

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

B63B 1/38

B63B 3/20

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 94190281.1

[45]授权公告日 2000 年 1 月 12 日

[11]授权公告号 CN 1048220C

[22]申请日 1994.4.28 [24]颁证日 1999.8.28

[21]申请号 94190281.1

[30]优先权

[32]1993.5.11 [33]JP [31]109547/93

[32]1993.10.13 [33]JP [31]256162/93

[86]国际申请 PCT/JP94/00727 1994.4.28

[87]国际公布 WO94/26583 日 1994.11.24

[85]进入国家阶段日期 1995.1.10

[73]专利权人 加藤洋治

地址 日本千叶县松户市

共同专利权人 石川岛播磨重工业株式会社

[72]发明人 加藤洋治 高桥义明

[56]参考文献

CN8510991A 1985.11.10 B63B1/38

US2754750 1960.10.4 B63B1/38

US2754791 1954.8.16 B63B1/38

US2954750 1960.10.4 B63B1/38

US3125977 1964.3.24 B63B1/38

US4522141 1985.1.11 B63B1/38

US4543900 1985.10.11 B63B1/38

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 崔幼平 杨松龄

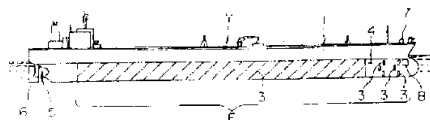
审查员 25 17

权利要求书 3 页 说明书 21 页 附图页数 22 页

[54]发明名称 一种减小航船摩擦阻力的方法及一种低摩擦航船

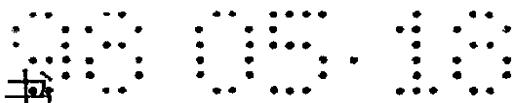
[57]摘要

一种减小航船摩擦阻力的方法以及一种为减小航船摩擦的微细气泡的产生方法及装置。摩擦减小只需耗费少量的能量即可达到,因而改善了航船运行的能量总效率。气泡/水混合物沿着与水下表面成一倾斜角的方向朝航船的尾部射入在航船的水下表面附近形成的附面层中。由于水具有比空气更大的质量,因而水的动能可以使含气的混合物喷射到比单独用气泡喷射时更远距离的水下表面的附面层中,从而有效地达到减小摩擦的目的。



ISSN 1008-4274

权利要求书



1. 一种用于减小航船(1)的摩擦阻力的方法,其通过把气泡/水的混合物喷射到在航船(1)的水下表面(4)附近形成的附面层(B)中,包括在气泡/水的混合物中的气泡数量不超过99%。

2. 权利要求1中所述的方法,其特征在于,气泡(A)的直径不大于600微米。

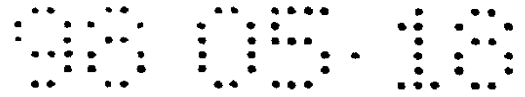
3. 一种用于减小航船(1)的摩擦阻力的方法,其通过把气泡/水的混合物从航船(1)的水下表面喷出,该气泡/水混合物与航船(1)偏离某一角度并朝着航船(1)的尾部方向进行喷射。

4. 一种用于减小航船(1)的摩擦阻力的方法,其通过把气泡/水的混合物喷射到在航船(1)的水下表面(4)附近形成的附面层(B)中,该气泡/水的混合物与航船(1)偏离某一角度并且朝着航船(1)的尾部方向进行喷射。

5. 一种低摩擦航船,其包括一个用来产生和供应气泡/水混合物的气体混合物的产生与供应装置(2),一个与气体混合物的产生与供应装置(2)相连通的流体喷射开口(3),该开口在水下表面(4)上,用来向该低摩擦航向的尾部喷射气泡/水混合物,该流体喷射开口(3)具有许多小细孔。

6. 如权利要求5中所述的一种低摩擦航船,其特征在于,该流体喷射开口(3)与水下表面(4)之间的倾斜角基本上为20度。

7. 如权利要求5中所述的低摩擦航船,其特征在于,该流体喷



射开口(3)沿着航船(1)的船头到船尾的方向交错配置。

8. 如权利要求 5 中所述的低摩擦航船, 其特征在于, 该流体喷射开口(3)的形状为狭缝形。

9. 如权利要求 5 中所述的低摩擦航船, 其特征在于, 航船(1)包括一个双层船体结构, 且许多气泡/水混合物的产生和供应装置(2)配置在外船体(11)和内船体(12)之间形成的空腔部分中。

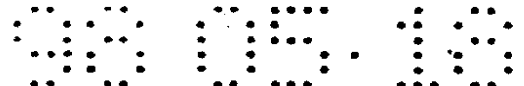
10. 如权利要求 5 中所述的低摩擦航船, 其特征在于, 气泡/水混合物的产生与供应装置(2)配置在流体喷射开口(3)的附近。

11. 如权利要求 9 中所述的低摩擦航船, 其特征在于, 气泡/水混合物的产生与供应装置(2)以一定的间隔距离配置在沿航船(1)的船头到船尾方向的外船体(11)与内船体(12)之间形成的空腔部分(13)中。

12. 如权利要求 9 中所述的低摩擦航船, 其特征在于, 气泡/水混合物的产生与供应装置(2)以一定的间隔距离配置在沿航船(1)的垂直方向的外船体(11)和内船体(12)之间形成的空腔部分(13)中。

13. 如权利要求 9 中所述的低摩擦航船, 其特征在于, 气泡/水混合物的产生与供应装置(2)以一定的间隔距离配置在沿航船的左舷和右舷方向的外船体(11)和内船体(12)之间形成的空腔部分(13)中。

14. 如权利要求 9 中所述的低摩擦航船, 其特征在于, 流体喷射管(3b)配置在流体喷射开口(3)和气泡/水混合物的产生与供应装置之间的空间中使它们连接起来, 并且穿过航船(1)的外船体(11)。



15. 如权利要求 14 中所述的低摩擦航船, 其特征在于, 集流管 (3a) 配置在外船体 (11) 和内船体 (12) 之间形成的空腔部分 (13) 中, 以便将气泡/水混合物的产生与供应装置 (2) 同许多流体喷射管 (3b) 相连通。

16. 如权利要求 14 中所述的低摩擦航船, 其特征在于, 截止阀 (3c) 配置在外船体 (11) 和内船体 (12) 之间形成的空腔部分 (13) 中的流体喷射管 (3b) 上。

一种减小航船摩擦的方法 及一种低摩擦航船

本发明涉及一种用来减小航船的摩擦阻力的方法和一种在低摩擦航船中用来产生微型气泡以减小摩擦的方法和装置。本发明主要涉及微型气泡的喷射技术，使由气泡与水的混合物组成的微细气泡从航船的水下表面喷出，从而降低航船的摩擦阻力，同时，还利用该混合物的动能作为一种推力来提高总能量的利用率。

为了减小航船的摩擦阻力，人们曾提出过许多用来在航船的水下表面上产生气泡或形成空气层的有关建议。

这种向水中喷射气泡的技术的实例在现有技术中已被公开，例如：(1) 日本专利申请，第一次公布，S50-83992；(2) 日本专利申请，第一次公布，S53-136289；(3) 日本专利申请，第一次公布，S60-139586；(4) 日本专利申请，第一次公布，S61-71290；(5) 日本实用新型申请，第一次公布，S61-39691；(6) 日本实用新型申请，第一次公布 S61-128185。

此外，在船底的凹部内形成空气层的技术在(7)日本实用新型申请，第一次公布，S61-128184 中已作了公开。

这些技术都是基于由一压缩机使被压缩空气通过许多孔或多孔板喷射及吹入水中。

但是，这些基于仅把压缩空气通过许多孔喷入水中的方法很难

形成很小的气泡，而且这些漂浮的气泡由于上升而很容易和航船的水下表面分离，其结果是仅在该表面周围的一个很小的范围内能产生减小摩擦力的效果。而采用多孔板喷入微小气泡的方法时，则当气泡通过多孔板吹入时，由于通过该底板将产生压力降而耗费大量的能量，从而造成吹出气泡所耗费的能量大于减小摩擦阻力所节约的能量的结果。上述现有技术(1)到(6)中所提及的技术都不够成熟，无法实际应用。在现有技术(7)中所公开的技术也未付诸实际应用，因为人们认为该项技术需要消耗大量的空气，这是不实用的。

基于现有技术的现状，本发明具有如下几个目的：

1) 通过以低能量消耗来减小摩擦力，改善能量平衡，从而有效地降低航船的能量总消耗量；

2) 提供一种减小摩擦阻力的简单方法；

3) 提供一种可用来调整气泡混合比率和气泡直径以减小摩擦力的有效技术；

4) 能有效地减小摩擦并且不受船体形状的影响；

5) 简化用于降低摩擦力的空气和水的处理方法；

6) 提供一种能够很简便地装在船上用来减小摩擦力的装置。

本发明用来减小航船的摩擦力的方法包括：把气泡/水混合物喷射到在航船的水下表面附近形成的附面层中的技术，和把气泡/水混合物以偏离水下表面的一个倾斜角向航船的尾部喷射的技术，这两项技术可以单独使用也可以组合使用。

减小航船上摩擦力的方法包括：结合使用一项保持包含在气泡/水混合物中的气泡含量小于 99% 的技术和一项保持气泡的平均直径小于 600 微米的技术。

本发明的低摩擦航船包括: 一个配置在航船上的气泡/水混合物的产生与供应装置; 一个流体喷射开口, 该开口与气泡/水混合物的产生和供应装置相连接, 以便沿向航船尾部的方向并以一定的角度把气泡/水混合物喷射到在航船的水下表面附近形成的附面层中。

本发明还包括一项组合技术, 即混合物的喷射角度约为 20 度; 流体喷射开口设置成在航船的从船头至船尾为交错排列; 流体喷射开口为一狭缝形; 该喷射开口上具有许多小细孔; 该航船具有双层船体结构; 气泡/水混合物的产生和供应装置装设在外船体与内船体之间形成的空腔部分; 该供应装置安装在流体喷射开口附近。

本发明的低摩擦航船包括: 设置多个气泡/水混合物的产生和供应装置, 该装置以一定的间隔距离从船头至船尾的方向隔开放置在双层船体结构的内船体和外船体之间所形成的空腔部分中; 或沿垂直方向安装, 或沿左舷与右舷两侧方向安装; 流体喷射管配置在气泡/水混合物的产生和供应装置和流体喷射开口之间, 使两者相连通, 并且穿过航船的外船体; 一个配装在空腔部分中的集流管, 该管用来使气泡/水混合物的产生和供应装置与许多个流体喷射管相连通; 截止阀装在空腔部分中; 配置在船体外壳内面的补偿板用来加强流体喷射管所穿过该外船体的那部分外船体的强度。

本发明的产生微细气泡的方法包括: 通过许多小细孔使气流垂直于水流进行喷射, 由水流将气流打散, 从而使气泡混入水流中。

本发明的产生微细气泡的装置包括: 在其侧壁上设有许多小细孔的流体输送管, 该管与产生气泡/水混合物的供水装置相连通; 围绕流体输送管的侧壁外表面的气室, 该气室与小细孔相连通; 一个与气室相连通的压缩空气供应装置, 该装置用来通过小细孔喷出压缩

空气。

当从航船里把气泡/水混合物喷入附面层中时,与仅使用气泡进行喷射相比,由于水的质量远大于气体,因而气泡/水混合物具有更大的动能,则气泡可以更有效地被输送到预期到达的附面层中的底部区域以减小摩擦力。此外,由于利用了水的动能,从而产生了一个方向与气泡/水混合物的喷射方向相反的推力。

当气泡/水混合物从流体喷射开口朝船尾的方向喷射时,气泡自身沿船的水下表面分布,从而既减小了摩擦力又产生了一个向前的推力。

由于空气和水的质量相差三个数量级,因此,即使是气泡/水混合物中增加1%的水含量,都会影响到气泡传送的有效性及推力的产生。

通常,小尺寸的气泡在降低摩擦力方面更有效,因此气泡的平均直径应不大于600微米。

当气泡/水混合物的喷射角度与水下表面或20度时,更能有效地减小摩擦。

将气泡混入气泡/水混合物中,可使气泡的尺寸得到调整,并且该混合物还可以保持气泡的尺寸,因此,气泡的尺寸受流体喷射开口的尺寸与形状的影响较小。

当航船具有双层船体结构时,外船体和内船体之间的空腔就可得到利用,并且使气泡/水混合物可以在靠近喷射开口处产生。因此通过把流体喷射开口沿船头至船尾的方向,沿垂直方向和沿船体左舷或右舷方向交错排放,就可以从船体的多个位置和许多孔中喷射出气泡/水混合物。

当在流体喷射开口与气泡/水混合物供应装置之间装有穿过航船的外船体的流体喷射管时,一个气泡/水混合物供应装置可以通过一个集流管把气泡/水混合物输送到许多地方,并且有许多控制阀用来打开或关闭这些流体喷射开口,使它们与航船的外部环境相连通或相隔绝。

