

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-175379

(P2020-175379A)

(43) 公開日 令和2年10月29日(2020.10.29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>BO1F 7/02 (2006.01)</b>	BO1F 7/02	4G078
	BO1F 7/02	D

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2020-18191 (P2020-18191)	(71) 出願人	595111804 エム・テック株式会社
(22) 出願日	令和2年2月5日 (2020.2.5)		大阪府和泉市テクノステージ二丁目2番16号
(62) 分割の表示	特願2019-569979 (P2019-569979)の分割	(74) 代理人	100086346 弁理士 鮫島 武信
原出願日	令和1年9月26日 (2019.9.26)	(72) 発明者	榎村 真一
(11) 特許番号	特許第6685067号 (P6685067)		大阪府和泉市テクノステージ二丁目2番16号 エム・テック株式会社内
(45) 特許公報発行日	令和2年4月22日 (2020.4.22)	Fターム(参考)	4G078 AA01 BA01 CA01 CA08 DA16 EA08 EA10
(31) 優先権主張番号	PCT/JP2019/016233		
(32) 優先日	平成31年4月15日 (2019.4.15)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	PCT/JP2019/020976		
(32) 優先日	令和1年5月27日 (2019.5.27)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		

最終頁に続く

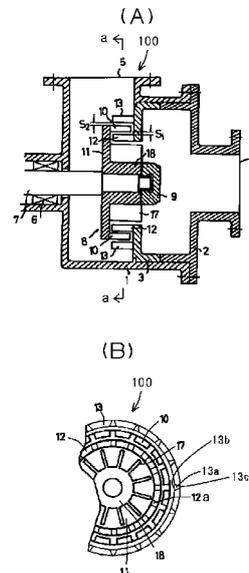
(54) 【発明の名称】 攪拌機

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】被処理流動体の処理中に生じるキャピテーションを抑制した、攪拌機の提供。

【解決手段】ステータ3はローター8の回転の主軸7を中心軸とする円筒状のステータカッタ13を有し、ステータカッタの周方向には複数の貫通部13aを設け、ローターが回転することによって、流動体が貫通部を通じてステータカッタの内側から外側に吐出する際、流動体の処理を行う攪拌機100であり、ステータカッタにおいてローターの羽根17を臨む側を内壁面とし、羽根と反対側を臨む側を外壁面とし、内壁面に設けられた複数の貫通部の開口を流入開口13bとし、外壁面に設けられた複数の貫通部の開口を流出開口13cとし、流入開口の開口面積は、流出開口の開口面積よりも大きいことを特徴とする攪拌機。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ステータと、前記ステータに対し回転可能なローターとを備え、  
 前記ローターは、前記回転の中心となる主軸と、複数の羽根とを備え、  
 前記ステータは、1つ又は複数のステータ部を有し、  
 前記ステータ部は、前記ローターの主軸を中心として前記羽根を取り囲み、  
 前記ローターの回転方向を周方向として、  
 前記ステータ部は、その周方向に複数の貫通部と、隣り合う前記貫通部同士の間位置するステータ主部とを備え、  
 前記ローターと前記ステータとのうち少なくとも前記ローターが回転することによって、  
 流動体が前記貫通部を通じ前記ステータ部の内側から外側に吐出する攪拌機について、  
 前記ステータ部の前記羽根を臨む側を前記ステータ部の内壁面とし、前記ステータ部の前記羽根と反対側を臨む側を前記ステータ部の外壁面とし、  
 前記ステータ部の内壁面に設けられた複数の前記貫通部の開口を流入開口とし、前記ステータ部の外壁面に設けられた複数の前記貫通部の開口を流出開口とし、前記流入開口と前記流出開口との間の空間を貫通部の内部空間とし、前記貫通部の内部空間は、前記流入開口から前記流出口へ至る途中に、断面積が前記内部空間の他の部分よりも小さな最小断面部分を備え、  
 前記流出開口の開口面積及び前記流入開口の開口面積は、前記貫通部の内部空間の前記最小断面部分の断面積よりも大きくなるように設けられたことを特徴とする攪拌機。

10

20

## 【請求項 2】

前記貫通部は、スリットと貫通穴の少なくとも何れか一方であり、  
 前記スリットは、前記ステータ部の軸方向の幅を前記ステータ部の周方向の幅よりも大きなものとし、前記スリットは、前記ステータ部の軸方向について両端を備える長穴と、前記ステータ部の軸方向について一端を開放する切欠部の、少なくとも何れか一方であり、  
 前記スリットにおいて、前記ステータ部の周方向について、前記流出開口の幅 ( $S_o$ ) 及び前記流入開口の幅 ( $S_i$ ) は、前記内部空間の前記最小断面部分の幅 ( $S_m$ ) よりも大きくなるように設けられ、  
 前記貫通穴において、前記流出開口の穴の面積及び前記流入開口の穴の面積は、前記内部空間の前記最小断面部分の穴の面積よりも大きくなるように設けられたものである請求項 1 記載の攪拌機。

30

## 【請求項 3】

前記ステータ部の周方向に沿って円弧を呈する前記流出開口の前記円弧の最大長さは 0 . 2 mm 以上であり、前記円弧の両端を結ぶ弦の最大長さは 4 . 0 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の攪拌機。

## 【請求項 4】

前記ステータは、前記ステータ部を、夫々前記ローターの主軸と同芯に前記ステータの半径方向へ複数備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れかに記載の攪拌機。

## 【発明の詳細な説明】

40

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は攪拌機、特に、被処理流動体の、微細化、均質化、乳化又は分散の処理に用いる攪拌機の改良に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

