



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112016017429-1 B1



(22) Data do Depósito: 30/01/2015

(45) Data de Concessão: 04/10/2022

(54) Título: MAÇARICO DE PLASMA

(51) Int.Cl.: H05H 1/26; H05H 1/34; H05H 1/40.

(30) Prioridade Unionista: 31/01/2014 US 61/934,184.

(73) Titular(es): MONOLITH MATERIALS, INC..

(72) Inventor(es): ALEXANDER F. HOERMANN; PETER L. JOHNSON; NILS SEVERIN MYKLEBUST; MAGNE MATHISEN NORDVIK.

(86) Pedido PCT: PCT US2015013794 de 30/01/2015

(87) Publicação PCT: WO 2015/116943 de 06/08/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 27/07/2016

(57) Resumo: PROJETO DE MAÇARICO A PLASMA Trata-se a presente invenção de avanços de projeto para melhorar o desempenho de um maçarico de plasma. O uso de um ou mais de vários avanços aqui descritos pode melhorar a eficiência e eficácia do maçarico, do reator e do processo de fabricação. O uso do maçarico com gás de plasma de hidrogênio, estoque de alimentação de gás natural, e a produção de negro de fumo são também descritos.

“MAÇARICO DE PLASMA”

REFERÊNCIA CRUZADA AOS PEDIDOS RELACIONADOS

[0001] O presente pedido reivindica o benefício do Pedido Provisório U.S. No. 61/934.184 depositado em 31 de janeiro de 2014, as divulgações do qual são expressamente aqui incorporadas por referência.

CAMPO TÉCNICO

[0002] O campo da técnica à qual esta invenção geralmente pertence é métodos e aparelho para fazer uso de energia elétrica para afetar mudanças químicas.

FUNDAMENTOS

[0003] Existem muitos processos que podem ser usados e têm sido usados durante anos para produzir negro de fumo. As fontes de energia usadas para produzir tais negros de fumo durante anos, em grande parte, foram intimamente conectadas com as matérias primas usadas para converter materiais contendo hidrocarboneto em negro de fumo. Os óleos residuais de refinaria e gás natural têm sido há muito tempo um recurso para a produção de negro de fumo. As fontes de energia evoluíram com o tempo nos processos químicos tais como a produção de negro de fumo a partir de chama simples, para forno a óleo, a plasma, entre outros. Como em todas as fabricações, existe uma procura constante quanto a modos mais eficientes e eficazes para produzir tais produtos. Variando as taxas de fluxo e outras condições de fontes de energia, variando as taxas de fluxo e outras condições de matérias primas, aumentando a velocidade de produção, aumentando os rendimentos, reduzindo as características de uso do equipamento de fabricação, etc. todos foram, e continuam a ser, parte desta procura através dos anos.

[0004] O sistema aqui descrito atinge os desafios descritos acima, e adicionalmente conquista processo de fabricação mais eficiente e eficaz.

BREVE SUMÁRIO

[0005] Um maçarico de plasma é descrito incluindo pelo menos dois eletrodos cilíndricos de grafita abrigados dentro um do outro e coaxialmente alinhados; o maçarico de plasma descrito acima da reivindicação 1 em que o eletrodo interno é oco; o maçarico de plasma descrito acima onde o eletrodo interno é um cilindro sólido; o maçarico de plasma descrito acima utilizável com gás de plasma que é pelo menos cerca de 60 % H_2 em volume; o maçarico de plasma descrito acima utilizável com gás de plasma contendo pelo menos um de CO , C_2H_2 , HCN , CH_4 , C_2H_6 , N_2 ,

hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, hidrocarbonetos monoaromáticos, e/ou gás Ar; presente em pelo menos 10 ppm (partes por milhão); o maçarico de plasma descrito acima onde o intervalo entre os eletrodos concêntricos não é menor do que cerca de 4 mm e não maior do que cerca de 20 mm; o maçarico de plasma descrito acima contendo uma ponta em que a distância de intervalo, espessura de eletrodo, e/ou área de superfície da ponta permanecem substancialmente constantes durante o uso; o maçarico de plasma descrito acima adicionalmente contendo pelo menos um anel entre eletrodos particularmente adaptados para o fluxo de gás de plasma; o maçarico de plasma descrito acima adicionalmente contendo um anel superior e um anel inferior entre os eletrodos em que o anel superior é mais amplo do que o anel inferior; o maçarico de plasma descrito acima adicionalmente contendo uma fonte de energia capaz de fornecer uma tensão operacional de cerca de 300 a cerca de 1500V e uma tensão de circuito aberto de até cerca de 4500V; o maçarico de plasma descrito acima onde pelo menos um eletrodo tem uma ponta e o maçarico adicionalmente contém um componente que gera campo magnético capaz de fornecer um campo magnético na ponta do eletrodo com um componente axial dentre cerca de 10 e cerca de 100 mT; o maçarico de plasma descrito acima contendo um cátodo superior e um cátodo inferior e um ânodo superior e um ânodo inferior, em que o cátodo superior é conectado ao cátodo inferior para fabricar um eletrodo eletricamente condutivo e o ânodo superior é conectado ao ânodo inferior para fabricar um eletrodo eletricamente condutivo e cada uma destas conexões são feitas em uma junção do eletrodo eletricamente condutivo; o maçarico de plasma descrito acima onde roscas cônicas são usadas para conectar os eletrodos superior e inferior; o maçarico de plasma descrito acima contendo um anel entre eletrodos em que o eletrodo inferior tem um anel mais estreito do que o eletrodo superior; o maçarico de plasma descrito acima onde os eletrodos inferiores são considerados consumíveis; o maçarico de plasma descrito acima onde eletrodos consumíveis múltiplos são ligados a um eletrodo superior; o maçarico de plasma descrito acima contendo espessuras de anel onde a espessura do anel dos eletrodos inferiores está dentro de 10 % um do outro; o maçarico de plasma descrito acima incluindo uma área de ponta de eletrodo onde a área de superfície da ponta de eletrodo é maior do que 2:3 porém menor do que 4:1 quando a área de superfície do eletrodo externo é comparado com a área de superfície do eletrodo interno; o maçarico de plasma descrito acima onde pelo menos um dos eletrodos tem um desenho substancialmente na forma de aduela de barril (*barrel*

