

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7144460号
(P7144460)

(45)発行日 令和4年9月29日(2022.9.29)

(24)登録日 令和4年9月20日(2022.9.20)

(51)国際特許分類 F I
C 0 1 B 13/11 (2006.01) C 0 1 B 13/11 E

請求項の数 12 (全12頁)

(21)出願番号	特願2019-570429(P2019-570429)	(73)特許権者	518155247 スエズ・グループ フランス国、9 2 0 4 0 ・パリ・ラ・デ ファン・セデックス、プラス・ドゥ・ リリス・1 6、トゥール・セ・ベ・2 1
(86)(22)出願日	平成30年6月29日(2018.6.29)	(74)復代理人	100196449 弁理士 湯澤 亮
(65)公表番号	特表2020-525383(P2020-525383 A)	(74)代理人	100167793 弁理士 鈴木 学
(43)公表日	令和2年8月27日(2020.8.27)	(72)発明者	セリング, ジークハルト スイス国 チューリッヒ 8 0 4 9 ブル ンヴィーゼンシュトラッセ 4 4
(86)国際出願番号	PCT/EP2018/067517	(72)発明者	トランプレー, マルコ カナダ国 ケベック H 8 Z 1 S 5 モン トリオール レオ 1 3 6 9 9
(87)国際公開番号	WO2019/002527		
(87)国際公開日	平成31年1月3日(2019.1.3)		
審査請求日	令和3年2月18日(2021.2.18)		
(31)優先権主張番号	17305834.8		
(32)優先日	平成29年6月30日(2017.6.30)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 オゾン発生機を制御する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

オゾン化ギャップ(OG)および誘電体層によって分離され、二酸素を含む供給ガスを受け取るための少なくともガス入口(O2IN)と、オゾンを含むガスを排出するためのガス出口(O3OUT)とを備えるオゾン発生器(OzG)内に配置された少なくとも2つの電極(E1、E2)を備えるオゾン発生機(OGM)内でオゾンを生成するための方法であって、

- 所定の供給ガス流量および供給ガス圧力で、前記二酸素を含む供給ガスを前記オゾン発生器(OzG)の前記ガス入口(O2IN)に供給するステップと、

- 前記オゾン発生器(OzG)の前記少なくとも2つの電極(E1、E2)に交流電流を供給して、前記オゾン化ギャップ(OG)に放電を生成して、前記オゾン発生器(OzG)の前記ガス出口(O3OUT)で所定量のオゾンを生成するステップと、

- 前記オゾン発生器(OzG)の前記ガス出口(O3OUT)で生成された前記オゾンの量を調整するために、電流電力と、供給ガス流量、電流周波数、電流電圧、前記オゾン発生器(OzG)の冷却温度を含む複数のプロセスパラメータの少なくとも1つとを調整するステップと

を含み、

オゾン生成中に、

- 電力と、供給ガス流量、電流周波数、電流電圧、冷却温度を含む前記複数のプロセスパラメータの前記少なくとも1つのパラメータとを監視するステップと、

10

20

- 次いで、電流電力と、前記少なくとも1つのプロセスパラメータとの調整にตอบสนองして前記供給ガス圧力を調整するステップと

を含み、

前記供給ガス圧力を調整する前記ステップが、

- 電流電力の前記調整された値および前記少なくとも1つの調整されたプロセスパラメータによって運転される前記オゾン発生器（O_zG）の最適化された効率につながる最適供給ガス圧力を決定するために、供給ガス圧力、電流電力および前記少なくとも1つの前記プロセスパラメータに基づいて、前記オゾン発生器（O_zG）の性能を予測するモデルの供給ガス圧力に関する導関数を計算するステップと、

- 前記オゾン発生器（O_zG）内部で前記最適なガス供給圧力に達するように前記供給ガス圧力を調整するステップと、

を含むことを特徴とする方法。

【請求項2】

オゾン濃度を測定すること、および/または前記オゾン発生器（O_zG）を通して流れるガスの流量を測定することにより、前記オゾン発生器（O_zG）の前記ガス出口（O₃OUT）でオゾン発生量を監視するステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記最適な供給ガス圧力を計算する前記ステップおよび前記供給ガス圧力を調整する前記ステップが、電流電力または前記複数のプロセスパラメータの前記少なくとも1つのパラメータの変化と同時に、または変化後の所定の運転時間内に実行される、請求項1又は2に記載の方法。

