ATOMIZACIÓN DE GAS DE MATERIALES FUNDIDOS USANDO GASES RESIDUALES DE SUBPRODUCTO

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUD RELACIONADA

Esta solicitud reclama prioridad y el beneficio de la solicitud de patente provisional de Estados Unidos No. 62/053,170 presentada el 21 de septiembre de 2014, los contenidos de la cual se incorporan en la presente como referencia.

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente descripción se relaciona a procesos e instalaciones de producción de metales y particularmente al uso de gases residuales de subproducto para la atomización de gas de materiales fundidos tales como escoria y/o metales en tales procesos e instalaciones.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

En instalaciones que producen materiales fundidos tales como metales, los gases (gases residuales o aire) se transportan de una parte del proceso a la otra por una de las siguientes razones:

(1) Para expulsar los gases residuales del equipo de proceso para así mantener condiciones de trabajo sanitarias alrededor del equipo de proceso; y/o

(2) Para calentar o enfriar equipo de proceso.

En cualquiera de los casos anteriores, el gas

residual puede:

A) Estar cargado con material en partículas;

B) Tener un amplio intervalo de composiciones (por ejemplo similar al aire, libre de oxígeno (rico en N_2, H_2O, CO_2), rico en combustible (CO, H_2) o rico en azufre (SO_2));

C) Ser frío o caliente dependiendo del proceso del cual proviene.

En todos los casos, los gases usados o producidos en estos procesos se deben transportar a través o desde el proceso usando equipo giratorio (por ejemplo un ventilador de tiro inducido, soplador o compresor) que se debe adquirir para este propósito. Por lo tanto la mayoría de las instalaciones metalúrgicas tienen un exceso de tal equipo giratorio.

Además de esto, a menos que los gases sean de baja temperatura y limpios, los gases producidos mediante aplicaciones metalúrgicas se deben quemar y/o enfriar y/o limpiar mediante sistemas de tratamiento de gas residual ya que no hay uso para estos gases de subproducto. Estos sistemas de tratamiento de gases son costosos, y por lo tanto aumentan significativamente el costo de las plantas de extracción metalúrgica, representado aproximadamente 30 a 50% de los gastos de capital de la planta en funcionamiento. Por lo tanto, existe una necesidad para

reducir o eliminar donde sea posible equipo de manipulación de los gases residuales mientras se mantienen buenas condiciones de trabajo en la planta y manteniendo objetivos de emisiones de gases residuales.

Adicionalmente la energía en los subproductos de gas muy pocas veces se recupera debido a que los gases se dispersan a lo largo de la planta y son de una temperatura demasiado baja para permitir la recuperación económica de energía. Por lo tanto, hay una oportunidad perdida para recuperar calentamiento de bajo grado en fundiciones.

Finalmente, no se ha identificado ningún uso para los gases de subproducto a partir de aplicaciones metalúrgicas y por esta razón se desechan a la atmósfera mediante los sistemas de tratamiento de gases residuales costosos previamente mencionados, sin la recuperación de calor debido a la falta de centralización y suficiente calidad térmica.

Por ejemplo, en los hornos de fundición de FeNi, se desecha aire de enfriamiento a la atmósfera sin recuperación de energía; y el mineral calcinado secundario y los humos de extracción de gases residuales también se desechan a la atmósfera mediante un sistema de limpieza de filtro de mangas secundario. Ya que no se ha encontrado un uso para estos gases de subproducto, se deben tratar mediante equipo costoso de manipulación de gases residuales

antes de que se liberen a la atmósfera.

Similarmente, en fundiciones de FeCr, el gas residual del horno rico en CO_2 se enfría y se desecha a la atmósfera sin recuperación de energía o uso de las propiedades del gas residual. De nuevo, esto es debido a que no se ha encontrado un uso para estos productos de gas residual y como resultado estos gases se desechan a la atmósfera mediante sistemas de tratamiento de gas residual costosos sin recuperación de valor.

