

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

**特表2017-510934**  
(P2017-510934A)

(43) 公表日 平成29年4月13日(2017.4.13)

|                   |                  |            |   |            |
|-------------------|------------------|------------|---|------------|
| (51) Int.Cl.      |                  | F I        |   | テーマコード(参考) |
| <b>H05H 1/34</b>  | <b>(2006.01)</b> | H05H 1/34  |   | 2G084      |
| <b>B01J 19/08</b> | <b>(2006.01)</b> | B01J 19/08 | K | 4G075      |

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2016-547156 (P2016-547156)  
 (86) (22) 出願日 平成27年1月30日(2015.1.30)  
 (85) 翻訳文提出日 平成28年8月2日(2016.8.2)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/013794  
 (87) 国際公開番号 W02015/116943  
 (87) 国際公開日 平成27年8月6日(2015.8.6)  
 (31) 優先権主張番号 61/934, 184  
 (32) 優先日 平成26年1月31日(2014.1.31)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 516212795  
 モノリス マテリアルズ インコーポレイ  
 テッド  
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
 レッドウッド シティ, シーポート ブ  
 ルバード 1700, スイート 110  
 (74) 代理人 100107456  
 弁理士 池田 成人  
 (74) 代理人 100162352  
 弁理士 酒巻 順一郎  
 (74) 代理人 100123995  
 弁理士 野田 雅一  
 (74) 代理人 100148596  
 弁理士 山口 和弘

最終頁に続く

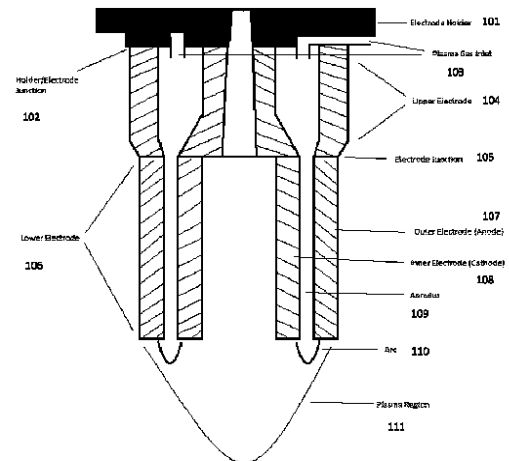
(54) 【発明の名称】 プラズマトーチ設計

(57) 【要約】

設計は、プラズマトーチ性能の改善を進める。本願に説明された1つ又は複数の様々な進歩は、トーチ、リアクタ、製造方法の効率および効果を改善できる。水素プラズマガスを用いたトーチの使用、天然ガス原料、カーボンブラック生産も説明されている。

【選択図】 図1

FIG. 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

互いに内側に入れ子になり、同軸状に配置された少なくとも 2 つの円筒状グラファイト電極を備えるプラズマトーチ。

## 【請求項 2】

前記内部電極が中空になっている、請求項 1 に記載のプラズマトーチ。

## 【請求項 3】

前記内部電極が中実円柱になっている、請求項 1 に記載のプラズマトーチ。

## 【請求項 4】

プラズマガスと共に使用可能であり、前記プラズマガスの容積が少なくとも約 60% の  $H_2$  である、請求項 1 に記載のプラズマトーチ。 10

## 【請求項 5】

少なくとも 10 ppm (百万分率) で存在する、 $CO$ 、 $C_2H_2$ 、 $H_2CN$ 、 $CH_4$ 、 $C_2H_6$ 、 $N_2$ 、多環芳香族炭化水素、単環芳香族炭化水素、 $Ar$  ガスのうち少なくとも 1 つを含むプラズマガスと共に使用可能である、請求項 1 に記載のプラズマトーチ。

## 【請求項 6】

同心電極間の隙間が、約 4 mm 以上約 20 mm 以下である、請求項 1 に記載のプラズマトーチ。

## 【請求項 7】

先端を含み、電極間距離、電極の厚さ、および/または前記先端の表面積は、使用中 (during wear)、実質的に一定のままである、請求項 1 に記載のプラズマトーチ。 20

## 【請求項 8】

プラズマガスの前記流れに特に適合された電極の間に少なくとも一つの環状部を更に含む、請求項 1 に記載のプラズマトーチ。

## 【請求項 9】

電極間に上部環状部と下部環状部とを更に含む、前記上部環状部は前記下部環状部より広い、請求項 1 に記載のプラズマトーチ。

## 【請求項 10】

約 300 ~ 約 1500 V の作動電圧および最大約 4500 V の開放回路電圧を供給できる電源を更に備える、請求項 1 に記載のプラズマトーチ。 30

## 【請求項 11】

少なくとも一つの電極が、先端を有し、前記トーチは、約 10 ~ 約 100 mT の軸方向成分で、前記電極の前記先端に磁界を与えられる磁界生成コンポーネントを更に含む、請求項 1 に記載のプラズマトーチ。

## 【請求項 12】

上部カソード及び下部カソードと上部アノード及び下部アノードとを含み、一つの導電性電極を製作する為に前記上部カソードは前記下部カソードに接続され、一つの導電性電極を製作する為に前記上部アノードは前記下部アノードに接続され、これらの接続の各々は、導電性電極接合部で製作される、請求項 1 に記載のプラズマトーチ。

