

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

SOLICITUD FASE NACIONAL - PCT

1 Título de la Invención(200 caracteres o espacios máximos)

PROCESO Y APARATO PARA GRANULACIÓN EN SECO DE ESCORIA CON FORMACIÓN REDUCIDA DE LANA DE ESCORIAS.

2 Datos del Solicitante

Nombre:	HATCH LTD	Dirección Electrónica:	patents@olartemoure.com
Dirección:	2800 Speakman Drive Mississauga, Ontario L5K 2R7	Domicilio/País de constitución:	CANADA - ONTARIO - MISSISSAUGA
Identificación: ☐ CEDULA DE CIUDADANIA ☒ EMPRESA EXTRANJERA ☐ PASAPORTE Número: 900042985-			

3 Solicitantes

Apellidos - Nombres o Razón Social	Tipo	Identificación
1. HATCH LTD	NN	900042985
2. ECOMAISTER CO., LTD.	NN	900042986

4 Datos del Inventor

Nombre:	Santiago FAUCHER	Dirección Electrónica:	patents@olartemoure.com																																				
Dirección:	219 Elderwood Trail Oakville, Ontario L6H 5W2	Domicilio/País de constitución:	CANADA - ONTARIO - OAKVILLE																																				
Identificación: ☐ CEDULA DE CIUDADANIA ☐ EMPRESA EXTRANJERA ☐ PASAPORTE ☐ CEDULA DE EXTRANJERIA ☐ NIT ☒ No Aplica																																							
Número:		-																																					
5	Inventor(es)																																						
<table><tr><th colspan="2">Apellidos - Nombres</th><th colspan="2">Domicilio</th></tr><tr><td>1.</td><td>FAUCHER Santiago</td><td colspan="2">CANADA</td></tr><tr><td>2.</td><td>OH Sang-Yoon</td><td colspan="2">REPUBLICA DE COREA</td></tr><tr><td>3.</td><td>MOSTAGHE Sina</td><td colspan="2">CANADA</td></tr><tr><td>4.</td><td>SO Lai Chi</td><td colspan="2">CANADA</td></tr><tr><td>5.</td><td>HERNANDEZ Victor</td><td colspan="2">CANADA</td></tr><tr><td>6.</td><td>DARINI Maurizio</td><td colspan="2">CANADA</td></tr><tr><td>7.</td><td>METCALFE Darryl Robert</td><td colspan="2">CANADA</td></tr><tr><td>8.</td><td>RAFFERTY Tom</td><td colspan="2">CANADA</td></tr></table>				Apellidos - Nombres		Domicilio		1.	FAUCHER Santiago	CANADA		2.	OH Sang-Yoon	REPUBLICA DE COREA		3.	MOSTAGHE Sina	CANADA		4.	SO Lai Chi	CANADA		5.	HERNANDEZ Victor	CANADA		6.	DARINI Maurizio	CANADA		7.	METCALFE Darryl Robert	CANADA		8.	RAFFERTY Tom	CANADA	
Apellidos - Nombres		Domicilio																																					
1.	FAUCHER Santiago	CANADA																																					
2.	OH Sang-Yoon	REPUBLICA DE COREA																																					
3.	MOSTAGHE Sina	CANADA																																					
4.	SO Lai Chi	CANADA																																					
5.	HERNANDEZ Victor	CANADA																																					
6.	DARINI Maurizio	CANADA																																					
7.	METCALFE Darryl Robert	CANADA																																					
8.	RAFFERTY Tom	CANADA																																					
6	Datos Inventor(es)																																						
<table><tr><th>País de Residencia</th><th>Departamento/Estado</th><th>Ciudad</th><th>Dirección</th></tr><tr><td>1. CANADA</td><td>ONTARIO</td><td>OAKVILLE</td><td>219 Elderwood Trail Oakville, Ontario L6H 5W2</td></tr></table>				País de Residencia	Departamento/Estado	Ciudad	Dirección	1. CANADA	ONTARIO	OAKVILLE	219 Elderwood Trail Oakville, Ontario L6H 5W2																												
País de Residencia	Departamento/Estado	Ciudad	Dirección																																				
1. CANADA	ONTARIO	OAKVILLE	219 Elderwood Trail Oakville, Ontario L6H 5W2																																				

2.	REPUBLICA DE COREA	GYEONGGI-DO	INCHEON	104-250, Geonjiro, Seo-Gu Incheon Gyeonggi-do 404-250
3.	CANADA	ONTARIO	TORONTO	231 Fort York Boulevard, #1903 Toronto, Ontario M5V 1B2
4.	CANADA	ONTARIO	TORONTO	30 Glencoyne Crescent Toronto, Ontario M1W 2Z2
5.	CANADA	ONTARIO	BURLINGTON	5182 Wood Crescent Burlington, Ontario L7L 6N3
6.	CANADA	ONTARIO	TORONTO	1 Chambers Avenue Toronto, Ontario M6N 3L8
7.	CANADA	ONTARIO	WHITCHURCH-STOUFFVILLE	14 Little Rouge Circle Stouffville, Ontario L4A 0G2
8.	CANADA	ONTARIO	MISSISSAUGA	2800 Speakman Drive Mississauga, Ontario L5K 2R7
7	Datos del Representante Legal / Apoderado			
Nombre:		CARLOS R. OLARTE GARCIA	Dirección Electrónica:	patents@olartemoure.com
Dirección:		patents@olartemoure.com	Domicilio/País de constitución:	COLOMBIA - BOGOTA D.C. - BOGOTA D.C.
Identificación:				
☒ CEDULA DE CIUDADANIA ☐ EMPRESA EXTRANJERA ☐ PASAPORTE ☐ CEDULA DE EXTRANJERIA ☐ NIT				
Número:		79782747-		
Presentación de Poder				

Año de Radicación				
Número de Radicación				
8	Datos Solicitud: PCT / WO			
Número Solicitud:	PCT/CA2015/050210	Fecha Solicitud:	20/03/2015	
Número Publicacion:	WO2015/184533	Fecha Publicacion:	10/12/2015	
9	Declaraciones de prioridad	☒ SI ☐ NO		
1.	(33) País de origen ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	Codigo del país US	(31) No. Solicitud 62/007,284	(32) Fecha 03/06/2014
10	Reivindicaciones			
Número reivindicaciones:		30	Pago Reivindicaciones:	No
11	Reducción de tasas.			
<i>Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.</i> ☐ SI ☒ NO Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.				
☐ Micro, pequeñas y medianas empresas ☐ Universidades públicas o privadas ☐ Entidades sin ánimo de lucro Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos				
12	Documentos Anexos			
☒ Reivindicaciones ☒ Descripción ☒ Dibujos y/o Figuras ☒ Resumen ☐ Certificado Depósito Material Biológico ☐ Uso de Conocimiento tradicional ☐ Listado de secuencias ☐ Artes finales 12 x 12 cm ☒ Poderes, si fuere el caso ☐ Copia de la primera solicitud si se reivindica prioridad ☐ Traducción simple de la primera solicitud, si se reivindica prioridad ☒ Otros Anexos				

5 Esta solicitud reclama la prioridad y el
beneficio de la Solicitud de Patente Provisional de los
Estados Unidos No. 62/007,284 presentada el 3 de Junio de
2014, el contenido de la cual se incorpora en la presente
para referencia.

La presente descripción se refiere a productos de escoria granulada y a procesos para su producción.

La escoria es un sub-producto de los procesos de producción de metal conducidos en hornos metalúrgicos. Aunque la composición y cantidad de escoria producida depende en gran parte del proceso específico, la escoria típicamente comprende una mezcla de óxidos de metal con sílice, y se produce en cantidades que varían desde aproximadamente 10 por ciento hasta varias veces la cantidad de metal producida por el proceso.

Durante la producción de metal, la escoria se presenta en el horno metalúrgico en forma fundida. La escoria fundida se vacía periódicamente del horno y puede procesarse en un producto de escoria granulada. La escoria

granulada se ha utilizado como un agregado para concreto y como un material cementoso, y recientemente ha habido interés en el uso de escoria granulada como consolidadores en la producción de gas y petróleo, como gránulos de material de cubrición, abrasivos o como soportes de catalizador.

La granulación de escoria se lleva a cabo típicamente mediante un proceso de granulación en húmedo, conducido mediante el uso de rocíos de agua que contactan la corriente de escoria y la dispersan en gotitas que se solidifican en gránulos que se transportan hacia abajo al lavado por arrastre hidráulico, y después hacia un patio donde se descargan en un estanque para recolección.

Durante el proceso de granulación, se agregan grandes cantidades de agua a la escoria a fin de enfriar la escoria fundida. El agua residual que se produce por el proceso se contamina por contacto con la escoria y su desecho da como resultado un costo adicional. Además, la granulación del agua con frecuencia da como resultado la producción de gránulos de escoria que tienen un contenido de agua inaceptablemente elevado y que se considera inadecuado para muchos usos. El secado de los gránulos de escoria húmedos también da como resultado un costo adicional y, en muchos casos, no es económicamente factible. Los intentos por abordar este problema mediante

el control de las cantidades de agua agregadas al proceso de granulación se han cumplido con éxito limitado. También se sabe que la granulación en húmedo de escoria que contiene azufre produce emisiones inaceptablemente elevadas de gases que contienen azufre.

La granulación en seco de escoria supera algunos de los problemas asociados con el proceso de granulación en húmedo. En un proceso de granulación en húmedo, la escoria fundida se dispersa o atomiza típicamente mediante una corriente de gas presurizado o por medios mecánicos. Aunque la granulación en seco utiliza menos agua que la granulación en húmedo, y típicamente produce un producto seco, el proceso de granulación en seco puede producir grandes cantidades de “lana” de escorias, que consiste en fibras de escoria de baja densidad producidas cuando la escoria tiene escasas propiedades de formación de gotitas. La lana de escoria tiene baja densidad y elevado volumen, haciendo difícil su manejo, transporte y recuperación. En casos extremos, la cantidad de formación de lana de escorias puede ser tan elevada como 90% en peso. La producción de lana de escorias es particularmente problemática para escorias que tienen alta viscosidad, y ha limitado la aplicación de granulación en seco, y en particular la atomización de gas, a tipos específicos de escoria que tienen una baja tendencia a la producción de

lana de escorias.

También, es difícil procesar escoria a elevadas velocidades de flujo en un aparato de atomización de gas, debido a la tendencia de la escoria a reunirse en gruesas corriente que son difíciles de dispersar con aire. Además, el grosor de la corriente de escoria afecta el tamaño de las partículas producidas por atomización de aire. Por consiguiente, la inconsistencia en el grosor de la corriente de escoria puede dar como resultado una falta de control sobre el tamaño de partícula de los gránulos de escoria y puede dar como resultado productos que tienen una muy amplia distribución de tamaño de partícula. Para evitar estos asuntos, los procesos de atomización de gas tienden a operar a pequeña escala, limitando su utilidad.

Permanece una necesidad de procesos simples, económicamente factibles para granulación de escoria que eviten los problemas arriba mencionados, asociados con procesos de granulación en seco y en húmedo, conocidos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

En un aspecto, se proporciona un proceso para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco. El proceso comprende: (a) proporcionar una corriente de escoria fundida, que puede comprender una escoria metalúrgica; (b) agregar una cantidad controlada de agua a la escoria; (c) granular la corriente de escoria fundida

para producir escoria solidificada; en donde la escoria solidificada comprende tales gránulos de escoria substancialmente en seco y lana de escorias, y en donde una cantidad de la lana de escorias producida por el proceso es menor que la que se produciría mediante granulación de la corriente de escoria fundida sin la adición de la cantidad controlada de agua. Por ejemplo, la cantidad de la lana de escoria producida mediante el proceso es menor de aproximadamente 10 por ciento en peso de la escoria solidificada.

En una modalidad, la cantidad controlada de agua es menor de aproximadamente 300 kg de agua por tonelada de escoria y puede ser menor de aproximadamente 100 kg de agua por tonelada de escoria. Por ejemplo, la cantidad controlada de agua puede ser tal que los gránulos de escoria substancialmente en seco tienen un contenido de agua menor de aproximadamente 5 por ciento en peso.

En otra modalidad, la etapa de granular la corriente de escoria fundida comprende la dispersión de la escoria fundida mediante contacto de la escoria fundida con una corriente de un fluido atomizador, el cual puede comprender gas.

En todavía otra modalidad, al menos una porción de la cantidad controlada de agua se agrega a la escoria de manera simultánea al contacto de la escoria fundida con el

fluido atomizador, de tal manera que el fluido atomizador puede comprender además la cantidad controlada de agua.

En todavía otra modalidad, al menos una porción de la cantidad controlada de agua se agrega a la escoria fundida antes del contacto de la escoria fundida con el fluido atomizador.

En todavía otra modalidad, al menos una porción de la cantidad controlada de agua se agrega a la escoria fundida inmediatamente después del contacto de la escoria fundida con el fluido atomizador, a medida que la escoria dispersa se proyecta a través de una cámara de atomización y antes de descargarse en un área de recolección de la cámara de atomización.

En todavía otra modalidad, la etapa de granular la corriente de escoria fundida comprende la dispersión de la escoria fundida por contacto de la escoria fundida con un elemento mecánico giratorio.

En otro aspecto, se proporciona un aparato para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco. El aparato comprende: (a) una superficie inclinada que tiene un extremo superior para recibir una corriente de escoria fundida y un extremo inferior para descargar la corriente de escoria fundida; (b) un dispositivo de dispersión en el extremo inferior de la superficie inclinada para dispersión de la corriente de escoria

fundida, descarga de la superficie inclinada; (c) uno o más dispositivos de adición de agua para la adición de una cantidad controlada de agua a la escoria fundida; y (d) un área de recolección adyacente al dispositivo de dispersión para deposición de escoria solidificada, producida por la dispersión de la escoria fundida, en donde la escoria solidificada comprende tales gránulos de escoria substancialmente en seco y lana de escorias, y en donde una cantidad de la lana de escorias es menor que la que se produciría mediante granulación de la corriente de escoria fundida sin la adición de la cantidad de agua controlada.

En una modalidad, el dispositivo de dispersión comprende un atomizador en el cual la escoria fundida se contacta con una corriente de un fluido atomizador. Por ejemplo, el dispositivo de dispersión puede comprender un atomizador de gas y el fluido atomizador puede comprender gas.

En otra modalidad, al menos uno de tales dispositivos de adición de agua se localiza cerca del extremo inferior de la superficie inclinada y se asocia con el atomizador de gas, de tal manera que el gas y la cantidad controlada de agua agregada por tal al menos un dispositivo de adición de agua comprenden en conjunto el fluido atomizador.

En todavía otra modalidad, el atomizador de gas

comprende un ventilador, y el por lo menos un dispositivo de adición de agua que se localiza cerca del extremo inferior de la superficie inclinada comprende una o más toberas de aspersión, localizándose tales toberas de aspersión por encima y/o por debajo del extremo inferior de la superficie inclinada.

En todavía otra modalidad, el dispositivo de dispersión comprende un primer elemento mecánico giratorio, y en donde al menos uno de tales dispositivos de adición de agua se localiza entre el extremo superior de la superficie inclinada y el primer elemento mecánico giratorio.

En todavía otra modalidad, el uno o más dispositivos de adición de agua se localizan a lo largo de la dirección de flujo de la escoria entre el extremo superior de la superficie inclinada y el elemento de distribución de flujo.

En todavía otra modalidad, el uno o más dispositivos de adición de agua comprenden una o más toberas de rocío de agua provistas encima de la superficie inclinada, y dirigidas hacia abajo en dirección de la superficie inclinada.

En todavía otra modalidad, el elemento de distribución de flujo comprende un segundo elemento mecánico giratorio que se extiende a través de la amplitud de la superficie inclinada, es giratoria alrededor de un

eje que se extiende de manera transversal a través de la superficie inclinada, y se extiende a través de substancialmente toda la amplitud de la superficie inclinada, y se separa de la superficie inclinada por un
5 espacio.

En todavía otra modalidad, el elemento de distribución de flujo es cilíndrico.

En otro aspecto, se proporciona un aparato para la producción de gránulos de escoria substancialmente en
10 seco, que comprende: (a) una superficie inclinada que tiene un extremo superior para recibir una corriente de escoria fundida y un extremo inferior para descargar la corriente de escoria fundida, en donde se define una dirección de flujo de escoria entre los extremos, superior e inferior,
15 de la superficie inclinada, y la superficie inclinada tiene una amplitud que es transversal a la dirección de flujo de escoria; (b) un atomizador de gas próximo al extremo inferior de la superficie inclinada para dispersión de la corriente de escoria fundida, descargada desde la
20 superficie inclinada con un gas atomizador; (c) un elemento de distribución de flujo para distribuir el flujo de la escoria fundida a través de la amplitud de la superficie inclinada, en donde el elemento de distribución de flujo se localiza entre el extremo superior y el extremo inferior de
25 la superficie inclinada; y (d) un área de recolección

adyacente al atomizador de gas para deposición de escoria solidificada, producida por la dispersión de la escoria fundida, en donde la escoria solidificada comprende tales gránulos de escoria substancialmente en seco.

5 En una modalidad, el elemento de distribución de flujo comprende un elemento mecánico giratorio que se extiende a través de la amplitud de la superficie inclinada, es giratorio alrededor de un eje que se extiende de manera transversal a través de la superficie inclinada, 10 es giratoria alrededor de un eje que se extiende de manera transversal a través de la superficie inclinada, se extiende a través de substancialmente toda la amplitud de la superficie inclinada y se separa de la superficie inclinada por un espacio. Por ejemplo, el elemento de 15 distribución de flujo puede ser cilíndrico.

En otra modalidad, el atomizador de gas se localiza debajo del extremo inferior de la superficie inclinada.

En todavía otra modalidad, el aparato comprende 20 además uno o más dispositivos de adición de agua que se localizan cerca de una o más de la superficie superior de la superficie inclinada, el elemento de distribución de flujo y/o el atomizador de gas, con el propósito de agregar agua a la escoria fundida antes, durante y/o después de la 25 granulación de la escoria fundida.

En todavía otro aspecto, se proporciona un proceso para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco, que comprende: (a) proporcionar una corriente de escoria fundida que fluye a lo largo de una superficie inclinada que tiene un extremo superior para recibir la corriente de escoria fundida y un extremo inferior para descargar la corriente de escoria fundida, en donde se define una dirección de flujo de escoria entre los extremos, superior e inferior, de la superficie inclinada, y la superficie inclinada tiene una amplitud que es transversal a la dirección de flujo de escoria; (b) distribuir la distribución de flujo de la escoria fundida a través de la amplitud de la superficie inclinada con un elemento de distribución de flujo localizado entre el extremo superior y el extremo inferior de la superficie inclinada, a fin de proporcionar a la corriente de escoria fundida un grosor uniforme en el extremo inferior de la superficie inclinada; y (c) dispersar la corriente de escoria fundida con un gas atomizador proveniente de un atomizador de gas, inmediatamente después de que la corriente de escoria fundida se descarga desde el extremo inferior de la superficie inclinada. El proceso puede comprender además la adición de agua a la escoria fundida en una cantidad de hasta aproximadamente 1.2 toneladas de agua por tonelada de escoria, en donde el agua se agrega

antes, durante y/o después de la etapa de dispersión de la corriente de escoria fundida.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA FIGURA

La invención se describirá ahora solo a manera de ejemplo con relación a la figura anexa, en la cual:

La Figura 1 ilustra un aparato para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco, de acuerdo con una modalidad.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La siguiente es una descripción detallada de procesos y aparatos para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco, a partir de escoria fundida producida por procesos metalúrgicos. Los gránulos de escoria en seco pueden ser adecuados para utilizarse como consolidadores en la recuperación de gas y petróleo, gránulos de material de cubrición, soportes de catalizador, abrasivos, agregados de concreto y/o materiales cementosos.

Los materiales de inicio usados en los procesos descritos en la presente son composiciones de escoria. Típicamente, estas composiciones de escoria son sub-productos de procesos para la producción de metal. Las composiciones de escoria para utilizarse en los procesos descritos en la presente pueden tener diversas composiciones, dependiendo de los procesos a partir de los cuales se originan.

Las composiciones de escoria utilizadas en la presente pueden ser de diversas composiciones y viscosidades, e incluyen escorias ferrosas y no ferrosas. Las escorias ferrosas se producen en la elaboración de
5 hierro y la elaboración de acero y típicamente comprenden cal, sílice, alúmina y magnesio, y también pueden comprender hierro libre. Las escorias no ferrosas se producen en procesos de fundición para la producción de metal no ferroso, tal como cobre, níquel y plomo. Las
10 escorias no ferrosas pueden comprender cantidades variantes de sílice, óxido de hierro, magnesio y cal, y tienden a ser más ácidas que las escorias ferrosas, debido a una mayor proporción de SiO_2/CaO (es decir, alcalinidad inferior).

La escoria se mantiene dentro del horno
15 metalúrgico en un estado fundido. La escoria fundida se vacía periódicamente del horno, hacia un recipiente de escoria movable o un lavado o corredera de escoria, en el cual se transporta la escoria hacia otra área de la planta.