【請求項4】

電流電力の調整が、電流周波数の調整である、請求項1から3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項5】

電流電力および複数のプロセスパラメータの少なくとも1つを調整する前記ステップの間、前記電流周波数および前記供給ガス流量のみが調整され、

- 電流周波数の増加は、供給ガス圧力の増加につながり、

- 電流周波数の低下は、供給ガス圧力の低下につながる、請求項4に記載の方法。

【請求項6】

調整電力が、電流電圧の調整である、請求項1から3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項7】

電流電力および複数のプロセスパラメータの少なくとも1つを調整する前記ステップの間、前記電流電圧および前記供給ガス流量のみが調整され、

- 電流電圧の増加は、供給ガス圧力の増加につながり、

- 電流電圧の低下は、供給ガス圧力の低下につながる、請求項6に記載の方法。

【請求項8】

前記オゾン発生器（O_zG）内の絶対ガス圧力が、[0.5バール（a）～6バール（a）] の範囲で変化する、請求項1から7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項9】

- オゾンの前記発生量を監視するステップと、

- 前記供給ガス圧力を監視するステップと、

- 消費電力量を監視するステップと、

- オゾンの前記発生量および前記消費電力量に基づいてオゾン生産量を計算および監視するステップと、

- 前記ガス供給圧力を調整する前記ステップの前後で前記オゾン生産量を比較するステップと、

- 前記オゾン生産量を最適化するために、前記ガス供給圧力を調整する前記ステップの後に、オゾン生産量が低下した場合、前記供給ガス圧力を調整する前記ステップを繰り返すステップと

10

20

30

40

50

を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記オゾン生産量がさらに増加するように、前記供給ガス圧力を調整する前記ステップの後にオゾン生産量が増加するか、または同じである場合、前記ガス供給圧力をさらに調整するステップを含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記ガス供給圧力を調整する前記ステップの後にオゾン生産量が増加するか、または同じである場合、前記供給ガス圧力を維持するステップを含む、請求項 9 または 10 に記載の方法。

【請求項 12】

- 二酸素を含む供給ガスを受け取るためのガス入口 (O₂ IN) と、オゾンを含むガスを排出するためのガス出口 (O₃ OUT) とを含むオゾン発生器 (O_z G) と、
 - 前記オゾン発生器 (O_z G) 内に配置され、オゾン化ギャップ (O_z G) および誘電体層によって分離された少なくとも 2 つの電極 (E₁、E₂) と、
 - 前記オゾン発生器 (O_z G) に接続された圧力調整器と、
 - 前記少なくとも 2 つの電極 (E₁、E₂) に接続された電力ユニット (EPU) と、
 - 前記オゾン発生器 (O_z G) に接続された流量調整器 (O₃ R) と、
 - 請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の方法を実行するために、前記圧力調整器、電力ユニット、流量調整器を制御するように適合された制御ユニットと、
 を備えるオゾン発生機 (OGM)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、オゾン発生機を制御する方法に関し、特に、オゾン化ギャップおよび誘電体層によって分離される少なくとも 2 つの電極を有するオゾン発生器を備え、二酸素を含み、オゾン化ギャップの中を流れるガス内で放電を生成するために、電力ユニットに連結されるオゾン発生機に関する。

【背景技術】

【0002】

米国特許第 8728402 号明細書は、少なくとも 2 つの電極を含むオゾン発生機の例を記載している。しかし、このような機械は、所定の量のオゾン (所定の濃度および所定の出力ガス流量) を生成する一方で、別の量のオゾンを供給するように設定されている可能性がある。そのような場合、電極に供給される電力および / または入口ガス流は、新しい生産目標に到達するように変更される。しかし、この文献に開示されている方法の効率は向上され得る。

【発明の概要】

【0003】

本発明は、従来技術の上述の欠点に対処すること、かつ生産範囲が変更された場合でも、オゾン生成の効率を高めるように (電気費用または原材料費用の観点から)、少なくとも 2 つの電極を含むオゾン発生機を制御する方法を第 1 に提案することを目的とする。

【0004】

この目的で、本発明の第 1 の態様は、オゾン化ギャップおよび誘電体層によって分離され、二酸素を含む供給ガスを受け取るための少なくともガス入口と、オゾンを含むガスを排出するためのガス出口とを備えるオゾン発生器内に配置された少なくとも 2 つの電極を備えるオゾン発生機内でオゾンを生成するための方法であって、

