

# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 91105048.5

[51]Int.Cl<sup>5</sup>

B01F 7/22

[45]授权公告日 1995年1月4日

[24]颁证日 94.10.16

[21]申请号 91105048.5

[22]申请日 91.7.25

[30]优先权

[32]90.7.26 [33]US[31]07 / 559,126

[73]专利权人 通用信号公司

地址 美国康涅狄格州

[72]发明人 罗那尔德·J·威特曼

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商  
标事

B01F 7/06

代理人 王宪模

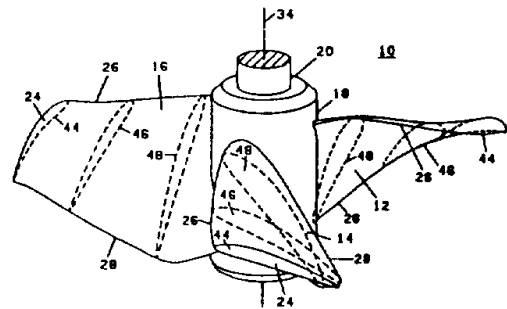
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 混合与混匀宽粘度范围液体及悬浮物的  
叶轮

[57]摘要

在液体及其悬浮物中能形成紊流至层流且能使前者混匀的叶轮及其系统。叶轮上可绕一转动轴线转动之叶片上有界定叶轮半径 R 之叶梢, 此种叶片具有由其相对于与该轴线垂直之一平面所成倾角界定出的导曲角, 该角度沿叶表朝该轴线方向增大, 使叶片在距离轴线 0.4R 处一剖面上的螺距--直径比 PR 大于叶梢处的 PR,  $PR = r\pi / R \tan \beta r / R$ , 式中 r 为从该轴线至此方程算出 PR 处的半径, 而  $\beta$  为上述剖面处以度数计算的倾角。



## 权利要求书

1.一种能在液体与液体悬浮物中产生从紊流至层流的液流,且能有效地混合与混匀此种液体与悬浮物的叶轮,此种叶轮有一批可绕轴线转动的叶片,叶片上有界定此叶轮半径(R)的叶梢,叶片从叶梢沿径向朝上述轴线延伸,特征在于:上述叶片具有由其相对于垂直前述轴线之一平面所成之倾角界定出的扭曲角,此种角度沿此叶片朝所说轴线方向均匀增大,以提供一种超螺距状态,使叶片在其距该轴线0.4R处一剖面上的螺距——直径比(PR)大于前述叶梢处的PR,这里的PR由下述方程定义:

$$PR = r\pi / R \tan \beta r / R$$

式中 $\gamma$ 为从转动轴线至依据上述方程计算PR处的半径,而 $\beta$ 为上述剖面处以度数计算的倾角。

2.如权利要求1所述的叶轮,特征在于:所述扭曲角 $\Delta\beta$ 定义为

$$\Delta\beta = \tan^{-1}PR' / 0.4\pi - \tan^{-1}PR / \pi$$

式中PR'为径向距约为0.4R处的螺距——直径比,而PR为叶梢处的螺距——直径比,同时PR'大于PR。

3.如权利要求1或2所述的叶轮,特征在于,上述 $\Delta\beta$ 在 $30^\circ$ 至 $45^\circ$ 的范围内。

4.如权利要求1或2所述的叶轮,特征在于:叶片在叶梢处的倾角在 $18^\circ$ 至 $30^\circ$ 的范围内。

5.如权利要求1或2所述的叶轮,特征在于:上述叶片的倾角在从前述叶梢至所说轴线约10%的径向距离上保持不变。

6.如权利要求1或2所述的叶轮,特征在于:前述叶片为具有折转角以及前述扭曲角的流体翼,而且所说的扭曲角是在这些叶片上叶梢上的一点与0.4R处的一点上的弦之间测量的。

7.如权利要求6所述的叶轮,特征在于:前述叶梢上的弦在距所说轴线之长度为R的径向线与叶片上前缘与后缘之交点间延伸,而所说的在0.4R处的弦是在距所说轴线之长度为0.4R之径向线与前述前缘与后缘之交点间延伸。

8.如权利要求6所述的叶轮,特征在于:所说叶片宽度用叶梢处弦长(W)对叶轮直径(D)之比(W/D)来表征时,在叶梢处约为0.25,在

0.4R处约为0.33。

9.如权利要求8所述的叶轮,特征在于:上述厚度对所说叶梢处弦长之比约为0.1,而上述厚度对0.4R处弦长之比约0.14至0.22。

10.如权利要求1或2所述的叶轮,特征在于:所说的叶片具有相对的两个表面,各自在此叶片之产生较高和较低的压力,此种叶片还有在上述表面上界定出导流槽的突起部。

11.如权利要求1或2所述的叶轮,特征在于:所说叶片具有相对的两个表面,它们在此叶片上形成较低和较高的压力,叶片上还有配置在低压面上用于形成紊流的装置。

12.如权利要求1或2所述的叶轮,特征在于具有第二种叶轮,此第二种叶轮上有一批可转动的叶片共轴配置,并以相关联的关系分隔开。

13.如权利要求12所述的叶轮,特征在于:所说的称之为第一批的叶片与前述第二种叶轮上的叶片都具有相对的表面,后者在相应叶片上形成较高和较低的压力,以上两种叶轮配置成,使第二种叶轮之叶片上的较低压力面与称之为第一批叶片上的较低压力面相邻。

本发明涉及供混合与混匀用的叶轮与叶轮系统,特别是适用于混合与混匀宽粘度范围的液体与液体悬浮物的叶轮与叶轮系统,使得由此种叶轮与叶轮系统所形成的液流能够处于紊流、不稳流与层流状态。

本发明尤其适合提供一种尺寸较小(例如直径<16英寸)且能用于轻便式混合器中的叶轮。这样的混合器有可能遇上各种粘度的液体与液体悬浮物,而由于它们的尺寸小就可能碰到不稳流与层流的状态。本发明的叶轮与叶轮系统能够如此有效地进行混合与混匀,以至可使功率需求减至最低水平同时避免了需采用将会限制轻便性的大型马达。本发明所具备的能在从紊流,经不稳流到层流状态的宽范围流动条件下提供有效流动的特点,以及此种叶轮与叶轮系统的高效率,使之也可用于其它需要较大尺寸の場合。但是,本发明能在大范围的液流状态(即所混合的媒质影响到不等的粘度)下快速而完全地混合与混匀,而混匀的时间则是较大型的常规叶轮用于层流状态下的时间,然而功率输入则

较小。

混合叶轮在液流中所形成的流动状态，取决于媒质（即定于罐或槽中之液体或液体悬浮物）的惯性力对粘性力之比。这一比例可表示为混合雷诺数，由下式计算：

$$NRe = 10.76NRPM D^2 \text{in} (SG) / \mu\text{cps}$$

式中的 SG 为媒质的比重而  $\mu\text{cps}$  乃是以厘泊表示的粘度。在紊流范围，雷诺数约为  $2 \times 10^5$ 。在不稳流状态，雷诺数从 10 至 1000。对于 10 以下的雷诺数，此叶轮则形成层流。一般地说，水流和类似水之低粘度物质的液流是处于紊流状态。具有轻油之类粘度的液体，当驱动叶轮后，会在不稳流状态下流动。较为粘滞的液体，例如粘度相当于甘油的液体，受驱动后通常产生相当于在不稳流状态的下端与进入层流状态时的混合雷诺数。

叶轮的比重、直径与转速影响到惯性力，而媒质的粘度则影响到粘性力。但在小型的容器中而又采用小型的叶轮时，上述混合雷诺数即使对于类似轻油类的低粘度液体，也能扩展到不稳流状态中。这样，例如对于 3 英寸的小直径叶轮，这种混合雷诺数即使对于粘滞性极弱的媒质，也是在不稳流区内并可延伸到层流范围内。于是，当采用小直径的叶轮时，在不稳流与层流区中的混合与混匀问题就会恶化。

为了能有效地混合与快速地混匀，希望此种叶轮能产生轴向流。随着这一雷诺数的减小，媒质对流动的阻力加大，而轴流式叶轮的排出则更呈径向。在层流区，从这种叶轮排出的液流是径向式的。于是，液流便在一侧（于一向下抽吸式叶轮装置之叶轮的下方）反向，而遗留下未能有效混合或混匀的区域。此外还形成了涡流，要是此种涡流缓慢地流动，那就会加大混匀时间。参看 R、J. Weetman 等的著作：“流体翼式（fluidfoil）叶轮于粘性混合流中的应用”，该文于 1989 年 11 月 5-10 日在美国加州旧金山的召开的 AICHE 年会上提出。在紊流状态下能进行高效混合与混匀的轴流式叶轮，例如 1984 年 8 月 28 日公布的美专利 4468130 号中所描述的叶轮（A310 型由美国，纽约州，罗契斯特区的混合设备公司出售），该公司为通用信号公司名为“MIXCO”的一单位；美国专利 4722608 号中的（A6000 型由 MIXCO 出售），美国专利号 4802771 的（C104 型由 MIXCO

出售）；以及美国专利号 4896971 号的（A315 型与 A320 型同样由 MIXCO 出售），所有这些叶轮都有近似恒定的螺距，或形成斜坡以便保持一基本恒定的冲角（即媒质的速度矢量与叶片弦所构成的角）。应用这种轴流叶轮，甚至于应用那种俯仰叶片的涡轮（例如 MIXCO A200），由此类叶轮所排出的液流方向，在不稳流状态中变成径向，同时在层流状态中也成为径向。这样的叶轮能高效地运行（流量对输入功率之比很高）。但由于逆流与涡流的生成，混匀的时间延长了，混匀工作进展缓慢或甚至于不发生匀混，即使是叶轮连续工作长时间（例如约 1 小时）后。

为了测量其有效的混匀时间，有理由将一种叶轮或叶轮系统与标准的叶轮加以比较。曾被长期采用的这样一种轴流式叶轮是一种恒定螺距的流体翼式叶轮（具有折转角与扭曲角），它有三个按  $120^\circ$  分隔的叶片。这种叶轮的外形与常规的船用推进螺旋桨类似。这样一种标准的叶轮属 A100 型，也可从 MIXCO 购到。

