



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

(21) **PI 0713415-0 A2**



(22) Data de Depósito: 14/06/2007
(43) Data da Publicação: 20/03/2012
(RPI 2150)

(51) *Int.Cl.:*
F26B 3/04
F27B 9/36
B05D 3/04

(54) **Título:** FORNO DE CONVECÇÃO POR COMBUSTÃO

(30) **Prioridade Unionista:** 01/02/2007 US 11/701,254, 20/07/2006 US 60/807,875, 16/06/2006 US 60/814,632, 21/08/2006 US 60/839,082, 16/06/2006 US 60/814,632, 20/07/2006 US 60/807,875, 21/08/2006 US 60/839,082

(73) **Titular(es):** Dürr Systems GMBH

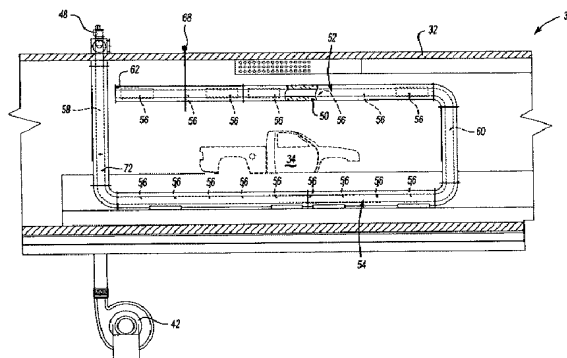
(72) **Inventor(es):** Guang Yu, James L. Pakkala, Joseph M. Klobucar

(74) **Procurador(es):** Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT EP2007005250 de 14/06/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/144177 de 21/12/2007

(57) **Resumo:** FORNO DE CONVECÇÃO POR COMBUSTÃO. A presente invenção refere-se a um conjunto de forno para cozinhar revestimentos aplicados a um objeto inclui uma carcaça (32) com um cabeçote (52, 54) que recebe ar pressurizado de um ventilador (42) colocado fora do forno. Um aquecedor (48) fornece calor para o ar pressurizado recebido do ventilador (42) elevando a temperatura do ar pressurizado para entre cerca de duas a quatro vezes a temperatura de cura dos revestimentos aplicados ao objeto. O cabeçote (52, 54) se estende desde o aquecedor (48) para o interior da carcaça. O cabeçote (52, 54) tem bocais (56) colocados em localizações espaçadas que direcionam ar pressurizado na temperatura que está entre cerca de duas e quatro vezes a temperatura de cura do revestimento aplicado ao objeto no sentido de localizações predeterminadas sobre o objeto.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**FORNO DE CONVECÇÃO POR COMBUSTÃO**".

Antecedentes da Invenção

5 A presente invenção refere-se a um forno inovador para curar revestimentos aplicados a um objeto. Mais especificamente, a presente invenção refere-se a um forno de convecção por combustão que tem um projeto simplificado para curar revestimentos aplicados a um objeto.

10 Diversos tipos de formas são utilizados para curar revestimentos tais como, por exemplo, tintas e vedantes, que são em um ambiente de produção. Um exemplo é tinta decorativa e protetora que é aplicada a carrocerias de veículos automotivos em uma instalação de pintura de grande volume, conhecida para processar carrocerias de veículo em velocidades que excedem uma por minuto.

15 Um forno típico utiliza queima (combustão) de combustível para fornecer a quantidade de calor necessária para curar a tinta aplicada a uma carroceria de veículo. Genericamente dois tipos de fornos são atualmente utilizados, um forno de convecção e um forno de calor radiante. Ocasionalmente uma combinação de calor de convecção e radiante é utilizada em um único forno para alcançar especificações de cura de tinta. Um forno de calor
20 de convecção utiliza uma fonte de calor tal como chama de gás natural que aquece ar pressurizado antes de distribuir o ar aquecido para uma carcaça de forno. Um primeiro tipo de aquecimento de convecção aplica calor de combustão diretamente ao ar pressurizado antes de distribuir para a carcaça do forno os gases de combustão em mistura com o ar pressurizado. Um se-
25 gundo tipo de aquecimento de convecção utiliza um processo de aquecimento indireto no qual calor de combustão é direcionado para um trocador de calor que aquece o ar pressurizado sem misturar os gases de combustão com o ar pressurizado.

30 Uma fonte alternativa de calor é fornecida dentro da carcaça do forno por um aquecedor irradiante que transfere calor para a carroceria de veículo por meio de proximidade com a carroceria do veículo. Como conhecido daqueles versados na técnica, um aquecedor irradiante é geralmente

um painel metálico que é aquecido circulando ar quente para um espaço localizado atrás de um radiador.

Os fornos convencionais de convecção e radiação provaram ser excessivamente caros para construir e não fornecem rendimentos de energia desejáveis no mercado atual de energia de alto custo. Um projeto da forma convencional está mostrado geralmente em 10 na figura 1. O conjunto da forma convencional 10 inclui geralmente dois componentes principais, uma caixa aquecedora 12 e uma carcaça de forno 14. A caixa aquecedora 12 é geralmente espaçada da carcaça de forno 14 e inclui componentes (não mostrado) para fornecer calor de ar pressurizado para a carcaça de forno 14 através de duto de ar quente 16. A caixa aquecedora 12 inclui um duto de retorno que traz uma porção significativa de ar do interior da carcaça de forno 14 para recirculação através da carcaça de forno 14. Até noventa por cento do ar que passa através da caixa aquecedora 12 é derivado do interior da carcaça de forno 14 através do duto de retorno 16. De modo geral, apenas dez por cento do ar distribuído para a carcaça de forno 14 através do duto de ar quente 16 é ar fresco trazido do exterior da carcaça de forno 14. Ar quente é direcionado através de cabeçotes de ar 20 no sentido da carroceria de veículo através de bocais 22 para otimizar uma transferência de calor uniforme para curar o revestimento aplicado à carroceria de veículo. Genericamente a carroceria de veículo é aquecida até cerca de 275 a 340°F em um tempo predeterminado para curar de maneira adequada o revestimento aplicado. Alguns revestimentos, tais como primers de eletrodeposição, requerem temperaturas no extremo mais elevado desta faixa. Como é conhecido daqueles de talento na técnica, mais calor deve ser direcionado no sentido de áreas metálicas pesadas da carroceria de veículo para produzir a temperatura de cozimento necessária desejada.

Uma zona de forno típico, de cerca de 80 pés em comprimento de um forno convencional, requer um volume real de ar de cerca de 30.000 pés cúbicos por minuto (cfm) ao utilizar uma caixa aquecedora. Este volume de ar elevado é necessário para transferir o calor necessário para a carroceria de veículo, para curar o revestimento aplicado. A temperatura de ar no

bocal 22 em um forno convencional é geralmente 444 ° F, o que requer uma velocidade de ar no bocal 22 de 4930 pés por minuto (fpm) para transferir a quantidade desejada de energia térmica. O parâmetro operacional estabelecido acima fornece, geralmente, 1.595.000 Btu/h com um momentum de 4,9x10⁶ ft.lb/s². Uma vez que o ar quente é recirculado pelo soprador localizado na caixa aquecedora 12, e uma vez que o ar recirculado muitas vezes é reaquecido antes de ser pressurizado pelo soprador, o soprador requer um projeto robusto sobrejacente que aumenta os custos de operação e de instalação.