Además, la emisión de CO_2 de plantas metalúrgicas es una preocupación ambiental y todos los productores de metales están bajo presión de reducir su emisión de gases de efecto invernadero. Para este propósito, se han usado unidades de reformado de dióxido de carbono para convertir el gas residual rico en CO_2 a una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono (gas sintético), que después se puede usar como un combustible en diferentes procesos (por ejemplo secador corriente arriba, calcinador, horno o unidades de pre-reducción). Sin embargo, para que este proceso de reformado sea termodinámicamente favorable, el gas rico en CO_2 se necesita precalentar por arriba de ~900°C, lo que representa un costo de operación adicional.

El dióxido de carbono es solo un ejemplo de una emisión que puede causar problemas ambientales. Las emisiones de plantas metalúrgicas pueden incluir una gran

variedad de otros componentes indeseables, incluyendo gases y sólidos en partículas, que son preocupantes cuando se liberan en el medio ambiente. Además, la reducción o eliminación de estos componentes indeseables de los gases residuales de una planta metalúrgica típicamente requiere equipo y procesos costosos. Ejemplos de gases indeseables que pueden estar contenidos en los gases residuales de plantas metalúrgicas incluyen CO_2, especies que contienen azufre tales como SO_2, SO_3, y H_2S; óxidos de nitrógeno (NO_x) tales como NO y NO_2, gases que contienen fósforo, fluoruros (tales como HF y SiF_4) y/o especies orgánicas tales como furanos y dioxinas. Ejemplos de sólidos en partículas indeseables incluyen polvo, que se debe eliminar típicamente de los gases residuales.

La escoria es otro subproducto de procesos de producción de metales que se llevan a cabo en hornos metalúrgicos. La escoria comprende típicamente una mezcla de óxidos de metal con dióxido de silicio y se produce en cantidades que van de aproximadamente 10 por ciento a varias veces la cantidad de metal producido por el proceso.

La escoria fundida se vacía periódicamente del horno y se le permite enfriarse por aire y solidificarse, con la pérdida del calor hacia el medio ambiente. La mayoría de la escoria producida por estos procesos se continúa descartándose como desecho. Sin embargo, ha

existido interés reciente en el uso de escoria granulada en una variedad de productos comerciales y se ha desarrollado equipo y procesos para la granulación y procesamiento de la escoria para producir productos granulados tales como agentes de sustentación en la producción de petróleo y gas y gránulos para tejados.

Particularmente los procesos y equipos prometedores para la conversión de escoria a productos granulares mediante atomización de gas se describen en la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos con No. 62/007,180, y la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos con No. 62/007,284, ambas presentadas el 3 de junio del 2014. De acuerdo a los procesos descritos en la presente, la escoria fundida de un horno se convierte directa y económicamente a una variedad de productos granulares mediante la atomización de gas usando aire ambiental que se suministra a un aparato de atomización mediante un soplador de aire común.

Permanece una necesidad para procesos más simples y económicos y equipo para manejar subproductos tales como escoria y gases residuales, con el fin de solucionar al menos algunos de los problemas descritos anteriormente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

En una modalidad, se proporciona un proceso para preparar un producto granular, que comprende: (a)

proporcionar un material fundido; (b) alimentar el material fundido a un aparato de dispersión; (c) alimentar un gas a un aparato de dispersión, en donde el gas es un gas residual de subproducto; (d) poner en contacto el gas con el material fundido en el aparato de dispersión, por lo que el material fundido se dispersa y se solidifica mediante el contacto con el gas para formar el producto granular.