具有扭曲角的一种流体翼式叶轮由它的螺距—直径比（PR）表征。这里的螺距乃是叶轮叶片上的一个点，在叶轮转动一圈中，按螺距行进方式，沿此叶轮的转动轴线所运动的距离。PR 定义为此螺距时叶轮直径 D 之比，这一直径乃是叶片未稍扫掠过的直径。

从代数上看， $PR = \text{螺距} / D$ ；

从几何上看， $PR = r\pi / R \tan \beta / R$

式中，r 为叶轮转动轴线至叶片剖面上确定 PR 处的半径，R 为此轴线至叶梢的半径（叶轮最大直径），而  $\beta$  是以度表示的螺旋角或叶片角。

上述螺旋角或叶片角定义为叶片弦与垂直叶轮转动轴线之平面间构成的角。此螺旋角乃是螺距—直径比除以  $\pi$  与测量此螺距——直径比处之半径比的积取反正切（ $\tan^{-1}$ ）的结果。在恒定螺距的叶轮中，上述螺旋角要使得此种螺距与螺距——直径比从叶片梢至其靠近叶片连至传动轴时之底部（或轮毂）的一点保持不变。此传动轴的轴线即是叶轮被驱动绕之转动的转动轴线。上述直径，则是从此轴线至测量螺距——直径比的点扫掠直径。在叶梢，这一直径便是整个叶轮的扫掠直径。对于典型的轴流式叶轮，有恒定或不恒定的螺距，其中在靠近轮毂处螺距——直径比（例如在  $0.4R$  处，R

为叶轮之半径或扫掠直径之半) 小于叶梢处的螺距——直径比。

根据本发明, 公开了这样一种叶轮的构型, 它在紊流状态中能提供更有效的轴向流, 并抑制了所排出的液流于不稳状态中变为径向的趋势 (同时在不稳流状态下保持有效地运转)。本发明之叶轮的叶片已然扭曲到能提供一种超螺距状态。这种状态表现为靠近轮毂处  $0.4R$  处的叶片之螺距——直径比大于叶梢的螺距——直径比。此外, 依据本发明, 由于在叶梢部所采用的叶片角大于传统轴流式叶轮中的, 且最佳情形是处在  $18^\circ$  至  $30^\circ$  的范围内, 从而抑制叶轮在不稳定状态中和至层流状态中排出径向流的性质得到了提高。本发明的另一特点是采用了一对相关的叶轮 (它们相互耦联, 使得驱动这对叶轮所需的功率小于在相同条件下分别驱动各叶轮之功率的和)。这种相关关系可以通过使此两个叶轮的间距小于其中较大一个叶轮的直径而能最佳地实现。这样的配置方式在不稳定范围和层流范围中提高了轴向流, 同时进一步抑制了径向流。另有一个特点是, 提供了在叶梢具有不同叶片角的叶轮。例如, 这种叶轮可以是叶片式的叶轮, 其中两个沿径向相对的叶片 (与前两个分隔  $90^\circ$ ) 在叶梢取不同的叶片角。

本发明并未限定于任何运行理论, 确信前述的超螺距状态与在叶轮叶梢采用不同的叶片角, 抑制了由此叶轮排出的液流取径向的趋势, 同时提高了轴向流, 这是由于造成了在流速中引起振荡的非对称性, 极其类似于紊流范围中的固有特性。此种振荡现象已有数据形式, 由 Ronald J. Weetman 在 1988 年 5 月 24-26 日于意大利帕维亚城召开的第六届有关混合问题的欧洲会议上, 以“混合用叶轮的功率流与历变特性”为题的论文中给出。

因此, 本发明的主要目的是提供改进型的叶轮与叶轮系统, 它们与传统的轴流式叶轮系统相比, 不仅在紊流状态中, 而且还在不稳定状态与进入层流状态中时, 能进行更好地混合与更快和更有效地混匀。

本发明的另一个目的是提供改进型的混合叶轮, 它能在宽范围的液流条件 (粘滞的和粘滞性小的液体与液体悬浮物) 下, 进行有效的混合与混匀, 同时与传统的轴流式混合叶轮相比, 只要求较有限范围的叶轮尺寸。

本发明上述的和其它的目的、特点与优点, 以及根据本发明现有的最佳实施例所设计的叶轮与叶轮系统, 将通过阅读下面联系附图所作的描述, 了解得更清楚。在附图中:

图 1 是体现本发明之混合叶轮的透视图;

图 2 是图 1 所示叶轮的平面图;

图 3 是图 1 与 2 所示搅拌叶轮的立面图, 图中沿此叶轮的一个叶片部分剖开, 此剖面是沿图 2 中 3-3 线截取的;

图 4 是图 1 至 3 所示叶轮的端视图;

图 5 示明了在离叶轮轴线不同径向距离处, 通过此叶轮各翼的剖面, 上述径向距离处即在叶梢, 在  $0.7R$  与  $0.4R$  处 (其中  $R$  是从叶梢至转动轴线的径向距离, 亦即叶轮直径  $D_7$  以 2 除), 此图表明了叶轮的扭曲角。

图 6 为一曲线图, 用叶片角或螺旋角示明了此叶轮的扭曲角 (上述角乃是叶片的弦通过一剖面对径向所成的角);

图 7 为依据本发明另一实施例的混合叶轮的平面图;

图 8 与 9 为端视图, 示明了在图 7 所示叶轮的各对叶片梢端处的不同叶片角;

图 10 为平面图, 示明了与图 1 至 4 中所示叶轮相似的一种叶轮, 在其中叶片的低压 (顶) 面上设有导流槽;

图 11 与图 10 类似, 示明了将紊流发生器楔用在此种叶片的低压 (顶) 面上;

图 12 是图 10 所示之叶轮的底视图, 示明了叶片的高压面或底面上的导流槽;

图 13 表明了图 10 与 12 所示之叶轮的端视图以及图 11 所示之叶轮的端视图;

图 14 是本发明之叶轮系统, 特别是一对叶轮的透视图, 这对叶轮的直径大小不等, 外形类似于图 1 至 5 所示的叶轮, 两个叶轮相互关联; 而

图 15 所示为一曲线, 表明的是在一种提供的混合雷诺数近似 200 的媒质中, 用图 1 至 5 所示的一种 7 英寸叶轮所获得的混匀时间比 (与标准的 A100 型叶轮相比较), 实验设备与 Ronald J. Weetman 等人 1989 年的论文“流体翼式叶轮于粘性混合流中的应用”中所采用与描述到的类似, 该文在前面已然述及。

参看图 1 至 5, 其中示明的一种混合叶轮

10, 它有三块按  $120^\circ$  间隔组装于轮毂 10 上的叶片 12, 14 与 16, 此轮毂 18 装设于轴 20 之上。当叶片由金属制成时, 它们可由螺栓与固定夹接装到上述轮毂上, 此种叶片与轮毂是交错地由纤维增强塑料之类的复合材料, 例如由含有纤维与塑料树脂的混合物经注射成型或加压成型所得的复合材料, 经模制成型。这种模具于是便确定了叶片与轮毂的外形。轮毂可以装附到直线通至或经传动齿轮通至一马达的轴 20 之上。此马达与轴可以是一轻便式混合器组件的部件, 而这种混合器则可夹装于含有待混合之液体以及液体悬浮物之槽子的壁上。或者, 上述马达与其传动组件以及与此相关联的轴, 可用一架子或其它支承机构支承。

各叶片 12, 14 与 16 完全一致。这种叶片的叶梢可以分布在界定出此叶轮扫掠直径之圆周上。此种叶片还有前缘 26 与后缘 28, 且为流体翼, 除在沿着叶片邻近叶梢约 10% 的径向长度处, 还有折转角与扭曲角 (参看图 6)。这样就可使叶片的梢端急速转向, 而得以在必要时缩短叶轮的直径, 由此来减少所需模制成型的叶轮尺寸数。对于固定的螺旋角, 这些叶片可以进一步延伸到超过其名义径向长度  $R$  (例如, 超过 100%)。此种流体翼式的叶片具有相对的顶面 30 与底面 32, 它们分别是叶片的低压面与高压面。叶片的高压或压力面乃是面朝流体被驱动方向的表面。因此, 当叶轮依顺时针走向绕轴线 34 转动时, 在槽中媒质的下行方向 (下向抽吸) 就会产生一轴向流。从上述传动轴呈辐射状延伸出一批线道 36, 它们在弦 (40) 上最高折转点的附近界定出叶片的轴线。此最高折转点近似位于该弦 (图 5) (距前缘) 40% 的一点处。上述这条弦引自通过叶片横剖面的中线与该前缘和后缘 (参看图 5 中翼 48 上的中线 53) 之交点间。这里的叶片角或螺旋角乃是此弦同垂直于叶片轴线 34 之平面间的角。图 5 中的线 42 即处于这样一个平面中。图 5 中所示的三种翼形表示通过前缘 26 与后缘 28 上, 如图 2 中所示 2 扫掠半径  $R$ 、 $0.7R$  与  $0.4R$  处之点的横剖面。各叶梢处的翼形示明于 44 处。 $0.7R$  处的翼形示明在 46, 而  $0.4R$  处的翼形示明在 48。叶梢处的弦表明在 40 处, 同时示明了翼 46 在  $0.7R$  处的以及翼 48 在  $0.4R$  处的弦 50 与 52。用来形成制造此种叶轮的模具的图样可以这样地构成, 即将覆盖住翼 44, 46 与 48 间过渡

段的一系列翼形叠置或夹层布置在一起, 或者采用立体式石板印刷技术。

叶片的宽度从叶梢起增大到  $0.4R$  处, 然后减小, 在叶片与轮毂 18 之间形成过渡段。叶片的主要工作面是从叶梢起至  $0.4R$  处, 然后减小, 正是在这一工作面中, 存在着能提供超螺距状态的扭曲角。