Os volumes e vazões atualmente utilizados em fornos convencionais requerem sopradores de serviço pesado e sistemas aquecedores que são julgados não necessários para obter a transferência de calor requerida. Isto é devido em parte à recirculação de ar quente através do soprador e de volta para a carcaça do forno 12. Além disso, devido à recirculação, uma quantidade substancial de isolamento 24 é requerida ao redor da caixa aquecedora 12 e do duto de ar quente 16 para reduzir perda de calor e proteger operários de contato físico. Portanto, seria desejável projetar um conjunto de forno simplificado que não requeira isolamento extensivo e aparelho complexo associado com caixas aquecedoras convencionais.

Sumário da Invenção

A presente invenção descreve um conjunto de forno para curar um revestimento aplicado a um artigo que está sendo transportado através do conjunto do forno. Um transportador se estende através de uma carcaça de forno para transportar um artigo através do conjunto de forno. Um soprador fornece ar pressurizado para o interior da carcaça do forno trazido substancialmente do exterior da carcaça do forno. Um duto inclui um primeiro elemento que se estende para o interior da carcaça do forno e um segundo elemento interconectado com o soprador para transportar ar pressurizado desde o soprador até o interior da carcaça do forno. Um queimador é colocado geralmente entre o primeiro elemento e o segundo elemento para aquecer o ar pressurizado que está sendo transportado para o interior da carcaça do forno. O primeiro elemento define uma pluralidade de saídas de ar

espaçadas através de toda a carcaça do forno para direcionar o ar aquecido no sentido do artigo. O primeiro elemento é substancialmente isolado dentro da carcaça do forno o que reduz o escapamento de calor gerado pelo queimador a partir do duto, exceto através da saída de ar. O queimador aquece o ar pressurizado que está sendo direcionado para a carcaça do forno até uma temperatura de cerca de três vezes a temperatura de cura do revestimento que é aplicado ao artigo.

O conjunto de forno inovador soluciona os problemas associados com a técnica precedente, ou conjunto de forno convencional. Em particular, o tamanho do ventilador ou soprador utilizado para fornecer ar pressurizado para a carcaça do forno para transferir calor para o artigo que está sendo cozinhado, é significativamente reduzido por duas razões. Primeiro, o soprador traz, de maneira primária, ar na temperatura ambiente, uma vez que o presente projeto não circula ar aquecido de volta para o interior da carcaça do forno e, portanto, não precisa ser resistente ao calor. Além disto, o aquecedor ou queimador utilizado para aquecer o ar de temperatura ambiente antes da introdução para o primeiro elemento do duto é configurado para aquecer o ar até cerca de duas até quatro vezes a temperatura de cura do revestimento aplicado à carroceria de veículo adjacente à carcaça do forno. Esta temperatura do ar, quando introduzido para o interior do forno em uma velocidade elevada no bocal, reduz o volume de ar de uma zona de forno convencional longa de 80 pés de cerca de 30.000 acfm para cerca de 2000scfm. Nesta combinação de volume de ar, temperatura de ar e velocidade de ar, uma quantidade substancialmente similar de Btus por hora é distribuída para o forno como um forno convencional enquanto utiliza menos energia para acionar um ventilador e tendo um aparelho de ventilação e aquecimento significativamente simplificado. Especificamente, a caixa aquecedora complexa atualmente utilizada em fornos convencionais não é mais necessária e, portanto, é completamente eliminada simplificando de maneira substancial a construção e projeto de um forno de produção.

Descrição Detalhada da Invenção

Fazendo referência à figura 2, um conjunto de forno inovador é

mostrado geralmente em 30. O conjunto de forno inclui uma carcaça de forno 32 através da qual um artigo tal como, por exemplo, uma carroceria de veículo 34 é transportada sobre um transportador 36. O transportador 36, como é conhecido daqueles de talento na técnica, é projetado geralmente como um transportador que transporta um portador 38 sobre o qual a carroceria do veículo 34 é fixada.

Em uma oficina de pintura de produção um revestimento é aplicado à carroceria de veículo 34 fornecendo acabamento de tinta decorativa e protetora à carroceria de veículo 34. Diferentes revestimentos têm diferentes requisitos de cozimento e cura que, juntamente com o tipo de carroceria de veículo e volume de produção, ditam o comprimento e requisitos térmicos do conjunto de forno inovador 30. Por exemplo, primers de eletrodeposição curam tipicamente a cerca de 340 °F por cerca de 40 minutos, e revestimento superior decorativo e revestimentos transparentes curam a cerca de 285°F também por cerca de 20 minutos. Para simplicidade, a explicação dos conceitos inovadores do presente conjunto de forno 30 irá admitir uma zona de forno típica longa de 80 pés que requer uma distribuição de calor de cerca de 1.595.000 BTU/h.

Ar pressurizado é distribuído para o interior da carcaça do forno 32 através de um duto 40 por meio de um ventilador 42. Preferivelmente o ventilador 42 é um soprador convencional capaz de proporcionar a transferência de ar ambiente em um volume de cerca de 2000 scfm. O duto 40 inclui um primeiro elemento 44 que geralmente se estende dentro da carcaça do forno 32 e um segundo elemento 46 que geralmente se estende desde o ventilador 42 até o primeiro elemento 44. Um aquecedor 48 é colocado entre o primeiro elemento 44 e o segundo elemento 46, para fornecer calor para o ar pressurizado que passa através do duto 40 quando distribuído pelo ventilador 42. Preferivelmente o aquecedor 48 é um queimador inflamado por gás, dimensionado para fornecer a quantidade desejada de calor para o ar pressurizado que passa através do duto 40, para curar de maneira adequada o revestimento aplicado à carroceria de veículo 34. Contudo, deveria ser entendido por aqueles de talento na técnica, que aquecedores alternativos

podem também ser utilizados para fornecer calor para o ar pressurizado, como descrito acima.

Como será explicado ainda mais, abaixo, o aquecedor aumenta a temperatura do ar pressurizado até cerca de 1000 °F, ou mais quente. Uma faixa considerada está entre cerca de 700 e 1100 °F. A temperatura desejada é selecionada para estar entre cerca de duas e quatro vezes a temperatura de cura do revestimento, como será explicado ainda mais, abaixo. O aquecedor é localizado preferivelmente adjacente a ou proximalmente adjacente à carcaça de forno 32, de modo que o ar aquecido e pressurizado viaja somente através do interior da carcaça de forno 32. Isto reduz a necessidade de isolar o duto 40 ou, mais especificamente, o segundo elemento 46 do duto 40, reduzindo ainda mais os custos de montagem. Contudo, isolamento 50 cobre o primeiro elemento 44 do duto 40 dentro da carcaça de forno 32 para impedir o escapamento de calor através do primeiro elemento 44 para o interior da carcaça de forno 32, exceto onde desejado.

