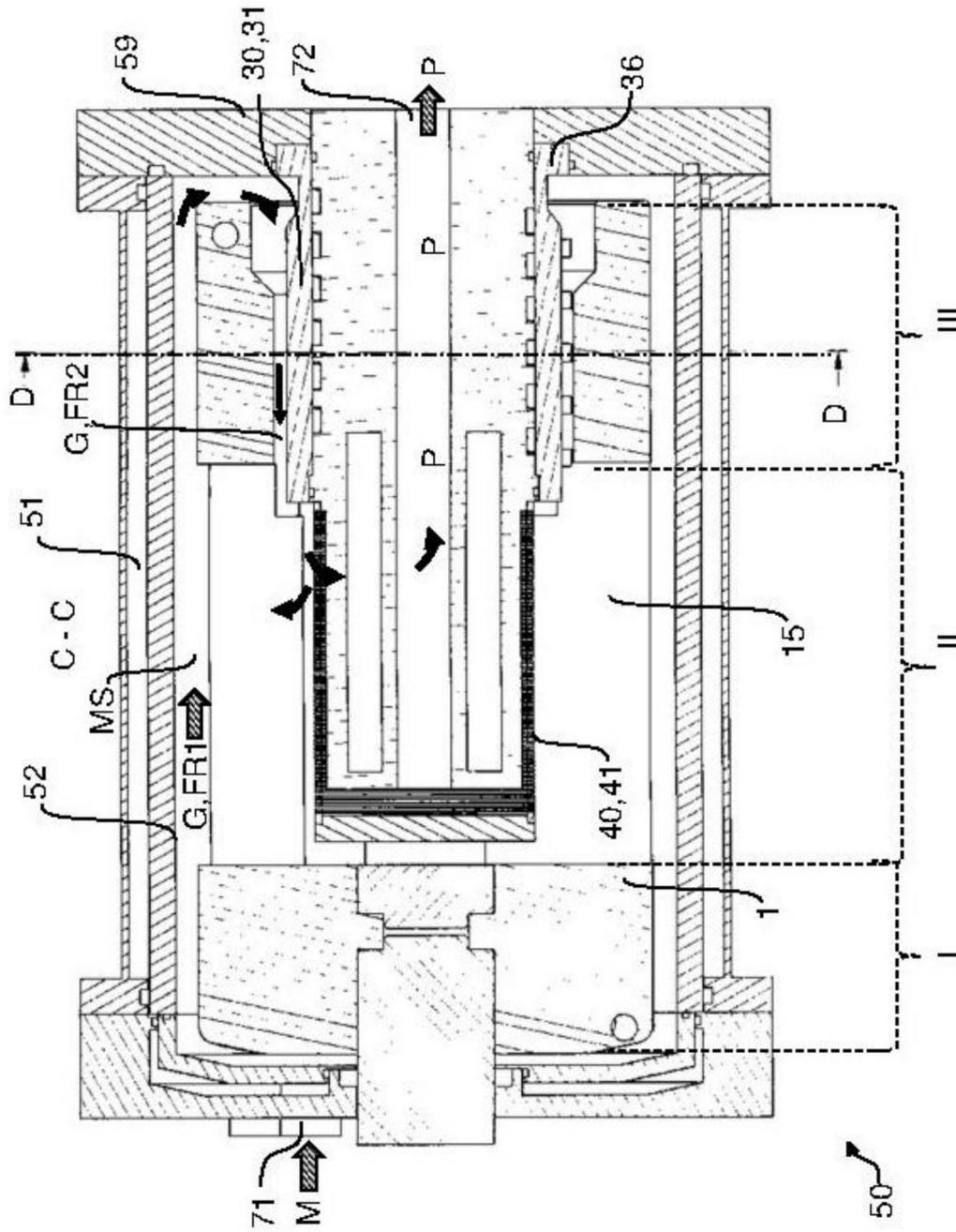


图12

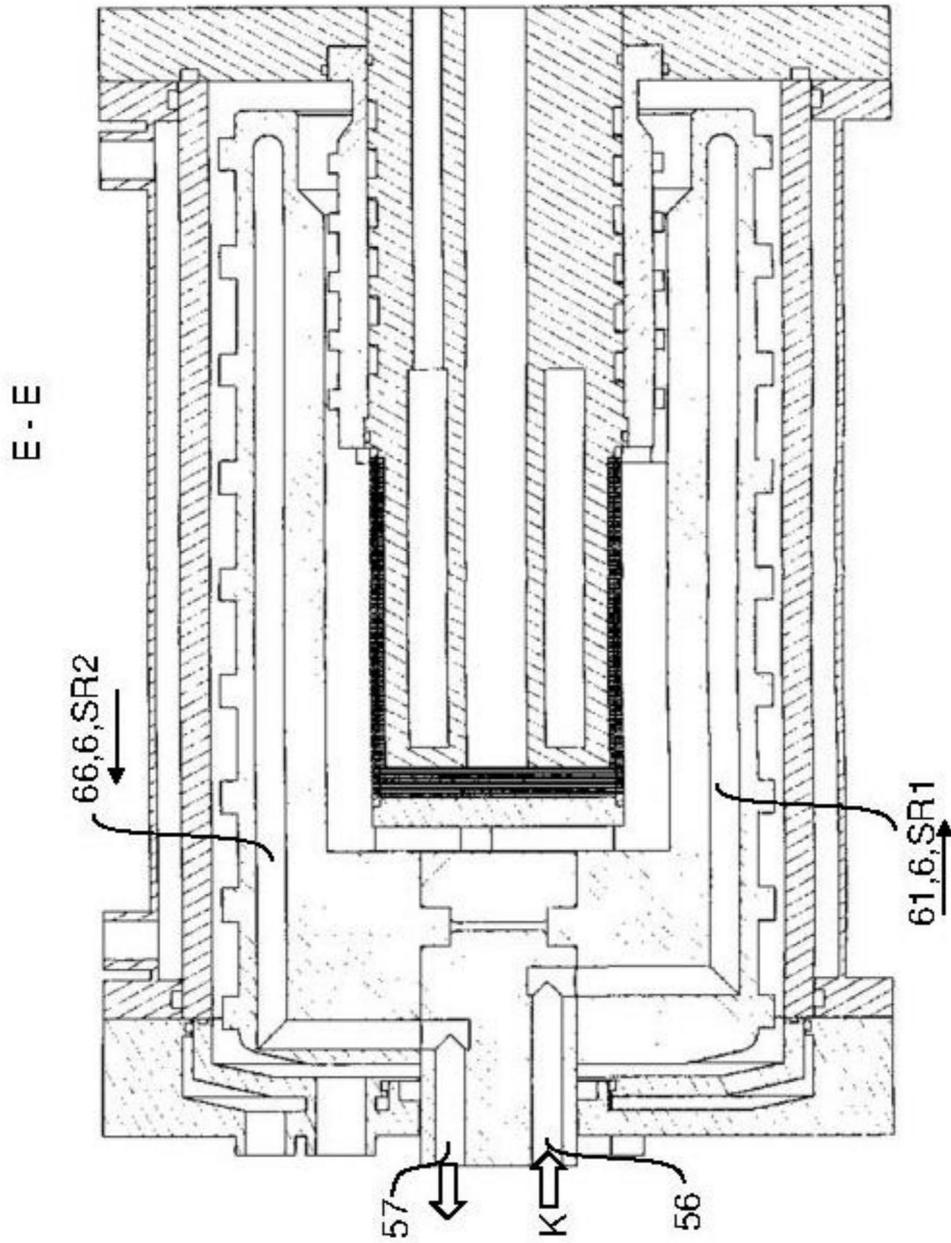


图14

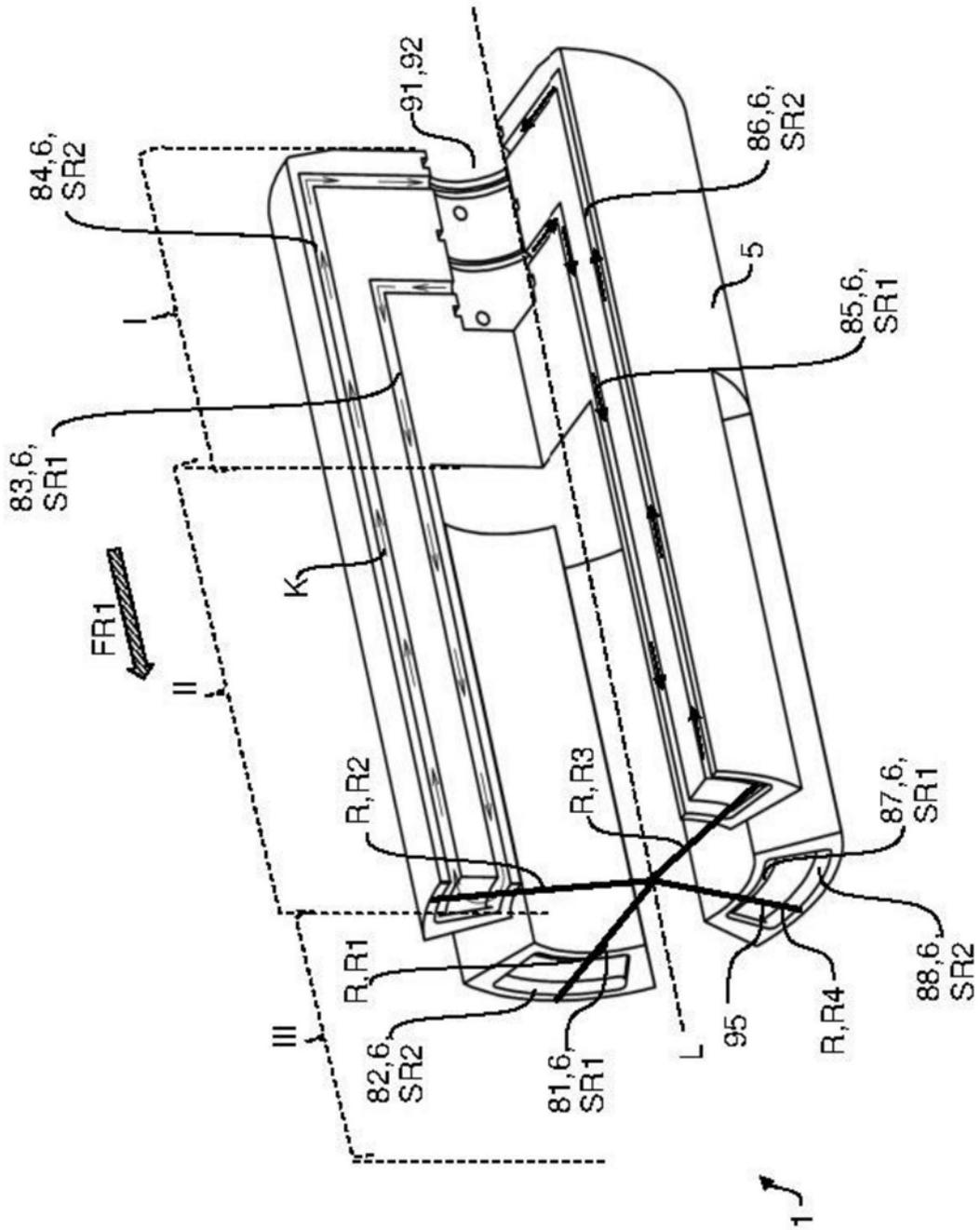