## 【請求項 13】 40

上部電極と下部電極を接続する為に円錐状ネジが使用される、請求項 12 に記載のプラズマトーチ。

## 【請求項 14】

電極間に環状部を含み、前記下部電極は、前記上部電極より狭い環状部を有する、請求項 12 に記載のプラズマトーチ。

## 【請求項 15】

前記下部電極は、消耗品とみなされる、請求項 12 に記載のプラズマトーチ。

## 【請求項 16】

複数の消耗可能な電極が上部電極に取り付けられる、請求項 15 に記載のプラズマトーチ。 50

- 【請求項 17】  
前記下部電極のリング厚さは、互いに10%の範囲にある、請求項12に記載のプラズマトーチ。
- 【請求項 18】  
前記外部電極の表面積が前記内部電極の表面積と比較されたとき、前記電極の先端の表面積は、2:3より大きく、4:1より小さい電極先端区域を含む、請求項1に記載のプラズマトーチ。
- 【請求項 19】  
少なくとも一つの前記電極が、実質的に平行状ステーブ(stave)設計を有する、請求項1に記載のプラズマトーチ。 10
- 【請求項 20】  
少なくとも5つのステーブが、中空同心リングをつくる為に使用される、請求項19に記載のプラズマトーチ。
- 【請求項 21】  
熱応力の軽減を与え、更にノ又は、制御された熱分解を与える為に前記電極に切断された軸方向の溝を含む、請求項1に記載のプラズマトーチ。
- 【請求項 22】  
電極先端区域を含み、前記円筒状電極は、前記先端部に中空円筒を近づける同一電位で保持される円筒状ロッドを備える、請求項1に記載のプラズマトーチ。 20
- 【請求項 23】  
前記内部電極は、シャワーヘッド設計を有する、請求項1に記載のプラズマトーチ。
- 【請求項 24】  
シールドガスの流れの為に環状部を含む、請求項1に記載のプラズマトーチ。
- 【請求項 25】  
中空同心電極の前記本体を通る、およびノまたは、中空同心電極の中央を通る、中央電極内のシャワーヘッド、環状部、シールドガスチャネルのうち、1つ以上を通るプラズマガスの流れの為に少なくとも一つのチャネルを含む、請求項2に記載のプラズマトーチ。
- 【請求項 26】  
少なくとも一つの磁石を含み、磁界を生成し調整する、請求項1に記載のプラズマトーチ。 30
- 【請求項 27】  
前記アノードを前記カソードに接続し、アーク起爆の為に導電路を与える導電性機械的コネクタを含む、請求項1に記載のプラズマトーチ。
- 【請求項 28】  
プラズマチャンバを含むプラズマリアクタであって、前記プラズマチャンバから熱を遠ざけて移動させるガス流チャネルを前記リアクタの前記壁が含む、プラズマリアクタ。
- 【請求項 29】  
前記チャネルは、前記加熱されたガスのうち少なくとも一部がプラズマガスとして向け直すことができるように設計されている、請求項28に記載のプラズマリアクタ。
- 【請求項 30】  
請求項1に記載のトーチを含み、前記リアクタの前記壁は、スロートセクションを形成する為に前記トーチセクション後に狭く、その後、前記スロートセクション後に広がる、プラズマリアクタ。 40
- 【請求項 31】  
炭化水素原料インジェクタを前記スロートセクションに含む、請求項30に記載のプラズマリアクタ。
- 【請求項 32】  
上流方向または下流方向のいずれかで前記スロートの5直径の範囲で、炭化水素原料インジェクタを含む、請求項30に記載のプラズマリアクタ。
- 【発明の詳細な説明】 50

## 【関連出願の相互参照】

## 【0001】

[0001]本願は、2014年1月31日に提出された米国仮出願第61/934,284号の利益を主張し、その開示内容は参考のために明白に本願に組み込まれる。

## 【0002】

## 【技術分野】

## 【0003】

[0002]この発明が関連する技術分野は、化学的变化に影響を与える電気エネルギーを使用する装置および方法である。

## 【0004】

## 【背景】

## 【0005】

[0003]カーボンブラックを生産する為に、長年にわたって使用され、また、使用されてきた多くのプロセスがある。そのようなカーボンブラックを長年にわたって生産する為に使用されたエネルギーは、大部分、炭化水素を含む材料をカーボンブラックに変換するために使用される原材料と密接に関連する。残留製油所の石油や天然ガスは、カーボンブラック生産の為に供給源であった。エネルギーは、化学的プロセスにおいて時間をかけて、少し例を挙げれば、単純燃焼から油炉へと、プラズマへと、漸進的に変化してきた。全ての製造におけるように、そのような製品を生産する為に効率的かつ有効な方法の為に一定の調査がある。エネルギーの流量および他の条件の変更、原材料の流量および他の条件の変更、生産速度の増加、歩留まりの増加、製造設備摩耗特性の減少などは、全て、長年にわたって、この調査の全て又は一部であり続けている。

