

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

(21) **PI 0711681-0 A2**

(22) Data de Depósito: 04/05/2007
(43) Data da Publicação: 17/01/2012
(RPI 2141)



(51) *Int.Cl.:*
C10B 47/10

(54) Título: MÉTODO PARA AUMENTAR A DENSIDADE APARENTE DE PARTÍCULAS DE CARVÃO, MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE COQUE METALÚRGICO DE CARVÃO, COQUE METALÚRGICO, APARELHO DE COMPACTAÇÃO DE CARVÃO E CARREGAMENTO DE CARVÃO DE FORNO DE COQUE E MÉTODO PARA OPERAR UM FORNO DE COQUE

(30) Prioridade Unionista: 16/06/2006 US 11/424,566

(73) Titular(es): SUNCOKE ENERGY, INC.

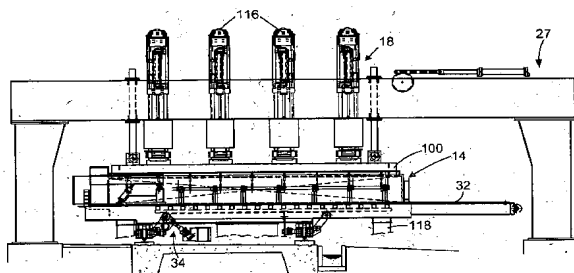
(72) Inventor(es): DANIEL J. KORRECT, DONALD M. WATKINS, MARK A. BALL, MICHAEL P. BARKDOLL, RICHARD C. RETORT

(74) Procurador(es): David do Nascimento Advogados Associados

(86) Pedido Internacional: PCT US2007068222 de 04/05/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/149642 de 27/12/2007

(57) Resumo: MÉTODO PARA AUMENTAR A DENSIDADE APARENTE DE PARTÍCULAS DE CARVÃO, MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE COQUE METALÚRGICO DE CARVÃO, COQUE METALÚRGICO, APARELHO DE COMPACTAÇÃO DE CARVÃO E CARREGAMENTO DE CARVÃO DE FORNO DE COQUE E MÉTODO PARA OPERAR UM FORNO DE COQUE. Trata-se de métodos de velocidade relativamente alta para aumentar a densidade aparente de partícula de carvão, o aparelho para aumentar a densidade aparente de partículas de carvão, e métodos para a produção de coque metalúrgico. Uma vez que tal método inclui a deposição de partículas de carvão em uma placa de carregamento externa a um forno de coqueificação para formar um leito alongado de carvão não-compactado seco que tem uma superfície superior da placa de carregamento, a placa de carregamento tem paredes laterais, e pelo menos uma parede de extremidade móvel. Uma pressão de impacto é aplicada à superfície superior do leito de carvão não-compactado seco enquanto o carvão é desgaseificado para formar um leito de carvão compactado seco que tem uma densidade aparente que pode variar de aproximadamente 960 a 1.200 quilogramas por metro cúbico.





MÉTODO PARA AUMENTAR A DENSIDADE APARENTE DE
PARTÍCULAS DE CARVÃO, MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE COQUE
METALÚRGICO DE CARVÃO, COQUE METALÚRGICO, APARELHO DE
COMPACTAÇÃO DE CARVÃO E CARREGAMENTO DE CARVÃO DE FORNO DE
5 COQUE E MÉTODO PARA OPERAR UM FORNO DE COQUE

CAMPO TÉCNICO

A descrição refere-se um método e um aparelho para
a produção de coque de carvão e particularmente a um método e
um aparelho aperfeiçoados para a compactação de carvão para a
10 alimentação a um forno de coqueificação que não de
recuperação.

ANTECEDENTES E DESCRIÇÃO RESUMIDA

O coque é uma fonte de combustível de carbono e de
carbono sólido utilizado para fundir e reduzir o minério de
15 ferro na produção do aço. Durante um processo de fabricação
de ferro, o minério de ferro, o coque, o ar aquecido e a
pedra calcária ou outros fundentes são alimentados em um
alto-forno. O ar aquecido causa a combustão do coque que
fornece calor e uma fonte de carbono para reduzir os óxidos
20 de ferro em ferro. A pedra calcária ou outros fundentes podem
ser adicionados para reagir com e remover as impurezas
ácidas, denominadas escória, do ferro derretido. As impurezas
de pedra calcária flutuam até o alto do ferro em fusão e são
removidas.

25 Em um processo, conhecido como "processo de
coqueificação Thompson" o coque utilizado para o refino de
minérios de metal, tal como descrito acima, é produzido pela
alimentação em batelada de carvão pulverizado a um forno que
é lacrado e aquecido até temperaturas muito altas por 24 a 48
30 horas sob condições atmosféricas controladas bem de perto. Os
fornos de coqueificação vêm sendo utilizados há muitos anos
para converter o carvão em coque metalúrgico. Durante o
processo de coqueificação, o carvão finamente esmagado é

aquecido sob condições de temperatura controlada para desvolatilizar o carvão e formar uma massa fundida que tem uma porosidade e uma resistência predeterminadas. Devido ao fato de que a produção de coque é um processo descontínuo, múltiplos fornos de coque são operados simultaneamente, daqui por diante indicados como uma "bateria de fornos de coque".

No final do ciclo de coqueificação, o coque final é removido do forno e resfriado bruscamente com água. O coque resfriado pode ser selecionado e carregado em vagões ferroviários ou caminhões para o transporte ou uso posterior, ou ser movido diretamente para um forno de fusão de ferro.

O processo de derretimento e fusão ao qual são submetidas as partículas de carvão durante o processo de aquecimento constitui a parte mais importante do processo de coqueificação. O grau de derretimento e o grau de assimilação das partículas de carvão na massa em fusão determinam as características do coque produzido. A fim de produzir o coque mais forte a partir de um carvão particular ou uma mistura de carvão, há uma relação ideal entre as entidades reativas e inertes no carvão. A porosidade e a resistência do coque são importantes para o processo de refino do minério e são determinadas pela fonte de carvão e/ou pelo método de coqueificação.

As partículas de carvão ou uma mistura de partículas de carvão são carregadas em fornos quentes em uma programação predeterminada, e o carvão é aquecido por um período de tempo predeterminado nos fornos a fim de remover os componentes voláteis do coque resultante. O processo de coqueificação é altamente dependente do desenho do forno, do tipo de carvão e da temperatura de conversão utilizada. Os fornos são ajustados durante o processo de coqueificação de modo que cada carga de carvão seja coqueificada aproximadamente na mesma quantidade de tempo. Uma vez que o

carvão está coqueificado, o coque é removido do forno e resfriado bruscamente com água para ser resfriado abaixo de sua temperatura de ignição. A operação de resfriamento brusco também deve ser controlada com cautela de modo que o coque não absorva demasiada umidade. Uma vez que esteja resfriado bruscamente, o coque é selecionado e carregado em vagões ferroviários ou caminhões para o transporte.

Devido ao fato que o carvão é alimentado em fornos quentes, grande parte do processo de alimentação de carvão é automatizado. Nos fornos do tipo de ranhura, o carvão é tipicamente carregado através de ranhuras ou aberturas no alto dos fornos. Tais fornos tendem a ser altos e estreitos. Mais recentemente, a fornos de coqueificação do tipo que não de recuperação horizontal ou de recuperação térmica vêm sendo utilizados para produzir o coque. Os fornos horizontais são descritos, por exemplo, nas patentes norte-americanas n°. 3.784.034 e 4.067.462 concedidas a Thompson. Nos fornos de coqueificação do tipo de não recuperação ou de recuperação térmica, correias transportadoras são utilizadas para transportar as partícula de carvão horizontalmente aos fornos para formar um leito alongado de carvão que tem uma altura de aproximadamente 101 centímetros, um comprimento de aproximadamente 13,7 metros, e uma largura de aproximadamente 3,6 metros.

Uma vez que a fonte de carvão apropriada para a formação de carvão metalúrgico tem diminuído, estão sendo feitas tentativas de misturar carvões que não de coqueificação com carvões de coqueificação para obter uma carga apropriada de carvão para os fornos. Uma tentativa consiste em utilizar carvão compactado. O carvão pode ser compactado antes ou depois de se encontrar no forno. Embora as correias transportadoras de carvão sejam apropriadas para carregar os fornos com carvão em partículas que é então

parcialmente compactado no forno, tais correias transportadoras não são geralmente apropriadas para carregar os fornos com carvão pré-compactado. Idealmente, o carvão deve ser compactado a partir de 50 libras por pé cúbico a fim
5 de intensificar a utilidade do carvão de uma qualidade mais baixa. É bem sabido que, à medida que a porcentagem do carvão de uma qualidade mais baixa em uma mistura de carvão é aumentada, níveis mais elevados de compactação do carvão são requeridos, de até aproximadamente 65 a 70 libras por pé
10 cúbico.

No entanto, atualmente os processos disponíveis não são apropriados para a obtenção de uma carga de carvão compactado que tenha uma densidade aparente substancialmente uniforme por toda a profundidade de um leito alongado de
15 carga de carvão. Tais processos também são complicados e consomem muito tempo. Portanto, há uma necessidade quanto a um método e um aparelho para compactar carvão e carregar fornos de coqueificação com carvão pré-compactado. Também há uma necessidade quanto a um aparelho para minimizar a
20 quantidade de tempo requerida para formar um leito substancialmente uniforme de carvão compactado para ser utilizado na produção de coque metalúrgico.

De acordo com o acima exposto e outras necessidades, a descrição apresenta métodos de velocidade
25 relativamente alta para aumentar a densidade aparente das partículas de carvão, um aparelho para aumentar a densidade aparente das partículas de carvão, e métodos para a produção de coque metalúrgico. Uma vez que tal método inclui a deposição de partículas de carvão em uma placa de
30 carregamento externa a um forno de coqueificação para formar um leito alongado de carvão não-compactado seco que tem uma superfície superior da placa de carregamento, a placa de carregamento tem paredes laterais, e pelo menos uma parede de

extremidade móvel. Uma pressão de impacto é aplicada à superfície superior do leito de carvão não-compactado seco enquanto o carvão é desgaseificado, para formar um leito de carvão compactado seco que tem uma densidade aparente que varia de aproximadamente 960 a 1.200 quilogramas por metro cúbico.

Em um outro aspecto, uma realização exemplificadora da descrição apresenta um aparelho de compactação de carvão e carregamento em forno de coque. O aparelho tem uma placa de transferência de leito de carvão que tem paredes laterais, pelo menos uma parede de extremidade móvel, e um mecanismo de translação da placa de transferência para transportar o carvão compactado ao forno de coque. Um dispositivo de compactação de carvão é provido para compactar o carvão. O dispositivo de compactação de carvão tem uma placa de pressão para aplicar a pressão a uma superfície superior de um leito de carvão não-compactado seco depositado na placa de transferência. Uma fonte de vácuo é utilizada para desgaseificar o leito de carvão não-compactado durante o processo de compactação para formar um leito de carvão compactado seco que tem uma densidade aparente que varia de aproximadamente 960 a 1.200 quilogramas por metro cúbico.

