

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4846574号
(P4846574)

(45) 発行日 平成23年12月28日(2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日(2011.10.21)

(51) Int.Cl. F I
B O 8 B 9/027 (2006.01) B O 8 B 9/06

請求項の数 5 (全 45 頁)

(21) 出願番号	特願2006-517312 (P2006-517312)	(73) 特許権者	502216875
(86) (22) 出願日	平成16年6月17日 (2004. 6. 17)		プリンストン トレード アンド テクノ
(65) 公表番号	特表2007-534454 (P2007-534454A)		ロジー インコーポレイテッド
(43) 公表日	平成19年11月29日 (2007. 11. 29)		アメリカ合衆国 ニュージャージー州 08
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/019182		540 プリンストン ウォール ストリ
(87) 国際公開番号	W02004/112975		ート 1
(87) 国際公開日	平成16年12月29日 (2004. 12. 29)	(74) 代理人	100100158
審査請求日	平成19年6月15日 (2007. 6. 15)		弁理士 鮫島 睦
(31) 優先権主張番号	10/464, 173	(74) 代理人	100107180
(32) 優先日	平成15年6月18日 (2003. 6. 18)		弁理士 玄番 佐奈恵
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	モハメド・エマム・ラビブ
			アメリカ合衆国08540ニュージャージ
			ー州プリンストン、ユーイング・ストリー
			ト650番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2相フローを用いてパイプライン、チューブ及び膜を清浄化する装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内視鏡を清浄化する方法であって、

(a) 気体は空気を含んでなり、液体はアルカリ性溶液および界面活性剤を含んでなる清浄化溶液を含んでなり、内視鏡の通路に沿って液体小滴を形成および再形成するのに十分な、約 1 0 m / 秒 ~ 約 2 0 0 m / 秒の速度および気体の液体に対する体積比 5 0 : 1 ~ 1 5 0 0 0 : 1 の範囲で、気体中に 2 5 μ m ~ 4 0 0 μ m の寸法を有する液体小滴を含む第 1 の 2 相混合物を生じさせること、および、前記第 1 の 2 相混合物を前記内視鏡の通路に適用して、該内視鏡の清浄化を提供すること ;

(b) 前記内視鏡から、気体と液体との分離のためのミスト分離装置に第 1 の 2 相混合物を排出させること ; および

(c) 空気および水を含んでなる 2 相の混合物を撻動させることによって、内視鏡の通路の濯ぎを行うこと

を含んでなる方法。

【請求項 2】

濯ぎ工程は、 6 ~ 1 0 秒後毎に、 3 ~ 6 秒間の撻動を行うことを含んでなる請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

2 相混合物を適用することによって、内視鏡から、バイオフィルムを除く請求項 1 に記載の方法。

10

20

【請求項 4】

内視鏡の通路の消毒を行うことを更に含んでなる請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

消毒剤は、過酸、過酢酸、次亜塩素酸塩、漂白剤およびヨウ素からなる群からの少なくとも 1 つの成分を含んでなる請求項 4 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

(技術分野)

本発明は、1997年6月23日に出願され、現在米国特許第6027572号とされ
ている米国特許出願第08/880062号の一部継続出願である；1999年12月1
7日に
出願され、現在米国特許第6454871号とされて、2002年9月24日に公
表された米国特許出願第09/466714号の一部継続出願である；2002年3月5
日に
出願された米国特許出願第10/091201号の一部継続出願である。

10

【0002】

本発明は、内腔 (lumen) 表面に付着する汚染物質 (contaminant) を除去するための装
置及び方法に関する。本発明は、特に、汚染物質の付着する通路 (passageway)、パイプ
ライン (又は配管)、チューブ及び膜を清浄化する方法に関する。

【0003】

(発明の背景)

バイオフィーム、プロテイン、炭水化物、脂質、乳汁残留物 (milk residue)、食品付
着物 (deposits of food)、飲料、生物医薬品等を含む薬剤の混入物等を含む付着した
物質又は汚染物質を、装置、配管及び膜表面から有効に除去及び清浄化するために、清浄
化プロセスの作用はそのような汚染物質と清浄化すべき表面との間の付着力を上回る必要
がある。そのように付着した残留物又は汚染物質の良好な清浄化を達成するため、清浄化
プロセスによって生じさせる剪断応力は、清浄化すべき表面への付着した汚染物質の付着
力 (又は接着力 (adhesive strength)) よりも高いことが必要とされる。

20

【0004】

しかしながら、実際の工業的プロセスの間には、装置又はパイプの表面と除去しようと
する汚染物質との間に、その他の表面力、例えば、静電気引力、酸 - 塩基相互作用、疎水
性力 (hydrophobic force)、汚染物質分子と基材の粗さ特性 (roughness feature)、又
はこれらの組合せが通常存在する。これらの場合に、付着力は、通路の中に清浄化溶液を
単に循環させたり又はフラッシュさせたりするだけでは打ち勝つことができない程度まで
高くなることがあり、従って、そのような通常的手段によっては清浄化を達成することが
できない。清浄化操作において用いる液体に汚染物質が不溶性である場合、その表面から
汚染物質を脱着させた後、パイプライン、チューブ及び/又は流路からフラッシュして排
出 (追い出す (flushing out)) して、良好な清浄化を達成することが必要である。

30

【0005】

表面における汚染物質の物理的特性 (physical nature) によって、清浄化の困難性の
レベル及び程度が決められる。汚染物質は、汚染物質によって覆われた独立したドメイン
又は領域の中で、粒子の層として又は離散した粒子として表面上に存在し得る。最も困難
な場合には、バイオフィーム、食物及び乳製品残留物の場合のように、連続する層が存在
する。本発明の利点の多くのケースは、清浄化プロセスにおいて用いられる溶液又は液体
に可溶性でない汚染物質に関するものである。本発明は、優勢な (overcoming) 付着力が
清浄化プロセスにおいて相当な程度の役割を果たす場合に、清浄化操作に用いられる液体
にほとんど可溶性でない場合を対象としている。

40

【0006】

パイプライン、チューブ又は流路を清浄化する従来の方法は、その流路に液体を通過さ
せるか、又は循環させることである。汚染物質が表面に付着する個々のドメイン又は離散
した粒子として存在する場合、流路の表面を清浄化するためには、流体 (気体又は液体)

50

の流れによる粒子の脱着又は汚染物質ドメインの脱着を達成する必要がある。汚染物質の脱着を達成するためには、汚染された表面に機械的な力又は剪断応力が到達し得ることが必要とされる。汚染された表面に十分な剪断応力を到達させ得るということは、表面に液体境界層 (liquid boundary layer) が存在することに起因する根本的な制約のために、困難を伴う作業である。パイプライン、チューブ及び流路の表面の汚染物質を脱着 (又は脱離) させ、清浄化する能力への前記境界層の効果については、以下に更に詳細に説明する。

【 0 0 0 7 】

汚染物質が離散した粒子として存在する場合には、そして汚染物質のドメイン中に複数の層が存在する場合、汚染物質のドメインの最上層から個々の粒子を取り除くことが可能である。取り除かれた粒子はそれから運び去られて、パイプライン又は流路から取り除くことができる。層の領域全体を取り除いて、流れる流体に同伴させることは、「デヌーデーション (denudation)」と称される方法によって実施することが可能である。しかしながら、フロー条件によって生じた力が、汚染物質全体を脱着させるのに十分ではない場合、特に、表面に液状境界層が存在することによって制約が課される場合、汚染物質層は表面に残留し得る。これは、常套の液体循環清浄化プロセスの場合である。更に、フロー条件が脱着された汚染物質をパイプライン又は流路の外に運ぶことについて十分でない場合には、脱着された汚染物質は表面上に再度堆積して、表面に再付着したり、表面の近くで液体の境界層に捕捉されたりし得る。従って、清浄化を達成するためには、脱着された汚染物質をパイプライン、チューブ又は流路の外に移送するフロー条件を提供することが必要である。

【 0 0 0 8 】

表面に付着する汚染物質の付着強さ (adhesion strength) を減少させる常套の方法は、清浄化溶液中に界面活性剤を使用することである。界面活性剤分子は、表面と粒子との間のギャップ (又は隙間) に移送され、ギャップの中に吸着され得る。界面活性剤の吸着によって、清浄化すべき表面と粒子との間の分離距離 (separation distance) が拡大し、従って、表面に対する粒子の付着強さの減少を達成し、その結果、粒子の脱着及び流れる流体の中への固体の移送が向上する。表面からの脱着の程度は、清浄化すべき表面と汚染物質との間の接触エリア (接触面積) に依存する。表面に付着した離散粒子の場合、接触面積は小さく、脱着は可能である。表面と汚染物質との間の接触面積が大きくなると、常套の流体の流れ速度及び界面活性剤が存在する場合であっても、液体の流れが汚染物質の脱着を達成するには、全体の付着強さが大きくなり過ぎる。脱着させるのが最も困難な汚染物質は、バイオフィームの場合のように、汚染物質が、清浄化すべき表面の大部分又は場合によっては全体を覆う場合、又は、食品残留物若しくは医薬品及びバイオ医薬品を含む種々の工業的処理におけるその他の残留物によって表面が包囲 (又は被覆) された場合の汚染物質である。

【 0 0 0 9 】

汚染物質が、バイオフィーム、乳汁又はタンパク質の残留物等であって、流路全体の表面を覆う場合、及び汚染物質層の厚さが大きい場合、界面活性剤が表面と汚染物質との間の界面に到着することは困難であり、従って、清浄化溶液が界面活性剤及びその他の清浄化成分を含む場合であっても、常套の液体循環による清浄化を行うには、付着強さは高いままである。更に、常套のクリーン・イン・プレイス (C-I-P (clean-in-place)) 清浄化方法におけるように、5 フィート / 秒での液体循環の場合、表面にて発生した剪断応力は、バイオフィーム又はタンパク質の層を脱着させるには小さ過ぎる。これは、厚い境界層が存在すること及び流体力学によるその他の複雑な制約が存在すること、並びに剪断力を清浄化すべき表面へ移動させることが困難であることに起因する。このことは、通常、より長い清浄化の時間をもたらすことになり、高い pH の流体、例えば苛性の化学薬品及びその他の強い刺激性の化学薬品を使用することにつながっている。

【 0 0 1 0 】

最終的な結果は、良好で効率的な清浄化には、通常、不十分である。液体の流れを使用

10

20

30

40

50

することは、大量の清浄化液体、濯ぎ水、及びC I P清浄化プロセスにおいて用いられるその他の液体を大量に必要とする。そのような清浄化操作から生じた廃棄物の中和及び処分のコストに加えて、濯ぎ操作のための大量の水の消費、及び高価な化学薬品のコスト、製造時間のロスを含めて、そのような制約の結果は経済的及び環境的に影響する。清浄化プロセスは、場合によっては、清浄化プロセスは、食品、医薬品、及びその他の工業的プロセスに共通するシナリオであるが、製造操作自体よりも、多量の廃棄物質を排出することがある。

【0011】

水又は他の処理液体が流れるとチューブ、パイプライン又は流路の表面とバイオフィームとの間の接触表面積は、内腔表面積の全体を実質的に覆うので、表面に付着した離散した粒子の小さな接触表面積と比べると、非常に大きい。それに対応して、流路の内腔表面の大部分又は全体を覆う、バイオフィーム又はその他の同様の汚染物質の付着力は、非常に大きくなる。バイオフィーム又はその他の同様の汚染物質を脱着させ、取り除くことを達成するため、汚染物質を断片化して、汚染物質の連続する層にクラックや孔を形成させ、それによって流路の表面と汚染物質との間の界面へ界面活性剤が拡散することができるようにする必要がある。

【0012】

バイオフィーム及び同様の汚染物質の断片化 (fragmentation) は、バイオフィームと表面の間で界面において界面活性剤を拡散及び吸着させるために必要であると考えられている。後者のプロセスは、流路の内腔表面 (内部の表面) に対するバイオフィームの付着強さを低下させるために重要である。そうでない場合には、固体、例えばガラス、金属、又はプラスチックなどの表面へのバイオフィームの付着強さは、多くの研究者によって測定されているように、50 ~ 120 パスカルの範囲にわたっている。界面活性剤が存在する場合であっても、その付着強さは、常套の液体循環が克服するには、強過ぎる。従って、バイオフィーム及び同様の汚染物質層の断片化とクラック形成は、清浄化を受けやすいレベルであって、清浄化操作に用いられるフロー条件によって形成される十分な剪断応力を提供するレベルに、表面とバイオフィームとの間での付着強さを低下させるために必要である。この断片化及びクラック形成は、ほとんど、多くの用途について低速過ぎる常套の液体循環によっては、達成することがほとんど不可能である。

【0013】

発明の概要

本発明では、気体及び液体の2相の流れ (フロー) が生成され、液体の小滴を形成して、それがパイプライン、チューブ又は流路の長手方向に沿って形成もしくは再形成される。清浄化溶液の組成のみではなく、流れの制御された液体/気体比及び大きな速度によって、液体の境界層が存在しないか又は薄い境界層となるような条件がもたらされる。小滴が間断なく形成され及び再形成されて、清浄化すべき内腔表面に衝撃 (impact) を与える (又は衝突する)。付着強さの高いバイオフィームのような特に困難な場合には、バイオフィームへの小滴の衝突はバイオフィーム層の慣性的流体力学的侵食を結果として生じ、それによってバイオフィームの断片化を生じ、及びバイオフィームにクラックを生じさせ、パイプライン、チューブ又は流路の内腔表面とバイオフィームとの間の界面の中に、界面活性剤分子を拡散させ及び移動させることができる。本発明の2相フロー (又は2相流れ) を用いると、清浄化すべき内腔表面の濡れ特性 (wetting properties) をも考慮に入れて、気体及び液体の速度、気体/液体比率 (又は割合)、清浄化溶液の動的表面張力特性、表面張力平衡及び清浄化組成を含む、重要な (キーとなる) フローパラメータによって、表面に衝撃を与える小滴は寸法及び速度に関して最適化される。本発明の2相フローによって形成される小滴はバイオフィーム断片化及び脱着を達成し、表面から脱着されたバイオフィーム断片は小滴と共に気体:液体の流れに同伴され、パイプライン、チューブ又は流路に沿って移送されながら、移動する2相フローの中に取り込まれる。バイオフィーム断片は、空気ストリームに同伴されることもできるし、又は2相フローの液体成分に同伴されることもできる。従って、この清浄化プロセスの間に、脱着されたバイオフィル

10

20

30

40

50

ムは、流路に沿って一掃され、流路からフラッシュアウトされる（追い出される）。

【0014】

本発明の態様例には、中空の膜及びその他の装置を含めて、チューブ、パイプライン、流路を、清浄化、濯ぎ、消毒/殺菌（sanitizing/disinfecting）するための方法及び装置が含まれる。本発明の装置及び清浄化プロセスの組合せには、食品、飲料、医薬品に関する産業及び他の産業に用いるクリーン・イン・プレイス（C-I-P（clean-in-place））清浄化システム（又はその場での清浄化システム）を更に含む。

【0015】

（発明についての詳細な説明）

本明細書において用いる「流路（passageway）」という用語には、特にパイプライン、チューブ及び中空膜が含まれる。

10

【0016】

本発明の2相フロー清浄化する方法によると、小滴の慣性衝突は具体的であるので、清浄化プロセスにおいて小滴寸法が重要な役割を果たすようになり、30～200ミクロンの範囲の最適な小滴寸法が非常に重要になる。小さすぎる小滴は、流路の内腔からのバイオフィーム及び同様の汚染物質の断片化及び脱着を達成するには、低すぎる慣性衝突力を有している。小滴がより大きくなるとその運動エネルギーも大きくなり、小滴がより大きくなる程、バイオフィーム断片化の能力も大きくなる。しかしながら、本発明の2相フローにおいて、最適な小滴寸法は、上述したパラメータ及びフロー条件によって決定される。本発明の2相フローは、清浄化すべき流路全体の長さ及び内腔表面をカバーするために必要とされるメインフローの特性を損うことなく、小滴寸法を最適化し、並びに、液体境界層が存在しないか又は非常に薄いことを同時に確保する。後者の条件の目的は、小滴が汚染物質に直接的に又はほぼ直接的に衝撃を与えて、それらの断片化、侵食及び脱着を引き起こすように、汚染物質を露出した状態にしておくことである。小滴が小さすぎる場合には清浄化のために有効ではなく、従って、流路の内腔表面に衝撃を与えることなく気相に同伴され得る。他方で、非常に大きい小滴、例えば、200ミクロン以上の寸法の小滴は、効果的な方法で形成したり、（気体フロー中に）再懸濁（又は再浮遊）させたりすることが困難である。

20

【0017】

本発明では、最適な小滴寸法は、30～200ミクロンの範囲であり、好ましくは約50～150ミクロンの範囲である。小滴が表面から離れる際に、バイオフィーム断片はそれらに同伴し（又は連行され）、このプロセスが続く間は、流路の内腔表面から次々にバイオフィームが侵食される（剥離される）。このプロセスによってフィルムに孔及びクラックが生じると、界面活性剤分子及び小さいイオンはその界面に拡散し、バイオフィームの表面に対する凝着力（付着強さ）を低下させる。その結果、清浄化が進むと、残存するバイオフィームは、より容易に脱着され、速く移動する2相フローによって取り除かれるようになる。

30

【0018】

長さ及び表面積の全体に沿って小滴により流路の内腔表面を十分にカバーすることによって、種々の直径を有する種々の流路から、バイオフィーム及び同様の汚染物質を十分に（ほぼ完全に）取り除くことが確保される。本発明によれば、バイオフィームからタンパク質層にわたる乳製品及び食品の残留物、孢子（spores）、血液残留物等へ及び多様な汚染物質の清浄化を含めて、150ミクロンから12cm以上の直径の流路の清浄化を行うことができる。

40

【0019】

本発明によれば、2相フローシステムを用いて、流路の内腔から、バイオフィーム及びその他の付着物質、例えば乳製品又は乳汁の残留物、血液凝固物、タンパク質層、及び排水処理に用いられた膜に見出される混入物質（foulant）等のその他の付着性物質を、取り除くための条件には、約25ミクロン～200ミクロンの範囲であるが、最大でも400ミクロンまでの範囲の小滴を製造する、流路の最初の部分における初期小滴製造装置

50

(initial droplet formation device)が含まれる。このことは、流路の全長及び内腔表面に沿って懸濁（又は再浮遊）される小滴の生成及び再形成が生じるように、気体/液体比率、気体及び液体の速度（又は流量）、清浄化溶液の小滴分解特性及び溶液化学を調節することによって行われる。適切な条件下では、例えば約1mm～約10cmの直径及び100～300メートルまでの長さのような、大きな長さ：直径比（以下L/Dと記載する）を有する流路を、本発明によって清浄化することができる。

【0020】

更に及び同時に、小滴衝撃によって表面を十分にカバーするための条件は、ある程度一様な寸の小滴を形成することを伴って、それらが流路表面に衝撃を与える際に、十分に局在化された剪断力及び他の機械的な応力を生じさせるように、達成する必要がある。従って、小滴衝突は、表面に残存するバイオフィルムのいずれかの部分を破壊するのに十分なように行われる必要がある。さらに、プロセスは、清浄化される流路の全体の内腔表面からの、バイオフィルム断片又は同様の汚染物質の十分な除去が完了するように、十分な時間で行われることが必要である。繰り返すことになるが、流路、特に大きなL/Dを有する流路の入口部が確実に清浄化されるようにするため、流路の入口部近くで空気ストリームの中へ、小滴はノズルの支援によって流路の中に注入される必要がある。更に、大きな寸法の小滴の貫通深さは小さく、重力及びその他の作用による問題を受けやすいので、平均的な小滴寸法は30～200ミクロンの範囲、好ましくは約50～150ミクロンの範囲に止まる必要がある。

【0021】

更に本発明によれば、フロー条件は、内腔表面が清浄化の間に一様な小滴衝撃及び一様な適用を受けるように、流路の内腔全体の周囲をカバーするために設けられる必要がある。従って、清浄化すべき内腔表面の表面湿潤化条件及び種々の直径の流路について、最小の気体速度を用いる必要がある。更に、本発明によれば、小滴衝撃が汚染物質層の最も効果的な断片化を達成し、それによって流路内腔の清浄化を達成するように、汚染物質の表面は露出した状態か又はほぼ（実質的に）露出した状態であることが必要である。