关于产生微细气泡以减小摩擦阻力的方法和装置,从气室通过许多孔把压缩空气喷射到流体输送管中的水流中,此时,水流将空气流打散,在打散过程中所形成的气泡就被混入水流中,然后,该混合物就通过流体输送管输送到所预期的船体位置上。

气泡/水混合物中的气泡受下列因素控制:即细孔的直径与数量,空气的流量和流体的速度。

现借助有关附图及具体实施例详细描述本发明的方法及装置的特点和其他目的。其中:

图 1 是将本发明减小航船摩擦的方法应用于一个航船上的实施例的简化侧视图;

图 2 是将本发明减小航船摩擦的方法应用于一个航船上的实施例的简化平面图;

图 3 是将本发明减小航船摩擦的方法应用于一个航船上的实施例的简化剖面前视图;

图 4 是本发明用来产生微细气泡的方法及装置的局部剖面图,该图用来说明该装置的使用;

图 5 是图 1 中所示的流体喷射开口的一个实施例;

图 6 是图 1 中所示的流体喷射开口的另一个实施例;

图 7 是示出微细气泡产生装置附近放大的结构的剖面图;

图 8 示出了由计算机分析所得到的一个大型油轮的水下表面上的摩擦系数的分布情况;

图 9 示出了图 8 中所示的大型油轮的水下表面中形成的附面层中的速度分布情况;

图 10 是在图 1 所示的低摩擦航船的模型上及流体喷射孔处的测量点的放大视图;

图 11 示出了在图 10 中所示的各测量点处空气流率与摩擦减小程度之间的关系曲线;

图 12 示出了根据图 10 所示的各测量点的平均值绘制的水流喷射速率对摩擦减小程度的影响曲线;

图 13 示出了根据低摩擦航船的模型绘制的空气流率 and 水的喷射速率对摩擦减小程度的影响曲线;

图 14 示出了在该低摩擦航船模型中, 一个由气泡产生速率通过空气流率无量纲化后的新参数与气泡产生速率之间的一组关系曲线;

图 15 示出了在该低摩擦航船船体模型中, 摩擦减小程度、流体喷射速率和总能量之间的一组关系曲线;

图 16 示出了由图 4 所示的微细气泡产生装置在每分钟 5 升的空气流量的工作条件下产生的各种直径的气泡存在的或然率;

图 17 示出了图 4 所示的微细气泡产生装置在每分钟 10 升空气流量的工作条件下产生的各种直径的气泡存在的或然率;

图 18 示出了图 4 所示的微细气泡产生装置在每分钟 20 升的空气流量的工作条件下产生的各种直径的气泡存在的或然率;

图 19 示出了由其上具有许多平均直径为 60 微米小细孔的多孔

板在每分钟 5 升空气流量的工作条件下产生的各种直径的气泡存在的或然率;

图 20 示出了由其上具有许多平均直径为 60 微米小细孔的多孔板在每分钟 20 升的空气流量的工作条件下产生的各种直径的气泡存在的或然率;

图 21 示出了由其上具有许多平均直径为 15 微米小细孔的多孔板在每分钟 5 升的空气流量的工作条件下产生的各种直径的气泡存在的或然率;

图 22 示出了由其上具有许多平均直径为 15 微米小细孔的多孔板在每分钟 20 升的空气流量的工作条件下产生的各种直径气泡存在的或然率;

图 23 示出了平均摩擦系数减小程度与动量流入率之间的关系曲线;

图 24 示出了图 23 中所示的同一关系曲线, 但其垂直轴上的数值应除以空气流率的 1.3 次方。

下面参照附图介绍本发明减小航船摩擦的方法以及用于航船(例如油轮或集装箱运货船)上使其减小摩擦产生微细气泡的装置的应用实例。

在图 1~图 7 中, 使用了以下参考编号: 低摩擦航船 Y; 船体 1; 气泡/水混合物的供应装置(微型气泡产生装置, 气泡/水混合物供应系统) 2; 流体喷射开口 3; 水下表面 4(船表面); 推进器 5; 方向舵 6; 进气孔 7; 进水孔 8。

图 3 中示出的低摩擦航船 Y 中的船体 1 是一个具有一外船体 11 和一内船体 12 的双层船体结构的实例, 在外船体 11 和内船体 12

之间形成的多个空腔部分 13 中, 有若干个支承结构 14, 因此在垂直方向以及左舷和右舷方向都以一定的间隔距离安装有许多气泡/水混合物的产生装置 2。

进气孔 7 沿前进方向看配置在甲板前部, 进水孔 8 也沿前进方向看配置在左舷和右舷侧前部的水下表面 4 的下面。

由支承结构 14 所支承的气泡/水混合物供应装置 2 配置在船体 1 的适当位置上。它应能够以某种固定的流率供应空气和水, 并且能够在混合物从流体喷射开口 3 中喷射出之前形成气泡和水的混合物。

图 4 中所示的气泡/水混合物的供应装置 2 包括: 进水孔 8; 供水装置 21, 与进水孔 8 及供水装置 21 相连接的流体输送管 22, 在流体输送管 22 的侧壁上均匀分布的许多小细孔 23, 这些小细孔沿管 22 的圆周方向和轴向方向以一定间距均匀配置; 以及围绕在这些水细孔 23 周围的气室 24。

气泡/水混合物的供应装置 2 将在后面说明。如图 4 中所示, 供水装置 21 包括: 一个与进水孔 8 相连接的泵 21a, 该泵用来吸入海水(水); 供水管 21b, 该管与泵 21a 相连接, 并配置在外船体 11 和内船体 12 之间的空腔中, 以便将水输送到船体 1 中任何需要水的位置; 配置在供水管 21b 上的流量控制阀 21c, 该阀用来控制水的流量; 与供水管 21b 相连接的供水压力表 21d, 该表用来测量供水的压力; 以及供水流量计 21e, 该流量计配置在供水管 21b 上, 用来测定供水量。

如图 4 中所示, 气室 24 包括: 一围绕在空腔部分 24a 周围的气室壳体 24b, 以便将流体输送管 22 的外壁和小细孔 23 围住; 用来关

闭气室壳体 24b 的开口的端盖 24c; 用来把气室壳体 24b 和端盖 24c 固定在流体输送管 22 上的管套 24d; 一配置在气室壳体 24b 上用来把空腔部分 24a 连接到压缩空气供应装置 25 上的连接插头 24e; 以及用来密封在流体输送管 22 和气室壳体 24b, 端盖 24c 和管套 24d 之间的每个接缝的密封件 24f。

如图 4 中所示, 压缩空气供应装置 25 包括: 一个用来吸入空气 (大气) 的鼓风机 25a, 它与进气孔 7 相连接; 一个与鼓风机 25a 相连接并且穿过外船体 11 和内船体 12 之间的空腔部分 13 的压缩空气供应管 25b, 该管用来把压缩空气输送到气泡/水混合物的供应装置 2 的连接插头 24e 中; 空气流量控制阀 25c 插在压缩空气供应管 25b 中; 用来调节空气的供应量; 一个空气流量计 25d, 用来测量空气的供应量; 一个具有一节流孔的压力检测器 25e, 用来限制流动通道; 一个与压力检测器 25e 相连接的压力变送器 25f, 用来将空气压力转变成电信号; 及一个用来测量在压缩空气供应管 25b 中的空气压力的空气压力表 25g。

下面来说明流体喷射开口 3 的详细情况。如图 1、4、5、6 和 7 中所示, 流体喷射开口 3 与气泡/水供应装置 2 相连接, 且其被配置在水下表面 4 的区域 E 内, 该 E 区构成需要减小摩擦的区域 (喷射区域)。如图 5 和图 6 中所示, 该开口的可为狭缝或为小细孔, 当朝着航船的尾部看去时, 流体喷射开口 3 应配置成相对于水下表面成一个 θ 角。例如, 该 θ 角可定为约 20 度, 如图 4 和图 7 中所示。

在各流体喷射开口 3 之间沿垂直方向和侧向的间隔距离大小可以人为设定, 如图 5 和图 6 中, 以提供高密度的开口 3, 但是该密度又不会太高以至相互间发生重叠。开口 3 在船头到船尾的间隔距离

后面还要详细讨论,但它们应配置成能维持气泡的状态。

由于流体喷射开口 3 是安装在水下表面 4(外船体 11)上制出的一个孔上,因此它具有如图 4 和图 7 中所示的特殊结构。该流体喷射开口 3 包括:一个与配置在外船体 11 和内船体 12 之间的气泡/水供应装置 2 的流体输送管 22 相连接的集流管 3a;从集流管 3a 分出并且穿过外船体 11 的许多流体喷射管 3b;一个配置在流体喷射管 3b 上的截止阀 3c,该阀用来将空腔部分 13 和外界(海水等)相连通或相隔离;以及一个补偿板 11a,它被整体地配置在外船体 11 和流体喷射管 3b 上,用来加强流体喷射管 3b。

图 8 示出了一个 20 万吨~30 万吨级的油轮船体 1 的水下表面 4 上的摩擦系数分布的计算机分析结果。此外,与船体 1 的形状有关的雷诺数为 2.43×10^9 。

此外,应当注意,图 8 中示出船体 1 在半部是从图 3 中的箭头看去的水下表面 4 的摩擦系数分布。

如图 8 所示,船体侧面 1a 的摩擦系数 c_f 与船体底部 1b 的摩擦系数稍有不同,并且它们的数值均略小于船体 1 的尾部侧的数值。因此需要减小摩擦的区域 E 不包括尾部区域,以防止由于气泡混入推进器 5 中而引起气穴现象。

图 9 示出了在水下表面 4 上形成的附面层 B 中的速度分布。

当船体 1 沿着图示箭头方向行驶时,水与水下表面 4 的相对速度 u 附着水与水下表面 4 的距离 δ 的增加而增加。

在这种情况下附面层 B 的厚度(也就是在该厚度上的相对速度 u 与船体 1 的行驶速度是相同的),对于 20 万吨~30 万吨级的油轮约为 1.2 米,而对同样吨级的集装箱运货船则为 1 米。

所以，应控制从气泡/水混合物的喷射装置 2 中喷射气泡/水混合物的喷射距离，以便气泡(微细气泡)在该附面层距离内形成，并且小直径气泡(微细气泡)在水下表面 4 附近形成。

下面对使用该气泡/水混合物供应装置 2(微细气泡产生和供应装置)在低摩擦航船 Y 上减小摩擦的方法以及产生微细气泡的方法进行说明。

当供水装置 21 起动后，从进水孔 8 吸入的海水等通过泵 21a 增压，并通过供水管 21b 被输送到流体输送管 22 中。于是在流体输送管 22 内产生了水流，而水流通过集流管 3a 分配到许多流体喷射管 3b 中，并且从流体喷射开口 3 中喷出。

水的压力和供水流量可由供水压力表 21d 和供水流量计 21e 测出，并且按照流体喷射开口 3 的位置通过调整流量控制阀 21c 可以对供水的流量进行调整。

当压缩空气供应装置 25 起动后，从进气孔 7 吸入的空气通过鼓风机 25a 增压，并且通过压缩空气供应管 25b 充入气室 24 中。

当压缩空气送入气室 24 的内部空间 24a 后，便通过许多小孔 23 排入流水中时，该空气就变成以微细气泡的状态混合在该水流中。

因此当流体输送管 22 中通有水流时，从小细孔 23 中喷出的气流就和水流相互成垂直正交，且当水流以足够高的速度流动时，可以预料将会产生气流被水流打散的现象。

例如，当小细孔 23 的直径相对于水流速度比较小时，气流就经常被打散，并且无数气泡产生，而且这些气泡被包含在水流中，因而便产生了气泡/水混合物，该混合物通过流体输送管 22 被输送到要

求的流体喷射开口 3 中。

因此, 气泡/水混合物中的气泡取决于小细孔 23 的尺寸和数量, 空气的体积以及水流的运动速度。

由于气泡/水混合物是通过配置在许多位置的气泡/水混合物产生装置 2 在流体喷射开口 3 的附近产生的, 因此在该混合物的产生位置和喷射入水下表面 4 的附面层的位置之间可以保持较短的距离。

由于混合物中包含质量远远大于空气的水, 该气泡/水混合物具有较大的动能, 所以与单独使用气泡 A 的情况相比, 该混合物可以更有效地传送到附面层 B 中所预期的底层内, 从而达到减小摩擦的目的, 如图 9 所示。

此外, 由于气泡/水混合物是以一个角度向船体 1 的尾部喷射如图 2、4、5、6 和图 10 中所示, 因而将产生一个与喷射方向相反的推力。

此外, 由于空气和水的质量相差三个数量级, 由气泡/水混合物射流所产生的推力主要是由水的动能而引起的。

例如, 即使水的体积含量只占混合物的 1%, 则该混合物的绝大部分动能是由水提供的。

因此, 为了把气泡 A 传送到附面层 B 中的要求位置, 或者为了使气泡/水混合物取得较大的动能, 一个有效的办法是将气泡/水混合物中的水含量增加到不致损害减小摩擦作用的程度。

当船体 1 具有一双层船体结构时, 气泡/水混合物的产生装置 2 可以很方便地配置在外船体 11 和内船体 12 之间的空腔部分 13 中。许多装置 2 可以放在从船头到船尾, 左舷和右舷侧、上部和下部等各