## 【0006】

[0004]本願で説明されるシステムは、前述された難題に必ずしも対応するものであり、その上、より効率的かつ有効な製造プロセスを達成するものである。

## 【0007】

## 【簡単な要約】

## 【0008】

[0005]前述されたプラズマトーチは、互いに内側に入れ子になっており、同軸状に配置された少なくとも2つの円筒状のグラファイト電極を含み、前述された請求項1のプラズマトーチにおいて、内部電極は中空であり、前述されたプラズマトーチにおいて、内部電極は中実円柱であり、前述されたプラズマトーチは、容積で少なくとも約60%のH<sub>2</sub>のプラズマガスと共に使用可能であり、前述されたプラズマトーチは、少なくとも10ppm(百万分率)で存在する、CO、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>、HCN、CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、N<sub>2</sub>、多環芳香族炭化水素、単環芳香族炭化水素、および/または、Arガスのうち少なくとも1つを含むプラズマガスと共に使用可能であり、前述されたプラズマトーチにおいて、同心電極間の隙間が、約4mm以上約20mm以下であり、前述されたプラズマトーチは先端を含み、電極間距離、電極の厚さ、および/または先端の表面積は、使用中(during wear)、実質的に一定のままであり、前述されたプラズマトーチは、プラズマガスの流れに特に適合された電極の間に少なくとも一つの環状部を更に含み、前述されたプラズマトーチは、電極間に上部環状部と下部環状部とを更に含み、上部環状部は下部環状部より広がっており、前述されたプラズマトーチは、約300~約1500Vの作動電圧および最大約4500Vの開放回路電圧を供給できる電源を更に備え、前述されたプラズマトーチにおいて、少なくとも一つの電極が、先端を有し、トーチは、約10~約100mTの軸方向成分で、電極の先端に磁界を与えられる磁界生成コンポーネントを更に含み、前述されたプラズマトーチは、上部カソード及び下部カソードと上部アノード及び下部アノードとを含み、一つの導電性電極を製作する為に上部カソードは下部カソードに接続され、一つの導電性電極を製作する為に上部アノードは下部アノードに接続され、これらの接続の各々は、導電性電極接合部で製作され、前述されたプラズマトーチにおいて、上部電極と下部電極を接続する為に円錐状ネジが使用され、前述されたプラズマトーチは、電極間に環状部を含み

10

20

30

40

50

、下部電極は、上部電極より狭い環状部を有し、前述されたプラズマトーチにおいて、下部電極は、消耗品とみなされ、前述されたプラズマトーチにおいて、複数の消耗可能な電極が上部電極に取り付けられ、前述されたプラズマトーチは、下部電極のリング厚さは、互いに10%の範囲にあり、前述されたプラズマトーチは、外部電極の表面積が内部電極の表面積と比較されたとき、電極先端の表面積は、2:3より大きく、4:1より小さい電極先端区域を含み、前述されたプラズマトーチにおいて、少なくとも一つの電極が、実質的にバレル状ステープ(stave)設計を有し、前述されたプラズマトーチにおいて、少なくとも5つのステープが、中空同心リングをつくる為に使用され、前述されたプラズマトーチは、熱応力を軽減し、更に/又は、熱分解を制御する為に、電極に切断された軸方向の溝を含み、前述されたプラズマトーチは、一定の電極先端区域を含み、円筒状電極は、先端に中空円筒を近づける同一電位で保持される円筒状ロッドを備え、前述されたプラズマトーチにおいて、内部電極は、シャワーヘッド設計を備え、前述されたプラズマトーチは、シールドガスの流れの為に環状部を含み、前述されたプラズマトーチは、中空同心電極の本体を通り、さらに/または、中空同心電極の中央を通り、中央電極内のシャワーヘッド、環状部、シールドガスチャネルのうち、1つ以上を通るプラズマガス流の為に少なくとも1つのチャネルを含み、前述されたプラズマトーチは、少なくとも一つの磁石を含み、磁界を生成かつ調整し、前述されたプラズマトーチは、アノードをカソードに接続し、アーク起爆の為に導電路を与える導電性機械的コネクタを含む。

10

【0009】

[0006]追加の実施形態は、プラズマチャンバを含むプラズマリアクタであって、プラズマチャンバから熱を遠ざけて移動させるガス流チャネルをリアクタの壁が含む、プラズマリアクタを含み、前述されたプラズマリアクタにおいて、チャネルは、加熱されたガスのうち少なくとも一部をプラズマガスとして向け直すことができるように設計されており、前述されたプラズマリアクタは、前述されたトーチを含み、リアクタの壁は、スロートセクションを形成するように、トーチセクション後に狭く、スロートセクション後に広がっており、前述されたプラズマリアクタは、炭化水素原料インジェクタをスロートセクションに含み、前述されたプラズマリアクタは、上流方向または下流方向のいずれかでスロートの5直径(5 diameters)の範囲で、炭化水素原料インジェクタを含む。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、前述された典型的プラズマトーチの概略的に表示する。

【図2】図2は、前述された典型的プラズマトーチの概略的に表示する。

【図3】図3は、前述された典型的プラズマトーチの概略的に表示する。

30

【0011】

【詳細な説明】

【0012】

[0008]本願に示された事項は例示であり、本発明の様々な実施形態の例示的検討のためにすぎず、最も有用であり、本発明の概念上の態様と理論の説明が容易に理解されると考えられているものを提供するために示されている。この点に関しては、本発明の根本的な理解に必要な詳細を越えて、本発明の詳細を示す意図はなく、この説明は、いかに幾つかの形式の発明を実用的に具現化する当業者にとって明らかにする。

40

【0013】

[0009]以下、より詳細な実施形態を参照して、本発明を説明する。しかしながら、この発明は、異なる形式で具現化されてもよいので、本願で説明される実施形態に限定されるものではない。むしろ、これらの実施形態は、この開示内容が徹底的かつ完全であるように提供されるので、本発明の範囲を十分に当業者に伝えるであろう。

【0014】

[0010]特に定められない限り、本願で使用される全ての技術および科学用語は、この発明が属する技術における通常の知識を有する者が普通に理解するように、同一の意味を有する。本発明の説明で使用される術語は、特定の実施形態を説明する為のものにすぎず、本

50

発明の限定を意図するものではない。本発明の説明および添付請求項で使用されるように、単数を示す表現は、文脈が他の意味を明示しない限り、複数も同様に意味することが意図されている。本願で言及された全ての文献、特許出願、特許および他の文献は、それらの全体が参考のために明白に組み込まれる。

