

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B24B 31/116 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01823810.6

[45] 授权公告日 2009年7月8日

[11] 授权公告号 CN 100509286C

[22] 申请日 2001.9.21 [21] 申请号 01823810.6

[86] 国际申请 PCT/US2001/042242 2001.9.21

[87] 国际公布 WO2003/035325 英 2003.5.1

[85] 进入国家阶段日期 2004.5.20

[73] 专利权人 挤压磨石有限公司
地址 美国宾夕法尼亚州

[72] 发明人 W·L·瓦尔齐

[56] 参考文献

CN87103214A 1988.11.16

JP631615A 1994.2.8

CN1069859C 2001.8.22

WO9705989A1 1997.2.20

JP3196964A 1991.8.28

审查员 谭颖

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
代理人 茅翊恣

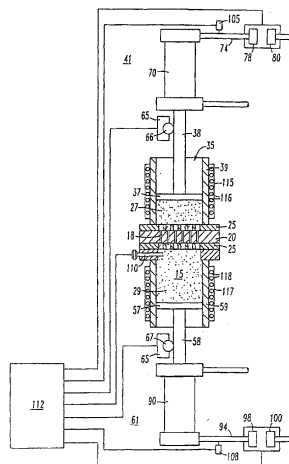
权利要求书5页 说明书10页 附图5页

[54] 发明名称

磨料流动加工设备和方法

[57] 摘要

一种用于将磨料介质(15)移动穿过一工件(20)的小孔(18)的磨料流动加工设备和方法,藉此该设备(10)能使介质(15)以一预定的压力和一恒定的流率穿过小孔(18)。在另一种形式中,设备(10)能通过利用作用在穿过小孔(18)的介质(15)上的可变压力来使介质(15)以一固定的流率穿过小孔(18)。



1. 一种用于将磨料介质移动穿过一工件的小孔的磨料流动机，它包括：
 - a) 一工件保持装置，该保持装置适于牢固地定位工件，并且保持装置的一侧形成一上游侧，而其另一侧形成一下游侧；
 - b) 设置在保持装置的上游侧并连接至上游侧的一第一正排量泵，用于在一预定压力下迫使介质到达保持装置的下游侧；
 - c) 设置在保持装置的下游侧上并连接至下游侧的一介质阻挡装置，用于阻挡至下游侧的介质流动；
 - d) 一介质流率测量装置，以确定穿过保持装置的介质流率；以及
 - e) 一控制器，用于控制介质阻挡装置，以在第一正排量泵保持预定的上游压力的同时，将从保持装置上游侧至下游侧的介质流动限制在一预定的流率。
2. 如权利要求 1 所述的流动机，其特征在于，第一正排量泵是一液压缸内的一活塞，该活塞可工作以将介质从液压缸推压向保持装置的下游侧，并且该活塞由一驱动装置来移动。
3. 如权利要求 2 所述的流动机，其特征在于，驱动装置是一液压致动器。
4. 如权利要求 2 所述的流动机，其特征在于，驱动装置是一线性电动机致动器。
5. 如权利要求 1 所述的流动机，其特征在于，介质阻挡装置是一泄压阀。
6. 如权利要求 5 所述的流动机，其特征在于，介质阻挡装置是一比例电气泄压阀。
7. 如权利要求 1 所述的流动机，其特征在于，介质阻挡装置是一第二正排量泵。
8. 如权利要求 7 所述的流动机，其特征在于，第二正排量泵是一液压缸内的一活塞，该活塞可工作以抵抗并从而控制至保持装置下游侧的介质流动。
9. 如权利要求 1 所述的流动机，其特征在于，第一正排量泵包括在一液压缸内的一活塞，该活塞具有一杆，一编码器测量该杆的线性运动，以确定介质流率。

10. 如权利要求 1 所述的流动机，其特征在于，介质阻挡装置是一第二正排量泵，该第二正排量泵包括在一液压缸内的一活塞，该活塞具有一杆，介质流率测量装置是测量该杆的线性运动以确定介质流率的一编码器。

11. 如权利要求 1 所述的流动机，其特征在于，还包括一用于介质的冷却装置。

12. 如权利要求 7 所述的流动机，其特征在于，第一正排量泵是一液压缸内的一活塞，第二正排量泵是一液压缸内的一活塞，并且还包含一用于介质的冷却装置，其中，该冷却装置包括围绕第一正排量泵液压缸和第二正排量泵液压缸中的至少一个的冷却套环。

13. 如权利要求 11 所述的流动机，其特征在于，冷却装置包括在第一正排量泵液压缸和第二正排量泵液压缸中的至少一个中的一串列热交换器，并且其中，热交换器位于保持装置附近。

14. 一种用于将磨料介质移动穿过一工件的小孔的磨料流动机，它包括：

a) 一工件保持装置，该保持装置适于牢固地定位工件，并且该保持装置的一侧形成一第一侧，而其另一侧形成一第二侧；

b) 设置在保持装置的第一侧并连接至第一侧的一第一正排量泵；

c) 设置在保持装置的第二侧并连接至第二侧的一第二正排量泵；

d) 在一第一模式中，第一正排量泵迫使介质从保持装置的第一侧流向第二侧，而第二正排量泵抵抗流动，从而控制至保持装置的第二侧的流动；

e) 在一第二模式中，第二正排量泵迫使介质从保持装置的第二侧流向第一侧，而第一正排量泵抵抗流动，从而控制至保持装置的第一侧的流动；

f) 一介质流率测量装置，以确定穿过保持装置的介质流率；

g) 一控制器，用于控制第一正排量泵和第二正排量泵，以在介质流来回穿过保持装置时，将介质流动限制在一预定的流率。

15. 如权利要求 14 所述的磨料流动机，其特征在于，第一和第二正排量泵各包括在液压缸内的活塞，所述活塞由驱动装置移动。

16. 如权利要求 15 所述的磨料流动机，其特征在于，至少一个驱动装置是液压致动器。

17. 如权利要求 15 所述的磨料流动机，其特征在于，至少一个驱动装置是

线性电动机致动器。

18. 如权利要求 14 所述的磨料流动机，其特征在于，第一正排量泵和第二正排量泵中的每一个具有与它们相应的活塞相关连的一杆，介质流率测量装置是测量至少一根杆的线性运动以确定介质流率的一编码器。

19. 如权利要求 14 所述的磨料流动机，其特征在于，还包括一用于介质的冷却装置。

20. 如权利要求 19 所述的磨料流动机，其特征在于，冷却装置包括围绕第一正排量泵液压缸和第二正排量泵液压缸中的至少一个的冷却套环。

21. 如权利要求 19 所述的磨料流动机，其特征在于，冷却装置包括在第一正排量泵液压缸和第二正排量泵液压缸中的至少一个中的一串列热交换器，并且其中，热交换器位于保持装置附近。