【0022】

発明者は、清浄化のための最も好適な条件は、2相フロープロセスにおける環状ミスト様式（annular mist regime）又はそれに近いその他の様式の特定の形態であって、内腔表面における小滴形成、小滴付着及び小滴衝突が清浄化の目的に最大であるが、液体境界層厚さは最小であり、好ましくは流路表面が厚い液体膜によって完全には覆われていないような境界層の不安定性及び小滴生成を満足するような形態であると考えられる。本発明の清浄化に好適な条件は、流路の内腔が連続的な流体膜によってカバーされており、小滴の形成が最小に保持されるような、周知の環状膜フロー条件とは異なっている。後者のフロー様式は、小滴の生成及び衝撃が不十分であるため、清浄化のためには効率的ではない。本発明では、バイオフィルム及び同様の汚染物質を断片化させるため、広範な小滴形成及び小滴衝突が必要とされる。小滴衝撃は局在化された剪断を生じる。この局在化された剪断は、常套のC-I-Pシステムに存在するように、約5フィート/秒での液体循環の間に生じるバルク剪断（bulk shear）の100倍～1000倍大きいと見積もられている。

【0023】

層状化されたフロー様式では、チューブ又は流路の底部分のみが液体と接触しており、内腔の頂部は清浄化液体に接触していない。従って、この場合の清浄化は、液体循環のみによる清浄化よりも困難である。また、バブルフロー、スラグフロー及び内腔表面を完全にカバーする他のフロー様式を含む他の2相フロー様式は、液体循環様式とはあまり異ならない。液体が主要な相である、上記のフロー様式における空気の主たる作用は、流路内の液体の速度を増大させることである。しかし、発生した剪断応力はまだ液体の流れによるバルク剪断によって規定される。従って、剪断応力の大きさは付着性の高い汚染物質、例えばバイオフィルム及びそれと同様なものを除去するには低過ぎて、液体境界層は表面汚染物質の除去を阻害するのに十分な厚みを保持している。本発明の2相フローは、小滴衝撃によって生じた剪断応力の程度及び機構において、このように異なっている。更に

、流路の長さに沿った小滴の形成及び再形成の際に小滴の合一化により形成される液体ドメインから小滴を引き出すことについて、本発明による2相フローの間の清浄化を支援する追加的な表面力が存在する。小滴が表面から引き離される際に、2相清浄化(two-phase cleaning)の間の表面張力及びその他の複雑な界面現象によって、他の種類の力(小滴衝撃以外の力)が作用し、それらの力は清浄化効率を増大させるうえで重要である。

【0024】

発明者は、高い速度の小滴を作成し維持する2相フロー様式が、種々の用途において、バイオフィルムの断片化及び除去を達成し得ることを示した。清浄化のための最適な様式において、発明者は小滴形成、小滴付着及びその後の小滴再形成は清浄化に必要であるということ認識した。清浄化すべき内腔表面における小滴形成及び小滴再形成並びに小滴付着の密度は、清浄化のための最適な条件に保たれるべきであり、その一方で同時に、流路表面の湿潤化及び再湿潤化の動力学は清浄化及び厚い境界層の生成の防止に好適なように確保されるべきである。発明者は、顕微鏡(microscope)と、清澄又は透明なチューブを用いて、小滴生成が最適となるように、及びその際に小滴付着速度が最大となるように、気体速度及び液体/気体比を調節した場合に、最適な清浄化条件が生じることを見出した。これは、例えば、小滴がバイオフィルムの露出表面に衝撃を与えることを確実に行う。従って、良好な様式は、従来技術に関連して上述したような、液体の流れが流路の壁部に沿って膜を形成し、気体は中央部を流れる環状フロー様式とは異なっている。更に、界面活性剤の存在及び流路表面の湿潤性は、小滴衝撃及び付着によって形成される液体の物理的形態に著しい影響を与えるということ、発明者は見出した。界面活性剤は、本発明の清浄化プロセスにおいて、小滴形成、薄い境界層、表面の露出した領域及び衝撃剪断応力を達成するような方法で、流路の内腔表面の湿潤化及び脱湿潤化のプロセスを支援することが見出された。

【0025】

高いL/Dを有する流路の清浄化の間における重要なサブプロセスは、小滴が流路の長さに沿って内腔表面に衝撃を与えた後における、小滴の再形成である。小滴が表面に衝撃を与える際に、互いに近くに当たった小滴は、界面エネルギーを最小化するために、合一化して液体ドメインを形成し、これがその後、気体フローによって完全に又は部分的に隔離され、新しい小滴を形成する。本発明のフロー条件は、液体を蓄積したり又は内腔表面に連続する厚膜を成形したりすることではなく、合一化された小滴の分散を迅速に容易にすること、その時流れによって運ばれる他の小滴を再形成することである。

【0026】

2相フロー清浄化の間における界面での小滴崩壊(droplet breakup)は、清浄化溶液界面化学、静的及び動的な表面張力、及び濡れ性、粘性率及びフロー条件(流れの条件)に依存して、1つ又はそれ以上のモードを取る。清浄化すべき表面の湿潤化特性も本発明の方法では重要な部分である。液体崩壊の吸着のモードには、粒子気体速度、及び気体に液体の比に依存して、1つ以上の方式によって起こることができる;また、清浄化すべき表面の濡れ特性はこのプロセスについて重要な役割を果たす。液体崩壊の既知のモードには、「バッグ崩壊(bag breakup)又は「連絡部崩壊(ligament breakup)」のいずれか、又はそれら2つの組合せを、場合によってはより複雑な形態が含まれる。

【0027】

「バッグ崩壊」の場合には、表面にて合一化された小滴によって形成された液体のボディを気体が平坦化し、薄い壁を有する液体のバッグ形状のボディ(bag-shaped body)を成形することができる。その後、液体の壁部が非常に薄くなるにつれてこれらは破裂して新しい小滴を形成し、その新しい小滴は流れと共に移送され、下流側の別の位置において表面に衝撃を与え、それによって清浄化が達成される。

【0028】

「連絡部崩壊」の場合には、同じシーケンスの崩壊が達成されるが、液体ドメインの本体は、連絡部(ligament)の形態であって、これが崩壊して個々の小滴になり、2相フローの一部となって、それぞれ下流側へ流れ、液体が流路から排出されるまでこのプロセ

10

20

30

40

50

スが繰り返される。表面及び清浄化溶液の表面化学の条件、動的及び静的表面張力、湿潤化及び再湿潤化のプロセス、液体の粘性、フロー条件等に応じて、2相フローによる清浄化の間に起こる小滴再形成の2つのモード又はメカニズムの組合によることも可能である。

【0029】

小滴再編成の正確で詳細なメカニズムとは無関係に、本発明の2相フローは、非常に長いパイプライン（場合によっては、300フィート（約100m）以上）の場合のさえある流路の全長にわたって、小滴の形成及び再形成を維持すべきである。幸運なことに、流路の開口端部の方へ下流側に移動するにつれて圧力降下（流路体積は一定である）のために気体は膨張し、気体の速度が増大するので、小滴の生成及び再生並びに小滴の速度は流路の開口端部の方へ向かって増大する。この特徴は、高いL/Dを有する長い流路の内腔の清浄化のために最適な、活性2相フローを維持することができる点で、重要である。実際に、上述した理由のために、流れが開口端部へ進む際に小滴速度が増大することによって、パイプラインの出口端部へかけての清浄化が一般により容易になるということ、発明者は見出した。

10

【0030】

更に、発明者は、流路の前端部の適切な清浄化が確保されるように、流路の前端部における清浄化効率は、十分な小滴衝撃並びに小滴形成及び再形成の最適な2相のフロー条件（速度、液体/気体比、液体の表面張力等）を伴うことが必要であるということを見出した。本発明によれば、（2相フローが注入される）長い流路の前端部を清浄化するように流れを調節すると、その流路の他端側の開口端部はより高い速度の小滴を受け入れることになり、従って流路全体の清浄化を達成することができるということ、発明者は見出した。

20

【0031】

2相フロー清浄化の間における流路の入口部と出口部との間での速度の変化は、以下の例によって設けられる。流路の入口部において、液体/気体比を、下流側で気体が膨張しても、その液体/気体比が清浄化のために最適な範囲内に止まるように、即ち、その液体/気体比が流路の出口部近くの部分を清浄化するために必要な寸法範囲内の、十分な小滴付着密度を形成するために十分であるように、調節することが重要である。

【0032】

本発明の更に別の重要な特徴は、2相フローにおいて形成される小滴の寸法と、流路の入口から出口まで2相フローが流れる際の気体速度の変化を考慮することである。小滴が流路の出口端部へ向かって小さくなり過ぎる場合には、より大きい部分が気体に捕捉され、従って不十分な小滴衝撃密度が形成され、流路の出口端部に向かって最適ではない清浄化が結果として得られる。そのような場合に、気体を適合させることによって上記の限界を克服することは可能である流路の入口部において、又は流路の長手方向に沿ったいずれかの位置で、清浄化のために必要とされる最適な気体/液体比を達成するように、気体/液体比を調節することによって、上述の制約を克服することができる。これらの条件を変化させることによって、以下に説明するような範囲及び条件を用いて、種々の用途について種々の型の流路を清浄化することができるということは、明らかである。

30

40

【0033】

更に、本発明に従って清浄化を達成するために、2相フローは、入口部から出口部までの流れが移動する際に、流路全体の表面に沿って一様な小滴付着を形成する必要がある。汚染物質の表面への小滴衝撃は、流路の表面に存在するバイオフィーム又は汚染物質のいずれかの部分を破壊するように、十分な剪断応力及びその他の機械的応力を形成する必要がある。上記の条件は、バイオフィーム又は汚染物質層の断片化を達成することが可能であり、流路の内腔表面から最終的に全体の層の脱着及び除去を達成することができる必要がある。清浄化すべき内腔表面への小滴付着密度は、清浄化プロセスの効率をコントロールするための重要な変数であって、これは小滴寸法、フロー条件及び2相混合物の液体フラクシオンに直接的に関連する。小滴寸法は、流路の断面積（直径）の関数であり

50

、 kg/m^2 秒単位での液体の質量流束 (mass flux)、 kg/m^2 秒単位での気体質量流束、液体の表面張力及びある程度までの粘性 / 流動学の関数である。従って、10メートル / 秒以上の表面気体速度は、清浄化の有効な範囲をカバーし、清浄化すべき流路の入口部の近くで、20 ~ 100メートル / 秒の範囲が好ましい；気体が流路を通過して出口部端部へ送られるにつれて、気体の速度は増大する。

【0034】

更に、発明者は、小滴寸法が、気体速度及び液体の質量流束、流路の断面積によって異なることを見出した。後者は、効果的な小滴寸法、小滴速度、小滴付着密度を得るように実験的に変更することができ、及び同時に、パイプラインの表面が、存在するバイオフィルム又は汚染物質を、小滴による直接的な又はほぼ直接的な衝撃から、マスクしたりシールドしたりし得るフィルムを形成したり、液体の層によってパイプラインの表面が汪溢されたりしないように、確保する必要がある。上記のパラメータを操作することによって、清浄化のために適切な条件を達成することができる。

【0035】

本発明の2相フローによる清浄化の間の流路の内腔表面における条件は、有効な清浄化を達成する上で非常に重要である。清浄化すべき表面の濡れ特性は、清浄化プロセスにおいて、特に、2相フロー清浄化の間に、小滴が表面に衝撃を与え、内腔表面で合一化する際に、蓄積される液体の特性に関して重要な役割を果たす。表面が、低い接触角を有する場合（表面が湿潤性である場合）、液滴合一の結果として蓄積される液体は、高い接触角を有する表面に清浄化液体を接触させる場合と比べて、拡がってより広い領域を覆うようになる。更に、特に、その性質が一時的であり、同時に、2相フローの動的な条件を受けるので、この拡がり方は複雑なプロセスである。これらの事象はわずかに10ミリ秒続き、界面化学の分野において知られているように、平衡濡れ (equilibrium wetting) の知識によって容易に説明することができるものではない。目視観測は、本発明の方法による清浄化の間に、表面における非常に動的な拡散プロセスに、複雑な処理が関連することを示している。2相のプロセスによる清浄化の間に、表面に厚い又は連続する液体膜を成形するのを防止するために、条件を調節することは重要である。多くの場合に、これらのパラメータは、フロー条件を制御することを必要とし、流路の透明な部分を用いることによって目視的に観察することができる。

【0036】

本発明によれば、小滴形成、小滴寸法、及び2相清浄化の間に表面上に蓄積される液体ドメインの特性について、清浄化液体中における界面活性剤の存在は、重要な役割を果たす。特に、これは清浄化液体の動的な表面張力特性に関連する問題について妥当である。界面活性剤分子が液体 / 水界面に蓄積して、バルク溶液中の界面活性剤分子と平衡である場合に、界面活性剤溶液の平衡表面張力は測定される表面張力 (ダイン / cm) の値である。これは、従来技術において知られているように、常套の「環式測定法 (ring method)」によって通常測定され、この方法は、測定値を得るために、通常、数分を必要とする。従って、液体 / 水界面が平衡であって、バルク液体から新たに形成される空気 / 水界面への界面活性剤分子の拡散速度から独立である場合に、平衡表面張力が測定される。大部分の界面活性剤供給業者は、彼らがユーザーに対して提供する文献において、静的な表面張力値又は平衡表面張力値のみを特定している。

【0037】

一方で、動的な表面張力は、通常、0から、約100 ~ 200ミリ秒、又はそれより長い間隔の時間的尺度において、表面張力反応を時間の関数として規定する。これは、通常、ミリ秒単位の表面の時間に対する、動的表面張力 (mN/m) のプロットとして表される。多くの界面活性剤は、表面張力値がそれらの平衡値に達するのに数秒又は数分を要する。他方で、動的な表面張力は、本発明の2相フロープロセスの場合のような表面に衝撃を与えた後の液体の小滴の拡散の場合、又は新たな小滴の形成のような動的なプロセスの場合と同様に、界面活性剤分子が新たに形成された界面に到達するための界面活性剤分子の拡散速度に依存する。発明者は、清浄化溶液の動的な表面張力挙動が、清浄化すべき表面

10

20

30

40

50

における液体の小滴破壊、小滴形成、小滴再形成、及び物理的な拡散について重要であるということを見出した。本発明において、72 mN/mの表面張力を有する純水だけが、2相フローの清浄化プロセスの間に小滴を形成することが困難であるため、使用することが困難であって、使用する気体速度が非常に高い場合のみを除いて、水は使用し得るということ、発明者は見出した。水の場合に、水は分離してスラグとなり、そのようなスラグは気体が流路の中を流れた後で単独で移動する傾向があること；2相フローにおいてそのようなモードは清浄化のために好ましくないということ、発明者も見出した。しかしながら、清浄化溶液中に界面活性剤を使用すると、小滴形成及び再形成が可能になり、清浄化すべき表面に付着した液体の挙動は、清浄化のために必要とされる条件を満足する傾向がある、即ち、液体ドメインはより小さくなり、再分散が非常に容易になる傾向がある。

10

【0038】

発明者は、適切な界面活性剤を使用することによって、妥当な速度での小滴による2相フローの容易な形成を確保し、清浄化すべき流路の表面が連続する流体膜によって覆われておらず、汚染物質表面がある程度露出しており、従って、液体の小滴の衝撃がバイオフィーム又は汚染物質の断片化と脱着をもたらすということを見出した。従って、動的表面張力及び動的湿潤化性及び脱湿潤化性の特定の特性を有する界面活性剤を選ぶことが重要である。

【0039】

2相清浄化液体中で発泡しない界面活性剤の例を以下に挙げる。必要な場合には、発泡の問題を解消するために、抑泡剤を添加することも可能である。しかしながら、動的表面張力特性、静的表面張力特性；湿潤化性及び脱湿潤化性の動力学；発泡性及び発泡動力学を含めて、いくつかのパラメータを考慮して、2相清浄化のために有用な界面活性剤の適切な選択に到達することは重要である。

20

【0040】

2相清浄化のための最適な清浄化溶液の選択には、pH、キレート化能力、及び酸化-還元特性も含まれる。従って、本明細書に記載するように、本発明には、2相の流体動学的パラメータ及び表面プロセスの特性と組み合わせ、そのような界面活性剤及び組成物を使用することも含まれる。

【0041】

以下のパラメータは、細菌の細胞及びバイオフィームマトリックスの99.6%の除去を達成することが見出された条件を説明している；

入口部速度、104フィート/秒

2相清浄化時間、20分

濯ぎ時間、10分

空气体積、27.4 SCFM

液体/気体比：入口部、1/4000、及び

出口部、1/14000

清浄化溶液はpH 11.5を有するアルカリ性である。

30

【0042】

バイオフィームの除去に有効であることが見出された2相フローの目視的観測は、パイプラインの内腔表面に連続して衝撃を与えた液体小滴を含む流路の中に、2相フロー混合物が流れる場合に、最適なバイオフィーム脱着が起こったことを確認した。更に、内腔表面の一部が流体膜によって覆われていなかった場合、並びに、気体/液体比及び気体速度を上述した範囲内に調節することによって、表面脱湿潤化が達成された場合に、最適な除去が達成された。種々の内側直径を有する流路を使う場合に、注意することが重要である。内腔表面に衝撃を与え、流路の表面の上の流体膜の形成を防止する液体の小滴を提供するような、2相フロー条件を達成するために、気体/液体比の調整が必要である。

40

【0043】

更に、2相フロー装置及び方法は、清浄化工程に続いて濯ぎ工程及び消毒工程を行うた

50

めにも適用することができる。これらの工程は、種々のプロセスの目的のために必要とされるように、一緒に又はいずれかの組合せにて用いることができる。本発明に関して記載する装置及び方法並びにそれらのバリエーションは、工業的プロセスに採用されているように、化学的清浄化剤、消毒剤及び濯ぎ液体を流路に吸着基体するための手段として考慮されるべきである。

【0044】

2相フロープロセスを用いる消毒工程の間の、気体：液体比は、清浄化工程又は濯ぎ工程において用いられた値と同じであってもよいし、また異なってもよい。効果的な消毒を達成する流路又は表面の特性及び挙動は、清浄化工程と比べて多少違うことが見出された。消毒工程の間、2相フロープロセスを用いる内腔表面において、小滴衝撃力は清浄化工程の間ほど重要ではなく、表面における2相フローの特性は異なる組合せの操作を必要とする。この場合の2相フロー条件は、流路全体の表面が、消毒を遂行する一定の間、消毒溶液によって確実に覆われるとすることが必要である。よりよい消毒を実施するためには、多少低い気体：液体比が考えられている。

10

【0045】

本発明の方法を実施するために好適な装置100を図1に示す。

【0046】

清浄化すべき流路400は2相フロー形成モジュール12に接続されており、該2相フロー形成モジュール12は順次、空気源10及び清浄化溶液の貯蔵タンク14に接続されている。清浄化すべき流路400には、入口部アダプタ56及び出口部アダプタ58が直接接続されている。

20

【0047】

チューブ142は、入口部アダプタ56を通る空気-流体混合物の入口部として用いられている。チューブ170は、入口部アダプタ80を通して流路400中にバックフラッシング液体を供給する。バックフラッシングが十分な場合に、混合物は出口部アダプタ58を通して、チューブ144を通して排出される。

【0048】

2相形成モジュール12は、空気源10からの加圧された空気と、貯蔵タンク14からの所定量の液体とを混合して、空気ストリームに連行されて、清浄化すべき流路400へ送られる小滴を生成する。2相形成モジュール12は、空気入口チューブセグメント136及び液体入口チューブ214を有している。2相形成モジュール12は、2相混合物出口チューブ138をも有している。2相形成モジュール12は、清浄化すべき流路400の清浄化、濯ぎ及び消毒を実施するために、加圧された空気と所定量の液体と混合して、空気ストリームに連行される小滴を生じさせる。2相形成モジュール12は、パイプセグメント136に接続される空気入口ポート134、及びパイプセグメント215に接続される液体入口ポートを有している。前記モジュール12の液体入口部には、例えばBete Fog Nozzle社によって製造されたP型微細化霧化ノズル(又はアトマイゼーション・ノズル(atomization nozzle))13が取り付けられており、直径が25~400ミクロンの範囲の液体小滴を生じさせる。ノズル13の選別と小滴の寸法範囲は、清浄化すべき流路の特性及びその他のファクターに依存する。2相形成モジュール12は、チューブセグメント138に接続される2相混合物出口部を更に有している。ノズルを用いて液体を小滴の形態に微細化する2相形成モジュールの典型的な構成を図2Aに示している。

30

40

【0049】

もう一つの型の2相形成モジュールを図2Bに示しているが、このモジュールでは、ノズルがオリフィス31に置換されている。この型の構成は、特に、清浄化すべき流路が小さいか若しくは複雑な形状を有する場合、又は流路が狭く、清浄化すべきシステムの入口にノズルを用いることなく、小滴を含む2相フローを形成することが必要とされる場合などに用いられる。この場合におけるオリフィスの主要な機能は、所定量の液体を供給して空気と混合し、所定の(又は既知の)気体/液体比を有する2相混合物を形成することである。オリフィス31を用いる2相形成モジュール12には、通常、清浄化すべき流路4

