



[12]发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 87105860.X

[51] Int.Cl⁴

B23B 27 / 10

[43] 公开日 1989年3月8日

[22]申请日 87.8.27

[30]优先权

[32]86.8.29 [33]US [31]902,465

[71]申请人 尤蒂康系统公司

地址 美国俄亥俄州

[72]发明人 格拉德·K·洋科夫

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
代理部

代理人 王彦斌

B23Q 11 / 10

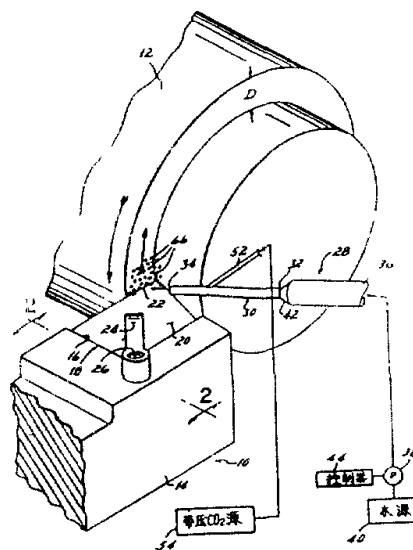
说明书页数: 15

附图页数: 2

[54]发明名称 高速机加工的方法与装置

[57]摘要

用一嵌置件机加工工件的方法及装置,其中例如一管的主导管传送一股高速水流趋向设在主导管的一排出孔。连接于液态二氧化碳来源的一分支管在排出孔上游连接于主导管,并将液态二氧化碳导入主导管与高速水流合并。主导管内的压力少于保持二氧化碳成液态所需的压力,导致液态二氧化碳汽化并将水流转变成含有低温度冰粒的高速水流。冰粒自主导管的排出孔射向嵌置件并被转变成蒸汽,蒸汽冲击工件而自工件剪下成小粒状物料。



(BJ)第1456号

< 6 >

1. 一种对工件进行机加工的方法包括:

使工件接触一嵌置件的切割边缘, 从工件剪除物料, 工件产生热;

导引含有固相流体微粒的高速低温流体流趋向嵌置件的切割边缘及工件, 以冷却工件。

2. 根据权利要求1的方法, 其中包括下述步骤:

使固相低温流体微粒在曝露于从工件剪除物料所产生的热时转变成蒸汽, 并且固相的流体微粒进行形成蒸汽的迅速体积膨胀。

3. 根据权利要求2的方法, 还包括下述步骤:

用蒸汽冲击工件而从工件剪除物料。

4. 一种对工件进行机加工的方法包括:

使工件接触一嵌置件的切割边缘而从工件剪除物料, 工件产生热;

导引含有固相流体微粒的高速低温流体流趋向嵌置件的切割边缘及工件, 以冷却工件;

使固相的低温流体微粒在曝露于从工件剪除物料所产生的热时转变成蒸汽, 固相的流体微粒进行形成蒸汽的迅速体积膨胀;

用蒸汽冲击工件而自工件剪除物料。

5. 一种机加工方法包括:

使工件与一嵌置件的切割边缘接触, 从而初步从工件剪除物料及产生热;