攪拌機は、流体の乳化、分散或いは混合の処理を行う装置として、種々のものが提案されているが、今日においては、ナノ粒子等の粒子径の小さな物質を含む被処理流動体を良好に処理することが求められている。

例えば、広く知られた攪拌機、乳化、分散機の種類としてビーズミルやホモジナイザーが

50

知られている。

【0003】

ところが、ビーズミルでは、粒子の表面の結晶状態が破壊され、傷つけられることによる機能低下が問題となっている。また、異物発生の問題も大きいし、頻繁に入れ替えたり補給するビーズのコストも大きい。

高圧ホモジナイザーでは、機械の安定稼働の問題や大きな必要動力の問題等が解決されていない。

また、回転式ホモジナイザーは、従来プレミキサーとして用いられていたが、ナノ分散やナノ乳化を行うには、さらにナノ化の仕上げのために仕上げ機を必要とするのだが、プレミキサーとしてもその性能を上げる事でナノ分散やナノ化を行う仕上げ機の負荷を下げる事が可能となる。

【0004】

(従来技術)

特許文献1～6へ従来技術を例示する。

特許文献1には複数のカット羽根を備えると共に回転するローターと、前記ローターの周囲に敷設されたステータとを同芯で備え、前記ステータは、その周方向に複数のスリットと、隣り合う前記スリット同士の間位置するステータ主部とを備え、前記ローターと前記ステータとのうち少なくともローターが回転することによって、被処理流動体が前記スリットを通じて前記ステータの内側から外側に吐出する際、強力な剪断力を与えて微細化や均質化を行う攪拌機が示されている。

特許文献2には複数の羽根を備えると共に回転するローターと前記ローターの周囲に敷設されたステータとを同心で備え、前記ステータはその円筒状側壁に複数の丸い穴や矩形の貫通穴が開いている。特許文献1と同様にローターが回転することによって被処理流動体が前記ステータの内側から外側に吐出する際、剪断力を与え均質化を行う攪拌機が示されている。

【0005】

特許文献3には攪拌機の先端速度と処理部の圧力を制御することにより小さい粒径で、かつシャープな粒子径分布を有する重合トナーの製造方法が示されているし、特許文献4では水系分散液を形成する水、樹脂材、天然蠟、さらに界面活性剤を入れて分散機を循環させることで、水系分散液を低コストかつ安全に製造できる製造装置が示されている。

【0006】

しかし、特許文献3, 4に示されている実施例からするとローターの回転速度は非常に早く25 m/s以上は当然であり35 m/s以上で運転されているのでキャビテーションが問題になってくる。

【0007】

特許文献5には攪拌・分散部すなわちローター/ステータの上流部にインデューサを配置することにより混合性能が向上し凝集物がない混合物が得られること、また得に有用な利点はキャビテーションの影響を軽減できることだとしている。

【0008】

キャビテーションとは、液体の流れの中で圧力変動や温度変化によって短時間に気泡の発生と消滅が起きる物理現象である。液体への溶存気体は圧力が上がるほどよく溶存し、逆に下がるほど溶存度は低くなる。また液体への溶存気体は温度が上がるほど溶存度は低くなり温度が下がるほど溶存度は上がる。

高速で回転するローターにより被処理流動体は吐出される。その際ローターの回転方向側の被処理流動体は圧力が上昇し、そのローター背面の被処理流動体は圧力が低下する。

またローターにより吐出されステータの開口部を通過する際にも圧力の上昇と低下を繰り返しミクロ的な領域での温度上昇も影響しキャビテーションが発生する。

成長したキャビテーションは空洞化現象と呼ばれる場合もある。

キャビテーションは機械的な形状や運転状態、溶存気体、表面粗度等の影響が大きく影響する。

10

20

30

40

50

また、キャビテーションを用いて微粒化等の処理が実験機で上手くできたとしても、キャビテーションを用いての処理ではスケールアップ時に確実に再現できない事が多々発生する。

【0009】

キャビテーションは気泡の初生、成長、圧力上昇に伴う気泡の崩壊という過程をとる。その気泡の崩壊時には数千気圧というエネルギーでエロージョンが起こる。

現在では蒸発の概念も含むことがあるが、実質の問題としてキャビテーションによるエロージョンが大きな問題となる。エロージョンが発生すると機械の振動は元より機械破損に繋がるためである。

【0010】

キャビテーションを抑えながら処理能力を上げる手段としては、ローターの回転数（羽根の先端部の回転周速度）を変化させることが知られているが、ローターの回転数（羽根の先端部の回転周速度）を一定とする条件下では、スリットの幅を小さくしてスリットの数を増やすか、或いは、ローターの羽根の枚数を増やすこともしくはその両方が有効であると考えられる。

【0011】

ところが、スリットの幅を大きくし過ぎるとスリットを通過する被処理流動体の圧力が低下して吐出流速が遅くなり、処理能力が低下する。他方、スリットの幅を小さくすると吐出流速は速くなるがスリットの幅を小さくし過ぎると圧力損失が大きくなりスリットを通過する被処理流動体の流量が低下してしまうため、吐出流が良好に発生しないもしくは空洞化現象が発生するおそれがある。その結果、スリットの幅を小さくしてスリットの数を増やすことには限度があった。

【0012】

また、現在の流れ解析シミュレーションの技術では、残念ながら正確なキャビテーションの解析は無理である。

【0013】

また、ローターの回転数をより上げることで攪拌機の処理能力の向上が図られる。ローターの回転数を上げることにより、スリットを通じてステータの内側から外側に吐出される被処理流動体の吐出流量が増加しその速度を上げるものである。この場合以下の点が問題となる。音速は、常温の空気中では約340m/sec、水中では約1500m/secであるが、キャビテーションにより気泡が混入した場合、水中の音速は著しく低下する。気泡を含む、ボイド率0.2の水の音速は30m/sec以下となり、ボイド率0.4の水の音速は約20m/secになる。