上述扭曲角定义为叶梢处之螺旋角与  $0.4R$  处之螺旋角二者的差, 即由以下方程定义:

$$\Delta\beta = \tan^{-1}PR' / 0.4\pi - \tan^{-1}PR / \pi$$

这里的  $PR'$  是  $0.4R$  处的螺距一直径比, 它大于在叶梢处的提供超螺距状态的螺距一直径比。

上述的扭曲角  $\Delta\beta$  最好在  $34^\circ$  与  $38^\circ$  之间, 但可以处在  $30^\circ$  到  $45^\circ$  之间。叶梢处的叶片角也称之为梢弦角 (TCA), 可以在  $18^\circ - 30^\circ$ , 但最好取为  $20^\circ$ 。

叶片的宽度从叶梢均匀地增至  $0.4R$ 。业已证明, 均匀地增加此宽度能在紊流条件下提高此种叶轮的效率。用叶梢处弦长对叶轮直径的比来表征, 则上述宽度变化最好是从叶梢处的 0.25 变定至  $0.4R$  处的 0.33。这相当于宽度改变了约 30%。此种宽度变化可以从叶梢处的约 0.15 变化到  $0.4R$  处的 0.40。

叶片的厚度, 同样可从叶梢起朝叶片在轮毂 18 处的底部增大, 作为低、高压面 30 与 32 间之最大距离对弦长之比的函数, 则最好是在叶梢处为 0.1, 在  $0.4R$  处为 0.14。然而, 此种叶片也可在其整个长度上取近似相同的厚度。用低、高压面 30 与 32 间最大距离对弦长的比来描述时, 此叶片在  $0.4R$  处的厚度可增至 0.22, 而当需要增强叶片时轮毂的连接时, 对于从叶片至轮毂的剩余长度, 也可如此。对于有马达直接带动用来驱动叶轮的轴时, 上述这种增强可能是必须的, 尽管示明的是三块叶片, 但对叶片的块数并无限制。

表示为从中线 (图 5 中例示为通过翼 48 的线 53) 至弦的最大距离除以弦长的叶片折转角, 最好可取作为常量, 在一最佳实施例中, 这一数值为 60%。

叶片角  $\beta$  随扭曲角变化, 对于图 1 至 5 中所示的最佳实施例, 此种变化可以如图 6 中表明的那种均匀平滑形式。

通过采用充分的螺距来提供超螺距状态所获得

的惊奇结果, 示明于图 15 中, 其中的混匀时间是相对于一般用推器型的叶轮 A100 相比较的结果。从图中看出, 随着扭曲角的增大, 这一混匀时间比急剧地减少。以上结果可以用类似 Weetman 等在有关粘滞性混合液中的应用一文中所描述的实验观察到。着色的示踪剂表明了, 尽管是在槽中的不稳流与层流状态下, 与传统的叶轮相比, 这里的液流保持着更具轴向性, 使得混匀作用进行得并不缓慢。

参看图 7、8 与 9, 其中示明了一混合叶轮 60, 上面有沿径向相对配置的第一对叶片 62 和 64, 以及也沿径向相对配置的第二对叶片 66 与 68。这些个叶片的形状可与叶片 12, 14 与 16 类似。第一对叶片 60 与 62 同叶片 66 与 68 分隔  $90^\circ$ , 但它们的梢弦角则不同。叶片对 66 与 68 如图 8 中对叶片 66 所表明的, 它们的梢弦角小于叶片 62 与 64 的。径向相对的叶片具有相同的梢弦角, 以减少流体的力对叶轮之轴 70 的致弯作用。这种不同的角取向在叶轮产生的流型中导致了不对称性, 进一步防止了在不稳流与层流范围形成涡流。

引进不对称性能改进混合槽不稳流中的混合与混匀作业。这是由于当环绕叶轮紧邻区中的液流为不紊流时, 槽中的其它部分则可以处于层流状态, 而在槽中部分地存在有层流时, 就会形成稳定的涡流或环流型, 它们将抑制着混合作业特别是混匀作业, 同时, 涡流与环流在上述部分内是不会缓慢发生的。这种效应已在前述 R·J·Weetman 等人 1989 年的著作中得到证明。因此, 重要的是在此种液流场中引进非对称性来分布稳定的环流型或涡流。这种改进的叶轮在图 7 至 9 的实施例是所谓超螺距型的, 且同样具有不同的梢弦角来实现这种重要功能。通过提供具有不同扭角曲、折转角和/或长度的相对峙的成对叶片, 也能在液流场中引进不对称性。如图 7、8 与 9 所示, 以上谈到的这种不同, 在数量级上可以是同一的, 这里, 叶片 52、64 这一对的梢弦角相对于另一对叶片 66、68 说来, 使叶片对 62、64 的驱动功率, 较驱动另一对叶片的功率高出约 25% 至 50%。尽管上面讨论的叶片特性对于另一对叶片是相似的, 但只要流体的力并不限制叶轮运转, 每一对中的各个叶片可以不同 (例如在梢弦角或任何其它特性方面)。

图 10、12 与 13A 所示的叶轮与图 1 至 5 中所示的叶轮, 在设计上相似, 并以相同的参考号数表征相同的部件。沿着中心位于轴 20 之转动轴线上的一批圆上, 设有一批肋条 72、74 来界定出导流槽。底部或高压面 32 上的肋条 74 沿叶片轴线 36 的两侧延伸。它们抑制了不稳流状态中在轮毂附近发生的强径向流。叶片上表面 30 上的肋条 72 实质上完全处于叶片轴线 36 与叶片的后缘之间。上述导流槽进一步抑制了径向流和使紊流范围分隔。

图 11 与 13B 所示的叶轮与图 1 至 5 中所示的相似, 并用相同的参考号数代表相同的部件。在叶片顶面的底压侧设有一批紊流发生楔, 这些突起的楔减少了液流分开的机会并形成了能在紊流态中改进混合过程的紊流。也可采用小的肋条来代替这种楔。这类楔可以与图 12 所示的导流槽相结合, 具种导流槽是由高压面 32 上的那批肋条 74 所形成 (参看图 13A)。紊流发生楔 76 示明于图 11 中的低压面 30 之上, 同时还示明于图 13B 中。

参看图 14, 其中示明了共轴装配于公用传动轴 84 上的一个大直径叶轮 80 与一小直径叶轮 82。这两个叶轮各有三个叶片, 上下叶轮上相对应之叶片一般准直。叶片的形状最好取图 1 至 5 中所描述的形式。这两组叶片在沿着轴 84 的轴向分开时, 要充分地靠近便于相互关联。当增设有第二个叶轮时, 为了转动这两个叶轮并不要求显著地增加驱动功率, 这就说明了它们在运行过程中有相关性。例如, 要是这两个叶轮相隔距离超过大叶轮的直径, 则用来驱动这两个叶轮所需的功率将近似于分别驱动各个叶轮所需之功率的和。相关的这两个叶轮, 在相同流速的情况下所需用的功率, 类似于或小于只用单个叶轮时所需的功率。在排流中的叶轮 (图 14 中下方的小叶轮) 改变着上部叶轮的流型。在不稳流和层流状态下, 在上部叶轮 80 高压面 86 处产生的释出流通常会改变成径向流, 但由于下部的小叶轮所产生的流型发生了变化, 这种径向流便被抑制。比起分别采用叶轮 80 或 82 时, 这里的总的流型将在较长的轴向距离上保持着轴向。因此, 小叶轮的采用进一步提高了上述叶轮系统的轴流特性。

在一最佳实施例中, 上部叶轮的直径为 7 英寸, 下部叶轮的直径为 5 英寸; 两个叶轮都能在从图 14 看去的下行方向提供一轴向的排出流。两叶

轮的间距约为上部叶轮直径之半 (3.5 英寸)。上述偶联系统使得“流动数” $NQ$  约增加 60%，同时使得“功率数” $Np$  减小，至于  $NQ$  与  $Np$  的定义，可参看前述 Weetman 等有关粘滞性混合流中应用的一文。尽管上面所示的这对叶轮，上下方的相应叶片准直，但在必要时，它们可在上下方向上错开。把小叶轮设置于大叶轮之上或许会成为优点。这些优点也可在上行抽吸以及在前示的下行抽吸例子中取得。

据上面的描述可以得知，已然提供了改进型的混合叶轮以及混合叶轮系统，它们能在紊流态、不稳流态和进至层流态时有效地运转。这里所述之叶轮与叶轮系统，对于熟悉本项工艺的人，无疑可在本发明的范围内提出它的各种改型和对之作出种种变动。因而，上面的描述应视作为解释性的而不是限制性的。