【0015】

[0011]他に表示されない限り、明細書および特許請求の範囲において使用された原料成分の量を表す全ての数、反応条件、その他は、全ての場合、「約」という用語によって修正されるように理解されるべきである。したがって、反対の表示がない限り、次の明細書および添付された特許請求の範囲で述べられた数値的パラメータは、近似値であり、これらは、本発明によって得られるように求められる所望の特性に依存して変化してもよい。何はともあれ、請求項の範囲に均等論を適用することを限定する意図がなく、各数値的パラメータは、有効桁および通常の見捨入アプローチの観点で解釈されるべきであろう。

10

【0016】

[0012]本発明の広い範囲を述べる数値範囲およびパラメータは近似値であるにも拘わらず、特定実施例で述べられた数値は、可能な限り正確に報告されている。しかしながら、数値は、本来的に一定の誤差を含み、これらの誤差は、それぞれの試験測定値で見い出される標準偏差から必然的に生じるものである。この明細書を通じて与えられる全ての数値範囲は、全ての狭い数値範囲を含み、狭い数値範囲は、そのような狭い数値範囲が本願で明記された全てであるかのように、そのような広い数値範囲に入る。

20

【0017】

[0013]本発明の更なる利点は、この説明では一部が説明されているが、これらは、その説明から一部が自明であり、本発明の実施によって学習されてもよい。前述の一般的説明および以下の詳細な説明の両方は、例示的かつ説明的なものにすぎず、請求項に規定されるような発明を限定するものではないことが分かる。

【0018】

[0014]図1、図2、図3は、本願に説明された典型的トーチの変形例の概略的な二次元表示である。例えば、図1は、内部電極(108)(通常はカソード)および外部電極(107)(通常はアノード)の間のプラズマガス入口(103)と通って流れるプラズマガスを示す。各電極は、上部電極セクション(104)、下部電極セクション(106)から構成され、これらは、電極接合部(105)で接続されている。下部電極の重量分布が接合部にわたって均等であり、熱的に誘導される応力破断が最小になることを確実にするために、電極接合部は円錐ネジを使用することができる。上部電極および下部電極を接合する他の方法も使用可能であり、非限定的な実施例として、フック、ラッチ、トンク、溝、機械的ボルトを含む。環状部は、同心電極の間の空間であり、必ずしもプラズマガスの全てではないが、一部のプラズマガスが、プラズマ領域に達する前に通過する。環状部の幅は、アノードおよびカソードの間の平均距離として説明され、隙間または先端距離は、カソードの先端において、アノードの先端まで最も近い距離として説明される。電極ホルダ(101)は、ホルダ/電極接合部(102)において上部電極に接続される。電極ホルダは、アノードおよびカソードの両方の電気分離を可能にし、アノードおよびカソードに対する電気接続を更に与える。アノードおよびカソードの一方または両方に対する電源の接続は、他の手段を通して達成可能であるが、複数の機能に役立つ電極ホルダを用いて達成すると便利である。電極ホルダにおける、とりわけ、テフロン(商標)、ポリマ、様々なセラミクスを含む様々な材料の使用には、十分な熱的、電気的な分離を与えることが含まれる。これらの材料は、さらに、予熱プラズマガスが電極ホルダ付近で流れることを可能にするが、予熱プラズマガスは、任意で、水冷可能である。プラズマガスはアーク(110)を通過して移動され、プラズマゾーンまたは理想的にはリアクタの最も熱い部分である領域(111)への熱放出として役立つ。図1の(下部環状部(109)上方の上部電極セクション内の)広い上部環状部は、トーチの、この区域における電極間のアーク発生の可能性を減らすことを考慮に入れる。さらに、下部電極は、事実上、消耗できるように設計されており、上部電極および電極ホルダを交換することなく、容易かつ迅速で安価

30

40

50

な交換を考慮に入れる。

【0019】

[0015] 図2は、プラズマガスに対する幾つかの異なる可能な流路を示す。プラズマガスは、シールドガス(204)として作用するように外部電極の周りを流れることができる。これにより、電極が保護され、より長い有効寿命に備え、トーチによって供給される熱負荷の実用性を最大にできる。また、電極は、シャワーヘッド設計部(202)を有することができるが、内部電極は中空リングではなく、むしろ、中空シャフトを備えた中実電極であり、中空シャフトは、内部電極における熱放出(203)と、トーチの熱負荷を最大に利用することを考慮に入れる。さらに、プラズマガスは、環状部(201)を通して流れることができ、あるいは、例えば、電極を軸方向に穿孔された管状シャフトを通して、図1に描かれた同心の中空内部電極および外部電極の壁を通して流れることができる。

10

【0020】

[0016] 図3は、トーチおよび下流側反応ゾーンを描く。プラズマガス(301)は、内部電極(302)および外部電極(303)を通して、プラズマゾーンの下流側に、収束または狭くなる領域(304)、スロート(305)に流れ、その後、拡がりリアクタ(306)に流れる。これは、大量の乱流をつくり、この構成は、炭化水素原料との最適混合に備える。図は、また、2つの機能、すなわち、(1)プラズマゾーンの壁を冷却すること、(2)プラズマトーチの熱負荷をより効率良く使用する為に、プラズマチャンバの運用寿命を長くする為にプラズマチャンバに入る前にプラズマガスを予熱することに役立つように、プラズマゾーンの下部分および中間部分の周りを流れるリサイクルプラズマガス(307)を示す。

20

【0021】

[0017] これらの図の全ては、下方の流れを伴う垂直状態のトーチ/リアクタを示すが、上方流または水平リアクタを有することも可能である。示された特別なトーチ/リアクタ設計のためには、下方流を伴う垂直リアクタの配向が好ましい。

