

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4741237号
(P4741237)

(45) 発行日 平成23年8月3日(2011.8.3)

(24) 登録日 平成23年5月13日(2011.5.13)

(51) Int.Cl.	F 1
B01J 8/04 (2006.01)	B01J 8/04
B01J 8/00 (2006.01)	B01J 8/00 A
B01F 3/04 (2006.01)	B01F 3/04 Z
C10G 65/04 (2006.01)	C10G 65/04

請求項の数 38 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2004-548687 (P2004-548687)
(86) (22) 出願日	平成15年11月5日 (2003.11.5)
(65) 公表番号	特表2006-505388 (P2006-505388A)
(43) 公表日	平成18年2月16日 (2006.2.16)
(86) 国際出願番号	PCT/DK2003/000757
(87) 国際公開番号	W02004/041426
(87) 国際公開日	平成16年5月21日 (2004.5.21)
審査請求日	平成18年11月2日 (2006.11.2)
(31) 優先権主張番号	PA200201718
(32) 優先日	平成14年11月8日 (2002.11.8)
(33) 優先権主張国	デンマーク (DK)

前置審査

(73) 特許権者	505166867 モーテン・ミューラー・リミテッド・アン パルトセルスカブ デンマーク、デコーー 3480 フレゼン スポート、ネレダムスヴァイ 123 番
(74) 代理人	100100158 弁理士 鮫島 瞳
(74) 代理人	100068526 弁理士 田村 恒生
(74) 代理人	100107180 弁理士 玄番 佐奈恵
(72) 発明者	モーテン・ミューラー デンマーク、デコーー 3480 フレゼン スポート、ネレダムスヴァイ 123 番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2相並流用ベッセルに用いられるミキシング・デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

触媒リアクターに用いられ、該触媒リアクターの上方触媒床と下方触媒床との間に配置されるミキシング・デバイスであつて、相互に上下に配置された該触媒床を通るように該リアクターのベッセル内を並流で流れる気体または蒸気と液体とを混合するためのミキシング・デバイスであり、

該ミキシング・デバイスには、該上方触媒床から該下方触媒床へと又は該下方触媒床から該上方触媒床へと該気体および該液体が流れるように該ミキシング・デバイス内を通る流路が規定されており、

該流路が、

- 該ミキシング・デバイスの少なくとも1つの入口開口部、
 - 該ミキシング・デバイスの少なくとも1つの出口開口部、
 - 該流路に沿うように順次配置された第1ミキシング・オリフィスおよび少なくとも1つの第2ミキシング・オリフィス、ならびに
 - ミキシング・デバイスの垂直方向の寸法ができる限り小さくなるように、該少なくとも1つの入口開口部と該少なくとも1つの出口開口部との間で延在する実質的に水平な流路セクション
- を有して成り、

該第1ミキシング・オリフィスおよび該少なくとも1つの第2ミキシング・オリフィスの各々が单一の開口部を成し、液体と気体との混合流れの実質的に全体が該第1ミキシング

10

20

グ・オリフィスおよび該第2ミキシング・オリフィスの各々を通るようになっており、該第1ミキシング・オリフィスおよび該第2ミキシング・オリフィスには、該リアクターの少なくとも1つの操作段階の間、液体の気体中への拡散および/または気体の液体中への拡散にとって十分となる「ミキシング・オリフィスにおける混合流れのノースリップ2相流速が3m/s～15m/s」となるように、該混合流れの流量に対して流通領域が設けられており、また

該実質的に水平な流路セクションは、該入口開口部付近から該出口開口部付近まで延在してあり、

ミキシング・オリフィスの下流側の前記流路に拡張領域流路セクションが設けられており、

該拡張領域流路セクションでのノースリップ2相流速が、対応するミキシング・オリフィスを通過する際のノースリップ2相流速よりも実質的に遅くなっている、それによって、該拡張領域流路セクションの該流れのホールド時間が増加して伝熱および物質移動がもたらされるような断面領域を該拡張領域流路セクションが有しており、また

前記拡張領域流路セクションは、前記混合流れの全体を少なくとも2つの別個の2相流れ若しくはストリームに分けるためのフロー・チャンネルを少なくとも2つ有して成り、

少なくとも2つの別個の2相ストリームの各々のノースリップ2相流速が、対応するミキシング・オリフィスを通過する際のノースリップ2相流速よりも実質的に遅くなっている、それによって、少なくとも2つのチャンネルでのホールド時間が増加して伝熱および物質移動がもたらされるような組み合わされた断面領域を該少なくとも2つのチャンネルが有している、ミキシング・デバイス。

【請求項2】

ミキシング・オリフィスにおける混合流れの前記ノースリップ2相流速は、前記リアクターの少なくとも1つの操作段階の間、3.5m/s～14.5m/sである、請求項1に記載のミキシング・デバイス。

【請求項3】

ミキシング・オリフィスにおける混合流れの前記ノースリップ2相流速は、前記リアクターの少なくとも1つの操作段階の間、3.5m/s～14m/sとなっている、請求項1または2に記載のミキシング・デバイス。

【請求項4】

前記第1ミキシング・オリフィスは前記入口開口部により構成され、および/または、第2ミキシング・オリフィスは前記出口開口部により構成される、請求項1～3のいずれかに記載のミキシング・デバイス。

【請求項5】

第2ミキシング・オリフィスを1つ有して成るミキシング・デバイスであって、ミキシング・オリフィスでの前記ノースリップ2相流速が、前記リアクターの少なくとも1つの操作段階の間で4.0m/s～12.5m/sである、請求項1～4のいずれかに記載のミキシング・デバイス。

【請求項6】

順次配置された2つの第2ミキシング・オリフィスを有して成るミキシング・デバイスであって、ミキシング・オリフィスでの前記ノースリップ2相流速が、前記リアクターの少なくとも1つの操作段階の間、3.5m/s～10.5m/sである、請求項1～4のいずれかに記載のミキシング・デバイス。

【請求項7】

前記ミキシング・デバイスの一方の側部から他方の側部に至るまでの該ミキシング・デバイスの全体的な勾配は、水平面と成す角度が最大11.5°に対応する20%未満であり、また、

ミキシング・ボックスの個々のセグメントは、該ミキシング・デバイスの全体的な勾配が該11.5°に対応する該20%より大きくならない状態において、より大きい勾配を有している、請求項1～6のいずれかに記載のミキシング・デバイス。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

前記拡張領域流路セクションの全ての断面領域、または、流れが分けられる前記チャンネルの全ての断面領域は、ノースリップ2相流速の最大値が、流れが組み合わされる上流側のミキシング・オリフィスでのノースリップ2相流速の25%よりも大きくなる、請求項1に記載のミキシング・デバイス。

【請求項 9】

前記拡張領域流路セクションの全ての断面領域、または、流れが分けられる前記チャンネルの全ての断面領域は、ノースリップ2相流速の最小値が、流れが組み合わされる上流側のミキシング・オリフィスでのノースリップ2相流速の100%未満となる、請求項8に記載のミキシング・デバイス。

10

【請求項 10】

前記触媒リアクターは、気体および液体が下方へと並流で流され、水素化処理触媒の存在下で炭化水素と水素リッチガスとが反応する縦型水素化処理リアクターである、請求項1~9のいずれかに記載のミキシング・デバイス。

【請求項 11】

触媒リアクターに用いられ、該触媒リアクターの上方触媒床と下方触媒床との間に配置されるミキシング・デバイスであって、相互に上下に配置された該触媒床を通るように該リアクターの実質的に縦型のベッセル内を並流で流れる気体または蒸気と液体とを混合するためのミキシング・デバイスであり、

該ミキシング・デバイスには、該上方触媒床から該下方触媒床へと又は該下方触媒床から該上方触媒床へと流れるように該気体および該液体が該ミキシング・デバイス内を通る流路が規定されており、

20

- 少なくとも1つの入口開口部が設けられた上側壁、
 - 少なくとも1つの出口開口部が設けられた底側壁、
 - 該上側壁と該底側壁との間で閉空間が規定されるように該上側壁の周縁部と該底側部の周縁部との間で延在する側壁、ならびに
 - 該上側壁、該底側壁および該側壁と共に該流路を規定するように該上側壁と該底側壁との間で延在する内部パーティション壁
- を有して成り、

該パーティション壁が、更に、該流路に沿って順次配置される第1ミキシング・オリフィスおよび少なくとも1つの第2ミキシング・オリフィスの各々が单一の開口部を成し、それによって、液体と気体との混合流れの実質的に全体が第1ミキシング・オリフィスおよび第2ミキシング・オリフィスの各々を通るようになっており、

30

該リアクターの少なくとも1つの操作段階の間、液体の気体中への拡散および/または気体の液体中への拡散にとって十分となる「ミキシング・オリフィスにおける混合流れのノースリップ2相流速が3m/s~15m/s」となるように、該混合流れの流量に対して流通領域が第1ミキシング・オリフィスおよび第2ミキシング・オリフィスに設けられており、また

ミキシング・デバイスの垂直方向寸法ができる限り小さくなるように、該内部パーティション壁が、該上側壁、該底側壁および該側壁と共に、該少なくとも1つの入口開口部と該少なくとも1つの出口開口部との間で延在する実質的に水平な流路セクションを規定しており、該実質的に水平な流路セクションが該入口開口部付近から該出口開口部付近まで延在しており、

40

前記パーティション壁は、ミキシング・オリフィスの下流側の前記流路に拡張領域流路セクションが設けられるように構成されており、

該拡張領域流路セクションにおけるノースリップ2相流速が、対応するミキシング・オリフィスを通過する際のノースリップ2相流速よりも実質的に遅くなっている、それによつて、該拡張領域流路セクションにおける該流れのホールド時間が増加して伝熱および物質移動がもたらされる断面領域を該拡張領域流路セクションは有しており、また

前記拡張領域流路セクションは、前記混合流れ全体を少なくとも2つの別個の2相流れ

50

若しくはストリームに分けるためのフロー・チャンネルを少なくとも 2 つ有して成り、
少なくとも 2 つの別個の 2 相ストリームの各々のノースリップ 2 相流速が、対応するミ
キシング・オリフィスを通過する際のノースリップ 2 相流速よりも実質的に遅くなつてお
り、それによつて、少なくとも 2 つのチャンネルでのホールド時間が増加して伝熱および
物質移動がもたらされるような組み合わされた断面領域を少なくとも 2 つのチャンネルが
有している、ミキシング・デバイス。

【請求項 12】

前記上側壁または前記底側壁の周縁部の第 1 ポイントと、その個々の第 1 ポイントから
それぞれ最も離れた前記上側壁または前記底側壁の周縁部の個々のポイントとの間で算出
される前記ミキシング・デバイスの全体的な勾配は、水平面と成す角度が最大 11.5°。 10
に対応する 20% 未満である、請求項 11 に記載のミキシング・デバイス。

【請求項 13】

前記上側壁および前記底側壁は、実質的に平面状となっており、相互に平行であり、また、実質的に水平になっている、請求項 11 または 12 に記載のミキシング・デバイス。

【請求項 14】

ミキシング・オリフィスにおける混合流れの前記ノースリップ 2 相流速は、前記リアクターの少なくとも 1 つの操作段階の間、3.5 m/s ~ 14.5 m/s である、請求項 1 1 ~ 1 3 のいずれかに記載のミキシング・デバイス。

【請求項 15】

ミキシング・オリフィスにおける混合流れの前記ノースリップ 2 相流速は、前記リアクターの少なくとも 1 つの操作段階の間、3.5 m/s ~ 14 m/s となっている、請求項 1 1 ~ 1 4 のいずれかに記載のミキシング・デバイス。 20

【請求項 16】

前記第 1 ミキシング・オリフィスは前記入口開口部により構成され、および / または、
第 2 ミキシング・オリフィスは前記出口開口部により構成される、請求項 1 1 ~ 1 5 のい
ずれかに記載のミキシング・デバイス。

【請求項 17】

第 2 ミキシング・オリフィスを 1 つ有して成るミキシング・デバイスであつて、ミキシング・オリフィスでの前記ノースリップ 2 相流速は、前記リアクターの少なくとも 1 つの
操作段階の間で 4.0 m/s ~ 12.5 m/s である、請求項 1 1 ~ 1 6 のいずれかに記
載のミキシング・デバイス。 30

【請求項 18】

順次配置された 2 つの第 2 ミキシング・オリフィスを有して成り、ミキシング・オリフ
ィスでの前記ノースリップ 2 相流速は、前記リアクターの少なくとも 1 つの操作段階の間
で 3.5 m/s ~ 10.5 m/s である、請求項 1 1 ~ 1 6 のいずれかに記載のミキシング・デバイス。

【請求項 19】

前記拡張領域流路セクションの全ての断面領域、または、流れが分けられる前記チャン
ネルの全ての断面領域は、ノースリップ 2 相流速の最大値が、流れが組み合わされる上流
側のミキシング・オリフィスでのノースリップ 2 相流速の 25% よりも大きくなる、請求
項 1 1 に記載のミキシング・デバイス。 40

【請求項 20】

前記拡張領域流路セクションの全ての断面領域、または、流れが分けられる前記チャン
ネルの全ての断面領域は、ノースリップ 2 相流速の最小値が、流れが組み合わされる上流
側のミキシング・オリフィスでのノースリップ 2 相流速の 100% 未満となる、請求項 1
9 に記載のミキシング・デバイス。