O conjunto de forno 30 representado na figura 2 mostra dois aquecedores 48 posicionados em lados opostos da carcaça de forno 32, cada um fornecendo calor para primeiros elementos opostos 44. Portanto, o primeiro elemento 44 do duto 40 é colocado em lados opostos da carroceria de veículo 34 que está sendo transportada através da carcaça de forno 32. Contudo, deveria ser entendido que um único aquecedor 48 é considerado para fornecer calor para cada um dos primeiros elementos opostos 44 do duto 40, localizando o aquecedor 48 geralmente a meio caminho entre cada um dos primeiros elementos opostos 44.

Cada primeiro elemento 44 define um cabeçote superior 52 e um cabeçote inferior 54, que se estendem em uma direção geralmente horizontal. Bocais 56 são espaçados ao longo de cada um do cabeçote superior 52 e cabeçote inferior 54, através dos quais ar aquecido, pressurizado, é projetado no sentido de localizações predeterminadas na carroceria de veículo 34. A figura 4 representa melhor as localizações espaçadas dos bocais 56 no cabeçote superior 52 e cabeçote inferior 54, cuja configuração será explicada ainda mais, abaixo. Como melhor representado na figura 3, um cabe-

çote de alimentação 58 se estende entre o aquecedor 48 e o cabeçote inferior 54 do primeiro elemento 44. O cabeçote de alimentação 58 serve como um misturador que fornece distância entre o primeiro dos bocais 58 e o aquecedor 48, de modo que os gases de combustão produzidos pelo aquecedor 48 têm bastante tempo para misturar com o ar pressurizado fornecido pelo ventilador 42. Neste exemplo, cerca de 8 pés em comprimento do cabeçote de alimentação 58 provaram fornecer amplo tempo de mistura para os gases de combustão gerados pelo aquecedor 48 no ar pressurizado fornecido pelo ventilador 42 para uma zona de forno de 80 pés. Conjuntos de forno de tamanhos diferentes, com diferentes requisitos de calor podem requerer diferentes comprimentos de cabeçotes de alimentação 58. O primeiro elemento 44 mostrado na figura 3 mostra em conexão serial, o cabeçote de alimentação 58 com o cabeçote inferior 54 que é conectado ao cabeçote superior 52 por um cabeçote de conexão 60. Nesta configuração o ar pressurizado viaja com um trajeto único através do cabeçote de alimentação 58 até o cabeçote inferior 54, através do cabeçote de conexão 60, terminando em uma extremidade distal 62 do cabeçote superior 52. Deveria ser entendido por aqueles de talento na técnica, que um aquecedor 48 colocado em uma porção inferior do conjunto de forno 30, conecta primeiro ao cabeçote superior 52 através do cabeçote de alimentação 58, invertendo a direção do ar pressurizado através do primeiro elemento 44.

Fazendo referência novamente às figuras 2 e 3, sondas verticais de temperatura 68 se estendem para baixo a partir do teto da carcaça de forno 32 para medir a temperatura interior da carcaça de forno 32. As sondas verticais de temperatura 68 se comunicam com um controlador (não mostrado) que sinaliza os aquecedores 48 para ajustar, quando necessário, a temperatura interior da carcaça de forno 32. Sondas horizontais de temperatura 70 são espaçadas abaixo das sondas verticais de temperatura 68, e medem temperatura em uma maneira similar como as sondas verticais de temperatura 68 a temperatura do forno nas regiões inferiores da carcaça 32. Sondas de temperatura do cabeçote 72 se estendem para o interior do cabeçote de alimentação 58 para medir a temperatura do ar pressurizado den-

tro do cabeçote de alimentação 58, em uma maneira similar àquela explicada para as sondas verticais de temperatura 68 acima. Cada uma das sondas interage com o controlador para controlar a temperatura do interior da carcaça de forno 32. Sondas adicionais de temperatura do cabeçote 72 podem ser
5 espaçadas ao longo do segundo elemento 46, se necessário. Para resposta mais rápida, sondas verticais e horizontais 68, 70 podem ser localizadas diretamente na frente de um bocal 56 e espaçadas do bocal 58 entre um até três pés.

Fazendo referência à figura 4, uma vista em seção transversal
10 de um dos cabeçotes superior 52 e cabeçote inferior 54 está mostrada. Como descrito acima, isolamento 50 circunda uma parede de cabeçote 74 reduzindo a perda de calor através da parede do cabeçote 74 para o interior da carcaça do forno 32. Os bocais 56 são localizados dentro da parede do cabeçote 74 e definem um diâmetro decrescente desde uma extremidade
15 distal 76 no sentido de uma extremidade terminal 78 localizada geralmente adjacente à parede do cabeçote 74. Portanto, o bocal 56 define uma forma geralmente côncava troncônica, de modo que o ar pressurizado que passa através do bocal 56 acelera devido a uma área decrescente quando da saída do primeiro elemento 44. A forma dos bocais 56 é mais bem representa-
20 da na vista em perspectiva mostrada na figura 5A. A figura 5B mostra um bocal alternativo 57 que tem um giratório 80 que permite que o bocal alternativo 57 seja articulado dentro do primeiro elemento 44, possibilitando que o ar pressurizado seja direcionado para a localização predeterminada em uma maneira mais precisa.

25 Um bocal alternativo na forma de um edutor (ejeto) ou bocal venturi está mostrado em 82 na figura 6. O edutor 82 está mostrado na figura 6 tendo uma superfície correspondente 86 que é fixada à parede do cabeçote 74 fora do cabeçote 52, 54. A superfície correspondente 86 define uma entrada de ar pressurizado 88 que recebe ar pressurizado de um dos cabe-
30 çotes superior e inferior 52, 54. O ar pressurizado passa através da câmara de venturi 90 e sai do edutor 82 através do bocal do edutor 92 direcionando o ar pressurizado no sentido da localização predeterminada do corpo da car-

roceria de veículo 34, como descrito acima. Ar quente é trazido do interior da carcaça de forno 32 através da entrada de venturi 94 e é forçado para o interior do bocal do edutor 92 pelo ar pressurizado que passa através da câmara de venturi 90 por meio de efeito venturi, como é conhecido. Isto aumenta o escoamento volumétrico de ar no sentido da localização predeterminada da carroceria de veículo 34, reduzindo ainda mais os requisitos de energia do ventilador 42.

Uma outra modalidade de bocal está mostrada em um amplificador de ar 96 na figura 7, onde numerais iguais serão utilizados com a figura 6 para simplicidade. O amplificador de ar 96 inclui uma entrada de ar 88 onde ar pressurizado é forçado a partir de um dos cabeçotes superior e inferior 52, 54. O ar pressurizado passa através da câmara de venturi 90 para o interior do bocal amplificador 92 e direciona o ar pressurizado no sentido de uma localização predeterminada da carroceria de veículo 34. Ar aquecido é trazido do interior da carcaça de forno 32 através da entrada de venturi 94 por meio do efeito venturi provocando um aumento no escoamento volumétrico de ar aquecido direcionado no sentido da carroceria de veículo 34, reduzindo novamente os requisitos de energia do ventilador 42.

