



República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0715966-8 A2



(22) Data de Depósito: 28/08/2007  
(43) Data da Publicação: 06/08/2013  
(RPI 2222)

(51) Int.Cl.:  
B05B 12/12  
B05B 7/04  
B05B 7/12  
B05D 3/04

(54) Título: APARELHO, E MÉTODO

(30) Prioridade Unionista: 28/08/2006 US 60/840.616,  
12/10/2006 US 60/851.189, 12/10/2006 US 60/851.189, 28/08/2006  
US 60/840.616

(73) Titular(es): Air Products And Chemical, INC.

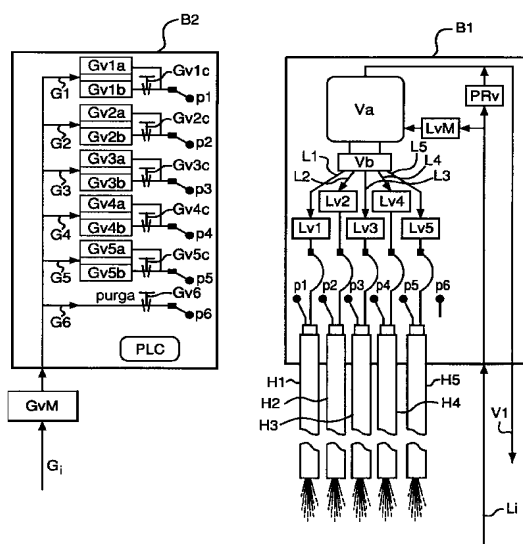
(72) Inventor(es): John Lewis Green, Robert Ellsworth Knorr,  
Zbigniew Zurechi

(74) Procurador(es): Walter de Almeida Martins

(86) Pedido Internacional: PCT US2007077010 de  
28/08/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/027900de  
06/03/2008

(57) Resumo: APARELHO, E MÉTODO. Trata-se de um bocal e um processo para contato de um líquido criogênico com um gás, e descarga de fluido resultante através do bocal. Em uma configuração, a razão do componente líquido do fluido descarregado para o componente gasoso do mesmo é controlada em função da pressão do gás.



## APARELHO, E MÉTODO

## ANTECEDENTES

A invenção refere-se a um bocal criogênico. Em particular, a presente invenção refere-se ao controle da taxa de fluxo de um líquido criogênico através de um bocal criogênico. Um bocal é uma parte constrita de uma linha de fluido em ou na proximidade da saída ou ponto de término de onde o fluido é ejetado para o espaço aberto que se encontra a uma pressão inferior à pressão existente na linha de fornecimento. As passagens de fluido ilustradas nas Figs. 1C, 2A-2D e 3 constituem as constrições no interior do bocal e essas figuras não ilustram as linhas de fornecimento para o bocal.

A Fig. 1A ilustra o método convencional de controle da taxa de fluxo de um líquido criogênico através de um bocal. Em particular, uma válvula V é instalada a montante do bocal e restringe o fluxo do líquido criogênico L quando a taxa de fluxo desejada através do bocal N é inferior à capacidade de projeto do bocal. Um problema associado a este método convencional consiste na queda de pressão sofrida pelo líquido através da válvula, que causa uma redução na velocidade de aspensão.

Adicionalmente, a queda de pressão faz uma parte do líquido ferver a jusante da válvula, podendo entupir o bocal e/ou a passagem do bocal, causando dessa forma pulsações de taxa de fluxo. É importante entender a este respeito que o método convencional é restringido pelo

aumento do tamanho do orifício do bocal para ejetar rapidamente o produto de fervura e eliminar dessa forma as resultantes pulsações de taxa de fluxo. Em particular, um orifício de bocal maior no método convencional irá requerer  
5 um grau maior de restrição da válvula para obter uma faixa equivalente de reduções de fluxo, e portanto uma maior queda de pressão e um acréscimo de efeito de fervura.

A restrição relativa ao aumento do tamanho do bocal no método convencional causa um outro problema no método  
10 convencional devido ao fato de o bocal e a linha de fornecimento para o mesmo terem que ser resfriados a partir da temperatura ambiente anteriormente ao início da operação. Em particular, é necessário um bocal superdimensionado para purgar rapidamente as grandes quantidades  
15 de vapor criadas durante esse resfriamento. Conseqüentemente, o método convencional enfrenta o dilema de escolher entre a demorada tarefa de troca do bocal superdimensionado anteriormente ao início de uma operação normal, ou as complexidades de projeto de um sistema para  
20 aumento temporário do tamanho de orifício do bocal durante o resfriamento.

Finalmente, um outro problema existente no método convencional reside na válvula propriamente dita. Em particular, válvulas destinadas a trabalhar com líquidos  
25 criogênicos são dispendiosas e tendem a se avariar. A presente invenção proporciona um método para controle da taxa de fluxo de um líquido criogênico através de um bocal

que evita os problemas descritos acima.

A Fig. 1B ilustra uma modificação convencional para a Figura 1A destinada a reduzir as pulsações de taxa de fluxo induzidas por efeitos de fervura, mediante  
5 localização da válvula V no bocal N. Desta forma, a fervura ocorre na descarga do bocal e assim é evitado o entupimento do bocal associado a esse efeito. Infelizmente, esta modificação não será prática em muitas aplicações na medida em que a válvula de controle torna o bocal excessivamente  
10 grande e volumoso para acolhimento em máquinas de fabricação. Adicionalmente, a transferência da queda de pressão para a parte de descarga do bocal não impede a ocorrência da redução de velocidade de aspersão.

A técnica associada inclui a patente norte-  
15 americana n° US 5.385.025 concedida a Kellett, a patente norte-americana n° US 6.363.729 concedida a Brahmhatt e outros; a patente norte-americana n° US 6.070.416 concedida a Germain e outros; e o documento norte americano n° US 2002/0139125 em nome de Kunkel e outros.

20

#### BREVE SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção consiste em um método e um aparelho para controle da taxa de fluxo de um líquido criogênico através de um bocal. A taxa de fluxo é controlada com um gás de "estrangulamento" possuindo uma  
25 pressão superior ou igual à pressão do líquido criogênico, uma temperatura superior à temperatura do líquido criogênico, e um ponto de ebulição inferior ou igual à

temperatura do líquido criogênico.

Especificamente, a presente invenção proporciona um processo que compreende a provisão de um líquido criogênico; provisão de um gás de estrangulamento possuindo  
5 uma pressão maior ou igual que a pressão do líquido criogênico, uma temperatura maior que a temperatura do líquido criogênico, e um ponto de ebulição menor ou igual à temperatura do líquido criogênico; introdução do líquido criogênico e do gás de estrangulamento em uma zona de  
10 contato e estabelecimento de contato entre o líquido e o gás de estrangulamento para formação de um fluido resultante; e descarga do fluido através do bocal com simultânea continuação de introdução do líquido criogênico e do gás de estrangulamento na zona de contato. O método  
15 inclui a etapa de continuação dos fluxos de gás e de líquido durante um certo período de tempo e ajuste da taxa de fluxo de massa, e/ou da temperatura, e/ou da pressão do gás conforme for desejado entre um fluxo máximo e nenhum fluxo de gás para ajustar ou manter a taxa de fluxo de  
20 massa do líquido criogênico.

No processo de acordo com a presente invenção, o líquido criogênico e o gás de estrangulamento são introduzidos no interior de uma zona de contato onde são colocados em contato para formarem um fluido resultante. O  
25 fluido resultante é descarregado através do bocal enquanto prossegue a introdução de quantidades adicionais de líquido criogênico e gás de estrangulamento ou líquido criogênico

adicional, ou gás de estrangulamento adicional, a partir de uma ou mais fontes localizadas a montante da zona de contato, para o interior da zona de contato. Em uma configuração do processo de acordo com a presente invenção, 5 o processo compreende adicionalmente o controle da taxa de fluxo de massa de descarga de fluido e da razão de massa do componente líquido do fluido descarregado relativamente a seu componente gasoso como função da pressão de gás de estrangulamento.

10 Em uma configuração da presente invenção, o aparelho compreende um conduto possuindo uma extremidade de montante e uma extremidade de jusante em comunicação de fluxo direta com um bocal. O aparelho compreende adicionalmente uma primeira linha de fornecimento ou 15 alimentação que liga uma linha de fornecimento de gás pressurizado ao conduto e uma segunda linha de fornecimento ou alimentação que liga a linha de fornecimento do líquido criogênico ao conduto. A extremidade de descarga da linha de fornecimento de gás encontra-se em comunicação de fluxo 20 direta com a extremidade de montante do conduto, enquanto a linha de fornecimento de líquido se encontra em comunicação de fluxo formando um ângulo de 45-135 graus com a extremidade de montante do conduto (medido a partir do conduto).

25 Em uma segunda configuração de aparelho de acordo com a presente invenção, o aparelho compreende um conduto possuindo uma primeira extremidade de alimentação e uma

segunda extremidade de alimentação que pode constituir uma extremidade de alimentação oposta, e um bocal compreendendo uma fileira de aberturas (ou opcionalmente compreendendo uma fenda) ao longo de pelo menos uma parte da extensão da

5 parede do conduto. O aparelho compreende adicionalmente uma primeira linha de fornecimento possuindo uma extremidade de descarga em comunicação direta de fluxo com pelo menos uma das extremidades de alimentação do conduto, e uma segunda

10 linha de fornecimento possuindo uma extremidade de descarga em comunicação de fluxo formando um ângulo de  $45-135^\circ$  com pelo menos uma das extremidades de alimentação do conduto. O ângulo é medido a partir do conduto. Em uma configuração do segundo aparelho, a primeira linha de fornecimento que se encontra em comunicação direta com o conduto liga um

15 fornecimento de gás pressurizado ao conduto, enquanto que a segunda linha de fornecimento que forma um ângulo de comunicação de fluxo de  $45-135^\circ$  ou um ângulo de comunicação de fluxo de  $90-135^\circ$  relativamente ao conduto liga um fornecimento de líquido criogênico ao conduto.

20 Em uma terceira configuração de aparelho de acordo com a presente invenção, o aparelho compreende um espaço anular definido por um conduto externo circundando concentricamente um conduto interno contendo uma pluralidade de aberturas em sua parede. O espaço anular tem

25 uma primeira extremidade de alimentação e uma extremidade de alimentação oposta que são respectivamente adjacentes a uma primeira extremidade de admissão e uma extremidade de

admissão oposta do conduto interno. O aparelho compreende adicionalmente um bocal compreendendo uma fileira de aberturas (ou compreendendo opcionalmente uma fenda) ao longo de pelo menos uma parte da extensão da parede do conduto externo, uma primeira linha de fornecimento em comunicação de fluxo com pelo menos uma das extremidades de alimentação do espaço anular, e uma segunda linha de fornecimento em comunicação de fluxo com pelo menos uma das extremidades de admissão do conduto interno. Em uma configuração do terceiro aparelho, a primeira linha de fornecimento em comunicação de fluxo com o espaço anular liga um fornecimento de gás pressurizado ao espaço anular, enquanto a segunda linha de fornecimento em comunicação de fluxo com o conduto interno liga um fornecimento de líquido criogênico ao conduto interno.

A presente invenção proporciona adicionalmente um aparelho compreendendo pelo menos um dispositivo de aspersão criogênica possuindo individualmente pelo menos uma abertura de admissão de gás em comunicação fluida com uma zona de contato; e pelo menos uma abertura de admissão de líquido criogênico em comunicação fluida com a zona de contato, em que a zona de contato se encontra em comunicação fluida com pelo menos um bocal; e um meio de controle de fornecimento de gás em comunicação fluida individualmente com a pelo menos uma abertura(s) de admissão de gás, em que o meio de controle de fornecimento de gás é adaptado para permitir o ajuste de pelo menos uma

de entre temperatura e pressão de gás fornecido individualmente para a pelo menos uma abertura(s) de admissão de gás para obtenção de uma primeira taxa de fluxo desejada de líquido criogênico através do pelo menos um  
5 bocal quando uma fonte de líquido criogênico a uma primeira pressão é provida individualmente para cada uma das pelo menos uma abertura(s) de admissão do líquido criogênico.

A invenção proporciona adicionalmente um aparelho compreendendo: um conduto externo; um conduto interno  
10 posicionado no interior do conduto externo e definindo um espaço anular entre o conduto externo e o conduto interno, em que o conduto interno possui pelo menos uma abertura posicionada para permitir que o líquido criogênico possa fluir radialmente do conduto interno para o espaço anular;  
15 pelo menos um bocal formado no conduto externo, cada um dos pelo menos um bocal(ais) encontrando-se em comunicação fluida com o espaço anular; uma primeira abertura de admissão de gás em comunicação fluida com o conduto externo, em que a primeira abertura de admissão de gás é  
20 adaptada para ser ligada a um fornecimento de gás pressurizado; e uma primeira abertura de admissão de líquido criogênico em comunicação fluida com o conduto interno, em que a primeira abertura de admissão de líquido criogênico é adaptada para ser ligada a um fornecimento de  
25 líquido criogênico.

A presente invenção proporciona adicionalmente um aparelho compreendendo: um conduto possuindo uma

extremidade de montante e uma extremidade de jusante; um bocal em comunicação de fluxo direta e linear com a extremidade de jusante; uma primeira abertura de admissão que é adaptada para ser ligada a uma linha de fornecimento de gás pressurizado, em que a primeira abertura de admissão possui uma extremidade de descarga em comunicação de fluxo direta e linear com a extremidade de montante do bocal; e uma segunda abertura de admissão que é adaptada para ser ligada a uma linha de fornecimento de líquido criogênico, em que a segunda abertura de admissão possui uma extremidade de descarga em comunicação de fluxo formando um ângulo de 45 - 135 graus com a extremidade de montante.

