

(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2020-512934
(P2020-512934A)

(43) 公表日 令和2年4月30日(2020.4.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B05B 5/025 (2006.01)	B05B 5/025 A	4D075
B05B 5/03 (2006.01)	B05B 5/03 ZNM	4F033
B05B 5/047 (2006.01)	B05B 5/047	4F034
B05B 7/08 (2006.01)	B05B 7/08	
B05D 7/24 (2006.01)	B05D 7/24 303A	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 30 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2020-504268 (P2020-504268)
 (86) (22) 出願日 平成30年4月4日 (2018.4.4)
 (85) 翻訳文提出日 令和1年12月4日 (2019.12.4)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2018/026143
 (87) 国際公開番号 W02018/187513
 (87) 国際公開日 平成30年10月11日 (2018.10.11)
 (31) 優先権主張番号 62/481,575
 (32) 優先日 平成29年4月4日 (2017.4.4)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 15/945,698
 (32) 優先日 平成30年4月4日 (2018.4.4)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)

(71) 出願人 519359620
 クリーンロジックス エルエルシー
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 91355、サンタクラリタ、アヴェニュー
 ホール 26074、ユニット 6
 (74) 代理人 100071010
 弁理士 山崎 行造
 (74) 代理人 100118647
 弁理士 赤松 利昭
 (74) 代理人 100123892
 弁理士 内藤 忠雄
 (74) 代理人 100169993
 弁理士 今井 千裕
 (74) 代理人 100173978
 弁理士 朴 志恩

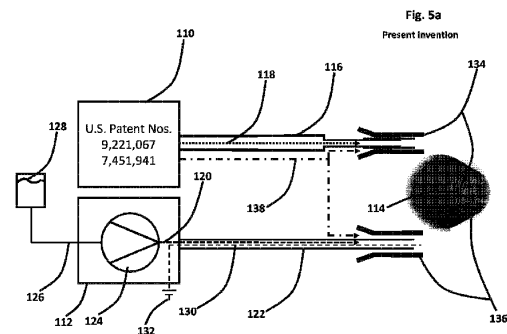
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 受動静電CO₂複合スプレー塗布器

(57) 【要約】

静電スプレー塗布装置、および、添加剤を含有し静電的に帯電した均一なCO₂複合複合スプレー混合物を基材表面に投射しながら製造する方法。スプレー混合物は、CO₂と添加剤混合ノズルと基材表面の間の空間に形成される。スプレー混合物は、圧力および温度が制御された噴射剤ガス(圧縮空気)、CO₂粒子、および添加剤粒子を含む、可変的に制御された空中および放射状のスプレー密度を持つ複合流体である。受動的に帯電したCO₂粒子を含む2つ以上の周方向および高速の空気流があり、1つ以上の添加剤を含む内部および低速の注入空気流の周りに軸対称および同軸に配置されて、スプレークラスターを形成する。軸対称のCO₂粒子 空気流は、形成中に受動的に摩擦帯電され、スプレーのクラスター化配置により、同軸流の流れの間およびその周囲に大きな静電場とコアンダ空気質量流が作成される。

【選択図】 図5 a



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基材表面上で使用するための添加剤を含む静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーを生成する装置であって、以下を含む：

- a．添加剤噴射ノズルに対して軸対称に配置された複数のノズル電極；
- b．前記ノズル電極は、中央貫通孔を備えたノズル先端を備えた細長い本体を含み、及び中央貫通孔から生じている少なくとも3つの軸対称貫通ポートが存在し；
- c．前記少なくとも3つの貫通ポートは、調整可能な拡張チューブアセンブリを中心に配置するための3つの設置ガイドを形成し；
- d．前記調整可能な拡張チューブアセンブリは、第2毛細管内に第1毛細管を含み；
- e．第1および第2毛細管は、中央の貫通孔内で調整が可能であり；
- f．前記添加剤噴射ノズルは、添加剤配送チューブを含む貫通されおよび接地された添加剤噴射ノズル本体を含み、接地された添加剤噴射ノズル本体は空気を流して空気-添加剤エアロゾルを形成する；

これにより、CO₂粒子が調整可能な拡張チューブアセンブリを通して流れて静電荷を生成し、これが3つの設置ガイドに分岐してノズル電極を静電的に帯電させ、そしてCO₂粒子は空気と混合して空気-CO₂エアロゾルを形成する；

静電的に帯電したノズル電極と空気-CO₂エアロゾルは、空気-添加剤エアロゾルを受動的に帯電させ；

空気-添加剤エアロゾルと空気-CO₂エアロゾルは、ノズルから離れて結合し、静電帯電した空気-添加剤-CO₂エアロゾルを形成し、これは、基材表面に投射される；

これにより、CO₂粒子と添加剤が相互作用して、ノズルと基材表面の間の空間に添加剤混合物を含む静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーが形成される；

そして、添加剤を含む静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーが基材表面に投射される。

【請求項 2】

前記少なくとも2つのノズル電極は、添加剤噴射ノズルに対して軸対称に配置される、請求項1の装置。

【請求項 3】

前記添加剤は、流動性のある有機および無機液体および固体を含む、請求項1の装置。

【請求項 4】

前記基材表面は切断ゾーンである、請求項1の装置。

【請求項 5】

前記添加剤は機械加工用潤滑剤である、請求項1の装置。

【請求項 6】

基材表面上で使用するための添加剤を含む、静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーを生成するための装置であって、以下を含む：

- a．添加剤噴射ノズルに対して軸対称に配置された複数のノズル電極；
- b．前記ノズル電極は、中心貫通孔を備えたノズル先端を持つ細長い本体を備え、複数の軸対称貫通ポートが中心貫通孔から生じている；
- c．前記複数の貫通ポートの近隣には、調整可能な拡張チューブアセンブリを中心に配置するための設置ガイドがある；
- d．調整可能な拡張チューブアセンブリは、第2毛細管内に第1毛細管を含む；
- e．前記第1毛細管と第2番毛細管は、中央貫通孔内で調整可能である；
- f．前記添加剤噴射ノズルは、添加剤配送チューブを含む貫通ポートおよび接地された添加剤噴射ノズル本体を備え、接地された添加剤噴射ノズル本体は空気を流して空気-添加剤エアロゾルを形成する；

これにより、CO₂粒子が調整可能な拡張チューブアセンブリを通して流されて静電荷を生成し、これが設置ガイドに分岐されてノズル電極を静電的に帯電させ、そしてCO₂粒子が空気と混合して空気-CO₂エアロゾルを形成する；

10

20

30

40

50

静電的に帯電したノズル電極と空気 - CO₂エアロゾルは、空気 - 添加剤エアロゾルを受動的に帯電させる；

空気 - 添加剤エアロゾルと空気 - CO₂エアロゾルがノズルから離れて結合し、静電帯電した空気 - 添加剤 - CO₂エアロゾルを形成し、これは基材表面に投射され；

それによってCO₂粒子と添加剤が相互作用して、ノズルと基材表面の間の空間に添加剤混合物を含む静電帯電された均一なCO₂複合スプレーを形成する；

そして、添加剤を含む静電帯電した均一なCO₂複合スプレーが基材表面に投射される。

【請求項 7】

前記中心の貫通孔から発して、少なくとも3つの軸対称貫通ポートが存在し、少なくとも3つの貫通ポートは、調整可能な拡張チューブアセンブリを中心に配置するための3つの設置ガイドを形成する、請求項6の装置。

10

【請求項 8】

少なくとも2つのノズル電極が添加剤噴射ノズルの周りに軸対称に配置される、請求項6の装置。

【請求項 9】

前記添加剤は、流動性の有機および無機液体および固体を含み、基前記材表面は切断ゾーンであり、前記添加剤は機械加工用潤滑剤である、請求項6の装置。

【請求項 10】

静電界を生成するためのノズル電極装置であって、以下を含む：

a．中心貫通孔を備えたノズル先端を持つ細長い本体であり、少なくとも3つの軸対称貫通ポートが中心貫通孔から生じている；

20

b．調整可能な拡張チューブアセンブリを配置するための3つの設置ガイドを形成する少なくとも3つの貫通ポート；

c．前記調整可能な拡張チューブアセンブリは、第2毛細管内に第1毛細管を含む；

d．前記第1および第2毛細管は、貫通ポートの中央孔内で位置を調整できる；

e．そして、これにより、CO₂粒子が調整可能な拡張チューブアセンブリを通して流れて静電荷を生成し、これは3つの設置ガイドに分岐してノズル電極を静電的に帯電させる。

【請求項 11】

前記装置は、半導体材料または金属で構成される、請求項10の装置。

30

【請求項 12】

前記装置の長さは0.5～6.0インチである、請求項10の装置。

【請求項 13】

前記装置はアースに分岐される、請求項10の装置。

【請求項 14】

基材表面上で使用するための添加剤を含む静電的に帯電した均質なCO₂複合スプレーを生成する装置を使用して表面を処理する方法であって、以下を含む：

a．添加剤噴射ノズルの周りに軸対称に配置された複数のノズル電極；

b．前記ノズル電極は、中心貫通孔を備えたノズル先端を持つ細長い本体を備え、中心貫通孔から、複数の軸対称貫通ポートが発している；

40

c．前記複数の貫通ポートの近くには、調整可能な拡張チューブアセンブリを中心に配置するための設置ガイドがあり；

d．前記調整可能な拡張チューブアセンブリは、第2毛細管内に第1毛細管を含み；

e．第1及び第2番毛細管は、中央の貫孔内で調整可能であり；

f．前記添加剤噴射ノズルは、添加剤配送チューブを含む貫通ポートおよび接地された添加剤噴射ノズル本体を備え、接地された添加剤噴射ノズル本体は空気を流して空気 - 添加剤エアロゾルを形成する；

これにより、CO₂粒子が調整可能な拡張チューブアセンブリを流れて静電荷を生成し、これが設置ガイドに分岐してノズル電極を静電的に帯電させ、そしてCO₂粒子が空気と混合して空気 - CO₂エアロゾルを形成する；

50

静電的に帯電したノズル電極と空気 - C O 2 エアロゾルは、空気 - 添加剤エアロゾルを受動的に帯電させる；

前記空気 - 添加剤エアロゾルと空気 - C O 2 エアロゾルはノズルから離れて、静電的に帯電した空気 - 添加剤 - C O 2 エアロゾルを形成し、これは基剤表面に投射され、それにより、C O 2 粒子と添加剤が相互作用して、ノズルと基材表面の間の空間に添加剤混合物を含む、静電的に帯電した均一なC O 2 複合スプレーを形成する；

そして、添加剤を含む静電的に帯電した均一なC O 2 複合スプレーが基材表面に投射され、次のステップを含む；

a . 前記装置を基材表面から離れた第 1 の位置に配置する；

b . 基材表面を、添加剤を含む静電的に帯電した均一なC O 2 複合スプレーでコーティングする；

c . 添加剤を含む静電的に帯電した均一なC O 2 複合スプレーによる基材表面のコーティングを停止する；

d . 前記装置を第 2 の位置に配置する；

e . そして、添加剤を含まない静電的に帯電した均質なC O 2 複合スプレーを適用することにより、基材表面から添加剤を除去する。

【請求項 1 5】

前記第 1 の位置は基材表面から 6 ~ 1 8 インチである、請求項 1 4 の方法。

【請求項 1 6】

1 ~ 6 0 0 秒の浸漬時間が、前記第 1 の位置で、添加剤を含む静電的に帯電した均一なC O 2 複合スプレーの塗布に続く、請求項 1 4 の方法。

【請求項 1 7】

前記第 2 の位置は、基材表面から 0 . 5 ~ 6 インチ離れた位置である、請求項 1 4 の方法。

【請求項 1 8】

前記添加剤は、流動性の有機および無機液体および固体を含む、請求項 1 4 の方法。

【請求項 1 9】

前記基材表面は製造された面である、請求項 1 4 の方法。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0 0 0 1】

この出願は、2 0 1 7 年 4 月 4 日に提出された米国仮特許出願第 6 2 4 8 1 5 7 5 号および 2 0 1 8 年 4 月 4 日に提出された米国特許出願第 1 5 9 4 5 6 9 8 号の利益を主張するものであり、これらは参照によりその全体が組み込まれる。

【0 0 0 2】

本発明は、一般に、C O 2 複合スプレー (C O 2 C o m p o s i t e S p r a y) (クリーンロジックス エルエルシーの商標) を形成および投射するためのスプレー塗布器に関する。より具体的には、本発明は、空気、固体二酸化炭素、および有機溶媒、コーティング、塗料、ナノ粒子、微小研磨剤、および潤滑剤などの添加粒子を使用する受動静電スプレーノズルおよびスプレー塗布器アセンブリに関する。洗浄、冷却および/または潤滑のためのC O 2 複合スプレーの使用は、技術分野で広く知られている。たとえば、C O 2 複合スプレーは、通常、洗浄、選択的熱制御、および/または旋削、精密研磨剤研削、またはダイシング操作中の潤滑を必要とするハードマシニングプロセスで使用される。これらの用途では、C O 2 複合スプレーを使用して、切削工具または研磨ホイールの寿命を延ばし、生産性、寸法公差、および表面仕上げを改善する。