As modalidades descritas acima são desejáveis para aquecer áreas pesadas de metal da carroceria de veículo 34, que têm requisitos de calor mais elevados do que áreas de chapa metálica ou áreas finas de metal da carroceria de veículo 34. Nestas modalidades, o edutor 84 e o amplificador 96 são ambos direcionados para uma localização predeterminada da carroceria de veículo, trazendo o ar aquecido do interior da carcaça de forno 32 maximizando a quantidade de energia térmica direcionada no sentido da área pesada de metal da carroceria de veículo 34. Como explicado acima, ar pressurizado passa através do cabeçote 52, 54 através da entrada de ar 88 e para o interior da câmara de venturi 90 antes de sair através do bocal 92. Ar quente é trazido para o interior da entrada de venturi 94 por meio do efeito venturi que aumenta a vazão volumétrica de ar quente que está sendo direcionado no sentido da carroceria de veículo 34.

A tabela 1 mostra os parâmetros operacionais do conjunto de

forno inovador 30, que fornece os benefícios descritos acima.

Tabela 1

		Forno convencional	Forno novo	Forno novo	Forno novo
		Projeto nominal	Projeto nominal	Caso de baixa velocidade	Caso de alta velocidade
Calor distribuído	BTU/hr	1.595.217	1.595.217	1.595.217	1.595.217
Momentum distribuído	ft/lbm/séc ²	1.365	1.365	836	1.643
Volume distribuído real	acfm	30.000	6.000	6.000	6.000
Volume distribuído padrão	scfm	17,584	2,000	2,000	2,000
Temperatura de ar distribuído	F	444	1,100	1,100	1,100
Número de bocais		72	72	44	97
Diâmetro de bocal	in	4.528	0.676	1.100	0.531
Velocidade de ar no bocal	fpm	3,727	32,000	20,000	40,000
Velocidade no bocal/volume	1/ft ²	9	401	150	650
Velocidade no bocal/área	1/ft-sec	556	219,000	50,000	427,000
Volume de ar/comprimento do forno	scfm/ft	220	25	25	25

Os dados mostrados na Tabela 1 são baseados em uma seção de forno típica de 80 pés de comprimento(isto é, a zona de aquecimento) em uma taxa de produção típica de carroceria de veículo 34. Em cada exemplo, a distribuição de calor requerida é cerca de 1.595.000 BTU/h. A primeira co-

5 a coluna mostra os diversos requisitos operacionais para produzir o calor requerido em um projeto da forma convencional, e as colunas a seguir indicam o projeto nominal do forno inovador, com uma velocidade limite mais baixa e

uma velocidade limite superior, que estabelece a faixa operacional genérica.

De forma mais notável, uma redução significativa no volume de distribuição padrão é realizada em pés cúbicos por minuto padrão (temperatura ambiente). Aqueles de talento na técnica irão entender que o volume de distribuição em um forno convencional é geralmente 30.000 acfm o porque
5 ar quente é recirculado através do forno pela caixa aquecedora 12 mostrada na figura 1. Portanto, a redução em volume de distribuição possibilita uma redução significativa em capacidade do soprador é realmente de 30.000 acfm para 2000 scfm. Para manter a distribuição de calor requerida no volume de distribuição reduzido, a temperatura de distribuição de ar nos bocais
10 56 é aumentada para cerca de 1100 °F no novo projeto, de forno excedendo a temperatura de distribuição de ar convencional em um bocal convencional 22 de cerca de 444 ° F. Adicionalmente, o diâmetro do bocal é reduzido de um diâmetro convencional de cerca de 0,38 pés para cerca de 0,06 pés, resultando em um aumento em velocidade de ar no bocal de 3727 fpm para
15 cerca de 32.000 fpm no conjunto de forno nominal 30. Isto fornece uma velocidade de bocal nominal por área de bocal de cerca de 219.000 pé-s, muito mais elevada do que a velocidade de bocal convencional por área, de cerca de 556 pé-s. Portanto, os inventores determinaram que um requisito de momentum para distribuir energia térmica permanece constante quando o ar
20 pressurizado é distribuído até três vezes mais elevado do que a temperatura de cura do revestimento aplicado à carroceria de veículo em velocidades de ar mais elevadas e volume de distribuição significativamente mais baixo. Com base em estudos acredita-se que temperaturas entre duas e quatro
25 vezes a temperatura de cura em ° F com um revestimento aplicado à carroceria de veículo é uma faixa operacional preferencial, ao mesmo tempo em que ainda fornece energia térmica suficiente para curar ou cozinhar o revestimento aplicado à carroceria de veículo. Além disso, a relação estabelecida acima faz uso da uma relação de velocidade de ar para volume de ar nos
30 bocais 56, entre cerca de 150 e 650 para 1, com uma relação nominal de cerca de 400 para 1. Além disto, a relação de velocidade de ar em pés por segundo para uma área de bocal é determinada estar entre cerca de 50.000

e 400.000 para 1, com uma velocidade nominal de cerca de 220.000 para 1.

Outros parâmetros operacionais provaram alcançar os requisitos desejados de calor e momentum, inclusive fornecendo o volume de ar para a carcaça de forno em menos do que cerca de 25 scfm por pé de carcaça de forno. Uma modalidade alternativa fornece um volume de ar para a carcaça de forno de menos do que cerca de 50 scfm por pé de carcaça de forno. Ainda uma outra modalidade alternativa fornece um volume de ar para a carcaça de forno a uma taxa de cerca de 75 scfm por pé de carcaça de forno. Isto é significativamente menos do que um projeto de forno convencional que requer cerca de 220 scfm por pé de comprimento de forno, requerendo utilização de energia mais elevada do que o conjunto de forno inovador 30.

Um benefício adicional de aquecer o ar pressurizado até cerca de 1100 °F é a capacidade de limpar o forno 30 por meio de combustão de subprodutos de revestimento conhecidos para revestir paredes do forno. Isto elimina a necessidade de lavar manualmente paredes do forno, o que é de mão-de-obra intensiva.

A invenção foi descrita de uma maneira ilustrativa, e deve ser entendido que a terminologia que foi utilizada tem a intenção de estar na natureza das palavras de descrição ao invés de limitação.

Obviamente, diversas modificações e variações da presente invenção são possíveis à luz dos ensinamentos acima. Deve, portanto, ser entendido que dentro do escopo das reivindicações anexas, nas quais numerais de referência são simplesmente para conveniência e não devem ser de maneira alguma limitantes, a invenção pode ser tornada prática de outra maneira do que como especificamente descrita.

REIVINDICAÇÕES

1. Conjunto de forno para cozinhar revestimentos aplicados a um objeto que compreende:

uma carcaça;

5 um cabeçote que recebe ar pressurizado de um ventilador colocado fora de dito forno;

 um aquecedor que fornece calor para o ar pressurizado recebido a partir de dito ventilador elevando com isto a temperatura do ar pressurizado para entre cerca de duas e quatro vezes a temperatura de cura em ° F dos revestimentos aplicados a um objeto; e

10 dito cabeçote se estendendo desde dito cabeçote para o interior de dita carcaça, dito cabeçote tendo bocais colocados em localizações espaçadas que direcionam ar pressurizado na temperatura entre cerca de duas a quatro vezes a temperatura de cura em ° F do revestimento aplicado ao

15 objeto no sentido de localizações predeterminadas sobre o objeto.

