

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 547**

51 Int. Cl.:

B03D 1/08 (2006.01)

B03D 1/02 (2006.01)

C22B 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.07.2014 PCT/EP2014/064945**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.01.2015 WO15007649**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2014 E 14739409 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017 EP 3021971**

54 Título: **Método para recuperar un concentrado de sulfuro de cobre a partir de una mena que contiene un sulfuro de hierro**

30 Prioridad:

19.07.2013 US 201361856375 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

19.01.2018

73 Titular/es:

EVONIK DEGUSSA GMBH (50.0%)

Rellinghauser Strasse 1-11

45128 Essen, DE y

MAGOTTEAUX INTERNATIONAL S.A. (50.0%)

72 Inventor/es:

GREET, CHRISTOPHER;

ARNOLD, GERHARD;

HAMANN, INGO y

HITCHINER, ALAN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 650 547 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para recuperar un concentrado de sulfuro de cobre a partir de una mena que contiene un sulfuro de hierro

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método de recuperación de un concentrado de sulfuro de cobre a partir de una mena que contiene un sulfuro de hierro, que proporciona una mejora en la calidad del concentrado y la recuperación de sulfuros de cobre, tiene un bajo consumo de productos químicos de procesamiento y puede adaptarse fácilmente a composiciones de mena cambiantes.

Antecedentes de la invención

El método más común para recuperar un concentrado de sulfuro de cobre a partir de una mena es mediante flotación por espuma. La mena se tritura por vía húmeda para formar una pulpa mineral, que se acondiciona habitualmente con un compuesto colector que se adsorbe en la superficie de minerales de sulfuro de cobre y convierte la superficie de minerales de sulfuro de cobre en más hidrófoba. Entonces se hace pasar un gas a través de la pulpa mineral para formar burbujas de gas, las partículas hidrófobas de la pulpa mineral se unen predominantemente a la interfase gas/líquido de las burbujas y se portan con las burbujas de gas a la espuma que se forma en la parte superior de la pulpa mineral. La espuma se retira de la superficie del líquido para recuperar un concentrado de sulfuro de cobre.

La trituración por vía húmeda de la pulpa mineral se lleva a cabo habitualmente con medios de trituración de acero, lo más comúnmente bolas de acero en un molino de bolas. Se conoce que el uso de medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo puede mejorar la recuperación de sulfuros de cobre durante la flotación en comparación con el uso de medios de trituración de acero al carbono. Se cree que la corrosión de acero al carbono y la adsorción de especies de hierro, formadas mediante tal corrosión, sobre la superficie de sulfuros de cobre reduce la flotación de sulfuros de cobre y que los medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo mejoran la recuperación de sulfuros de cobre durante la flotación debido a la mejor resistencia a la corrosión de tales aleaciones.

La mayoría de las menas de sulfuro de cobre contienen sulfuros de hierro además de sulfuros de cobre y se pretende conseguir la flotación selectiva de sulfuros de cobre, quedando los sulfuros de hierro en las colas de flotación.

El documento US 5.110.455 da a conocer un método para separar sulfuro de cobre de sulfuro de hierro efervescente, que usa un acondicionamiento de la pulpa mineral con un oxidante que es preferiblemente peróxido de hidrógeno. El documento enseña la adición de un oxidante en una cantidad que eleva el potencial redox de la pulpa mineral en de 20 a 500 mV.

A Uribe-Salas *et al.*, Int. J. Miner. Process. 59 (2000) 69-83 describen una mejora en la selectividad para la flotación de calcopirita a partir de una mena de matriz de pirita elevando el potencial redox de la pulpa mineral en 0,1 V a través de una adición de peróxido de hidrógeno antes de la flotación. La cantidad de peróxido de hidrógeno añadida se ajusta para proporcionar un potencial redox constante.

Sumario de la invención

Los inventores de la presente invención han encontrado que combinar la trituración por vía húmeda de mena de sulfuro de cobre con medios de trituración hechos de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo que tienen un contenido en cromo de desde el 10 hasta el 35% en peso con una adición de peróxido de hidrógeno a la pulpa mineral acondicionada antes de o durante la flotación consigue un efecto sinérgico, que mejora la calidad del concentrado y la recuperación de sulfuros de cobre. Los inventores también han encontrado que tal combinación reduce significativamente la cantidad de peróxido de hidrógeno necesaria para conseguir una recuperación óptima de sulfuros de cobre a partir de la mena.

Por tanto, la presente invención se refiere a un método para recuperar un concentrado de sulfuro de cobre a partir de una mena que contiene un sulfuro de hierro, método que comprende las etapas de

- a) triturar por vía húmeda la mena con medios de trituración para formar una pulpa mineral,
- b) acondicionar la pulpa mineral con un compuesto colector para formar una pulpa mineral acondicionada, y
- c) flotar por espuma la pulpa mineral acondicionada para formar una espuma y una cola de flotación, separando la espuma de la cola de flotación para recuperar un concentrado de sulfuro de cobre,

y en el que en la etapa a) se usan medios de trituración hechos de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo con un contenido en cromo de desde el 10 hasta el 35% en peso y entre las etapas b) y c) o durante la etapa c) se añade peróxido de hidrógeno a la pulpa mineral acondicionada.

5 Los inventores de la presente invención también han encontrado que la cantidad óptima de peróxido de hidrógeno que debe usarse en este método puede determinarse basándose en la concentración de oxígeno disuelto en la pulpa mineral tras la adición de peróxido de hidrógeno y que puede mantenerse una recuperación óptima de sulfuros de cobre ajustando la cantidad de peróxido de hidrógeno para mantener una concentración mínima de oxígeno disuelto. Esto permite adaptar el método a cambios en la composición de la mena sin llevar a cabo ensayos en la
10 mena o experimentos de optimización adicionales.

Breve descripción de los dibujos

15 La Figura 1 muestra el contenido de oxígeno disuelto (OD) representado gráficamente frente al logaritmo de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida en los experimentos del ejemplo 1.

La Figura 2 muestra el OD representado gráficamente frente al logaritmo de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida en los experimentos del ejemplo 2.

20 La Figura 3 muestra curvas para la calidad del concentrado de cobre acumulada (eje y) representada gráficamente frente a la recuperación de cobre acumulada (eje x) para los ejemplos 3 a 6, indicando Cr- el uso de medios de trituración de acero al carbono forjado e indicando Cr+ el uso de medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo.

25 La Figura 4 muestra el OD representado gráficamente frente al logaritmo de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida en los experimentos del ejemplo 7.

La Figura 5 muestra el OD representado gráficamente frente al logaritmo de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida en los experimentos del ejemplo 8.

30 La Figura 6 muestra curvas para la calidad del concentrado de cobre acumulada representada gráficamente frente a la recuperación de cobre acumulada para los ejemplos 9 a 13, indicando Cr- el uso de medios de trituración de acero al carbono forjado e indicando Cr+ el uso de medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo.

35 La Figura 7 muestra el OD representado gráficamente frente al logaritmo de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida en los experimentos del ejemplo 14.

40 La Figura 8 muestra curvas para la calidad del concentrado de cobre acumulada representada gráficamente frente a la recuperación de cobre acumulada para los ejemplos 15 a 18, indicando Cr- el uso de medios de trituración de acero al carbono forjado e indicando Cr+ el uso de medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo.

45 La Figura 9 muestra el OD representado gráficamente frente al logaritmo de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida en los experimentos del ejemplo 19.

50 La Figura 10 muestra curvas para la calidad del concentrado de cobre acumulada representada gráficamente frente a la recuperación de cobre acumulada para los ejemplos 20 a 23, indicando Cr- el uso de medios de trituración de acero al carbono forjado e indicando Cr+ el uso de medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo.

La Figura 11 muestra curvas para la calidad del concentrado de cobre acumulada representada gráficamente frente a la recuperación de cobre acumulada para los ejemplos 24 a 27.

55 Descripción detallada de la invención

El método de la invención recupera un concentrado de sulfuro de cobre a partir de una mena que contiene un sulfuro de hierro usando tres etapas de método.

60 En la primera etapa del método de la invención, la mena se tritura con medios de trituración hechos de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo con un contenido en cromo de desde el 10 hasta el 35% en peso, preferiblemente el 10-25% en peso, más preferiblemente el 15-21% en peso. La trituración puede llevarse a cabo en cualquier molino conocido de la técnica que use medios de trituración. Molinos adecuados son molinos de bolas que usan bolas como medios de trituración o molinos de barras que usan barras como medios de trituración,
65 prefiriéndose los molinos de bolas. El molino tiene preferiblemente un revestimiento de un material resistente a la

abrasión. Lo más preferiblemente, el molino tiene un revestimiento de una aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo con un contenido en cromo de desde el 10 hasta el 35% en peso.

5 Aleaciones de hierro fundido con alto contenido en cromo adecuadas para la invención se conocen por la técnica anterior. Preferiblemente, la aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo es una aleación de hierro blanco con alto contenido en cromo que comprende una fase de carburo. Más preferiblemente, la aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo es una disolución sólida martensítica libre de perlita y que comprende menos del 5% en peso de austenita, tal como las aleaciones de hierro fundido con alto contenido en cromo conocidas por los documentos GB 1 218 981 y GB 1 315 203. Tales composiciones de fase garantizan una alta resistencia a la
10 abrasión de los medios de trituración. Medios de trituración adecuados para la invención están disponibles comercialmente de Magotteaux con el nombre comercial Duromax®.