合并一种液体及一种液相加压流体, 而形成含有固体相低温流体

微粒的液流；

导引含有固相低温流体微粒的高速液流趋向嵌置件的切割边缘及工件，以冷却工件。

6. 根据权利要求5的方法，其中合并液体与液相加压流体的步骤还包括：

在低于保持加压流体成液相所需压力的一压力下合并液体与液相加压流体，加压流体汽化而将液体转变成固相的低温流体微粒。

7. 根据权利要求5的方法，其中合并液体与液相加压流体的步骤进一步包括：

以迅速交替的高压及低压泵送液体而形成脉动液流；

合并液相加压流体与脉动液流，脉动液流内的低压区具有少于保持加压流体成液相所需的压力，加压流体汽化而将脉动液流转变成固相的低温流体微粒。

8. 根据权利要求5的方法，进一步包括下述步骤：

使固相的低温流体微粒在曝露于从工件剪除物料所产生的热时转变成蒸汽，固体相的流体微粒进行形成蒸汽的迅速体积膨胀。

9. 根据权利要求8的方法，进一步包括下述步骤：

用蒸汽冲击工件而从工件剪除物料。

10. 一种对工件进行机加工的方法包括：

传送一股高速水流通过具有一排出口的导管；

在排出口上游的导管内合并液态二氧化碳与水流；

液态二氧化碳在接触水流时转变成汽相而在导管内形成低温冰粒

使工件与一嵌置件的切割边缘接触而从工件剪除物料及产生热；

自导管的排出口排出高速低温冰粒趋向嵌置件的切割边缘及工件；

低温冰粒在曝露于从工件剪除物料所产生的热时转变成蒸气及二氧化碳气，低温冰粒形成蒸气及二氧化碳气时进行迅速体积膨胀；

用蒸气及二氧化碳气冲击工件而从工件剪除物料及将剪除的物料分裂成小粒。

1 1. 根据权利要求 1 0 的方法，其中传送一股高速水流通过导管的步骤包括：

以迅速交替的高压及低压泵送水流而形成一股脉动水流。

1 2. 根据权利要求 1 1 的方法，其中合并液态二氧化碳与水流的步骤包括：

导引恒定压力的液态二氧化碳至导管内与脉动水流合并，低压脉动水流的压力少于保持液态二氧化碳成液相所需的压力，液态二氧化碳在导管内汽化。

1 3. 根据权利要求 1 0 的方法，其中转变液态二氧化碳成汽相的步骤进一步包括藉二氧化碳从液态转变成汽相的体积膨胀作用将形成于导管内的冰粒加速。

1 4. 适于用一嵌置件对工件进行机加工的装置，嵌置件具有与工件接触并从工件剪除物料而产生热的一切割边缘，该装置包括：

具有传送一股高速液流的一通路的装置，通路设有一排出孔；

在排出孔上游连接于通路的装置，以传送一种液相加压流体至通路内与高速液流合并；

通路内的压力小于保持加压流体成液相所需的压力，加压流体在通路内被汽化并在汽化过程中将高速液流转变成含有固相低温流体微

粒的液流，以便经通路的排出孔射向嵌置件的切割边缘及工件。

15. 根据权利要求14的装置，其中具有传送一股高速液流的通路的装置为，设有一入口及限定了排出孔的一出口的一根管子。

16. 根据权利要求14的装置，其中传送液相流体的装置为具有一入口及连接于通路的一出口的一根管子。

17. 根据权利要求14的装置，其中液相加压流体为液态二氧化碳。

18. 根据权利要求14的装置，其中传送高压液流的装置为第一导管，第一导管具有外壁、一内部通路及一排出孔。

19. 根据权利要求18的装置，其中传送液相加压流体的装置为第二导管，第二导管具有连接于第一导管外壁的一出口，液相加压流体经第二导管导入第一导管内与高速液流合并，加压流体汽化作用所形成的固相低温流体微粒的温度从在第二导管出口处的约 -200°F 沿与第一导管的外壁成直交的一平面增加至距第二导管出口最远位置的约 0°F 。

20. 适于用一嵌置件对工件进行机加工的装置，嵌置件具有与工件接触并从工件剪除物料而产生热的一切割边缘，装置包括：

具有传送一股高速液流的一通路的装置，通路设有一排出孔；

连接于通路入口的装置，以传送一种高速液流经入口进入通路；

在排出孔上游连接于通路的装置，以传送一种液相加压流体至通路内与高速液流合并；

通路内的压力小于保持加压流体成液相所需的压力，加压流体在通路内被汽化及在汽化过程中将高速液流转变成含有固相低温流体微粒的微流，以便经通路的排出孔射向嵌置件的切割边缘及工件。

**2 1. 根据权利要求 2 0 的装置, 其中传送高速液流的装置包
置:**

连接于液体源的一个泵;

操纵泵的控制装置, 以迅速交替的高压及低压泵送液体而形成一
股脉动液流。

**2 2. 适于用一嵌置件从工件以小粒形式取除物料的装置, 嵌置
件具有与工件接触及初期从工件剪除物料而产生热的一切割边缘, 装
置包括:**

具有传送一股高速液流的一通路的装置, 通路设有一排出孔;

在排出孔上游连接于通路的装置, 以传送一种液相加压流体至通
路内与高速液流合并;

通路内的压力小于保持加压流体成液相所需的压力, 加压流体在
通路内被汽化及在汽化过程中将高速液流转变成含有固相低温流体微
粒的液流;

固相低温流体微粒从通路排出孔被导向嵌置件切割边缘及工件,
固相低温流体微粒在曝露于从工件剪除物料所产生的热时被转变成蒸
汽, 蒸汽从工件剪除物料并将剪除的物料分裂成小粒。

**2 3. 用具有一顶部表面的一嵌置件对工件进行机加工的装置,
嵌置件顶部表面终止成接触工件并从其上取除物料的一切割边缘, 装
置包括:**

设有接纳嵌置件而使其顶部表面显露的形成为一个座的一个台架;

安装于台架的位于嵌置件的显露顶部表面的一夹, 以将嵌置件固
定于座内;

夹设有传送一种高速液流的第一内部通路, 第一内部通路具有位

于嵌置件的显露顶部表面上的一排出孔；

夹设有在排出孔上游连接于第一内部通路的第二内部通路，第二内部通路传送液相的一种加压流体进入第一内部通路与高速液流合并；

第一内部通路内的压力小于保持加压流体成液相所需的压力，加压流体在第一内部通路内被汽化，及在汽化过程中将高速液流转变成含有固相低温流体微粒的液流，以便经第一内部通路的排出孔射向嵌置件切割边缘及工件。

高速机加工的方法与装置

本发明涉及例如镟、铣、磨、加工螺纹、钻孔及开槽等金属加工，特别涉及以延长的嵌置件寿命高速进行上述金属加工的方法及装置。

大多数机加工藉包括一台架及一个或数个切割嵌置件的切割工具进行。每一嵌置件具有一个顶表面，其顶端为一个或多个切割边缘。工具台架设有一承窝，切割嵌置件被夹定于承窝内。嵌置件的前方或切割边缘接触工件而自工件除去成薄片形状的物料。一薄片包含多个大致长方形薄物料段，当被嵌置件自工件分下时，这些物料段沿力平面互相滑动。形成一薄片的这些薄物料段互相剪切运动产生大量热。这一热量连同嵌置件的切割边缘接合工件所产生的热量能达1500-2000°F。

现有技术中的机加工所用工具台的切割嵌置件的损坏原因为，切割嵌置件与工件间的刮磨及称为坑洞现象(Gratering)的问题。坑洞现象系自形成薄片所发生的大量热及薄片与切割嵌置件的摩擦接触产生。

当形成薄片的物料被剪离工件时，薄片沿嵌置件的至少一部份显露表面移动。由于此项摩擦接触及形成薄片产生的大量热，嵌置件顶部的物料被除去而形成“坑洞”。如果坑洞加深，当与工件接触时，整个嵌置件即沿其切割边缘及各面破裂。近年来，由于发展及大量使用硬合金钢、高强度塑料及高抗拉强度纤维涂加刚性结合料如环氧树

脂(epoxy)所形成的复合物料,坑洞现象已成为一特殊问题。

以往试图避免由于与工件刮磨所引起的坑洞现象及磨损的方法仅轻度增加工具寿命及效率。现有技术的一种方法为,用高强度物料如碳化钨制作嵌置件。虽极坚硬,但碳化钨质脆及易碎裂而导致过早损坏。为改善嵌置件之润滑性能,已经采用例如硬化或合金化陶瓷物料制作切割嵌置件。此外,已经发展用于切割嵌置件的多种低摩擦涂料,以减低切割嵌置件与工件间的摩擦。