A invenção proporciona adicionalmente um método compreendendo: fornecimento de um líquido criogênico a uma primeira pressão e uma primeira temperatura para uma zona de contato que se encontra em comunicação fluida com pelo menos um bocal; fornecimento de um gás a uma segunda pressão e uma segunda temperatura para a zona de contato, em que a segunda pressão não é inferior à primeira pressão, e a segunda temperatura é superior à primeira temperatura, e o gás tem um ponto de ebulição a 1 atmosfera que não é superior à primeira temperatura; regulação do gás fornecido para a zona de contato para obtenção de uma taxa de fluxo desejável de líquido criogênico através de cada um dos pelo menos um bocal(ais).

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Fig. 1A ilustra um bocal de aspersão criogênica

convencional.

A Fig. 1B ilustra um bocal de aspersão criogênica convencional com uma localização modificada.

A Fig. 1C ilustra uma configuração da presente  
5 invenção.

As Figs. 2A até 2D ilustram diversas outras configurações da presente invenção possuindo diferentes configurações de zona de contato e/ou de bocal.

A Fig. 3 ilustra uma configuração adicional da  
10 presente invenção.

A Fig. 4 ilustra uma outra configuração da presente invenção possuindo múltiplos bocais de aspersão.

A Fig. 5 ilustra uma configuração de tubo de aspersão de conduto único de acordo com a presente  
15 invenção.

As Figs. 6A até 6I ilustram várias configurações de tubo de aspersão de conduto duplo de acordo com a presente invenção.

A Fig. 7 ilustra um sistema de tubo de aspersão que  
20 é adaptado para rastrear uma fonte de calor móvel.

A Fig. 8 ilustra uma outra configuração do tubo de aspersão da Fig. 7 em que o tubo de aspersão circunda um substrato.

A Fig. 9 ilustra uma outra configuração alternativa  
25 de tubo de aspersão.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Conforme são utilizadas no presente relatório

descritivo e nas reivindicações, as seguintes expressões serão definidas da seguinte forma:

- 5 (i) Um "fluido criogênico" significa um fluido possuindo um ponto de ebulição inferior a  $-73^{\circ}$  C a uma pressão de 1 atmosfera.
- (ii) Um "líquido criogênico" significa um fluido criogênico em fase líquida com um ponto de ebulição inferior a  $-73^{\circ}$  C a uma pressão de 1 atmosfera.
- 10 (iii) Um "bocal" significa uma ou mais aberturas para descarga de um fluido. Um bocal é uma constricção da linha de fluido em ou na proximidade da saída ou ponto terminal de onde o fluido é ejetado para o espaço aberto que se encontra a uma pressão menor que a pressão existente na linha de fornecimento.
- 15 (iv) Uma comunicação de fluxo "direta" entre um conduto e um bocal significa que o percurso do fluxo na extremidade de descarga do conduto se combina com o percurso de fluxo através do bocal sem alteração de direção. Similarmente, uma comunicação de fluxo "direta" entre um fluido e um conduto significa que o percurso de fluxo do fluido se combina com o percurso de fluxo na extremidade de alimentação ou de montante do conduto sem alteração de direção. Finalmente, uma comunicação de fluxo "direta" entre uma linha de
- 20
- 25

fornecimento e um conduto significa que o percurso do fluxo na extremidade de descarga da linha de fornecimento se combina com o percurso de fluxo na extremidade de alimentação ou de montante do conduto sem alteração de direção.

5

(v) "Comunicação de fluxo em ângulo de  $45^\circ - 135^\circ$ " entre um fluido e um conduto significa que o percurso do fluxo do fluido se combina com o percurso de fluxo na extremidade de alimentação do conduto formando um ângulo entre  $45^\circ$  e  $135^\circ$ . Similarmente uma comunicação de fluxo em ângulo de  $45^\circ - 135^\circ$  entre uma linha de fornecimento e um conduto significa que o percurso de fluxo na extremidade de descarga da linha de fornecimento se combina com o percurso de fluxo na extremidade de alimentação do conduto formando um ângulo de  $45^\circ$  até  $135^\circ$ . Para algumas configurações a direção do fluxo do gás para o interior do líquido para a zona de contato do bocal, conforme definida por aberturas, linhas de fornecimento ou outras conexões, é de  $0^\circ$  até  $180^\circ$ ,  $0^\circ$  até  $90^\circ$ , ou  $45^\circ$  até  $90^\circ$ , e o conduto pode encontrar-se ou não em comunicação de fluxo direta com a zona de contato.

10

15

20

25

A presente invenção é baseada na descoberta dos Requerentes de que quando um líquido criogênico e um gás "de estrangulamento" pressurizado são introduzidos em uma

"zona de contato" e o fluido resultante é descarregado através de um bocal, a razão de líquido para gás do fluido descarregado, e portanto a taxa de fluxo do líquido criogênico, podem ser controladas em função da pressão do gás de estrangulamento. Desta forma, a presente invenção pode alternar entre uma funcionalidade de resfriamento por incidência, quando o fluido de descarga pode compreender uma parte preponderante (51-100%) ou uma percentagem mais elevada de até 100% de líquido (por exemplo, 75-100% de líquido) e uma funcionalidade de limpeza por jato quando o fluido de descarga pode compreender uma parte preponderante (51-100%) ou uma percentagem mais elevada de até 100% de gás (por exemplo, 75-100% de gás), sem quaisquer alterações além da alteração de pressão do gás de estrangulamento (doravante aqui designada como a característica de "funcionalidade híbrida").

Adicionalmente, em uma configuração de "tubo de aspersão" da presente invenção, os Requerentes desenvolveram um método para controle do "perfil de aspersão" do componente líquido do fluido descarregado em função da pressão do gás de estrangulamento (doravante aqui designada como característica de "perfil de aspersão"). Desta forma, a presente invenção pode equiparar-se a um "perfil de resfriamento" de um substrato (tal como em uma aplicação de laminação a frio em que a parte do meio da tira metálica requer mais resfriamento que as extremidades) ou mesmo rastrear uma carga térmica dinâmica que é imposta

a um substrato (tal como uma aplicação de aspersão térmica, por exemplo, divulgada com o título "Thermal Deposition Coating Method" [*Método de Revestimento de Deposição Térmica*] no documento n° US 11/389.308, depositado em 27 de março de 2006, reivindicando a prioridade do pedido provisório n° US 60/670.497, depositado em 12 de abril de 2005 e intitulado "Control Method for Thermal Deposition Coating Operations" [*Método de Controle para Operações de Revestimento por Deposição Térmica*], ambos aqui incorporados na íntegra a título de referência.

Em geral, os aumentos de pressão de gás de estrangulamento entre uma pressão igual à pressão do líquido criogênico e uma pressão máxima de gás produzem como resultado decréscimos proporcionais na razão de líquido para gás do fluido descarregado. A composição do fluido de descarga pode variar entre 100 por cento de líquido e 100 por cento de gás. Esses acréscimos na pressão do gás produzirão como resultado um decréscimo proporcional na taxa de fluxo de massa total do fluido descarregado. Estas relações são discutidas mais detalhadamente abaixo.

Uma importante vantagem da presente invenção consiste no fato de a capacidade de controle do componente líquido do fluido descarregado ser obtida sem utilização de uma válvula convencional de restrição de fluxo com a queda de pressão associada à mesma. Conseqüentemente, de forma diferente dos métodos convencionais, a velocidade de aspersão de líquido na presente invenção não decai quando o

componente líquido da descarga é reduzido (doravante aqui designada como característica de "velocidade de aspersão").

Uma outra importante consequência da ausência da válvula de restrição de fluxo convencional na presente  
5 invenção consiste na possibilidade de utilização de tamanhos de bocal maiores que aqueles que são possíveis com os métodos convencionais. Conseqüentemente, o bocal pode ser aumentado para uma dimensão que irá responder rapidamente a aumentos de pressão de gás em termos de  
10 obtenção da razão desejada de líquido para gás de descarga (doravante aqui designada como a característica de "resposta rápida"). Adicionalmente, este tamanho acrescido de bocal funciona também para expulsar rapidamente as grandes quantidades de vapor que são geradas quando o  
15 sistema precisa ser ativado a partir da temperatura ambiente (doravante aqui designada como a característica de "partida rápida").

A funcionalidade híbrida referida acima, o perfil de aspersão, a velocidade de aspersão, a resposta rápida e  
20 as características de partida rápida tornam a presente invenção incomparavelmente adequada para uma ampla gama de aplicações incluindo, mas não limitadas às seguintes:

- (i) Uma aplicação de aspersão térmica, particularmente utilizando sistemas de aspersão  
25 de óxi-combustível de alta velocidade ("High-Velocity Oxy-Fuel" - HVOF) ou sistemas de aspersão de plasma;

- (ii) soldadura; fusão; endurecimento; nitruração; carburação; vitrificação a laser; tratamento térmico por indução; brasagem; extrusão; fundição; laminação de acabamento; forjamento; entalhe; gravura; texturização; impressão, inscrição ou corte de tiras metálicas, fitas ou tubos; operações criogênicas de corte e esmerilhamento de componentes metálicos e não metálicos; e
- 10 (iii) processamento, faceamento ou montagem nas indústrias de metais, de cerâmica, aeroespacial, médica, de eletrônica, e ótica.

Adicionalmente à pressão do gás de estrangulamento, a temperatura do gás de estrangulamento também desempenha um papel na presente invenção. Em particular, o produto de fervura que é gerado quando o gás de estrangulamento contata o líquido criogênico contribui para o efeito de estrangulamento. Tipicamente, a temperatura do gás de estrangulamento introduzido na zona de contato é a temperatura ambiente (já que isto assegura uma fervura adequada sem necessidade de aquecimento ou resfriamento do gás de estrangulamento) e a pressão do gás funciona como o "manípulo de controle" preferencial na presente invenção. Entretanto, em termos de regulação da contribuição da fervura para o efeito de estrangulamento, a temperatura do gás pode igualmente funcionar como manípulo de controle, alternativamente por si mesma (isto é, de tal forma que a

pressão do gás é mantida constante), ou em combinação com ajustes na pressão do gás. Além disso, na medida em que qualquer quantidade de calor adicionada a um líquido criogênico saturado irá causar pelo menos alguma fervura, a temperatura do gás de estrangulamento é preferencialmente superior à temperatura do líquido criogênico. Finalmente, com relação à temperatura, é possível reduzir a pressão requerida para qualquer taxa de estrangulamento específica mediante utilização de uma temperatura superior à temperatura ambiente, porém se a temperatura for excessivamente elevada, a capacidade de ajuste fino do componente líquido como função da pressão de gás pode ser comprometida.

Para assegurar que o gás de estrangulamento não se condense quando é contatado pelo líquido criogênico, o ponto de ebulição do gás de estrangulamento deverá ser menor que ou igual ao ponto de ebulição do líquido criogênico. Conseqüentemente, se o líquido criogênico consistir em nitrogênio saturado, o gás de estrangulamento pode compreender nitrogênio porém não pode compreender árgon, ao passo que se o líquido criogênico consistir em árgon saturado, o gás de estrangulamento pode compreender qualquer um de nitrogênio ou árgon. Tipicamente, fatores de custo e disponibilidade favorecem a utilização de nitrogênio líquido como líquido criogênico e de nitrogênio gasoso como gás de estrangulamento. Além disso, na medida em que o componente de oxigênio do ar pode condensar-se

inesperadamente na zona de contato e criar um problema de inflamabilidade, o ar é tipicamente indesejável como gás de estrangulamento. Finalmente, relativamente à escolha de fluidos na presente invenção, deverá ser observado que o

5 dióxido de carbono líquido é tipicamente inaceitável como líquido criogênico devido ao fato de congelar na expansão e poder formar obstruções de gelo no interior do bocal.

A relação exata entre a pressão do gás de estrangulamento e (i) a razão das taxas de fluxo de massa

10 de líquido para gás do líquido descarregado (doravante, " $D_{L/G}$ "), e (ii) a taxa de fluxo de massa total do fluido descarregado (doravante, " $D_F$ ") dependerá de vários fatores incluindo, sem limitações, a temperatura do gás de estrangulamento conforme referido acima, a escolha do

15 líquido criogênico e do gás, o tamanho do bocal e da zona de contato, e a configuração entre o bocal e a zona de contato. Adicionalmente, devido ao fato de poder ser previsto que o gás de estrangulamento sofra pelo menos uma queda de pressão moderada na linha de fornecimento que liga

20 o fornecimento pressurizado do gás de estrangulamento à zona de contato, esta queda de pressão deverá igualmente ser levada em conta. Desta forma, as relações exatas deverão ser determinadas experimentalmente para qualquer sistema específico. Entretanto, são descritas abaixo as

25 relações observadas com base na experimentação realizada pelos Requerentes com nitrogênio líquido saturado como líquido criogênico e nitrogênio à temperatura ambiente como

gás de estrangulamento através de uma faixa de pressões de líquido e de gás entre 10 e 350 psig (entre 0,703 e 24,607 kgf/cm<sup>2</sup>), e uma faixa de tamanhos de bocais e configurações de zona de contato. Deverá ser observado que a relação  
5 entre a pressão do gás de estrangulamento e as taxas de introdução do nitrogênio líquido e gasoso na zona de contato (doravante, "F<sub>L</sub>", e "F<sub>G</sub>" respectivamente) são igualmente incluídas já que estas relações também proporcionam elementos de compreensão da presente invenção  
10 conforme discutido adicionalmente mais abaixo.