2. Conjunto de acordo com a reivindicação 1, no qual dito cabeçote é isolado entre os ditos bocais e dito aquecedor, para reter calor dentro do dito cabeçote.

3. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, no qual o dito aquecedor compreende um queimador que fornece uma chama direta para o ar pressurizado que está sendo fornecido a partir de dito ventilador.

4. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, no qual os ditos bocais são colocados dentro de dito cabeçote.

25 5. Conjunto de acordo com a reivindicação 4, no qual os ditos bocais colocados dentro de dito cabeçote definem um diâmetro decrescente que transiciona no sentido de uma saída desde dito cabeçote.

6. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, no qual os ditos bocais compreendem um giratório para direcionar ar pressurizado desde dito cabeçote até ditas localizações predeterminadas sobre dito objeto.

7. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a

6, no qual ditos bocais compreendem um bocal venturi que traz ar desde dentro de dita carcaça, para com isto aumentar o escoamento volumétrico de ar pressurizado direcionado no sentido de localizações predeterminadas de dito objeto.

5 8. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, no qual uma relação de velocidade de ar para volume de ar em dito bocal está entre cerca de 150 e 650 para um.

 9. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, no qual uma relação de velocidade de ar para volume de ar em cada um
10 de ditos bocais é geralmente 400 para um.

 10. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, no qual uma relação de velocidade de ar em pés por segundo para a área de bocal em pés quadrados está entre cerca de 50.000 e 400.000 para um.

15 11. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, no qual dito aquecedor fornece calor para o ar pressurizado recebido de dito ventilador elevando com isto a temperatura do ar pressurizado para cerca de três vezes a temperatura de cura em °F do revestimento aplicado a um objeto.

20 12. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, no qual dito cabeçote é isolado dentro de dita carcaça de forno reduzindo com isto a perda de calor de dito cabeçote dentro de dita carcaça de forno.

 13. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1
25 a 12, no qual ditos bocais são, cada um, espaçados de dito aquecedor com uma distância necessária para que ditos gases de combustão misturem com dito ar pressurizado.

 14. Método de curar um revestimento aplicado a um objeto que
passa através de uma carcaça de forno, onde dito revestimento tem uma
30 temperatura de cura de cerca de T °F, compreendendo as etapas de:

 fornecer uma fonte de ar pressurizado, dita fonte de ar pressurizado trazendo ar do exterior de dita carcaça de forno e distribuindo o ar

pressurizado para dito forno;

aquecer o ar pressurizado até uma temperatura de cerca de três vezes $T^{\circ}F$; e

5 direcionar o ar pressurizado que tem uma temperatura de cerca de três vezes $T^{\circ}F$ no sentido de localizações predeterminadas no objeto, elevando com isto a temperatura do objeto para cerca de $T^{\circ}F$ por uma duração necessária para curar o revestimento aplicado ao objeto.

10 15. Método de acordo com a reivindicação 14, no qual dita etapa de distribuir ar pressurizado para dita carcaça de forno ser ainda definida por relação de velocidade de distribuição de ar pressurizado para volume de ar entre cerca de 150 e 650 para um.

15 16. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 ou 15, no qual dita etapa de distribuir ar pressurizado para dita carcaça de forno ser ainda definida por relação de distribuição de velocidade de ar pressurizado para volume de ar de cerca de 400 para um.

17. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 16, no qual dita etapa de trazer ar do exterior de dita carcaça de forno ser ainda definida por trazer substancialmente todo o ar distribuído para dita carcaça de forno do exterior de dita carcaça de forno.

20 18. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 17, ainda incluindo a etapa de isolar o ar aquecido do interior de dita carcaça de forno antes de transferir o ar aquecido para o interior de dita carcaça de forno.

25 19. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 18, no qual dita etapa de distribuir ar pressurizado para dita carcaça de forno ser ainda definida por distribuir um volume de ar de menos do que cerca de 25 scfm por pé de carcaça de forno.

30 20. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 19, no qual dita etapa de distribuir ar pressurizado para dita carcaça de forno ser ainda definida por distribuir um volume de ar de menos do que cerca de 50 scfm por pé de carcaça de forno.

21. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 14

a 20, no qual dita etapa de distribuir ar pressurizado para dita carcaça de forno ser ainda definida por distribuir um volume de ar de menos do que cerca de 75 scfm por pé de carcaça de forno.

22. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 21, no qual dita etapa de aquecer o ar pressurizado ser ainda definida por aplicar gases de combustão diretamente ao ar pressurizado.

23. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 22, no qual dita etapa de aquecer ar pressurizado ser ainda definida por aquecer o ar pressurizado até antes de distribuir o ar pressurizado para o interior da carcaça de forno.

24. Conjunto de forno para curar um revestimento aplicado a um artigo que está sendo transportado através de dito conjunto de forno, que compreende:

uma carcaça de forno que tem um transportador que se estende através de todo ele para transportar o artigo através de dito conjunto de forno;

um soprador para fornecer ar pressurizado para o interior de dita carcaça de forno trazendo o ar substancialmente de fora de dita carcaça de forno;

um duto que tem um primeiro elemento que se estende para o interior de dita carcaça de forno e um segundo elemento interconectado com dito soprador para transportar ar pressurizado desde dito soprador para o interior de dita carcaça de forno;

um queimador colocado geralmente entre dito primeiro elemento e dito segundo elemento, para aquecer o ar pressurizado que está sendo transportado para o interior de dita carcaça de forno; e

dito primeiro elemento definindo uma pluralidade de saídas de ar espaçadas através de toda dita carcaça de forno para direcionar ar aquecido no sentido de dito artigo e dito primeiro elemento sendo substancialmente isolado dentro de dita carcaça de forno, reduzindo com isto o escapamento de calor gerado por dito queimador quanto a escapar de dito duto exceto através de ditas saídas de ar.

25. Conjunto de acordo com a reivindicação 24, no qual ditas saídas compreendem bocais para direcionar o ar pressurizado no sentido de localização predeterminada do artigo colocado dentro de dita carcaça de forno.

5 26. Conjunto de acordo com a reivindicação 25, no qual ditos bocais são colocados dentro de dito duto e definem um diâmetro decrescente desde uma extremidade distal no sentido de dita saída.

 27. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 até 26, no qual ditas saídas compreendem, cada uma, um edutor que traz ar
10 desde dentro de dita carcaça de forno aumentando com isto uma vazão volumétrica de ar dentro de dito forno.

 28. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 até 27, no qual dito queimador fornece uma chama diretamente para o ar pressurizado que passa entre dito segundo elemento até dito primeiro ele-
15 mento de dito duto.

 29. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 até 28, no qual dito soprador é configurado para fornecer um volume de ar para dita carcaça de forno de menos do que cerca de 25 scfm por pé de car-
caça de forno.

20 30. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 até 29, no qual dito soprador é configurado para fornecer um volume de ar para dita carcaça de forno de menos do que cerca de 50 scfm por pé de car-
caça de forno.

 31. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 até 30, no qual dito soprador é configurado para fornecer um volume de ar para dita carcaça de forno de menos do que cerca de 75 scfm por pé de car-
caça de forno.