【0022】

[0018] 長年にわたって様々な処理からカーボンブラックが作られてきたが、プラズマベース処理の商業的開発は成功しなかった。過去において、カーボンブラックの生産の為にプラズマ発生装置設計は、既存の炉の処理に対抗したときに生き残る為の、十分な加熱速度、腐食に対する耐性、経済的なプラズマガス、急速混合、十分な経済状態の製造を有していなかった。本願で説明されたプラズマトーチは、他のトーチが達成できなかったプラズマ処理からの高品質カーボンブラックの連続操作および製造を可能にする。

30

【0023】

[0019] 様々な産業的処理の為にプラズマジェットは、普通、放電チャンバおよび互いに絶縁された電極を備えるプラズマ発生装置によって生み出される。電気アーク放電は、媒体の流れの中で、電極間の放電チャンバ内で起爆される。通常はガスである媒体は、放電部でプラズマ状態へと加熱され、プラズマジェットの形で発生装置から流出する。

【0024】

[0020] 全てのプラズマ発生装置のコンポーネントのうち、電極、むしろ、電気アークに晒されるそれらの表面「アークスポット」が最も極端な熱流束に晒される。これらの区域における熱流束は、 $10^5 \text{ W/cm}^2$  (1平方cm当たりのワット)を越え、この環境は、全ての知られた金属を溶かすか腐食させる。プラズマコンポーネントの冷却は、熱交換剤を用いたジャケット冷却技術を経て、通常は達成される。

40

【0025】

[0021] 前述されたプラズマリアクタにおいて、他の要因の中でも、電源、アーク配置の制御、電極間隔、ガス流量は、性能を確実にするため、高精度で制御される。電源は、高電圧スパイクを扱うために、電極に接続され、非常に高い開放回路電圧に備える。電源は、500 - 1500V (ボルト) または、それより高い典型的な作動電圧を供給できる能力がある。電源は、作動電圧の1.5倍から3.0倍の電圧にもなり得る開放回路電圧を有する。これらの電圧範囲は、炭化水素原料流量、60%水素より高い水素を備えるプラズ

50

マガス、4 - 20 mm (ミリメートル) の隙間間隔と組み合わせて、特定プラズマガス流量において、カーボンブラックを製造するには最適であることが分かってきた。

【0026】

[0022] 所定の隙間間隔、電圧、プラズマガス流量、電極先端の表面積に対して、電極先端の最適電力密度は、 $0.1 \sim 2 \text{ kW/cm}^2$  (1平方cm当たりのキロワット) である。この範囲以下では、効率の良いカーボンブラック製造にとって電力出力が低すぎ、この範囲以上では、トーチが急速に変質するので、電極摩耗のため非効率的なカーボンブラック製造になる。

【0027】

[0023] プラズマガスは、プラズマトーチ領域を通過したガスなので、プラズマ状態にあると考えられ、十分に相互作用されている筈である。本願で使用されているようなプラズマガスは、励起されたガスを意味するので、プラズマトーチ区域を通過する任意のガスを意味し、このガスは、誘発されなかったという何らかの理由が無ければ、プラズマ状態に誘発された筈である。

10

【0028】

[0024] 前述された高効率のプラズマリアクタプラズマガスの成分は、少なくとも約60%から約100%の水素を含み、さらに、約30%の窒素、最大約30%のCO、最大約30%のCH<sub>4</sub>、最大約10%のHCN、最大約30%のC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>、最大約30%のArを含むことができる。さらに、プラズマガスは、アントラセン、ナフタレン、コロネン、ピレン、クリセン、フルオレン等のような多環芳香族炭化水素も含むことができる。さらに、プラズマガスは、ベンゼン、トルエンを有することができ、同様の単環芳香族炭化水素成分が存在する。より典型的な組成は、およそ、90%以上の水素、0.2%の窒素、1.0%のCO、1.1%のCH<sub>4</sub>、0.1%のHCN、0.1%のC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>を含むことができる。また、プラズマガスは、約80%の水素を含むことができ、残りは、前述したガス、多環芳香族炭化水素、単環芳香族炭化水素、他の成分の混合を含むことができる。

20

【0029】

[0025] この発明における電極用構造の材料は、100 W/m-K (メートルケルビン当たりのワット) を越える高い熱伝導率と、 $10^{-2} \text{ m}$  (メートル) 未満の電気抵抗率とを有するものである。この説明に合う材料は、グラファイト、シリコンカーバイドを含むが、グラファイトが好ましい。材料は、高い活性水素のフリーラジカル環境において、化学的腐食に耐性を示すものである。

30

【0030】

[0026] 電極を接合するのに円錐ネジ部を使用することにより、応力集中を減少させ、電極亀裂の電位が使用可能である。好ましいテーパは、3のうち約1度 (about 1 in 3 angle) が使用できるが、テーパは、2のうち約1 (about 1 in 2) から、20のうち約1 (about 1 in 20) も使用することができる。振動を通じての電極のネジ緩みを防止するため、ネジが切られたセクションを通して穴が穿孔され、ピンが挿入されている。

【0031】

[0027] 同心電極間の理想的な隙間間隔は、所望の作動電圧、電流、電極摩耗に基づき、約4ミリメートルから約20ミリメートル (mm) である。隙間の大きさは、どこでも作動電圧を約500 Vから最大約1200 Vまで変更することができる。約8ミリメートルから約14ミリメートルまでの隙間は、好ましい隙間の大きさであり、最小の電極摩耗、最適な熱伝達、最小の望ましくないアーク発生、アークのアーク「リフトオフ」(アークの損失) による最小の溶断を伴う上記電圧範囲における最適なアーク発生に備える。

