

TRADUCCIÓN

[Logo]

Oficina de la Propiedad Intelectual

Concept House
Cardiff Road
Newport
South Wales
NP10 8QQ

Copia Certificada de la Oficina

Yo, el abajo firmante, funcionario debidamente autorizado, de conformidad con los Artículos 74(1) y (4) de la Ley de Desregulación y Contratación de 1994, para firmar y extender certificados en nombre del Controlador General, por la presente certifico que la que se adjunta es copia fiel de los documentos originalmente presentados en relación con la solicitud de patente GB1815744.6, presentada el 27 de septiembre de 2018, y electrónicamente almacenados en el Sistema de Casos Electrónicos de Patentes.

El Sistema de Casos Electrónicos de Patentes cumple con el Estándar Británico BS10008, Peso como evidencia y admisibilidad legal de información almacenada electrónicamente, e ISO15801, Imágenes electrónicas: información almacenada electrónicamente, recomendaciones para integridad y confiabilidad.

De acuerdo con las Reglamentaciones de Patentes (Nuevo Registro de Empresas) de 1982, si una empresa mencionada en el presente certificado y en cualquier documento adjunto ha vuelto a registrarse según la Ley de Empresas de

1980 con el mismo nombre con el que estaba registrada inmediatamente antes de efectuar el nuevo registro, excepto la sustitución o la inclusión como última parte del nombre de las palabras “*public limited company*” o sus equivalentes en galés, las referencias al nombre de la empresa en este certificado y en cualquier documento adjunto serán consideradas como referencias al nombre con el que dicha empresa ha sido registrada de nuevo.

De conformidad con las leyes, las palabras “*public limited company*” pueden reemplazarse por p.l.c., plc, P.L.C. o PLC.

El nuevo registro de conformidad con la Ley de Empresas no constituye una nueva entidad legal sino que meramente somete a la empresa a ciertas normas adicionales de la Ley de Empresas.

Firmado [Aparece una firma.]

Fecha: 10 de julio de 2019

[Hay una estampilla con leyendas ilegibles.]

La Oficina de la Propiedad Intelectual es un nombre operativo de la Oficina de Patentes.

www.gov.uk/ipo

1200302109

1018025534 D02846

09/27/2018 310.00 Cuenta de depósito

[Logo]

Oficina de la Propiedad Intelectual

[Aparecen códigos no relevantes a la traducción.]

Formulario de Patentes 1

Ley de Patentes de 1977 (*Norma 12*)

Solicitud de otorgamiento de patente

Concept House

Cardiff Road

Newport

South Wales

NP10 8QQ

Solicitud número GB 1815744.6

1. Su referencia: **P35561GB1/TII**

2. Nombre completo, domicilio y código postal del solicitante o de cada solicitante:

Anglo American Services (UK) Limited

20 Carlton House Terrace

London SW1Y 5AN

United Kingdom

Número de Patentes ADP (*si lo sabe*): **12106456001**

3. Título de la invención: **BENEFICIO DE FLUJO DE ALIMENTACIÓN DE PROCESAMIENTO MEDIANTE CLASIFICACIÓN A GRANEL DE MENAS DE LATERITA**

4. Nombre de su representante (*si tiene*): **Appleyard Lees IP LLP**

Domicilio para notificación, al cual se debe enviar toda la correspondencia. Puede ser en el área Económica Europea o en las Islas del Canal (véase la advertencia a continuación) (*incluir el código postal*):

Appleyard Lees IP LLP

15 Clare Road

Halifax HX1 2HY

Yorkshire

United Kingdom

Número de Patentes ADP (*si lo sabe*): **11698651001**

5. Declaración de prioridad: ¿reivindica prioridad sobre una o varias solicitudes de patentes presentadas con anterioridad? Si es así, favor de proporcionar detalles sobre la(s) solicitud(es):

País:

Solicitud número:

Fecha de presentación:

Código de acceso PDAS:

7. Inventores: (Los inventores deben ser personas físicas, no jurídicas)

¿Todos los solicitantes nombrados antes son también inventores? **No**

8. ¿Se está abonando el arancel por solicitud junto con el presente formulario? **Sí**

9. Documentos adjuntos: favor de consignar la cantidad de páginas de cada ítem que acompaña este formulario:

Páginas de continuación de este formulario:

Descripción:	20
Reivindicación(es):	4
Resumen:	NC
Dibujo(s):	5

10. Si también está presentando cualquiera de lo siguiente, sírvase indicar cuántos de cada uno.

Documentos de prioridad: **0**

Declaración de inventores y derecho a otorgamiento de patente (Formulario de Patentes 7): **0**

Solicitud de búsqueda (Formulario de Patentes 9A): **1**

Solicitud de examen técnico de fondo (Formulario de Patentes 10): **1**

Cualquier otro documento (favor de especificar): **Formulario de Registro PDAS**

11. Yo/nosotros solicito/solicitamos el otorgamiento de una patente sobre la base de esta solicitud.

Firma: **Sujeto: Terry Instone 34727; Emisor: Oficina de Patentes Europea, Oficina de Patentes Europea CA G2**

Fecha: **27 de septiembre de 2018**

[N. de la T.: Se tradujeron solo las partes pertinentes de los formularios.]

BENEFICIO DE FLUJO DE ALIMENTACIÓN DE PROCESAMIENTO MEDIANTE CLASIFICACIÓN A GRANEL DE MENAS DE LATERITA

Antecedentes de la invención

5 Las menas de níquel se encuentran naturalmente en forma de sulfuros, y en forma de óxido como lateritas. Las lateritas además pueden subdividirse en dos categorías: limonitas, que por lo general tienen una ley de níquel y magnesio menor, y mayor concentración de hierro y cobalto; y saprolitos, que tienen una más alta ley de níquel y magnesia, pero menos cobalto.

10 La estructura geológica de las lateritas resulta del desgaste, y es típicamente una capa de limonita, que se superpone al saprolito. Los horizontes en el cuerpo de la mena suelen no ser regulares.

El procesamiento de las limonitas de menor ley que contienen níquel y cobalto generalmente se realiza a través de tecnologías de lixiviación, ya sea a
15 alta temperatura y presión, o más lentamente en pilas. Los saprolitos que contienen principalmente valores de níquel generalmente consumen demasiado ácido para la lixiviación y, en consecuencia, representan "residuos" en el flujo de alimentación de lixiviación limonítica.

El procesamiento de los saprolitos se realiza usualmente por fundición para
20 formar ferroníquel o mate. La fracción de limonita de la mena es típicamente demasiado baja en ley de níquel para fundirse económicamente, y por lo tanto representa "residuo" en el flujo de alimentación de la fundición. La limonita también contiene cobalto y, en algunos casos, cobre, que puede generar problemas cuando se usa ferroníquel para la producción de acero inoxidable.

25 Además de la importancia de la ley de níquel en la viabilidad del procesamiento de una mena, el contenido de ganga también puede resultar problemático. Por ejemplo, la fluidez de la fase de escoria formada durante la

fundición requiere un flujo de alimentación con proporciones específicas de magnesio a silicio.

Las lateritas de níquel son inusuales en la industria de los metales básicos, dado que la mena no se puede beneficiar fácilmente antes del procesamiento
5 (Referencia 1).

Por el contrario, las menas de sulfuro de níquel son típicamente de una ley de níquel similar a las lateritas, pero pueden beneficiarse por flotación, para producir un concentrado de ley mucho más alta que luego se funde.

Esto implica que, junto con el níquel en las lateritas, toda la ganga
10 asociada debe someterse a procesos intensivos de capital y energía, como la fundición o lixiviación a presión. Debido a la gran proporción de ganga en la mena (generalmente más del 98%), los costos en energía, insumos y transporte del procesamiento de la mena son altos. Por lo tanto, el procesamiento usualmente debe localizarse cerca del cuerpo de mena, en lugar de ubicarse en un sitio más
15 distante donde puedan existir mejores opciones de infraestructura y eliminación de residuos.

Esta restricción que impone la beneficiación limita el uso de los recursos de laterita de níquel razonablemente abundantes, a aquellos que son de una ley suficientemente alta y de larga duración para justificar la importante inversión de
20 capital en equipo de procesamiento e infraestructura. Muchos recursos de laterita conocidos permanecen sin desarrollo, debido a que su ley o tamaño de níquel no puede justificar el alto costo de procesamiento.

Por estas razones, beneficiar el contenido de níquel de la mena laterítica ha sido durante mucho tiempo un deseo del mundo metalúrgico, pero no se ha
25 descubierto una técnica ampliamente aplicable. Esto se debe probablemente a la incorporación del níquel a la matriz de la ganga, a diferencia de muchos otros metales básicos que existen como partículas minerales de alta ley separadas en

la masa de ganga. La única técnica de beneficiación que ha obtenido algún éxito comercial para las lateritas es el cribado, que puede en algunos casos utilizarse con el fin de eliminar el sílice de gran tamaño del resto de la laterita de níquel y, por lo tanto, aumentar la ley de níquel (Referencia 2).

- 5 El proceso de cribado no es aplicable a todos los tipos de mena, y además es muy difícil de ejecutar con la mena pegajosa que se extrae en la estación húmeda.

Tampoco se pueden extraer de manera selectiva las lateritas de níquel para recuperar solo las áreas de alta ley, en una escala que sea consistente con
10 los requisitos de una operación comercial. La ley de níquel en las menas de laterita es muy heterogénea. Se requeriría un muestreo exhaustivo para identificar y explotar selectivamente las zonas de mena de alta ley, y entonces la explotación selectiva requeriría de un equipo muy pequeño.

Esta heterogeneidad generalmente no es uniforme a través del cuerpo de
15 mena en ninguna dimensión, incluida la ubicación de la estratificación de limonita/saprolito/roca residual, y tampoco dentro de cada una de las capas de laterita de níquel. Las zonas de alta ley están intercaladas con zonas de baja ley, y no están uniformemente más concentradas cerca de la superficie o la base del cuerpo de mena. Las diferentes leyes de mena tampoco son fácilmente visibles.

- 20 El método convencional para estimar la ley de níquel en menas de laterita, y determinar si es adecuada para el procesamiento o si se debe desechar como residuo, está constituido por perforaciones de control de ley. Estas perforaciones recolectan muestras de mena a través de una matriz del cuerpo de mena para el análisis de laboratorio y, dependiendo de los resultados, los geólogos interpolan
25 las leyes y seleccionan y "marcan" la mena y los residuos que se extraerán.

La ley estimada del bloque de mena intermedio es aproximada. En una mena heterogénea como la laterita de níquel, este método de estimación es más

proclive al error en las composiciones de níquel, impureza y ganga, que en un cuerpo de mena más consistente.

Si bien la separación óptima entre las perforaciones utilizada para las perforaciones de control de ley de las lateritas de níquel es de alrededor de 10 a 5 15 m, y más cerca de lo que es normal en la industria de los metales básicos, esta separación aún es demasiado grande para identificar selectivamente los parches de ley superior de una mena de laterita.

Y aun cuando las perforaciones de control de ley tuviesen muy poca separación, y se usaran técnicas como sistemas de posicionamiento global de 10 alta precisión para controlar espacialmente las coordenadas para la carga de mena, la variabilidad en la dimensión vertical del cuerpo de mena impediría cualquier forma práctica de minería selectiva.

En consecuencia, el procedimiento normal para la explotación es seleccionar una ley de corte, perforación y muestreo económicos con el fin de 15 estimar la ley del metal y extraer los bloques de mayor ley disponibles. En algunos casos, se dejan las áreas de menor ley del recurso para más adelante en la vida útil de la mina.