50

00に導入する前に十分な時間で、空気ストリーム中に小滴を成形させ、一定の定常状態を形成して2相混合物とすることができるように、チューブの長い部分(膨張部分)が設けられている。

【0050】

2相形成モジュール12の更にもう1つの変形例を図2Cに示しており、このモジュールでは、液体はT字形状接続部を通して空気ストリームに導入される。繰り返すことになるが、この型の構成には、通常、2相清浄化方法の要求に従って、清浄化すべき流路400に導入する前に十分な時間で、液体を微細化して小滴とすることができるように、長いパイプ又はチューブの部分(膨張部分)が設けられている。

【0051】

空気は、空気源10を通して供給されて、バルブ46を通り、チューブセグメント126、128、130、132、134及び136を通して、2相形成モジュール12の入口部へ案内される。空気の流れ(又はエア・フロー)は、空気レギュレータ42によって調節され、圧力計44、圧力トランスデューサ48及び流量計50によって監視される。これらの器具は、コントローラ600にフィードバックループを提供する。

【0052】

貯蔵タンク14には、チューブセグメント199、198、200、202、204、205、210、212及び214を介して、バルブ84及び76を通して、所定の液体送給流量(liquid pumping rate)にて、第1のポンプ送り手段30が設けられている。液体の圧力は液体圧力トランスデューサ74によって監視される。清浄化工程の間において、装置の他の部分への逆圧(back pressure)を防止するために、パイプセグメント209、194、192及び193を介して手動バルブ88を通るリターンループが、2相形成モジュール12の中でノズル13を操作するために必要とされる所望の圧力範囲を維持するための圧力調整手段としての機能を果たす。その後、清浄化溶液は、ノズル13にて霧化(アトマイズ)/分散され、空気と混合されて2相清浄化混合物を生じる。この2相清浄化混合物は、パイプセグメント138、140及び142を介して、バルブ54を通り、清浄化すべき流路400に接続されている入口部アダプタ56へ送られる。熱電対52を用いて、清浄化すべき流路400に導入する前の2相混合物温度が測定される。清浄化すべき流路400に接続されている出口部アダプタ58から排出される2相排出物(exhaust)は、パイプセグメント144、146、148及び150を介して、バルブ62を通り、ミスト分離装置500へ送られる。排出物圧力は圧力トランスデューサ60で監視される。その後、ミスト分離装置500内において、液相は2相混合物から分離され、チューブ152を介して、バルブ64を通り排出され、気体は換気ダクト154を通して排出される。このプロセスにおいて、液体ヒータ15及び空気ヒータ11によって所望の混合物温度に調節され、温度は熱電対52によって監視され、フィードバックループを介してコントローラ600へ送られる。

【0053】

第2の清浄化プロセスにおいて、第2の清浄化溶液(例えば、酸性溶液など)が必要とされるか又は所望される場合には、その清浄化溶液は第2の清浄化溶液の貯蔵タンク16中に入れられている。この清浄化溶液は、所定の液体流量にて、パイプセグメント191、190、200、202、204、205、210、212及び214を介して、バルブ84及び76を通り、第1のポンプ送り手段30によって、2相形成モジュール12の入口部へ供給される。液体の圧力は、液体圧力トランスデューサ74によって常時監視される。パイプセグメント209、194、188及び189を介して手動バルブ92を通るリターンループが、2相形成モジュール12中でノズル13を動作させるために必要な所望の圧力範囲を維持するための圧力調整手段としての機能を果たすために用いられる。それから、清浄化溶液は、ノズル13にて霧化(アトマイズ)され、空気と混合されて2相清浄化混合物を形成し、パイプセグメント138、140及び142を介して、バルブ54を通り、清浄化すべき流路400に接続されている入口部アダプタ56へ送られる。熱電対52を用いて、清浄化すべき流路400に導入する前の2相混合物温度が測定され

10

20

30

40

50

る。清浄化すべき流路400に接続されている出口部アダプタ58から排出される2相排出物は、パイプセグメント144、146、148及び150を介して、バルブ62を通り、ミスト分離装置500へ送られる。排出物圧力は圧力トランスデューサ60で監視される。その後、ミスト分離装置500内において、液相は2相混合物から分離され、チューブ152を介して、バルブ64を通り排出され、気体は換気ダクト154を通して排出される。このプロセスにおいて、液体ヒータ17及び空気ヒータ11によって所望の混合物温度に調節され、温度は熱電対52によって監視される。

【0054】

多くのCIP操作において、清浄化工程の後で、消毒剤を用いることもできる。この場合に、消毒剤液体を供給するために、消毒剤貯蔵タンク18が用いられる。消毒剤貯蔵タンク18に入れている消毒剤は、パイプセグメント180、182、186、187、208、205、210、212及び214を介して、バルブ101及び76を通して、第2のポンプ送り手段32によって所定の流量にて2相形成モジュール12の液体入口部へ供給される。液体圧力は液体圧力トランスデューサ74によって監視される。パイプセグメント184及び185を介して手動バルブ94を通るリターンループを用いて、2相形成モジュール12においてノズル13を動作させるために必要な所望の圧力範囲を維持するための圧力調整手段としての機能が果たされる。消毒液体は、ノズル13にてアトマイズされ、空気と混合されて2相消毒混合物を形成し、パイプセグメント138、140及び142を介して、バルブ54を通り、清浄化すべき流路400に接続されている入口部アダプタ56へ送られる。熱電対52を用いて、清浄化すべき流路400に導入する前の2相混合物温度が測定される。清浄化すべきシステム400に接続されている出口部アダプタ58から排出される2相排出物は、パイプセグメント144、146、148及び150を介して、バルブ62を通り、ミスト分離装置500へ送られる。排出物圧力は圧力トランスデューサ60で監視される。その後、ミスト分離装置500内において、液相は2相混合物から分離され、パイプ152を介して、バルブ64を通り排出され、空気は換気ダクト154を通して排出される。このプロセスにおいて、液体ヒータ17及び空気ヒータ11によって所望の2相混合物温度に調節され、温度は熱電対52によって監視される。

【0055】

場合によって、濯ぎの目的で、水を空気と混合する。そのような場合には、濯ぎ水/液体を供給するために、濯ぎ水貯蔵タンク20が用いられる。水は、パイプセグメント172、174、178、206、208、209、205、210、212及び214を介して、バルブ98及び76を通り、第3のポンプ送り手段34によって、2相形成モジュール12の液体入口部へ供給される。液体の圧力トランスデューサ74が、水圧を監視するために用いられる。パイプセグメント176及び177を介して手動バルブ96を通るリターンループを用いて、2相形成モジュール12においてノズル13を動作させるために必要な所望の圧力範囲を維持するための圧力調整手段としての機能が果たされる。水は、ノズル13にて空気と混合されて2相濯ぎ混合物を形成し、パイプセグメント138、140及び142を介して、バルブ54を通り、清浄化すべき流路400に接続されている入口部アダプタ56へ送られる。熱電対52を用いて、清浄化すべき流路400に導入する前の2相混合物温度が測定される。清浄化すべきシステム400に接続されている出口部アダプタ58から排出される2相排出物は、パイプセグメント144、146、148及び150を介して、バルブ62を通り、ミスト分離装置500へ送られる。排出物圧力は圧力トランスデューサ60で監視される。その後、ミスト分離装置500内において、液相は2相混合物から分離され、パイプ152を介して、バルブ64を通り排出され、気体又は空気は換気ダクト154を通して排出される。このプロセスにおいて、液体ヒータ21及び空気ヒータ11によって所望の2相混合物温度に調節され、温度は熱電対52によって監視される。

【0056】

上述した2相濯ぎ工程に加えて、清浄化すべき流路400を連続的に循環する水によ

10

20

30

40

50

ても濯ぎを行うことができる。この工程では、水源は、水貯蔵タンク 28 から、清浄化すべきシステム 400 に接続されている入口部アダプタ 56 へ、パイプセグメント 231、230、234、246、250、270、272、140 及び 142 を通して、バルブ 114、106 及び 54 を通り、第 6 のポンプ送り手段 40 によって供給される。水の流量は、流量計 120 を用いて監視される。水貯蔵タンク 28 からの水を用いることに代えて、外部の水源から、パイプセグメント 254 及び 252 を介して、バルブ 124 を通して、水貯蔵タンク 28 へ水を供給されることが出来る。濯ぎ水は、清浄化すべき流路 400 を通した後に、アダプタ 58 へ送られ、更に、パイプセグメント 144、146、148 及び 150 を介してバルブ 62 を通し、ミスト分離装置 500 へ送られる。ミスト分離装置 500 内において、濯ぎ水はパイプ 152 を介してバルブ 64 を通り排出される。多くの場合に、暖かい又は熱い水は清浄化の結果を向上させることができるので、プロセス制御において、濯ぎ水の温度を調節することは重要になり得る。このことは、水貯蔵タンク 28 中でヒータ及びそのコントローラ 29 を用いることによって達成することができる。

10

【0057】

水を用いる濯ぎに、間欠的な空気の搏動 (pulsation) (又はパルス送り) を組み合わせることで適用することによって、濯ぎ効率を向上させることができる。この工程は、上述したように、連続的に水を供給すること、及び、加圧された空気を濯ぎ水ストリームに間欠的に導入することによって達成される。空気は、空気源 10 から、パイプセグメント 126、128、130、132、134、136、138、140 及び 142 を介して、バルブ 46 及び 2 相形成モジュール 12 を通して、バルブ 54 へ供給され、清浄化されるべき流路 400 を通って濯ぎ水を押し出す。空気は、レギュレータ 42 によって調節されて、圧力計 44、圧カトランスデューサ 48 及び流量計 50 によって監視される。このプロセスの間に、バルブ 70 及び 76 は閉じられて、装置の他の部分へ何らかの逆圧がかかることを防止する。搏動パターンは、コントローラ 600 によって電子的に制御されるバルブ 46 によって制御される。搏動の典型的なパターンは、6 ~ 10 秒毎に (間隔で)、約 3 ~ 6 秒の間、バルブ 46 を開くことである。コントローラ 600 からの自動制御によって、他の搏動パターンも容易に達成することができる。

20

【0058】

清浄化すべき流路 400 を通して、所望の液体温度にて、所定の時間で、清浄化溶液、消毒剤又は濯ぎ水を再循環させることは、処理工業における設備又は流路の内側表面を浸漬したり、濯ぎを行ったりするための重要な工程である。この工程において、液体は連続する液相として清浄化すべきシステムを通して循環される。第 1 の清浄化溶液 (塩基性溶液であってよい) を、循環させる目的で適用する場合には、清浄化溶液貯蔵タンク 14 の中に入れられている清浄化溶液を、パイプセグメント 227、226、228、266、268、270、272、140 及び 142 を介して、バルブ 87、102 及び 54 を通って、第 4 のポンプ送り手段 36 によって、入口部アダプタ 56 へポンプ送りする。液体の流量は流量計 120 によって監視され、液体の温度は熱電対 52 によって監視される。清浄化溶液は、清浄化すべき流路 400 を通過した後、出口部アダプタ 58 から清浄化すべきシステムを出て、パイプセグメント 144、146、148、264、262、260 及び 261 を介して、バルブ 62 及び 116 を通して、清浄化溶液再循環タンク 22 へ送られる。液体圧カトランスデューサ 60 を用いて、このプロセスの間の液体圧力が監視される。このプロセスは、清浄化溶液再循環タンク 22 内の液体レベルが約 80% に達するまで続けられ、その時点で清浄化溶液貯蔵タンク 14 からのより新鮮な清浄化溶液を消費しなくなる。この時点で、バルブ 87 を閉じ及びバルブ 108 を開いて、清浄化溶液再循環タンク 22 内に蓄えられていた清浄化溶液を、パイプセグメント 241、240、及び 236 を介して、バルブ 108 を通して、上述した再循環ループに連絡させる。その後、各清浄化プロセス/プロトコルの濯ぎ又は浸漬要求に応じて、所定の時間で再循環プロセスが続けられる。バルブ 87 を閉じる前はヒータ 15 によって、及び再循環プロセスの全体はヒータ 23 によって、所望の液体温度に制御される。

30

40

50

【 0 0 5 9 】

第2の清浄化溶液（ここでは「酸性溶液」とも称する）が再循環プロセスに必要とされる場合、清浄化溶液貯蔵タンク16の中に入れられている清浄化溶液は、パイプセグメント223、222、224、228、266、268、270、272、140及び142を介して、バルブ91、102及び54を通り、第4のポンプ送り手段36によって入口部アダプタ56にポンプ送りされる。液体流量は流量計120によって監視され、液体の温度は熱電対52によって監視される。清浄化溶液は、清浄化すべき流路400を通過した後、出口部アダプタ58から出て、パイプセグメント144、146、148、264、262、258及び259を介して、バルブ62及び118を通して、清浄化溶液再循環タンク24へ送られる。液体圧力トランスデューサ60を用いて、このプロセスの間の液体圧力が監視される。このプロセスは、清浄化溶液再循環タンク22内の液体レベルが約80%に達するまで続けられ、その時点で清浄化溶液貯蔵タンク16からのより新鮮な清浄化溶液を消費しなくなる。バルブ91を閉じ及びバルブ110を開いて、清浄化溶液再循環タンク24内に蓄えられていた清浄化溶液を、パイプセグメント239、238及び236を介してバルブ110を通して、上述した再循環ループに連絡させる。バルブ91を閉じる前はヒータ17によって、及び再循環プロセスの全体はヒータ25によって、所望の液体温度に制御される。

10

【 0 0 6 0 】

消毒剤が再循環プロセスに必要とされる場合、消毒剤貯蔵タンク18の中に入れられている消毒剤溶液は、パイプセグメント217、216、218、220、242、250、270、272、140及び142を介して、バルブ95、102及び54を通り、第5のポンプ送り手段38によって入口部アダプタ56にポンプ送りされる。液体流量は流量計120によって監視され、液体の温度は熱電対52によって監視される。消毒剤溶液は、清浄化すべき流路400を通過した後、出口部アダプタ58から出て、パイプセグメント144、146、148、264、263及び256を介して、バルブ62及び122を通して、消毒剤再循環タンク26へ送られる。液体圧力トランスデューサ60を用いて、このプロセスの間の液体圧力が監視される。このプロセスは、消毒剤再循環タンク26内の液体レベルが約80%に達するまで続けられ、その時点で消毒剤貯蔵タンク18からのより新鮮な清浄化溶液を消費しなくなる。バルブ95を閉じ及びバルブ112を開いて、消毒剤再循環タンク26内に蓄えられていた消毒剤を、パイプセグメント233及び232を介してバルブ112を通して、上述した再循環ループに連絡させる。各消毒工程の場合の濯ぎ及び浸漬要求に応じて、所定の時間で再循環プロセスが続けられる。バルブ95を閉じる前はヒータ19によって、及び再循環プロセスの全体はヒータ27によって、所望の液体温度に制御される。

20

30

【 0 0 6 1 】

バックフラッシングは、例えば限外濾過（ultrafiltration）及び精密濾過（microfiltration）の分離膜等の、バックフラッシングがしばしば必要とされているチューブ状及び中空の繊維膜（fiber membrane）の清浄化に特に用いられる2相清浄化装置100の重要な選択肢である。バックフラッシングは、通常、液相の形態又はその他の場合には2相混合物の形態の水若しくは清浄化溶液を用いることを含んでいる。この工程では、図3に示すように、第2の液体入口部アダプタ80を用いて、バックフラッシング流体を清浄化すべき膜の生成物ポートに接続している。バックフラッシングが液相又は発泡混合物中の清浄化溶液の形態である場合、清浄化溶液貯蔵タンク14中の清浄化溶液は、パイプセグメント199、198、200、202、204、205、168及び170を介して、バルブ86、84、及び78を通り、第1のポンプ送り手段30によって入口部アダプタ80へ供給される。その間、空気は、パイプセグメント158、160、162、164及び166を介して、空気源10からチューブ210に供給されて、清浄化されるべき膜400のハウジングの内側に保持されている液体を加圧する。この場合の空気は、レギュレータ66によって調節され、圧力計68及び圧力トランスデューサ72によって監視される。パイプセグメント209、194、192及び193を介して、手動バルブ88を

40

50

通る液体のリターンループを用いて、膜ハウジング内に保持することができる範囲内で液体の圧力が調整される。このバックフラッシング操作の間に生じるいずれの透過物も、パイプセグメント144、146、148及び150を介して、バルブ62を通り、ミスト分離装置500へ送られる。ミスト分離装置500の中に集められた液体は、パイプセグメント152を介し、バルブ64を通して排出される。このプロセスは、清浄化すべき膜の特性に応じて、所望の液体及び気体圧力にて実施することができる。

【0062】

バックフラッシングの際に、チューブ状の又は中空の繊維膜の内腔内に空気ストリームを導入する場合には、2相フローをその場で(in situ)形成して、膜の内腔側面の清浄化に用いることができ、従って全体の清浄化を向上させることができる。このようなその場での(in situ)2相形成工程は、装置100内において、清浄化されるべき膜400の入口部に連絡する入口部アダプタ56へ空気を導入することによって、達成される。この場合、空気はレギュレータ66によって調節され、圧カトランスデューサ72によって監視される。その場で形成された2相フローについて、ミスト分離装置500は、液相だけではなく、2相排出物を集める。ミスト分離装置500内において、液体は2相排出物から分離され、パイプセグメント152を介して、バルブ53を通して排出され、空気はパイプセグメント154を通して排出される。

【0063】

液体の形態又は発泡混合物の形態の第2の清浄化溶液がバックフラッシングの目的で必要とされる場合、清浄化溶液貯蔵タンク16の中に入れられている清浄化溶液は、パイプセグメント191、190、200、202、204、205、168及び170を介して、バルブ90、84及び78を通り、第1のポンプ送り手段30によって、入口部アダプタ80へ供給される。その際、空気は、空気源10から、パイプセグメント158、160、162、164及び166を介して、チューブ210に供給されて、膜ハウジングの内側に保持されている液体を加圧する。この経路内の空気は、レギュレータ66によって調節され、圧力計68及び圧カトランスデューサ72によって監視される。パイプセグメント209、194、188及び189を介して、手動バルブ92を通る液体のリターンループを用いて、膜ハウジング内に保持することができる範囲内で液体の圧力が調整される。バックフラッシング工程の間に膜の内腔の内側にて形成される透過物液体は、パイプセグメント144、146、148及び150を介して、バルブ62を通り、ミスト分離装置500へ送られる。ミスト分離装置500内に集められた液体は、その後、パイプセグメント152を介して、バルブ64を通り排出される。このプロセスは、清浄化すべき膜の特性に応じて、特定の所望の液体及び気体圧力にて実施することができる。

【0064】

上述のように、バックフラッシングによって、チューブ状又は中空の繊維膜の内腔に空気ストリームを導入する場合には、膜の内腔内部にてその場で(in situ)2相フローを形成して、膜表面の清浄化を向上させることができる。この工程は、パイプセグメント126、128、130、132、134、136、138、140及び142を介して、バルブ46及び54を通し、並びに2相形成モジュール12を通して、入口部アダプタ56へ空気を導入することによって行うことができる。この経路の中の空気は、レギュレータ66によって調節され、圧カトランスデューサ72によって監視される。この場合、その場で形成された2相フローについて、ミスト分離装置500は、液相だけではなく、2相排出物を集める。液体は、ミスト分離装置500内で2相排出物から分離され、パイプセグメント152を介して、バルブ64を通して排出され、空気はパイプセグメント154を通して排出される。

【0065】

医薬品及び医療施設について必要とされる場合のように、バックフラッシングプロセスにおいて消毒剤を用いる場合、消毒剤貯蔵タンク18の中に入れられている消毒剤溶液は、パイプセグメント180、182、186、187、208、209、205、168及び170を介して、バルブ100及び78を通して、第2のポンプ送り手段32によ

10

20

30

40

50

て、入口部アダプタ 80 へ供給され、一方、空気は、空気源 10 から、パイプセグメント 158、160、162、164 及び 166 を介して、チューブ 210 に供給されて、膜ハウジングの内側に保持されている液体を加圧する。この経路内の空気は、レギュレータ 66 によって調節され、圧力計 68 及び圧力トランスデューサ 72 によって監視される。パイプセグメント 184 及び 185 を介して手動バルブ 94 を通る液体リターンループを用いて、チューブ状膜ハウジングに保持され得る範囲内の液体圧力を調節する。バックフラッシング工程の間に膜の内腔の内側にて形成される透過物液体は、パイプセグメント 144、146、148 及び 150 を介して、バルブ 62 を通り、ミスト分離装置 500 へ送られる。ミスト分離装置 500 内に集められた液体は、その後、パイプセグメント 152 を介して、バルブ 64 を通り排出される。このプロセスは、膜ハウジングの特性に応じて、特定の所望の液体及び気体圧力にて実施することができる。