40

【0032】

[0028] さらに、電極の長さは、電極における熱分布を制御する為に制御可能である。電極の長さが増加すると、水冷ホルダの損失が減少する。たとえば、750 kWトーチの為に長さに対する好ましい範囲は、約600 mm ~ 約1500 mmであり、1500 mm電極長は、最も緩やかな熱分布に備えるものである。当業者が容易に理解できることは、増加された長さが、熱を分散させるばかりか、多くの表面が、電極から環状部内を流れるガス

50

または環状部の周りを流れるガスまでの放射性熱損失および対流性熱損失を許容するように備えることである。もちろん、これは、熱管理および電極保全性（亀裂減少など）の両方の最適利益を得るため、重量負荷要件に対してバランスがとられる。

【0033】

[0029]重量負荷対熱応力を制御または最適化する更なる方法は、円筒状電極から、接触する先端を備えた同心リングを製作し、接触する先端は、同心管を通る電気通路を考慮に入れ、同心管は、アノードおよびカソードの間の環状部に更に考慮に入れる。この形式の実施形態における電極は、事実上、溝および舌形式の接続を備えた矩形でもよく、導電性および重量負荷支持を考慮に入れる。

【0034】

[0030]非常に大きな直径の中空円筒状電極における熱応力亀裂に取り組むために、バレル状ステープ設計の使用であって、異なるセクションが熱勾配に基づいて屈曲することを可能にするような設計で一般的に使用される特徴部と共にセクションが保持されるもの、または、軸方向スロットを有する中実片の材料の使用は、それを熱応力が軽減するように切断する。軸方向スロットは、バレル状ステープ設計と呼ぶことができる。バレル状ステープ設計において、少なくとも5ステープまたはセクションが、同心リングまたはバレルを作る為に必要である。

【0035】

[0031]他の代替例は、円筒（例えば、中実ロッドのリング）をシミュレーションする為に異なるピースを使用することであろう。この構成は、材料の利用可能性および交換の容易性にも利点を有する。

【0036】

[0032]電極の寿命を引き延ばすことは、電極において電気アークの熱的影響を最小限にする能力と、腐食媒体に対して電極表面を十分に保護することに依存する。これは、電極表面にわたって急速にアークスポットを移動させることによって、アークスポットの影響を減少されるように、電磁界を印加することによって、部分的に達成可能であるが、これによって、平均熱流束は、電極および電気アークの間の接触区域に対する密度が減少される。磁界は、電極の外側に配置された環状磁気コイルの使用を通じて準備される。トーチの中心軸の周りをアークが回転するように磁界が配向される限り、磁界は、永久磁石の使用によっても準備可能であるが、トーチは、前記軸周りのアークの回転を容易にする。

【0037】

[0033]さらに、磁界は、2つの電極の間の、ごく近い空間の限られた範囲の外側にプラズマを押し出すであろう。これは、腐食媒体（過熱された $H_2$ と水素ラジカル）が電極自体から大きく分離されることを意味する。一実施形態において、当該方法は、電極に対し、トーチの先端における環状部で測定された約20ミリテスラ（mT）から、軸方向で測定された約100ミリテスラ（以下、軸方向成分という）の磁界の印加を通じて作られる回転アーク放電の使用を含む。約30ミリテスラから約50ミリテスラの値は、通常、使用可能である。磁界の典型的な径方向成分は、約3～約15mTでもよい。

【0038】

[0034]1つ又は複数の磁気コイルは、アークの動きを操作するように磁界の形状を調整するために使用可能である。たとえば、コイル設計は、トーチの先端において、6mTの径方向成分と40mTの軸方向成分で広がる磁界を生み出してもよい。これらのうちの一方を、1つのコイルを使用する他方を有することなく変更することはできないが、幾つかのコイルの利用を通じて、アークは特定の径方向成分および軸方向成分に合わせて調整可能である。これは、さらに、磁気コイルの資本費用を減少させ、電極の寿命を最大にするように、磁界の形状を最適化させてもよい。

【0039】

[0035]前述したように、電極は上部分および下部分から成り、下部分は、低コストグラフィット部品で極めて速いやり方で交換されるように製作可能である。この状況において消耗品の定義は、1トンを超えるが100トン未満のカーボンブラックが、軸方向に配向さ

10

20

30

40

50

れたグラファイト腐食の1インチ毎に生み出されることを意味する。さらに、複数の消耗可能な電極は、上部電極（例えば、カーボンブラック生産実行中に所定位置で除去され、或いは、消耗可能な3または4以上の消耗可能な電極）に取り付けることができる。これは、トーチの休止期間を限定することができ、安価で急速に交換される犠牲的な電極を提供する。

#### 【0040】

[0036]電極の冷却に影響を与え、アーク領域におけるフロープロファイルを変える異なるガス流路の使用が、例えば、図2に示されている。ガスは、環状部（デフォルト流路）を通過し、中央電極に穿孔された穴から成る内部通路（201）を通過し、内部電極の内側の中空通路を通過、或いは、外部電極の周りの外部通路（204）を通過することができる（「シールドガス」という）。図2において、外部通路は、上部電極の穴のリングを通るが、この流入口は、環状スロットでもよい。内部流路および外部流路は、電極を冷却することを助け、多くの熱をガスに伝達させる。また、それらは、より高いガス流量を可能にし、これらのガス流量は、全部が環状部を通過して向けられるなら、アークを吹き飛ばすかもしれない。そして、外部流路は、シールドガスとして作用し、プラズマ領域を限定し、周囲の耐火物を保護することを助ける。典型的な流れの分岐は、環状部を通る約50%、他の2つの通路の各々を通る約25%である。流れ分岐の組合せは、異なる作動体制を達成し、異なる目的（例えば、摩耗の減少、作動電圧の増加など）の為に最適化するように使用できる。