【請求項 21】

前記触媒リアクターは、気体および液体が下方へ並流で流され、水素化処理触媒の存在
下で炭化水素と水素リッチガスとが反応する縦型水素化処理リアクターである、請求項 1
1 ~ 2 0 のいずれかに記載のミキシング・デバイス。 50

【請求項 2 2】

下方触媒床の上方に上方触媒床を備えており、請求項 1 ~ 2 1 のいずれかに記載のミキシング・デバイスが設けられた触媒リアクター。

【請求項 2 3】

下方触媒床の上方に上方触媒床を備えており、請求項 1 1 ~ 2 1 のいずれかに記載のミキシング・デバイスが設けられた触媒リアクターであって、

前記上側壁または前記底側壁の周縁部の第 1 ポイントと、その個々の第 1 ポイントからそれぞれ最も離れた前記上側壁または前記底側壁の周縁部の個々のポイントとの間で算出される前記ミキシング・デバイスの全体的な勾配は、水平面との間で成す角度が最大 1 1 . 5 ° に対応する 2 0 % 未満である、触媒リアクター。 10

【請求項 2 4】

前記上側壁および前記底側壁は、実質的に平面状になっており、相互に平行であり、また、実質的に水平になっている、請求項 2 3 に記載のリアクター。

【請求項 2 5】

前記上側壁の周縁部から前記底側壁の周縁部まで延在する側壁は、前記リアクター・ベッセルの外壁の内面に適合する形状およびサイズを有している、請求項 2 3 または 2 4 に記載のリアクター。

【請求項 2 6】

前記リアクター・ベッセルの外壁が前記側壁を成している、請求項 2 3 ~ 2 5 のいずれかに記載のリアクター。 20

【請求項 2 7】

ミキシング・デバイスと前記リアクター・ベッセル壁との間が実質的に流体の漏れることのないように連結され、それによって、気体および液体の全ての流れが該ミキシング・デバイス内を通過することになるように、プレート手段または他の遮蔽手段でもって、該側壁と該リアクター・ベッセルの外壁との間の空間を塞いでいる又は封止している、請求項 2 3 または 2 4 に記載のリアクター。

【請求項 2 8】

リアクター・ベッセルの壁に対して垂直な平面に存在する実質的に水平なミキシング・デバイスの断面積が、該リアクター・ベッセルの内部の断面積の 2 5 % ~ 1 0 0 % となっている、請求項 2 3 または 2 4 に記載のリアクター。 30

【請求項 2 9】

第 1 ミキシング・オリフィスの上流のポイントまたは 2 つのミキシング・オリフィスの間のポイントにおいてプロセス・ストリームが冷却されるように、低温の冷却流体をリアクター・ベッセル内に流入させるためのフロー手段が設けられている、請求項 2 2 ~ 2 8 のいずれかに記載のリアクター。

【請求項 3 0】

触媒リアクター内にて該触媒リアクターの上方触媒床と下方触媒床との間を並流で流れる気体または蒸気と液体とを混合する方法であって、

- 液体と気体との混合流れの全体を单一の開口部に通過させ、前記リアクターの少なくとも 1 つの操作段階の間で該单一の開口部におけるノースリップ 2 相流速が液体の気体中への拡散および / または気体の液体中への拡散にとって十分となる 3 m / s ~ 1 5 m / s となるように、液体と気体との混合流れの全体の断面領域を狭小化させる第 1 狹小工程、

- 引き続いて、該断面領域を拡張する第 1 拡張工程、

- 引き続いて、液体と気体との混合流れの全体を单一の開口部に通過させ、該单一の開口部におけるノースリップ 2 相流速が 3 m / s ~ 1 5 m / s となるように、液体の気体中への拡散および / または気体の液体中への拡散にとって十分となるように、前記断面領域を狭小化させる第 2 狹小工程、ならびに

- 全流路のうちの実質的な長さに沿って延在する流路セクションであって、少なくとも 1 つの実質的に水平な流路セクションを有して成る流路へと前記混合流れを導く工程を含んで成り、

前記断面領域を拡張する拡張工程には、少なくとも2つの別個の2相流れまたはストリームに分けることが含まれる、方法。

【請求項31】

前記実質的な長さは、前記全流路の少なくとも50%となっている、請求項30に記載の方法。

【請求項32】

第2狭小工程の後に、前記断面領域を拡張する第2拡張工程を更に含んで成る、請求項30または31に記載の方法。

【請求項33】

前記リアクターの少なくとも1つの操作段階の間、混合流れの前記ノースリップ2相流速は、狭小化された際、 $3.5 \text{ m/s} \sim 14.5 \text{ m/s}$ となる、請求項30～32のいずれかに記載の方法。 10

【請求項34】

前記リアクターの少なくとも1つの操作段階の間、混合流れの前記ノースリップ2相流速は、狭小化された際、 $3.5 \text{ m/s} \sim 14 \text{ m/s}$ となる、請求項30～33のいずれかに記載の方法。

【請求項35】

前記リアクターの少なくとも1つの操作段階の間、混合流れの前記ノースリップ2相流速は、狭小化された際、 $4.0 \text{ m/s} \sim 12.5 \text{ m/s}$ となる、請求項30～33のいずれかに記載の方法。 20

【請求項36】

第2拡張工程後において前記断面領域を狭小化する第3狭小工程が更に含まれており、液体が気体中に拡散すべくおよび/または気体が液体中に拡散すべく、前記リアクターの少なくとも1つの操作段階の間にて混合流れの該ノースリップ2相流速が、狭小化された際、 $3.5 \text{ m/s} \sim 10.5 \text{ m/s}$ となる、請求項31～33のいずれかに記載の方法。

【請求項37】

第1ミキシング・オリフィスの上流のポイントまたは2つのミキシング・オリフィスの間のポイントにおいて、低温の冷却流体をリアクター・ベッセルに流入させ、それによって、プロセス・ストリームを冷却する工程を更に含んで成る、請求項30～36のいずれかに記載の方法。 30

【請求項38】

前記触媒リアクターは、気体および液体が下方へ並流で流され、水素化処理触媒の存在下で炭化水素と水素リッチガスとが反応する縦型水素化処理リアクターである、請求項30～37のいずれかに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

発明の背景

発明の分野

本発明は、気相と液相とが並流状態で流れるベッセル内で気体（またはガス）と液体とを混合するミキシング・デバイスに関する。このデバイスでは、そのデバイスの出口から排出される混合物の温度および化学成分を均一にすることができる。本発明は、制限するわけではないが、水素化処理リアクターまたは水素化分解リアクター等の水素を処理するリアクターにおいて2つの隣接する触媒床の間で、高温の水素に富む処理ガスと高温の炭化水素液体とを冷たい冷却ストリームと共に混合するのに適している。更に、本発明は、上述のミキシング・デバイスを有して成る触媒リアクターに関する、また、並流状態で気体と液体とを混合させる方法、そして、その方法によって得られる生成物にも関している。 40

【0002】

関連技術

10

20

30

40

50

2相並流用のベッセルのためのミキシング・デバイスは、文献および特許公報に多く記載されている。そのようなデバイスは、ほとんど以下の6種類のタイプのいずれかに属している。

【0003】

タイプ1：収集トレイに入口シートが設けられたボルテックス・ミキサー

このタイプのデバイス設計の例が、米国特許第3541000号に開示されている。このミキサーは、水平な収集トレイ・プレート6から構成されている。収集トレイ・プレートには、複数の傾斜したシート32/34が設けられている。上述の触媒床から生じる気体と液体とから成るプロセス・ストリームの全ては、速い速度で入口シートを通過することになる。収集トレイの下方には環状ミキシング・ボックス8が設けられている。シートから排出される噴流は、水平方向の要素を有しており、結果的に、環状ミキシング・ボックス内でスワール流となる流体運動がもたらされる。流体は、その後、内部ワイヤー-12を通過した後、中央開口部10を通って垂直方向下方へと流れることになる。開口部10の出口では、低温の冷却流体が、蜘蛛の巣状に配置された穿孔分配管30から加えられる。ミキサーの下方には、液体をラフに分配するために、ディストリビューション・トレイ（または分配トレイ）14が配置されている。このトレイ14は、開口部10から排出される速い流速の流体のための緩衝プレートとしても機能している。ラフに分配するディストリビューション・トレイの下方には、液体を最終的に分配するためにディストリビューション・トレイ4が配置されている。10

【0004】

ボルテックス・ミキサーの他の例を以下に示す：

米国特許第4836989号には、米国特許第3541000号のミキサーと同様のミキサーが記載されている。しかしながら、触媒床からもたらされる気体および液体と冷却流体とを好ましく混合するために、収集トレイ12の下流側に配置された穿孔分配管ではなく、収集トレイ12の上流側に配置された穿孔分配管13を介して冷却流体が加えられることになる。20

【0005】

米国特許第5837208号、同5989502号および国際特許公開（WO）第0248286号には、米国特許第4836989号のミキサーと同様のミキサーが記載されている。30

【0006】

タイプ2：入口流れが放射状／水平に流れるスワール・ボックス・ミキサー

このタイプのデバイスの設計の例が、米国特許第3353924号に開示されている。このタイプのミキサーは、収集トレイ・プレート6から構成される。収集トレイ・プレートの上方の穿孔パイプ・リング11を介して低温の冷媒が加えられる。冷却流体と、ミキサーの上方の触媒床3からもたらされる気体および液体とは、複数の入口ポート8を介してスワール・ボックス7に導入される。上述のボルテックス・ミキサーの設計とは異なり、入口ポートからスワール・ボックス・ミキサー内へと流れるフローは、主に水平方向／放射方向となっている。入口ポートには翼部9が設けられており、その翼部9によってスワール・ボックス7内の流体にスワール運動がもたらされることになる。流体は、中央開口部13aを介してスワール・ボックスから排出される。中央開口部の下方においては、穿孔緩衝プレート14に垂直バッフル16が設けられている。40

【0007】

スワール・ボックス・ミキサーの他の例を以下に示す：

米国特許第3787189号には、米国特許第3353924号のミキサーと同様のスワール・ボックス・ミキサーが記載されている。しかしながら、スワール・ボックスの入口開口部および翼部は異なる設計となっており、中央開口部20の下方の緩衝プレート23は穿孔されていない。収集プレート18の下方のミキサーから排出される流体に対して旋回運動を与える翼部22が、ミキサー出口にて半径方向に配置される垂直バッフルと取り替えられている。50

【0008】

米国特許第5462719号には、米国特許第3353924号のミキサーと同様のスワール・ボックス・ミキサーが記載されている。気体および液体は、円筒形状バッフル24の半径方向穿孔部をまず通った後、翼部22に至るので、スワール・ボックス内にスワール流れ運動が生じることになる。流体は、中央開口部21を通ってスワール・ボックスから排出された後、収集プレート20の下方に配置された第2ミキシング・ボックスに導入される。第2ミキシング・ボックスでは、流体は、半径方向外側へと流れることになり、円筒形状壁26の半径方向穿孔部を通ってミキサーから排出されることになる。

【0009】

タイプ3：バブル・キャップ状ミキサー：

10

このタイプのミキサーの設計例は、米国特許第5152967号に開示されている。ミキサーは、収集プレート16と、降下管17に配置されるキャップ18, 19とから構成されている。キャップおよび降下管は、第1混合スワール・チャンバーを規定している。キャップ19の側壁には、角度を成す開口部が設けられている。気体および液体が角度を成す開口部を通って第1スワール・チャンバーに導入されるので、スワール運動が生じることになる。流体は、まず降下管17の上方エッジ上を上方へと流れた後、降下管を通して下方へと流れ、プレート16の中央開口部を通ることになる。このミキサーには、流体が半径方向内側に流れるように、第1スワール・チャンバーの下方に第2スワール・チャンバーが設けられている。

【0010】

20

バブル・キャップ状ミキサーの他の例を以下に示す：

米国特許第(US-B1)6183702号には、別のバブル・キャップ状ミキサーが記載されている。ミキサーは、液体レベルのあるレベルに保持する収集プレート1125から構成されている。収集プレートには、プレート1125上の液体にスワール運動を促す垂直バッフル1130が設けられている。スワール運動は、パイプ1140から排出される冷却流体噴流によって更に強められる。収集トレイでは、円筒形状降下管1165上の細長い円筒形状キャップ1150から成るバブル・キャップ状ミキサーが、プレート1125の中央開口部に取り付けられている。キャップと降下管との間の環状スペースには、半渦巻き形状のバッフル1155が設けられている。気体は、キャップ1150の円筒形状壁のスロットを通って環状スペース内に導入されることになる。従って、気体は液体を環状スペースに向けて上昇させることになるので、気体と液体とが環状スペース内を上方へと流れることになる。バッフル1155によって環状スペース内にスワール運動がもたらされる。

30

【0011】

気体および液体は、降下管を通って収集プレート1125の開口部を通るように下方に流れることになる。

【0012】

バブル・キャップ状ミキサーの他の例は、米国特許第3824080号、同3824081号および同5403560号に記載されている。

【0013】

40

タイプ4：気体と液体との混合を個別に行うミキサー

このタイプのミキサーの設計例は、欧州特許第716881号に開示されている。ミキサーは、中央開口部30を備えた収集プレート20から構成されている。中央開口部の上方には、気体を混合するための気体スワール・ボックス100/55が配置されている。気体スワール・ボックスには、開口部95およびスワール手段105が設けられている。収集プレート20には、液体流れのための他の開口部40が設けられている。開口部は、液体がリアクターの中心線に向かって導かれるようにチャンネル65と接続されている。通常の操作においては、収集プレート20によって液体レベルがあるレベルに保持され、気体が、気体スワール・ボックス・ミキサー100/55内に入ることになり、中央開口部30から気体が排出される一方、液体は、平行な液体通路40/65を通り、スワール

