

(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 I
BO 1 J 8/04 (2006.01)	BO 1 J 8/04
BO 1 J 8/00 (2006.01)	BO 1 J 8/00 A
BO 1 F 3/04 (2006.01)	BO 1 F 3/04 Z
C 1 O G 65/04 (2006.01)	C 1 O G 65/04

請求項の数 38 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2004-548687 (P2004-548687)	(73) 特許権者	505166867
(86) (22) 出願日	平成15年11月5日 (2003.11.5)		モーテン・ミューラー・リミテッド・アン
(65) 公表番号	特表2006-505388 (P2006-505388A)		パルトセルスカブ
(43) 公表日	平成18年2月16日 (2006.2.16)		デンマーク、デーコー 3480 フレゼン
(86) 国際出願番号	PCT/DK2003/000757		スボー、ネレダムスヴァイ 123 番
(87) 国際公開番号	W02004/041426	(74) 代理人	100100158
(87) 国際公開日	平成16年5月21日 (2004.5.21)		弁理士 鮫島 睦
審査請求日	平成18年11月2日 (2006.11.2)	(74) 代理人	100068526
(31) 優先権主張番号	PA200201718		弁理士 田村 恭生
(32) 優先日	平成14年11月8日 (2002.11.8)	(74) 代理人	100107180
(33) 優先権主張国	デンマーク (DK)		弁理士 玄番 佐奈恵
前置審査		(72) 発明者	モーテン・ミューラー
			デンマーク、デーコー 3480 フレゼン
			スボー、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・デバイスであって、相互に上下に配置された該触媒床を通して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単一の開口部を成し、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

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 $3\text{ m/s} \sim 15\text{ m/s}$ 」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おり、

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、

10

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おり、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おり、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せら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。

20

【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、 $3.5\text{ m/s} \sim 14.5\text{ m/s}$ 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、 $3.5\text{ m/s} \sim 14\text{ m/s}$ 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】

30

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 $4.0\text{ m/s} \sim 12.5\text{ m/s}$ 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、 $3.5\text{ m/s} \sim 10.5\text{ m/s}$ 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。

40

【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 $11.5^\circ$ 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 $11.5^\circ$ 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。

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単一の開口部を成し、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  $3 \text{ m/s} \sim 15 \text{ m/s}$ 」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おり、それによって、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っており、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せら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 $11.5^\circ$ 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。

10

【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、 $3.5\text{ m/s} \sim 14.5\text{ m/s}$ である、請求項11～13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、 $3.5\text{ m/s} \sim 14\text{ m/s}$ となっている、請求項11～14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11～15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 $4.0\text{ m/s} \sim 12.5\text{ m/s}$ である、請求項11～16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 $3.5\text{ m/s} \sim 10.5\text{ m/s}$ である、請求項11～16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、流れが組み合わせら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11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、流れが組み合わせら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19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11～20のいずれかに記載のミキシング・デバイス。

50

## 【請求項 22】

下方触媒床の上方に上方触媒床を備えており、請求項 1 ~ 21 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 23】

下方触媒床の上方に上方触媒床を備えており、請求項 11 ~ 21 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  $11.5^\circ$  に対応する 20 % 未満である、触媒リアクター。

10

## 【請求項 24】

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 23 に記載のリアクター。

## 【請求項 25】

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 23 または 24 に記載のリアクター。

## 【請求項 26】

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 23 ~ 25 のいずれかに記載のリアクター。

20

## 【請求項 27】

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 23 または 24 に記載のリアクター。

## 【請求項 28】

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 25 % ~ 100 % となっている、請求項 23 または 24 に記載のリアクター。

30

## 【請求項 29】

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 22 ~ 28 のいずれかに記載のリアクター。

## 【請求項 30】

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単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単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  $3 \text{ m/s} \sim 15 \text{ m/s}$  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 狭小工程、

40

- 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単一の開口部に通過させ、該単一の開口部におけるノースリップ 2 相流速が  $3 \text{ m/s} \sim 15 \text{ m/s}$  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 狭小工程、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、

50

前記断面領域を拡張する拡張工程には、前記混合流れを、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し、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

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。

【 0 0 0 3 】

タイプ 1：収集トレイに入口シュ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 3 5 4 1 0 0 0 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、複数の傾斜したシュート 3 2 / 3 4 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・ストリームのは、速い速度で入口シュートを通することになる。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。シュ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 1 2 を通過した後、中央開口部 1 0 を通って垂直方向下方へと流れることになる。開口部 1 0 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 3 0 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）1 4 が配置されている。このトレイ 1 4 は、開口部 1 0 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