Em ainda um outro aspecto, uma realização exemplificadora da descrição apresenta um método para operar um forno de coque que não de recuperação horizontal ao utilizar uma fonte de carvão de qualidade relativamente baixa. O método inclui a deposição das partículas de carvão em um dispositivo de placa de transferência para formar um leito de carvão não-compactado. O dispositivo de placa de transferência tem uma espátula transladável, paredes laterais e pelo menos uma parede de extremidade móvel. Uma pressão é aplicada a uma superfície superior do leito de carvão não-compactado enquanto o leito de carvão é desgaseificado para

formar um leito de carvão compactado seco que tem uma densidade aparente que varia de aproximadamente 960 a 1.200 quilogramas por metro cúbico. A espátula que contém carvão compactado é transladada ao forno de coque e removida do
5 forno de coque enquanto retém o carvão compactado no forno de coque. Um processo de coqueificação é então executado no carvão compactado no forno de coque.

O método e o aparelho aqui descritos propiciam vantagens singulares para operações de coqueificação,
10 incluindo a provisão de carvão com uma densidade aparente relativamente elevada em um período de tempo relativamente curto. Uma outra vantagem do método e do aparelho é que dispositivos mecânicos relativamente simples podem ser utilizados para compactar o carvão e transferir o carvão
15 compactado ao forno de coque. Uma vantagem adicional é que o leito de carvão resultante é substancialmente compactado por toda a sua profundidade até aproximadamente a mesma densidade aparente uniforme.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

20 Outras vantagens das realizações apresentadas podem ser aparentes mediante referência à descrição detalhada de realizações exemplificadoras quando consideradas conjuntamente com os desenhos, que não estão em escala, nos quais as referências numéricas idênticas designam elementos
25 idênticos ou similares por todos os vários desenhos tal como segue:

a FIGURA 1 é uma vista de planta esquemática, não em escala, de um carro de carregamento, uma estação de enchimento de carvão e uma estação de compactação para uma
30 bateria de fornos de coque de acordo com uma realização da descrição;

a FIGURA 2 é uma vista lateral elevacional, não em escala, de um dispositivo de carro de carregamento de acordo

com uma realização da descrição;

a FIGURA 3 é uma vista elevacional de extremidade, não em escala, de um dispositivo de carro de carregamento de acordo com uma realização da descrição;

5 a FIGURA 4 é uma vista lateral ampliada, não em escala, de um mecanismo de ajuste de altura de acordo com uma realização da descrição;

a FIGURA 5 é uma vista em seção elevacional, não em escala, de um dispositivo de carro de carregamento de acordo
10 com uma realização da descrição;

as FIGURAS 6-7 são vistas laterais elevacionais, não em escala, de uma parte de um dispositivo de carro de carregamento de acordo com uma realização da descrição para uma operação de carregamento de carvão;

15 a FIGURA 8 é uma vista em perspectiva, não em escala, de um batente e um dispositivo ram de acordo com uma realização da descrição;

as FIGURAS 9-10 são vistas laterais elevacionais, não em escala, de uma parte de um dispositivo de carro de carregamento de acordo com uma realização da descrição após
20 uma operação de carregamento de carvão;

a FIGURA 11 é uma vista em perspectiva, não em escala, de uma parede de extremidade ajustável para um dispositivo de carro de carregamento de acordo com a
25 descrição;

a FIGURA 12 é uma vista lateral elevacional, não em escala, de uma estação de enchimento de carvão de acordo com uma realização da descrição;

a FIGURA 13 é uma vista lateral elevacional, não em
30 escala, de uma estação de compactação de carvão de acordo com uma realização da descrição;

a FIGURA 14 é uma vista esquemática de um sistema de bomba a vácuo e coleta de poeira para a estação de

compactação de carvão da FIGURA 11;

a FIGURA 15 é uma vista elevacional de extremidade, não em escala, de uma parte da estação de compactação de carvão da FIGURA 13; e

5 a FIGURA 16 é uma ilustração gráfica da densidade aparente versus a energia de impacto para o carvão compactado ao utilizar os métodos e o aparelho das realizações apresentadas.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS REALIZAÇÕES PREFERIDAS

10 Tal como descrito mais detalhadamente a seguir, um sistema de alta velocidade 10 para compactar e carregar carvão em fornos de coque 12 é ilustrado em uma vista de planta esquemática na FIGURA 1. O sistema inclui um dispositivo de carro de carregamento de carvão móvel 14, um
15 aparelho de enchimento de carvão 16 para encher o carro de carregamento de carvão, e um aparelho de compactação de carvão estacionário 18 para compactar o carvão no dispositivo de carro de carregamento de carvão 14. O sistema 10 é particularmente apropriado para formar um leito de carvão
20 compactado que tem uma profundidade de aproximadamente 75 a aproximadamente 125 centímetros, um comprimento que varia de aproximadamente 10 a 15 metros e uma largura que varia de aproximadamente 2 a 5 metros para carregar um forno de coqueificação que não de recuperação horizontal 12.

25 Uma bateria de fornos de coque que não de recuperação horizontal típicos contém uma pluralidade de fornos de coque 12 lado a lado. Cada um dos fornos de coque 12 tem uma extremidade de carregamento de carvão 20 e uma extremidade de saída de coque 22 oposta à extremidade de
30 carregamento 20. Um ciclo de coqueificação de carvão pode variar de 24 a 48 horas ou mais dependendo do tamanho da carga de carvão para o forno de coque 12. No final do ciclo de coqueificação, o coque é eliminado do forno 12 em um carro

quente na extremidade de saída de coque 22 do forno ao utilizar um pistão hidráulico de descarga posicionado adjacente à extremidade de carregamento 20 do forno 12. O pistão hidráulico de descarga pode ser incluído no dispositivo de carro de carregamento 14 que também pode incluir um dispositivo para remover uma porta do forno da extremidade de carga 20 antes de empurrar o coque fora do forno 12.

Conforme mostrado na FIGURA 1, o dispositivo de carro de carregamento 14 é móvel nos trilhos 24 adjacentes a um forno 12 a ser carregado, a uma estação de enchimento 25 para encher o dispositivo de carro de carregamento 14 com uma quantidade predeterminada de carvão, e a uma estação de compactação 27 que contém o aparelho de compactação 18. O aparelho de enchimento de carvão 16 também é separadamente móvel nos trilhos elevados 26 ortogonais aos trilhos 24 para o movimento ao longo de um comprimento do dispositivo de carro de carregamento 14 e para o movimento adjacente a um compartimento de armazenagem 28 para encher o aparelho de enchimento de carvão 16 com uma quantidade predeterminada de carvão.

Com referência agora às FIGURAS 2-12, vários aspectos dos componentes do sistema 10 são ilustrados e descritos mais detalhadamente. Conforme mostrado na FIGURA 2, o dispositivo de carro de carregamento 14 ilustrado inclui uma armação de suporte principal 30, uma placa de transferência de carvão ou espátula transladável 32, uma armação de suporte 33 da placa de transferência, e um mecanismo de ajuste de altura 34 unido à armação 30 para posicionar uma altura da placa de transferência 32 em relação a um piso do forno para um forno 12 que é carregado com carvão. O mecanismo de ajuste de altura 34 também pode ser utilizado para abaixar a placa de transferência 32 em cais

estacionários, descritos mais detalhadamente a seguir, para absorver o choque do impacto durante uma etapa de compactação de carvão.

O mecanismo de ajuste de altura 34 inclui um ou
5 mais acionadores 36 para levantar e abaixar os trilhos de suporte 38 que contêm os cilindros de suporte 40 ou placas corrediças para o movimento transladável da placa de transferência 32. O acionador 36 pode ser selecionado de uma ampla variedade de mecanismos tais como engrenagens sem-fim,
10 propulsores de corrente, cilindros hidráulicos, e outros ainda. Um acionador de cilindro hidráulico 36 é particularmente apropriado para ser utilizado no mecanismo de ajuste de altura 34 aqui descrito.

Os detalhes das partes do mecanismo de ajuste de
15 altura 34 para levantar e abaixar a placa de transferência 32 são fornecidos nas FIGURAS 3 e 4. A FIGURA 3 é uma vista de extremidade do dispositivo de carro de carregamento 14 que mostra o mecanismo de ajuste de altura 34 unido à armação 30, e a FIGURA 4 é uma vista lateral ampliada do mecanismo de
20 ajuste de altura 34. O acionador 36 é unido à armação 30 e a um primeiro braço de pivô 44 que contém as rodas 42. O primeiro braço de pivô 44 é ligado mecanicamente, tal como por uma haste 45 ou um outro dispositivo de ligação rígido, a um braço de pivô distal 46 (FIGURA 4) que se move
25 conjuntamente com o primeiro braço de pivô 44 pela ação da haste de conexão 45. Cada um dentre o primeiro de pivô de braço 44 e o braço de pivô distal 46 é unido articuladamente à armação 30.

Com a ativação do acionador 36, os braços de pivô
30 44 e 46 são levantados ou abaixados, desse modo levantando ou abaixando os trilhos 38 que suportam a placa de transferência 32. As rodas 42 permitem o movimento dos trilhos 38 e transferem a placa 32 para perto ou afastada do forno 12

conforme necessário para posicionar corretamente o dispositivo de carro de carregamento 14 em relação a um forno 12 a ser carregado.

5 Devido às disparidades da altura do forno em
relação a uma altura de referência dos trilhos 24, o
mecanismo de ajuste de altura 34 pode ser utilizado para
prover a placa de transferência 32 em uma elevação desejada
para o movimento transladável ao forno 12 a ser carregado com
carvão. As variações na altura do forno variam tipicamente de
10 aproximadamente uma a aproximadamente cinco polegadas.
Consequentemente, o mecanismo de ajuste de altura 34 deve ser
capaz de mover e prender a placa de transferência 32 em uma
elevação que possa variar em uma faixa de uma polegada a
cinco polegadas de uma elevação de referência da placa de
15 transferência 32. Deve ser apreciado que as faixas das
elevações da altura que podem ser necessárias para uma
bateria de fornos particular podem variar de mais de
aproximadamente uma a aproximadamente cinco polegadas. Além
do ajuste de altura da placa de transferência 32, a placa de
20 transferência 32, os trilhos de suporte 38, e os cilindros de
suporte 40 podem ser estendidos rumo ao forno 12 para o
carregamento do forno e afastados do forno para o movimento
do dispositivo de carro de carregamento ao longo dos trilhos
24 enquanto são liberam outras estruturas do forno. Um
25 acionador separado pode ser utilizado para mover os trilhos
38 e a placa de transferência 32 para perto e se afastando do
forno.

 A armação 30 do dispositivo de carro de
carregamento 14 inclui as rodas 50 para um posicionamento do
30 dispositivo de carro de carregamento 14 ao longo dos trilhos
24 adjacentes à extremidade de carregamento de carvão 20 do
forno 12 a ser carregado com carvão compactado. As rodas 50
também permitem que o dispositivo de carro de carregamento 14

seja posicionado na estação de carregamento de carvão 25 e na estação de compactação de carvão 18, descritas mais detalhadamente a seguir.

5 Paredes laterais inclináveis 52 são providas ao longo de um comprimento da placa de transferência 32. As paredes laterais inclináveis 52 podem ser giradas se afastando do carvão compactado na placa de transferência 32 quando a placa de transferência 32 e o carvão compactado na mesma estiverem sendo movidos para o forno 12. A rotação da
10 parede lateral inclinável 52 se afastando do carvão compactado provê um atrito reduzido entre as paredes laterais 52 e o carvão compactado.