22. 一种使用穿过一工件的小孔的磨料介质来进行磨料流动加工的方法，其中小孔形成一上游侧和一下游侧，该方法包括以下步骤：

a) 以在上游侧上的一预定的恒定压力将介质穿过小孔从上游侧移动至下游侧；

b) 监视流率；和

c) 选择地节流介质至下游侧的流动，以在保持上游侧上的预定的恒定压力的同时，将流动限制为穿过小孔的预定流率。

23. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于，使用一第一正排量泵来迫使介质穿过小孔，所述第一正排量泵包括带有一活塞杆的一活塞，且所述活塞位于一液压缸内，并由连接至活塞的一驱动装置来移动，并且监视流率的步骤通过监视活塞杆的线性运动来实现。

24. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于，还包括限制介质流动的下游以控制介质流率的步骤。

25. 如权利要求 24 所述的方法，其特征在于，节流的步骤是利用一比例电气泄压阀来抵抗介质向下游的流动而实现的。

26. 如权利要求 24 所述的方法，其特征在于，节流的步骤是利用一第二正排量泵来抵抗介质向下游的流动而实现的。

27. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于，还包括冷却介质的步骤。

28. 一种使用穿过一工件的小孔的磨料介质来进行磨料流动加工的方法，其中小孔形成一第一侧和一第二侧，该方法包括以下步骤：

a) 以在第一侧上的一预定恒定压力使介质穿过小孔从第一侧移动至第二侧；

b) 监视介质穿过小孔的流动；

c) 选择地节流介质至第二侧的流动，以在保持第一侧上的预定恒定压力的同时，控制介质穿过小孔的流率；

d) 以在第二侧上的预定恒定压力使介质穿过小孔从第二侧移动至第一侧；以及

e) 选择地节流介质至第一侧的流动，以在保持第二侧上的预定恒定压力的同时，控制介质穿过小孔的流率。

29. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，使用一第一正排量泵来迫使介质沿着一个方向穿过小孔，所述第一正排量泵包括在一液压缸内的一活塞，其中活塞具有一活塞杆，并且监视流率的步骤通过监视活塞杆的线性运动来实现。

30. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，节流的步骤是利用一比例电气泄压阀来抵抗介质从第一侧至第二侧的流动而实现的。

31. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，节流的步骤是利用一第二正排量泵来抵抗介质从第一侧向第二侧的流动而实现的。

32. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，还包括冷却介质的步骤。

33. 一种使用穿过一工件的小孔的磨料介质来进行磨料流动加工的方法，其中小孔形成一上游侧和一下游侧，该方法包括以下步骤：

a) 以在上游侧的一压力将介质穿过小孔从上游侧移动至下游侧；

b) 监视介质穿过小孔的流率；和

c) 调节在上游侧的该压力，以提供介质穿过小孔的一恒定的流率。

34. 如权利要求 33 所述的方法，其特征在于，还包括监视流率的步骤。

35. 如权利要求 34 所述的方法，其特征在于，使用一第一正排量泵来迫使介质穿过小孔，所述第一正排量泵包括带有一活塞杆的一活塞，且所述活塞位于一液压缸内，并由连接至活塞的一驱动装置来移动，并且监视流率的步骤通

过监视活塞杆的线性运动来实现。

36. 如权利要求 33 所述的方法，其特征在于，还包括冷却介质的步骤。

37. 一种使用穿过一工件的小孔的磨料介质来进行磨料流动加工的方法，其中小孔形成一第一侧和一第二侧，该方法包括以下步骤：

a) 通过在第一侧施加压力并在第二侧释放压力来将介质穿过小孔从第一侧移动至第二侧；

b) 监视介质穿过小孔的流率；

c) 调节在第一侧的压力，以使从第一侧穿过小孔的介质具有一恒定的流率；

d) 通过在第二侧施加压力并在第一侧释放压力来将介质穿过小孔从第二侧移动至第一侧；以及

e) 调节在第二侧的压力，以使从第二侧穿过小孔的介质具有一恒定的流率。

38. 如权利要求 37 所述的方法，其特征在于，使用一第一正排量泵来迫使介质沿着一个方向穿过小孔，所述第一正排量泵包括在一液压缸内的一活塞，其中活塞具有一活塞杆，并且监视流率的步骤通过监视活塞杆的线性运动来实现。

39. 如权利要求 37 所述的方法，其特征在于，还包括选择地节流介质至第二侧的流动以控制介质流率的步骤。

40. 如权利要求 37 所述的方法，其特征在于，还包括冷却介质的步骤。

磨料流动加工设备和方法

技术领域

本发明涉及磨料流动加工，更具体地说，涉及能够通过小心地控制介质流率来加工一零件内的小孔的磨料流动加工设备。本发明还涉及一种用于这种加工的方法。

背景技术

磨料流动加工是通过使其中含有磨料颗粒的一粘性介质在压力下通过一工件之上或穿过延伸穿过工件的一小孔来抛光或研磨工件的工艺。

传统的磨料流动加工工艺设计成保持一恒定的介质挤压压力，这经常会使介质温度、流率以及粘度发生明显的变化，这样的变化会不利地影响系统精确预测磨料流动机（AFM）加工时间的能力，因而也不利地影响总的加工结果。

举例来说，介质的温度随着穿过小孔的流率的增加而上升。当小孔受到一恒定压力下的介质的作用时，随着小孔的壁变得越来越光滑和小孔直径的增大，介质穿过小孔的流率增大。结果，不仅介质温度上升，而且这样的温度上升对于以较高流率穿过小孔的介质是局部的。这不仅产生过高的温度还在整个介质中产生一不均匀的温度分布。高温和整个介质中的温度变化使介质不能以恒常和有效的方式进行工作。因此，想要有一种设备和方法，它能有效地利用介质，且同时能将介质的温度保持在相对较窄的温度范围之内。

转让给本发明的受让人的美国专利第 3,634,973 号揭示了一种利用磨料介质的往复加工结构，但它的工作方式不能对穿过小孔的介质流率进行直接的控制。尽管该设备能有效地进行磨料流动加工，但如果对流率加以控制，这样的加工将会质量更高，且介质将会使用寿命更长久。

发明内容

本发明的一第一实施例涉及一种用于将磨料介质移动穿过一工件的小孔的磨料流动机，它包括一工件保持装置，该保持装置适于牢固地定位工件，并且保持装置的一侧形成一上游侧，而其另一侧形成一下游侧。一第一正排量泵设置在保持装置的上游侧，并连接至上游侧，以用于在一预定压力下迫使介质到达保持装置的下游侧。一介质阻挡装置设置在保持装置的下游侧上，并连接至下游侧，以用于阻挡至下游侧的介质流动，从而控制从上游侧至下游侧的介质流率。