50

・ボックス・ミキサーを迂回することになる。ミキサーの下方には、ラフに分配 / 緩衝を行う分配 / 緩衝プレート 90 が配置されている。

【0014】

米国特許第 5 9 3 5 4 1 3 号には、気体と液体との混合を個別に行うミキサーの別の例が記載されている。

【0015】

タイプ 5 : 流れが垂直方向のバッフルを有したミキサー

このタイプのミキサーの設計例は、米国特許第 4 2 3 3 2 6 9 号に開示されている。ミキサーは入口供給導管 12 から構成されている。入口供給導管 12 によって、気体および液体がミキサー内に導入されることになる。流体は、入口供給導管から流れて、ドーナツ状プレート 32, 36 によって形成された 2 つの円形のミキシング・オリフィスを通った後、ディスク 34 によって形成された 1 つの環状フロー制限部を通過することになる。

【0016】

タイプ 6 : 流れが水平方向のバッフルを有したミキサー

このタイプのミキサーの設計例は、米国特許第 5 6 9 0 8 9 6 号に開示されている。このミキサーは、触媒支持システムと一体的に構成されている。気体および液体は、環状収集トラフ 24 にて収集される。冷却流体は、冷却パイプ 22 および 23 を通して環状収集トラフに加えられる。気体および液体は、環状収集トラフを通過することによって、支持ビーム 14 と 15 との間に配置されたミキサー・ボックス 30 へと流れることになる。プロセス・ストリームの全ては、入口 36 からミキサー・ボックス内に導入される。ミキサー・ボックスは、流れ方向を 360° 回転させる 1 つのフロー・チャンネルから構成されている。ミキサー・ボックスで 360° 回転させられた後、流体は、中央開口部 37 から排出される。

【0017】

米国特許第 3 7 0 5 0 1 6 号には、収集と触媒支持とを行うプレート 8 に配置されたスクリーン 11 / 12 から成るミキサーが記載されている。スクリーンは、不活性支持材料 7 によってカバーされている。冷却流体は、プレート 8 上の触媒床に供給される。気体および液体はスクリーン 11 / 12 を通過できる一方、不活性材料はスクリーン 11 / 12 を通過することができない。気体および液体は、スクリーンを通過した後、収集プレート 8 の中央開口部を通るように垂直方向に流れることになる。収集プレートの下方には、水平底プレート 16 と垂直バッフル 20, 21, 22 および 23 とから構成される水平ミキシング・ボックスが配置されている。まず、中央開口部から排出された流体は 2 つの水平なストリームに分けられることになる。2 つのストリームの各々は、更に 2 つのストリームに分けられ、全部で 4 つのストリームに分けられる。ミキサー出口では、これら 4 つのストリームのうちの 2 つのストリームが再度組み合わせられてリアクター断面領域の片側へと送られる一方、残りの 2 つのストリームは再度組み合わせられてリアクター断面領域の別の片側に送られることになる。最終的には、気体および液体は、穿孔トレイ 25 を通って分配されることになる。

【0018】

流れが垂直方向のバッフルを有したミキサーの別の例は、米国特許第 3 9 7 7 8 3 4 号に開示されている。複数の水平のミキシング・ボックス 13 から構成されるミキサーが記載されている。触媒支持ビーム 7 の間にミキシング・ボックスが配置されており、冷却流体が、パイプ 11 を介してミキシング・ボックスの上流側のビームの間に加えられる。

【0019】

関連技術のミキサーの性能について

引用した全てのミキサー設計では、圧力降下 (pressure drop) が混合の推進力となる。しかしながら、例えば水素化処理ユニットまたは水素化分解ユニットでは、ミキサーの圧力降下が増加して付加的なコストが相当に大きくなってしまう。引用した例では、リサイクルガス・コンプレッサーのイニシャル・コストが増加し、リサイクルガス・コンプレッサーに必要な付加的な軸動力の点で操作コストが増加してしまう。2 相ミ

10

20

30

40

50

キサーでは、ミキサーの所定の圧力降下に対して、良好な混合および均一な出口混合物を得るための基準が以下のように定められている。

【0020】

A) ミキサーには、流速が速くなる流れ抑制部およびミキシング・オリフィスを設ける必要がある。流速が速いと、液体が気体内へと分散したり、気体が液体内へと分散したりする。流れに分散がもたらされると、結果的に伝熱および物質移動に利用できる界面が大きくなる。また、流れが速いと、乱れの程度が大きくなり、結果的に混合状態が良くなる。更に、流れが速いと、液相と気相との間の物質移動に関する物質移動係数が大きくなり、また、液相と気相との間の熱移動に関する伝熱係数も大きくなる。

【0021】

B) プロセス流れの全ては、ミキシング・オリフィスを通るようにしなければならない。ミキサー内に設けられた平行な流路では不十分である。なぜなら、ストリーム同士が平行なままだと接触作用がもたらされないため、均一な温度および均一なストリームの組成を得ることができないからである。

【0022】

C) 速い流速から遅い流速へと遷移する乱流条件が形成できるように、気体および液体に対してホールド時間（または保持時間）をある程度考慮する必要がある。従って、ミキサーでは、流速がより遅くなる領域をミキシング・オリフィスの下流側に備える必要がある。ホールド時間は、伝熱および物質移動に必要である。乱流条件は、複数の相を混合するのに必要である。

【0023】

D) ミキサーの出口では、リアクターの断面領域に液体が合理的に分配または広がるようにならなければならない。ミキサーの下方にディストリビューション・トレイが配置されている場合であっても、ディストリビューション・トレイ上で液体のレベル勾配が大きくなり過ぎることを防止するために、ミキサー出口において液体がリアクター断面領域にわたって広がることがある程度必要である。例えば、全ての液体がリアクターの一方の側から排出されるミキサー設計ではかかる条件を満たしていない。

【0024】

更に、ミキサー全体の高さは重要である。ミキサーは、リアクター／ベッセルに必要な高さをできるだけ減じることができるようコンパクトにする必要がある。水素化処理リアクターまたは水素化分解リアクターでは、ミキサーで占められた空間は、活性触媒に対しては利用することができない。反応原系を所望の生成物に変換するために、所定の量の触媒が必要とされる。それゆえ、ミキサーによって占められる空間も、リアクターに必要なサイズ／高さを決める際に考慮される。水素および硫化水素の分圧を高くして200バルおよび450まで操作されるように水素化分解リアクターが設計される。典型的には、リアクターは、内径が5メートルまでで設計されている。設計条件が厳しいので、水素化分解リアクターは、347SS等のオーステナイト系ステンレスで内側をライニングされたクロムモリブデン鋼(2.25Cr-1.0Mo)から典型的に形成された厚いシェルを有している。リアクターの長手方向の1メートル当たりのコストは、100万米ドル(2002年時点)ほどの高いものとなり得る。それゆえ、よりコンパクトなミキサー設計が利用できるとなると、大きな節約になるものと考えられる。

【0025】

現在、商業的な水素化処理または水素化分解の用途においては、タイプ1のミキサー（入口シートが設けられたボルテックス・ミキサー）が、最も一般的なミキサー設計である。ミキサー圧力降下の大部分は、入口シートでもたらされる。しかしながら、これらのシートは、平行な流路を有している。それゆえ、上記B)の基準が満たされていない。更に、平らでない収集プレートに起因して、または、他の製作誤差に起因して、個々の入口シートへと気体および液体が分配されにくくなっている。液体の多くが幾つかのシートを通る一方、気体の多くが他のシートを通ることになる。このような場合、入口シートでは気体と液体とは効率的に接触しない。環状ボックス内のホールド時間は、流

10

20

30

40

50

体を十分に 360° 回転させるのに通常十分ではなく、その結果、異なるシートからの流体であって、リアクターの異なる側部からの流体が十分に混合されることはない。入口シートでの流速は通常速すぎるので、環状ボックスでは液体を分離することができない。プロセス・ストリームの全ては、ミキサーの中央開口部において接触するものの、その後、流体はリアクター断面領域にわたって広がってしまう。中央開口部の下流では伝熱および物質移動のためのホールド時間が許容される閉空間が存在していない。それゆえ、上記 C) の基準も満たされていない。タイプ 1 のミキサーは、比較的コンパクトなミキサーである。

【 0026 】

タイプ 2 のミキサーについて説明する。入口流れが半径方向 / 水平方向のスワール・ボックス・ミキサーでは、大部分の圧力降下がスワール・チャンバーの入口においてもたらされるので、上記 B) の基準は満たされていない。タイプ 1 のミキサーと同様に、プロセス・ストリームの全ては、中央開口部にて接触することはない。しかしながら、その後、流体はリアクター断面領域にわたって広がる。中央開口部の下流では伝熱および物質移動のためのホールド時間が許容される閉空間が存在していない。それゆえ、上記 C) の基準も満たされていない。

【 0027 】

タイプ 1 のミキサー、タイプ 2 のミキサーおよびタイプ 3 のミキサーと同様に、バブル・キャップ状ミキサーは、上記 B) および C) の基準を満たしていない。

【 0028 】

タイプ 4 のミキサーについて説明する。気体および液体を別々に混合するミキサーでは、気体および液体が別々に並列にて予め混合されるように、ミキサーの圧力降下の一部が予備ミキサーでもたらされるようになっている。また、単一相のための予備ミキサーの各々は、それ自体、平行な入口シートまたは翼部のような平行な流路から構成されている。それゆえ、このミキサーは、上記 B) の基準を満たしていない。欧州特許第 716881 号の場合では、2 相ミキシング・オリフィスが全く設けられていないので、上記 A) の基準も満たされていない。

【 0029 】

流れが垂直方向のバッフルを有したタイプ 5 のボックス・ミキサーについて説明する。米国特許第 4223269 号には、混合特性に関して優れた設計が示されており、上記 A) ~ D) の基準を全て満たしている。しかしながら、タイプ 5 のミキサーでは、ミキサーの高さが非常に大きくなるので、リアクター / ベッセルが相当な体積を占めることになる。

【 0030 】

流れが水平方向のバッフルを有したタイプ 6 のボックス・ミキサーについて説明する。米国特許第 3705016 および同 3977834 号には、流路がより平行なミキサー設計が示されており、それゆえ、上記 B) の基準を満たしていない。米国特許第 3977834 号については、プロセス・ストリームの全ては 1 つのミキシング・オリフィスと接触する事がないので、上記 A) の基準を満たしていない。更に、米国特許第 3705016 号については、液体が不均一にミキサーから排出されるので上記 D) の基準を満たしていない。米国特許第 5690896 号に記載のタイプ 6 のミキサーは、好みの適当なミキサーである。しかしながら、ミキサーは上記 C) の基準を満たしていない。プロセス・ストリームの全てをミキシング・オリフィスに作用させた後では、オリフィスの下流にて、伝熱および物質移動に対してホールド時間が十分となっていない。また、流体は 1 つの側方のみから中央オリフィスに近づくので、上記 D) の基準が満たしていない。結果としてミキサー出口にて広がる液体は、不均一となっている。

【 0031 】

発明の要旨

本発明は、気体と液体とが並流で流れるベッセル内においてガスと液体とを混合するためのミキシング・デバイスである。本発明は、上述したような、流れが水平であってバッ

10

20

30

40

50

フルが設けられたボックス・ミキサーに属するものである。

【0032】

本発明の主な目的は、リアクター体積が比較的小さく、必要なエネルギーが比較的小さい混合を実施することである。

【0033】

本発明では、このような目的および利点、ならびに他の目的および利点が、触媒リアクターに用いられ、該触媒リアクターの上方触媒床と下方触媒床との間に配置されるミキシング・デバイスであって、相互に上下に配置された該触媒床を通るように該リアクターのベッセル内を並流で流れる気体（または蒸気）と液体とを混合するためのミキシング・デバイスであり、

10

該ミキシング・デバイスには、該上方触媒床から該下方触媒床へと又は該下方触媒床から該上方触媒床へと該気体および該液体が流れるように該ミキシング・デバイス内を通る流路が規定されており、

該流路が、

- 該ミキシング・デバイスの少なくとも1つの入口開口部、
- 該ミキシング・デバイスの少なくとも1つの出口開口部、
- 該流路に沿うように順次配置された第1ミキシング・オリフィス（first mixing orifice）および少なくとも1つの第2ミキシング・オリフィス（second mixing orifice）、または、該流路に沿うように順次配置された第1通路および少なくとも1つの第2通路、ならびに

20

- ミキシング・デバイスの垂直方向の寸法ができる限り小さくなるように、該少なくとも1つの入口開口部と該少なくとも1つの出口開口部との間で延在する実質的に水平な流路セクション

を有して成り、

該第1ミキシング・オリフィスおよび該少なくとも1つの第2ミキシング・オリフィスは、液体と気体との混合流れの実質的に全体が該第1ミキシング・オリフィスおよび該第2ミキシング・オリフィスを通るように配置されており、

該第1ミキシング・オリフィスおよび該第2ミキシング・オリフィスには、該リアクターの少なくとも1つの操作段階の間、ミキシング・オリフィスにおける混合流れ（またはミキシング・オリフィスで組み合わされた流れ）のノースリップ2相流速（no-slip flow velocity）が3m/s～15m/sとなるように、好ましくは液体の気体中への拡散および/または気体の液体中への拡散にとって十分となるように、該混合流れの流量に対して流通領域が設けられており、また