La mena se tritura por vía húmeda para formar una pulpa mineral, es decir una suspensión acuosa de mena triturada. La mena puede alimentarse al molino junto con agua. Alternativamente, la mena y el agua se alimentan por
15 separado. La molienda se lleva a cabo normalmente hasta un tamaño medio de partícula de 50-200 µm. Preferiblemente, la mena se tritura hasta lo que se denomina el tamaño de liberación, es decir el tamaño medio de partícula máximo en el que esencialmente todo el sulfuro de cobre se expone a la superficie de la partícula y esencialmente no queda nada de sulfuro de cobre encapsulado dentro de una partícula.

20 En la segunda etapa del método de la invención, la mena se acondiciona con un compuesto colector para formar una pulpa mineral acondicionada. Los compuestos colectores son compuestos que tras la adición a la pulpa mineral se adsorben en la superficie de sulfuros de cobre y convierten la superficie en hidrófoba. Compuestos colectores adecuados para la flotación por espuma de sulfuros de cobre se conocen por la técnica anterior. Preferiblemente se usa como colector un alquilxantato de metal alcalino, tal como amilxantato de potasio o etilxantato de sodio. El
25 acondicionamiento se lleva a cabo normalmente añadiendo el acondicionador a la pulpa mineral y mezclando durante un periodo de tiempo suficiente para conseguir la adsorción del acondicionador en la superficie mineral, normalmente durante menos de 15 minutos. Preferiblemente durante de 0,5 a 15 minutos. Alternativamente, el colector se añade en la primera etapa de trituración y el acondicionamiento se lleva a cabo reteniendo la pulpa mineral durante un tiempo correspondiente.

30 Reactivos adicionales, tales como espumadores, reguladores del pH, depresores y mezclas de los mismos pueden añadirse en la etapa de trituración, la etapa de acondicionamiento o en ambas etapas. Los espumadores son compuestos que estabilizan la espuma formada en una flotación por espuma. Espumadores adecuados están disponibles comercialmente, por ejemplo de Huntsman con el nombre comercial Polyfroth®. Los depresores son
35 compuestos que convierten la superficie de minerales no deseados en más hidrófilos. Pueden usarse poliaminas conocidas por la técnica anterior, tal como dietilentriamina o trietilentetraamina, como depresores para sulfuros de hierro. Pueden añadirse reguladores del pH, tales como óxido de calcio, hidróxido de calcio o carbonato de sodio, para ajustar el pH de la pulpa mineral a un valor deseado, preferiblemente a un valor en el intervalo de desde 7 hasta 11.

40 En la tercera etapa del método de la invención, la pulpa mineral acondicionada se somete a flotación por espuma para formar espuma y una cola de flotación, añadiéndose peróxido de hidrógeno a la pulpa mineral acondicionada durante la flotación por espuma o entre la segunda etapa de acondicionamiento de la pulpa mineral y la etapa de
45 flotación por espuma. La espuma se separa de la cola de flotación para recuperar un concentrado de sulfuro de cobre. La flotación por espuma puede llevarse a cabo usando equipos y procedimientos conocidos para un experto en la técnica para la flotación por espuma de menas de cobre.

La flotación por espuma puede llevarse a cabo como una flotación de una única etapa o como una flotación de múltiples etapas, usando por ejemplo etapas de desbastador, eliminador y limpiador. En una flotación por espuma
50 de múltiples etapas, el peróxido de hidrógeno se añade preferiblemente antes de la primera etapa de flotación o durante la primera etapa de flotación.

Cuando se añade peróxido de hidrógeno entre la etapa de acondicionamiento de la pulpa mineral y la etapa de flotación por espuma, el periodo de tiempo entre la adición de peróxido de hidrógeno y la flotación por espuma es
55 preferiblemente de menos de 15 min, más preferiblemente de menos de 3 min y lo más preferiblemente de menos de 1 min. La limitación del periodo de tiempo entre la adición de peróxido de hidrógeno y la flotación por espuma mejora tanto la calidad del concentrado como la recuperación de sulfuros de cobre.

60 En una realización preferida del método de la invención, la flotación por espuma se lleva a cabo de manera continua y el peróxido de hidrógeno se añade de manera continua durante la flotación por espuma.

El peróxido de hidrógeno se añade preferiblemente como una disolución acuosa que comprende del 0,5 al 5% en peso de peróxido de hidrógeno. La adición de una disolución de peróxido de hidrógeno diluida de este tipo proporciona una mejor calidad del concentrado y recuperación que las obtenidas con la misma cantidad de una
65 disolución de peróxido de hidrógeno más concentrada. Por tanto, se prefiere diluir una disolución de peróxido de

hidrógeno comercial que comprende del 30 al 70% en peso de peróxido de hidrógeno hasta una disolución diluida que comprende del 0,5 al 5% en peso de peróxido de hidrógeno antes de añadirla en el método de la invención.

5 La cantidad de peróxido de hidrógeno añadida a la pulpa acondicionada puede variarse a lo largo de un intervalo ampliado dependiendo de la composición de la mena. El método de la invención requiere sólo pequeñas cantidades de peróxido de hidrógeno. En general, se necesitan menos de 100 g de peróxido de hidrógeno por tonelada de mena y preferiblemente se usan menos de 50 g/t. El método puede llevarse a cabo con tan sólo 2 g/t de peróxido de hidrógeno por tonelada de mena y preferiblemente se usan al menos 5 g/t.

10 Habitualmente habrá una cantidad óptima de peróxido de hidrógeno por tonelada de mena que depende de la composición de la mena. El aumento de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido hasta la cantidad óptima conducirá a un aumento en la calidad del concentrado y la recuperación de sulfuros de cobre, mientras que el aumento de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido más allá de la cantidad óptima no conducirá a ninguna mejora adicional, sino que en general conducirá incluso a una calidad del concentrado y una recuperación de sulfuros de cobre reducidas.

15 Una cantidad objetivo de peróxido de hidrógeno que está próxima a la cantidad óptima de peróxido de hidrógeno puede determinarse mediante el siguiente método sin llevar a cabo ensayos en la mena para determinar la calidad del concentrado y la recuperación de sulfuros de cobre. Se lleva a cabo una serie de experimentos preliminares en los que se añaden cantidades variables de peróxido de hidrógeno a la pulpa mineral acondicionada y se determina la concentración de oxígeno disuelto en la pulpa mineral tras la adición de peróxido de hidrógeno. La concentración de oxígeno disuelto se representa entonces gráficamente frente a la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido para dar una curva que tiene un punto de inflexión, y la cantidad objetivo de peróxido de hidrógeno se determina como la cantidad de peróxido de hidrógeno en el punto de inflexión. El método de la invención se lleva a cabo preferiblemente usando desde 0,5 hasta 10 veces la cantidad objetivo, más preferiblemente usando desde 0,5 hasta 25 2 veces la cantidad objetivo. Preferiblemente, la concentración de oxígeno disuelto se representa gráficamente frente al logaritmo de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido para dar una curva que tiene una pendiente esencialmente constante a ambos lados del punto de inflexión.

30 La concentración de oxígeno disuelto en la pulpa mineral puede determinarse con equipos conocidos por la técnica anterior. Sensores preferidos para determinar la concentración de oxígeno disuelto son sensores amperométricos o sensores ópticos que miden la concentración de oxígeno mediante la reducción electroquímica de oxígeno o mediante la extinción de la fluorescencia provocada por oxígeno de un colorante. El sensor tiene preferiblemente una membrana permeable al oxígeno en el dispositivo de detección de oxígeno, membrana que tiene una baja permeabilidad para el peróxido de hidrógeno.

35 Para el método de la invención, cuando se usan medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo, la curva de la concentración de oxígeno disuelto representada gráficamente frente al logaritmo de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido tiene habitualmente un mínimo en el punto de inflexión. Esta propiedad se usa en una realización preferida del método de la invención, en la que la concentración de oxígeno disuelto se determina en la pulpa mineral tras la adición de peróxido de hidrógeno y la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida se ajusta para mantener una concentración mínima de oxígeno disuelto. Tal ajuste puede realizarse convenientemente o bien regularmente o bien cuando se ha producido un cambio en la composición de la mena variando la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida al tiempo que se mide la concentración de oxígeno disuelto tras la adición de peróxido de hidrógeno y continuando con tales variaciones en el sentido en el que se consigue una concentración de oxígeno disuelto menor hasta que se alcanza una concentración mínima de oxígeno disuelto.

40 El método de la invención proporciona una mejora inesperada en la calidad del concentrado y la recuperación de sulfuros de cobre en el concentrado de sulfuro de cobre obtenido, que es mayor que lo que esperaría un experto en la técnica del efecto individual conocido para el uso de medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo en lugar de medios de trituración de acero al carbono forjado y el efecto observado para la adición de peróxido de hidrógeno a una pulpa mineral obtenida mediante la molienda por vía húmeda con medios de trituración de acero al carbono forjado. Además, el uso de medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo para triturar por vía húmeda la mena reduce sustancialmente la cantidad de peróxido de hidrógeno necesaria para conseguir una calidad del concentrado y una recuperación de sulfuros de cobre óptimas y reduce de ese modo la cantidad total de productos químicos necesarios para recuperar sulfuros de cobre mediante flotación por espuma.

45 50 Además de proporcionar una mejora en la calidad del concentrado y la recuperación de sulfuros de cobre, el método de la invención también puede proporcionar una recuperación mejorada de oro de la mena y reduce el contenido de sulfuros de hierro y minerales de arsénico en el concentrado de sulfuro de cobre.

55 Los inventores de la presente invención también se han dado cuenta de que el potencial redox de la pulpa mineral, que se ha usado en la técnica anterior para controlar la adición de un oxidante en un proceso de flotación por espuma, no puede usarse para controlar o ajustar la adición de peróxido de hidrógeno en el método de la invención.