Conforme mostrado na FIGURA 5, as paredes laterais inclináveis 52 são articuladamente adjacentes a uma primeira
15 extremidade 58 das mesmas aos membros de suporte de parede 54 e podem ser liberadas do contato com o carvão compactado ou ser travadas contra o movimento tal como mostrado e descrito. Os mecanismos de travamento 60A e 60B podem ser utilizados conjuntamente com as paredes laterais inclináveis 52 para
20 impedir que as paredes laterais inclináveis 52 se movam durante um processo de compactação de carvão. Cada mecanismo de travamento 60A e 60B inclui um braço de pivô 62 que tem um rolo 64 adjacente a uma primeira extremidade 66 do mesmo e um mecanismo acionador 68 adjacente a uma segunda extremidade 70
25 do mesmo. O mecanismo de travamento 60A é mostrado em uma primeira posição destravada e o mecanismo de travamento 60B é mostrado em uma segunda posição travada na FIGURA 5.

Pelo menos uma extremidade 76 do dispositivo de carro de carregamento 14 inclui uma parede de extremidade
30 móvel 72 e uma cabeça de pistão hidráulico 80 unida aos lados opostos de um dispositivo de cabeça de pistão hidráulico 78 tal como mostrado mais detalhadamente na FIGURA 6. O batente 78 que contém a parede de extremidade móvel 72 e a cabeça de

pistão hidráulico 80 pode ser girado em uma posição descendente para o carregamento do carvão e a compactação do carvão na placa de transferência 32. Quando o batente 78 é girado na posição ascendente tal como mostrado na FIGURA 6, a placa de transferência 32 e o carvão compactado 74 sobre a mesma podem ser transladados ao forno 12 para carregar o forno.

Durante a etapa de carregamento do forno, o batente 78 (FIGURAS 7 e 8) contendo uma cabeça de pistão hidráulico 80 pode ser girado para cima, tal como pelo acionador 82, de modo que o carvão compactado 74 possa ser movido ao forno 12. Uma vez que o forno 12 esteja carregado com o carvão compactado 74, o batente 78 pode ser girado para baixo, tal como pelo acionador 82, e pode ser movido para o forno, tal como pelo mecanismo de trole 83 para colocar a cabeça de pistão hidráulico 80 dentro do forno 12 adjacente ao carvão compactado 74 para reter o carvão compactado 74 no forno 12 enquanto a placa de transferência 32 é retirada do forno 12 tal como mostrado nas FIGURAS 9 e 10. Depois que a placa de transferência 32 tiver sido retirada do forno, o batente 78 é girado para cima e então movido ao utilizar o mecanismo de trole 83 para a posição mostrada na FIGURA 6.

Uma extremidade oposta da placa de transferência 32 inclui uma parede de extremidade 84 que pode ser estacionária ou verticalmente móvel. Em uma realização, a parede de extremidade 84 pode ser ajustada acima ou abaixo para liberar uma calha de extensão telescópica 96 no aparelho de enchimento de carvão 16 (FIGURA 12). Os detalhes da parede de extremidade ajustável 84 são ilustrados na FIGURA 11. A parede de extremidade ajustável 84 tem uma seção estacionária 85 unida à armação 33 e uma seção móvel 87 que pode ser levantada e abaixada por um mecanismo do acionador 89.

A placa de transferência 32 pode ser transladada

para dentro e para fora do forno 12 ao utilizar uma combinação de um sistema de corrente e roda dentada de alta velocidade e serviço pesado 86 com uma corrente conectada a uma extremidade distal 88 da placa de transferência 32 para o movimento da placa de transferência 32 ao longo dos cilindros de suporte 40 unidos aos trilhos de suporte 38 (FIGURA 2). Durante uma operação de carregamento de carvão, o sistema de corrente e roda dentada 86 move uma parte da placa de transferência 32 ao forno 12 de modo que o carvão compactado possa ser depositado em uma superfície do piso do forno quando a placa de transferência 32 for retirada do forno. A placa de transferência 32 tem uma espessura que varia tipicamente de aproximadamente 1,5 a 3 polegadas e é feita preferivelmente de aço fundido.

Tal como com o dispositivo de carregamento de carvão compactado descrito na patente norte-americana n°. 6.290.494 concedida a Barkdoll, cuja descrição é aqui incorporada a título de referência, o dispositivo de carro de carregamento 14 aqui descrito pode incluir opcionalmente a câmara de carvão não-compactado para formar uma camada isolante de carvão não-compactado entre a placa de transferência 32 e o piso do forno enquanto a placa de transferência 32 se move para o forno 12. A camada de carvão não-compactado pode isolar a placa de transferência 32 do calor radiante do piso do forno e pode formar uma superfície de nível relativamente lisa para o movimento da placa de transferência 32 para dentro e para fora do forno 12. O peso do carvão compactado 74 e da placa de transferência 32 é suficiente para compactar o carvão não-compactado para aumentar a sua densidade acima daquela do carvão não-compactado.

Com referência agora à FIGURA 12, é ilustrado o aparelho de enchimento de carvão 16 para encher o dispositivo

de carro de carregamento 14. O aparelho de enchimento de carvão 16 inclui uma estrutura de trilho elevada 90 para os trilhos 26 e um compartimento de peso 92 é móvel em uma direção substancialmente ortogonal aos trilhos 24 para encher o dispositivo de carro de carregamento 14 de substancialmente uniformemente com uma quantidade predeterminada de carvão. Os trilhos 26 também permitem que o aparelho de enchimento de carvão 16 seja posicionado adjacente a um compartimento de armazenagem de carvão 28 para reencher o compartimento de peso 92 com a quantidade predeterminada de carvão. Uma correia transportadora transversal 94 transporta o fluxo do carvão do compartimento de armazenagem 28 ao compartimento de peso 92. O compartimento de peso 92 é suficientemente grande para conter aproximadamente 50 a 60 toneladas métricas de partículas de carvão.

Um dispositivo de calha de extensão telescópica e nivelamento 96 é provido em uma extremidade de descarga 98 do compartimento de peso 92 para encher substancialmente uniformemente o dispositivo de carro de carregamento 14 com carvão não-compactado. À medida que o compartimento de peso 92 atravessa de uma extremidade do dispositivo de carro de carregamento 14 à outra extremidade do dispositivo de carro de carregamento 14 ao longo dos trilhos 26, o carvão é introduzido no dispositivo de carro de carregamento 14 e é alisado para formar uma superfície substancialmente planar para o processo de compactação. A calha de extensão telescópica tem um perfil que provê um "perfil de asa de morcego" do carvão através de uma largura da placa de transferência 32. "Perfil de asa de morcego" significa que uma profundidade do carvão não-compactado adjacente às paredes laterais 52 é maior do que uma profundidade do carvão através de uma parte substancial da largura da placa de transferência 32.

O carvão apropriado para a formação de coque metalúrgico é tipicamente triturado de modo que pelo menos aproximadamente 80% tenham um tamanho médio de menos de aproximadamente 3 milímetros tal como determinado por
5 procedimentos de análise de tela padrão. O carvão não-compactado também tem um valor de umidade que varia de aproximadamente 6 a aproximadamente 10 por cento em peso e uma densidade aparente que varia de aproximadamente 640 a aproximadamente 800 quilogramas por metro cúbico. Quando
10 depositado na placa de transferência 32, o carvão não-compactado tem tipicamente aproximadamente 50 a 60 por cento em volume de partículas de carvão e aproximadamente 40 a aproximadamente 50 por cento em volume de espaços vazios.

Depois de ter enchido o dispositivo de carro de
15 carregamento 14 com a quantidade predeterminada de carvão, tipicamente aproximadamente 45 a aproximadamente 55 toneladas métricas de carvão, o dispositivo de carro de carregamento 14 é transportados à estação de compactação 27 para compactar o carvão. A estação de compactação 27 inclui o aparelho de
20 compactação 18 para compactar rapidamente o carvão no carro de carregamento 14 (FIGURAS 13-15). O aparelho de compactação 18 inclui uma placa de pressão 100, a qual pode ser uma placa simples que tem um comprimento substancialmente igual ao comprimento do leito de carvão não-compactado na placa de
25 transferência, ou a placa de pressão 100 pode ser formada por múltiplas placas que transpõem o comprimento do leito de carvão não-compactado. A placa de pressão 100 é abaixada sobre o carvão não-compactado na estação de compactação 27. Tal como mostrado na FIGURA 15, a placa de compactação 100
30 tem o mesmo perfil de asa de morcego que o carvão não-compactado.

A intervalos espaçados na placa de compactação 100, é disposta uma pluralidade de sondas de desgaseificação 102

que se estendem para o leito de carvão não-compactado até aproximadamente 80 por cento da profundidade do leito de carvão não-compactado para prover a desgaseificação do carvão não-compactado durante o processo de compactação. Sondas 102
5 apropriadas podem ser formadas por uma tubulação de tela perfurada que tem um diâmetro nominal de aproximadamente 5 centímetros e um comprimento de aproximadamente 60 centímetros. As sondas são espaçadas umas das outras por aproximadamente 120 centímetros, centro a centro, por todo o
10 leito de carvão não-compactado.

As sondas 102 podem ter saída para a atmosfera, ou podem ser conectadas em comunicação de fluxo de gás com uma bomba a vácuo 104 e um sistema de coleta de poeira 106 tal como mostrado na FIGURA 14. Durante o processo de
15 compactação, a bomba a vácuo 104 pode aplicar um vácuo que varia de aproximadamente 185 a aproximadamente 280 milímetros de mercúrio nas sondas 102 para remover o ar arrastado do leito de carvão não-compactado durante o processo de compactação. A taxa de fluxo volumétrico do gás durante o
20 processo de compactação pode variar de aproximadamente 50 metros cúbicos por minuto a aproximadamente 85 metros cúbicos por minuto. Um vaso de reservatório de vácuo 108 pode ser utilizado para fornecer uma fonte de vácuo de curta duração para desgaseificar o carvão durante o processo de
25 compactação.

Os gases são coletados do fluxo do leito de carvão ao sistema de coleta de poeira 106 através de um conduto 110 tal como indicado pela seta 112. Os gases de exaustão limpos fluem da bomba a vácuo 104 à atmosfera tal como indicado pela
30 seta 114.

Uma vantagem de utilizar uma bomba a vácuo 104 e o sistema de coleta de poeira 106 durante o processo de compactação é que qualquer poeira que possa se formar durante

o processo de compactação pode ser coletada em um sistema de coleta de poeira 106 ao invés de ser despejado na atmosfera. Uma outra vantagem de utilizar uma bomba a vácuo 104 durante o processo de compactação é que um teor de umidade do carvão pode ser reduzido, com o que menos energia pode ser requerida para a coqueificação do carvão.

Um outro componente do aparelho de compactação 18 é um ou mais dispositivos propulsores de pilhas 116 que são eficazes para aplicar uma pressão de impacto à placa de pressão 100 para compactar mais rapidamente o carvão. Devido ao fato que o leito de carvão é desgaseificado durante o processo de compactação, a necessidade de dispositivos propulsores de pilhas 116 só precisa se aplicar de aproximadamente 2 a aproximadamente 3,5 quilogramas-força metro/quilograma de carvão para compactar o carvão até a densidade aparente desejada. Os dispositivos da técnica anterior para a compactação de carvão requerem tipicamente mais de 3,5 quilogramas-força metro/quilograma de carvão para obter um carvão com uma elevada densidade aparente similar.