图15

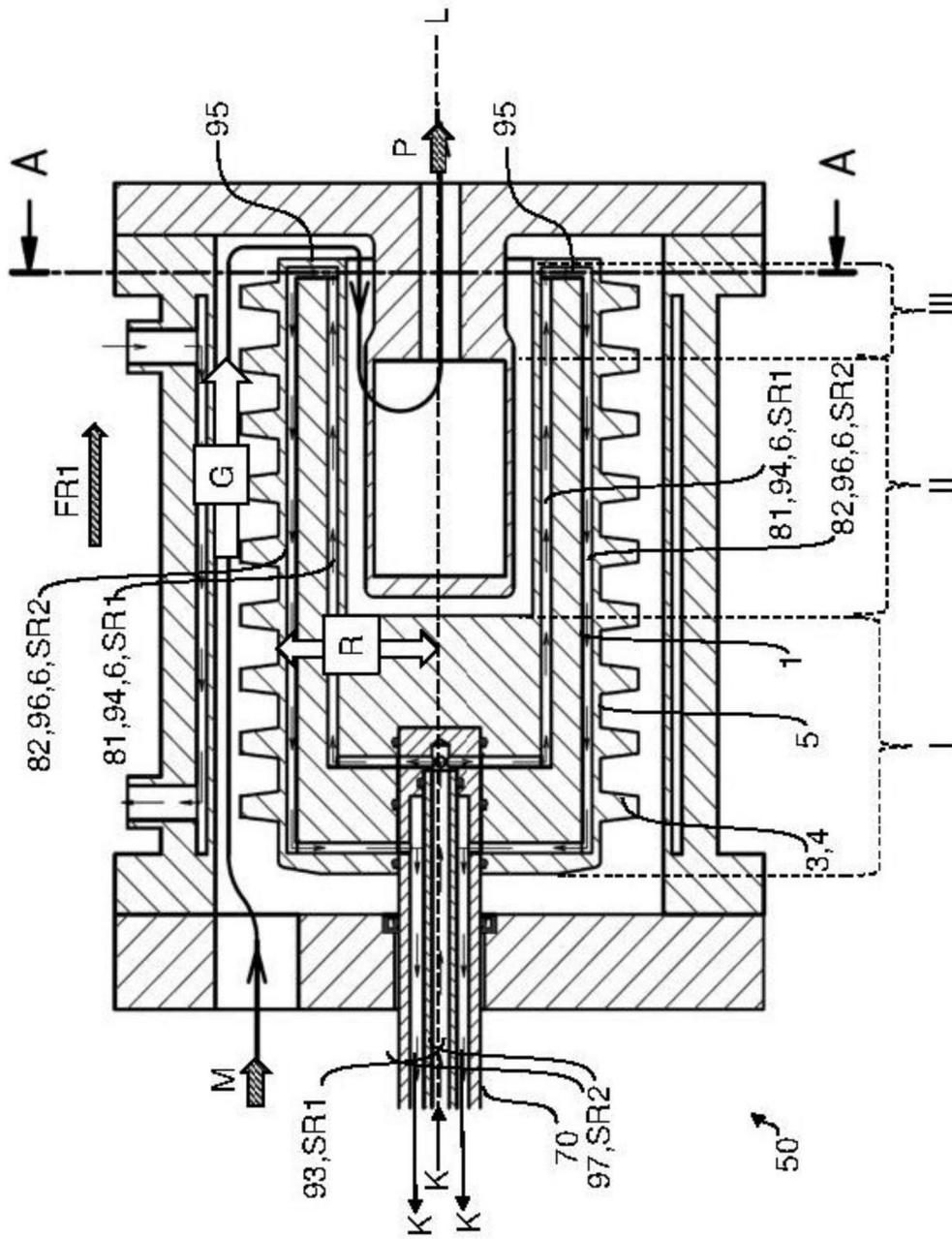


图16

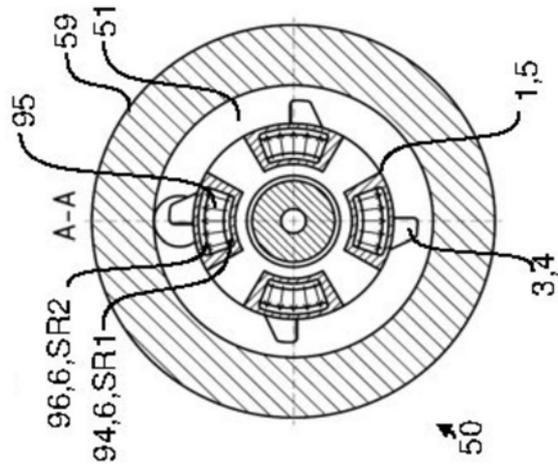


图17