【0 0 0 3】

当該技術分野では、製造または工業プロセスにおいて、基材、ワークピースなどにC O 2 スプレーを向けるために使用されるC O 2 スプレー塗布器のいくつかの例が存在する。そのような例には、米国特許第 4 , 3 8 9 , 8 2 0 、第 4 , 8 0 6 , 1 7 1 号、および第 5 , 7 2 5 , 1 5 4 号が含まれる。しかしながら、前述の例はそれぞれ、洗浄、冷却および

10

20

30

40

50

潤滑目的でのスプレーの適用、特に冷却および潤滑目的に有益なCO₂複合スプレーの形成および適用に欠点がある。

【0004】

たとえば、機械加工された基材へのCO₂複合スプレーの効率的かつ効果的な適用には、いくつかの課題がある。切断ゾーン表面に到達するのに十分なエネルギーを提供するために十分に高いスプレー速度が採用される場合、スプレーの大部分は、それらに衝突するのではなく、切断ゾーン表面から偏向またはその周りに流れる傾向がある。低速のスプレーを使用すると、くぼみや複雑な表面のある、重要な表面には効果的に浸透できない。たとえば、CO₂ベースの冷却潤滑スプレーの適用中に、スプレーノズルから表面への移行中に、オイル添加剤が凝集して非常に大きな沈殿物になることが観察されている。この現象は、機械加工された表面上のCO₂冷却粒子と油性潤滑剤の両方の均一な分布を妨げ、機械加工される基材から離れすぎた場所に配置された場合、霧化されたスプレーの大部分が基材から完全に離れてしまい、適用されたスプレーの一部を無駄にすることとなる。

10

【0005】

この現象は、オイルなどの潤滑添加剤と冷却成分である固体二酸化炭素粒子が、完全に反対の特定の物理化学的特性、つまりそれぞれ高融点と極低温を持つために発生する。CO₂粒子（つまり、冷却剤）の温度により、均一な粒子サイズとスプレー分布がスプレー内で確立される前に、流動潤滑油添加剤が早期に固化またはゲル化する。この現象により、均一で均質な分散が阻害される。これは特に、CO₂固体粒子と添加剤粒子の混合がノズル内またはノズル先端付近で発生し、一貫性のないスプレーパターンと化学的状態が生じ、ノズルが凍結および凝集した油と添加剤により詰まる場合である。

20

【0006】

先行技術には、有益な添加剤をCO₂複合スプレーに組み込むためのCO₂スプレー適応技術のいくつかの例が含まれている。例としては、スプレー洗浄性能を向上させる有機溶剤添加剤、機械加工性能を向上させる潤滑油添加剤、および接着結合のために表面改質を向上させるプラズマ添加剤の追加が含まれる。この点に関する先行技術の例には、米国特許第5,409,418号、第7,451,941号、第7,389,941号および第9,352,355号が含まれる。前述の各例では、それぞれ、イオン、溶媒、オイル、またはプラズマを含む添加液が、CO₂スプレーノズルデバイスと統合された噴射手段を使用して、中央に配置されたCO₂粒子スプレーに直接追加される。あるケースでは、添加物粒子の引力、混合、霧化を強化するために、高電圧及び電極を使用して添加物粒子を積極的に帯電させる手段が含まれる。

30

【0007】

しかし、すでに述べたように、このタイプの噴射スキームは、スプレー形成ノズルまたはその近くでのCO₂スプレーの物理化学的性質と本質的に両立しないスプレー添加剤にとっては制約をもたらす。たとえば、高いスプレー圧力と速度、非常に低い温度、およびCO₂粒子ノズル本体とその出口内での受動的な静電帯電により、高融点オイルの流れとその混合に対して制約が生じる。大豆油やキャノーラ油などの高分子量の天然油は、機械加工用途において最も優れた潤滑品質を提供するが、CO₂粒子ノズル出口内またはその近くに存在する温度よりもはるかに高い温度でゲル化または固化する。この問題を悪化させるのは、ノズル内およびノズルからのCO₂粒子の形成および放出中に存在する静電界と電荷である。高電圧電極を使用したスプレー充電、または添加剤およびノズルまたはCO₂粒子をそれぞれ受動的に帯電（摩擦帯電）させることにより、サブクールされた（subcooled）高融点油膜を静電的に帯電および合体させて、ノズル先端付近またはノズル内で、大きな粘着性のゲルまたは塊に合体させ、その結果CO₂粒子ストリームへの流入及び噴射を阻害する。

40

【0008】

さらに、これらのより大きな添加物粒子塊は、冷たいCO₂粒子流に噴射され、ターゲット表面に投射されると、例えば切削工具、ワークピース、切り屑の割れ目を含む切削ゾーン内の非常に低い表面積でのギャップ侵入を防ぐ。結果は、組成の経時変化を伴うスプレ

50

ーであり、表面積が小さい大きな粒子塊、または潤滑粒子が完全に不足したものとなる。さらに、先行技術の添加剤噴射装置および方法は、各CO₂スプレーノズルごとに個別の添加剤噴射スキームを必要とし、そのアプリケーションでの生産性または実用性を高めるために、より大きな空気中および放射状スプレー密度を必要とするアプリケーションでは、より複雑なマルチスプレー構成スキームが必要となる。

【発明の概要】

【0009】

基材表面上で使用するための添加剤を含む静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーを生成する装置は、以下を含む：

- 1) 複数のノズル電極であり、これらは、添加剤噴射ノズルに対して軸対称に配置することができ；
- 2) 前記ノズル電極は、中央貫通孔を備えたノズル先端を備えた細長い本体を含むことができ、及び中央貫通孔から生じている複数または少なくとも3つの軸対称貫通ポートが存在し得る；
- 3) 複数または少なくとも3つの貫通ポートは、調整可能な拡張チューブアセンブリを中心に配置するための3つの設置ガイドまたは支持部を形成することができる；
- 4) 調整可能な拡張チューブアセンブリは、第2毛細管内に第1毛細管を含むことができる；
- 5) 第1および第2毛細管は、中央の貫通孔内で調整が可能である；
- 6) 添加剤噴射ノズルは、添加剤配送チューブを含む貫通されおよび接地された添加剤噴射ノズル本体を含むことができ、接地された添加剤噴射ノズル本体は空気を流して空気 - 添加剤エアロゾルを形成することができる；
- 7) これにより、CO₂粒子が調整可能な拡張チューブアセンブリを通して流れて静電荷を生成し、これが3つの設置ガイドまたは支持部に分流してノズル電極を静電的に帯電させ、CO₂粒子が空気と混合して空気 - CO₂エアロゾルを形成する；
- 8) 静電的に帯電したノズル電極と空気 - CO₂エアロゾルは、空気 - 添加剤エアロゾルを受動的に帯電させることができる；
- 9) 空気 - 添加剤エアロゾルと空気 - CO₂エアロゾルは、ノズルから離れて結合し、静電帯電した空気 - 添加剤 - CO₂エアロゾルを形成し、これは、基材表面に投射される；
- 10) これにより、CO₂粒子と添加剤が相互作用して、ノズルと基材表面の間の空間に添加剤混合物を含む静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーが形成される；
- 11) そして、添加剤を含む静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーを基材表面に投射することができる；
- 12) 少なくとも2つのノズル電極は、添加剤噴射ノズルに対して軸対称に配置することができる；
- 13) 添加剤は、流動性のある有機および無機液体および固体を含むことができる；
- 14) 基材表面は切断ゾーンであってもよく、添加剤は機械加工用潤滑剤である。

【0010】

基材表面上で使用するための添加剤を含む、静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーを生成するための装置は、以下を含む。

- 1) 添加剤噴射ノズルに関して軸対称に配置された複数のノズル電極；
- 2) 前記ノズル電極は、中心貫通孔を備えたノズル先端を持つ細長い本体を備え、複数の軸対称貫通ポートが中心貫通孔から生じている；
- 3) 前記複数の貫通ポートの近くまたは近隣には、調整可能な拡張チューブアセンブリを中心に配置するための設置ガイドがある；
- 4) 調整可能な拡張チューブアセンブリは、第2毛細管内に第1毛細管を含む；
- 5) 第1毛細管と第2番毛細管は、中央の貫通孔内で調整可能である；
- 6) 添加剤噴射ノズルは、添加剤配送チューブを含む貫通ポートおよび接地された添加剤噴射ノズル本体を備え、接地された添加剤噴射ノズル本体は空気を流して空気 - 添加剤エアロゾルを形成する；

7) これにより、CO₂粒子が調整可能な拡張チューブアセンブリを通して流されて静電荷を生成し、これが設置ガイドに分岐してノズル電極を静電的に帯電させ、その後CO₂粒子が空気と混合して空気-CO₂エアロゾルを形成する；

8) 静電的に帯電したノズル電極と空気-CO₂エアロゾルは、空気-添加剤エアロゾルを受動的に帯電させる；

9) 空気-添加剤エアロゾルと空気-CO₂エアロゾルがノズルから離れて結合し、静電帯電した空気-添加剤-CO₂エアロゾルを形成し、これは基材表面に投射され；

10) それによってCO₂粒子と添加剤が相互作用して、およびノズルと基材表面の間の空間に添加剤混合物を含む静電帯電され均一なCO₂複合スプレーを形成する；

11) そして、添加剤を含む静電帯電した均一なCO₂複合スプレーが基材表面に投射される；

12) 中央の貫通孔から発して、複数または少なくとも3つの軸対称貫通ポートが存在してもよい；

13) そして、複数または少なくとも3つの貫通ポートは、調整可能な拡張チューブアセンブリを中心に配置するための3つの設置ガイドを形成する；

14) 少なくとも2つのノズル電極が添加剤噴射ノズルを軸に軸対称に配置される；

15) 添加物は、流動性の有機および無機液体および固体を含む；

16) 基材表面は切断ゾーンであり、添加剤は機械加工用潤滑剤である。

【0011】

静電界を生成するためのノズル電極装置は以下のものを含む。

1) 中心貫通孔を備えたノズル先端を持つ細長い本体であり、少なくとも3つの軸対称貫通ポートが中心貫通孔から生じている；

2) 調整可能な拡張チューブアセンブリを配置するための3つの設置ガイドを形成する前記少なくとも3つの貫通ポート；

3) 調整可能な拡張チューブアセンブリは、第2毛細管内に第1毛細管を含む；

4) 第1および第2毛細管は、貫通ポートの中央孔内で位置を調整できる；

5) そして、これにより、CO₂粒子が調整可能な拡張チューブアセンブリを通して流れて静電荷を生成し、これは3つの設置ガイドに分岐してノズル電極を静電的に帯電させる；

6) 装置は、半導体材料または金属で構成することができ；

7) 長さは0.5~6.0インチであり；

8) アースに分岐させることができる。

【0012】

基材表面上で使用する添加剤を含む静電的に帯電した均質なCO₂複合スプレーを生成する装置を使用して表面を処理する方法は以下を含む。

1) 複数のノズル電極は、添加剤噴射ノズルの周りに軸対称に配置され；

2) 前記ノズル電極は、中心貫通孔を備えたノズル先端を持つ細長い本体を備え、中心貫通孔から、複数の軸対称貫通ポートが発している；

3) 前記複数の貫通ポートの近くには、調整可能な拡張チューブアセンブリを中心に配置するための設置ガイドがあり；

4) 調整可能な拡張チューブアセンブリは、第2毛細管内に第1毛細管を含み、第1及び第2番毛細管は、中央の貫通孔内で調整可能である；

5) 添加剤噴射ノズルは、添加剤配送チューブを含む貫通ポートおよび接地された添加剤噴射ノズル本体を備え；

6) 接地された添加剤噴射ノズル本体は空気を流して空気-添加剤エアロゾルを形成する；

7) これにより、CO₂粒子が調整可能な拡張チューブアセンブリを流れて静電荷を生成し、これが設置ガイドに分岐してノズル電極を静電的に帯電させ、CO₂粒子が空気と混合して空気-CO₂エアロゾルを形成する；

8) 静電的に帯電したノズル電極と空気-CO₂エアロゾルは、空気-添加剤エアロゾル

10

20

30

40

50

を受動的に帯電させる；

9) 空気 - 添加剤エアロゾルと空気 - CO₂エアロゾルはノズルから離れて、静電的に帯電した空気 - 添加剤 - CO₂エアロゾルを形成し、これが基剤表面に投射され、それにより、CO₂粒子と添加剤が相互作用してノズルと基材表面の間の空間に添加剤混合物を含む、静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーを形成する；そして

【0013】

10) 添加剤を含む静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーが基材表面に投射されるが、次のステップを含む；

11) 装置を基材表面から離れた第1の位置に配置する；

12) 基材表面を、添加剤を含む静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーでコーティングする；

13) 添加剤を含む静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーで基材表面のコーティングを停止する；

14) 装置を第2の位置に配置する；

15) そして、添加剤を含まない静電的に帯電した均質なCO₂複合スプレーを適用することにより、基材表面から添加剤を除去する。

【0014】

また、この方法では、第1の位置は基材表面から6～18インチであり；1～600秒の浸漬時間が、最初の位置で、添加剤を含む静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーの塗布に続き；第2の位置は、基材表面から0.5～6インチ離れた位置であり；添加物は、流動性の有機および無機液体および固体を含み；基材表面は製造された面である。