A fim de reduzir as ondas de choque que são transmitidas através das rodas 50 e dos trilhos 24, cais de suporte 118 podem ser providos na área de compactação 27 para suportar o dispositivo de carro de carregamento 14. Consequentemente, o mecanismo de ajuste de altura 34 pode ser acionado para abaixar o dispositivo de carro de carregamento 14 de aproximadamente 2 a aproximadamente 6 centímetros de modo que a armação 33 (FIGURA 3) do dispositivo de carro de carregamento 14 seja suportada principalmente pelo cai 118 e não pelas rodas 50 e pela armação 30.

O aparelho de compactação 18 descrito acima pode ser suficiente para compactar um leito profundo de carvão em menos de aproximadamente três minutos, e pode ser suficiente para compactar um leito profundo de carvão em menos de

aproximadamente trinta segundos, tal como em aproximadamente quinze segundos. "Leito profundo" significa um leito de carvão não-compactado que tem uma profundidade que varia de aproximadamente 135 a aproximadamente 145 centímetros de profundidade. O aparelho de compactação 18 aqui descrito pode prover carvão substancialmente uniformemente compactado através da profundidade do leito de carvão. Os processos de compactação da técnica anterior provêm tipicamente uma compactação não-uniforme do carvão através da profundidade do leito de carvão.

Os tempos de ciclo típicos para encher o carro de carregamento 14 com aproximadamente 52 toneladas métricas de carvão e compactar o carvão até uma densidade aparente alvo de aproximadamente 1.040 quilogramas por metro cúbico são indicados na seguinte tabela.

Tabela 1

Etapa nº.	Descrição da etapa	Tempo (segundos)
1	Calha de enchimento de carvão de extensão telescópica baixada no carro	10
2	Carro de carregamento cheio com carvão (14 metros de comprimento)	45
3	Retrair a Calha de enchimento de carvão de extensão telescópica	10
4	Mover o carro e parar o carro na estação de compactação	25
5	Baixar a placa de pressão no carvão não-compactado	10
6	Acionar o vácuo e reciclar os propulsores de pilhas (5 vezes)	30
7	Retrair a placa de pressão do carvão compactado	15
	Tempo total	2 minutos e 25 segundos

Deve ser apreciado que todo o processo de enchimento e compactação do carvão ao utilizar o sistema de impacto e desgaseificação descrito acima pode ser executado em menos de aproximadamente três minutos para a quantidade de carvão não-compactado e a densidade aparente visada fornecida neste exemplo.

No seguinte exemplo, um teste de compactação em 13 toneladas métricas de carvão foi realizado para determinar a

profundidade resultante e a densidade aparente do carvão compactado após a impactação do leito de carvão não-compactado múltiplas vezes enquanto o ar era desprendido do leito de carvão ao utilizar as sondas 102 descritas acima. O

5 leito de carvão não-compactado foi colocado em uma caixa de 365 centímetros quadrados a uma profundidade inicial de 129 centímetros. Múltiplos impactos de 13.800 quilograma-metros foram aplicados em cada impacto. A placa de pressão 100 e o propulsor de pilhas pesaram um total de 23 toneladas

10 métricas. Os resultados são mostrados na seguinte tabela e na FIGURA 16.

Tabela 2

Atividade	Profundidade do carvão (cm)	Densidade aparente (kg/m ²)
Carvão na caixa (13 toneladas métricas)	129	761
Placa de pressão colocada na caixa (4 toneladas métricas)	126	775
Propulsor de pilhas e placa de pressão (23 toneladas métricas)	115	853
Após o primeiro impacto (13.800 quilograma-metros)	102	960
Após o segundo impacto (13.800 quilograma-metros)	97	1.013
Após o terceiro impacto (13.800 quilograma-metros)	94	1.040
Após o quarto impacto (13.800 quilograma-metros)	93	1.056
Após o quinto impacto (13.800 quilograma-metros)	91	1.072

Na descrição acima, o aparelho inteiro, com exceção das correias transportadoras, dos componentes elétricos e

15 outros ainda, pode ser feito de aço fundido ou forjado. Consequentemente, a construção robusta do aparelho é possível e propicia um aparelho de duração relativamente longa que é apropriado para o ambiente do forno de coque.

O aparelho e os métodos descritos acima permitem o

20 uso de menos carvão de custo elevado para a produção metalúrgica do coque, reduzindo desse modo o custo total do coque. Dependendo da fonte particular de carvão e do nível de compactação conseguido, uma carga de carvão compactado obtida de acordo com a invenção pode incluir até aproximadamente 80%

25 em peso de carvão que não de coqueificação. A quantidade de

coque produzida pelo aparelho da invenção também pode ser aumentada de 30 a 40 toneladas métricas até aproximadamente 45 a 55 toneladas métricas em consequência do processo de compactação. Os parâmetros físicos de uma carga mais
5 consistente de carvão, tais como a altura, a largura e a profundidade da carga de carvão, também constituem um benefício do aparelho e métodos de acordo com a invenção.

É contemplado, e será aparente aos elementos versados na técnica a partir da descrição acima e dos
10 desenhos anexos que modificações e/ou mudanças precedentes podem ser feitas nas realizações da descrição. Consequentemente, pretende-se expressamente que a descrição acima e os desenhos anexos sejam ilustrativos de realizações exemplificadoras apenas, não limitadores às mesmas, e que o
15 verdadeiro caráter e âmbito da presente descrição sejam determinados através de referência às reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA AUMENTAR A DENSIDADE APARENTE DE
PARTÍCULAS DE CARVÃO, relativamente de alta velocidade, para
formar um leito alongado de carvão compactado seco para ser
5 carregado em um forno de coqueificação, em que o método é
caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

deposição das partículas de carvão em uma placa de
carregamento externa a um forno de coqueificação, em que a
placa de carregamento tem paredes laterais e pelo menos uma
10 parede de extremidade móvel para formar um leito alongado de
carvão não-compactado seco que tem uma superfície superior na
placa de carregamento; e

aplicação de pressão de impacto à superfície
superior do leito de carvão não-compactado seco enquanto o
15 carvão é desgaseificado para formar um leito de carvão
compactado seco que tem uma densidade aparente que variar d
aproximadamente 960 a aproximadamente 1.200 quilogramas por
metro cúbico.

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1,
20 caracterizado pelo fato de que a desgaseificação do leito de
carvão compreende a aplicação de uma fonte de vácuo a uma ou
mais sondas inseridas no leito de carvão não-compactado.

3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2,
caracterizado pelo fato de que a fonte de vácuo fornece um
25 vácuo ao leito de carvão não-compactado que varia de
aproximadamente 185 a aproximadamente 280 milímetros de
mercúrio durante a etapa de desgaseificação.

4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de que a desgaseificação do leito de
30 carvão compreende a exalação de ar através de uma ou mais
sondas inseridas no leito de carvão não-compactado.

5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de que as partículas de carvão são

compactadas até a densidade aparente que varia de aproximadamente 960 a aproximadamente 1.200 quilogramas por metro cúbico de uma densidade aparente inicial que varia de aproximadamente 640 a aproximadamente 800 quilogramas por metro cúbico em menos de aproximadamente três minutos.

6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a pressão de impacto varia de aproximadamente dois até aproximadamente 3,5 quilogramas-força metro/quilograma de carvão.

7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente a aplicação de aproximadamente um a aproximadamente cinco impactos à superfície superior do leito de carvão.

8. MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE COQUE METALÚRGICO DE CARVÃO, caracterizado pelo fato de compreender o carregamento de um forno de coqueificação com um leito de carvão compactado seco produzido pelo método de acordo com a reivindicação 1 e o aquecimento do carvão a uma temperatura e por um período de tempo sob uma atmosfera redutora para obter coque metalúrgico.

9. COQUE METALÚRGICO, caracterizado pelo fato de ser produzido pelo método de acordo com a reivindicação 8.

10. APARELHO DE COMPACTAÇÃO DE CARVÃO E CARREGAMENTO DE CARVÃO DE FORNO DE COQUE, caracterizado pelo fato de compreender:

um carro de carregamento de leito de carvão que compreende uma placa de transferência que tem paredes laterais, pelo menos uma parede de extremidade móvel, e um mecanismo de translação da placa de transferência para o transporte de carvão compactado ao forno de coque; e

um dispositivo de compactação de carvão que compreende:

uma placa de pressão para aplicar pressão a uma

superfície superior de um leito de carvão não-compactado seco depositado na placa de transferência; e

uma fonte de vácuo para desgaseificar o leito de carvão não-compactado para formar um leito de carvão compactado seco que tem uma densidade aparente que varia de aproximadamente 960 a aproximadamente 1.200 quilogramas por metro cúbico.

11. APARELHO DE COMPACTAÇÃO DE CARVÃO E CARREGAMENTO DE CARVÃO DE FORNO DE COQUE, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de compactação de carvão compreende adicionalmente um pistão hidráulico para aplicar uma força intermitente de impacto à placa de pressão.

12. APARELHO DE COMPACTAÇÃO DE CARVÃO E CARREGAMENTO DE CARVÃO DE FORNO DE COQUE, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente sondas perfuradas unidas à placa de pressão para desgaseificar o leito de carvão não-compactado durante um processo de compactação.

13. APARELHO DE COMPACTAÇÃO DE CARVÃO E CARREGAMENTO DE CARVÃO DE FORNO DE COQUE, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente um cais para suportar o carro de carregamento durante um processo de compactação.

14. APARELHO DE COMPACTAÇÃO DE CARVÃO E CARREGAMENTO DE CARVÃO DE FORNO DE COQUE, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente um batente fixado adjacente a pelo menos uma parede de extremidade móvel para reter o carvão compactado no forno de coque enquanto a placa de transferência é retirada do forno.

15. APARELHO DE COMPACTAÇÃO DE CARVÃO E CARREGAMENTO DE CARVÃO DE FORNO DE COQUE, de acordo com a

reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o carro de carregamento compreende adicionalmente um mecanismo de ajuste de altura para ajustar uma altura da placa de transferência durante um processo de carregamento de carvão compactado do

5 forno de coque.

16. APARELHO DE COMPACTAÇÃO DE CARVÃO E CARREGAMENTO DE CARVÃO DE FORNO DE COQUE, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente um dispositivo de deposição de carvão e

10 nivelamento para depositar carvão não-compactado no carro de carregamento, em que o dispositivo de deposição e nivelamento compreende uma calha de extensão telescópica e um compartimento de peso de carvão em comunicação de fluxo com a calha de extensão telescópica para depositar uma quantidade

15 predeterminada de carvão no carro de carregamento e para nivelar o carvão não-compactado na placa de transferência.

17. MÉTODO PARA OPERAR UM FORNO DE COQUE, que não de recuperação horizontal utilizando uma fonte de carvão de qualidade relativamente baixa, em que o método é

20 caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

deposição das partículas de carvão em uma placa de transferência para formar um leito de carvão não-compactado, em que o dispositivo de placa de transferência tem uma espátula transladável, paredes laterais e pelo menos uma

25 parede de extremidade móvel;

aplicação de pressão a uma superfície superior do leito de carvão não-compactado enquanto o leito de carvão é desgaseificado para formar um leito de carvão compactado seco que tem uma densidade aparente que varia e aproximadamente

30 960 a aproximadamente 1.00 quilogramas por metro cúbico;

translação da espátula contendo carvão compactado ao forno de coque;

remoção da espátula do forno de coque enquanto o

carvão compactado é retido no forno de coque; e

execução de um processo de coqueificação no carvão compactado no forno de coque.

18. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o processo de desgaseificação compreende a aplicação de um vácuo ao leito de carvão.

19. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o vácuo aplicado ao leito de carvão é aplicado por uma fonte de vácuo que gera um vácuo que varia de aproximadamente 185 a aproximadamente 280 milímetros de mercúrio.

20. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a pressão é aplicada à superfície superior do leito de carvão não-compactado ao utilizar a energia de impacto que varia de aproximadamente dois até aproximadamente 3,5 quilogramas-força metro/quilograma de carvão.

21. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o processo de desgaseificação compreende a aplicação de uma fonte de vácuo a uma ou mais sonda inseridas no leito de carvão não-compactado.

22. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o processo de desgaseificação compreende a exalação de ar através de uma ou mais sondas inseridas no leito de carvão não-compactado.

23. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que as partículas de carvão são compactado até a densidade aparente que varia de aproximadamente 960 a aproximadamente 1.200 quilogramas por metro cúbico de uma densidade aparente inicial que varia de aproximadamente 640 a aproximadamente 800 quilogramas por metro cúbico em menos de aproximadamente três minutos.

24. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 17,

caracterizado pelo fato de que a etapa de aplicação de pressão à superfície superior do leito de carvão não-compactado compreende a impactação do leito de carvão não-compactado com um a aproximadamente cinco impactos aplicados a uma placa de pressão em contato com a superfície superior do leito de carvão não-compactado.