 32. Conjunto de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 até 31, no qual ditas saídas definem, cada uma, uma área de saída e dito
30 soprador é dimensionado para fornecer uma velocidade de ar em pés por segundo para a área de saída em pés quadrados de cerca de 50.000 e 400.000 para um.

33. Método para curar um revestimento aplicado a um objeto colocado dentro de uma carcaça de forno, que compreende as etapas de:

5 distribuir ar pressurizado a uma temperatura ambiente à dita carcaça de forno trazido substancialmente do exterior de dita carcaça de forno;

 aquecer o ar pressurizado próximo a dita carcaça de forno com isto produzindo ar pressurizado aquecido e distribuir o ar pressurizado aquecido através de todo um interior de dita carcaça de forno em localizações espaçadas; e

10 isolar o ar pressurizado aquecido de dito interior de dita carcaça de forno exceto em ditas localizações espaçadas, reduzindo com isto transferência de calor do ar pressurizado aquecido para dito interior de dita carcaça de forno, exceto através de ditas localizações espaçadas.

15 34. Método de acordo com a reivindicação 33, no qual dita etapa de distribuir o ar pressurizado aquecido através de todo dito interior de dita carcaça de forno ser ainda definida direcionando o ar pressurizado aquecido no sentido do objeto colocado dentro da carcaça de forno em localizações predeterminadas.

20 35. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 33 ou 34, no qual a dita etapa de aquecer o ar pressurizado é ainda definida por aquecer o ar pressurizado até uma temperatura de cerca três vezes a temperatura de cura em ° F do revestimento aplicado ao objeto colocado dentro da carcaça de forno.

25 36. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 33 a 35, no qual a dita etapa de distribuir o ar pressurizado aquecido através de todo um interior de dita carcaça de forno em localizações espaçadas ser ainda definida por distribuir ar pressurizado através de ditas localizações espaçadas em uma relação de velocidade de ar para volume de ar entre cerca de 150 e 650 para um.

30 37. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 33 a 36, no qual a dita etapa de distribuir o ar aquecido pressurizado através de todo um interior de dita carcaça de forno em localizações espaçadas ser a-

inda definida por distribuir ar pressurizado através de ditas localizações espaçadas em uma relação de velocidade de ar para volume de ar de cerca de 400 para um.

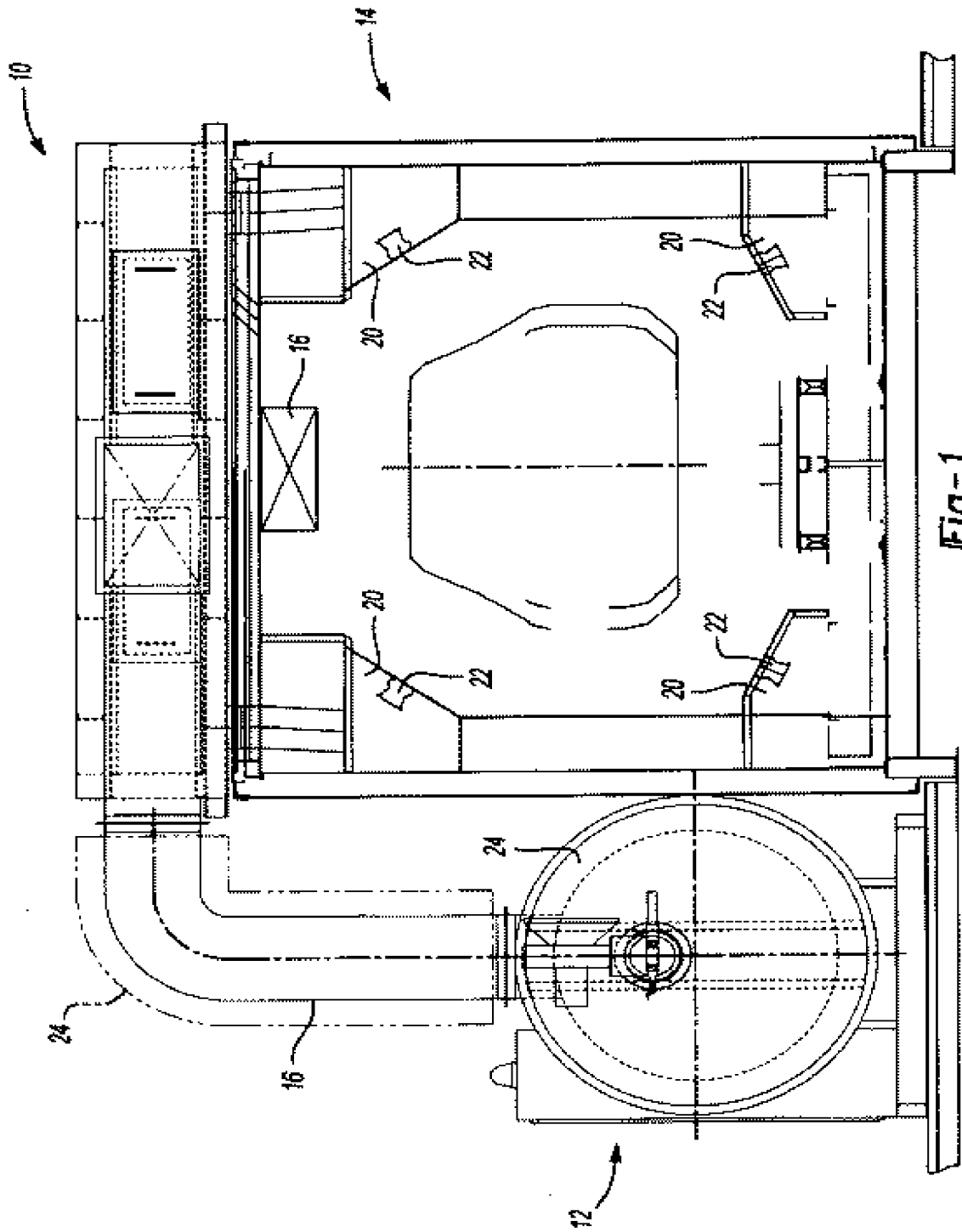
5 38. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 33 a 37, no qual a dita etapa de distribuir ar pressurizado para dita carcaça de forno ser ainda definida por distribuir ar pressurizado em um volume de ar de menos do que cerca de 25 scfm por pé de carcaça de forno.

10 39. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 33 a 38, no qual a dita etapa de distribuir ar pressurizado para dita carcaça de forno ser ainda definida por distribuir ar pressurizado em um volume de ar de menos do que cerca de 50 scfm por pé de carcaça de forno.

15 40. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 33 a 39, no qual a dita etapa de distribuir ar pressurizado para dita carcaça de forno ser ainda definida por distribuir ar pressurizado em um volume de ar de menos do que cerca de 75 scfm por pé de carcaça de forno.

 41. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 33 a 40 no qual a dita etapa de aquecer o ar pressurizado ser ainda definida por aplicar gases de combustão diretamente ao ar pressurizado.

20 42. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 33 a 41, no qual a dita etapa de aquecer ar pressurizado próximo à dita carcaça de forno ser ainda definida por aquecer o ar pressurizado logo antes de distribuir o ar pressurizado para o interior de dita carcaça de forno.