在本发明的一第二实施例中，一种用于将磨料介质移动穿过一工件的小孔的磨料流动机，它包括一工件保持装置，该保持装置适于牢固地定位工件，并且该保持装置的一侧形成一第一侧，而其另一侧形成一第二侧。一第一正排量泵设置在保持装置的第一侧，并连接至第一侧；以及，一第二正排量泵设置在保持装置的第二侧，并连接至第二侧。在一第一模式中，第一正排量泵迫使介质从保持装置的第一侧流向第二侧，而第二正排量泵抵抗流动，从而控制至保持装置的第二侧的流动。在一第二模式中，第二正排量泵迫使介质从保持装置的第二侧流向第一侧，而第一正排量泵抵抗流动，从而控制至保持装置的第一侧的流动。

本发明的一第三实施例涉及一种使用穿过一工件的小孔的磨料介质来进行磨料流动加工的方法，其中小孔形成一上游侧和一下游侧。该方法包括以下步骤：以在第一侧上的一预定的恒定压力将介质穿过小孔从上游侧移动至下游侧，并有选择地节流介质至下游侧的流动，以在保持在一第二侧上的预定的恒定压力的同时，控制介质穿过小孔的流率。

本发明的一第四实施例涉及一种使用穿过一工件的小孔的磨料介质来进行磨料流动加工的方法，其中小孔形成一第一侧和一第二侧。该方法包括以下步骤：以一预定的恒定压力将介质穿过小孔从第一侧移动至第二侧，并有选择地节流介质至第二侧的流动，以在保持预定的恒定压力的同时，控制介质穿过小孔的流率；以预定的恒定压力将介质穿过小孔从第二侧移动至第一侧，并有选择地节流介质至第一侧的流动，以在保持预定的恒定压力的同时，控制介质穿过小孔的流率。

本发明的一第五实施例涉及一种使用穿过一工件的小孔的磨料介质来进行

磨料流动加工的方法，其中小孔形成一上游侧和一下游侧。该方法包括以下步骤：以一压力将介质穿过小孔从上游侧移动至下游侧，调节该压力，以提供介质穿过小孔的一恒定的流率。

本发明的一第六实施例涉及一种使用穿过一工件的小孔的磨料介质来进行磨料流动加工的方法，其中小孔形成一第一侧和一第二侧。该方法包括以下步骤：通过在第一侧施加压力并在第二侧释放压力来将介质穿过小孔从第一侧移动至第二侧，调节在第一侧的压力，以使从第一侧穿过小孔的介质具有一恒定的流率；通过在第二侧施加压力并在第一侧释放压力来将介质穿过小孔从第二侧移动至第一侧，并调节在第二侧的压力，以使从第二侧穿过小孔的介质具有一恒定的流率。

附图说明

图 1 是示出两个相对设置的正排量泵推动研磨介质穿过一工件的小孔的简略图；

图 2 是单个正排量泵将介质排放穿过一工件的小孔并随后抵抗介质流的简略图；

图 3 示出用于将介质来回移动穿过一小孔的相对设置的正排量泵，泵的驱动装置可是线性致动器；

图 4 是两个相对设置的正排量泵和操纵它们的控制系统的简略图；

图 5 是示出两个相对设置的正排量泵一操纵系统以及相关硬件设备的略图；

图 6 是将介质供应穿过一小孔以藉此将介质释放到一开放环境中的单个正排量泵的简略图；以及

图 7 是可用来控制介质温度的串列热交换器的立体图。

具体实施方式

在本发明的一个实施例中，研磨介质受到一恒定的压力，并被迫使穿过一工件的小孔。本实施例中所讨论的流率将等于或小于敞开于大气的小孔下游侧的最大流率能力。具体地说，通过限制介质在小孔下游侧的流动来获得一小于该最大值的流率。

请参见图 1，图中示出了用于将研磨介质 15 移动穿过一工件 20 的小孔 18 的一磨料流动机 10。为了本文进行讨论的目的，所述的介质将具有在 1 至 50 百万厘泊的范围内的粘度。具有相对较高粘度的介质的一个例子是诸如半固态聚合物之类的粘弹性介质。具有较低粘度的介质的一个例子是液态的磨料浆，它包括悬浮在诸如糖磨液的切削液之类的流体介质中的磨料。该流体中可以具有一流变性的添加剂，并具有结合于其中的细微磨料颗粒。流变性的添加剂产生一摇溶的浆液。磨料流动机 10 它自身作为一个整体，并不包括其中具有小孔 18 的工件 20，但将包括一工件保持装置 25，该工件保持装置适于牢固地定位工件 20，保持装置 25 的一侧 27 形成一上游侧或第一侧，而保持装置 25 的另一侧 29 则形成一下游侧或第二侧。

一第一正排量泵 35 在上游侧 27 上，并连接至保持装置 25 的下游侧 29，以迫使介质 15 在一预定的压力下穿过工件 20 的小孔 18 到达保持装置 25 的下游侧 29。

位于保持装置 25 下游侧 29 上的一介质阻挡装置 45 阻止介质穿过小孔 18 不受阻碍地流动，以阻挡介质 15 流动到下游侧 29，从而控制从保持装置 25 的上游侧 27 至下游侧 29 的介质流率。

如图 1 所示，第一正排量泵 35 包括在液压缸 39 内的一活塞 37，且活塞 37 可工作以将介质 15 从液压缸 39 推压向保持装置 25 的下游侧 29。由驱动装置 41 来移动活塞 37。如以下将说明的那样，用于活塞 37 的驱动装置 41 可以是一液压致动器（图 4），或者，如图 3 中所示那样，驱动装置 41 也可以是一线性电动机致动器 42，它例如利用一蜗轮，所述蜗轮啮合从活塞 37 延伸的一杆 38 上的一配对齿轮 44。应予以理解的是，尽管已经提到了两种类型的驱动装置，但还可以将那些熟悉本技术领域的人们所知道的任意数量的驱动装置利用于根据本发明的正排量泵。

再回到图 1，控制介质 15 的压力和介质 15 的流率两者的一种方法包括通过限制被允许行进至保持装置 25 的下游侧 29 的介质量来减少穿过小孔 18 的流率。具体地说，可以利用一第二正排量泵来作为介质阻挡装置 45 以实现该目的。第二正排量泵 55 有一在液压缸 59 内的活塞 57。活塞 57 可工作，以抵