En otra modalidad, se proporciona un sistema para preparar un producto granular, que comprende: (a) un horno metalúrgico que contiene un material fundido seleccionado de uno o más de metal fundido y escoria fundida; (b) una planta de atomización de gas ubicada cerca del horno metalúrgico; (c) un sistema de suministro de gas para suministrar un gas residual de subproducto a la planta de atomización de gas; (d) un sistema de suministro de material fundido para transportar el material fundido del horno metalúrgico a la planta de atomización de gas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Ahora la invención se describirá, a manera de ejemplo únicamente, con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

La Figura 1 ilustra una porción de un diagrama de flujo del proceso de acuerdo a una primera modalidad descrita en la presente; y

La Figura 2 ilustra una porción de un diagrama de

flujo del proceso de acuerdo a una segunda modalidad descrita en la presente.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Lo siguiente es una descripción detallada de los procesos e instalaciones metalúrgicas que incluyen un proceso y equipo para la atomización de gas de escoria fundida y/o materiales fundidos, y en los cuales existe la integración de al menos un proceso de manipulación de gas residual con al menos un proceso de atomización de gas y el equipo asociado con estos procesos.

Los inventores han descubierto que los gases residuales de subproducto a partir de procesos metalúrgicos se pueden usar para la atomización de gas de escoria y metales de hornos metalúrgicos, para producir uno o más de los siguientes beneficios:

A. Eliminación de equipo de manipulación de gas residual, y centralización de instalaciones de tratamiento de gas residual a aquellas requeridas únicamente para la atomización de escoria fundida y/o metal fundido.

B. Eliminación de horno, colada de metal, transferencia de mineral calcinado, control de polvo y ventiladores de equipos de reducción. Mejor, el ventilador de atomización puede evacuar los gases de estos procesos y usarlos para la atomización.

C. Eliminación de gastos operativos asociados

con el uso del horno, colada de metal, transferencia de mineral calcinado, control de polvo y ventiladores de equipos de reducción, en contraste con el sistema que atomiza la escoria y/o metal con aire.

D. Centralización de calor a partir de los procesos antes mencionados y mejorando este calor mediante la atomización de escoria y/o metal para proporcionar escoria más económica y recuperación de calor de metal fundido (energía).

E. Producción de gases residuales con altas temperaturas (comparado con el aire con menor temperatura) para unidades de proceso que requieren calor (unidades de secado, precalentamiento de agua, etc.).

F. Eliminación de sistemas de tratamiento de gas residual y gastos de capital asociados con la granulación y atomización ya que se pueden re-usar los gases residuales de alta temperatura en procesos que ya están equipados con tal equipo. Un ejemplo específico es el secado en plantas de horno eléctrico-horno rotatorio de FeNi (RKEF, por sus siglas en inglés).

G. Uso de gases inertes para atomizar metales o escorias en inyección o polvos con el fin de prevenir su oxidación.

H. Eficiencias de recuperación de metal mejoradas contra las operaciones actuales de trituración de escoria,

clasificación y lavado sobre criba vibradora (*jigging*) y el uso reducido o eliminación de tales plantas de pos-tratamiento de subproducto.

I. Si la atomización se lleva a cabo usando gas residual rico en CO_2 del proceso: A) se puede disolver una fracción de especies gaseosas que contienen carbono en el material fundido (a medida que la dispersión aumenta el área superficial específica mejora la disolución); y B) la temperatura del gas rico en CO_2 aumentará como resultado del contacto con material fundido, que facilita el proceso de reformado con menos pre-calentamiento o sin ningún pre-calentamiento adicional.

Se puede apreciar que las ventajas anteriores llevan a costos bajos significativos sobre el estado actual de la técnica lo que hace que:

- La recuperación de energía de la escoria sea más viable;

- La recuperación de energía de los gases residuales de fundición sea más viable;

- La fundición cueste significativamente menos a través de la reducción de tamaño o eliminación de gas residual actualmente usado, escoria y sistemas de procesamiento de metales;

- Se reduzca la emisión de gases de efecto invernadero de una fundición en una manera más rentable.

La Figura 1 ilustra una porción de un diagrama de flujo del proceso de acuerdo a una primera modalidad de la invención. El diagrama de flujo ilustra parcialmente un proceso y sistema para la producción de metal mediante un horno metalúrgico 10 que incluye una pluralidad de electrodos 12 para suministrar calor para producir y mantener una capa de metal fundido 14 y una capa de escoria fundida 16 dentro de la cámara del horno. La Figura 1 muestra que el horno incluye una piquera de escoria 18 que se comunica con la capa de escoria fundida 16 y una piquera de metal fundido 20 que se comunica con la capa de metal fundido 14.