As relações para uma configuração da presente invenção referida acima são conforme se encontra descrito a seguir. Relativamente a aumentos da pressão do gás de estrangulamento entre uma pressão de gás igual à pressão do  
15 líquido criogênico (doravante aqui designada como "condição não-estrangulada"), e uma pressão de gás igual a 1,05 - 1,3 vezes a pressão manométrica do líquido criogênico (doravante aqui designada como "condição totalmente estrangulada"), esses aumentos de pressão de gás resultaram  
20 em:

- (i) decréscimos proporcionais de  $D_{L/G}$  entre 1,0 e aproximadamente zero;
- (ii) decréscimos proporcionais de  $D_F$  entre o  $D_F$  máximo que ocorre na condição não-estrangulada, e o  $D_F$   
25 mínimo que ocorre na condição estrangulada que é uma fração ou uma pequena fração do  $D_F$  máximo;
- (iii) decréscimos proporcionais de  $F_L$  entre o  $F_L$  máximo

que ocorre na condição não-estrangulada, e o  $F_L$  mínimo que ocorre na condição estrangulada que é uma pequena fração, por exemplo 10-15%, do  $F_L$  máximo para algumas configurações; e

- 5 (iv) acréscimos proporcionais de  $F_G$  entre o  $F_G$  mínimo que ocorre na condição não-estrangulada que é igual a cerca de 0-11% do  $F_L$  máximo, e o  $F_G$  máximo que ocorre na condição estrangulada que é igual a 10-35% do  $F_L$  máximo para muitas
- 10 configurações

Em configurações alternativas, a razão entre a pressão de gás e a pressão de líquido em suas respectivas aberturas de admissão para a zona de contato do bocal podem ter qualquer valor maior que 1 ou podem variar entre mais

15 de 1 e 100.

Conforme sugerido acima, as relações mencionadas acima proporcionam vários elementos para compreensão da presente invenção, conforme se encontram a seguir:

- (i) A pressão de gás para obtenção de uma condição
- 20 totalmente estrangulada é vantajosamente modesta, designadamente apenas 1,05 - 1,30 vezes a pressão do líquido criogênico em uma base de pressão manométrica. As pressões de fornecimento de gás mais elevadas são ainda mais eficazes mas não são
- 25 necessárias se o bocal for projetado dentro das outras especificações aqui descritas, por exemplo, o ângulo de incidência preferencial das

correntes de gás e líquido no interior dos condutos do bocal. Além disso, de acordo com o ponto (iv) acima, e observando-se que a pressão de gás de estrangulamento e a taxa de introdução de gás de estrangulamento serão sempre diretamente correspondentes a uma construção e geometria específicas, isto traduz-se em uma taxa de introdução de gás de estrangulamento modesta necessário para obtenção da condição totalmente estrangulada, designadamente somente cerca de 10-35% da taxa de introdução de líquido criogênico que ocorre na condição não-estrangulada.

(ii) De acordo com o ponto (iii) acima, a taxa de alimentação de líquido criogênico não é zero na condição totalmente estrangulada conforme poderia ser esperado, sendo ao invés disso cerca de 10-15% da taxa de fluxo da taxa de introdução de líquido criogênico que ocorre na condição não-estrangulada. Isto significa que o efeito de fervura contribui para o efeito de estrangulamento mesmo quando o fluido descarregado não contém líquido. Além disso, isto tem a vantagem de facilitar a característica de resposta rápida da presente invenção mesmo a partir da condição totalmente estrangulada visto que não é necessário desativar e reativar a taxa de introdução de líquido criogênico.

(iii) De acordo com o ponto (iv) acima, deverá ser observado que a taxa de alimentação de gás de estrangulamento pode ser tão alta quanto 11% anteriormente à ocorrência de uma partida (ou pelo menos uma partida significativa) desde a condição não-estrangulada. Isto está relacionado com a acumulação inicial do gás de estrangulamento na linha de fornecimento e na zona de contato.

10 A experimentação realizada pelos Requerentes proporcionou características adicionais específicas para a duas categorias amplas das configurações entre a zona de contato e o bocal na presente invenção. Na primeira categoria, doravante aqui designada como configuração de 15 "espingarda", a zona de contato compreende um conduto que descarrega o fluido diretamente e linearmente através de um bocal de abertura única. Na segunda categoria, doravante aqui designada como configuração de "tubo de aspersão", a zona de contato compreende um conduto que descarrega o 20 fluido em uma direção radial do conduto através de um bocal ao longo da extensão longitudinal da parede do conduto que consiste alternativamente em uma fileira de aberturas ou uma fenda. São aqui divulgadas diversas variações básicas da configuração de tubo de aspersão. Em uma variação 25 (doravante aqui designada como variação de "tubo único"), o líquido criogênico e o gás de estrangulamento são introduzidos em uma das, ou tipicamente em ambas, as

extremidades do conduto que compreende a zona de contato. Em uma outra variação (doravante aqui designada como a variação de "tubo em tubo"), o gás de estrangulamento é introduzido em uma ou em ambas as extremidades do espaço anular definido por tubos concêntricos, enquanto o líquido criogênico é introduzido no espaço anular através de uma série de aberturas no tubo interno que se encontram em comunicação de fluxo radial com o espaço anular que compreende a zona de contato. As características específicas de cada uma destas configurações são divulgadas detalhadamente na discussão das figuras que se encontra a seguir.

A configuração da presente invenção ilustrada na Fig. 1C constitui um exemplo da configuração de espingarda entre a zona de contato e o bocal. Na Fig. 1C, a zona de contato compreende um conduto 31c (identificado por linhas hachuradas na Fig. 1C) possuindo uma extremidade de jusante em comunicação de fluxo direta e linear com o bocal N, e uma extremidade de montante em comunicação de fluxo com um fornecimento tanto do fornecimento de líquido criogênico L através da primeira linha de fornecimento, quanto do gás de estrangulamento G através da segunda linha de fornecimento. O líquido criogênico e o gás de estrangulamento são introduzidos na zona de contato através de suas respectivas linhas de fornecimento e são colocados em contato para formar um fluido resultante. O fluido resultante é descarregado através do bocal enquanto prossegue a

introdução de líquido criogênico e de gás de estrangulamento na zona de contato.

A Fig. 1C também configura a observação dos Requerentes no sentido de que a capacidade de "ajuste fino" da razão de líquido para gás do fluido descarregado na configuração de espingarda é aumentada quando:

- (i) do ponto de vista de processo, o líquido criogênico e o gás de estrangulamento incidem um sobre o outro ao serem introduzidos em mistura em um ângulo  $\gamma$  que pode ter qualquer valor, por exemplo, entre 0 e 360° ou entre 0 e 270°, ou entre 0 e 180°, porém para algumas configurações o ângulo é de 45° até 135° ou de 45° até 90° (e preferencialmente 90° conforme se encontra ilustrado na Fig. 1C). (O ângulo  $\gamma$  conforme ilustrado é o ângulo formado entre o conduto de líquido e o conduto de gás; isto é, o ângulo formado entre a direção do fluxo do gás e do líquido quando os mesmos são introduzidos um no outro na zona de contato. A direção de fluxo do líquido e do gás no bocal é indicada pelas setas adjacentes a L e G); e
- (ii) do ponto de vista de aparelho, a extensão  $x$  da zona do conduto 31c da zona de contato (identificada pelas linhas hachuradas na Fig. 1C) pode ter qualquer valor, porém pode ser de entre 1,0 e 40 vezes o diâmetro  $d$  do conduto em seu

ponto mais estreito.

Deverá ser observado que as figuras ilustram configurações que apresentam alternativamente as linhas de líquido ou de gás em alinhamento direto e linear com a extremidade de descarga do bocal. O bocal de acordo com a presente invenção não está limitado às configurações ilustradas, e a presente invenção prevê que os condutos de líquido e de gás dentro do bocal possam ser configurados de tal forma que nenhum dos mesmos fique disposto em alinhamento direto e linear de fluxo com a extremidade de descarga do bocal. Por exemplo, o conduto de líquido criogênico e o conduto de gás e a zona de contato podem ser organizados no bocal formando ângulos de  $120^\circ$  relativamente uns aos outros, ou o conduto de líquido criogênico e o conduto de gás podem ser afastados com um ângulo de  $90^\circ$  e a zona de contato pode ser localizada formando um ângulo de  $135^\circ$  relativamente a ambos estes condutos. Em configurações alternativas, podem ser providos dois ou mais condutos de gás para cada conduto de líquido criogênico em um bocal. É preferencial que sejam utilizados dois ou mais condutos de gás no interior do bocal com um espaçamento de  $45^\circ$  até  $90^\circ$  relativamente ao conduto de líquido criogênico, muito embora quaisquer ângulos possam ser utilizados conforme foi anteriormente descrito.

A Fig. 2A é idêntica à Fig. 1C com exceção da orientação das correntes de fornecimento relativamente ao conduto 32a da zona de contato (identificado pelas linhas

hachuradas na Fig. 2A) que é invertida. A este respeito, a Fig. 2A configura a observação das Requerentes de que o ajuste fino na configuração de espingarda é adicionalmente aperfeiçoado quando o ângulo de incidência é orientado de tal forma que:

- (i) do ponto de vista de processo, o gás de estrangulamento encontra-se em comunicação de fluxo direta e linear com a extremidade de montante do conduto; e
- (ii) do ponto de vista de aparelho, o conduto do fornecimento de gás pressurizado G encontra-se em comunicação de fluxo direta e linear com a zona de contato, enquanto que o conduto do fornecimento de líquido criogênico L se encontra em comunicação de fluxo formando um ângulo de  $45^\circ$  -  $135^\circ$ , ou em comunicação de fluxo formando um ângulo de  $90^\circ$  -  $135^\circ$  com relação à zona de contato (e preferencialmente de  $90^\circ$  conforme se encontra ilustrado na Fig. 2A).

A Fig. 2B é idêntica à fig. 2A com exceção do fato de o líquido criogênico e o gás de estrangulamento serem introduzidos no conduto 32b de zona de contato (identificado pelas linhas hachuradas na Fig. 2B) em paralelo e em alinhamento direto linear. Os requerentes observaram que ângulos de incidência menores que  $45^\circ$  entre o gás e o líquido (e particularmente ângulos de incidência iguais a zero tal como na Fig. 2B) tendem a produzir como

resultado uma faixa de ajuste estreita, do tipo ativado/desativado. Quando estes bocais não se encontravam nem na condição substancialmente não-estrangulada nem na condição substancialmente totalmente estrangulada, eles  
5 tendiam a apresentar uma descarga pulsada a partir do bocal. Desta forma, bocais configurados com ângulos de incidência menores (isto é, menos de  $45^\circ$  entre as direções de fluxo de líquido e de gás em uma macro-escala para a zona de contato) poderão ser principalmente úteis para  
10 aplicações que alternam entre condições substancialmente não estranguladas e condições substancialmente totalmente estranguladas.

A Fig. 2C é idêntica à Fig. 2A com exceção do fato de o conduto 32c de zona de contato (identificado pelas  
15 linhas hachuradas na Fig. 2c) e o bocal N serem modificados de tal forma que a extremidade de jusante do conduto diverge para um tamanho de bocal maior para provisão de uma aspersão mais dispersa.

A Fig. 2D é idêntica à Fig. 2A com exceção do fato  
20 de o conduto 32d de zona de contato (identificado pelas linhas hachuradas na Fig. 2D) conter uma câmara esférica em sua extremidade de montante. Neste contexto, a Fig. 2D configura a observação dos Requerentes no sentido de que a capacidade de ajuste fino é igualmente afetada pelo  
25 diâmetro dessa câmara. Em particular, o diâmetro D da câmara é preferencialmente entre 1,0 e 6,0 vezes o diâmetro do conduto em seu ponto mais estreito.

A Fig. 3 é idêntica à Fig. 2A com as seguintes exceções:

- (i) a configuração de espingarda entre a zona de contato 33 (adicionalmente identificada pelas linhas hachuradas) e o bocal N é orientada verticalmente;
- (ii) a zona de contato, a linha de fornecimento de gás G1, e a linha de fornecimento de líquido criogênico L1 compreendem todas tubagem de polímero de carbono-flúor de 1/4 de polegada (6,35 mm) de diâmetro (que mantém um certo grau de flexibilidade mesmo quando resfriada para temperaturas criogênicas) e são protegidas contra danos mecânicos por uma mangueira H1 de aço inoxidável flexível de 3/4 de polegada (19,05 mm) de diâmetro; e
- (iii) um tampão de espuma macia SP é utilizado no ponto de entrada para a mangueira de aço inoxidável para prevenção de acumulação de água condensada no interior da mangueira. Podem ser utilizados materiais alternativos conhecidos de uma pessoa versada na técnica.

As passagens de fluido ilustradas nas Figs. 1C, 2A-2D e 3 constituem as constrictões no interior do bocal e estas figuras não ilustram as linhas de fornecimento para o bocal.