除用于制作切割嵌置物的改进物料及涂料外,已经试图籍减低“切割区”(即嵌置件的切割边缘,嵌置件—工件界面及工件上剪除物料形成薄片的区域)中温度而增加工具寿命。

现有技术中实施的一种冷却方法为淹没式冷却,系将一股低压冷却液喷洒向切割区。一般来说,位于切割工具及工件上方数吋的一喷嘴导引一股低压冷却液趋向工件、工具台、切割嵌置件及所产生的薄片顶部。

淹没式冷却的主要问题是不能有效地实际到达切割区。接触切割嵌置件显露顶部表面的薄片底面,嵌置件的切割边缘及工件的剪除物料区域不被自工具台上方导引至薄片顶部表面的低压冷却液流冷却。这一情况系因工作区中的热极强,以致产生使冷却液远在能流近嵌置件切割边缘之前汽化的热障。

现有技术中已尝试改善上述淹没式冷却技术的数种方法。例如,将载送冷却液的喷嘴的排出孔配置成较接近嵌置件与工件和/或制成工具台的一整体部份,以便较直接在切割区射出冷却液。见例如美国专利1,695,955号,3,323,195号及3,364,800号。除将喷嘴配置成较接近嵌置件及工件外,冷却液流以比一般淹没

式冷却高的压力射出，以便冲破在切割区中所发展的热障。见专利 2, 653, 517号。

用于各种切割作业的其他工具台已经设计成包含冷却输送通路，以导引冷却液流过嵌置件的显露顶部表面至与工件接触的切割边缘。这类设计中，向切割区喷洒冷却液的分立导管或喷嘴被省略，使切割工具较灵巧。这种设计的例子示于美国专利 4, 302, 135号，4, 072, 438号，3, 176, 330号，3, 002, 140号，2, 360, 385号及西德专利 3, 004, 166号。

上述各专利所揭示的装置的一共同问题为，环境温度下的油—水或人工混合物形式的冷却液被导引通过嵌置件顶部趋向切割区，但不具足以穿过包围切割区热障的速度。结果，冷却液在汽化之前不能到达切割嵌置件与工件间的界面和/或工件的形成薄片区域。在这种状况下，切割区的热不被消散而不能防止坑洞现象。此外，这种不能从切割区除去热的情况产生嵌置件的热切割边缘与被冷却液冷却的嵌置件后方部份间的大温度差而致嵌置件热损坏。

现有技术未能有效减低切割区温度的情况产生机加工的多项缺点及限制。如前文所讨论，高温导致嵌置件损坏。这一点在数方面直接影响生产速度。为减低温度，机床必须以减低生产力的较低速度及减少的切割深度与进给率进行运转。如果速度增加，因嵌置件必须时常更换，机床的停机时间增加。嵌置件进行切割的时间愈少，既定机床生产力愈低。因此，从生产力受一直远落于机床运转速度之后的切割嵌置件的性能及有效寿命的限制。

目前机加工的另一严重问题涉及从切割嵌置件、工具台架及安装工件与工具台架的卡盘区域分裂及取除薄片。如果形成连续长度的薄

薄片。薄片趋向缠绕在工具台架或卡盘上。这一情况几乎必定导致工具损坏或至少需定期中止机加工，以清除区域中压紧及缠绕的薄片。这一点对全部机加工设计成完全自动化的通用性制造系统特别不利。通用性制造系统设计成不需人力协助运转，如果工人必须定期清除压紧或缠绕的薄片时，其效率大受限制。

目前解决去除及分裂薄片的方法限于在切割嵌置件中的薄片分裂槽的各种设计。薄片分裂槽自嵌置件的显露顶部表面向内延伸，并与切割边缘成间隔。薄片分裂槽接合被切割边缘自工作物剪下的薄片，然后将薄片自嵌置件之显露表面向上转动或弯曲，以使薄片断裂。

虽然某些薄片分裂槽设计在某些应用中已达到可接受的性能，但机加工的各种变化如不同物料、机器型式、切割深度、进给率及速度使一种薄片分裂槽设计实际不可能对所有应用均有效。这一点可由现有的众多薄片分裂槽设计证明。即使有适宜的切割嵌置件存在，选择适于特定机加工应用的切割嵌置件也是很困难并且一直存在的一个问题。

因此，本发明的目的为，提供机加工方法及装置，其中自工件去除物料区域的温度被减低，增加切割嵌置件的寿命，消除形成长条薄片，容许机加工以极高速度进行，在工件产生良好光制表面与表面完整性，及降低机床切割工件的马力需求。

这些目的籍一种机加工方法达到，目前一个优先实施例，这种方法适用于包括制有切割边缘的切割嵌置件的传统式工具台架。方法包括导引含有低温固相流体颗粒物如冰粒的一股高速度水流至安装在工具台架内的嵌置件的切割边缘。使嵌置件的切割边缘在初期切割阶段接触工件而开始从工件剪除物料，这一过程产生热。自工件剪除物料所产生的热从工件转移到低温冰粒，将冰粒从固相转

变成汽相。在汽化过程中，冰粒发生爆发性体积膨胀，因而产生不需要嵌置件的任何进一步协助而从工件剪除物料，并且也使被取除物料断裂或破碎成小颗粒的力。

本发明的目前优先实施例中，实施上述方法的装置包括具有一排出口及一入口的例如不锈钢管的一导管。入口连接于来自一水源的一输送管，水源包括一高压泵，高压泵的运转由电脑或其他闭环反馈系统控制。导管安装在工具台架上或邻近工具台架，使排出口对准嵌置件的切割边缘。一分支管路在导管的入口与出口之间连接于导管，此分支管路与一高压液态二氧化碳塔相通。

电脑控制水泵，使一股脉动水流经入口进入导管，较佳速度为每秒约 1,000 呎。泵供应的水流的脉冲为，以规律间隔提供的湧压 (pressure surges)，使水流压力从约 5,000 psi 的峰值变化成约 2,000 psi 或更低的槽或谷。一般液态二氧化碳从主导管顶部的塔以低于脉冲水流的峰值压力但大于湧压间的谷中压力的大致恒定压力，经分支管路导入。结果，液态二氧化碳流与处于湧压间较低压力谷的脉动水流合并或混合。处于湧压间的谷中的水流压力小于保持液态二氧化碳成液相所需的压力，因此液态二氧化碳在排出孔上游的主导管内汽化。