【 0 0 0 4 】

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 4 8 3 6 9 8 9 号には、米国特許第 3 5 4 1 0 0 0 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 1 2 の下流側に配置された穿孔分配管ではなく、収集トレイ 1 2 の上流側に配置された穿孔分配管 1 3 を介して冷却流体が加えられることになる。

20

【 0 0 0 5 】

米国特許第 5 8 3 7 2 0 8 号、同 5 9 8 9 5 0 2 号および国際特許公開（W O）第 0 2 4 8 2 8 6 号には、米国特許第 4 8 3 6 9 8 9 号のミキサーと同様のミキサーが記載されている。

30

【 0 0 0 6 】

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 3 3 5 3 9 2 4 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 1 1 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 1 3 a 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 1 4 に垂直バッフル 1 6 が設けられている。

40

【 0 0 0 7 】

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 3 7 8 7 1 8 9 号には、米国特許第 3 3 5 3 9 2 4 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 2 0 の下方の緩衝プレート 2 3 は穿孔されていない。収集プレート 1 8 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 2 2 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

## 【 0 0 0 8 】

米国特許第 5 4 6 2 7 1 9 号には、米国特許第 3 3 5 3 9 2 4 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 2 4 の半径方向穿孔部をまず通った後、翼部 2 2 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 2 1 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 2 0 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 2 6 の半径方向穿孔部を通してミキサーから排出されることになる。

## 【 0 0 0 9 】

タイプ 3：バブル・キャップ状ミキサー：

このタイプのミキサーの設計例は、米国特許第 5 1 5 2 9 6 7 号に開示されている。ミキサーは、収集プレート 1 6 と、降下管 1 7 に配置されるキャップ 1 8, 1 9 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 1 9 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して第 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 1 7 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てプレート 1 6 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。

## 【 0 0 1 0 】

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 ( U S - B 1 ) 6 1 8 3 7 0 2 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、液体レベルをあるレベルに保持する収集プレート 1 1 2 5 から構成されている。収集プレートには、プレート 1 1 2 5 上の液体にスワール運動を促す垂直バッフル 1 1 3 0 が設けられている。スワール運動は、パイプ 1 1 4 0 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 1 1 6 5 上の細長い円筒形状キャップ 1 1 5 0 から成るバブル・キャップ状ミキサーが、プレート 1 1 2 5 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 1 1 5 5 が設けられている。気体は、キャップ 1 1 5 0 の円筒形状壁のスロットを通し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 1 1 5 5 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。

## 【 0 0 1 1 】

気体および液体は、降下管を通して収集プレート 1 1 2 5 の開口部を通るように下方に流れることになる。

## 【 0 0 1 2 】

バブル・キャップ状ミキサーの他の例は、米国特許第 3 8 2 4 0 8 0 号、同 3 8 2 4 0 8 1 号および同 5 4 0 3 5 6 0 号に記載されている。

## 【 0 0 1 3 】

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 7 1 6 8 8 1 号に開示されている。ミキサーは、中央開口部 3 0 を備えた収集プレート 2 0 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 1 0 0 / 5 5 が配置されている。気体スワール・ボックスには、開口部 9 5 およびスワール手段 1 0 5 が設けられている。収集プレート 2 0 には、液体流れのための他の開口部 4 0 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 6 5 と接続されている。通常の操作においては、収集プレート 2 0 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 1 0 0 / 5 5 内に入ることになり、中央開口部 3 0 から気体が排出される一方、液体は、平行な液体通路 4 0 / 6 5 を通り、スワール

10

20

30

40

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 5935413 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 4233269 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ることになる。

10

【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 5690896 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。

20

【0017】

米国特許第 3705016 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 8 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。

30

【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 3977834 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。

40

【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ふ。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ふ。2 相ミ

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。

【 0 0 2 0 】

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。

【 0 0 2 1 】

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。

【 0 0 2 2 】

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。

【 0 0 2 3 】

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しなければならない。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の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。

【 0 0 2 4 】

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バールおよび450 まで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。

【 0 0 2 5 】

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(入口シュ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、入口シュートでもたらされる。しかしながら、これらのシュートは、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、個々の入口シュ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ュートを通る一方、気体の多くが他のシュートを通ることになる。このような場合、入口シュ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、異なるシュ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。入口シュ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、その直後、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、その直後、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、平行な入口シュ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ことがないので、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、好ましい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。