Las perforaciones de control de ley también tienen una función extra en la explotación de laterita de níquel. El procesamiento de lateritas requiere que los 20 elementos de la ganga estén dentro de las especificaciones establecidas para el procesamiento aguas abajo. Por ejemplo, la relación de sílice a magnesia debe controlarse estrechamente para garantizar la fluidez de la escoria en la fundición. O el contenido de magnesio de las menas procesadas por lixiviación tiene una influencia directa sobre el consumo de ácido. El contenido de sílice y magnesia de 25 la mena también puede variar ampliamente en las dimensiones vertical y horizontal del cuerpo de mena de laterita de níquel. Por lo tanto, la explotación de las diferentes zonas debe estar seguida de la mezcla, y nuevamente la minería

selectiva para cumplir con las especificaciones de la ganga no es posible, excepto en circunstancias limitadas.

La estimación de control de ley de la composición de níquel y ganga inicia todas las actividades subsiguientes (extracción, mezcla y procesamiento) según se ilustra en la Figura 1.

Las actividades después de la estimación de la ley son necesariamente imprecisas debido a la heterogeneidad del cuerpo de mena entre las perforaciones de control de la ley.

La consecuencia de la imprecisión en torno a la estimación de la mena es el gran número de pilas de reserva. Estas pilas de reserva de mena se usan ya sea para permitir la mezcla del flujo de alimentación para el procesamiento de un contenido consistente de ganga, o para dejar de lado aquellos bloques de mena que están por debajo de la ley de níquel deseada para el procesamiento inmediato, pero que deben extraerse para acceder a otras menas de alta ley.

El costo del equipamiento minero de baja escala destinado a mejorar la precisión de la extracción, y la doble manipulación de la mena para lograr la mezcla y dejar mena para procesar posteriormente durante la vida útil de la mina, es significativo.

Otra característica inusual del procesamiento de lateritas de níquel es el costo relativo de la extracción y el procesamiento. A diferencia de la mayoría de los metales básicos, el costo de procesamiento de lateritas es significativamente mayor que el costo de la extracción de la mena.

Por lo tanto, la ley del flujo de alimentación de laterita suministrada al procesamiento es la principal determinante del costo unitario de la producción de níquel (\$/t níquel).

Por todas estas razones, el uso de lateritas de níquel se ha limitado a relativamente pocos cuerpos de mena grandes de alta ley, y los esfuerzos de

desarrollo tecnológico se han centrado en encontrar procesos de menor costo para la fundición o lixiviación de las menas como existen de forma natural.

5 Durante la última década, en un campo distinto del esfuerzo técnico, cada vez más es posible disponer de equipos de detección para el análisis en línea de menas a granel. Se han desarrollado sensores para el análisis de menas, por lo general, mediante la irradiación de la mena en transportadores que funcionan a una velocidad normal, y midiendo la señal resultante de acuerdo con las características de la mena.

10 Estos sensores pueden integrarse con un mecanismo de derivación para separar o combinar diferentes fracciones de la mena (Referencias 3 y 4). Por ejemplo, el GEOSCAN utiliza la técnica conocida como Análisis por Activación Neutrónica de Rayos Gamma Inmediata (del inglés *"Prompt Gamma Neutron Activation Analysis"* (PGNAA)). El GEOSCAN incorpora detectores de alta eficacia y un espectrómetro digital de última generación, lo cual supera las limitaciones de los sistemas de detección de baja eficiencia convencionales.

20 Si bien estos sensores se han utilizado predominantemente en el pasado para mezclar productos con el fin de cumplir con las especificaciones del mercado, también se pueden usar para medir y rechazar los residuos presentes en la mena entrante. Usada en este modo, la detección y la separación se denominan clasificación a granel.

25 Se han propuesto o comisionado algunas operaciones comerciales de clasificación a granel, principalmente en las aplicaciones de mena de hierro y cobre, con el fin de separar la mena para su posterior procesamiento a partir de residuos para desechar. Los residuos pueden ocurrir naturalmente, o ser una consecuencia de la dilución que se produce durante la extracción. En estos casos, el clasificador a granel se utiliza para rechazar los residuos antes de la instalación

de procesamiento, no como parte integral del flujo general de materiales desde la extracción al procesamiento.

La aplicación potencial de la clasificación a granel a lateritas de níquel se ha considerado, pero es potencialmente problemática.

- 5 Bamber (Referencia 3), en una patente que reivindica el diseño de un equipo de clasificación para separar los residuos de la mena, sugiere las lateritas de níquel como una aplicación potencial para su sistema de equipamiento propuesto. Tiene por objeto "proporcionar un sistema y un método para clasificar los flujos de mineral, por ejemplo, menas de mineral de laterita, en flujos valiosos y de descarte clasificados apropiadamente para la máxima recuperación de valor del flujo de mineral". Bamber 3 reivindica el potencial de clasificar a granel la mena de laterita en 3 productos: una mena adecuada para fundición, una mena adecuada para lixiviación y un flujo de residuos para descarte.
- 10

- Más allá de esto, Bamber no explica cómo se podría integrar el equipo de clasificación en las actividades requeridas para la extracción, mezcla y procesamiento de laterita de níquel.
- 15

- Por ejemplo, los procesos de control de ley para las lateritas de níquel utilizan múltiples pilas de reserva para mezclar la mena antes del procesamiento. En la estrategia de reserva en pilas convencional para lateritas de níquel, la mena se asigna a las pilas de reserva en múltiples niveles de decisión. El primer nivel, según lo reivindicado por Bamber, es una separación de las fracciones adecuadas para diferentes técnicas de procesamiento, tales como fundición, lixiviación o desecho.
- 20

- El segundo nivel de decisión en el control de ley es una división de la mena adecuada para un método de procesamiento particular, en fracciones adicionales porque algunas menas pueden no tener una ley de níquel suficientemente alta
- 25

para ser utilizadas en forma inmediata, sino que se reservan para ser sometidas a tratamiento posteriormente durante la vida útil de la mina.

Y el tercer nivel de decisión es la asignación entre las múltiples pilas de reserva de mezcla de la mena para su procesamiento inmediato, con el fin de
5 cumplir con las especificaciones para el procesamiento posterior.

Como ejemplo de la complejidad de la reserva en pilas, en una operación de laterita en Brasil basada solamente en la fundición de lateritas, la mena se divide típicamente en un flujo de residuos y 7 tipos diferentes de pilas de reserva anchas empleando un total de aproximadamente 50 pilas de reserva
10 concurrentes. Esta estrategia requiere de mediciones efectivas de control de ley de múltiples elementos, ejecutadas de manera oportuna para permitir el desvío de la mena en muchos flujos diferentes, basándose en la medición de los elementos de ganga, las impurezas como el cobalto, y el elemento de valor níquel. La cantidad de material que se vuelve a manipular es sustancial, alimentándose
15 menos del 10% de la mena directamente a la trituradora primaria, y a la pila de reserva de mezcla final antes de la secadora.

En resumen, si bien se ha reconocido el potencial de la clasificación a granel de lateritas de níquel, no se ha divulgado un sistema para la integración efectiva de esta tecnología de clasificación a granel en la cadena de manipulación
20 de materiales.

La integración del sistema de control de ley completo es particularmente relevante cuando se considera la estructura de costos inusual para las lateritas de níquel. Para la recuperación de la mayoría de los metales, el costo de extracción por tonelada es alto, en relación con los costos de procesamiento posteriores. La
25 clasificación a granel se centra en la recuperación de mena a partir de residuos, y en descartar proporciones modestas de la dilución minera por debajo de la ley de corte del procesamiento.

Los altos costos de procesamiento por tonelada para las lateritas de níquel, en relación con su costo de extracción, hacen que la aplicación potencial de la clasificación a granel sea muy diferente. El sistema óptimo debe configurarse para producir el mejor flujo de alimentación para el procesamiento, durante toda la vida
5 útil de la mina, con una cantidad mínima de remanipulación de materiales.

La invención tiene por finalidad proveer un método para alcanzar estos objetivos.

Síntesis de la invención

10 La presente invención se refiere a un método para procesar una mena de laterita de níquel, que incluye los pasos de:

- obtener una mena de laterita extraída de una operación minera; y
- alimentar la mena a través de un clasificador a granel que comprende una disposición de sensor y un mecanismo de derivación que separa la mena en:
15
 - un flujo beneficiado de mena de laterita de níquel en donde la ley de níquel es más alta que la ley de la mena alimentada al clasificador a granel y que típicamente puede mezclarse cumpliendo con la especificación para su procesamiento adicional por lixiviación o fundición;
20
 - una o más fracciones de baja ley de mena con una ley de níquel menor que el flujo beneficiado; y
 - una fracción de residuos para su eliminación.

25 Por lo general, la ley de níquel beneficiado aumenta más del 5%, y preferentemente más del 10%, y aún con mayor preferencia más del 15% en relación con la mena alimentada al clasificador a granel.

El flujo beneficiado puede comprender por lo menos 50% en masa de la mena alimentada al clasificador a granel.

Cuando el flujo beneficiado de mena de laterita de níquel es adecuado para la fundición, puede comprender más del 1,8%, típicamente hasta el 2,6% de Ni en masa en relación con la mena, preferentemente más del 2% de Ni, típicamente
5 aproximadamente 2,2% de Ni.

Cuando el flujo beneficiado de mena de laterita de níquel es adecuado para la lixiviación, puede comprender más del 1%, típicamente hasta el 1,6% de Ni en masa en relación con la mena, preferentemente más del 1,3% de Ni, típicamente
10 aproximadamente el 1,45% de Ni.

Las fracciones de mena de baja ley pueden ser depositadas en múltiples pilas de reserva de baja ley.

Preferentemente, el sensor mide y registra simultáneamente el níquel, la ganga y los elementos de impureza, como SiO₂, MgO, Co y Fe en el o los flujos
15 beneficiados y las pilas de reserva de baja ley.

Las mediciones registradas de níquel y ganga y elementos de impureza se pueden usar en la mezcla de los múltiples tipos de mena para cumplir con las especificaciones de procesamiento del procesamiento posterior por lixiviación o fundición.

Cuando la operación minera comprende perforaciones de control de ley, la separación entre cada perforación puede ser de por lo menos 15 m, preferentemente de más de 15 m.

El clasificador a granel puede configurarse para rechazar los residuos que se producen debido a una carga inexacta desde la cara de la mina.

El clasificador a granel puede configurarse para clasificar el material por debajo de la ley de corte para recuperar parches de mena de alta ley dentro del bloque de control de ley en la operación minera.

El clasificador a granel puede incorporarse a un sistema móvil o reubicable, que se reubica y mantiene progresivamente dentro de los 500 m, y con mayor preferencia dentro de los 200 m, y aún con mayor preferencia dentro de los 100 m de la cara activa en la operación minera.

- 5 Más del 70%, y preferentemente más del 80%, y aún con mayor preferencia más del 90% de la fracción de residuos se puede volver a depositar directamente en un área alterada por la operación minera.

- Más del 70%, y preferentemente más del 80%, y aún con mayor preferencia más del 90% de las fracciones de baja ley pueden depositarse
10 directamente en el área previamente alterada por la operación minera, para su almacenamiento temporal.

- La información registrada por el sensor puede ser usada para reducir la doble manipulación de la mena beneficiada, de manera tal que menos del 30% y preferentemente menos del 20% y aún con mayor preferencia menos del 10% de
15 la mena beneficiada sea almacenada en una pila de reserva de mezcla antes de ser suministrada a una instalación de procesamiento.

- La información registrada por el sensor puede ser usada para la gestión de la pila de reserva con el fin de mejorar el control de la ganga y los elementos de impureza alimentados al procesamiento, a preferentemente dentro del 10% y aún
20 con mayor preferencia dentro del 5% de las proporciones de alimentación diarias deseadas.