【0015】

本願発明の一の態様では、添加剤を含む静電的に帯電した均一なCO₂複合スプレーを生成するための装置を提供する。本発明は、添加剤噴射および噴霧ノズルを、2つ以上の軸対称に配置され受動的に帯電したCO₂複合スプレーノズルの中心に、及びそれと同軸で配置することにより、従来技術の添加剤混合およびスプレー投射における制約を克服するものである。添加剤とCO₂粒子を混合するための静電界と速度駆動勾配、および複合スプレーの推進と配送を支援する誘導気流を備えた新しいクラスタースプレー配置により、事実上あらゆるCO₂複合流体スプレー組成物の形成が可能になる。

【0016】

ユニークなことに、本発明の多成分CO₂複合流体スプレーは、CO₂および添加粒子噴射手段から分離されたターゲット基材への輸送中に空間に形成され、相変化および直接接帯電現象によって起きる干渉を排除する。中心に配置された添加剤スプレー流を囲む軸対称にクラスター化されたCO₂スプレーは、調整可能で均一な静電場と速度勾配を生成する。

【0017】

本発明は、添加剤スプレー化学とCO₂スプレー化学との間の様々な物理化学的差異によって課される制約を除去する。あらゆる種類の液体の巻き込みにより生じる、または流動性の微視的固体、軽質および粘性液体、揮発性および凝縮性ガス、イオン性、水性および非水性液体、およびそれらのブレンドを使用することができる。さらに、個別の添加剤または高沸点液体のブレンド、高融点化合物、ナノ粒子、イオン化合物、イオン化流体、オゾン化流体、分散液、または懸濁液を使用することができる。さらに、本発明により、CO₂複合スプレーの有用性が広がる。例えば、本発明によって、CO₂複合スプレー洗浄操作の直後に、さび止め剤、プライマー、および塗料などの有益な表面コーティングを適用することができる。

【0018】

本発明の別の態様は、スプレープロセスの生産性を改善するために、CO₂複合スプレーに対してより高い空気中および放射状スプレー密度を提供する装置および方法を提供することである。従来のCO₂スノースプレーと比較したCO₂複合スプレーの利点は、推進剤ガスのCO₂粒子濃度、スプレー圧力、およびスプレー混合温度を調整することができ

10

20

30

40

50

ることである。ただし、CO₂スプレー塗布用途では、空気中および放射状の噴霧密度が低い（噴霧面積）という制約がある。これにより、多くの産業用途で生産性が制限され、この制限を克服するために使用されるこの技術は、マルチポートのワイドスプレーノズルを配列する方式を採用している。ただし、すでに説明したように、有益な添加剤を添加する従来の方法では、このタイプの配置を非常に複雑にし、高融点添加剤の化学的性質と両立しない。

【0019】

本発明の別の態様は、調節可能なCO₂粒子噴射アセンブリ（すなわち、米国特許第9,221,057号、図4B(502)）を推進ガスの超音速流の中心領域に選択的に配置するために使用される新規な放電加工（EDM）CO₂複合スプレー混合ノズル装置を提供することである。同時に、調整可能なCO₂粒子噴射アセンブリの表面から静電荷を分岐させて、静電帯電スプレーノズルを作成するものである。

10

【0020】

本発明のさらに別の態様では、表面前処理コーティング操作の後に精密洗浄操作が続く。特定の洗浄用途では、CO₂複合スプレーのみを使用して表面汚染を除去することは非常に困難でありうる。本発明は、CO₂複合スプレーによるスプレー洗浄の前または同時に複雑な表面汚染物質を最初に可溶化（または変性）する（好ましくは）高沸点前処理剤の均一なコーティングを適用するための例示的な前処理プロセスを教示する。

【0021】

最後に、本発明は、精密洗浄、ハードマシニング、精密研磨研削、接着剤結合、または表面消毒などの、特定のスプレー用途を強化する、事実上あらゆる添加剤化学を使用してハイブリッドCO₂複合スプレーを形成するのに有用である。

20

本発明の新規なCO₂複合スプレー塗布器は、筆頭に挙げた発明者によって開発されたCO₂複合スプレー生成システムで最も効率的に機能するように開発された。本発明を使用するのに好ましいCO₂複合スプレー生成システムには、米国特許第5,725,154号、第7,451,941号、および9,221,067に記載されたものを含め、参照によりそれらの全体は本発明に組み入れられる。本願発明はそのような改良を取り入れている。その好ましい実施形態では、本発明は、独立して使用できるいくつかの態様または面を有するが、それらの利点を最適化するために、それらは一緒に使用することが好ましい。本発明の前述の動作原理および利点のすべては、添付の図面を参照して、以下の詳細な説明を考慮することによって、より完全に理解されるであろう。

30

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】図1は、先行技術に関する米国特許第5,409,418号（図1）からの抜粋であり、従来のCO₂スノースプレーシステムで使用される同軸イオン化ガス添加剤噴射手段を備えたスノースプレー塗布器を記載する。

【図2】図2は、先行技術に関する米国特許第7,451,941号（図5）からの抜粋であり、内部同軸添加剤噴射手段を説明する同軸スプレー塗布器について記載する高密度流体洗浄プロセスおよび装置に関する。

【図3】図3は、先行技術に関する米国特許7,389,941（図2）からの抜粋であり、米国特許第7,451,941号について図2で説明した例示的なCO₂複合スプレーシステムで使用する外部コアダフロア添加剤噴射手段を使用した同軸スプレー混合ノズルを説明する。

40

【図4】図4aおよび4bは、空気CO₂複合洗浄スプレーを、図3の従来技術のコアダスプレー装置および方法を使用した空気CO₂オイル複合機械加工スプレーと比較する対比写真である。

【図5】図5aおよび5bは、受動的に帯電するCO₂複合スプレー装置を形成するために、例示的な静電界生成CO₂複合スプレーノズル、添加剤噴射ノズル、およびこれらの軸対称クラスター配置の、基本的態様および機能を概略的に示す。

【図6】図6a、6b、および6cは、本発明で使用する、例示的な軸対称クラスタース

50

プレーノズル構成を示す。

【図7】図7 aおよび7 bは、空気中および放射状スプレー密度の両方を調整するための複数のクラスタースプレー塗布器の配置を示す。

【図8】図8は、中心に配置された浮遊接地添加剤噴射器ノズルの周り、および軸対称に配置された浮遊電荷キャリアノズル間に出来上がった対称静電界を示す概略図である。

【図9】図9は、空気中の、受動的に帯電したCO₂粒子と添加剤粒子を含む空間での複合スプレーの形成、および例示的な基材への適用について説明する。

【図10】図10 a、図10 b、図10 c、図10 d、および図10 eは、本発明で使用する、受動的静電荷生成CO₂複合スプレーノズルの例示的設計の側面、背面および正面、およびスライス等角図を提供する。

10

【図11】図11 a、11 b、および11 cは、本発明で使用する例示的な噴霧添加剤噴射ノズルの例示的な設計の側面、背面、および正面等角図を提供する。

【図12】図12 a、12 b、および12 cは、CO₂複合スプレーノズルおよび添加剤噴射ノズルを軸対称に配置するための4×1クラスタースプレー塗布器本体、及び、推進用エア、CO₂粒子及びこれらを使用する添加剤を提供する手段の例示的設計の背面、底面および正面の等角図を提供する。

【図13】図13は、図12の例示的なスプレー塗布器を使用した例示的な3D印刷ハンドガンアセンブリの等角図である。

【図14】図14は、本発明の4×1クラスタースプレーノズルを使用して生成された非加熱空気CO₂-オイル複合スプレーの写真である。

20

【図15】図15は、本発明を使用する例示的な表面前処理および洗浄プロセスである。

【発明を実施するための形態】

【0023】

本発明は、添加剤を含有する静電的に帯電した均質なCO₂複合スプレー混合物を生成し、同時に基材表面に投射するための静電スプレー塗布装置および方法に関する。CO₂複合スプレー混合物は、CO₂と添加剤混合ノズルと基材表面の間の空間に形成される。CO₂複合スプレー混合物は、圧力と温度が調整された推進用ガス（すなわち、圧縮空気）、CO₂粒子、および添加剤粒子を含む、空気中および放射状スプレー密度が可変に制御された複合流体である。本発明は、噴霧クラスターを形成するために1つ以上の添加剤を含む内部および低速噴射空気流の周りに軸対称および同軸に配置される受動的に帯電したCO₂粒子を含む2つ以上の円周方向および高速空気流を含む。1または複数のスプレークラスターを使用して、より大きなスプレークラスター構成を形成してもよい。

30

【0024】

軸対称のCO₂粒子-空気流は、形成中に受動的に摩擦帯電され、スプレークラスター配置により、同軸流の間およびその周囲に大きな静電界とコアング気流が生成される。スプレークラスター内で、中央に配置された添加剤-空気流は、小さな粘性抗力を発揮し、カソードとして振る舞う円周方向のCO₂粒子-空気流に対してアノードとして振る舞い、帯電したCO₂粒子-空気流および添加剤-空気流粒子を、それらの間の空間内に生成された分極静電場の影響下で、空間内で合体させて、均一でハイブリッドな空気-CO₂添加剤粒子スプレー流を形成する。本発明を使用して、コーティング、洗浄、消毒、冷却潤滑などの工業品製造用途向けに、あらゆる種類のハイブリッド空気-CO₂添加剤粒子スプレー流を生成することができる。

40

【0025】

図1は、従来のCO₂スノースプレーシステムで使用するための同軸イオン化ガス添加剤噴射手段を備えたスノースプレー塗布器を説明する従来技術の米国特許第5,409,418号(図1)からの抜粋である。図1に示すように、液体CO₂(2)はマイクロメータリングバルブ(4)を介して供給され、それによって、急速に膨張(8)して非常に冷たいCO₂ガス粒子エアロゾルまたはスノースプレー(10)を形成するスノースプレーノズル(6)の内部オリフィスを通して液体CO₂を調整可能に計量する。

【0026】

50

前記スノースプレーノズル(6)の周囲には、そこを通過して圧縮空気(14)などのガスがイオナイザー手段に流入する、正または負の高電圧電位を生成するガスイオン化装置(12)が取り付けられており、

i) 同軸シールドまたは膨張したスノー流(10)の円周周りにイオン化ガス(16)の覆いまたはシュラウドを生成し、

ii) そして膨張したCO₂エアゾール(10)及び周囲のイオン化空気シース(16)を含む洗浄スプレーを形成し、

これらは選択的に基材表面に投射される。

【0027】

筆頭発明者によるCO₂複合スプレーの開発につながった'418などの従来のスノースプレーに関連するいくつかの欠点がある。これらの制約には、特に、非常に低いスプレー温度、大気中の水分と有機蒸気の凝縮、過剰なCO₂使用が含まれる。'418のイオン化スキームは、中央に配置されたCO₂スノーストリームの周囲にイオン化ガスを噴射する。中央に配置されたCO₂スノーストリームは、周囲のイオン化されたガス流よりもはるかに冷たく、密度が高く、CO₂粒子の昇華により、音速に近い速度で中心スプレー軸から外方向に離れるように急速に膨張する。このスキームは、外気が中央に配置された冷たいスノースプレーに侵入するのを防ぐのに役立ち、特に同じ処理対象の基材のクールド洗浄ゾーンの近くではそうであるが、この添加剤噴射装置はの配置有益な静電荷中和イオンのスプレーの最中央領域、特に基材自体の接触洗浄ゾーンへの均一な混合を妨げる。

【0028】

さらに、スプレー洗浄ノズルに高電圧イオン化装置を使用することは安全性の観点から望ましくなく、各CO₂スプレーノズルにかさ高いイオナイザーを使用する必要があるため、設備コストが増加し、非常に高い放射状および空気中スプレー密度を持つCO₂処理スプレーの開発と使用が非常に制約される。最後に、CO₂スノースプレー膨張、フローストリームセグメンテーション、極低温などの前述の同様の制約により、'418の噴射スキームを使用して液体および固体添加剤を噴射し、均質なCO₂スプレー組成物を生成することはできない。

【0029】

図2は、従来技術の米国特許第7,451,941号(図5)からの抜粋であり、内部同軸添加剤噴射手段を説明する同軸スプレー塗布器を説明する高密度流体洗浄プロセスおよび装置に関する。図2は、筆頭に記載された発明者によって開発された例示的な同軸CO₂複合スプレー塗布器およびプロセスを示す。図1に関して前述した従来のスノースプレー塗布器とは大きく異なり、CO₂複合スプレー(CO₂ Composite Spray)(クリーンロジックス エルエルシーの商標)を生成および投射するための基本的なスキームは、重要なコンポーネントを組み合わせることで効果的なCO₂ベースの処理スプレーを形成することであり、それらのコンポーネントは：

(1) 洗浄剤(すなわち、微小なCO₂粒子)、(2) CO₂粒子の推進およびスプレー遮蔽剤(すなわち、加熱、イオン化、および加圧された空気)、および(3) オプションのスプレー添加剤(すなわち、アルコール、微小研磨粒子)、別個のスプレー成分生成、制御および配送手段、および種々に設計された同軸スプレー混合ノズルを使用してそれらの統合により生成することを含む。

【0030】

図2に示すように、例示的な同軸CO₂複合スプレー塗布器は、3つの基本要素、すなわち、同軸CO₂粒子配送毛細管(30)であり、*in-situ*で生成された微細なCO₂粒子(32)を搬送し、圧力調整および加熱された推進剤ガス(36)を輸送する外部同軸推進剤ガス配送管(34)の一部内で担持され、前記外部同軸噴射剤ガス配送管(34)は、圧力調整および加熱された推進剤ガス(36)を搬送する；この両者は同軸CO₂推進剤ガス混合ノズル(38)に統合される。これらの基本要素に加えて、オプションの添加剤噴射ポート(40)を使用して、CO₂推進剤ガス混合物(44)に添加剤を直接噴射する外部添加剤供給チューブ(42)を用いて、溶媒またはマイクロ研磨剤などの圧力