【 0 0 3 2 】

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。

【 0 0 3 3 】

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して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 ( f i r s t m i x i n g o r i f i c e ) および少なくとも1つの第2ミキシング・オリフィス ( s e c o n d m i x i n g o r i f i c e ) 、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

- 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・オリフィスを通して配置されており、

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せられた流れ）のノースリップ2相流速 ( n o - s l i p f l o w v e l o c i t y ) が  $3\text{ m/s} \sim 15\text{ m/s}$  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

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。

【 0 0 3 4 】

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して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、

- 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（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せられた流れ）のノースリップ2相流速が  $3\text{ m/s} \sim 15\text{ m/s}$  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・ボックスに関する。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（または組み合わせられた）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（または組み合わせられる）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って乱流状態となり、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】

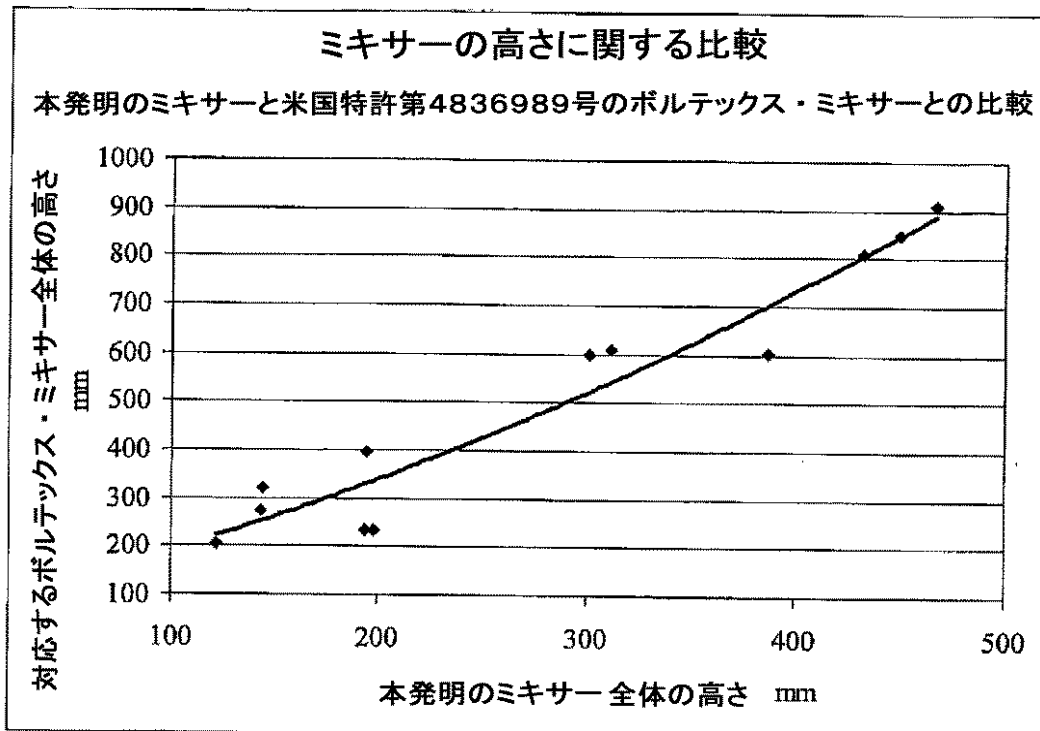
水平上側壁の上方または水平上側壁と水平底側壁との間において、第1ミキシング・オリフィスの上流側に冷却流体を加えてもよい。なお、2つのミキシング・オリフィスの間に冷却流体を加えてもよい。

【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おり、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ため、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

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。

【 0 0 4 0 】

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。

【 0 0 4 1 】

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ふ。気体に対する液体の熱容量が高いために、流路 1 m 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 1 m 当たりの温度上昇（ ）は、上記他の領域では高くなっている。

【 0 0 4 2 】

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ふ。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ふ。つまり、触媒床の高温領域では反応速度が速くなっており、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。

【 0 0 4 3 】

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。

【 0 0 4 4 】

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：

【 0 0 4 5 】

全ての水素化処理触媒は操作される間で失活してしまふ。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ふ。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ふことになる。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ふ。

【 0 0 4 6 】

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  $H_2$  とが、硫黄を含まない炭化水素成分と  $H_2S$  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っ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ふ。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当に増加してしまう。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。