La escoria fundida se vacía periódicamente del horno 10 a través de la piquera de escoria 18 y se vacía directamente en un recipiente de escoria móvil o una batea o canal de alimentación de escoria, en donde se transporta la escoria fundida a otra área de la planta. Durante el transporte, la escoria se mantiene en un estado fundido. La transportación de la escoria fundida en un recipiente o batea de escoria se representa mediante una flecha 22 en la Figura 1.

El horno 10 en la Figura 1 se enfría al menos parcialmente por aire. Más específicamente, la pared inferior y la pared lateral inferior del horno 10 se enfrían por aire. En procesos y sistemas conocidos, el aire

que enfría el horno se proporciona al horno mediante un ventilador o soplador. Sin embargo, el proceso y sistema de acuerdo a la presente modalidad elimina tales ventiladores o sopladores.

Como se apreciará, el aire que enfría el horno se calienta a medida que enfría la pared inferior y la pared lateral del horno. En la Figura 1, el flujo de aire de enfriamiento agotado de la pared inferior del horno y la pared lateral inferior se representa mediante flechas 24 y 26, respectivamente. En procesos y sistemas típicos, el aire de enfriamiento calentado se descarga a la atmósfera.

El sistema de acuerdo a la presente modalidad también incluye una planta de atomización de gas 28 para atomizar la escoria fundida y producir gránulos de escoria adecuados para el uso en productos comerciales tales como agentes de sustentación y/o gránulos para tejado. La planta de atomización de gas 28 se ubica en estrecha proximidad al horno metalúrgico 10 y recibe la escoria fundida del horno 10 mediante un recipiente o batea de escoria, como se representa por la flecha 22.

La escoria fundida se atomiza dentro de la planta 28 mediante un flujo de gas de una ventilador de tiro inducido (ID) 30, en donde el suministro de gas atomizador del ventilador ID 30 a la planta de atomización de gas 28 se representa por la flecha 32 en la Figura 1. Cuando la

corriente de gas suministrada por el ventilador ID 30 hace contacto con una corriente en caída de escoria fundida en la cámara de atomización de la planta de atomización de gas 28, la escoria fundida se separa de manera simultánea en gotitas y se enfría hasta un estado sólido, formando así gránulos de escoria sólidos los cuales caen al fondo de la cámara.

En instalaciones típicas, la entrada de gas a la planta de atomización de gas 28 es mejor enviada a través de un soplador de aire (no se muestra pero reemplaza el ventilador ID) y puede comprender aire a temperatura y presión ambiente. Sin embargo, en el proceso y sistema de acuerdo a la presente modalidad, la entrada de gas al ventilador ID 30 comprende gases residuales agotados de la pared inferior del horno y/o la pared lateral inferior, como se representa por la flecha 24 y/o 26. Tales gases residuales agotados no podrían alimentarse al soplador usado en plantas de atomización de aire actuales ya que están calientes y sucios. En la presente modalidad, la entrada de gas al ventilador ID 30 comprende el gas residual combinado de la pared inferior del horno y la pared lateral inferior y por lo tanto la Figura 1 muestra flechas 24 y 26 que se combinan para formar la flecha 34 que representa la entrada de gas residual al ventilador ID 30. Como se apreciará, el gas residual suministrado a la

planta de atomización de gas 28 mediante un ventilador ID 30 incluye calor extraído del horno y por lo tanto se encuentra a una temperatura mayor que la temperatura ambiente.

De acuerdo a la presente modalidad, el ventilador ID 30 para suministrar gas residual a la planta de atomización de gas 28 también aspira aire en el sistema de enfriamiento del horno. Esto permite la eliminación de cualquier ventilador para suministrar aire de enfriamiento al horno 10, proporcionando así una reducción en gastos de capital y costos operativos. Además, el uso del gas residual para atomización permite la eliminación de un sistema de tratamiento de gas residual separado para el gas residual y proporciona una reducción adicional en gastos de capital y costos operativos.