Han encontrado adicionalmente que la concentración de oxígeno disuelto tras la adición de peróxido de hidrógeno es un parámetro adecuado para ajustar la cantidad de peróxido de hidrógeno usada en el método de la invención, parámetro que no se ha identificado en la técnica anterior.

5 Los siguientes ejemplos ilustran la invención, pero no se pretende que limiten el alcance de la invención.

Ejemplos

10 En todos los experimentos de flotación, se molieron menas hasta un tamaño de partícula P_{80} de 200 μm con un molino Magotteaux Mill® de laboratorio usando barras de 16*1 pulgadas como medios de trituración. La pulpa mineral resultante se transfirió a una célula de flotación de laboratorio y se mezcló durante dos minutos para homogeneizarla. Se añadió etilxantato de sodio como colector a 21 g por tonelada de mena, seguido de 5 g por tonelada de espumador POLYFROTH® H27 de Huntsman. La pulpa mineral resultante se acondicionó durante 1 min antes de iniciar la flotación introduciendo aire. Se recogieron concentrados de cuatro veces durante la flotación a lo largo de los intervalos facilitados en los ejemplos. Cada concentrado se recogió retirando manualmente la espuma de la superficie de la pulpa una vez cada 10 segundos. Se pesaron y se sometieron a ensayo los concentrados y se calcularon las calidades y recuperaciones acumuladas a partir de estos datos. Las calidades se representaron gráficamente frente a la recuperación y los valores para calidades a una recuperación de cobre específica y recuperaciones a una calidad de cobre específica facilitadas en las tablas a continuación se leyeron a partir de estas curvas.

Ejemplos 1 a 6

25 La flotación se llevó a cabo con una mena de cobre/oro sedimentaria que tiene un ensayo de cabeza del 1,74% de Cu, el 9,95% de Fe, 3,27 ppm de Au, 168 ppm de Bi y el 3,21% de S.

30 En los ejemplos 1 y 2, se llevaron a cabo experimentos preliminares usando cantidades variables de peróxido de hidrógeno que se añadieron inmediatamente antes de iniciar la flotación y el potencial redox (Eh) y el contenido de oxígeno disuelto (OD) se determinaron inmediatamente tras iniciar la flotación. En el ejemplo 1, la mena se trituró con medios de trituración hechos de acero al carbono forjado. En el ejemplo 2, la mena se trituró con medios de trituración hechos de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo con un contenido en cromo del 15% en peso. Los resultados se resumen en la tabla 1. No se observó ningún cambio significativo de potencial redox tras la adición de peróxido de hidrógeno para la pulpa mineral triturada con medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo.

35 La Figura 1 muestra una curva del OD representado gráficamente frente al logaritmo de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido para el ejemplo 1. La curva de la Figura 1 muestra un punto de inflexión para una cantidad de peróxido de hidrógeno de aproximadamente 66 g/t, disminuyendo el OD ligeramente tras la adición de cantidades menores y aumentando rápidamente el OD tras la adición de cantidades mayores. La Figura 2 muestra la curva correspondiente para el ejemplo 2 con un punto de inflexión a aproximadamente 34 g/t, disminuyendo el OD tras la adición de cantidades menores y aumentando el OD tras la adición de cantidades mayores.

Tabla 1
Variación de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido

H ₂ O ₂ añadido [g/t]	Ejemplo 1*		Ejemplo 2	
	OD [ppm]	Eh [mV]	OD [ppm]	Eh [mV]
0	1,13	241	7,25	258
7,5	1,13	230	7,30	256
15	1,05	220	6,30	254
30	0,95	226	5,00	252
60	0,90	222	5,50	254
90	1,56	227		
120	2,20	239	6,2	252
180			6,80	248
240			7,00	252

45 * No según la invención

50 En los ejemplos 3 a 6, la flotación se llevó a cabo con concentrados recogidos a lo largo de intervalos de 0,5, 2, 5 y 10 minutos. En los ejemplos 3 y 4, la mena se trituró con medios de trituración hechos de acero al carbono forjado y en los ejemplos 5 y 6, la mena se trituró con medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo con un contenido en cromo del 15% en peso. No se añadió nada de peróxido de hidrógeno en los ejemplos 3 y 5. En el ejemplo 4, se añadió una disolución acuosa de peróxido de hidrógeno al 1% en peso en una cantidad de 75 g/t de mena inmediatamente antes de iniciar la flotación. En el ejemplo 6, se añadió la misma

disolución acuosa de peróxido de hidrógeno en una cantidad de 30 g/t de mena inmediatamente antes de iniciar la flotación.

- 5 La Figura 3 muestra las curvas para la calidad del concentrado de cobre acumulada representada gráficamente frente a la recuperación de cobre acumulada para los ejemplos 3 a 6, indicando Cr- el uso de medios de trituración de acero al carbono forjado e indicando Cr+ el uso de medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo. Las tablas 2 y 3 comparan estos resultados a una recuperación de cobre del 85% y a una calidad de cobre concentrado del 18%.

10 Tabla 2

Calidades de concentrado de cobre y oro y recuperaciones de oro y diluyente a una recuperación de cobre del 85%

Ejemplo	Medios de trituración, H ₂ O ₂ añadido	Calidad		Recuperación			
		Cu [%]	Au [ppm]	Au [%]	Bi [%]	SH [%]	GNS [%]
3*	Acero al carbono forjado, 0 g/t	18,2	25,0	62,5	69,2	18,8	3,6
4*	Acero al carbono forjado 75 g/t	19,2	26,0	55,0	65,0	13,6	3,4
5*	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 0 g/t	20,6	29,2	55,8	38,9	11,8	1,8
6	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 30 g/t	23,2	27,2	57,5	60,0	4,8	2,2

* No según la invención,
SH = sulfuros de hierro, GNS = ganga no de sulfuro

15 Tabla 3

Recuperación de cobre y oro y calidad de oro concentrado y diluyentes a una calidad de cobre concentrado del 18%

Ejemplo	Medios de trituración, H ₂ O ₂ añadido	Recuperación		Calidad			
		Cu [%]	Au [%]	Au [ppm]	Bi [ppm]	SH [%]	GNS [%]
3*	Acero al carbono forjado, 0 g/t	85,7	58,8	24,7	1420	6,2	41,5
4*	Acero al carbono forjado 75 g/t	89,3	63,3	24,7	1310	4,7	42,8
5*	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 0 g/t	88,8	60,3	26,2	1260	6,2	41,5
6	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 30 g/t	94,8	70,7	23,3	1280	4,3	43,4

* No según la invención,
SH = sulfuros de hierro, GNS = ganga no de sulfuro

- 20 Los datos de la tabla 2 muestran una mejora sinérgica en la calidad del concentrado de cobre y en la selectividad para sulfuros de cobre con respecto a sulfuros de hierro para el método de la invención en comparación con sólo usar peróxido de hidrógeno o sólo usar medios de trituración con alto contenido en cromo. La tabla 3 muestra una mejora sinérgica similar en la recuperación de cobre y oro.

25 Ejemplos 7 a 13

La flotación se llevó a cabo con una mena de depósito de sulfuro volcanogénico que tiene un ensayo de cabeza del 2,63% de Cu, el 19,2% de Fe y el 15,9% de S.

- 30 En los ejemplos 7 y 8, se llevaron a cabo experimentos preliminares usando cantidades variables de peróxido de hidrógeno que se añadieron inmediatamente antes de iniciar la flotación y el potencial redox (Eh) y el contenido de oxígeno disuelto (OD) se determinaron inmediatamente tras iniciar la flotación. En el ejemplo 7, la mena se trituró con medios de trituración hechos de acero al carbono forjado. En el ejemplo 8, la mena se trituró con medios de trituración hechos de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo con un contenido en cromo del 21% en peso. Los resultados se resumen en la tabla 4. No se observó ningún cambio significativo de potencial redox tras la adición de peróxido de hidrógeno para la pulpa mineral triturada con medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo.

La Figura 4 muestra una curva del OD representado gráficamente frente al logaritmo de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido para el ejemplo 7. La curva de la Figura 4 muestra un punto de inflexión para una cantidad de peróxido de hidrógeno de aproximadamente 190 g/t sin ningún cambio significativo del OD tras la adición de cantidades menores y aumentando rápidamente el OD tras la adición de cantidades mayores. La Figura 5 muestra la curva correspondiente para el ejemplo 2 con un punto de inflexión a aproximadamente 16 g/t, disminuyendo el OD tras la adición de cantidades menores y aumentando el OD tras la adición de cantidades mayores.

5

Tabla 4
Variación de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido

H ₂ O ₂ añadido [g/t]	Ejemplo 7*		Ejemplo 8	
	acero al carbono forjado		aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr	
	OD [ppm]	Eh [mV]	OD [ppm]	Eh [mV]
0	0,74	250	3,63	258
7,5			3,69	256
10			3,20	254
15			2,58	252
20			2,85	254
25			3,23	252
30	0,77	243	3,55	248
35			4,36	252
60	0,75	237		
120	0,74	239		
180	0,72	235		
240	1,05	236		
300	1,49	240		
360	1,67	245		

10

* No según la invención

En los ejemplos 9 a 13, la flotación se llevó a cabo con concentrados recogidos a lo largo de intervalos de 0,5, 2, 4 y 7 minutos. En los ejemplos 9 a 11, la mena se trituró con medios de trituración hechos de acero al carbono forjado y en los ejemplos 12 y 13, la mena se trituró con medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo con un contenido en cromo del 21% en peso. No se añadió nada de peróxido de hidrógeno en los ejemplos 9 y 12. En los ejemplos 10 y 11, se añadió una disolución acuosa de peróxido de hidrógeno al 1% en peso en cantidades de 15 g/t de mena y 240 g/t de mena inmediatamente antes de iniciar la flotación. En el ejemplo 13, se añadió la misma disolución acuosa de peróxido de hidrógeno en una cantidad de 15 g/t de mena inmediatamente antes de iniciar la flotación.