【 0 0 4 7 】

第2実施例は、より重い炭化水素と $H_2$ 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っ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 $C_1 \sim C_4$ 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ってしまう。従って、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。

【 0 0 4 8 】

商業的な水素化处理リアクターでは、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 ( r e a c t o r   i n t e r n a l ) 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。

【 0 0 4 9 】

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。

【 0 0 5 0 】

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って、温度および化学組成が不均一となってい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っている。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。

【 0 0 5 1 】

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を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。

【 0 0 5 2 】

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。触媒自体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もよい。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もよい。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となっている。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】

図 3 A は、図 2 のミキサーを上から見た図である。図 3 B は、図 3 A を線 A - A に沿って切り取った断面図である。図 3 C は、図 3 A を線 B - B に沿って切り取った断面図である。図 3 A および図 3 B は、円形の開口部 2 5 と同心となるように円形の開口部 2 5 の下方に配置された円形の緩衝プレート (impingement plate) 2 6 を示している。

【 0 0 5 8 】

図 3 A, 3 B および 3 C 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 1 6 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 1 7 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 2 1 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 1 9 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 2 3 を流れて、次のミキシング・オリフィス 2 2 へと流れることになる。ミキシング・オリフィス 2 2 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 2 2 を通過した後、フロー・バッフル 2 0 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 2 4 を通って中央開口部 2 5 へと流れることになる。その中央開口部 2 5 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 2 6 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 1 1 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 2 6 によって、流体がディストリビューション・トレイ 1 1 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 1 1 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 1 1 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。

【 0 0 5 9 】

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。

【 0 0 6 0 】

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 1 6 および出口開口部 1 5 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もよい。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 3 A、図 3 B および図 3 C のミキサーに示すような円形であってもよく、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、ペ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。

【 0 0 6 1 】

図 4 A、図 4 B および図 4 C 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 4 A 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 4 B は、図 4 A を線 A - A に沿って切り取った断面図である。図 4 C は、図 4 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、上側壁 1 3'、底側壁 1 4' および側壁 1 5' から構成されている。上側壁 1 3' および底側壁 1 4' 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

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せられることになる。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')で再度組み合わせられることになる。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。

#### 【0062】

図2、図3A、図3B、図3C、図4A、図4Bおよび図4C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5A、図5Bおよび図5C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5Aは、ミキシング・ボックス8を上から見た図である。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は、図5A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せら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"で再度組み合わせられることになる。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"で再度組み合わせられることになる。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。

#### 【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6A、図6Bおよび図6C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6Aは、中心からずれた出口開口部25'''を含む

10

20

30

40

50

ミキシング・ボックス 8 を上から見た図である。図 6 B は、図 6 A を線 A - A に沿って切り取った断面図である。図 6 C は、図 6 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 1 3'''、円形の底側壁 1 4''' および円筒形の側壁 1 5''' から構成されている。上側壁には 1 つの円形の開口部 1 6''' が設けられている。円形の開口部 1 6''' 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 1 6''' の下流側では、上側壁 1 3''' と底側壁 1 4''' 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 1 7''' 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 2 7''' が配置されており、ミキシング・オリフィス 1 6''' 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 2 8''' 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 1 8''' が配置されることによって第 2 ミキシング・オリフィス 2 1''' 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 2 0''' が配置されており、ミキシング・オリフィス 2 1''' からのストリームを 2 つのチャンネル 2 4''' 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 1 9''' が配置されている。このフロー・バッフル 1 9''' は、チャンネル 2 4''' 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 2 2''' を形成している。オリフィス 2 2''' を通る流れ方向は、図 2、図 3 A、図 4 A および図 5 A に示すミキシング・オリフィス 2 2、2 2' および 2 2'' 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 2 2''' を通過した全てのプロセス・ストリームは、出口開口部 2 5''' に通じている 2 つのチャンネル 2 3''' 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 2 3''' 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 1 1 へと液体がより良く分配されるように、分割バッフル 2 9''' 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 2 5''' 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 2 5''' の下方には、緩衝プレート 2 6''' 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 1 1 への液体の分配および広がりの中で上述の例よりも有利となっている。これは、出口開口部 2 5''' 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 2 5''' 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 2 2''' の出口で液体が不均一に分割されることで開口部 2 5''' の各々を通る液体の流速が変わり得るからである。