【0014】

特許文献4, 5において、ステータを通過する断続ジェット流の速度は上記の気泡を含む水中の音速に近いと考えられ、音速を超えると衝撃波が発生し機械の損傷が起こる。その為、キャビテーションによる気泡の発生を出来るだけ抑制して衝撃波の問題も解決しなくてはならない。

【0015】

上記ホモジナイザーの一例を示すと、特許文献6に、円形状に複数の粉碎羽根を上下面に有するステータならびにステータの粉碎羽根と直径方向にかみ合う複数の攪拌羽根および被粉碎物を取り込む開口部を有する2つのローターからなり、シャフトによりローターがステータを挟むことでステータの上下面に固定された、ローターの回転により液体または液体と粉体を攪拌するホモジナイザーであって、ローターの開口部にフードを備えたものが記載されている。

【0016】

しかし、特許文献6も上記キャビテーションの抑制を十分考慮したものではなく、動力の増加が著しく、処理用部の圧力分布幅が広がる事でキャビテーションの問題を排除できていない。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

## 【特許文献】

【0017】

【特許文献1】特開昭60-31819号公報

【特許文献2】US3,894,694A

【特許文献3】特開2002-221824号公報

【特許文献4】特開平7-8772号公報

【特許文献5】EP3069786A1

【特許文献6】特開2005-177701号公報

## 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0018】

そこで本発明は、処理の対象とする流動体に対し、攪拌を有効に行い微細化や均質化或いは乳化といった処理を促進する上で、キャビテーションの発生を抑制した攪拌装置の提供を図る。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明は、回転体であるロータと固定されているステータとの相対的な被処理流動体の実質的な速度差を高めるという新たな視点から、攪拌機の改良を試みた結果生まれた発明である。具体的には、ステータに設けられた貫通部の断面形状を見直すことで、被処理流動体の相対的速度差を高めることができる攪拌機の提供を実現することができたものである。また本発明者は、ステータに設けられた貫通部の断面形状を見直すことで、被処理流動体の流れの相対的速度差を高めると共に被処理流動体の圧力損失を低減させ、キャビテーションを抑制し、貫通部を通じてステータの内側から外側に吐出される被処理流動体が効率よく剪断力を与えるを見だし、本発明を完成させたものである。

20

【0020】

しかして本発明は、ステータと、前記ステータに対し回転可能なローターとを備え、前記ローターは、前記回転の中心となる主軸と、複数の羽根とを備え、前記ステータは、1つ又は複数のステータ部を有し、前記ステータ部は、前記ローターの主軸を中心として前記羽根を取り囲み、前記ローターの回転方向を周方向として、前記ステータ部は、その周方向に複数の貫通部と、少なくとも隣り合う前記貫通部同士の間位置するステータ主部とを備え、前記ローターと前記ステータとのうち少なくとも前記ローターが回転することによって、流動体が前記貫通部を通じて前記ステータ部の内側から外側に吐出する際、微細化と均質化と乳化と分散の、少なくとも何れかの1つの処理を流動体に行う攪拌機について、次の構成を採るものを提供する。

30

即ち、前記ステータ部の前記羽根を臨む側を前記ステータ部の内壁面とし、前記ステータ部の前記羽根と反対側を臨む側を前記ステータ部の外壁面とし、前記ステータ部の内壁面に設けられた複数の前記貫通部の開口を流入開口とし、前記ステータ部の外壁面に設けられた複数の前記貫通部の開口を流出開口とし、前記流入開口の開口面積は、前記流出開口の開口面積よりも大きくなるように設けられたことを特徴とする。

【0021】

40

また本発明は、ステータと、前記ステータに対し回転可能なローターとを備え、前記ローターは、前記回転の中心となる主軸と、複数の羽根とを備え、前記ステータは、1つ又は複数のステータ部を有し、前記ステータ部は、前記ローターの主軸を中心として前記羽根を取り囲み、前記ローターの回転方向を周方向として、前記ステータ部は、その周方向に複数の貫通部と、隣り合う前記貫通部同士の間位置するステータ主部とを備え、前記ローターと前記ステータとのうち少なくとも前記ローターが回転することによって、流動体が前記貫通部を通じ前記ステータ部の内側から外側に吐出する攪拌機について、次の構成を採るものを提供する。

即ち、前記ステータ部の前記羽根を臨む側を前記ステータ部の内壁面とし、前記ステータ部の前記羽根と反対側を臨む側を前記ステータ部の外壁面とし、前記ステータ部の内壁面

50

に設けられた複数の前記貫通部の開口を流入開口とし、前記ステータ部の外壁面に設けられた複数の前記貫通部の開口を流出開口とし、前記流入開口と前記流出開口との間の空間を貫通部の内部空間とし、前記貫通部の内部空間は、前記流入開口から前記流出口へ至る途中に、断面積が前記内部空間の他の部分よりも小さな最小断面部分を備え、前記流出開口の開口面積及び前記流入開口の開口面積は、前記貫通部の内部空間の前記最小断面部分の断面積よりも大きくなるように設けられたことを特徴とする。