Es posible disponer múltiples clasificadores a granel en diferentes caras en la operación minera, y cada clasificador produce un flujo beneficiado para alimentar una instalación de procesamiento central.

- 25 La clasificación a granel puede usarse para beneficiar la mena antes del transporte a una instalación de procesamiento remota.

El clasificador a granel puede ser usado para identificar y separar la mena que es particularmente adecuada para una mejora adicional por cribado.

La ley de níquel a partir de la clasificación puede ajustarse periódicamente para reflejar la ley del recurso restante y/o el valor comercial del níquel del
5 producto.

El proceso puede configurarse para transformar un recurso de baja ley en un cuerpo de mena de níquel que justifique el procesamiento.

Preferentemente, la heterogeneidad se mantiene evitando la homogeneización de la mena durante la extracción, carga y acarreo de la mena,
10 con el fin de mantener la integridad espacial del cuerpo de mena natural.

Preferentemente, la mena no se mezcla, por ejemplo, por reserva en pilas antes de la clasificación a granel.

Breve descripción de los dibujos

15 La **Figura 1** es un diagrama de bloques que ilustra la heterogeneidad en las lateritas de níquel en relación con una industria minera típica;

La **Figura 2** es un gráfico que ilustra la curva de tonelaje de ley estimado para una mena de laterita brasileña;

La **Figura 3** es un gráfico que ilustra el impacto de la clasificación en las
20 concentraciones de ganga en los bloques clasificados;

La **Figura 4** es un diagrama de bloques que ilustra los flujos de material que surgen del uso de la clasificación a granel en una mina de laterita; y

La **Figura 5** es un diagrama de bloques que ilustra el impacto de la clasificación a granel sobre los flujos de material y la reserva en pilas.

25

Descripción detallada de la invención

La presente invención es una configuración de los procesos de minería y manipulación de materiales para menas de laterita de níquel, que separan de manera eficiente parches de menor ley en la explotación de mena de la mina, en una pila de reserva de baja ley o residuos, y que mezcla de manera eficiente la
5 mena de alta ley seleccionada para cumplir con las especificaciones del procesamiento posterior.

Esta configuración permite un aumento significativo de la producción a un costo unitario más bajo que el utilizado en los procesos de control de ley existentes, mediante la utilización de la heterogeneidad espacial de la mena, para
10 separar los parches de la mena en diferentes flujos.

La heterogeneidad espacial del contenido de níquel de la mena se puede expresar en forma de una curva de tonelaje de ley. En la Figura 2, la curva de tonelaje de ley de un cuerpo de mena de laterita de níquel brasileña se ilustra en términos de la relación entre la ley y el tonelaje para paquetes separados de 50
15 toneladas de mena, usando una ley de corte de 0,9% de níquel.

Por debajo del 0,9% los materiales remanentes que contienen níquel en el área de la explotación se consideran residuos, ya que no son económicos de procesar a través de las instalaciones de procesamiento, a pesar de tener parches de mena dentro del bloque de control de ley que son de ley adecuada.

20 Con frecuencia, estos residuos se deben extraer y transportar a una pila de residuos, simplemente para acceder a la mena adyacente de mayor ley.

Existe una forma similar de curva de tonelaje de ley para la fracción ácida del cuerpo de mena de laterita.

Es evidente a partir de la Figura 2 que si, por ejemplo, fuera posible extraer
25 selectivamente paquetes de 50 toneladas individuales de mena del cuerpo de mena total alcanzando una ley de 1,8%, las leyes de estos mejores paquetes contendrían mucho más de 4% de níquel.

Sin embargo, tales procesos mineros no son prácticos, debido a la propagación de los parches de alta ley en todas las dimensiones del cuerpo de mena. Por lo tanto, la extracción se produce de forma secuencial, y se asigna un compuesto de la mena del área operativa a la planta de procesamiento. Solo
5 existe una oportunidad limitada para el uso de técnicas de control de ley para demarcar aquellas áreas donde la ley estimada está por debajo de la adecuada ideal para el procesamiento inmediato, pero no por debajo de la ley final de corte. Cuando estas áreas de mena impiden el acceso a la mena de mayor ley, por lo general se procede a la extracción y el almacenamiento en pilas para su
10 recuperación posterior más adelante durante la vida útil de la mina.

El nivel de heterogeneidad evidente en la forma de la curva en la Figura 2 indica que la clasificación a granel tiene el potencial de beneficiar las lateritas de níquel, a diferencia de la aplicación más normal de la clasificación de residuos de la mena, o la separación de la mena adecuada para fundición de la mena
15 adecuada para lixiviación.

Sin embargo, el uso de la clasificación a granel para beneficiar la mena puramente en la ley de níquel podría accidentalmente causar problemas significativos en la mezcla requerida para lograr elementos de ganga dentro de las especificaciones para el procesamiento. Por ejemplo, si el contenido de magnesio
20 estuviera fuertemente correlacionado con el contenido de níquel, tal beneficio haría que la mena no fuese procesable.

El sistema más amplio para beneficiar el níquel utilizando la clasificación a granel también debe adaptarse a la ley de los elementos de ganga. Esta distribución se ilustra para los mismos paquetes de 50 toneladas de mena en la
25 Figura 3.

El contenido de ganga es relativamente independiente de la ley de níquel en ese paquete a nivel de un paquete de 50 toneladas. Los datos implican que, si

la mena de laterita de níquel fuese clasificada a granel para beneficiar la ley de níquel, solamente habría implicaciones modestas en el equilibrio de los minerales de la ganga en el depósito general.

5 Nuevamente, resultados similares a los de la Figura 3 también fueron evidentes para las menas ácidas. Usando la tecnología de clasificación a granel que se ha desarrollado para detectar y derivar menas de laterita en flujos de mena y residuos (referencias 3,4,5), las relaciones de tonelaje de ley indican que las menas de laterita de níquel pueden beneficiarse a una ley deseada, dejando una fracción de ley más baja como residuo o para reserva en pilas y uso más adelante
10 en la vida útil de la mina.

 Al medir el contenido de níquel, el sensor seleccionado apropiadamente puede proveer simultáneamente un análisis multielemento de la mena, probablemente con una precisión mejor que los procesos de control de ley convencionales. Esta fuente de datos puede utilizarse luego para aumentar la
15 precisión y la eficiencia de la mezcla de materiales de ganga.

 En cualquier área de la que se esté extrayendo secuencialmente, el sistema de clasificación a granel objeto de la presente invención puede seleccionar los mejores parches de ley para procesar, y separar la mena restante en un flujo de residuos y múltiples reservas de baja ley. Al mismo tiempo, la
20 medición del contenido de ganga (según se ilustra esquemáticamente en la Figura 4) se puede utilizar para proporcionar entradas más precisas a las actividades subsiguientes de mezcla y procesamiento.

 Esta información mejorada brinda la oportunidad de coordinar la actividad de reserva (según lo ilustrado en forma esquemática en la Figura 5). El
25 conocimiento preciso de las composiciones de ganga se puede reunir de múltiples fuentes de mena transportadas a un solo clasificador, o de múltiples clasificadores ubicados cerca de las diferentes caras de la mina a través del cuerpo de mena.

Esta información puede permitir que una mayor proporción de mena beneficiada sea alimentada directamente a una pila de reserva de mezcla final antes del procesamiento, en lugar de a través de múltiples pilas de reserva de mezcla intermedias.

5 En cualquier secuencia de extracción, habrá momentos en que los elementos de ganga de las diferentes caras de la mina no estén equilibrados. En estas circunstancias, y según la ley de níquel y la composición de la ganga, el clasificador a granel puede asignar las composiciones de ganga más extremas a una pila de reserva de recorte o a residuo.

10 La pila de reserva de recorte se puede recuperar cuando sea necesario para equilibrar la alimentación en la otra dirección.

 En caso de que la fundición requiera la mezcla de menas ácidas y básicas para lograr una proporción adecuada de sílice a magnesia, este enfoque permite la extracción y reserva eficientes, pero también permite el desecho de los
15 materiales menos atractivos para un cuerpo de mena dado.

 La invención del sistema de clasificación a granel para lateritas de níquel, en su forma de realización completa, consiste en:

- Procedimientos de control de ley y extracción de la mena de laterita adaptados a la separación y tamaño del equipamiento para optimizar el
20 proceso de extracción en general
 - Las ubicaciones y secuencias de extracción se seleccionan para contener leyes aceptables de níquel y producir la mezcla aproximada de mena requerida para cumplir con las especificaciones de procesamiento.
 - La escala del equipo minero y los procedimientos de extracción se
25 adaptan para utilizar el menor impacto de dilución, que es manejado por el clasificador.

- La mena se alimenta directamente desde la explotación al clasificador a granel sin una pila de reserva intermedia.
 - La carga del clasificador a granel puede realizarse por camión o directamente desde el cargador a un clasificador móvil.
- 5 ○ Si el sensor está en el cargador en lugar de en un transportador, la derivación se logra a través de una tecnología de asignación de camiones.
- El sensor determina la ley promedio de un paquete de mena, y el derivador dirige los "paquetes" a múltiples destinos diferentes, dependiendo de su composición.
- 10 • Los parches de menor ley de menas de níquel, o aquellos con proporciones inaceptables de ganga, se separan y asignan a uno de los siguientes flujos:
 - de descarte si resultan antieconómicos de procesar utilizando los equipos de procesamiento instalados;
 - 15 ○ de almacenamiento temporario en pilas de reserva de recorte si tienen una alta ley de níquel, pero fuera de la ley preferida para alimentarlo directamente al procesamiento;
 - pilas de reserva para almacenamiento a largo plazo, si el paquete de mena contiene una ley de níquel económica, pero no la más alta ley para su procesamiento inmediato;
 - 20 ○ cribado o pilas de reserva separadas si el tipo de mena contiene una ley de níquel y un ensamblaje mineral susceptible de beneficiarse aún más mediante el cribado.
- El flujo beneficiado de mena de laterita de níquel, que se encuentra dentro o cerca de la especificación requerida para su procesamiento adicional, se dirige al flujo de alimentación de procesamiento.
- 25

- El recorte de las composiciones de ganga se produce mediante la recuperación de la mena de composición conocida de una de las pilas de reserva de recorte.

Para las diferentes operaciones de laterita de níquel, se requerirá la
5 totalidad o parte de esta forma de realización completa.

Los elementos críticos para administrar de manera efectiva la mejora de la ley de níquel y el manejo de materiales en la presente invención son:

- Evitar la homogeneización en la medida de lo posible durante la extracción, carga y acarreo de la mena, para mantener la integridad espacial del
10 cuerpo de mena natural tal como se presenta al clasificador a granel.
- Ajustar la tasa de extracción, para generar una alta ley de laterita de níquel beneficiada a la tasa de producción demandada por la capacidad de procesamiento disponible.
- Ajustar el plan de explotación para equilibrar los elementos de la ganga,
15 con el fin de evitar la necesidad de múltiples pilas de reserva de mezcla a gran escala después de la clasificación a granel y antes del procesamiento.
- Utilizar los datos acumulados del sensor para controlar la recuperación de las pilas de reserva de recorte con el fin de equilibrar los componentes de la ganga de la alimentación directa.

20 Mediante la integración del proceso de extracción, clasificación y mezcla en la presente invención, es posible aumentar la ley de las menas de laterita enviadas a la producción, reduciendo a la vez la doble manipulación y mejorando la precisión de la mezcla.

Como es evidente en la curva de tonelaje de leyes (Figuras 2 y 3), es
25 posible generar una alimentación de ley muy alta con un rendimiento de tonelaje relativamente bajo, o una ley de níquel ligeramente más alta, pero con un rendimiento de tonelaje alto.