液态二氧化碳汽化作用对水流有两种效应。首先，转变液态二氧化碳成汽态所需的汽化热减低水流温度至水结晶成固相，亦即形成小冰粒的程度。在主导管内形成的冰粒流形成一温度梯度，冰粒温度从与分支管连接的主导管上方部份沿与主导管的轴线成直交的一线或平面到主导管的下方部份而逐渐增加。在液态二氧化碳被导入并直接接触水流的主导管顶部，所形成冰粒的温度迅速降低至约 -100 至

-200°F的范围。然后冰粒的温度逐渐增加，从液态二氧化碳移向主导管的另一侧。故沿主导管底部形成的冰粒具有约0°F的温度。

汽化过程中，液态二氧化碳进行对水流也有影响的大幅度体积膨胀。因径向膨胀受导管壁限制及沿导管的向上游运动被高速度水流阻挡，此项体积膨胀产生的力被向外导引通过导管的排出口。结果，在导管内形成的大部份冰粒流被加速并从导管排出口射出，最好是每秒约2,000呎量级的速度。

就多种物料及机加工状况而言，估计切割区（亦即物料被剪离工件之区域）的温度为2,000°F量级值或较高。高速低温冰粒流自导管排出口射向此切割区，故-100至-200°F的极低温度颗粒位于嵌置件的切割边缘及顶部表面上方，约0°F的较高温度颗粒通过嵌置件的顶部表面。约-200°F温度的冰粒因此突然爆露于高达2,000°F的切割区的热，及约0°F温度的冰粒曝露于切割边缘。结果，极低温度冰粒从固相转变成汽相时，产生爆发性汽化作用，同时切割嵌置件及工具台架显露于仅约0°F温度的颗粒而受到保护，因这一温度未冷至足以导致嵌置件或工具台架的热损坏。

汽化作用一方面使热从工件传出，将0°F至-200°F温度范围的冰粒转变成蒸汽。由于导至切割区的冰粒的极冷温度，为使冰粒汽化，从工件剪除物料所产生的大部份热被取离工件。结果，高温所致的损坏如坑洞现象被减少，并且切割嵌置件的有效寿命增加。

另一方面，低温冰粒流也有助于延长嵌置件寿命。目前认为至少一部份低温冰粒在嵌置件的切割边缘区从固相转变成液-气相流。此液-气流被导引在嵌置件的切割边缘与工件之间而形成防止切割边缘接触工件的一薄膜。切割边缘仅在开始切割阶段接触工件。如下文所

讨论。除开始切割阶段外，从工件剪除物料并非籍嵌置件与工件的接触达到，而是籍汽化冰粒流所产生的膨胀气体的力达到。

这一液障也保证嵌置件不发生因接触工件称为“抖动现象”（“chattering”）问题所致的磨损。抖动现象为当工件或工具台架被机床旋转时，工件与工具台架的相对运动所产生。由于抖动发生于工件与嵌置件间的位置，能使嵌置件过早损坏，而形成于工件与嵌置件间的液障或薄膜减小此项冲击力，因此减少由于抖动所引起的嵌置件损坏。

另一方面，导引高速低温冰粒至切割区内也与从工件本身取除物料的工作有关。极低温度冰粒由固相突然转变成汽相时，产生冰粒流的爆发性体积膨胀。这一体积膨胀所产生的力有效于数方面。

开始切割阶段中，嵌置件的切割边缘接触工件并开始从工件剪除物料而产生热。然后冰粒流的最冷或顶部在嵌置件切割边缘上方被导至物料被剪离工件的位置。在此处汽化的冰粒的爆发性体积膨胀产生与被嵌置件初步剪离的物料接触的一个力而将物料从工件除去。继续切割时，相信膨胀气体的力此后在微小或无嵌置件的协助下会提供从工件剪除物料所需的全部力。

此一情况具有几个优点。第一，能保持切割的精密公差，因为从工件剪除物料时，嵌置件必须施加的力即使需要也极小。此外，就大多数机加工作业而言，不论被机加工物料的种类如何，以工件为准前移工具台架所需的能量或马力均大幅度减小。这一点是因为嵌置件不施加从工件剪除物料所需的力，因此需要较小马力沿径向向内和/或沿工件纵向移动嵌置件进行切割。

冰粒的爆发性体积膨胀对从工件除下的物料的形状也具有重大影

响。不论待切割物料的种类如何，例如金属、塑料、复合物等均不形成机加工作业中一般所了解意义的“薄片”。现有技术中，薄片为类似木刨花的薄物料段，能具有小于一吋至一连续长度范围之长度。加于从工件剪除的物料的爆发力消除“薄片”并在分子级（molecular level）分裂物料而形成小粒或细粒。消除薄片是对现有技术的一项重大改进，而且对完全自动化通用性加工系统特别有利。

本发明装置的一种替代性实施例中，工具台架设有一承窝，承窝接纳嵌置件而使嵌置件的顶部表面显露，嵌置件被一夹固定于承窝内，夹沿嵌置件的显露顶部表面延伸到与其切割边缘成间隔之一点。最好，夹被螺钉或其他装置以可拆除方式固定于工具台架。

这一实施例中，夹中设有传送水的一主通路，主通路终止成位于嵌置件顶部表面上的一排出孔。夹中设有输送液态二氧化碳的第二通路，第二通路在排出孔上游的一点与主通路相交，形成包含低温冰粒的高速流及导引高速流至嵌置件切割边缘的方法与前文所述相同。