stave); o maçarico de plasma descrito acima onde pelo menos 5 aduelas são usadas para criar um anel concêntrico oco; o maçarico de plasma descrito acima contendo corte de ranhuras axiais nos eletrodos para fornecer alívio tensão térmica e/ou fornecem craqueamento térmico controlado; o maçarico de plasma descrito acima incluindo uma área de ponta de eletrodo em que os eletrodos cilíndricos compreendem bastões cilíndricos capazes de serem mantidos no mesmo potencial elétrico que se aproximam de um cilindro oco na ponta; o maçarico de plasma descrito acima onde o eletrodo interno compreende um desenho de chuveiro; o maçarico de plasma descrito acima incluindo um anel para o fluxo de gás de proteção; o maçarico de plasma descrito acima incluindo pelo menos um canal para o fluxo de gás de plasma através de um ou mais do que um dos seguintes: um anel, um canal de gás de proteção, um chuveiro em um eletrodo central, através do corpo de eletrodos concêntricos ocos, e/ou através do centro de eletrodos concêntricos ocos; o maçarico de plasma descrito acima incluindo pelo menos um ímã para gerar e adaptar um campo magnético; e o maçarico de plasma descrito acima incluindo um conector mecânico condutivo conectando o ânodo para o cátodo e fornecer um caminho condutivo para o início do arco.

[0006] As modalidades adicionais incluem: um reator de plasma contendo uma câmara de plasma onde as paredes do reator incluem canais de fluxo de gás que podem transportar calor para fora da câmara de plasma; o reator de plasma descrito acima onde os canais são planejados de modo a permitir que pelo menos um pouco do gás aquecido seja redirecionado como gás de plasma; o reator de plasma descrito acima incluindo o maçarico descrito onde as paredes do reator estreitam depois da seção de maçarico para formar uma seção de gargalo e depois as paredes divergem depois da seção de gargalo; o reator de plasma descrito acima incluindo injetores de estoque de alimentação de hidrocarboneto na seção de gargalo; o reator de plasma descrito acima incluindo injetores de estoque de alimentação de hidrocarboneto dentro de 5 diâmetros do gargalo na direção amontante ou a jusante.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0007] As Figuras 1, 2 e 3 mostram representações esquemáticas de maçaricos de plasma típicas como aqui descrito.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0008] Os particulares aqui mostrados são apenas por via de exemplo e para os propósitos de debate ilustrativo das várias modalidades da presente invenção e são

apresentados pelo motivo de fornecer o que é acreditado ser a descrição mais útil e facilmente entendida dos princípios e aspectos conceituais da invenção. A este respeito, nenhuma tentativa é feita para mostrar detalhes da invenção em mais detalhes do que é necessário para um entendimento fundamental da invenção, a descrição tornado evidente para aqueles habilitados na técnica como as várias formas da invenção podem ser expressas na prática.

[0009] A presente invenção será agora descrita em referência às modalidades mais detalhadas. Esta invenção, entretanto, pode ser expressa em formas diferentes não deve ser interpretada como limitada às modalidades aqui apresentadas. Ao invés, estas modalidades são fornecidas de modo que esta divulgação fosse criteriosa e completa, e totalmente conduzirá o escopo da invenção para aqueles habilitados na técnica.

[0010] A menos que de outro modo definido, todos os termos técnicos e científicos aqui usados têm o mesmo significado como habitualmente entendido por uma pessoa de habilidade comum na técnica à qual esta invenção pertence. A terminologia usada na descrição da invenção aqui é para descrever apenas as modalidades particulares e não é intencionada a ser limitante da invenção. Como usada na descrição da invenção e nas reivindicações anexas, as formas singulares “um,” “uma,” e “o/a” são intencionadas a incluir também as formas plurais, a menos que o contexto claramente indique de outro modo. Todas as publicações, pedidos de patente, patentes, e outras referências aqui mencionadas são aqui expressamente incorporadas por referência em sua totalidade.

[0011] A menos que de outro modo indicado, todos os números expressando quantidades de ingredientes, condições de reação, e assim por diante usados no relatório descritivo e reivindicações devem ser entendidos como sendo modificados em todos os casos pelo termo “cerca de.” Consequentemente, a menos que indicado ao contrário, os parâmetros numéricos apresentados no seguinte relatório descritivo e reivindicações anexas são aproximações que podem variar dependendo das propriedades desejadas procuradas ser obtidas pela presente invenção. No mínimo, e não como uma tentativa para limitar a aplicação da doutrina de equivalentes para o escopo das reivindicações, cada parâmetro numérico deve ser interpretado considerando-se o número de dígitos significantes e aproximações de arredondamento comuns.