A Fig. 4 ilustra um sistema industrial de limpeza e

refrigeração criogênica compreendendo cinco respectivas linhas de refrigeração H1 até H5 que são idênticas ao aparelho ilustrado na Fig. 3. O sistema compreende uma câmara fria ("cold box") B1 que aloja os componentes criogênicos, e uma câmara de temperatura ambiente B2 que aloja os componentes do gás de estrangulamento. O líquido criogênico Li de admissão ingressa na câmara fria através da válvula principal de líquido LvM e de uma válvula de respiro de vapor convencional Va que separa gravitacionalmente e expulsa o vapor da corrente de entrada. A válvula de alívio de pressão PRv é adicionada ao lado de admissão para propósitos de segurança. A saída de descarga Vb de descarga pelo fundo do respiro de vapor é ligada às cinco linhas de refrigeração H1 até H5 através de respectivas linhas intermediárias de fornecimento L1 até L5 e respectivas válvulas de solenóide Lv1 até Lv5. Tipicamente, as linhas de refrigeração H1 até H5 possuem individualmente uma extensão de entre dez e vinte pés de tal forma que os operadores podem facilmente deslocar as linhas para o ponto de utilização que for necessário. Na medida em que a tubagem de material polimérico nas linhas de refrigeração irá contrair-se muito mais que a mangueira de aço inoxidável circundante, a tubagem entre as linhas de refrigeração e as válvulas de solenóide será alongada por 3 polegadas (76,2 mm) adicionais para prevenção de esforços de tração que poderiam de outra forma ser criados na tubagem após a refrigeração. Outras soluções podem

igualmente ser utilizadas para prevenção de esforços de tração excessivos na tubagem, tal como a utilização de uma mangueira de aço inoxidável do tipo de fole passível de contração, com carga de mola. O gás de admissão Gi ingressa na câmara de temperatura ambiente B2 através da válvula principal GvM. Neste caso a corrente de gás é dividida em respectivas correntes ramificadas G1 até G6. A corrente G6 encaminha-se para uma válvula de purga ajustável manualmente Gv6 que descarrega uma quantidade ínfima de gás para o interior da câmara fria através da porta p6 para tornar a câmara inerte e prevenir condensação interna de umidade. Cada uma das respectivas correntes G1 até G5 é dirigida para um respectivo par de válvulas de solenóide Gv1a/Gv1b até Gv5a/Gv5b.

A função da respectiva primeira válvula de solenóide Gv1a até Gv5a em cada par consiste em abrir ou fechar o fluxo de gás necessário para a condição totalmente estrangulada. A função da respectiva segunda válvula Gv1b até Gv5b em cada par consiste em abrir ou fechar o fluxo de gás para as respectivas válvulas de ajuste manual Gv1c até Gv5c. A abertura da válvula ajustada manualmente é ajustada pelos operadores antecipadamente para seleção da taxa de fluxo do gás de estrangulamento correspondente à razão desejada da razão de líquido para gás do fluido descarregado. A razão desejada reflete a taxa de fluxo de refrigeração normal que pode ser rapidamente reduzida para zero, e ser subsequenteemente reiniciada com grande rapidez

mediante abertura ou fechamento da respectiva válvula Gv1a até Gv5a. Se não forem necessárias todas as cinco ramificações em uma determinada operação de refrigeração e jateamento, ambas as correspondentes válvulas de gás e de líquido permanecem fechadas. Um controlador programável PLC elétrico é alojado na câmara de temperatura ambiente para controlar a seqüência desejada de abertura e fechamento de válvula e é ligado às válvulas, a um painel de controle, e opcionalmente, a sensores remotos de temperatura e/ou limpeza. A jusante das válvulas de controle de gás, as linhas de gás encontram-se em comunicação fluida com as respectivas linhas de refrigeração H1 até H5 através de respectivas portas p1 até p5.

A configuração ilustrada na Fig. 4 foi avaliada com utilização de bocais de aço inoxidável possuindo um diâmetro de 0,1 de polegada (2,54 mm) e uma zona de contato de 1,0 polegada de extensão (25,4 mm). Nitrogênio líquido saturado Li foi fornecido para a câmara fria B1 a uma pressão de 80 psig (5,624 kgf/cm<sup>2</sup>) através da válvula de líquido principal LvM, enquanto que o nitrogênio Gi à temperatura ambiente foi fornecido para a câmara de temperatura ambiente B2 a uma pressão de 100 psig (7,030 kgf/cm<sup>2</sup>) através da válvula de gás principal GvM. Ambas estas válvulas foram subseqüentemente abertas para colocação do sistema em um modo de espera ("standby") e para pré-refrigeração dos componentes criogênicos alojados na câmara fria B1 anteriormente à operação. Na etapa

seguinte, respectivas válvulas Lv1 até Lv5 foram abertas para medição da taxa de fluxo máxima do nitrogênio líquido através das respectivas linhas de refrigeração H1 até H5. Uma aspersão de líquido uniforme foi estabelecida após 5 menos de 30 segundos, apesar de a temperatura de partida da linha ter sido a temperatura ambiente. A taxa de descarga de fluido foi de 2,75 libras/minuto (1,247 kg/minuto) e compreendeu uma aspersão de gotículas finas com 4 polegadas (101,6 mm) de extensão, seguida por uma cauda de cor branca 10 de 6 polegadas (152,4 mm) de extensão consistindo em vapor com temperatura criogênica. Em seguida, foram abertas respectivas válvulas Gv1a até Gv5a para a condição totalmente estrangulada para determinação da taxa de fluxo de gás necessária para conversão da descarga de aspersão em 15 nitrogênio à temperatura ambiente. Para esta configuração, a taxa de fluxo de massa de gás de nitrogênio de estrangulamento pleno que foi medida foi de 1,0 libra/minuto (0,453 kg/minuto) por bocal. Adicionalmente para esta configuração, a taxa de admissão de nitrogênio 20 líquido na condição totalmente estrangulada do bocal foi de 0,3 libra/minuto (0,136 kg/minuto) por bocal. Em seguida, respectivas válvulas Gv1a até Gv5a foram fechadas, resultando na restauração de uma aspersão de nitrogênio líquido visível no espaço de alguns segundos. Em seguida, 25 as respectivas válvulas Gv1b até Gv5b foram abertas e as respectivas válvulas Gv1c até Gv5c foram ajustadas para obtenção de taxas de fluxo de gás maiores ou menores para o

interior das respectivas linhas de refrigeração H1 até H5. A manipulação da taxa de fluxo de gás mediante utilização de respectivas válvulas Gv1c até Gv5c produziu como resultado o estrangulamento parcial previsto do componente líquido da descarga de aspersão aquecendo conseqüentemente a descarga e proporcionando uma rápida transição entre as funcionalidades de refrigeração e de jateamento por gás.

Após ter sido processada uma peça de substrato pela funcionalidade de refrigeração do bocal, a funcionalidade de jateamento por gás pode ser utilizada para aumentar a temperatura da peça para a temperatura ambiente para evitar condensação de umidade ambiente sobre a mesma. Muito embora esta avaliação utilize as linhas de refrigeração identicamente controladas pelo controlador PLC com base na entrada térmica de sensores de temperatura externos, o sistema pode compreender qualquer número de linhas de refrigeração de tamanhos diferentes desde uma até quantas sejam práticas, por exemplo, vinte. Além disso, cada linha de refrigeração pode ser controlada pelo PLC independentemente das outras linhas de refrigeração e poderá utilizar sua própria entrada térmica.

A configuração ilustrada na Fig. 5 constitui um exemplo da configuração de tubo de aspersão único na presente invenção, em que:

(i) a zona de contato compreende um conduto possuindo uma primeira extremidade de alimentação 35a e uma extremidade de alimentação oposta 35b;

(ii) o bocal compreende alternativamente uma fileira de aberturas (conforme se encontra ilustrado na Fig. 5) ou uma fenda ao longo da extensão longitudinal da parede do conduto;

5 (iii) conforme fornecido por uma linha de fornecimento em comunicação de fluxo com uma fonte de líquido criogênico, o líquido criogênico  $L_1$  é introduzido no conduto através de pelo menos uma das extremidades de alimentação do conduto (e tipicamente através de ambas as  
10 extremidades de alimentação conforme se encontra ilustrado com a notação  $L_2$  na Fig. 5).

(iv) conforme fornecido por uma linha de fornecimento em comunicação de fluxo com uma fonte de gás pressurizado, o gás de estrangulamento  $G_1$  é igualmente  
15 introduzido no conduto através de uma das extremidades de alimentação do conduto (e tipicamente através de ambas as extremidades conforme se encontra ilustrado com a notação  $G_2$  na Fig. 5); e

(v) o fluido é descarregado através do bocal em uma  
20 direção radial a partir do conduto conforme se encontra representado pelo perfil de aspensão 85 na Fig. 5.

A fig. 5 configura a observação das Requerentes de que a capacidade para ajuste fino da razão de líquido para gás do fluido descarregado, e portanto sua taxa de fluxo de  
25 líquido, na configuração de tubo único, é aperfeiçoada quando:

(i) de um ponto de vista de processo, o líquido

criogênico e o gás de estrangulamento incidem um sobre o outro a  $45^{\circ}$ - $135^{\circ}$  ou a  $45^{\circ}$ - $90^{\circ}$  (e preferencialmente a  $90^{\circ}$  conforme se encontra ilustrado na Fig. 5) após sua introdução na zona de contato, e o gás de estrangulamento encontra-se em comunicação de fluxo direta e linear com a(s) extremidade(s) de alimentação do conduto;

(ii) de um ponto de vista de aparelho, a linha de fornecimento que liga a zona de contato à fonte de gás pressurizado encontra-se em comunicação de fluxo direta e linear com a(s) extremidade(s) de alimentação da zona de contato, enquanto a linha de fornecimento que liga a extremidade de montante da zona de contato à fonte de líquido criogênico se encontra em comunicação de fluxo tomando um ângulo de  $45^{\circ}$ - $135^{\circ}$  ou de  $90^{\circ}$ - $135^{\circ}$  relativamente à(s) extremidade(s) de alimentação da zona de contato (e preferencialmente  $90^{\circ}$  conforme se encontra ilustrado na Fig. 5), (O ângulo entre o fluxo do gás e do líquido para o interior da zona de contato é ilustrado como sendo de  $90^{\circ}$  e pode ser de entre  $45^{\circ}$  e  $90^{\circ}$  ou ter outros valores conforme foi anteriormente descrito.) e

(iii) também de um ponto de vista de aparelho, a razão da extensão do conduto para seu diâmetro pode ser de entre 4 e 20 (observando-se com razões maiores que 20 o conduto poderá tornar-se excessivamente longo para que ocorra um grau de incidência suficiente na área medial do conduto).

A configuração da presente invenção que se encontra

ilustrada na Fig. 6A constitui um exemplo da variação de tubo-em-tubo da configuração de tubo de aspersão em que:

(i) a zona de contato compreende um espaço anular 36 definido por um conduto externo 20 que circunda 5 concentricamente um conduto interno 10a;

(ii) o espaço anular tem uma primeira extremidade de alimentação e uma segunda (oposta) extremidade de alimentação;

(iii) o conduto interno tem uma primeira abertura 10 de admissão e uma segunda (oposta) abertura de admissão que são adjacentes, respectivamente, à primeira extremidade de alimentação e à extremidade de alimentação oposta do espaço anular;

(iv) o conduto interno contém uma pluralidade de 15 aberturas 40 em sua parede para dispersar uniformemente o líquido criogênico para o interior do espaço anular conforme se encontra representado pelas correntes 50 na Fig. 6A (conforme se encontra ilustrado o fluxo do líquido para o interior do gás forma um ângulo de  $90^\circ$  relativamente 20 à direção do fluxo do gás em uma macro-escala conforme se encontra indicado pelas setas indicativas de correntes 50 e as setas indicativas da direção de fluxo para  $G_1$  e  $G_2$ );

(v) o bocal compreende uma fileira de aberturas 60 conforme se encontra ilustrado na Fig. 6A (ou opcionalmente 25 compreende uma fenda) ao longo da extensão longitudinal da parede do conduto externo selecionada do grupo que consiste em uma fileira de aberturas e uma fenda; e

(vi) conforme fornecido por uma linha de fornecimento em comunicação de fluxo com uma fonte de gás pressurizado, o gás de estrangulamento  $G_1$  é introduzido no espaço anular através de pelo menos uma das extremidades de alimentação do espaço anular (e tipicamente através de ambas as extremidades conforme se encontra ilustrado com a notação  $G_2$  na Fig. 6A).

(vii) conforme fornecido por uma linha de fornecimento em comunicação de fluxo com uma fonte de líquido criogênico, o líquido criogênico  $L_1$  é introduzido no conduto interno através de pelo menos uma das extremidades de admissão do conduto interno (e por vezes através de ambas as extremidades conforme se encontra ilustrado com a notação  $L_2$  na Fig. 6A);

(viii) o líquido criogênico é dispersado para o interior do espaço anular através da pluralidade de aberturas contidas na parede do conduto interno em uma direção radial a partir do conduto interno; e

(ix) o fluido 70 é descarregado através do bocal em uma direção radial a partir do conduto externo conforme se encontra representado pelo perfil de aspensão 86a na Fig. 6A.

A variação de tubo-em-tubo da configuração de tubo de aspensão configura a observação das requerentes de que a capacidade de ajuste fino da configuração de tubo de aspensão é aperfeiçoada mediante provisão do contato de incidência entre o líquido e o gás ao longo da extensão do

espaço anular (ou pelo menos ao longo da extensão em que o gás é capaz de manter sua velocidade). Isto também permite um aumento na razão de extensão para diâmetro da zona de contato desde a faixa de 4-20 da variação de tubo único para uma faixa de 4-80. Para configurações diferentes, a faixa de diâmetro mínimo e extensão da zona de contato é de entre 1 e 80 vezes o diâmetro mínimo.