Mediante el cambio de la ley seleccionada en la clasificación a granel, es posible ajustar la alimentación de procesamiento a un valor económico óptimo para el cuerpo de mena específico que se está extrayendo, y alterar progresivamente estas leyes durante el resto de la vida de la mina.

- 5 La invención además aumenta la flexibilidad disponible en el diseño y la operación de la actividad de explotación de laterita de níquel, particularmente cuando los clasificadores a granel están ubicados cerca de las áreas de extracción o en dichas áreas.

Por ejemplo,

- 10 • La separación entre perforaciones de control de ley puede incrementarse;
- Los residuos pueden apilarse dentro de la zona de extracción;
- La dilución puede ser ejecutada de una forma menos rigurosa durante la extracción;
- La recuperación de recursos se puede mejorar separando los parches de
- 15 mena de alta ley de los bloques de control de ley justo por debajo de la ley de corte de extracción actual;
- La escala del equipo de extracción y acarreo puede aumentarse, sujeto a limitaciones de homogeneización;
- El grado de doble manipulación del material en la mina se puede reducir.

- 20 Para una forma de realización de la invención en donde la clasificación se realiza en un sistema móvil o reubicable, el clasificador a granel se puede desplazar para permanecer en o cerca de la excavación. Esto permite una distancia de acarreo muy corta para la mena de ley media, antes de la beneficiación. También permite que los residuos se vuelvan a depositar en el área
- 25 minada, con un costo mínimo de acarreo y restauración de la mina.

El material para el material de la pila de reserva de baja ley también se puede colocar en una zona minada, minimizando la alteración de la tierra.

Solamente la mena beneficiada de la clasificación a granel se acarrea a través de una distancia significativa hasta la instalación de procesamiento, reduciéndose de esta forma los costos generales de acarreo por tonelada de níquel producida.

- 5 En otra forma de realización de la invención, la clasificación a granel se combina con el cribado.

La beneficiación por cribado (en base a la ley de níquel diferencial con diferentes tamaños de partículas) se basa en un principio diferente del de la beneficiación por clasificación a granel (heterogeneidad espacial). Así, el cribado
10 y clasificación a granel son complementarios y pueden utilizarse en secuencia sobre una mena de laterita. Si un dominio de mena es tal que el cribado permite una mejora económica, el clasificador a granel puede detectar y separar ese dominio de mena, segregando así la fracción adecuada para el cribado. Esto mejora la ley del níquel y reduce el capital y los costos operativos de la planta de
15 cribado.

Si, al igual que para algunas lateritas de níquel, el cribado solo se realiza con la mena parcialmente seca, la clasificación a granel permite que la mena apropiada sea segregada y almacenada en espera de un cribado posterior en la estación seca.

- 20 En aun otra forma de realización de la invención, la ubicación de la extracción se puede equilibrar para proporcionar la mezcla aproximada en la alimentación al procesamiento. El clasificador a granel se ajusta para suministrar una composición de ganga precisa al procesamiento, con una alta ley de níquel.

Las fracciones modestas de la mena que cumplen con la ley de níquel
25 seleccionada pero que no pueden ajustarse a las especificaciones de ganga en un momento específico, pueden almacenarse como pilas de reserva de recorte.

El aumento resultante en la alimentación directa reduce el capital de trabajo y el costo de la doble manipulación de los materiales. Las entregas directas se pueden mejorar desde menos del 10% hasta muy por encima del 50% y, dependiendo del remanente en la explotación, se acercan al 100%.

5 En aun otra forma de realización de la invención, el contenido de níquel de la alimentación se puede ajustar utilizando la clasificación a granel, para responder a los cambios en el valor comercial del níquel, o la ley y el tonelaje del recurso que todavía está disponible para extraer. De esta manera, el valor del recurso se puede optimizar en el tiempo.

10 Y aun en otra configuración de la invención, se puede usar un clasificador a granel para beneficiar la laterita de níquel, generando así una mena que justifica el transporte a una instalación de procesamiento remota.

Referencia 1

15 ATTEMPTS AT THE BENEFICIATION OF LATERITIC NICKEL ORE (Intentos de beneficiar mena de níquel laterítica)

Onodera, Jiroh (1); Inoue, Toshio (1); Imaizumi, Tsunemasa (1)

Fuente: *International Journal of Mineral Processing*, v 19, n 1–4, p 25–42, Mayo 1985; **ISSN:** 03017516; **DOI:** 10.1016/0301–7516(87)90030–5; **Conferencia:**

20 Proc of the Int Symp on Laterite, Octubre 14, 1985 – Octubre 17, 1985

Referencia 2

http://search.ror.unisa.edu.ar/record/UNISA_ALMA51141234270001831/media/digital/open/9916113604101831/12152829540001831/13152829530001831/pdf

25

Referencia 3

US20130201481A1

Referencia 4

http://www.metplant2015.ausimm.com.ar/Media/MetPlant2015/presentations/1550_Henry%20Kurth.pdf

5

Referencia 5

<https://www.scantech.com.au/solution/nickel/>

Referencia 6

10 https://www.malvernpanalytical.com/en/assets/CNA-Nickel_brochure_tcm50-52005.pdf

REIVINDICACIONES

1. Un método para procesar una mena de laterita de níquel, que incluye los pasos de:
 - 5
 - obtener una mena de laterita extraída de una operación minera; y
 - alimentar la mena a través de un clasificador a granel que comprende una disposición de sensor y un mecanismo de derivación que separa la mena en:
 - 10
 - un flujo beneficiado de mena de laterita de níquel en donde la ley de níquel es más alta que la ley de la mena alimentada al clasificador a granel y que puede mezclarse para cumplir con la especificación de procesamiento adicional por lixiviación o fundición;
 - una o más fracciones de baja ley de mena con una ley de níquel
 - 15
 - menor que el flujo beneficiado; y
 - una fracción de residuos.
2. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde la ley de níquel en el flujo beneficiado se aumenta más del 5%, y preferiblemente más del 10%, e incluso más preferiblemente más del 15% en relación con la mena alimentada al
- 20 clasificador a granel.
3. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 2, en donde el flujo beneficiado comprende por lo menos 50% en masa de la mena alimentada al clasificador a granel.
4. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 2, en donde el flujo
- 25 beneficiado de mena de laterita de níquel es adecuado para la fundición y comprende más del 1,8%, típicamente hasta el 2,6% de Ni en masa en relación

con la mena, preferiblemente más del 2% de Ni, típicamente aproximadamente 2,2% de Ni.

5. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 2, en donde el flujo beneficiado de mena de laterita de níquel es adecuado para la lixiviación y
5 comprende más del 1%, típicamente hasta el 1,6% de Ni en masa en relación con la mena, preferiblemente más del 1,3% de Ni, típicamente aproximadamente el 1,45% de Ni.

6. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde las fracciones de mena de baja ley se depositan en múltiples pilas de reserva de baja ley.

10 7. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 6, en donde el sensor mide y registra simultáneamente el níquel y la ganga y los elementos de impureza como SiO₂, MgO, Co y Fe en el o los flujos beneficiados y pilas de reserva de baja ley.

8. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 7, en donde las mediciones registradas de níquel y ganga y los elementos de impureza se usan en la mezcla
15 de los múltiples tipos de mena para cumplir con las especificaciones de procesamiento del procesamiento posterior por lixiviación o fundición.

9. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde la operación minera comprende perforaciones de control de ley, en donde la separación entre las perforaciones es de por lo menos 15 m, preferiblemente más de 15 m.

20 10. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde el clasificador a granel está configurado para rechazar los residuos que se producen debido a una carga incorrecta desde la cara de la mina.

11. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde el clasificador a granel está configurado para clasificar el material por debajo de la ley de corte
25 para recuperar parches de alta ley de mena dentro del bloque de control de ley en la operación minera.

12. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde el clasificador a granel está incorporado en un sistema móvil o reubicable que se relocaliza progresivamente y se mantiene dentro de los 500 m, y más preferiblemente dentro de los 200 m, e incluso más preferiblemente dentro de los 100 m, de la cara de explotación activa en la operación minera.
13. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 12, en donde más del 70%, y preferiblemente más del 80% e incluso más preferiblemente más del 90% de la fracción de residuos se vuelve a depositar directamente en un área alterada por la operación minera.
14. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde más del 70%, y preferiblemente más del 80% e incluso más preferiblemente más del 90% de las fracciones de baja ley se deposita directamente en el área previamente alterada por la operación minera, para almacenamiento temporal.
15. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 7, en donde la información registrada por el sensor se usa para reducir la doble manipulación de la mena beneficiada, de manera tal que menos del 30% y preferiblemente menos del 20% e incluso más preferiblemente menos del 10% de la mena beneficiada se almacena en una pila de reserva de mezcla antes de suministrarla a la instalación de procesamiento.
16. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 7, en donde la información registrada por el sensor se usa para la gestión de la pila de reserva para mejorar el control de la ganga y los elementos de impureza que se suministran al procesamiento, a preferentemente dentro del 10% e incluso más preferiblemente dentro del 5% de las proporciones de alimentación diarias deseadas.
17. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde múltiples clasificadores a granel se disponen en diferentes caras de explotación en la

operación minera, y cada clasificador produce un flujo beneficiado para alimentar una instalación de procesamiento central.

18. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde la clasificación a granel se utiliza para beneficiar la mena antes del transporte a una instalación de procesamiento remota.

19. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde el clasificador a granel se usa para identificar y separar la mena que es particularmente adecuada para mejorarla adicionalmente mediante cribado.

20. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 7, en donde la ley de níquel de la clasificación se ajusta periódicamente para reflejar la ley del recurso remanente y/o el valor comercial del níquel del producto.

21. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 7, en donde el proceso está configurado para transformar un recurso de baja ley en un cuerpo de mena de níquel que justifica el procesamiento.

22. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde la heterogeneidad se mantiene evitando la homogeneización de la mena durante la extracción, la carga y el acarreo de la mena, para mantener la integridad espacial del cuerpo de mena natural.

23. El proceso de acuerdo con la Reivindicación 22, en donde, la mena no se mezcla, por ejemplo, mediante reserva en pilas antes de la clasificación a granel.



Intellectual
Property
Office

Concept House
Cardiff Road
Newport
South Wales
NP10 8QQ

Certified Office Copy

I, the undersigned, being an officer duly authorised in accordance with section 74(1) and (4) of the Deregulation & Contracting Out Act 1994 to sign and issue certificates on behalf of the Comptroller-General, hereby certify that annexed hereto is a true copy of the documents as originally filed in connection with patent application GB1815744.6 filed on 27 September 2018, and as stored electronically on the Patents Electronic Case file System.

The Patents Electronic Case-file System is compliant with British Standard BS10008 - Evidential weight and legal admissibility of information stored electronically and ISO15801 - Electronic imaging - information stored electronically, recommendations for trustworthiness and reliability.

In accordance with the Patents (Companies Re-registration) Rules 1982, if a company named in this certificate and any accompanying documents has re-registered under the Companies Act 1980 with the same name as that with which it was registered immediately before re-registration save for the substitution as, or inclusion as, the last part of the name of the words "public limited company" or their equivalents in Welsh, references to the name of the company in this certificate and any accompanying documents shall be treated as references to the name with which it is so re-registered.

In accordance with the rules, the words "public limited company" may be replaced by p.l.c., P.L.C. or PLC.

Registration under the Companies Act does not constitute a new legal entity but merely subjects the company to certain additional company law rules.