#### 【 0 0 6 4 】

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にもできる。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 7 A、図 7 B、図 7 C および図 7 D は、2 つのミキシング・オリフィス 2 1\*, 2 2\* を含んだミキシング・ボックス 8 の例を示している。図 7 A は、ミキシング・ボックス 8 を上から見た図である。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 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 は、図 7 A 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 1 3\*, 円形の底側壁 1 4\* および円筒形の側壁 1 5\* から構成されている。上側壁 1 3\* には、円形の入口開口部 1 6\* が 2 つ設けられている。入口開口部 1 6\* 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ダー 3 0\* が、上側壁 1 3\* とシリンダー 3 0\* 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 1 6\* に取り付けられたり、または、入口開口部 1 6\* を介して取り付けられたりしている。シリンダーの上縁には V 形ノッチ (V - n o t c h) が設けられている。運転中では上側壁 1 3\* 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 1 6\* 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ダー 3 0\* は、液体を各々

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<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> が 2 つ配置されており、第 1 ミキシング・オリフィス 21<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> を通過するように流れることになる。ミキシング・オリフィス 21<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> が形成されており、それによって、チャンネル 24<sup>\*</sup> を流れたストリームが再度組み合わせられることになる。第 2 ミキシング・オリフィス 22<sup>\*</sup> 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 に各々つながっている 2 つのチャンネル 23<sup>\*</sup> を通るように流れることになる。各々のチャンネル 23<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> の下方には、緩衝プレート 26<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> の出口で液体が不均一に分割されることで開口部 25<sup>\*</sup> 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<sup>\*</sup> を有する設計であって、ミキシング・オリフィス 21<sup>\*</sup> および 22<sup>\*</sup> 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。

#### 【0065】

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せられる（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もよい。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<sup>\*\*</sup>、22<sup>\*\*</sup> 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

10

20

30

40

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 1 3<sup>\*\*</sup>、円形の底側壁 1 4<sup>\*\*</sup>および円筒形の側壁 1 5<sup>\*\*</sup>から構成されている。上側壁 1 3<sup>\*\*</sup>には、円形の入口開口部 1 6<sup>\*\*</sup>が 1 つ設けられている。入口開口部 1 6<sup>\*\*</sup>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 1 6<sup>\*\*</sup>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 1 6<sup>\*\*</sup>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 2 8<sup>\*\*</sup>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 2 7<sup>\*\*</sup>が配置されている。また、第 2 ミキシング・オリフィス 2 2<sup>\*\*</sup>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 1 9<sup>\*\*</sup>が配置されている。第 2 ミキシング・オリフィス 2 2<sup>\*\*</sup>ではチャンネル 2 8<sup>\*\*</sup>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 2 2<sup>\*\*</sup>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 2 5<sup>\*\*</sup>に各々つながっている 2 つのチャンネル 2 3<sup>\*\*</sup>を流れることになる。液体を 2 つの各々のチャンネル 2 3<sup>\*\*</sup>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 1 1 へと液体がより良く分配されるように、分割バッフル 2 9<sup>\*\*</sup>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 2 5<sup>\*\*</sup>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 2 5<sup>\*\*</sup>の下方には、緩衝プレート 2 6<sup>\*\*</sup>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 1 1 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。

#### 【 0 0 6 6 】

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 1 6<sup>\*\*\*</sup>、フロー・バッフル 1 9<sup>\*\*\*</sup>、2 0<sup>\*\*\*</sup> および冷却流体用ディストリビューター 1 7<sup>\*\*\*</sup> 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 1 3<sup>\*\*\*</sup>、円形の底側壁 1 4<sup>\*\*\*</sup> および円筒形の側壁 1 5<sup>\*\*\*</sup> 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 1 6<sup>\*\*\*</sup> が形成されている。入口開口部 1 6<sup>\*\*\*</sup> の下流では、上プレート 1 3<sup>\*\*\*</sup> と底プレート 1 4<sup>\*\*\*</sup> との間に配置される冷却流体用ディストリビューター 1 7<sup>\*\*\*</sup> 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 1 7<sup>\*\*\*</sup> 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 1 8<sup>\*\*\*</sup> 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 2 1<sup>\*\*\*</sup> が形成されている。第 1 ミキシング・オリフィス 2 1<sup>\*\*\*</sup> 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 1 9<sup>\*\*\*</sup> が配置されている。そのため、ミキシング・オリフィス 2 1<sup>\*\*\*</sup> からのストリームが分けられ、2 つのチャンネル 2 3<sup>\*\*\*</sup> を通るよう流れることになり、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 2 2<sup>\*\*\*</sup> 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 2 2<sup>\*\*\*</sup> の下流には、ステップ状のフロー・バッフル 2 0<sup>\*\*\*</sup> が配置されている。フロー・バッ