15

20

La Figura 6 muestra las curvas para la calidad del concentrado de cobre acumulada representada gráficamente frente a la recuperación de cobre acumulada para los ejemplos 9 a 13, indicando Cr- el uso de medios de trituración de acero al carbono forjado e indicando Cr+ el uso de medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo. Las tablas 5 y 6 comparan estos resultados a una recuperación de cobre del 90% y a una calidad de cobre concentrado del 18%.

25

Los datos de las tablas 5 y 6 muestran que el método de la invención requiere menos peróxido de hidrógeno para conseguir una recuperación de cobre y una calidad del concentrado altas que la flotación de una mena triturada con acero al carbono forjado.

30

Tabla 5
Calidades de concentrado de cobre y hierro y recuperaciones de diluyente a una recuperación de cobre del 90%

Ejemplo	Medios de trituración, H ₂ O ₂ añadido	Calidad		Recuperación		
		Cu [%]	Fe [%]	Fe [%]	SH [%]	GNS [%]
9*	Acero al carbono forjado, 0 g/t	15,5	26,8	18,2	10,0	4,5
10*	Acero al carbono forjado 15 g/t	20,5	28,8	17,7	7,7	4,1
11*	Acero al carbono forjado 240 g/t	21,1	27,6	16,4	8,0	3,9
12*	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 0 g/t	20,1	26,7	16,6	7,7	4,7
13	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 15 g/t	22,3	27,8	15,6	6,6	3,7

* No según la invención,

SH = sulfuros de hierro, GNS = ganga no de sulfuro

Tabla 6

Recuperación de cobre y hierro y calidad de diluyentes concentrados a una calidad de cobre concentrado del 18%

Ejemplo	Medios de trituración, H ₂ O ₂ añadido	Recuperación		Calidad		
		Cu [%]	Fe [%]	Fe [%]	SH [%]	GNS [%]
9*	Acero al carbono forjado, 0 g/t	91,0	18,8	26,8	19,0	28,4
10*	Acero al carbono forjado 15 g/t	93,5	20,2	28,1	18,0	26,4
11*	Acero al carbono forjado 240 g/t	94,6	19,5	26,9	20,0	27,5
12*	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 0 g/t	93,8	18,7	26,2	17,7	29,7
13	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 15 g/t	95,6	19,4	26,7	18,8	28,7

5 * No según la invención,
SH = sulfuros de hierro, GNS = ganga no de sulfuro

Ejemplos 14 a 18

10 La flotación se llevó a cabo con una mena de pórfido de cobre/oro que tiene un ensayo de cabeza del 0,43% de Cu, el 5,4% de Fe, 0,18 ppm de Au y el 5,0% de S.

15 En el ejemplo 14, se llevó a cabo un experimento preliminar con la mena triturada con medios de trituración hechos de acero al carbono forjado, usando cantidades variables de peróxido de hidrógeno que se añadieron inmediatamente antes de iniciar la flotación, y el potencial redox (Eh) y el contenido de oxígeno disuelto (OD) se determinaron inmediatamente tras iniciar la flotación. Los resultados se resumen en la tabla 7.

Tabla 7

Variación de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido

H ₂ O ₂ añadido [g/t]	Ejemplo 14* acero al carbono forjado	
	OD [ppm]	Eh [mV]
0	0,40	224
7,5	0,40	203
15	0,30	186
30	0,30	199
60	0,30	190
120	0,45	201
180	0,75	210
240	1,00	225

20 * No según la invención

25 La Figura 7 muestra una curva del OD representado gráficamente frente al logaritmo de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido para el ejemplo 14. La curva de la Figura 7 muestra un punto de inflexión para una cantidad de peróxido de hidrógeno de aproximadamente 95 g/t sin ningún cambio significativo del OD tras la adición de cantidades menores y aumentando rápidamente el OD tras la adición de cantidades mayores.

30 En los ejemplos 15 a 18, la flotación se llevó a cabo con concentrados recogidos a lo largo de intervalos de 0,5, 2, 4 y 9 minutos. En los ejemplos 15 y 16, la mena se trituró con medios de trituración hechos de acero al carbono forjado y en los ejemplos 17 y 18, la mena se trituró con medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo con un contenido en cromo del 18% en peso. No se añadió nada de peróxido de hidrógeno en los ejemplos 15 y 17. En los ejemplos 16 y 18, se añadió una disolución acuosa de peróxido de hidrógeno al 1% en peso en una cantidad de 120 g/t de mena inmediatamente antes de iniciar la flotación.

35 La Figura 8 muestra las curvas para la calidad del concentrado de cobre acumulada representada gráficamente frente a la recuperación de cobre acumulada para los ejemplos 15 a 18, indicando Cr- el uso de medios de trituración de acero al carbono forjado e indicando Cr+ el uso de medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo. Las tablas 8 y 9 comparan estos resultados a una recuperación de cobre del 70% y a una calidad de cobre concentrado del 9%.

Tabla 8

Calidades de concentrado de cobre y oro y recuperaciones de oro y diluyente a una recuperación de cobre del 70%

Ejemplo	Medios de trituración, H ₂ O ₂ añadido	Calidad		Recuperación		
		Cu [%]	Au [ppm]	Au [%]	SH [%]	GNS [%]
15*	Acero al carbono forjado, 0 g/t	6,2	1,3	35,0	14,5	3,1
16*	Acero al carbono forjado 120 g/t	7,2	1,7	46,0	11,2	2,6
17*	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 0 g/t	12,6	2,7	40,0	10,6	0,7
18	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 120 g/t	18,9	3,2	31,0	3,7	0,5

* No según la invención,
SH = sulfuros de hierro, GNS = ganga no de sulfuro

5

Tabla 9

Recuperación de cobre y oro y calidad de oro concentrado y diluyentes a una calidad de cobre concentrado del 9%

Ejemplo	Medios de trituración, H ₂ O ₂ añadido	Recuperación		Calidad		
		Cu [%]	Au [%]	Au [ppm]	SH [%]	GNS [%]
15*	Acero al carbono forjado, 0 g/t	60,0	27,5	1,7	33,0	41,0
16*	Acero al carbono forjado 120 g/t	67,0	42,5	2,0	27,0	47,0
17*	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 0 g/t	77,5	48,0	2,2	34,5	38,0
18	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 120 g/t	82,0	49,0	2,1	22,0	52,5

* No según la invención,
SH = sulfuros de hierro, GNS = ganga no de sulfuro

10

Los datos de la tabla 8 muestran una mejora sinérgica en la calidad del cobre y en la selectividad para sulfuros de cobre con respecto a sulfuros de hierro para el método de la invención en comparación con sólo usar peróxido de hidrógeno o sólo usar medios de trituración con alto contenido en cromo. La tabla 9 muestra una mejora adicional en la recuperación de cobre y oro.

15

Ejemplos 19 a 23

La flotación se llevó a cabo con una mena de cobre/oro encajonado en óxido de hierro que tiene un ensayo de cabeza del 0,83% de Cu, el 21,7% de Fe, 0,39 ppm de Au, 568 ppm de As y el 4,0% de S.

20

En el ejemplo 19, se llevó a cabo un experimento preliminar con la mena triturada con medios de trituración hechos de acero al carbono forjado, usando cantidades variables de peróxido de hidrógeno que se añadieron inmediatamente antes de iniciar la flotación, y el potencial redox (Eh) y el contenido de oxígeno disuelto (OD) se determinaron inmediatamente tras iniciar la flotación. Los resultados se resumen en la tabla 10.

25

Tabla 10

Variación de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido

H ₂ O ₂ añadido [g/t]	Ejemplo 19* acero al carbono forjado	
	OD [ppm]	Eh [mV]
0	0,55	233
7,5	0,60	216
15	0,68	203
30	0,63	200
60	0,65	206
90	1,15	214
120	1,57	224

* No según la invención

La Figura 9 muestra una curva del OD representado gráficamente frente al logaritmo de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido para el ejemplo 19. La curva de la Figura 9 muestra un punto de inflexión para una cantidad de peróxido de hidrógeno de aproximadamente 64 g/t sin ningún cambio significativo del OD tras la adición de cantidades menores y aumentando rápidamente el OD tras la adición de cantidades mayores.

5 En los ejemplos 20 a 23, la flotación se llevó a cabo con concentrados recogidos a lo largo de intervalos de 0,5, 2, 4 y 8 minutos. En los ejemplos 20 y 21 la mena se trituró con medios de trituración hechos de acero al carbono forjado y en los ejemplos 22 y 23 la mena se trituró con medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo con un contenido en cromo del 18% en peso. No se añadió nada de peróxido de hidrógeno en los ejemplos 20 y 22. En los ejemplos 21 y 23 se añadió una disolución acuosa de peróxido de hidrógeno al 1% en peso en una cantidad de 50 g/t de mena inmediatamente antes de iniciar la flotación.

15 La Figura 10 muestra las curvas para la calidad del concentrado de cobre acumulada representada gráficamente frente a la recuperación de cobre acumulada para los ejemplos 20 a 23, indicando Cr- el uso de medios de trituración de acero al carbono forjado e indicando Cr+ el uso de medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo. Las tablas 11 y 12 comparan estos resultados a una recuperación de cobre del 80% y a una calidad de cobre concentrado del 13%.