10

#### 【0041】

[0037]更なる関心事は、電極間の電気的接触を確立しアークを始める機械的手段の利用である。これは、高電圧スタータおよび関連付けられる設備や安全リスクの必要性をなくす。これは、同時に電極に触れるグラファイトや銅のような導電性材料から作られたロッドを移動させることから成り、引っ込められる前に電流が流れることを可能にする。スタータロッドは、外部電極を通るようになり、環状部でアークを生じさせるブランジャでもよく、或いは、電極先端でアークを生じさせる回転アームでもよい。

20

#### 【0042】

[0038]前述したように、リアクタは2つのセクションまたはゾーン（プラズマゾーンおよびリアクタゾーン）に分けられ、天然ガスや他の原料噴射は、それらの間の区域で起こる。スロートは、2つの領域を分ける為に使用されるばかりか、プラズマガスを加速する為に使用されるので、より小さな領域で、より激しい混合が起こる。そのため、スロートは、プラズマゾーンおよびリアクタゾーンの間で最も狭いセクションとして定められる。スロートの長さは、数メートル、あるいは、約0.5~約2ミリメートル程度に小さい。スロートの最も狭い地点は、スロートの最も狭い直径+20%と定められる。最も狭い横断面の約10%の範囲内にある、どんな横断面も、スロートの範囲内であると考えられる。

30

#### 【0043】

[0039]リアクタへの好ましい噴射地点は、スロートの上流側約5直径、スロートの下流側約5直径である。一つの直径は、スロートの最も狭い地点におけるスロートの直径と定められる。任意で、噴射は、スロートの+/-2直径または約+/-1直径の範囲内で生じ得る。

40

#### 【0044】

[0040]許容可能な炭化水素は、式 $C_nH_x$ 又は $C_nH_xO_y$ の化学物質を含む。例えば、単純な炭化水素（メタン、エタン、プロパン、ブタンなど）は使用可能である。芳香族原料（ベンゼン、トルエン、メチルナフタレン、熱分解燃料油、コールタール、コール、重油、石油、バイオオイル、バイオディーゼル、他の生物学的に導入された炭化水素など）。また、エチレン、アセチレン、ブタジエン、スチレン等のような不飽和炭化水素原料も使用可能である。エタノール、メタノール、プロパノール、フェノール等のような酸化炭化水素も許容可能な原料である。これらの実施例は、許容可能な炭化水素原料の非限定的実施例として提供され、これらは、製造の為に、他の許容可能なコンポーネントと組み合わせられ、さらに/または混合することができる。本願で言及される炭化水素原料は、事実

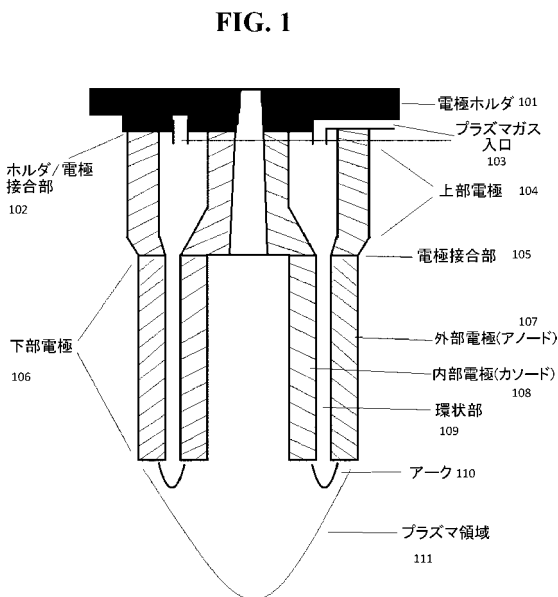
50

上、大部分の原料が炭化水素であることを意味する。

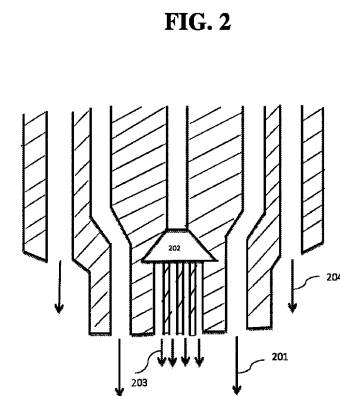
【 0 0 4 5 】

[0041]そのため、本発明の範囲は、添付された特許請求の範囲の範囲に入る全ての変更例、変形例を含む。本発明の他の実施形態は、本願に開示された発明の実施および明細書の考察から、当業者にとって明らかであろう。明細書および実施例は例示にすぎず、真の範囲および発明の精神は、以下の特許請求の範囲によって示される。