抗并从而控制至保持装置 25 的下游侧 29 的介质。

其它机构也可以起到介质阻挡装置 45 的作用。请参见图 2，图中示出了一与图 1 中的结构相似的结构，不过，介质阻挡装置 45 现在呈一泄压阀 60 的形式。介质 15 直接流过泄压阀 60，并根据所想要的介质流率来控制泄压阀 60 的释放压力。

在一个较佳的实施例中，泄压阀 60 是一比例电气泄压阀（PER）。一控制装置监视流率，并在真实的流率大于一目标流率时，减小至比例电气泄压阀 60 的电压输出。这致使泄压阀 60 允许较少的介质 15 穿过。在另一种情况下，当真实的流率小于目标流率时，可以增加至阀 60 的电压输出，这使更多的介质 15 穿过。这里所述的其它的泄压阀可以相似的方式工作。

为了精确地确定介质流率，采用一介质流率测量装置 65。在图 1 中示出了一个这样的装置。当第一正排量泵 35 包括在液压缸 39 内的一活塞 37 时，活塞 37 可以具有一杆 38。一编码器 66 可用作流率测量装置 65，以测量杆 38 的线性运动从而确定流速。已知液压缸 39 内的容积以及编码器 66 所提供的活塞 37 的行进速率，就可以用介质 15 穿过小孔 18 的体积流率来确定介质流率，接着，控制器又可以调节介质阻挡装置 45，以增加或减小介质 15 穿过小孔 18 的流率。

当介质阻挡装置 45 包括第二正排量泵 55 时，且该泵如前所述地具有在液压缸 59 内的一活塞 57，活塞 57 具有一杆 58，在这样的情况下，介质流动测量装置 65 可以是一编码器 67，它测量杆 58 的线性运动，以确定介质流率。因此，应该明白的是，介质流率的测量可以在保持装置 25 的上游侧 27 或者下游侧 29 处进行。

编码器 66、67 各可以是一线性编码器或一旋转编码器，这两种编码器都是熟悉测量设备领域的人们所熟知的。

目前，讨论局限于沿着从保持装置 25 的上游侧 27 至保持装置 26 的下游侧 29 的单个方向上的介质 15 的流动。在图 2 中所示的磨料流动机 10 的实施例中，这是介质 15 可以流动穿过工件 20 的小孔 18 的唯一方式。不过，如图 1 所示，当介质阻挡装置 45 是一第二正排量泵 55 时，第一排量泵 35 与第二排量泵 55 的角色是可以交换的，这样，在一第一模式中，第一排量泵 35 可以

迫使介质 15 穿过小孔 18，而第二正排量泵 55 用作介质阻挡装置 45，以控制介质 15 的流率。在第一第二模式中，第二正排量泵 55 可以用来迫使介质 15 流向第一正排量泵 35，而第一正排量泵 35 则用作一介质阻挡装置，以控制沿着该相反方向的流动。从本说明可明白的是，利用这些交换的模式，介质 15 可以往复的方式穿过小孔 18 来回运动。

请再次参见图 1，各第一正排量泵 35 和第二正排量泵 55 包括液压缸 39、59 内的活塞 37、57，且活塞 37、57 由驱动装置 41、61 来移动。正如前文所述，各驱动装置 41、61 可以是一液压致动器（下文将述），或者作为可选择的另一种方式，它们可以是如图 3 中所示的一线性电动机致动器。

当磨料流动机 10 工作、且使介质 15 仅穿过工件 20 的小孔 18 沿着单个方向运动时，介质 15 以一预定的恒定压力穿过小孔 18 从上游侧 27 移动至下游侧 29。然后，有选择地节流介质 15 至下游侧 29 的流动，以控制介质 15 穿过小孔 18 的流率，并同时保持预定的恒定压力。

在另一个实施例中，当以往复的方式使用磨料流动机 10 时，介质 15 以预定的恒定压力穿过小孔 18 从上游侧 27（现在称为第一侧 27）运动至下游侧 29（现在称为第二侧 29）。有选择地节流介质 15 至第二侧 29 的流动，以在保持预定的恒定压力的同时控制介质 15 穿过小孔 18 的流率。之后，介质 15 以预定的恒定压力穿过小孔 18 从第二侧 29 运动至第一侧 27。不过，现在有选择地节流介质 15 至第一侧 27 的流动，以在保持预定的恒定压力的同时控制介质 15 穿过小孔 18 的流率。正如前文所述，有选择地节流的介质量是由穿过小孔 18 的介质流率来决定的，并且这是通过采用一个或两个线性编码器 66、67 监视流率来确定的。

图 4 示出了一个更为全面的磨料流动机 10 示意图，其中各正排量泵 35、55 具有驱动装置 41、61，且各驱动装置 41、61 可为液压致动器。

具体地说，图 4 包括前面所讨论的许多零件，并且用于这些零件的标号将保持不变。不过，现将结合磨料流动机 10 的工作来讨论与驱动装置 41 和驱动装置 61 相关的附加细节。

在单行程模式中，藉此第一正排量泵 35 将介质 15 移动穿过工具 20 的小孔到达介质为第二正排量泵 55 阻挡装置 45，驱动装置 41 用来迫使介质 15 穿过

小孔 18，而驱动装置 61 则用作一介质阻挡装置 45，以抵抗和控制这样的流动。请注意与驱动装置 41 相关的液压致动器 70，一液压泵 72 将介质移动穿过一供应管线 74，且液压流体 76 在该部位遇到一提升阀 78，该提升阀可以是一电磁提升阀（SOP），且为了我们讨论的目的，该提升阀是一允许完全流通和不流通的阀。液压流体 76 也遇到一比例电气泄压阀 80，该电气泄压阀如前所述能调节它对穿过其的流的阻力。当使用液压致动器 70 作为驱动装置 41 时，提升阀 78 处于完全打开位置，而泄压阀 80 则完全关闭。因此，可用泵 72 所能提供的任何压力下的液压流体 76 来加压液压缸 82。这可以是在第一正排量泵 35 的整个行程中保持恒定的一预定压力。加压液压流体 76 作用在液压缸 82 中的一活塞 84 上，以使活塞 37 通过公共的活塞杆 38 抵抗介质 15 前进，从而迫使介质 15 穿过工件 20 的小孔 18。

当第一正排量泵 35 与液压致动器 70 一起用作一驱动装置 41 时，第二正排量泵 55 与液压致动器 90 一起用作一介质阻挡装置 45。具体地说，液压致动器 90 具有与液压致动器 70 类似的零件，包括一液压泵 92、供给管线 94 以及液压流体 96，其中液压流体被引向一提升阀 98 和一泄压阀 100。液压流体 90 还包括一液压缸 102，液压缸中具有一活塞 104，该活塞连接至正排量泵 55 的活塞杆 58。当驱动装置 41 推压介质 15 穿过小孔 19 时，介质 15 也推压在活塞 57 上，从而将力传递到活塞 104 上，该活塞 104 在液压致动器 90 中作用在液压流体 96 上。当第二正排量泵 55 用作介质阻挡装置 45 时，提升阀 98 完全关闭，以使液压流体 96 必须通过泄压阀 100。