[0012] Apesar do fato de que as faixas e parâmetros numéricos apresentando o amplo escopo da invenção são aproximações, os valores numéricos apresentados nos exemplos específicos são relatados tão precisamente quanto possível. Qualquer valor

numérico, entretanto, inerentemente contém certos erros necessariamente resultantes do desvio padrão encontrado nas suas respectivas medições de teste. Cada faixa numérica dada por todo este relatório descritivo incluirá cada faixa numérica mais estreita que caia dentro de tal faixa numérica mais ampla, como se tais faixas numéricas mais estreitas fossem todas expressamente aqui descrito.

[0013] As vantagens adicionais da invenção serão apresentadas em parte na descrição que segue, e em parte estará óbvia a partir da descrição, ou podem ser aprendidas pela prática da invenção. Deve ser entendido que tanto a descrição geral precedente quanto a descrição detalhada a seguir são apenas exemplares e explicativas e não são restritivas da invenção, como reivindicada.

[0014] As Figuras 1, 2 e 3 são representações esquemáticas bidimensionais de variantes de maçaricos típicos aqui descritos. Por exemplo, a Figura 1 mostra o gás de plasma que flui através das entradas de gás de plasma (103) entre um eletrodo interno (108), tipicamente o cátodo e o eletrodo externo (107), tipicamente o ânodo. Cada eletrodo é compreendido de uma seção superior de eletrodo (104) e seção inferior de eletrodo (106) que são conectadas na junção de eletrodo (105). A junção de eletrodo pode usar roscas cônicas para garantir que a distribuição de peso do eletrodo inferior é uniforme através da junção e que as fraturas por tensão termicamente induzidas sejam minimizadas. Outros métodos de unir os eletrodos superiores e inferiores também seriam utilizados incluindo gancho e engate, lingueta e ranhura, fechos mecânicos, como exemplos não limitantes. O anel é o espaço entre os eletrodos concêntricos onde um pouco mas não necessariamente todo do gás de plasma é passado antes de atingir a região de plasma (111). A largura do anel é descrita como a distância média entre o ânodo e o cátodo e o intervalo ou a distância da ponta são descritos como a distância mais próxima da ponta do cátodo até a ponta do ânodo. Os suportes de eletrodo (101) são conectados aos eletrodos superiores na junção de suporte/eletrodo (102). Os suportes de eletrodo permitem a isolação elétrica tanto do ânodo quanto do cátodo e adicionalmente fornecem as conexões elétricas para o ânodo e cátodo. A conexão da fonte de energia para cada um ou tanto para o ânodo quanto para o cátodo pode ser realizada através de outros meios, mas é conveniente quando realizada com os suportes de eletrodo que servem para funções múltiplas. O uso de vários materiais nos suportes de eletrodo, incluindo polímero de Teflon® e várias cerâmicas entre outros, é incluído para fornecer isolação térmica e elétrica adequadas. Estes materiais adicionalmente

permitem que o gás de plasma pré-aquecido flua em proximidade imediata com os suportes de eletrodo que podem ser opcionalmente esfriados em água. O gás de plasma é transportado através do arco (110) e serve como dissipação de calor na zona ou região de plasma (111) que idealmente é a parte mais quente do reator. O anel superior mais amplo na Figura 1 (na seção de eletrodo superior acima do anel inferior 109) permite a probabilidade reduzida de formar arco entre os eletrodos nesta área do maçarico. Adicionalmente, o eletrodo inferior é planejado para ser consumível por natureza e permitir a reposição fácil, rápida, barata sem a necessidade para substituir os eletrodos superiores e os suportes de eletrodo.

[0015] A Figura 2 mostra vários caminhos de fluxo possíveis diferentes para o gás de plasma. O gás de plasma pode fluir em torno do eletrodo externo para atuar como um gás de proteção (204). Isto protegerá os eletrodos e fornecerá vida de serviço mais longa e maximizar a utilidade da carga térmica fornecida pelo maçarico. Os eletrodos também podem ter um desenho de chuveiro (202) em que o eletrodo interno não é um anel oco, mas ao invés um eletrodo sólido com eixos ocos que permitem a dissipação térmica (203) no eletrodo interno e a maximização da utilidade da carga térmica do maçarico. Adicionalmente, o gás de plasma pode fluir através do anel (201) ou pode fluir através das paredes dos eletrodos interno e externo concêntricos ocos representados na Figura 1 por exemplo através de eixos tubulares furados axialmente através dos eletrodos.

[0016] A Figura 3 representa o maçarico e a zona de reação à jusante. O gás de plasma (301) flui a jusante da zona de plasma através do eletrodo interno (302) e do eletrodo externo (303) em uma região convergente ou de estreitamento (304) e no gargalo (305) e depois fora do gargalo dentro de um reator divergente (306). Isto cria uma quantidade grande de turbulência e esta configuração fornecerá a mistura ideal com o estoque de alimentação de hidrocarboneto. A figura também mostra a reciclagem do gás de plasma (307) que flui em torno da porção inferior e intermediária da zona de plasma para servir para duas funções (1) – resfriar as paredes da zona de plasma e (2) – pré-aquecer o gás de plasma antes de entrar na câmara de plasma para usar mais eficazmente a carga térmica do maçarico de plasma e prolongar a vida de serviço da câmara de plasma.