- 所定の供給ガス流量および供給ガス圧力で、二酸素を含む供給ガスをオゾン発生器のガス入口に供給するステップと、

- オゾン発生器の前記少なくとも 2 つの電極に交流電流を供給して、オゾン化ギャップに放電を生成して、オゾン発生器のガス出口で所定量のオゾンを生成するステップと、

- オゾン発生器のガス出口で生成されたオゾンの量を調整するために、電流電力と、供

10

20

30

40

50

給ガス流量、電流周波数、電流電圧、オゾン発生器の冷却温度を含む複数のプロセスパラメータの少なくとも1つとを調整するステップと

を含み、

オゾン生成中に、

- 電力と、供給ガス流量、電流周波数、電流電圧、冷却温度を含む複数のプロセスパラメータの少なくとも1つのパラメータとを監視するステップと、

- 電流電力と、前記少なくとも1つのプロセスパラメータとの調整に応じて供給ガス圧力を調整するステップと

を含むことを特徴とする方法である。上記の方法によれば、すべての生産中にプロセスパラメータが監視され、別のプロセスパラメータによる電力の調整に加えて、ガス供給圧力が調整される。このガス供給圧力の調整は、オゾン生成の全体的な効率を高めるために行われ、この効率は通常、電力消費と比較して生成されるオゾンの量である（オゾン生産量または特定エネルギー消費とも呼ばれる）。言い換えれば、この方法は、生産費用を削減するために、生産条件を最適化された構成にするためのガス供給圧力調整のステップを含む。

10

【0005】

特に、オゾン発生器の冷却温度は、オゾン発生器の冷却経路に入る冷却液の温度である。冷却経路は、通常、オゾン発生器、ポンプ、および熱交換器の冷却経路を含む冷却回路の一部である。冷却液は水である場合があり、任意選択で添加剤（腐食、凍結などに対して）を含む。

20

【0006】

特に、電流電力の調整とは、電力密度（電極の1平方メートルあたりkW）の調整である。

【0007】

有利には、供給ガス圧力を調整するステップは、

- 電流電力の調整された値および前記少なくとも1つの調整されたプロセスパラメータによって運転されるオゾン発生器の最適化された効率につながる最適供給ガス圧力を決定するために、供給ガス圧力、電流電力および前記少なくとも1つの前記プロセスパラメータに基づいて、オゾン発生器の性能を予測するモデルの供給ガス圧力に関する導関数を計算するステップと、

30

- オゾン発生器内の最適なガス供給圧力に達するように供給ガス圧力を調整するステップと

を含む。この実施形態によれば、ガス供給圧力の調整は、予測モデルに従って行われ、予測モデルは、電力の調整値および前記少なくとも1つのパラメータに対して、結果として最も効率的なオゾンの生成に到るガス供給圧力の最適値を与える。このようなモデルは経験的モデルになり得るが、しかし学習段階中にディープニューラルネットワークによっても確立され、またはファジーロジックによって駆動されるモデルにもなる可能性がある。

【0008】

有利には、この方法は、オゾン濃度を測定すること、および/またはオゾン発生器を流れるガスの流量を測定することにより、オゾン発生器のガス出口でオゾン発生量を監視するステップを含む。この測定ステップは、通常、オゾン濃度の正確な計算について基礎となる（流量および圧力測定によって）。通常、任意のオゾン発生機にはデフォルトでそのようなセンサが装備されているが、装備されていない場合は、オゾン濃度センサは設置場所に簡単に追加され得る。

40

【0009】

有利には、最適な供給ガス圧力を計算するステップおよび供給ガス圧力を調整するステップが、電流電力または複数のプロセスパラメータの前記少なくとも1つのパラメータの変化と同時に、または変化後の所定の運転時間内に実行される。言い換えれば、オゾンの発生量を調整するための変化があるとすぐに、生成中にガス供給圧力が絶えず調整される。

【0010】

50

有利には、電流電力の調整は、電流周波数の調整である。実際に、電流電力は周波数の変化によって調整される可能性がある。そのような場合、調整される他のパラメータは、周波数とは別のプロセスパラメータであり、供給ガス流量、冷却温度などが考えられる。