【0022】

更に本発明では、前記貫通部は、スリットと貫通穴の少なくとも何れか一方であり、前記ローターの主軸の伸びる方向を軸方向として、前記スリットは、前記ステータ部の軸方向の幅を前記ステータ部の周方向の幅よりも大きなものとし、前記スリットは、前記ステータ部の軸方向について両端を備える長穴と、前記ステータ部の軸方向について一端を開放する切欠部の、少なくとも何れか一方であり、前記スリットにおいて、前記ステータ部の周方向について、前記流入開口の幅 ( $S_i$ ) は、前記流出開口の周方向の幅 ( $S_o$ ) よりも大きくなるように設けられ、前記貫通穴について、前記流入開口の穴の面積は、前記流出開口の穴の面積よりも大きくなるように設けられたものである攪拌機を提供できた。

10

【0023】

また更に本発明では、前記貫通部は、スリットと貫通穴の少なくとも何れか一方であり、前記スリットは、前記ステータ部の軸方向の幅を前記ステータ部の周方向の幅よりも大きなものとし、前記スリットは、前記ステータ部の軸方向について両端を備える長穴と、前記ステータ部の軸方向について一端を開放する切欠部の、少なくとも何れか一方であり、前記スリットにおいて、前記ステータ部の周方向について、前記流出開口の幅 ( $S_o$ ) 及び前記流入開口の幅 ( $S_i$ ) は、前記内部空間の前記最小断面部分の幅 ( $S_m$ ) よりも大きくなるように設けられ、前記貫通穴において、前記流出開口の穴の面積及び前記流入開口の穴の面積は、前記内部空間の前記最小断面部分の穴の面積よりも大きくなるように設けられた攪拌機を提供できた。

20

【0024】

更に本発明では、前記ステータ部の周方向に沿って円弧を呈する前記流出開口の前記円弧の最大長さは0.2mm以上であり、前記円弧の両端を結ぶ弦の最大長さは4.0mm以下である攪拌機を提供できた。

【0025】

また更に本発明では、前記ステータは、前記ステータ部を、夫々前記ローターの主軸と同芯に前記ステータの半径方向へ複数備えた攪拌機を提供できた。

30

【発明の効果】

【0026】

処理の対象とする流動体に対し、攪拌を有効に行い微細化や均質化或いは乳化といった処理を促進する上で、キャビテーションの発生を抑制した攪拌装置を提供できた。即ちローターに攪拌されてステータの貫通部を経てステータの内側からステータの外側へ放出される流動体について、貫通部の流入開口側よりも流出開口側の流体の移動速度を速めることによって、上記課題を解決したものである。

【0027】

実施の形態レベルにおいて、本発明は、ステータとローターとの間の間隔を微小間隔とし、ステータに対するローターの相対的な回転にて実質的に貫通部を開閉することで、貫通部を通じてステータの流入開口から流出開口へ向け断続的に流動体を吐出することにより、強力な剪断力を流動体に与えて微細化や均質化を行う上で、上記キャビテーションの発生を抑制できた。

40

【0028】

特に本発明は、せん断をより効率的になすことができる攪拌機を提供することができた。また本発明は、前記せん断が効率的になされる結果、ナノ分散やナノ乳化等の極めて微細な分散や乳化を実現することができた。

更に本発明は、粒子径の分布が狭く、粒子径の揃った粒子を得ることができる攪拌機を提

50

供することができた。

【0029】

但し、本発明は、ステータとローターとの間の間隔を微小間隔とし、ステータに対するローターの相対的な回転にて実質的に貫通部を開閉することで、貫通部を通じてステータの流入開口から流出開口へ向け断続的に流動体を吐出することにより、強力な剪断力を流動体に与えて微細化や均質化を行うものに限定するものではない。

即ち、本発明は、特にステータに対するローターの相対的な回転によって、実質的に貫通部を開閉するものでなく、貫通部を通じてステータの流入開口から流出開口へ向け連続的に流動体を吐出することとなるような、十分な間隔をステータとローターとの間に開けておくものについても、上記の通り貫通部の形態を工夫することにより、キャビテーションを抑制した上記の処理を行えるものとしたのである。

【0030】

具体的には、ステータとローターとの間を0.2mm以上2mm以下とすることを上記微小間隔として、本発明は、ステータとローターとの間を2mmを超える非微小間隔についても、微細化や均質化、乳化においてキャビテーションの影響の少ない攪拌処理を可能とした。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】(A)本発明を実施するに適した攪拌機1の要部拡大断面図、(B)前記(A)の要部のa-a断面図。

【図2】本発明を適用した攪拌機1のステータの実施の形態の拡大横断面図。

【図3】(A)本発明を実施するに適した攪拌機100の要部拡大図。

【図4】(A)～(D)夫々本発明を実施するに適した攪拌機100のステータの例を示す斜視図。

【図5】(A)(B)(C)(D)(E)は夫々本発明を適用した攪拌機のステータの実施の形態を示すものであり、何れも(ステータの周方向に沿って切断した)要部拡大縦断面を示すと共に前記要部拡大断面の上方へ貫通部を正面(図5の各図において平面)視した状態を併記した説明図、(F)は(A)(B)(C)(D)(E)に示すステータに対する羽根の位置関係を示す説明図。

【発明を実施するための形態】

【0032】

以下、図面に基づき、本発明の実施の形態を説明する。

本発明を実施するに適した攪拌機100の例を図1(A)に示し、図1(A)の攪拌機100へ本発明を適要した例を図1(B)及び図2に示す。

図1において1はケーシングであり吸い込みカバー2によりステータ3は固定されている。吸い込みカバー2には吸込口4が設けられ、ケーシング1には、吐出口5が設けられている。ケーシング1に設けられた軸封装置6を貫通して主軸7が回転可能に設けられている。主軸7の先端にローター8がナット9により固定されている。