En el presente proceso, una corriente de escoria
20 fundida se granula para producir gránulos de escoria en seco, solidificados. Típicamente, la corriente de escoria fundida se transfiere directamente desde un horno metalúrgico hacia el aparato de granulación, a fin de reducir la pérdida de calor y la solidificación de la
25 escoria fundida, y para evitar costos adicionales

involucrados en la demolición y re-fusión de la escoria solidificada. Sin embargo, esto no es esencial a la operación del proceso.

En algunos aspectos del presente proceso, se
5 agrega una cantidad controlada de agua a la escoria con el propósito de reducir la formación de lana. La cantidad controlada de agua para reducir la formación de lana es menor de aproximadamente 300 kg por tonelada de escoria, es decir, menos de aproximadamente 30 por ciento en peso. Más
10 típicamente, la cantidad controlada de agua que se agrega a la escoria para reducir la formación de lana es menor de aproximadamente 100 kg por tonelada de escoria (10 por ciento en peso), o menos de aproximadamente 50 kg por tonelada de escoria (5 por ciento en peso). Cuando se
15 agrega agua para la reducción de la formación de lana, el límite inferior de adición de agua para este propósito es de aproximadamente 5 kg por tonelada de escoria.

En otros aspectos del presente proceso, la escoria puede no ser susceptible a la formación de lana, en
20 cuyo caso puede no ser necesario agregar agua alguna con el propósito de reducir la formación de lana. Por ejemplo, ciertas escorias provenientes de procesos para la producción de acero, cinc o cobre, pueden no requerir la adición de agua para reducir la formación de lana. Este
25 aspecto del proceso se discute a continuación, en conexión

con el aparato mostrado en la Figura 1.

La cantidad total de agua agregada a la escoria en el presente proceso puede incluir una cantidad de agua para expansión de la escoria, por ejemplo, cuando los
5 gránulos de escoria de peso ligero son el producto deseado. La cantidad típica de agua agregada para la expansión de escoria es desde aproximadamente 200-800 kg por tonelada de escoria (20-80 por ciento). Incluso con la adición de agua para expansión, el presente proceso utiliza
10 substancialmente menos agua que los procesos convencionales de granulación en húmedo, los cuales típicamente utilizan aproximadamente 6-10 toneladas de agua por tonelada de escoria.

Cuando la escoria que está siendo granulada es
15 susceptible a la formación de lana, los inventores han encontrado que la adición de agua en las cantidades anteriores da como resultado una reducción significativa en la formación de lana de escorias, siendo las reducciones del orden de al menos aproximadamente 30-50 por ciento en
20 peso con relación a los procesos de atomización de gas equivalentes, en los cuales la escoria no se condiciona por la adición de agua. La cantidad de reducción depende al menos parcialmente del grado de formación de lana de escorias en ausencia de agua. Los inventores han encontrado
25 que es posible reducir la producción de lana de escorias en

algunos procesos hasta niveles tan bajos como aproximadamente 5 por ciento en peso de la escoria solidificada, lo que significa que la escoria solidificada está comprendida predominantemente de gránulos de escoria.

5 Además, los gránulos de escoria producidos por el presente proceso son gránulos "secos", que tienen un contenido de agua menor de aproximadamente 5 por ciento en peso, más típicamente menos de aproximadamente 2 por ciento en peso.

10 Aunque no se desea relacionarse con teoría alguna, los inventores creen que la adición de agua en las cantidades anteriores puede reducir la viscosidad de la escoria, reduciendo así su tendencia a formar lana de escorias después de la dispersión. Esto es algo
15 sorprendente, y contrario a la intuición, ya que uno esperaría que la adición de agua tuviera el efecto opuesto, es decir, que la adición de agua provocara que la escoria se enfriara y se hiciera más viscosa.

 Nuevamente, sin desear relacionarse con teoría
20 alguna, los inventores creen que la reducción de viscosidad puede resultar de la fractura de redes de silicato en la escoria. En este aspecto, la elevada viscosidad de algunas escorias, particularmente de escorias ácidas no ferrosas, se cree que resulta de la presencia de redes de silicato
25 polimerizadas, es decir, unidades tetraédricas de SiO_4^{-4}

conectadas, en estas escorias. Por consiguiente, las escorias no ferrosas tienen escasa capacidad de dispersión, lo cual ha limitado la producción de productos granulares vendibles a partir de estos tipos de escorias.

5 Al menos algo del agua agregada a la escoria caliente con el propósito de reducir la formación de lana se disocia en hidrógeno elemental y oxígeno y reacciona con el puenteo de átomos de oxígeno en la red de silicato para formar hidróxidos. Esto se cree que fractura la red de
10 silicato y reduce el grado de polimerización en la escoria, reduciendo así la viscosidad de la escoria y reduciendo la tendencia de la escoria a formar lana de escorias después de la dispersión.

 Además de la reducción de viscosidad, los
15 inventores creen que la adición de agua a la escoria en las cantidades arriba definidas también puede tener otros beneficios, que incluyen densidad incrementada, fluidez incrementada y sobrecalentamiento incrementado.

 La densidad incrementada de la escoria también se
20 cree que resulta de la fractura de redes de sílice. Esto da como resultado una reducción del volumen molar del sistema, lo cual es recíproco a densidad.

 La fluidez incrementada es inversamente
proporcional a la viscosidad cinemática de la fusión
25 (viscosidad/densidad). Una viscosidad disminuida y densidad

incrementada reducirán la viscosidad cinemática e incrementarán así la fluidez de la fusión. La fluidez incrementada se espera que reduzca la tendencia de la escoria a formar lana de escorias durante la dispersión.

5 El sobrecalentamiento se define como la diferencia entre la temperatura de liquidus de la escoria y la temperatura de abertura de la escoria. La disolución en agua hasta escoria ácida reduce su temperatura de liquidus, dando así como resultado un sobrecalentamiento
10 incrementado. Un mayor sobrecalentamiento da como resultado menor viscosidad, fluidez incrementada, capacidad de dispersión facilitada y formación de lana de escorias reducida.

La atomización de escorias viscosas puede también
15 obtenerse por fragmentación física de la escoria, por ejemplo, por ejemplo, mediante choque hidráulico, inestabilidades de ebullición de película y micro-explosiones.

Por ejemplo, la adición de agua al medio de
20 dispersión incrementa su cantidad de movimiento, dando como resultado "choque hidráulico", lo cual ayuda a la fractura de filamentos de la escoria fundida en gotitas.

La inestabilidad de ebullición de película resulta de una película de vapor de agua sobre la
25 superficie de la escoria fundida. La oscilación del grosor

de la película provoca suficiente cantidad de movimiento a la fusión a fin de que su superficie se distorsione en ondas que crecerán y se separarán, formando pequeños fragmentos. Las ondas de película se propagarán y
5 agrandarán hasta colapsarse, dando como resultado fragmentación adicional de los filamentos de escoria.

Las micro-explosiones son provocadas por el sobrecalentamiento del agua, la cual se mezcla de manera íntima con escoria, dando como resultado la fragmentación
10 adicional de los filamentos de escoria.

Sin importar el mecanismo mediante el cual se mejora la capacidad de dispersión, el presente proceso es aplicable a un amplio rango de escorias, que tienen grados variantes de viscosidad. Algunas de estas escorias no se
15 han procesado de manera eficaz en productos vendibles en el pasado.

De acuerdo con el presente proceso, la corriente de escoria fundida se granula para producir una escoria solidificada, la cual incluirá gránulos de escoria
20 substancialmente en seco y que puede o no incluir cierta cantidad de lana de escorias. Son variables los medios mediante los cuales se granula la escoria.

En algunas modalidades, la corriente de escoria fundida se dispersa por contacto de la escoria fundida con
25 una corriente de un fluido atomizador. El fluido atomizador

puede comprender una corriente de gas proveniente de uno o más ventiladores o toberas, dirigiéndose el fluido en la corriente de escoria fundida a medida que pasa a través de una cámara de atomización. El fluido atomizador dispersa de
5 manera simultánea la escoria en gotitas y enfría las gotitas hasta un estado sólido, formando así gránulos de escoria sólidos. La dispersión de la escoria fundida con un fluido atomizador da como resultado gránulos de escoria sólidos que tienen un tamaño de partícula relativamente
10 pequeño y una distribución de partícula angosta. Tales partículas tienen una variedad de usos finales, incluyendo consolidadores de escoria, gránulos de material de cubrición y soportes de catalizador.

En otras modalidades, la corriente de escoria
15 fundida se dispersa por contacto de la escoria fundida con un elemento mecánico giratorio que se localiza dentro de una cámara. En la técnica anterior se conocen numerosos tipos de elementos giratorios, que incluyen placas giratorias, tambores de paletas giratorias o propulsores,
20 etc. En este tipo de aparatos, la escoria fundida entra en contacto con el elemento giratorio y se proyecta a través de la cámara, lo cual provoca que la escoria se separe en gotitas y se solidifique en gránulos antes de descargarse en una pila en un área de recolección. La dispersión de la
25 escoria fundida mediante un elemento mecánico giratorio da

como resultado gránulos de escoria que tienen una distribución de partícula relativamente amplia y un diámetro de hasta aproximadamente 21 mm. Tales partículas pueden utilizarse como agregado en composición de concreto.

5 La cantidad controlada de agua para reducir la formación de lana de escorias puede agregarse en una o más etapas en el proceso. En particular, la cantidad controlada de agua puede agregarse antes de, o de manera simultánea a, y/o inmediatamente después de la dispersión de la escoria.

10 Por ejemplo, cuando la escoria fundida se dispersa por contacto con un fluido atomizador, la cantidad controlada de agua puede agregarse a la escoria de manera simultánea y/o inmediatamente después del contacto de la escoria fundida con el fluido atomizador, a medida que la escoria

15 dispersa se proyecte a través de la cámara de atomización y antes de descargarse en el área de recolección de la cámara de atomización. Cuando la escoria se contacta de manera simultánea con el fluido atomizador y la cantidad controlada de agua, se apreciará que el agua puede

20 incorporarse en el fluido atomizador.

La cantidad controlada de agua puede más bien agregarse a la escoria fundida antes de la etapa de granulación. El tiempo de residencia incrementado del agua en o sobre la escoria fundida, antes de la dispersión,

25 puede ser benéfico en algunos tipos de escorias, aunque los

inventores han observado que se proporcionan capacidad de dispersión mejorada y formación reducida de lana en casos donde la cantidad controlada de agua se agrega de manera simultánea a, inmediatamente antes de, y/o inmediatamente
5 después de la etapa de granulación.

Como se mencionó arriba, el presente proceso es adaptable a un amplio rango de composiciones de escoria y es capaz de producir gránulos de escoria de una variedad de tamaños. Se apreciará que pueden hacerse otras diversas
10 modificaciones a la escoria fundida para hacerla adecuada para aplicaciones específicas. Estas modificaciones incluyen la expansión de la escoria para producir gránulos de densidad variante, así como también modificaciones para alterar la composición química y forma de los gránulos.
15 Estas modificaciones se discuten en mayor detalle en la solicitud provisional de E.U. No. 62/007,180 presentada el 3 de Junio de 2014 y titulada "PRODUCTOS DE ESCORIA GRANULADOS Y PROCESOS PARA SU PRODUCCIÓN", la cual se incorpora en la presente para referencia en su totalidad.

20 Como un beneficio agregado, el presente proceso puede dar como resultado emisiones reducidas de gases que contienen azufre. En este aspecto, la atomización de aire de la escoria oxida el azufre en la escoria y altera también las propiedades de la escoria a fin de que tenga
25 una mayor capacidad de absorber azufre. Como resultado, más

azufre permanece en la escoria y se emite menos como SO_2 o H_2S .

El aparato para llevar a cabo el proceso arriba descrito se describe ahora con relación a la figura.

5 La Figura 1 ilustra esquemáticamente un aparato
10 para la producción de gránulos de escoria
substantialmente en seco. El aparato 10 comprende una
superficie inclinada 12 que tiene un extremo superior 14
para recibir una corriente de escoria fundida 16 y un
10 extremo inferior 18 para descargar la corriente de escoria
fundida 16. La superficie 12 se inclina a fin de permitir
el flujo por gravedad de la corriente de escoria 16 desde
el extremo superior 14 hasta el extremo inferior 18 de la
superficie inclinada 12. Por consiguiente, se define una
15 dirección de flujo de escoria entre los extremos, superior
e inferior, 14, 18, de la superficie inclinada 12. La
velocidad de flujo de escoria es típicamente de
aproximadamente 0.1-10 toneladas/min en un ángulo de
inclinación de aproximadamente 45 grados. La superficie
20 inclinada 12 puede tener una amplitud de aproximadamente
0.2-4 metros y una longitud de aproximadamente 1.5-2
metros, con el tiempo de residencia de la escoria fluyendo
a lo largo de la superficie 12, que es de aproximadamente
3-10 segundos. Se apreciará que estos parámetros son algo
25 dependientes de las propiedades de la escoria.

La superficie inclinada 12 está comprendida de un material resistente al calor y puede comprender la base plana de un canal de alimentación que tiene lados (no mostrados) para retener la corriente de escoria fundida 16.

5 La escoria fundida 16 se transporta desde un horno metalúrgico (no mostrado) hasta el aparato 10 mediante un recipiente o lavado de escoria 20, el cual alimenta la escoria fundida al extremo superior 14 de la superficie inclinada 12.

10 Un dispositivo de dispersión se localiza en o por debajo del extremo inferior 18 de la superficie inclinada 12. En la presente modalidad, el dispositivo de dispersión comprende un atomizador 22 que se localiza inmediatamente debajo del extremo inferior 18 de la superficie inclinada
15 12, en una cámara de atomización 24. El atomizador 22 dirige una corriente de un fluido atomizador en la corriente de escoria fundida 16 a medida que se descarga a partir del extremo inferior 18 de la superficie inclinada 12 y cae a través de la cámara 24.

20 El atomizador 22 comprende una entrada de gas 44, un ventilador de atomización 46, una tobera de atomización 23 que tiene una amplitud que es substancialmente igual a la amplitud de la superficie inclinada 12 y ducto 48 que conecta el ventilador de atomización 46 a la tobera de
25 atomización 23. El fluido atomizador es de composición

variable y puede incluir uno o más de aire, vapor, agua líquida, gas inerte, gases de proceso reciclados, etc. El gas puede ser aire comprimido a aire a presión ambiental. Por ejemplo, cuando el gas se encuentra a presión ambiental, el atomizador 22 puede comprender un ventilador común 46, el cual puede producir una máxima elevación de presión total de menos de aproximadamente 80 pulgadas de agua, o aproximadamente 20 kPa.

Cuando el fluido atomizador contacta la corriente en descenso de escoria fundida 16, dispersa la escoria fundida en gotitas que se proyectan a través de la cámara 24. Las gotitas se enfrían y solidifican a medida que se proyectan a través de la cámara 24, y se descargan en un área de recolección 30 adyacente al atomizador 22. La escoria solidificada se deposita en el área de recolección 30 y predominantemente comprende gránulos de escoria substancialmente en seco.

El aparato 10 comprende además un elemento de distribución de flujo para distribuir o dispersar el flujo de escoria fundida a través de la amplitud de la superficie inclinada 12, en donde la amplitud se define de manera transversal a la dirección de flujo de la escoria. Como se mencionó arriba, la escoria tiene una tendencia a reunirse en corrientes gruesas que son difíciles de dispersar con aire, limitando así la habilidad del aparato de granulación

en seco para procesar la escoria a velocidades de flujo elevadas, y limitando su escala. Los inventores han encontrado que la incorporación de un elemento de distribución de flujo en el aparato 10 distribuye el flujo de la escoria fundida a través de la amplitud de la superficie inclinada 12, a fin de reducir el grosor de la corriente de escoria 16 y hacer más fácil de dispersar una vez que llega al atomizador 22. El elemento de distribución de flujo ayuda a asegurar que el grosor de la corriente de escoria 16, descargada a partir del extremo inferior 18 de la superficie inclinada 12, sea relativamente uniforme a través de la amplitud de la superficie inclinada 12 y a través de la amplitud de la tobera de atomización 23. Como se explicó arriba, esto ayuda a controlar el tamaño de partícula y la distribución del tamaño de partícula de los gránulos de escoria. También, al hacer más uniforme el grosor de la corriente de escoria, el elemento de distribución de flujo ayuda a reducir la cantidad de lana de escorias producida por el atomizador 22, sin importar si se requiere de una cantidad controlada de agua con el propósito de reducir la formación de lana de escorias.

El elemento de distribución de flujo puede tomar una variedad de formas, tales como una o más salientes verticales u otros elementos formados sobre la superficie inclinada 12 para distribuir el flujo de escoria, o una

barra estática o un elemento giratorio que se localice por encima de la superficie inclinada 12 y que se extienda a través de la amplitud de la superficie inclinada 12. El elemento de distribución de flujo se localiza entre los

5 extremos, superior e inferior, 14, 18 de la superficie inclinada, y también corriente arriba del atomizador 22. En la modalidad ilustrada, el elemento de distribución de flujo comprende un elemento giratorio en la forma de un rodillo cilíndrico 32 que tiene un eje de rotación que se

10 extiende a través de la amplitud de la superficie inclinada 12. El rodillo 32 puede ser sólido o puede comprender un tambor enfriado por agua, hueco, y puede girar ya sea en el sentido de las manecillas del reloj o en dirección contraria a las manecillas del reloj. El rodillo 32 se

15 extiende a través de substancialmente toda la amplitud de la superficie inclinada 12, y se separa de la misma por un espacio 34, a fin de distribuir la corriente de escoria 16 de manera uniforme a través de la amplitud de la superficie inclinada 12, y para reducir el grosor de la corriente de

20 escoria 16 a la altura del espacio 34. La altura del rodillo 32 puede ser ajustable a fin de que la altura del espacio 34 pueda ajustarse para diferentes tipos de escoria. Puede observarse que el elemento de distribución de flujo permite que la corriente de escoria 16 se haga más

25 uniforme, de tal manera que la velocidad de flujo de la

escoria a través de la amplitud de la superficie inclinada 12 sea relativamente constante, y la capacidad del aparato 10 se limite solo por la amplitud de la superficie inclinada 12 y el atomizador 22.

5 Cuando se requiere de una cantidad controlada de agua para reducir la formación de lana de escorias, puede agregarse en uno o más lugares en el aparato 10.

 Por ejemplo, parte o toda la cantidad controlada de agua puede agregarse a la escoria fundida a medida que
10 se dispersa por el atomizador 22 y/o inmediatamente después de que se dispersa por el atomizador 22. Por ejemplo, el(los) dispositivo(s) de adición de agua puede(n) asociarse con el atomizador 22 de tal manera que el fluido atomizador comprende tanto un gas atomizador como también
15 agua en forma gaseosa y/o líquida. En la modalidad ilustrada, el dispositivo de adición de agua comprende un conducto de agua 26 a través del cual el atomizador 22 recibe agua líquida y puede comprender además una o más toberas de aspersión 28 a través de las cuales se dispersa
20 agua hacia el flujo de aire producido por el atomizador 22. Otros aditivos posibles para el fluido atomizador incluyen carbón, carbonatos de metal y/u óxidos de metal, según se discute de manera más completa en la solicitud provisional de E.U. No. 62/007,180, arriba mencionada.

25 El aparato 10 incluye también una o más toberas

de agua 40 localizadas en la cámara de atomización 24, inmediatamente corriente abajo y por encima del extremo inferior 8 de la superficie inclinada 12 y el atomizador 22, a través de las cuales puede dirigirse un rocío de agua a presión elevada en los gránulos de escoria dispersos, proyectados por el atomizador 22, con el propósito de templar y fragmentar los gránulos a medida que se proyectan a través de la cámara 24, y antes de ser descargados en el área de recolección 30. De esta manera, el rocío de agua proveniente de las toberas 40 ayuda además a asegurar la producción de un producto granular mientras reduce la formación de lana de escorias.

El aparato 10 también puede incluir una o más toberas de rocío de agua 36 localizadas entre el extremo superior 14 de la superficie inclinada 12 y el rodillo cilíndrico 32, y las cuales pueden localizarse inmediatamente corriente arriba del rodillo 32. Estas toberas 36 se separan por encima y se dirigen hacia abajo en dirección de la superficie inclinada 12, y rocían agua sobre la parte superior de la corriente de escoria 16. El agua proveniente de las toberas 36 se difumina predominantemente hacia la corriente de escoria 16 y reacciona con la escoria para modificar sus propiedades tero-físicas, como se discutió arriba. En un proceso dado, pueden activarse uno o más conjuntos de tobera 28, 36, 40.

Esto proporciona flexibilidad en cuanto a los puntos en los cuales se agrega la cantidad controlada de agua a la corriente de escoria 16.