个方向上,从而可以将流体喷射开口 3 分布在围绕水下表面 4 的各个位置上。这样,气泡/水混合物就可以从许多位置上喷出,如图 2 中的箭头方向所示,或者在气泡 A 变大之前能够喷出。

低摩擦航船 Y 和气泡/水混合物供应装置 2 的减小摩擦的性能可以通过制造一个船体 1 的缩小模型来验证。

图 10 示出了使用船体 1 的缩小模型来校验减小摩擦效果的实施状况,圆圈中的数字表示测量段 1~5。

测量段 1~5 是指从流体喷射开口 3 向船尾方向间隔一定距离的测量位置。数字表示位置之间的间隔距离(毫米)。

下面对这些实验进行说明。

缩小模型的船体 1 被设置于航行条件下,气泡/水混合物从流体喷射开口 3 中喷出,并且将测量段 1~5 中的摩擦系数及其它参数测量下来。

该航行条件如下:航速为 8 米/秒,喷射水流量 QW 在 0.25~7 升/分范围内变化,流体喷射开口 3 的狭缝宽度为 40 毫米,狭缝之间的间隔为 0.6 毫米,而空气流量为 5~25 升/分,水和空气被混合后而被喷出。

实验在下列条件下进行。

实验 1

使用图 4 中所示的气泡/水混合物产生装置 2,试验船体 X 示于图 10,在下列条件下从流体喷射开口 3 中将气泡/水混合物喷入水流中:

流体输送管 22 的内径: 8 毫米;

流体输送管 22 内的水流量 QW : 0.25~7 升/分;

流体喷射开口 3 的狭缝宽度: 40 毫米;

流体输送管 22 的狭缝间隙: 0.6 毫米;

小细孔 23 的直径: 0.5 毫米;

小细孔 23 的数目: 144 个;

气体流量: 5~25 升/分;

气泡/水混合物的输送距离: 150 毫米;

(即从小细孔 23 到流体喷射开口 3 之间的距离)

倾斜角 θ : 20 度。

实验 2:

多孔板尺寸: 350 毫米 $\times$ 450 毫米 $\times$ 10 毫米(厚度);

孔的平均直径: 60 微米;

多孔板的喷射方向: 与水流成直角;

空气流量: 5~25 升/分。

实验 3:

多孔板的尺寸: 350 毫米 $\times$ 450 毫米 $\times$ 10 毫米(厚度);

孔的平均直径: 15 微米;

多孔板的喷射方向: 与水流成直角;

空气流量: 5~25 升/分。

共同条件:

水流速度(航速): 8 米/秒;

水流静压: 0.26 公斤/厘米²;

用来评价摩擦减小程度的一个参数基于一个比值, 该比值是用空气射流量除以排除的附面层厚度、狭缝宽度和水流速度的乘积得到的无量纲的空气流率。换句话说, 用式子可以表示为:

空气流率 = 空气射流量 / (排除的附面层厚度 × 狭缝宽度 × 水流速度)。

摩擦减小的程度可以用一个比值来表示, 即: (有空气射流的摩擦系数 CF) / (无空气射流的摩擦系数 CFO)。

在测量段 1~5 中的空气流率和摩擦减小程度的关系曲线在图 11 中示出。此时水流量为 0.25 升/分 (恒定值)。其结果是当空气流量增加时, 摩擦减小的作用也趋向增加。在所有的各测量段 1~5 中, 情况大致相同。

对从各测量段 1~5 中取得的数值进行平均并且对水流量 (QW) 对摩擦减小的影响进行研究, 研究结果示于图 12 中。由图中可以看出如下趋势: 随着水流量的减少, 摩擦减小的效果就增加。

由于空气流量和水流量之间的不同而引起的压力损失示于图 13 中。由图可见如下趋势: 空气流量和水流量的增加都将导致压力损失的增加。

引入一个新参数 Rcf 是为了建立该参数与通过将空气流率无量纲化后获得的气泡产生率之间的关系。其结果示于图 14 中。该新参数 Ref 可以用下列方程表示:

$$Rcf = (1 - \text{摩擦减小率}) / \text{空气流率} = \text{摩擦减小效果} / \text{空气流率}$$

水平轴是用空气流量与总流体量 (即空气流量和水流量之和) 的比值进行无量纲化后得到的气泡产生率。

从每个空气流率所对应的 Rcf 值可见, 这些数值均匀分布成“山”形状。当空气流率增加时, 其峰值位置有向气泡产生率为 1.0 处移动的趋势。

实验结果表明, 存在着一个水流量的最佳值, 在该最佳值下气泡

将射入附面层中能最有效的减小摩擦。人们认为,当水流量增加时,气泡将一直向上升。因此如果水流量小于该最佳值,气泡将不能到达最佳附面层,而如果水流量超过该最佳值,则会将气泡从最佳附面层中排出。

当空气流率增加时,其峰值位置有向气泡产生率为1处移动的趋势,可以认为这种情况是由于此时气泡已达到能有效减小摩擦的附面层位置,无需水流喷射力的协助而造成的。

上述观测结果表明,把水混合在气泡中能使该混合物有效地射入到附面层内的一个能有效减小摩擦的特定层位置中。

根据气流和水流的压力和流量,可以计算出喷射所需的总能量,图15中,水平轴代表总能量,纵轴代表摩擦减小程度比率,结果表明,当水流量为0.25~0.5升/分时,摩擦减小的效果最好。

将混入水流中的气泡拍成照片,可用来测量气泡直径的分布。图16~图22中示出了部分测量结果。

从图16中可以看出,在水流速度为8米/秒,空气流量为5升/分,水流量 $QW = 1$ 升/分的条件下,最高分布值处的气泡直径为250微米,气泡直径的总的分布范围为200~425微米。由图可见,即使在小细孔23的直径为0.5毫米的情况下,由于水流对气流的打散作用,仍可产生较小直径的气泡。

从图17和图18可见,当气流量增加时,就有产生较大直径气泡的倾向。如果使用多孔板,所产生的气泡的直径均无一例外地大于多孔板上孔的直径。

通过比较图19和图20可以看到,当空气流量增加时,气泡的平均直径会增大。

通过比较图 21 和图 22 也可以看到, 当空气流量增加时, 气泡的直径会加大, 但是与图 19 和图 20 所示的结果相比, 所产生的气泡直径较小。

根据以上结果可以作出推断, 即使是在如图 4 所示的微型气泡产生装置 2 中, 改变小细孔 23 的直径和流速也可以容易地产生小直径的气泡。气泡的数量和直径的大小可以通过改变流体输送管 22 侧壁上形成的小细孔 23 的数量和大小而进行随意调整。同样, 当发生由于气泡太多和太大而使气泡在相互接触中直径变大的情况时, 可以通过在试验船体 X 中的流体喷射开口 3 附近设置小细孔 23 来加以修正。

在一般技术中, 航船的主要驱动装置是使用如柴油发动机, 而在本发明的低摩擦航船中, 一部分推力可通过喷射气泡/水的混合物来提供。因此如果因减小摩擦力而节约的能量大于为产生和喷射气泡/水混合物所消耗的能量, 则该低摩擦航船是可行的。

根据图 11~图 15 所示的结果, 对摩擦系数平均减小程度比率的分析是通过定义动量流入率 h 和使用空气流量 q_a 做为参数来进行的, 分析的结果示于图 23 中。

动量流入率 h 可定义为单位时间的摩擦力(即摩擦力本身)所消耗的动量与将气泡/水混合物喷射到附面层底部单位时间所需的动量之间的比。

从图 23 中可以看出, 当空气流率 q_a 增加时, 平均摩擦系数的减小率也增加, 而且, 这种变化也基本上与动量流入率 h 的变化相对称。

当将平均摩擦系数减小率用空气流率 q_a 的 1.3 次方所得的值

数归一化并对动量流入率 h 画图, 所得到的结果与空气流率 q_a 无关, 均在大致相同的曲线上。

下面列出根据图 24 的计算结果计算能量减小的一个实例。

假设条件为:

(1) 没有安装减小摩擦装置的航船以巡航速度行驶时所需驱动功率为 1 马力 (HP)。

(2) 摩擦阻力占巡航时全部阻力的 90%。

(3) 其它阻力如造波阻力和粘性阻力占 10%。

(4) 由于喷射气泡/水混合物所产生的摩擦系数平均减小程度为 0.4。这与当混合物理论上被射入最佳附面层时摩擦减小率 (CF/CF_0 的平均值) 的设定值 40% 相一致。

(5) 喷射气泡/水混合物的倾斜角为 20 度, 而 $\cos 20^\circ = 0.94$ 。

(6) 将动量流入率选定为 $h = 0.3$ 。这意味着由于摩擦力造成的动量损失的 30% 由气泡/水混合物施加到附面层。对一单位时间而言, 这个值相当于摩擦阻力本身的值。

计算实例 (把混合物喷射到水下表面的 100% 表面上, 其效率为 1)。

由于减小摩擦而节约的驱动功率 = $0.9 \text{ 马力 (HP)} \times 0.4 = 0.36 \text{ 马力 (HP)}$ 。

总驱动功率 = $0.1 \text{ 马力} + (0.9 \text{ 马力} - 0.36 \text{ 马力}) = 0.64 \text{ 马力}$ 。

微细气泡发生装置消耗的功率 = $0.9 \text{ 马力} \times 0.3 = 0.27 \text{ 马力}$ 这与假设 (6) 一致。

用于产生气泡/水混合物的 0.27 马力中 94% 用作驱动功 (假设 5), 因此:

$$0.27 \text{ 马力} \times 0.94 = 0.25 \text{ 马力}。$$

因此,从表达式(总驱动功率+微型气泡产生装置的输出功率——来自气泡与水混合物的驱动功率)中得出的低摩擦航船的驱动功率的减小量为:

$$\text{能量减少量} = 0.64 \text{ 马力} + 0.27 \text{ 马力} - 0.25 \text{ 马力} = 0.66 \text{ 马力}$$

因此,所节约的功率为:

$$1 \text{ 马力} - 0.66 \text{ 马力} = 0.34 \text{ 马力}。$$

上式表明,能量减小程度为 34%。

其它实施例

根据以上结果,可以认为以下技术在本发明中是有效的。

a) 大多数阻力是由摩擦力造成的,从图 8 所示的摩擦系数分布结果可以看出,使用本发明的航船最好吃水线较浅。

b) 本发明可以应用于其长与宽的差异较小的航船。

c) 本发明可应用于具有其它形状的航船上。

d) 喷射器可用来混合水和空气。

e) 流体喷射开口 3 的数目可增加,空气(气泡)的压力可以调整。

f) 流体喷射开口 3 可配置在船体 1 的水下表面的各个地方,或配置在流体静压力较低处的使用流体装置中。

g) 流体喷射开口 3 可具有不同于狭缝形的其它合适的形状。

h) 可以采用除空气以外的其它气体和除水以外的其它液体。

i) 流体输送管 22 可制成为双层或多层结构,以便使空气(或其它气体)能朝内或朝外喷射,从而改善空气与水的混合情况。

j) 找出小细孔 23 的直径、数量、气体类型和水的流动速度的适合的组合。

k) 使许多小细孔具有不同的直径, 以便产生不同直径的气泡。

本发明的减小航船的摩擦力的方法, 低摩擦航船和产生微细气泡以减小摩擦的方法和装置能产生以下效果。

(1) 本发明能将气泡/水混合物喷射到航船的水下表面附近的附面层中的要求位置, 这是由于, 和只用气泡的情况相比, 利用了质量较大的水, 使混合物具有较高的动能, 从而能有效地减小航船的摩擦力。

(2) 本发明通过从航船的水下表面喷射气泡/水混合物的方法, 主要通过利用水的动能形成方向与喷射方向相反的推力, 从而减小了驱动航船的功率消耗。

(3) 通过与航船的水下表面成一定角度向船的尾部喷射气泡/水混合物, 使该混合物能够有效地喷入附面层中, 从而改善和增强了减小摩擦的结果。

(4) 在喷射气泡/水混合物的过程中, 可以改变气泡的大小, 并且可以在喷射混合物的同时, 保持所产生的气泡的大小。

(5) 上述结构可以有效地喷射出气泡而不受流体喷射开口的尺寸或形状的影响。

(6) 在双层船体中采用本发明, 可以把要求数目的气泡/水混合物产生装置安装在两层船体之间的空腔部分内, 这样就可以在流体喷射开口附近产生气泡/水混合物, 以减小喷射所需的能量损失。