10

【0066】

上述のように、バックフラッシングプロセスを用いて、液体を膜の内腔側へ供給することもでき、空気源 10 から内腔側へ送られる空気と混合してその場で 2 相フローを形成することもできる。この工程は、空気を、パイプセグメント 126、128、130、132、134、136、138、140 及び 142 を介して、バルブ 46 及び 54 を通し、並びに 2 相形成モジュール 12 を通して、清浄化すべき膜の内側に接続される入口部アダプタへ導入することによって行うことができる。この経路の中の空気は、レギュレータ 66 によって調節され、圧力トランスデューサ 72 によって監視される。その場で形成された 2 相混合物について、ミスト分離装置 500 は、液相だけではなく、2 相排出物を集める。液体は、ミスト分離装置 500 内で 2 相排出物から分離され、パイプセグメント 152 を介して、バルブ 64 を通して排出され、空気はパイプセグメント 154 を通して排出される。

20

【0067】

膜清浄化プロセスの際に、バックフラッシングプロセスにおいて水が用いられる場合には、貯蔵タンク 20 内の水は、パイプセグメント 172、174、178、206、208、209、205、168 及び 170 を介して、バルブ 98 及び 78 を通り、第 3 のポンプ送り手段 34 によって、入口部アダプタ 80 へ送られる。その間及び同時に、空気源 10 から、空気がパイプセグメント 158、160、162、164 及び 166 を介して、チューブ 210 に供給されて、膜ハウジングの内側に保持されている液体を加圧する。この経路の中の空気は、レギュレータ 66 によって調節され、圧力トランスデューサ 72 によって監視される。パイプセグメント 176 及び 177 を介して手動バルブ 98 を通る液体リターンループを用いて、膜によって保持することができる範囲内で液体の圧力が調整される。膜の内腔の内側にて形成される透過物液体は、パイプセグメント 144、146、148 及び 150 を介して、バルブ 62 を通り、ミスト分離装置 500 へ送られる。ミスト分離装置 500 内に集められた液体は、その後、パイプセグメント 152 を介して、バルブ 64 を通り排出される。このプロセスは、清浄化すべき膜の特性に応じて、特定の所望の液体及び気体圧力にて実施することができる。

30

【0068】

上述のように、膜内腔において、バックフラッシング液体を空気源 10 からの空気と混合することによって、2 相フローをその場にて形成することができる。この場合の気体 / 液体比は、バックフラッシング液体及び気体の圧力を制御することによって調節することができる。この工程は、空気を、パイプセグメント 126、128、130、132、134、136、138、140 及び 142 を介して、バルブ 46 及び 54、並びに 2 相形成モジュール 12 を通して、清浄化すべくために膜の入口部に接続される入口部アダプタに導入することによって行われる。この経路の中の空気はレギュレータ 66 によって調節されて、圧力トランスデューサ 72 によって監視される。この場合に、その場で形成される 2 相フローについて、ミスト分離装置 500 は、液相だけではなく、2 相排出物を集める。液体は、ミスト分離装置 500 内で 2 相排出物から分離され、パイプセグメント 152 を介して、バルブ 64 を通して排出され、空気はパイプセグメント 154 を通して排出

40

50

される。

【 0 0 6 9 】

乾燥工程は、装置 1 0 0 の重要な部分である。乾燥工程では、ヒーター及びコントローラ 1 1 によって所望の温度に加熱された空気を、清浄化されるべき流路 4 0 0 の内側表面の中に送ることができる。乾燥工程は、通常、清浄化、消毒及び濯ぎの各工程を行った後、細菌の成長又はバイオフィーム形成を防止するために、実施される。乾燥は、空気源 1 0 から、所望の温度の乾燥空気を、パイプセグメント 1 2 6、1 2 8、1 3 0、1 3 2、1 3 4、1 3 6、1 3 8、1 4 0 及び 1 4 2 を介して、バルブ 4 6 及び 5 4、並びに 2 相形成モジュール 1 2 を通して、清浄化すべき対象物の入口部に接続されるアダプタへ導入することによって行われる。空気は、レギュレータ 4 2 によって調節され、圧力計 4 4、
10
圧力トランスデューサ 4 8 及び流量計 5 0 によって監視される。空気の温度は熱電対 5 2 によっても監視される。清浄化されるべきシステムから出される空気は、パイプセグメント 1 4 4、1 4 6、1 4 8 及び 1 5 0 を介して、バルブ 6 2 を通り、ミスト分離装置 5 0 0 へ送られる。トランスデューサ 6 0 は、排気の圧力を監視するために用いられる。その後、空気はミスト分離装置 5 0 0 からパイプセグメント 1 5 4 を通して排出される。乾燥プロセスの間に収集されたどのような液体も、バルブ 6 4 を通してパイプセグメント 1 5 2 を通して排出される。

【 0 0 7 0 】

コントローラユニット 6 0 0 は、P L C 操作されるコントローラである。これは、上述したすべての機能を実施するように構成されたオペレーティング・シーケンスに従って、
20
すべての制御バルブ、ポンプ、ヒータ及びそれらのコントローラ、圧力トランスデューサ、並びに流量計を操作するようにプログラムされている。コントローラ 6 0 0 に接続されるすべての要素は、図 1 に、電気的コンタクト・シンボルによって表示されている。

【 0 0 7 1 】

バルブ 8 2 及びパイプセグメント 1 5 6 は、プロセスの各工程の間に、水又は液体試料を集めて、濯ぎ水の品質、清浄剤濃度及び消毒剤濃度を監視する手段を提供する。収集されたサンプルは、p H、導電率、界面活性剤濃度及び消毒剤濃度、例えば漂白剤、ペルオキシ酸、ヨウ素又はその他の薬剤を監視するために用いられる。液体温度は、通常、熱電対 5 2 によって監視される（モニターされる）。

【 0 0 7 2 】

この装置のもう 1 つの変形例において、ミスト分離装置 5 0 0 からバルブ 6 4 を通して排出される液体は、パイプ 1 9 6 を通してマニホールド 2 6 3 へ接続され、対応するタンク又はポンプへ循環して戻されて、清浄化されるべきシステムへ再び供給することができる。

【 0 0 7 3 】

図 2 A、2 B、及び 2 C は、2 相フローを形成するために用いられる代替の設備を示している。

【 0 0 7 4 】

図 2 A は、ノズル 1 3 を用いる小滴形成を示している。気体入口パイプ 1 3 6 と液体パイプ 2 1 4 とは 2 つの相を 2 相形成モジュール 1 2 内で混合する。2 相フローはチューブ 1 3 8 に排出される。

【 0 0 7 5 】

図 2 B は、液体送出しオリフィス 3 1 を用いる小滴形成を示している。該オリフィスは、気体入口パイプ 1 3 6 に対して角度付けされている。空気と液体とを混合した後、混合物は再びパイプ 1 3 8 に排出される。

【 0 0 7 6 】

図 2 C は、T 字形状アレンジメントの液体入口パイプ 2 1 4 を用いる小滴形成を示している。液体入口パイプ 2 1 4 は、気体入口パイプ 1 3 6 に対してほぼ垂直になっている。2 相混合物はパイプ 1 3 8 を通して排出される。

【 0 0 7 7 】

10

20

30

40

50

図3は、液体空気混合物のバックフラッシングに用いることができるシステム400を示している。

【0078】

パイプ142は、入口アダプタ56を通る空気-流体混合物の入口部に用いられている。パイプ170は、入口アダプタ80を通して、流路400中にバックフラッシング液体を供給する。バックフラッシングが十分な場合には、混合物はパイプ144を通して出口アダプタ58を通して排出される。

【0079】

図4は、清浄化すべきパイプ流通網(distribution network)400を示している。パイプ142内の空気及び液体は、入口アダプタ56の中で混合され、清浄化すべきパイプ402を通り、分岐バルブ404を通過して送られる。このバルブ404は次いで、清浄化すべき2つのパイプ106及び408に接続される。更に、パイプ408は、第2の分岐バルブ410を通して、清浄化すべきパイプ412及び414へ連絡する。混合物は、パイプ144を介して出口アダプタ58を通して排出される。

【0080】

図5は、2相フロー清浄化を用いて、膜チャンネルの清浄化に用いられるアダプタの断面図である。

【0081】

本発明について、以下の例により更に説明する。しかしながら、本発明は、明細書に記載した説明によって限定されることを意図するものではない。実施例において、装置の部材は図1を参照している。

【0082】

実施例1

この実施例は、純水供給システムの使用を必要としている工業的操作、医薬品工場又は透析センター給水システムにおいて用いられるような、純水又は重炭酸塩透析液溶液を移送する流路から、バイオフィーム、汚染物質及び破砕物(debris)を除去するための装置及びプロセスを示している。上記の水供給機構をシミュレートするために、発明者は、発明者が循環水又はバイオフィーム成長に好適な他の液体によってある範囲の内部直径を有する、長いチューブの内腔表面上にバイオフィームを成長させることを可能にした給水システムを組み立てた。この例において、清浄化すべき流路は、0.25インチから1インチまでの内部直径を有しており、100~300フィートの長さを有しているPVCチューブ及びパイプによって構成した。このアレンジメントは、1000~15000の範囲の長さ/直径比(L/D比)を有するパイプライン及びチューブを提供する。このアレンジメントを構成するのに用いられるチューブ及びパイプは、透明なPVCで形成し、パイプに沿ったいずれの部分でも発明者が2相フローを観察することができるように構成した。このパイプのアレンジメントを、以下においてパイプシステムと称する。

【0083】

数週間の間、バイオフィームを成長させた後、これらのシミュレートしたパイプを、5~10分間の時間で、2相フロー清浄化に付し、2相フロー清浄化の前後において、水質(CFU/ml)及びバイオフィーム密度(CFU/cm²)(CFU: colony forming unit)の両者を測定した。1組の実験について、2相フロー清浄化の適用の前後でバイオフィームを評価するために、走査電子顕微鏡写真(SEM(scanning electron micrograph))を用いた。すべての清浄化を2相混合物を用いて行い、液相には水酸化ナトリウムを含ませて、pHを約11.5又はそれ以上とした。この溶液は、安全であって、現在、透析給水システムの清浄化に推薦されている。高いpH条件は、PVCパイプ表面へのバイオフィームの付着強さを低下させ、2相動力学によってその脱着が容易にされる。

【0084】

パートA

装置100中において、上記のパイプラインシステムを清浄化すべき流路400として接続した。パイプラインシステムの入口部を入口アダプタ56に接続して、その出口部

10

20

30

40

50

は出口部アダプタ58に接続した。パイプラインシステムの清浄化は、空気源10から、2相形成モジュール12の入口部に接続されるラインセグメント126、128、130、132、134及び136を介して空気を供給することによって、2相形成モジュール12内で生成された2相フロー混合物を用いて実施した。空気流量は、圧力レギュレータ42及び空気流量計50によって制御し、圧力計44及び圧力トランスデューサ48によって監視した。2相フロー混合物を形成するために用いた清浄化溶液は、清浄化溶液貯蔵タンク14から、2相形成モジュール12の液体入口部に連絡するラインセグメント199、198、200、202、204、210、212及び214を介して、バルブ86を通し、第1のポンプ送り手段30を用いて供給した。液体流量は、第1のポンプ送り手段30を調節することによって制御し、圧力トランスデューサ74によって監視した。清浄化の間に、バルブ46を開くことによって、2相形成モジュール12の入口部に空気を供給し、バルブ84及び76を開くことによって、第1のポンプ送り手段30によって、清浄化溶液を必要とされている流量で供給した。液体は、Bete Fog Nozzle社(米国、マサチューセッツ州、Greenfield)により製造されたNozzle P-type Fine Atomization Nozzle(P型アトマイゼーションノズル)を通して、2相形成モジュール12に供給した。このノズルは、25~400ミクロンの範囲の小滴寸法を提供する。液体小滴を2相形成モジュール12の中で空気と混合すると2相フローを形成し、その2相フローは、開いているバルブ54から、入口部アダプタ56を通り、パイプラインシステムへ送られる。その2相フローは、パイプラインシステム400を通過し、出口部アダプタ58を通り、バルブ62を開くことによって、ラインセグメント144、146、148及び150を通して、ミスト分離装置500へ排出される。排出された2相フロー混合物は、出口部154を通して発散される気体ストリームと、バルブ64を通りラインセグメント152を通して排出される液相とに分けられる。清浄化工程の後で、パイプシステム400は、2相形成モジュール12を通して供給される、水及び空気から成る2相フロー混合物によって濯ぎが行われた。2相形成モジュール12へ供給される空気は、上述したと同様の方法で、清浄化工程に供給された。濯ぎ水は、濯ぎの水貯蔵タンク20から供給されて、2相形成モジュール12の液体入口部に接続されるラインセグメント172、174、178、206、208、209、210、212及び204を介して、第3のポンプ送り手段34を通してポンプ送りされた。

【0085】

2相形成モジュール12中で生成された2相フローは、濯ぎのためにパイプラインシステム400へ送られ、出口部58を通してミスト分離装置500へ排出される。ミスト分離装置500において、空気及び水はそれぞれポート154及び152を通して別々に排出される。濯ぎの間、清浄化工程において用いられた空気圧と同じ空気圧が用いられ、濯ぎ水流量は、15~200ml/分の範囲であった。濯ぎの間に最適な時間は約10分であって、これは、濯ぎ液体をテストポート82から取り出し、濯ぎ液体のpH及び比電気伝導率を監視することによって、決定した。濯ぎ工程は、濯ぎ液体が濯ぎ水貯蔵タンク20から供給された水と同じpH及び比電気伝導率を示すようになるまで、続けた。

【0086】

パートB

濯ぎを、第6のポンプ送り手段40により、ラインセグメント231、230、234、242、246、250、270及び272を介して、バルブ54及び入口部アダプタ56を通る濯ぎ水再循環タンク28からの、又は純水源254からの連続的純水の流れを用いて行った。濯ぎ水溶液は、ラインセグメント144、146、148及び152を介して、バルブ62を通し、出口部アダプタ58を通して排出された。

【0087】

パートC

別の実験において、濯ぎは、パルス方式(pulsingmode)を用いて行った。この場合に、濯ぎ水再循環タンク28からの水又は水源254からの水の連続的供給を、ラインセグメント231、230、234、242、246、250、270及び272を介して、

10

20

30

40

50

バルブ 5 4 及び入口部アダプタ 5 6 を通し、第 6 のポンプ送り手段 4 0 によって行った。この濯ぎモードでは、制御システム 6 0 0 によって、バルブ 4 6 を開くことにより、連続するな液体の流れの各 6 秒ごとの後で、空気を 3 秒間、間欠的に供給した。これらの場合の濯ぎ時間も、サンプリングポート 8 2 からの濯ぎ水溶液の pH 及び比電気伝導率を測定することによって、同様の方法によって決定した。この場合の濯ぎ液体の排出も、上述の場合と同様に行った。

【 0 0 8 8 】

パイプラインシステム 4 0 0 からバイオフィルムを除去するために用いられた清浄化パラメータは、以下の通りであった：

- a) 2 相形成モジュール 1 2 への入口部空気圧は、3 0 ~ 5 0 p s i g に調節した；
- b) 2 相形成モジュール 1 2 の入口部への清浄化溶液流量は、1 5 ~ 1 0 0 m l / 分であった；
- c) パイプラインシステム 4 0 0 の入口部での推定速度は、4 8 ~ 1 0 4 フィート / 秒の範囲であった；
- d) アダプタ 5 8 での推定出口速度は、1 1 4 ~ 3 9 0 フィート / 秒の範囲であった；並びに
- e) パイプラインシステム 4 0 0 を清浄化するために用いた液体 / 気体比は、1 / 8 0 0 ~ 1 / 1 4 0 0 0 の範囲であった。

10

【 0 0 8 9 】

各 1 0 0 フィートの長さの、直径 0 . 2 5 ~ 0 . 5 インチのチューブから、バイオフィルム除去の結果を、以下の表 1 に示す：

20

【 0 0 9 0 】

【表 1】

チューブ	直径 D (インチ)	L / D	バイオフィルム経時 (週)	清浄化時間 (分)	速度 (フィート/秒)		液体/空気比 (体積)		CFU/cm ²	
					内	外	内	外	前	後
S 2	0.25	4800	2	5	75	345	1/860	1/4000	890	<10
S 3	0.25	4800	2	10	75	345	1/860	1/4000	-	<10
B 1	0.50	2400	2	10	48	114	1/1400	1/3300	550	30
S 4	0.25	4800	4	10	72	360	1/800	1/4100	1.8 × 10 ⁵	<1
S 5	0.25	4800	4	5	90	390	1/1000	1/4400	1.8 × 10 ⁵	<1
B 2	0.50	2400	4	10	69	186	1/2000	1/5400	6.2 × 10 ⁵	<10

30

40

【 0 0 9 1 】

これらの結果は、清浄化処理前のバイオフィルム付着表面と接触した水は、そのバイオフィルムが 2 週間を経ている場合には、1 0 0 0 0 0 0 C F U / m l 以上で清浄化を行うことができたことを示している。5 分間又は 1 0 分間の 2 相清浄化の後ではいずれも、チューブの表面及びチューブ内に蓄えられていた蒸留水は、有効な清浄化気体が達成されたことを示していた。

【 0 0 9 2 】

結果は更に、水道水に 4 週間さらす間に、バイオフィルム密度は 1 0 0 0 0 0 C F U /

50

cm^2 のオーダーに増大したことを示している。

【0093】

清浄化の後では、バイオフィーム密度はほぼ $0 \text{ CFU} / \text{cm}^2$ に減少し、細菌のカウントはこれを反映する。

【0094】

上記の微生物学的結果は、清浄化の前後におけるチューブ表面についての走査電子顕微鏡写真によって支持されている（図6A及び6Bを参照されたい）。広範囲にわたる多糖類マトリックスを伴った成熟したバイオフィームがチューブの表面に形成されていることが、図6Aの走査電子顕微鏡写真から明らかである。図6Bに示すように、バイオフィームは、それに関連したマトリックスとともに、2相フロー清浄化により著しく除去されている。

10

【0095】

実施例2

この実施例は、ソーダ水売場及び飲料自動販売機において用いられているような炭酸水又は飲料を移送するパイプから、バイオフィーム及び残留物を除去するための方法について説明する。

【0096】

長さ50フィート（約15メートル）（ $L/D=1600$ ）で、内径3/8インチ（約9.5cm）のプラスチックチューブを通して水の流れを維持し、野外で3ヶ月間、ソーダ水売場条件をシミュレートした。この期間中に、チューブには、厚いバイオフィームが生じた。

20

【0097】

パイプの清浄化を、図1の装置及びpH11.5の0.1%Tergitol-1X界面活性剤を含むアルカリ性清浄剤を用いて、5分間行った。液体/気体比は1:1800とし、圧力は45psigとした。チューブの入口部及び出口部での気流速度は、それぞれ50フィート/秒（15m/秒）及び250フィート/秒（75m/秒）であった。

【0098】

標準的な微生物学的方法によって測定して、チューブの長さ全体について、バイオフィームの完全な除去が達成された。従って、2相フローの剪断応力は、約100パスカル（Pa）の付着強さであるバイオフィームの付着力に打ち勝つのに十分な大きさであった。このチューブのアレンジメントは、ソーダ又は飲料ラインと称されており、実施例1に示すような装置100によって、清浄化された。

30

【0099】

ソーダ及び飲料ラインからバイオフィームを完全に除去することが見出された清浄化条件は、以下の通りであった：

- a) 空気圧、40～50psig；
- b) 液体/気体比、1/1400～1/7300；
- c) 気体速度、70～360フィート/秒；

d) 2相フローを形成するために使用した清浄化溶液は、ノニオン界面活性剤、例えばDow Chemical Co.により製造販売されているTergitol-1Xを含んでおり、pHは10.5～13の範囲であった。

40

e) 清浄化時間、10分間；並びに

f) 濯ぎ時間、5分間。

【0100】

上述のように、清浄化前は、 $1.8 \times 10^5 \text{ CFU} / \text{cm}^2$ の初期カウントの CFU / cm^2 値を示し、上述のような2相清浄化を行った後は、 $1 \text{ CFU} / \text{cm}^2$ 以下を示した。この実施例において用いられたソーダ及び飲料ラインから、多糖類マトリックスを含むバイオフィームを有効に除去し得ることが、走査電子顕微鏡写真によって確認された。更に、上記の範囲の高いpH値の清浄化溶液を用いることは、ソーダ又は飲料のラインからバイオフィームを除去するために重要である（又は必須である）ことが見出された。発明