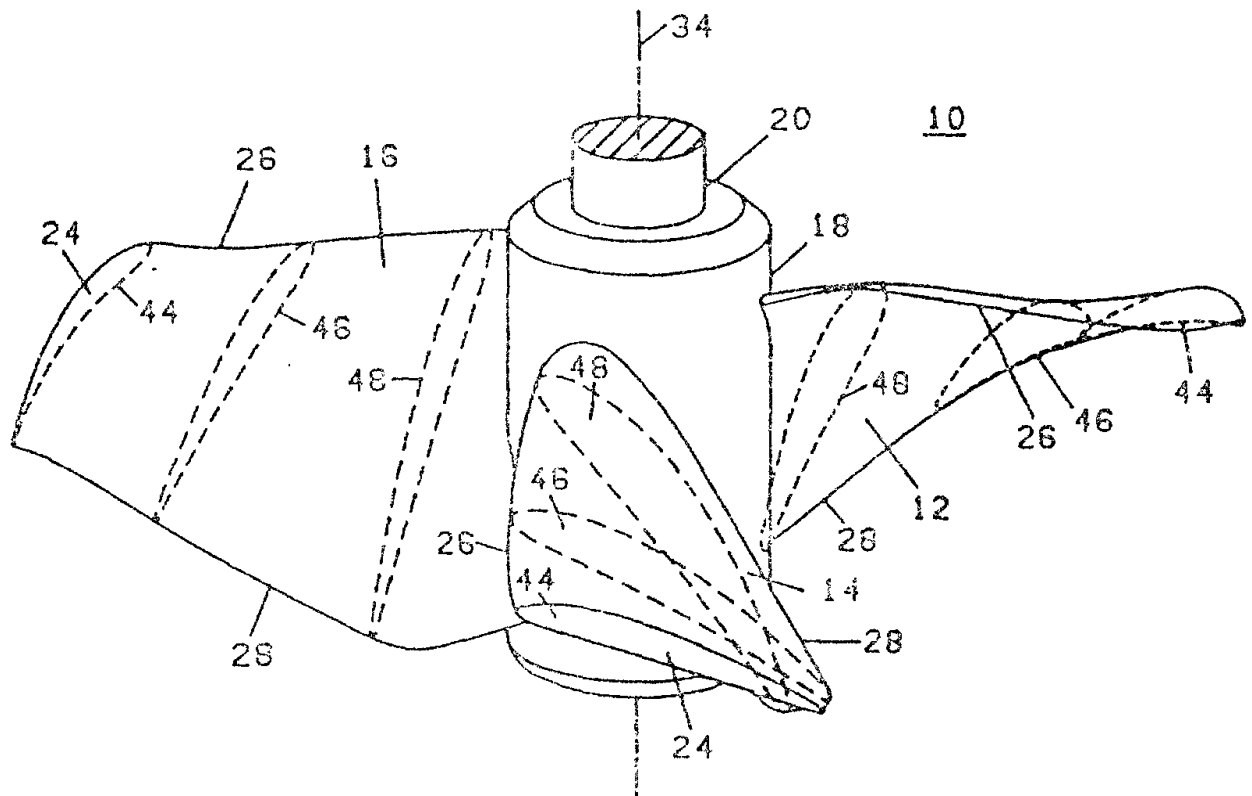


图. 1

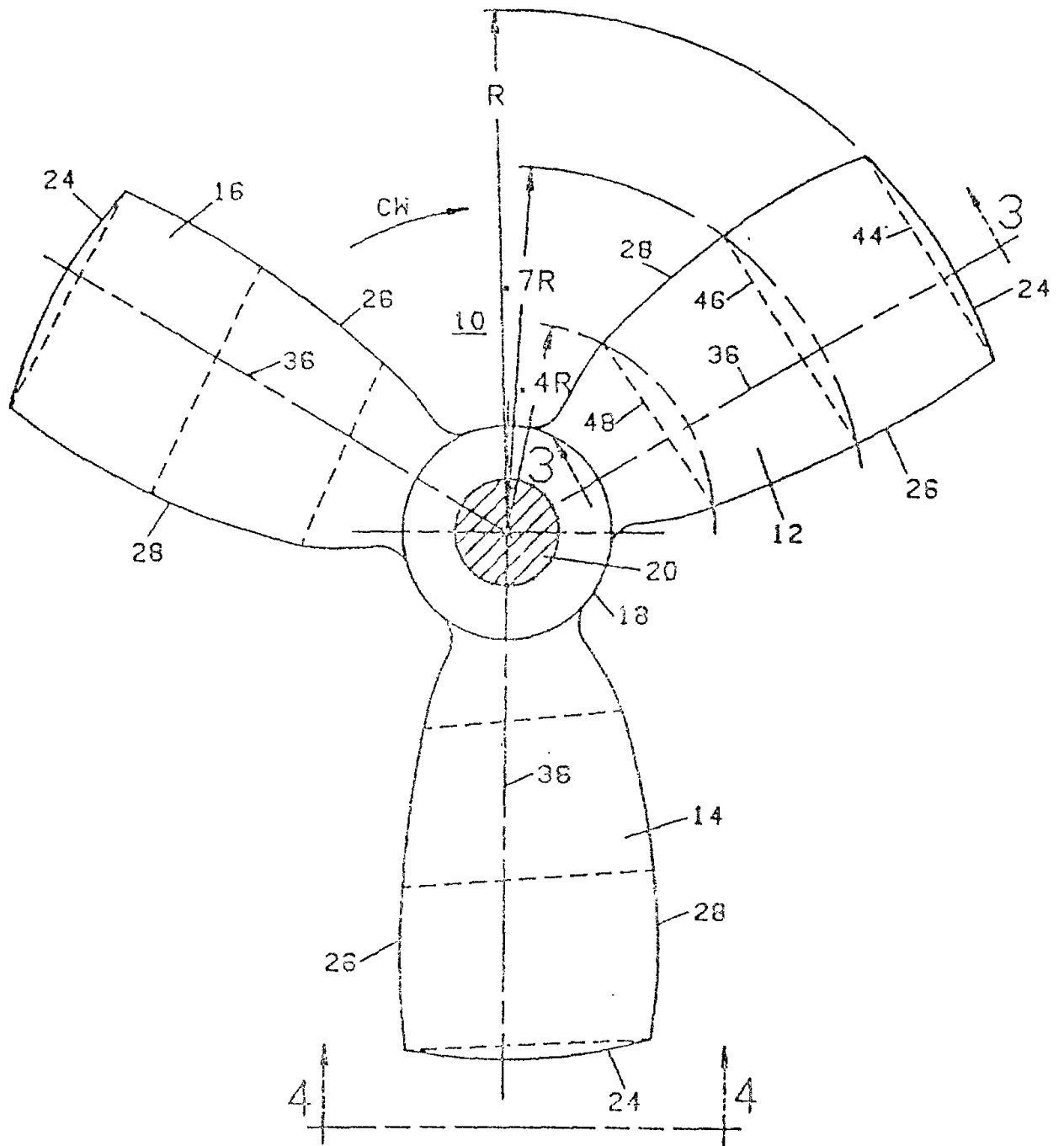


