

REIVINDICACIONES

1. Un método para reducir la huella de carbono en la operación de una planta metalúrgica para producir arrabio (P), el método comprende las etapas de:
- 5 a) precalentar finos de mineral de hierro (A) en un primer precalentador eléctrico (10) basado en efecto Joule y/o calentamiento por microondas a una temperatura superior a 600 °C para obtener finos de mineral de hierro precalentados (B);
- b) reducir parcialmente los finos de mineral de hierro precalentados (B) en uno o más reactores de lecho fluidizado (50) en presencia de solamente gas reductor caliente (J) como un reductor para obtener hierro parcialmente reducido (K, L);
- 10 c) alimentar el hierro parcialmente reducido (K, L) a un horno de arco sumergido (70) que comprende un baño de metal fundido con una capa superior de escoria;
- d) reducir y fundir adicionalmente el hierro parcialmente reducido (K, L) dentro del horno de arco sumergido (70) en presencia de un material carbonoso (M) para obtener arrabio fundido (P);
- 15 en el que, en la etapa b), el gas reductor caliente (J) comprende hidrógeno (D), gas de síntesis (I), gas residual (O) del horno de arco sumergido, otros gases residuales (H) de la planta metalúrgica, o mezclas de dos o más de ellos, en donde dicho gas de síntesis (I) se produce a partir de gas natural o biometano (F), gas de alto horno (G), gases residuales (O) del horno de arco sumergido y otros gases residuales (H) de la planta metalúrgica, o mezclas de dos o más de los mismos en uno o más reactores de reformado (40) en presencia de aire o aire enriquecido con oxígeno, vapor o dióxido de carbono (E); en donde, en la etapa b), el gas reductor caliente (J) tiene una temperatura superior a
- 20 550 °C; y en donde, en la etapa b), el hierro parcialmente reducido (K, L) tiene un grado de metalización del 55 al 75 %, preferiblemente del 60 al 70 %.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde uno o más reactores de lecho fluidizado (50) son de tipo circulante.
- 25 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el hidrógeno (D) se precalienta en un segundo precalentador eléctrico (20) y el gas residual (O) del horno de arco sumergido y otros gases residuales (H) opcionales procedentes de la planta metalúrgica se precalientan en un tercer precalentador eléctrico (30), basándose tanto el segundo como el tercer precalentador independientemente en el efecto Joule y/o el calentamiento por microondas hasta una temperatura superior a 700 °C.
- 30 4. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material carbonoso (M) en la etapa d) comprende o consiste en biocarbón producido por biomasa, incluyendo opcionalmente madera de demolición, tal como hasta un 40 % en peso, y/o plásticos de desecho, como hasta un 20 % en peso.
5. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los finos de mineral de hierro (A) tienen una distribución de granulometría en el rango de 0.1 a 1 mm.
- 35 6. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa b) comprende además briquetar en caliente finos de mineral de hierro parcialmente reducido (K) para obtener hierro parcialmente reducido (L) briquetado.
7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el material carbonoso (M) se introduce al menos parcialmente, preferentemente en su totalidad, en el hierro parcialmente reducido (L) briquetado durante el briquetado en caliente y se alimenta al horno de arco sumergido (70) en la etapa d).
- 40 8. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los otros gases residuales (H) de la planta metalúrgica comprenden uno o más gases residuales de una planta de horno de coque, una planta de hierro de reducción directa y un horno de oxígeno básico.
9. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde toda la energía eléctrica necesaria en el(los) precalentador(es) y el horno de arco sumergido, preferiblemente en todas las etapas del método,
- 45 es electricidad renovable.
10. Una planta metalúrgica para producir arrabio (P) con una huella de carbono reducida, preferiblemente implementando el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, la planta metalúrgica comprende:
- un primer precalentador eléctrico (10) configurado para precalentar finos de mineral de hierro (A) basándose en el efecto Joule y/o calentamiento por microondas en finos de mineral de hierro precalentados (B) a una temperatura
- 50 superior a 600 °C;