Además de la cantidad controlada de agua que se
5 agrega para modificar las propiedades termo-físicas de la escoria, el aparato 10 puede incluir dispositivos adicionales de adición de agua que agregan agua para otros propósitos. Por ejemplo, en casos donde se desea producir
10 gránulos de escoria con densidad reducida, interiores porosos y/o exteriores porosos, puede desearse incorporar una cantidad adicional de agua en la escoria con el propósito de expansión de la escoria. Para los propósitos de esta descripción, cualquier cantidad adicional de agua que se agrega con el propósito de expansión de escoria se
15 considera separada y distinta de la cantidad controlada de agua que se agrega a través de uno o más conjuntos de toberas 28, 36, 40, para modificar las propiedades termo-físicas de la escoria.

Como se muestra en la Figura 1, el aparato 10
20 puede incluir una o más toberas de agua 38 en el extremo superior 14 de la superficie inclinada 12, en el área donde se recibe la corriente de escoria 16 proveniente del lavado 20 y se deposita sobre la superficie inclinada 12. El agua proveniente de las toberas 38 se inyecta bajo la corriente
25 de escoria 16 en el extremo superior 14 de la superficie

inclinada 12, de tal manera que el agua se convierte predominantemente en vapor y forma huecos y expande la escoria a medida que se eleva a través de la corriente de escoria 16. Cuando se dispersa la escoria expandida, 5 producirá gránulos de escoria con densidad reducida, que tienen huecos internos y que opcionalmente tienen una superficie porosa externa.

El aparato 10 también puede incluir una o más toberas de agua 42 localizadas en la cámara de atomización 10 24, corriente abajo del atomizador 22, con el propósito de crear un vapor para enfriar gases que se generan durante la dispersión de la escoria. Los gases pueden escapar de la cámara 24 a través de un ducto 50 que se conecta a un dispositivo de recuperación de energía 52 para la 15 recuperación del calor proveniente de los gases. Los gases enfriados que se generan por el dispositivo de recuperación térmica 52 pueden reciclarse hacia el ventilador de atomización 46 a través del ducto 54.

En vez del atomizador 22, el aparato 10 puede 20 incluir un elemento mecánico giratorio (no mostrado) en el extremo inferior 18 de la superficie inclinada para dispersar la escoria. El elemento giratorio puede comprender un tambor cilíndrico giratorio que tiene paletas sobre su superficie externa, un disco de giro, una copa de 25 giro, etc. Cuando el aparato 10 incluye un elemento

giratorio, la cantidad controlada de agua se aplica a la corriente de escoria 16 a través de la una o más toberas 36 que se localizan cerca del rodillo cilíndrico 32, y/o las toberas de agua 40 que se localizan inmediatamente corriente abajo de y por encima del extremo inferior 18 de la superficie inclinada 12.

EJEMPLO

Una escoria de silicomanganeso con una viscosidad de aproximadamente 2.03 poises y una temperatura de aproximadamente 1,500°C se dispersó en un aparato similar al aparato 10, pero sin rodillo cilíndrico 32. La velocidad de flujo de la corriente de escoria 16 a lo largo de la superficie inclinada 12 fue de 2.0 toneladas/min. El atomizador 22 comprendió un ventilador de aire que produce una velocidad de flujo de aire de atomización de 1800 m³/min.

La corriente de escoria 16 se atomizó primero sin el uso de agua (velocidad de flujo de agua = 0 kg agua/t de escoria). Esto dio como resultado la formación de hasta aproximadamente 50% en peso de lana de escorias, siendo el resto gránulos de escoria.

La corriente de escoria se atomizó entonces con un fluido atomizador que comprende aire y agua, en donde se agregó agua al aire a través de la tobera de rocío 28 localizada en el atomizador. El agua se inyectó en el flujo

de aire de atomización a una velocidad de 100 kg/min (50 kg agua/t de escoria). Esto dio como resultado una reducción en la formación de lana de escorias hasta menos de 20% en peso, pudiéndose lograr una formación de lana de escorias de menos de 5% en peso mediante optimización.

Aunque la invención se ha descrito con relación a ciertas modalidades específicas, no se limita a las mismas. Más bien, la invención incluye todas las modalidades que caen dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco, caracterizado porque comprende:

5 (a) proporcionar una corriente de escoria fundida;

(b) agregar una cantidad controlada de agua a la escoria;

(c) granular la corriente de escoria fundida a
10 fin de producir escoria solidificada;

En donde la escoria solidificada comprende tales gránulos de escoria substancialmente en seco y lana de escorias, y en donde una cantidad de la lana de escorias producida mediante el proceso es menor que aquella que se
15 produciría mediante granulación de la corriente de escoria fundida sin la adición de la cantidad controlada de agua.

2. El proceso de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la cantidad controlada de agua es menor de aproximadamente 300 kg de
20 agua por tonelada de escoria.

3. El proceso de conformidad con la reivindicación 2, caracterizado porque la cantidad controlada de agua es menor de aproximadamente 100 kg de agua por tonelada de escoria.

25 4. El proceso de conformidad con cualquiera de

las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la cantidad controlada de agua es tal que los gránulos de escoria substancialmente en seco tienen un contenido de agua menor de aproximadamente 5 por ciento en peso.

5 5. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la etapa de granular la corriente de escoria fundida comprende la dispersión de la escoria fundida mediante contacto de la escoria fundida con una corriente de un fluido atomizador.

10 6. El proceso de conformidad con la reivindicación 5, caracterizado porque el fluido atomizador comprende gas.

 7. El proceso de conformidad con la reivindicación 5 ó 6, caracterizado porque al menos una
15 porción de la cantidad controlada de agua se agrega a la escoria de manera simultánea al contacto de la escoria fundida con el fluido atomizador.

 8. El proceso de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado porque el fluido atomizador
20 comprende además la cantidad controlada de agua.

 9. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado porque al menos una porción de la cantidad controlada de agua se agrega a la escoria fundida antes del contacto de la escoria fundida
25 con el fluido atomizador.

10. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, caracterizado porque al menos una porción de la cantidad controlada de agua se agrega a la escoria fundida inmediatamente después del contacto de la escoria fundida con el fluido atomizador, a medida que la escoria dispersa se proyecta a través de una cámara de atomización y antes de que se descargue en un área de recolección de la cámara de atomización.

11. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque la escoria fundida es una escoria metalúrgica.

12. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 y 11, caracterizado porque la etapa de granular la corriente de escoria fundida comprende la dispersión de la escoria fundida por contacto de la escoria fundida con un elemento mecánico giratorio.

13. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque la cantidad de la lana de escorias producida mediante el proceso es menor de aproximadamente 10 por ciento en peso de la escoria solidificada.

14. Un aparato para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco, caracterizado porque comprende:

(a) una superficie inclinada que tiene un extremo

superior para recibir una corriente de escoria fundida y un extremo inferior para descargar la corriente de escoria fundida;

(b) un dispositivo de dispersión en el extremo inferior de la superficie inclinada para dispersión de la corriente de escoria fundida, descargada a partir de la superficie inclinada;

(c) uno o más dispositivos de adición de agua para agregar una cantidad controlada de agua a la escoria fundida; y

(d) un área de recolección adyacente al dispositivo de dispersión para deposición de escoria solidificada, producida mediante la dispersión de la escoria fundida, en donde la escoria solidificada comprende tales gránulos de escoria substancialmente en seco y lana de escorias, y en donde una cantidad de la lana de escorias es menor que aquella que se produciría mediante la granulación de la corriente de escoria fundida sin la adición de la cantidad controlada de agua.

15. El aparato de conformidad con la reivindicación 14, caracterizado porque el dispositivo de dispersión comprende un atomizador en el cual la escoria fundida se contacta con una corriente de un fluido atomizador.

16. El aparato de conformidad con la

reivindicación 15, caracterizado porque el dispositivo de dispersión comprende un atomizador de gas y el fluido atomizador comprende gas.

17. El aparato de conformidad con la
5 reivindicación 16, caracterizado porque al menos uno de tales dispositivos de adición de agua se localiza cerca del extremo inferior de la superficie inclinada y se asocia con el atomizador de gas, de tal manera que el gas y la cantidad controlada de agua agregada por tal al menos un
10 dispositivo de adición de agua, comprenden en conjunto el fluido atomizador.

18. El aparato de conformidad con la reivindicación 17, caracterizado porque el atomizador de gas comprende un ventilador, y en donde el por lo menos un
15 dispositivo de adición de agua localizado cerca del extremo inferior de la superficie inclinada comprende una o más toberas de rocío, localizándose tales toberas de rocío por encima y/o por debajo del extremo inferior de la superficie inclinada.

20 19. El aparato de conformidad con la reivindicación 14, caracterizado porque el dispositivo de dispersión comprende un primer elemento mecánico giratorio, y en donde al menos uno de tales dispositivos de adición de agua se localiza entre el extremo superior de la superficie
25 inclinada y el primer elemento mecánico giratorio.

20. El aparato de conformidad con la reivindicación 19, caracterizado porque una dirección de flujo de escoria se define entre los extremos, superior e inferior, de la superficie inclinada, y la superficie
5 inclinada tiene una amplitud que es transversal a la dirección de flujo de escoria;

en donde el aparato comprende además un elemento de distribución de flujo, para distribuir el flujo de la escoria fundida a través de la amplitud de la superficie
10 inclinada; y

en donde el elemento de distribución de flujo se localiza entre el extremo superior de la superficie inclinada y el primer elemento mecánico giratorio.

21. El aparato de conformidad con la reivindicación 20, caracterizado porque el uno o más
15 dispositivos de adición de agua se localizan a lo largo de la dirección de flujo de escoria entre el extremo superior de la superficie inclinada y el elemento de distribución de flujo.

20 22. El aparato de conformidad con la reivindicación 21, caracterizado porque el uno o más dispositivos de adición de agua comprenden una o más toberas de rocío de agua proporcionadas encima de la superficie inclinada y dirigidas hacia abajo en dirección
25 de la superficie inclinada.

23. El aparato de conformidad con la reivindicación 22, caracterizado porque el elemento de distribución de flujo comprende un segundo elemento mecánico giratorio que se extiende a través de la amplitud de la superficie inclinada, es giratorio alrededor de un eje que se extiende de manera transversal a través de la superficie inclinada, y se extiende a través de substancialmente toda la amplitud de la superficie inclinada, y se separa de la superficie inclinada por un espacio.

24. El aparato de conformidad con la reivindicación 23, caracterizado porque el elemento de distribución de flujo es cilíndrico.

25. Un aparato para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco, caracterizado porque comprende:

(a) una superficie inclinada que tiene un extremo superior para recibir una corriente de escoria fundida y un extremo inferior para descargar la corriente de escoria fundida, en donde se define una dirección de flujo de escoria entre los extremos, superior e inferior, de la superficie inclinada, y la superficie inclinada tiene una amplitud que es transversal a la dirección de flujo de escoria;

(b) un atomizador de gas próximo al extremo

inferior de la superficie inclinada para dispersión de la corriente de escoria fundida, descargada a partir de la superficie inclinada con un gas atomizador; (c) un elemento de distribución de flujo para distribuir el flujo de la escoria fundida a través de la amplitud de la superficie inclinada, en donde el elemento de distribución de flujo se localiza entre el extremo superior y el extremo inferior de la superficie inclinada; y

(d) un área de recolección adyacente al atomizador de gas para deposición de escoria solidificada, producida mediante la dispersión de la escoria fundida, en donde la escoria solidificada comprende tales gránulos de escoria substancialmente en seco.

26. El aparato de conformidad con la reivindicación 25, caracterizado porque el elemento de distribución de flujo comprende un elemento mecánico giratorio que se extiende a través de la amplitud de la superficie inclinada, es giratorio alrededor de un eje que se extiende de manera transversal a través de la superficie inclinada, se extiende a través de substancialmente toda la amplitud de la superficie inclinada y se separa de la superficie inclinada por un espacio.

27. El aparato de conformidad con la reivindicación 26, caracterizado porque el elemento de distribución de flujo es cilíndrico.

28. El aparato de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 25 a 27, caracterizado porque el atomizador de gas se localiza debajo del extremo inferior de la superficie inclinada.

5 29. El aparato de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 25 a 28, caracterizado porque el aparato comprende además uno o más dispositivos de adición de agua que se localizan cerca de una o más de la superficie superior de la superficie inclinada, el elemento
10 de distribución de flujo y/o el atomizador de gas, con el propósito de agregar agua a la escoria fundida antes, durante y/o después de la granulación de la escoria fundida.

30. Un proceso para la producción de gránulos de
15 escoria substancialmente en seco, caracterizado porque comprende:

(a) proporcionar una corriente de escoria fundida que fluye a lo largo de una superficie inclinada que tiene un extremo superior para recibir la corriente de escoria
20 fundida y un extremo inferior para descargar la corriente de escoria fundida, en donde se define una dirección de flujo de escoria entre los extremos, superior e inferior, de la superficie inclinada, y la superficie inclinada tiene una amplitud que es transversal a la dirección de flujo de
25 escoria;

(b) distribuir la distribución de flujo de la escoria fundida a través de la amplitud de la superficie inclinada con un elemento de distribución de flujo localizado entre el extremo superior y el extremo inferior de la superficie inclinada, a fin de proporcionar a la corriente de escoria fundida un grosor uniforme en el extremo inferior de la superficie inclinada; y

(c) dispersar la corriente de escoria fundida con un gas atomizador proveniente de un atomizador de gas, inmediatamente después de que se descarga la corriente de escoria fundida proveniente del extremo inferior de la superficie inclinada.

31. El proceso de conformidad con la reivindicación 30, caracterizado porque comprende además la adición de agua a la escoria fundida en una cantidad de hasta aproximadamente 1.2 toneladas de agua por tonelada de escoria, en donde el agua se agrega antes, durante y/o después de la etapa de dispersión de la corriente de escoria fundida.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

Un proceso para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco comprende la adición de una cantidad controlada de agua a una corriente fundida de escoria, y la granulación de la escoria a fin de producir escoria solidificada que comprende gránulos de escoria substancialmente en seco y lana de escorias. Un aparato para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco comprende: (a) una superficie inclinada que tiene extremos, superior e inferior, para recibir y descargar la corriente de escoria; (b) un dispositivo de dispersión en el extremo inferior de la superficie inclinada para dispersión de la escoria fundida; (c) uno o más dispositivos de adición de agua para agregar una cantidad controlada de agua a la escoria fundida; y (d) un área de recolección adyacente al dispositivo de dispersión para deposición de escoria solidificada, producida por la dispersión. La cantidad de lana de escorias producida mediante el proceso y aparato es menor a la que se produciría sin la adición de agua.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco, caracterizado porque comprende:

(a) proporcionar una corriente de escoria fundida;

(b) agregar una cantidad controlada de agua a la escoria fundida, en donde la cantidad controlada de agua es menor de aproximadamente 300 kg de agua por tonelada de escoria;

(c) granular la corriente de escoria fundida a fin de producir escoria solidificada;

en donde la escoria solidificada comprende tales gránulos de escoria substancialmente en seco y lana de escorias, y en donde una cantidad de la lana de escorias producida mediante el proceso es menor que aquella que se produciría mediante granulación de la corriente de escoria fundida sin la adición de la cantidad controlada de agua.

2. El proceso de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la cantidad controlada de agua es menor de aproximadamente 100 kg de agua por tonelada de escoria.

3. El proceso de conformidad con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la cantidad controlada de agua es tal que los gránulos de escoria

substancialmente en seco tienen un contenido de agua menor de aproximadamente 5 por ciento en peso.

4. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la etapa de granular la corriente de escoria fundida comprende la dispersión de la escoria fundida mediante contacto de la escoria fundida con una corriente de un fluido atomizador.

5. El proceso de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque el fluido atomizador comprende gas.

6. El proceso de conformidad con la reivindicación 4 ó 5, caracterizado porque al menos una porción de la cantidad controlada de agua se agrega a la escoria de manera simultánea al contacto de la escoria fundida con el fluido atomizador.

7. El proceso de conformidad con la reivindicación 6, caracterizado porque el fluido atomizador comprende además la cantidad controlada de agua.

8. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, caracterizado porque al menos una porción de la cantidad controlada de agua se agrega a la escoria fundida antes del contacto de la escoria fundida con el fluido atomizador.

9. El proceso de conformidad con cualquiera de

las reivindicaciones 4 a 8, caracterizado porque al menos una porción de la cantidad controlada de agua se agrega a la escoria fundida inmediatamente después del contacto de la escoria fundida con el fluido atomizador, a medida que la escoria dispersa se proyecta a través de una cámara de atomización y antes de que se descargue en un área de recolección de la cámara de atomización.

10. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la escoria fundida es una escoria metalúrgica.

11. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 y 10, caracterizado porque la etapa de granular la corriente de escoria fundida comprende la dispersión de la escoria fundida por contacto de la escoria fundida con un elemento mecánico giratorio.

12. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque la cantidad de la lana de escorias producida mediante el proceso es menor de aproximadamente 10 por ciento en peso de la escoria solidificada.

13. Un aparato para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco, caracterizado porque comprende:

(a) una superficie inclinada que tiene un extremo

superior para recibir una corriente de escoria fundida y un extremo inferior para descargar la corriente de escoria fundida;

(b) un dispositivo de dispersión en el extremo inferior de la superficie inclinada para dispersión de la corriente de escoria fundida, descargada a partir de la superficie inclinada;

(c) uno o más dispositivos de adición de agua para agregar una cantidad controlada de agua a la escoria fundida; y

(d) un área de recolección adyacente al dispositivo de dispersión para deposición de escoria solidificada, producida mediante la dispersión de la escoria fundida, en donde la escoria solidificada comprende tales gránulos de escoria substancialmente en seco y lana de escorias, y en donde una cantidad de la lana de escorias es menor que aquella que se produciría mediante la granulación de la corriente de escoria fundida sin la adición de la cantidad controlada de agua.

14. El aparato de conformidad con la reivindicación 13, caracterizado porque el dispositivo de dispersión comprende un atomizador en el cual la escoria fundida se contacta con una corriente de un fluido atomizador.

15. El aparato de conformidad con la reivindicación 14, caracterizado porque el dispositivo de dispersión comprende un atomizador de gas y el fluido atomizador comprende gas.

16. El aparato de conformidad con la reivindicación 15, caracterizado porque al menos uno de tales dispositivos de adición de agua se localiza cerca del extremo inferior de la superficie inclinada y se asocia con el atomizador de gas, de tal manera que el gas y la cantidad controlada de agua agregada por tal al menos un dispositivo de adición de agua, comprenden en conjunto el fluido atomizador.

17. El aparato de conformidad con la reivindicación 16, caracterizado porque el atomizador de gas comprende un ventilador, y en donde el por lo menos un dispositivo de adición de agua localizado cerca del extremo inferior de la superficie inclinada comprende una o más toberas de rocío, localizándose tales toberas de rocío por encima y/o por debajo del extremo inferior de la superficie inclinada.

18. El aparato de conformidad con la reivindicación 13, caracterizado porque el dispositivo de dispersión comprende un primer elemento mecánico giratorio, y en donde al menos uno de tales dispositivos de adición de

agua se localiza entre el extremo superior de la superficie inclinada y el primer elemento mecánico giratorio.

19. El aparato de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque una dirección de flujo de escoria se define entre los extremos, superior e inferior, de la superficie inclinada, y la superficie inclinada tiene una amplitud que es transversal a la dirección de flujo de escoria;

en donde el aparato comprende además un elemento de distribución de flujo, para distribuir el flujo de la escoria fundida a través de la amplitud de la superficie inclinada; y

en donde el elemento de distribución de flujo se localiza entre el extremo superior de la superficie inclinada y el primer elemento mecánico giratorio.

20. El aparato de conformidad con la reivindicación 19, caracterizado porque el uno o más dispositivos de adición de agua se localizan a lo largo de la dirección de flujo de escoria entre el extremo superior de la superficie inclinada y el elemento de distribución de flujo.

21. El aparato de conformidad con la reivindicación 20, caracterizado porque el uno o más dispositivos de adición de agua comprenden una o más toberas

de rocío de agua proporcionadas encima de la superficie inclinada y dirigidas hacia abajo en dirección de la superficie inclinada.

22. El aparato de conformidad con la reivindicación 21, caracterizado porque el elemento de distribución de flujo comprende un segundo elemento mecánico giratorio que se extiende a través de la amplitud de la superficie inclinada, es giratorio alrededor de un eje que se extiende de manera transversal a través de la superficie inclinada, y se extiende a través de substancialmente toda la amplitud de la superficie inclinada, y se separa de la superficie inclinada por un espacio.

23. El aparato de conformidad con la reivindicación 22, caracterizado porque el elemento de distribución de flujo es cilíndrico.