图. 2

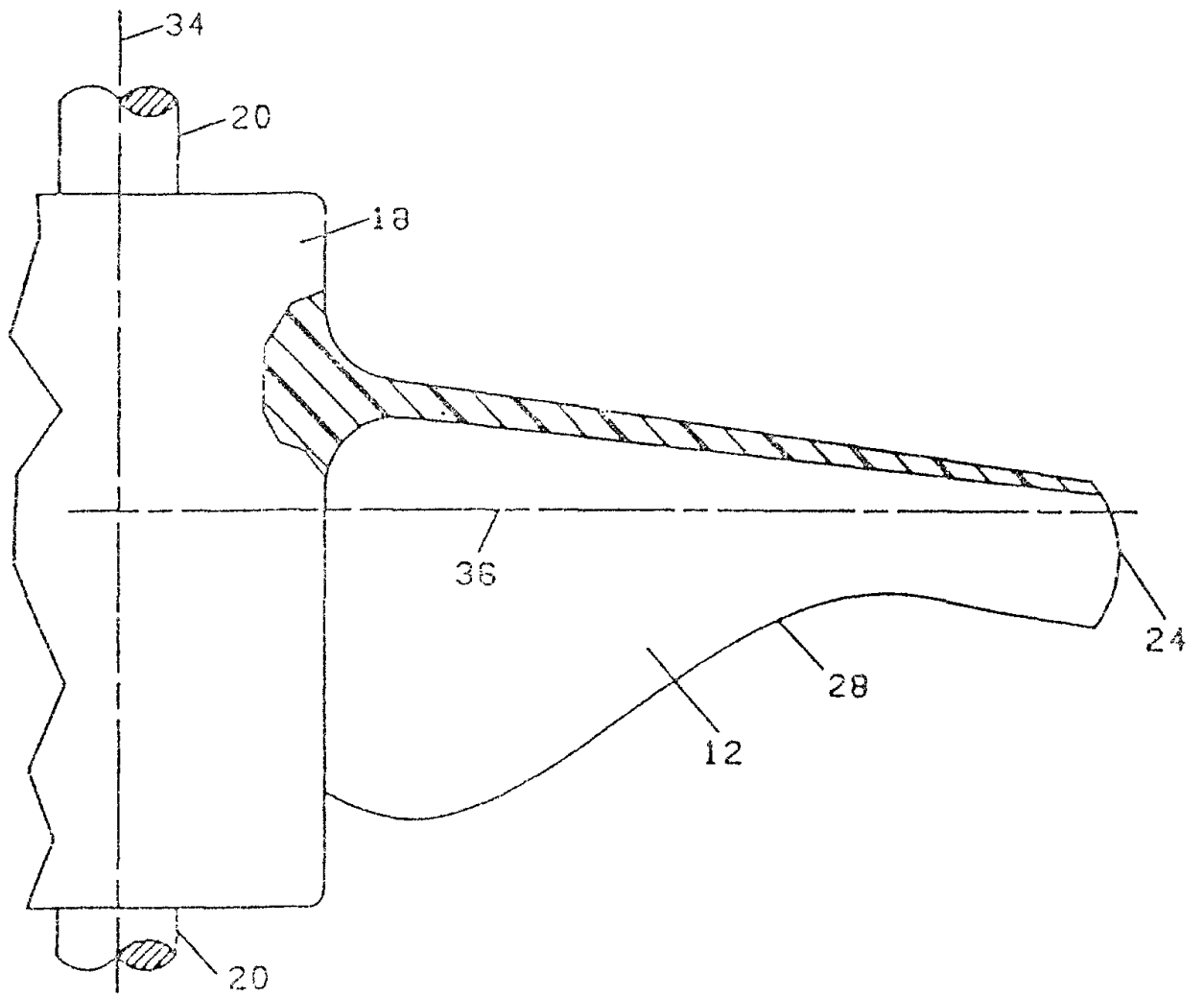
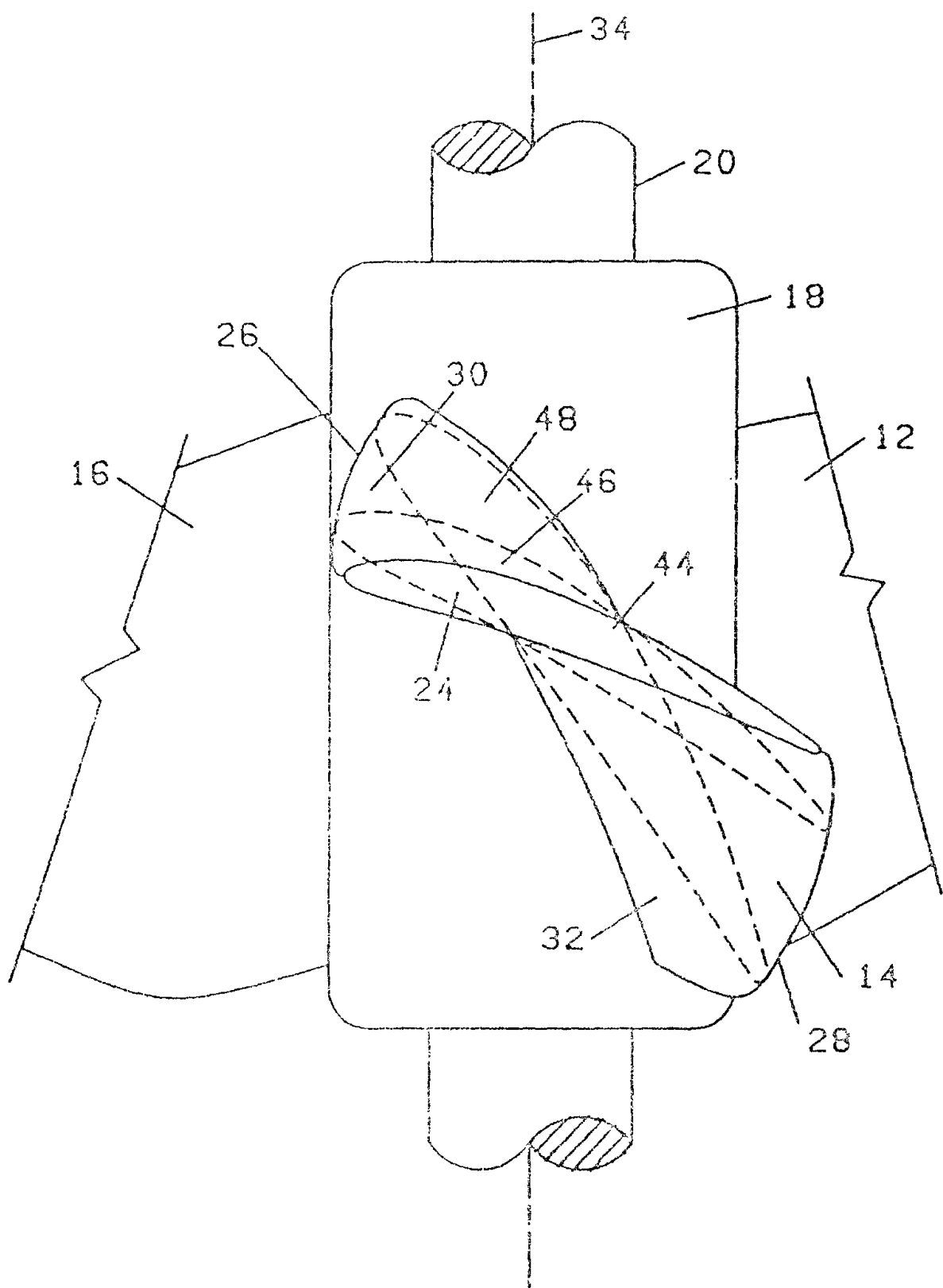