30

該実質的に水平な流路セクションは、該入口開口部付近から該出口開口部付近まで延在しているのが好ましい、ミキシング・デバイスによって達成される。このミキシング・デバイスでは、液体と気体とが効果的に相互に作用し、リアクターの不要とされる体積が最小限度となっている。

【0034】

また、本発明では、

触媒リアクターに用いられ、該触媒リアクターの上方触媒床と下方触媒床との間に配置されるミキシング・デバイスであって、相互に上下に配置された該触媒床を通るように該リアクターの実質的に縦型のベッセル内を並流で流れる気体（または蒸気）と液体とを混合するためのミキシング・デバイスであり、

40

該ミキシング・デバイスには、該上方触媒床から該下方触媒床へと又は該下方触媒床から該上方触媒床へと流れるように該気体および該液体が該ミキシング・デバイス内を通る流路が規定されており、

- 少なくとも1つの入口開口部が設けられた上側壁、
- 少なくも1つの出口開口部が設けられた底側壁、
- 該上側壁と該底側壁との間で閉空間が規定されるように該上側壁の周縁部と該底側部の周縁部との間で延在する側壁、ならびに

50

- 該上側壁、該底側壁および該側壁と共に該流路を規定するように該上側壁と該底側壁との間で延在する内部パーティション壁（または内部に設けられる仕切壁）を有して成り、

該パーティション壁が、更に、該流路に沿って順次配置される第1ミキシング・オリフィスおよび少なくとも1つの第2ミキシング・オリフィスを規定するように、または、該流路に沿って順次配置される第1通路および少なくとも1つの第2通路を規定するように構成されており、それによって、液体と気体との混合流れの実質的に全体が第1ミキシング・オリフィスおよび第2ミキシング・オリフィスを通るようになっており、

ミキシング・オリフィスにおける混合流れ（またはミキシング・オリフィスで組み合わされた流れ）のノースリップ2相流速が3m/s～15m/sとなるように、好ましくは液体の気体中への拡散および/または気体の液体中への拡散にとって十分となるように、該混合流れの流量に対して流通領域が第1ミキシング・オリフィスおよび第2ミキシング・オリフィスに設けられており、また

ミキシング・デバイスの垂直方向寸法ができる限り小さくなるように、該内部パーティション壁が、該上側壁、該底側壁および該側壁と共に、該少なくとも1つの入口開口部と該少なくとも1つの出口開口部との間で延在する実質的に水平な流路セクションを規定しており、好ましくは、該実質的に水平な流路セクションが該入口開口部付近から該出口開口部付近まで延在している、ミキシング・デバイスも提供される。

【0035】

1つの態様において、本発明は、円筒形状リアクターの壁の間に配置される水平ミキシング・ボックス（または横置きミキシング・ボックス）であって、流れが阻害されることになる水平ミキシング・ボックスに関している。このミキシング・ボックスは、実質的に垂直方向に流れる流体をミキサー内へと導く1つ以上の開口部を有している。ミキシング・ボックスは、水平に設けられた円形の上側壁、水平に設けられた円形の底側壁、垂直に設けられた円筒形の壁（リアクターの内壁を構成し得る）を有して成る。ミキシング・ボックスの高さが最小限度となるように、ミキシング・ボックスの直径がリアクターの内径と同様または同一であることが好ましい。水平ミキシング・ボックス内には垂直フロー・バッフル（または流れを阻害する垂直に設けられた邪魔板、vertical flow baffle）が設けられている。垂直フロー・バッフルによって、全てのプロセス・ストリームが速い速度で流れることになるミキシング・オリフィスが形成されている。ミキシング・オリフィスに引き続いて、「T字路（tee）」が設けられている。「T字路」では、プロセス・ストリームが流速のより遅い2つのサイド・ストリームに分けられることになる。水平ミキシング・ボックスは、このようなミキシング・ボックスと、それに引き続くT字路から構成されている。そのため、まず、第1フロー制限部（first flow restriction）にて流体が速い速度で混合された（または組み合わされた）後、第1T字路で速度のより遅い2つのストリームに分けられることになり、その後、第2フロー制限部（second flow restriction）などにおいて速い速度で再度混合される（または組み合わされる）ことを意味している。ミキシング・オリフィスでは、液体は気体中へと拡散するので、伝熱および物質移動のための界面がより大きくなる。また、ミキシング・オリフィスでは流速が速くなるので、伝熱係数および物質移動係数が高くなつて乱流状態となり、混合がもたらされることになる。それゆえ、前述のA）の基準が満たされている。また、全てのプロセス・ストリームは各々のミキシング・オリフィスを通過するので、前述のB）の基準も満たされている。そして、2つのミキシング・オリフィスの間に存在する流速のより遅い領域では、伝熱および物質移動のためのホールド時間がもたらされるので、前述のC）の基準も満たされている。一連のミキシング・オリフィスおよびT字路を通過した後、流体は、円形の水平底側壁に設けられた1つ以上の開口部を介して垂直方向に排出されることになる。好ましくは、対称的に流体が開口部に供給されることによって、液体がミキサーの下方で均等に広がることになるように、開口部はリアクターの中心線上に設けられている。それゆえ、前述のD）の基準も満たされている。円形の水平底側壁の開口部の下方には、緩衝プレートが設けられ

10

20

30

40

50

ているので、2相の噴流の速い速度が弱められ、リアクターの断面領域にわたって液体が広がることになる。

【0036】

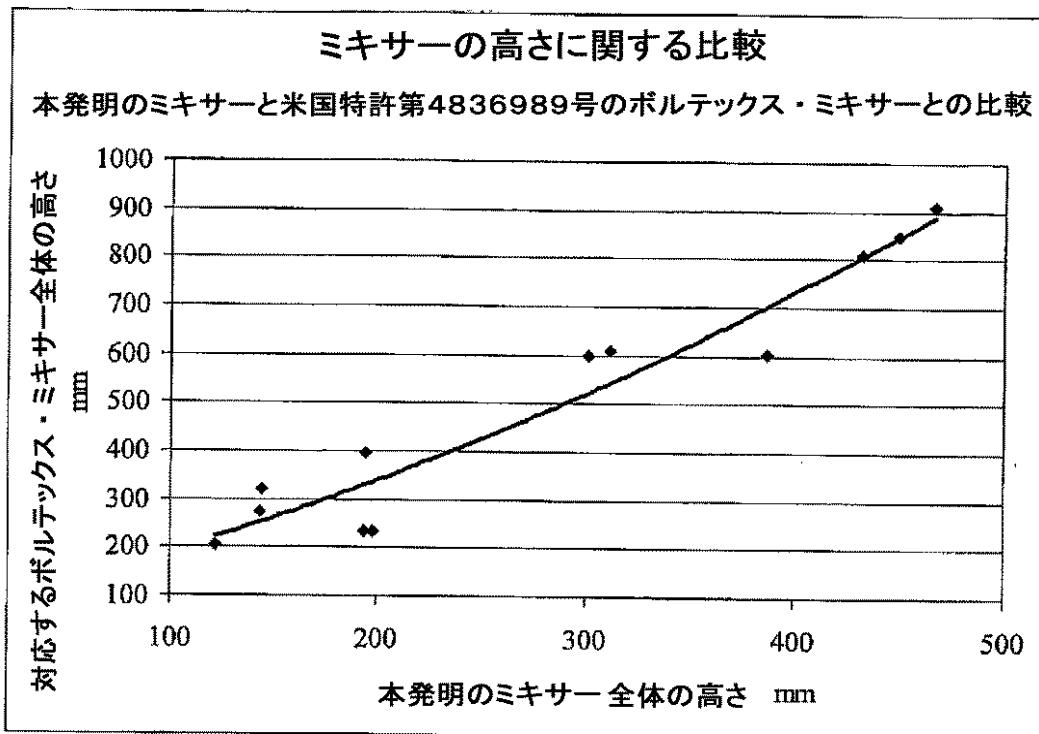
水平上側壁の上方または水平上側壁と水平底側壁との間において、第1ミキシング・オリフィスの上流側に冷却流体を加えてよい。なお、2つのミキシング・オリフィスの間に冷却流体を加えてよい。

【0037】

従来技術の6種類のミキサーは適切な混合性能について言えば前述のA)～D)の全ての基準を満たしていないが、本発明は、かかる基準を満たしている。従来技術と比べて、本発明は、ミキサーの出口から排出されるストリームの温度および組成が均一となっている点で混合性能が向上している。更に、従来技術として説明した殆どのミキサーとは異なって、本発明は、ミキシング・ボックスのほとんどの断面領域を利用している。ミキシング・ボックスの直径が大きいので、従来技術と比べて、本発明では高さ条件を減じやすくなっている。グラフ1は、本発明のミキサーに関して計算された高さと、米国特許第4836989号のボルテックス・ミキサーに関して計算された高さとの比較(12の商業的な水素化処理用途に対しての比較)を示している。どちらのミキサーも、12の各々の商業的な用途に対して、全圧力降下が同じになるように設計したものである。グラフ1を参照すると、ボルテックス・ミキサーの代わりに本発明のミキサーを用いれば、35mm～440mmまたは15%～55%高さが減少することになる。このため、ミキサー自体の高さを低くすることができる。更に、冷却流体を供給する場合、ボルテックス・ミキサーでは、そのミキサーの上方に冷却流体用ディストリビューターを別個になるように配置する必要があるものの、本発明のミキサーでは、一体的なパーツとして冷却流体用ディストリビューターを構成することができる。米国特許第4836989号を参照されたい。別個の冷却流体用ディストリビューターを用いると、高さがある程度増えることになる。

【0038】

グラフ1：本発明のミキサーとボルテックス・ミキサー（米国特許第4836989号）との高さに関する比較



【0039】

詳細な説明

水素化リアクターで生じる反応は発熱反応である。それゆえ、反応の間で熱が発生する

10

20

30

40

50

ので、水素化触媒の存在下で高温・高圧にて反応原系（または反応物質）が生成物に変換される際に温度が上昇することになる。

【0040】

商業的な水素化リアクターでは、反応原系たる2相混合物が、固体触媒粒子から成る床を通るように流されることになる。かかるリアクターでの理想的なフローパターンは、リアクター断面領域のあらゆるポイントで速度（空のリアクターに基づく速度）が同じになるように下方に液体が流れるプラグ流である。気相についても、プラグ流が理想的である。即ち、気体は、リアクター断面領域のあらゆるポイントにおいて速度が同一（空のリアクターに基づく速度）となるように下方に流れることが理想的である。

【0041】

商業的なリアクターでは、非理想的なディストリビューション・トレイ、触媒の不均一な装填および／または触媒粒子間の空隙に存在する堆積物に起因して、プラグ流を得ることはできない。それゆえ、触媒床のある領域では、液体の流速が平均よりも速くなる一方、気体の速度が平均よりも遅くなってしまう。気体に対する液体の熱容量が高いために、流路1m当たりの温度上昇（）は、上記領域では低くなっている。同様に、触媒床の他の領域では、液体の流速が平均よりも遅くなる一方、気体の速度は平均よりも速くなる。そして、気体に対する液体の熱容量が高いために、流路1m当たりの温度上昇（）は、上記他の領域では高くなっている。

【0042】

結果的に、反応原系の混合物がリアクター入口で均一の温度を有する場合であっても、そのような流体が触媒床を通るので、触媒床のある領域が他の領域よりも温度が高くなってしまう。更に、そのような効果は、温度の上昇に伴って反応速度が増加するために促進されてしまう。つまり、触媒床の高温領域では反応速度が速くなっている、それゆえ、低温領域よりも多くの熱が発生することになる。

【0043】

触媒床の高温領域の反応速度と低温領域の反応速度との差に起因して、流体の化学組成に違いが生じることになる。

【0044】

水平面では、そのように温度および化学組成が不均一になると、幾つかのマイナス面がもたらされる：

【0045】

全ての水素化処理触媒は操作される間で失活してしまう。触媒の活性の低下を補償するために、触媒床の平均温度が運転の間で上げられる。ある時点（操作終了時）になると、触媒床のピーク温度が、最大限許容される値に達してしまう。このポイントでは、全てのプロセス・ユニットを停止させて、触媒を再生する又は取り替える必要がある。水平面での温度が不均一の場合では、平均床温度がより低い初期の段階で操作が終了してしまうことになる。不均一な温度に起因してプロセス・ユニットの停止を頻繁に行うと、生成量の減少、触媒の消費および付加的な労力の点でリファイナー（または精製機）のコストが高くなってしまう。

【0046】

不均一によりもたらされる別の要素は、化学変化（または転化）の程度が均一でなくなることである。反応原系の一部はよく転化される一方、残りの反応原系はあまり転化されなくなる。その結果、全体的に生成物の品質が低下することになる。第1実施例は、硫黄を含む炭化水素とH₂とが、硫黄を含まない炭化水素成分とH₂Sとに転化されるディーゼル水素処理リアクターである。温度が均一でない場合、供給オイルの一部が、温度がより高い状態であって、また、場合によっては上述のような低い液体の流速に起因して空間速度がより遅くなった状態で反応する場合がある。そして、供給オイルの別の一部は、温度がより低い状態であって、また、場合によっては速い液体の流速に起因して空間速度がより速くなつた状態で反応する場合がある。その結果、有機硫黄は、触媒床を迂回して、温度が低く空間速度が速い領域を通過するようになってしまう。このような迂回が生じる