Por lo tanto, en la presente modalidad, se proporciona circulación de aire a través del sistema de enfriamiento de aire del horno y circulación de gas residual a la planta de atomización de gas por el mismo ventilador ID 30. Se apreciará que el ventilador ID 30 no se necesita ubicar necesariamente entre el horno 10 y la planta de atomización de gas 28, sino mejor se puede ubicar corriente arriba del horno 10 para soplar aire de enfriamiento a las paredes del horno y para soplar aire calentado a la planta de atomización de gas 28.

En la Figura 1 los gránulos de escoria sólidos producidos por la planta de atomización de gas 28 se representan por el recuadro 36 y su eliminación de la planta de atomización de gas 28 se representa por la flecha 38.

El gas residual usado para atomización se agota por la planta de atomización de gas 28 como un gas residual de granulación de escoria el cual se representa por el recuadro 40 y la eliminación del gas residual de la planta de atomización de gas 28 se representa por la flecha 42. El gas residual 40 contiene calor extraído de la pared lateral del horno y la pared inferior y calor extraído de la escoria fundida. Por lo tanto, el uso del gas residual agotado del sistema de enfriamiento del horno en la planta de atomización de gas 28 mejora el calor en el gas residual, permitiendo así su uso en equipo de proceso corriente abajo para transferencia de energía. Por ejemplo, el gas residual caliente 40 de la planta de atomización de gas 28 se puede procesar para recuperar calor del mismo o se puede alimentar a otras unidades de proceso que requieren calor, tales como unidades de secado, unidades de pre-calentamiento de agua, etc. Estas otras unidades de proceso se representan por el recuadro 44 en las figuras.

Aunque la descripción anterior se relaciona a una modalidad donde el gas residual usado para la atomización

es aire del sistema de enfriamiento del horno y en donde la escoria fundida es el material que es atomizado, esto no es necesariamente el caso. Por ejemplo, la Figura 2 ilustra una porción de un diagrama de flujo del proceso de acuerdo a una segunda modalidad, en la que el gas residual en lugar comprende gases residuales agotados desde el interior del horno y/o de las campanas de captación de humos y polvo. Las primeras y segundas modalidades tienen un número de elementos comunes y estos elementos comunes se identifican en la Figura 2 usando números de referencia similares. Adicionalmente, las descripciones anteriores de estos elementos comunes aplican igualmente a la segunda modalidad, a menos que se indique lo contrario a continuación.

La modalidad de la Figura 2 incluye un horno metalúrgico 10 como se describe anteriormente, excepto que también incluye un puerto de gas residual 50 para ventilar un gas residual de subproducto desde el interior del horno 10. El gas residual del horno ventilado se representa por la flecha 52 en la Figura 2. En la presente modalidad, al menos una porción del gas residual de horno se puede recolectar en una campana de captura de humo y polvo 54 y retirarse de la misma para transportarse a la planta de atomización de gas 28 a través del ventilador ID 30. Para este propósito, la Figura 2 muestra flechas 56, 58, 34 para

representar el flujo del gas residual de la campana de captura de humo y polvo 54 al ventilador ID 30.

En lugar de recolectarse en la campana 54, al menos una porción del gas residual ventilado del horno 10 se puede transportar directamente a la planta de atomización de gas 28 a través del ventilador ID 30. Para este propósito, la Figura 2 muestra flechas 52, 60, 58, 34 para representar el flujo del gas residual del puerto de gas residual 50 al ventilador ID. Se apreciará que todo el gas residual, o una porción del mismo, se puede recolectar en la campana 54 antes de transportare a la planta de atomización de gas 28, y/o todo o una porción del gas residual se puede transportar directamente del horno 10 a la planta de atomización de gas (a través del ventilador 30) o cualquier combinación de los mismos.