应予注意的是，在图 4 中可以使用采用定向阀的单个泵和一液压流体贮槽来替代两个泵 72、92。

介质穿过小孔 18 的流率由编码器 66、67 来确定，并传送至一控制器。利用介质流率，并将其与一目标介质流率进行比较，来调节比例电气泄压阀 100 中的电压，以使液压流体 96 控制活塞 104 的缩回、从而控制介质流率地通过泄压阀 100。这样，当第一正排量泵 35 用作驱动装置 41 时，与液压致动器 70 相关连的提升阀 78 完全打开，从而旁通泄压阀 80。对于第二正排量泵 55 的液压致动器 90，提升阀 78 完全关闭，从而迫使液压流体 96 穿过泄压阀 100，泄压阀 100 节流液压流体的流动，以控制介质流率。

在第二模式中，相同的结构形式仍存在，但为一相反的布局。具体地说，当第二正排量泵 55 用作驱动装置 61 时，第一正排量泵 35 用作介质阻挡装置 45。具体地说，在该结构中，提升阀 98 完全打开，以使泵 92 在液压流体 96 上所产生的全压力被传递至活塞 104，活塞 104 又通过活塞杆 58 作用在活塞 57 上，迫使介质 15 朝向第一正排量泵 35 穿过小孔 18。用作介质阻挡装置 45，液压致动器 70 构成提升阀 78 是完全关闭的，从而迫使液压流体 76 穿过泄压阀 80。可由控制器基于由编码器 66、67 之一所确定的介质流率来电子地控制泄压阀 80 的释放压力。以这种方式，磨料流动机的工作可以在第一和第二模式之间交替，以使介质 15 穿过工件 20 的小孔 18 往复地运动。

图 5 示出了用来实现至少一个上述的本发明实施例的硬件设备的略图。正如前述，重复使用了相同的标号。不过，在该图中示出了一些更多的零件。具体地说，设有一压力换能器形式的压力传感器 105，它与供应管线 74 相关，以确定该管线中的压力。此外，还设有一压力传感器 108，它与供应管线 94 相关，以确定该管线中的压力。应可理解的是，供应管线 74、94 中的压力将由相应的活塞 37、57 传递到介质 15。此外，可以采用一温度传感器 110 来确定介质 15 的温度。

转换成介质 15 的压力的液压流体的压力、与各活塞 37、57 的线性位置一起由控制器 112 加以处理，控制器 112 又起到用以修正作为介质阻挡装置的正排量泵的泄压阀 80 的释放压力的作用。

通过更加严密地控制穿过小孔 18 的介质 15 的流率，与不控制流率的时候形成对比，可以将温度保持在一相对较窄的范围内。然而，可能仍希望在磨料流动加工的过程中从介质 15 取出热量。为了这个原因，可以设置与第一正排量泵液压缸 39 相关连的一冷却套环 115 和与第二正排量泵液压缸 59 相关连的一冷却套环 117。这些冷却套环 115、117 中的每一个都可具有多根冷却管 116、118，这些管子能在需要时从介质 15 传递走热量。在某些情况下，这些冷却套环 115、117 也可以用来加热介质 15，例如当介质 15 必须在一最低温度下开始研磨过程时。冷却套环 115、117 设置在外部，并不会干涉介质 15 的流动。不过，它们的有效性是受限制的，这是因为从介质 15 至套环 115、117 的热传递是通过液压缸 39、59 的壁的传导来进行的。

也可以在介质 15 的流动路径内直接引入一串列的热交换器。图 7 示出了一个这样的热交换器 200，它在介质 15 流动穿过其的一内部通道 205 内具有中空的散热片 202。冷却剂穿过一冷却剂入口 207，进入中空的散热片 202，并在冷却剂出口（未示出）处流出。螺栓可延伸穿过套环 210 中的周缘孔 29，以固定热交换器 200。热交换器 200 可以附接至液压缸 39、59 之一或两者，并可与保持装置 25 相邻。尽管该热交换器 200 提供与介质 15 的更大的热传导率，但它也部分地阻塞介质 15 的流动，以致可能需要增加液压缸的尺寸以适应一给定流率。

控制器 112（图 5）可以是一可编程的逻辑控制器，如可从 Allen Bradley Company 购得的 Micologics 1200 型逻辑控制器。此外，比例电气泄压阀可以是可从 Hydra Force, Inc. 购得的 TS 10-26 型的电气泄压阀。此外，提升阀可以是可从 Hydra Force, Inc. 购得的 SV 10-23 型双向常开阀。

控制器 112 使用来自编码器 66、67 的信号来计算介质 15 的真实流率。一种合适的编码器是积分型的，并可从 Automation Direct, Inc. 购得。采用编码器 66、67 和提升阀 78、98 以及泄压阀 80、100 可使控制器 112 能保持一想要的恒常的介质流率。该恒常的流率使介质能保持在一较窄的温度范围内，如温度传感器 110 所测得的那样，这又保持了恒常的介质粘度。通过保持介质的粘度基本恒定，控制器 112 可以更加精确地预测实现小孔 18 所想要的机加工的处理时间。

迄今所描述的驱动装置 41、61 在恒定的压力之下交替地推动介质 15 穿过工件 20 的小孔，且同时通过介质阻挡装置 50 的缩回或抵抗来控制介质 15 的流率，且所述的阻挡装置 50 可以是一泄压阀或其它的驱动装置。

可以取消介质阻挡装置 45，并仍保持一恒定的介质流率。这是通过改变由驱动装置 41 向介质 15 所提供的压力来实现的。随着磨料流动机加工过程的进行，在一恒定的介质压力下，介质 15 穿过小孔 18 的流率将会增加。因此，为了要保持相同的介质流率，就必须减小由驱动装置 41 施加在介质 15 上的压力。这可在单个方向上实现，或者，正如前述，在一往复运动中实现。