24. Un aparato para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco, caracterizado porque comprende:

(a) una superficie inclinada que tiene un extremo superior para recibir una corriente de escoria fundida y un extremo inferior para descargar la corriente de escoria fundida, en donde se define una dirección de flujo de escoria entre los extremos, superior e inferior, de la superficie inclinada, y la superficie inclinada tiene una

amplitud que es transversal a la dirección de flujo de escoria;

(b) un atomizador de gas próximo al extremo inferior de la superficie inclinada para dispersión de la corriente de escoria fundida, descargada a partir de la superficie inclinada con un gas atomizador;

(c) un elemento de distribución de flujo para distribuir el flujo de la escoria fundida a través de la amplitud de la superficie inclinada, en donde el elemento de distribución de flujo se localiza entre el extremo superior y el extremo inferior de la superficie inclinada; y

(d) un área de recolección adyacente al atomizador de gas para deposición de escoria solidificada, producida mediante la dispersión de la escoria fundida, en donde la escoria solidificada comprende tales gránulos de escoria substancialmente en seco.

25. El aparato de conformidad con la reivindicación 24, caracterizado porque el elemento de distribución de flujo comprende un elemento mecánico giratorio que se extiende a través de la amplitud de la superficie inclinada, es giratorio alrededor de un eje que se extiende de manera transversal a través de la superficie inclinada, se extiende a través de substancialmente toda la amplitud de la superficie inclinada y se separa de la

superficie inclinada por un espacio.

26. El aparato de conformidad con la reivindicación 25, caracterizado porque el elemento de distribución de flujo es cilíndrico.

27. El aparato de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 24 a 26, caracterizado porque el atomizador de gas se localiza debajo del extremo inferior de la superficie inclinada.

28. El aparato de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 24 a 27, caracterizado porque el aparato comprende además uno o más dispositivos de adición de agua que se localizan cerca de una o más de la superficie superior de la superficie inclinada, el elemento de distribución de flujo y/o el atomizador de gas, con el propósito de agregar agua a la escoria fundida antes, durante y/o después de la granulación de la escoria fundida.

29. Un proceso para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco, caracterizado porque comprende:

(a) proporcionar una corriente de escoria fundida que fluye a lo largo de una superficie inclinada que tiene un extremo superior para recibir la corriente de escoria fundida y un extremo inferior para descargar la corriente de escoria fundida, en donde se define una dirección de flujo

de escoria entre los extremos, superior e inferior, de la superficie inclinada, y la superficie inclinada tiene una amplitud que es transversal a la dirección de flujo de escoria;

(b) distribuir la distribución de flujo de la escoria fundida a través de la amplitud de la superficie inclinada con un elemento de distribución de flujo localizado entre el extremo superior y el extremo inferior de la superficie inclinada, a fin de proporcionar a la corriente de escoria fundida un grosor uniforme en el extremo inferior de la superficie inclinada; y

(c) dispersar la corriente de escoria fundida con un gas atomizador proveniente de un atomizador de gas, inmediatamente después de que se descarga la corriente de escoria fundida proveniente del extremo inferior de la superficie inclinada.

30. El proceso de conformidad con la reivindicación 29, caracterizado porque comprende además la adición de agua a la escoria fundida en una cantidad de hasta aproximadamente 1.2 toneladas de agua por tonelada de escoria, en donde el agua se agrega antes, durante y/o después de la etapa de dispersión de la corriente de escoria fundida.

CESIÓN

CONSIDERANDO QUE, **SANTIAGO FAUCHER**, cuya dirección postal completa es 219 Elderwood Trail, Oakville, Ontario, Canadá L6H 5W2; **SANG-YOON OH**, cuya dirección postal completa es 104-250, Geonjiro, Seo-Gu, Incheon, Corea del Sur 404-250; **SINA MOSTAGHEL**, cuya dirección postal completa es 231 Fort York Boulevard, #1903, Toronto, Ontario, Canadá M5V 1B2; **LAI CHI SO**, cuya dirección postal completa es 30 Glencoyne Crescent, Toronto, Ontario, Canadá M1W 2Z2; **VICTOR HERNANDEZ**, cuya dirección postal completa es 5182 Wood Crescent, Burlington, Ontario, Canadá L7L 6N3; **MAURIZIO DARINI**, cuya dirección postal completa es 1 Chambers Avenue, Toronto, Ontario, Canadá M6N 3L8; **DARRYL ROBERT METCALFE**, cuya dirección postal completa es 14 Little Rouge Circle, Stouffville, Ontario, Canadá L4A 0G2; y **TOM RAFFERTY**, cuya dirección postal completa es 2800 Speakman Drive, Mississauga, Ontario, Canadá L5K 2R7, inventaron ciertas mejoras nuevas y útiles en una invención llamada **PROCESO Y APARATO PARA LA GRANULACIÓN EN SECO DE ESCORIA CON FORMACIÓN REDUCIDA DE LANA DE ESCORIA** tal como se describe detalladamente en la Solicitud de Patente Internacional No. PCT/CA2015/050210 presentada el 20 de marzo de 2015;

Y CONSIDERANDO QUE, la invención fue hecha por **SANTIAGO FAUCHER, SINA MOSTAGHEL, LAI CHI SO, VICTOR HERNANDEZ, MAURIZIO DARINI, DARRYL ROBERT METCALFE y TOM RAFFERTY** durante el desempeño de su trabajo en **HATCH LTD.**, cuyo lugar principal de negocios y dirección principal es 2800 Speakman Drive, Mississauga, Ontario, Canadá L5K 2R7; y por **SANG-YOON OH** durante el desempeño de su trabajo en **ECOMAISTER CO., LTD.** con dirección comercial en 104-250, Geonjiro, Seo-Gu, Incheon, Corea del Sur 404-250;

POR LO TANTO, a quien pueda interesar, se hace saber que, en contraprestación por la suma de Un Dólar, pagado a ellos directa y personalmente, cuya recepción se hace constar en el presente documento:

SANTIAGO FAUCHER, SINA MOSTAGHEL, LAI CHI SO, VICTOR HERNANDEZ, MAURIZIO DARINI, DARRYL ROBERT METCALFE y TOM RAFFERTY por medio del presente documento confirman que han vendido, cedido y transferido, y mediante el presente instrumento en efecto venden, ceden y transfieren a **HATCH LTD.**, sus sucesores y cesionarios, sus derechos, títulos e intereses sobre y en relación con dicho

invento en los Estados Unidos de América, Canadá y en todos los demás países sobre y en relación con la invención tal como se establece y se describe en la memoria descriptiva de la Solicitud de Patente de los Estados Unidos identificada anteriormente, y sobre y en relación con todas y cualquier Patente que se pueda obtener en virtud de la misma en los Estados Unidos de América, Canadá y en cualquier otro país;

SANG-YOON OH por medio del presente documento confirma que ha vendido, cedido y transferido, y mediante el presente instrumento en efecto vende, cede y transfiere a **ECOMAISTER CO., LTD.**, sus sucesores y cesionarios, sus derechos, títulos e intereses sobre y en relación con dicho invento en los Estados Unidos de América, Canadá y en todos los demás países sobre y en relación con la invención tal como se establece y se describe en la memoria descriptiva de la Solicitud de Patente de los Estados Unidos identificada anteriormente, y sobre y en relación con todas y cualquier Patente que se pueda obtener en virtud de la misma en los Estados Unidos de América, Canadá y en cualquier otro país;

Y los mencionados **SANTIAGO FAUCHER, SANG-YOON OH, SINA MOSTAGHEL, LAI CHI SO, VICTOR HERNANDEZ, MAURIZIO DARINI, DARRYL ROBERT METCALFE y TOM RAFFERTY** por medio del presente aceptan y convienen realizar todo lo mencionado y suscribir sin contraprestación adicional alguna los documentos, seguros, solicitudes y otros instrumentos legales que sean requeridos de manera razonable para obtener la Patente para dicha invención y otorgar la misma a **HATCH LTD. y ECOMAISTER CO., LTD.**, sus sucesores y cesionarios.

Suscrito en MISSISANGA, Ontario, Canadá, el día 25 de marzo de 2015.

Firma ilegible

Santiago Faucher

CERTIFICADO DE TRAMITACIÓN

Yo, LAI CHI SO, cuya dirección postal completa es 30 GLENCOYNE CRESCENT, TORONTO, ONTARIO, Canadá, M1W 2Z2, por medio del presente declaro que estaba presente personalmente y presencié a **Santiago Faucher**, a quien conozco personalmente como la persona nombrada en la anterior Cesión, firmar debidamente y suscribir la misma.

Firma ilegible

Firma del testigo

Suscrito en 104-250, Geonjiro, Seo-Gu, Incheon, Corea del Sur, el día 9 de abril de 2015.

Firma ilegible

Sang-Yoon Oh

CERTIFICADO DE TRAMITACIÓN

Yo, YOON-HEE JANG, cuya dirección postal completa es 104-250, Geonjiro, Seo-Gu, Incheon, Corea del Sur, por medio del presente declaro que estaba presente personalmente y presencié a **Sang-Yoo Oh**, a quien conozco personalmente como la persona nombrada en la anterior Cesión, firmar debidamente y suscribir la misma.

Firma ilegible

Firma del testigo

Suscrito en Mississauga, Ontario, Canadá, el día 2 de abril de 2015.

Firma ilegible

Sina Mostaghel

CERTIFICADO DE TRAMITACIÓN

Yo, LYNN DECOSTA, cuya dirección postal completa es 2800 Speakman Dr., Mississauga, Ontario, Canadá, por medio del presente declaro que estaba presente personalmente y presencié a **Sina Mostaghel**, a quien conozco personalmente como la persona nombrada en la anterior Cesión, firmar debidamente y suscribir la misma.

Firma ilegible

Firma del testigo

Suscrito en Mississauga, Ontario, Canadá, el día 24 de marzo de 2015.

Firma ilegible

Lai Chi So

CERTIFICADO DE TRAMITACIÓN

Yo, LYNN DECOSTA, cuya dirección postal completa es 2800 Speakman Dr., Mississauga, por medio del presente declaro que estaba presente personalmente y presencié a **Lai Chi So**, a quien conozco personalmente como la persona nombrada en la anterior Cesión, firmar debidamente y suscribir la misma.

Firma ilegible

Firma del testigo

Suscrito en Mississauga, Ontario, Canadá, el día 2 de abril de 2015.

Firma ilegible

Victor Hernandez

CERTIFICADO DE TRAMITACIÓN

Yo, Sina Mostaghel, cuya dirección postal completa es 2800 Speakman Dr., L5K 2R7, por medio del presente declaro que estaba presente personalmente y presencié a **Victor Hernandez**, a quien conozco personalmente como la persona nombrada en la anterior Cesión, firmar debidamente y suscribir la misma.

Firma ilegible

Firma del testigo

Suscrito en 800 SPEAKMAN DR. MISSISSANGA, Ontario, Canadá, el día 15 de abril de 2015.

Firma ilegible

Maurizio Darini

CERTIFICADO DE TRAMITACIÓN

Yo, Sina Mostaghel, cuya dirección postal completa es 2800 Speakman Dr., Mississauga, por medio del presente declaro que estaba presente personalmente y presencié a **Maurizio Darini**, a quien conozco personalmente como la persona nombrada en la anterior Cesión, firmar debidamente y suscribir la misma.

Firma ilegible

Firma del testigo

Suscrito en Mississauga, Ontario, Canadá, el día 9 de abril de 2015.

Firma ilegible

Darryl Robert Metcalfe

CERTIFICADO DE TRAMITACIÓN

Yo, MARTIN MURRAY, cuya dirección postal completa es 177 THE KINGSWAY, TORONTO ON. M8X 2V7, por medio del presente declaro que estaba presente personalmente y presencié a **Darryl Robert Metcalfe**, a quien conozco personalmente como la persona nombrada en la anterior Cesión, firmar debidamente y suscribir la misma.

Firma ilegible

Firma del testigo

Suscrito en Toronto, Ontario, Canadá, el día 14 de mayo de 2015.

Firma ilegible

Tom Rafferty

CERTIFICADO DE TRAMITACIÓN

Yo, THOMAS RAFFERTY, cuya dirección postal completa es 24 EAST YORK AVENUE TORONTO M4K 3Z9, por medio del presente declaro que estaba presente personalmente y presencié a **Tom Rafferty**, a quien conozco personalmente como la persona nombrada en la anterior Cesión, firmar debidamente y suscribir la misma.

Firma ilegible

Firma del testigo

ASSIGNMENT

WHEREAS, **SANTIAGO FAUCHER**, whose full post office address is 219 Elderwood Trail, Oakville, Ontario, Canada L6H 5W2; **SANG-YOON OH**, whose full post office address is 104-250, Geonjiro, Seo-Gu, Incheon, South Korea 404-250; **SINA MOSTAGHEL**, whose full post office address is 231 Fort York Boulevard, #1903, Toronto, Ontario, Canada M5V 1B2; **LAI CHI SO**, whose full post office address is 30 Glencoyne Crescent, Toronto, Ontario, Canada M1W 2Z2; **VICTOR HERNANDEZ**, whose full post office address is 5182 Wood Crescent, Burlington, Ontario, Canada L7L 6N3; **MAURIZIO DARINI**, whose full post office address is 1 Chambers Avenue, Toronto, Ontario, Canada M6N 3L8; **DARRYL ROBERT METCALFE**, whose full post office address is 14 Little Rouge Circle, Stouffville, Ontario, Canada L4A 0G2; and **TOM RAFFERTY**, whose full post office address is 2800 Speakman Drive, Mississauga, Ontario, Canada L5K 2R7, have invented certain new and useful improvements in an invention entitled **PROCESS AND APPARATUS FOR DRY GRANULATION OF SLAG WITH REDUCED FORMATION OF SLAG WOOL** as fully described and claimed in International Patent Application No. PCT/CA2015/050210 filed on March 20, 2015;

AND WHEREAS, the invention was made by **SANTIAGO FAUCHER**, **SINA MOSTAGHEL**, **LAI CHI SO**, **VICTOR HERNANDEZ**, **MAURIZIO DARINI**, **DARRYL ROBERT METCALFE** and **TOM RAFFERTY** during the course of their employment with **HATCH LTD.**, having its head office and principal place of business at 2800 Speakman Drive, Mississauga, Ontario, Canada L5K 2R7; and by **SANG-YOON OH** during the course of his employment with **ECOMAISTER CO., LTD.** with a place of business at 104-250, Geonjiro, Seo-Gu, Incheon, South Korea 404-250;

NOW THEREFORE, to all whom it may concern, be it known that for and in consideration of the sum of One Dollar to them in hand paid, the receipt of which is hereby acknowledged:

SANTIAGO FAUCHER, SINA MOSTAGHEL, LAI CHI SO, VICTOR HERNANDEZ, MAURIZIO DARINI, DARRYL ROBERT METCALFE and TOM RAFFERTY do hereby confirm that they have sold, assigned and transferred, and by these presents do sell, assign and transfer to the said **HATCH LTD.**, its successors and assigns, their right, title and interest in and to the said invention for the United States of America, Canada and for all other countries in and to the invention as fully set forth and described in the specification of the above-identified application for Letters Patent of the United States of America, and in and to any Letters Patent that may be obtained therefor in the United States of America, Canada and in any other country;

SANG-YOON OH does hereby confirm that he has sold, assigned and transferred, and by these presents does sell, assign and transfer to the said **ECOMAISTER CO., LTD.**, its successors and assigns, his right, title and interest in and to the said invention for the United States of America, Canada and for all other countries in and to the invention as fully set forth and described in the specification of the above-identified application for Letters Patent of the United States of America, and in and to any Letters Patent that may be obtained therefor in the United States of America, Canada and in any other country;

AND the said **SANTIAGO FAUCHER, SANG-YOON OH, SINA MOSTAGHEL, LAI CHI SO, VICTOR HERNANDEZ, MAURIZIO DARINI, DARRYL ROBERT METCALFE and TOM RAFFERTY** hereby covenant and agree to do all such things and to execute without further consideration such further lawful documents, assurances, application, and other instruments as may reasonably be required to obtain Letters Patent for the said invention and vest the same in **HATCH LTD. and ECOMAISTER CO., LTD.**, their successors and assigns.

Executed at MISSISSAUGA, Ontario, Canada, this 25 day
of MARCH, 2015.

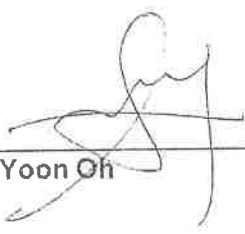

Santiago Faucher

CERTIFICATE OF EXECUTION

I, LAI CHI SO whose full post office address is
30 GLENCOYNE CRESCENT, TORONTO, ONTARIO CANADA M1W 2E2,
do hereby declare that I was personally present and did see **Santiago Faucher** who is
personally known to me to be the person named in the above Assignment, duly sign and
execute same.


Signature of Witness

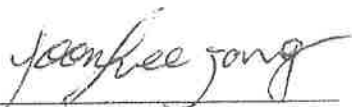
Executed at 104-250 Geonjipo Seo-Gun Incheon, South Korea,
this 9th day of April, 2015.



Sang-Yoon Oh

CERTIFICATE OF EXECUTION

I, Yoon-Hee JANG whose full post office address is
104-250, Geonjipo, Seo-gu, Incheon, South Korea
do hereby declare that I was personally present and did see **Sang-Yoon Oh** who is
personally known to me to be the person named in the above Assignment, duly sign and
execute same.



Signature of Witness

Executed at Mississauga, Ontario, Canada, this 2nd day
of April, 2015.



Sina Mostaghel

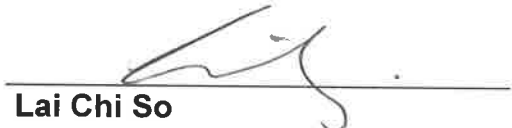
CERTIFICATE OF EXECUTION

I, LYNN DECOSTA whose full post office address is
2800 SPEARMAN DR, MISSISSAUGA, ONT, CANADA
do hereby declare that I was personally present and did see **Sina Mostaghel** who is
personally known to me to be the person named in the above Assignment, duly sign and
execute same.



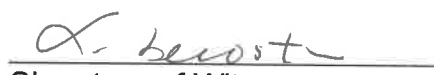
Signature of Witness

Executed at MISSISSAUGA, Ontario, Canada, this 24th day
of MARCH, 2015.


Lai Chi So

CERTIFICATE OF EXECUTION

I, LYNN DE COSTA whose full post office address is
2800 SPEAKMAN DRIVE, MISSISSAUGA, ON, CANADA L5K2K7
do hereby declare that I was personally present and did see **Lai Chi So** who is personally
known to me to be the person named in the above Assignment, duly sign and execute
same.


Signature of Witness

Executed at Mississauga, Ontario, Canada, this 2nd day
of April, 2015.



Victor Hernandez

CERTIFICATE OF EXECUTION

I, Sina Mostaghel whose full post office address is
2800 Speakman Dr. L5K 2R7,
do hereby declare that I was personally present and did see **Victor Hernandez** who is
personally known to me to be the person named in the above Assignment, duly sign and
execute same.



Signature of Witness

Executed at 2800 SPEAKMAN DR.
MISSISSAUGA, Ontario, Canada, this 15th day
of APRIL, 2015.

M. Darini
Maurizio Darini

CERTIFICATE OF EXECUTION

I, Sina Mostaghel whose full post office address is
2800 Speakman Dr., Mississauga
do hereby declare that I was personally present and did see **Maurizio Darini** who is
personally known to me to be the person named in the above Assignment, duly sign and
execute same.

[Signature]
Signature of Witness

Executed at Mississauga, Ontario, Canada, this 9th day
of April, 2015.


Darryl Robert Metcalfe

CERTIFICATE OF EXECUTION

I, MARTIN MURRAY whose full post office address is
177 THE KINGSWAY, TORONTO ON. M8X 2V7
do hereby declare that I was personally present and did see **Darryl Robert Metcalfe** who
is personally known to me to be the person named in the above Assignment, duly sign and
execute same.


Signature of Witness

Executed at TORONTO, Ontario, Canada, this 14th day
of MAY, 2015.


Tom Rafferty

CERTIFICATE OF EXECUTION

I, THOMAS RAFFERTY whose full post office address is
24 EAST YORK AVENUE TORONTO M4K 3Z9
do hereby declare that I was personally present and did see **Tom Rafferty** who is
personally known to me to be the person named in the above Assignment, duly sign and
execute same.