Debido a la variabilidad en los procesos llevados a cabo en el horno metalúrgico, el gas residual puede ser de diferente composición y esto se describe más adelante. Independientemente de la composición del gas residual usado para la atomización, es importante enfatizar que un aspecto importante de la presente invención es el uso de un ventilador de tiro inducido 30 para retirar gases residuales (por ejemplo del interior del horno o del fondo del horno) y suministrar los gases residuales para la atomización. Esto reemplaza un soplador convencional que

capta aire del ambiente y sopla el aire para la atomización. Esta mejora es aplicable a todas las modalidades descritas en la presente.

Es importante enfatizar que el uso de gases residuales para el propósito de granulación puede dar como resultado menos oxidación del material fundido que sería el caso si el aire del ambiente se usara como el gas de atomización. A este respecto, el gas residual se puede agotar en especies oxidantes tales como oxígeno o puede estar sustancialmente libre de especies oxidantes. El grado de la oxidación depende de la composición del gas residual, pero esta reducción en el nivel de oxidación se puede realizar a partir de una variedad de gases residuales de un número de fuentes dentro del sistema, tales como los gases residuales los cuales se ventilan del horno como en la Figura 2, que se pueden agotar en oxígeno y/o pueden incluir uno o más subproductos gaseosos.

Otro aspecto importante de la presente invención es que el uso del gas residual para atomización da como resultado una mejora en el calor de gas residual. Esto es un beneficio importante donde se desea recuperar calor del gas residual o uso del gas residual en otra etapa del proceso donde se requiere calor, por ejemplo en el secado o pre-calentamiento y se realiza en todos las modalidades descritas en la presente.

En algunas modalidades, el gas residual suministrado a la planta de atomización de gas 28 para el propósito de atomizar metal fundido o escoria se puede cargar con material en partículas. El uso del proceso y sistema como se describe en la presente permite la eliminación de un sistema de tratamiento de gas residual separado y el gas residual cargado de material en partículas se suministra a la planta de atomización de gas 28 mediante el ventilador ID 30 como se describe anteriormente en las primeras y segundas modalidades. El gas residual de la planta de atomización de gas 28 se trata como se describe anteriormente.

Otro aspecto importante de la presente invención es que la atomización de metal/escoria puede usar gases residuales ricos en CO_2 como el gas de atomización. De esta manera, de acuerdo a este aspecto, no solo se logra la atomización del metal/escoria al usar un gas residual, sino que la emisión de CO_2 de la planta se reduce simultáneamente. La reducción de CO_2 se produce mediante la captura parcial de CO_2 por disolución del CO_2 en el metal/escoria. También, el gas residual rico en CO_2 se calienta en la planta de atomización y por lo tanto el gas residual de la planta de atomización se pre-calienta suficientemente para que se convierta directamente (o con un pre-calentamiento mínimo) a gas sintético ($CO + H_2$) en

un reformador. En consecuencia, en este aspecto de la invención, las otras unidades de proceso representadas por el recuadro 44 comprenden un reformador para producir gas sintético.

La atomización del metal/escoria también se puede llevar a cabo con gases residuales que contienen uno o más de otros componentes indeseables, definidos en la presente que incluyen gases y sólidos en partículas que son motivo de preocupación cuando se liberan en el ambiente y que típicamente deben ser parcial o completamente eliminados mediante tratamiento de los gases residuales.

Por ejemplo, donde los componentes indeseables incluyen uno o más gases tales como CO_2, especies que contienen azufre tales como SO_2, SO_3, y H_2S; óxidos de nitrógeno (NO_x) tales como NO y NO_2, gases que contienen fósforo, fluoruros (tales como HF y SiF_4) y/o especies orgánicas tales como furanos y dioxinas. La reducción de la concentración de estos gases en el gas residual se logra como se describe anteriormente con referencia al CO_2, es decir la reducción se produce por la disolución del componente(s) indeseable(s) en el metal/escoria fundido durante la formación del producto granular en la planta de atomización, tal que una concentración del componente(s) indeseable(s) en el gas residual caliente de la planta de atomización de gas es menor que una concentración del

componente(s) indeseable(s) en el gas residual suministrado a la planta de atomización de gas. Esto puede reducir la necesidad de equipo y procesos costosos para eliminar estos componentes indeseables del gas residual.