10

20

30

40

50

と、生成物に含まれる有機硫黄が相當に増加してしまう。そのため、有機硫黄の含量に関する生成物の仕様条件を満たすために、供給速度を減少させたり、リアクター操作温度を上げたりして、不均一な温度および組成を補償しなければならない。供給速度が減じられると、生成物が減少するためにコストが上がってしまう。リアクター温度が上がると、エネルギー消費が増加して、運転時間が減少することになり、プロセス・ユニットを停止して触媒を頻繁に再生／取り替えなければならない。

【0047】

第2実施例は、より重い炭化水素とH₂とがより軽い炭化水素成分に転化される水素化分解リアクターである。温度が均一でない場合、供給オイルの一部が、温度がより高い状態であって、また、場合によっては低い液体の流速に起因して空間速度がより遅くなつた状態で反応する場合がある。そして、供給オイルの別の一部は、温度がより低い状態であって、また、場合によっては速い液体の流速に起因して空間速度がより速くなつた状態で反応する場合がある。その結果、重い供給オイルが部分的に過剰に分解されてしまうので、不要なC₁～C₄ガスが生成して軽いナフサ成分が相当に増加してしまう一方、残りの重い供給オイルが部分的にわずかに転化されるだけとなつてしまふ。従つて、所望の生成物に対する水素化分解ユニットの選択性（または選択性能）は減じられ、重い供給成分からより軽い生成物成分への転化率も全体的に減じられることになる。これらは、リファイナーに相当なコストをもたらすものである。

【0048】

商業的な水素化処理リアクターでは、触媒床の水平面における温度および化学組成の不均一性は避けることのできないものである。しかしながら、適当なリアクター・インターナル（reactor internal）を取り付けると、不均一性の問題を最小限にすることができる。

【0049】

フィード／反応原系が最初に導入される第1触媒床については、リアクターの断面領域に液体と気体とが等しく分配されるように、適切な入口ディストリビューターを設ける必要がある。このディストリビューターに入る流体は、組成的または熱的に均一となるように、ディストリビューターの上流で適当に混合されなければならない。ほとんどの場合、反応原系をリアクターに送る配管において流体を十分に混合している。

【0050】

順次設けられる触媒床のいずれの触媒床であっても、リアクターの断面領域に液体と気体とが均等に分配されるように、適切な入口ディストリビューターを設ける必要がある。しかしながら、引き続いて設けられている触媒床に導入される入口ストリームというものは、上流側の触媒床の出口から排出された出口ストリームであつて、温度および化学組成が不均一となつてゐる場合があるストリームである。それゆえ、上流側の触媒床とディストリビューターとの間にミキシング・デバイスを配置することは必要不可欠となつてゐる。そのようにミキシング・デバイスを配置しなければ、ある触媒床から次の触媒床へと不均一な温度および不均一な化学組成が及ぶことになり、より悪化してしまう結果となる。そこで、本発明のミキシング・デバイスは、温度および組成に関して均一な出口ストリームを形成するために用いられるものである。

【0051】

ある触媒床から排出される高温の流体を次の触媒床に入る前に冷却するために、リアクター内の流体よりも冷たい冷却流体が、隣接する2つの触媒床の間の水素処理リアクター内に供給される場合がある。そのように冷却流体を供給すると、リアクターをほぼ等温条件で操作することができるので、運転時間が増加したり、生成物の品質が向上したりする等の幾つかの利点がもたらされることになる。そこで、本発明のミキシング・デバイスの更なる目的は、ある触媒床から排出される流体に対して低温の冷却流体を混合することによって、そのような流体が次の触媒床に入る前に温度および組成を均一にすることである。

【0052】

10

20

30

40

50

図面に関して説明する。なお、本発明の代替的な態様には、限定するわけではないが、図面に表される設計が含まれている。図1は、触媒粒子から構成される2つ触媒床2,3を備えた典型的な水素化処理リアクター1の概略図である。図1は、ミキシング・デバイスの典型的な配置を触媒床および他のリアクター・インターナルに対して規定しているものである。反応原系は、入口ノズル4を介してリアクターに導入される。そして、流体は、上部ディストリビューション・トレイ5に導入されるので、気体と液体とが触媒床2に導入される前にリアクターの断面領域に対して均一に分配されることになる。触媒床2は、スクリーンまたは触媒支持グリッド6上に配置されている。触媒自身の重い重量および触媒床を通る流体流れに起因する力によって、触媒スクリーンまたは触媒支持グリッドには大きな力が通常作用することになる。それゆえ、これらの力を吸収するには支持ビーム7が通常必要とされる。ミキシング・デバイス8は、触媒支持システム6,7の下方に配置されている。冷却流体ノズル9から冷却流体を加えてよい。ミキサーの下方には、液体を広げると共に、ミキシング・デバイスから排出される噴流の速い速度を抑制するために、緩衝デバイス10を配置してもよい。ミキサーの下方には、気体および液体が次の触媒床3に入る前に気体および液体をリアクターの断面領域に対して均等に分配する第2ディストリビューション・トレイ11が配置されている。生成物は、出口ノズル12を介してリアクターから排出されることになる。

【0053】

触媒床を2つよりも多く設けてよい。ミキシング・デバイス8の数は、リアクター内の触媒床の数をNとすると、典型的にはN-1となる。

【0054】

図2～図9は、本発明のミキシング・デバイスの別の構造を表している。これらの図は、代替的に本発明を特徴付けるために用いられているにすぎない。これらの図は、本明細書で開示された概念の範囲を限定するものではなく、構成を示す図として用いられている。また、それらの図は、本発明の概念の範囲を制限するものではない。図に表される相対寸法は、商業的な態様の寸法と同じではなく、また、等倍に拡大もしくは縮小した寸法でもない。

【0055】

図2は、円形の上プレート13、円形の底プレート14および円筒形の側壁15から成るミキシング・ボックス8を分解切除した斜視図を模式的に示したものである。円筒形の側壁15は、リアクター内壁の一部を成していてもよく、または、リアクターよりも小さい直径を有した別個の壁であってもよい。好ましくは、ミキサーの高さが最小限度となるように、円筒形状の側壁15がリアクター直径と略同じくなっている。上プレート13の開口部16を除いて、ミキシング・ボックスでは、リアクター1内に実質的にリークが防止された流れ障害物(flow obstruction)が形成されている。円筒形の側壁の直径がリアクターの内径よりも小さい場合では、トレー・プレートまたは他の手段が、ミキシング・ボックス8とリアクター1の内壁との間を実質的にリークすることなく密封するのに用いられることになる。

【0056】

冷却流体用の穿孔ディストリビューター17を介して、冷却流体がミキシング・ボックス8内に供給される。フロー・バッフル18,19,20がミキシング・ボックス内に設けられることによって、流れが混合されて高速の流れを生じる一連のミキシング・オリフィス21,22が形成される一方、流れが分割されて低速の流れを生じるフロー・チャンネル23,24が形成されている。フロー・バッフルは、開口部21,22,24を除いて、実質的にリークすることなく設けられているので、流体がミキシング・オリフィス21,22およびフロー・チャンネル23,24を確実に通るように流れることになる。底プレート14には、リアクターの中心線と同心の円形の出口開口部25が設けられている。この円形の開口部は、第3ミキシング・オリフィスであり、ミキサーの最後のミキシング・オリフィスとして機能している。

【0057】

10

20

30

40

50

図3Aは、図2のミキサーを上から見た図である。図3Bは、図3Aを線A-Aに沿って切り取った断面図である。図3Cは、図3Aを線B-Bに沿って切り取った断面図である。図3Aおよび図3Bは、円形の開口部25と同心となるように円形の開口部25の下方に配置された円形の緩衝プレート(impingement plate)26を示している。

【0058】

図3A, 3Bおよび3Cでは、デバイスを通過する流れが矢印で示されている。運転中では、触媒床2から排出される気体および液体は開口部16を通ってミキシング・ボックス内に流れ込む。低温の冷却流体がディストリビューター17から加えられる。そして、全てのプロセス・ストリームがミキシング・オリフィス21を通過するので、流速が速くなり、液体が気体内へと拡散することになる。その後、フロー・バッフル19によって、ストリームが流速のより低い2つのストリームに分けられる。そして、この2つのストリームは、対称的に設けられている2つのチャンネル23を流れて、次のミキシング・オリフィス22へと流れることになる。ミキシング・オリフィス22では、2つに分けられたストリームが速い流速で再度組み合わされることになる。ミキシング・オリフィス22を通過した後、フロー・バッフル20によって、ストリームが流速のより低い2つのストリームに再度分けられる。そして、2つのストリームは、対称的に設けられた2つの開口部/チャンネル24を通って中央開口部25へと流れることになる。その中央開口部25は第3ミキシング・オリフィスであり、分けられたストリームが速い流速で再度組み合わされることになる。そして、最終的には、緩衝プレート26によって、流体が半径方向外側へと向かってミキサーから排出されることになる。この緩衝プレートによって、ミキサーからディストリビューション・トレイ11へと速い速度の噴流が直接的に供給されることが防止されている。更に、緩衝プレート26によって、流体がディストリビューション・トレイ11に入る前に液体がリアクターの断面領域に良好に広がることになる。なお、ディストリビューション・トレイ11がないと、このような噴流は、ディストリビューション・トレイ11の液面を乱す場合があり、また、液体を同伴して運んでしまう場合がある。

【0059】

ミキシング・ボックス内の流速が比較的速いために、重力条件は、気相と液相との間の粘性力と比較して無視できる。それゆえ、ミキシング・ボックスが略水平に設けられている場合であっても、ミキシング・ボックス8内では相分離が顕著に生じることはない。

【0060】

ミキシング・ボックス内のフロー・バッフルは種々の形状が考えられる。フロー・バッフルは、まっすぐなもの、湾曲したもの、折れ曲がったようなもの等であってもよい。フロー・バッフルは、完全に直角である必要はなく、フロー・バッフルが垂直的な要素を有していれば十分である。入口開口部16および出口開口部15も種々の形状が考えられ、図2および図3に示すような半扇形、長円形、円形、矩形または三角形などであってもよい。入口開口部および出口開口部の数は、双方とも1個またはそれ以上であってよい。ミキシング・ボックス自体の断面はいずれの形状であってもよい。ミキシング・ボックスの断面は、図2、図3A、図3Bおよび図3Cのミキサーに示すような円形であってよく、その他、三角形、矩形または多角形であってもよい。円形または角の多い多角形が好ましい。なぜなら、ベッセルの内側断面領域と同様の断面領域を有するようにミキシング・ボックスを設計することができるからである。

【0061】

図4A、図4Bおよび図4Cにミキサーの代替的な設計の例を示す。ミキサーを流れる流路は矢印で示している。図4Aは、そのような代替的なミキシング・ボックス8を上から見た図である。図4Bは、図4Aを線A-Aに沿って切り取った断面図である。図4Cは、図4Aを線B-Bに沿って切り取った断面図である。ミキシング・ボックスは、上側壁13'、底側壁14'および側壁15'から構成されている。上側壁13'および底側壁14'は8角形の多角形の形状を有している。流体がミキシング・ボックス8へと流れ

10

20

30

40

50

込むように、上側壁には 2 つの円形の開口部 16' が設けられている。冷却流体用の穿孔ディストリビューター 17' を用いることによって、開口部 16' の下流側の上プレート 13' と底プレート 14' との間に冷却流体が加えられる。ミキシング・ボックスの内部には、湾曲したフロー・バッフル 18' が配置されることによって、第 1 ミキシング・オリフィス 21' が形成されている。また、ミキシング・ボックス内にはフロー・バッフル 19' が設けられている。まず、ミキシング・オリフィス 21' で分けられたストリームが 2 つのチャンネル 23' を流れた後、その 2 つのストリームが第 2 ミキシング・オリフィス 22' で再度 1 つのストリームへと組み合わされることになる。ミキシング・オリフィス 21' に近接するフロー・バッフル 19' のコーナーが湾曲するように形成されている一方、ミキシング・オリフィス 22' に近接するフロー・バッフル 19' のコーナーが折れ曲がるように形成されている。ミキシング・オリフィス 22' の下流では、角度を成すように曲げられたフロー・バッフル 20' が配置されている。フロー・バッフル 20' は第 2 ミキシング・オリフィス 22' から流れてくるストリームを分けて 2 つのフロー・チャンネル 24' に流すようにしている。その後、分けられたストリームは、最後の第 3 ミキシング・オリフィス（正方形の出口開口部 25'）で再度組み合わされることになる。出口開口部 25' の下方には、緩衝プレート 26' が配置されている。10