(7) 由于能够随意调整气泡/水混合物中的气泡含量, 因而就可以产生用来降低航船摩擦力所需的气泡的最佳数量。

(8) 通过在空腔部分中安装穿过该航船的外船体的流体喷射管, 可以使气泡/水混合物的喷射更加方便。

(9) 通过安装连接许多流体喷射管的集流管, 更有利于将气泡/水混合物分配到许多地点。

(10) 流体喷射管与截止阀相结合, 可使该管既可以与航船的外部环境相连通, 也可以与之相隔绝。

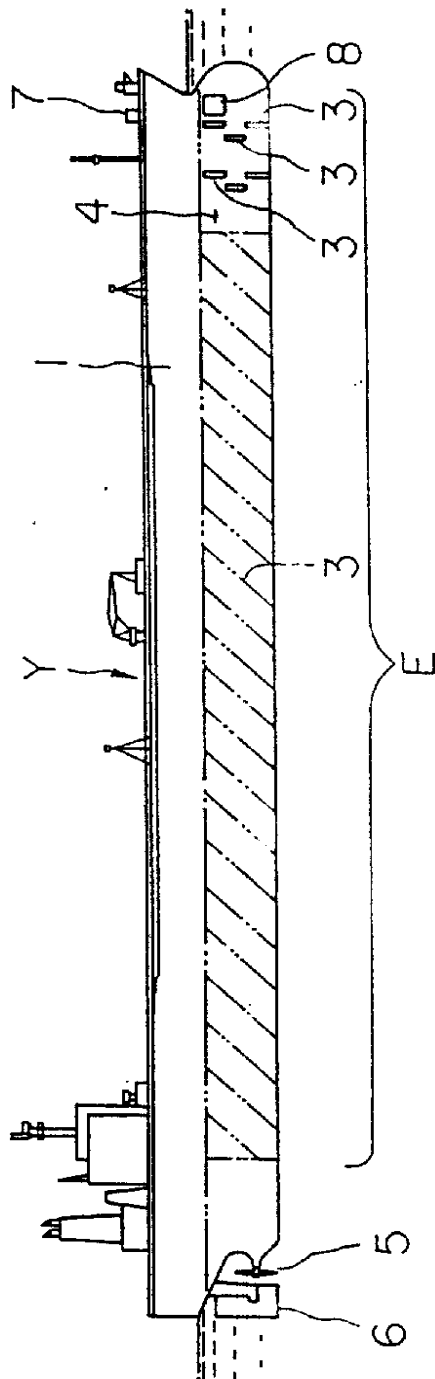
(11) 由于利用直角将空气喷向水流, 气流被水流打散使气泡混入水流中的技术, 因而各种参数可以容易地进行调整, 以产生大量合适的气泡/水混合物。