【0033】

ローター8には円周方向に沿って断続して配備された複数個のロータカッタ10がシラウド11に支えられて設けられている。ステータ3には、ロータカッタ10を両側から同心的に、半径方向にS1及びS2の隙間を隔てて挟むように円周方向に沿って断続して配備されたステータカッタ12、13が設けられている。

上記円周方向は、ローター8(主軸7の)の回転方向に一致する。

【0034】

以下必要に応じて、複数の上記ロータカッタ10の呈する円の外側へ配列された複数の上記ステータカッタ13の夫々を、外側ステータカッタ13と呼ぶ。また必要に応じて、複数の上記ロータカッタ10の呈する上記円の内側にて配列された複数の上記ステータカッタ12の夫々を内側ステータカッタ12と呼ぶ。

図1及び図2へ示す例では、外側ステータカッタ13の夫々が請求の範囲の「ステータ主

10

20

30

40

50

部」と対応し、隣り合う外側ステータカッタ 1 3 の間の空間が貫通部 1 3 a を構成する。

【 0 0 3 5 】

このステータ 3 は、貫通部 1 3 a のローター 8 の中心（主軸 7）側を臨む開口を流動体（被処理流動体）の流入開口 1 3 b とし、ローター 8 の上記中心と反対側即ち外側を臨む開口を流動体の流出開口 1 3 c とする。

流入開口 1 3 b の開口面積は、流出開口 1 3 c の開口面積よりも大きくなるように設けられている（図 1（B））。即ち貫通部 1 3 a は、流入開口 1 3 b 側から流出開口 1 3 c 側へ向けて漸次断面（流動体の移動方向と直交する面の断面）を小さくする、先窄みの空間となっている。

またこの例では、内側ステータカッタ 1 2 の夫々が内側ステータ主部を構成し、隣り合う内側ステータカッタ 1 2 間の空間が内側貫通部 1 2 a を構成する。

10

【 0 0 3 6 】

図 1（A）に示す攪拌機 1 0 0 全体の作用について説明する。

主軸 7 の駆動によりローター 8 が回転するとロータカッタ 1 0 のポンプ作用で被処理物が吸込口 4 から吸い込まれ、ステータカッタ 1 2、ロータカッタ 1 0、ステータカッタ 1 3 の間を通して外側に流出し吐出口 5 から排出される。その間にステータカッタ 1 2、1 3 とロータカッタ 1 0 との間の高速剪断作用により被処理流動体が微細化や均質化、乳化、分散処理がなされる。

【 0 0 3 7 】

しかし従来の図 1（A）に示すタイプの攪拌機では、吸い込み側の圧力が高い場合は安定して運転されるが、吸い込み側の圧力が下がるとキャビテーションを発生したり、条件が悪化した場合、騒音や振動の発生が起こり、性能の著しい低下をもたらす欠点があった。このため、中心側（ハブ 1 8 側）に羽根 1 7 を設け、吸い込み側の圧力の低下によっても支障のない分散装置が提供されている。

20

【 0 0 3 8 】

図 1（B）へ示す例では、内側貫通部 1 2 a のローター 8 の中心側を臨む内側流入開口 1 2 b と、ローター 8 の上記中心と反対側を臨む内側流出開口 1 2 c とは、ほぼ同じ開口面積を有するものとするが、特に内側貫通部 1 2 a において、内側流入開口 1 2 b の開口面積を内側流出開口 1 2 c の開口面積よりも大きいものとするにより、流動体のより効果的な処理を図ることができる（図 2）。

30

隣り合うロータカッタ 1 0 間の隙間についても、上記貫通部 1 3 a や内側貫通部 1 2 a（図 2）と同様の構成を採るものとしてもよい。

【 0 0 3 9 】

図示はしないが、ステータ 3 は、内側ステータカッタ 1 2 群の呈する円の内側へ更に第 3 のステータカッタの一群を配列するものとしてもよい。また更にステータ 3 は 4 群以上の多重（多段）にステータカッタの円を配列するものとしてもよい。また上記のステータカッタ群を多重にするのに合わせて、ロータカッタ群も多重にすることができる。

図 1 及び図 2 へ示す例では、上記外側ステータカッタ 1 3 群が 1 つのステータ部 S（外側ステータ部 S）を構成し、上記内側ステータカッタ 1 2 群が他の 1 つのステータ部 S（内側ステータ部 S）を構成する。

40

【 0 0 4 0 】

この他、1 つの上記ステータ部 S を上記外側ステータカッタ 1 3 群や内側ステータカッタ 1 2 群で構成するのではなく、1 つのステータ部 S を 1 つの筒状体としてもよい。

具体的には、ステータ 3 に関し上記図 1 及び図 2 へ示す複数のステータカッタ 1 2、1 3 をステータ 3 の周方向（ラジアル方向）に沿って配列したものとするのではなく、ステータ 3 は、ローター 8 の主軸 7 に対し同心に配置された 2 つ以上の筒状体を備えるものである。

そしてステータ 3 の当該筒状体を上記ステータ部 S（外側ステータカッタ 1 3 群に対応する外側ステータ部 S と、内側ステータカッタ 1 2 に対応する内側ステータ部 S）として、上記貫通部 1 3 a や内側貫通部 1 2 a を、上記ステータ部 S の側部を貫通する穴（貫通穴

50

)として形成することができる。

【0041】

ステータ3は外側カッタ13群のみ備え内側ステータカッタ12群を備えない、即ちステータ部Sを1つだけ備えるものとしても実施できる(図5)。

上記貫通部13a或いは内側貫通部12aを穴とする場合、当該穴(の開口)の輪郭は真円としてもよいし、長円としてもよい。また上記貫通部を、円に限らず矩形など三角形以上の多角形や円や、曲線或いは曲線と直線の組み合わせを輪郭とするものとしてもよい。上記の通りステータ部Sを筒状体とし上記貫通部13aや内側貫通部12aを穴とする場合、ステータ部Sの、隣り合う当該穴同士の間位置する領域(範囲)が請求の範囲の「ステータ主部」に対応する。