【 0 0 1 1 】

有利には、電流周波数および供給ガス流量のみが調整され、

- 電流周波数の増加は、供給ガス圧力の増加につながり、

- 電流周波数の低下は、供給ガス圧力の低下につながる。ガス供給圧力のこれらの変化は、効率の向上につながる。

【 0 0 1 2 】

有利には、調整電力は、電流電圧の調整である。実際に、電流電力は、電流電圧の変化（電圧振幅またはピーク電圧とも呼ばれる）によって調整される可能性がある。そのような場合、調整される他のパラメータは、電圧とは別のプロセスパラメータであり、供給ガス流量、冷却温度などが考えられる。

10

【 0 0 1 3 】

有利には、電流電圧および供給ガス流量のみが調整され、

- 電流電圧の増加は、供給ガス圧力の増加につながり、

- 電流電圧の低下は、供給ガス圧力の低下につながる。ガス供給圧力のこれらの変化は、効率の向上につながる。

【 0 0 1 4 】

有利には、オゾン発生器内の絶対ガス圧は、[0 . 5 バール (a) ~ 6 バール (a)] の範囲で変化する。

20

【 0 0 1 5 】

有利には、オゾン発生機は、オゾン発生器に接続された圧力調整器を備え、オゾン発生器内の供給ガス圧力を調整するステップは、圧力調整器を制御するステップを含む。

【 0 0 1 6 】

有利には、オゾン発生機は、オゾン発生器の少なくとも2つの電極に接続された電力ユニットを備え、電極に供給される電力を調整するステップは、電力ユニットを制御するステップを含む。

【 0 0 1 7 】

有利には、オゾン発生機は、オゾン発生器に接続された流量調整器を備え、供給ガス流量を調整するステップは、流量調整器を制御するステップを含む。

30

【 0 0 1 8 】

有利には、オゾン発生器のガス入口で供給ガスを供給するステップは、少なくとも95%の二酸素ガスを含むガスを供給することから成るステップである。

【 0 0 1 9 】

有利には、オゾン発生器のガス入口で二酸素ガスを供給するステップは、わずか5%の窒素ガスまたはアルゴンガスを含むガスを供給することから成るステップである。

【 0 0 2 0 】

有利には、オゾン発生器のガス入口で供給ガスを供給するステップは、空気を供給することから成るステップである。

40

【 0 0 2 1 】

有利には、この方法は、

- オゾンの発生量を監視するステップと、

- 供給ガス圧力を監視するステップと、

- 消費電力量を監視するステップと、

- オゾンの発生量および消費電力量に基づいて、オゾン生産量を計算および/または測定および監視するステップと、

- ガス供給圧力を調整するステップの前後でオゾン生産量を比較するステップと、

- オゾン生産量を最適化するために、ガス供給圧力を調整するステップの後に、オゾン生産量が低下した場合、供給ガス圧力を調整するステップを繰り返すステップと

50

を含む。

【 0 0 2 2 】

上記の実施形態によれば、供給ガス圧力を調整する効果が監視され（計算により、またはオゾン濃度、ガス流量 / ガス圧力の測定に基づいて）、効率の損失（オゾン生産量の損失）がある場合、さらなる調整が行われる。調整は、試行錯誤によって最適なガス供給圧力を見つけるために、運転範囲をスクリーニングするための「試行およびテスト」方針に従って設定され得る。また、ディープニューラルネットワークによって与えられた指示、あるいは予測モデルからの基本的な計算、あるいはファジーロジック計算に基づいている場合もある。

【 0 0 2 3 】

有利には、方法は、オゾン生産量がさらに増加するように、ガス供給圧力を調整するステップの後にオゾン生産量が増加するか、または同じである場合、供給ガス圧力をさらに調整するステップを含む。

【 0 0 2 4 】

有利には、方法は、ガス供給圧力を調整するステップの後にオゾン生産量が増加するか、または同じである場合、供給ガス圧力を維持するステップを含む。最も効率的な条件でオゾンを生成するために、最適な条件は、一旦到達すると維持される。

【 0 0 2 5 】

本発明の第 2 の態様は、

- 二酸素を含む供給ガスを受け取るための入口と、オゾンを含むガスを排出するための出口とを含むオゾン発生器と、
 - オゾン発生器内に配置され、オゾン化ギャップおよび誘電体層によって分離された少なくとも 2 つの電極と、
 - オゾン発生器に接続された圧力調整器と、
 - 少なくとも 2 つの電極に接続された電力ユニットと、
 - オゾン発生器に接続された流量調整器と、
 - 第 1 の態様による方法を実行するために、前記圧力調整器、電力ユニット、流量調整器を制御するように配置された制御ユニットと
- を備えるオゾン発生機に関する。