请参见图 6，在一单个的方向上，介质 15 从上游侧 27 以特定的压力穿过小孔 18 移动到下游侧 29。可采用编码器 66 监视流率，并可调节向介质提供

的压力，以实现介质 15 穿过小孔 18 的恒定流率。具体地说，编码器 66 可以监视与活塞 37 相关联的活塞杆 38 的线性运动，以确定流率。泵 72 在压力下将液压流体传送至液压缸 82，在那里流体作用在液压活塞 84 上。相对图 4 中所示的布局，保持装置 25 的下游侧 29 排放到大气中是完全可能的，如图 6 中所示。在另一种形式中，并再次参见图 4，可以使活塞 37 的运动与活塞 57 的运动相协调，以使在第一侧 27 处压力作用下穿过小孔 18 的介质 15 的流动既不受到活塞 57 的阻碍也不受到活塞 57 的帮助，但在第二侧 29 上的压力被释放。也可以使活塞 57 的运动与活塞 37 的运动相协调，以使在第二侧 29 处压力作用下穿过小孔 18 的介质 15 的流动既不受到活塞 37 的阻碍也不受到活塞 37 的帮助，但在第一侧 27 上的压力被释放。这样的一种布局将使如图 4 中所示的磨料流动机 10 以一往复的形式工作，从而，在一第一模式中，第一正排量泵 35 迫使介质 15 穿过小孔，而第二正排量泵 55 是被动的；以及，在一第二模式中，第二正排量泵 55 迫使介质 15 穿过小孔 18，而第一正排量泵 35 是被动的。

已经参照较佳实施例对本发明进行了描述。在阅读和理解了前面的详细描述之后，还可以作出各种修改和变化。本发明应被理解为包含所有这样的修改和变化，只要它们落入所附权利要求书或其等效的范围之内。