Tabla 11

20 Calidades de concentrado de cobre y oro y recuperaciones de oro y diluyente a una recuperación de cobre del 80%

Ejemplo	Medios de trituración, H ₂ O ₂ añadido	Calidad		Recuperación			
		Cu [%]	Au [ppm]	Au [%]	As [%]	SH [%]	GNS [%]
20*	Acero al carbono forjado, 0 g/t	10,5	3,7	60,0	33,9	46,3	1,8
21*	Acero al carbono forjado 50 g/t	12,0	3,9	59,0	27,5	38,0	1,4
22*	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 0 g/t	11,5	4,0	51,5	22,8	34,9	2,0
23	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 50 g/t	15,7	4,4	46,6	10,3	10,1	1,7

* No según la invención,
SH = sulfuros de hierro, GNS = ganga no de sulfuro

Tabla 12

25 Recuperación de cobre y oro y calidad de oro concentrado y diluyentes a una calidad de cobre concentrado del 13%

Ejemplo	Medios de trituración, H ₂ O ₂ añadido	Recuperación		Calidad			
		Cu [%]	Au [%]	Au [ppm]	As [ppm]	SH [%]	GNS [%]
20*	Acero al carbono forjado, 0 g/t	57,5	36,0	3,8	2740	42,8	19,1
21*	Acero al carbono forjado 50 g/t	75,0	53,0	4,0	2780	41,8	20,1
22*	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 0 g/t	72,5	43,0	4,2	2070	33,9	28,1
23	Aleación de hierro fundido con alto contenido en Cr 50 g/t	87,7	61,5	4,4	1400	15,8	46,1

* No según la invención,
SH = sulfuros de hierro, GNS = ganga no de sulfuro

30 Los datos de la tabla 11 muestran una mejora sinérgica en la calidad del concentrado de cobre y en la selectividad para sulfuros de cobre con respecto a sulfuros de hierro y minerales de arsénico para el método de la invención en comparación con sólo usar peróxido de hidrógeno o sólo usar medios de trituración con alto contenido en cromo. La tabla 12 muestra una mejora sinérgica similar en la recuperación de cobre y oro.

Ejemplos 24 a 27

35 La flotación se llevó a cabo con una mena de depósito de sulfuro volcánogénico que tiene un ensayo de cabeza del 2,65% de Cu, el 19,6% de Fe y el 16,1% de S, mena que era similar a la mena usada en los ejemplos 7 a 13.

En los ejemplos 24 a 27, la mena se trituró con medios de trituración de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo con un contenido en cromo del 21% en peso. La flotación se llevó a cabo con concentrados recogidos a lo largo de intervalos de 0,5, 2, 4 y 7 minutos. No se añadió nada de peróxido de hidrógeno en el ejemplo 24. En los ejemplos 25 a 27, se añadió una disolución acuosa de peróxido de hidrógeno al 1% en peso a la pulpa mineral acondicionada en una cantidad de 15 g/t de mena. En el ejemplo 25, se inició la flotación inmediatamente tras la adición de peróxido de hidrógeno, mientras que en los ejemplos 26 y 27, la mena se acondicionó con peróxido de hidrógeno iniciando la flotación 15 y 60 minutos tras la adición de peróxido de hidrógeno.

- 10 La Figura 11 muestra las curvas para la calidad del concentrado de cobre acumulada representada gráficamente frente a la recuperación de cobre acumulada para los ejemplos 24 a 27. Las tablas 13 y 14 comparan estos resultados a una recuperación de cobre del 94% y a una calidad de cobre concentrado del 20%.

Tabla 13

- 15 Calidades de concentrado de cobre y hierro y recuperaciones de diluyente a una recuperación de cobre del 94%

Ejemplo	H ₂ O ₂ añadido, tiempo de acondicionamiento	Calidad		Recuperación		
		Cu [%]	Fe [%]	Fe [%]	SH [%]	GNS [%]
24*	0 g/t	19,2	27,0	18,0	10,4	4,8
25	15 g/t, 0 min	21,1	28,0	17,1	10,8	4,8
26	15 g/t, 15 min	20,1	26,3	16,1	11,4	5,1
27	15 g/t, 60 min	20,0	25,8	15,7	11,8	5,2

* No según la invención,
SH = sulfuros de hierro, GNS = ganga no de sulfuro

Tabla 14

- 20 Recuperación de cobre y hierro y calidad de diluyentes concentrados a una calidad de cobre concentrado del 20%

Ejemplo	H ₂ O ₂ añadido, tiempo de acondicionamiento	Recuperación		Calidad		
		Cu [%]	Fe [%]	Fe [%]	SH [%]	GNS [%]
24*	0 g/t	93,3	17,2	27,2	18,8	25,1
25	15 g/t, 0 min	94,7	18,0	27,5	23,2	29,3
26	15 g/t, 15 min	94,2	15,3	26,3	23,2	29,3
27	15 g/t, 60 min	94,0	15,8	25,8	23,2	29,3

* No según la invención,
SH = sulfuros de hierro, GNS = ganga no de sulfuro

- 25 Los datos de las tablas 13 y 14 muestran que el método de la invención proporciona el mejor resultado si no hay retardo o sólo hay un retardo corto entre la adición de peróxido de hidrógeno y la etapa de flotación. Sin embargo, incluso cuando la mena se acondiciona con peróxido de hidrógeno, el método de la invención todavía proporciona una mejora con respecto a un método que usa medios de trituración hechos de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo y nada de peróxido de hidrógeno.

30

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método para recuperar un concentrado de sulfuro de cobre a partir de una mena que contiene un sulfuro de hierro, que comprende las etapas de
- 5 a) triturar por vía húmeda la mena con medios de trituración para formar una pulpa mineral,
- b) acondicionar la pulpa mineral con un compuesto colector para formar una pulpa mineral acondicionada, y
- 10 c) flotar por espuma la pulpa mineral acondicionada para formar una espuma y una cola de flotación, separando la espuma de la cola de flotación para recuperar un concentrado de sulfuro de cobre,
- caracterizado porque en la etapa a) se usan medios de trituración hechos de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo con un contenido en cromo de desde el 10 hasta el 35% en peso y entre las etapas b) y c) o
- 15 durante la etapa c) se añade peróxido de hidrógeno a la pulpa mineral acondicionada.
- 2.- El método según la reivindicación 1, en el que los medios de trituración son bolas de aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo con un contenido en cromo de desde el 10 hasta el 35% en peso.
- 20 3.- El método según la reivindicación 1 ó 2, en el que la aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo es una aleación de hierro blanco con alto contenido en cromo que comprende una fase de carburo.
- 4.- El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la aleación de hierro fundido con alto contenido en cromo es una disolución sólida martensítica libre de perlita y que comprende menos del 5% en peso de austenita.
- 25 5.- El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el peróxido de hidrógeno se añade menos de 15 minutos antes de introducir un gas para flotación por espuma.
- 30 6.- El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la flotación por espuma se lleva a cabo de manera continua y se añade peróxido de hidrógeno de manera continua durante la flotación por espuma.
- 7.- El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el peróxido de hidrógeno se añade como una disolución acuosa que comprende del 0,5 al 5% en peso de peróxido de hidrógeno.
- 35 8.- El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que se usa un alquilxantato de metal alcalino como colector.
- 9.- El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el peróxido de hidrógeno se añade en una cantidad de desde 0,5 hasta 10 veces una cantidad objetivo, determinándose la cantidad objetivo en una serie de experimentos preliminares en los que se varía la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido, determinándose la concentración de oxígeno disuelto se determina en la pulpa mineral tras la adición de peróxido de hidrógeno, representándose gráficamente la concentración de oxígeno disuelto frente a la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido para dar una curva que tiene un punto de inflexión, y determinándose la cantidad objetivo de peróxido de hidrógeno como la cantidad de peróxido de hidrógeno en el punto de inflexión.
- 40 10.- El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la concentración de oxígeno disuelto se determina en la pulpa mineral tras la adición de peróxido de hidrógeno y la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida se ajusta para mantener una concentración mínima de oxígeno disuelto.
- 45 50