10

20

30

40

50

流動性またはポンプ噴射可能なスプレー洗浄添加剤を選択的に供給して、空気 CO₂ 添加剤スプレー組成物(46)を形成し、次いで、空気 CO₂ - 添加剤スプレー組成物は基材表面(50)に選択的に投射される(48)。このように記載されたスプレー生成プロセスおよび装置は、米国特許第7,451,941号に詳述されており、それは参照により本明細書に組み込まれる。

【0031】

US7,451,941(図2)で示され説明されている例示的な同軸スプレー塗布器の重大な欠点は、特に、バイオベースオイルなどの高融点添加剤またはCO₂粒子と混合し、及び分散して微粒子に微粒子化する前に相を変える(すなわち、液体-固体)添加剤を噴射する場合に急速な内部ノズルの詰まりとスパッタリングなどのスプレーの異常である。高速及び昇華するCO₂粒子ストリームは、受動的な帯電(5kV以上)と非常に低い混合温度(-109 °F程度)を作り出す。冷たいCO₂粒子は、噴射中に高融点潤滑油を熱によりおよび静電的にゲル化し、冷却されたCO₂粒子とオイルの大きな凝集を形成する。これは、冷却潤滑加工スプレーには最適ではない。同様に、アセトンやメタノールなどの低融点有機溶媒を混合ノズルに直接噴射して精密洗浄を行うと、CO₂粒子が均一に分散した小さな霧状の溶媒液滴の形成を制約する。大量の有機溶媒添加剤は、形成中に溶質CO₂粒子のヒートシンク(および溶媒)として機能し、CO₂粒子が表面に移動する際に非常に急速に昇華させる。その結果、相当量のCO₂粒子が存在しない、液体溶媒の非常に冷たい霧状のスプレーを含む非常に短い距離の洗浄スプレーとなる。

10

【0032】

図3は、筆頭に示す発明者によって開発された先行技術の米国特許7,389,941(図2)からの抜粋であり、米国特許第7,451,941号の図2で説明する例示的なCO₂複合スプレーシステムで使用するための外部コアングダフロー添加剤噴射手段を使用する同軸スプレー混合ノズルを説明する。図3の新規なスプレーノズルは図2で説明した同軸スプレーノズル(38)と交換可能であり、および米国特許7,451,941に記載される例示的なCO₂複合スプレー生成システムで有効に使用されうる。図3に示すように、外部CO₂粒子発生器(図示せず、しかし米国特許第7,451,941号に詳細に記載されている)から流れる配送毛細管(60)内に含まれるCO₂粒子はノズルの中央部分に及びそれを通して供給され、ノズルの上を外部推進剤供給発生器(図示されていないが、米国特許第7,451,941号に詳細に記載されている)から流れる圧力及び温度調整された推進剤ガス(62)が流れる。これらはすべて、Coanda-同軸CO₂推進剤ガス-CO₂粒子-添加剤混合ノズル(64)に統合される。米国特許第7,451,941号の外部供給添加剤噴射および図2(42)で説明した内部同軸混合方法とは異なるが、米国特許第7,389,941号の添加剤噴射供給管(66)は、内部におよびCO₂粒子供給管(60)と同軸に担持され、添加剤(68)を調節可能な円周ギャップ(70)中に噴射するように選択的に配置される。これは、ノズル内部からコアングダノズル表面(72)の外部表面上に推進剤ガス(62)の第1部分と混合して流れる。

20

30

【0033】

CO₂粒子を流す配送毛細管(60)は、ノズル出口ポート(74)の近くでCO₂粒子を放出するように選択的に配置され、そこでCO₂粒子は推進剤ガスの第2部分(62)と混合およびそれにより推進される。推進剤ガスの第1の部分と添加剤の混合物は、コアングダノズルの外面をノズル先端(76)に向かって流れ、そして、推進剤ガス-添加剤混合物は、ノズル出口ポート(74)を出る推進剤ガスの第2の部分-CO₂粒子混合物に噴射され、基材表面(82)に投射される(80)CO₂粒子-推進剤ガス-添加剤組成物(78)を形成する。上に記載されたコアングダノズル装置は、米国特許第7,389,941号に詳述されており、米国特許第7,451,941号のスプレー生成プロセスにより可能にされる。この文献は参照により本明細書に組み込まれる。

40

【0034】

図2(38)に記載された、米国特許第7,451,941号の内部添加剤噴射を備える同軸混合ノズルと同様に、図3に記載された米国特許第7,389,941号のコアング

50

フロー外部添加剤噴射方法は、間接的ではあるが、同様の制約を受ける。コアンダノズル（76）の外部表面は静電的に帯電し、表面温度はスプレー操作中に非常に低い温度に低下する。どちらもノズル本体内およびノズル出口付近（72）での、冷たいCO₂粒子-ガススプレーの内部膨張と昇華、および推進剤ガスとの混合によって引き起こされる。ノズルの凍結効果を緩和する手段は、昇華冷却を相殺するために推進剤ガス温度を大幅に上昇させることである。ただし、機械加工用途の場合、CO₂粒子（つまり、冷却剤）を保持し、複合スプレーの全体的な冷却能力と効果を高めるために、推進剤ガスを周囲温度以上に加熱してはならない。この現象は、図3の装置を使用して、添加剤を含まない空気-CO₂複合スプレーを、高融点添加剤を含むスプレーと比較することにより最もよく説明される。

10

【0035】

図4aおよび4bは、図3の従来技術のコアンダ同軸スプレーノズル装置および方法を使用して、非加熱空気-CO₂複合スプレーを非加熱空気-CO₂オイル複合スプレーを並べて比較する写真を示す。図4aに示すように、非加熱の空気-CO₂複合スプレーは、スプレー操作中の静電帯電と水蒸気の凝縮によってノズル先端（90）に大気の氷が蓄積する。しかし、全体的に、複合スプレー（92）は、ノズル先端の過度の凝縮と凍結を防ぐために、CO₂粒子の噴射速度が約8 l b s . / 時間（またはそれ以下）に制御され、推進圧力が70 p s i および70 ° F（またはそれ以上）に維持される限り、適正に維持され、安定した状態である。

20

【0036】

次に図4bを参照し、そして、図4aと同じ空気-CO₂粒子複合スプレー条件を使用する。この場合、高融点バイオベースオイルが毛細管供給チューブ図3（66）を通して約70 m l / 時間で噴射される。図4bに見られるように、短時間のスプレー操作の後、オイル添加剤は、コアンダ噴射表面（104）全体に大気中の氷の蓄積とともに帯電、ゲル化、凝集をし始める。蓄積は、図4a（90）のコアンダノズル先端から外側に延びる凍結した油性塊（106）として観察される。これが進行すると、ノズル先端の蓄積（106）が中央のCO₂複合スプレー（108）と干渉し、不安定で変動する、冷却潤滑スプレーとなり、これは、切削工具、ワークピース、およびチップを含む切断ゾーン（110）への適用の間、潤滑添加剤の量が一定しないかまたは全く含まれないことがある。

30

【0037】

CO₂スプレーの生成と投射により、静電気が帯電する。この摩擦帯電現象は、高速及び昇華するCO₂粒子（誘電体）と、異なる仕事関数を持つ表面、例えば、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）配送毛細管やCO₂複合スプレー塗布器の製造に使用される金属製混合ノズルとの接触によって引き起こされる。静電荷の蓄積を緩和する手段は、従来技術を参照して本明細書で既に説明したが、直接または間接的にCO₂スプレーにイオン化ガスを噴射すること、およびノズルの接地または分岐を含む。

40

【0038】

ただし、これらの対策を講じた場合でも、CO₂粒子スプレーは、基材表面への移動軌道中に大気内で膨張し、乱気流で移動するため、摩擦帯電し続ける。さらに、比較的電氣的に中性のCO₂スプレーでさえ、衝突中に基材表面を摩擦帯電する。したがって、当業者には、CO₂スプレー処理中の基材表面の静電荷帯電を軽減するための最善の解決策は、基材の接地または分岐手段により、およびスプレー処理中に基材に別のイオン化流体を投射するまたは放射することであることが知られている。たとえば、筆頭に記載の発明者が共同開発した米国特許第9,352,355号は、大気プラズマ（導電性処理液）を使用して、動作中にCO₂複合スプレーと基材表面の両方に同時に接触する例示的な表面短絡手段である。表面電荷の蓄積は、接触表面から直接プラズマブルームに摩擦電荷を排出することにより軽減される。'355の装置と方法は、効果的な表面洗浄と改質を提供すると同時に、処理スプレーと処理表面の静電帯電を制御するハイブリッド処理プロセスである。

50

【0039】

要約すると、CO₂複合スプレーで静電霧化添加剤の形成を強化するための直接荷電方法は、米国特許第7,389,941号の筆頭記載の発明者によって教示され、高電圧(HV)供給及びワイヤを使用して流動性添加剤へ高電圧(HV)の印加を伴う。添加剤混合物は、コアンダノズルへの噴射と、その後の摩擦帯電CO₂複合スプレーへの混合の前に、高度に荷電される。また、米国特許第7,451,941号の筆頭記載の発明者によって教示されているのは、CO₂複合スプレーに受動的に帯電した添加剤を形成するために、形成されつつある摩擦帯電CO₂複合スプレーに直接添加剤を噴射する間接帯電化方法である。しかし、従来技術の議論から明らかのように、これらの両技術による、特に高融点添加剤を使用する場合の合わせた制約は以下の両方がある：

(1) CO₂粒子 ガス混合物の非常に低い温度(直接的な本体から本体への熱移動)の理由により添加剤の相変化が制御されていないこと；(2)霧化および凝縮現象以前の、添加物の時期的に早すぎる静電帯電または摩擦帯電(直接的な体から体への電荷移動)。このように、従来技術で使用される単一部分の空気-CO₂-添加剤混合ノズルスキームは、静電帯電の局所性(locality)、添加剤噴射、およびCO₂複合スプレー形成の混合段階に関して相克する重大な制約を持っている。

【0040】

このように従来技術を詳細に議論したが、改良されたCO₂複合スプレー塗布方法および装置が必要であることは明らかである。以下の説明では、前述の制約を解決する任意の流動性のある空気添加剤組成物を同軸で噴射、霧化、静電帯電、分散するための新規のCO₂複合スプレー塗布器及び方法について説明する。本態様は、添加剤を含む静電的に帯電した均質なCO₂複合スプレーを生成するための装置を提供する。本発明の第1の態様では、CO₂複合スプレーノズルが、軸対称に配置されたカソードアレイとして使用され、その中にスプレー動作中に空気中でそれらの間に強いイオン化静電界を作り出すアノードとして作動する添加剤噴射ノズルが配置される。CO₂複合スプレーノズルとCO₂粒子は、周囲に比べて過剰な電子が存在するため、高度に帯電している。添加剤スプレーノズルと霧状粒子は、CO₂複合スプレーとは反対に帯電している。

【0041】

本発明者らは、オハイオ州シンシナティのExair Corporation製のExair Static Meter、Model 7905を使用して、CO₂複合スプレー混合ノズルの周りの空気中に生成された静電界を測定した。本発明で使用される好ましいCO₂複合スプレーシステム及び米国特許第9,221,067号の筆頭に記載された発明者と共同開発されたものであり、これらは参照により本明細書に組み込まれる。'067(図4a)に示すように、ステンレス鋼の超音速混合ノズル('067、図4a(116))に統合された単一の0.008インチPEEK毛細管スロットル('067、図4a(114))を用いた非接地同軸CO₂複合スプレー塗布器が使用された。同軸CO₂複合スプレー塗布器は、1200psiのCO₂スロットル毛細管圧力、80psiの推進圧力、50の推進温度で作動させた。これらのCO₂複合スプレー条件では、5kV/インチの強い静電界が、約1インチ離れた前記CO₂スプレー混合ノズルの周囲及び隣接するエアギャップ内の位置に存在する。

【0042】

そのため、CO₂スプレー混合ノズル(つまり、カソードとして作動する)は、空気中に非常に強くイオン化する静電界を放出する。これにより、誘電性エアギャップによって隔てられた空間内に添加剤粒子(つまり、アノードとして作動する)に隣接し、平行に流れる雰囲気帯電させるために使用することができる。スプレー霧化、帯電、および混合段階は、基材表面への軌道中に空気中およびCO₂粒子と添加剤噴射ノズルの下流で実行され、統合された空気CO₂添加剤混合ノズルスキームを使用して、従来技術に存在する凍結、目詰まり、スパッタリングなどのスプレー形成での制約を緩和する。