Signature of Witness

LISTA DE INVENTORES

PCT/CA2015/050210

Santiago FAUCHER
219 Elderwood Trail
Oakville,
Ontario L6H 5W2
Canadá
Nacionalidad: Canadiense

Sang-Yoon OH
104-250, Geonjiro,
Seo-Gu Incheon
Gyeonggi-do 404-250
Corea
Nacionalidad: Coreano

Sina MOSTAGHE
231 Fort York Boulevard,
#1903 Toronto,
Ontario M5V 1B2
Canadá
Nacionalidad: Iraní

Lai Chi SO
30 Glencoyne Crescent
Toronto,
Ontario M1W 2Z2
Canadá
Nacionalidad: Canadiense

Victor HERNANDEZ
5182 Wood Crescent
Burlington,
Ontario L7L 6N3
Canadá
Nacionalidad: Canadiense

Maurizio DARINI
1 Chambers Avenue
Toronto,
Ontario M6N 3L8
Canadá
Nacionalidad: Canadiense

Darryl Robert METCALFE
14 Little Rouge Circle
Stouffville,
Ontario L4A 0G2
Canadá
Nacionalidad: Canadiense

Tom RAFFERTY
2800 Speakman Drive
Mississauga,
Ontario L5K 2R7
Canadá
Nacionalidad: Canadiense

Ridout & Maybee LLP

CANADA'S INTELLECTUAL PROPERTY AND TECHNOLOGY LAW FIRM

Roland H. Joachim*

Direct Dial: (416) 865-3507

E-mail: rjoachim@ridoutmaybee.com

***Practising through Roland Joachim Professional Corporation**

October 5, 2015

BY FACSIMILE AND MAIL
011-41-22-338-8995

The International Bureau of WIPO
34, chemin des Colombettes
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Dear Sir/Madam:

Re: Amendment Under Article 19
WIPO: International Patent Application No. PCT/CA2015/050210
International Filing Date: March 20, 2015
Applicants: Hatch Ltd.; Ecomaister Co., Ltd.
Inventors: FAUCHER, Santiago, et al.
Title: PROCESS AND APPARATUS FOR DRY GRANULATION OF SLAG
WITH REDUCED FORMATION OF SLAG WOOL
Our File: 32342-3078

By way of amendment under Article 19, please replace pages 22 to 27 of the application as filed by new pages 22 to 27 submitted herewith.

Remarks

The following is a brief explanation of the differences between the claims as filed and the claims as amended.

Original claims 1-31 are replaced by amended claims 1-30. Amended claims 1-30 are derived from original claims 1 and 3-31, respectively, and original claim 2 is cancelled. The amendments to the claims are further discussed below, and are shown in the attached marked-up copy of the claims.

Independent claim 1 has been amended by inserting therein the subject matter of cancelled claim 2. Therefore, the basis for the amendment to claim 1 can be found in claim 2 of the application as originally filed.

Original claims 3-31 and their dependencies have been amended in view of the amendment to claim 1 and the cancellation of claim 2.

Page 2
The International Bureau of WIPO
October 5, 2015

It is believed that the claims as amended possess novelty, inventive step and industrial applicability in view of the references cited in the International Search Report.

Favourable consideration of this application is respectfully requested.

Yours very truly,

RIDOUT & MAYBEE LLP

Ridout & Maybee LLP

RHJ:mp
Encl.

What is claimed is:

1. A process for the production of substantially dry slag granules, comprising:
 - (a) providing a stream of molten slag;
 - (b) adding a controlled amount of water to the molten slag, wherein the controlled amount of water is less than about 300 kg water per tonne of slag;
 - (c) granulating the stream of molten slag to produce solidified slag;wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules and slag wool, and wherein a quantity of the slag wool produced by the process is less than that which would be produced by granulating the stream of molten slag without addition of the controlled amount of water.
2. The process of claim 1, wherein the controlled amount of water is less than about 100 kg water per tonne of slag.
3. The process of claim 1 or 2, wherein the controlled amount of water is such that the substantially dry slag granules have a water content of less than about 5 percent by weight.
4. The process of any one of claims 1 to 3, wherein the step of granulating the stream of molten slag comprises dispersion of the molten slag by contact of the molten slag with a stream of an atomizing fluid.
5. The process of claim 4, wherein the atomizing fluid comprises gas.
6. The process of claim 4 or 5, wherein at least a portion of the controlled amount of water is added to the slag simultaneously with the contact of the molten slag with the atomizing fluid.

7. The process of claim 6, wherein the atomizing fluid further comprises the controlled amount of water.

8. The process of any one of claims 4 to 7, wherein at least a portion of the controlled amount of water is added to the molten slag prior to the contact of the molten slag with the atomizing fluid.

9. The process of any one of claims 4 to 8, wherein at least a portion of the controlled amount of water is added to the molten slag immediately after the contact of the molten slag with the atomizing fluid, as the dispersed slag is projected through an atomizing chamber and before it lands in a collection area of the atomizing chamber.

10. The process of any one of claims 1 to 9, wherein the molten slag is a metallurgical slag.

11. The process of any one of claims 1 to 3 and 10, wherein the step of granulating the stream of molten slag comprises dispersion of the molten slag by contact of the molten slag with a rotating mechanical element.

12. The process of any one of claims 1 to 11, wherein the quantity of the slag wool produced by the process is less than about 10 percent by weight of the solidified slag.

13. An apparatus for the production of substantially dry slag granules, comprising:

(a) an inclined surface having an upper end for receiving a stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag;

(b) a dispersion device at the lower end of the inclined surface for dispersion of the stream of molten slag discharged from the inclined surface;

(c) one or more water addition devices for adding a controlled amount of water to the molten slag; and

(d) a collection area adjacent to the dispersion device for deposition of solidified slag produced by the dispersion of the molten slag, wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules and slag wool, and wherein a quantity of the slag wool is less than that which would be produced by granulating the stream of molten slag without addition of the controlled amount of water.

14. The apparatus of claim 13, wherein the dispersion device comprises an atomizer in which the molten slag is contacted with a stream of an atomizing fluid.

15. The apparatus of claim 14, wherein the dispersion device comprises a gas atomizer and the atomizing fluid comprises gas.

16. The apparatus of claim 15, wherein at least one of said water addition devices is located proximate to the lower end of the inclined surface and is associated with the gas atomizer, such that the gas and the controlled amount of water added by said at least one water addition device together comprise the atomizing fluid.

17. The apparatus of claim 16, wherein the gas atomizer comprises a blower, and wherein the at least one water addition device located proximate to the lower end of the inclined surface comprises one or more spray nozzles, said spray nozzles being located above and/or below the lower end of the inclined surface.

18. The apparatus of claim 13, wherein the dispersion device comprises a first rotating mechanical element, and wherein at least one of said water

addition devices are located between the upper end of the inclined surface and the first rotating mechanical element.

19. The apparatus of claim 18, wherein a slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction;

wherein the apparatus further comprises a flow distribution element, for distributing the flow of the molten slag across the width of the inclined surface; and

wherein the flow distribution element is located between the upper end of the inclined surface and the first rotating mechanical element.

20. The apparatus of claim 19, wherein the one or more water addition devices are located along the slag flow direction between the upper end of the inclined surface and the flow distribution element.

21. The apparatus of claim 20, wherein the one or more water addition devices comprises one or more water spray nozzles provided above the inclined surface and directed downwardly toward the inclined surface.

22. The apparatus of claim 21, wherein the flow distribution element comprises a second rotating mechanical element which extends across the width of the inclined surface, is rotatable about an axis extending transversely across the inclined surface, and extends across substantially the entire width of the inclined surface, and is spaced from the inclined surface by a gap.

23. The apparatus of claim 22, wherein the flow distribution element is cylindrical.

24. An apparatus for the production of substantially dry slag granules, comprising:

- (a) an inclined surface having an upper end for receiving a stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag, wherein a slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction;
- (b) a gas atomizer proximate to the lower end of the inclined surface for dispersion of the stream of molten slag discharged from the inclined surface with an atomizing gas;
- (c) a flow distribution element for distributing the flow of the molten slag across the width of the inclined surface, wherein the flow distribution element is located between the upper end and the lower end of the inclined surface; and
- (d) a collection area adjacent to the gas atomizer for deposition of solidified slag produced by the dispersion of the molten slag, wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules.

25. The apparatus of claim 24, wherein the flow distribution element comprises a rotating mechanical element which extends across the width of the inclined surface, is rotatable about an axis extending transversely across the inclined surface, extends across substantially the entire width of the inclined surface, and is spaced from the inclined surface by a gap.

26. The apparatus of claim 25, wherein the flow distribution element is cylindrical.

27. The apparatus of any one of claims 24 to 26, wherein the gas atomizer is located below the lower end of the inclined surface.

28. The apparatus of any one of claims 24 to 27, wherein the apparatus further comprises one or more water addition devices located proximate to one or more of the upper surface of the inclined surface, the flow distribution element, and/or the gas atomizer, for the purpose of adding water to the molten slag before, during and/or after granulation of the molten slag.

29. A process for the production of substantially dry slag granules, comprising:

(a) providing a stream of molten slag flowing along an inclined surface having an upper end for receiving the stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag, wherein a slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction;

(b) distributing the flow distribution of the molten slag across the width of the inclined surface with a flow distribution element located between the upper end and the lower end of the inclined surface, so as to provide the stream of molten slag with a uniform thickness at the lower end of the inclined surface; and

(c) dispersing the stream of molten slag with an atomizing gas from a gas atomizer immediately after the stream of molten slag is discharged from the lower end of the inclined surface.

30. The process of claim 29, further comprising the addition of water to the molten slag in an amount up to about 1.2 tonnes of water per tonne of slag, wherein the water is added before, during and/or after the step of dispersing the stream of molten slag.

What is claimed is:

1. A process for the production of substantially dry slag granules, comprising:

- (a) providing a stream of molten slag;
- (b) adding a controlled amount of water to the molten slag, wherein the controlled amount of water is less than about 300 kg water per tonne of slag;
- (c) granulating the stream of molten slag to produce solidified slag;

wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules and slag wool, and wherein a quantity of the slag wool produced by the process is less than that which would be produced by granulating the stream of molten slag without addition of the controlled amount of water.

~~2. The process of claim 1, wherein the controlled amount of water is less than about 300 kg water per tonne of slag.~~

~~32. The process of claim 21, wherein the controlled amount of water is less than about 100 kg water per tonne of slag.~~

~~43. The process of any one of claims 1 to 3 or 2, wherein the controlled amount of water is such that the substantially dry slag granules have a water content of less than about 5 percent by weight.~~

~~54. The process of any one of claims 1 to 43, wherein the step of granulating the stream of molten slag comprises dispersion of the molten slag by contact of the molten slag with a stream of an atomizing fluid.~~

~~65. The process of claim 54, wherein the atomizing fluid comprises gas.~~

76. The process of claim ~~5-4~~ or 65, wherein at least a portion of the controlled amount of water is added to the slag simultaneously with the contact of the molten slag with the atomizing fluid.

87. The process of claim 76, wherein the atomizing fluid further comprises the controlled amount of water.

98. The process of any one of claims ~~5-4~~ to 87, wherein at least a portion of the controlled amount of water is added to the molten slag prior to the contact of the molten slag with the atomizing fluid.

~~109~~. The process of any one of claims ~~5-4~~ to 98, wherein at least a portion of the controlled amount of water is added to the molten slag immediately after the contact of the molten slag with the atomizing fluid, as the dispersed slag is projected through an atomizing chamber and before it lands in a collection area of the atomizing chamber.

~~1110~~. The process of any one of claims 1 to ~~109~~, wherein the molten slag is a metallurgical slag.

~~1211~~. The process of any one of claims 1 to ~~4-3~~ and ~~1110~~, wherein the step of granulating the stream of molten slag comprises dispersion of the molten slag by contact of the molten slag with a rotating mechanical element.

~~1312~~. The process of any one of claims 1 to ~~1211~~, wherein the quantity of the slag wool produced by the process is less than about 10 percent by weight of the solidified slag.

~~1413~~. An apparatus for the production of substantially dry slag granules, comprising:

(a) an inclined surface having an upper end for receiving a stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag;

- (b) a dispersion device at the lower end of the inclined surface for dispersion of the stream of molten slag discharged from the inclined surface;
- (c) one or more water addition devices for adding a controlled amount of water to the molten slag; and
- (d) a collection area adjacent to the dispersion device for deposition of solidified slag produced by the dispersion of the molten slag, wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules and slag wool, and wherein a quantity of the slag wool is less than that which would be produced by granulating the stream of molten slag without addition of the controlled amount of water.

1514. The apparatus of claim 1413, wherein the dispersion device comprises an atomizer in which the molten slag is contacted with a stream of an atomizing fluid.

1615. The apparatus of claim 1514, wherein the dispersion device comprises a gas atomizer and the atomizing fluid comprises gas.

1716. The apparatus of claim 1615, wherein at least one of said water addition devices is located proximate to the lower end of the inclined surface and is associated with the gas atomizer, such that the gas and the controlled amount of water added by said at least one water addition device together comprise the atomizing fluid.

1817. The apparatus of claim 1716, wherein the gas atomizer comprises a blower, and wherein the at least one water addition device located proximate to the lower end of the inclined surface comprises one or more spray nozzles, said spray nozzles being located above and/or below the lower end of the inclined surface.

1918. The apparatus of claim 1413, wherein the dispersion device comprises a first rotating mechanical element, and wherein at least one of said water addition devices are located between the upper end of the inclined surface and the first rotating mechanical element.

2019. The apparatus of claim 1918, wherein a slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction;

wherein the apparatus further comprises a flow distribution element-, for distributing the flow of the molten slag across the width of the inclined surface; and

wherein the flow distribution element is located between the upper end of the inclined surface and the first rotating mechanical element.

2120. The apparatus of claim 2019, wherein the one or more water addition devices are located along the slag flow direction between the upper end of the inclined surface and the flow distribution element.

2221. The apparatus of claim 2120, wherein the one or more water addition devices comprises one or more water spray nozzles provided above the inclined surface and directed downwardly toward the inclined surface.

2322. The apparatus of claim 2221, wherein the flow distribution element comprises a second rotating mechanical element which extends across the width of the inclined surface, is rotatable about an axis extending transversely across the inclined surface, and extends across substantially the entire width of the inclined surface, and is spaced from the inclined surface by a gap.

2423. The apparatus of claim 2322, wherein the flow distribution element is cylindrical.

2524. An apparatus for the production of substantially dry slag granules, comprising:

- (a) an inclined surface having an upper end for receiving a stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag, wherein a slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction;
- (b) a gas atomizer proximate to the lower end of the inclined surface for dispersion of the stream of molten slag discharged from the inclined surface with an atomizing gas;
- (c) a flow distribution element for distributing the flow of the molten slag across the width of the inclined surface, wherein the flow distribution element is located between the upper end and the lower end of the inclined surface; and
- (d) a collection area adjacent to the gas atomizer for deposition of solidified slag produced by the dispersion of the molten slag, wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules.

2625. The apparatus of claim 2524, wherein the flow distribution element comprises a rotating mechanical element which extends across the width of the inclined surface, is rotatable about an axis extending transversely across the inclined surface, extends across substantially the entire width of the inclined surface, and is spaced from the inclined surface by a gap.

2726. The apparatus of claim 2625, wherein the flow distribution element is cylindrical.

2827. The apparatus of any one of claims 25-24 to 2726, wherein the gas atomizer is located below the lower end of the inclined surface.

2928. The apparatus of any one of claims 25-24 to 2827, wherein the apparatus further comprises one or more water addition devices located proximate to one or more of the upper surface of the inclined surface, the flow distribution element, and/or the gas atomizer, for the purpose of adding water to the molten slag before, during and/or after granulation of the molten slag.

3029. A process for the production of substantially dry slag granules, comprising:

(a) providing a stream of molten slag flowing along an inclined surface having an upper end for receiving the stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag, wherein a slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction;

(b) distributing the flow distribution of the molten slag across the width of the inclined surface with a flow distribution element located between the upper end and the lower end of the inclined surface, so as to provide the stream of molten slag with a uniform thickness at the lower end of the inclined surface; and

(c) dispersing the stream of molten slag with an atomizing gas from a gas atomizer immediately after the stream of molten slag is discharged from the lower end of the inclined surface.

3130. The process of claim 3029, further comprising the addition of water to the molten slag in an amount up to about 1.2 tonnes of water per tonne of slag, wherein the water is added before, during and/or after the step of dispersing the stream of molten slag.

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference 32342-3078	FOR FURTHER ACTION	see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below
International application No. PCT/CA2015/050210	International filing date (<i>day/month/year</i>) 20 March 2015 (20-03-2015)	(Earliest)Priority date (<i>day/month/year</i>) 03 June 2014 (03-06-2014)
Applicant HATCH LTD. ET AL		

This international search report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This international search report consists of a total of 4 sheets.

☒ It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

1. Basis of the report

a. With regard to the **language**, the international search was carried out on the basis of:

- ☒ the international application in the language in which it was filed.
- ☐ a translation of the international application into _____ which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).

b. ☐ This international search report has been established taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43.6bis(a)).

c. ☐ With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, see Box No. I.

2. ☐ **Certain claims were found unsearchable** (see Box No. II).

3. ☒ **Unity of invention is lacking** (see Box No. III).

4. With regard to the **title**,

- ☒ the text is approved as submitted by the applicant.
- ☐ the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the **abstract**,

- ☒ the text is approved as submitted by the applicant.
- ☐ the text has been established, according to Rule 38.2, by this Authority as it appears in Box No. IV. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority.

6. With regard to the **drawings**,

a. the figure of the **drawings** to be published with the abstract is Figure No. 1

- ☒ as suggested by the applicant.
- ☐ as selected by this Authority, because the applicant failed to suggest a figure.
- ☐ as selected by this Authority, because this figure better characterizes the invention.

b. ☐ none of the figures is to be published with the abstract.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CA2015/050210**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of the first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claim Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claim Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claim Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1-24 are directed to a process for the production of dry slag granules comprising adding a controlled amount of water to molten slag and granulating the molten slag to produce solidified slag, as well as to an apparatus for the production of slag granules comprising an inclined surface, a dispersion device, one or more water addition devices and a collection area.

Claims 25-31 are directed to an apparatus for the production of dry slag granules comprising an inclined surface, a gas atomizer, a flow distribution element and a collection area, as well as to a process for the production of dry slag granules comprising providing a stream of molten slag flowing along an inclined surface, distributing the flow with a flow distribution element and dispersing the stream of molten slag with an atomizing gas from a gas atomizer.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claim Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claim Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CA2015/050210

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC: **C04B 5/02** (2006.01), **C21B 3/06** (2006.01), **C22B 7/04** (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C04B 5/02 (2006.01), **C21B 3/06** (2006.01), **C22B 7/04** (2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic database(s) consulted during the international search (name of database(s) and, where practicable, search terms used)

Questel-Orbit, Scopus (atomiz+, dispers+, water, slag, granul+, cylind+, distribut+, inclin+, wool)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 5,944,861 A (MACKENZIE, P et al.) 31 August 1999 (31-08-1999) the whole document	1-4, 11-14, 19-24 5-10, 15-18, 29, 31
X Y	CA 1,110,072 A1 (KOZIMA, Y et al) 06 October 1981 (06-10-1981) the whole document	25-28, 30 5-10, 15-18, 29, 31

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* "A" "E" "L" "O" "P"	Special categories of cited documents: document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance earlier application or patent but published on or after the international filing date document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" "X" "Y" "&"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art document member of the same patent family
--------------------------------------	--	--------------------------	--

Date of the actual completion of the international search
25 May 2015 (25-05-2015)Date of mailing of the international search report
10 June 2015 (10-06-2015)Name and mailing address of the ISA/CA
Canadian Intellectual Property Office
Place du Portage I, C114 - 1st Floor, Box PCT
50 Victoria Street
Gatineau, Quebec K1A 0C9
Facsimile No.: 001-819-953-2476

Authorized officer

Marie Quinn (819) 934-1346

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CA2015/050210

Patent Document Cited in Search Report	Publication Date	Patent Family Member(s)	Publication Date
US5944861A	31 August 1999 (31-08-1999)	US5944861A AT248135T AU8006098A AU733179B2 BR9810931A CA2207780A1 CA2207780C CN1260768A CN1198770C CZ9904337A3 CZ296063B6 DE69817566D1 DE69817566T2 EP0988259A1 EP0988259B1 ES2205502T3 JP2002504060A JP4521605B2 MXP A99011501A NZ501730A PL337283A1 PL193635B1 RO119412B1 WO9857903A1	31 August 1999 (31-08-1999) 15 September 2003 (15-09-2003) 04 January 1999 (04-01-1999) 10 May 2001 (10-05-2001) 26 September 2000 (26-09-2000) 13 December 1998 (13-12-1998) 29 July 2003 (29-07-2003) 19 July 2000 (19-07-2000) 27 April 2005 (27-04-2005) 14 February 2001 (14-02-2001) 11 January 2006 (11-01-2006) 02 October 2003 (02-10-2003) 25 March 2004 (25-03-2004) 29 March 2000 (29-03-2000) 27 August 2003 (27-08-2003) 01 May 2004 (01-05-2004) 05 February 2002 (05-02-2002) 11 August 2010 (11-08-2010) 15 October 2004 (15-10-2004) 25 May 2001 (25-05-2001) 14 August 2000 (14-08-2000) 28 February 2007 (28-02-2007) 29 October 2004 (29-10-2004) 23 December 1998 (23-12-1998)
CA1110072A1	06 October 1981 (06-10-1981)	None	

- 1 -

PROCESS AND APPARATUS FOR DRY GRANULATION OF SLAG WITH REDUCED FORMATION OF SLAG WOOL

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATION

[0001] This application claims priority to and the benefit of United States Provisional Patent Application No. 62/007,284 filed June 3, 2014, the contents of which are incorporated herein by reference.