【0062】

図 2、図 3 A、図 3 B、図 3 C、図 4 A、図 4 B および図 4 C に示すミキサーは、3 つのミキシング・オリフィス 21, 22 および 25（または 21', 22' および 25'）を有している。しかしながら、2 またはそれよりも多くのミキシング・オリフィスを用いてミキシング・デバイスを作ることもできる。図 5 A、図 5 B および図 5 C は、4 つのミキシング・オリフィスを備えたミキシング・ボックス 8 の例を示している。ミキサーを流れる流路は矢印で示している。図 5 A は、ミキシング・ボックス 8 を上から見た図である。図 5 B は、図 5 A を線 A - A に沿って切り取った断面図である。図 5 C は、図 5 A を線 B - B に沿って切り取った断面図である。ミキシング・ボックスは、円形の上側壁 13''、円形の底側壁 14'' および円筒形の側壁 15'' から構成されている。上側壁には 1 つの矩形開口部 16'' が設けられている。矩形開口部 16'' は、流体をミキシング・ボックス 8 へと流す通路として機能し、また、第 1 ミキシング・オリフィスとして機能する。ミキシング・ボックス 8 内には冷却流体が加えられないものの、ミキシング・オリフィス 16'' よりも上流側で冷却流体を加えてもよい。ミキシング・ボックスの内部にはフロー・バッフル 27'' が配置されており、ミキシング・オリフィス 16'' から流れてくるストリームを分けて 2 つのフロー・チャンネル 28'' に流すようにしている。また、ミキシング・ボックスの内部にはフロー・バッフル 18'' が配置されて第 2 ミキシング・オリフィス 21'' が形成されており、分けられた全ての再度組み合わされるようになっている。更に、ミキシング・ボックスの内部にはフロー・バッフル 19'' が配置されている。このフロー・バッフル 19'' はミキシング・オリフィス 21'' から流れてくるストリームを分けて 2 つのフロー・チャンネル 23'' に流すようにしている。その後、分けられた 2 つのストリームが、第 3 ミキシング・オリフィス 22'' で再度組み合わされることになる。ミキシング・オリフィス 22'' の下流側には、フロー・バッフル 20'' が配置されている。フロー・バッフル 20'' は、第 3 ミキシング・オリフィス 22'' から流れてくるストリームを分けて 2 つのフロー・チャンネル 24'' に流すようにしており、その後、分けられた全てのストリームが、最後のオリフィスである円形状の第 4 ミキシング・オリフィス 25'' で再度組み合わされることになる。ミキシング・オリフィス 25'' の下方には、円形の緩衝プレート 26'' が配置されている。3040

【0063】

上述したように、流体をミキシング・ボックス 8 の内側からミキシング・ボックス 8 とディストリビューション・トレイ 11 との間のスペースへと導く出口開口部の個数、配置および形状はどのようなものであってもよい。図 6 A、図 6 B および図 6 C は、中心からずれた出口開口部 25''' を含んだミキシング・ボックス 8 の例を示している。ミキサーを流れる流路は矢印で示している。図 6 A は、中心からずれた出口開口部 25''' を含む50

ミキシング・ボックス8を上から見た図である。図6Bは、図6Aを線A-Aに沿って切り取った断面図である。図6Cは、図6Aを線B-Bに沿って切り取った断面図である。ミキシング・ボックスは、円形の上側壁13***、円形の底側壁14***および円筒形の側壁15***から構成されている。上側壁には1つの円形の開口部16***が設けられている。円形の開口部16***は、流体をミキシング・ボックス8へと流す通路として機能し、また、第1ミキシング・オリフィスとして機能している。第1ミキシング・オリフィス16***の下流側では、上側壁13***と底側壁14***との間に配置された冷却流体用穿孔ディストリビューター17***を介して冷却流体を加えてもよい。ミキシング・ボックスの内部にはフロー・バッフル27***が配置されており、ミキシング・オリフィス16***から流れてくるストリームを分けて2つのフロー・チャンネル28***に流れるようにしている。また、ミキシング・ボックスの内部にはフロー・バッフル18***が配置されることによって第2ミキシング・オリフィス21***が形成されており、分けられた全てのストリームが再度組み合わされるようになっている。ミキシング・ボックス内にはフロー・バッフル20***が配置されており、ミキシング・オリフィス21***からのストリームを2つのチャンネル24***に流すようにしている。更に、ミキシング・ボックスの内部にはフロー・バッフル19***が配置されている。このフロー・バッフル19***は、チャンネル24***を流れたストリームが再度組み合わされることになる第3ミキシング・オリフィス22***を形成している。オリフィス22***を通る流れ方向は、図2、図3A、図4Aおよび図5Aに示すミキシング・オリフィス22、22'および22''を通る流れ方向とは逆であることに留意されたい。ミキシング・オリフィス22***を通過した全てのプロセス・ストリームは、出口開口部25***に通じている2つのチャンネル23***を通るように分けられることになる。液体を各々のチャンネル23***へとより一様に分割して、ディストリビューション・トレイ11へと液体がより良く分配されるように、分割バッフル29***をオプションとして用いてもよい。ストリームは、2つの矩形開口部25***を介してミキシング・ボックスから排出されることになる。各々の出口開口部25***の下方には、緩衝プレート26***が配置されている。このようなミキサーは、ディストリビューション・トレイ11への液体の分配および広がりの点で上述の例よりも有利となっている。これは、出口開口部25***がリアクターの中心に配置されておらず、流体がある側方のみから各開口部出口25***へとアプローチすることになるからであり、また、ミキシング・オリフィス22***の出口で液体が不均一に分割されることで開口部25***の各々を通る液体の流速が変わり得るからである。

【0064】

上述したように、2またはそれよりも多くのミキシング・オリフィスを用いてミキシング・デバイスを作ることもできる。用いられるミキシング・オリフィスの数が多くなればなるほど、ミキサー全体の所定の圧力降下のために、ミキシング・ボックスの垂直方向高さをより大きくしなければならない。図7A、図7B、図7Cおよび図7Dは、2つのミキシング・オリフィス21*, 22*を含んだミキシング・ボックス8の例を示している。図7Aは、ミキシング・ボックス8を上から見た図である。図7Bは、図7Aを線A-Aに沿って切り取った断面図である。図7Cは、図7Aを線B-Bに沿って切り取った断面図である。図7Dは、図7Aを線C-Cに沿って切り取った断面図である。ミキサーを流れる流路は矢印で示している。ミキシング・ボックスは、円形の上側壁13*、円形の底側壁14*および円筒形の側壁15*から構成されている。上側壁13*には、円形の入口開口部16*が2つ設けられている。入口開口部16*は、気体および液体を混合チャンバー-8へと流すための通路として機能する。上端および下端にて開口するシリンドラー30*が、上側壁13*とシリンドラー30*との間でリークが実質的に生じないように各々の入口開口部16*に取り付けられたり、または、入口開口部16*を介して取り付けられたりしている。シリンドラーの上縁にはV形ノッチ(V-notch)が設けられている。運転中では上側壁13*によって液体があるレベルに保持されており、V形ノッチによって入口開口部16*に入る液体流れが時間的に安定となる。従って、ミキサーに導入される液体の流速の変動が回避される。また、V形ノッチを有するシリンドラー30*は、液体を各々

10

20

30

40

50

の入口開口部 16 に分配する機能を有しており、その結果、各々の入口開口部における液体の流速が略同じとなる。チャンネル 30^{*}は円筒形状を有するように示されているものの、その断面が、長円形、矩形、三角形または多角形などの他の形状であってもよい。シリンダー 30^{*}の上縁はV形ノッチを有するように示しているものの、シリンダー 30^{*}の液体流れ用の開口部の形状は、スロット形または円形等の他の形状であってもよい。ミキシング・ボックス 8 内には冷却流体が加えられないものの、円形の入口開口部 16^{*}の上流で冷却流体を加えてもよい(図示せず)。ミキシング・ボックスの内部には、フロー・バッフル 18^{*}が 2 つ配置されており、第 1 ミキシング・オリフィス 21^{*}が形成されている。全てのプロセス・ストリームは、第 1 ミキシング・オリフィス 21^{*}を通過するよう 10 に流れることになる。ミキシング・オリフィス 21^{*}からのストリームが分けられることで 2 つのフロー・チャンネル 24^{*}に流れることになるように、ミキシング・ボックス内にはフロー・バッフル 20^{*}が配置されている。また、ミキシング・ボックス内にはフロー・バッフル 19^{*}が配置されることによって第 2 ミキシング・オリフィス 22^{*}が形成され 20 ており、それによって、チャンネル 24^{*}を流れたストリームが再度組み合わされることになる。第 2 ミキシング・オリフィス 22^{*}を通過した全てのプロセス・ストリームは分けられて、矩形出口開口部 25 に各々つがっている 2 つのチャンネル 23^{*}を通るよう 30 に流れることになる。各々のチャンネル 23^{*}を通るように液体をより一様に分割して、ディストリビューション・トレイ 11 へと液体がより良く分配されるように、分割バッフル 29^{*}をオプションとして用いてもよい。ストリームは、2 つの矩形開口部 25^{*}を介してミキシング・ボックスから排出されることになる。各々の出口開口部 25^{*}の下方には、緩衝プレート 26^{*}が配置されている。図 6 A、図 6 B および図 6 C に示した上述のミキサーと同様に、本発明のミキサーは、ディストリビューション・トレイ 11 への液体の分配および広がりの点で有利である。これは、出口開口部 25^{*}がリアクターの中心に配置されておらず、流体がある側方のみから各開口部出口 25^{*}へとアプローチするからであり、また、第 2 ミキシング・オリフィス 22^{*}の出口で液体が不均一に分割されることで開口部 25^{*}の各々を通る液体の流速が変わり得るからである。なお、ミキシング・オリフィスが 2 つだけ用いられており、3 つ以上用いられているわけではないので混合性能は僅かに減じられてしまい、このミキサーは上述のミキサーと比べて不利益となっている。ただし、このミキサーは幾つかの利点がある。ミキサーにはミキシング・オリフィスを 2 つしか設けていないので、所定の圧力降下に対して、ミキシング・オリフィスを 3 つ以上有するミキサーの場合よりもミキサーを通過する際の流速を速くすることができる。それゆえ、このミキサーでは、ミキシング・オリフィスおよびフロー・チャンネルの断面領域をより小さくすることができる。従って、ミキシング・オリフィスの必要な断面積がより小さくなり、ミキシング・オリフィスが 3 つ以上備わったミキサーの場合よりも高さを低くすることができる。中心のずれた 2 つの出口開口部 25^{*}を有する設計であって、ミキシング・オリフィス 21^{*}および 22^{*}を通過する流れが同じ方向となった設計では、ミキサーの高さを更に低くすることができる。従って、ミキサーの高さが低い非常にコンパクトな設計がもたらされるので、ミキシング・デバイスに用いられるスペースがほとんどないような直径の小さいリアクターに対して用いることができるようになる。リアクターの直径が小さくなればなるほど、ディストリビューション・トレイ 11 への液体の分配または広がりというものがあまり重要ではなくなる。なぜなら、ミキサーからの液体の広がりが乏しい場合、ディストリビューション・トレイ 11 に導入された液面の傾きは、直径が大きいリアクターの場合ほど重要とならなくなるからである。

【 0 0 6 5 】

上述の例では、フロー・バッフルによって形成されるミキシング・オリフィスの断面領域は全て矩形状である。しかしながら、ミキシング・オリフィスの断面領域は、ミキシング・オリフィスにおいて全てのプロセス・ストリームが速い流速で組み合わされる(または混合される)ようなものであれば、いずれの形状であってよい。図 8 A、図 8 B および図 8 C は、断面領域が円形状の 2 つのミキシング・オリフィス 16^{**}, 22^{**}を含んだミキシング・ボックス 8 を示している。図 8 A は、ミキシング・ボックス 8 を上から見た図 50

を示している。図 8 B は、図 8 A を線 A - A に沿って切り取った断面図である。図 8 C は、図 8 A を線 B - B に沿って切り取った断面図である。ミキサーを流れる流路は矢印で示している。ミキシング・ボックスは、円形の上側壁 13^{**}、円形の底側壁 14^{**}および円筒形の側壁 15^{**}から構成されている。上側壁 13^{**}には、円形の入口開口部 16^{**}が 1 つ設けられている。入口開口部 16^{**}は、第 1 ミキシング・オリフィスとして機能し、また、流体を混合チャンバー 8 へと流すための通路として機能している。ミキシング・ボックス 8 内には冷却流体が加えられないものの、円形の入口開口部 16^{**}の上流で冷却流体を加えてもよい(図示せず)。ミキシング・オリフィス 16^{**}からのストリームが分けられて 2 つのフロー・チャンネル 28^{**}へと流れるように、ミキシング・ボックス内にはフロー・バッフル 27^{**}が配置されている。また、第 2 ミキシング・オリフィス 22^{**}が形成されるように、ミキシング・ボックス内に別のフロー・バッフル 19^{**}が配置されている。第 2 ミキシング・オリフィス 22^{**}ではチャンネル 28^{**}を流れた 2 つのストリームが再度組み合わされることになる。第 2 ミキシング・オリフィス 22^{**}を通過した全てのプロセス・ストリームは分けられることによって、矩形出口開口部 25^{**}に各々つがっている 2 つのチャンネル 23^{**}を流れることになる。液体を 2 つの各々のチャンネル 23^{**}へとより一様に分割して、ディストリビューション・トレイ 11 へと液体がより良く分配されるように、分割バッフル 29^{**}をオプションとして用いてもよい。ストリームは、2 つの矩形開口部 25^{**}を介してミキシング・ボックスから排出されることになる。各々の出口開口部 25^{**}の下方には、緩衝プレート 26^{**}が配置されている。図 7 A、図 7 B、図 7 C および図 7 D に示した上述のミキサーと同様に、このミキサーは、ディストリビューション・トレイ 11 への液体の分配および広がりの点で有利である。また、このミキサーは、混合性能は僅かに減じられてしまうので、ミキシング・オリフィスを 3 つ以上の設計を有したミキサーの場合よりも不利益となっている。しかしながら、上述のミキサーと同様に、ミキサーの高さが低い非常にコンパクトな設計となるので、ミキシング・デバイスに用いられるスペースがほとんどないような直径の小さいリアクターに対して用いることができるようになっている。10
20