【0043】

別の態様において、クラスターノズル配置は、周囲のCO₂複合スプレーの対称性、多様性、および高速性のために、CO₂複合スプレー流れ場の周囲に対称的に有意かつ平行な

10

20

30

40

50

空気流を発生させる。大きな気流の発生は、大気抵抗を低減し、CO₂複合スプレーの有効な処理範囲（つまり、スプレー軌道）を拡大する。

【0044】

本発明のさらに別の態様では、内部添加剤噴射ノズルは、CO₂スプレーノズルと同じ圧力および温度制御された推進剤ガス源を使用してもよいが、遠隔の添加剤供給源から別個の同軸添加剤供給毛細管を使用する。添加剤噴射器の混合ノズルは、外側のCO₂スプレーノズルアレイよりも小さい速度（つまり、より高い圧力）を持つ霧状の添加剤スプレーを生成するように設計されている。これにより、軸対称に配置されたCO₂複合スプレーへの霧化された（および受動的に帯電された）添加物粒子の取り込みが増強される。本発明のこれらおよび他の態様は、図5から図14を参照することにより最もよく理解されるであろう。

10

【0045】

図5aおよび5bは、例示的な静電界生成CO₂複合スプレーノズル、添加剤噴射ノズル、およびこれらが軸対称クラスター配置された基本的態様および機能を概略的に示し、受動的に帯電するCO₂複合スプレー装置を形成する。図5aに見られるように、本発明を実施するために3つの基本的な構成要素が必要である。これらには、CO₂複合スプレー生成システム（110）、添加剤噴射システム（112）、および本発明の受動静電CO₂複合スプレー塗布器（114）が含まれる。図5aに示される例示的な受動的静電CO₂複合スプレー塗布器（114）は、柔軟かつ同軸の流体配送ラインおよびチューブアセンブリに対して、CO₂複合スプレー生成システム（110）および添加剤噴射システム（112）の両方に流体接続されている。

20

【0046】

CO₂複合スプレー配送アセンブリは、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）毛細管（116）を備え、これは圧力および温度が調整された過飽和CO₂流体（118）を提供する。添加剤噴射システム（112）は、リザーバー（128）から添加剤供給ライン（126）により供給される圧力調整されたポンプ（124）を使用して、柔軟な毛細管配送管（122）に対して調整可能な容量の添加剤（120）を提供し、リザーバー（128）は液体及び固体を含む液体添加物または添加物の混合物を含む。添加剤配送管（122）には、接地（132）され、添加剤配送管（122）の内側の全長を横切るオプションの小さな接地線（130）が含まれている。接地線（130）は、添加剤配送管（122）を流れる添加剤のための静電荷インダクタとして機能する。受動的静電CO₂複合スプレー塗布器（114）は、単一の添加剤噴射ノズル（136）に関して軸対称に配置された2つ以上のCO₂複合スプレー混合ノズル（134）の配列を含んでいる。

30

【0047】

CO₂複合スプレー混合ノズル（134）は、圧力および温度が調整された推進用ガス（138）と、過飽和CO₂（118）からノズル（134）で生成された微粉化CO₂粒子を組み合わせ、両方の流体は、CO₂複合スプレー生成器（110）により提供され、CO₂複合スプレーを形成する（図示せず）。添加剤噴射ノズル（136）は、圧力と温度が制御された同じ推進用ガス（138）と添加剤流体（120）を組み合わせ、噴霧添加剤スプレー（図示せず）を形成する。本発明で使用するのに好ましいCO₂複合スプレー生成システム（110）は、米国特許第9,221,067号および第7,451,941号に詳細に説明されており、カリフォルニア州サンタクラリタ、クリーンロジックス エルエルシーから市販されている。両特許とも参照により本明細書に組み込まれる。本発明での使用に適した例示的な添加剤噴射システム（112）およびバイオベースの金属加工潤滑添加剤（120）は、イリノイ州グレンビュー、ITW ROCOL North Americaから入手可能である。

40

【0048】

図5bは、図5aに示される例示的なCO₂複合スプレーノズル（134）および単一添加剤噴射ノズル（136）のより詳細な説明を提供する。図5bでは、受動静電CO₂複合スプレー塗布器（114）は、複数のCO₂複合スプレーノズル（134）の間の中央

50

に配置された単一の添加剤噴射ノズル(136)を備え、そのすべてのノズルが円筒形または管状のスプレー塗布器本体(140)の前面に配置されている。CO₂複合スプレーノズル(134)は、CO₂粒子と接触すると受動的に摩擦帯電する材料から製造されている。たとえば、ステンレス鋼などの金属は、CO₂摩擦帯電中に非常に強い静電界を生成する。スプレー塗布器本体(140)は、例えば、ステンレス鋼、アルミニウム、またはデルリン(登録商標)などのポリマーを含む様々な材料で構成されてもよい。

【0049】

さらに、スプレー塗布器本体(140)を3D印刷された塗布器ハウジングに入れて、操作中にスプレー塗布器本体(140)を取り付け、または扱い及び操作する手段を提供し、例えば、ロボットのエンドエフェクタのマウントを提供することができ、または、手動スプレー操作のハンドルを提供する。パッシブ静電CO₂スプレー塗布器の一般的な機能と配置について説明した。以下ではCO₂複合スプレーノズル(134)と添加剤噴射スプレーノズル(136)の詳細を示す。例示的なCO₂複合スプレーノズル(134)を参照すると、同軸CO₂スプレーノズルは2つの構成要素を含む：(1)圧力および温度調整された推進剤ガス(144)を流すための外側推進剤ガス導管(142)、および(2)微粒子化されたCO₂粒子(148)を流すための内部ポリマーCO₂粒子導管(146)。同軸CO₂複合スプレーノズル(134)の好ましい構造および配置は、米国特許第9,221,067号および第7,451,941号に詳細に記載されている。本特許は参照により本明細書に組み込まれる。

10

【0050】

例示的な添加剤噴射スプレーノズル(136)を参照すると、同軸添加剤スプレーノズルは3つの構成要素を含む：

20

(1)圧力および温度が調整された推進剤ガス(144)を流すための外部推進剤ガス導管(150)であり、この例示的な塗布器では、CO₂複合スプレーノズル(134)のそれと同じソースである；

(2)圧力および温度調整された添加剤(154)を流すための内側ポリマー添加剤導管(152)、及び

(3)添加剤噴射ノズル(136)に供給する添加剤噴射管(図5a、122)の長さを横断するオプションの金属接地線(130)。最後に、上述の例示的な受動的静電CO₂複合スプレー塗布器の動作中、ポリマーCO₂粒子添加剤導管(146)および金属ノズル(142)内のCO₂粒子摩擦帯電は、CO₂スプレーノズル(134)と添加剤噴射スプレーノズル(136)間に静電界(156)を生成する。

30

【0051】

図6a、6b、および6cは、本発明で使用する例示的な軸対称クラスタースプレーノズル構成を示す。図6aは、2つのCO₂複合スプレーノズル(134)が、共通のスプレー塗布器本体(140)上でその軸に対称に配置された、1つの添加剤噴射ノズル(136)を含む2×1クラスターノズル配置を示す。図6bは、3つのCO₂複合スプレーノズル(134)によって共通のスプレー塗布器本体(140)上で軸対称に配置された1つの添加剤噴射ノズル(136)を含む3×1クラスターノズル配置を示す。最後に、図6cは、8つのCO₂複合スプレーノズル(134)が共通のスプレー塗布器本体(140)上で軸対称に配置された1つの添加剤噴射ノズル(136)を含む8×1クラスターノズル配置を示す。

40

【0052】

図7aおよび7bは、空気中および放射状スプレー密度の両方を調整するための複数のクラスタースプレー塗布器の配置を示している。図7aは、7つの8×1クラスタースプレーノズル(160)の軸対称配置を示している。個々のクラスタースプレー塗布器を回転させて、x軸(162)とy軸(164)の両方に重なり合うスプレーを生成することもできる。図7bでは、異なるスプレーノズル構成および回転を有する複数のクラスタースプレー塗布器を使用することにより、放射状スプレー密度(166)および空気中スプレー密度(168)の両方の調整がされる。

50

【 0 0 5 3 】

図 8 は、中心に配置された添加剤噴射ノズルの周りおよび軸対称に配置された帯電キャリアノズル間に確立された対称静電界を示す概略図である。図 8 は、帯電した C O 2 複合スプレー粒子 (1 7 2) を生成する軸対称に配置された C O 2 複合スプレーノズル (1 3 4) の間に位置する噴霧添加剤粒子 (1 7 0) を生成する中央金属添加ノズル (1 3 6) を示す。これらすべては塗布器本体 (1 4 0) 前面に配置されている。霧化された添加剤粒子 (1 7 0) は、負に帯電した C O 2 粒子 (1 7 2) を生成する軸対称金属 C O 2 スプレーノズル (1 3 4) に対して相対的に中性または正に帯電している。スプレー操作中のこの配置の結果、中央スプレーノズルと外側スプレーノズルの間に静電界 (1 7 4) が確立される。

10

【 0 0 5 4 】

本発明の受動静電スプレー塗布器は、中央アノードとして振る舞う添加剤噴射ノズル (1 3 6) と、帯電カソードとして振る舞う軸対称に配置された C O 2 複合スプレーノズル (1 3 4) とを含む。電子は、C O 2 スプレーノズル (1 3 4) 内の内部毛細管とノズル本体表面 (1 7 6) 間の C O 2 粒子の摩擦帯電によって生成される。さらに、帯電した C O 2 複合スプレーは、同等の静電荷のため互いに反発する (1 7 8)。静電反発力は、中央の添加剤スプレーよりもより速い速度と組み合わせられて、スプレーの対称性を維持し、クラスタースプレーノズルアレイの下流まで添加剤の取り込みをわずかに遅らせる。

【 0 0 5 5 】

図 9 は、空気中で受動的に帯電した C O 2 粒子および添加剤粒子を含む空間における C O 2 複合スプレーの形成について示し、添加剤を含む静電帯電した均一な C O 2 複合スプレー混合物を生成し、およびその例示的な基材への適用を説明する。図 9 に示すように、ここで説明する基本的な受動的静電 C O 2 複合スプレークラスターノズルは、2 つの C O 2 複合スプレーノズル (1 3 4) に囲まれた中央に配置された添加剤噴射ノズル (1 3 6) を含む 2 × 1 軸対称配列のスプレーノズルである。

20

【 0 0 5 6 】

圧力と温度が調整された推進剤ガス流によって引き込まれおよび推進される摩擦帯電 C O 2 粒子は、空気 C O 2 の複合スプレー (1 8 0) を形成し、添加剤噴射スプレーよりも大きい速度 (V c) で空間に投射される。このように形成された空気 - C O 2 複合スプレー (1 8 0) は、C O 2 スプレーノズル (1 3 4) と添加剤噴射ノズル (1 3 6) の間の空間に大気の流れ (1 8 2) を誘導し、クラスタースプレーノズル塗布器の周囲の空間に大気の流れ (1 8 4) を誘導する。同じ圧力と温度に調整された推進剤ガス流に引き込まれる比較的電荷が中性で霧状の添加剤粒子は、C O 2 複合スプレーよりも低い速度 (V a) で移動する空気添加剤スプレー (1 8 6) を形成する。

30

【 0 0 5 7 】

本明細書の図 1 1 及び図 1 2 でより詳細に議論されるが、同等の推進剤圧力入力での C O 2 スプレーノズル (1 3 4) と添加剤噴射スプレーノズル (1 3 6) との間の速度差は、異なるノズル設計を使用して達成される。噴霧操作中、このクラスターノズル配置は、静電界 (1 8 8) と噴霧速度 (1 9 0) 勾配の両方を生成し、その結果、C O 2 複合スプレーによる添加剤粒子の急速な静電帯電と添加剤粒子の引き込みにより、スプレー塗布器の下流に空気添加剤 C O 2 複合スプレー (1 9 2) が形成される。推進剤圧力入力に依存するクラスタースプレー塗布器ノズルから下流のある距離で、空気添加剤 - C O 2 複合スプレーが混合して、基材表面 (1 9 8) に向けられる、均一に帯電した添加剤分散 C O 2 複合スプレー (1 9 4) が形成される。基材表面 (1 9 8) は、接地 (2 0 0) されてもよく、または高度に帯電した空気添加剤 - C O 2 粒子エアロゾルスプレー (1 9 4) に対して相対的に接地しているとして作動されてもよい。

40

【 0 0 5 8 】

図 1 0 a、図 1 0 b、図 1 0 c、図 1 0 d、および図 1 0 e は、本発明で使用するための受動的静電荷生成 C O 2 複合スプレーノズルの例示的な設計の側面、背面および正面、および切欠き等角図を提供する。図 1 0 a (側面図) では、例示的な C O 2 複合スプレーノ

50

ズル(134)は、ステンレス鋼同軸推進用ガス-CO₂粒子混合体であり、以下を含む：

スプレー塗布器本体(図5b、140)上で軸対称円周位置への取り付けを可能にするネジ山付きベース(210)；

面取りされたノズル出口(212)；及び

3つのローブ付き推進剤ガスフローチャネル(216)に囲まれたPEEK-CO₂粒子配送チューブ(図示せず)の挿入およびセンタリングのための貫通ポート内部空間(214)。推進剤ガス流路(216)は、放電加工(EDM)を使用して生成され、その周囲を超音速推進剤ガスが流れるPEEK-CO₂粒子配送チューブ(図示せず)を中心に配置して固定するための3点で支持するクレードルを提供する。