FIELD

[0002] The present disclosure relates to granulated slag products and processes for their production.

BACKGROUND

[0003] Slag is a by-product of metal production processes conducted in metallurgical furnaces. Although the composition and quantity of slag produced is highly dependent on the specific process, slag typically comprises a mixture of metal oxides with silica, and is produced in amounts ranging from roughly 10 percent to several times the amount of metal produced by the process.

[0004] During metal production, slag is present in the metallurgical furnace in molten form. Molten slag is periodically tapped from the furnace and may be processed into a granulated slag product. Granulated slag has been used as an aggregate for concrete and as a cementitious material, and recently there has been

- 2 -

interest in the use of granulated slag as proppants in oil and gas production, as roofing granules, abrasives or as catalyst supports.

[0005] Slag granulation is typically performed by a wet granulation process, conducted using water sprays which contact the stream of slag, and disperse it into droplets which solidify into granules that are conveyed down the sluicing launder, and then to a yard where they land in a pond for collection.

[0006] During the wet granulation process, large amounts of water are added to the slag to cool the molten slag. The waste water produced by the process is contaminated by contact with the slag and its disposal results in additional cost. Furthermore, water granulation often results in the production of slag granules which have an unacceptably high water content and which are considered unfit for many uses. The drying of wet slag granules also results in additional cost, and in many cases is not economically feasible. Attempts to address this problem by controlling the amounts of water added to the granulation process have met with limited success. Wet granulation of sulfur-containing slags has also been known to produce unacceptably high emissions of sulfur-containing gases.

[0007] Dry granulation of slag overcomes some of the problems associated with the wet granulation process. In a dry granulation process, the molten slag is typically dispersed or atomized by a pressured gas stream, or by mechanical means. Although dry granulation uses less water than wet granulation, and typically produces a dry product, the dry granulation process can produce large quantities of slag "wool", consisting of low density fibers of slag produced when the slag has poor droplet-forming properties. The slag wool has low density and high volume, making its handling, transportation, and recovery difficult. In extreme cases, the amount of slag wool formation may be as high as 90% by weight. The production of slag wool is particularly problematic for slags having high viscosity,

- 3 -

and has limited the application of dry granulation, and in particular gas atomization, to specific types of slag which have a low tendency to produce slag wool.

[0008] Also, it is difficult to process slag at high flow rates in a gas atomization apparatus, due to the tendency of the slag to gather into thick streams which are difficult to disperse with air. Furthermore, the thickness of the slag stream affects the size of the particles produced by air atomization. Therefore, inconsistency in the thickness of the slag stream can result in a lack of control over the particle size of the slag granules, and can result in products having a very broad particle size distribution. To avoid these issues, gas atomization processes tend to operate on a small scale, limiting their usefulness.

[0009] There remains a need for simple, economically feasible processes for slag granulation which avoid the above-mentioned problems associated with known wet and dry granulation processes.

SUMMARY

[0010] In one aspect, there is provided a process for the production of substantially dry slag granules. The process comprises: (a) providing a stream of molten slag, which may comprise a metallurgical slag; (b) adding a controlled amount of water to the slag; (c) granulating the stream of molten slag to produce solidified slag; wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules and slag wool, and wherein a quantity of the slag wool produced by the process is less than that which would be produced by granulating the stream of molten slag without addition of the controlled amount of water. For example, the quantity of the slag wool produced by the process is less than about 10 percent by weight of the solidified slag.

- 4 -

[0011] In an embodiment, the controlled amount of water is less than about 300 kg water per tonne of slag, and may be less than about 100 kg water per tonne of slag. For example, the controlled amount of water may be such that the substantially dry slag granules have a water content of less than about 5 percent by weight.

[0012] In another embodiment, the step of granulating the stream of molten slag comprises dispersion of the molten slag by contact of the molten slag with a stream of an atomizing fluid, which may comprise gas.

[0013] In yet another embodiment, at least a portion of the controlled amount of water is added to the slag simultaneously with the contact of the molten slag with the atomizing fluid, such that the atomizing fluid may further comprise the controlled amount of water.

[0014] In yet another embodiment, at least a portion of the controlled amount of water is added to the molten slag prior to the contact of the molten slag with the atomizing fluid.

[0015] In yet another embodiment, at least a portion of the controlled amount of water is added to the molten slag immediately after the contact of the molten slag with the atomizing fluid, as the dispersed slag is projected through an atomizing chamber and before it lands in a collection area of the atomizing chamber.

[0016] In yet another embodiment, the step of granulating the stream of molten slag comprises dispersion of the molten slag by contact of the molten slag with a rotating mechanical element.

- 5 -

[0017] In another aspect, there is provided an apparatus for the production of substantially dry slag granules. The apparatus comprises: (a) an inclined surface having an upper end for receiving a stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag; (b) a dispersion device at the lower end of the inclined surface for dispersion of the stream of molten slag discharged from the inclined surface; (c) one or more water addition devices for adding a controlled amount of water to the molten slag; and (d) a collection area adjacent to the dispersion device for deposition of solidified slag produced by the dispersion of the molten slag, wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules and slag wool, and wherein a quantity of the slag wool is less than that which would be produced by granulating the stream of molten slag without addition of the controlled amount of water.

[0018] In one embodiment, the dispersion device comprises an atomizer in which the molten slag is contacted with a stream of an atomizing fluid. For example, the dispersion device may comprise a gas atomizer and the atomizing fluid may comprise gas.

[0019] In another embodiment, at least one of said water addition devices is located proximate to the lower end of the inclined surface and is associated with the gas atomizer, such that the gas and the controlled amount of water added by said at least one water addition device together comprise the atomizing fluid.

[0020] In yet another embodiment, the gas atomizer comprises a blower, and the at least one water addition device located proximate to the lower end of the inclined surface comprises one or more spray nozzles, said spray nozzles being located above and/or below the lower end of the inclined surface.

[0021] In yet another embodiment, the dispersion device comprises a first rotating mechanical element, and wherein at least one of said water addition

- 6 -

devices are located between the upper end of the inclined surface and the first rotating mechanical element.

[0022] In yet another embodiment, a slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction; the apparatus further comprises a flow distribution element , for distributing the flow of the molten slag across the width of the inclined surface; and the flow distribution element is located between the upper end of the inclined surface and the first rotating mechanical element.

[0023] In yet another embodiment, the one or more water addition devices are located along the slag flow direction between the upper end of the inclined surface and the flow distribution element.

[0024] In yet another embodiment, the one or more water addition devices comprises one or more water spray nozzles provided above the inclined surface and directed downwardly toward the inclined surface.

[0025] In yet another embodiment, the flow distribution element comprises a second rotating mechanical element which extends across the width of the inclined surface, is rotatable about an axis extending transversely across the inclined surface, and extends across substantially the entire width of the inclined surface, and is spaced from the inclined surface by a gap.

[0026] In yet another embodiment, the flow distribution element is cylindrical.

[0027] In another aspect, there is provided an apparatus for the production of substantially dry slag granules, comprising: (a) an inclined surface having an upper end for receiving a stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag, wherein a slag flow direction is defined between upper and

- 7 -

lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction; (b) a gas atomizer proximate to the lower end of the inclined surface for dispersion of the stream of molten slag discharged from the inclined surface with an atomizing gas; (c) a flow distribution element for distributing the flow of the molten slag across the width of the inclined surface, wherein the flow distribution element is located between the upper end and the lower end of the inclined surface; and (d) a collection area adjacent to the gas atomizer for deposition of solidified slag produced by the dispersion of the molten slag, wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules.

[0028] In an embodiment, the flow distribution element comprises a rotating mechanical element which extends across the width of the inclined surface, is rotatable about an axis extending transversely across the inclined surface, extends across substantially the entire width of the inclined surface, and is spaced from the inclined surface by a gap. For example, the flow distribution element may be cylindrical.

[0029] In another embodiment, the gas atomizer is located below the lower end of the inclined surface.

[0030] In yet another embodiment, the apparatus further comprises one or more water addition devices located proximate to one or more of the upper surface of the inclined surface, the flow distribution element, and/or the gas atomizer, for the purpose of adding water to the molten slag before, during and/or after granulation of the molten slag.

[0031] In yet another aspect, there is provided a process for the production of substantially dry slag granules, comprising: (a) providing a stream of molten slag flowing along an inclined surface having an upper end for receiving the stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag, wherein a

- 8 -

slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction; (b) distributing the flow distribution of the molten slag across the width of the inclined surface with a flow distribution element located between the upper end and the lower end of the inclined surface, so as to provide the stream of molten slag with a uniform thickness at the lower end of the inclined surface; and (c) dispersing the stream of molten slag with an atomizing gas from a gas atomizer immediately after the stream of molten slag is discharged from the lower end of the inclined surface. The process may further comprise the addition of water to the molten slag in an amount up to about 1.2 tonnes of water per tonne of slag, wherein the water is added before, during and/or after the step of dispersing the stream of molten slag.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0032] The invention will now be described, by way of example only, with reference to the attached drawings, in which:

[0033] Figure 1 illustrates an apparatus for production of substantially dry slag granules according to an embodiment.

DETAILED DESCRIPTION

[0034] The following is a detailed description of processes and apparatus for producing substantially dry slag granules from molten slag produced by metallurgical processes. The dry slag granules may be suitable for use as proppants for oil and gas recovery, roofing granules, catalyst supports, abrasives, concrete aggregates, and/or cementitious materials.

- 9 -

[0035] The starting materials used in the processes described herein are slag compositions. Typically these slag compositions are by-products from processes for metal production. Slag compositions for use in the processes described herein can have various compositions, depending on the processes from which they originate.

[0036] The slag compositions used herein can be of various compositions and viscosities, and include ferrous and non-ferrous slags. Ferrous slags are produced in ironmaking and steelmaking and typically comprise lime, silica, alumina and magnesia, and may also comprise free iron. Non-ferrous slags are produced in smelting processes for production of non-ferrous metal such as copper, nickel and lead. Non-ferrous slags may comprise varying amounts of silica, iron oxide, magnesia and lime, and tend to be more acidic than ferrous slags, due to a higher ratio of SiO_2/CaO (i.e. lower basicity).

[0037] Slag is maintained within the metallurgical furnace in a molten state. The molten slag is periodically tapped from the furnace, into a movable slag vessel or a slag launder or runner, in which the molten slag is transported to another area of the plant.

[0038] In the present process, a stream of molten slag is granulated to produce solidified, dry slag granules. Typically, the stream of molten slag is transferred directly from a metallurgical furnace to the granulation apparatus, so as to minimize heat loss and solidification of the molten slag, and to avoid additional costs involved in crushing and re-melting solidified slag. However, this is not essential to operation of the process.

[0039] In some aspects of the present process, a controlled amount of water is added to the slag for the purpose of reducing wool formation. The controlled amount of water for reducing wool formation is less than about 300 kg per tonne of slag, i.e. less than about 30 percent by weight. More typically, the controlled

- 10 -

amount of water which is added to the slag to reduce wool formation is less than about 100 kg per tonne of slag (10 percent by weight), or less than about 50 kg per tonne of slag (5 percent by weight). Where water is added for reduction of wool formation, the lower limit of water addition for this purpose is about 5 kg per tonne of slag.

[0040] In other aspects of the present process, the slag may not be susceptible to wool formation, in which case it may not be necessary to add any water for the purpose of reducing wool formation. For example, certain slags from processes for producing steel, zinc or copper may not require water addition for reducing wool formation. This aspect of the process is further discussed below, in connection with the apparatus shown in Figure 1.

[0041] The total amount of water added to the slag in the present process may include an amount of water for expansion of the slag, for example where lightweight slag granules are the desired product. The typical amount of water added for slag expansion is from about 200-800 kg per tonne of slag (20-80 percent). Even with the addition of water for expansion, the present process uses substantially less water than conventional wet granulation processes, which typically use about 6-10 tonnes of water per tonne of slag.

[0042] Where the slag being granulated is susceptible to wool formation, the inventors have found that the addition of water in the above amounts results in a significant reduction in the formation of slag wool, the reductions being on the order of at least about 30-50 weight percent relative to equivalent gas atomization processes in which the slag is not conditioned by addition of water. The amount of reduction is at least partly dependent on the degree of slag wool formation in the absence of water. The inventors have found that it is possible to reduce the production of slag wool in some processes to levels as low as about 5 percent by

- 11 -

weight of the solidified slag, meaning that the solidified slag is predominantly comprised of slag granules.

[0043] Furthermore, the slag granules produced by the present process are "dry" granules, having a water content of less than about 5 percent by weight, more typically less than about 2 percent by weight.

[0044] Although not wishing to be bound by theory, the inventors believe that the addition of water in the above amounts may reduce the viscosity of the slag, thereby reducing its tendency to form slag wool upon dispersion. This is somewhat surprising, and counter-intuitive, since one would expect that the addition of water would have the opposite effect, i.e. that water addition would cause the slag to cool and become more viscous.

[0045] Again, without wishing to be bound by theory, the inventors believe that viscosity reduction may result from the breakup of silicate networks in the slag. In this regard, the high viscosity of some slags, particularly acidic non-ferrous slags, is believed to be a result of the presence of polymerized silicate networks, i.e. connected SiO_4^{-4} tetrahedral units, in these slags. Non-ferrous slags therefore have poor dispersibility, which has limited the production of saleable granular products from these types of slags.

[0046] At least some of the water added to the hot slag for the purpose of reducing wool formation dissociates into elemental hydrogen and oxygen and reacts with the bridging oxygen atoms in the silicate network to form hydroxides. This is believed to break down the silicate network and reduce the degree of polymerization in the slag, thereby reducing the viscosity of the slag and reducing the tendency of the slag to form slag wool upon dispersion.

- 12 -

[0047] In addition to viscosity reduction, the inventors believe that the addition of water to slag in the above-defined amounts may also have other benefits, including increased density, increased fluidity and increased superheat.

[0048] Increased density of the slag is also believed to result from the breakup of silica networks. This results in a reduction of the molar volume of the system, which is the reciprocal of density.

[0049] Increased fluidity is inversely proportional to the kinematic viscosity of the melt (viscosity/density). A decreased viscosity and increased density will reduce the kinematic viscosity and thereby increase the fluidity of the melt. The increased fluidity is expected to reduce the tendency of the slag to form slag wool during dispersion.

[0050] The superheat is defined as the difference between the liquidus temperature of the slag and the operating temperature of the slag. Water dissolution into acidic slag reduces its liquidus temperature, thereby resulting in an increased superheat. A higher superheat results in lower viscosity, increased fluidity, easier dispersibility, and reduced slag wool formation.

[0051] The atomization of viscous slags may also be brought about by physical fragmentation of the slag, for example by hydraulic shock, film-boiling instabilities, and micro-explosions.

[0052] For example, addition of water into the dispersion medium increases its momentum, resulting in "hydraulic shock", which assists in breaking down the filaments of molten slag into droplets.

[0053] Film-boiling instability results from a film of water vapour on the surface of the molten slag. Oscillation of the film thickness causes sufficient

- 13 -

momentum to the melt so that its surface distorts into waves that will grow and detach, forming small fragments. The film waves will be propagated and enlarged until they collapse, resulting in further fragmentation of slag filaments.

[0054] Micro-explosions are caused by superheating of water which is intimately mixed with slag, resulting in additional fragmentation of slag filaments.

[0055] Regardless of the mechanism by which dispersibility is improved, the present process is applicable to a wide range of slags, having varying degrees of viscosity. Some of these slags have not been effectively processed into saleable products in the past.

[0056] According to the present process, the stream of molten slag is granulated to produce a solidified slag, which will include substantially dry slag granules and which may or may not include some amount of slag wool. The means by which the slag is granulated is variable.

[0057] In some embodiments, the stream of molten slag is dispersed by contact of the molten slag with a stream of an atomizing fluid. The atomizing fluid may comprise a stream of gas from one or more blowers or nozzles, the fluid being directed at the stream of molten slag as it falls through an atomization chamber. The atomizing fluid simultaneously disperses the slag into droplets and cools the droplets into a solid state, thereby forming solid slag granules. Dispersion of the molten slag with an atomizing fluid results in solid slag granules having a relatively small particle size and narrow particle size distribution. Such particles have a variety of end uses, including slag proppants, roofing granules and catalyst supports.

[0058] In other embodiments, the stream of molten slag is dispersed by contact of the molten slag with a rotating mechanical element located within a

- 14 -

chamber. Numerous types of rotating elements are known in the prior art, including rotating plates, rotating vaned drums or impellers, etc. In this type of apparatus, the molten slag comes into contact with the rotating element and is projected through the chamber, which causes the slag to separate into droplets and solidify into granules before landing in a heap in a collection area. Dispersion of the molten slag by a rotating mechanical element results in slag granules having relatively wide particle distribution and a diameter up to about 21 mm. Such particles may be used as aggregate in concrete compositions.

[0059] The controlled amount of water for reducing slag wool formation may be added at one or more stages in the process. In particular, the controlled amount of water may be added prior to, simultaneously with, and/or immediately after the dispersion of the slag. For example, where the molten slag is dispersed by contact with an atomizing fluid, the controlled amount of water may be added to the slag simultaneously and/or immediately after the contact of the molten slag with the atomizing fluid, as the dispersed slag is projected through the atomizing chamber and before it lands in the collection area of the atomizing chamber. When the slag is simultaneously contacted with the atomizing fluid and the controlled amount of water, it will be appreciated that the water may be incorporated into the atomizing fluid.

[0060] The controlled amount of water may instead be added to the molten slag before the granulation step. The increased residence time of the water in or on the molten slag prior to dispersion may be beneficial in some types of slags, although the inventors have observed that improved dispersibility and reduced wool formation are provided in cases where the controlled amount of water is added simultaneously with, immediately before, and/or immediately after the granulation step.

- 15 -

[0061] As mentioned above, the present process is adaptable to a wide range of slag compositions, and is capable of producing slag granules of a variety of sizes. It will be appreciated that various other modifications can be made to the molten slag to render it suitable for specific applications. These modifications include expansion of the slag to produce granules of varying density, as well as modifications to alter the chemical composition and shape of the granules. These modifications are discussed in greater detail in US provisional application no. 62/007,180 filed on June 3, 2014 and entitled "GRANULATED SLAG PRODUCTS AND PROCESSES FOR THEIR PRODUCTION", which is incorporated herein by reference in its entirety.

[0062] As an added benefit, the present process may result in reduced emissions of sulfur-containing gases such as sulfur dioxide and hydrogen sulfide, as compared to wet granulation processes. In this regard, air atomization of slag oxidizes sulfur in the slag and also alters the properties of the slag so that it has a greater capacity to absorb sulfur. As a result, more sulfur remains in the slag, and less is emitted as SO_2 or H_2S .

[0063] The apparatus for performing the process described above is now described with reference to the drawing.

[0064] Figure 1 schematically illustrates an apparatus 10 for production of substantially dry slag granules. The apparatus 10 comprises an inclined surface 12 having an upper end 14 for receiving a stream of molten slag 16 and a lower end 18 for discharging the stream of molten slag 16. The surface 12 is inclined so as to permit gravity flow of the stream of slag 16 from the upper end 14 to the lower end 18 of the inclined surface 12. Therefore, a slag flow direction is defined between the upper and lower ends 14, 18 of the inclined surface 12. The slag flow rate is typically about 0.1-10 tonnes/min at an inclination angle of about 45 degrees. The inclined surface 12 may have a width of about 0.2-4 metres and a length of about

- 16 -

1.5-2 metres, with the residence time of the slag flowing along surface 12 being about 3-10 seconds. It will be appreciated that these parameters are somewhat dependent on the slag properties.

[0065] The inclined surface 12 is comprised of a heat-resistant material and may comprise the planar base of a feed trough having sides (not shown) to retain the stream of molten slag 16. Molten slag is transported from a metallurgical furnace (not shown) to apparatus 10 by a slag vessel or launder 20, which feeds the molten slag to the upper end 14 of the inclined surface 12.

[0066] A dispersion device is located at or below the lower end 18 of the inclined surface 12. In the present embodiment, the dispersion device comprises an atomizer 22 which is located immediately below the lower end 18 of the inclined surface 12, in an atomization chamber 24. The atomizer 22 directs a stream of an atomizing fluid at the molten slag stream 16 as it is discharged from the lower end 18 of the inclined surface 12 and falls through the chamber 24.

[0067] The atomizer 22 comprises a gas inlet 44, an atomizing blower 46, an atomization nozzle 23 having a width which is substantially the same as the width of the inclined surface 12, and ducting 48 which connects the atomizing blower 46 to the atomization nozzle 23. The atomizing fluid is of variable composition, and may include one or more of air, steam, liquid water, inert gas, recycled process gases, etc. The gas may be compressed air or air at ambient pressure. For example, where the gas is at ambient pressure, the atomizer 22 may comprise a common blower 46, which may produce a maximum total pressure rise of less than about 80 inches of water, or about 20kPa.