【 0 0 2 6 】

一実施形態では、電極は金属であり、誘電体層は、電極の少なくとも 1 つに塗布されたセラミックコーティングを含む。

【 0 0 2 7 】

本発明の他の特徴および利点は、添付の図面によって例示される本発明の特定の非限定的な例の以下の詳細な説明からより明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 8 】

【図 1】図 1 は、本発明によるオゾン発生機の概略図である。

【図 2】図 2 は、図 1 のオゾン発生機の効率曲線の例を示す図である。

【図 3】図 3 は、図 1 のオゾン発生機のオゾン発生器の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 9 】

図 1 は、図 3 に示すように、複数の電極セット E S がハウジング H 内に配置されたオゾン発生器 O z G を備える簡易化したオゾン発生機 O G M を示す。各電極セットは、オゾン化ギャップ O G および誘電体層（明確にするために図には示されていない）によって分離された 2 つの電極 E 1 および E 2 を含む。オゾン発生機 O G M は、各電極セットに電流を供給するための電力ユニット E P U も備える。各オゾン化ギャップ O G は、オゾン発生機の運転時に、二酸素を含むガスを受け取るために、上流でオゾン発生器 O z G のガス入口 O 2 I N に接続され、オゾンを含むガスを排出するために、下流でガス出口 O 3 O U T に接続される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

オゾン化ギャップ O G 内にガス流を生成するために、オゾン発生機は、オゾン発生器 O z G に特定のガス供給流量および特定のガス供給圧力を設定するように設計された酸素循環ポンプ O C P を備える。電極に電力が供給され、ガスの流れが確立されると、電極間のオゾン化ギャップ O G で放電が発生し、コロナ効果を与え、ガス入口 O 2 I N で供給された酸素の一部がオゾンに変換され、それが所定量でガス出口 O 3 O U T に排出される。

【 0 0 3 1 】

オゾンの生成中に安定した状態を保証するために、冷却回路がオゾン発生器 O z G 内に冷却経路を備えており、その結果、冷却液がオゾン発生器 O z G を通って流れて、各電極セット E S を直接冷却することができる。図 3 は、冷却水 W C がオゾン発生器 O z G 内に存在することを示す。オゾン発生器は、冷却水入口 W C I N、および冷却水出口 W C O U T を備える。

10

【 0 0 3 2 】

通常、オゾン発生機 O G M は次の範囲で運転され得る。

電力密度の範囲：電極の 1 平方メートルあたり [0 . 1 ~ 1 0] k W

電流周波数の範囲： [1 0 ~ 3 0 0 0 0] H z

ピーク電圧の上限の範囲： [2 ~ 2 0] k V

ガス出口でのオゾン濃度： 1 ~ 1 6 重量%

供給ガスの絶対圧力の範囲、 [0 . 5 バール (a) ~ 6 バール (a)]

【 0 0 3 3 】

窒素 (N 2) および / またはアルゴン (A r) が、少なくとも 0 . 1 ~ 5 重量% の濃度で供給ガスに存在し、残りが二酸素であることが望ましい場合がある。別法として、オゾン発生器に空気を供給することができる。

20

【 0 0 3 4 】

オゾン発生機 O G M は、オゾンの生成を監視および点検するための適切なセンサも装備しており、発生機は、図 1 に示すように、酸素濃度センサ O C S、酸素圧力センサ O P S、酸素流量センサ O F S、オゾン濃度センサ O 3 S、オゾン圧力センサ O 3 P S、オゾン循環流量センサ O 3 Q、冷却水入口温度センサ I W C T S および冷却水出口温度センサ O W C T S、冷却水入口流量センサ I W C Q S および冷却水出口流量センサ O W C Q S、例えば電極強度センサ、電極電圧センサ、および周波数センサ含む電極電力測定手段 E P S を備えることができる。