Os condutos interno e externo na variação de tubo-em-tubo da configuração de tubo de aspersão podem ser feitos de aço inoxidável, alumínio, cobre, ou polímeros criogenicamente compatíveis tais como compósitos de epóxi reforçados com fibras, polietileno de peso molecular ultra-elevado, e similares. O diâmetro típico do conduto interno pode variar entre 1 mm e 25 mm ao passo que o diâmetro típico do conduto externo pode variar entre 3 mm e 75 mm. A razão típica entre o diâmetro do conduto externo e o diâmetro do conduto interno pode variar entre 2 e 8. Conforme foi observado acima, a razão típica de extensão-para-diâmetro relativamente ao conduto externo pode variar entre 4 e 80. A espessura de parede do conduto interno depende do material de construção selecionado e pode ser tão fina quanto for prático durante a fabricação do dispositivo porém suficientemente espessa para conter a pressão do fluido que preenche este conduto. As espessuras de parede típicas situam-se preferencialmente em uma faixa de entre 1% - 10% do diâmetro do conduto interno. Não há necessidade de qualquer orientação especial da pluralidade

de aberturas no conduto interno desde que sua distribuição no interior do espaço anular seja relativamente uniforme.

As aberturas do bocal no conduto externo são preferencialmente alinhadas em uma direção específica para possibilitar a descarga de fluido nessa direção. A espessura de parede do conduto externo é preferencialmente selecionada para provisão de um canal de expansão suficientemente longo para o fluido que sai através das aberturas do bocal. Um tal canal suficientemente longo depende de diversos parâmetros operacionais, porém é tipicamente selecionado mediante comparação de sua extensão, isto é, da espessura da parede externa, com seu diâmetro ou calibre. A razão típica de extensão-para-diâmetro das aberturas do bocal varia entre 3 e 25. Nas configurações das Figs. 6a até 6l, o calibre típico das aberturas do bocal é de entre 0,4 e 2,0 mm. Conseqüentemente, após ser atendidos os requisitos de fabricação e de pressão, a parede do conduto externo deverá ser adicionalmente selecionada para ter pelo menos 1,4 mm e freqüentemente mais de 40 mm. Finalmente, a razão da área de seção transversal total das aberturas de bocal na parede do conduto externo relativamente à área de seção transversal total das aberturas na parede do conduto interno é tipicamente de 1,0, muito embora seja praticável uma faixa de razão ampliada entre 0,5 e 2,0.

A configuração ilustrada na Fig. 6A foi montada com utilização dos seguintes componentes e especificações.

(i) Conduto interno feito de aço inoxidável e com diâmetro interno de 0,335 de polegada (8,509 mm), diâmetro externo de 0,375 de polegada (9,525 mm), e extensão de 35,5 polegadas (901,7 mm), e contendo 94 orifícios, cada um dos  
5 mesmos tendo um diâmetro interno de 0,03 de polegada (0,762 mm).

(ii) Tubo externo feito de epóxi reforçado com fibra, criogenicamente compatível, possuindo um diâmetro interno igual a 0,45 de polegada (11,43 mm), um diâmetro  
10 externo igual a 1,1 polegada (27,94 mm) e uma extensão igual a 34,5 polegadas (876,3 mm), e contendo 83 aberturas de bocal ao longo de uma linha reta, cada uma dessas aberturas tendo um diâmetro interno igual a 0,035 de polegada (0,889 mm) e com um passo de espaçamento entre  
15 aberturas de 0,35 de polegada (8,89 mm).

(iii) A razão entre o diâmetro externo do tubo externo e o diâmetro externo do tubo interno foi de 2,9. A razão de extensão-para-diâmetro do tubo externo foi de 31,4. A espessura de parede do tubo interno correspondeu a  
20 5% de seu diâmetro externo. A espessura de parede do tubo externo foi de 4,5 mm, e a razão de extensão-para-diâmetro de cada abertura de bocal foi de 5. A razão entre a área de superfície de seção transversal total das aberturas do bocal no conduto externo e a área de superfície de seção  
25 transversal total das aberturas do conduto interno foi de 1,2.

Conforme será aqui descrito de forma mais

detalhada, a variação de tubo-em-tubo do tubo de aspersão proporciona uma possibilidade de ajuste do "perfil de aspersão" do tubo de aspersão. O perfil de aspersão é definido pelas descargas coletivas de componentes líquidos de cada uma das aberturas do bocal. Nas Figs. 6A até 6I, a taxa de fluxo relativa de líquido criogênico em cada abertura de bocal é representada por linhas de comprimento variável. Uma linha mais longa significa uma taxa de fluxo maior e vice-versa. Na variação de tubo de aspersão do tipo de tubo-em-tubo, o perfil de aspersão pode ser manipulado em função dos seguintes fatores:

- (a) da pressão de gás de estrangulamento;
- (b) de qual/quais é/são a(s) extremidade(s) do espaço anular em que o gás de estrangulamento é introduzido; e
- (c) quando o gás de estrangulamento é introduzido em ambas as extremidades do espaço anular, de uma variação na pressão do gás de estrangulamento introduzido em cada extremidade.

A relação entre o perfil de aspersão e as variáveis acima é explicada mais detalhadamente com relação às Figs. 6A até 6I.

Na Fig. 6A, a pressão do gás de estrangulamento introduzido em ambas as extremidades do espaço anular é igual à pressão do líquido criogênico introduzido em ambas as extremidades do conduto interno (isto é, a condição não-estrangulada) e o perfil de aspersão resultante é

"plano" conforme se encontra ilustrado na Fig. 6A.

A Fig. 6B é idêntica à Fig. 6A com exceção do fato de a pressão do gás de estrangulamento ser levemente maior que a pressão do líquido criogênico. Como resultado, o perfil de aspersão 86b é "espremido" formando uma forma parabólica conforme se encontra ilustrada na Fig. 6B. Isto sugere que a maior parte do produto de fervura está sendo gerada nas extremidades do espaço anular e "empurrando" o restante líquido na direção do centro dos tubos. Como resultado, a descarga das aberturas do bocal localizadas na proximidade das extremidades do espaço anular é composto principalmente por gás, e portanto apresenta uma taxa de fluxo de líquido relativamente baixa. A descarga através das aberturas do bocal na proximidade do centro do tubo de aspersão contém uma maior fração de líquido, e tem portanto uma taxa de fluxo de líquido mais elevada.

A Fig. 6C é idêntica à Fig. 6B com exceção do fato de a pressão de gás ser adicionalmente aumentada, dessa forma espremendo adicionalmente o perfil de aspersão 86c. Quando a pressão do gás é aumentada adicionalmente para a condição de estrangulamento total, a descarga de aspersão é totalmente gasosa e encontra-se à temperatura ambiente.

A Fig. 6D é idêntica à Fig. 6A com exceção do fato de o líquido criogênico ser somente introduzido em uma extremidade do conduto interno, e conforme se encontra ilustrado pelo perfil de aspersão 86d, é suficiente para assegurar o mesmo perfil de aspersão simétrico e uniforme

observado na Fig. 6A.

A Fig. 6E é idêntica à Fig. 6A com exceção do fato de o conduto interno 10e ser modificado de tal forma que as aberturas são em menor número e são todas agrupadas em  
5 torno do centro do tubo. Isto produziu como resultado uma menor capacidade de controle do componente líquido da descarga em comparação com a Fig. 6A muito embora tenha sido obtido um perfil de aspersão 86e similar.

A Fig. 6F é idêntica à Fig. 6A com exceção do fato  
10 de o bocal consistir em uma única fenda 60f no conduto externo que, conforme se encontra ilustrado pelo perfil de aspersão 86f, não afetou o perfil de aspersão.

As Figs. 6G, 6H e 6I ilustram o efeito sobre o perfil de aspersão que ocorre quando a pressão do gás de estrangulamento introduzido em cada extremidade é variada.  
15 Conforme se encontra ilustrado nas Figs. 6G e 6H, o efeito da introdução do gás de estrangulamento somente em uma extremidade do espaço anular produziu como resultado um deslocamento da respectiva descarga de aspersão 86g e 86h  
20 para a extremidade oposta. Na Fig. 6I, a pressão de gás de estrangulamento para G2 introduzido no lado direito é superior à pressão de gás de estrangulamento para G1 introduzido no lado direito e a resultante descarga de aspersão 86i é empurrada para o lado de pressão mais baixa.

25 As Figs. 6G, 6H e 6I configuram a característica da configuração de tubo de aspersão mediante a qual pode ser obtido um perfil de aspersão desejado mediante provisão do

gás nas aberturas de admissão de gás G1 e G2 às respectivas pressões que irão produzir o perfil de aspersão desejado. Similarmente, podem ser obtidos outros perfis de aspersão desejados mediante simples ajuste da pressão do gás nas aberturas de admissão de gás G1 e G2. Deverá ser observado, entretanto, que as pressões em G1 e G2 que são necessárias para obtenção de um perfil de aspersão específico podem alterar-se devido a alterações no ambiente de operação do tubo de aspersão, tais como alterações de temperatura.

10 A Fig. 7 ilustra uma configuração de um sistema de aspersão 200 que pode incorporar qualquer uma das configurações de tubo de aspersão aqui divulgadas. O sistema compreende uma barra de aspersão 210, um tanque pressurizado 218 contendo um líquido criogênico (LIN nesta configuração), um tanque pressurizado 220 contendo o gás de estrangulamento (nitrogênio gasoso à temperatura ambiente nesta configuração), um vaporizador 222, um controlador lógico programável (Programmable Logic Controller" - PLC) 207, um sensor de temperatura 203. A barra de aspersão é um tubo de aspersão com qualquer configuração aqui divulgada que é parcialmente encerrado em um invólucro sólido ou semi-poroso ou estrutura de caixa. O invólucro ou estrutura de caixa é aberto somente na direção em que o fluido criogênico é ejetado dos bocais e é purgado do interior do invólucro ou estrutura de caixa com um gás seco à temperatura ambiente para prevenção de formação de gelo no bocal. O gás de purga pode ser idêntico ao gás de

estrangulamento e pode ter como fonte o mesmo tanque, porém a taxa de fluxo do gás de purga é tipicamente constante através de toda a operação de refrigeração e não se encontra relacionada com os fluxos de líquido ou de gás  
5 através do tubo de aspersão.

Nesta configuração, a barra de aspersão 210 inclui uma abertura de admissão 212 de líquido criogênico e duas aberturas de admissão 214, 216 de gás de estrangulamento. Uma linha de fornecimento 224 de líquido criogênico fornece  
10 LIN do tanque 218 para a abertura de admissão 212 de líquido criogênico. Uma válvula de solenóide 226 ativa e desativa a alimentação de LIN.

Uma linha 228 de fornecimento de gás fornece gás de estrangulamento do tanque 220 para a barra de aspersão 210.  
15 A linha de fornecimento de gás 228 divide-se em duas ramificações 230, 232, cada uma das quais é ligada a uma das aberturas de admissão 214, 216 de gás de estrangulamento. Uma válvula ajustável 234, 236 é localizada em cada uma das ramificações 230, 232 para  
20 permitir ajuste de taxa de fluxo e pressão do gás de jusante em cada uma das ramificações 230, 232. Opcionalmente, uma válvula de solenóide (não ilustrada) pode ser provida em série com cada uma das válvulas ajustáveis 234, 236 para permitir ativar e interromper o  
25 fluxo de gás sem necessidade de reajustar as válvulas ajustáveis 234, 236. Quando são operadas, as correntes 230, 232 de gás de estrangulamento controlam (aumentam, reduzem

ou mantêm) a taxa de fluxo de líquido, a função de jateamento, e o padrão de aspersão de líquido conforme discutido acima.

Uma linha 238 de purga de gás é derivada na linha de fornecimento 228 a montante das ramificações 230, 232. A linha 238 de purga de gás inclui uma válvula de solenóide 240 e duas ramificações 242, 244 que ficam localizadas a jusante da válvula de solenóide 240 e ligadas individualmente a uma das aberturas de admissão de gás 214, 216. Quando são operadas, a linha 238 de purga de gás e suas ramificações 242 e 244 fornecem o gás de descongelamento para a barra de aspersão 210, impedindo a formação de gelo nos bocais de aspersão de fluido criogênico.

Na Fig. 7, a barra de aspersão 210 está sendo utilizada para refrigerar um substrato cilíndrico 201 (por exemplo, de aço) que está sendo aquecido por um canhão de aspersão de pó 205. Quando o canhão de aspersão 205 se desloca ao longo da superfície do substrato 201, a parte do substrato sobre a qual o canhão de aspersão 205 está atuando fica mais quente que outras áreas do substrato 201. Nesta configuração, um sensor 203 proporciona leituras de temperatura ao longo da superfície do substrato 201, que são lidas pelo controlador PLC 207. O PLC 207, por sua vez, ajusta as válvulas ajustáveis 234, 236 para geração de um perfil, 209, de aspersão de fluido criogênico, que proporcionará refrigeração adicional na área mais quente do

substrato 201 e menos refrigeração em outras áreas. O PLC 207 irá alterar o perfil de aspensão à medida que o canhão de aspensão 205 se desloca ao longo do substrato 201.

Alternativamente, o PLC 207 pode ajustar o perfil  
5 de aspensão em resposta a sinais de um sensor de posição (não ilustrado) que rastreia a posição do canhão de aspensão 205, ou o PLC 207 pode ser pré-programado para seguir uma seqüência temporizada de perfis de aspensão sincronizada com o movimento do canhão de aspensão 205.