[0068] When the atomizing fluid contacts the falling stream of molten slag 16, it disperses the molten slag into droplets which are projected through the chamber 24. The droplets cool and solidify as they are projected through chamber 24, and

- 17 -

land in a collection area 30 adjacent to the atomizer 22. The solidified slag deposited in collection area 30 and predominantly comprises substantially dry slag granules.

[0069] The apparatus 10 further comprises a flow distribution element to distribute or spread the flow of the molten slag across the width of the inclined surface 12, wherein the width is defined transversely to the slag flow direction. As mentioned above, slag has a tendency to gather into thick streams which are difficult to disperse with air, thereby limiting the ability of the dry granulation apparatus to process slag at high flow rates, and limiting its scale. The inventors have found that the incorporation of a flow distribution element into apparatus 10 distributes the flow of the molten slag across the width of the inclined surface 12, so as to reduce the thickness of the slag stream 16 and make it easier to disperse once it reaches the atomizer 22. The flow distribution element helps to ensure that the thickness of the slag stream 16 discharged from the lower end 18 of the inclined surface 12 is relatively uniform across the width of the inclined surface 12 and across the width of the atomizer nozzle 23. As explained above, this helps to control the particle size and the particle size distribution of the slag granules. Also, by making the thickness of the slag stream more uniform, the flow distribution element helps to reduce the amount of slag wool produced by the atomizer 22, regardless of whether a controlled amount of water is required for the purpose of reducing slag wool formation.

[0070] The flow distribution element may take a variety of forms, such as one or more upstanding ribs or other elements formed on the inclined surface 12 for distributing the slag flow, or a stationary bar or a rotating element located above the inclined surface 12 and extending across the width of the inclined surface 12. The flow distribution element is located between the upper and lower ends 14, 18 of the inclined surface, and also upstream of the atomizer 22. In the illustrated embodiment, the flow distribution element comprises a rotating element in the form

- 18 -

of a cylindrical roller 32 having an axis of rotation extending across the width of the inclined surface 12. The roller 32 may be solid or may comprise a hollow, water-cooled drum, and may rotate in either a clockwise or counter-clockwise direction. The roller 32 extends across substantially the entire width of the inclined surface 12, and is spaced therefrom by a gap 34, so as to distribute the slag stream 16 evenly across the width of the inclined surface 12, and to reduce the thickness of the slag stream 16 to the height of gap 34. The height of roller 32 may be adjustable so that the height of the gap 34 may be adjusted for different types of slag. It can be seen that the flow distribution element permits the slag stream 16 to be made more uniform, such that the flow rate of slag across the width of the inclined surface 12 is relatively constant, and the capacity of the apparatus 10 is limited only by the width of the inclined surface 12 and the atomizer 22.

[0071] Where a controlled amount of water for reducing slag wool formation is required, it may be added at one or more locations in apparatus 10.

[0072] For example, some or all of the controlled amount of water may be added to the molten slag as it is being dispersed by the atomizer 22, and/or immediately after it is dispersed by the atomizer 22. For example, the water addition device(s) may be associated with the atomizer 22 such that the atomizing fluid comprises both an atomizing gas and water in gaseous and/or liquid form. In the illustrated embodiment, the water addition device comprises a water conduit 26 through which the atomizer 22 receives liquid water, and may further comprise one or more spray nozzles 28 through which water is dispersed into the air flow produced by the atomizer 22. Other possible additives to the atomizing fluid include carbon, metal carbonates and/or metal oxides, as more fully discussed in above-mentioned US provisional application no. 62/007,180.

[0073] The apparatus 10 also includes one or more water nozzles 40 located in the atomization chamber 24, immediately downstream and above the lower end

- 19 -

18 of the inclined surface 12 and atomizer 22, through which a high pressure spray of water may be directed at the dispersed slag granules projected by atomizer 22, for the purpose of quenching and fragmenting the granules as they are projected through the chamber 24, and before they land in the collection area 30. In this way, the spray of water from nozzles 40 further helps to ensure production of a granular product while minimizing formation of slag wool.

[0074] The apparatus 10 may also include one or more water spray nozzles 36 located between the upper end 14 of the inclined surface 12 and the cylindrical roller 32, and which may be located immediately upstream of the roller 32. These nozzles 36 are spaced above and directed downwardly toward the inclined surface 12, and spray water on top of the slag stream 16. The water from nozzles 36 is predominantly diffused into the slag stream 16 and reacts with the slag to modify its thermo-physical properties as discussed above. In a given process, one or more sets of nozzles 28, 36, 40 may be activated. This provides flexibility as to the points at which the controlled amount of water is added to the slag stream 16.

[0075] In addition to the controlled amount of water which is added to modify the thermo-physical properties of the slag, apparatus 10 may include additional water addition devices which add water for other purposes. For example, in cases where it is desired to produce slag granules with reduced density, porous interiors, and/or porous exteriors, it may be desired to incorporate an additional amount of water into the slag for the purpose of slag expansion. For the purpose of this disclosure, any additional amounts of water added for the purpose of slag expansion are considered separate and distinct from the controlled amount of water which is added through one or more sets of nozzles 28, 36, 40 to modify the thermo-physical properties of the slag.

[0076] As shown in Figure 1, apparatus 10 may include one or more water nozzles 38 at the upper end 14 of the inclined surface 12, in the area where the slag

- 20 -

stream 16 is received from launder 20 and is deposited onto the inclined surface 12. The water from nozzles 38 is injected under the slag stream 16 at the upper end 14 of inclined surface 12, such that the water is predominantly converted to steam and forms voids and expands the slag as it rises upwardly through the slag stream 16. When the expanded slag is dispersed, it will produce slag granules with reduced density, having internal voids and optionally having a porous outer surface.

[0077] Apparatus 10 may also include one or more water nozzles 42 located in the atomization chamber 24, downstream of the atomizer 22, for the purpose of creating a mist for cooling gases which are generated during dispersion of the slag. The gases may be exhausted from chamber 24 through a duct 50 which is connected to an energy recovery device 52 for recovery of heat from the gases. The cooled gases generated by heat recovery device 52 may be recycled to the atomizing blower 46 through ducting 54.

[0078] Rather than atomizer 22, the apparatus 10 may include a rotating mechanical element (not shown) at the lower end 18 of the inclined surface to disperse the slag. The rotating element may comprise a rotating cylindrical drum having vanes on its outer surface, a spinning disc, a spinning cup, etc. Where the apparatus 10 includes a rotating element, the controlled amount of water is applied to the slag stream 16 through the one or more nozzles 36 located proximate to the cylindrical roller 32, and/or water nozzles 40 located immediately downstream of and above the lower end 18 of the inclined surface 12.

EXAMPLE

[0079] A silicomanganese slag with a viscosity of about 2.03 poise and a temperature of about 1,500°C was dispersed in an apparatus similar to apparatus 10, but without cylindrical roller 32. The flow rate of slag stream 16 along the

- 21 -

inclined surface 12 was 2.0 ton/min. The atomizer 22 comprised an air blower producing a flow rate of atomization air of 1800 m³/min.

[0080] The slag stream 16 was first atomized without the use of water (water flow rate = 0 kg water/ t slag). This resulted in formation of up to about 50 wt. % slag wool, the balance being slag granules.

[0081] The slag stream was then atomized with an atomizing fluid comprising air and water, wherein water was added to the air through spray nozzle 28 located at the atomizer. The water was injected into the atomization air flow at a rate of 100 kg/min (50 kg water/ t slag). This resulted in a reduction in slag wool formation to less than 20 wt. %, with slag wool formation of less than 5 wt. % wool being achievable by optimization.

[0082] Although the invention has been described with reference to certain specific embodiments, it is not limited thereto. Rather, the invention includes all embodiments which may fall within the scope of the following claims.

- 22 -

What is claimed is:

1. A process for the production of substantially dry slag granules, comprising:
 - (a) providing a stream of molten slag;
 - (b) adding a controlled amount of water to the slag;
 - (c) granulating the stream of molten slag to produce solidified slag;

wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules and slag wool, and wherein a quantity of the slag wool produced by the process is less than that which would be produced by granulating the stream of molten slag without addition of the controlled amount of water.

2. The process of claim 1, wherein the controlled amount of water is less than about 300 kg water per tonne of slag.
3. The process of claim 2, wherein the controlled amount of water is less than about 100 kg water per tonne of slag.
4. The process of any one of claims 1 to 3, wherein the controlled amount of water is such that the substantially dry slag granules have a water content of less than about 5 percent by weight.
5. The process of any one of claims 1 to 4, wherein the step of granulating the stream of molten slag comprises dispersion of the molten slag by contact of the molten slag with a stream of an atomizing fluid.
6. The process of claim 5, wherein the atomizing fluid comprises gas.

- 23 -

7. The process of claim 5 or 6, wherein at least a portion of the controlled amount of water is added to the slag simultaneously with the contact of the molten slag with the atomizing fluid.
8. The process of claim 7, wherein the atomizing fluid further comprises the controlled amount of water.
9. The process of any one of claims 5 to 8, wherein at least a portion of the controlled amount of water is added to the molten slag prior to the contact of the molten slag with the atomizing fluid.
10. The process of any one of claims 5 to 9, wherein at least a portion of the controlled amount of water is added to the molten slag immediately after the contact of the molten slag with the atomizing fluid, as the dispersed slag is projected through an atomizing chamber and before it lands in a collection area of the atomizing chamber.
11. The process of any one of claims 1 to 10, wherein the molten slag is a metallurgical slag.
12. The process of any one of claims 1 to 4 and 11, wherein the step of granulating the stream of molten slag comprises dispersion of the molten slag by contact of the molten slag with a rotating mechanical element.
13. The process of any one of claims 1 to 12, wherein the quantity of the slag wool produced by the process is less than about 10 percent by weight of the solidified slag.
14. An apparatus for the production of substantially dry slag granules, comprising:

- 24 -

- (a) an inclined surface having an upper end for receiving a stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag;
 - (b) a dispersion device at the lower end of the inclined surface for dispersion of the stream of molten slag discharged from the inclined surface;
 - (c) one or more water addition devices for adding a controlled amount of water to the molten slag; and
 - (d) a collection area adjacent to the dispersion device for deposition of solidified slag produced by the dispersion of the molten slag, wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules and slag wool, and wherein a quantity of the slag wool is less than that which would be produced by granulating the stream of molten slag without addition of the controlled amount of water.
15. The apparatus of claim 14, wherein the dispersion device comprises an atomizer in which the molten slag is contacted with a stream of an atomizing fluid.
16. The apparatus of claim 15, wherein the dispersion device comprises a gas atomizer and the atomizing fluid comprises gas.
17. The apparatus of claim 16, wherein at least one of said water addition devices is located proximate to the lower end of the inclined surface and is associated with the gas atomizer, such that the gas and the controlled amount of water added by said at least one water addition device together comprise the atomizing fluid.
18. The apparatus of claim 17, wherein the gas atomizer comprises a blower, and wherein the at least one water addition device located proximate to the lower end of the inclined surface comprises one or more spray nozzles, said spray nozzles being located above and/or below the lower end of the inclined surface.

- 25 -

19. The apparatus of claim 14, wherein the dispersion device comprises a first rotating mechanical element, and wherein at least one of said water addition devices are located between the upper end of the inclined surface and the first rotating mechanical element.

20. The apparatus of claim 19, wherein a slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction;

wherein the apparatus further comprises a flow distribution element , for distributing the flow of the molten slag across the width of the inclined surface; and

wherein the flow distribution element is located between the upper end of the inclined surface and the first rotating mechanical element.

21. The apparatus of claim 20, wherein the one or more water addition devices are located along the slag flow direction between the upper end of the inclined surface and the flow distribution element.

22. The apparatus of claim 21, wherein the one or more water addition devices comprises one or more water spray nozzles provided above the inclined surface and directed downwardly toward the inclined surface.

23. The apparatus of claim 22, wherein the flow distribution element comprises a second rotating mechanical element which extends across the width of the inclined surface, is rotatable about an axis extending transversely across the inclined surface, and extends across substantially the entire width of the inclined surface, and is spaced from the inclined surface by a gap.

24. The apparatus of claim 23, wherein the flow distribution element is cylindrical.

- 26 -

25. An apparatus for the production of substantially dry slag granules, comprising:

- (a) an inclined surface having an upper end for receiving a stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag, wherein a slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction;
- (b) a gas atomizer proximate to the lower end of the inclined surface for dispersion of the stream of molten slag discharged from the inclined surface with an atomizing gas;
- (c) a flow distribution element for distributing the flow of the molten slag across the width of the inclined surface, wherein the flow distribution element is located between the upper end and the lower end of the inclined surface; and
- (d) a collection area adjacent to the gas atomizer for deposition of solidified slag produced by the dispersion of the molten slag, wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules.

26. The apparatus of claim 25, wherein the flow distribution element comprises a rotating mechanical element which extends across the width of the inclined surface, is rotatable about an axis extending transversely across the inclined surface, extends across substantially the entire width of the inclined surface, and is spaced from the inclined surface by a gap.

27. The apparatus of claim 26, wherein the flow distribution element is cylindrical.

28. The apparatus of any one of claims 25 to 27, wherein the gas atomizer is located below the lower end of the inclined surface.

- 27 -

29. The apparatus of any one of claims 25 to 28, wherein the apparatus further comprises one or more water addition devices located proximate to one or more of the upper surface of the inclined surface, the flow distribution element, and/or the gas atomizer, for the purpose of adding water to the molten slag before, during and/or after granulation of the molten slag.

30. A process for the production of substantially dry slag granules, comprising:

- (a) providing a stream of molten slag flowing along an inclined surface having an upper end for receiving the stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag, wherein a slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction;
- (b) distributing the flow distribution of the molten slag across the width of the inclined surface with a flow distribution element located between the upper end and the lower end of the inclined surface, so as to provide the stream of molten slag with a uniform thickness at the lower end of the inclined surface; and
- (c) dispersing the stream of molten slag with an atomizing gas from a gas atomizer immediately after the stream of molten slag is discharged from the lower end of the inclined surface.

31. The process of claim 30, further comprising the addition of water to the molten slag in an amount up to about 1.2 tonnes of water per tonne of slag, wherein the water is added before, during and/or after the step of dispersing the stream of molten slag.

AMENDED CLAIMS

received by the International Bureau on 05 October 2015

What is claimed is:

1. A process for the production of substantially dry slag granules, comprising:
 - (a) providing a stream of molten slag;
 - (b) adding a controlled amount of water to the molten slag, wherein the controlled amount of water is less than about 300 kg water per tonne of slag;
 - (c) granulating the stream of molten slag to produce solidified slag;

wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules and slag wool, and wherein a quantity of the slag wool produced by the process is less than that which would be produced by granulating the stream of molten slag without addition of the controlled amount of water.
2. The process of claim 1, wherein the controlled amount of water is less than about 100 kg water per tonne of slag.
3. The process of claim 1 or 2, wherein the controlled amount of water is such that the substantially dry slag granules have a water content of less than about 5 percent by weight.
4. The process of any one of claims 1 to 3, wherein the step of granulating the stream of molten slag comprises dispersion of the molten slag by contact of the molten slag with a stream of an atomizing fluid.
5. The process of claim 4, wherein the atomizing fluid comprises gas.
6. The process of claim 4 or 5, wherein at least a portion of the controlled amount of water is added to the slag simultaneously with the contact of the molten slag with the atomizing fluid.

7. The process of claim 6, wherein the atomizing fluid further comprises the controlled amount of water.
8. The process of any one of claims 4 to 7, wherein at least a portion of the controlled amount of water is added to the molten slag prior to the contact of the molten slag with the atomizing fluid.
9. The process of any one of claims 4 to 8, wherein at least a portion of the controlled amount of water is added to the molten slag immediately after the contact of the molten slag with the atomizing fluid, as the dispersed slag is projected through an atomizing chamber and before it lands in a collection area of the atomizing chamber.
10. The process of any one of claims 1 to 9, wherein the molten slag is a metallurgical slag.
11. The process of any one of claims 1 to 3 and 10, wherein the step of granulating the stream of molten slag comprises dispersion of the molten slag by contact of the molten slag with a rotating mechanical element.
12. The process of any one of claims 1 to 11, wherein the quantity of the slag wool produced by the process is less than about 10 percent by weight of the solidified slag.
13. An apparatus for the production of substantially dry slag granules, comprising:
 - (a) an inclined surface having an upper end for receiving a stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag;
 - (b) a dispersion device at the lower end of the inclined surface for dispersion of the stream of molten slag discharged from the inclined surface;

(c) one or more water addition devices for adding a controlled amount of water to the molten slag; and

(d) a collection area adjacent to the dispersion device for deposition of solidified slag produced by the dispersion of the molten slag, wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules and slag wool, and wherein a quantity of the slag wool is less than that which would be produced by granulating the stream of molten slag without addition of the controlled amount of water.

14. The apparatus of claim 13, wherein the dispersion device comprises an atomizer in which the molten slag is contacted with a stream of an atomizing fluid.

15. The apparatus of claim 14, wherein the dispersion device comprises a gas atomizer and the atomizing fluid comprises gas.

16. The apparatus of claim 15, wherein at least one of said water addition devices is located proximate to the lower end of the inclined surface and is associated with the gas atomizer, such that the gas and the controlled amount of water added by said at least one water addition device together comprise the atomizing fluid.

17. The apparatus of claim 16, wherein the gas atomizer comprises a blower, and wherein the at least one water addition device located proximate to the lower end of the inclined surface comprises one or more spray nozzles, said spray nozzles being located above and/or below the lower end of the inclined surface.

18. The apparatus of claim 13, wherein the dispersion device comprises a first rotating mechanical element, and wherein at least one of said water

addition devices are located between the upper end of the inclined surface and the first rotating mechanical element.

19. The apparatus of claim 18, wherein a slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction;

wherein the apparatus further comprises a flow distribution element, for distributing the flow of the molten slag across the width of the inclined surface; and

wherein the flow distribution element is located between the upper end of the inclined surface and the first rotating mechanical element.

20. The apparatus of claim 19, wherein the one or more water addition devices are located along the slag flow direction between the upper end of the inclined surface and the flow distribution element.

21. The apparatus of claim 20, wherein the one or more water addition devices comprises one or more water spray nozzles provided above the inclined surface and directed downwardly toward the inclined surface.

22. The apparatus of claim 21, wherein the flow distribution element comprises a second rotating mechanical element which extends across the width of the inclined surface, is rotatable about an axis extending transversely across the inclined surface, and extends across substantially the entire width of the inclined surface, and is spaced from the inclined surface by a gap.

23. The apparatus of claim 22, wherein the flow distribution element is cylindrical.

24. An apparatus for the production of substantially dry slag granules, comprising:

- (a) an inclined surface having an upper end for receiving a stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag, wherein a slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction;
- (b) a gas atomizer proximate to the lower end of the inclined surface for dispersion of the stream of molten slag discharged from the inclined surface with an atomizing gas;
- (c) a flow distribution element for distributing the flow of the molten slag across the width of the inclined surface, wherein the flow distribution element is located between the upper end and the lower end of the inclined surface; and
- (d) a collection area adjacent to the gas atomizer for deposition of solidified slag produced by the dispersion of the molten slag, wherein the solidified slag comprises said substantially dry slag granules.

25. The apparatus of claim 24, wherein the flow distribution element comprises a rotating mechanical element which extends across the width of the inclined surface, is rotatable about an axis extending transversely across the inclined surface, extends across substantially the entire width of the inclined surface, and is spaced from the inclined surface by a gap.

26. The apparatus of claim 25, wherein the flow distribution element is cylindrical.

27. The apparatus of any one of claims 24 to 26, wherein the gas atomizer is located below the lower end of the inclined surface.

28. The apparatus of any one of claims 24 to 27, wherein the apparatus further comprises one or more water addition devices located proximate to one or more of the upper surface of the inclined surface, the flow distribution element, and/or the gas atomizer, for the purpose of adding water to the molten slag before, during and/or after granulation of the molten slag.

29. A process for the production of substantially dry slag granules, comprising:

- (a) providing a stream of molten slag flowing along an inclined surface having an upper end for receiving the stream of molten slag and a lower end for discharging the stream of molten slag, wherein a slag flow direction is defined between upper and lower ends of the inclined surface, and the inclined surface has a width which is transverse to the slag flow direction;
- (b) distributing the flow distribution of the molten slag across the width of the inclined surface with a flow distribution element located between the upper end and the lower end of the inclined surface, so as to provide the stream of molten slag with a uniform thickness at the lower end of the inclined surface; and
- (c) dispersing the stream of molten slag with an atomizing gas from a gas atomizer immediately after the stream of molten slag is discharged from the lower end of the inclined surface.

30. The process of claim 29, further comprising the addition of water to the molten slag in an amount up to about 1.2 tonnes of water per tonne of slag, wherein the water is added before, during and/or after the step of dispersing the stream of molten slag.