下面参照附图说明将进一步明瞭本发明的优先实施例的结构，操作及优点。

图1为其中采用本发明的机加工装置的具有一个切割嵌置件的工具台架的部份透视图。

图2为图1所示装置的放大侧视图。

图3为图2一部份的局部断面放大侧视图。

图4为显示脉动水流与恒定压力液态二氧化碳流合并的示意图。

图5为本发明装置的另一可替代实施例。

参见附图，图中显示处于在工件12上进行切割位置的铤制作业用的标准工具台架10。工件12安装在机床（未示）的卡盘上，机

床使工件12按图1中箭头所示方向旋转。工具台架10包括设有承窝16的支承杆14。承窝16接纳切割嵌置件18，嵌置件具有终止成切割边缘22的显露顶部表面20。嵌置件18被U形夹24夹定于承窝16内，夹24系由螺钉26以可拆除式安装于工具台架10的支承杆14上。

如图1及2所示，工具台架10以工件12为标准置于产生既定切割深度“D”的位置。为清晰起见，图中的切割深度D被夸大显示。进给率以工件12每旋转一转时，工具台架10沿工件12纵向前移的吋计距离“d”表示。工件12可由各种不同物料制成，例如金属、塑料、复合物及其他物料。

参见图1及2，图中显示机加工装置目前的优先实施例。机加工装置26包括具有在一端的入口32及在另一端的排出口34的主导管30。最好，主导管30是不锈钢或其他防锈物料制成的管。主导管30的入口32连接于来自泵38的输送管路36，泵连接于概略示于40处的水源。输送管路36的直径约为主导管30的二倍，并向内斜缩而形成与主导管30的入口32连接的颈部42。

泵38的运转由图1中概略示于44处的电脑或其他闭环反馈装置控制。电脑44控制泵38，使每分钟约1至10克速率的脉动水流46通过输送管路36至主导管30的入口32。水在进入较小直径主导管30时，斜缩颈部42加速至以每秒约1,000呎为宜的速度。如图4所示，泵38所供应的水流46中的脉冲为成规律间隔的增压，使水流46的压力自约5,000 p s i的峰值48变化至约2,000 p s i或更低的槽或谷50。

不锈钢或其他防锈物料制成的管的分支导管52在入口32与排

出口 3 4 之间连接于主导管 3 0 的顶部。分支导管 5 2 与概略示于 5 4 处的加压至约 8 0 0 p s i 的液态二氧化碳塔相通。塔 5 4 泵送一股液态二氧化碳 5 8 (以虚线示于图 4), 以水流 4 6 流量的约 1 0 - 2 0 % 的流量及恒定压力通过支导管 5 2。

如图 4 所示, 液态二氧化碳流 5 8 以低于在峰值 4 8 的脉动水流 4 6 的最高压力但大于水流 4 6 在谷 5 0 或低压区的压力的一压力, 射入主导管 3 0。这一压力容许液态二氧化碳流 5 8 与高速流过主导管 3 0 的水流 4 6 合并或混合。相信水流 4 6 与二氧化碳流 5 8 如图 3 所概略显示的, 沿主导管 3 0 内的混合或交织区 5 8 而合并。

目前的优先实施例中, 水流 4 6 在谷 5 0 的压力小于保持液态二氧化碳流 5 8 成液相所需的压力。结果, 液态二氧化碳在导管 3 0 内进行需要能量的汽化作用。这一能量以主要取自水流 4 6 及小部份取自主导管 3 0 的壁及周围空气的热形式供应。

参见图 3, 汽化中液态二氧化碳与水流 4 6 间的热转移先在导入液态二氧化碳的分支导管 5 2 下的接近水流 4 6 的顶部处发生。在脱离导管 3 0 的排出口 3 4 之前, 水在此位置由液相转变成固相, 形成具有估计在约 -100 至 -200° F 范围内温度的微小冰结晶体或微粒。水流 4 6 的其余部份与液态二氧化碳间的热转移随移离分支导管 5 2 的距离而逐渐减少, 故接近主导管 3 0 底部的水被转变成具有估计约 0° F 温度之冰粒 6 0。因此, 主导管 3 0 内形成的冰粒 6 0 中产生一温度梯度, 冰粒 6 0 的温度自接近主导管 3 0 底部的约 0° F 减至最接近分支导管 5 2 之主导管 3 0 顶部的约 -200° F。

液态二氧化碳在主导管 3 0 内转变成汽相也增加冰粒 6 0 的速度。自液态转变成汽相时, 液态二氧化碳在主导管 3 0 内进行突然爆

发性体积膨胀。二氧化碳气的径向膨胀被主导管 30 的壁阻止，高速水流阻止二氧化碳气在主导管 30 内向上游运动。膨胀中汽化二氧化碳的唯一不受限制的路径向下通过开敞排出口 34。结果，一相当大的力加于形成在主导管 30 内的冰粒 60，此力将冰粒加速并成每秒约 2,000 呎速度的冰粒流 63 自排出口 34 射出。如图 3 所示，自排出口 34 射出的一较小部份的冰粒流 63 也包含二氧化碳气 61。

为完成讨论的目的，物料被剪离工件 12 的位置以“初割区” 62 指示。物料自工件 12 剪离时产生大量热。视嵌置件的进给率、速度、型式及工件的材料等因数而定，切割区中的热能达 2,000° F 或更高。

如图 1 及 2 所示，主导管 30 的排出口 34 直接对准切割区 62。排出口 34 与嵌置件 18 的切割边缘 22 间的距离无临界性，但认为此项间隔在大多数应用中为约 1 吋。因此，含有冰粒 60 的水流 63 以每秒约 2,000 呎的速度及自约 0° F 至约 -200° F 的温度梯度从排出口 34 射向高温切割区 62 及嵌置件 18 的切割边缘 22。

开始在工件 12 上切割时，使嵌置件 18 的切割边缘 22 初期接触工件 12，以从工件 12 剪除物料，这将在工件 12 产生大量热，至少部份热转移至嵌置件 18。然后，高速极低温冰粒 60 被射向工件 12 及嵌置件 18，使温度约 -200° F 的最冷冰粒 60 集中在从工件 12 剪除物料的嵌置件 18 的顶部表面 20 及切割边缘 22 上方的区域。及约 0° F 的较高温度冰粒 60 集中在嵌置件 18 的顶部表面 20 及切割边缘 22。曝露于切割区 62 中极高温时，包括在顶