Signed

Dated 10 July 2019





Intellectual
Property
Office

1200302109
1018025534 D02846
27/09/2018 310.00 DepositAccount

Patents Form 1

Patents Act 1977 (Rule 12)

Request for grant of a patent

Concept House
Cardiff Road
Newport
South Wales
NP10 8QQ

Application number GB 1815744.6

1. Your reference	P35561GB1/TII		
2. Full name, address and postcode of the applicant or of each applicant	Anglo American Services (UK) Limited 20 Carlton House Terrace London SW1Y 5AN United Kingdom		
Patents ADP number (if you know it)	12106456001		
3. Title of the invention	BENEFICIATION OF PROCESSING FEED BY BULK SORTING OF LATERITE ORES		
4. Name of your agent (if you have one)	Appleyard Lees IP LLP		
"Address for service" to which all correspondence should be sent. This may be in the European Economic area or Channel Islands (see warning note below) (including the postcode)	Appleyard Lees IP LLP 15 Clare Road Halifax HX1 2HY Yorkshire United Kingdom		
Patents ADP number (if you know it)	11698651001		
5. Priority declaration: Are you claiming priority from one or more earlier-filed patent applications? If so, please give details of the application(s)			
	Country	Application number	Date of filing
6. Divisionals etc: Is this application a divisional application, or being made following resolution of an entitlement dispute about an earlier application. If so, please give the application number and filing date of the earlier application			PDAS Access Code
		Number of earlier UK application	Date of filing (day / month / year)
7. Inventorship: (Inventors must be individuals not companies)			
Are all the applicants named above also inventors?	No		
8. Are you paying the application fee with this form?	Yes		

Patents Form 1

9. Accompanying documents: please enter the number of pages of each item accompanying this form.

Continuation sheets of this form

Description: 20

Claim(s): 4

Abstract: n/a

Drawing(s): 5

If you are not filing a description, please give details of the previous application you are going to rely upon

Country

Application number

Date of filing

PDAS Access Code

10. If you are also filing any of the following, state how many against each item.

Priority documents: 0

Statement of inventorship and right to grant of a patent
(Patents Form 7): 0

Request for search (Patents Form 9A): 1

Request for a substantive examination (Patents Form 10): 1

Any other documents (please specify): PDAS Registration Form

11. I/We request the grant of a patent on the basis of this application.

Signature: **Subject: Terry Instone 34727; Issuer:
European Patent Office, European Patent
Office CA G2**

Date: 27 Sep 2018

12. Name, e-mail address, telephone, fax and/or mobile number, if any, of a contact point for the applicant

Warning

After an application for a patent has been filed, the Comptroller will consider whether publication or communication of the invention should be prohibited or restricted under section 22 of the Patents Act 1977. You will be informed if it is necessary to prohibit or restrict your invention in this way. Furthermore, if you are resident in the United Kingdom and your application contains information which relates to military technology, or would be prejudicial to national security or the safety of the public, section 23 of the Patents Act 1977 prohibits you from applying for a patent abroad without first getting written permission from the Office unless an application has been filed at least 6 weeks beforehand in the United Kingdom for a patent for the same invention and either no direction prohibiting publication or communication has been given, or any such direction has been revoked. Until such time or until the revocation of any direction, for any such application the address for service referred to at part 4 above must be in the United Kingdom.

Although you may have an address for service in the Channel Islands, any agent instructed to act for you must reside or have a place of business in the European Economic Area or Isle of Man.

BENEFICIATION OF PROCESSING FEED BY BULK SORTING OF LATERITE ORES

BACKGROUND OF THE INVENTION

Nickel ores are naturally found in the form of sulphides, and in an oxide form as laterites. The laterites can be further subdivided into two categories, limonites which are typically lower in nickel and magnesium grade, and higher in iron and cobalt; and saprolites which have a higher nickel and magnesia grades, but less cobalt.

The geological structure of the laterites is results from weathering, and is typically a limonite layer, overlaying the saprolite. Horizons in the orebody are not usually regular.

The processing of the lower grade limonites containing nickel and cobalt is usually via leaching technologies, either at high temperature and pressure, or more slowly in heaps. The saprolites containing mainly nickel values, usually consume too much acid for leaching and hence represent 'waste' in the limonitic leach feed.

The processing of saprolites is usually via smelting to form ferronickel, or matte. The limonite fraction of ore is typically too low in nickel grade to be smelted economically, and hence represents 'waste' in the smelter feed. The limonite also contains cobalt and sometimes copper, which can cause problems when the ferronickel is used for stainless steel production.

In addition to the importance of nickel grade on the viability of processing an ore, the gangue content can also prove problematic. For example, the fluidity of the slag phase formed during smelting requires a feed with specific magnesium to silicon ratios.

Nickel laterites are unusual in the base metals industry, in that the ore cannot be readily beneficiated prior to processing. (reference 1)

In contrast, nickel sulphide ores are typically of similar nickel grade to laterites, but can be beneficiated by flotation, to produce a much higher-grade concentrate which is then smelted.

This implies that along with the nickel in laterites, all the associated gangue must be processed in capital and energy intensive processes like smelting or pressure leaching. Due to the large proportion of gangue in the ore (typically over 98%), energy, consumables, and transport costs of processing the ore are high. Thus, the processing must usually be located close to the orebody, rather than a more distant location where better infrastructure and residue disposal options may exist.

This beneficiation constraint, restricts the use of the reasonably abundant nickel laterite resources, to those that are sufficiently high grade and long life to justify the major capital investment in the processing equipment and infrastructure. Many known laterite resources remain undeveloped, because their nickel grade or size cannot justify the high cost of processing.

For these reasons, beneficiating the nickel content of the lateritic ore has long been a desire of the metallurgical world, but no broadly applicable technique has been found. This is probably due to the incorporation of the nickel into the gangue matrix, unlike many other base metals which exist as discrete high grade mineral particles in amongst the bulk of the gangue. The only beneficiating technique that has gained any commercial success for laterites is screening, which can sometimes be used to remove silica

rich oversize from the remainder of the nickel laterite, and hence modestly increasing the nickel grade. (Reference 2)

The screening process is not applicable to all ore types, and is also very difficult to operate with sticky ore which is mined in the wet season.

Nor can the nickel laterites be selectively mined to recover only the high-grade areas, at a scale which is consistent with the requirements of a commercial operation. The nickel grade in laterite ores is very heterogeneous. Exhaustive sampling would be required to selectively identify and mine the high-grade zones of ore, and then selective mining would require very small equipment.

This heterogeneity is typically non-uniform across the orebody in any dimension, including both the location of the limonite/saprolite/waste rock stratification, and also within each of the nickel laterite layers. The high-grade zones are interspersed with low grade zones, and are not uniformly more concentrated near the surface or the base of the orebody. The different ore grades are also not readily visible.

The conventional method to estimate the grade of nickel in laterite ores, and determine whether it is suitable for processing or should be disposed as waste, is grade control drilling. This drilling collects samples of ore across a matrix of the orebody for laboratory analysis, and depending on the results, geologists interpolate the grades, and select and 'mark-up' the ore and waste to be mined.

The estimated grade of the intervening block of ore is approximate. In a heterogeneous ore like nickel laterite, this method of estimation is more prone to error in nickel, impurity and gangue compositions, than in a more consistent orebody.

Whilst the optimum drill spacing used for grade control drilling of nickel laterites is around 10-15m, and closer than typical in the base metals

industry, it is still much too widely spaced to selectively identify the higher-grade patches of a laterite ore.

And even if grade control drilling were very closely spaced, and techniques such as high precision global positioning systems were used to spatially control the coordinates for ore loading, the variability in the vertical dimension of the orebody would prevent any practical form of selective mining.

Hence the normal procedure for mining is to select an economic cut-off grade, drill and sample to estimate the metal grade, and mine the highest-grade blocks available. In some cases, leaving the lower grade areas of the resource for later in the mine life.

The grade control drilling also has an extra function in nickel laterite mining. The processing of laterites requires the gangue elements to be within specifications set for downstream processing. For example, the silica to magnesia ratio must be tightly controlled to ensure the fluidity of the slag in smelting. Or the magnesium content of ores processed by leaching has a direct influence on acid consumption. The silica and magnesia contents of the ore can also vary widely across both the vertical and horizontal dimensions of the nickel laterite orebody. Thus, mining of the different zones must be followed by blending, and selective mining to meet gangue specifications is again not possible, except in limited circumstances.

The grade control estimation of nickel and gangue composition, sets up all the subsequent activities (mining, blending and processing) as illustrated in figure 1.

The activities after the grade estimation are necessarily imprecise due to the orebody heterogeneity between the grade control holes.

The consequences of the uncertainty around ore estimation is the large number of stockpiles. These ore stockpiles are either used to enable the

blending of feed to the processing of a consistent gangue content, or to put aside those ore blocks which are below the nickel grade desired for immediate processing, but must be mined to access other high-grade ore.

The cost of the small-scale mining equipment to improve mining precision, and the double handling of the ore to achieve the blending and to leave ore for processing late in the mine life, is significant.

Another unusual characteristic of the processing of nickel laterites, is the relative cost of mining and processing. Unlike most base metals, the cost of processing laterites is significantly higher than the cost of mining the ore.

Thus, the feed grade of the laterite fed to processing is the primary determinant of the unit cost of nickel production (\$/t nickel).

For all these reasons, the use of nickel laterites has been limited to relatively few large high-grade orebodies, and technology development efforts have been focussed on finding lower cost processes for smelting or leaching of the ores as they naturally exist.

Over the past decade, in a different field of technical endeavour, sensing equipment for the on-line analysis of bulk ores is becoming increasingly available. The sensors have been developed for analysis of ores, typically by irradiation of the ore on conveyors running at normal speed, and measuring the resultant signal consistent with the characteristics of the ore.

These sensors can be integrated with a diverter mechanism to separate or combine different fractions of the ore. (reference 3 and 4). For example, the GEOSCAN utilises the technique known as Prompt Gamma Neutron Activation Analysis (PGNAA). The GEOSCAN incorporates high efficiency detectors and state-of-the-art digital spectrometer, which overcomes the limitations of conventional, low efficiency detection systems.

Whilst these sensors are predominantly used for blending of products to meet market specifications, they can also be used to measure and reject waste present in the incoming ore. Used in this mode, the sensing and separation is termed bulk sorting.

A few commercial bulk sorting operations have been proposed or commissioned, mainly in the iron ore and copper applications, to separate ore for subsequent processing from waste for disposal. The waste may be naturally occurring, or a consequence of dilution that occurs during mining. In these cases, the bulk sorter is used to reject waste prior to the processing facility, not as an integrated part of the overall materials flow from mining to processing.

The potential application of bulk sorting to nickel laterites, has been considered, but is potentially problematic.

Bamber (reference 3) in a patent covering the design of sorting equipment to separate waste from ore, suggests nickel laterites as one potential application of his proposed equipment system. He aims 'to provide a system and method of sorting mineral streams, for example laterite mineral ores, into appropriately classified valuable and waste streams for maximum recovery of value from the mineral stream'. Bamber 3 claims the potential to bulk sort laterite ore into 3 products – an ore suitable for smelting, an ore suited for leaching, and a waste stream for rejection.

Beyond this, the Bamber provides no guidance on how the sorting equipment could be integrated into the activities required for nickel laterite mining, blending and processing.

For example, the grade control processes for nickel laterites utilise multiple stockpiles to blend the ore prior to processing. In the conventional stockpiling strategy for nickel laterites, ore is allocated into stockpiles at multiple decision levels. The first level, as claimed by Bamber, is a

separation of the fractions suited to different processing techniques such as smelting, leaching or waste.

The second decision level in grade control, is a split of ore suited to a particular processing method, into further fractions because some ore may not be sufficiently high nickel grade to be utilised immediately, but is stockpiled from treatment later in the mine life.

And the third decision level, is allocation between the multiple blending stockpiles of the ore for processing immediately, to meet the specifications for subsequent processing.