50

者は、妥当な期間内でバイオフィルムを除去するためには、酸性 pH 範囲の清浄化溶液はあまり有効ではないことを見出した。

【 0 1 0 1 】

実施例 3

この実施例は、装置 1 0 及び 2 相プロセスを用いて、長さが 5 メートルまでであり、内径が 1 . 2 ~ 2 mm の範囲で、L / D 比が 2 5 0 0 ~ 4 0 0 0 の範囲である小さなチューブから、バイオフィルム及び残留物を除去することを示す。この場合に、清浄化の対象には、図 4 に示すようなラインのネットワークが含まれる。このラインのネットワークは、この実施例において分配供給ネットワークと称しており、分配供給ネットワークの中に分岐部及び更に複数のラインを有するラインネットワークの清浄化に装置 1 0 0 を使用する

10

【 0 1 0 2 】

図 4 を参照すると、分配供給ネットワークは、共通の入口ライン 4 0 2 から、三方バルブ 4 0 4 を介してライン 4 0 2 を分岐させて、2 本のライン 4 0 6 及び 4 0 8 に分ける構成を有している。ライン 4 0 8 も三方バルブ 4 1 0 に連絡しており、そこから 2 本のライン 4 1 2 及び 4 1 4 に分岐している。このラインのネットワークは、水又は同様の液体の流れによって、バイオフィルム及び残留物により汚染されていた。この種類のアレンジメントは、食品及び飲料処理などの工業的用途において、並びに、医療用デバイス、例えば歯科治療用椅子 (dental chair) 及び透析装置 (dialysis machine) などに共通である。

【 0 1 0 3 】

20

1 1 年間使用された歯科治療用椅子に用いられているラインのネットワークを、装置 1 0 0 を用いて清浄化した。ベースライン細菌カウントを 7 週間の期間で実施した。ネットワークは、生長したバイオフィルムによって非常に汚染されていることが見出された。このラインを流れる水中の細菌レベルは、 $10^6 \sim 10^7$ CFU / ml の範囲であった。このネットワークを、以下のように、装置 1 0 0 を用いて、2 相フロープロセスにより清浄化した：

【 0 1 0 4 】

図 1 に示す分配供給ネットワーク 4 0 0 の入口部を、該分配供給ネットワークを通して 2 相フロー混合物を導く入口部アダプタ 5 6 に接続した。2 相フローをミスト分離装置 5 0 0 を通して排出するために、ライン 4 0 6、4 1 2 及び 4 1 4 の出口部はまとめて出口部アダプタ 5 8 に接続されている。アダプタ 5 6 へ供給された 2 相フローは、コントローラ 6 0 0 の支援によって、実施例 1 において説明したのと同じアレンジメントを用いて成形されたものである。このネットワークにおいて、以下の工程を用いて、清浄化、濯ぎ及び消毒の各工程を行った。この実施例において用いた 2 相フロー条件は、以下の通りであった：

30

- a) 空気圧、4 0 ~ 8 0 p s i g ;
- b) 液体 / 気体比、1 / 1 5 0 0 ; 及び
- c) 清浄化 / 消毒 / 殺菌溶液の流量、5 ~ 1 0 m l / 分。

【 0 1 0 5 】

工程 1 - 空気パージ：

40

分配供給ネットワークは、最初に、空気源 1 0 からレギュレータ 4 2 及び調節バルブ 4 6 を通して供給した空気により、3 0 秒間パージした。排出した混合物は、実施例 1 において説明したミスト分離器へ送った。

【 0 1 0 6 】

工程 2 - 2 相清浄化 / 消毒 / 殺菌：

- a) 2 相形成モジュール 1 2 において 2 相フローを形成し、入口部アダプタ 5 6 を通して供給し、調節バルブ 4 0 4 を通して、9 0 秒間で、ライン 4 0 2 及び 4 0 6 を共に清浄化した；
- b) 入口部アダプタ 5 6 からの 2 相フローを用いてライン 4 0 2 を、調節バルブ 4 0 4 及び 4 1 0 を通してライン 4 0 8 及び 4 1 2 を、9 0 秒間で清浄化した。

50

c) 入口部アダプタ 5 6 からの 2 相フローを用いてライン 4 0 2、4 0 8 及び 4 1 4 を、9 0 秒間で清浄化した。

d) 清浄化 / 消毒 / 殺菌溶液は、ノニオン界面活性剤及び殺生物剤の混合物を含んでおり、pH は 1 0 . 5 ~ 1 3 であった。

【 0 1 0 7 】

工程 3 - 搏動による濯ぎ :

実施例 1 - パート C に記載したようにして、搏動モードで濯ぎを行った。濯ぎ水再循環タンク 2 8 から又は濯ぎ水源 2 5 4 からの純粋濯ぎ水を、連続モードで、ラインセグメント 2 3 0、2 3 4、2 4 2、2 4 6、2 5 0、2 7 0 及び 2 7 2 を介して、バルブ 5 4 を通り入口部アダプタ 5 6 へ供給した。濯ぎの間、6 秒毎に、3 秒間ずつ空気を間欠的に注入した。上述した清浄化工程に記載のようにして、ラインの濯ぎを同じシーケンスで行った。

10

【 0 1 0 8 】

工程 4 - 連続する水流による濯ぎ :

この工程での濯ぎを、空気の使用を伴わないで、第 6 のポンプ送り手段 4 0 を通る濯ぎ水再循環タンク 2 8 又は濯ぎ水源 2 5 4 からの連続して流れる水を用いて、実施した。この工程では、バルブ 4 0 4 及び 4 1 0 を 1 2 0 秒間開くことによって、すべてのラインをの濯ぎを行った。

【 0 1 0 9 】

ポート 8 2 を通して水サンプルを収集し、pH、比電気伝導率及び界面活性剤濃度を測定することによって、水の品質を検査した。

20

工程 5 - パージ及び乾燥 :

この工程では、ネットワーク供給システムは、空気源 1 0 からアダプタ 5 6 を通して、6 0 秒間を通して供給される空気に供給した空気によってパージした。この工程では、チューブの非使用時の時間の間にバイオフィーム成長を最小化する。

【 0 1 1 0 】

この清浄化及び消毒機構の使用により、3 ヶ月の期間について、細菌のカウント及び走査電子顕微鏡写真解析によって示されるように、バイオフィームの完全な除去が達成された。結果を図 7 A 及び 7 B に示す。

【 0 1 1 1 】

30

実施例 4

この実施例では、内視鏡、カテーテル、外科用排液チューブ、呼吸マスク、換気装置等に用いられる医療用チューブから、病原体及び生物付着物 (bio burden) を除去するための方法及び装置について説明する。それぞれ 1 . 1mm 及び 4mm の内径を有する、長さ 3 メートルのプラスチックチューブ 2 本を、英国土 (British soil) 中の枯草菌芽胞 (Bacillus subtilis spores) (即ち、ウシ血清 1 0 m l、塩水溶液 1 0 m l 及びドライミルクパウダー 6 グラム) によって $1 . 6 \times 10^6$ CFU / チューブのレベルで汚染させ、汚染物質のチューブ内腔表面への強い付着性を確保すべく、一晩乾燥放置した。これらの汚染されたチューブをそれぞれ独立して、入口部アダプタ 5 6 及び出口部アダプタ 5 8 を用いて装置 1 0 0 に接続した。実施例 1 において説明したように、空気源 1 0 から 2 相形成モジュール 1 2 の気体入口部へ空気を供給することによって、2 相形成モジュール 1 2 内で 2 相フローを形成した。清浄化溶液貯蔵タンク 1 4 から、アルカリ性清浄化溶液 (pH = 1 1 . 5) 及びノニオン界面活性剤 T e r g i t o l - 1 X を、第 1 のポンプ送り手段 3 0 を通して、2 相形成モジュール 1 2 に 1 0 分間で供給した。全体のプロセスは、コントローラ 6 0 0 の支援によって制御した。

40

【 0 1 1 2 】

この実施例において用いたプロセスパラメータは以下の通りであった :

- a) 気体圧力 ; 2 0 ~ 3 0 p s i g ;
- b) 1 / 6 0 0 ~ 1 / 8 0 0 の範囲の液体 / 気体比 ;
- c) 1 0 0 ~ 2 0 0 フィート / 秒の範囲の気体入口部速度 ; 及び

50

d) 2相混合物温度、45。

【0113】

その後、実施例1において説明したように、2相フローを5分間用いて、チューブの濯ぎを行った。次に、チューブは、一般的なGLP (good laboratory practice) 産業プロトコルに従って、いずれか残存する有機体を回収するために、Peptone-tween 50mlを用いて抽出を3回行った。抽出したサンプルを、各チューブ毎にCFU計測するため、培養した。この試験の結果は、上記の清浄化によって枯草菌芽胞の完全な除去(対数目盛で6.2(99.999%)の減少)が達成されたことを示している。結果を、表II(表2)に示す。

【0114】

【表2】

チャンネル	処理後のカウント	減少率	対数(減少)
大径チューブ	1以下	99.999%以下	6.2
小径チューブ	1以下	99.999%以下	6.2

10

【0115】

実施例5

この実施例は、図4に示すような複雑なチャンネルのネットワークを有する内視鏡の清浄化について説明する。2つのペンタックス胃内視鏡(Model EG-2901)の内側チャンネル全体に、英国土中に分散した 2×10^6 の枯草菌芽胞を接種した。英国土中の芽胞の濃度は $10^9 / \text{ml}$ であった。

20

【0116】

清浄化は、装置100を用いて、内視鏡の内部チャンネルの入口部を入口部アダプタ56に接続し、出口部を出口部アダプタ58に接続することによって行った。清浄化工程及び濯ぎ工程は、実施例1において説明したようにして行った。内視鏡の清浄化及び濯ぎは、以下のプロセス工程(プロトコル)に従って行った：

a) 2相清浄化：圧力、20~30psig；液体/気体比、1/600~1/800；速度、100~200フィート/秒；温度、45；清浄化時間、10分間。

b) パルスモードによる濯ぎ：

圧力、20~30psig；液体/気体比、温度、25；濯ぎ時間、水を連続して5分間流れさせた後、6秒ごとに3秒間で間欠的なエア・フローを行う。

c) 乾燥：圧力、20~30psig；温度、45；乾燥時間、2分。

30

【0117】

この実施例において用いた2つの内視鏡の各チャンネルは、業界標準に従って、50mlのpeptone-tweenによって3回、抽出を行い、培養した。この試験の結果を表III(表3)に示す。本発明のプロセス及び装置は、2相フローの清浄化方法によって、対数目盛で大きな減少を達成し得ることが明らかである。

【0118】

【表 3】

チャンネル	2相フロープロセスに付した後の修正カウント (CFU/チャンネル)	減少率	減少値 (対数)
内視鏡 # 1 空気/水チャンネル	1.0	99.999%以上	6.2
内視鏡 # 1 吸引/生検チャンネル	15.1	99.99%以上	5.0
内視鏡 # 2 空気/水チャンネル	3.0	99.99%以上	5.7
内視鏡 # 2 吸引/生検チャンネル	1以下	99.999%以上	6.2

10

【0119】

実施例 6

この実施例は、生長したバイオフィームによって汚染されたチューブの清浄化について説明しており、液体/気体比を調節することの重要性を示している。

長さ24インチ(L/D=435)で内径1.4mmのチューブの内側表面を付着強さの高いバイオフィームによってカバーし、3つの等しい部分(A、B及びCと称する)に分割した。

20

部分Aは、対照として用いた。部分Aは、メスによってバイオフィームをスクレイブする(掻き取る)ことによって清浄化を行い、全体で 2.5×10^8 CFUを含むことが見出された。

【0120】

部分Bは、液体/気体比1:1~1:10にて、Tergitol-1Xを0.15%、SPTを1%、及びケイ酸ナトリウムを0.18%含有する清浄化溶液と、空気とを、スラグフロー様式にて10分間で混合することによって、清浄化を行った。入口部空気圧は60psigであった。

30

全体で 2.5×10^8 CFUが見出されており、上述した液体/気体比によるスラグフロー様式を用いた清浄化は、バイオフィームを除去するためには有効ではなかったことが示された。

【0121】

部分Cは、同じ清浄化溶液を用いて、本発明の方法及び装置による2相フローにより清浄化を行った。液体/気体比1:920の2相フロー混合物を、60psigの空気圧で10分間適用した。

全体で800CFUが見出されており、本発明の方法は、付着強さの高いバイオフィームの除去に有効であることが示された。

高い気体/液体比にて実施した清浄化の結果を、低い気体/液体比(スラグ流量)にて実施した清浄化の結果と比較すると、本発明の方法及び装置によれば、付着強さの高いバイオフィーム又は残留物を有効に除去することができるということが示されている。

40

【0122】

実施例 7

この実施例は、本発明によってチューブ状の薄膜フィルタの清浄化を、個別に又は連続的に行うための方法及び装置について説明する。清浄化溶液は、両性界面活性剤及び水酸化ナトリウムを含んでおり、pHは12.8であった。

【0123】

長さ約6フィートの8つの個々のチューブを直列に接続しており、全体の流路長さは48フィートであって、それぞれ180度の角度のバンドを全体で7つ有する流路を有する

50

、多少大きなチューブ状フィルター（Zenon Environmental Co.（カナダ、オンタリオ州）から入手可能）を、廃水処理操作の間での限外濾過装置（ultrafilter）として使用した。チューブの膜は、約100000のカットオフ分子量を有しているZenon MT-100であった。チューブの内径は、約0.8インチであった。

【0124】

このチューブの内側に廃水を供給すると、外側から清浄化された水が出てくる。清浄化の間で、空気供給圧力は、40～80 psigの範囲であった。空気の流量は、120標準立方フィート/分（SCF）であった。空気の速度は、入口部近くの約40m/秒から、出口部近くでの約175m/秒の範囲で計算した。これらのチューブ中での空気の流れのレイノルズ数は、225000であった。

10

【0125】

フィルターを、制御された合成廃水によって、そのフラックスがその製造された状態の値の39%まで低下するまで、処理した。次いで、酸性清浄化液体及びアルカリ性清浄化液体の両者を含むいくつかの工程を用いて、フィルターを2相清浄化する方法によって清浄化した。200：1の気体/液体比及びアルカリ性界面活性剤を用いて、3分間で、フラックスはその初期値の64%へ回復した。更に2分間、2相フローを適用することによって、フラックスは初期値の81%へ回復した。2相フローの向きを逆転したとき、フラックス値におけるわずかな改善が達成された。

【0126】

これらの結果は、2相フローを用いて、チューブ状フィルタの清浄化を合計で5分間行うと、フラックス値を回復させるために十分であって、遙かに長い時間的間隔を必要としていた常套の清浄化に好適に匹敵するということを示している。

20

【0127】

この実験はまた、フローの向きを鋭く逆転させた後に、混合された相のフロー条件（こぶ）が再形成されることを示している。各戻りバンド部において、混合された相のフロー条件にある程度の混乱が生じること、例えば小滴の合一化などが生じ得ることも予想されるが、成功した清浄化の結果は、バンドなどの流量の不規則な変動があった後でも、混合された相のフロー条件が迅速に再形成されることを示している。

【0128】

実施例8

実施例7と同じ型のフィルター及び清浄化溶液を用いて、フィルターのフラックスレベルが初期値の35%まで低下するように、制御された廃水によって汚染（又は目詰まり（fouling））させた。清浄化を行った後、停止し、制御された廃水を用いて、フラックスを簡単に測定した。清浄化を再開して、この操作を、改善が得られなくなったことが明らかになるまで、繰り返した。すべて同じ混合相フロー条件で、そのような清浄化の3回のインターバルの後で、フラックスレベルはベースラインの約74%のプラトーに達し、それ以上の改善は得られなくなった。チューブ状膜の細孔構造及び表面の両者が汚染していたので、更に改善を得るために、浸漬を開始した。しばらくの間、流路を静止した泡によって充満させ、フィルターの通常の操作と同じ向きに、連続的に圧力をかけた。この操作によって、細孔のより深部まで清浄化溶液が到達する。この保持及び浸漬サイクルを2分続行した後、2相フローを15秒間適用して、新たに除去された残留物を取り除いた。この浸漬によって、ベースライン値の95%までの改善がもたらされた。

30

40

【0129】

実施例9

実施例7の清浄化溶液を用いて、3つの追加的なフィルターの清浄化を行った。その中の2つは、フラックスがその初期値の約40%に至るまで通常の使用をすることによって、汚染を生じた。もう1つは、フラックスがその初期値の約4%に至るまで通常の使用をすることによって、汚染を生じた。清浄化サイクルは、静的条件下の内部圧力を用いて、それぞれ数分間の2相フロー及び保持期間を有していた。その後、数psiまで加圧された液体清浄化溶液を浸透物側に適用して、軽いバックフラッシングを実施した。

50

【 0 1 3 0 】

最も深刻に汚染したフィルターのために、3分間の酸性2相フロー清浄化、続いて、3分間のアルカリ性2相フロー清浄化を行う更なる処理を実施した。前者の2つのフィルターは、それらの初期フラックスの100%を本質的に回復しており、後者のフィルターは、特定された初期フラックスの約95%を回復した。

【 0 1 3 1 】

実施例 1 0

この実施例は、乳製品、食品、飲料、化粧品、医薬品及び同様の加工工業 (process industries) の C-I-P システムに用いられる、チューブ、継手、バルブ、ポンプ及びその他の備品を含む C-I-P 配管システムの清浄化について説明している。この実施例において用いる配管システムは、2.0 インチの内径を有する、200 フィート以上の消毒されたステンレス鋼チューブを含んでいた。この配管システムは、産業的に用いられている典型的な乳製品、飲料又は医薬品の配管システムをシミュレートした、いくつかのバンド部及びターン部を有するアレンジメントに構成されていた。配管システムは、配管システムの種々の位置に設けられた種々の試験部を有しており、それらの試験部は、清浄化、濯ぎ及び消毒の効率を測定するために検査することができ、その後、通常の操作のために配管システムの中に戻ることができるように構成されていた。この配管システムを清浄化するために2相フローを形成するように、450 SCFM 能力を有する特別な圧縮機を空気源として用いた。この空気源は、30 psig 以上の圧力でエア・フローを供給することが可能で、圧力レギュレータによっていずれかの圧力にも調節することができた。この配管システムの清浄化、濯ぎ及び消毒を実施するために用いられる2相フローは、図 2 A に示すような空気及び液体送出し構成のアレンジメントを有する特定の2相形成モジュール及び図 1 の装置を用いることによって、形成された。

【 0 1 3 2 】

配管の清浄化、濯ぎ及び消毒に用いた2相フローのために小滴を生成するように用いたノズルは、3つの異なるポンプを用いて、25 ~ 400 ミクロンの範囲の液体小滴を供給するように構成されていた。清浄化、濯ぎ及び消毒の全体を実施するためのプロセス工程を制御されていた。最初に、配管システムの入口部及び出口部にて、気体及び2相フローの流速を決定するための初期試験を実施した。水は、第3のポンプ送り手段34を通して、2相形成モジュール12へ種々の流量にて供給した。空気は、10 psig から、30 psig 以上の範囲の空気圧範囲をカバーするように、圧力レギュレータ42及び流量計50を用いて調節された。入口アダプタ56を通して配管システムに供給された2相フローは、0 ~ 1.2 gpm の範囲の液体流量、及び12 ~ 32 psig の範囲の圧力を有している2相フローを提供するように制御された。この実験において用いた空気及び液体の流量は、900 : 1 ~ 27000 : 1 の範囲の気体 / 液体比をカバーしていた。

【 0 1 3 3 】

配管システムの中を移送される流れのタイプは、配管システムの透明な部分を通して観察された。配管システムの清浄化、濯ぎ及び消毒に適用可能な2相フロー混合物は、1 : 1000 ~ 1 : 6000 の範囲の液体 / 気体比を有し得ることが見出された。これらの実験において、気体流量は流量計50を用いて測定した。

【 0 1 3 4 】

これらの実験の組により、流路システム400への入口部速度は、用いた気体 / 液体比及び圧力に依存して、63 ~ 110 フィート / 秒の範囲であることが示された。配管システムの出口部の2相の速度は、114 ~ 350 フィート / 秒であった。

【 0 1 3 5 】

これらの実験は、既知の気体 / 液体比、速度、第1、第2及び第3のポンプ送り手段及び圧力レギュレータの好適な設定で2相フローを形成するための条件を提供している。これらのパラメータは、コントローラ600のPLCプログラムに入力された。これらの実験の間に、配管システムから出る2相フロー混合物は、出口アダプタ58及びラインセグメント144、146、148及び152を通り、ミスト分離装置500を通して排出

10

20

30

40

50

された。

【0136】

清浄化すべき配管表面及び取り外し可能な試験パネルのために、規格化された残留物及び汚染方法が選ばれた。特定の工業的プロトコルに従って、生乳を適用して、乾燥させた。これらの汚染プロトコルは、酪農業において、常套の化学薬品及び今日の清浄化プロトコルを用いて、十分に汪溢された常套のC-I-Pサイクルによって、清浄化のための厳しい取り組みを構成するように予め決定されていた。