30

【 0 0 3 5 】

オゾンの生成は、ユーザの要件に応じて調整可能であり、通常、電力ユニット E P U は、電極 E 1、E 2 に供給される電力を調整するように配置される。電流電圧 (電流振幅、またはピーク電圧とも呼ばれる) および / または電流周波数を調整することができる。ガス供給流量を調整することもでき、その結果、酸素循環ポンプ O C S が循環流量を変更できる。代替的または追加的に、ガス経路に沿って流量調整器 O 3 R を実行して、ガス供給流量 (および結果としてガス排気流量) を特定の値に設定することができる。調整の対象となるもう 1 つのパラメータはオゾン発生器の温度であり、このために、冷却水温度を調整することができる。

40

【 0 0 3 6 】

全体として、電極に供給される電力、および供給ガス流量、電流周波数、電流電圧、オゾン発生器の冷却温度を含む複数のプロセスパラメータの少なくとも 1 つを調整して、オゾン発生器のガス出口 O 3 O U T で発生するオゾンの量を調整することができる。

【 0 0 3 7 】

オゾンの生成中に、電力およびその他のパラメータを調整して、オゾン発生器で生成されるオゾンの量を変更することができる。これらの調整に加えて、最適化された生成状態にオゾン発生器 O z G を配置するために、ガス供給圧力を調整することもまた提案されている。

【 0 0 3 8 】

50

これを可能にするために、この方法は、電力および他のプロセスパラメータの変化と同時に、または所定の運転時間内に、電力および他のプロセスパラメータの値を連続的に監視することにより、ガス供給圧力を調整することを提案する。

【 0 0 3 9 】

次に、ガス供給圧力の調整を管理する複数の可能性が存在する。

【 0 0 4 0 】

最初の選択肢は、電流電力の調整された値および前記少なくとも1つの調整されたプロセスパラメータによって運転されるオゾン発生器の最適化された効率につながる最適供給ガス圧力を決定するために、供給ガス圧力、電流電力および前記少なくとも1つのプロセスパラメータに基づいて、オゾン発生器の性能を予測するモデルの供給ガス圧力に関する導関数を計算することである。次に、ガス供給圧力を計算値に設定すると、オゾン生成の効率が向上し、原材料またはエネルギー費用の費用節約につながる。

10

【 0 0 4 1 】

モデルの例として、次の式を使用して、オゾン濃度、供給ガス圧力、電力密度、冷却水温度、および電流の周波数に関連した機械効率を計算することができる。

$$(c,p,q,T,f) = 9.234E+00 + 2.124E-01 \times c + 2.451E+00 \times p + 3.072E-01 \times q + 2.568E-01 \times T + 1.688E-03 \times f + 0.000E+00 \times c \times p - 1.774E-01 \times c \times q - 2.679E-02 \times c \times T + 0.000E+00 \times c \times f + 9.869E-01 \times p \times q + 0.000E+00 \times p \times T - 1.502E-03 \times p \times f - 3.585E-02 \times q \times T + 3.888E-04 \times q \times f + 0.000E+00 \times T \times f - 4.680E-02 \times c^2 - 1.238E+00 \times p^2 - 2.777E-01 \times q^2 - 1.873E-03 \times T^2 + 1.000E-08 \times f^2$$

20

その場合、

c = オゾン濃度 (重量%)

p = 供給ガス圧力 (パール - a)

q = 電力密度 (kW / m²)

T = 冷却水温度 (°C)

f = オゾン発生器に供給される電流の周波数 (Hz)。

【 0 0 4 2 】

このようなモデルは通常、実験計画 (DoE) の測定計画に従って、測定キャンペーンを実行することによって決定される。変化する変数を伴う技術の物理的挙動を説明するモデルの係数を決定するために、各新技術または既存技術の機械のプロトタイプは、好適には高い精度または正確さでプロセス制御および測定機器に接続される。その後、実験計画のルールに従って5つの変数を含む測定計画が生成され、5つの変数すべてが必要な範囲にわたって変化する [参照: Myers, Raymond H. Response Surface Methodology. Boston: Allyn and Bacon, Inc., 1971]。例として、この範囲は以下ようになる。