[0017] Embora todas estas figuras mostrem o maçarico/reator em um estado vertical com fluxo descendente, também é possível ter um fluxo ascendente, ou um reator horizontal. Quanto aos projetos de maçarico/reator particulares mostrados, a orientação

de reator vertical com fluxo descendente é preferida.

[0018] O negro de fumo foi fabricado a partir de uma variedade de processos no decorrer dos anos, entretanto, o desenvolvimento comercial de um processo com base em plasma nunca foi bem sucedido. No passado, projetos de gerador de plasma para a produção de negro de fumo não possuíam taxas de aquecimento adequadas, resistência à corrosão, gás de plasma econômico, mistura rápida, e economia suficiente de fabricação para sobreviver quando confrontado com o processo de forno incumbente. O maçarico de plasma aqui descrito permite a operação e produção contínua de negro de fumo de alta qualidade a partir do processo de plasma onde outros falharam.

[0019] Os jatos de plasma para vários processos industriais são normalmente produzidos pelos geradores de plasma compreendendo uma câmara de descarga e eletrodos mutuamente insolados. Uma descarga de arco voltagem é iniciada na câmara de descarga entre os eletrodos, no fluxo de um meio. O meio, tipicamente um gás, é aquecido na descarga para o estado de plasma e flui para fora do gerador na forma de um jato de plasma.

[0020] De todos os componentes geradores de plasma, os eletrodos, ou de preferência suas superfícies expostas ao arco voltagem, “pontos de arco”, são expostos ao fluxo térmico mais extremo. O fluxo térmico nestas áreas pode exceder 10^5 W/cm^2 (Watts por centímetro quadrado) e este ambiente fundirá ou erodirá todos os metais conhecidos. O resfriamento dos componentes de plasma é tipicamente obtido por intermédio de técnicas de resfriamento encamisada com agentes de troca térmica.

[0021] No reator de plasma aqui descrito, a fonte de energia, o controle da colocação de arco, a distância entre os eletrodos, a taxa de fluxo de gás entre outros fatores são controlados com alta precisão para garantir o desempenho. A fonte de energia é conectada aos eletrodos e fornece tensão de circuito aberto muito alta para lidar com picos de alta tensão. A fonte de energia pode ser capaz de fornecer 500-1500 V (volts) ou tensão operacional típica maior. A fonte de energia tem uma tensão de circuito aberto que pode ser de 1,5 a 3,0 vezes a tensão operacional. Estas faixas de tensão foram descobertas ser ideais para a fabricação de negro de fumo em taxas de fluxo de gás de plasma fluxos específicos em combinação com as taxas de fluxo do estoque de alimentação de hidrocarboneto, um gás de plasma compreendido de mais do que 60 % de hidrogênio, e a distância de intervalo entre 4 e 20 mm (milímetros).

[0022] Para a dada distância de intervalo, tensão, taxas de fluxo de gás de plasma, e

área de superfície de pontas de eletrodo, uma densidade de energia ideal da pontade eletrodo é de 0,1 a 2 kW/cm² (quilowatts por centímetro quadrado). Abaixo desta faixa a entrada de energia seria muito baixa para a produção eficiente de negro de fumo e acima desta faixa o maçarico rapidamente se decomporia resultando na produção ineficiente de negro de fumo devido ao desgaste do eletrodo.

[0023] O gás de plasma é o gás que passou através da região do maçarico de plasma e pode ter interagido suficientemente para ser considerado no estado de plasma. Gás de plasma como aqui usado pode significar o gás excitado e também pode significar qualquer gás que passe através da área de maçarico de plasma queteria sido induzido no estado de plasma, mas por qualquer razão não foi induzido.

[0024] Os componentes do gás de plasma para os reatores de plasma altamente eficientes aqui descritos são compreendidos de pelo menos cerca de 60 % de hidrogênio até cerca de 100 % de hidrogênio e pode compreender ainda até cercade 30 % de nitrogênio, até cerca de 30 % de CO, até cerca de 30 % de CH₄, atécerca de 10 % de HCN, até cerca de 30 % de C₂H₂, e até cerca de 30 % de Ar. Adicionalmente, o gás de plasma também pode ser compreendido dehidrocarbonetos aromáticos policíclicos tais como antraceno, naftaleno, coroneno,pireno, criseno, fluoreno, e os semelhantes. Além disso, o gás de plasma pode terbenzeno e tolueno ou componentes de hidrocarboneto monoaromáticos similares presentes. Uma composição mais típica pode compreender 90 % ou mais dehidrogênio, e 0,2 % de nitrogênio, 1,0 % de CO, 1,1 % de CH₄, 0,1 % de HCN, 0,1 % de C₂H₂, ou aproximadamente. O gás de plasma também pode compreender cercade 80 % de hidrogênio e o resto pode compreender alguma mistura dos gasesmencionados acima, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, hidrocarbonetos monoaromáticos, e outros componentes.

[0025] O material de construção para os eletrodos nesta invenção deve ter alta condutividade térmica acima de 100 W/m-K (watts por metro por kelvin) e resistividade elétrica menor do que 10e-2 ohm-m (metro). Os materiais que se ajustam nesta descrição incluem grafita e carbeto de silício, embora grafita seja preferível. O material deve ser resistente à erosão química em atmosfera de radical livre de hidrogênio altamente reativo.