【0137】

残留物脱着の程度及び特性を客観的に決定する表面解析及び検査の方法は、豊富な事前の経験及び検証に基づいて選択された。相対的な清浄化特性を格付けする初期のニーズは、目視的及び定性的評価によって満足されていた。10が清浄化されており、0は非常に汚染されているとして、0～10の相対的な格付けを用いた。乳汁残留物並びに試験パネル及びパイプの汚染物質を作製し、産業的プラクティスの代表例となるように選択された常套のC-I-Pサイクルを実施することによって、ベースライン清浄化操作データが作成された。これらのランからの試験パネルの組を対照として用いて、清浄化効率を測定した。

【0138】

対照として、常套の十分に汪溢させたCIPサイクルを用いて、配管システムの清浄化、濯ぎ及び消毒の効率の対比に用いるベースラインを、以下のように設定した。

工程1 - 水による配管の前フラッシング：時間、3分；使用した水の容量、90ガロン；温度、周囲温度、

工程2 - ドレイン1：時間、0.5分、

工程3 - 清浄化工程：時間、12分；使用した水の容量、90ガロン；温度、清浄化溶液の容量、60ガロン；化学薬品、次亜塩素酸系アルカリ性漂白剤；温度、150°F、

工程4 - ドレイン2：時間、0.5分、

工程5 - 濯ぎ；時間、3分；使用した水の容量、90ガロン；温度、周囲温度、

工程6 - ドレイン3：時間、0.5分、

工程7 - 消毒：時間、2分；使用した水の容量、90ガロン；消毒溶液の容量、60ガロン；化学薬品、過酢酸系；温度、周囲温度、

工程8 - ドレイン：時間、0.5分。

【0139】

従って、十分に汪溢させたこのC-I-Pサイクルは、22分かかり、水を360ガロンと、清浄化化学薬品及び消毒剤を120ガロン消費している。異なる位置（30フィート隔たっている）に置かれた試験パネルを検査して、清浄化効率のスケールで3～5の範囲に評価された。即ち、そのパネルは、ある程度残存する残留物を示し、曇ったスポットを有していた。

【0140】

装置100を用いて、配管システムの2相フロー清浄化を実施するいくつかの試験を行い、乳汁残留物の清浄化のための効果的な操作条件を決定した。以下の実験を実施した：

【0141】

試験シリーズ1

上述のように、乾燥した乳汁残留物によって汚染された配管システムについての清浄化効率を決定するために、複数の試験を行った。この試験のシリーズにおいて、気体/液体比及び空気圧の清浄化効率への効果を評価した。2相フローを成形する空気圧は、8～32psigの範囲であった；気体/液体比は、1400：1～15000：1の範囲に調節した。これらの条件を達成するため、種々の圧力で、流量計50によって空気流量を測定した。液体流量は、コントローラ600の支援を伴って、第1のポンプ送り手段30を調節することによって、0.12～2.0gpmの範囲で変化させた。再度、試験部分を装着及び取り外して、上述のように0～10のスケールを用いて、清浄化効率を測定した。

。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 2 】

更なる実験において、装置 1 0 0 の空気源 1 0 及びレギュレータ 4 2 を用いて、入口部空気圧を 1 2 p s i g の一定値に保持した。清浄化液体レベルを 0 . 1 2 ~ 1 . 2 g p m の範囲で変化させ、1 2 0 0 0 : 1 ~ 9 0 0 : 1 の範囲の気体 / 液体比を生じさせた。すべての場合において、清浄化時間は、5 分の一定値に保持した。上述のように、試験部分を検査することによって、清浄化効率結果を測定した。これらの実験の結果は、2 0 0 0 : 1 ~ 6 0 0 0 : 1 の範囲の気体 / 液体比によって、約 1 2 p s i g の空気圧で、効果的な清浄化（清浄化スケール = 6 ~ 7 ）が達成されることが示された。

【 0 1 4 3 】

この一連の試験の結果は、8 ~ 3 2 p s i g の範囲の空気圧、1 4 0 0 : 1 ~ 約 6 0 0 0 : 1 の範囲の気体 / 液体比、及び 5 ~ 1 0 分間の範囲の清浄化時間によって、上述したように 0 ~ 1 0 のスケールで、7 ~ 9 の範囲のランクの高い清浄化効率が達成されることを示している。これらの実験に基づけば、約 1 0 p s i g 又はそれ以上の空気圧、及び 1 4 0 0 : 1 ~ 6 0 0 0 : 1 の範囲の気体 / 液体比によって、配管システムの効果的な清浄化が提供されるようである。乳製品 C - I - P 清浄化において慣例的に行われているように、上述した条件で 2 相清浄化において使用すると、次亜塩素酸塩を含むアルカリ性清浄化溶液を使用することは、追加の利点をもたらすことが認められた。このシステムの清浄化に最適な 2 相混合物入口部速度範囲は、6 0 ~ 1 0 0 フィート / 秒の範囲、好ましくは 7 0 フィート / 秒以上であった。

【 0 1 4 4 】

試験シリーズ 2

包括的なテストを実施して、2 相フロー方法及び装置 1 0 0 を用いて、乳製品、食品、飲料及び医薬品の処理に用いる配管システムの清浄化、濯ぎ及び消毒を実施するための実用的な範囲を求めた。以下のプロセス工程を指針と認定した：

工程 1 - 空気パージ：時間、0 . 5 分、

工程 2 - 2 相フロー予備フラッシング / 予備清浄化：時間、4 分；液体の流量 = 1 . 2 g p m ；気体圧力 = 1 2 ~ 1 5 p s i g ；気体 / 液体比 約 1 0 0 0 : 1 ；化学薬品、次亜塩素酸塩漂白剤を有するアルカリ性のクリーナ；温度、周囲温度。

【 0 1 4 5 】

工程 3 - 2 相フロー清浄化サイクル：時間、5 分；液体流量、0 . 2 2 g p m ；気体圧力、1 2 ~ 1 5 p s i g ；気体 / 液体比、約 1 4 0 0 : 1 ~ 7 0 0 0 : 1、化学薬品、アルカリ性の清浄化溶液；温度、周囲温度。

工程 4 - 2 相濯ぎ、；時間、3 分；圧力、1 2 ~ 1 5 p s i g ；気体 / 液体比、約 1 0 0 0 : 1 ；液体流量、1 . 2 g p m ；温度、周囲温度。

工程 5 - 空気パージ：時間、0 . 5 分。

工程 6 - 2 相消毒；時間、3 分；圧力、1 2 ~ 1 5 p s i g ；気体 / 液体比、1 0 0 0 : 1 ；液体流量、1 . 2 g p m ；化学薬品、過酢酸系消毒剤；温度、周囲温度。

【 0 1 4 6 】

上記のプロセスに従った、いくつかのランの試験結果は、常套の十分に汪溢させた C - I - P システムに比べて、同等又はより良好な清浄化の結果を達成した。しかし、十分に汪溢させた C - I - P 清浄化についての 3 ~ 5 のランクと対比して、2 相清浄化による清浄化効率は、7 ~ 9 の範囲のランクであった。

【 0 1 4 7 】

この実施例の結果は、乳製品配管清浄化及び同様の配管システムへの適用のために、2 相フロー清浄化が効果的で実用的であることを示している。上に概説した方法及び装置 1 0 0 を用いることによって、2 5 ~ 4 0 % の時間の節約、水の 9 5 % 以上の節約、化学薬品溶液の 9 0 % 以上の節約、及び消毒剤溶液の相当な節約を達成した。

【 0 1 4 8 】

実施例 1 1

この実施例では、発明者は、配管、チューブ、バルブ及び連結部から成る流体の供給機

10

20

30

40

50

構から、古いバイオフィルムを除去するための方法及び装置を示している。そのような供給機構の例には、現代的給水システム、歯科治療用椅子水回路、透析装置、血液透析に用いられる装置、呼吸マスク及び換気装置の配管など、病院で用いられる装置であって、バイオフィルムが迅速に清澄し、感染を引き起こし得ることが知られている装置、冷水装置、飲料販売機システム、並びに食品、飲料及び医薬品工業等が含まれるが、それらに制限されるものではない。この実施例は、特に歯科治療用椅子の水回路に関し、9ヶ月の期間が経過した研究を含んでいる。

【0149】

8脚の歯科治療用椅子に、図1に示すような装置100における清浄化すべき流路400として、歯科治療用椅子の水回路及び装置100を装備した。研究に用いた歯科治療用椅子ユニットは11年を経ており、それらのチューブを交換せずに、この期間で公共の水道水を供給した。歯科治療用ユニット水回路は、古く生長したバイオフィルムによって被覆されており、供給されていた水の硬度に基づいて、チューブの表面に無機物スケールが大規模な層として存在していた。アメリカ歯科医師協会(A D A (American Dental Association))によって、歯科用水の品質について勧められているように、これらの歯科治療用ユニットは、200 CFU/mlレベルへの適合に合致するように、ひどい無機物スケールと共に、古いバイオフィルムを除去するために、清浄化を実施する必要があった。

【0150】

最初に、ユニットを、実施例3において説明したアレンジメントを用いて、アダプタ56及び58に接続した。最初の処理を実施するために、以下の組成：5重量%のナトリウムメタシリケート、0.5%のTergitol-1Xに従って、次亜塩素酸ナトリウム漂白剤を含む高いpH組成を有する2相フロー混合物によって、前記システムを処理した。処理は10分間で、歯科治療用椅子のすべてのラインをカバーした。歯科用治療水中の汚染微生物数は、 10^7 ~ 約 10^3 CFU/mlへ減少した。

【0151】

歯科治療用ユニットは、実施例3において説明したような装置100を用いて、2相フロープロセスにより毎日清浄化され、毎日、CFU/mlが監視された。2週間の監視の後で、いくつかの歯科治療用ユニット中の細菌のカウントが、高い数値、約 10^3 CFU/mlであった。歯科治療用ユニットの水回路の全体の表面から、古いバイオフィルムの完全な除去を達成するために、歯科治療用のチューブの表面の走査電子顕微鏡写真検査において、表面上に存在する無機物スケールの厚い層を除去する必要があったことが見出されていた。

【0152】

スケールを除去するために、以下の組成を有する脱スケール溶液は例外として、実施例3に記載した2相フロープロセスを使用した：3%のヒドロキシ酢酸及び両性界面活性剤、pH 1~2。上記規定の脱スケール剤を液相として用いて、複数回の2相清浄化サイクルによって歯科治療用椅子の水回路を処理した後は、無機物スケールの完全な除去が達成されたことが、走査電子顕微鏡写真検査によって認められた。このユニットは、A D Aによって勧められた200 CFU/mlレベルを遵守していた。この低い細菌レベルは、実施例3において説明したように、2相フロープロセスによって毎日の清浄化を実施することによって維持されていた。

【0153】

発明者は、次亜塩素酸塩漂白剤は存在しても又は存在しなくてもよいが、高いpH値を有するアルカリ性組成物と組み合わせ、本発明の2相フロープロセスを用いることは、古い又は非常に強固に付着したバイオフィルムを除去することに有効であるということを見出した。

【0154】

この組成に到達するまで、一連の液体組成物が、2~13.5のpH範囲をカバーするように形成されて、2相フロー清浄化プロセスを用いて、上述するような11年を経た古い歯科用ユニットから取り出された歯科用チューブに適用された。発明者は、10.0以

10

20

30

40

50

下のpHを有する上記の組成物であって、2相フロープロセスによって適用された組成物は、走査電子顕微鏡写真と光学式の顕微鏡使用検査を用いると、バイオフィルムマトリックスの除去を達成しないということを見出した。酸性pHを有する組成物は、配管表面からバイオフィルムを除去することについて、あまり有効ではないということが見出された。しかし、清浄化溶液のpHが10以上まで増大すると、いくらかのマトリックス脱着は観察された；しかし、約100フィート/秒の高い2相フロー流速にて清浄化を実施した時でさえ、いくつかの強く付着したバイオフィルムスポットが配管表面に残っていた。ナトリウムメタシリケート又は水酸化ナトリウムのレベルを上昇させることによって、上記の組成のpHを12.5以上へ上昇させることは、約5~10分間だけ実施する2相フロープロセスによって、非常に古いバイオフィルムを完全な除去を達成するために必要であ

10

【0155】

この実施例において、古いバイオフィルム及び無機物スケールの除去には、2相フロー清浄化、好ましくは付着しているバイオフィルムを除去するために、高いpH（好ましくは12.5以上）を有するアルカリ性組成物と、酸性組成物とを交替で適用する2相フロー清浄化が必要とされる。すべてのバイオフィルム及びスケールが除去されるまで、この処理は複数回（例えば2~10回）繰り返すことができる。この処理の数及び時間は、バイオフィルム及び無機物スケールが付着する程度及び表面の条件に依存している。生長したバイオフィルムを除去するこの場合に、次亜塩素酸塩漂白剤を伴う高アルカリ性液体組成物を使用することは有用であった。清浄化溶液が酸性脱スケール剤を含む2相フロー清浄化サイクルを加えることは、スケールが存在する場合には重要であった。このことは、乳汁が流れる間に、カルシウムスケール付着物が生じるということが知られている乳製品配管を清浄化する場合にも、該当した。この実施例は、流体の供給システムにおいて、強く付着したバイオフィルムの処理及び制御が必要な方法及び組成物を例示する。

20

30

【0156】

実施例12

この実施例は、チューブ、配管、膜及び設備の表面を、清浄化及び消毒するための方法及び装置について説明する。この実施例は、上述のような用途の流路であって、複雑な流路又は高いL/D比を有する同様な流路の表面を、清浄化、消毒、消毒、又は殺菌するために2相のプロセス及び装置100を使用することに関連している。この実施例の2つの部分は、2相清浄化、濯ぎ及び消毒プロセス全体の一部として、消毒剤を適用するのを含む2つの重要なケースを示している。

【0157】

パートA

この実施例は、実施例5において説明したように、分岐部及び連結部を有する内側配管のネットワークを構成している内視鏡の内側チャンネルを、清浄化及び消毒することに関連する。代理内視鏡（surrogate endoscope）は、ペンタックス社によって製造された胃腸用内視鏡に用いられているアレンジメントと同様の、吸込みチャンネル、空気チャンネル及び水チャンネルを有する透明なプラスチックチューブから製造されたものであった。透明なチューブが、この配管ネットワークの内側チャンネルを清浄化及び消毒することに最適な2相フローを規定するために用いた。目視的観測は、肉眼によって又は光学式顕微鏡の支援によって行った。気体/液体比、液体の組成及び2相の流速は、コントローラ600の支援によって、装置100を用いて変更した。複数の実験について、観察を行い、結果を収集した。

40

50

【 0 1 5 8 】

清浄化実験において、透明な代理内視鏡を、ハッカーの土 (Hucker's soil) (ピーナツバター、10 g ; バター、10 g ; 小麦粉、10 g ; ラード、10 g ; 脱水した卵黄、10 g (又は2個の新鮮な卵)) ; 無糖練乳、15 ml ; 蒸留水、50 ml ; ヒギンズ・インディア・インク (Higgins India ink)、4 ml ; 国際的なプリンタのインク溶液 (10滴の沸かしたアマニ油によって1対1に希釈されたA646)、20滴 ; 通常生理食塩溶液、3 ml ; 脱水血液、1 g を含んでなり、2時間から一晩の時間で乾燥させたもの) により汚染させた。その後、実施例5において説明したように、内視鏡を、装置100の入口部アダプタ56及び出口部アダプタ58に接続した。

【 0 1 5 9 】

以下の条件 : 液体 / 気体比 - 1 / 600 ~ 1 / 800 ; 気体速度 100 ~ 200 フィート / 秒 ; 気体圧力 20 ~ 30 psig ; 清浄化時間、10分間を用いて、2相清浄化を行った。

【 0 1 6 0 】

黒いしみのハッカーの土の除去効率によって判断して、発明者は、内視鏡の内側チャンネルの迅速で効率的な清浄化のために、2相の清浄化において液体小滴を形成することが重要であるということを見出した。2相の清浄化プロセスのためには、3つのパラメータ : a) 気体 / 液体比、b) 2相の速度、及びc) チャンネルの内腔の内側における2相フロー分布の特性が重要であるということを見出した。高い速度の条件 (70 ~ 150 フィート / 秒以上) を満足している場合には、小滴の動的な衝突によってチャンネル表面全体を十分にカバーすることは、その表面に付着している残留物を含めて、チャンネル表面の濡れ特性、表面張力、液体の組成、及び気体 / 液体比に依存するということを見出した。2相フローがチャンネルの表面全体をその長さ全体に沿ってカバーする高速の小滴を生成した時に、最適な清浄化結果が得られた。

【 0 1 6 1 】

チャンネルの表面が、その他の領域は小滴衝撃を受けている間に、流体被膜によってカバーされなかった領域を有していた場合、清浄化は、速くかつ高い効率にて進行した。この場合に、表面の一部が小滴によって衝撃を受けているが、他の部分は多少一様な分布の液体によって濡らされなかったことは明白であった。これらの実験から、2相の清浄化プロセス (特に界面活性剤が存在する) の間に、脱湿潤化れプロセス (de-wetting processes) が起こっていたことは明らかであった ; そして、この脱湿潤化れプロセスが2相の清浄化について重要な役割を果たすようである。液体によってカバーされなかった領域の存在及びチャンネルの表面への小滴のこの最適な分布は、気体 / 液体比、2相の流速及び液体の組成 (追加された界面活性剤及び / 又は溶媒の種類を含む) 、並びに、チャンネルの入口部で2相フローを形成する時の、ある程度の液体を導入する方式及び流量の関数である。

【 0 1 6 2 】

気体 : 液体比が高過ぎる場合には、チャンネルの中の流量は、「小川 (rivulet) 」流量 (チャンネル表面を十分にカバーすることなく、細流 (streak) の形態で移動する液体) と同様であって、このフロー条件では、不十分な清浄化の結果が監察された。一方では、気体 / 液体比が低すぎる場合、表面溢汪が起こり、チャンネルの表面は流体被膜によってカバーされていた。良好な清浄化を提供した最適な気体 / 液体比は、内視鏡チャンネルの場合には、100 ~ 200 フィート / 秒の速度範囲で、600 / 1 ~ 800 / 1 の範囲であった。更に、発明者は、多少狭い範囲の気体 / 液体比又はより広い吸引チャンネルのためには、この範囲において、多少異なる気体 / 液体比を調整する必要があることを見出した。

【 0 1 6 3 】

更に、この実施例において、発明者は、その液体が、同じ気体 / 液体比を与えるように供給される場合であっても、清浄化の間のチャンネル又は配管の表面における2相フローの挙動において、そのような液体組成物が重大な役割を果たしていることを見出した。ナ

10

20

30

40

50

トリウムトリポリホスフェート、2%；炭酸ナトリウム、0.6%；Tergitol-1X、0.15%及びナトリウムメタシリケート、0.13%を含む組成物は、上述のようなフロー条件で適用される場合に、チャンネルの表面で妥当な2相の挙動を与えるということを見出した。しかし、より高い界面活性剤濃度（約0.3～0.5%）では、チャンネル表面の過度な表面湿潤化をもたらして、ハッカーの土の除去効率が妨げられた。更に、界面活性剤の種類が、清浄化の間にチャンネル表面で、2相フローの挙動を変えることも見出した。

【0164】

例えば、Tergitol-1Xの代わりに、Goldschmidt Chemical Corporationによって製造された界面活性剤Tego Betaine ZF、Huntsman Companyによって製造されたSurfactantsXTJ 504 (or 597)、又はナトリウムドデシルスルフェートを用いた場合、過度な表面濡れ及びあわ立ちが発生して、清浄化の効果が著しく低下する結果を生じた。従って、界面活性剤の種類、チューブ又はチャンネルの表面での湿潤化性及び脱湿潤化性の動力学的特性、並びにそのレベルを選ぶことが重要である。更に、発明者はまた、2相フロープロセスを用いる場合に、清浄化溶液中に、アルコール、例えばイソプロパノール又は同様のものを添加すると、過度な表面湿潤化を引き起こし、従って再び、ハッカーの土の清浄化を妨げるということも見出した。効果的な清浄化を達成することにおいて、これらのファクターは上記のパラメータの重要性を示している。

【0165】

パートB

この例は、実施例において説明したように、清浄化工程を終了した後で、2相フロープロセスによって消毒を達成するために、消毒剤を使用することに関する。特定の用途において、漂白剤、過酸、ヨウ素及び同様の物質の液体消毒剤の量が非常に多い場合には、使用する消毒剤の量を減らすために、清浄化工程の後で、2相フロー方法を用いて表面を消毒することが好まれる。このことは、効果的な消毒を高い気体/液体比で実施することができた実施例10において明らかに示されており、それは、消毒剤の量が、十分に汪溢させたC-I-Pシステムに比べて、非常に少ないことを示している。