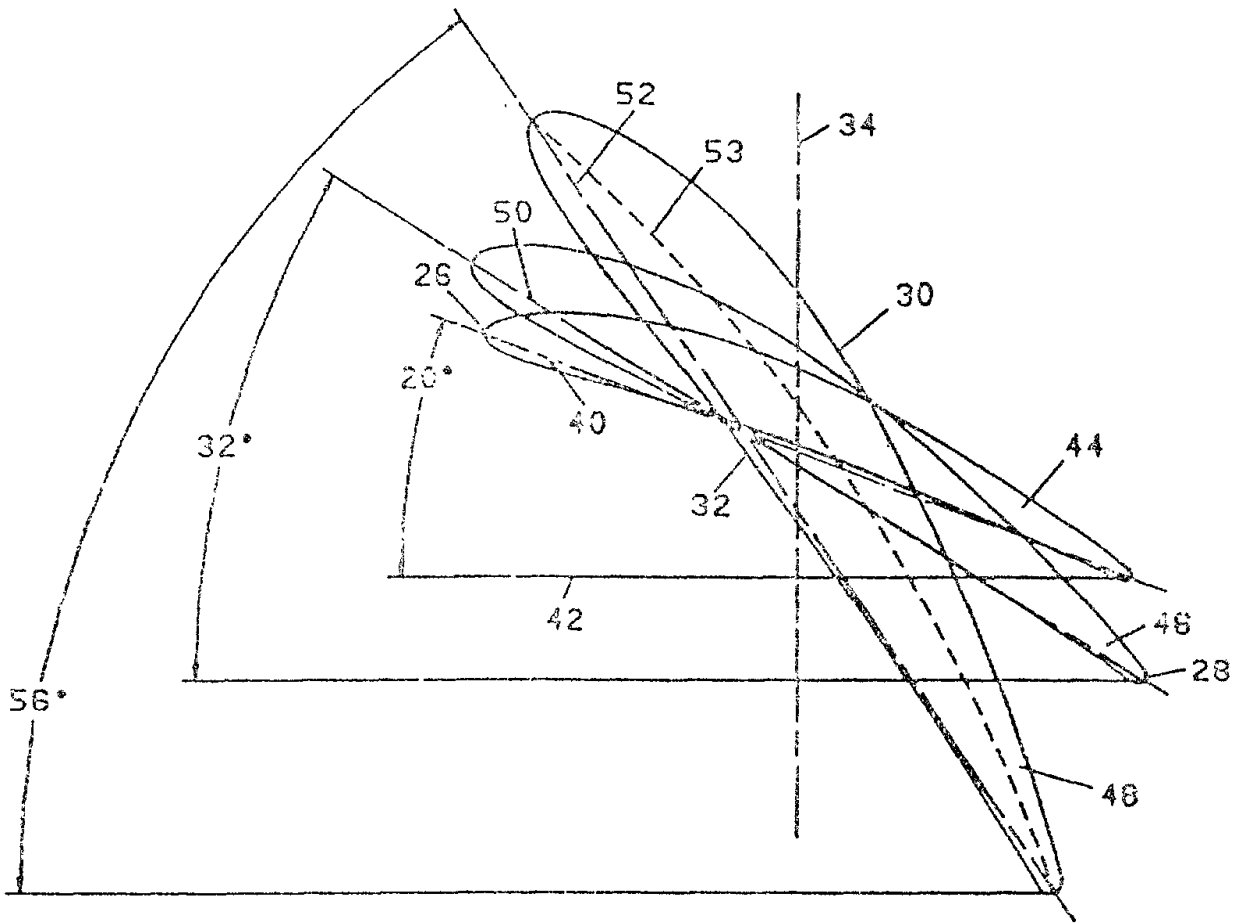



图. 3



 . 4



 . 5

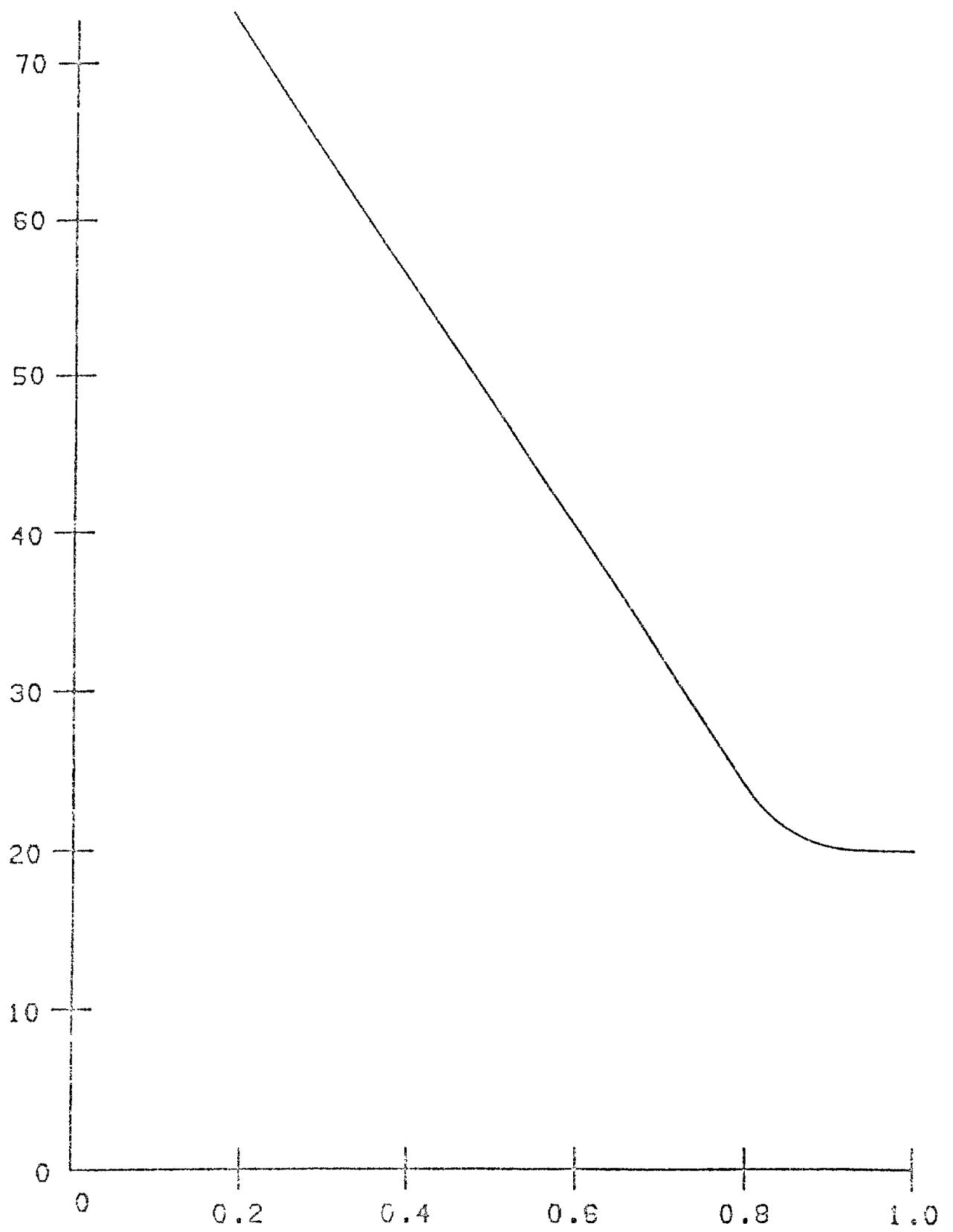


图.6

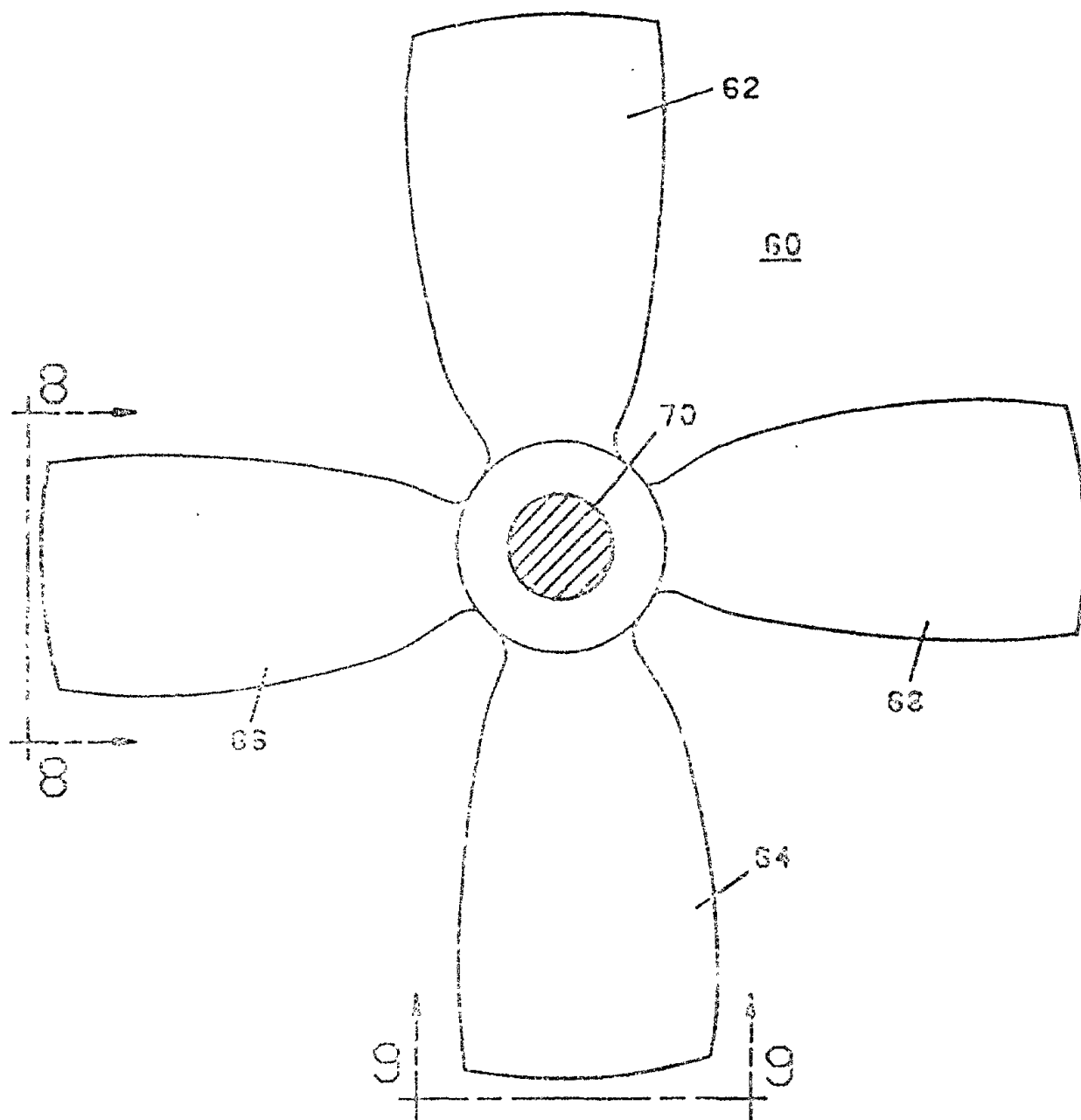


图. 7