- uno o más reactores de lecho fluidizado (50) configurados para reducir parcialmente los finos de mineral de hierro precalentados (B) en presencia de solamente gas reductor caliente (J) como un reductor en hierro parcialmente reducido (K, L) hasta un grado de metalización del 55 al 75 %, preferentemente del 60 al 70 %;

- 5 - un horno de arco sumergido (70) que comprende un baño de metal fundido con una capa superior de escoria, configurado para recibir el hierro parcialmente reducido (K, L) y reducir y fundir adicionalmente el hierro parcialmente reducido (K, L) en presencia de un material carbonoso (M) para obtener arrabio fundido (P);

- 10 en el que la planta metalúrgica comprende además uno o más reactores de reformado (40) configurados para producir un gas de síntesis (I) a partir de una alimentación de gas natural o biometano (F), una alimentación de gas de alto horno (G), una o más alimentaciones de gas residual (O) del horno de arco sumergido y otros gases residuales (H) de la planta metalúrgica, o una alimentación de mezclas de dos o más de ellos, y una alimentación de aire o aire enriquecido con oxígeno, vapor o dióxido de carbono (E); en donde la planta metalúrgica comprende además una alimentación de hidrógeno (D); un dispositivo de mezcla de gas reductor caliente conectado de manera fluida aguas arriba al uno o más reactores de reformado (40) y a la alimentación de hidrógeno (D), y opcionalmente a una o más de dichas alimentaciones de un gas residual (O) del horno de arco sumergido y de otros gases residuales (H) de la
- 15 planta metalúrgica, o una alimentación de mezclas de dos o más de los mismos, y aguas abajo a una entrada de uno o más reactores de lecho fluidizado (50), dicho dispositivo de mezcla de gas reductor en caliente está configurado para proporcionar gas reductor caliente (J) a una temperatura superior a 550 °C que comprende hidrógeno (D), gas de síntesis (I), gas residual (O) del horno de arco sumergido y otros gases residuales (H) de la planta metalúrgica, o mezclas de dos o más de los mismos.

- 20 11. La planta metalúrgica de acuerdo con la reivindicación 10, en donde uno o más reactores de lecho fluidizado (50) son de tipo circulante.

- 25 12. La planta metalúrgica de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, que comprende un segundo precalentador eléctrico (20) basado en el efecto Joule y/o calentamiento por microondas conectado de manera fluida entre dicha alimentación de hidrógeno (D) y el dispositivo mezclador de gas reductor caliente, y un tercer precalentador eléctrico (30) basado en efecto Joule y/o calentamiento por microondas conectado de manera fluida entre dicha una o más alimentaciones de gases residuales (O) del horno de arco sumergido y opcionalmente otros gases residuales (H) de la planta metalúrgica y el dispositivo de mezcla de gases reductores calientes, dichos segundo y tercer precalentadores eléctricos (20, 30) están configurados para precalentar los gases residuales y el gas de síntesis relevante a una temperatura superior a 700 °C.

- 30 13. La planta metalúrgica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en donde el material carbonoso (M) se proporciona a partir de una fuente que comprende o consiste en biocarbón producido por biomasa, incluyendo opcionalmente madera de demolición, tal como hasta un 40 % en peso y/o plásticos de desecho, tales como hasta un 20 % en peso.

- 35 14. La planta metalúrgica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, que comprende además un aparato de briquetas en caliente configurado para briquetar finos de mineral de hierro parcialmente reducido (K) en hierro parcialmente reducido (L) briquetado.

15. La planta metalúrgica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en donde la planta metalúrgica comprende uno o más entre una planta de horno de coque, una planta de hierro de reducción directa, un alto horno y un horno de oxígeno básico, que proporciona dichos otros gases residuales (H) de la planta metalúrgica.

- 40 16. La planta metalúrgica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, en donde toda la energía eléctrica necesaria en el(los) precalentador(es) y el horno de arco sumergido, preferiblemente la energía eléctrica necesaria para todos los dispositivos eléctricos de la planta metalúrgica, es electricidad renovable.