Fig. 1

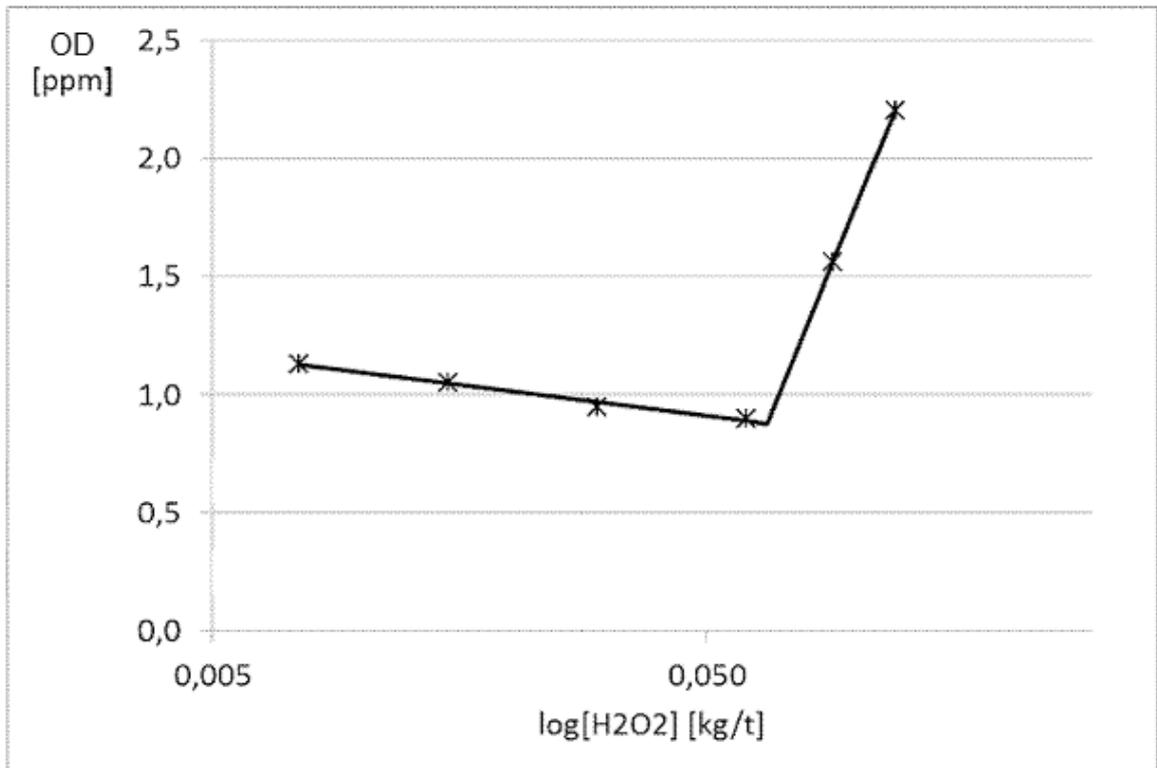


Fig. 2

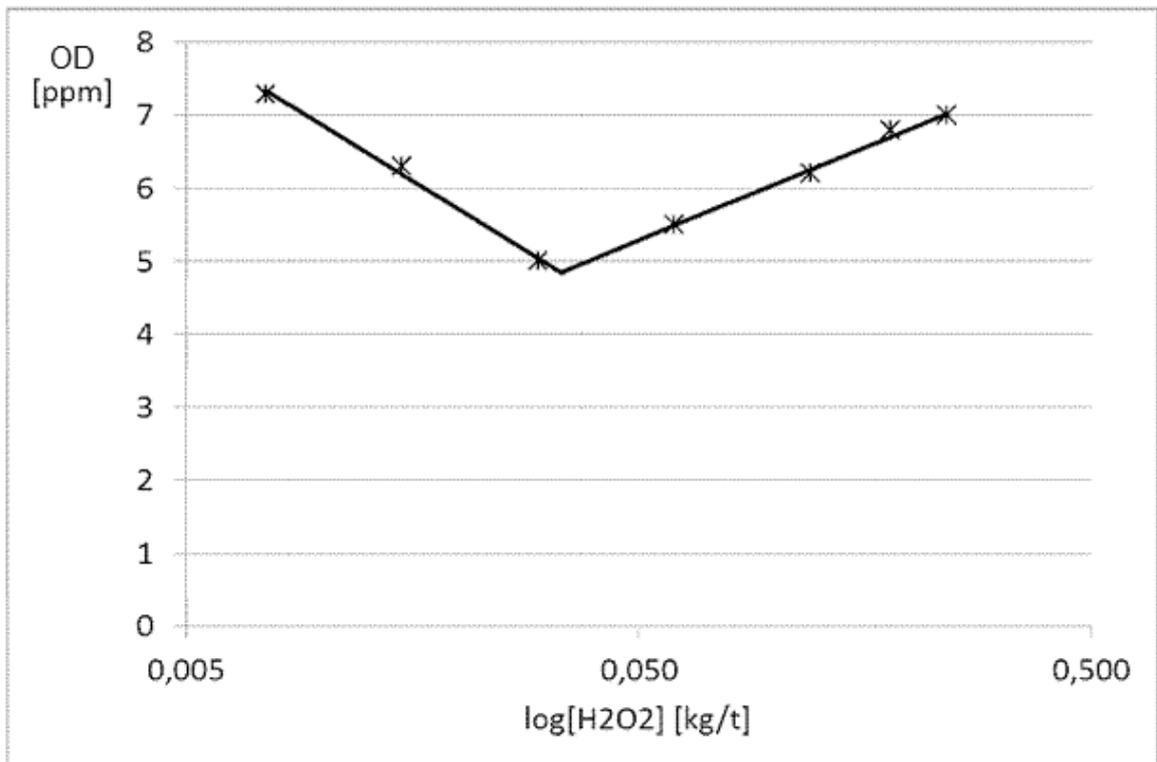


Fig. 3

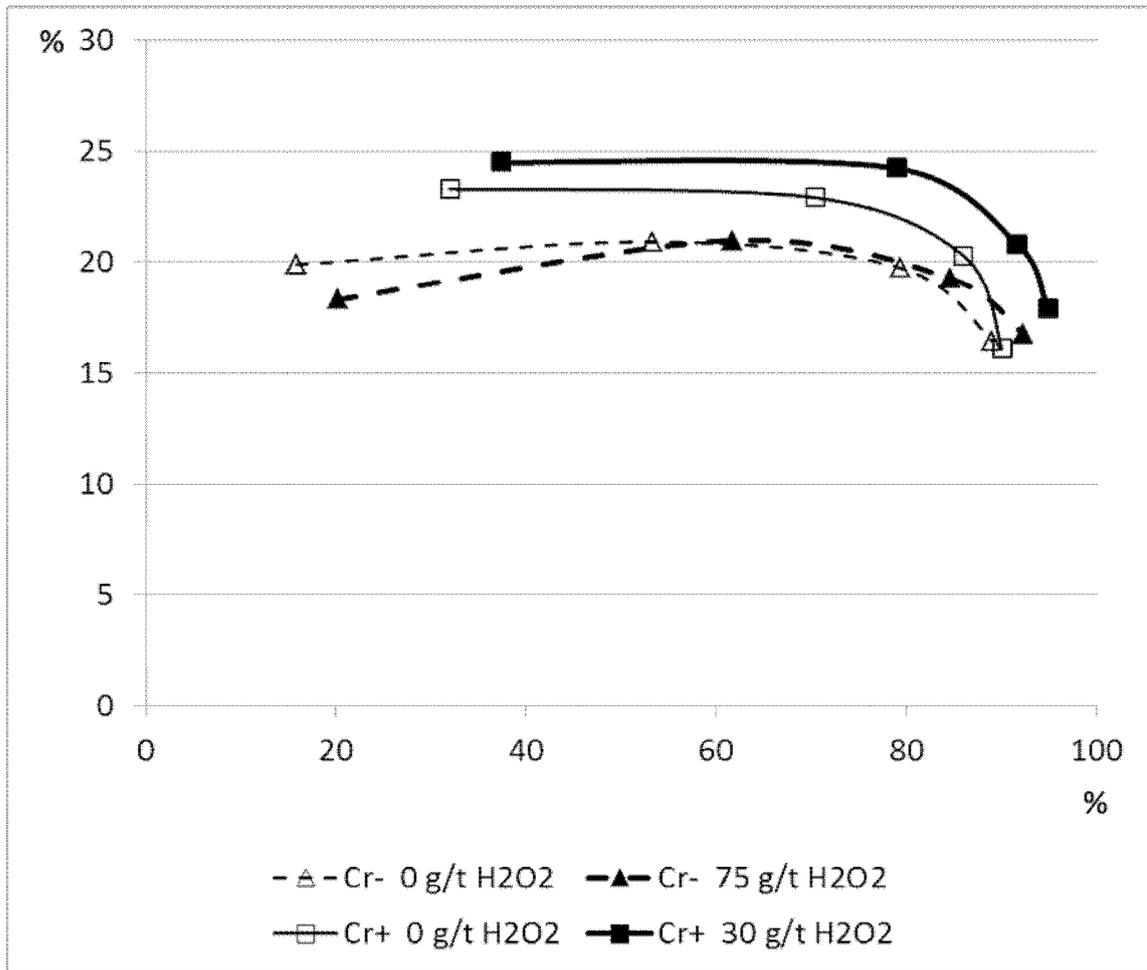


Fig. 4