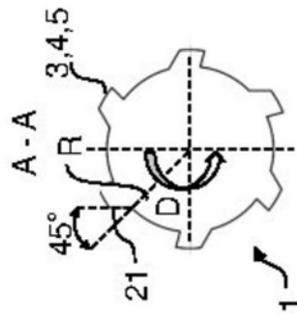


图18A

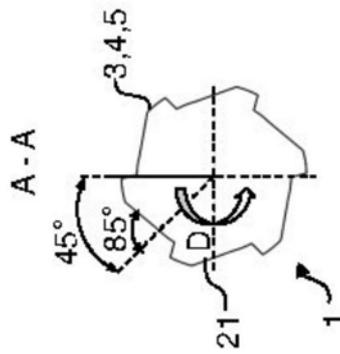


图18B

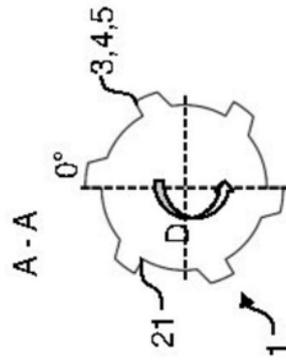


图18C

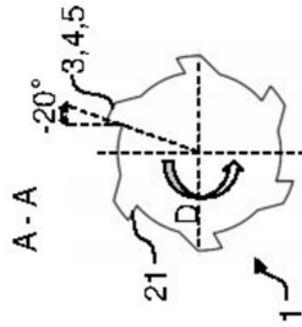


图18D

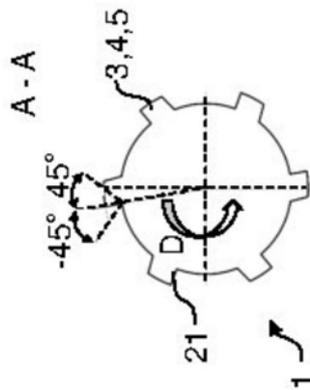


图18E