【 図 1 】

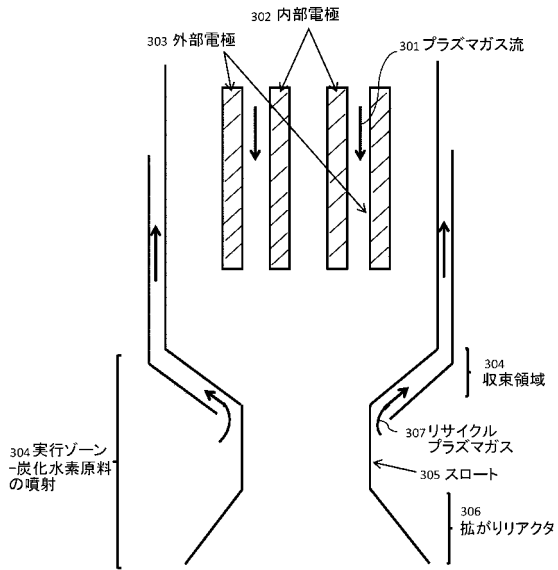


【 図 2 】



【 図 3 】

FIG. 3



## 【 国際調査報告 】

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT  |   | International application No.<br>PCT/US15/13794  |
|--|---|--|
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>IPC(8) - H05H 1/26, 1/34, 1/40 (2015.01)<br>CPC - H05H 1/26, 1/34, 1/40<br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC   |   |  |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>IPC(8) - H05H 1/26, 1/34, 1/40 (2015.01)<br>CPC - H05H 1/26, 1/34, 1/40; USPC - 219/121.48, 121.52, 121.5, 121.57, 122; 313/30, 360.1<br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>PatSEER (US, EP, WO, JP, DE, GB, CN, FR, KR, ES, AU, IN, CA, INPADOC Data); Google Patents; Google Scholar; IP.COM, IEEE Xplore; Search Terms Used: plasma torch, plasma source, barrel stove*, cathode, anode, electrodes, hollow, rod, concentric, coaxial, hydrogen, plasma gas, hydrocarbon*, open circuit voltage, throat, annulus, magnetic field, magnet, magnetic coil, axial component.   |   |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |   |  |
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages          | Relevant to claim No.  |
| X  | US 5,105,123 A (BALLOU N) April 14, 1992, Abstract; Figure 1; column 2, lines 30-54.        | 1; 3, 8  |
| Y  |   | 1-6, 11, 24-27   |
| Y  | US 2013/0092525 A1 (LI X et al.) April 18, 2013, paragraph [0037].                          | 2, 6, 25   |
| Y  | US 2004/0211760 A1 (DELZENNE M et al.) October 28, 2004, paragraph [0041].                  | 4  |
| Y  | US 5,611,947 A (VAVRUSKA J) March 18, 1997, column 2, lines 5-7.                            | 5  |
| Y  | US 2004/0168904 A1 (ANAZAWA K et al.) September 02, 2004, paragraphs [0074]-[0076], [0109]. | 11   |
| Y  | US 5,045,667 A (ICELAND W et al.) September 03, 1991, Abstract.                             | 24   |
| Y  | US 2013/0292363 A1 (HWANG S et al.) November 07, 2013, paragraphs [0047]-[0049].            | 26   |
| Y  | US 2013/0062195 A1 (SAMARANAYAKE L et al.) March 14, 2013, paragraphs [0025], [0039].       | 27   |
| A  | US 5,604,424 A (SHUTTLEWORTH R) February 18, 1997, column 7, lines 17-18.                   | 10   |
| A  | US 2012/0025693 A1 (WANG Y et al.) February 02, 2012, Figure 4; paragraph [0043].           | 10   |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.  |   |  |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"&" document member of the same patent family |   |  |
| Date of the actual completion of the international search<br>30 March 2015 (30.03.2015)  |   | Date of mailing of the international search report<br><b>19 JUN 2015</b>                         |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents<br>P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450<br>Facsimile No. 571-273-3201  |   | Authorized officer<br><b>Shane Thomas</b><br>PCT Helpdesk: 571-272-4300<br>PCT OSP: 571-272-7774 |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US15/13794

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:  
See Extra Sheet.

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:  
1-27

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family membersInternational application No.  
PCT/US15/13794

-\*\*\*-Continued from Box III-\*\*\*-

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be examined, the appropriate additional examination fee must be paid.

Group I: Claims 1-27 are directed toward a plasma torch comprising at least two cylindrical, graphite electrodes nested inside one another and coaxially aligned, using plasma gas, and at least one gas flow channel.

Group II: Claims 28-32 are directed toward a plasma reactor containing a plasma chamber wherein the walls of the reactor include gas flow channels that can transport heat away from the plasma chamber.

The inventions listed as Groups I and II do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features. Group I has at least a plasma torch and at least two cylindrical, graphite electrodes nested inside one another and coaxially aligned that Group II does not have. Group II has at least a plasma reactor, a plasma chamber, and gas flow channels that transport heat away from plasma chamber that Group I does not have.

The common technical features of Groups I and II are at least a plasma gas and at least one gas flow channel. These common features are disclosed by US 2008/0121624 A1 to Belashchenko et al. (hereinafter Belashchenko). Belashchenko discloses a plasma gas and at least one gas flow channel (twin plasma torch uses nitrogen and Argon as plasma gases and the gas is fed to channel 25 (at least one gas flow channel)).

Since the common technical feature is previously disclosed by the Belashchenko reference, these common features are not special and so Groups I and II lack unity.

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 ホアマン, アレクサンダー エフ.  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, メンロー パーク, ターミナル アベニュー 351

(72)発明者 ジョンソン, ピーター エル.  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, マウンテン ビュー, チェットウッド ドライブ 100

(72)発明者 ミクルプスト, ニルス セヴェリン  
ノルウェー, エヌオー 7042 トロンハイム, タウロウカイア 6

(72)発明者 ノルドヴィク, マグネ マティセン  
ノルウェー, エヌオー 4637 クリスティアンサン エス., ヴアルドースヴェイエン 95

F ターム(参考) 2G084 AA00 BB06 BB07 BB11 BB23 BB25 BB30 BB32 BB37 CC02  
CC23 CC25 CC32 DD01 DD11 DD12 DD17 DD66 DD68 FF02  
FF19 FF27 FF29 FF31 FF32 GG07 GG12 GG13 GG14 GG15  
GG18 GG22 GG24 GG25 GG28 GG29  
4G075 AA27 AA61 BA01 CA02 CA47 DA02 DA18 EB43 EC06 EC21  
FA05 FB01 FB03 FC11