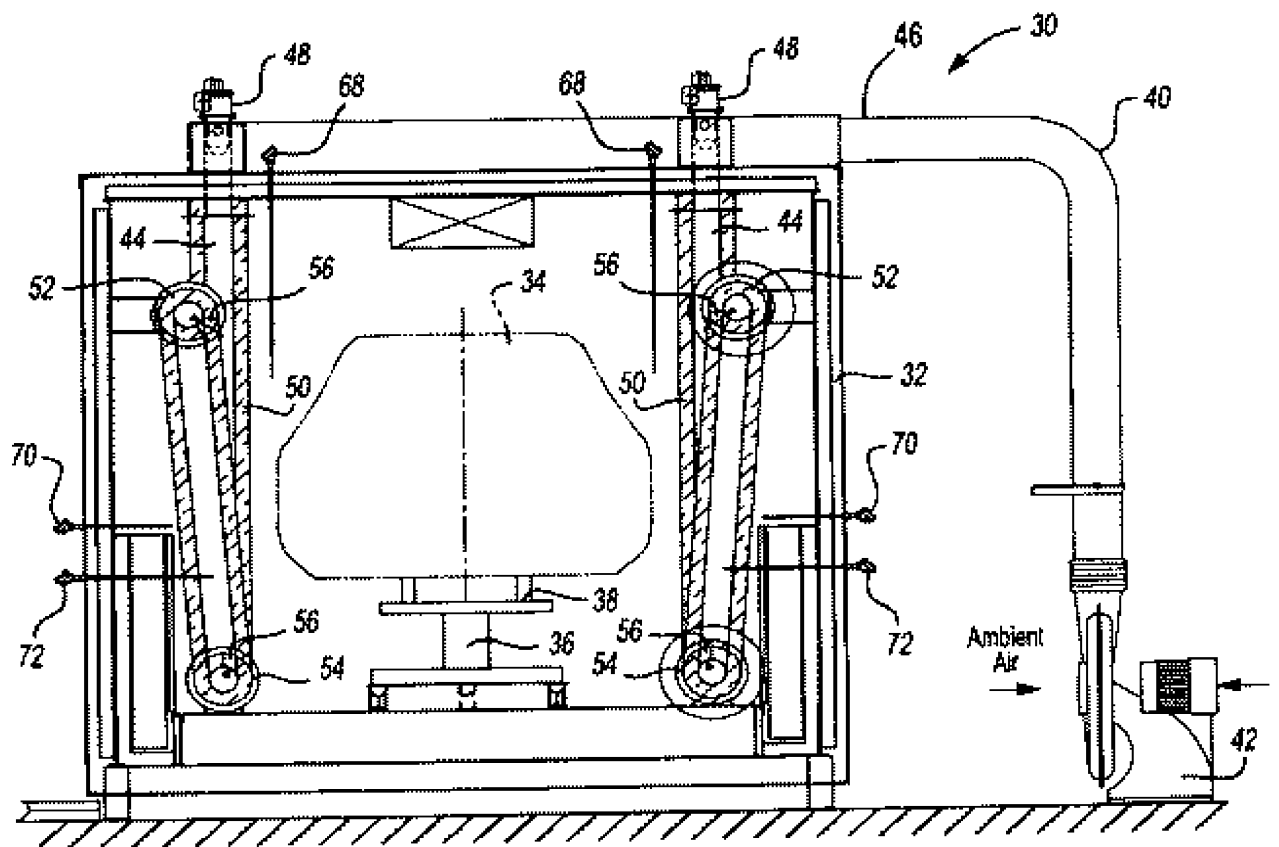
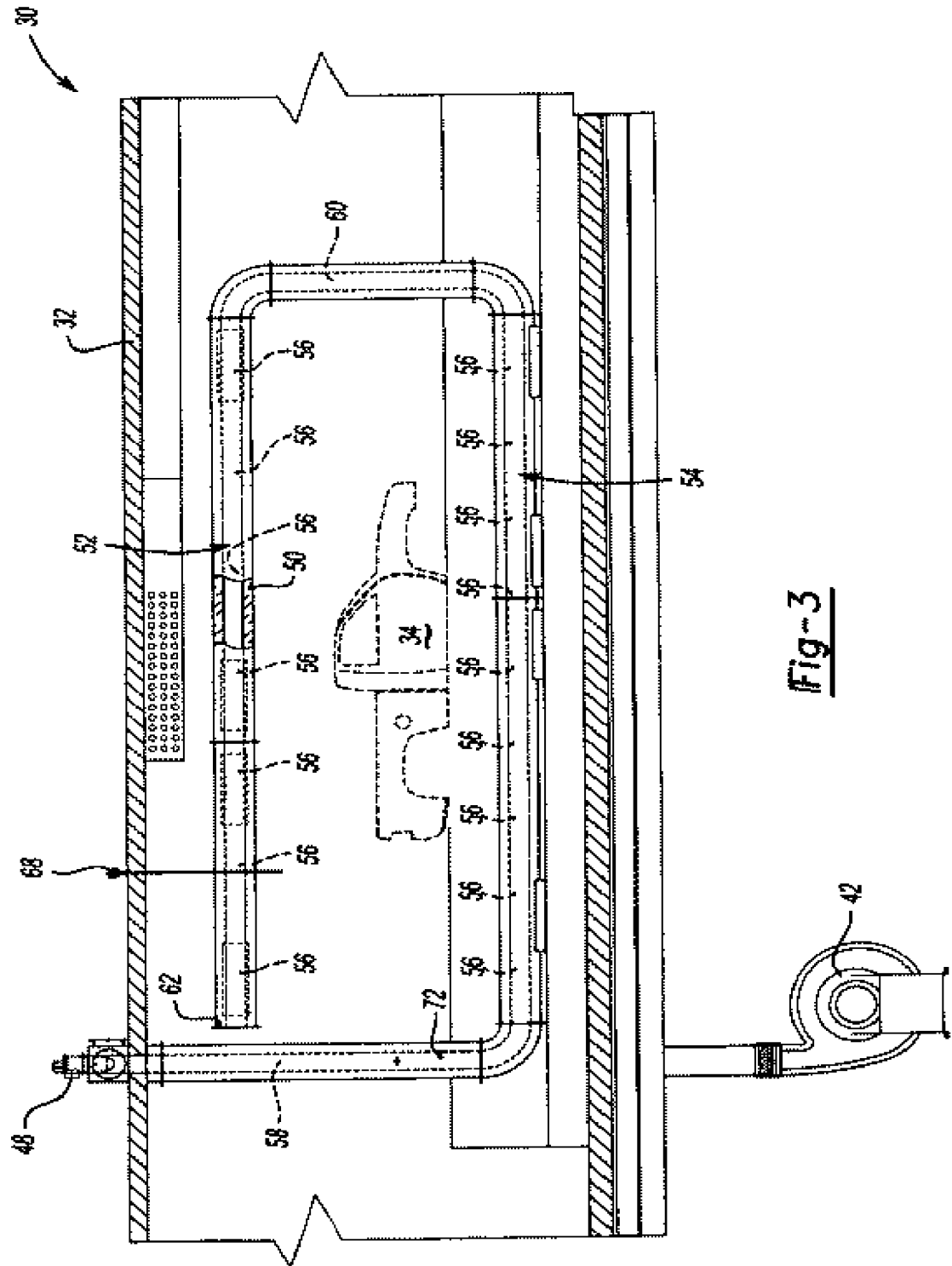