10

【0059】

図10b(背面図)に示すように、ネジ山付きベース(210)はノズルシール面(218)を含み、内部貫通ポートスペースは、その上にPEEK-CO₂粒子配送チューブ(図示せず)が任意の2つのEDM推進フローチャネル(216)の交差する点の間の位置にスライドする平らなクレードルベース(220)を示す。最後に、図10c(正面図)では、例示的なCO₂複合スプレーノズルは、中央に配置された調整可能な拡張チューブアセンブリ(222)を含む(米国特許第9,221,067号を参照(図4b、「調整可能な拡張チューブアセンブリ」、(502))。このチューブアセンブリ(222)は、3つのEDM推進剤フローチャネル(216)の交差する点に作られた少なくとも3つ以上の中心位置決め及び分岐バー(220)の間に置かれている。このように記載された例示的な同軸CO₂複合スプレーノズルは、添加剤噴射スプレーノズルよりも速い速度を有する空気およびCO₂粒子の流れを生成する。

20

【0060】

図10d及び図10eは、本発明のCO₂複合スプレーノズルの内部設計および動作態様のより詳細な図を提供する。図10dは、例示的なCO₂複合スプレーノズルの正面図である。本発明の筆頭記載の発明者による、米国特許第9,221,067号(図4B、「調整可能な拡張チューブアセンブリ」、(502))を参照すると、本発明のCO₂複合スプレーノズルは、'067(図4b)に記載されている参照された調整可能な拡張チューブアセンブリ(222)のセンタリングおよび位置決めのための新規な方法および装置を提供する。調整可能な拡張チューブアセンブリは、EDM推進剤チャネル(216)を流れる推進剤ガスに微粉化されたCO₂粒子を噴射し、その中に生成される静電荷を選択的に分岐させ(400)および誘導する。分岐回路(402)を接地する(404)と、静電荷は、内部EDM分岐バー(220)に沿ってまたそれを通して、調整可能な拡張チューブアセンブリ(222)の外面とノズル表面(406)から誘導される。

30

【0061】

次に図10eを参照する。比較的長い内部のEDM分岐バー(220)は、0.25インチから6インチ以上の間の長さを有し、図10dの調整可能な拡張チューブアセンブリ(222)は、ノズル先端(410)からノズルキャビティ(412)内の位置までのEDM分岐バー(220)の横方向(408)(traverse)に沿って、ノズル本体の中央領域内に選択的に配置される。3つ以上のEDM分岐バー(220)間の直径は、分岐バー・ランド表面と図10dの調整可能な拡張チューブアセンブリ(222)の外側表面との間に滑り接触嵌合を提供するように事前に決定される。

40

【0062】

調整可能な拡張チューブアセンブリの排出(または噴射)位置(図10d(222))、特に、微粉化されたCO₂粒子が超音速推進流路(216)に噴射される場合、本発明の筆頭に記載された発明者による米国特許第9,227,215号を使用して決定されるCO₂複合スプレーの最適スプレーブルームプロファイルの展開に基づき決定される。最後に、図10dに記載の分岐機構は、ノズル本体に接地要素(414)を選択的に適用することにより実施される。ノズル接続部(414)が接地されている場合、静電荷はノズル本体から離れてアースに流れる。ノズル接続部(414)が接地されていない場合、静電

50

荷は内部に蓄積され、ノズル本体先端(410)からスプレー流に排出される。

【0063】

図11a、11b、および11cは、本発明で使用するための例示的な噴霧添加剤噴射ノズルの例示的な設計の側面、背面および正面等角図を提供する。図11a(側面図)では、例示的な添加剤噴射スプレーノズル(136)は、ネジ山付きベース(230)を有するステンレス鋼同軸推進剤ガス-添加剤粒子混合体であり、これにより、スプレー塗布器本体の中央位置(図5b、140)、面取りされたノズル出口(232)、およびPEEK添加剤配送管(図示せず)を挿入するための貫通ポート円形内部空間(234)の取り付けが可能になる。同等の推進剤ガス圧力では、図11の円形推進剤ガス流路(234)は、表面積が大きいいため、図10で説明したEDM推進剤流路と比較して、より低速の推進剤ガスを流す。図11b(背面図)に示すように、ネジ山付きベース(230)は、ノズルシール面(236)と、PEEK添加剤粒配送管(図示せず)がやや中央に配置される内部貫通ポート円形空間(234)を含む。

10

【0064】

最後に、図11c(正面図)に示すように、例示的な添加剤粒子スプレーノズルは、ほぼ中央に配置され、わずかに凹んだPEEK添加剤粒子配送管(238)を含み、その周りに円形の推進剤ガスフローチャンネル(240)を形成する。このように説明された例示的な同軸添加剤噴射ノズルは、空気及び添加剤粒子の流れを生成し、その流れの速度は図10で説明したCO₂複合スプレーノズルにより生成されるCO₂スプレーよりも速度は小さい。

20

【0065】

図12a、12b、および12cは、CO₂複合スプレーノズルおよび添加剤噴射ノズルを軸対称に配置するための4x1クラスタースプレー塗布器本体およびそれを使用するための推進剤空気、CO₂粒子および添加剤を提供する手段の例示的設計の背面、底面および正面向き等角図を提供する。図12a(背面図)を参照する。スプレー塗布器本体(140)の背面(248)には、添加剤配送管を挿入および固定するためのネジ山付き添加剤チューブ入口ポート(250)と、その中に含まれるオプションの接地線(両方とも図示せず)が含まれるが、たとえばPEEKナットとフェルールアセンブリを使用する(両方とも図示せず)。さらに、スプレー塗布器(140)の後面(248)には、例えばPEEKナットとフェルールアセンブリ(すべて非表示)を用いて、CO₂粒子配送管を挿入及び固定するために、添加剤チューブ入口ポート(250)の周りに、軸対象に配置された4つのネジ山付き入口ポート(252)を備える。ネジ山付き添加剤入口ポート(250)と4つのCO₂粒子入口ポート(252)は、スプレー塗布器本体(140)の全長を横断する貫通ポート円形チャンネルに移行する。

30

【0066】

図12bに示されるように、スプレー塗布器本体(140)の底部は、添加剤(250)およびCO₂粒子(252)チャンネルのすべてに通じるネジ山付き推進用ガス入口ポート(254)を含む。このチャンネルは、PEEK添加剤とCO₂粒子配送管(すべて図示せず)を含むすべてのスプレーチャンネルに、圧力と温度が制御された推進用ガスを同時に、共通に提供する。最後に、スプレー塗布器の前面(256)には、図10及び図11において説明した、例示的なCO₂複合スプレーノズルと添加剤噴射スプレーノズルを固定するための中央に配置されたネジ山付き添加剤ノズルポート(258)と、4つの軸対称に配置されたネジ山付きCO₂スプレーノズルポート(260)がそれぞれ含まれる。

40

【0067】

スプレー塗布器本体は、CO₂複合スプレーアプリケーションにおいて一般的に使用される圧力と温度に実質的に耐えることができる任意の材料で構成されてもよい。例示的な構築材料には、鋼、アルミニウム、およびデルリン(登録商標)が含まれる。図13は、本発明を手動スプレー洗浄またはコーティング用ツールとして使用するための例示的な3D印刷ハンドガンアセンブリの等角図である。図13を参照すると、図13の例示的なスプレー塗布器本体は、必要なPEEK添加剤用およびCO₂搬送毛細管のすべてを統合する

50

ための、エンドキャップ(272)を備えた円筒状3DプリントABSプラスチック覆い(270)から突出する添加剤噴射ノズル(136)およびCO₂複合スプレーノズル(134)を備えており、このチューブはすべてが搬送ホース(274)に含まれる。例示的なハンドガンアセンブリはまた、覆い(270)の底部およびそこに含まれる塗布器本体に固定された3Dプリントで製作されたABSハンドル(276)を備え、推進剤ガス供給ホース(278)を統合するための貫通ポートを含む。

【0068】

図14は、本発明の4×1クラスタースプレーノズルを使用して生成された非加熱空気CO₂-オイル複合スプレーの写真である。図14に示すように、クラスタースプレー塗布器は、80psiの噴射圧力、20の噴射温度、70ml/時間の油添加剤噴射速度、および4ポンド/時間/ノズルのCO₂噴射速度で作動されている。図14に示されるように、中央添加剤噴射ノズル(136)および4つの軸対称CO₂複合スプレーノズル(134)によって生成される個々のスプレーは、下流約2インチ(280)の距離に至るまで別個のままである。下流の約4インチ(282)において、スプレーは完全に結合して、直径約1.2インチの円形で均一な静電気帯電空気添加剤CO₂粒子スプレーを形成する。これは、圧力テストフィルム(284)に対するスプレーの衝突によって生成される画像に示されており、フィルムの元の色は明るい赤色である。

10

【0069】

図14に示す例示的なスプレー試験装置を使用した60分間続く試験時間(液体CO₂シリンダーの供給がなくなるまで)での連続スプレー操作では、CO₂複合スプレーノズルおよび添加剤噴射ノズルのいずれにも目に見える氷結、目詰まり、および油添加剤の蓄積を生成されていない。

20

【0070】

図15は、本発明を使用する例示的な表面前処理および洗浄プロセスを示す。特定の洗浄用途では、例えば、チタン、アルミニウム、炭素繊維強化ポリマー(CFRP)の穴あけ、およびそれらの積み重ねに続いて、表面汚染を除去するのが非常に難しい場合がある。従来の穴あけプロセスでは、水と油のエマルジョン(つまり、クーラント)を使用する。このタイプのクーラントは、油、水、および界面活性剤の薄膜を含む非常に粘着性のある表面残留物を残す。本発明は、CO₂複合スプレーによるスプレー洗浄の前または洗浄と同時に複雑な表面汚染物質を最初に可溶化(またはその他の方法で変性)する(好ましくは)高沸点前処理剤の均一なコーティングを適用する新規な前処理プロセスを実施するために使用することができる。前処理-洗浄プロセスの最初のステップ(290)では、クラスタースプレー塗布器を処理対象の基材から6~18インチの距離に配置し、これにより、環境にやさしく、人間に安全で、高沸点の前処理添加剤組成物であって、90%(v:v)揮発性メチルシロキサン(VMS)および10%(v:v)1-ヘキサノールを含む添加剤組成物を汚染表面に適用(292)して、これが複雑な表面汚染物質に浸透しそして変性(または非粘着化)する均一な薄膜を形成する。

30

【0071】

前処理ステップの例示的なクラスタースプレーパラメーターの範囲は以下を含む：

CO₂噴射速度：2 - 4 l b s . / 時間 / ノズル

40

添加剤噴射速度：10 - 200 m l / 時間

推進剤温度：20 - 40度C

推進剤圧力：30 - 50 p s i

この前処理コーティングプロセスのステップは、本発明のCO₂複合スプレー塗布器を汚染表面から、CO₂粒子スプレーが受動静電複合スプレー前処理コーティングの形成と配送に有用であるが、堆積したコーティングを除去しないほどには、表面衝突やまたは洗浄効果を強いるには有用ではない距離に配置することによって達成される。

【0072】

例えば、約6インチ(15cm)以上の距離では、本発明のクラスタースプレー塗布器は表面のプレコーティングに非常に有用である。なぜなら、ほとんどのCO₂粒子はこの点

50

で昇華するか、目に見えるクリーニング（除去）効果を生み出すのに必要なサイズ及び速度が不足するからである。さらに、均一な前処理コーティングの形成と維持を促進するために、必要に応じてCO₂噴射圧力（つまり、CO₂粒子密度）、噴射剤圧力、および噴射剤温度を下げるができる。表面前コーティングステップ（292）に続き、及びオプションで表面前処理剤が表面汚染層を完全に浸透して変性させるための3～600秒以上の滞留時間（294）に続いて、前処理添加剤の噴射を停止し、本発明のCO₂複合スプレー塗布器を基材に向かって1～6インチの距離および表面に対し45～90度のスプレー塗布器角度に再配置し（296）、残留前処理剤と変性表面汚染物質を除去するための精密スプレー洗浄ステップ（300）を提供する。

【0073】

スプレー洗浄ステップの例示的なクラスタースプレーパラメータ範囲は以下を含む：

CO₂噴射速度：2 - 8 l b s . / 時間 / ノズル

添加剤噴射速度：0 m l / 時間

推進剤の温度：40 - 60度C

推進剤圧力：50 - 120 p s i

最後に、この新しい前処理 - 洗浄プロセスは、手持ちスプレー塗布器を使用して手動で実行するか、ロボットとアームの先端のスプレー塗布器を使用して自動的に実行することができる。本発明での使用に適した添加剤には、例えば、純粋な液体、炭化水素、アルコール、シロキサン、テルペン、およびエステルから誘導されるおよびそれらのブレンドが含まれる。

【0074】

さらに、グラファイトナノ粒子やペイント顔料などの固体粒子を適切なキャリア溶媒とブレンドして、圧力流動性のあるまたはポンプ輸送可能な液体懸濁液を形成することができる。さらに、本発明では、液体と懸濁液のオゾン化混合物を使用してもよい。最後に、本発明では、イオン化ガスなどの添加物を使用してもよい。

【0075】

本発明は、表面汚染除去、表面コーティング、および精密機械加工用途に有用であり、コーティング、洗浄、消毒、冷却、前処理、保存、塗装、および/または潤滑機能を提供する。