As an example of the stockpiling complexity, a laterite operation in Brasil focussed only on laterite smelting, the ore is typically split into waste stream and 7 different broad stockpile types utilising a total of around 50 concurrent stockpiles. This strategy requires effective grade control measurements of multiple elements, conducted in a timely manner to enable diversion of the ore into many different streams, based on both the measurement of gangue elements, impurities like cobalt, and the value element nickel. The amount of material re-handling is substantial with less than 10% of the ore delivered directly to the primary crusher, and onto the final blending stockpile prior to the drier.

In summary, whilst the potential for bulk sorting of nickel laterites has previously been recognised, a system for effective integration of this bulk sorting technology into the materials handling chain, has not claimed.

The integration of the full grade control system is particularly relevant when one considers the unusual cost structure for nickel laterites. For recovery of most metals, the mining cost per tonne is high, relative to subsequent processing costs. Bulk sorting focusses on recovery of ore from waste, and discarding modest proportions of the mining dilution below the processing cut-off-grade.

The high processing costs per tonne for nickel laterites, relative to their mining cost, makes the potential application of bulk sorting quite different. The optimum system must be configured to produce the best feed for processing, throughout the life of mine, with a minimum amount of materials re-handling.

The system to achieve these objectives is the subject of the invention.

SUMMARY OF THE INVENTION

This invention relates to a method for processing nickel laterite ore, including the steps of:

- obtaining a mined laterite ore from a mining operation; and
- feeding the ore through a bulk sorter comprising a sensor arrangement and a diverting mechanism that separates the ore into:
 - a beneficiated stream of nickel laterite ore wherein the grade of nickel is higher than the grade of the ore fed into the bulk sorter and which can be blended to meet the specification for further processing by leaching or smelting;
 - one or more low grade fractions of ore with a lower nickel grade than the beneficiated stream; and
 - a waste fraction disposal.

Typically, the beneficiated grade of nickel is increased by more than 5%, and preferably more than 10%, and even more preferably more than 15% relative to the ore fed into the bulk sorter.

The beneficiated stream may comprise at least 50% by mass of the ore fed into the bulk sorter.

When the beneficiated stream of nickel laterite ore is suited for smelting, it may comprise more than 1.8% typically up to 2.6% Ni by mass relative to the ore, preferably more than 2% Ni, typically about 2.2% Ni.

When the beneficiated stream of nickel laterite ore is suited for leaching, it may comprise more than 1% typically up to 1.6% Ni by mass relative to the ore, preferably more than 1.3% Ni, typically about 1.45% Ni.

The low-grade ore fractions may be deposited into multiple low-grade stockpiles.

Preferably, the sensor simultaneously measures and records the nickel and the gangue and impurity elements such as SiO_2 , MgO , Co and Fe in the beneficiated stream/s and the low grade stockpiles.

The recorded measurements of nickel and gangue and impurity elements may be used in blending of the multiple ore types to meet processing specifications of the further processing by leaching or smelting.

When the the mining operation comprises grade control drilling, each drill hole spacing may be at least 15m, preferably greater than 15m.

The bulk sorter may be configured to reject the waste that occurs due to inaccurate loading from the mine face.

The bulk sorter may be configured to sort material below cut-off-grade to recover high grade patches of ore within the grade control block in the mining operation.

The bulk sorter may be incorporated into a mobile or relocatable system, that is progressively relocated and maintained within 500m, and more preferably within 200m, and even more preferably within 100m of the active mining face in the mining operation.

More than 70%, and preferably more than 80% and even more preferably more than 90% of the waste fraction, may be redeposited directly into an area disturbed by the mining operation.

More than 70%, and preferably more than 80% and even more preferably more than 90% of the low-grade fractions may be deposited directly in the area previously disturbed by the mining operation, for temporary storage.

The recorded sensor information may be used to reduce double handling of beneficiated ore, such that less than 30% and preferably less than 20% and even more preferably less than 10% of beneficiated ore is stored in a blending stockpile prior to delivery to the processing facility.

The recorded sensor information may be used for stockpile management to enhance the control the gangue and impurity elements fed to processing, to preferably within 10% and even more preferably within 5% of the desired daily feed ratios.

Multiple bulk sorters may be located at different mining faces in the mining operation, and each sorter produces a beneficiated stream to feed a central processing facility.

Bulk sorting may be used to beneficiate the ore prior to transportation to a remote processing facility.

The bulk sorter may be used to identify and separate ore that is particularly suited to further upgrade by screening.

The nickel grade from sorting may be adjusted periodically to reflect the grade of the remaining resource and/or the nickel price of the product.

The process may be configured to transform a low-grade resource into a nickel orebody that warrants processing.

Preferably, heterogeneity is maintained by avoiding homogenisation of the ore during mining, loading and haulage of the ore, to maintain the spatial integrity of the natural ore body.

Preferably, the ore is not mixed, for example by stockpiling prior to bulk sorting.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

- Figure 1** is a block diagram showing the heterogeneity in nickel laterites relative to a typical mining industry;
- Figure 2** is a graph showing the estimated grade tonnage curve for a Brazilian laterite ore;
- Figure 3** is a graph showing the impact of sorting on gangue concentrations in the sorted blocks;
- Figure 4** is a block diagram showing material flows arising from using bulk sorting in a laterite mine; and
- Figure 5** is a block diagram showing the impact of bulk sorting on material flows and stockpiling.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

The current invention is a configuration of the mining and materials handling processes for nickel laterite ores, that efficiently separate lower grade patches in the run of mine ore, to either a low-grade stockpile or waste, and efficiently blends the selected high-grade ore to meet the specifications of the subsequent processing.

This configuration allows significantly increased production at lower unit cost, than that used in existing grade control processes, by utilising the spatial heterogeneity of the ore, to separate the patches of the ore into different streams.

The spatial heterogeneity of the nickel content of the ore, can be expressed in the form of a grade tonnage curve. In the figure 2, the grade tonnage curve of a Brazilian nickel laterite orebody is illustrated in terms of the grade and tonnage relationship for 50 tonne discrete packages of ore, using a cut-off-grade of 0.9% nickel.

Below 0.9% the remaining nickel bearing materials in the mining area are considered as waste, as they are uneconomic to process through the processing facilities, despite having patches of ore within the grade control block that are of adequate grade.

Often, this waste must be mined, and transported to a waste pile, simply to access the adjacent higher-grade ore.

A similar shape of grade tonnage curve exists for acidic fraction of the laterite orebody.

It is evident from figure 2 that if for example, it was possible to selectively mine individual 50 tonne packages of ore from within the overall orebody grading 1.8%, that the grades of these best packages would contain well above 4% nickel.

However, such mining processes are impractical, because of the spread of the high-grade patches across all dimensions of the orebody. Thus, mining occurs sequentially, and a composite of the ore from the area being mined is allocated to the processing plant. Only limited opportunity exists for use of grade control techniques to demarcate those areas where the estimated grade is below that ideally suited to processing immediately, but not below the ultimate cut-off-grade. Where these areas of ore prevent access the

higher-grade ore, they are typically mined and stockpiled for subsequent reclamation late in the mine life.

The level of heterogeneity evident in the shape of the curve in figure 2, indicates that bulk sorting has potential for beneficiating nickel laterites, as distinct from the more normal application of sorting of waste from ore, or the separation of ore suited to smelting from the ore suited for leaching.

However, to use bulk sorting to beneficiate the ore purely on nickel grade, could inadvertently cause significant issues in the blending required to achieve gangue elements within specification for processing. For example, if the magnesium content were strongly correlated with the nickel content, such beneficiation would render the ore un-processable.

The wider system for beneficiating nickel using bulk sorting, must also accommodate grade of gangue elements. This distribution is illustrated for the same 50t packages of ore in figure 3.

The gangue content is relatively independent of nickel grade in that package at the 50-tonne package level. The data implies that if the nickel laterite ore were bulk sorted to beneficiate the nickel grade, there would be only modest implications for balancing the gangue minerals in the overall deposit.

Again, similar results to those in figure 3, were also evident for acidic ores. Using the bulk sorting technology that has been developed to sense and divert laterite ores into ore and waste streams (references 3,4,5), the grade tonnage relationships indicate that nickel laterite ores can be beneficiated into a desired grade, leaving a lower grade fraction as waste or for stockpiling and use later in the mine life.

Whilst measuring nickel content, the appropriately selected sensor can concurrently deliver a multielement analysis of the ore, probably at an accuracy better than conventional grade control processes. This source of

data can then be used to increase the precision and efficiency of blending gangue materials.

In any area being sequentially mined, the bulk sorting system that is the subject of this invention can select the best patches of grade for processing now, and separate the remaining ore into both a waste stream and multiple low-grade stockpiles. Concurrently, the measurement of the gangue content (as illustrated schematically in figure 4) can be used to provide more precise inputs to the subsequent activities of blending and processing.

This enhanced information provides an opportunity to streamline the stockpiling activity (as illustrated schematically in figure 5). Precise knowledge of the gangue compositions can be gathered from multiple ore sources hauled to a single sorter, or from multiple sorters located close to the different mining faces across the orebody.

This information can enable a higher proportion of beneficiated ore to be delivered direct to a final blending stockpile prior to processing, rather than via multiple intermediate blending stockpiles.

In any mining sequence, there will be times when the gangue elements from the different mine faces are not balanced. In these circumstances, and depending on nickel grade and gangue composition, the more extreme gangue compositions can be assigned by the bulk sorter to a trimming stockpile or to waste.

The trimming stockpile can then be reclaimed when required for balancing the feed in the other direction.

In the case of smelting requiring the blending of acidic and basic ores to achieve an appropriate silica to magnesia ratio, this approach enables efficient mining and stockpiling, but also enables the disposal to waste of the least attractive materials for a given orebody.

The invention of the bulk sorting system for nickel laterites, in its full embodiment, consists of

- Grade control procedures and mining of the laterite ore, are adapted to the spacing and equipment size to optimise the overall mining process
 - Mining locations and sequences are selected to contain acceptable nickel grades and produce the approximate mix of ore required to meet processing specifications
 - The scale of mining equipment and the mining procedures are adapted to utilise the lower impact of dilution, which is managed by the sorter
- Ore is fed directly from mining to the bulk sorter without an intervening stockpile.
 - Loading of the bulk sorter can be by truck, or directly from the loader to a mobile sorter.
 - If the sensor is in the loader rather than on a conveyor, diversion is achieved through a truck allocation technology.
- The sensor determines the average grade of a package of ore, and the diverter directs the 'packages' into multiple different destinations, depending on their composition.
- The lower grade patches of nickel ores, or those with unacceptable ratios of gangue, are separated and allocated to one of the following streams
 - discarded if they are uneconomic to process using the installed processing assets
 - temporary storage in trimming stockpiles if they are a high nickel grade but outside of the preferred grade for direct feed to processing.
 - long term storage stockpiles, if the ore package contains an economic nickel grade, but not the highest grade available to process now.

- to screening or separate stockpiles if the ore type contains a nickel grade and mineral assemblage that is amenable to further beneficiating by screening
- The beneficiated stream of nickel laterite ore, that is within or close to the specification required for further processing, is directed to the processing feed.
- The trimming of gangue compositions occurs by reclaiming of ore of known composition from one of the trimming stockpiles

For different nickel laterite operations, all or part thereof of this full embodiment will be required.

Critical elements to effectively managing the nickel grade enhancement and materials handling in this invention are:

- Avoiding homogenisation as much as possible during the mining, loading and haulage of ore, to maintain the spatial integrity of the natural orebody as it is presented to the bulk sorter
- Adjusting the mining rate, to generate a high grade of beneficiated nickel laterite at the production rate demanded by the available processing capacity
- Adjusting the mine plan to balance the gangue elements, to avoid the need for multiple, large scale blending stockpiles after bulk sorting and prior to processing
- Utilising the accumulated sensor data to control the reclaim from trimming stockpiles to balance the gangue components of the direct feed.