[0026] O uso de roscas cônicas na junção de eletrodos reduz a concentração de tensão e potencial de craqueamento de eletrodo pode ser utilizado. Os estreitamentos

preferíveis compreendem aqueles com um ângulo de cerca de 1 em 3 podem ser usados, embora estreitamentos abaixo de cerca de 1 em 2 a cerca de 1 em 20 também possam ser usados. Para impedir o desaparafusamento dos eletrodos através da vibração, um furo pode ser perfurado através da seção rosqueada e um pino pode ser inserido.

[0027] A distância de intervalo ideal entre eletrodos concêntricos é de cerca de 4 milímetros a cerca de 20 milímetros (mm) com base na tensão operacional, corrente, e desgaste de eletrodo desejados. O tamanho do intervalo pode mudar a tensão operacional em qualquer lugar de cerca de 500V até cerca de 1200V. Um intervalo de cerca de 8 milímetros a cerca de 14 milímetros é o tamanho de intervalo preferido que fornece a formação de arco ideal nesta faixa de tensão com desgaste de eletrodo mínimo, transferência térmica ideal, formação de arco indesejada mínima, e extinção mínima devido à “ascensão” de arco do arco (perda de arco).

[0028] Adicionalmente, o comprimento do eletrodo pode ser controlado de modo a controlar a distribuição térmica no eletrodo. Um aumento no comprimento do eletrodo para reduzir perdas nos suportes resfriados à água. Por exemplo, uma faixa preferível para o comprimento para um maçarico de 750 kW está entre cerca de 600 mm e cerca de 1500 mm, em que o comprimento de eletrodo de 1500 mm fornecerá a distribuição térmica mais gradual. Pode ser facilmente entendido por aqueles habilitados na técnica que o tamanho aumentado não apenas distribuirá calor, mas também fornecerá mais superfície para permitir a perda de calor radiativo e perda de calor convectivo do eletrodo para o fluxo de gás dentro ou em torno do ou anel. Isto naturalmente será equilibrado contra as exigências da carga de peso para ganhar vantagem ideal tanto do controle térmico quanto da integridade do eletrodo (redução de rachaduras, etc.).

[0029] Os métodos adicionais para controlar ou otimizar as cargas de peso vs. tensão térmica são para fabricar os anéis concêntricos dos eletrodos cilíndricos com pontas de toque que permitem a passagem de eletricidade através de tubos concêntricos que ainda permitem um anel entre o ânodo e o cátodo. Os eletrodos neste tipo de modalidade também poderia ser retangular por natureza com conexões do tipo ranhura e lingueta para permitir a condutividade elétrica e suporte de carga de peso.

[0030] Para tratar o craqueamento na tensão térmica em eletrodos cilíndricos os com diâmetro muito longo, o uso de um desenho de aduelas de barril (*barrel staves*) onde as seções são mantidas juntas com traços habitualmente utilizados em um tal desenho que permite seções diferentes para flexionar com base no gradiente térmico, ou o uso de

uma peça sólida de material que tem fendas axiais cortadas nele para aliviar as tensões térmicas. As fendas axiais podem ser aludidas como o desenho de aduelas de barril (*barrel staves*). No desenho de aduelas de barril, pelo menos 5 aduelas ou seções seriam requeridas para criar o anel concêntrico ou barril.

[0031] Uma outra alternativa seria o uso de peças distintas para simular um cilindro, por exemplo um anel de bastões sólidos. Esta configuração também possui vantagens na disponibilidade de material e facilidade de reposição.

[0032] O alongamento da vida dos eletrodos é amplamente dependente da capacidade para minimizar o efeito térmico do arco voltagem nos eletrodos, assim como proteção adequada da superfície do eletrodo contra o meio erosivo. Isto pode ser parcialmente obtido aplicando-se um campo eletromagnético para reduzir os efeitos dos pontos de arco movendo-se os pontos de arco rapidamente sobre a superfície do eletrodo, através do que o fluxo térmico médio é reduzido na densidade para as áreas de contato entre os eletrodos e o arco voltagem. O campo magnético é fornecido através do uso de uma bobina magnética anular localizada fora dos eletrodos. O campo também pode ser fornecido pelo uso de um ímã permanente contanto que o campo seja orientado em um tal modo que o arco seja rotacionado em torno do eixo central do maçarico que facilita a rotação do arco em torno do dito eixo.

[0033] Adicionalmente, o campo magnético empurrará o plasma para fora dos limites do espaço imediato entre os dois eletrodos. Isto significa que o meio erosivo (H_2 superaquecido e radical de hidrogênio) será amplamente separado do próprio eletrodo. Em uma modalidade, o método inclui o uso de uma descarga de arco rotativo criada através da aplicação de um campo magnético aos eletrodos, como medido no anel na ponta do maçarico, de cerca de 20 militesla (mT) a cerca de 100 militesla, medidos na direção axial, a seguir aludido como componente axial. Um valor de cerca de 30 militesla a cerca de 50 militesla pode tipicamente ser usado. O componente radial típico do campo magnético pode estar entre cerca de 3 e cerca de 15 mT.

[0034] Uma ou mais bobinas magnéticas podem ser utilizadas para adaptar a formado campo usado para manipular o comportamento do arco. Por exemplo, um projeto de arco pode produzir um campo magnético divergente com um componente radial de 6 mT e um componente axial de 40 mT na ponta do maçarico. Não é possível mudar um destes sem o outro usando uma bobina, entretanto, através da utilização de várias bobinas o arco pode ser adaptado a um componente radial e axial específico. Isto pode

reduzir ainda mais o custo de capital da bobina magnética e otimizar a forma do campo magnético para maximizar a vida do eletrodo.