(12) 由于采用使水流与从小细孔中喷出的气流混合, 形成气泡/水混合流体的技术, 因而该装置的构造比较简单、操作经济。

(13) 由于使用了喷射气泡的方法, 使得对航船摩擦减小的检查工作更加方便。

(14) 气泡直径的调整可以通过调整诸如小细孔直径、水流流量等参数方便地进行。

说明书附图



1

图 2

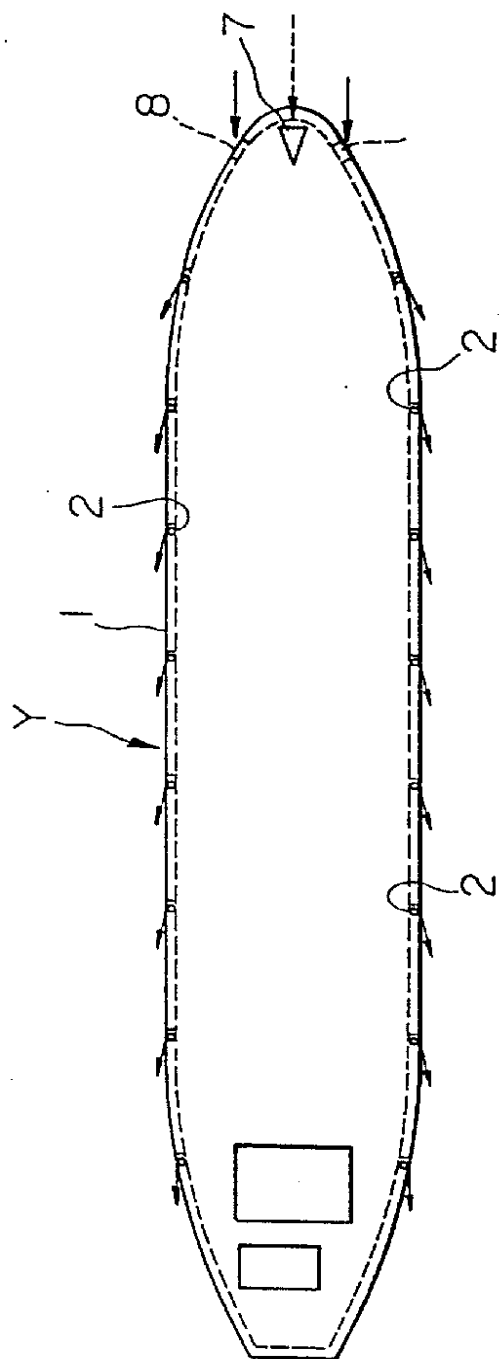


图 3

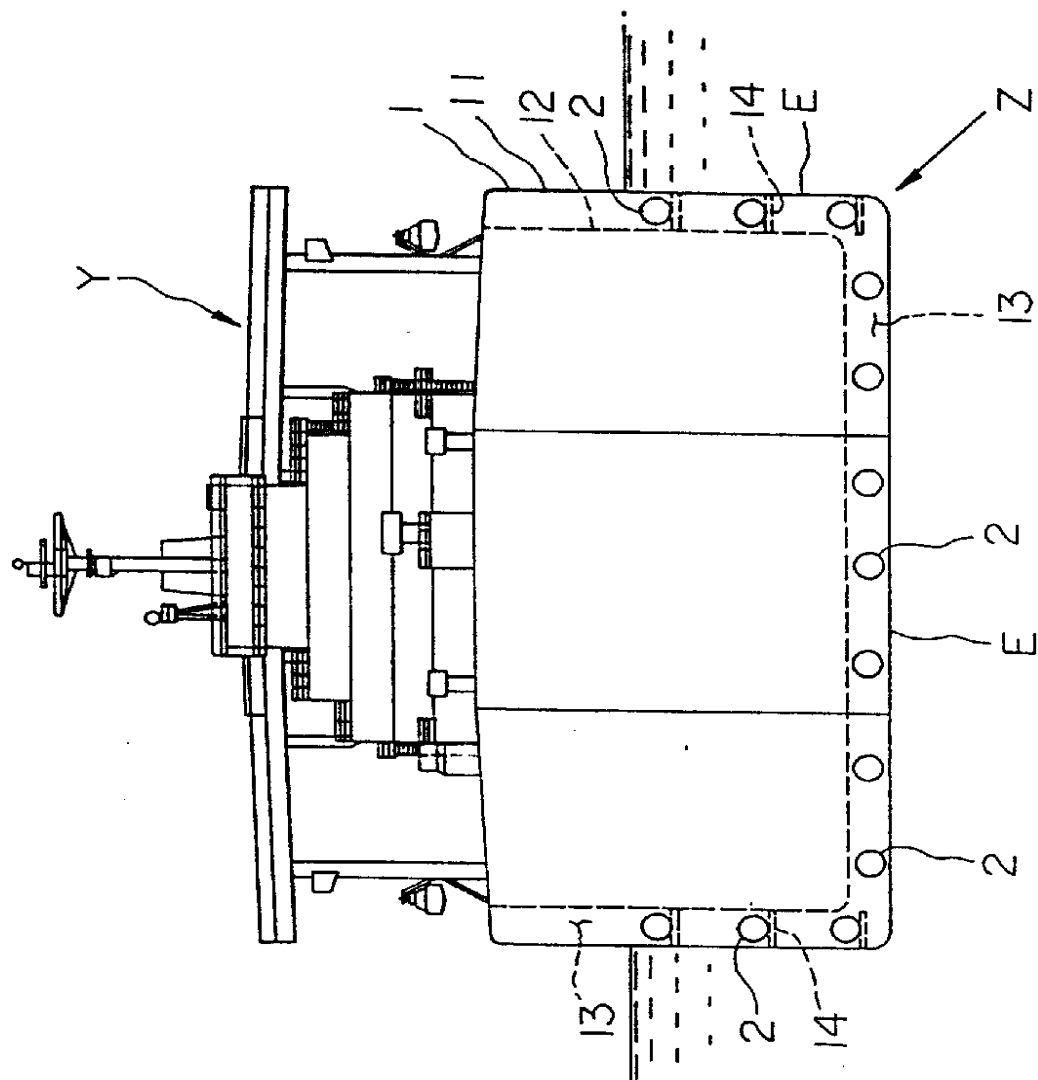


图 4

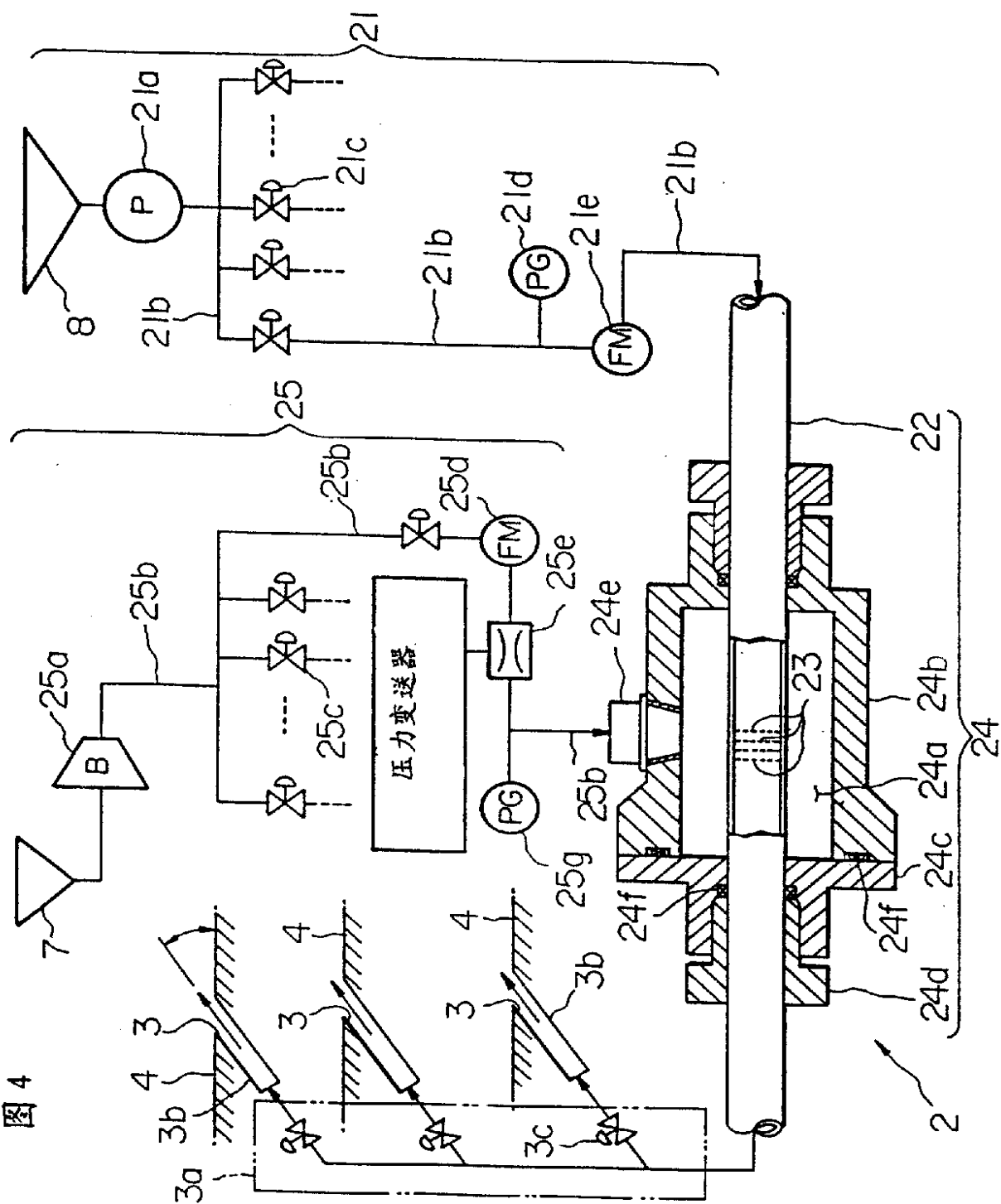


图 5

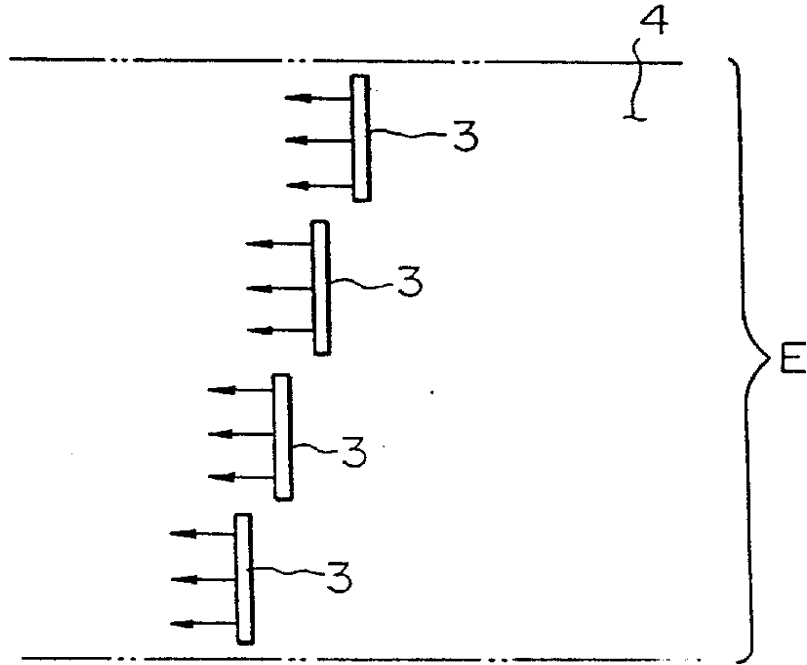


图 6

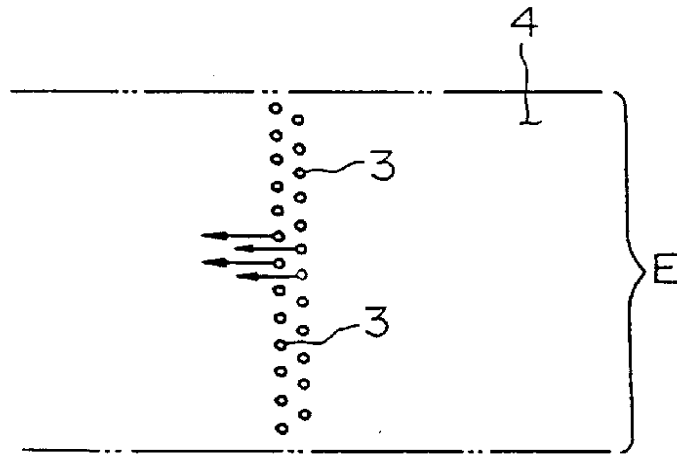


图 7

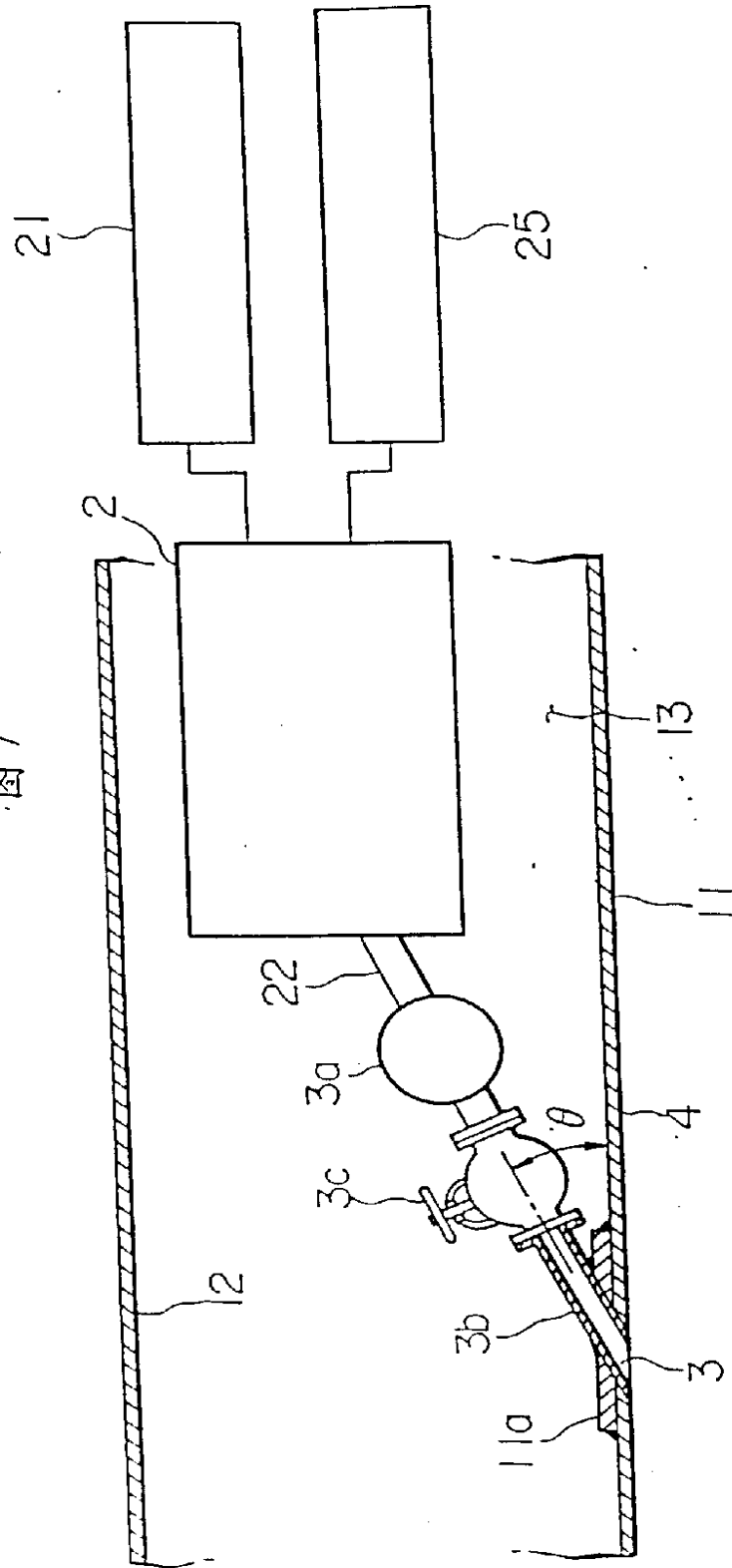
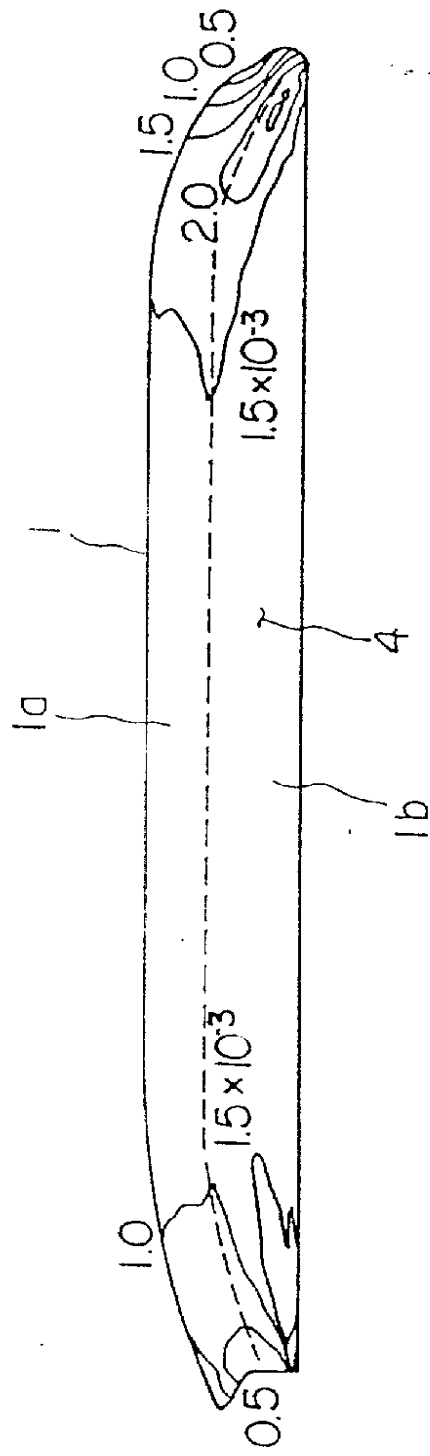