部的最冷冰粒60的大部份冰粒立即由固相被转变成汽相。这将需要主要来自工件12及小部份来自切割开始时的嵌置件18的热形式的能量。结果，完成大幅度冷却嵌置件18及工件12而大幅增加嵌置件18的有效寿命。

约0° F的较高温度冰粒60集中在通过嵌置件18的顶部表面20的冰粒流的下方部份的情况，有利于防止嵌置件18和/或台架14的热损坏。嵌置件遭受自一端至另一端的极端温度差时，用于制作嵌置件的碳化钨及其他物料能发生热损坏。如前文所述，嵌置件18的切割边缘22在开始切割阶段接触工件12并由于从工件12剪离的物料的热转移而变热。如果极低温度冰粒60如-200° F温度的最冷冰粒接触嵌置件18，切割边缘22与嵌置件18的其余部份间的温度差将产生能使嵌置件18破碎的热冲击。将约0° F的较高温度冰粒60集中在冰粒流的与嵌置件18接触的底部，以防止嵌置件18的热损坏。

另一方面，本发明的方法及装置也保证嵌置件不发生损坏及磨损。目前认为在冰粒60汽化过程中，至少一部份冰粒60在嵌置件切割边缘22的区域中从冰结晶体被转变成液—气相。此液—气流被导引在嵌置件切割边缘22与工件12之间而形成一薄膜64，除在开始切割阶段外，薄膜64防止切割边缘22接触工件12。这一情况进一步保护嵌置件18并大幅度增加其有效寿命。

目前认为除在开始切割阶段外，从工件12剪除物料并非藉嵌置件18接触工件12而完成，而是藉由固体转变成蒸汽的冰粒60的体积膨胀完成。开始时，藉嵌置件切割边缘抵触工件12而开始切割，以便从工件剪除物料并产生热。然后导引冰粒60至切割区50，

冰粒被开始切割阶段所产生的热汽化。冰粒60成汽相的猛烈体积膨胀所产生的力冲击嵌置件18上方的工件12，并在嵌置件18与工件12间无接触的情况下从工件剪除物料。此一情况也产生热，热被转移至连续流中的后继冰粒60。

当切割连续进行时，认为膨胀气体此后即提供从工件12剪除物料所需的全部力。此一情况大幅减低使支持台架14的机床运转而沿工件12以既定进给率及切割深度前移嵌置件18所需的能量或马力。也达成工件的表面良好完整及光洁性。因导入主管30内的水流46及液态二氧化碳流38的速度及流量受精确控制，故在生产加工过程中藉自其中形成的冰粒60的汽化作用所产生的切割深度恒定并可重复。

与冰粒60汽化产生的蒸气及二氧化碳气相比，微细冰粒60所占体积微不足道。由于冰粒60与切割区50间的极端温度差，及冰粒60导入切割区50的高速度，故冰粒60由固体转变成汽相的体积膨胀为突然爆发性。

冰粒60的猛烈体积膨胀产生的力也影响从工件12取下的物料的形状。事实上，物料被膨胀气体的力破裂或吹散而形成物料微粒或小粒66。参见图1。此外，相信为使冰粒60汽化而从工件12及剪除物料取出的热也有助于形成小粒66。相信这点是因工件12的突然冷却作用导致物料变脆或物料的原子结构在分子阶层分离，故当被膨胀气体的力冲击时，物料分裂成小粒66。传统意义的“薄片”，亦即从工件12剪除的长薄物料段，不在本发明的方法中产生。结果为实质上无薄片的机加工作业。

参见图5，图中示有本发明的一种可替代实施例。这种实施例

中，夹68用于前述工具台架10。夹68被螺钉70固定于工具台架10的支承杆14，并抵靠嵌置件18的一部份显露顶部表面20而将嵌置件夹定于承窝16内。夹68设有主内部通路72，内部通路具有入口74及在嵌置件18的显露顶部表面20的位于夹68的前缘78的排出孔76。主内部通路72的入口74连接于输送管路80，输送管路如前文所说明的连接于泵38及控制器44。

夹68设在入口74与排出孔76之间连接于主内部通路72的分支内部通路82。分支内部通路82由管路83连接于概略示于84处的加压液态二氧化碳塔。来自分支内部通路82的液态二氧化碳与主内部通路72内的水流在夹68内以前文说明的实施例的相同方式合并而产生含有冰粒的水流（未示）。主内部通路72的排出孔76导引所产生的冰粒趋向嵌置件18的切割边缘22而产生如前文所说明的相同效果。

虽然本发明已参照优先实施例予以说明，但本领域技术人员会明瞭，可进行各种变化及可用相当元件代替所示的元件而不脱离本发明的范围。此外，可进行多种修改，以使本发明适应特定情况或材料而不脱离本发明的范围。

例如，前文说明的机加工方法及装置采用水与液态二氧化碳合并而形成包含固相流体微粒（亦即冰结晶体）的高速低温流。水及液态二氧化碳以外的流体也能用以实施本发明。此外，主导管30可如图1及2所示安装成邻近工具台架10，或如图5所示制成整体夹68。主导管30的形状没有什么严格要求，除管状外，可包括具有传送固相低温流体微粒趋向切割区的通路的任何结构。