【0076】

必要に応じて、本発明の詳細な実施形態が本明細書に開示されている。しかしながら、開示された実施形態は、本発明の単なる例示であり、様々な形態で具体化できることを理解されたい。したがって、本明細書で開示される特定の構造および機能の詳細は、限定的なものとして解釈されるべきではなく、単に特許請求の範囲の基礎として、および実質的に任意の適切に詳細な構造で本発明を様々なように当業者に教示するための代表的な基礎として解釈されるべきである。さらに、本書で使用されるタイトル、見出し、用語、およびフレーズは、主題または範囲を限定することを意図したものではない。むしろ、本発明の理解を可能にする説明を提供するものである。本発明は、本発明の全機能の一部をとして独立して機能するいくつかのサブ部分から構成され、本発明の他の部分と組み合わせるときにシステムレベルの機能を発揮する。

【0077】

用語「CO₂」と「CO₂」と二酸化炭素は相互交換可能である。本明細書で使用される用語「a」または「an」は、1つまたは複数を目指すものとして定義される。本明細書で使用される複数という用語は、2つまたは3つ以上として定義される。本明細書で使用される用語「別の」または「他の」は、少なくとも第2またはそれ以上として定義される。本明細書で使用される「含む」および/または「有する」という用語は、「含む」（すなわち、オープン言語）と定義される。本明細書で使用される「結合」という用語は、接続されていると定義されるが、必ずしも直接ではなく、必ずしも機械的でもない。特定の機能を実行する「手段」または特定の機能を実行する「ステップ」を明示的に記載していないクレーム内の要素は、35 U . S . C . 、セクション112、パラグラフ6で指定さ

10

20

30

40

50

れている「手段」または「ステップ」と解釈されない。特に、本願の特許請求の範囲における「ステップの」の使用は、35 U.S.C. セクション112、パラグラフ6の規定と関連づけることを意図していない。

【0078】

参照による組み込み：本明細書で言及したすべての研究論文、出版物、特許、および特許出願は、個々の出版物、特許、または特許出願が具体的かつ個別に参照により組み込まれると同じ程度に参照により本明細書に組み込まれる：これらは米国特許：2052869；2302289；2894691；3047208；3117726；3628737；3702519；3708993；3743186；3795367；3801020；3806039；3984054；3985302；4038786；4046492；4195780；4336017；4341347；4385728；4389820；4555059；4703590；4707951；4749125；4776515；4801086；4806171；5056720；5125979；5170942 5222332；5312598；5402940；5409418；5591412；5611491；5704554；5725154；5765761；5918817；6039269；6056213；6105886；6125787；6708903；7097717；7389941；7451941 9352355；9221067；9227215；

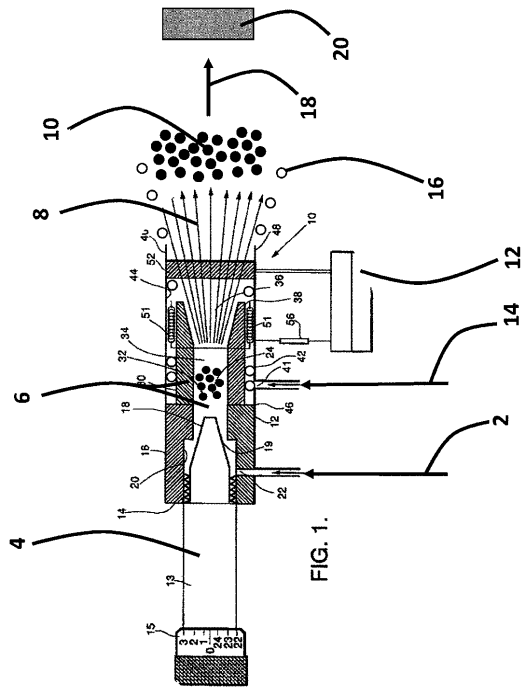
及び米国出願：2004/0251327；2006/0027679；2006/007109を含む。

10

20

【図1】

Fig. 1
従来技術



【図2】

Fig. 2
従来技術

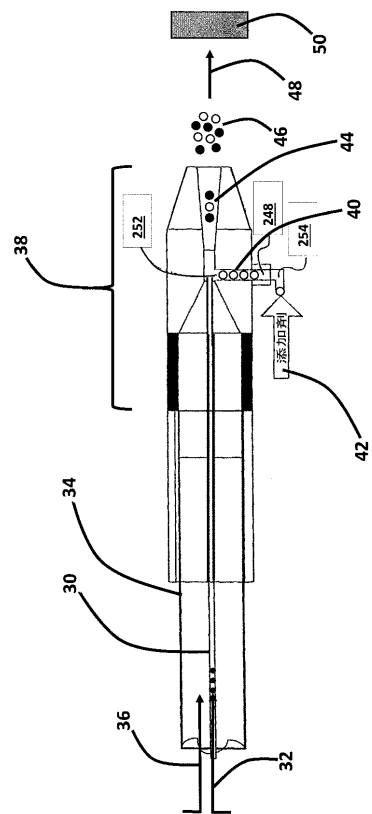
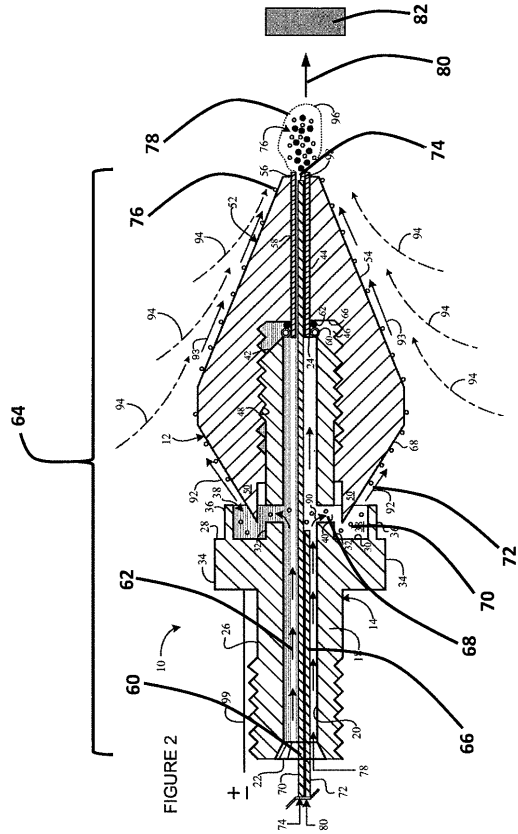


FIG 5

【 図 3 】

Fig. 3
従来技術



【 図 4 a 】

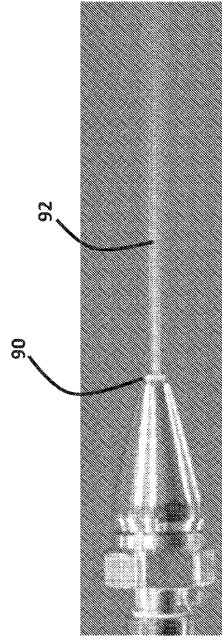


Fig. 4a

【 図 4 b 】

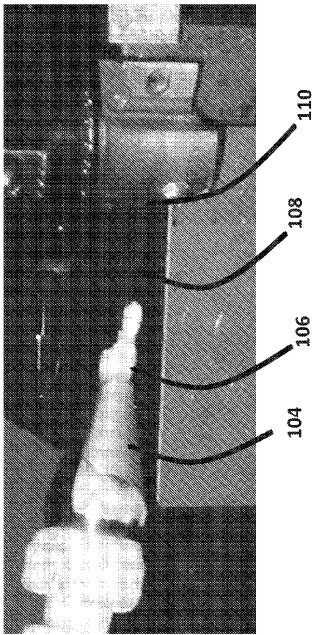
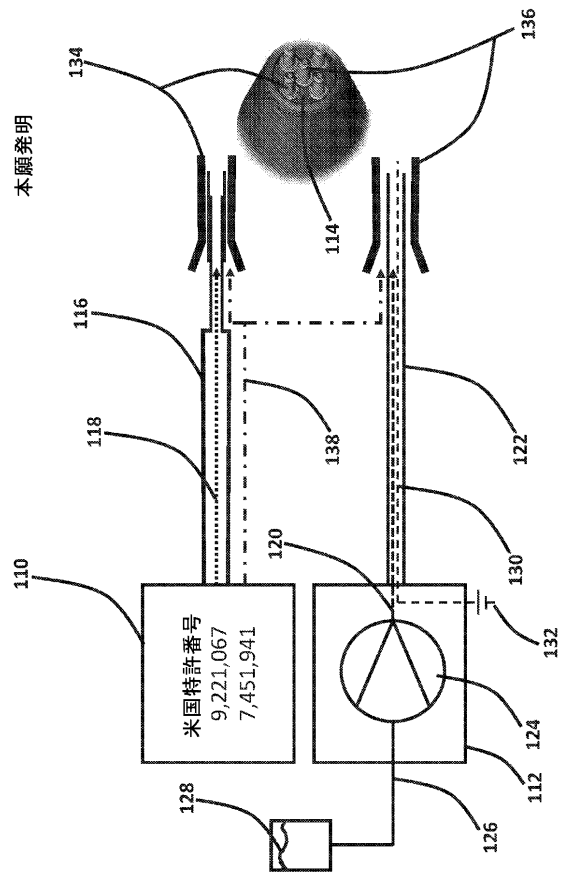


Fig. 4b

【 図 5 a 】

Fig. 5a
本願発明



【 図 5 b 】

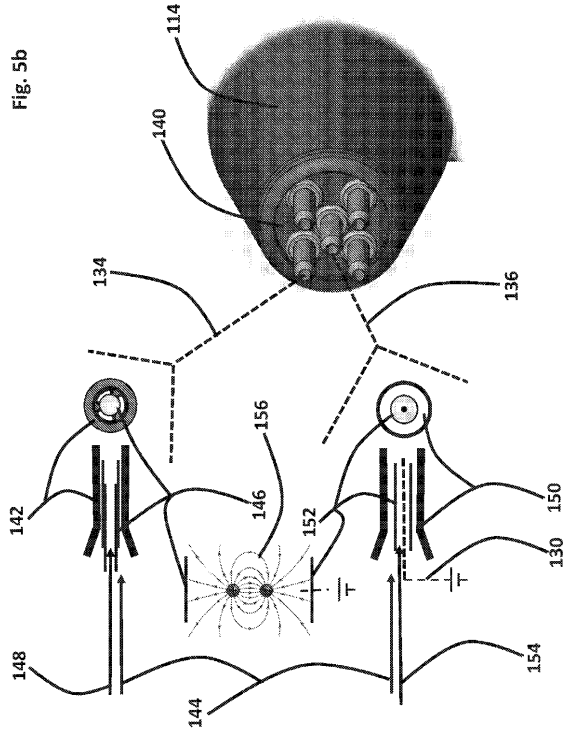


Fig. 5b

【 図 6 a 】

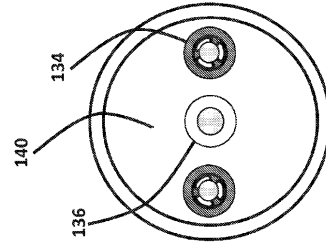


Fig. 6a

【 図 6 b 】

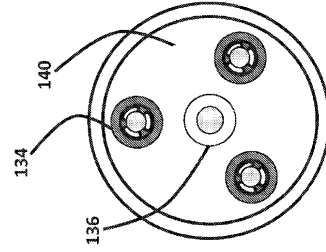


Fig. 6b

【 図 6 c 】

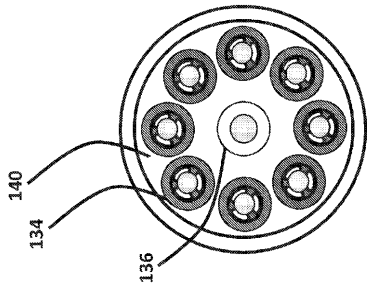


Fig. 6c

【 図 7 a 】

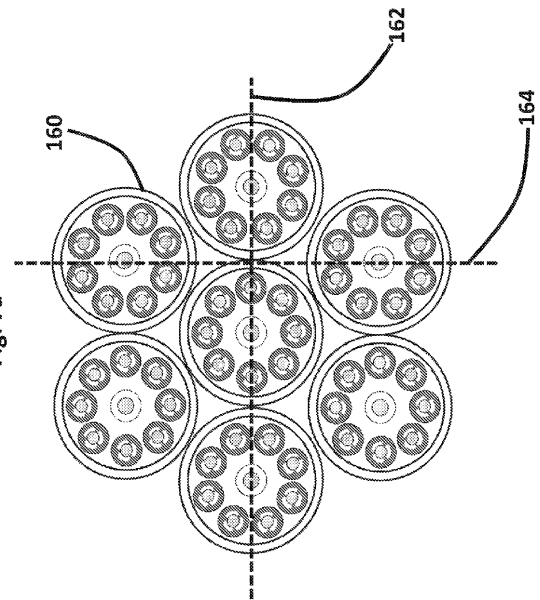
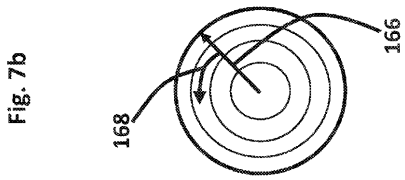