30

c [1 ; 5] 重量%

p [1 ; 2] パール (a)

q [0.5 ; 2.5] kW / m²

T [5 ; 40]

f [500 ; 1000] Hz。

40

【 0 0 4 3 】

その後、各変数に必要な値の範囲でシステムの物理的挙動をモデル化するのに適した数学関数、この場合は次の形式の完全な二次多項式

$$(c,p,q,T,f) = a_0 + a_1 \times c + a_2 \times p + a_3 \times q + a_4 \times T + a_5 \times f + a_6 \times c \times p + a_7 \times c \times q + a_8 \times c \times T + a_9 \times c \times f + a_{10} \times p \times q + a_{11} \times p \times T + a_{12} \times p \times f + a_{13} \times q \times T + a_{14} \times q \times f + a_{15} \times T \times f + a_{16} \times c^2 + a_{17} \times p^2 + a_{18} \times q^2 + a_{19} \times T^2 + a_{20} \times f^2、$$

が選択される。十分な数の変数の組み合わせを測定した後、すべての係数 a (i = 0 . . . 20) の正確な値を決定するために、記録されたデータセットの線形回帰分析が実行

50

される。

【 0 0 4 4 】

この第1の選択肢によれば、最適なガス供給圧力が正確に予測され、機械パラメータを新しい値に設定することにより、オゾンの生成が直接かつ迅速に最適化されることにつながる。いくつかの係数はゼロであることに留意すべきであり、これは特定の技術に依存しているためである。別の技術、例えば、ギャップ幅、他の電極材料、または発電機の形状が異なると、モデル係数が異なることになり、その結果、標準的なステップは、適切なモデルまたは係数を決定するために、そのような測定キャンペーンを実行または再実行することになる。異なる次数の多項式、対数関数または指数関数、べき関数、またはそれらの組み合わせを含むがこれらに限定されない他の数学関数を使用して効率を予測できることにも留意されたい。ただし、誘電体バリア放電を使用するオゾン発生器の各実施について、上記の手順に従って効率を予測する近似曲線を生成する適切な数学関数を見つけることが可能である。

10

【 0 0 4 5 】

ただし、学習段階の後、電力および別のプロセスパラメータの設定を変更した後、ガス供給圧力の最適値を予測できるディープニューラルネットワークを使用することも可能である。この場合、ディープニューラルネットワークが生産パラメータ、変化、および生産データの結果（生成されるオゾンの量）を保存する学習段階中に構築されるので、モデルは純粋に経験的である。別の代替案では、ファジーロジックを使用して経験的モデルを構築することにより、ガス供給圧力の変化を駆動することも可能である。

20

【 0 0 4 6 】

第2の選択肢では、試行錯誤の方法に従って、電力および少なくとも1つの他のプロセスパラメータの設定を変更した後、ガス供給圧力の範囲をスクリーニングすることができる。この場合、オゾン生産量が計算され（生成されたオゾンの量および消費電力に基づいて）、少なくともガス供給圧力の変化の前後に監視される。ガス供給圧力がオゾン生産量の低下につながる場合、そのときガス供給圧力は、以前のより良い生産条件を復元するために以前の値に、またはより良い条件が見つかる可能性があるかどうかを検査するために別の値に別時に変更される。目的は、ガス供給圧力をスクリーニングすることにより、機械の効率を最適化することである。

【 0 0 4 7 】

この第2の選択肢では、最小圧力から最大圧力までのスクリーニング、結果の比較などの複数の手順が続いて、供給ガス圧力を最大効率のポイントに設定することができる。電力および前記少なくとも他のプロセスパラメータの調整後に、供給ガス圧力の規則正しい減少および供給ガス圧力の増加を計画して、オゾン発生機の効率を最大化するために傾向に従うことを最初に決定することもまた可能である。もちろん、この方法は、オゾン生産量の増加を最小にするか、オゾン生産量をできるだけ高くするかのいずれかに決定されたレベルに供給ガス圧力を維持する。

30

【 0 0 4 8 】

ガス供給圧力調整の繰り返しを最小限に抑えるために、第1の選択肢（最適なガス供給圧力を予測する計算）および第2の選択肢（追加の調整について決定するための供給ガス圧力の調整および効率の前後の比較）を混在させることも可能である。

40

【 0 0 4 9 】

図2は、ガス供給圧力が本方法に従って調整される場合、図1のオゾン発生機OGMの効率曲線を示す。曲線は相対的な効率を示しており、基準線は、2.8バール-aでオゾン濃度が10重量%、100%負荷の生産ポイントである。

【 0 0 5 0 】

第1の場合は、第1のオゾン量が生成された場合（10重量%）、機械の全能力での生産中（100%負荷）、および機械の半分の能力での生産中（50%負荷）の効率への影響を示す。この場合は、2つの上方の曲線（小さな点線と二点鎖線）で表される。