因此，本发明不限于所公开的实施例。本发明的最佳模式的特定实施例。本发明包括属于权利要求书范围内的全部实施例。

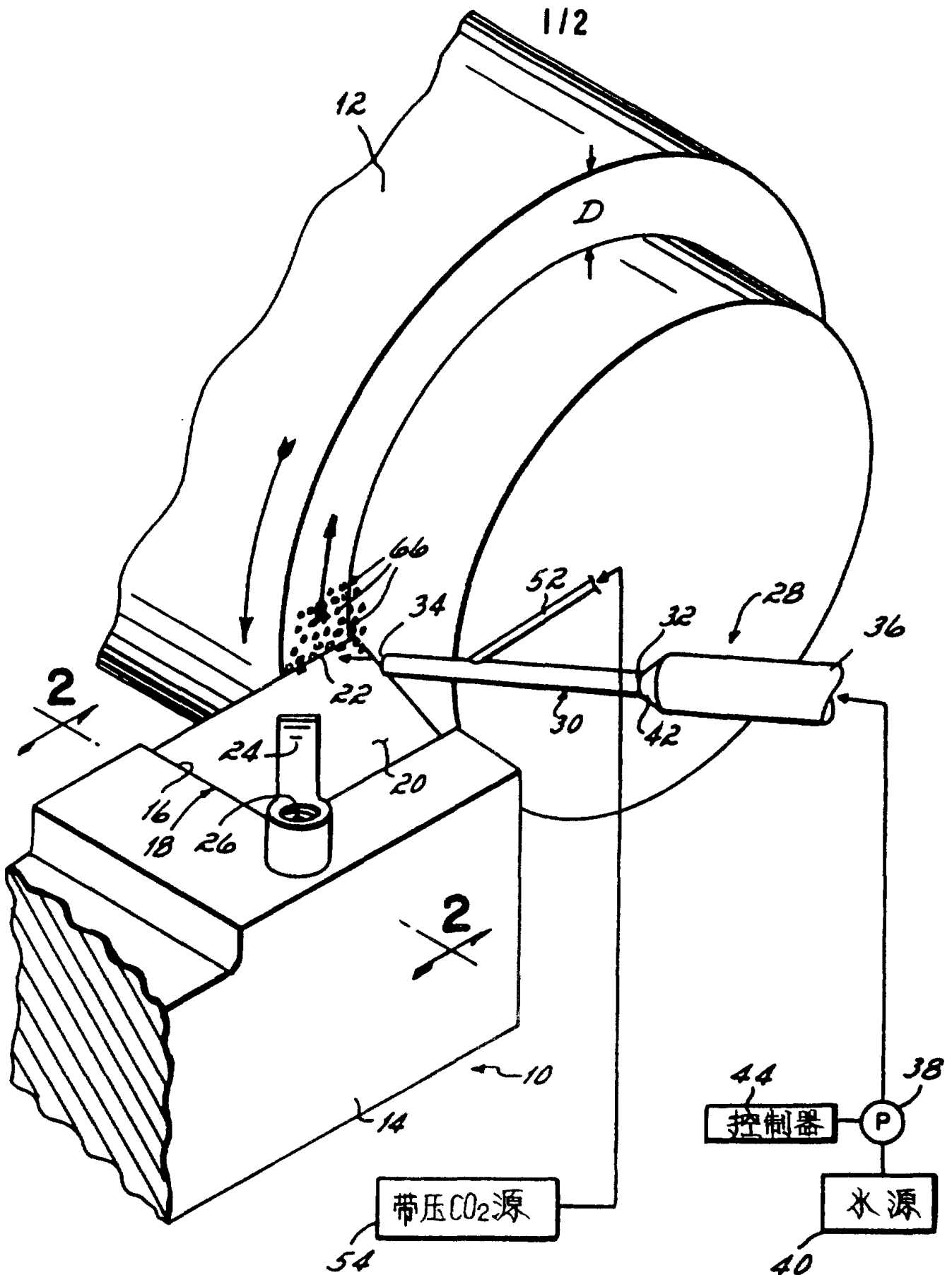


图. 1

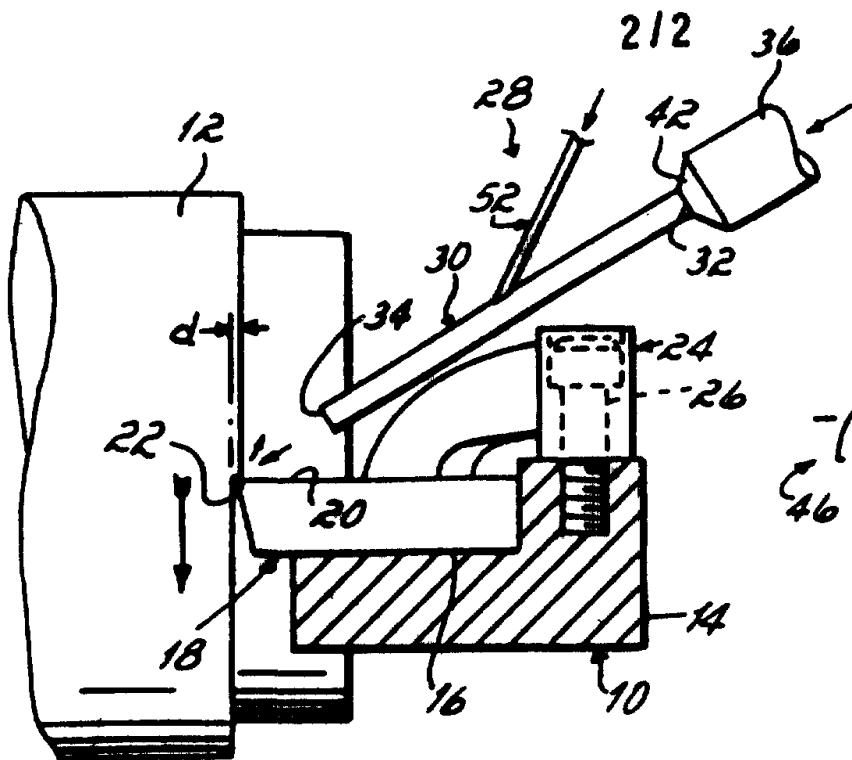