【0066】

図 9 A、図 9 B および図 9 C は、図 2、図 3 A、図 3 B および図 3 C のミキサーと同様のミキシング・オリフィスを 3 つ備えたミキシング・ボックスの例を示している。しかしながら、図 9 A、図 9 B および図 9 C に示されるミキサーは、入口開口部 16^{***}、フロー・バッフル 19^{***}、20^{***}および冷却流体用ディストリビューター 17^{***}の点で変更されている。ミキサーを流れる流路は矢印で示している。図 9 A は、ミキシング・ボックス 8 を上から見た図を示している。図 9 B は、図 9 A を線 A - A に沿って切り取った断面図である。図 9 C は、図 9 A を線 B - B に沿って切り取った断面図である。ミキシング・ボックスは、円形の上側壁 13^{***}、円形の底側壁 14^{***}および円筒形の側壁 15^{***}から構成されている。上側壁は扇形状に一部切り欠かれており、ミキシング・ボックス 8 に流体を入れるための入口開口部 16^{***}が形成されている。入口開口部 16^{***}の下流では、上プレート 13^{***}と底プレート 14^{***}との間に配置される冷却流体用ディストリビューター 17^{***}を介して冷却流体が加えられることになる。冷却流体用ディストリビューター 17^{***}は、どのような種類であってもよく、また、ディストリビューターから出る冷却流体の排出方向はどのような方向であってもよい。なお、図面では、流体の噴流が下側に向くようになった T 形状の穿孔ディストリビューターが示されている。ミキシング・ボックス内にフロー・バッフル 18^{***}が 2 つ配置されることによって第 1 ミキシング・オリフィス 21^{***}が形成されている。第 1 ミキシング・オリフィス 21^{***}では、プロセス・ストリームの全てが速い流速で通過することになる。ミキシング・ボックス内には、湾曲したフロー・バッフル 19^{***}が配置されている。そのため、ミキシング・オリフィス 21^{***}からのストリームが分けられ、2 つのチャンネル 23^{***}を通るように流れることになり、その後、分けられた 2 つのストリームが第 2 ミキシング・オリフィス 22^{***}で 1 つのストリームなるように組み合わされることになる。ミキシング・オリフィス 22^{***}の下流には、ステップ状のフロー・バッフル 20^{***}が配置されている。フロー・バッ30
40
50

フル 20^{***} によって、第2ミキシング・オリフィス 22^{***} からのストリームが分けられることによって2つのフロー・チャンネル 24^{***} にストリームが流れることになり、その後、全てのストリームが、円形状の最後の第3ミキシング・オリフィスたる出口開口部 25^{***} で再度組み合わされることになる。出口開口部 25^{***} の下流には、緩衝プレート 26^{***} が配置されている。

【0067】

図1に戻って説明する。ミキシング・デバイスの全ての態様において、図2のミキシング・オリフィス 21 の場合のように水平方向流れを含んだミキシング・オリフィスを通過する流れの方向が、触媒スクリーンまたは触媒グリッド6の表面の下方で延在している支持ビーム7と平行となるように、ミキシング・ボックス8を方向付けることが好ましい。これによって、触媒床2の出口からミキシング・ボックス 16 の入口開口部に流れる流体の圧力降下が最小限度となる。かかる領域で圧力降下が大きいと、触媒床2を通過するフロー・パターンが不均一となってしまうので望ましくない。

10

【0068】

上述したミキサーの実施例の入口開口部 16 は、全てミキサーの側壁 15 に近接するように配置されている。このような入口開口部の配置は、上流側触媒床2の出口からミキサーの入口開口部 16 へと流れる気体および液体の上述したような圧力降下が増加する傾向を伴ってしまう。このような圧力降下を減じるために、入口開口部をリアクターの中心線付近に配置してもよい。図10A、図10Bおよび図10Cは、ミキサーおよびリアクターの中心付近に配置された扇形入口開口部 16^* を備えたミキシング・ボックス8の例を示している。図10Aは、ミキシング・ボックス8を上から見た図を示している。図10Bは、図10Aを線A-Aに沿って切り取った断面図である。図10Cは、図10Aを線B-Bに沿って切り取った断面図である。ミキサーを流れる流路は矢印で示している。ミキサーは2つのミキシング・オリフィスを有している。ミキシング・ボックスは、円形の上側壁 13^* 、円形の底側壁 14^* および円筒形の側壁 15^* から構成されている。上側壁 13^* には、流体をミキシング・ボックス8へと流す通路として機能する扇形の入口開口部 16^* が設けられている。ミキシング・ボックス8内には冷却流体が加えられないものの、扇形入口開口部 16^* の上流にて冷却流体を加えてもよい(図示せず)。第1ミキシング・オリフィス 21^* および第2ミキシング・オリフィス 22^* が形成されるように、ミキシング・ボックス内には2つの半円形フロー・バッフル 18^* が配置されている。入口開口部 16^* を通過した全てのプロセス・ストリームは、第1ミキシング・オリフィス 21^* に入ることになる。第1ミキシング・オリフィス 21^* を通過したプロセス・ストリームは分けられて2つのチャンネル 23^* を流れることになる。チャンネル 23^* では気体および液体が円筒形の側壁 15^* を沿って第2ミキシング・オリフィス 22^* へと流れることになる。そして、第2ミキシング・オリフィス 22^* において、全てのプロセス・ストリームが速い流速で再度組み合わされる。第2ミキシング・オリフィスを通過したストリームを、正方形状出口開口部 25^* に入るに先立って速度のより遅い2つのストリームに分けるために、フロー・バッフル 20^* をオプションとして用いてもよい。ミキサー8の高さがより低いよりコンパクトな設計を達成するために、フロー・バッフル 20^* を取り除いて、その代わりに、出口開口部 25^* にフロー・バッフル 31^* をオプションとして配置してもよい。フロー・バッフル 31^* は、第2ミキシング・オリフィスを通過した流速の速いストリームが、出口開口部 25^* を通過する際に、ストリームがリアクターの一方の側だけに方向付けられることを防止する機能を有している。なお、リアクターの一方の側だけにストリームが方向付けられるならば、下方のディストリビューション・トレイへの液体の広がりが満足のいくものではなくくなってしまう。出口開口部 25^* および入口開口部 16^* は、それを通過するストリームの流速が非常に遅いのでミキシング・オリフィスとは考えられない。出口開口部 25^* の下方には、緩衝プレート 26^* が配置されている。

20

【0069】

再度、図1に戻って説明する。触媒支持システムは、触媒スクリーン6および支持ビー-

30

40

50

ム 7 から構成されている。触媒支持システムとミキシング・デバイス 8 とは、図 1 では別個の構造を有するように示されている。しかしながら、本発明のミキシング・デバイスを、触媒支持システムと一緒に用いてもよい。

【 0 0 7 0 】

ミキシング・ボックス自体は、そのミキシング・ボックスに及ぶ圧力降下に起因する力が吸収されるように、支持ビームまたは他の構造が必要とされ得る。そのような支持ビームまたを構造はいずれの図面にも示していないが、それらをミキシング・ボックスの上方または下方に配置したり、ミキシング・ボックスおよびフロー・バッフルと一緒に用いたりしてもよい。

【 0 0 7 1 】

本発明のいずれの態様に対しても、小流量用排出穴を設けてもよい。ミキサーを構成するプレートは、1つのピースとして用いたり、または、幾つかのプレート・セクションを組み合わせた状態で用いたりしてもよい。通常は、幾つかの取外し可能なセクションがミキサーに用いられているために、点検および洗浄操作に際してアクセスが容易となっており、また、ミキシング・ボックスに手が届くようになっている。

【 0 0 7 2 】

フロー・チャンネルまたは開口部における2相ノースリップ流速は、液相と気相との間でスリップが存在しない場合の流速として規定される。このことは、液相の速度が気相の速度と同じであることを意味している。それゆえ、ノースリップ速度は、次の通りである：

【 0 0 7 3 】

【 数 1 】

$$\text{ノースリップ速度} = \frac{Q_i + Q_v}{A}$$

【 0 0 7 4 】

ここで、 Q_i は、チャンネルまたは開口部を通路する液体の体積流量であり、 Q_v は、チャンネルまたは開口部を通路する気体の体積流量であり、更に、 A は、チャンネルまたは開口部の断面積である。

【 0 0 7 5 】

ミキシング・ボックス 8 は典型的には略水平となっている。これは、リアクター 1 の一方の端部からもう一方の端部に至るまでのミキシング・ボックスの全体的な勾配（または傾き）が小さいことを意味している。ミキシング・ボックス 8 の直径は、リアクターの内径の 50 ~ 100 % であることが典型的である。各ミキシング・オリフィスの断面領域は、ノースリップ速度が典型的には 3 ~ 15 m / s となるように選択されている。ミキシング・オリフィスの下流にて分けられた流れが含まれるチャンネルの断面領域は、ノースリップ流速の最大値が、対応するミキシング・オリフィスの流速の 0.25 ~ 1.00 倍となるように典型的に選択されている。上プレートから緩衝プレートまでのミキサーの高さは、100 mm（リアクター直径が小さい場合）~ 500 mm 以上（リアクターの直径が大きい場合）であり、種々の値を取り得る。フロー・バッフル 20 および 27 の水平方向の幅は、典型的には上流側のミキシング・オリフィスの最大幅の 1 ~ 3 倍である。

【 0 0 7 6 】

3 種類の異なる商業的用途に対するミキサー設計の実施例を表 1 に示す。表 1 の 3 つの実施例の全ては、図 2、図 3 A、図 3 B および図 3 C のミキサー設計に対応している。

【 0 0 7 7 】

10

20

30

40

【表1】

表1：ミキサー設計の実施例

	実施例1	実施例2	実施例3
リアクターの種類	水素分解機	水素処理機	水素処理機
リアクターの内径 mm	5000	3300	1600
液体流れおよびその性質			
ミキサーに送られる実際の体積流量 m ³ /h	630	170	32
密度 kg/m ³	460	620	500
粘度 cP	0.15	0.13	0.10
表面張力 dynes/cm	7.5	4.9	2.4
冷却流体を含む蒸気流れ およびその性質			
ミキサーに送られる実際の体積流量 m ³ /h	6200	2300	420
密度 kg/m ³	18.5	21.9	53
粘度 cP	0.021	0.022	0.019
ミキシング・オリフィスにおける ノースリップ2相流速 m/s	8.1	7.8	6.8

【0078】

本発明に関しては、一般的には以下のことがいえる：

1つの要旨において、本発明は、縦型ベッセル内において並流で流れる気体と液体とを混合するミキシング・デバイスであって、直列に順次設けられた複数の混合シーケンス (mixing sequence) を気体および液体が通過する実質的に水平なミキシング・ボックスによって、気体および液体の流れを阻害するミキシング・デバイスに関する。なお、ある混合シーケンスが1つのミキシング・オリフィスとそれに続く1つのT字路として規定される。組み合わされた（または混合された）プロセス・ストリームが速い速度で通過することになる1つの開口部としてミキシング・オリフィスが規定される一方、あるオリフィスから流れてくる速度の速いストリームを速度がより低い2つのフロー・チャンネルに流れるように分けるストリーム・スプリット (stream split) としてT字路が規定されている。

【0079】

本発明のミキシング・デバイスにおいて、「実質的に水平な」ミキシング・ボックスというものは、ベッセルの一方の端部からもう一方の端部に至るまでのミキシング・ボックスの全体的な勾配が20%未満となっており、水平面と成す角度が最大11.5°となっているミキシング・ボックスとして規定されるものである。ミキシング・ボックスの個々のセグメントは、ベッセルの一方の端部からもう一方の端部に至るまでの全体的な勾配が20%未満(11.5°に相当する)であれば、より大きい勾配を有することができる。

【0080】

更に、ベッセル壁に対して垂直な面において実質的に水平に設けられたミキシング・ボックスの断面積は、ベッセルの内側断面積の25%～100%である。ミキシング・ボックスの断面積が、リアクター断面積の100%未満である場合、ミキシング・ボックスとベッセル壁との間の面積がプレートまたは他の手段で封止されることによって、ミキシング・ボックスとベッセル壁との間を実質的に流体が漏れることのないように連結すること

10

20

30

40

50

ができる。

【0081】

第1ミキシング・オリフィスの上流または2つのミキシング・オリフィスの間においてパイプもしくはディストリビューターを介して冷却流体を加えることによって、プロセス・ストリームを冷却してもよい。

【0082】

ミキシング・ボックスは、少なくとも2つのミキシング・オリフィスを有して成る。

【0083】

ミキシング・オリフィスでのノースリップ2相流速は、3m/s～15m/sである。T字路の下流側にて流れが分けられることになるチャンネルでのノースリップ2相流速の最大値は、流れが組み合わされる（または混合される）上流側のミキシング・オリフィスでのノースリップ2相流速の値の25%よりも大きい値である。T字路の下流側にて流れ分けられるチャンネルでのノースリップ2相流速の最小値は、流れが組み合わされる（または混合される）上流側のミキシング・オリフィスでのノースリップ2相流速の値の100%よりも小さい。

【0084】

リアクター・ベッセルは、気体と液体とが並流で下方向へと流れる縦型水素化処理リアクターであって、水素化処理触媒の存在下で炭化水素と水素リッチガスとが反応するリアクターであってよい。