Donde los componentes indeseables incluyen una o más especies orgánicas gaseosas tales como furanos y dioxinas, la reducción de la concentración de estas especies orgánicas en el gas residual se puede lograr mediante la combustión de las especies orgánicas por el contacto de las especies orgánicas con el metal/escoria fundido en la presencia de oxígeno en el gas residual y/o en el metal/escoria. Adicionalmente, al menos una porción de los gases producidos por la combustión de las especies orgánicas en la planta de atomización de gas se puede disolver en el metal/escoria fundido durante la formación del producto granular. De esta manera, donde algunas o todas las especies orgánicas se queman para formar dióxido de carbono y agua, la planta de atomización de gas puede funcionar además como una postcombustión.

Donde los componentes indeseables incluyen sólidos en partículas tal como polvo, las partículas de polvo se pueden incorporar en el producto granular durante la atomización del metal/escoria fundido en la planta de atomización de gas. Esto puede reducir la necesidad de equipos y procesos costosos para eliminar polvo del gas

residual.

Finalmente, la presente invención permite la integración de una o más corrientes de gas residual en el gas residual de la planta de atomización de gas. Esto permite una reducción en el equipo de tratamiento de gas residual en el sistema, dando como resultado reducciones en gastos tanto de capital como de operación y este beneficio se realiza mediante todas las modalidades descritas en la presente.

En una modalidad adicional, el metal fundido vaciado del horno 10 a través de la piquera 20 se puede granular por la planta de atomización de gas 28, en lugar de escoria. A este respecto, la Figura 2 incluye una línea punteada 62 que representa el transporte de metal fundido de la piquera 20 al aparato de atomización de gas 28, donde el metal fundido se granula exactamente de la misma manera como se describe anteriormente para la escoria fundida. En tal modalidad, Se apreciará que no habría ningún flujo de escoria al aparato de atomización de gas 28, como se representa por la flecha 22. También se apreciará que esta modificación también puede aplicar al diagrama de flujo del proceso de la Figura 1, con relación a la primera modalidad.

La composición del metal vaciado del horno 10 dependerá por supuesto, del proceso metalúrgico específico

que se lleve a cabo en la presente. Por ejemplo, donde el horno 10 es un horno de fundición de ferroníquel, el metal fundido vaciado de la piquera 20 puede comprender ferroníquel (FeNi). Sin embargo, se apreciará que los procesos y sistemas descritos en la presente no se limitan a ningún proceso metalúrgico específico. Por ejemplo, los procesos y sistemas descritos en la presente se pueden aplicar a la producción de arrabio en un alto horno que fabrique hierro.

El uso de gases residuales calientes y/o sucios para la atomización puede requerir el ventilador ID 30 para comprender un ventilador de gas sucio con cuchillas radiales que son capaces de manejar gases residuales sucios en lugar de sopladores de aire fresco con cuchillas de impulsor curvadas hacia atrás. Esto aplica a todas las modalidades descritas en la presente.

En algunas modalidades, el gas residual suministrado a la planta de atomización de gas 28 puede estar sustancialmente libre de oxígeno. Por ejemplo, en algunas modalidades, el gas residual puede ser rico en gases tales como N_2, H_2O o CO_2 que dará como resultado poco o nada de oxidación de metales contenidos en la escoria fundida o metal fundido durante la atomización. Por ejemplo, los gases residuales del horno de fundiciones de FeCr son ricos en CO_2 y su uso como gases de atomización

puede ser particularmente benéfico en la producción de arrabio u otros metales en la cual se debe evitar la oxidación durante la atomización. En otras modalidades, el gas residual puede ser rico en combustible tal como CO o H_2, o puede ser rico en especies que contienen azufre tal como SO_2.

Aunque la invención se ha descrito con referencia a ciertas modalidades específicas, no está limitada a las mismas. Más bien, la invención incluye todas las modalidades que pueden caer dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.