フル 2 0 \*\*\* によって、第 2 ミキシング・オリフィス 2 2 \*\*\* 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 2 4 \*\*\* 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 2 5 \*\*\* で再度組み合わせられることになる。出口開口部 2 5 \*\*\* の下流には、緩衝プレート 2 6 \*\*\* が配置されている。

【 0 0 6 7 】

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 2 1 の場合のように水平方向流れを含んだミキシング・オリフィスを通して流れの方向が、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 1 6 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。

【 0 0 6 8 】

上述したミキサーの実施例の入口開口部 1 6 は、全てミキサーの側壁 1 5 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 1 6 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 1 0 A、図 1 0 B および図 1 0 C 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 1 6 \* を備えたミキシング・ボックス 8 の例を示している。図 1 0 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 1 0 B は、図 1 0 A を線 A - A に沿って切り取った断面図である。図 1 0 C は、図 1 0 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 1 3 \*、円形の底側壁 1 4 \* および円筒形の側壁 1 5 \* から構成されている。上側壁 1 3 \* 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 1 6 \* 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 1 6 \* 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 2 1 \* および第 2 ミキシング・オリフィス 2 2 \* 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 1 8 \* が配置されている。入口開口部 1 6 \* 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 2 1 \* に入ることになる。第 1 ミキシング・オリフィス 2 1 \* 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 2 3 \* を流れることになる。チャンネル 2 3 \* では気体および液体が円筒形の側壁 1 5 \* を沿って第 2 ミキシング・オリフィス 2 2 \* 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 2 2 \* 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せられる。第 2 ミキシング・オリフィスを通過したストリームを、正方形出口開口部 2 5 \* 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 2 0 \* 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 2 0 \* を取り除いて、その代わりに、出口開口部 2 5 \* にフロー・バッフル 3 1 \* をオプションとして配置してもよい。フロー・バッフル 3 1 \* 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 2 5 \* 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増えるのではなく、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なってしまう。出口開口部 2 5 \* および入口開口部 1 6 \* 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 2 5 \* の下方には、緩衝プレート 2 6 \* が配置されている。

【 0 0 6 9 】

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

10

20

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体的に用いてもよい。

【 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は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・パッフルと一体的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 】

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

【 0 0 7 4 】

ここで、 $Q_l$  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・パッフル 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 $\text{m}^3/\text{h}$	630	170	32
密度 $\text{kg}/\text{m}^3$	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 $\text{m}^3/\text{h}$	6200	2300	420
密度 $\text{kg}/\text{m}^3$	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 $\text{m}/\text{s}$	8.1	7.8	6.8

## 【 0 0 7 8 】

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。組み合わせされた(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。

## 【 0 0 7 9 】

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。

## 【 0 0 8 0 】

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

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、 $3\text{ m/s} \sim 15\text{ m/s}$ 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、流れが組み合わせられる（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、流れが組み合わせられる（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。

10

【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】

20

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もよい。

30

【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。

40

【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。

50

【図 7 A】図 7 A は、2つのミキシング・オリフィス 2 1<sup>\*</sup>, 2 2<sup>\*</sup>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 1 6<sup>\*</sup>, 2 2<sup>\*</sup>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 1 6<sup>\*</sup>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】