图 8



98 05 18

图 9

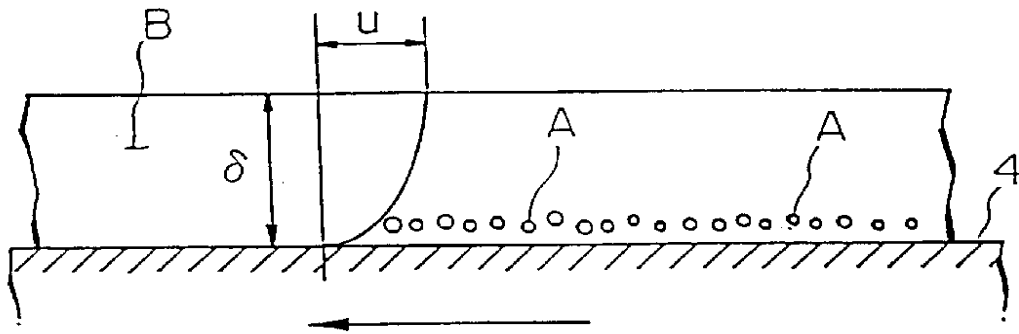


图 10

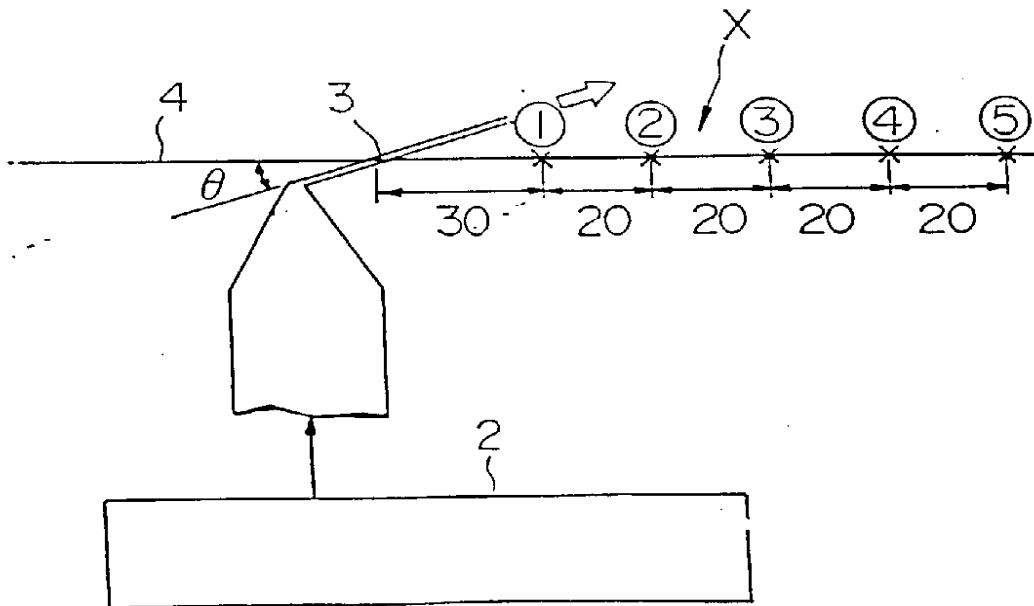
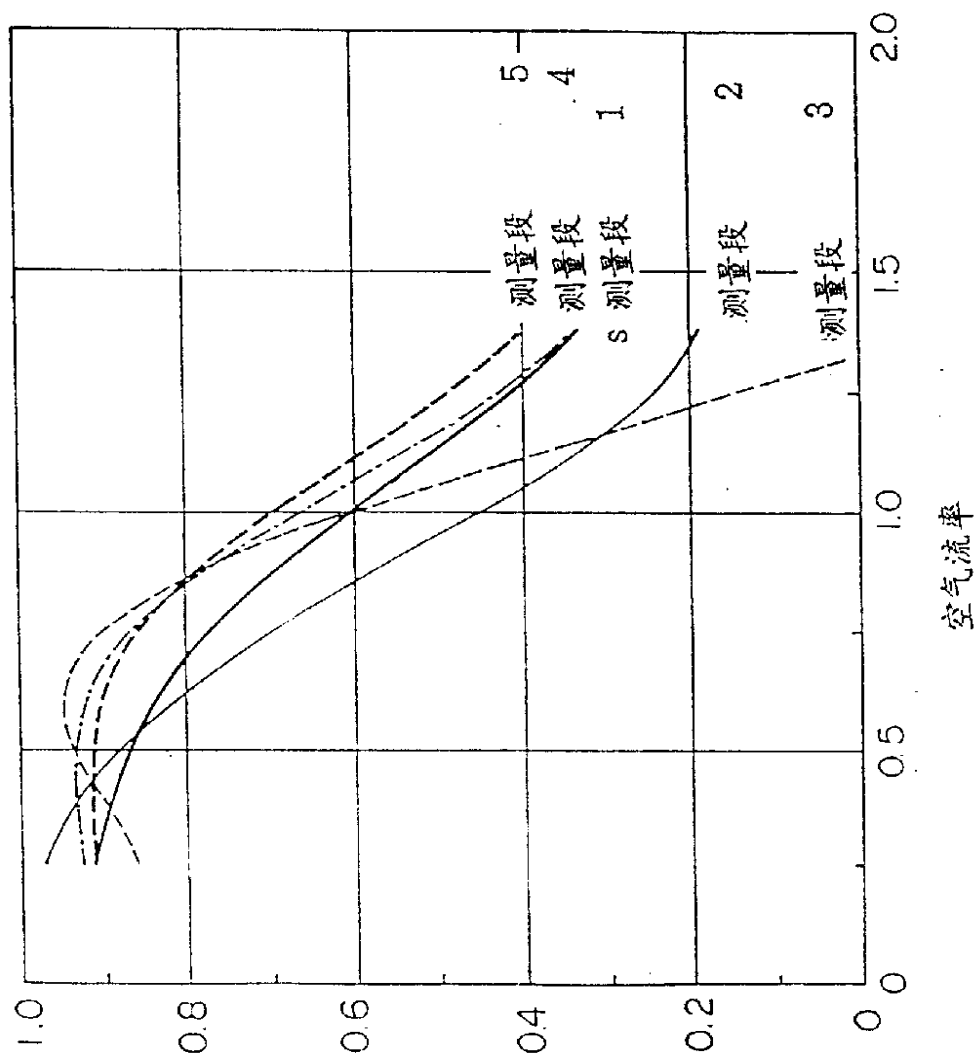
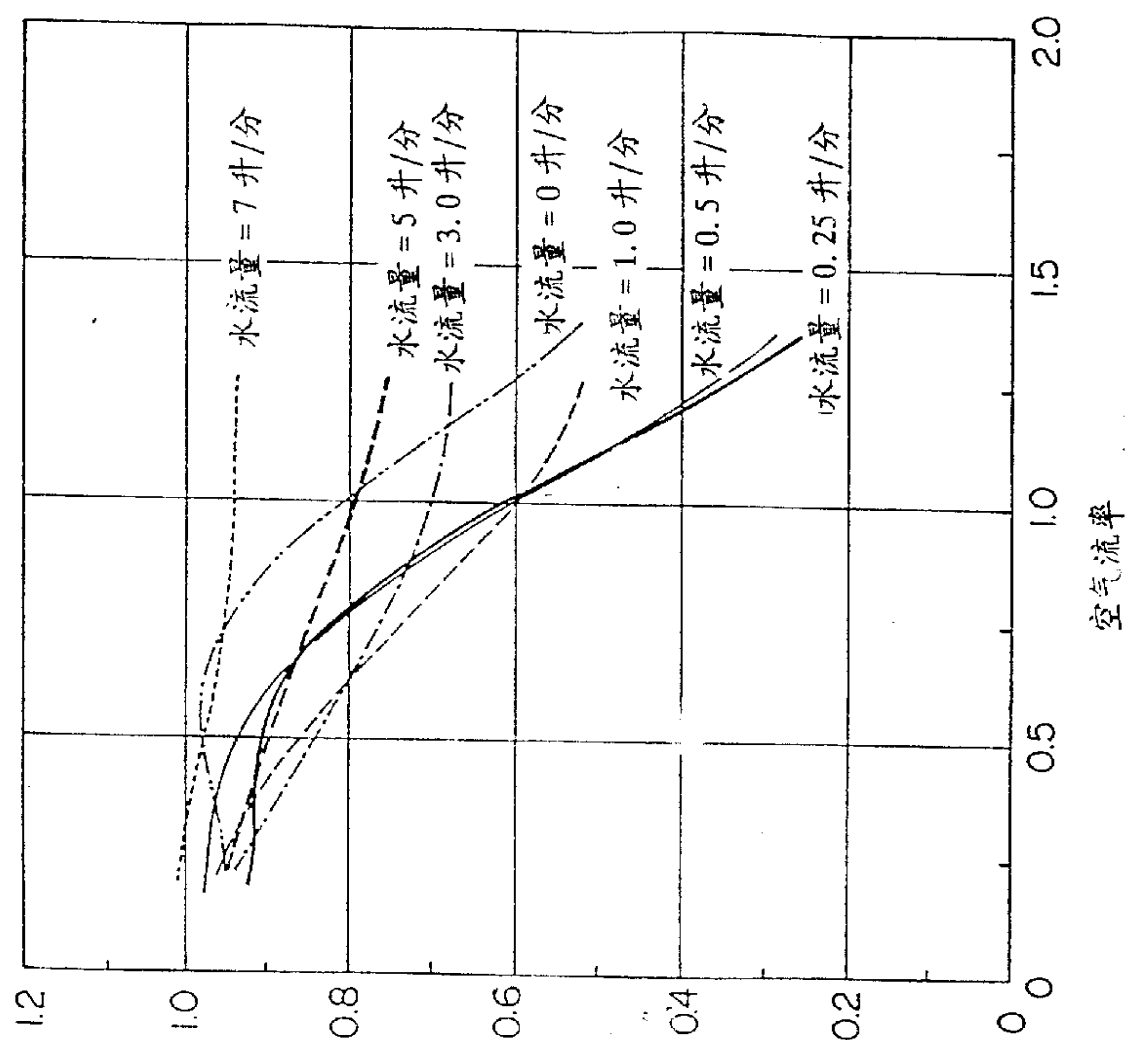


图 11



摩擦减小程度比率
(有空气射流的摩擦系数/无空气射流的摩擦系数)

图 12



摩擦减小程度比率
(有空气射流的摩擦系数/无空气射流的摩擦系数)

图 13

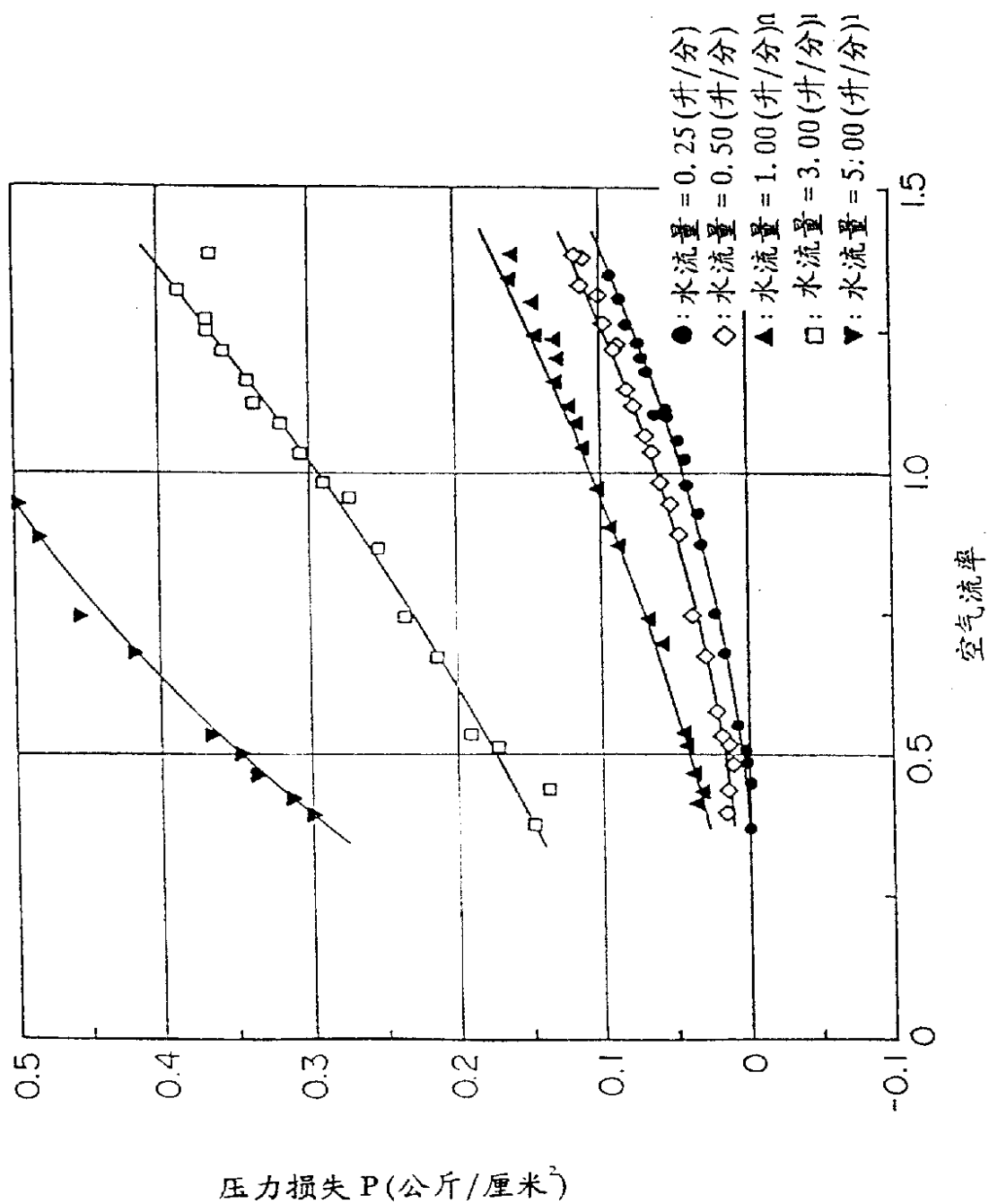


图 14

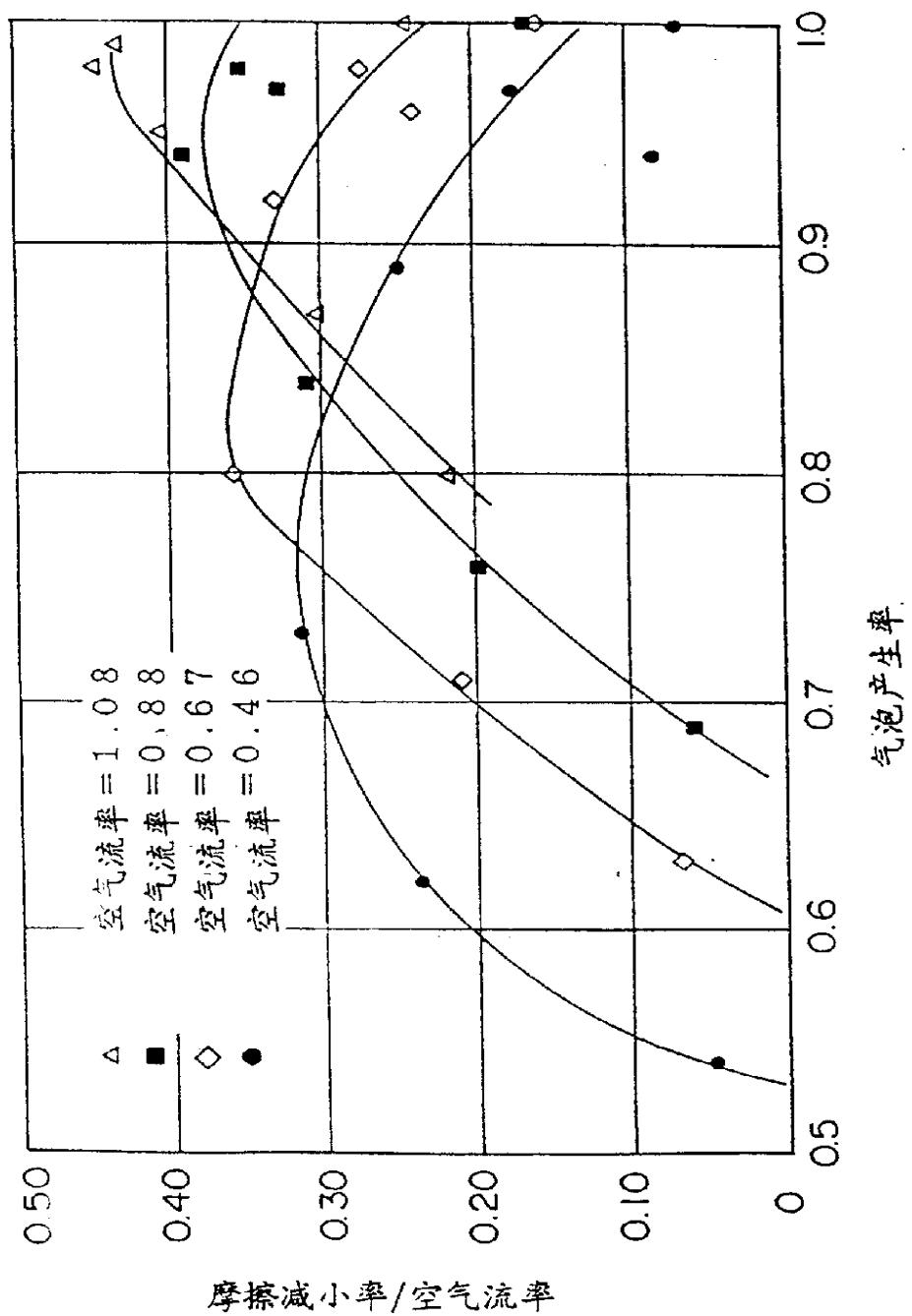
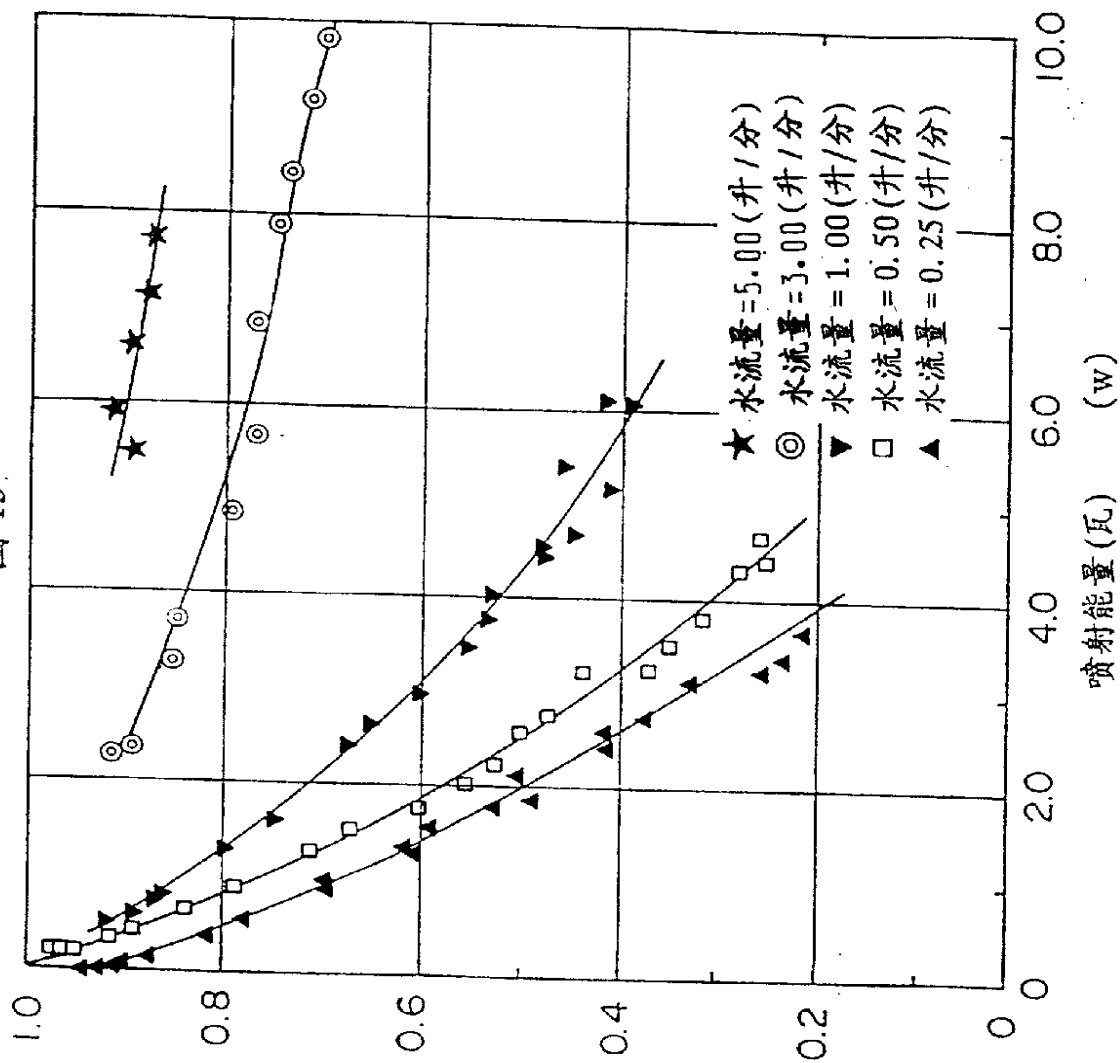