【0166】

発明者は、2相フロープロセスによる清浄化工程を完了した時点で、消毒工程を適用することが最もよいということに気付いた。2相フロープロセスによって清浄化を実施する場合、消毒されるべき表面には実質的に微生物が存在しなくなると考えられ、高濃度の消毒剤を用いたり、又は長い暴露時間（処理時間）を用いたりする必要性は低減すると考えられる。

【0167】

ある場合には、使用する配管システムは、実施例1において説明したものと同一であった。消毒工程は、アルカリ性次亜塩素酸塩漂白剤溶液を用いて、5～10分間で600/1～800/1の範囲の気体/液体比にて、2相フロー方式で実施した。表面の培養結果は、認められるカウントを示さなかった、即ち0CFU/cm²であった。この実施例では、2相消毒工程を、約1～2%の消毒溶液を用いて行ったが、十分に汪溢させた液体C-I-Pシステムにおいて得られた結果とどうようの結果が得られた。

【0168】

2相混合物の液体成分として、過酢酸溶液（0.1～0.2%）を用いること以外、同じ実験を繰り返したが、同様の結果（0CFU/cm²）が達成された。上述の場合に、消毒工程は、装置100を用いて実施し、気体/液体比は実施例1において規定した範囲に調節した。

【0169】

実施例13

清浄化装置100及び2相清浄化プロセスを用いて、廃水処理システムの一部である、逆浸透（RO）膜エレメント（C-I-P）操作を実施して、良好な結果が得られた。この場合に、清浄化すべきシステム400は、直列に接続された2つのうず巻型逆浸透エレ

10

20

30

40

50

ント (FilmTec TW30-2540) を有する 1 つの 4 インチの逆浸透圧力容器 (Osmonics Corporation 製造) により構成されていた。上記の RO 圧力容器は、供給入口部、精製された水のための透過物出口部及び濃縮物出口部に配管が設けられていた。

【 0 1 7 0 】

このシングル容器 RO 膜システムは、乳製品工場の洗場からの高い全浮遊物質 (TSS (total suspended solids))、高い完全溶解固体物質 (TDS (total dissolved solid s))、塩、タンパク質 (ホエー) 及び脂肪を含む乳製品廃水を処理するために用いるパイロットプラントに組み込まれた。この廃水は、最初に、バイオリアクターとして操作される、沈められた Kubota FC-25 マイクロフィルター (MF) を用いて予備処理して、この廃水の全浮遊物質 (TSS) を 10000 ppm から 100 ppm 以下へ低下させ、及び生物学的酸素要求量 (BOD) を低下させた。この MF 流出物を上述した RO 容器へ供給して、RO 水を生成した。後者の RO 工程は、28% の回収率の 1 段分離段階であって、濃縮物を RO のフィード貯蔵タンクへ再循環させるための手段を有していた。この構成によって、RO フィード品質において急速な向上があった (それは平均して 8000 ppm 以上の TDS を有していた)。結果として生じた RO 膜における汚染及びスケール付着は、数時間のうちに、RO フラックスの大幅な低下 (RO 膜の構成仕様の 50% 以下への低下) を引き起こした。RO フラックス、TDS、pH 及び温度データは、このシステムのための 3 ヶ月間の研究の間に文書化された。更に、マイクロろ過フィード、RO の前処理の影響、及び RO 生成物の水質は、5 週間の期間で毎日測定された。

【 0 1 7 1 】

装置 100 を用いて、(2 つの逆浸透エレメントを 1 つの圧力容器内で直列に接続した) 上記 RO 膜の清浄化を周期的に行った。RO 圧力容器を装置 100 に接続し、及び通常の精製水製造の間に 2 相 CIP 清浄化を行うため、図 5 に示すような、特別な清浄化アダプタを開発して、清浄化工程の間に、透過物ストリームをシステムのその他の部分から分離した。

【 0 1 7 2 】

図 5 に示すように、アダプタ 415 は、2 つのクランプ 430 及び 434 の支援によって、圧力容器に接続されている。圧力容器における RO 渦巻状エレメントの透過物チャンネルは、スリーブコネクタ 424 によってこのアダプタに堅くシールされており、スリーブコネクタは清浄化サイクルの間に、2 相混合物から浸透物チャンネルを分離している。透過物液体ポート 420 は、清浄化溶液との接触を防止するように、溶接ジョイント 436 によってシールされている。RO らせん膜には符号 428 が付されており、アダプタのボディ部は符号 432 として示されている。

【 0 1 7 3 】

清浄化の間に、透過物チャンネルはバルブ (図示せず) によって閉じられて透過物ポート 420 に接続される。バルブは、濾過操作の間は開かれて、清浄化工程の間は閉じられる。2 相混合物 422 は 2 相形成モジュール 12 (図 1) において形成され、そこでは液体フラクションが第 1 のポンプ送り手段 30 によって特定のノズル 13 へ供給され (図 2A 参照)、ノズル 13 は 25 ~ 400 ミクロンの範囲の寸法の液体小滴を 2 相形成モジュール 12 の液体入口ポート 214 へ送る。実施例 1 において説明したように、2 相フローは、気体又は空気源 10 からの気体ストリームにより小滴を推進することによって、モジュール 12 内で生成される。この 2 相混合物は、そのような 2 相混合物を RO 膜のフィーディングチャンネルに運搬するために、図 5 中に示されているアダプタに接続された入口部アダプタ 56 へ送られる。図 5 において、2 相フローの向きを明らかに示しているが、2 相フローはアダプタ 415 を通り、入口部 418 へ送られた後、直列に接続された 2 つのスパイラル巻膜エレメント 428 のフィーディングチャンネルへ向けられる。第 2 の膜エレメントのフィーディングチャンネルの端部から出る 2 相排出物は、出口部アダプタ 58 に接続されて、その後、実施例 1 において説明されるようなミスト分離装置 500 を通して排出される。

【 0 1 7 4 】

この型の膜の典型的な2相清浄化サイクルは、30～50 psigの範囲の空気圧を用いることを必要とする。上述したような汚染の場合に、空気圧は50 psigであった。清浄化において使用した2相フロープロセスは、2工程サイクルの使用を含んでいた。第1の工程は、清浄化溶液貯蔵タンク16から供給される酸性清浄化剤による2相清浄化を含んでおり、第2段階は清浄化溶液貯蔵タンク14から供給されるアルカリ性清浄化溶液を用いて実施した。両者は、図1に示すように、第1のポンプ送り手段30を通して、2相形成モジュール12へ送られる。いずれの場合も、混合物は供給アダプタ415を通して逆浸透エレメントに送られた。酸及び塩基を用いる清浄化工程はそれぞれ10分間行われた。上述の2相清浄化工程を完了した後、逆浸透エレメントは、第3のポンプ送り手段34の支援によって、濯ぎ水貯蔵タンク20から水を供給することによって、10分間の2相プロセスによって濯ぎがなされた。上述するような全体のプロセスは、予めプログラムされており、コントローラ600によって制御された。

10

【0175】

このC-I-Pシステムを3ヶ月の期間で操作して得られたデータが示した事項は、乳製品、乳汁及びホエーの残留物によって汚染されて、通常のノクリーンな状態のフラックスの50%以下まで低下した膜を、わずかに4リットルの希釈された清浄化溶液を消費して、10分の清浄化サイクルを用いることによって、構成仕様の80～90%へ回復させ、維持したということである。結果を表IVに示すが、それは、4つのケースについての、清浄化前及び後でのROフラックスデータの例を示している。ROフラックス性能の正確な結果を得るために、RO膜にかかる駆動圧力(TDSによって示す)及びROフィード水の温度を測定した。

20

【0176】

ケース1～3についての清浄化は、アルカリ性清浄化溶液のみを用いる2相フローによって実施した；この清浄化プロセスは、製造業者の規格の86%以上にROフラックスを回復させるのに十分であった。しかし、無機物スケールが膜表面の上に形成されているので、2相アルカリ性清浄化のみによってすべての汚染物質(foulants)を除去することについては十分でなかった。

【0177】

ケース4については、2相のアルカリ性清浄化のみでは、ROフラックス特性を新しい特性の63%へ回復させることができた。しかし、アルカリ性清浄化工程に続いて2相酸性清浄化工程を行うと、新しい特性フラックスレベルの88%へROの回復をもたらした。この結果を以下の表IVに示すが、ROフラックスは、製造業者の規格(Mfrスペック)に従って、リットル/分(1pm(liters per minute))として表している。

30

【0178】

表IVにおいて、ROフラックスは、製造業者の規格(Mfrスペック)に従って、リットル/分(1pm(liters per minute))として表している。

【0179】

【表4】

清浄化ケース	ROフラックス(1pm)前	ROフラックス(1pm)後	清浄化溶液	Mfrスペック(1pm)	特性回復
1	2.54	3.19	アルカリ性	3.47	92%
2	2.95	2.97	アルカリ性	3.47	86%
3	3.38	3.50	アルカリ性	3.47	100%
4	1.39	2.18 3.07	アルカリ性 酸性	3.47 3.47	63% 88%

40

【0180】

圧力容器内のスパイラル膜型の他の構成、圧力容器あたりのエレメントの異なる数、又は膜の異なるアレンジメントによっても、処理の後では、すべて同様の結果が得られると

50

考えられる。

【0181】

実施例14

この実施例は、水処理、水の脱塩処理及び水の精製において用いられる精密濾過、限外濾過、ナノ濾過及び逆浸透の分離プロセス、並びに乳製品、食品、飲料、医薬品、化学薬品、油及び気体などの種々の産業における工業的処理において用いられるスパイラル型モジュール及びそれらを含むいずれの型の膜の清浄化に関する。この実施例におけるスパイラルモジュールは、公共水道の水製造に用いられるスパイラルモジュールであって、切り開いた膜表面についての発明者の顕微鏡検査によって、無機物スケール、バイオフィーム、腐植性物質（自然な有機物質の - NOM(natural organic matter)）及びシルトにより汚染されていた。そのような膜のフラックスは、許容レベル以下に低下しており、膜を使用できないレベルまで圧力降下（膜の両端部の間での圧力降下）が増大していた。

10

【0182】

これらの膜を、アルカリ性の清浄剤を用いて8時間処理し、その後酸性清浄剤を用いて更に4時間処理する常套の液体循環プロセスを用いて清浄化を試みたところ、清浄化は成功しなかった。即ち、両端の間での圧力降下及びフラックスは許容レベル以下に止まっていた。これらの膜は、公共水道の水製造に約6ヶ月の間使用した8インチのROスパイラル式モジュールであって、Hydranautics製の型番CPA-2であった。これらのROスパイラル式モジュールは、装置100を用いた2相プロセスによって、顕著な効果を伴って、清浄化された。

20

【0183】

清浄化を実施するために、スパイラル式モジュールは、最初に、実施例13において詳細において説明したように、2相清浄化の間に、膜のフィード側から透過側を隔てるように、図5のアダプタ415に接続された。スパイラル式エレメントは、図1に示すように装置100における、清浄化すべき流路400の入口部アダプタ56及び出口部アダプタ58に接続された。本発明に従って膜を清浄化するために、スパイラル式エレメントの装置100への接続は、汚染物質が排出される端部から汚染物質が容易に除去されるように、モジュールの汚染の程度が高い端部を出口部58に接続するように行った。このアレンジメントは、膜モジュールから汚染物質を直接的に押し出し、同時に、膜モジュールの汚染の程度がより低い端部を更に汚染することを防止するために好ましいものである。スパイラル式モジュールの汚染の程度が高い端部は、通常、分離プロセスの際に液体フィードがモジュールに入る端部である。

30

【0184】

この実施例において使用した気体源は、50-HP圧縮機、2つのエアフィルタ、及び清浄化のために必要な空気を蓄えるための240ガロンの空気タンク6個を有していた。空気は、圧力レギュレータ42及び圧力計44によって調節されて、その流量は流量計50によって測定した。この実施例における清浄化プロセスは、2相混合物の液体成分として、酸性清浄化及びアルカリ性清浄剤を用いる2相清浄化工程の適用を有していた。2相清浄化工程を適用する前に、汚染物質の付着力を調節し及び弱めるために、所定の時間で膜の表面を浸漬する他の工程が用いられる。この実施例において用いた清浄化プロトコルは、分離処理のために必要とされる膜の機能を回復するための2相清浄化工程を完了した後、水を用いる濯ぎ工程を有していた。

40

【0185】

上述したスパイラル式エレメントの清浄化を実施するために、圧力レギュレータ42を用いて空気圧を45psigに設定し、上述した実施例において説明したように、空気流を2相形成モジュール12へ送った。第1のポンプ送り手段によって、清浄化溶液貯蔵タンク14及び16から液体入口部214へ、清浄化液体（アルカリ性又は酸性）を供給した。この場合の2相形成モジュールは、図2Aに示し、実施例13において説明したものと同一であって、25~400ミクロンの小滴寸法の液体を送るノズルを採用していた。この範囲の小滴寸法分布又はより小さい範囲（30~200ミクロン）の小滴寸法分布

50

を用いることは、スパイラル式巻き付け膜を清浄化するために2相フローを設定することにおいて重要であることが見出された。液体は、装置100のコントローラ600の支援によって、第1のポンプ送り手段を用いて、0.1~0.2ガロン/分の範囲の流量で供給した。上述の手段によって形成された2相混合物は、スパイラル式巻き付け膜のフィーディングチャンネルへ送られて入れられた。小滴を伴う2相フローは、フィーディングチャンネルの入口部における表面全体が小滴によってカバーされて、スパイラル式巻き付け膜の入口部部分においていかなる溢注条件も許容されないように、設定されていた。清浄化は、この実施例において与えられるように2相の速度が十分に高く設定できる限りにおいて、垂直方向(頂部側から底部側へ)又は水平方向のいずれの向きであっても実施することができる。清浄化の間、上記の実施例において説明したように、モジュールの端部から出る2相混合物は、適切な排出のためにミスト分離装置500へ送られた。

10

【0186】

この実施例におけるスパイラル式膜の清浄化は、20~55psigの範囲の入口部空気設定圧力、及び0.052~0.3ガロン/分の範囲の液体送出し流量にて実施した。気体/液体比は、3000:1~30000:1の範囲であった。2相フロー清浄化時間は、5~15分間であった。2相フロー清浄化に有効であると認められた入口部空気速度は約25~30フィート/秒又はそれ以上であるが、モジュールの少なくともある部分においては30フィート/秒以上であることが好ましかった。この比は、汚染物質の特性及びそれらの膜表面に対する付着性に応じて、変動し得る。

【0187】

20

これらの条件を達成するために、スパイラル式巻き付け膜のフィーディングチャンネルにおいてこれらの速度値に達するために十分な空気量が必要とされた。膜供給チャンネルにおいて2相フローが進む場合に、膜供給チャンネルの内部で気体が膨張すると、膜の汚染の程度が高い膜端部においてより高い速度が生じ、その端部で2相フローが膜から出る。40~70フィート/秒の範囲の流出速度は、発明者の実験から予測されていた。発明者は、24~30フィート/秒の範囲の2相清浄化平均速度が、スパイラル式巻き付け膜を清浄化するために重要であることを見出した。これらの速度値が達成されるまでは、汚染したらせん膜のフラックス回復はあまり重要でなく、これらの値以下での清浄化は、膜フラックスの改善に関してあまり向上をもたらさなかった。

【0188】

30

スパイラル式巻き付け膜チャンネルの中の2相フローの特性は、チャンネルの中にスペーサが存在することによって、説明するには複雑であるが、実施例3及び4において説明したより小径のチューブにおける流れと同様であるべきである。小滴の形成及び再形成、並びに高い剪断応力の形成は、これらの膜構成のための2相フローの一般的な特徴を表している。

【0189】

2相フローによる清浄化の間に、発明者は、ポート82から液体成分を収集することによって判断されるように、懸濁の程度が高いサスペンションが清浄化プロセスの最初の1~3分間に形成されるということを見出した。この観測結果は、本発明の清浄化プロセスが、清浄化プロセスの間に、膜供給チャンネルから粒子状の汚染物質、例えばシルト、粘土又は砂などを除去することについて有効であるということを示している。この知見は、液体循環の方法に比べて、清浄化を2相プロセスによって実施する場合に、(膜の2つの端部の間での)圧力降下値に関して著しい改善が達成されるという発明者の見解を支持している。2相の清浄化の間においてスパイラル式巻き付け膜の供給チャンネルにおいて、達成された剪断応力及び物質移動速度は、上記の規定のように、圧力降下の低下の原因となる種類の汚染物質を有効に除去するのに十分高いと考えられる。

40

【0190】

汚染された8インチのスパイラル式モジュールの(上記のように定義された)圧力降下及びフラックスを回復するのに必要な2相の条件を定義するために、5つのケースについて調べられた。公共の水道水製造の間に汚染した8インチのスパイラル式モジュールを実

50

験に使用した。清浄化は、アダプタ 4 1 5 (図 5 を参照のこと) の支援によって、装置 1 0 0 を用いて実施した。表 4 に与えられた条件で清浄化を実施し、約 3 0 フィート / 秒の 2 相フローの入口部速度が得られた。結果は、この場合、2 0 ~ 5 0 p s i g の範囲の空気圧、好ましくは約 4 0 ~ 5 0 p s i g の範囲の空気圧にて、最適な清浄化が達成されたことを示していた。最適に近い結果を与える気体 / 液体比は、膜の入口部にて約 4 0 0 0 : 1 であった。p H 1 1 ~ 1 2 のアルカリ性清浄剤を用いて、約 0 . 1 % の泡立たないノニオン界面活性剤 (Dow Chemical 社により製造された T e r g i t o l 1 X) を含んで、2 相清浄化を実施した。4 0 ~ 5 0 、 3 0 ~ 6 0 分間で清浄化溶液を循環させる予備的浸漬は、2 相清浄化の時間を約 5 ~ 1 0 分間に短縮するうえで有用であるということが見出された。上述のようにして清浄化された膜は、次いで、水による 2 相フローを用いる濯ぎを行い、フラックス及び圧力降下を測定した。試験したすべてのケースにおいて、圧力降下は、約 1 5 p s i から、2 相の清浄化後の 7 p s i 以下へ減少した。2 相の清浄化の前及び後のフラックス値を、以下の表 6 に示している。

清浄化条件の概略を以下の表 V に示す。

【 0 1 9 1 】

【表 5】

ケース	設定圧力 (psi)	ラン圧力 (psi)	SCFM	空気速度 (フィート / 秒)		液体流量 (gpm)	空気 / 液体	
				入	出		入	出
1	20	7	394	32.0	47.0	0.052	37900	55690
2	25	10	448	32.0	53.4	0.052	37950	63300
3	30	12	496	32.2	59.0	0.052	38900	70100
4	40	20	510	26.3	60.0	0.3	5358	12450
5	55	26	627	27.3	74.6	0.3	3950	14460

*設定圧力は、気体貯蔵チャンバーの出口に配されたレギュレータにて設定した圧力である。

**運転圧力は、清浄化の間に R O のハウジングの入口部で測定した実際の圧力である。

2 相清浄化プロセスを用いた 8 インチの R O 膜上でのフラックス改善を表 V I に示す。

【 0 1 9 2 】

【表 6】

R O フィルター シリアル #	初期フラックス (gpm)	最終フラックス (gpm)
197761	0.75	3.2
197686	1.2	1.3
197753	1.2	2.8
197702	~1.0	3.0
196500	~1.0	2.5
197763	~1.0	3.5
197763	~1.0	2.8

【 0 1 9 3 】

表 6 の結果は、約 5 ~ 1 0 分の短いサイクルでフラックス及び圧力降下を回復 (又は改善) させるために、2 相清浄化の方法及び装置が有効であることを示している。前浸漬は、汚染物質を軟化させ、効果的な 2 相清浄化を達成することを支援すると考えられる。前液体循環のみを 8 時間の時間で適用することがテストされた膜の性能を改善できなかったため、この場合のフラックスの改善は重要である。

【 0 1 9 4 】

垂直姿勢及び水平姿勢の両方について行った清浄化は、同様の結果であった。水平姿勢

において、発明者は、スパイラル式膜の 2 相清浄化の間に、重力による液体の排水 (drainage) が起こり、その結果として、気体 / 液体比は頂部断面と対比して、モジュールの底部にて多少低くなるということを見出した。2 相フロー速度が遅く、気体 / 液体比が低い場合に、この状態は顕著であった；しかしながら、速度をこの実施例に記載したレベルに上昇させると、膜内において 2 相フローのより均一な分布が得られた。最適なフロー条件が達成された時に、膜 (垂直姿勢又は水平姿勢) の向きは、清浄化効率に影響するとは認められなかった。