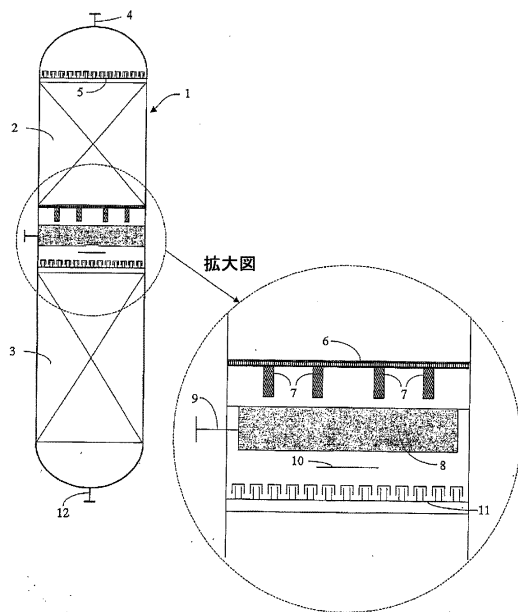


FIG. 1

【図 2】

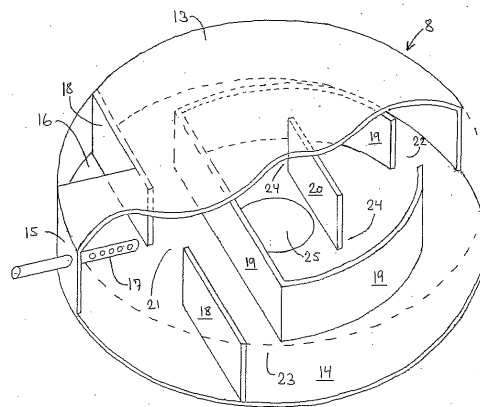


FIG. 2

【図 3 A】

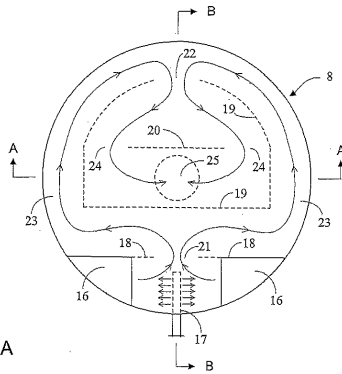


FIG. 3A

【図 3 B】

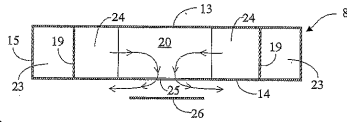


FIG. 3B

【図 3 C】

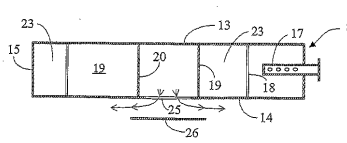


FIG. 3C

【図 4 A】

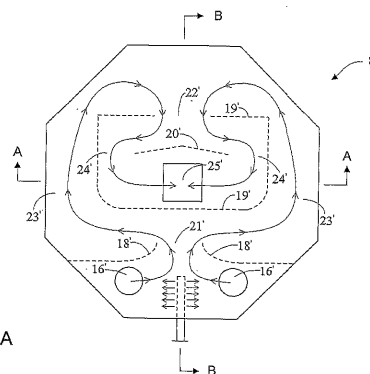


FIG. 4A

【図 4 B】

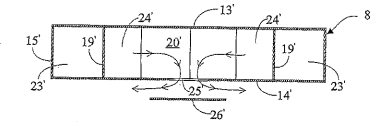


FIG. 4B

【図 4 C】

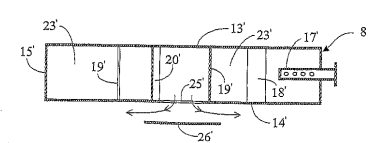


FIG. 4C

【図 5 A】

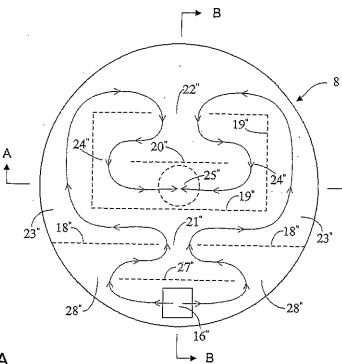


FIG. 5A

【図 5 B】

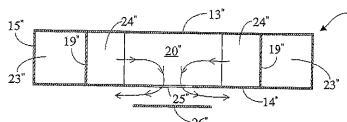


FIG. 5B

【図 5 C】

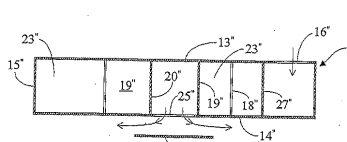


FIG. 5C

【図 6 A】

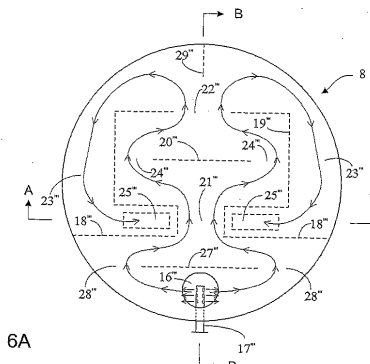


FIG. 6A

【図 6 B】

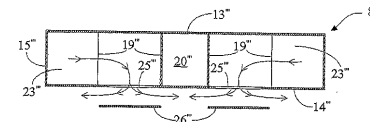


FIG. 6B

【図 6 C】

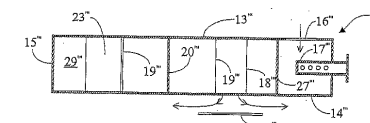


FIG. 6C

【図 7 A】

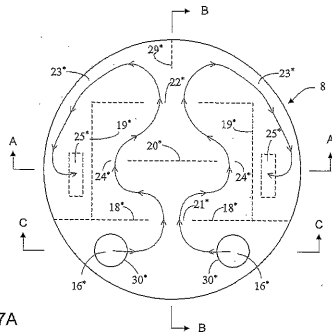


FIG. 7A

【図 7 B】

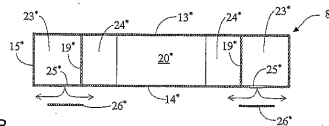