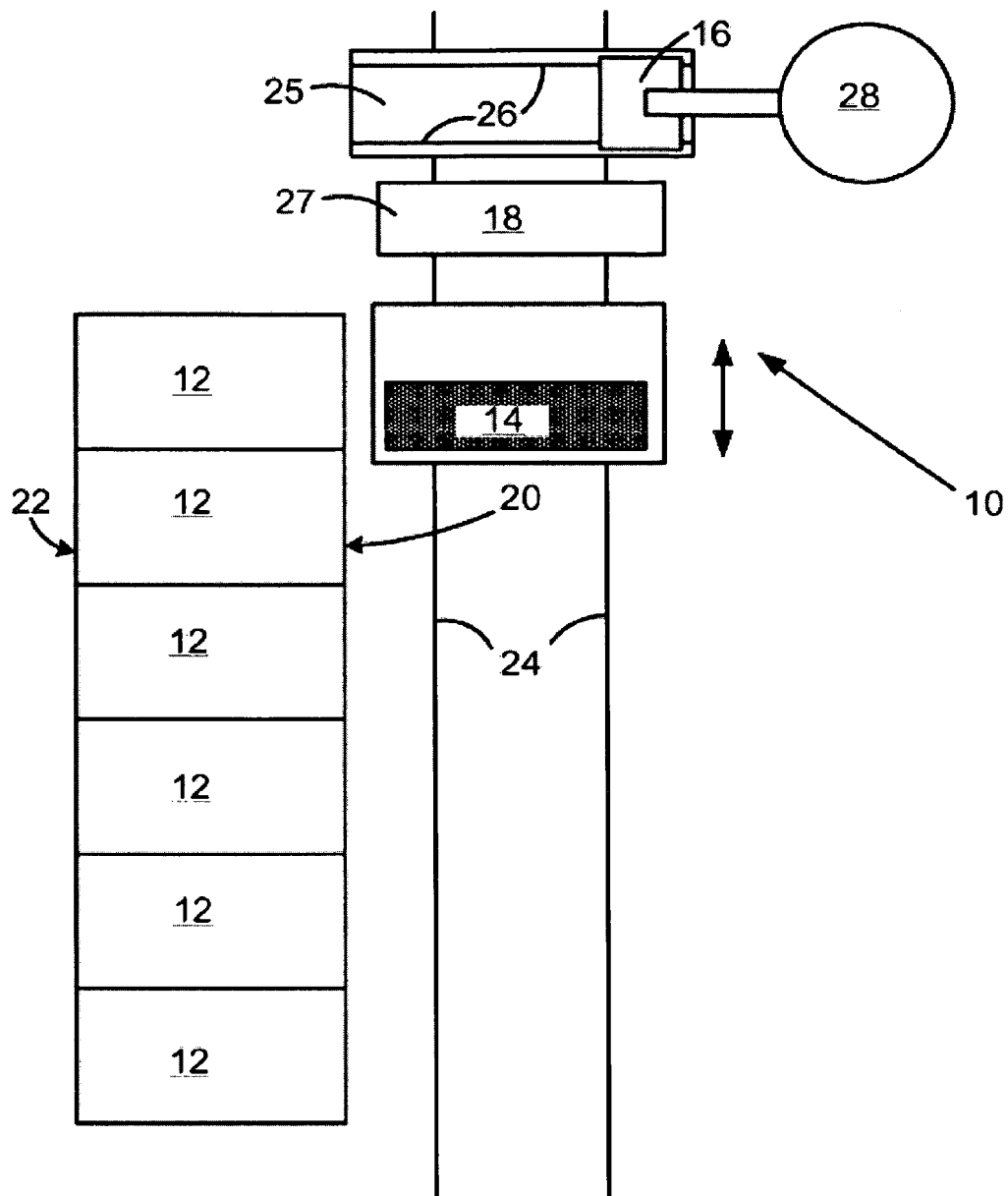


FIG. 1

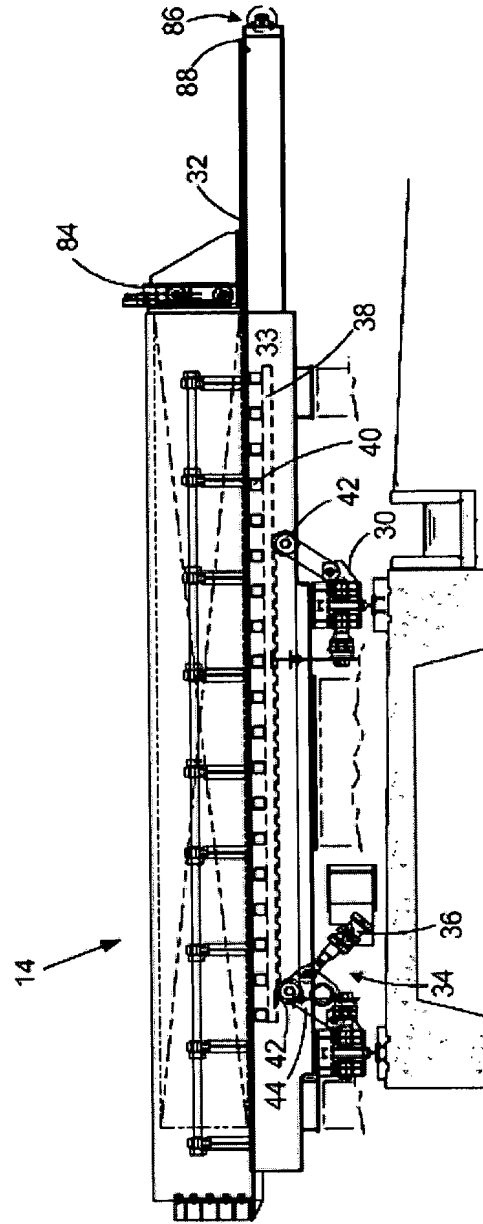


FIG. 2

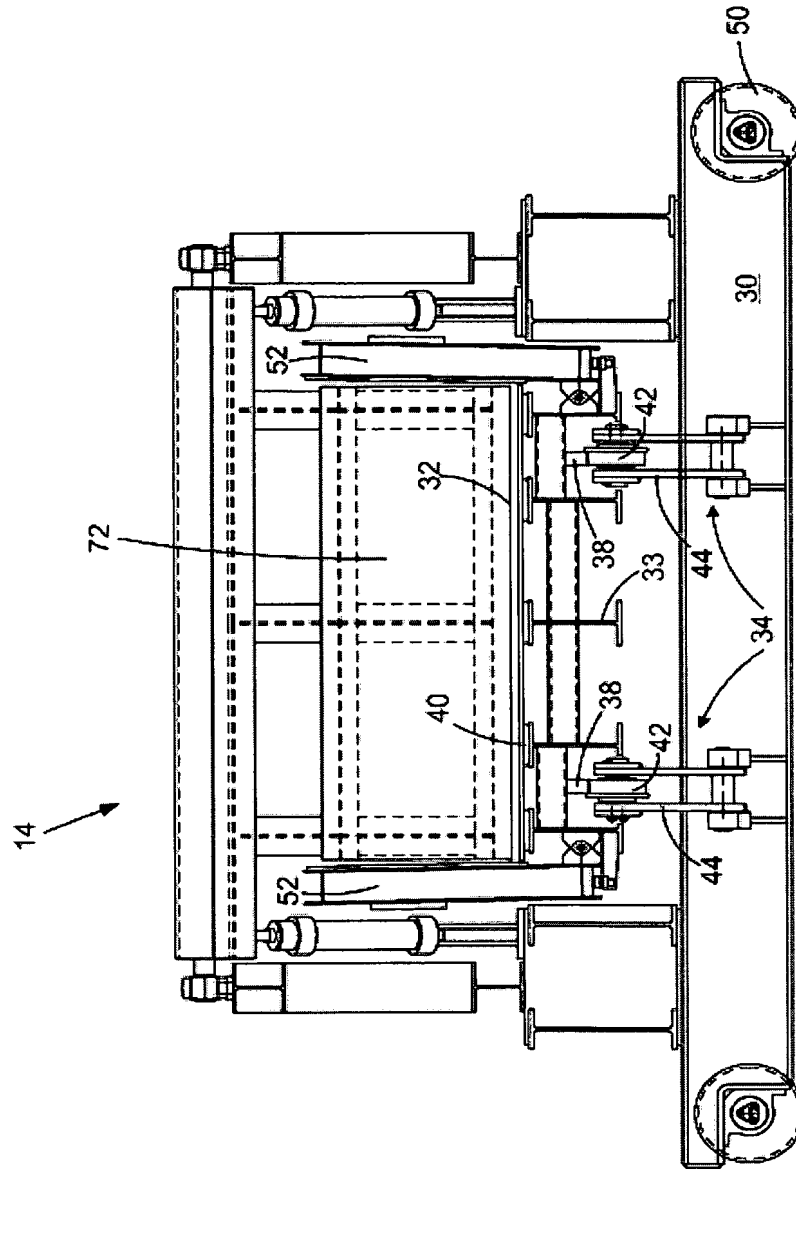


FIG. 3

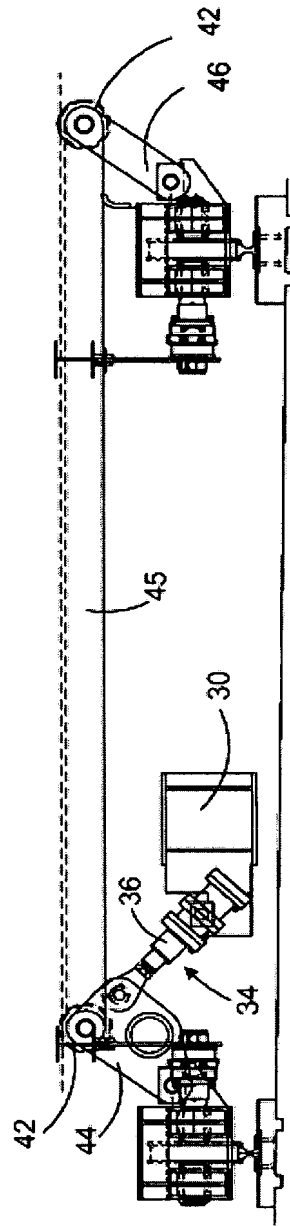


FIG. 4

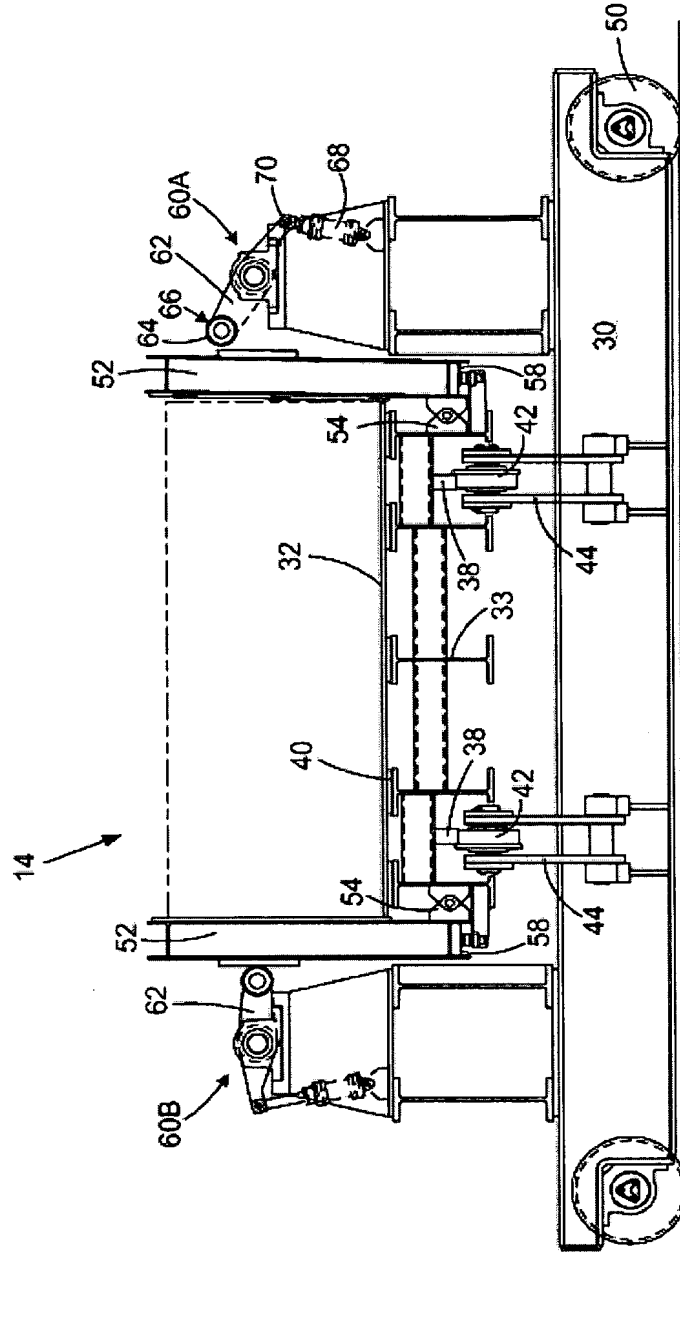


FIG. 5

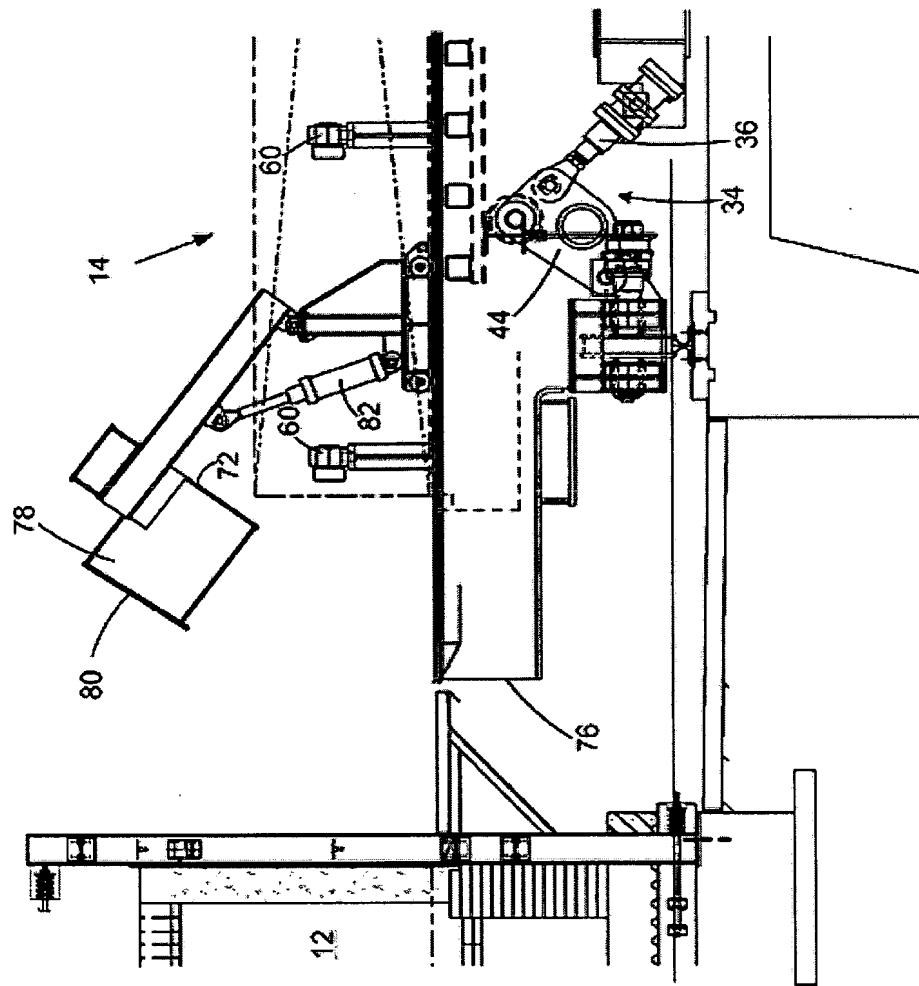


FIG. 6