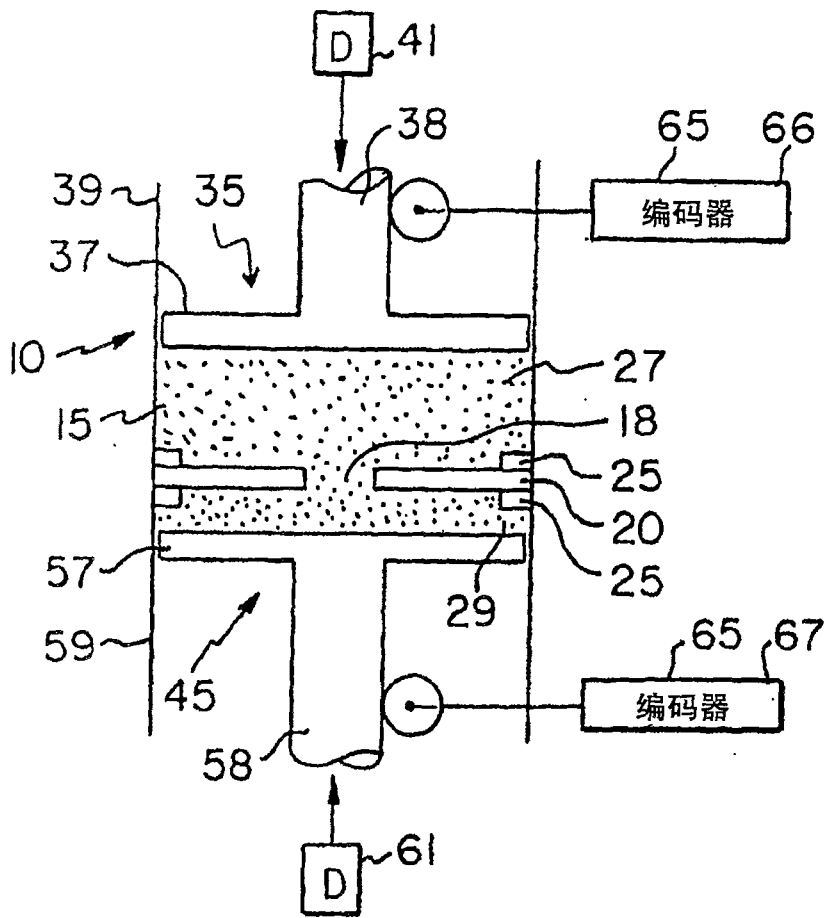


图 1

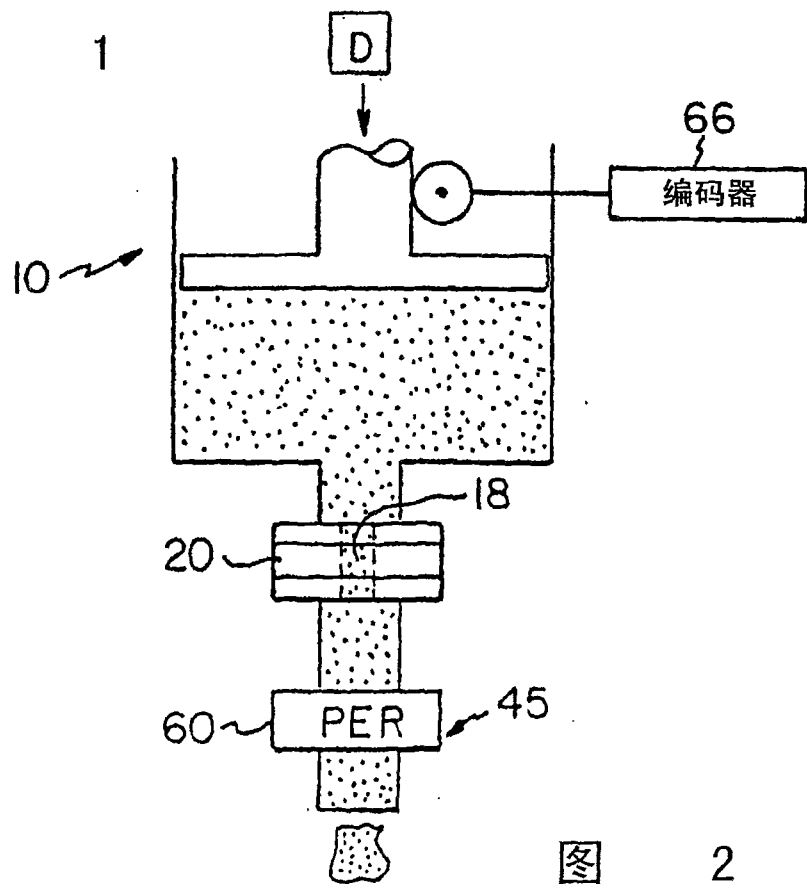


图 2

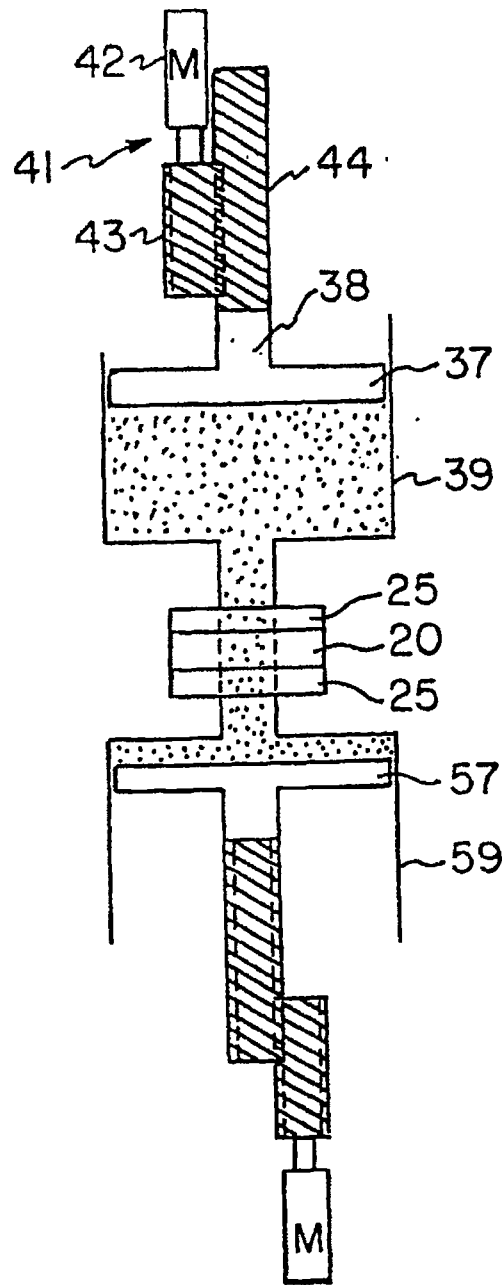


图 3

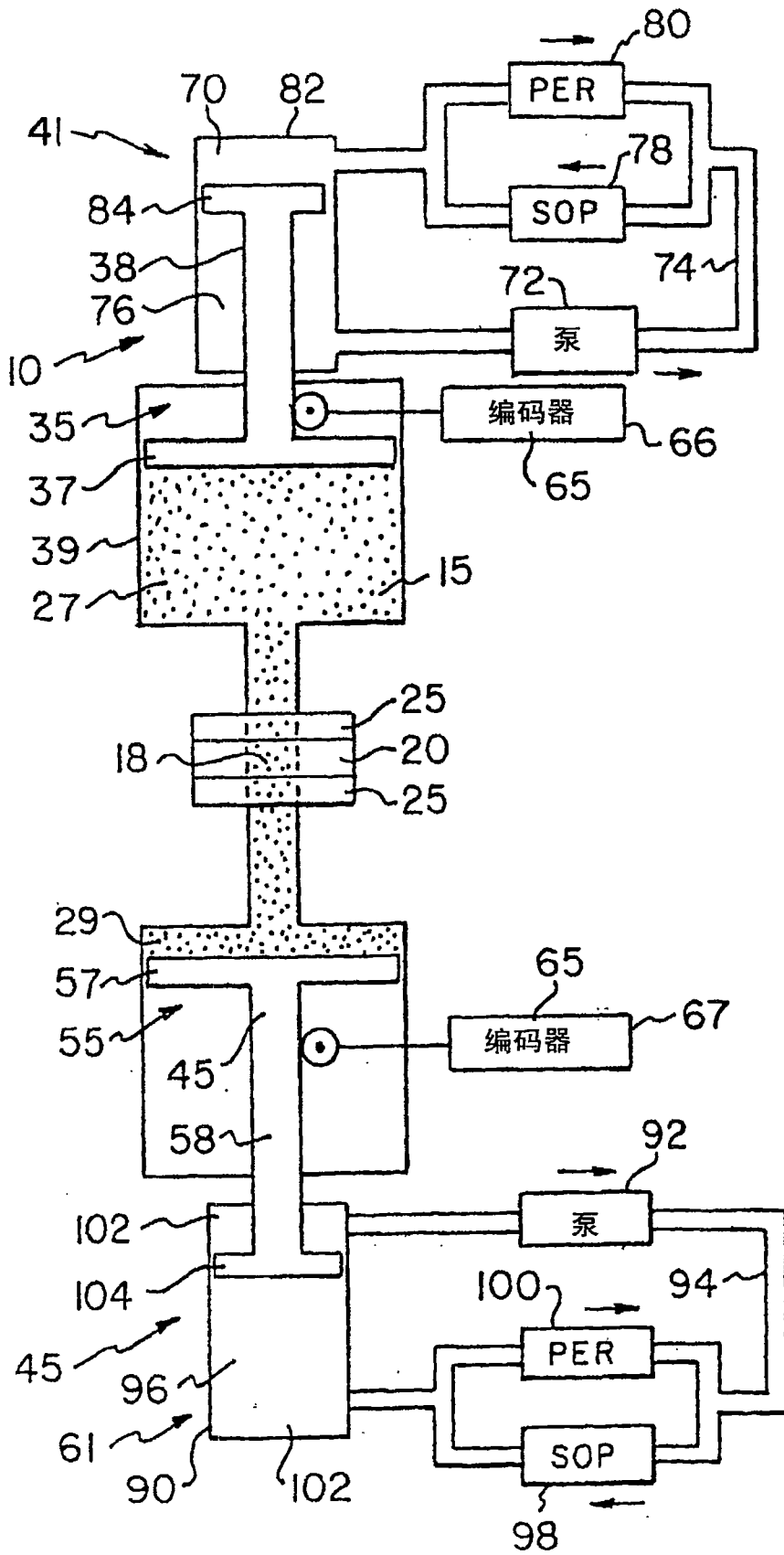