Through integrating the mining, sorting and blending process in the current invention it is possible to increase the grade of the laterite ores sent to production, whilst reducing double handling, and improving the precision of blending.

As evident in the grade tonnage curves (figures 2 and 3), it is possible to generate a very high-grade feed with a relatively low tonnage yield, or a slightly increased nickel grade but with a high tonnage yield.

By changing the grade selected in bulk sorting, it becomes possible to adjust the processing feed to an economic optimum value for the specific orebody being mined. And to progressively alter these grades through the remaining life of mine.

The invention also increases the available flexibility in the design and operation of the nickel laterite mining activity, particularly where the bulk sorters are located close to or in the mining areas.

For example,

- Spacing between grade control drill-holes can be increased
- Waste can be stacked within the mining zone
- Dilution can be less stringently managed during mining
- Resource recovery can be enhanced by separating the high-grade ore patches from grade control blocks just under the current mining cut-off-grade
- The scale of mining and haulage equipment can be increased, subject to limiting homogenisation
- The amount of material re-handling in the mine can be reduced

For an embodiment of the invention where the sorting is undertaken in a mobile or relocatable system, the bulk sorter can be moved to remain in or close to the mining pit. This enables a very short haul distance for the medium grade ore, prior to beneficiation. It also enables the waste to be redeposited in the mined-out area, with minimal cost of haulage and mine restoration.

The material for the low-grade stockpile material can also be placed in a mined-out zone, minimising the land disturbance.

Only beneficiated ore from bulk sorting is hauled a significant distance to the processing facility, thus reducing overall haulage costs per tonne of nickel produced.

In another embodiment to the invention, bulk sorting is combined with screening.

Beneficiation by screening (based on differential nickel grade at different particle sizes) is based on a different principle from the beneficiation by bulk sorting (spatial heterogeneity). Thus, screening and bulk sorting are complementary and can be utilised in sequence on a laterite ore. If an ore domain is such that screening delivers an economic upgrade, the bulk sorter can sense and separate that ore domain, thus segregating the fraction well suited to screening. This enhances the nickel upgrade and reduces the capital and operating costs of the screening plant.

If, as for some nickel laterites, screening is only realistic with partially dried ore, bulk sorting enables on the appropriate ore to be segregated and stockpiled awaiting subsequent screening in the dry season.

In yet another embodiment of the invention, the location of mining can be balanced to provide the approximate blend in the feed to processing. The bulk sorter is adjusted to deliver a precise gangue composition to processing, at high nickel grade.

The modest fractions of the ore that meet the selected nickel grade but cannot be fitted into the gangue specifications at a specific time, can be stockpiled, as trimming stockpiles.

The resultant increase in direct feed reduces the working capital and cost of materials re-handling. Direct deliveries can be enhanced from less than 10% to well above 50% and depending on the balance in mining, approaching 100%.

In yet another embodiment of the invention, the nickel content of the feed can be adjusted using bulk sorting, to respond to changes in the nickel price, or the grade and tonnage of the resource that is still available to mine. Thus, the value of the resource can be optimised over time.

And in yet another configuration of the invention, a bulk sorter can be used to beneficiate the nickel laterite, thus generating an ore that justifies transportation to a remote processing facility.

Reference 1

ATTEMPTS AT THE BENEFICIATION OF LATERITIC NICKEL ORE.

Onodera, Jiroh (1); Inoue, Toshio (1); Imaizumi, Tsunemasa (1)

Source: *International Journal of Mineral Processing*, v 19, n 1-4, p 25-42, May 1985; **ISSN:** 03017516; **DOI:** 10.1016/0301-7516(87)90030-5;

Conference: Proc of the Int Symp on Laterite, October 14, 1985 - October 17, 1985

Reference 2

http://search.ror.unisa.edu.au/record/UNISA_ALMA51141234270001831/media/digital/open/9916113604101831/12152829540001831/13152829530001831/pdf

Reference 3

[US20130201481A1](#)

Reference 4

http://www.metplant2015.ausimm.com.au/Media/MetPlant2015/presentations/1550_Henry%20Kurth.pdf

Reference 5

<https://www.scantech.com.au/solution/nickel/>

Reference 6

https://www.malvernpanalytical.com/en/assets/CNA-Nickel_brochure_tcm50-52005.pdf

CLAIMS

1. A method for processing nickel laterite ore, including the steps of:
 - obtaining a mined laterite ore from a mining operation; and
 - feeding the ore through a bulk sorter comprising a sensor arrangement and a diverting mechanism that separates the ore into:
 - a beneficiated stream of nickel laterite ore wherein the grade of nickel is higher than the grade of the ore fed into the bulk sorter and which can be blended to meet the specification for further processing by leaching or smelting;
 - one or more low grade fractions of ore with a lower nickel grade than the beneficiated stream; and
 - a waste fraction disposal.
2. The process claimed in claim 1, wherein the grade of nickel in the beneficiated stream is increased by more than 5%, and preferably more than 10%, and even more preferably more than 15% relative to the ore fed into the bulk sorter.
3. The process claimed in claim 2, wherein the beneficiated stream comprises at least 50% by mass of the ore fed into the bulk sorter.
4. The process claimed in claim 2, in the beneficiated stream of nickel laterite ore is suited for smelting, comprising more than 1.8% typically up to 2.6% Ni by mass relative to the ore, preferably more than 2% Ni, typically about 2.2% Ni.
5. The process claimed in claim 2, in the beneficiated stream of nickel laterite ore is suited for leaching, comprising more than 1% typically up to 1.6% Ni by mass relative to the ore, preferably more than 1.3% Ni, typically about 1.45% Ni.

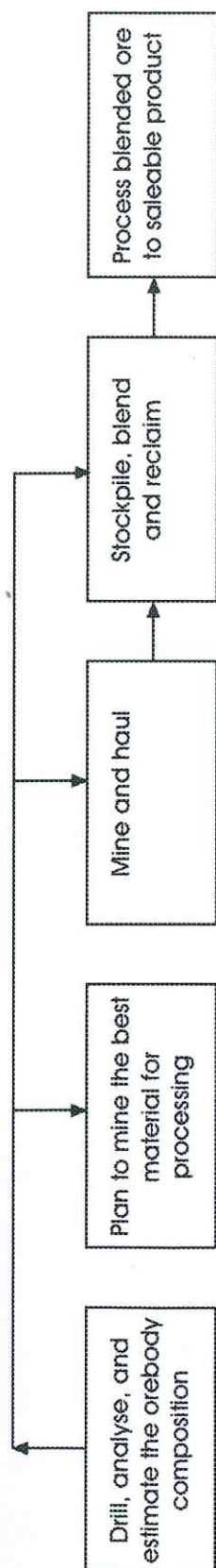
6. The process claimed in claim 1, wherein the low-grade ore fractions are deposited into multiple low-grade stockpiles.
7. The process claimed in claim 6, in which the sensor simultaneously measures and records the nickel and the gangue and impurity elements such as SiO_2 , MgO , Co and Fe in the beneficiated stream/s and the low grade stockpiles.
8. The process claimed in claim 7, wherein the recorded measurements of nickel and gangue and impurity elements are used in blending of the multiple ore types to meet processing specifications of the further processing by leaching or smelting.
9. The process as claimed in claim 1, wherein the mining operation comprises grade control drilling, wherein drill hole spacing is at least 15m, preferably greater than 15m.
10. The process as claimed in claim 1, in which the bulk sorter is configured to reject the waste that occurs due to inaccurate loading from the mine face.
11. The process as claimed in claim 1, in which the bulk sorter is configured to sort material below cut-off-grade to recover high grade patches of ore within the grade control block in the mining operation.
12. The process as claimed in claim 1, where the bulk sorter is incorporated into a mobile or relocatable system, that is progressively relocated and maintained within 500m, and more preferably within 200m, and even more preferably within 100m of the active mining face in the mining operation.
13. The process as claimed in claim 12, in which more than 70%, and preferably more than 80% and even more preferably more than

90% of the waste fraction, is redeposited directly into an area disturbed by the mining operation.

14. The process as claimed in claim 1, in which more than 70%, and preferably more than 80% and even more preferably more than 90% of the low-grade fractions is deposited directly in the area previously disturbed by the mining operation, for temporary storage.
15. The process as claimed in claim 7, in which the recorded sensor information is used to reduce double handling of beneficiated ore, such that less than 30% and preferably less than 20% and even more preferably less than 10% of beneficiated ore is stored in a blending stockpile prior to delivery to the processing facility.
16. The process as claimed in claim 7, in which the recorded sensor information is used for stockpile management to enhance the control the gangue and impurity elements fed to processing, to preferably within 10% and even more preferably within 5% of the desired daily feed ratios.
17. The process as claimed in claim 1, in which multiple bulk sorters are located at different mining faces in the mining operation, and each sorter produces a beneficiated stream to feed a central processing facility.
18. The process as claimed in claim 1, in which bulk sorting is used to beneficiate the ore prior to transportation to a remote processing facility.
19. The process as claimed in claim 1, in which the bulk sorter is used to identify and separate ore that is particularly suited to further upgrade by screening.

20. The process as claimed in claim 7, in which the nickel grade from sorting is adjusted periodically to reflect the grade of the remaining resource and/or the nickel price of the product.
21. The process as claimed in claim 7, where the process is configured to transform a low-grade resource into a nickel orebody that warrants processing.
22. The process claimed in claim 1, wherein heterogeneity is maintained by avoiding homogenisation of the ore during mining, loading and haulage of the ore, to maintain the spatial integrity of the natural ore body.
23. The process claimed in claim 22, wherein, the ore is not mixed, for example by stockpiling prior to bulk sorting.

The Implications of heterogeneity in all nickel laterites (relative to typical mining industry)



Drill spacing is close

Estimate of ore block is approximate (for both Ni and critical gangue elements)

Drilling and analysis cost is high

Mine planning does not reliably deliver the anticipated nickel grade and blending inputs

Dilution and losses are high due to the very complex geology

Achievable grade is low

Mining equipment is small to selectively mine to grade and avoid dilution.