【 0 1 9 5 】

この実施例の結果に基づけば、2 相フローを用いて頻繁に清浄化を行うと、膜の 2 つの端部の間での圧力降下を許容されるレベルに維持すること及びフラックスを回復することが可能であると、予測することができる。清浄化の頻度は、従って、膜の内側チャンネルにおいて形成される残留物の型、及び分離プロセスにおいて用いられる流体ストリームに基づいて、調節することができる。

10

【 0 1 9 6 】

本発明の特定の態様について説明したが、本発明は、上述した詳細な事項に限定されることを意図していない。本発明は、特許請求の範囲の記載の範囲によってのみ限定される。

尚、本発明において好ましい態様例として、以下の例を挙げることができる：

(1) パイプ、チューブ及び膜を清浄化するための装置であって、

気体入口及び液体入口を有するモジュールであって、気体及び液体の 2 相の流れを貯蔵し、並びに得られる 2 相フローを清浄化すべき 1 又はそれ以上のパイプ、チューブ又は膜へ送るための出口を有するモジュール、

20

前記気体をモジュールへ供給する 1 又はそれ以上の気体源、

前記モジュールに液体連通する 1 又はそれ以上の保持タンク、

液体を所定の流量にて前記モジュールへ供給する第 1 のポンプ送り手段、

気体を加圧して前記モジュールへ供給する第 2 のポンプ送り手段、

前記モジュールに連絡しており、2 つの相の流れを集めて、気体と液体とを分離させ、両者を独立した出口を通して送るミスト分離器

を有してなる装置。

(2) 2 つの相の流れが、約 5 0 : 1 ~ 1 5 0 0 0 : 1 の範囲の気体 / 液体比を有することを特徴とする上記の装置。

30

(3) 1 又はそれ以上のバルブに連絡しており、所定の流量にて加圧された液体を供給するバックフラッシュラインを更に有することを特徴とする上記の装置。

(4) 1 又はそれ以上の保持タンクを更に有しており、前記保持タンクは 1 又はそれ以上のバルブを通して消毒溶液を所定の流量で分配供給して、前記消毒溶液を前記モジュールへ供給することを特徴とする上記の装置。

(5) 濯ぎ溶液を前記モジュールへ供給するための 1 又はそれ以上の保持タンクを更に有しており、前記保持タンクから濯ぎ溶液を 1 又はそれ以上のバルブを通して所定の流量で前記モジュールへ供給することを特徴とする上記の装置。

(6) 前記モジュールから所定の流量で清浄化するラインへのライン及び 1 又はそれ以上のバルブを更に有することを特徴とする上記の装置。

40

(7) 前記装置に連絡するコントローラを更に有してなり、該コントローラは清浄化溶液、気体、濯ぎ溶液及び消毒溶液を前記モジュールへ、いずれかのシーケンスにて、所定の時間で及び所定の流量にて供給することを特徴とする上記の装置。

(8) 所定の寸法の小滴を前記モジュールに生じさせるノズルを更に有してなることを特徴とする上記の装置。

(9) パイプ、チューブ及び膜を清浄化する方法であって、

閉じたモジュール内で、加圧された空気と pH 1 . 0 ~ 1 4 . 0 を有する清浄化水溶液とを、5 0 : 1 ~ 1 5 0 0 0 : 1 の気体 / 液体比となるように所定の流量で混合し、それによって気体及び液体の 2 相混合物の流れを形成する工程；

50

前記混合物を清浄化すべき 1 又はそれ以上のラインへ送る工程；
 前記ラインを加圧下で清浄化溶液によりバックフラッシュする工程；
 前記ラインを消毒溶液によりフラッシュする工程；
 前記ラインを水溶液により濯ぐ工程、並びに
 前記ラインを乾燥させる工程

を有してなる方法。

(1 0) 液体中に 2 5 ~ 4 0 0 ミクロンの寸法の小滴を生じさせるノズルを用いて、2 相混合物を形成することを特徴とする上記の方法。

(1 1) 気体及び液体が、1 0 m / 秒 ~ 2 0 0 m / 秒の速度にて前記パイプに沿って送られることを特徴とする上記の方法。

(1 2) 前記気体及び液体が撚動送りされることを特徴とする上記の方法。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 1 9 7 】

【図 1】図 1 は、本発明の清浄化方法を実施するための装置を示す模式図である。

【図 2 A】図 2 A は、小滴を含む 2 相フローを形成するために用いられるノズルを有している 2 相形成モジュールの模式的断面図である。

【図 2 B】図 2 B は、小滴を含む 2 相フローを形成するために用いられるもう 1 つの態様のモジュールの模式的断面図である。

【図 2 C】図 2 C は、T 字形コネクタを用いて、小滴を含む 2 相フローを形成するための 2 相形成モジュールの模式的断面図である。

20

【図 3】図 3 は、2 相フローと共に用いられるバックフラッシング手段を有する膜システムの模式的断面図である。

【図 4】図 4 は、2 相フローを用いて清浄化することができるパイプ分配供給ネットワークの模式的断面図である。

【図 5】図 5 は、2 相フロー清浄化の間に膜の透過物チャンネルから供給チャンネルを隔てるために用いられるアダプタの模式的断面図である。

【図 6 A】図 6 A は、清浄化前のチューブの内腔表面の顕微鏡写真である。

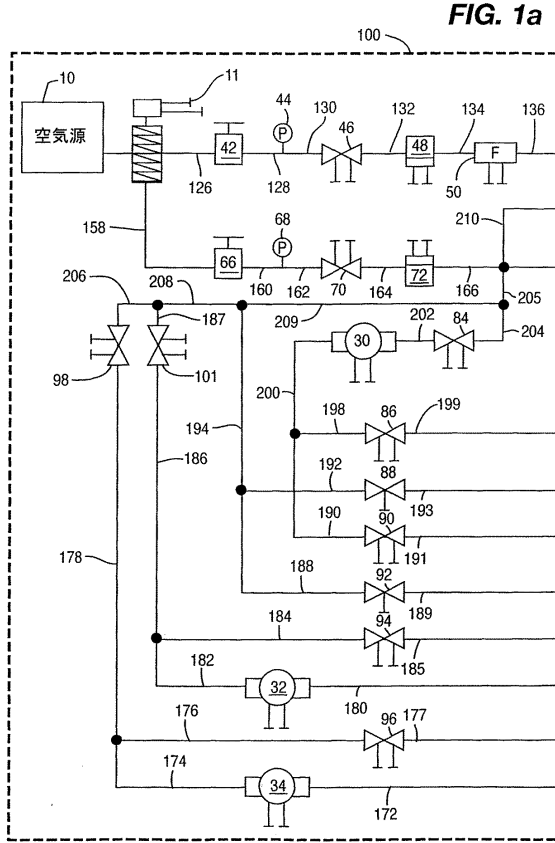
【図 6 B】図 6 B は、本発明の方法によって清浄化した後のチューブの内腔表面の顕微鏡写真である。

30

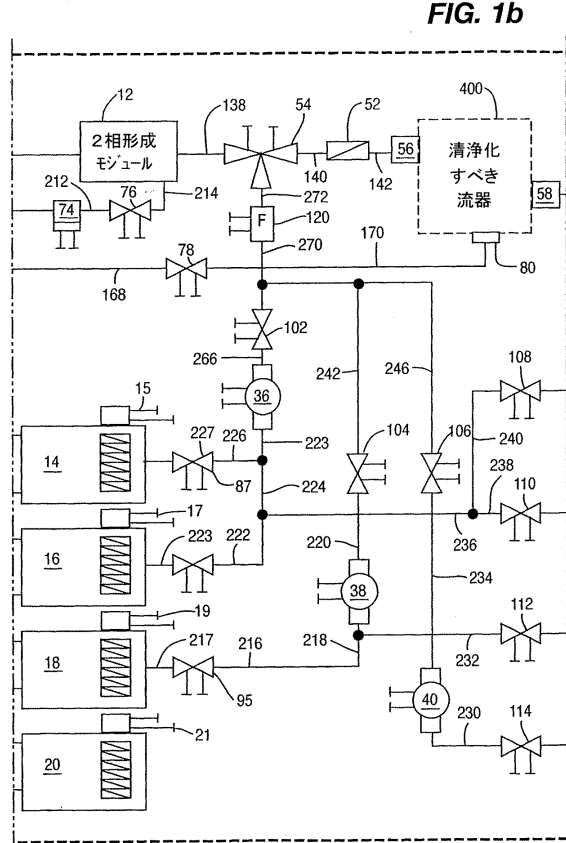
【図 7 A】図 7 A は、2 相清浄化前の数週間で得られた細菌のカウント (C F U / m l 単位) のグラフである。

【図 7 B】図 7 B は、2 相清浄化を行った後の数日間で得られた細菌のカウント (C F U / m l 単位) のグラフである。

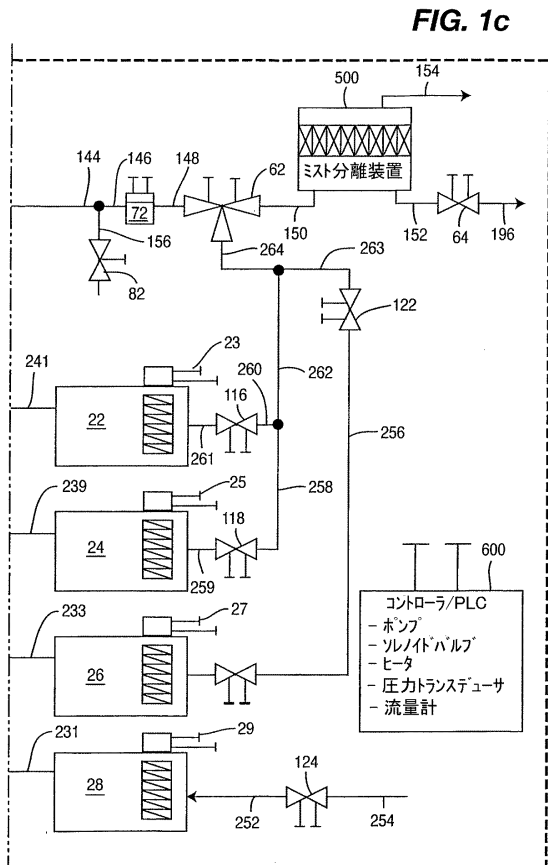
【図1A】



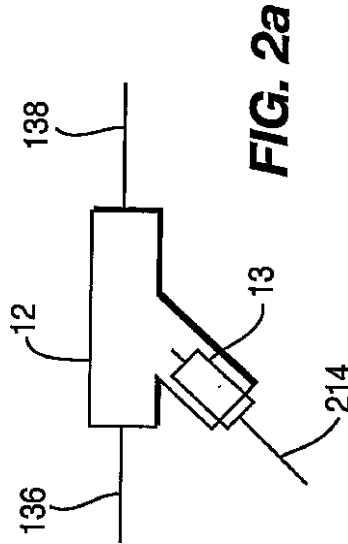
【図1B】

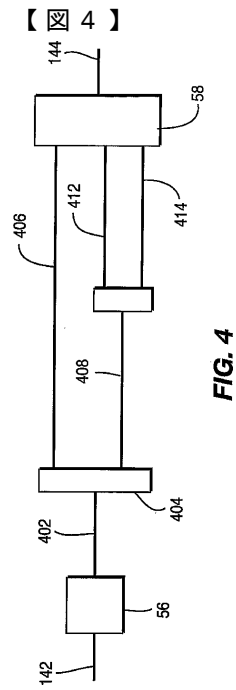
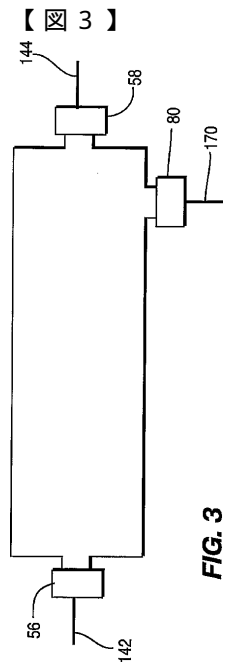
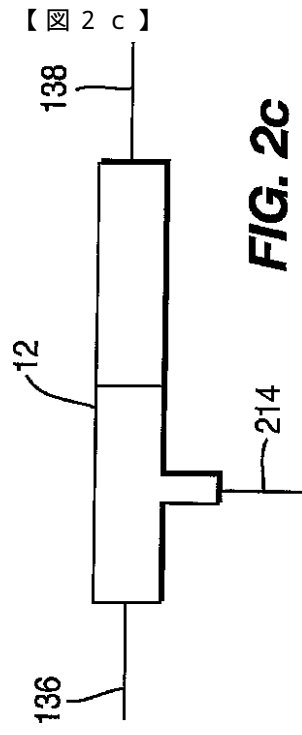
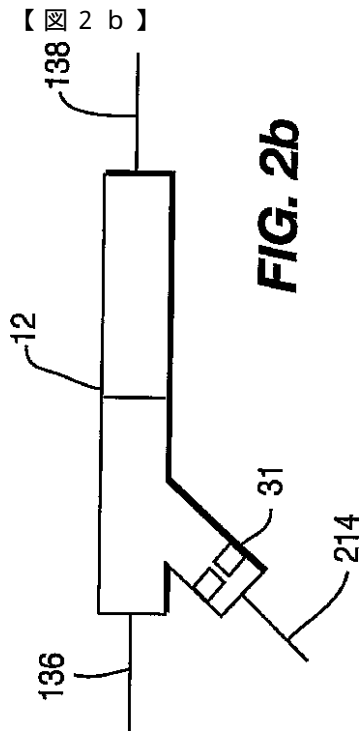


【図1C】



【図2a】





【図5】

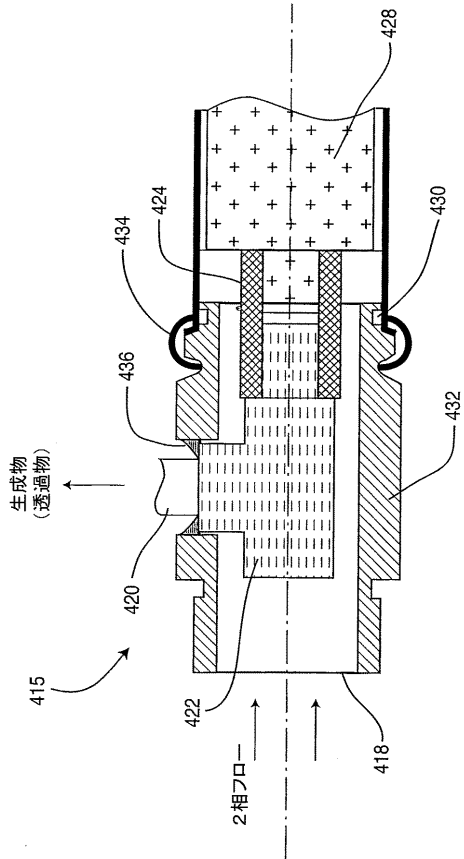
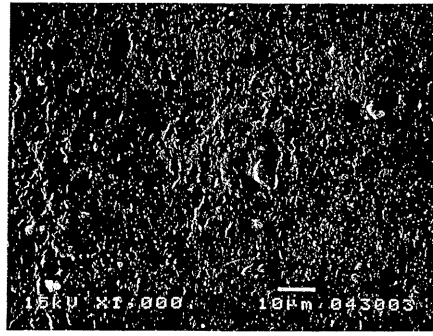


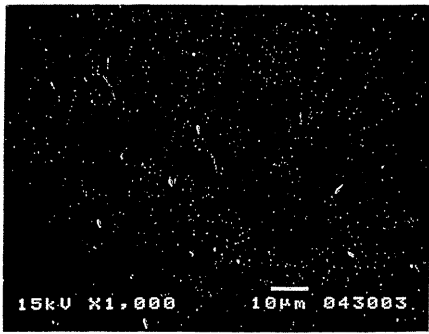
FIG. 5

【図6A】



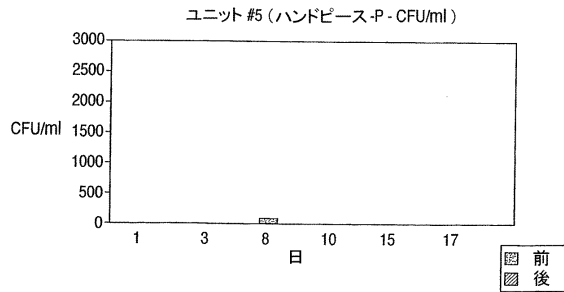
清浄化前
FIG. 6a

【図6B】



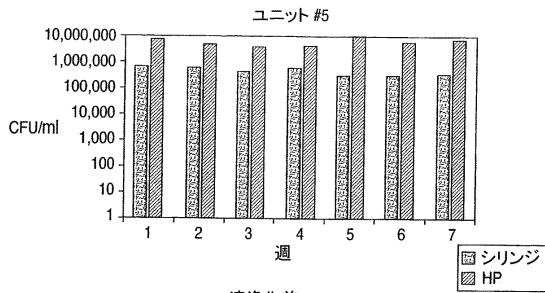
清浄化後
FIG. 6b

【図7B】



清浄化後
FIG. 7b

【図7A】



清浄化前
FIG. 7a

フロントページの続き

(72)発明者 ライ・チュン・ユエ

アメリカ合衆国08648ニュージャージー州ローレンスビル、レビュー・アベニュー124番

(72)発明者 ヤコブ・タバニ

アメリカ合衆国07290ニュージャージー州バスキング・リッジ、アローウッド・ウェイ230番

審査官 石川 貴志

(56)参考文献 特開昭59-069019(JP,A)

特開昭49-102159(JP,A)

特開2002-011419(JP,A)

特開平08-289687(JP,A)

特開2002-066486(JP,A)

特開昭60-067896(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B08B 9/027

专利名称(译)	使用两相流清洁管道，管和膜的装置和方法		
公开(公告)号	JP4846574B2	公开(公告)日	2011-12-28
申请号	JP2006517312	申请日	2004-06-17
[标]申请(专利权)人(译)	普林斯顿TRADE & TECH		
申请(专利权)人(译)	普林斯顿贸易和技术公司		
当前申请(专利权)人(译)	普林斯顿贸易和技术公司		
[标]发明人	モハメドエマムラビブ ライチュンユエ ヤコーブタバニ		
发明人	モハメド・エマム・ラビブ ライ・チュン・ユエ ヤコーブ・タバニ		
IPC分类号	B08B9/027 A61B19/00 A61L2/18 A61L2/22 A61M1/16 B01D65/02 B01D65/06 B08B9/02 C11D3/02 C11D3/395 C11D3/48 C11D11/00 C23G1/00 C23G5/00 G01C5/00 G01S13/86 G01S13/935 G08G5/04		
CPC分类号	A61B90/70 A61B2090/701 A61L2/18 A61L2/22 A61M1/1682 A61M1/169 B01D65/02 B01D65/022 B01D2321/04 B01D2321/185 B01D2321/28 B08B9/032 B08B9/0326 B08B9/0327 B08B2209/022 C11D3/044 C11D3/3956 C11D3/48 C11D11/0041 C23G1/00 C23G5/00 G01C5/005		
FI分类号	B08B9/06		
代理人(译)	玄番佐奈惠		
审查员(译)	石川县隆		
优先权	10/464173 2003-06-18 US		
其他公开文献	JP2007534454A5 JP2007534454A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

一种用于在压力下的气体和含水清洁溶液的两相混合物清洁通道等的装置和方法。两相清洁混合物在模块中产生，并以预定的速率从模块中排出，该速率确定待清洁的管道表面处的液滴尺寸，速度和液滴密度。液滴撞击待清洁通道的壁，从而破碎，腐蚀和去除所述通道中的污染物。然后通过两相流将它们冲出通道。清洁溶液的流动可以是稳定的或脉冲的。该设备和方法包括适用于食品，饮料，制药和类似加工工业的就地清洁系统。

チューブ	直径D (インチ)	L/ D	バイオ フィル ム 経時 (週)	清浄化 時間 (分)	速度 (フィート/秒)		液体/空気比 (体積)		CFU/cm ²	
					内	外	内	外	前	後
S 2	0.25	4800	2	5	75	345	1/860	1/4000	890	<10
S 3	0.25	4800	2	10	75	345	1/860	1/4000	-	<10
B 1	0.50	2400	2	10	48	114	1/1400	1/3300	550	30
S 4	0.25	4800	4	10	72	360	1/800	1/4100	1.8 ×10 ⁵	<1
S 5	0.25	4800	4	5	90	390	1/1000	1/4400	1.8 ×10 ⁵	<1
B 2	0.50	2400	4	10	69	186	1/2000	1/5400	6.2 ×10 ⁵	<10