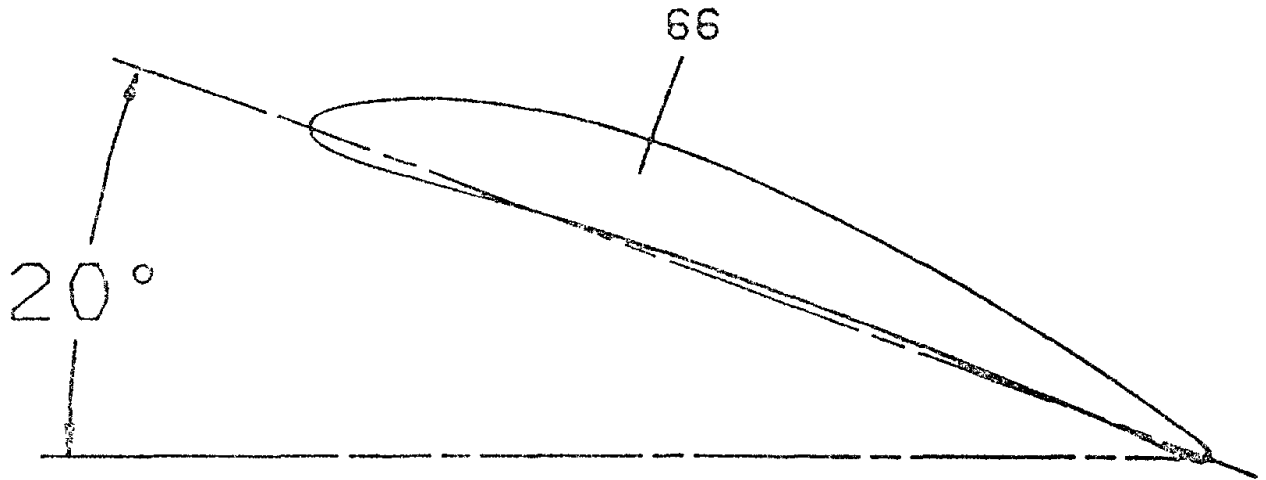


图. 8

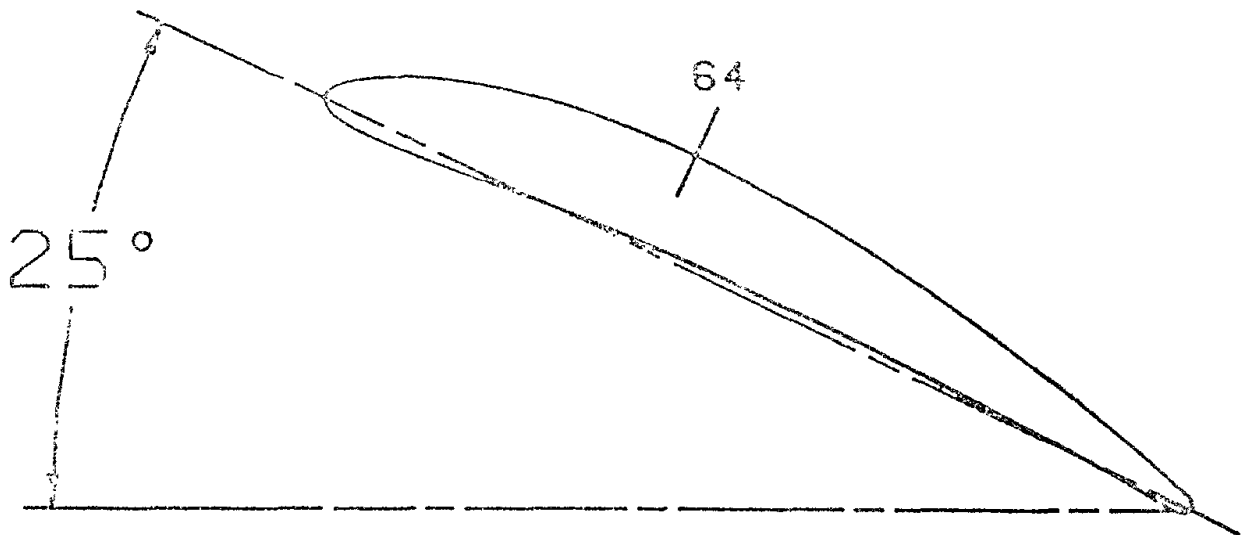


图. 9

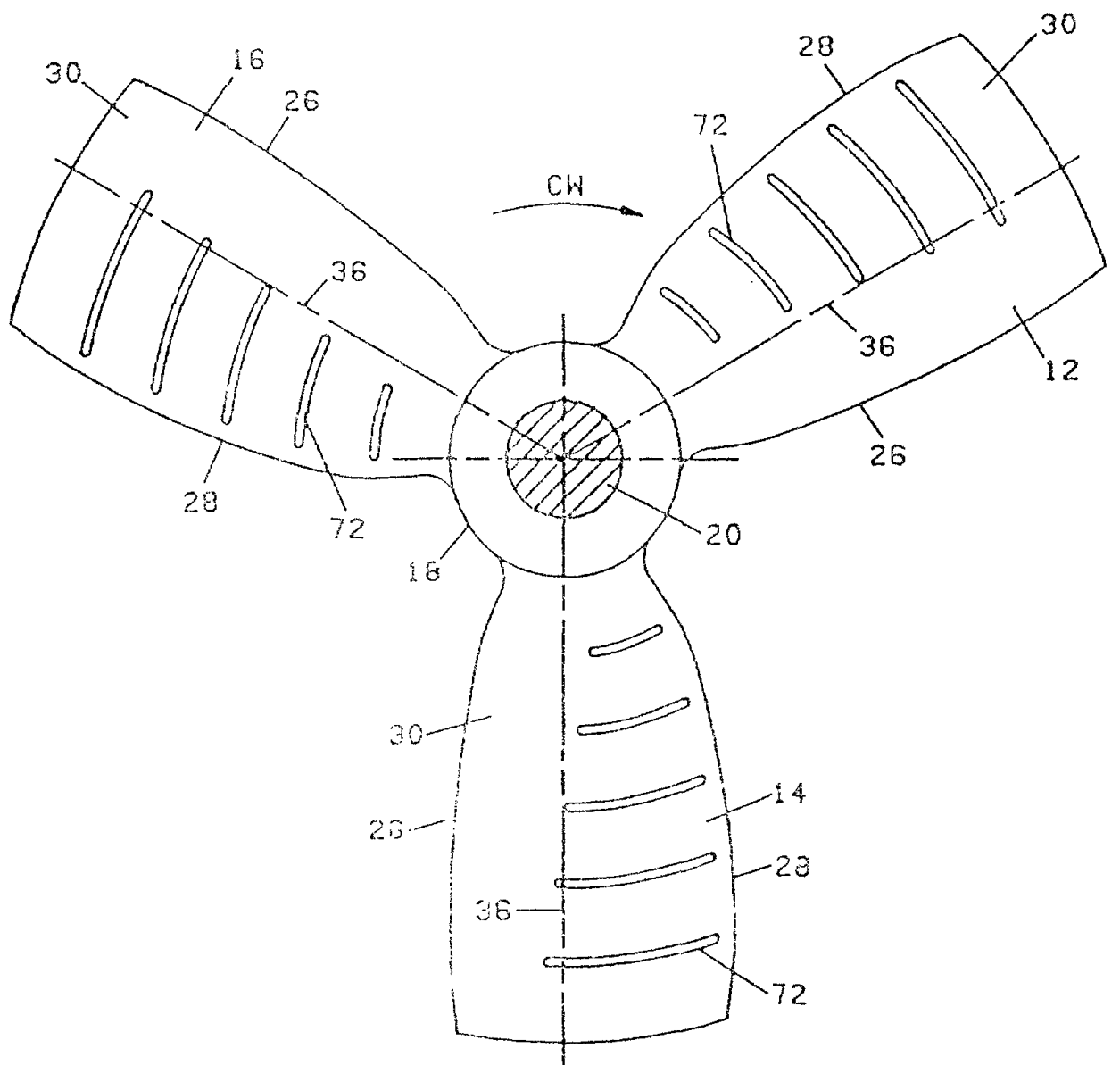
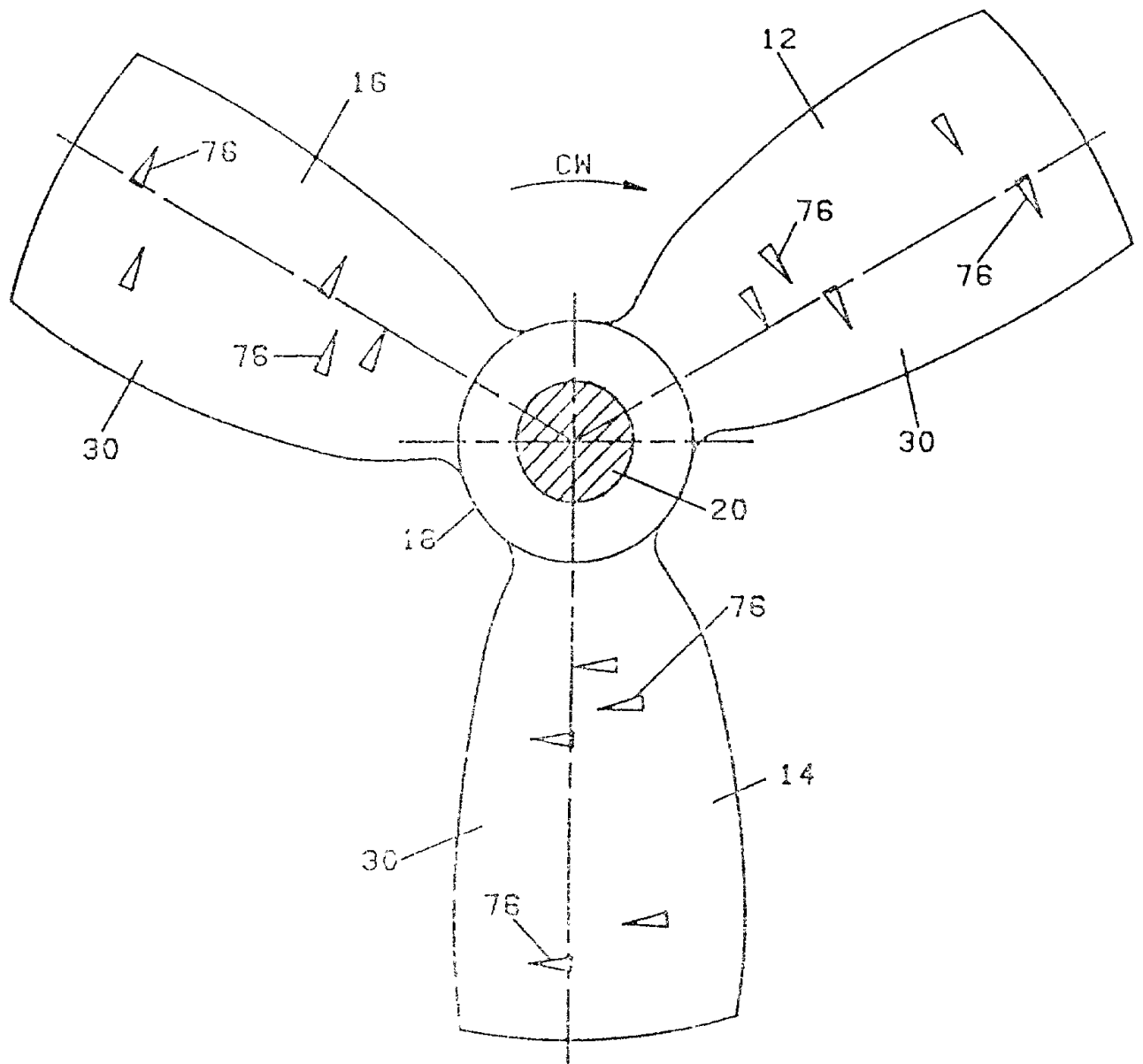