10

【0042】

更に、ステータ3の周方向の幅に対しステータ3の軸方向(スラスト方向)の幅が比較的大きいため穴と呼ぶよりもスリットと呼ぶのが適するものを、上記貫通部とすることもできる。この場合、上記スリットは、ステータ3の上記軸方向について、両端を備えるものとしてもよいし一方の端部が開放された切欠部としてもよい。

また上記スリットは、ステータ3の上記軸方向に沿って直線的に伸びる他、軸方向に対し螺旋状に伸びるものであっても実施できる。

【0043】

上記貫通部をスリットとして本発明を実施するに適した攪拌機100の例を図3に掲げる。

20

図3中被処理流動体は、白抜き矢印の通り、攪拌機100内へ導入され処理後吐出される。

【0044】

ステータ140は、ハウジング160の入り口155に固定され、ローター145は、モーター(図示せず)によって駆動される回転可能なシャフト170に取り付けられる。この実施形態では、ローターは、ステータ140の内側で回転するように配置された羽根145aと、ステータ140の外側で回転するための羽根145bとを有する多段ローターである。シャフト170は軸封装置185を貫通している。

【0045】

ステータ140の斜視図を図4に示す。真円の貫通穴や矩形の貫通穴(図4(A)~(C)の140a, 140b, 140c)、貫通穴がスリット(図4(D)の140d)である各種形態がある。

30

【0046】

攪拌主要部135に加えて被処理流動体を実質的に加圧しながら送り込むインデューサ125が攪拌主要部135の上流のポート165に配置される。インデューサ125は、ローター145と同軸でありローター145と同時回転するように配置される。

【0047】

インデューサ125が回転するとハウジング160に向かって内側に被処理流動体を引き込む圧力差を作り出す。したがってインデューサ125は攪拌主要部135に必要な正の吸引ヘッド(NPSH)を減らすための小さなブスターポンプとして機能することができる。これによりキャビテーションをさらに減らすことができる。

40

【0048】

図5(A)~(E)へ図1(B)及び図2~図4へ示す攪拌機のステータに設ける貫通部の具体例を示す。図5(A)~(E)においてローター8の羽根17は省略するが、図5(F)にてステータ3(ステータ部S)に対し回転する羽根17の先端部を示す。図5(A)~(F)中、rは羽根17の回転方向を示す。

図5(A)~(F)の例では、ステータ3は前述のステータ部Sを一つ(外側ステータ部S)のみ備え、ローター8は前述(図1及び図2)のロータカッタ10を備えない。但し前述の通りステータ3はステータ部Sを多段に備えるものとしてもよいし、ロータカッタ10を備えるものとしてもよい。前述の内側ステータ部Sに、図5(A)~(F)と同様

50

に内側貫通部 1 2 a と内側貫通部 1 2 a の各部を構成することもでき、その場合図中の括弧書の通り読み替えればよい。

【 0 0 4 9 】

図 5 の各例において、上記ステータ部 S とロータ 8 の羽根 1 7 との間の間隔 S 3 ( 図 5 ( F ) ) を 0 . 2 mm 以上 2 mm 以下の微小間隔とするのが好ましいが、2 mm 以上の非微小間隔としてもよい。図 1 ( B ) 及び図 2 へ示す例においても、上記内側ステータ部 S と羽根 1 7 との間の間隔を上記微小間隔或いは上記非微小間隔とすることができる。

また、図 1 ( B )、図 2 へ示す例において、ロータカッタ 1 0 と上記外側ステータ部 S 及び ロータカッタ 1 0 と上記内側ステータ部 S との間隙 S 1 , S 2 の夫々を、上記微小間隔或いは上記非微小間隔とすることができる。

10

【 0 0 5 0 】

尚図 5 ( F ) へ示す羽根 1 7 は例示であり、図 5 ( F ) と異なり、掬い面 1 7 b とその反対側の面 1 7 c とが平行となるものであってもよいし、掬い面 1 7 b とその反対側の面 1 7 c とは傾斜角度が ( 図 5 ( F ) において左右 ) 対称となってもよいし、先端面 1 7 a も羽根 1 7 の回転方向に対し傾斜する即ち先端面 1 7 a の上記掬い面 1 7 b となす角 ( かど ) と先端面 1 7 a の上記反対側の面 1 7 c となす角 ( かど ) について両角の回転軌跡が一致しないものであってもよい ( 図示しない ) 。

【 0 0 5 1 】

図 5 ( A ) ( B ) へ示す例では、ステータ 3 の上記円周方向について 流出開口 1 3 c の幅 S o は、流入開口 1 3 b の幅 S i より小さい。

20

特に上記ステータ部 S の周方向 ( ステータ 3 の円周方向 ) に沿って円弧を呈する流出開口 1 3 c の当該円弧の最大長さは 0 . 2 mm 以上とし、当該円弧の両端を結ぶ弦の最大長さを 4 . 0 mm 以下とするのが好ましい。

【 0 0 5 2 】

回転する羽根 1 7 の掬い面 1 7 b を臨む側 ( 奥側端 1 3 e ) と、その反対側 ( 手前側端 1 3 f ) との間の幅が、流入開口 1 3 b から 流出開口 1 3 c へ向けて漸次狭くなっている。具体的には上記円錐台である貫通部 1 3 a の奥側端 1 3 e と手前側端 1 3 f とに関し何れも、貫通部 1 3 a の中心線 ( 図 5 ( A ) 中二点鎖線 ) 即ち、流入開口 1 3 b の中心と 流出開口 1 3 c の中心とを通る直線に対する挟角 ( 傾斜角 ) を 1 ~ 4 5 度とするのが好ましい。