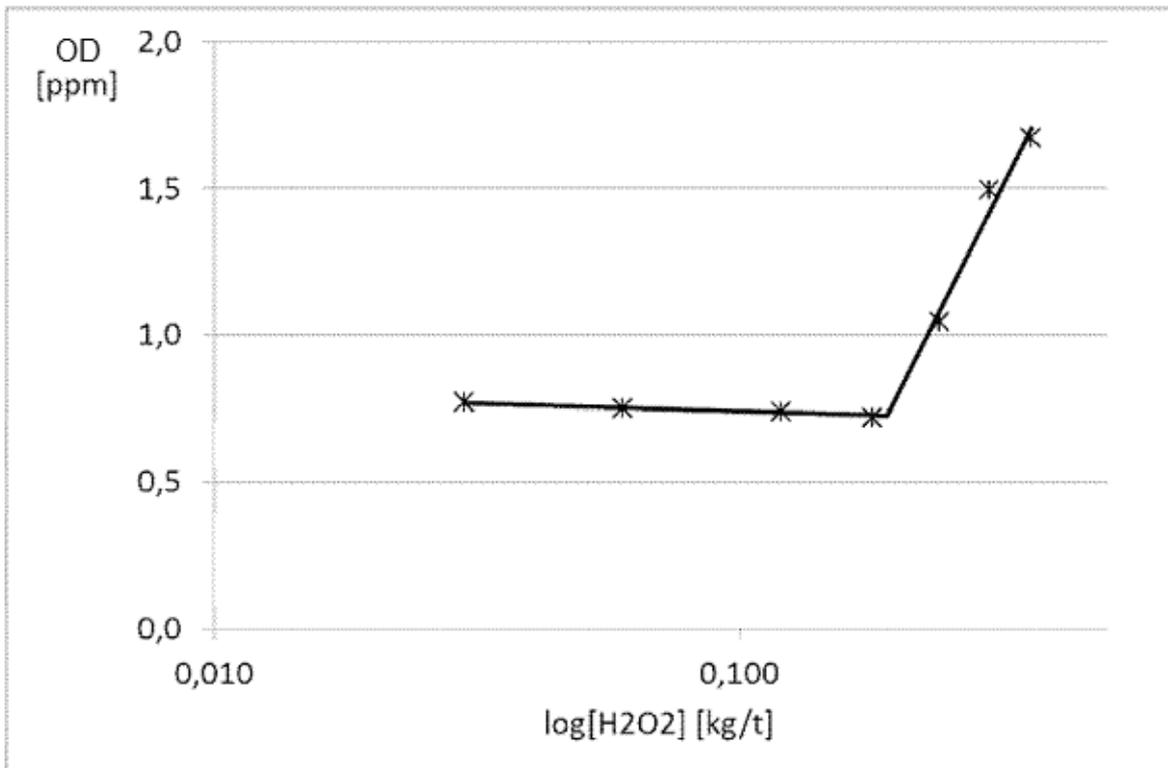


Fig. 5

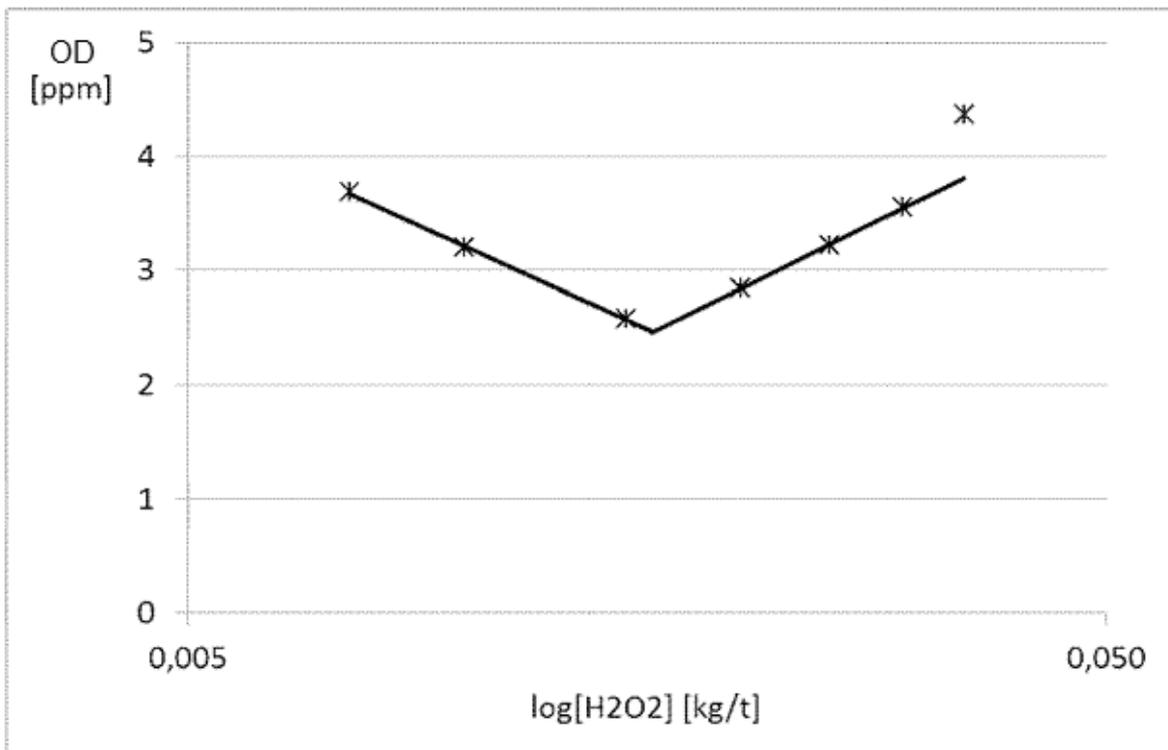


Fig. 6

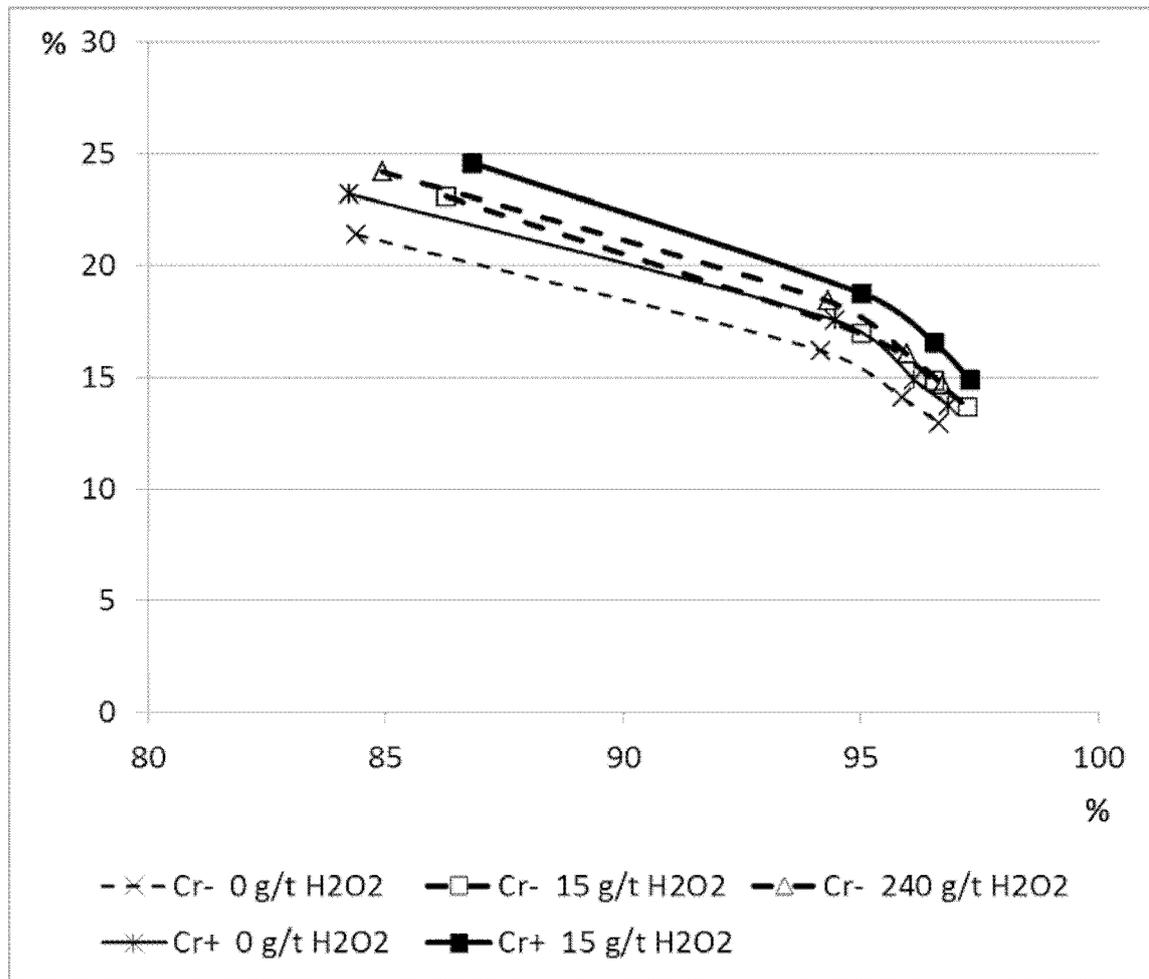


Fig. 7

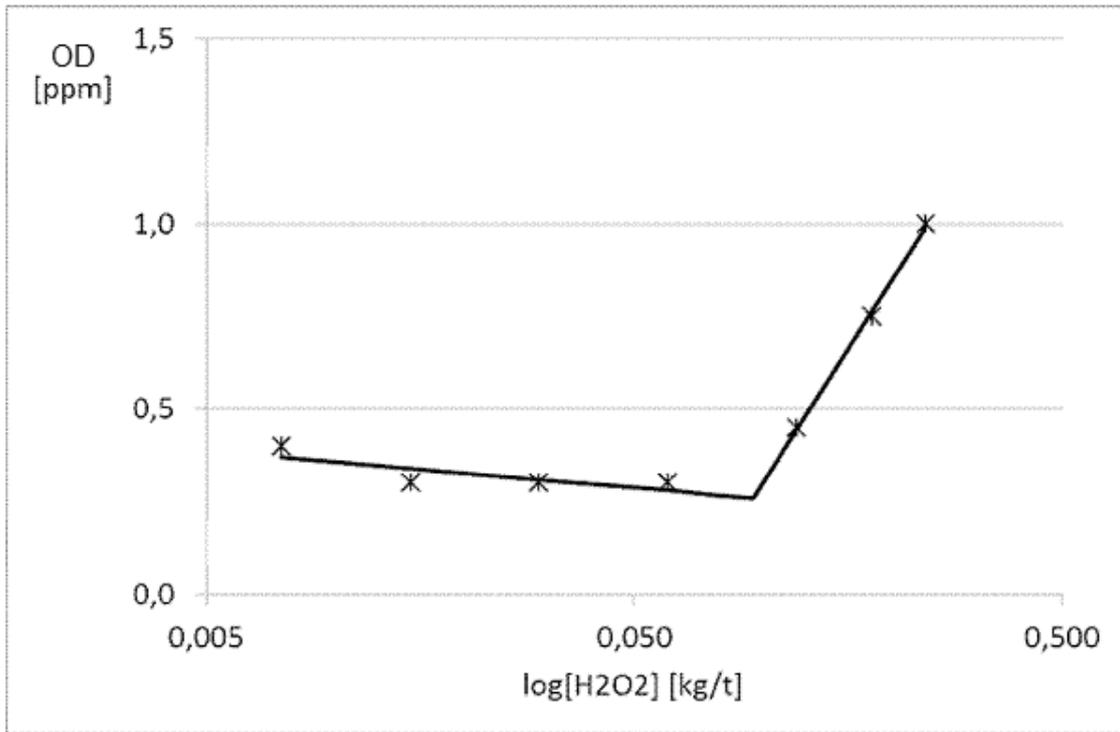