【 0 0 5 1 】

50

この場合（生成されるオゾンの10重量%）、頂部の曲線（小さな点線）は、機械がその能力の50%で運転されている場合、最適な供給ガス圧力が約2.6バール-a（絶対圧力）であることを示す。負荷が最大能力まで増加すると、第2の曲線（二点鎖線）は、最適な供給ガス圧力が約2.75バール-a（絶対圧力）であることを示す。オゾン発生器のガス出口で10重量%の同じオゾン濃度で生産量（生成されるオゾンの量）が増加する場合、数ポイントの効率を節約するために、供給ガス圧力を上昇させることが有利である。

【0052】

オゾン発生器OzGのガス出口OUTで、生成されたオゾンの濃度が13重量%である第2の場合も示されている。この場合は、下方の2つの曲線（大きな点線と一点鎖線）で表される。

10

【0053】

この場合（生成されるオゾンの13重量%）、底部の曲線（一点鎖線）は、機械がその能力の50%で運転されている場合、最適な供給ガス圧力が約2.1バール-a（絶対圧力）であることを示す。負荷が最大能力まで増加すると、下からの第2の曲線（大きな点線）は、最適な供給ガス圧力が約2.35バール-a（絶対圧力）であることを示す。オゾン発生器のガス出口で13重量%の同じオゾン濃度で生産量（生成されるオゾンの量）が増加する場合、数ポイントの効率を節約するために、供給ガス圧力を上昇させることが有利である。

【0054】

20

当然のことながら、添付の特許請求の範囲によって定義される本発明の範囲内にありながら、当業者にとって明らかな改良および/または修正が実施され得ることを理解されたい。

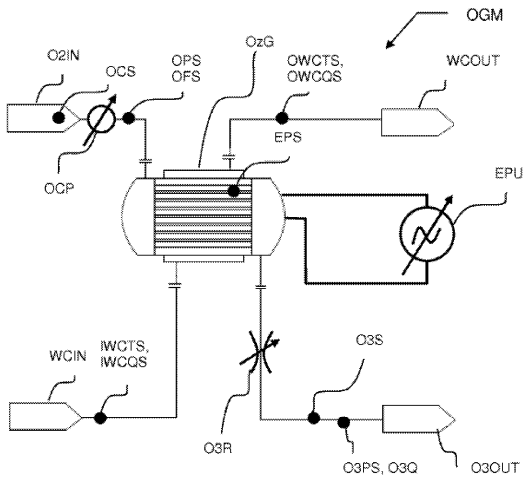
30

40

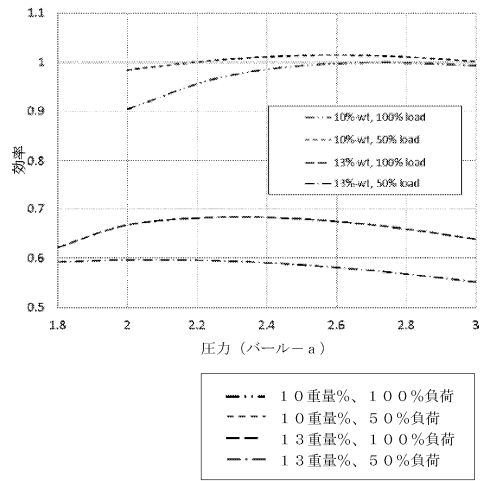
50

【図面】

【図 1】

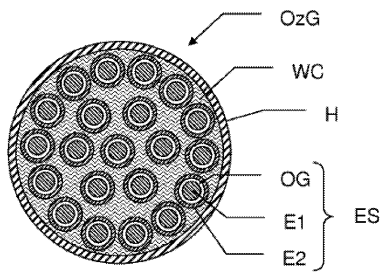


【図 2】



10

【図 3】



20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 ラモイノ, ルカ
スイス国 ウスター 8610 ノイヴィーゼンシュトラッセ 8

審査官 神野 将志

(56)参考文献 特開2009-114003(JP, A)
特開2014-122157(JP, A)
特開2018-193265(JP, A)
特表2009-500855(JP, A)
米国特許第05106589(US, A)
米国特許第06372096(US, B1)
特開2013-193893(JP, A)
特開2016-023112(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
C01B 13/11
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)