30

図 5 ( A ) の例では貫通部 1 3 a は、流入開口 1 3 b から 流出開口 1 3 c へ向けて先細りとなる、すり鉢状 ( 円錐台状 ) の空間である。従って、上記円錐台である貫通部 1 3 a の母線について、上記中心線に対する挟角 ( 傾斜角 ) を上記とするのが適する。

【 0 0 5 3 】

貫通部 1 3 a は上記円錐台に代えて角錐台とすることもでき、図 5 ( B ) は貫通部 1 3 a を四角錐台とした例である。図 5 ( B ) へ示す貫通部 1 3 a において、回転方向に対する前後 1 対の斜面が、上記奥側端 1 3 e 及び手前側端 1 3 f であり、上記中心線に対する挟角を図 5 ( A ) の母線と同様とする。

【 0 0 5 4 】

また貫通部 1 3 a ( 1 2 a ) は、流入開口 1 3 b から 流出開口 1 3 c へ至る区間の途中に、流入開口 1 3 b 及び 流出開口 1 3 c よりも断面積の小さな最小断面部分 1 3 d を備えるものとしても実施できる ( 図 5 ( C ) ~ ( E ) ) 。具体的には、貫通部 1 3 a は 流入開口 1 3 b から最小断面部分 1 3 d に向けて漸次断面積を小さくする。また、貫通部 1 3 a は最小断面部分 1 3 d から 流出開口 1 3 c へ向けて漸次断面積を大きくする。最小断面部分 1 3 d は貫通部 1 3 a 内に設けた縊れ ( くびれ ) である。

40

【 0 0 5 5 】

最小断面部分 1 3 d は 流入開口 1 3 b 側と 流出開口 1 3 c 側との間に幅を持たない環状の尾根としてもよいが ( 図示しない ) 、最小断面部分 1 3 d は 流入開口 1 3 b 側と 流出開口 1 3 c 側との間に一定の幅を持った最小径区間として実施することができる ( 図 5 ( C ) ~ ( E ) ) 。

50

最小断面部分 13d を設ける場合、流出開口 13c が流入開口 13b より断面積の小さなものとしてもよいし、本発明の効果を得ることができる限り流入開口 13b が流出開口 13c より断面積の小さなものとしてもよい。

【0056】

図 5 (C) ~ (E) へ示す例では、ステータ 3 の上記円周方向 (ローター 8 の回転方向) について、貫通部 13a は流入開口 13b から流出開口 13c へ至る区間の途中に流入開口 13b 及び流出開口 13c より幅  $S_m$  の小さな最小断面部分 13d を備える。具体的にはステータ 3 の上記円周方向について、貫通部 13a は流入開口 13b から最小断面部分 13d に向けて漸次幅を小さくする。またステータ 3 の上記円周方向について、貫通部 13a は最小断面部分 13d から流出開口 13c へ向けて漸次幅を大きくする。

10

【0057】

貫通部 13a は流入開口 13b から流出開口 13c へ至る全区間の断面を円形とする即ち鼓型としてもよいし (図 5 (C))、当該全区間の断面を四角形としてもよい (図 5 (D))。

また貫通部 13a の全区間の断面形状を四角形とする場合も、四角形の辺の比率が縦横変化するものとしてもよい (図 5 (E))。図 5 (E) へ示す例では最小断面部分 13d は上記最小断面区間をなすものであるが、貫通部 13a の奥側端 13e において、流入開口 13b から最小断面部分 13d に至るまでの間と最小断面部分 13d のなす上記最小断面区間とは段差なく共に上記中心線と平行に伸びており、最小断面部分 13d から流出開口 13c に至るまでの間は上記中心線から漸次遠ざかるように傾斜している。一方手前側端 13f について図 5 (E) へ示す例では、流入開口 13b から最小断面部分 13d に至るまでの間は上記中心線へ漸次近づくように傾斜し、最小断面部分 13d のなす上記最小断面区間と最小断面部分 13d から流出開口 13c に至るまでの間とは段差なく共に上記中心線と平行に伸びている。

20

図 5 (E) の貫通部 13a は、穴としてもよいが、スリットとして実施するのに適する。

【0058】

最小断面部分 13d を備える貫通部 13a について流入開口 13b から最小断面部分 13d に向けて漸次断面積を小さくするものであれば、また最小断面部分 13d を備えない貫通部 13a について流入開口 13b から流出開口 13c に向けて漸次断面積を小さくするものであれば、何れの場合も、貫通部 13a の上記全区間の断面を三角形や五角形以上の多角形にしてもよいし、円以外の曲線形状や曲線と直線とを組み合わせたものとしてもよいし、更には貫通部 13a の全区間中に断面形状が他の区間と異なる区間があってもよく、これら種々の変更が可能である。上記種々の変更が可能なる点については、図 1 (B) 及び図 2 へ示す実施の形態でも同様である)。

30

【0059】

(総括)

本発明によりキャピテーションの発生をより抑えられた新規の攪拌機を提供する事ができた。またステータの貫通穴形状の変更だけで実用上大きな効果をもたらす。

【0060】

図 1 (A) へ示すタイプの従来の攪拌機 100 は、キャピテーションを減らすことに対してローターの側面から改善を試みており、キャピテーションの減少の効果は認められるが、まだ十分ではないため、発明者は、ステータの側面から改善を試みた結果、大きな効果が認められた。