Lots of double handling

Working capital is high

Low direct feed to processing.
Double handling is necessary for blending to produce an acceptable processing feed

No process to beneficiate ore, and the impact of nickel grade and gangue elements on total cost/tonne product is very high

Ni smelting costs are high due to low grade

Fig. 1

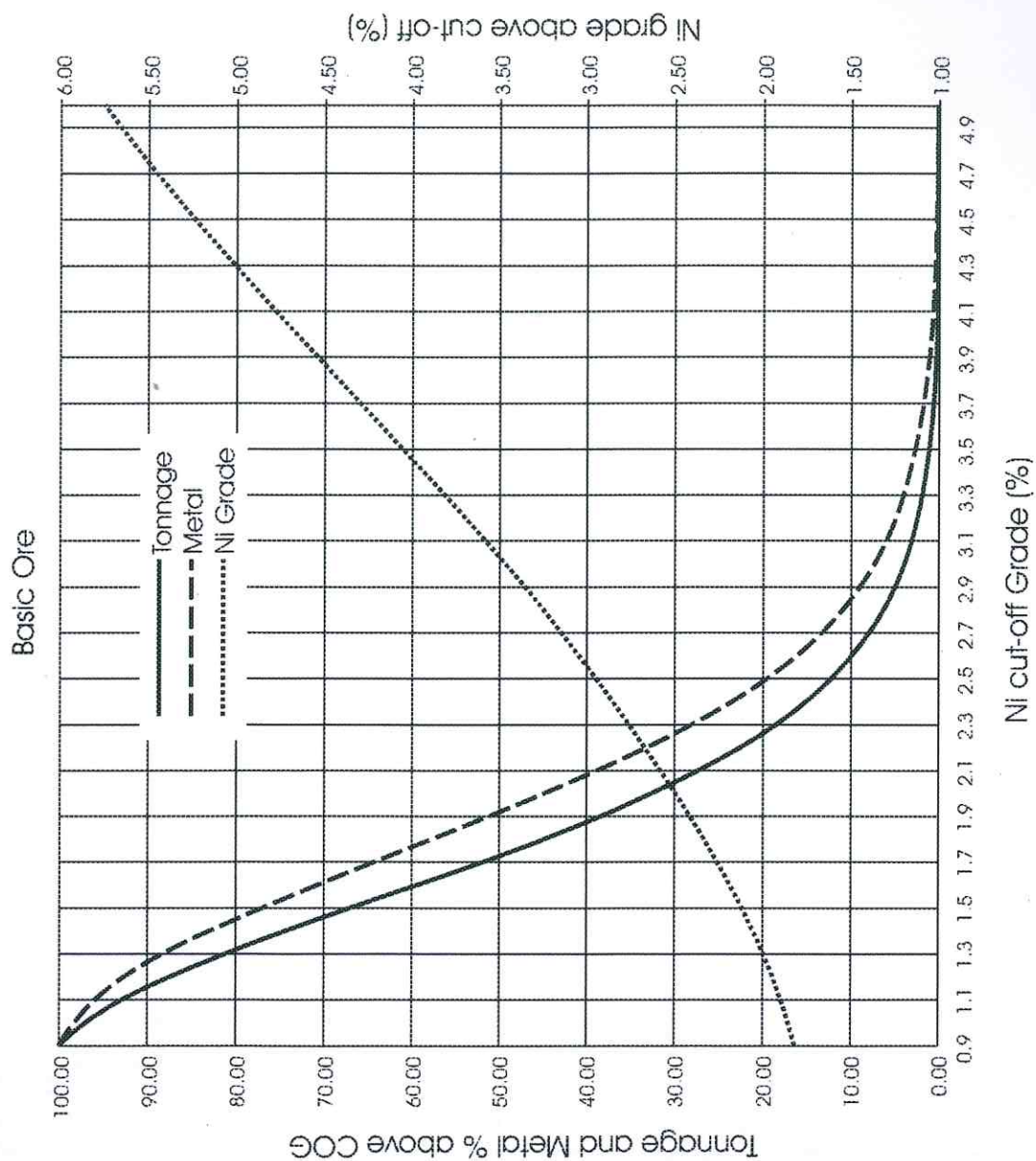


Fig. 2

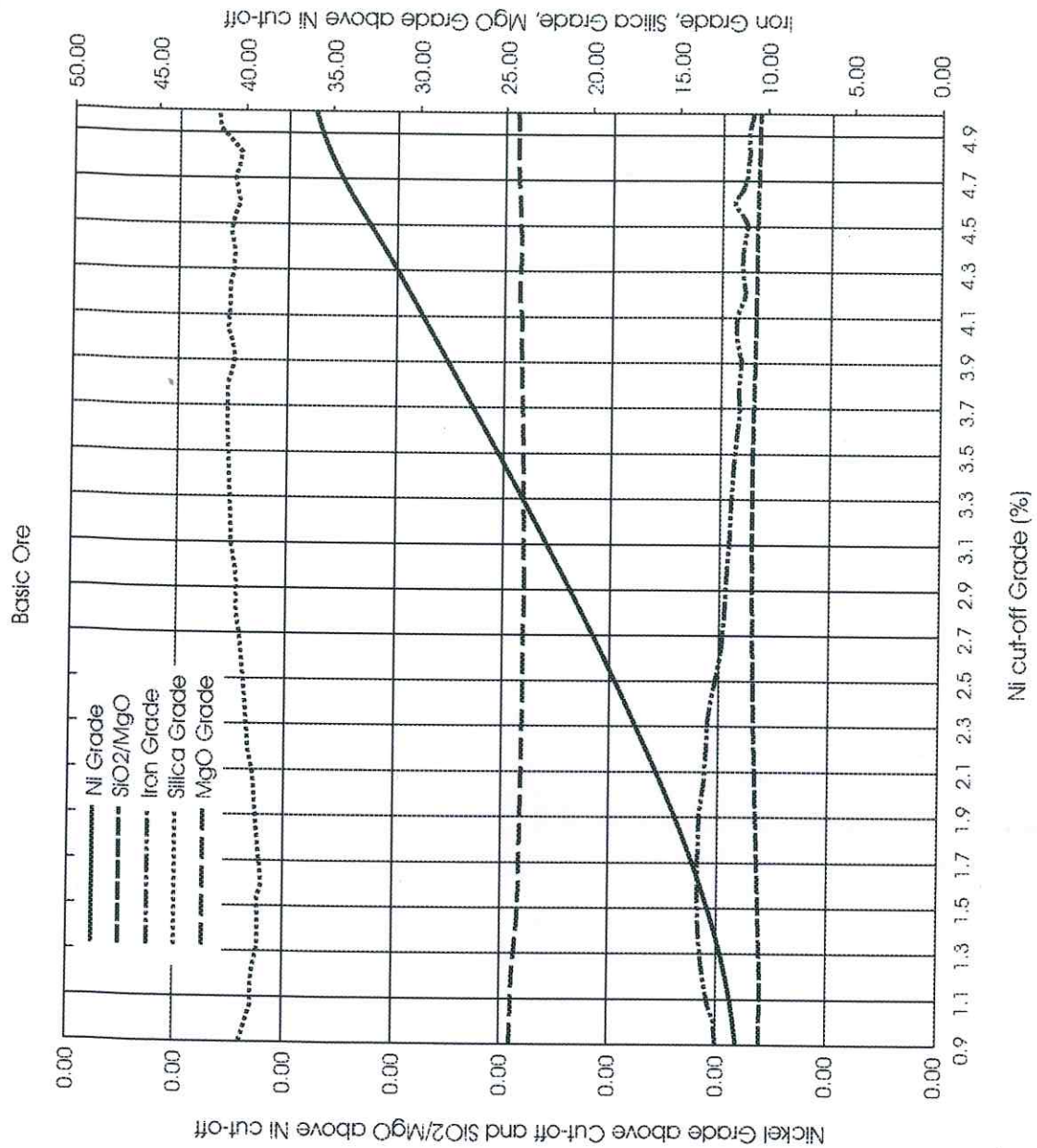
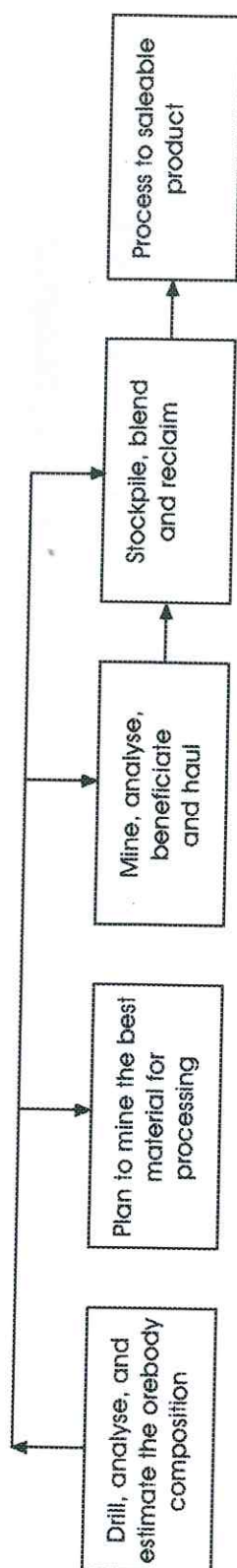


Fig. 3

The Implications of analysis and separation after mining (the concept behind bulk sorting)



Drill spacing does not need to provide accurate estimate

Just to mine good zones first, and overall balanced S/Mg

Drilling and analysis cost is lower

Mine planning must balance inputs for blending and feed highest grade blocks

Mining feeds analyser which selects the best ore and puts the low grade aside (waste or long term stockpile)

Low direct feed to processing.
Double handling is necessary for blending to produce an acceptable processing feed

The higher nickel grade implies greater production of lower cost/tt produce

Higher grade ore can be selected and the blend controlled

Mining rate increased to keep smelter full

Mining equipment can be larger

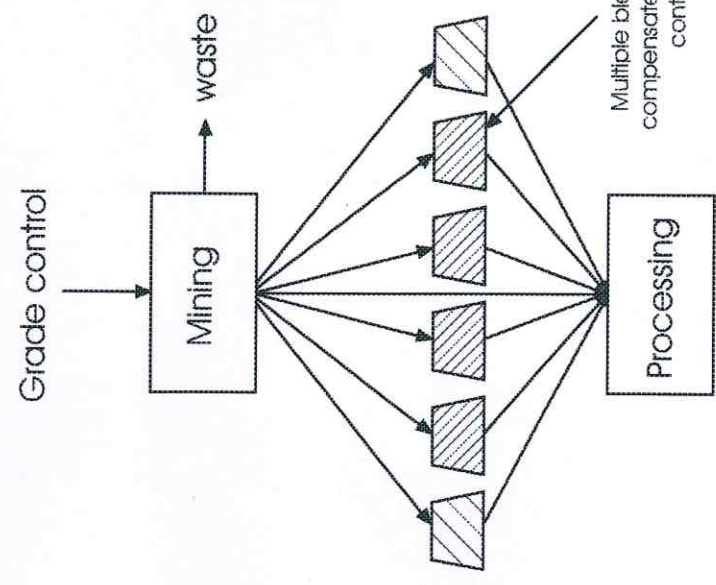
Working capital can be lower with more direct feed

Ni production costs are lower and production can be increased

Fig. 4

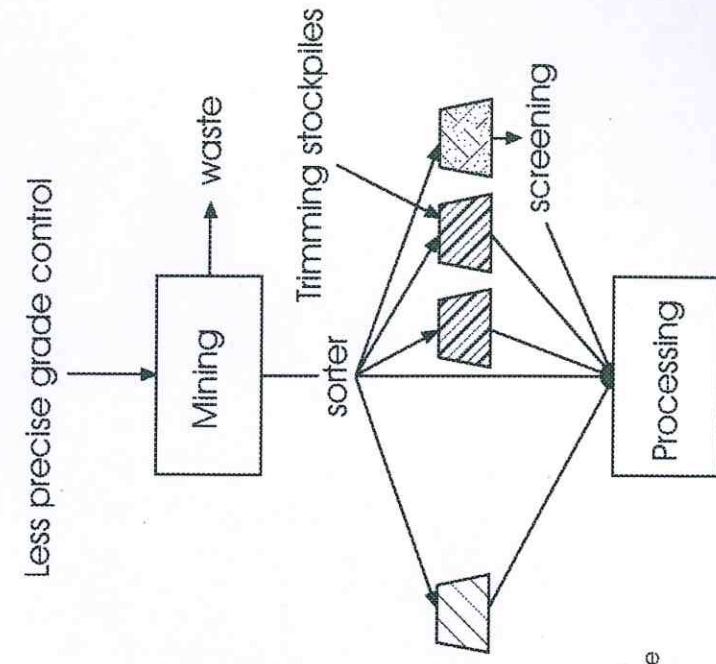
A Possible Stockpile Configuration using Bulk Sorting

Current Operations



Direct ore delivery < 20% to enable blending of the Ni feed to processing

Bulk Sorting Opportunity



Direct ore delivery < 50% to enable blending and the highest grade Ni feed to processing

Fig. 5