[0035] Como anteriormente mencionado, os eletrodos podem ser compostos de porções superiores e inferiores em que a porção inferior pode ser feita para ser substituída em uma maneira extrema rápida com partes de grafita de baixo custo. A definição de consumível neste contexto significa que mais do que 1 ton de negro de fumo porém menos do que 100 tons de negro de fumo são produzidas por polegada de erosão de grafita axialmente orientada. Adicionalmente, eletrodos consumíveis múltiplos podem ser ligados ao eletrodo superior por exemplo 3 ou 4 ou mais eletrodos consumíveis que são removidos ou deixados ser consumidos no lugar durante as rodadas de produção de negro de fumo. Isto permite tempo ocioso limitado do maçarico e fornece um eletrodo de sacrifício que seja tanto barato quanto rapidamente substituído.

[0036] O uso de caminhos de fluxo de gás diferentes para afetar o resfriamento de eletrodos e mudar o perfil de fluxo na região de arco são mostrados, por exemplo, na figura 2. O gás pode passar através do anel (caminho de fluxo default), através de um caminho interno (201) consistindo de furo(s) perfurados no eletrodo central, através do caminho oco dentro do eletrodo interno, ou através de um caminho externo (204) em torno do eletrodo externo (aludido como gás de proteção). Na Figura 2 este outro caminho externo é através de um anel de furos no eletrodo superior, mas esta entrada de fluxo também seria uma fenda anular. Os caminhos de fluxo interno e externo ajudam a resfriar os eletrodos e transferir mais calor para o gás. Eles também permitem taxas de fluxo de gás mais altas que “extinguiria” o arco se direcionado totalmente através do anel. E o caminho de fluxo externo atua como um gás de proteção, ajudando a confinar a região de plasma e proteger o refratário circundante. Uma divisão de fluxo típico seria de cerca de 50 % através do anel e de cerca de 25 % através de cada um dos outros dois caminhos. Qualquer combinação de divisões de fluxo seria usada para se obter regimes de operação diferente e otimizam metas diferentes (por exemplo redução do desgaste, aumento da tensão operacional, etc.).

[0037] De interesse adicional é a utilização de meios mecânicos para estabelecer contato elétrico entre os eletrodos e iniciar um arco. Isto elimina a necessidade quanto a um iniciador de alta tensão e riscos de equipamento e segurança associados. Isto pode consistir de um bastão móvel feito de um material eletricamente condutivo tal como grafita ou cobre que tocara os eletrodos simultaneamente, permitindo que a corrente

flua, antes de ser retirada. O bastão iniciador pode ser um êmbolo que entra através do eletrodo externo e colide com o arco no anel ou pode ser um braço rotativo que colide com o arco nas pontas do eletrodo.

[0038] Como aqui descrito, o reator é separado em duas seções ou zonas, uma zona de plasma e uma zona de reator, com gás natural ou outra injeção de estoque de alimentação ocorrendo na área entre eles. O gargalo é usado não apenas para separar as duas regiões mas para acelerar o gás de plasma de modo que mistura mais intensa pode ocorrer em uma região menor. O gargalo é portanto definido como a seção mais estreita entre a zona de plasma e a zona de reator. O comprimento do gargalo pode ser de vários metros ou tão pequeno quanto cerca de 0,5 a cerca de 2 milímetros. O ponto mais estreito do gargalo é definido como o diâmetro mais estreito do gargalo +20 %. Qualquer seção transversal que esteja dentro de cerca de 10 % da seção transversal mais estreita é considerada estar dentro do escopo do gargalo.

[0039] Os pontos de injeção preferíveis dentro do reator são de cerca de 5 diâmetros a montante do gargalo e de cerca de 5 diâmetros a jusante do gargalo. Um diâmetro é definido como o diâmetro do gargalo no ponto mais estreito do gargalo. Opcionalmente a injeção pode ocorrer dentro de cerca de +/- 2 diâmetros ou de cerca de +/- 1 diâmetro do gargalo.

[0040] O estoque de alimentação de hidrocarboneto aceitável inclui qualquer produto químico com a fórmula C_nH_x ou $C_nH_xO_y$. Por exemplo, hidrocarbonetos simples tais como: metano, etano, propano, butano, etc. podem ser usados. O estoque de alimentação aromático tal como benzeno, tolueno, metil naftaleno, óleo combustível de pirólise, alcatrão de carvão, carvão, óleo pesado, óleo, bio-óleo, biodiesel, outros hidrocarbonetos biologicamente derivados, ou os semelhantes. Também, estoques de alimentação de hidrocarboneto insaturado também podem ser usados, tais como: etileno, acetileno, butadieno, estireno e os semelhantes. Os hidrocarbonetos oxigenados tais como; etanol, metanol, propanol, fenol, e similares também são estoques de alimentação aceitáveis. Estes exemplos são fornecidos como exemplos não limitantes de estoques de alimentação de hidrocarboneto aceitáveis que podem ser combinados ainda e/ou misturado com outros componentes aceitáveis para a fabricação. Os estoques de alimentação de hidrocarboneto aqui aludidos, significam que a maior parte do estoque de alimentação é hidrocarboneto por natureza.