40

【0061】

本発明を適用した前述の図 2 に示す攪拌機 100 のステータについては、断面円筒形の筒状のステータに複数の貫通部が設けられており、被処理流動体がローターの回転によりステータ内面から外面に吐出され、その内壁面の開口部を流入開口とし、ステータ外壁面を流出開口とし、流入開口の開口面積は流出開口の開口面積より大きくなるように設けられている。

【0062】

50

従来のステータの貫通部は流入開口面積と流出開口面積が同等か、又は、流出開口の面積の方が大きかったのだが、ローターからの吐出流はその圧力損失で吐出しづらく、キャビテーションの発生、もしくは空洞化現象の発生が多くみられた。

また、ローターからの吐出流はステータ流入開口部で直角に曲げられる。直角に曲がるとシミュレーション上では無限に近い真空度を発生する。

【0063】

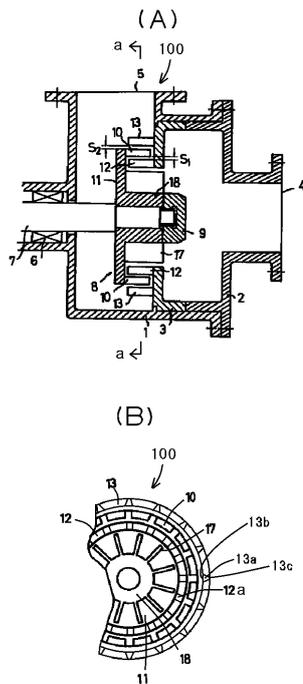
流入開口面積を流出開口面積より大きくする事で、圧力損失は大幅に減少し、被処理流動体はよりスムーズにステータ3の貫通部に導入され、より高速に流出開口部より吐出される。

また、前述の直角に曲がる吐出流の問題も回避できキャビテーションの問題も著しく減少する。

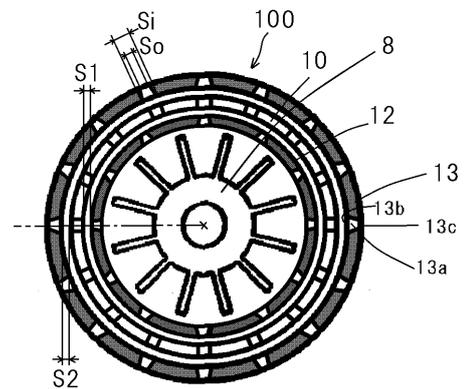
この結果、剪断力の効果が大幅に改善し、被処理流動体は効率よく処理され、機械も安定運転が可能となる。

10

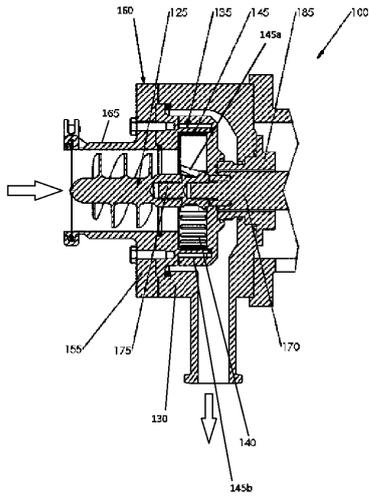
【図1】



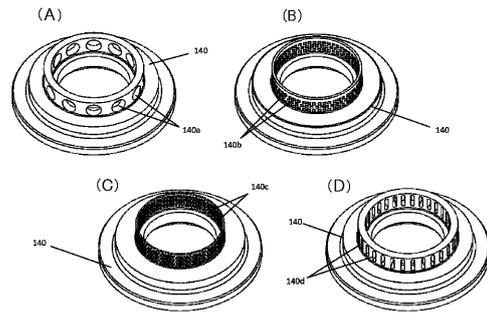
【図2】



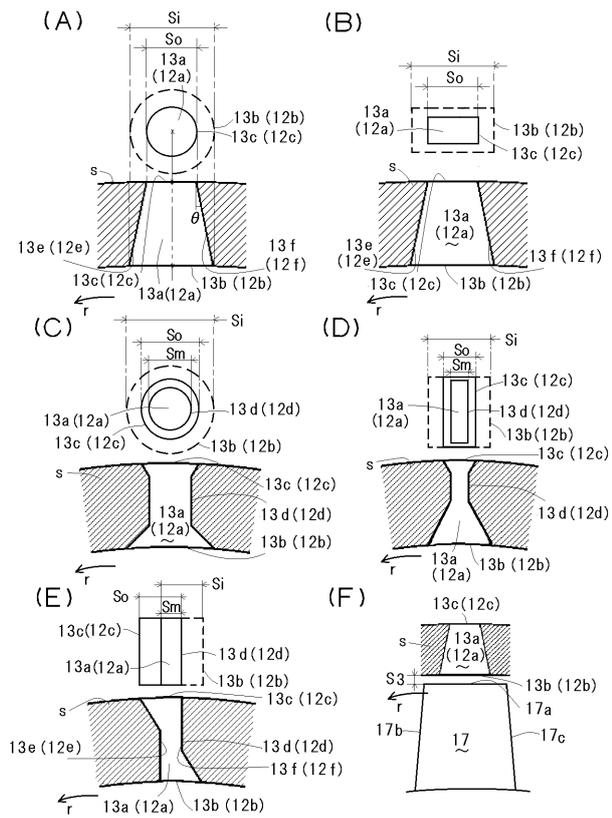
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 PCT/JP2019/032869  
(32)優先日 令和1年8月22日(2019.8.22)  
(33)優先権主張国・地域又は機関  
日本国(JP)