图 4

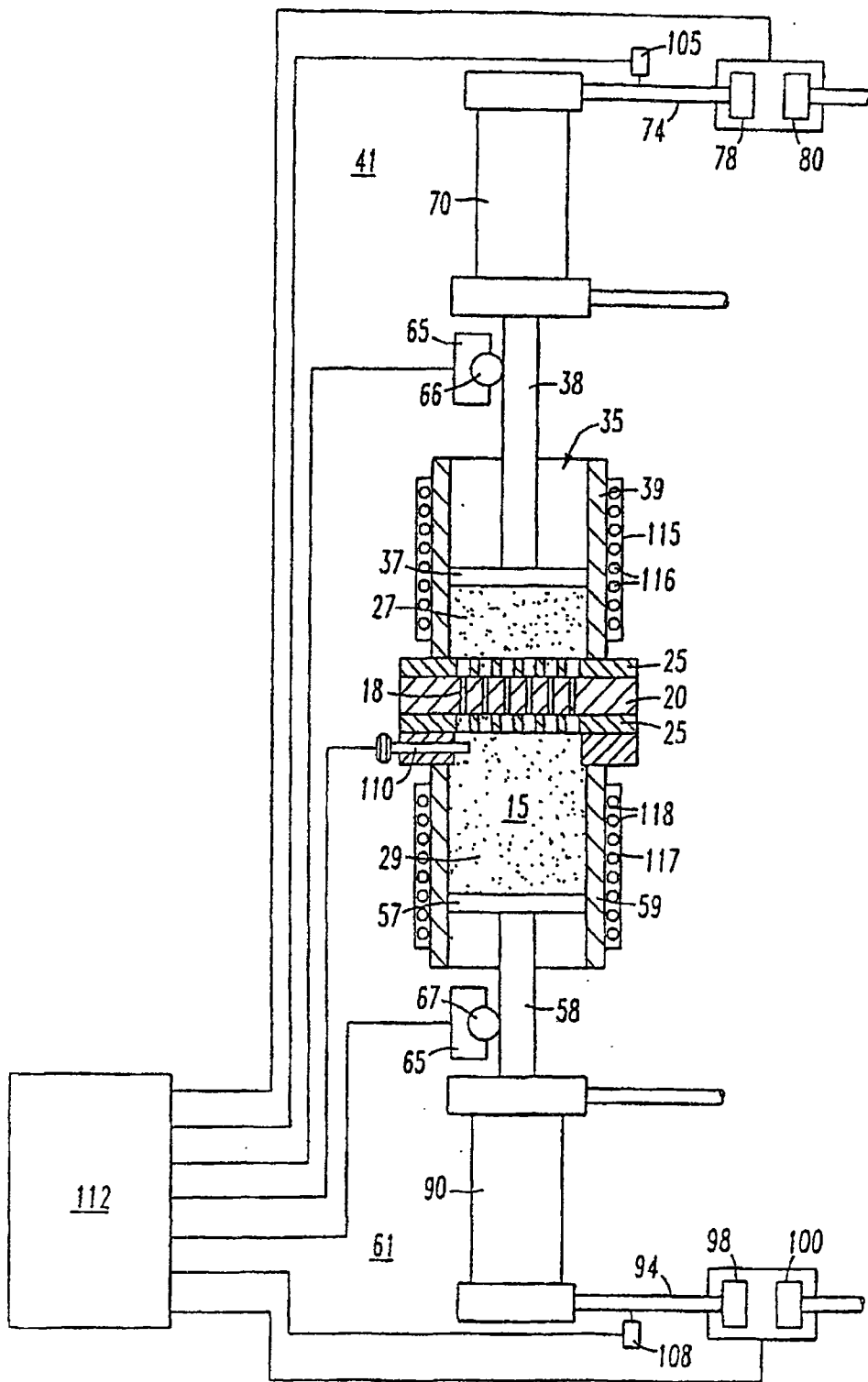


图 5

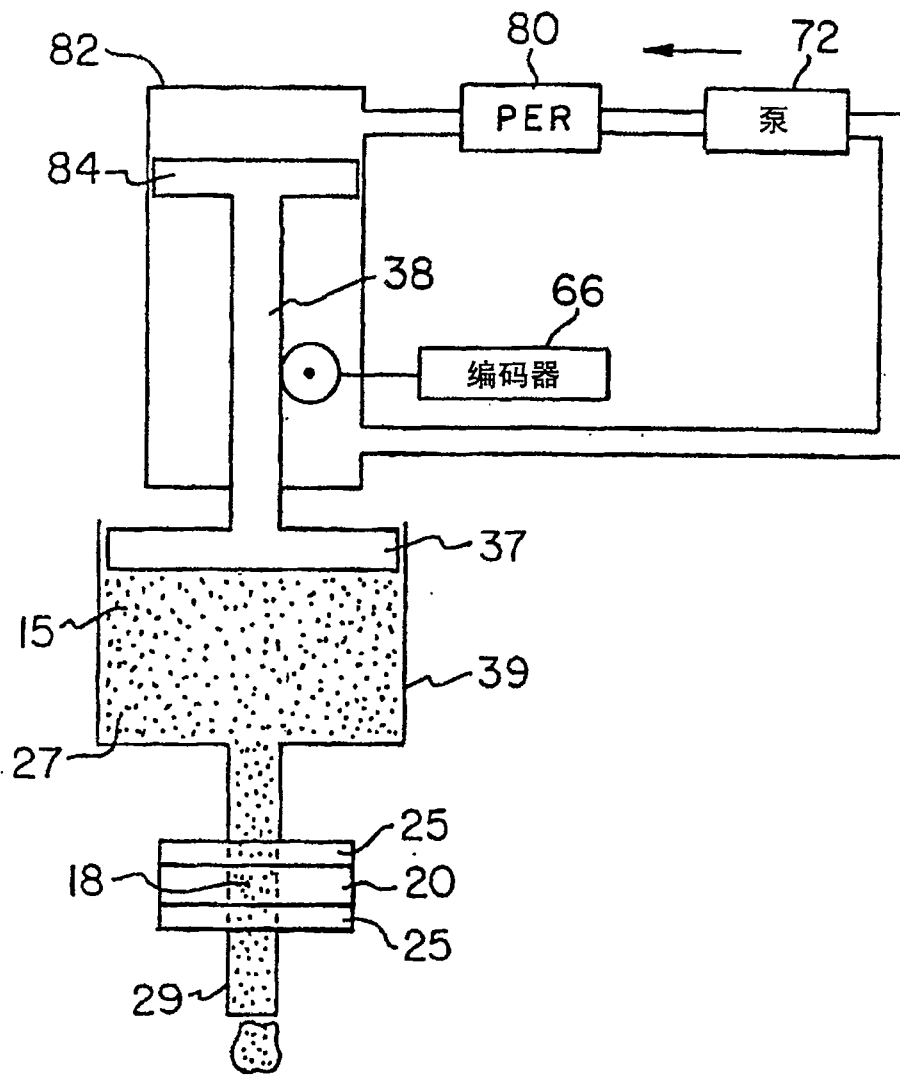


图 6

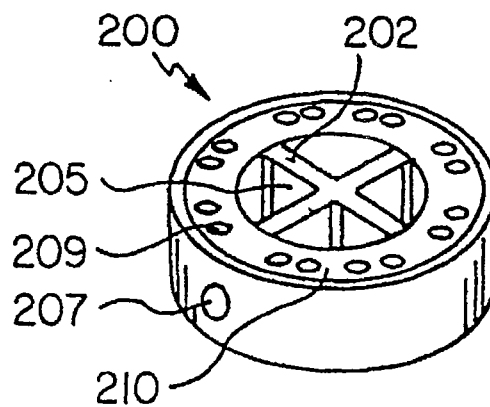


图 7