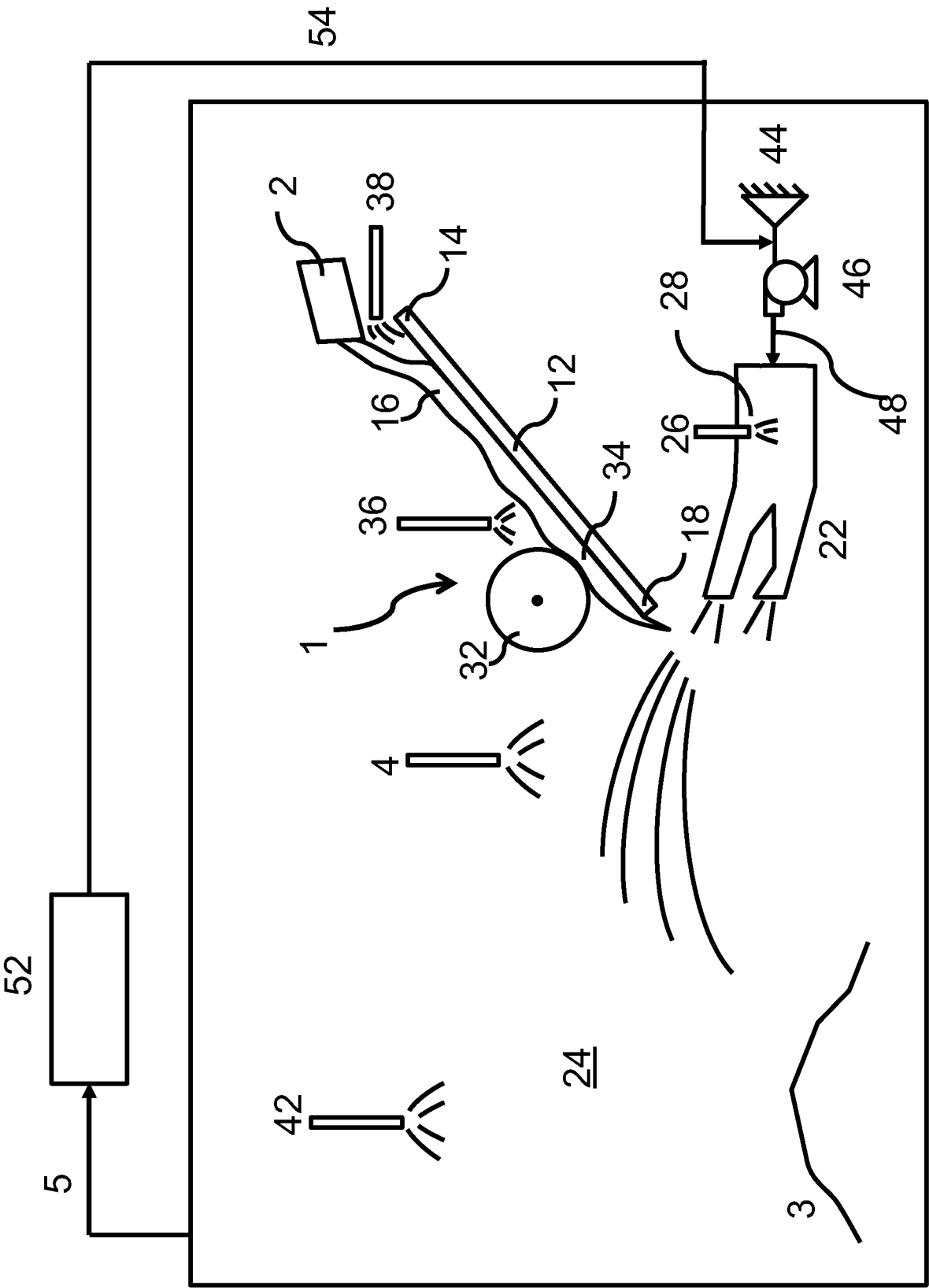


Figure 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CA2015/050210

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC: **C04B 5/02** (2006.01), **C21B 3/06** (2006.01), **C22B 7/04** (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C04B 5/02 (2006.01), **C21B 3/06** (2006.01), **C22B 7/04** (2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic database(s) consulted during the international search (name of database(s) and, where practicable, search terms used)

Questel-Orbit, Scopus (atomiz+, dispers+, water, slag, granul+, cylind+, distribut+, inclin+, wool)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 5,944,861 A (MACKENZIE, P et al.) 31 August 1999 (31-08-1999) the whole document	1-4, 11-14, 19-24 5-10, 15-18, 29, 31
X Y	CA 1,110,072 A1 (KOZIMA, Y et al) 06 October 1981 (06-10-1981) the whole document	25-28, 30 5-10, 15-18, 29, 31

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* "A" "E" "L" "O" "P"	Special categories of cited documents: document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance earlier application or patent but published on or after the international filing date document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" "X" "Y" "&"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art document member of the same patent family
--------------------------------------	--	--------------------------	--

Date of the actual completion of the international search
25 May 2015 (25-05-2015)Date of mailing of the international search report
10 June 2015 (10-06-2015)Name and mailing address of the ISA/CA
Canadian Intellectual Property Office
Place du Portage I, C114 - 1st Floor, Box PCT
50 Victoria Street
Gatineau, Quebec K1A 0C9
Facsimile No.: 001-819-953-2476

Authorized officer

Marie Quinn (819) 934-1346

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CA2015/050210**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of the first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claim Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claim Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claim Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1-24 are directed to a process for the production of dry slag granules comprising adding a controlled amount of water to molten slag and granulating the molten slag to produce solidified slag, as well as to an apparatus for the production of slag granules comprising an inclined surface, a dispersion device, one or more water addition devices and a collection area.

Claims 25-31 are directed to an apparatus for the production of dry slag granules comprising an inclined surface, a gas atomizer, a flow distribution element and a collection area, as well as to a process for the production of dry slag granules comprising providing a stream of molten slag flowing along an inclined surface, distributing the flow with a flow distribution element and dispersing the stream of molten slag with an atomizing gas from a gas atomizer.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claim Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claim Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CA2015/050210

Patent Document Cited in Search Report	Publication Date	Patent Family Member(s)	Publication Date
US5944861A	31 August 1999 (31-08-1999)	US5944861A AT248135T AU8006098A AU733179B2 BR9810931A CA2207780A1 CA2207780C CN1260768A CN1198770C CZ9904337A3 CZ296063B6 DE69817566D1 DE69817566T2 EP0988259A1 EP0988259B1 ES2205502T3 JP2002504060A JP4521605B2 MXP A99011501A NZ501730A PL337283A1 PL193635B1 RO119412B1 WO9857903A1	31 August 1999 (31-08-1999) 15 September 2003 (15-09-2003) 04 January 1999 (04-01-1999) 10 May 2001 (10-05-2001) 26 September 2000 (26-09-2000) 13 December 1998 (13-12-1998) 29 July 2003 (29-07-2003) 19 July 2000 (19-07-2000) 27 April 2005 (27-04-2005) 14 February 2001 (14-02-2001) 11 January 2006 (11-01-2006) 02 October 2003 (02-10-2003) 25 March 2004 (25-03-2004) 29 March 2000 (29-03-2000) 27 August 2003 (27-08-2003) 01 May 2004 (01-05-2004) 05 February 2002 (05-02-2002) 11 August 2010 (11-08-2010) 15 October 2004 (15-10-2004) 25 May 2001 (25-05-2001) 14 August 2000 (14-08-2000) 28 February 2007 (28-02-2007) 29 October 2004 (29-10-2004) 23 December 1998 (23-12-1998)
CA1110072A1	06 October 1981 (06-10-1981)	None	

General Power**Poder General**

The undersigned,

El suscrito,

HATCH LTD

domiciled in

domiciliado en

2800 Speakman Drive, Mississauga, Ontario L5K 2R7 Canada

hereby appoint to **Carlos R. Olarte and/or Juan Guillermo Moure** legal representatives with faculties to receive notifications and to appoint judicial or extrajudicial agents in Patents for Inventions, Utility Models, Layout-Designs (topographies) of Integrated Circuits, Industrial Designs, Trademarks, Advertising Slogans, Trade Names, Commercial Emblems, Geographical Indications, Protection of Trade Secrets, Obtainer's Certificates, Copyrights, Registration of Domain Names, Health Registrations, or any other intellectual property right Republic of Colombia, to initiate before said authorities all the necessary actions to accomplish said purposes and to intervene in all instances, grades and procedural levels; to file and prosecute applications, declarations, complaints, to claim, counterclaim, answer claims and counterclaims; to make amendments; oppositions and all types of objections and writings of any nature; cancellations and administrative injunction proceedings; to pay all installments and effect all other payments prescribed by law; to receive documents and monies; act as complainants as well as defendants, before the competent judges, with full powers to request preliminary injunctions of any nature, settle, make arrangements, to submit to arbitrators, to desist from claims or procedures, to accept claims, to collect, to ratify legal proceedings subscribed before the appointment and/or presentation of this Power, substitute or delegate the legal representation and other acts prescribed by law, in short, with all such further powers as may be required; to comply with all other requirements and, to take all those measures which they may deem fit for the protection of our interests.

nombramos por el presente a **Carlos R. Olarte y/o Juan Guillermo Moure** nuestros representantes legales con facultades para recibir notificaciones y nombrar apoderados judiciales o extrajudiciales en Patentes de Invención, Modelos de Utilidad, Esquemas de Trazados de Circuitos Integrados, Diseños Industriales, Marcas, Lemas Comerciales, Nombres Comerciales, Enseñas Comerciales, Denominaciones de Origen, Protección de Secretos Empresariales, Certificados de Obtentor, Derechos de Autor, Registro de Nombres de Dominio, Registros Sanitarios, o cualquier otro bien de propiedad intelectual en la República de Colombia, ya sean administrativas, judiciales o de policía, para iniciar ante dichas autoridades todas las acciones necesarias para cumplir con el objeto indicado e intervenir en todas las instancias, grados o etapas procesales; elevar y tramitar solicitudes, declaraciones y reclamos, para demandar, reconvenir, contestar demandas y reconveniones; formular enmiendas, oposiciones y todo tipo de impugnaciones y escritos de cualquier naturaleza; instaurar cancelaciones y amparos administrativos; abonar todos los impuestos y cuotas y efectuar cualquier otro pago determinado por la ley; recibir todos los documentos y valores; intervenir como demandantes o demandados ante los jueces que sean competentes, pudiendo solicitar medidas cautelares de cualquier naturaleza, conciliar, transar, someter a árbitros, desistirse de la pretensión y/o el procedimiento, allanarse a la pretensión, percibir, ratificar los actos jurídicos procesales suscritos con anterioridad al otorgamiento y/o presentación del presente poder, sustituir o delegar la representación procesal y los demás actos que exprese la ley, con todas las demás facultades que resulten necesarias; llenar cualesquiera otros requisitos y tomar, en fin, todas las medidas que creyeran conducentes al resguardo de nuestros intereses.

Alexander Agudelo
Carlos A. Parra
Juan F. Acosta
Andrés Rincón
Mónica Guevara
Andrés Alvarado
María C. Calderón
Mauricio Ávila
Gina Cáceres
Isabella Herrera
Zaava Ravid
Alejandro Moure
Miguel F. Porras
Catalina Amaya
Laura M. Escobar
Lorena Andrade
Sergio Arboleda
Catalina Jiménez
Daniela González
Maritza Sierra
Gina A. Arias
Guillermo Parra
Erika Jhisset Suárez

Medellín
María C. Múnera
Eddie Manotas
Adrián Santamaría
Camilo A. Bernal

Barranquilla
Gina De Echeona
José J. Dangond

Signature/Firma:

Lynn Hanner

Date/Fecha:

28th January, Two Thousand and Sixteen

City/Country/Ciudad,País:

Mississauga, ON CANADA

OLARTEMOURE

OLARTE MOURE & ASOCIADOS LTDA.

Carlos R. Olarte
Juan G. Moure

General Power

Poder General

The undersigned,

El suscrito,

ECOMAISTER CO., LTD.

domiciled in

domiciliado en

104-250, Geonjiro, SeoGu, Incheon, Gyeonggi-do 404-250
117, Jeonyseojinro, Seo-gu, Incheon, Korea (404-300)

hereby appoint to **Carlos R. Olarte and/or Juan Guillermo Moure** legal representatives with faculties to receive notifications and to appoint judicial or extrajudicial agents in Patents for Inventions, Utility Models, Layout-Designs (topographies) of Integrated Circuits, Industrial Designs, Trademarks, Advertising Slogans, Trade Names, Commercial Emblems, Geographical Indications, Protection of Trade Secrets, Obtainer's Certificates, Copyrights, Registration of Domain Names, Health Registrations, or any other intellectual property right Republic of Colombia, to initiate before said authorities all the necessary actions to accomplish said purposes and to intervene in all instances, grades and procedural levels; to file and prosecute applications, declarations, complaints, to claim, counterclaim, answer claims and counterclaims; to make amendments; oppositions and all types of objections and writings of any nature; cancellations and administrative injunction proceedings; to pay all installments and effect all other payments prescribed by law; to receive documents and monies; act as complainants as well as defendants, before the competent judges, with full powers to request preliminary injunctions of any nature, settle, make arrangements, to submit to arbitrators, to desist from claims or procedures, to accept claims, to collect, to ratify legal proceedings subscribed before the appointment and/or presentation of this Power, substitute or delegate the legal representation and other acts prescribed by law, in short, with all such further powers as may be required; to comply with all other requirements and, to take all those measures which they may deem fit for the protection of our interests.

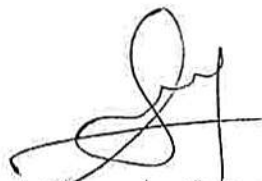
nombramos por el presente a **Carlos R. Olarte y/o Juan Guillermo Moure** nuestros representantes legales con facultades para recibir notificaciones y nombrar apoderados judiciales o extrajudiciales en Patentes de Invención, Modelos de Utilidad, Esquemas de Trazados de Circuitos Integrados, Diseños Industriales, Marcas, Lemas Comerciales, Nombres Comerciales, Enseñas Comerciales, Denominaciones de Origen, Protección de Secretos Empresariales, Certificados de Obtentor, Derechos de Autor, Registro de Nombres de Dominio, Registros Sanitarios, o cualquier otro bien de propiedad intelectual en la República de Colombia, ya sean administrativas, judiciales o de policía, para iniciar ante dichas autoridades todas las acciones necesarias para cumplir con el objeto indicado e intervenir en todas las instancias, grados o etapas procesales; elevar y tramitar solicitudes, declaraciones y reclamos, para demandar, reconvenir, contestar demandas y reconvencciones; formular enmiendas, oposiciones y todo tipo de impugnaciones y escritos de cualquier naturaleza; instaurar cancelaciones y amparos administrativos; abonar todos los impuestos y cuotas y efectuar cualquier otro pago determinado por la ley; recibir todos los documentos y valores; intervenir como demandantes o demandados ante los jueces que sean competentes, pudiendo solicitar medidas cautelares de cualquier naturaleza, conciliar, transar, someter a árbitros, desistirse de la pretensión y/o el procedimiento, allanarse a la pretensión, percibir, ratificar los actos jurídicos procesales suscritos con anterioridad al otorgamiento y/o presentación del presente poder, sustituir o delegar la representación procesal y los demás actos que exprese la ley, con todas las demás facultades que resulten necesarias; llenar cualesquiera otros requisitos y tomar, en fin, todas las medidas que creyeran conducentes al resguardo de nuestros intereses.

Alexander Agudelo
Carlos A. Parra
Juan F. Acosta
Andrés Rincón
Mónica Guevara
Andrés Alvarado
María C. Calderón
Mauricio Ávila
Gina Cáceres
Isabella Herrera
Zaava Ravid
Alejandro Moure
Miguel F. Portas
Catalina Amaya
Laura M. Escobar
Lorena Andrade
Sergio Arboleda
Catalina Jiménez
Daniela González
Maritza Sierra
Gina A. Arias
Guillermo Parra
Erika Jhiset Suárez

Medellín
María C. Múnera
Eddie Manotas
Adrián Santamaría
Camilo A. Bernal
Barranquilla
Gina De Echeona
José J. Dangond

Signature/Firma: SIGNATURE OF THE OFFICER

Date/Fecha: DAY/MONTH (SPELL OUT)/YEAR


APRIL 6, 2016

RESUMEN DE LA INVENCION

Un proceso para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco comprende la adición de una cantidad controlada de agua a una corriente fundida de escoria, y la granulación de la escoria a fin de producir escoria solidificada que comprende gránulos de escoria substancialmente en seco y lana de escorias. Un aparato para la producción de gránulos de escoria substancialmente en seco comprende: (a) una superficie inclinada que tiene extremos, superior e inferior, para recibir y descargar la corriente de escoria; (b) un dispositivo de dispersión en el extremo inferior de la superficie inclinada para dispersión de la escoria fundida; (c) uno o más dispositivos de adición de agua para agregar una cantidad controlada de agua a la escoria fundida; y (d) un área de recolección adyacente al dispositivo de dispersión para deposición de escoria solidificada, producida por la dispersión. La cantidad de lana de escorias producida mediante el proceso y aparato es menor a la que se produciría sin la adición de agua.

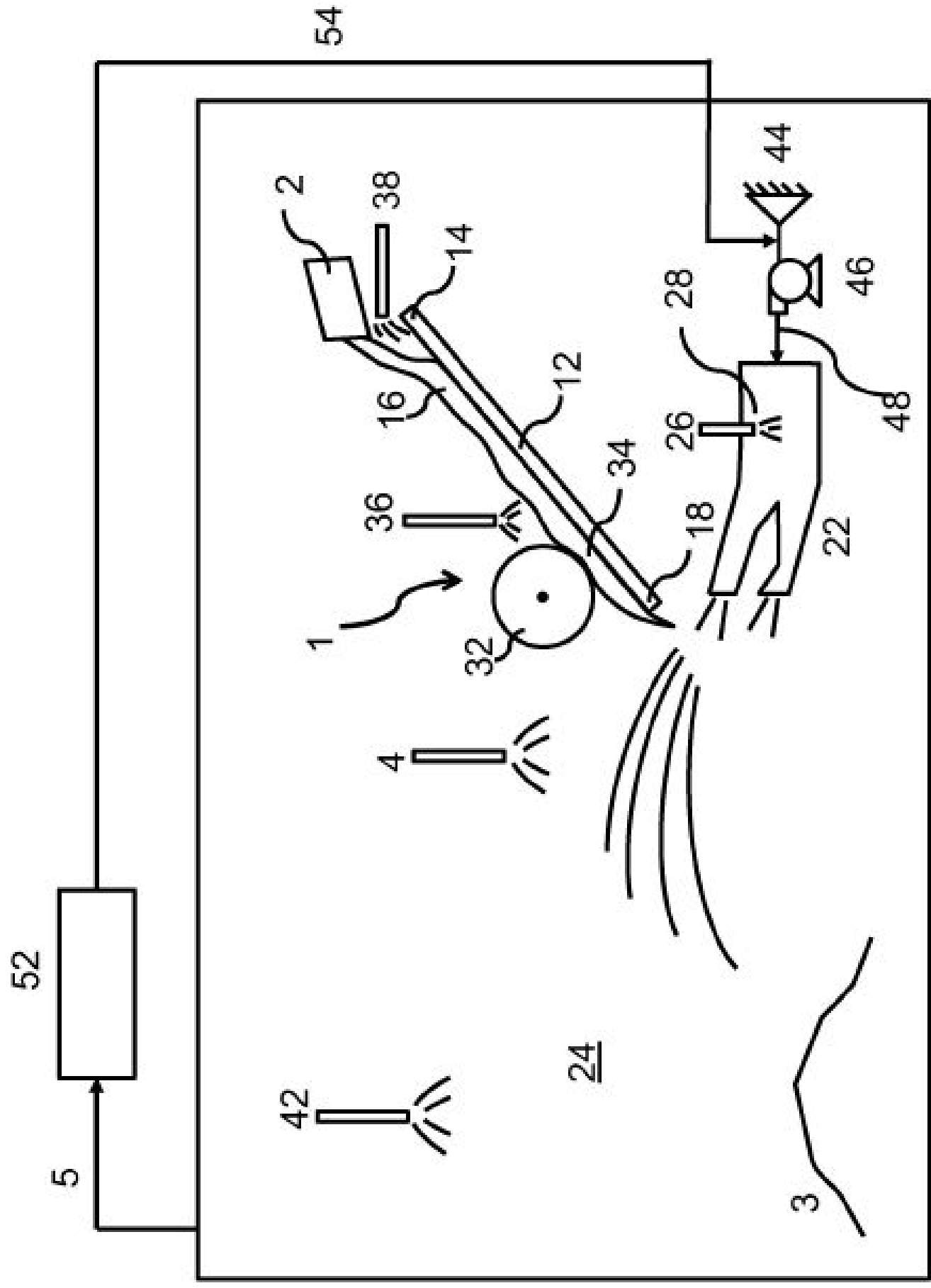


Figura 1