[0041] Assim, o escopo da invenção deve incluir todas as modificações e variações que

podem cair dentro do escopo das reivindicações anexas. Outras modalidades da invenção estarão evidentes para aqueles habilitados na técnica a partir da consideração do relatório descritivo e prática da invenção aqui divulgada. É intencionado que o relatório descritivo e exemplos sejam considerados apenas como exemplares, com um escopo e espírito verdadeiros da invenção sendo indicados pelas seguintes reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Maçarico de plasma caracterizado pelo fato de que compreende pelo menos dois eletrodos cilíndricos de grafita compreendendo um eletrodo interno (108, 302) abrigado dentro de um eletrodo externo (107, 303), onde o eletrodo interno (108, 302) é alinhado de forma coaxial com o eletrodo externo (107, 303), onde pelo menos um dos eletrodos compreende (i) um desenho em forma de aduela de barril compreendendo aduelas ou seções que formam um anel ou barril ou (ii) um anel de bastões cilíndricos sólidos.
2. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o eletrodo interno (108, 302) é oco.
3. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o eletrodo interno (108, 302) é um cilindro sólido.
4. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o intervalo entre os eletrodos não é menor que 4 milímetros (mm) e não maior do que 20 mm.
5. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma distância de intervalo entre os eletrodos, uma espessura de eletrodo de pelo menos um dos eletrodos, ou uma área de superfície de uma ponta de pelo menos um dos eletrodos permanecem constantes durante a geração do plasma.
6. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que adicionalmente contém pelo menos um anel entre os eletrodos adaptado para fluxo de um gás de plasma.
7. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que adicionalmente contém um anel superior e um anel inferior entre os eletrodos em que o anel superior é mais largo que o anel inferior.
8. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que adicionalmente contém uma fonte de energia capaz de fornecer uma tensão operacional de 300 volts (V) a 1500V e uma voltagem de circuito aberto de até 4500V.
9. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pelo menos um eletrodo dos eletrodos tem uma ponta e em que o maçarico de plasma adicionalmente contém um componente de geração de campo magnético

capaz de fornecer um campo magnético na ponta do eletrodo com um componente axial dentre 10 militesla (mT) e 100 mT.

10. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um cátodo superior e um cátodo inferior os quais formam um dos pelo menos dois eletrodos ou um ânodo superior e um ânodo inferior os quais formam um outro dos pelo menos dois eletrodos, em que (i) o cátodo superior é conectado ao cátodo inferior em uma união de eletrodo eletricamente condutora para formar um eletrodo eletricamente condutor; ou (ii) o ânodo superior é conectado ao ânodo inferior em uma união de eletrodo eletricamente condutora para formar um eletrodo eletricamente condutor.

11. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que roscas cônicas conectadas ao cátodo superior e ao cátodo inferior ou ao ânodo superior e ao ânodo inferior.

12. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que contém um anel inferior entre o cátodo inferior e o ânodo inferior e um anel superior entre o cátodo superior e o ânodo superior, onde o anel inferior é mais estreito que o anel superior.

13. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o cátodo inferior ou o ânodo inferior são consumíveis.

14. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que múltiplos cátodos inferiores consumíveis são ligados ao cátodo superior ou múltiplos ânodos inferiores consumíveis são ligados ao ânodo superior.

15. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma área de superfície de uma ponta do eletrodo externo (107, 303) é maior do que 2:3, mas menor do que 4:1 em comparação com uma área de superfície de uma ponta do eletrodo interno (108, 302).

16. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o desenho em aduela de barril compreende pelo menos 5 aduelas, e pelo fato de que pelo menos 5 aduelas formam um anel.

17. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o eletrodo interno (108, 302) compreende um desenho de cabeça de chuveiro (202).

18. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui um anel (201) para um fluxo de gás de proteção (204).

19. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui pelo menos um canal para fluxo de gás de plasma através de um ou mais dos seguintes: um anel (201), um canal de gás de proteção (204), uma cabeça de chuveiro (202) no eletrodo interno (108, 302), um corpo de pelo menos um eletrodo oco dos eletrodos, e um centro de pelo menos um eletrodo oco dos eletrodos.

20. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui pelo menos um ímã para gerar e adaptar um campo magnético.

21. Maçarico de plasma de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui um conector mecânico condutor conectando um ânodo dos eletrodos a um cátodo dos eletrodos e fornecendo um caminho condutor para o início do arco.

22. Reator de plasma incluindo o maçarico de plasma conforme definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o reator de plasma compreende paredes, e em que as paredes do reator de plasma estreitam depois do maçarico de plasma formar um gargalo (305) e então divergem depois do gargalo (305).

23. Reator de plasma de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que inclui injetores de estoque de alimentação de hidrocarboneto no gargalo (305).

24. Reator de plasma de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que inclui injetores de estoque de alimentação de hidrocarboneto dentro de 5 diâmetros a montante do gargalo (305) e 5 diâmetros a jusante do gargalo (305).