Fig. 8

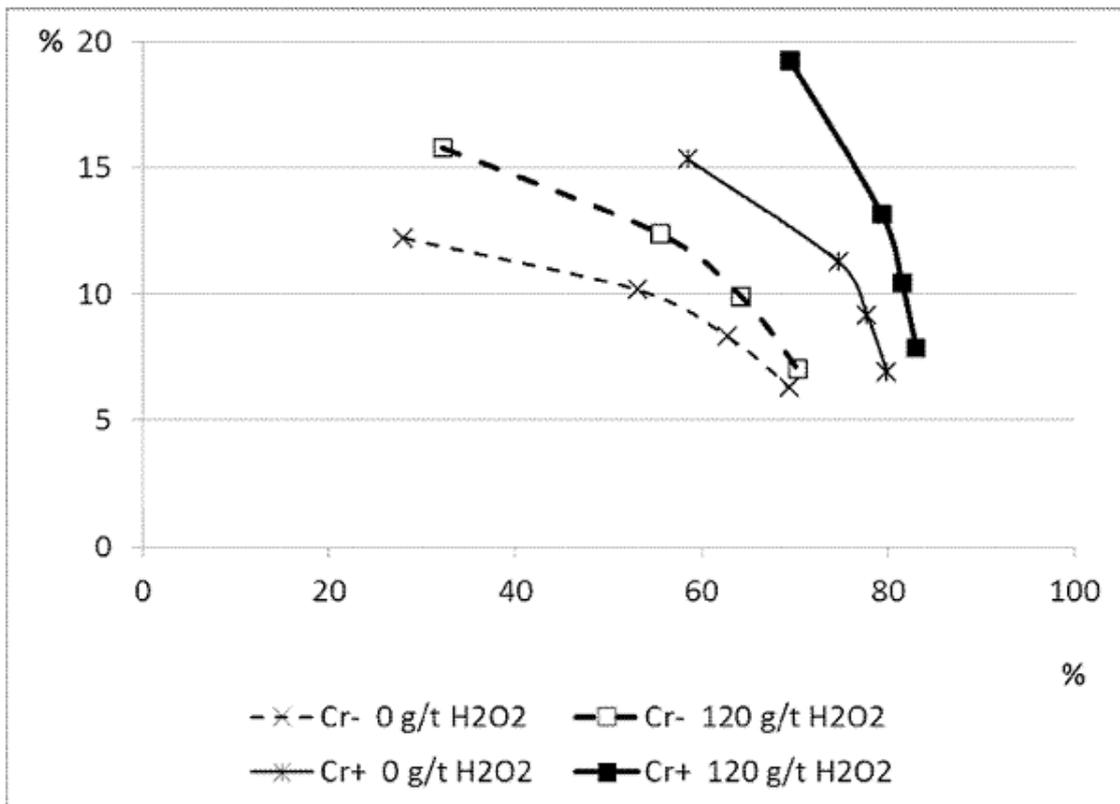


Fig. 9

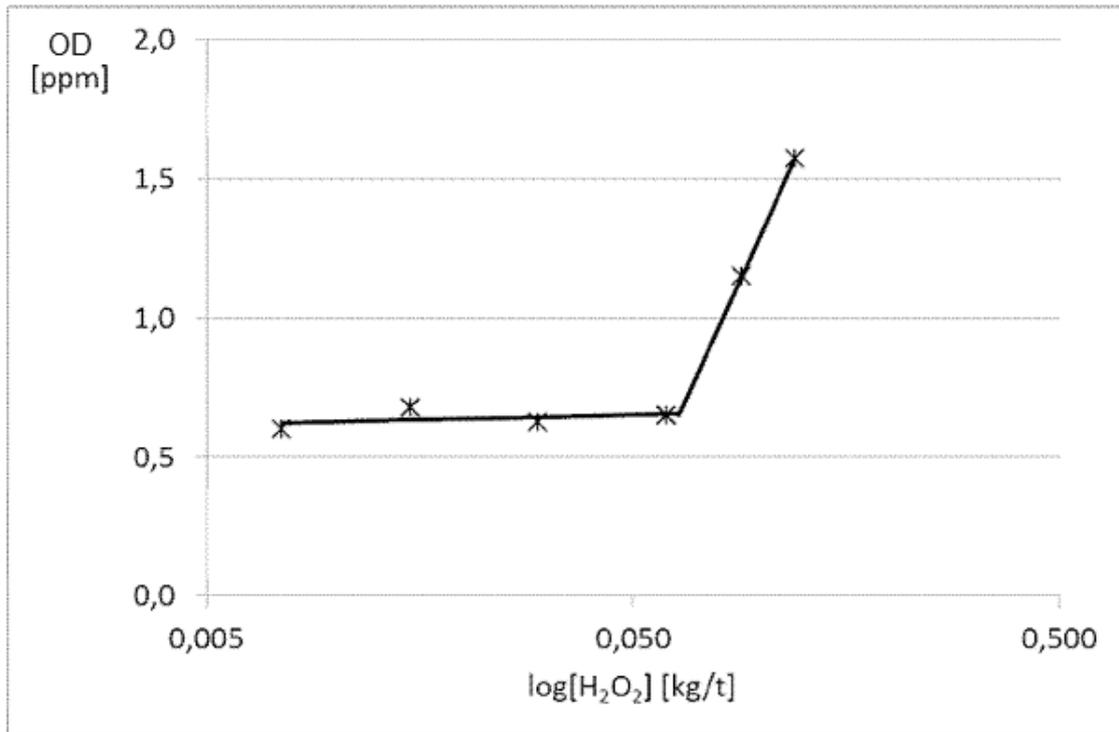


Fig. 10

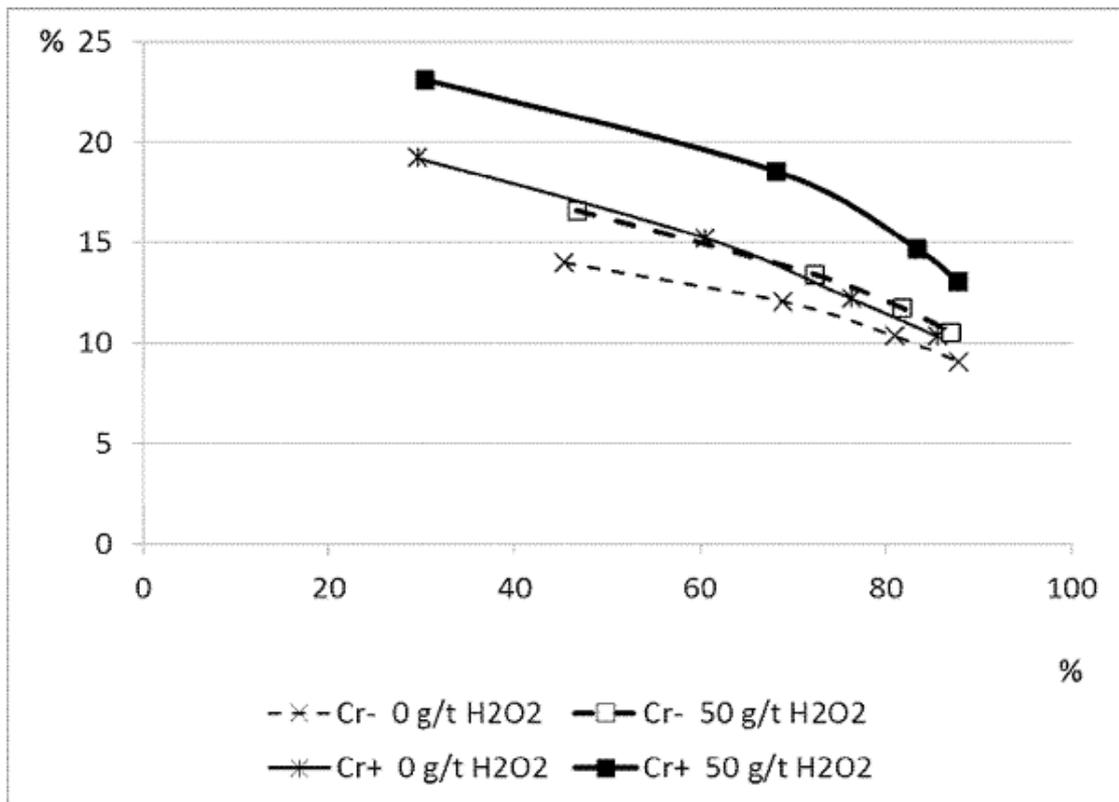


Fig. 11