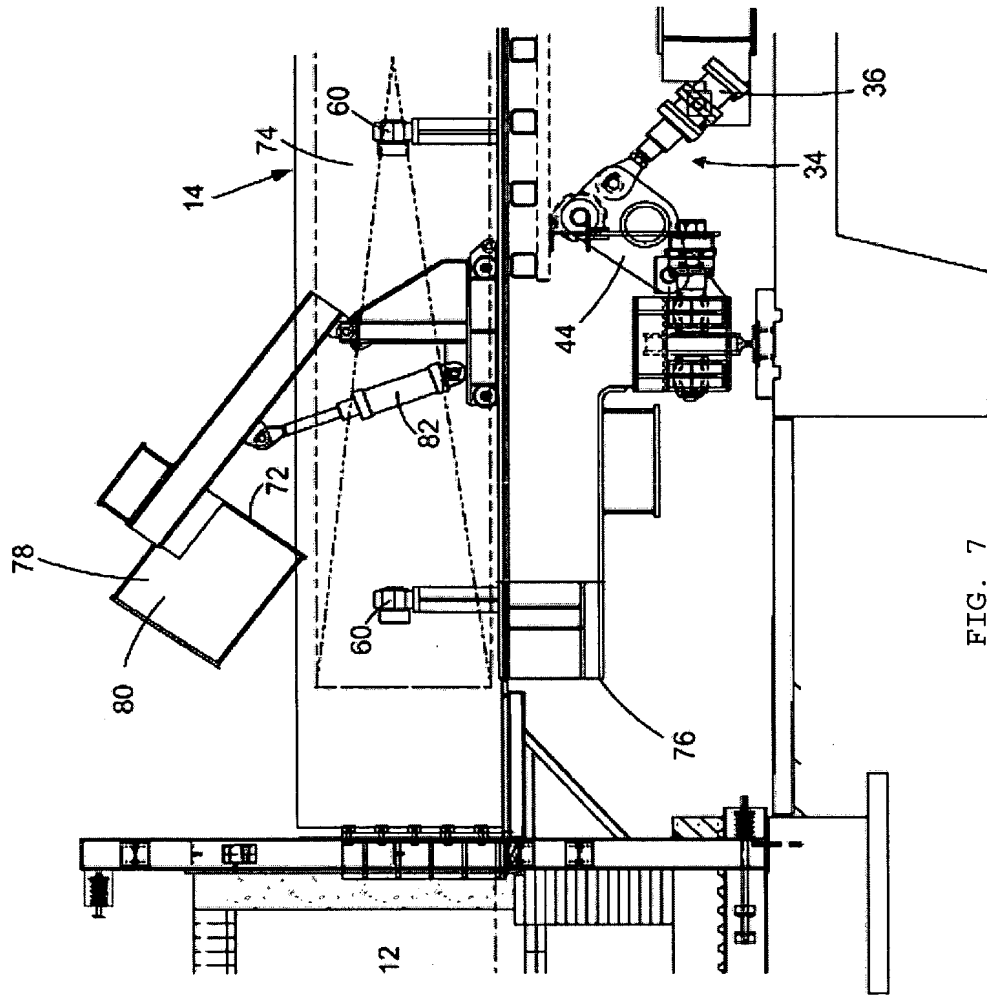


FIG. 7

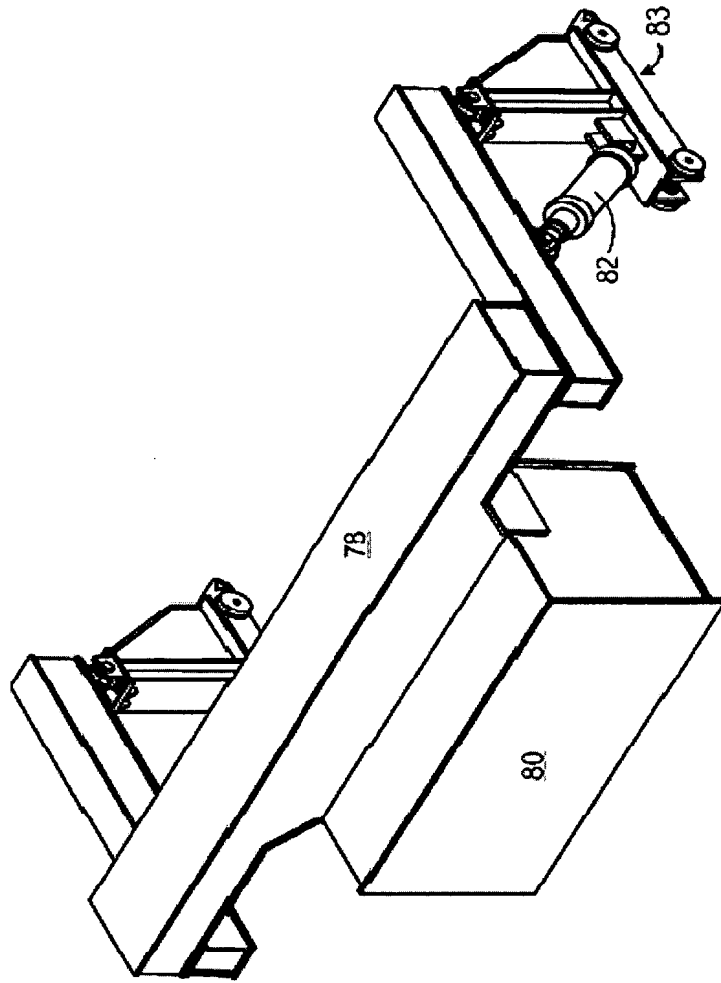


FIG. 8

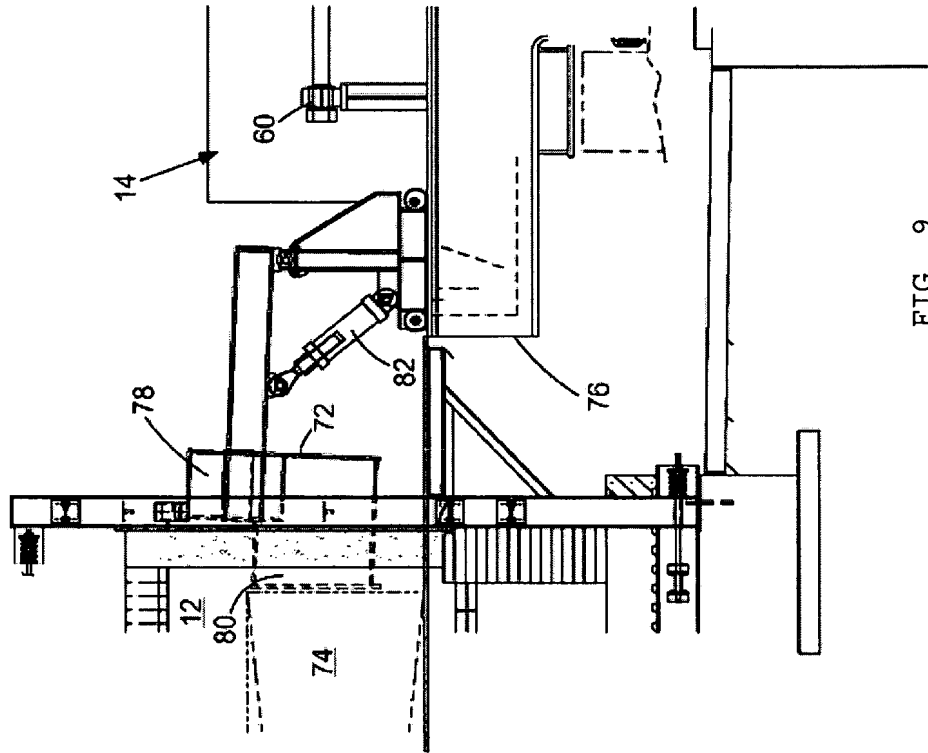


FIG. 9

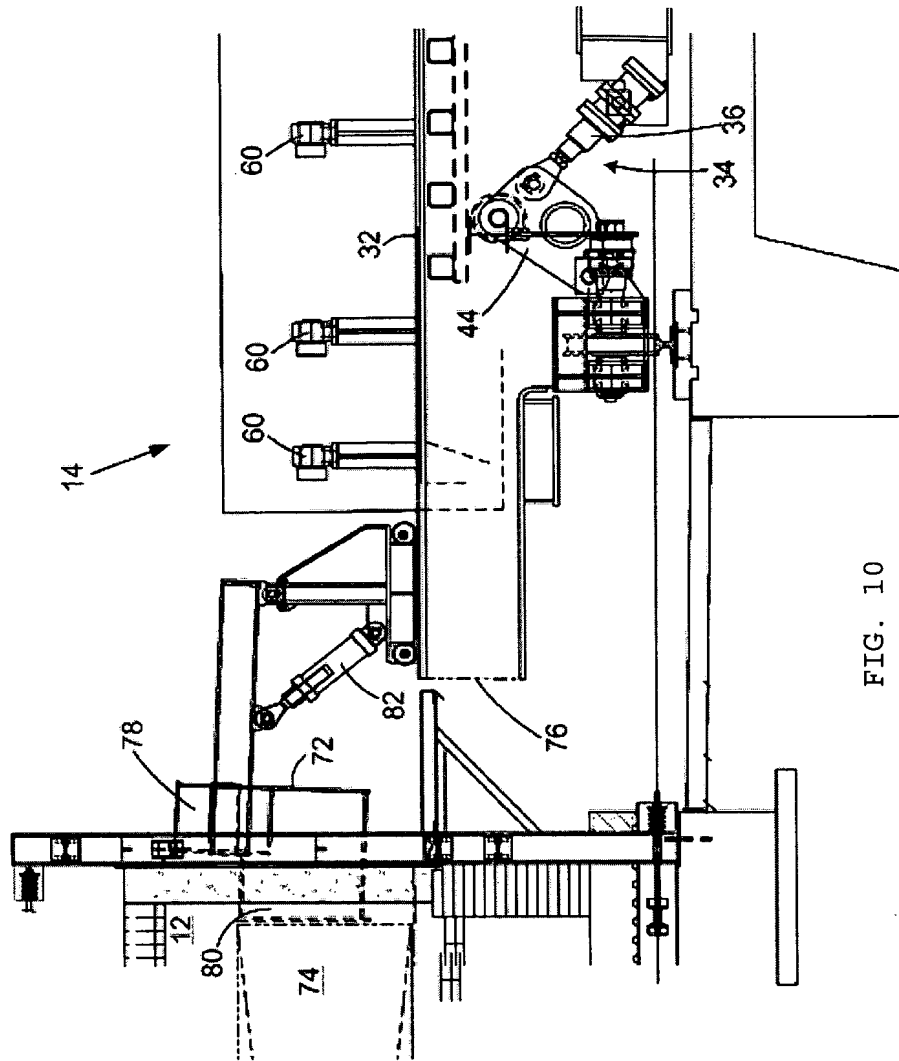


FIG. 10

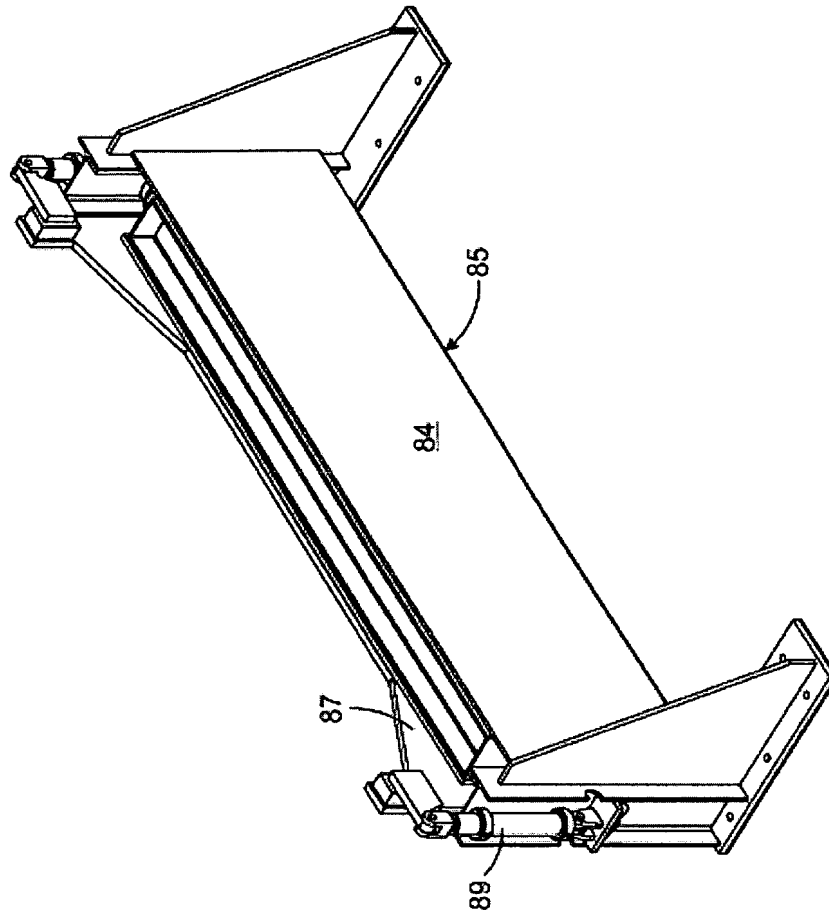


FIG. 11

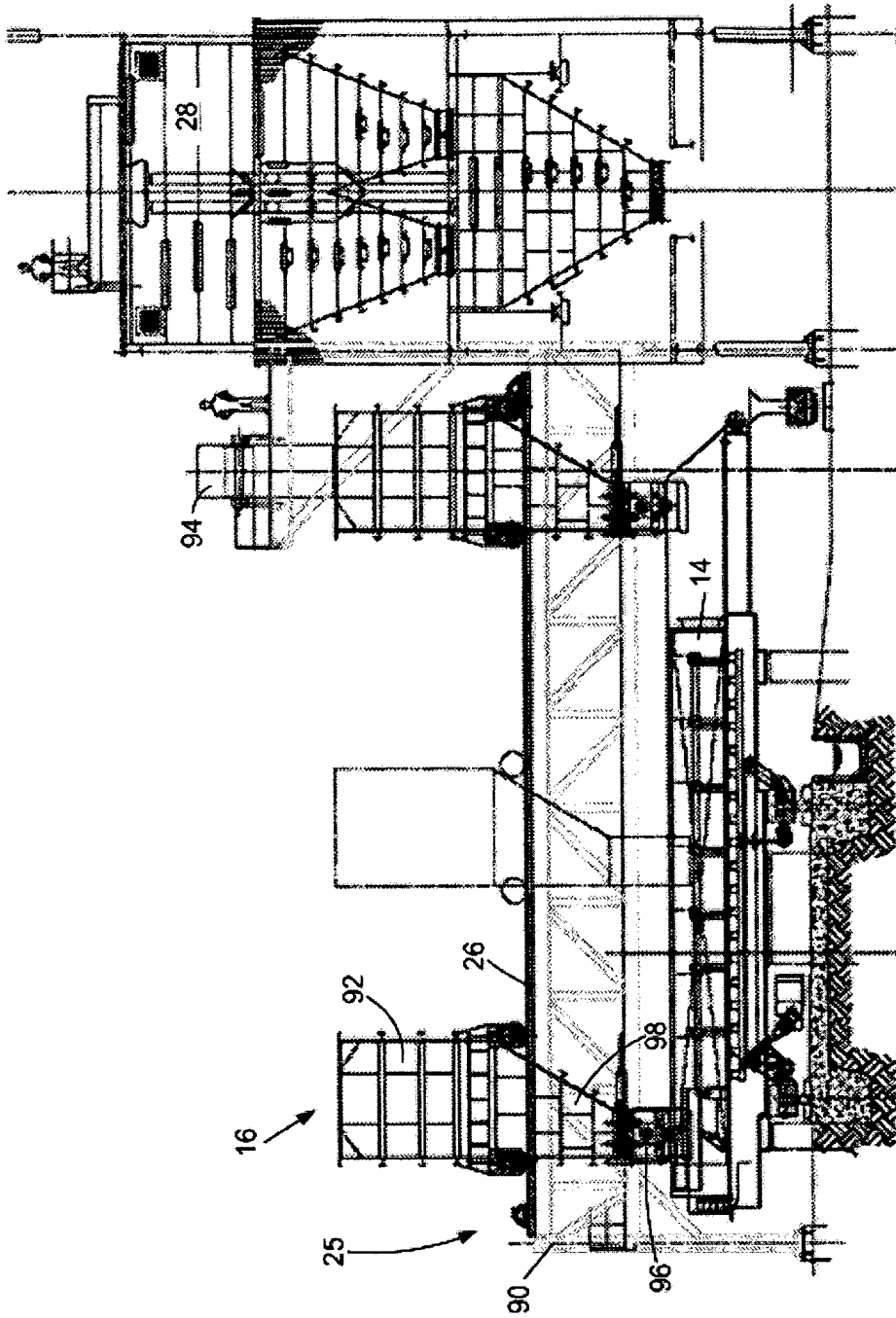
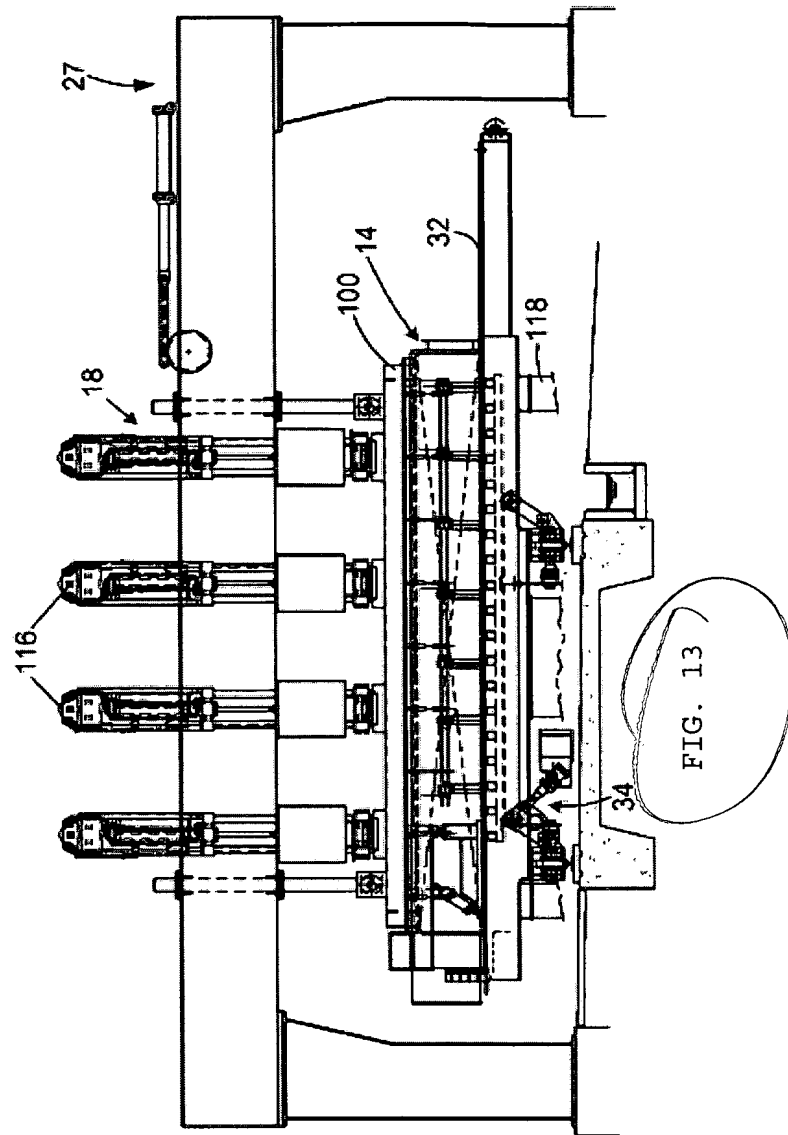