10 O substrato cilíndrico 201 pode igualmente consistir em um rolo ou outra ferramenta de formação utilizada para laminação de tiras metálicas ou não metálicas, conformando uma tal tira e realizando operações de conformação e formação contínuas similares. O rolo ou a  
15 ferramenta de conformação aquece durante a operação e captura detritos indesejáveis na forma de partículas sobre sua superfície. A barra de aspensão 210 que descarrega fluido criogênico em um perfil específico 209 pode ser utilizada para limpeza por jateamento dos detritos  
20 retirando os mesmos da superfície do substrato, e/ou para refrigerar o substrato. Para propósitos de limpeza, qualquer um dos padrões de aspensão dos bocais ilustrados nas Figs. 6A-6I poderá ser utilizado. Para algumas configurações de refrigeração, é preferencial que o fluido  
25 criogênico seja aplicado a partir do bocal da presente invenção mediante intensificação da aspensão do fluido da parte central do bocal e/ou minimização do fluxo de fluido

criogênico das extremidades do bocal conforme se encontra  
ilustrado na Fig. 6B ou na Fig. 6C para propósitos de  
refrigeração do substrato ou do rolo. Durante a laminação  
ou outras operações de formação, a parte central do rolo ou  
5 outro substrato é normalmente a parte mais quente e as  
extremidades do rolo ou outro substrato são as mais frias.

A Fig. 8 ilustra um tubo de aspersão compreendendo  
um conduto que é embrulhado em um formato circular  
circundando o substrato. Nesta configuração, o perfil de  
10 aspersão 88 pode ser controlado para rastreamento do ponto  
quente rotativo 15A que é gerado quando o canhão de  
aspersão 13A circula, ou circula parcialmente, em torno da  
parte 12A do substrato na direção 14A.

Fazendo referência à Fig. 9, encontra-se ilustrado  
15 na mesma um aparelho 110 de aspersão de estilo de tubo, que  
é similar ao tubo de aspersão ilustrado na Fig. 5 no fato  
de o líquido criogênico ser descarregado através de  
aberturas 160 formadas ao longo da extensão de um conduto  
112. Um líquido criogênico (preferencialmente LIN) é  
20 fornecido para o tubo de aspersão 110 por um tubo de  
fornecimento convencional 114, passando então através de  
uma curva de 90 graus 116 e encaminhando-se para uma zona  
de contato 120 no interior do conduto 112. Um gás de  
estrangulamento é fornecido por um tubo de fornecimento 122  
25 possuindo uma curva 124 de 90 graus e um tubo de injeção  
126 em sua extremidade terminal 128. O tubo de injeção 126  
estende-se para além da curva 116 do tubo de fornecimento

114 de líquido criogênico e para a zona de contato 120, aumentando o contato entre o gás de estrangulamento e o líquido criogênico.

A presente invenção não é limitada às configurações 5 ilustradas. Podem ser utilizados bocais compreendendo múltiplas linhas e correntes de fornecimento de gás e líquido, e podem ser feitas outras modificações nas configurações ilustradas, sem afastamento do escopo da presente invenção.

- REIVINDICAÇÕES -

1. APARELHO, caracterizado por compreender:

pelo menos um dispositivo de aspersão criogênica possuindo individualmente:

5 pelo menos uma abertura de admissão de gás em comunicação fluida com uma zona de contato; e

pelo menos uma abertura de admissão de líquido criogênico em comunicação fluida com a zona de contato, em que a zona de contato se encontra em comunicação fluida com  
10 pelo menos um bocal; e

um meio de controle de fornecimento de gás em comunicação fluida com cada uma das pelo menos uma abertura de admissão de gás;

em que o meio de controle de fornecimento de gás é  
15 adaptado para permitir o ajuste de pelo menos uma de entre uma temperatura e uma pressão de gás fornecido para cada uma das pelo menos uma abertura(s) de admissão de gás para obtenção de uma primeira taxa de fluxo desejada de líquido criogênico através do pelo menos um bocal quando uma fonte  
20 de líquido criogênico a uma primeira pressão é provida para cada uma das pelo menos uma abertura(s) de admissão de líquido criogênico.

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o meio de controle de fornecimento de gás  
25 ser adaptado para permitir um ajuste da pressão do gás fornecido para cada uma das pelo menos uma abertura(s) de admissão de gás para obtenção de uma primeira taxa de fluxo

desejada de líquido criogênico através do pelo menos um bocal quando a fonte de líquido criogênico à primeira pressão é provida para cada uma das pelo menos uma abertura(s) de admissão de líquido criogênico.

5           3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o meio de controle de fornecimento de gás compreender pelo menos uma válvula ajustável, cada uma das pelo menos uma válvula(s) ajustável(eis) sendo capaz de ajustar a pressão do gás fornecido para uma das pelo menos  
10 uma abertura(s) de admissão de gás a uma pressão superior à primeira pressão.

          4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o pelo menos um bocal compreender uma pluralidade de bocais, cada um da pluralidade de bocais  
15 tendo uma respectiva taxa de fluxo de líquido criogênico, as taxas de fluxo de líquido criogênico para cada um da pluralidade de bocais definindo coletivamente um perfil de aspersão, em que o meio de controle de fornecimento de gás é adaptado para permitir ajuste de pelo menos uma de uma  
20 temperatura e uma pressão de gás fornecido a cada uma das pelo menos uma abertura(s) de admissão de gás para obtenção de um primeiro perfil de aspersão desejado quando uma fonte de líquido criogênico à primeira pressão é provida para cada uma das pelo menos uma abertura(s) de admissão de  
25 líquido criogênico.

          5. Aparelho, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por o meio de controle de fornecimento de gás

compreender um dispositivo controlador que é programado para alterar o perfil de aspersão de acordo com um perfil de refrigeração previamente programado.

5 6. Aparelho, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por o meio de controle de fornecimento de gás compreender um dispositivo controlador que é programado para alterar o perfil de aspersão em resposta a sinais recebidos de um sensor.

10 7. Aparelho, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por o sensor compreender um sensor de temperatura que é adaptado para medir a temperatura de pelo menos uma parte de um substrato sendo refrigerado por meio do pelo menos um dispositivo de aspersão criogênica.

15 8. Aparelho, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por o sensor compreender um sensor de posição que rastreia a posição de uma fonte de calor que atua sobre pelo menos uma parte de um substrato sendo refrigerado por meio do pelo menos um dispositivo de aspersão criogênica.

20 9. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a pelo menos uma abertura de admissão de gás compreender uma primeira abertura de admissão de gás e uma segunda abertura de admissão de gás.

25 10. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o pelo menos um dispositivo de aspersão criogênica compreender uma pluralidade de dispositivos de aspersão criogênica e o meio controlador de fornecimento de gás compreender uma pluralidade de válvulas ajustáveis,

cada uma da pluralidade de válvulas ajustáveis encontrando-se em comunicação fluida com cada uma das pelo menos uma abertura(s) de admissão de gás.

11. APARELHO, caracterizado por compreender:

5

um conduto externo;

um conduto interno posicionado no interior do conduto externo e definindo um espaço anular entre o conduto externo e o conduto interno, em que o conduto interno possui pelo menos uma abertura posicionada para  
10 permitir que o líquido criogênico flua radialmente do conduto interno para o espaço anular;

pelo menos um bocal formado no conduto externo, cada um dos pelo menos um bocal(ais) encontrando-se em comunicação fluida com o espaço anular;

15

uma primeira abertura de admissão de gás em comunicação fluida com o conduto externo, a primeira abertura de admissão de gás sendo adaptada para ser ligada a uma fonte de fornecimento de gás pressurizado; e

20

uma primeira abertura de admissão de líquido criogênico em comunicação fluida com o conduto interno, a primeira abertura de admissão de líquido criogênico sendo adaptada para ser ligada a uma fonte de fornecimento de líquido criogênico.

12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11,  
25 caracterizado por a primeira abertura de admissão de gás se encontrar em comunicação de fluxo em alinhamento linear direto com o espaço anular.

13. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por o conduto externo incluir uma primeira extremidade e uma segunda extremidade que é distal com relação à primeira extremidade, a primeira abertura de  
5 admissão de gás sendo localizada na primeira extremidade e uma segunda abertura de admissão de gás sendo localizada na segunda extremidade, em que a segunda abertura de admissão de gás é adaptada para ser ligada a uma fonte de fornecimento de gás pressurizado.

10 14. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por tanto o conduto interno quanto o conduto externo terem formato cilíndrico e serem concêntricos.

15 15. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por pelo menos um bocal compreender uma pluralidade de bocais organizados em uma fileira.

16. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por compreender adicionalmente um meio de controle de fornecimento de gás em comunicação fluida com a primeira abertura de admissão de gás e sendo adaptado para  
20 permitir o ajuste de pelo menos uma de uma temperatura, uma pressão e uma taxa de fluxo de massa de gás fornecido para a primeira abertura de admissão de gás para obtenção de uma primeira taxa de fluxo desejada de líquido criogênico através do pelo menos um bocal quando a fonte de líquido  
25 criogênico a uma primeira pressão é provida para a primeira abertura de admissão de líquido criogênico.

17. APARELHO, caracterizado por compreender:

um conduto possuindo uma extremidade de montante e uma extremidade de jusante;

um bocal em comunicação de fluxo em alinhamento linear direto com a extremidade de jusante;

5           uma primeira abertura de admissão que é adaptada para ser ligada a uma linha de fornecimento de gás pressurizado, a primeira abertura de admissão possuindo uma extremidade de descarga em comunicação de fluxo em alinhamento linear direto com a extremidade de montante de  
10 bocal; e

          uma segunda abertura de admissão que é adaptada para ser ligada a uma linha de fornecimento de líquido criogênico, em que a segunda abertura de admissão possui uma extremidade de descarga em comunicação de fluxo  
15 formando um ângulo de 45 - 135 graus com a extremidade de montante.

18. Aparelho, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado por o conduto ter um diâmetro mínimo e uma extensão entre as extremidades de montante e de jusante e a  
20 extensão ser de entre 1,0 e 40 vezes o diâmetro mínimo.

19. MÉTODO, caracterizado por compreender:  
fornecimento de um líquido criogênico a uma primeira pressão e uma primeira temperatura para uma zona de contato que se encontra em comunicação fluida com pelo  
25 menos um bocal;

fornecimento de um gás a uma segunda pressão e uma segunda temperatura para a zona de contato, em que a

segunda pressão não é inferior à primeira pressão, em que a segunda temperatura é superior à primeira temperatura, e em que o gás tem um ponto de ebulição a 1 atmosfera que não é superior à primeira temperatura;

5           regulação do gás fornecido para a zona de contato para obtenção de uma taxa de fluxo desejada de líquido criogênico através de cada um dos pelo menos um bocal(ais).

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por a regulação do gás fornecido para a zona  
10 de contato compreender a regulação da segunda pressão para obtenção da taxa de fluxo desejada de líquido criogênico através de cada um dos pelo menos um bocal(ais).

21. Método, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por a regulação da segunda pressão  
15 compreender a regulação da segunda pressão para um valor superior a 1 até 100 vezes o valor da primeira pressão para obtenção da taxa de fluxo desejada de líquido criogênico através de cada um dos pelo menos um bocal(ais).

22. Método, de acordo com a reivindicação 19,  
20 caracterizado por o fornecimento de gás a uma segunda pressão e uma segunda temperatura para a zona de contato compreender adicionalmente o fornecimento do gás em uma direção que incide no líquido criogênico sendo fornecido para a zona de contato.

25           23. Método, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado por o fornecimento do gás em uma direção que incide no líquido criogênico sendo fornecido para a zona de

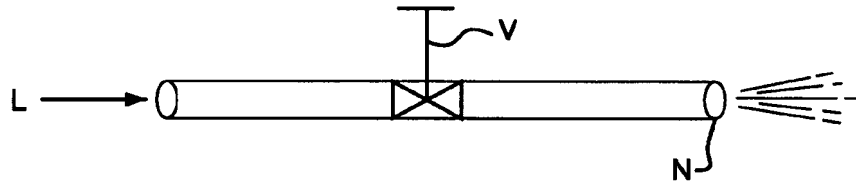
contato compreender o fornecimento do gás em uma direção que incide no líquido criogênico sendo fornecido para a zona de contato em um ângulo de entre 45 e 135 graus.

24. Método, de acordo com a reivindicação 19, 5 caracterizado por a etapa de fornecimento de líquido criogênico compreender adicionalmente o fornecimento de um líquido criogênico a uma primeira pressão e uma primeira temperatura para um conduto interno possuindo pelo menos uma abertura em comunicação fluida com a zona de contato, o 10 conduto interno sendo localizado no interior de um conduto externo e a zona de contato sendo localizada entre os condutos interno e externo.

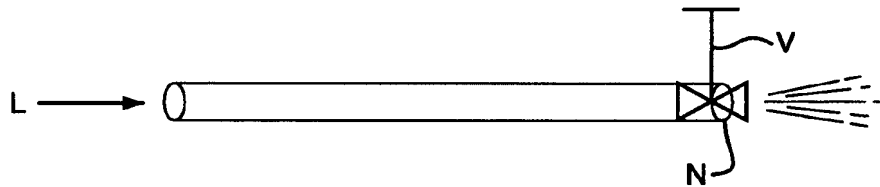
25. Método, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por a etapa de regulação do gás fornecido 15 compreender adicionalmente a regulação do gás fornecido para a zona de contato mediante utilização de um dispositivo controlador que é programado para ajustar a pressão do gás fornecido para a zona de contato com base em um ou mais de: (a) sinais de pelo menos um sensor e (b) um 20 perfil de refrigeração pré-programado.