Fig. 10



 . 1 1

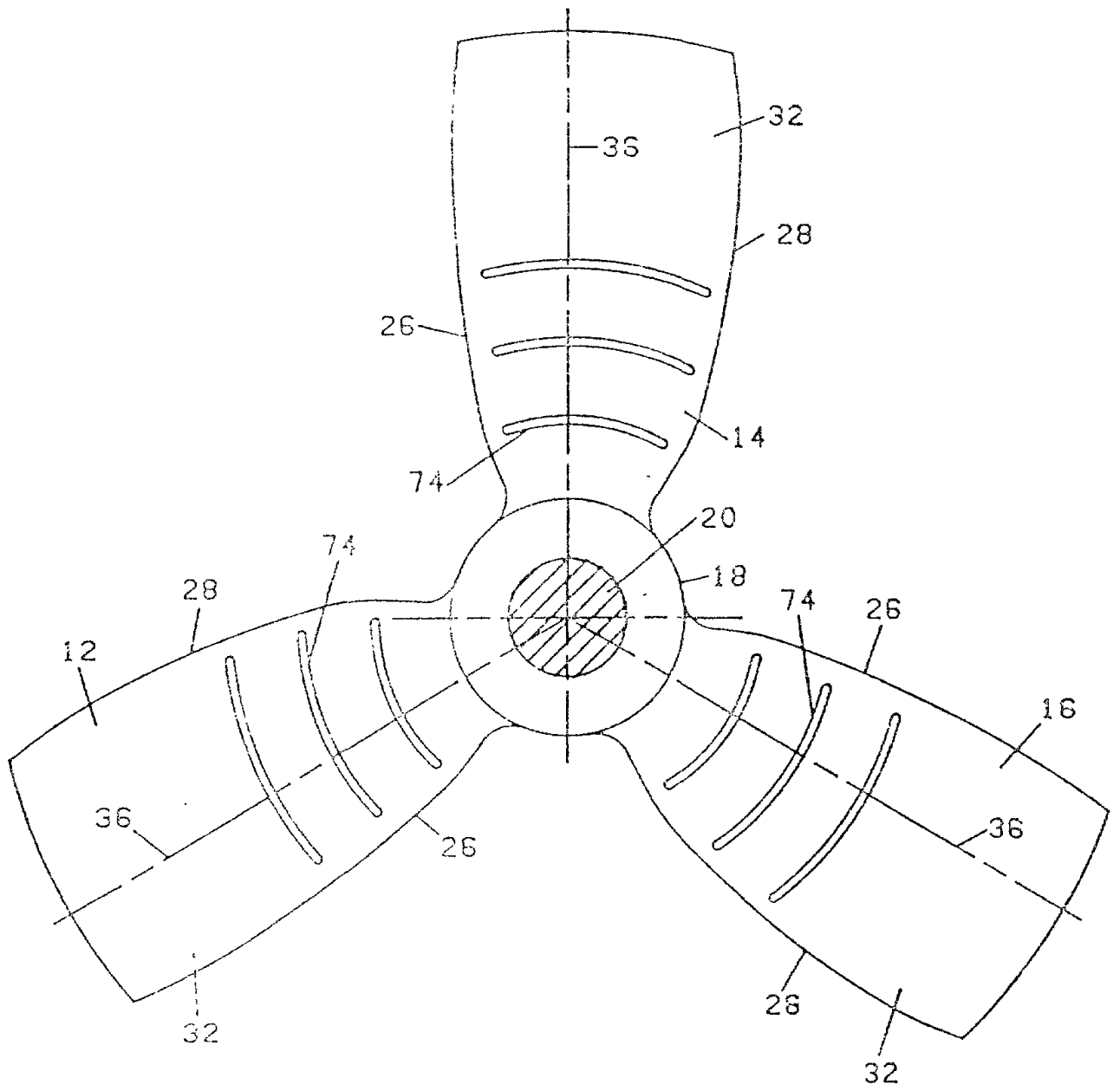


图. 12

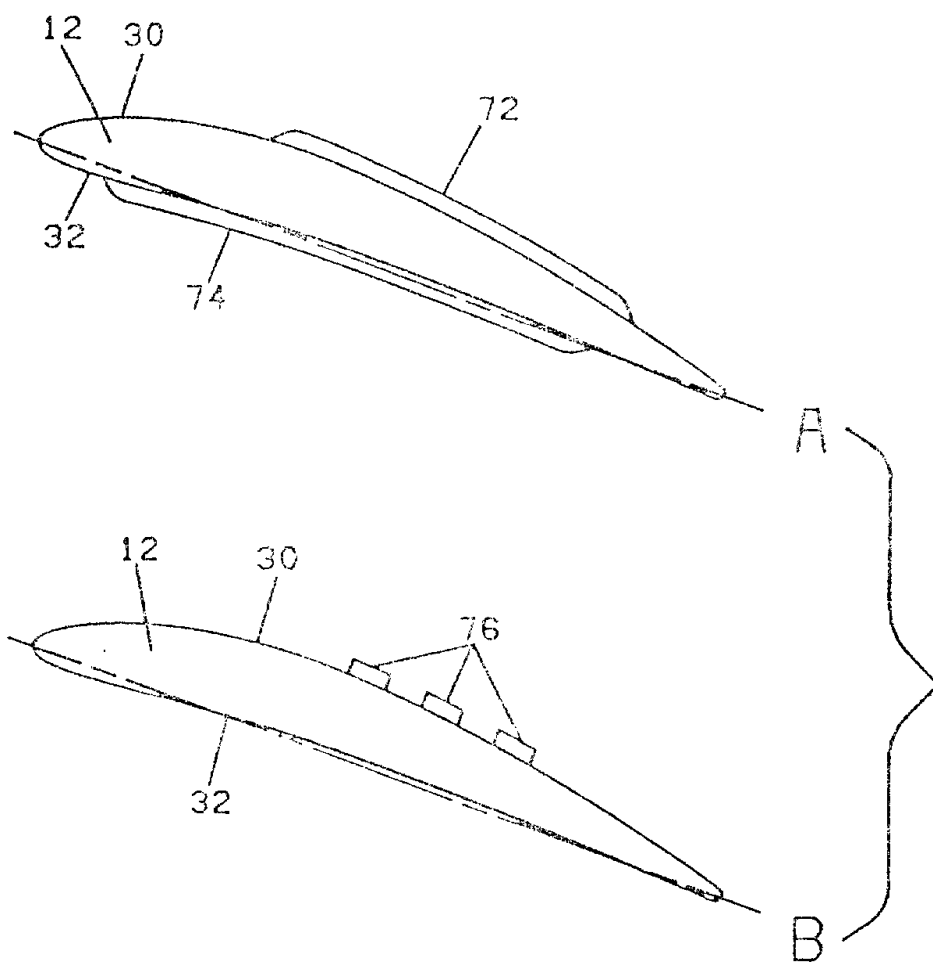


图.13

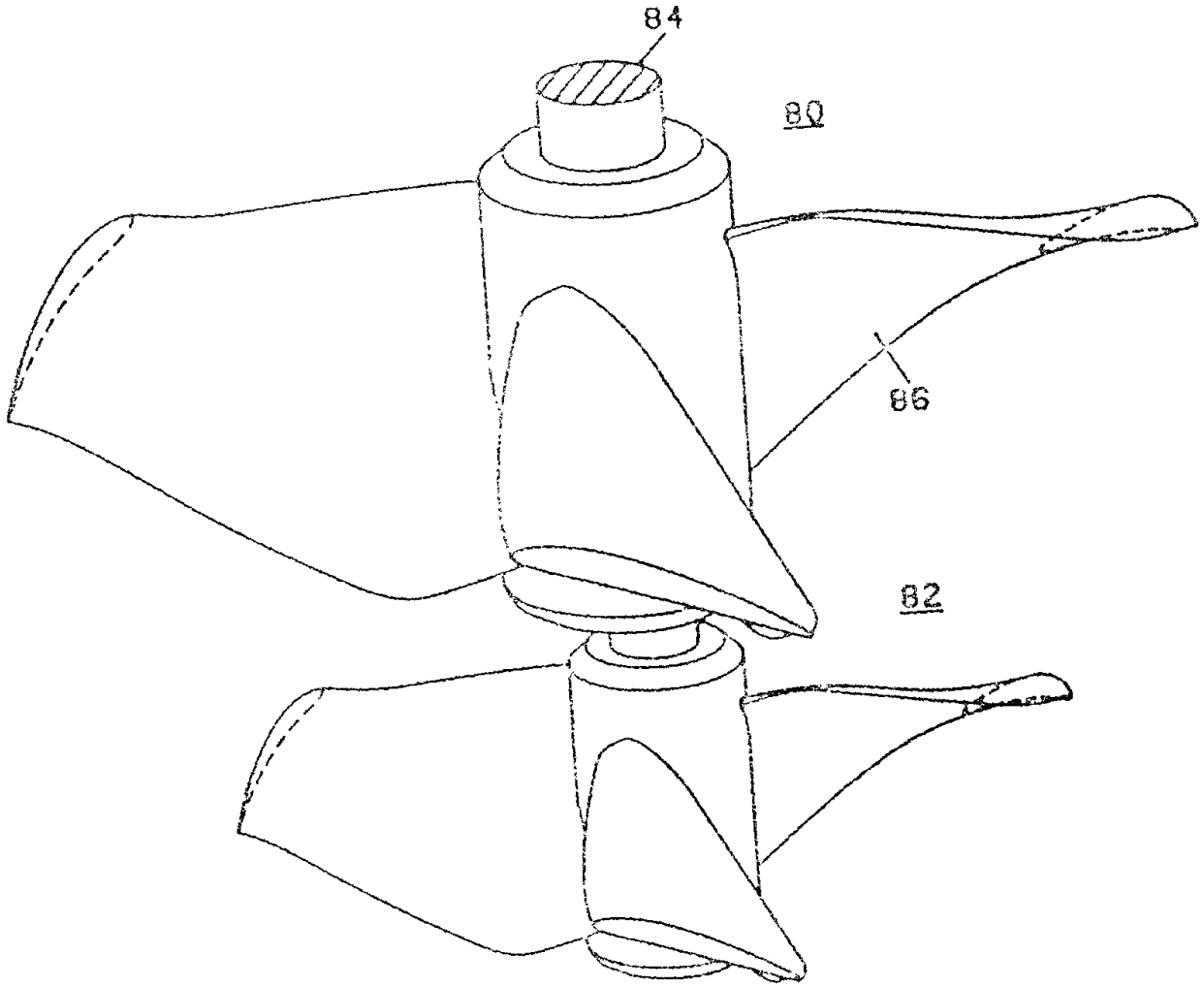


图. 14

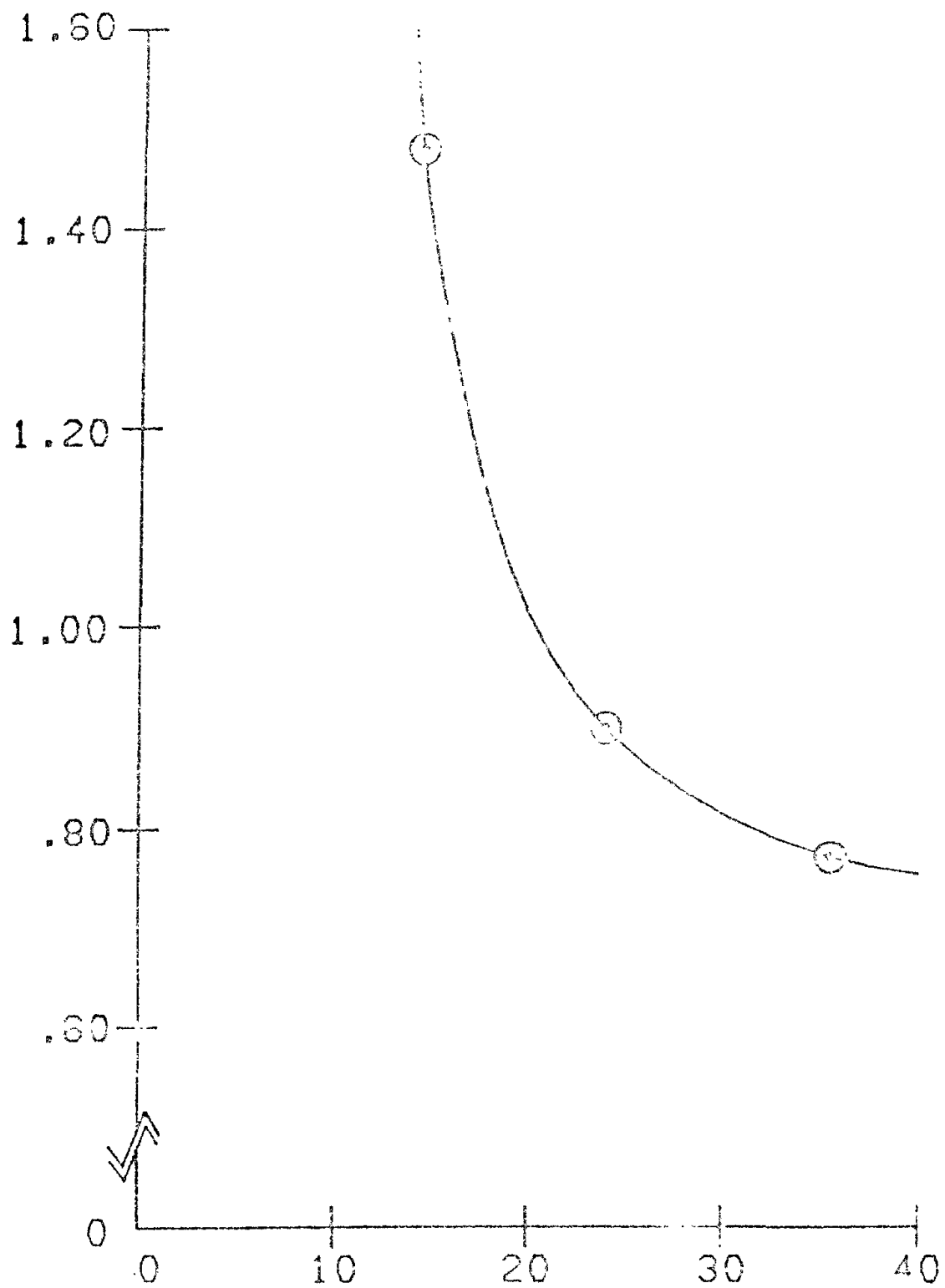


图 15