FIG. 12



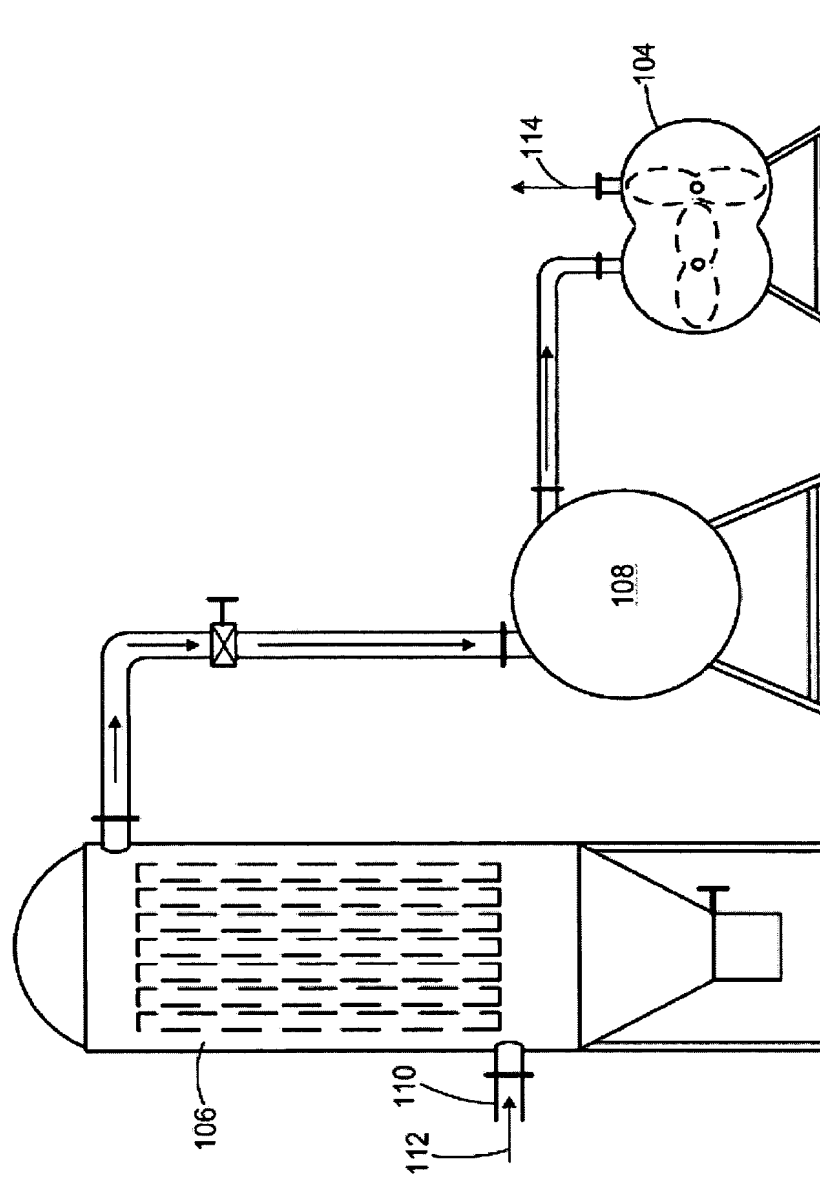


FIG. 14

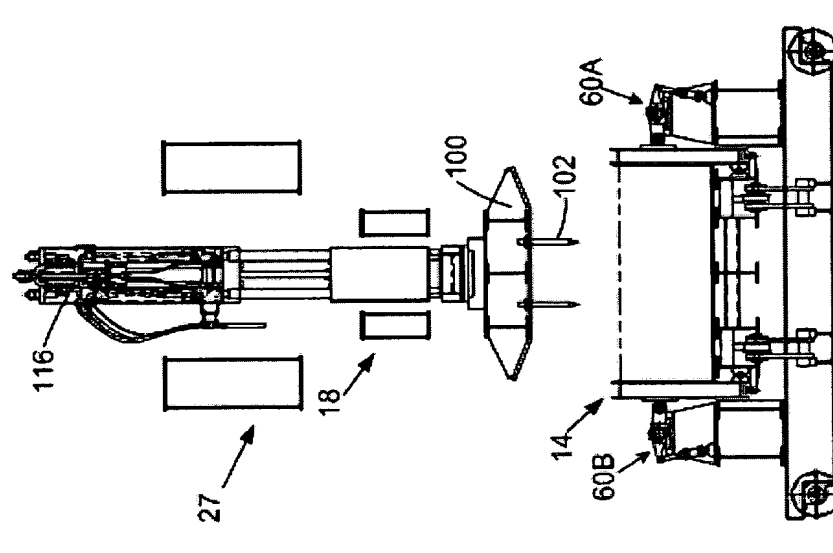


FIG. 15

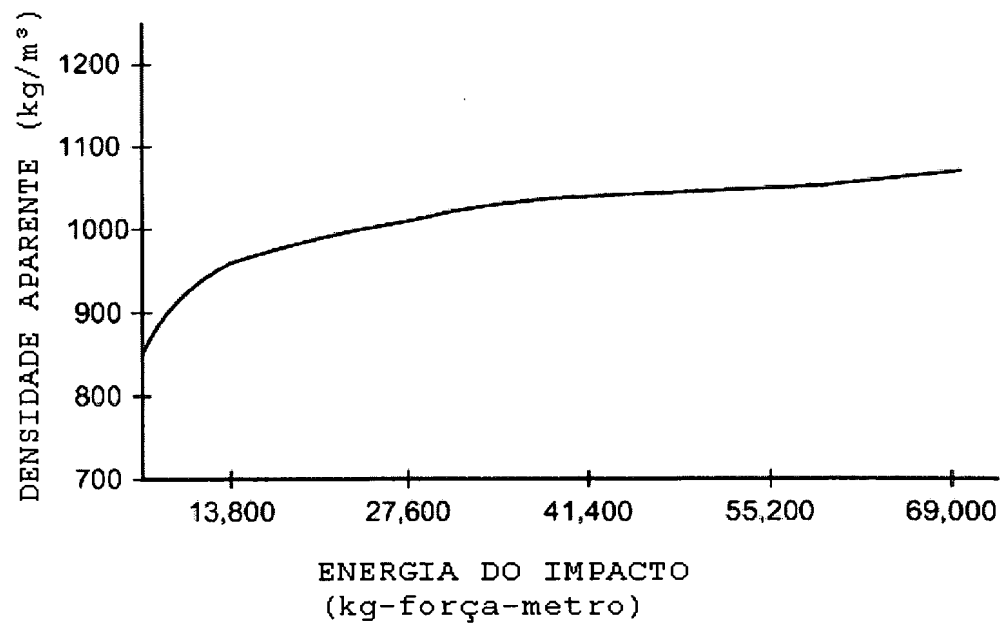


FIG. 16

RESUMO

MÉTODO PARA AUMENTAR A DENSIDADE APARENTE DE
PARTÍCULAS DE CARVÃO, MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE COQUE
METALÚRGICO DE CARVÃO, COQUE METALÚRGICO, APARELHO DE
5 COMPACTAÇÃO DE CARVÃO E CARREGAMENTO DE CARVÃO DE FORNO DE
COQUE E MÉTODO PARA OPERAR UM FORNO DE COQUE

Trata-se de métodos de velocidade relativamente
alta para aumentar a densidade aparente de partícula de
carvão, o aparelho para aumentar a densidade aparente de
10 partículas de carvão, e métodos para a produção de coque
metalúrgico. Uma vez que tal método inclui a deposição de
partículas de carvão em uma placa de carregamento externa a
um forno de coqueificação para formar um leito alongado de
carvão não-compactado seco que tem uma superfície superior da
15 placa de carregamento, a placa de carregamento tem paredes
laterais, e pelo menos uma parede de extremidade móvel. Uma
pressão de impacto é aplicada à superfície superior do leito
de carvão não-compactado seco enquanto o carvão é
desgaseificado para formar um leito de carvão compactado seco
20 que tem uma densidade aparente que pode variar de
aproximadamente 960 a 1.200 quilogramas por metro cúbico.