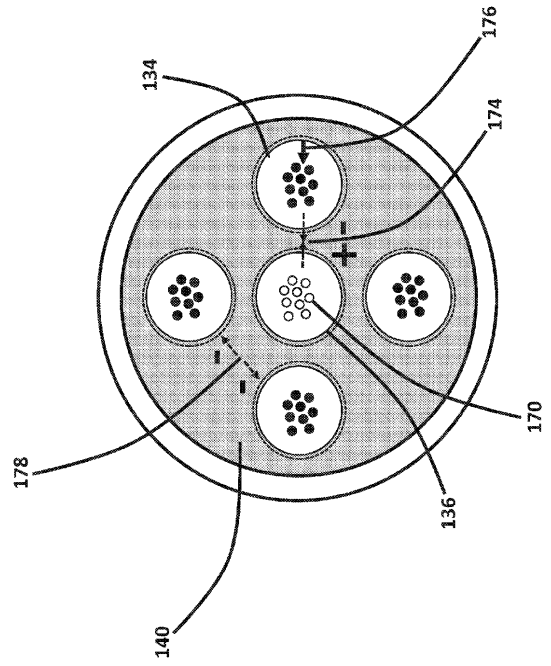
Fig. 7a

【 図 7 b 】

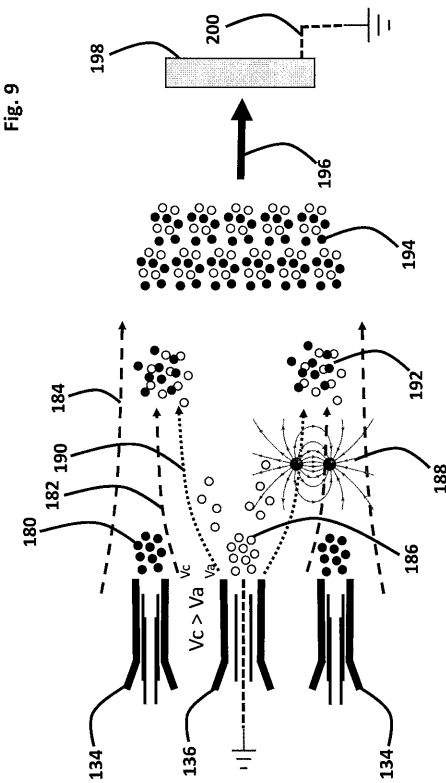


【 図 8 】

Fig. 8

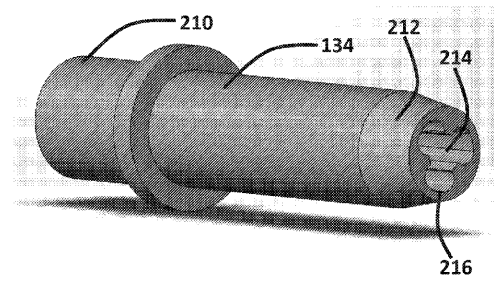


【 図 9 】



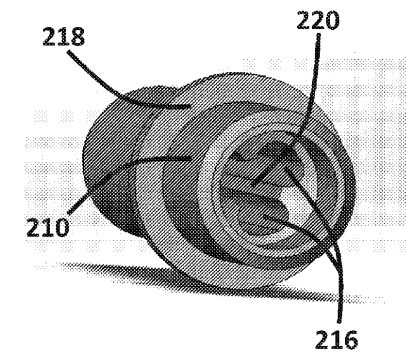
【 図 10 a 】

Fig. 10a

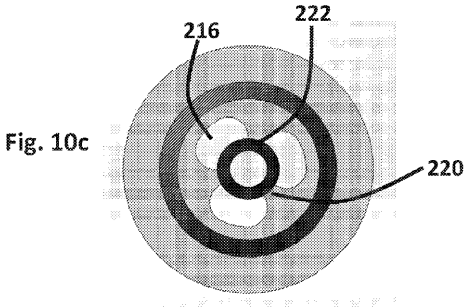


【 図 10 b 】

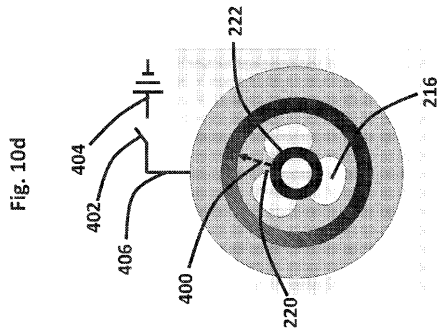
Fig. 10b



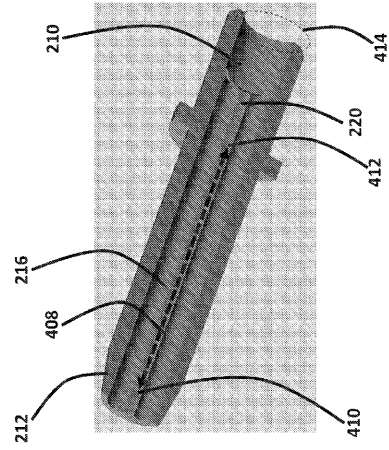
【 図 1 0 c 】



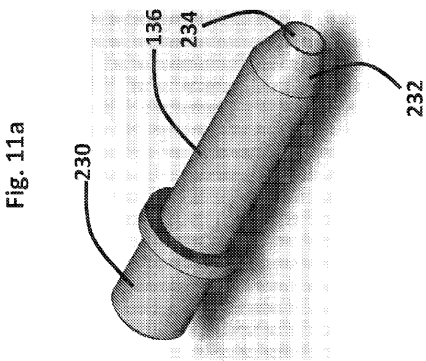
【 図 1 0 d 】



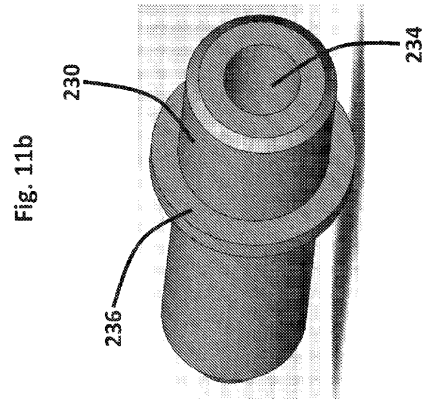
【 図 1 0 e 】



【 図 1 1 a 】



【 図 1 1 b 】



【 図 1 1 c 】

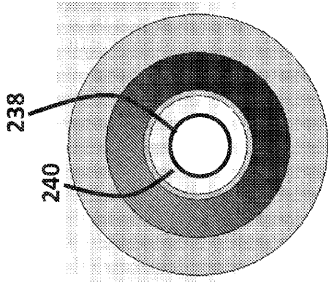


Fig. 11c

【 図 1 2 a 】

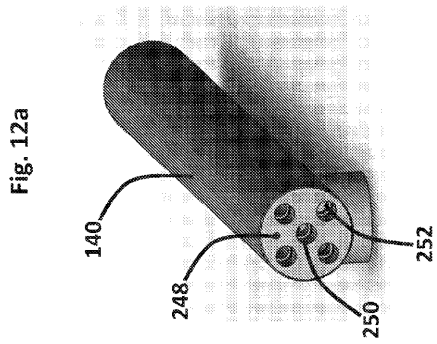


Fig. 12a

【 図 1 2 b 】

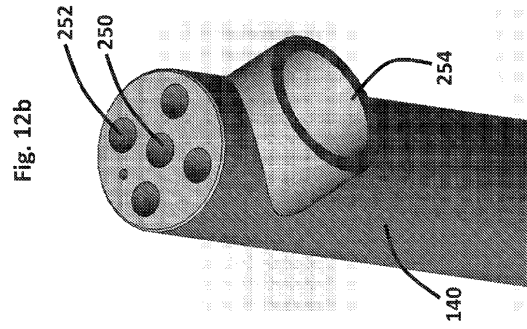


Fig. 12b

【 図 1 2 c 】

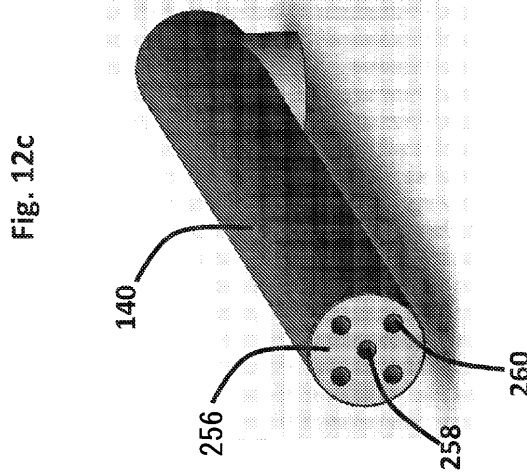
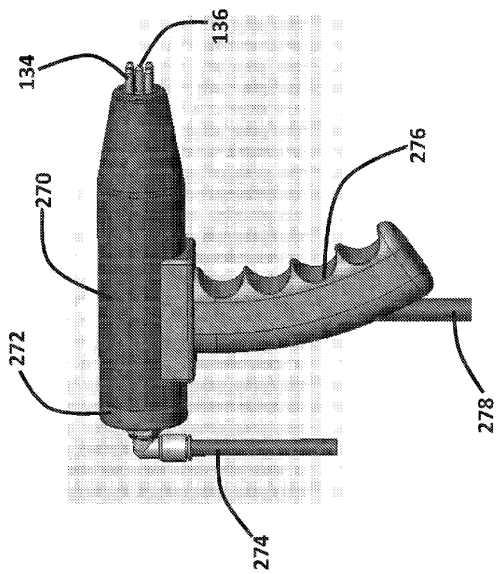


Fig. 12c

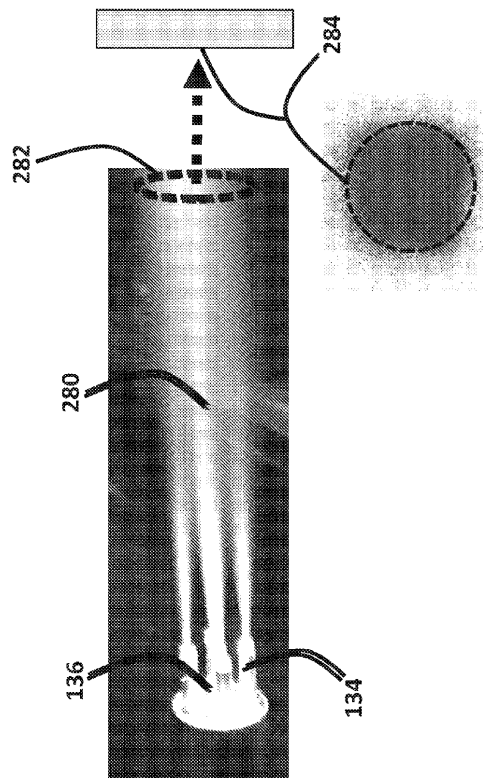
【 図 1 3 】

Fig. 13



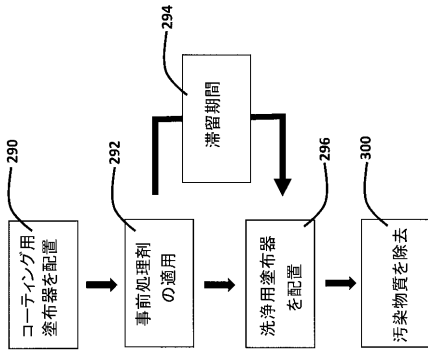
【 図 1 4 】

Fig. 14



【 図 1 5 】

Fig. 15



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2018/026143
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - B05B 5/025; B05B 5/00; B24C 1/00; B24C 7/00; B65D 83/00; B65D 83/14; B65D 83/42 (2018.01) CPC - B05B 5/025; B05B 5/00; B24C 1/003; B24C 7/00; B24C 7/0046; B65D 83/00; B65D 83/14; B65D 83/752 (2018.05)		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) See Search History document		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) See Search History document		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2007/0164130 A1 (JACKSON) 19 July 2007 (19.07.2007) entire document	1-19
A	US 5,176,321 A (DOHERTY) 05 January 1993 (05.01.1993) entire document	1-19
A	US 5,211,342 A (HOY et al) 18 May 1993 (18.05.1993) entire document	1-19
A	US 2016/0228892 A1 (SPRAYING SYSTEMS CO) 11 August 2016 (11.08.2016) entire document	1-19
<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: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "J" 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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 18 May 2018		Date of mailing of the international search report 11 JUN 2018
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300		Authorized officer Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
B 0 5 D 3/00 (2006.01)	B 0 5 D	3/00		B
B 0 5 D 1/04 (2006.01)	B 0 5 D	1/04		H
B 0 5 D 1/02 (2006.01)	B 0 5 D	7/24	3 0 1 E	
B 0 5 D 3/04 (2006.01)	B 0 5 D	1/02		Z
	B 0 5 D	3/00		D
	B 0 5 D	3/00		C
	B 0 5 D	3/04		Z

(81) 指定国・地域 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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

(72) 発明者 ジャクソン、デイヴィッド、ピー
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 1 3 5 5、サンタ クラリタ、アヴェニュー ホール 2
 6 0 7 4、ユニット 6

(72) 発明者 ジャクソン、マッケンジー、エイ
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 1 3 5 5、サンタ クラリタ、アヴェニュー ホール 2
 6 0 7 4、ユニット 6

Fターム(参考) 4D075 AA06 AA09 AA37 AA51 AA71 AA76 AA81 AA85 AC88 AE03
 BB57Z CA09 CA47 CA48 EA10 EA12 EC01 EC11 EC30
 4F033 QA04 QA09 QA10 QB02Y QB03X QB05 QB12Y QD02 QD19 QD24
 QK18Y QK19Y
 4F034 BA07 BA14 BA17 BB04 BB07