图 15.



摩擦减小程度比率
 (有空气射流时的摩擦系数/无空气射流时的摩擦系数)

图 16

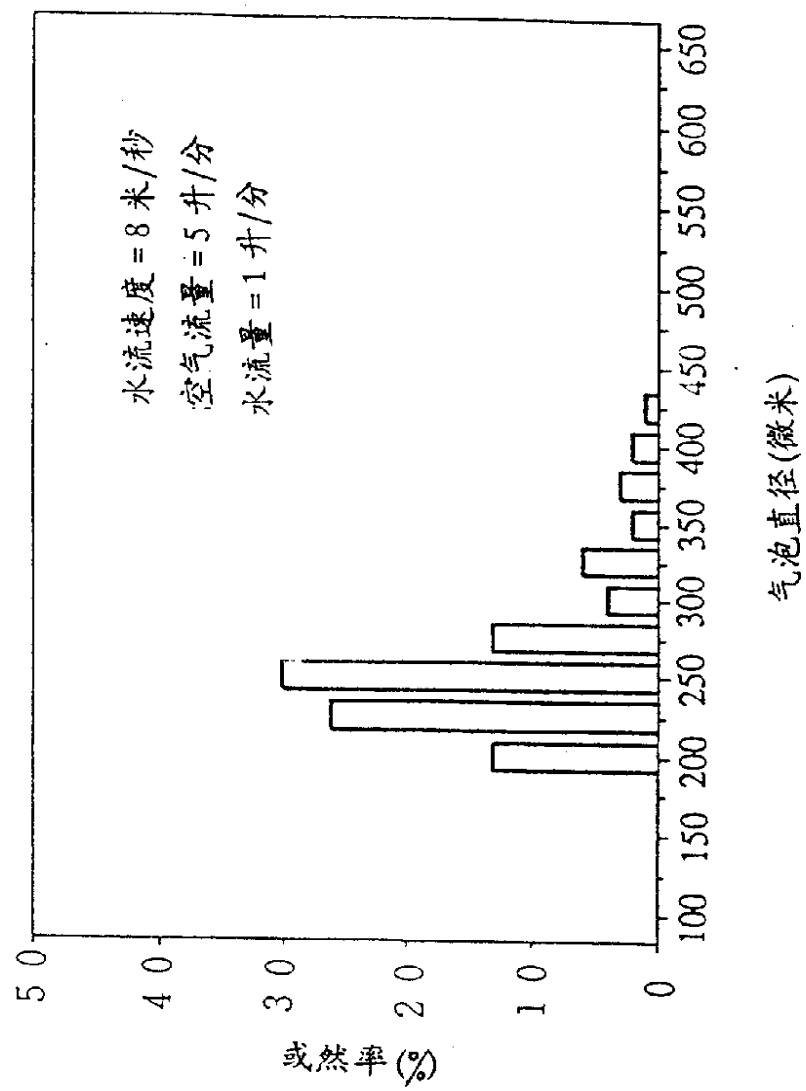


图 17

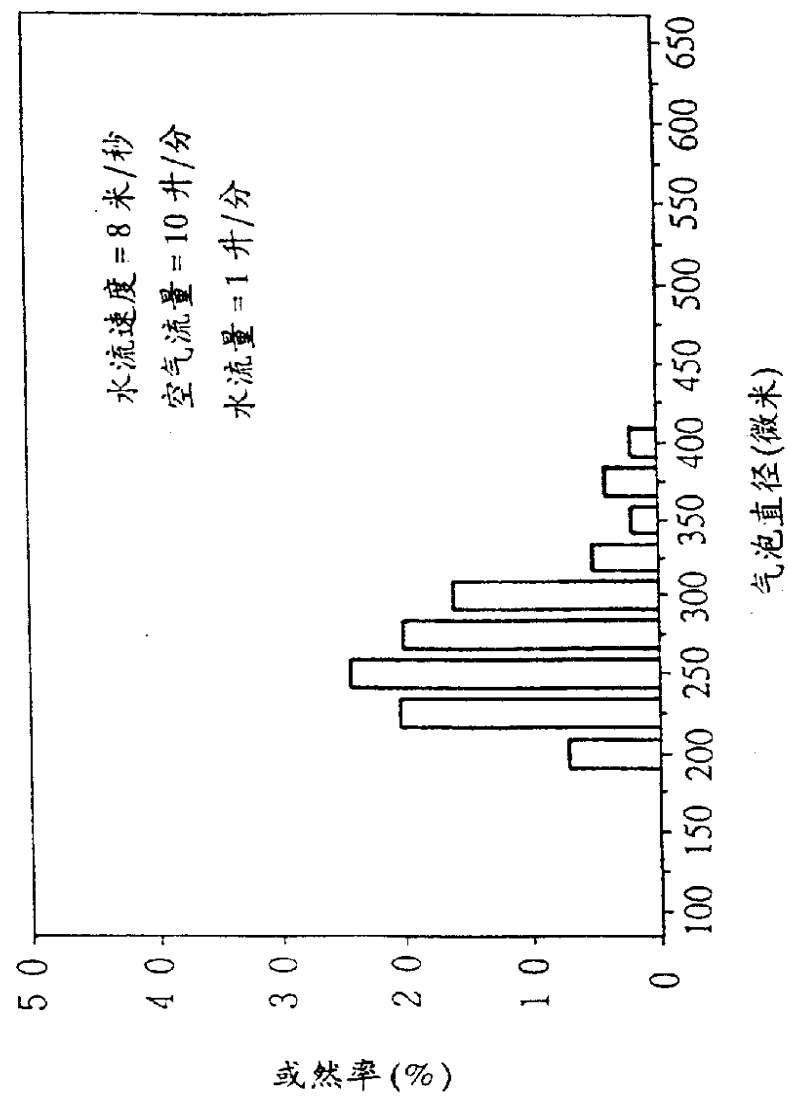


图 18

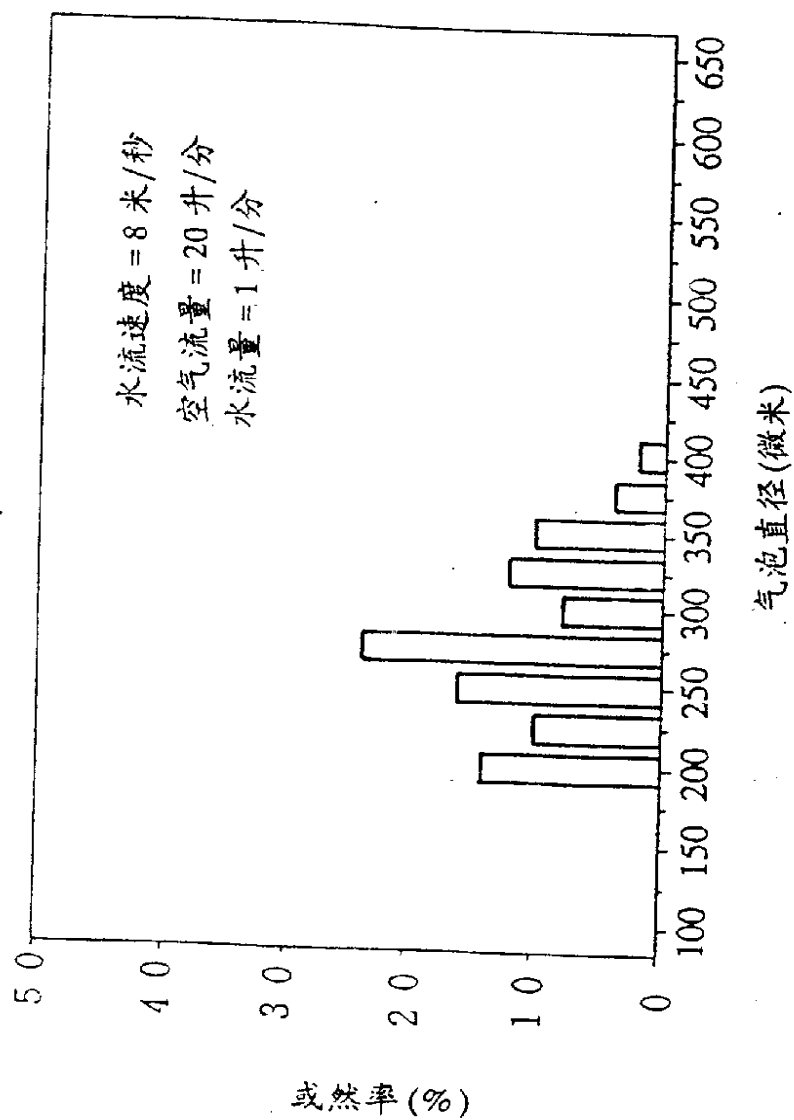


图 19

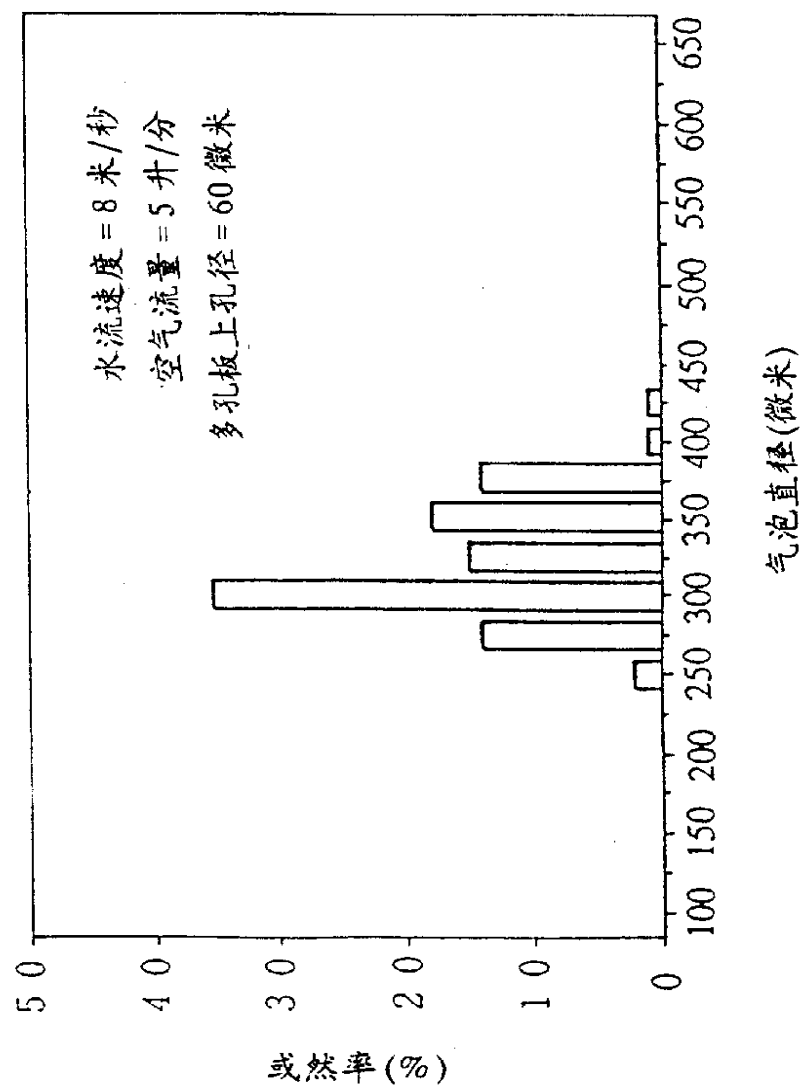