图.2

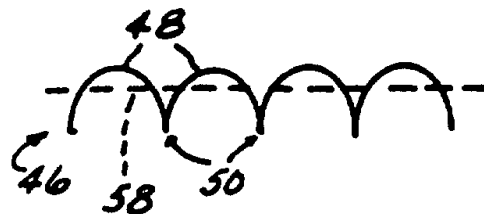


图.4

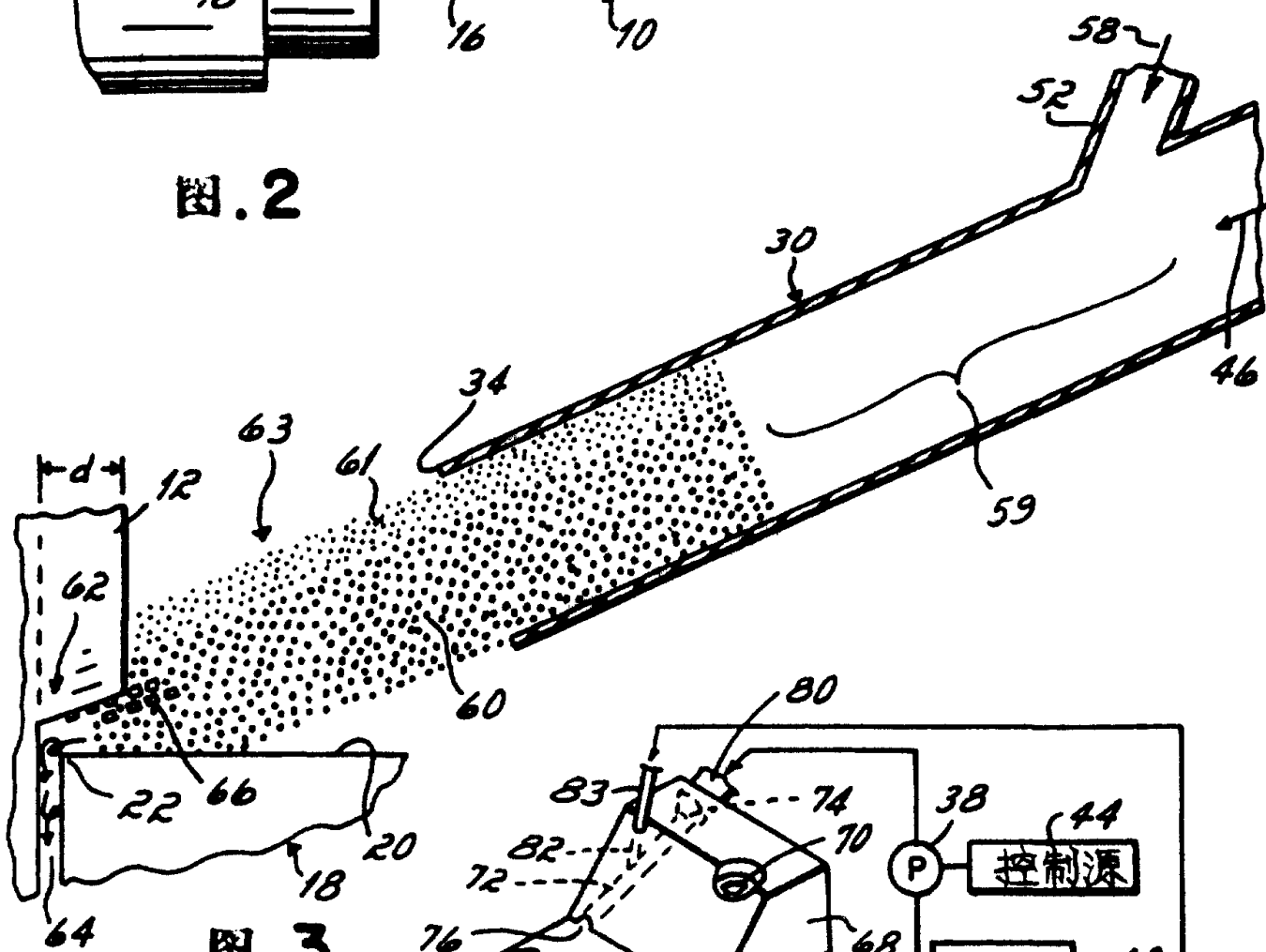


图.3

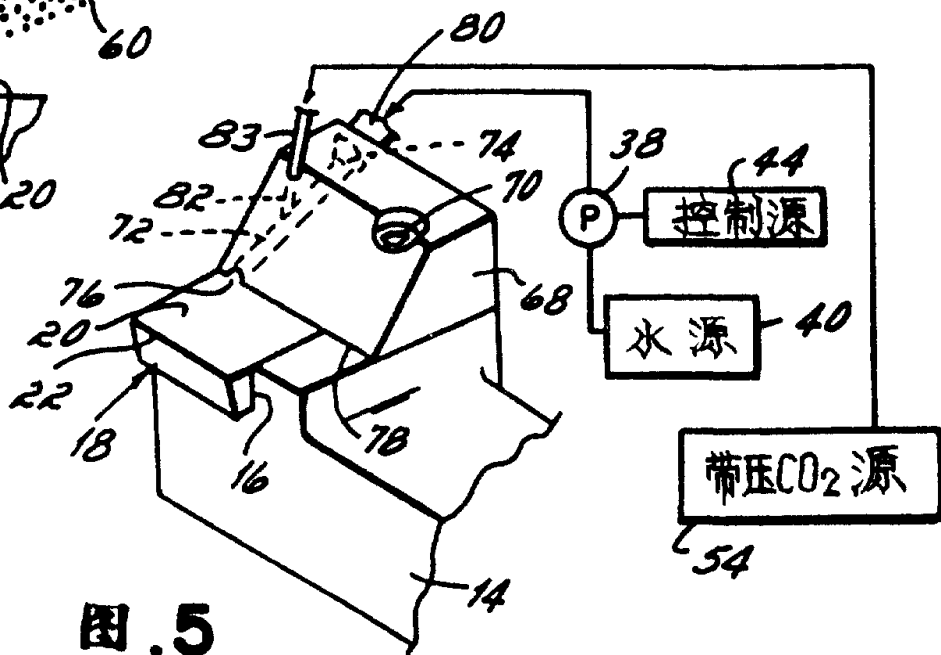


图.5