26. Método, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por o método ser utilizado em uma das aplicações selecionada do grupo de aspersão térmica, soldadura; fusão; endurecimento; nitruração; carburação; 25 vitrificação a laser; tratamento térmico de indução; brasagem; extrusão; fundição; laminação de acabamento; forjamento; entalhe; gravura; texturização; impressão,

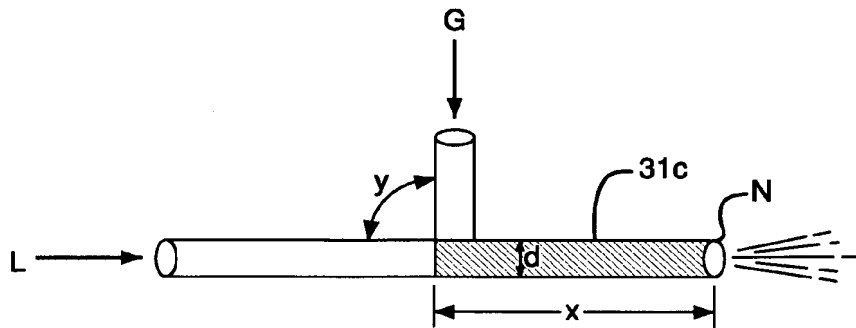
inscrição ou corte de tiras metálicas, fitas ou tubos;  
operações criogênicas de corte e esmerilhamento de  
componentes metálicos e não metálicos; e processamento,  
faceamento ou montagem nas indústrias de metais, de  
5 cerâmica, aeroespacial, médica, de eletrônica, e ótica