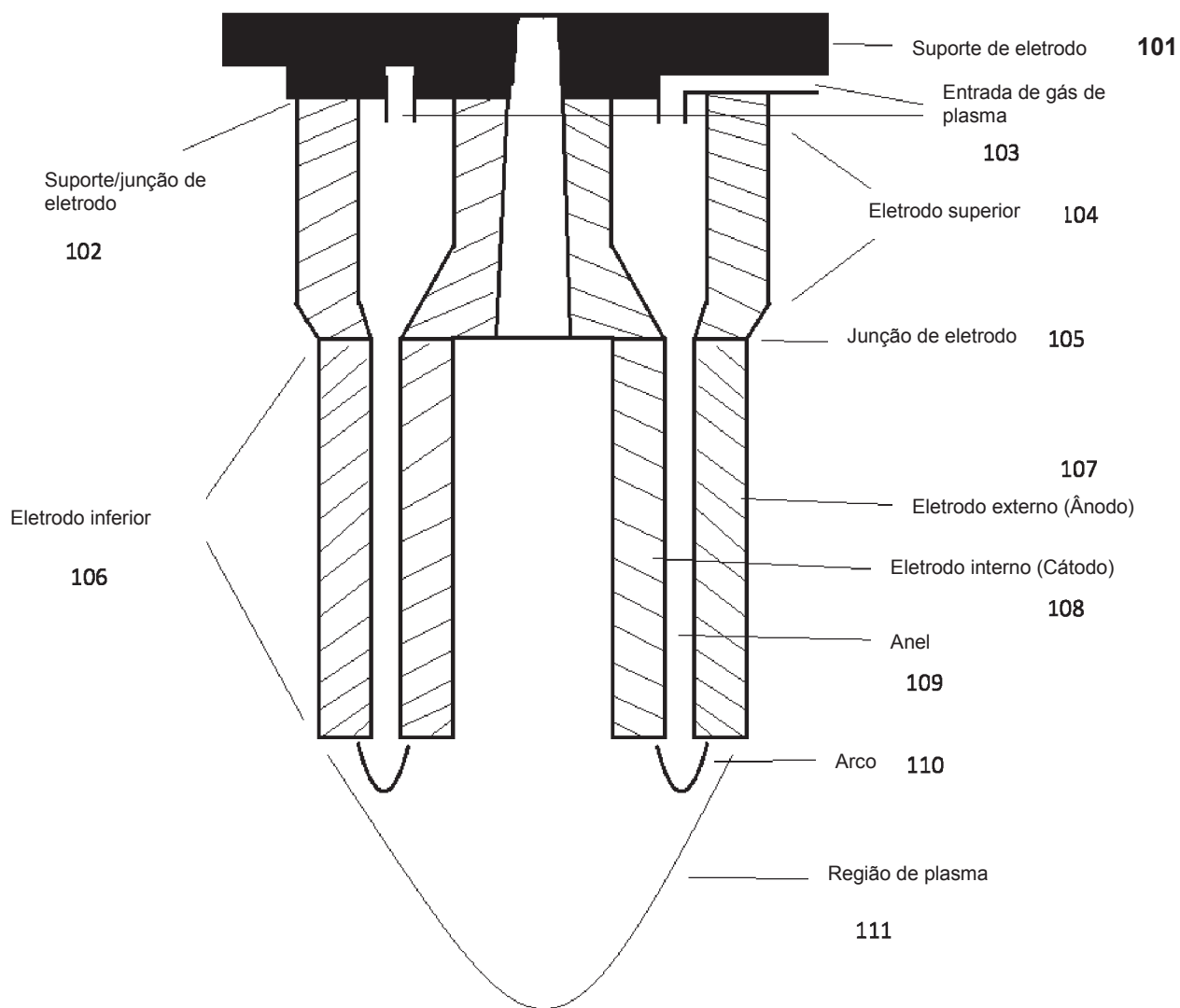
FIG. 1

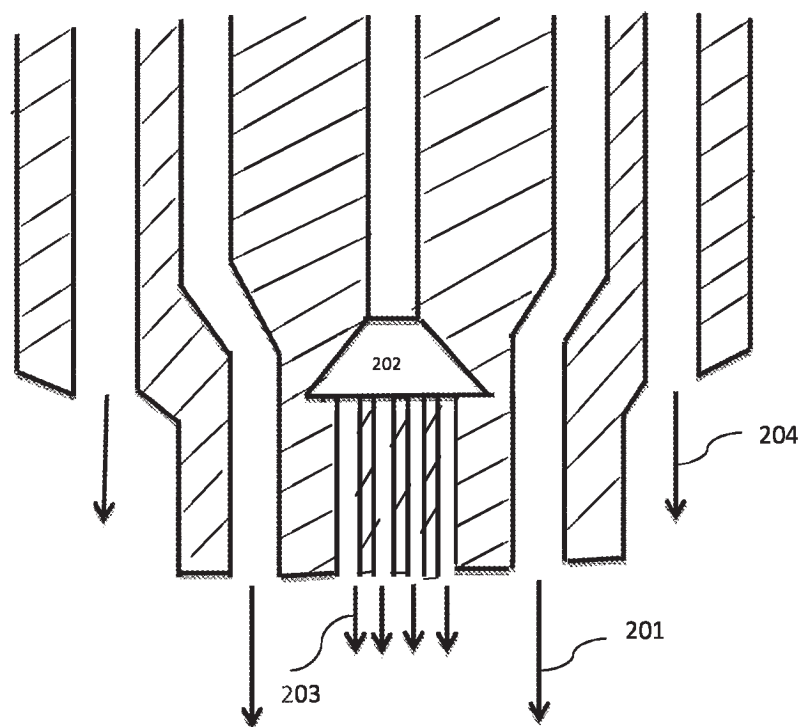
FIG. 2

FIG. 3