FIG. 7B

【図 7 C】

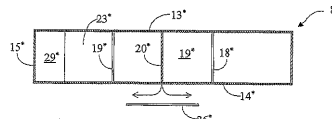


FIG. 7C

【図 7 D】

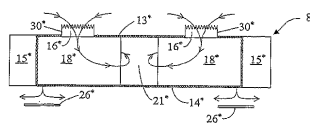


FIG. 7D

【図 9 A】

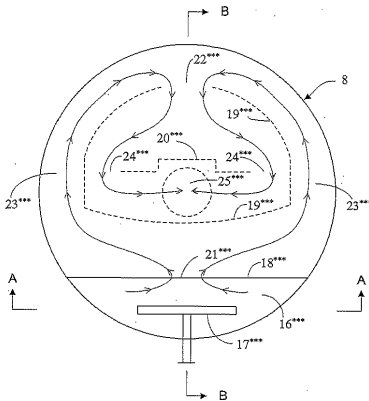


FIG. 9A

【図 9 B】

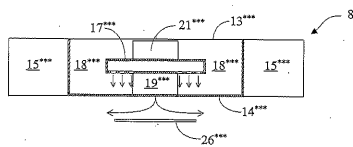


FIG. 9B

【図 9 C】

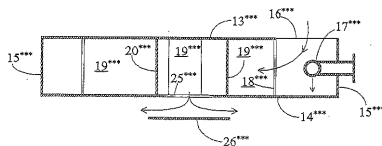


FIG. 9C

【図 8 A】

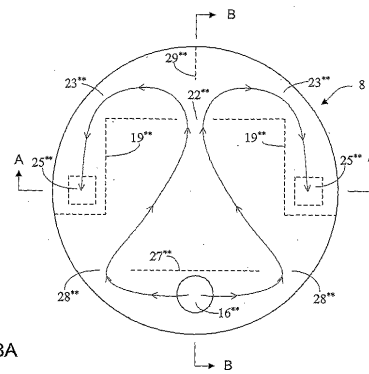


FIG. 8A

【図 8 B】

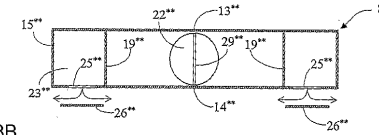


FIG. 8B

【図 8 C】

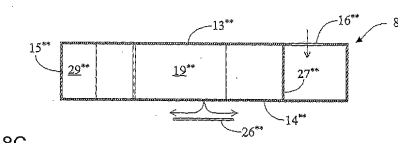


FIG. 8C

【図 10 A】

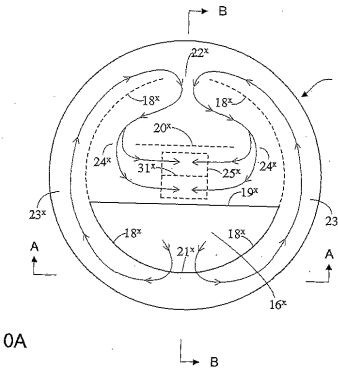


FIG. 10A

【図 10 B】

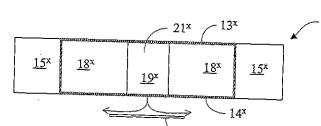


FIG. 10B

【図 10 C】

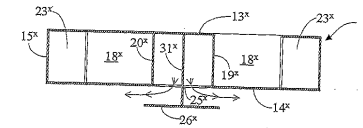


FIG. 10C

---

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 0 9 - 0 2 4 2 6 8 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 5 0 2 8 7 2 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
B01J 8/00- 8/46  
B01F 1/00- 5/26  
C10G 1/00-99/00