图 20

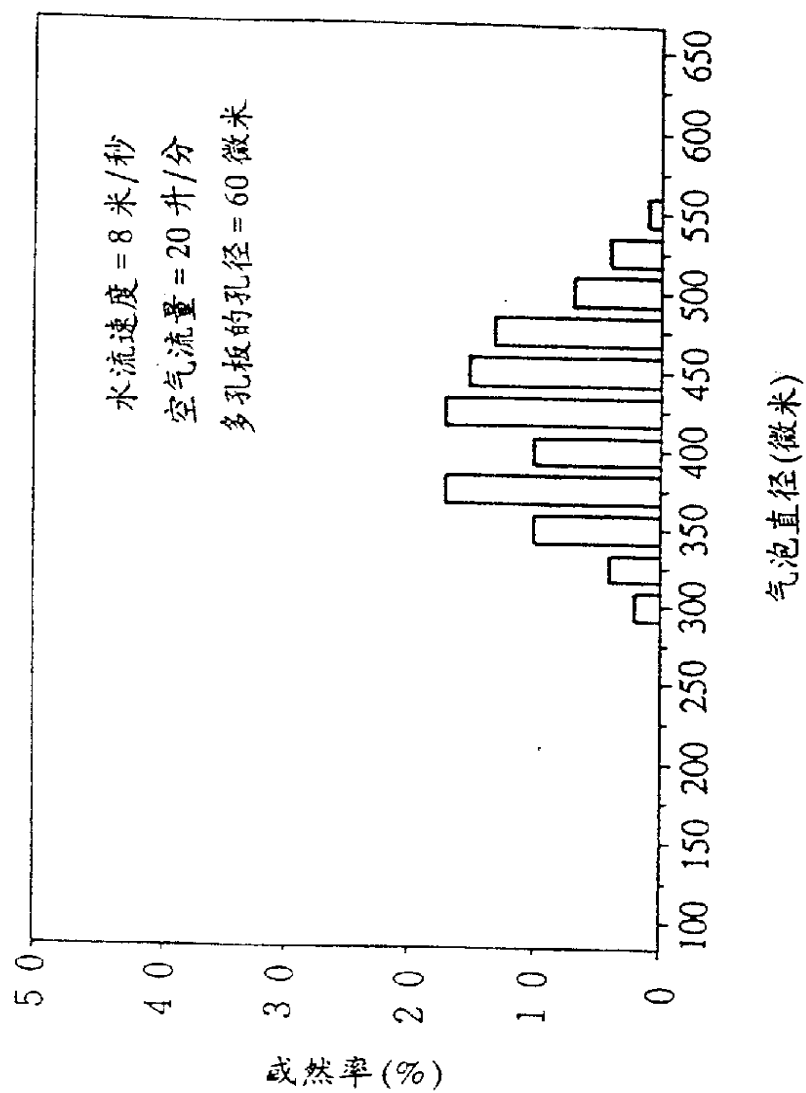


图 21

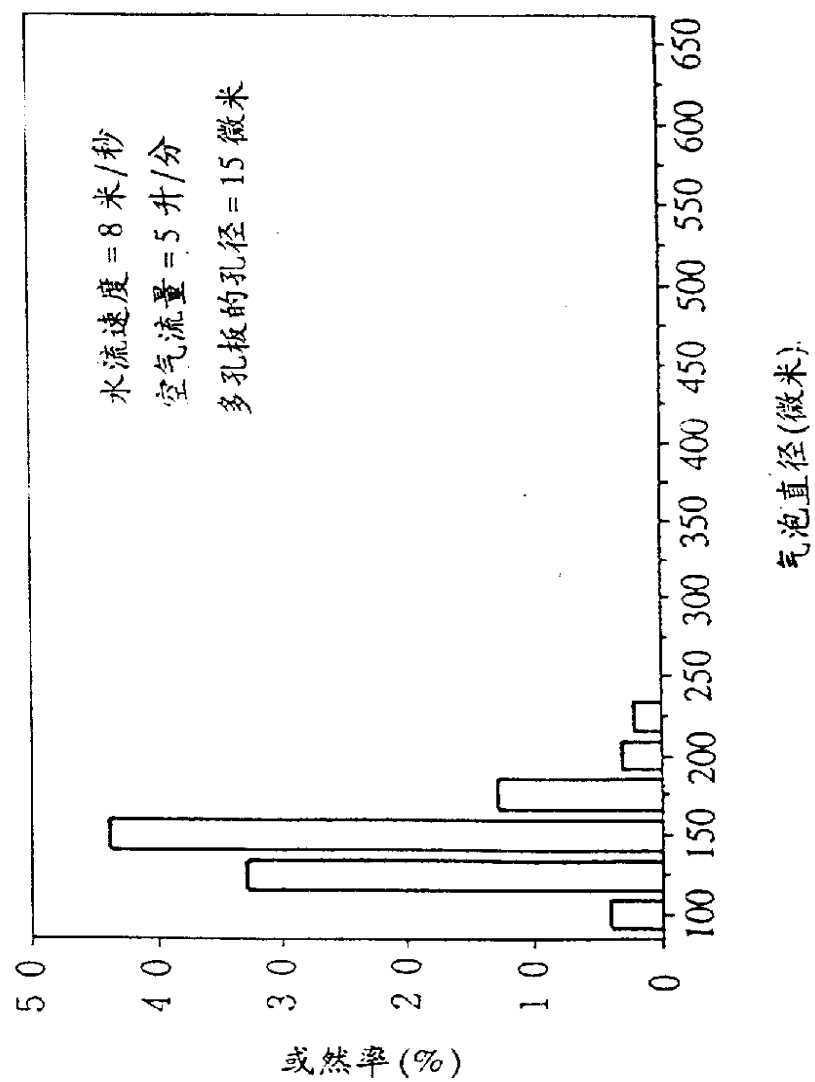


图 22

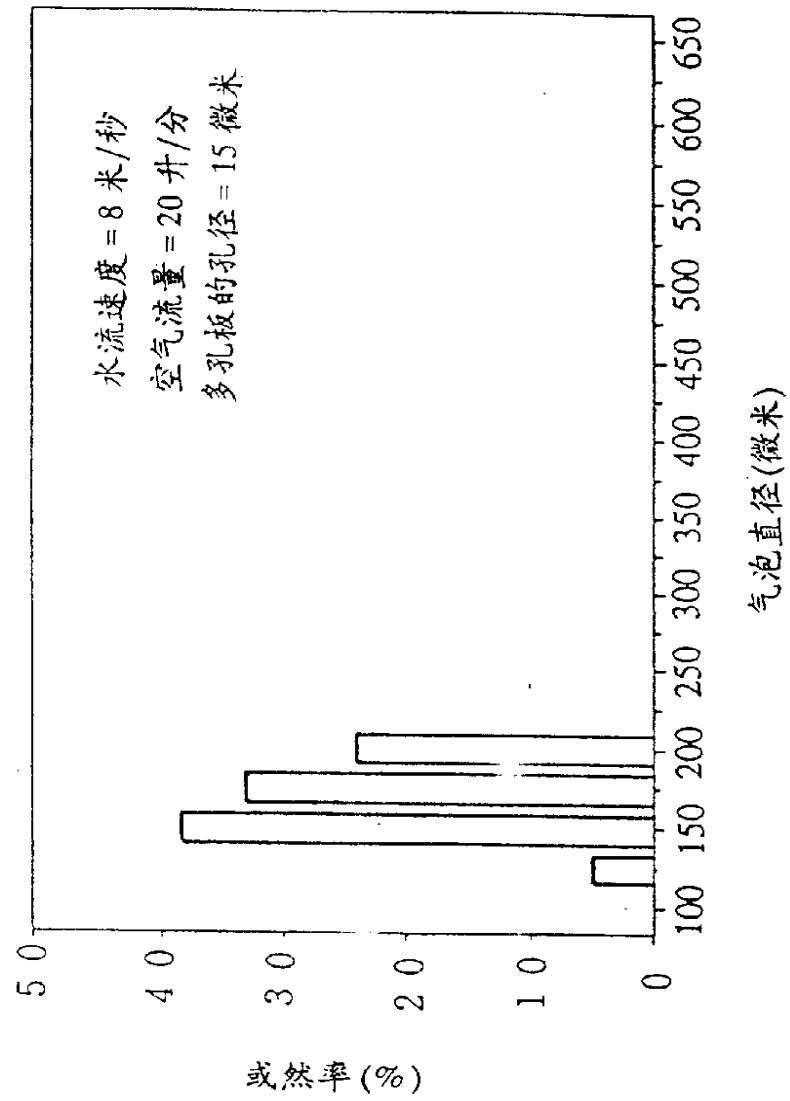


图 23

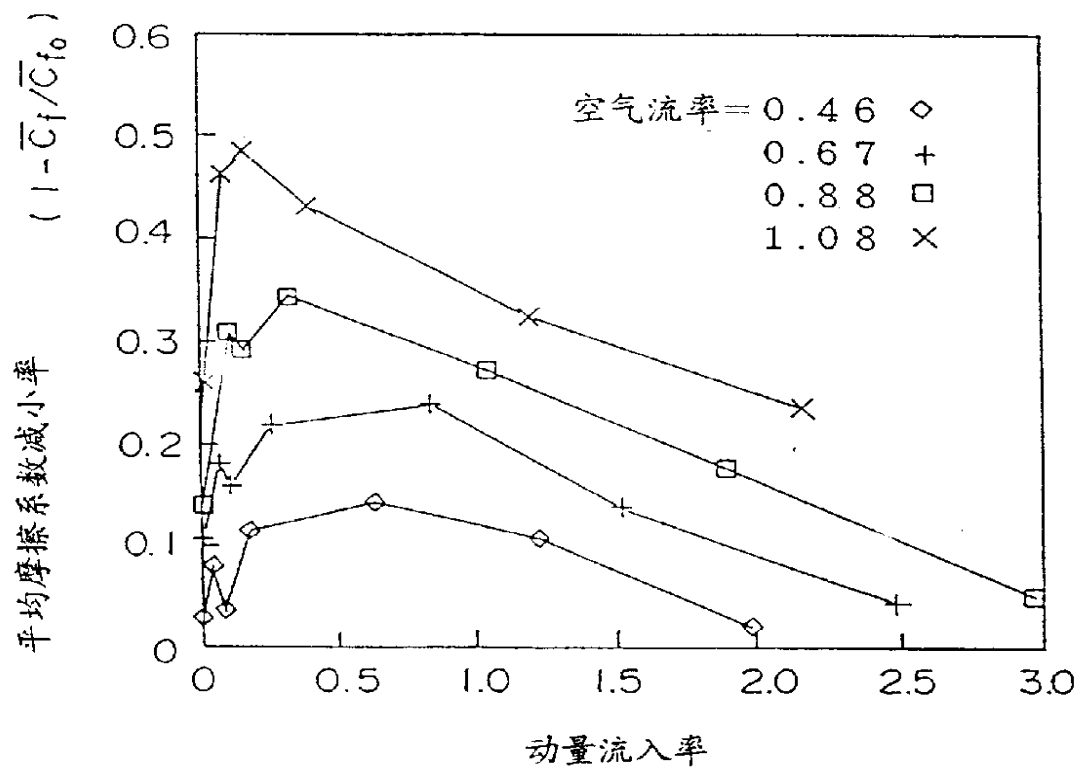


图 24