【0085】

以上、本発明の種々の態様について説明してきた。なお、特許請求の範囲に記載された発明から逸脱することなく、種々の変更および修正が考えられる。

【0086】

従って、例えば、ミキシング・オリフィスまたは通路のいずれかを、共通の壁で2つの以上の隣接するオリフィスまたは通路へと分割してもよい。しかしながら、現在、各々のミキシング・オリフィスまたは通路を分けない状態の方が、混合性能および防汚の点で最も良い結果が得られるものと考えられている。

【0087】

例えば、翼部、バッフルおよびグリッド等の乱れ発生手段をミキシング・オリフィスまたは通路の上流またはミキシング・オリフィス自体または通路自体に設けてよい。

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図1】図1は、触媒粒子から成る2つ床2,3を備えた典型的な水素化処理リアクター1の概略図である。

【図2】図2は、円形の上側プレート13、円形の底側プレート14および円形の側壁15から成るミキシング・ボックス8を分解切除した斜視図を模式的に示したものである。

【図3A】図3Aは、図2のミキサーを上から見た図である。

【図3B】図3Bは、図3Aを線A-Aに沿って切り取った断面図である。

【図3C】図3Cは、図3Aを線B-Bに沿って切り取った断面図である。

【図4A】図4Aは、別のミキシング・ボックス8を上から見た図である。

【図4B】図4Bは、図4Aを線A-Aに沿って切り取った断面図である。

【図4C】図4Cは、図4Aを線B-Bに沿って切り取った断面図である。

【図5A】図5Aは、4つのミキシング・オリフィスを含むミキシング・ボックス8を上から見た図である。

【図5B】図5Bは、図5Aを線A-Aに沿って切り取った断面図である。

【図5C】図5Cは、図5Aを線B-Bに沿って切り取った断面図である。

【図6A】図6Aは、中心からずれた出口開口部25'を含むミキシング・ボックス8を上から見た図である。

【図6B】図6Bは、図6Aを線A-Aに沿って切り取った断面図である。

【図6C】図6Cは、図6Aを線B-Bに沿って切り取った断面図である。

10

20

30

40

50

【図 7 A】図 7 A は、2つのミキシング・オリフィス 21^* , 22^* を含むミキシング・ボックス 8 を上から見た図である。

【図 7 B】図 7 B は、図 7 A を線 A - A に沿って切り取った断面図である。

【図 7 C】図 7 C は、図 7 A を線 B - B に沿って切り取った断面図である。

【図 7 D】図 7 D は、図 7 A を線 C - C に沿って切り取った断面図である。

【図 8 A】図 8 A は、2つのミキシング・オリフィス 16^* , 22^* を含むミキシング・ボックス 8 を上から見た図である。

【図 8 B】図 8 B は、図 8 A を線 A - A に沿って切り取った断面図である。

【図 8 C】図 8 C は、図 8 A を線 B - B に沿って切り取った断面図である。

【図 9 A】図 9 A は、図 2, 3 A, 3 B および 3 C のミキサーと同様のミキシング・オリフィスを3つ含んだミキシング・ボックス 8 を上から見た図である。 10

【図 9 B】図 9 B は、図 9 A を線 A - A に沿って切り取った断面図である。

【図 9 C】図 9 C は、図 9 A を線 B - B に沿って切り取った断面図である。

【図 10 A】図 10 A は、扇形状入口開口部 16^* を含むミキシング・ボックス 8 を上から見た図である。

【図 10 B】図 10 B は、図 10 A を線 A - A に沿って切り取った断面図である。

【図 10 C】図 10 C は、図 10 A を線 B - B に沿って切り取った断面図である。

【図 1】

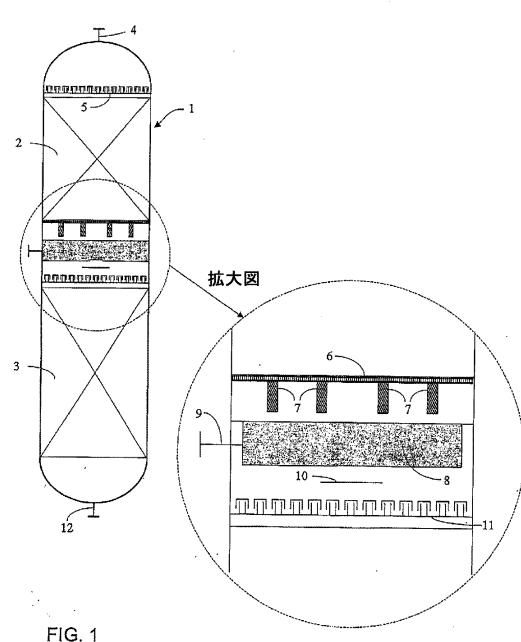


FIG. 1

【図 2】

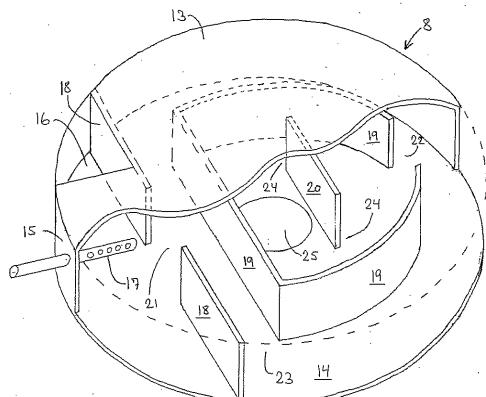


FIG. 2

【図 3 A】

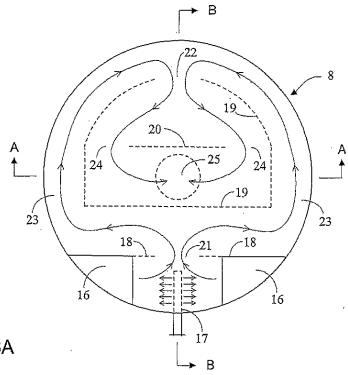


FIG. 3A

【図 3 B】

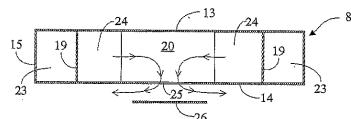


FIG. 3B

【図 3 C】

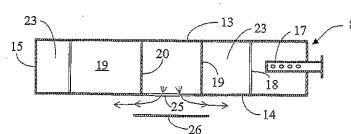


FIG. 3C

【図 4 A】

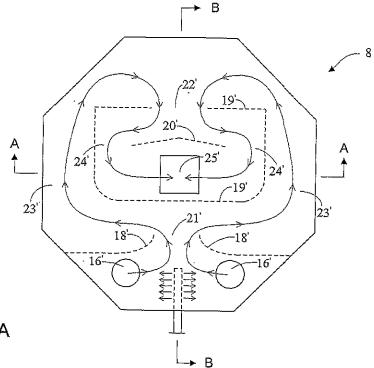


FIG. 4A

【図 4 B】

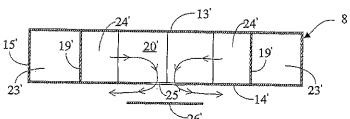


FIG. 4B

【図 4 C】

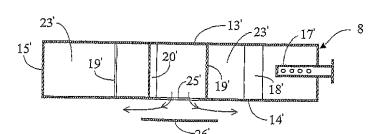


FIG. 4C

【図 5 A】

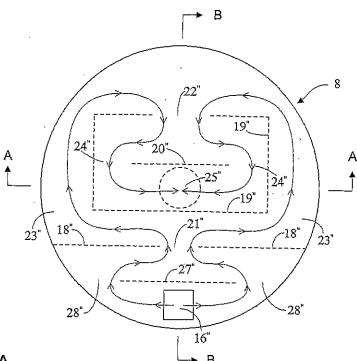


FIG. 5A

【図 5 B】

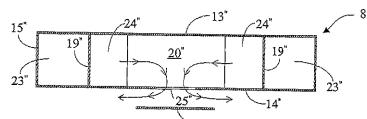


FIG. 5B

【図 5 C】

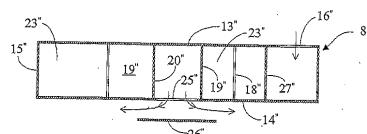


FIG. 5C

【図 6 A】

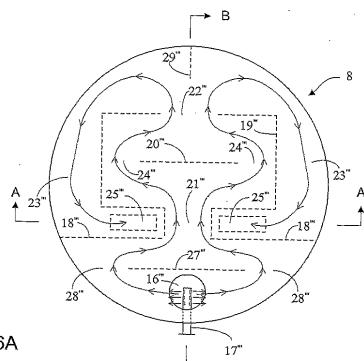


FIG. 6A

【図 6 B】

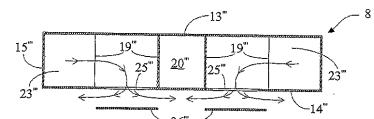


FIG. 6B

【図 6 C】

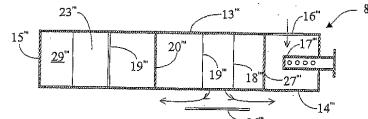


FIG. 6C

【図 7 A】

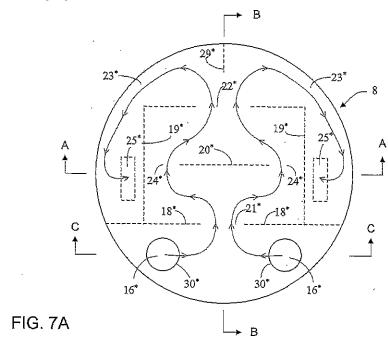


FIG. 7A

【図 7 B】

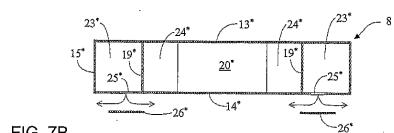


FIG. 7B

【図 7 C】

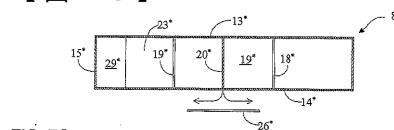


FIG. 7C

【図 7 D】

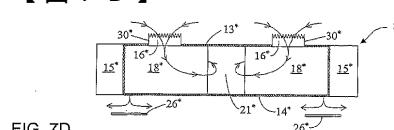


FIG. 7D

【図 8 A】

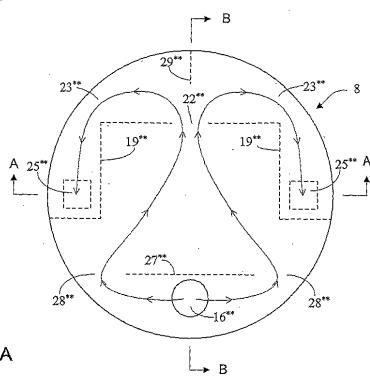


FIG. 8A

【図 8 B】

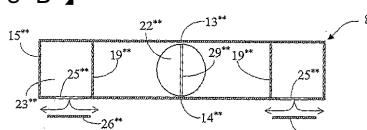


FIG. 8B

【図 8 C】

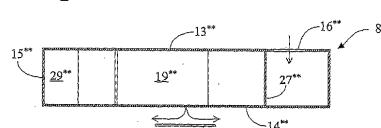


FIG. 8C

【図 9 A】

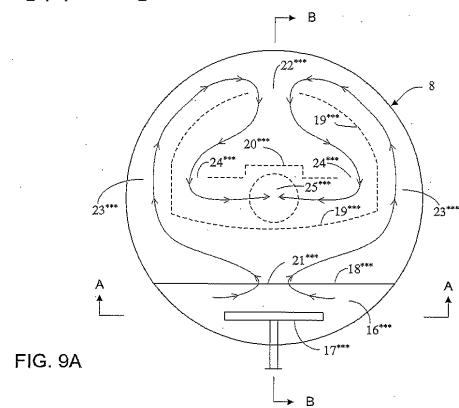


FIG. 9A

【図 9 B】

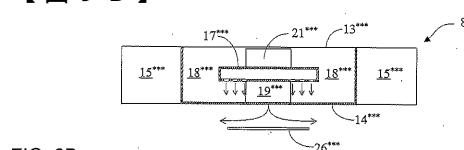


FIG. 9B

【図 9 C】

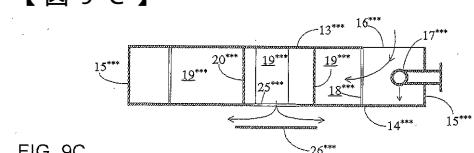


FIG. 9C

【図 10 A】

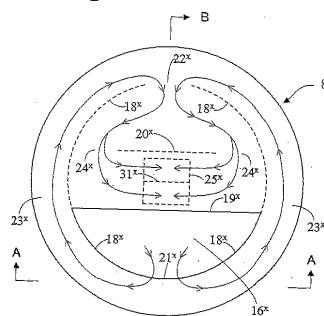


FIG. 10A

【図 10 B】

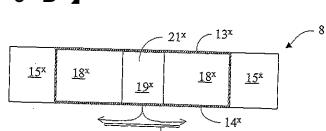


FIG. 10B

【図 10 C】

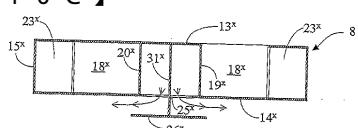


FIG. 10C

フロントページの続き

審査官 安積 高靖

(56)参考文献 特開平09-024268(JP,A)
特開平10-502872(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01J 8/00- 8/46

B01F 1/00- 5/26

C10G 1/00-99/00