Fig-2



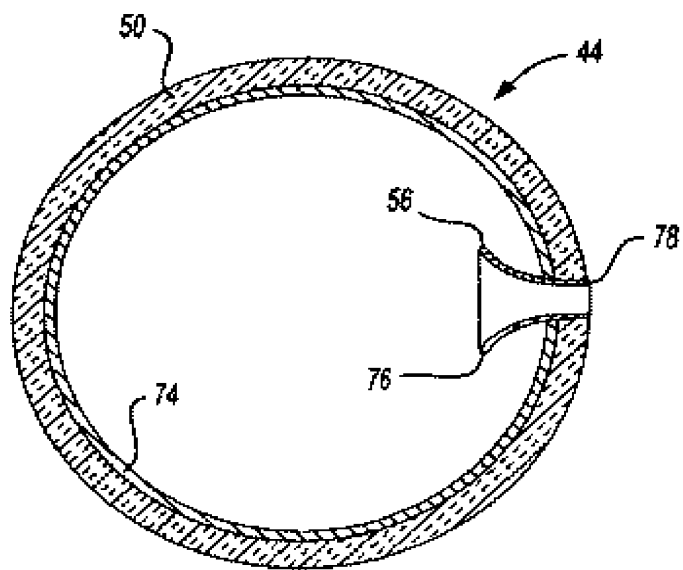


Fig-4

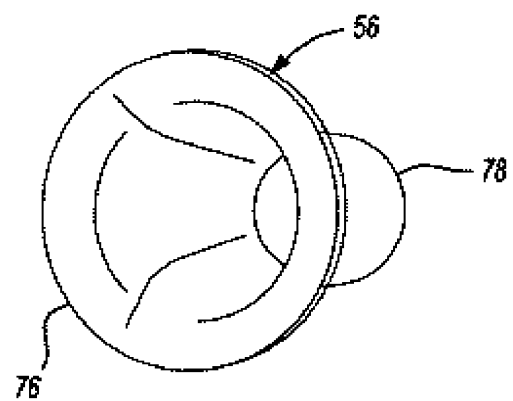


Fig-5A

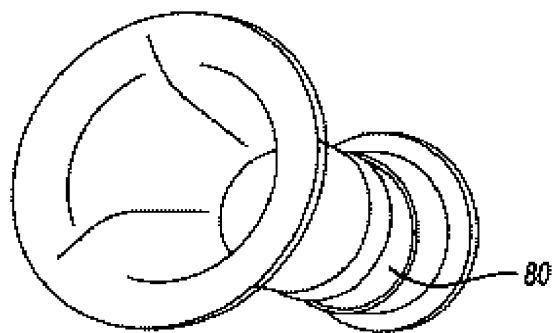


Fig-5B

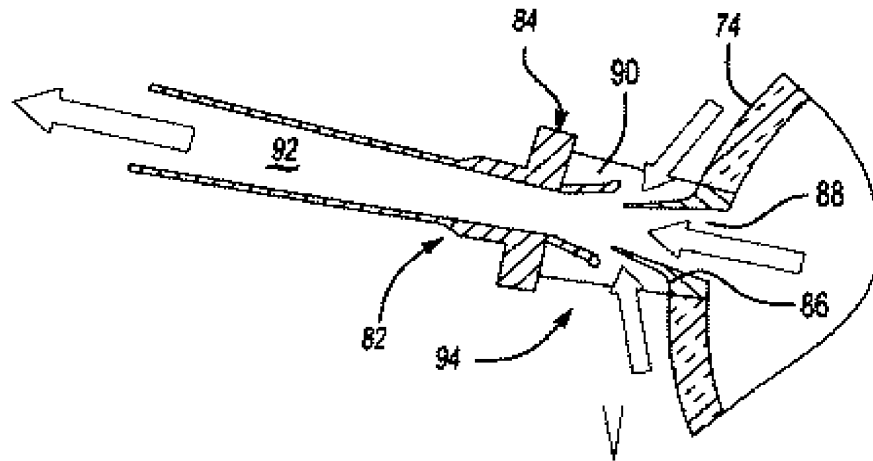


Fig-6

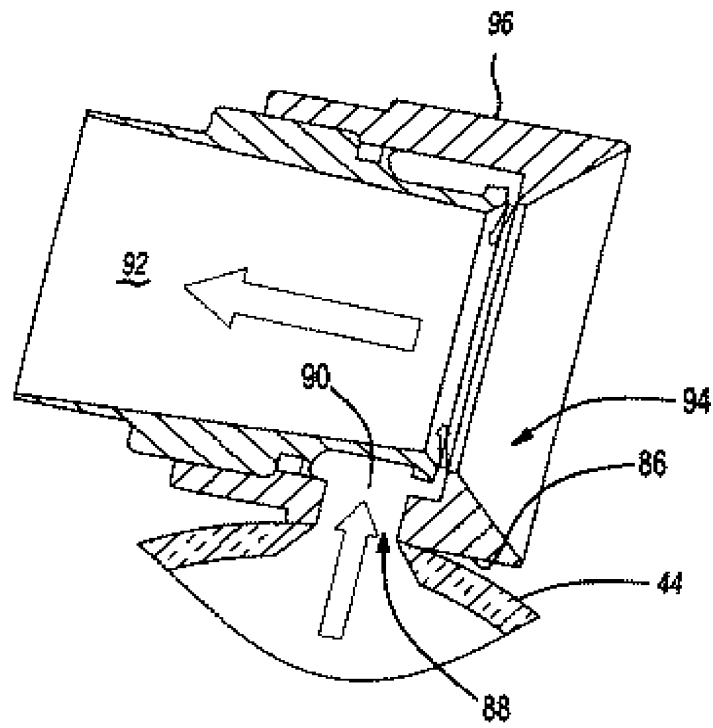


Fig-7

RESUMO

Patente de Invenção: **"FORNO DE CONVECÇÃO POR COMBUSTÃO".**

A presente invenção refere-se a um conjunto de forno para cozinhar revestimentos aplicados a um objeto inclui uma carcaça (32) com um
5 cabeçote (52, 54) que recebe ar pressurizado de um ventilador (42) colocado fora do forno. Um aquecedor (48) fornece calor para o ar pressurizado recebido do ventilador (42) elevando a temperatura do ar pressurizado para entre cerca de duas a quatro vezes a temperatura de cura dos revestimentos aplicados ao objeto. O cabeçote (52, 54) se estende desde o aquecedor (48)
10 para o interior da carcaça. O cabeçote (52, 54) tem bocais (56) colocados em localizações espaçadas que direcionam ar pressurizado na temperatura que está entre cerca de duas e quatro vezes a temperatura de cura do revestimento aplicado ao objeto no sentido de localizações predeterminadas sobre o objeto.