**FIG. 1A**  
(Técnica Anterior)



**FIG. 1B**  
(Técnica Anterior)



**FIG. 1C**

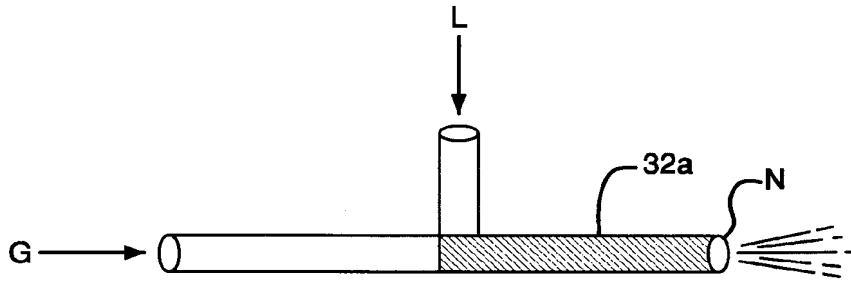


FIG. 2A

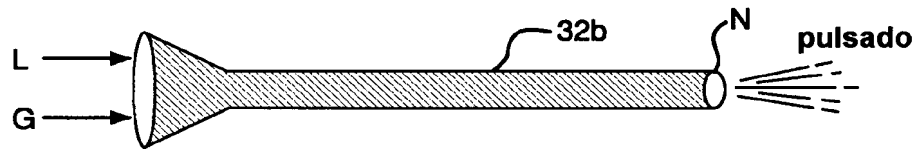


FIG. 2B

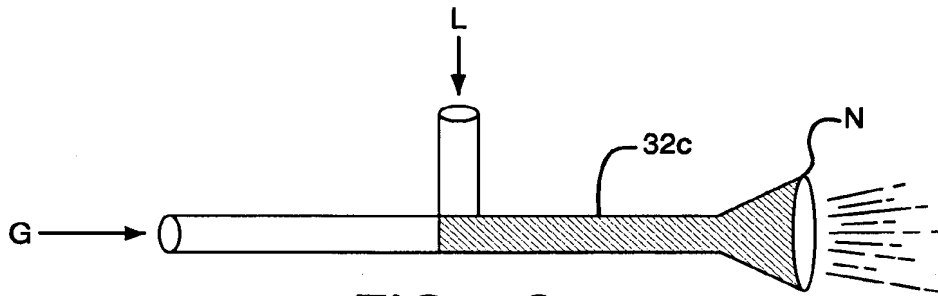


FIG. 2C

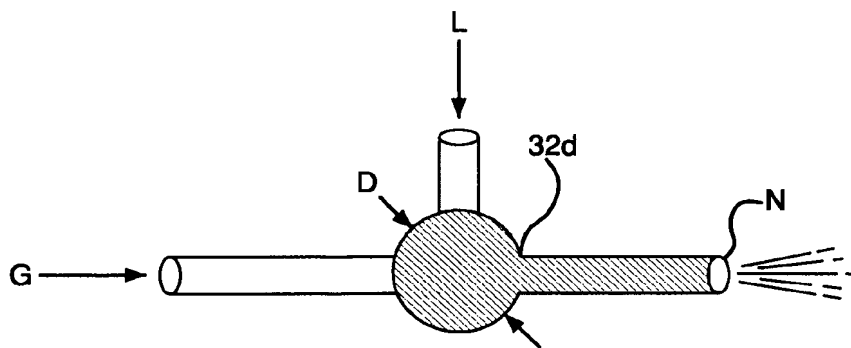


FIG. 2D

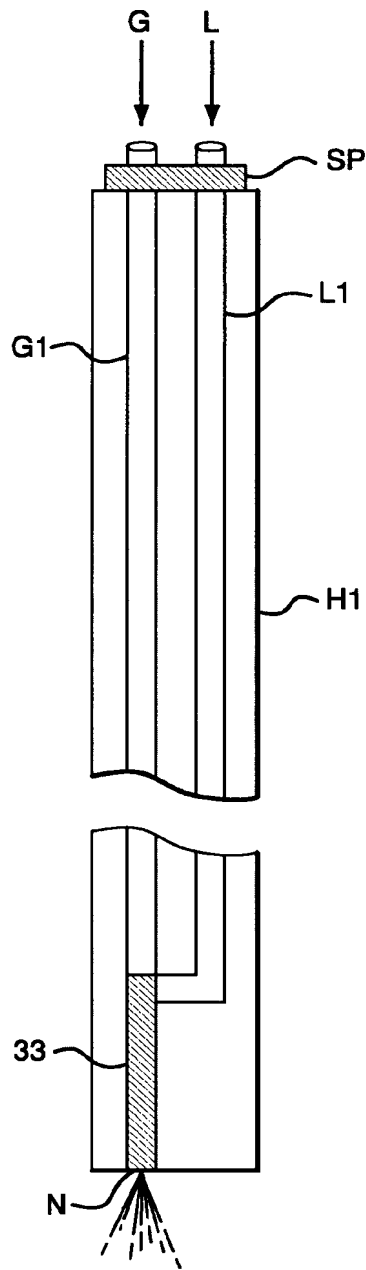


FIG. 3

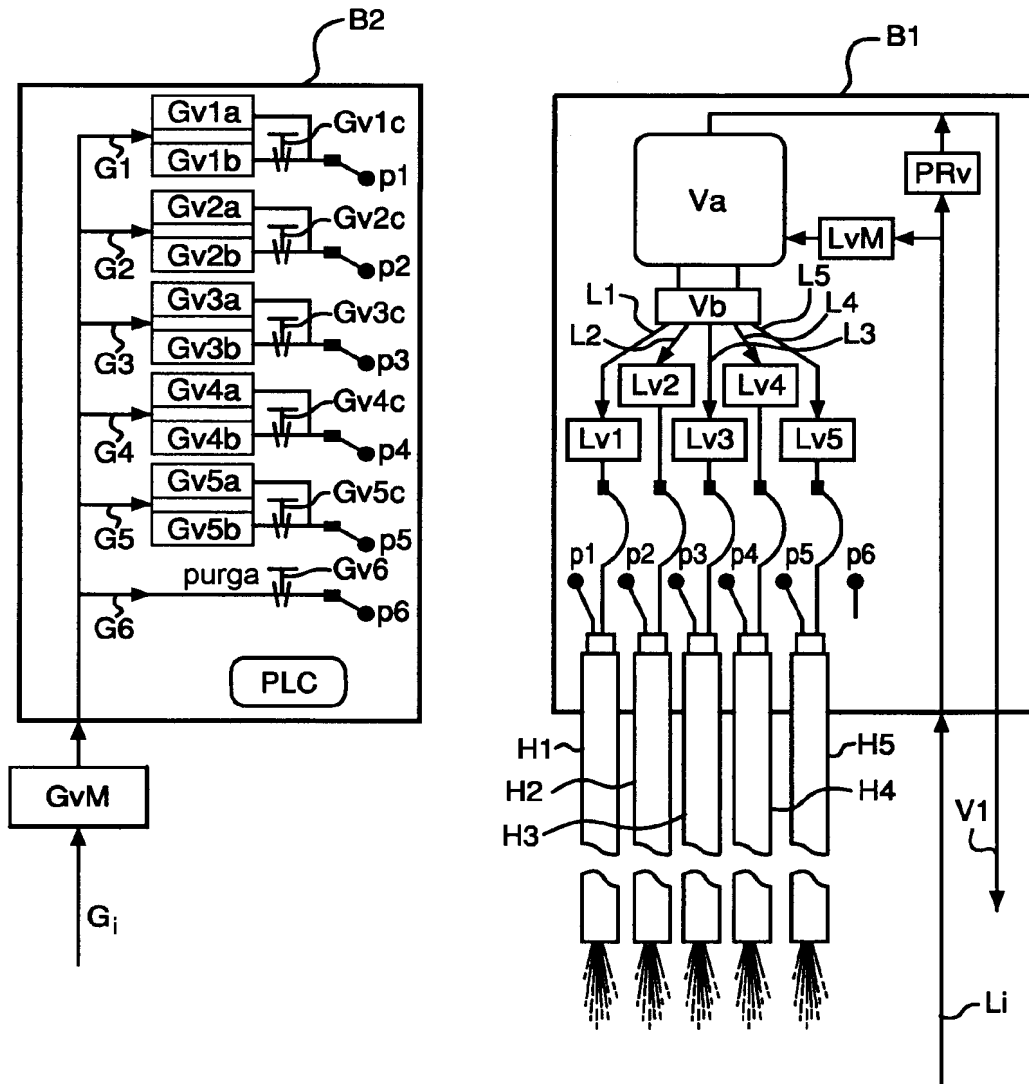


FIG. 4

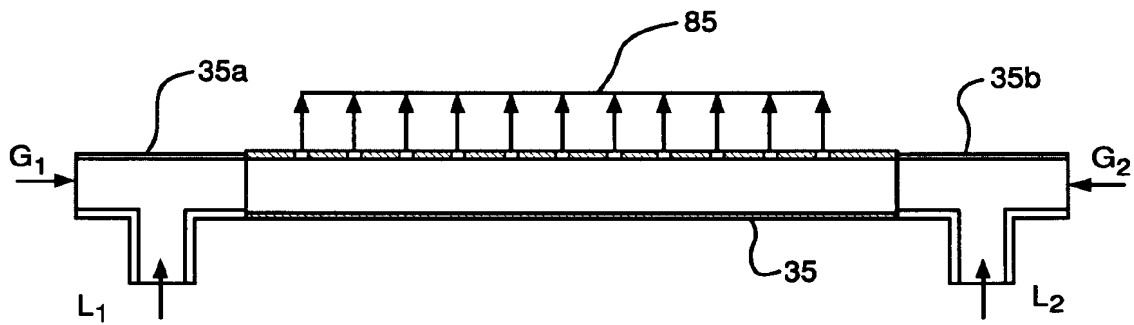


FIG. 5

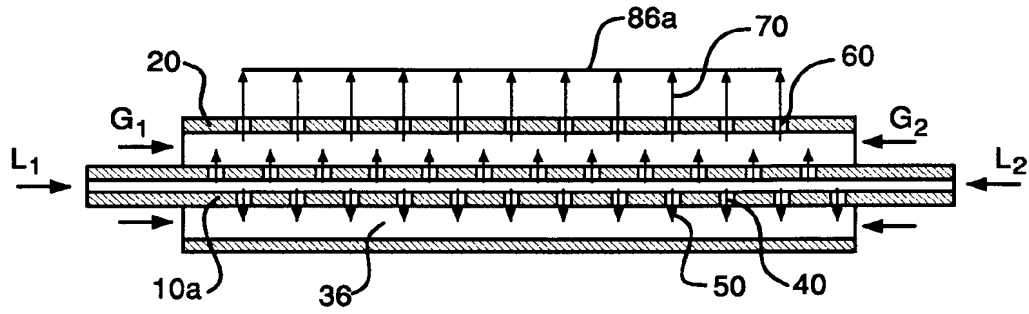


FIG. 6A

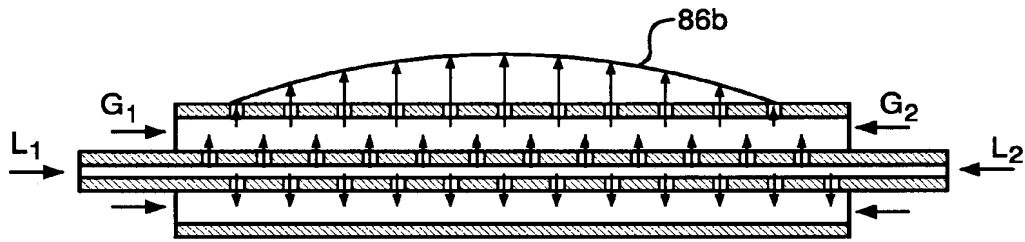


FIG. 6B

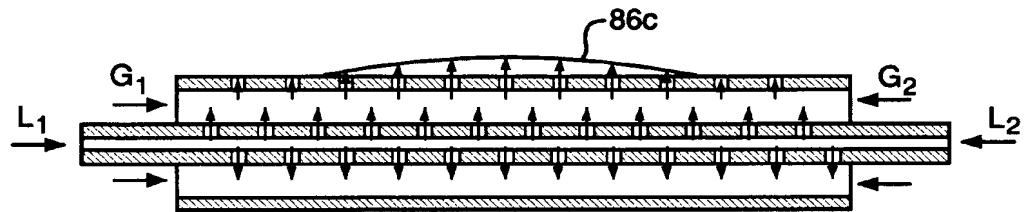


FIG. 6C

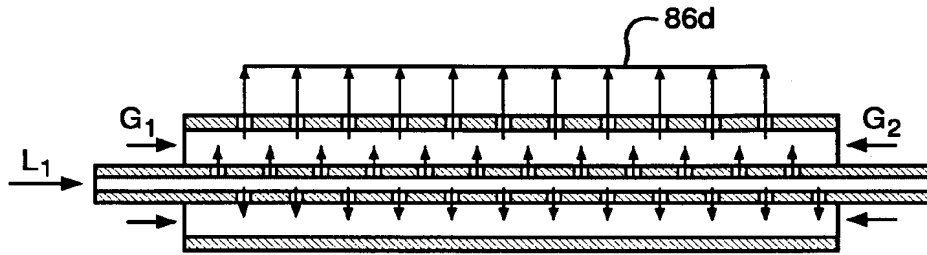


FIG. 6D

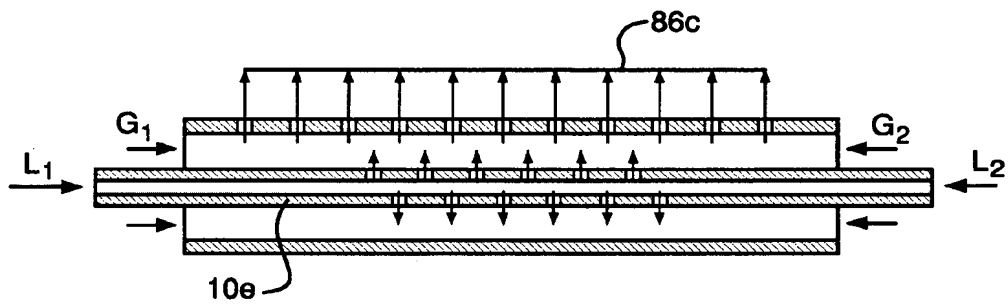


FIG. 6E

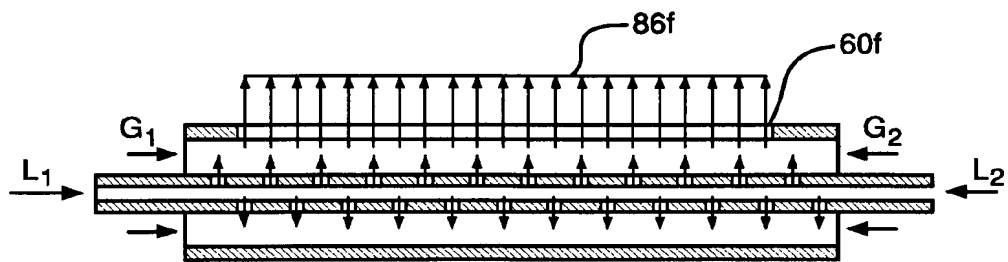


FIG. 6F

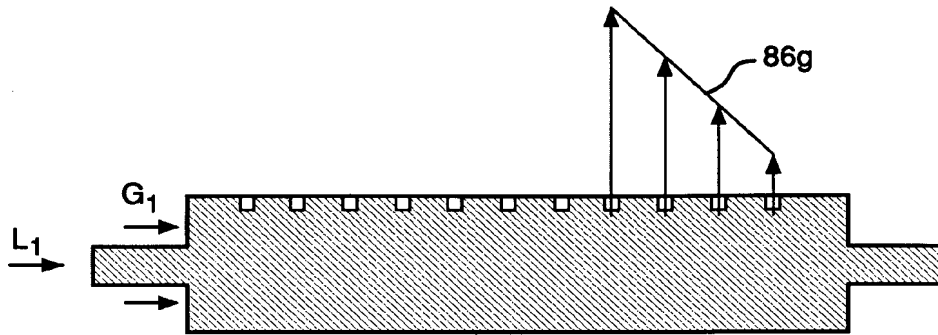


FIG. 6G

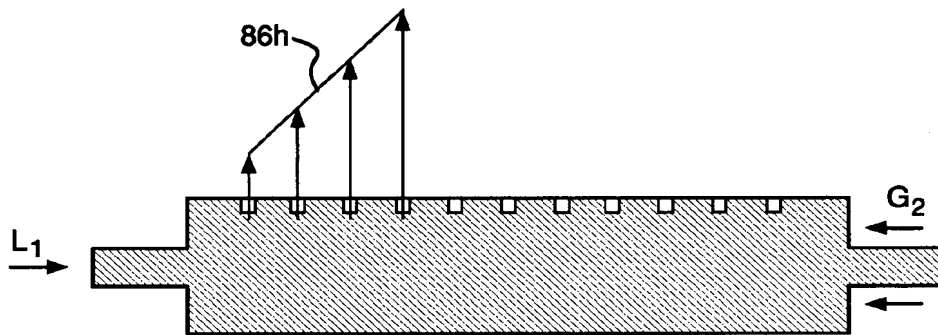


FIG. 6H

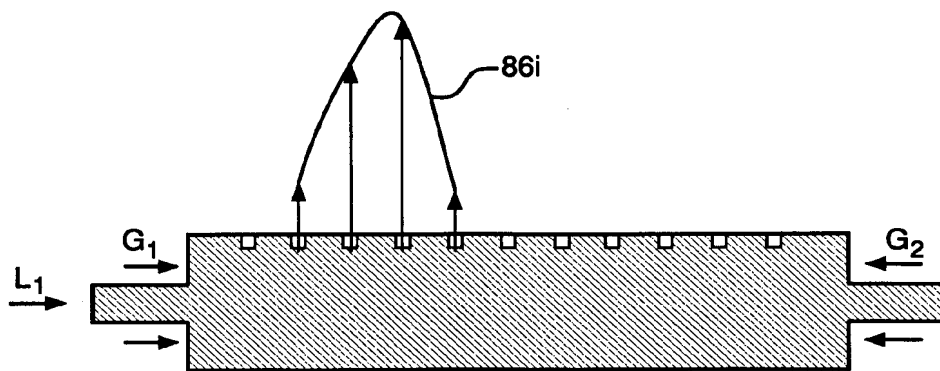


FIG. 6I

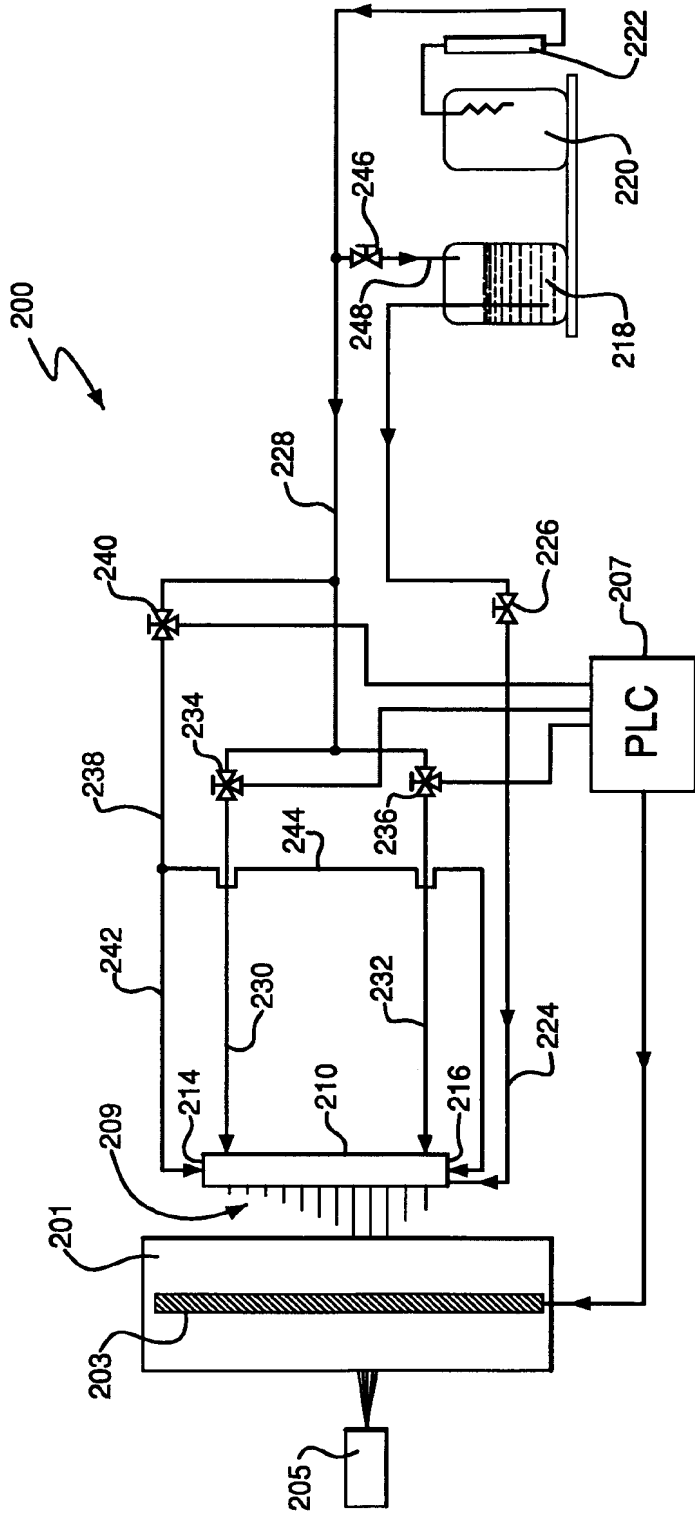


FIG. 7

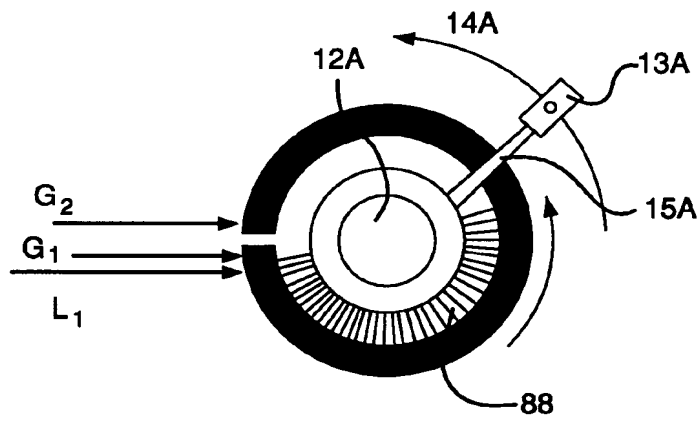


FIG. 8

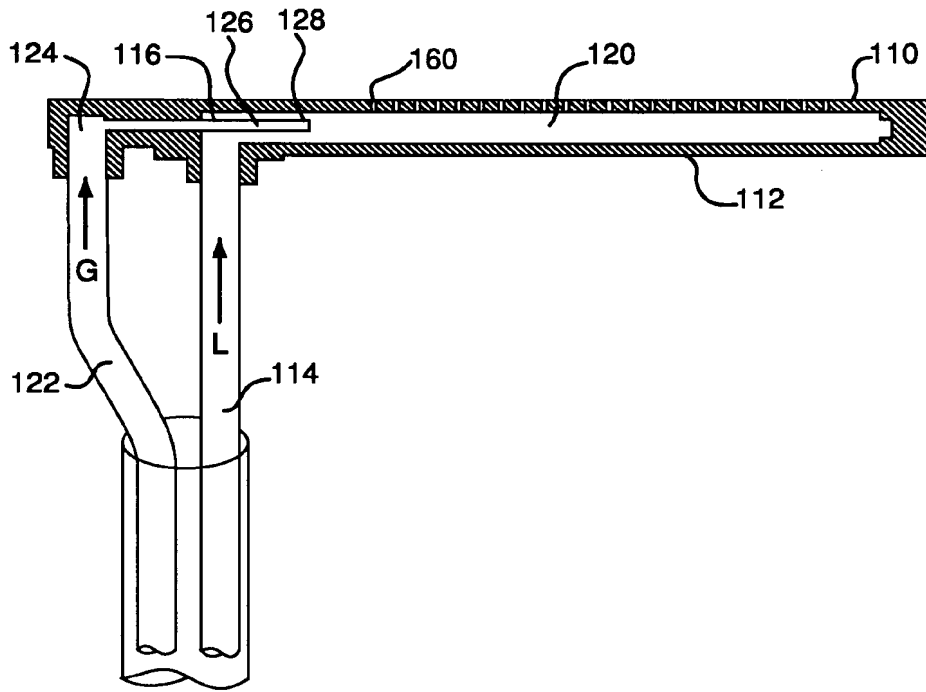


FIG. 9

## - RESUMO -

## APARELHO, E MÉTODO

Trata-se de um bocal e um processo para contato de um líquido criogênico com um gás, e descarga do fluido resultante através do bocal. Em uma configuração, a razão do componente líquido do fluido descarregado para o componente gasoso do mesmo é controlada em função da pressão do gás.