

6-10-72

377513

PATENTE DE INVENCION

Case 1117

377513

SECCION TECNICA
CLASIFICACION I.P.C.
CLASE <u>e-21</u>
SUBCLASE <u>B</u>



*Memoria Descriptiva*

sobre:

PROCEDIMIENTO PARA FABRICAR CHAPA DE HIERRO AL SILICIO DE GRANO ORIENTADO.

---

*Solicitante:* ARMO STEEL CORPORATION, entidad norteamericana, residente en 703 Curtis Street, Middletown, Ohio. EE.UU. de A.

---

Este invento se refiere a la producción de chapa de acero al silicio de grano orientado fundiendo una carga, vertiendola en una cuchara mientras se reduce al mínimo la formación de escoria, añadiendo prácticamente todo el silicio necesario, desgasificando al vacío

5.



377513

5. con agitación, moldeando de una forma continua con refrigeración mínima de la zamarra a medida que sale del molde y continuando el proceso de elaboración hasta conseguir un producto final mediante operaciones tradicionales que comprenden por lo menos una operación de laminación en frío y recocido final para efectuar una recristalización secundaria.

10. El proceso de elaboración sirve para la producción de chapa de acero al silicio de grano orientado, con una textura de "cubo sobre canto" o "cubo sobre cara". Los términos "orientado" y "de grano orientado", según se emplean en la presente memoria, se refieren a ambas texturas de cubo sobre canto y cubo sobre cara. Los materiales de textura de cubo sobre canto tienen mayoría de los cristales orientados cerca de la orientación (110) [001] según exponen los índices de Miller. Los materiales de textura de cubo sobre cara consisten predominantemente en cristales que tienen los planos (100) o planos de cubo-cara paralelos a la superficie de la chapa. Este término general de cubo sobre cara comprende material de textura "doblemente orientado" o (100) [001] así como material con una dispersión casi caótica de direcciones 001 en el plano de la chapa.

25. Con el presente invento, una carga de metal que se ha fundido, se ha vertido en una cuchara por un procedimiento que reduce al mínimo el volumen de escoria que penetra en la cuchara, añadiendo silicio, preferiblemente en la cuchara, hasta alcanzar un contenido de silicio del orden del 2,5% al 4,0% en peso, se somete a desgasificación en vacío

30. en condiciones que aseguren una mezcla completa con los

3775134 MAR 1966



- aditivos de aleación para asegurar la obtención del debido compuesto, y después se moldea de una forma continua con refrigeración al mínimo necesario para proporcionar suficiente resistencia superficial para mantener el interior fundido de la zamarra dentro de los límites de distorsión controlable. Posteriormente se elabora la zamarra hasta alcanzar el grosor final empleando procedimientos tradicionales que comprenden laminación en caliente, eliminación de cascarilla, laminación en frío, descarbonización y recocido de recristalización primaria y secundaria. Se comprenderá que el término "zamarra" en esta memoria descriptiva se refiere al producto de la máquina de moldeo continuo.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.
- La patente estadounidense 3.226.224, publicada el 28 de diciembre de 1965 a nombre de Sickbert describe la producción de un acero al silicio a partir de acero efervescente por procedimientos que comprenden degasificación del chorro al vacío, adición de silicio después de la degasificación y moldeo continuo desde la fuente de vacío. La patente estadounidense 3.253.909, publicada el 31 de mayo de 1966 a nombre de H.L. Bishop Jr. et al describe la producción de aceros al silicio de grano orientado por un procedimiento que comprende descarbonización al vacío y eliminación de hidrógeno, seguido del ajuste del contenido en oxígeno a un contenido del orden de 0,07% al 0,12% antes de la adición del silicio y moldeo en forma de lingotes tradicionales. La patente estadounidense 3.125.440, publicada el 17 de marzo de 1964 a nombre de J.N. Hornak et al describe la degasificación al vacío para reducir de este modo el contenido en oxígeno a menos de 100 partes por

SECRET

377513

14



- 5. millon, hidrógeno a aproximadamente 1 parte por millón y nitrógeno a 20 partes por millón o menos. Los titulares de las patentes afirman que un acero que contenga aproximadamente una parte por millón de hidrógeno es insensible al descascarillamiento. La desgasificación al vacío va seguida de un tipo de moldeo continuo. La patente estadounidense 2.253.421, publicada el 19 de agosto de 1941 a nombre de B.E.L. deMare , describe la desgasificación al vacío de acero fundido, por la cual se produce la coalescencia de diminutas partículas de impurezas y la flotación de las mismas y la eliminación de gases ocluidos tales como hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono. La patente estadounidense 2.144.200, publicada el 17 de enero de 1939 a nombre de W. Rohm et al describe la producción de aleaciones de acero al silicio por un procedimiento de fundición al vacío que comprende la descarburación del hierro fundido introduciendo un agente oxidante, eliminación de oxígeno residual y nitrógeno añadiendo un agente reductor vaporizable y añadiendo ulteriormente la cantidad necesaria de silicio, distribuyendo el silicio por todo el baño. Entonces el fundido se moldea preferiblemente al vacío. La patente estadounidense 3.069.299, publicada el 18 de diciembre de 1962 a nombre de H. C. Fiedler nos enseña la importancia que tiene la refrigeración rápida de una pieza fundida para obtener propiedades magnéticas óptimas en acero al silicio orientado.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

Aún cuando la técnica anterior al invento describe la producción de acero con contenido en silicio por un procedimiento que comprende desgasificación al vacío y moldeo continuo, los procedimientos de técnicas anteriores al

30.

3775 13



invento no producen un material que se pueda elaborar para obtener un acero al silicio orientado de gran calidad. Ninguna de las patentes anteriores sugiere los controles de elaboración particulares necesarios para obtener la

5. debida estructura de la pieza moldeada; la simple inclusión de silicio en el analisis no es adecuada ni ninguno de los procesos de elaboración descritos en las mismas y llevados a la práctica en una forma individual o en combinación producirían inherentemente acero al silicio orientado

10. de gran calidad en un moldeo continuo.

Un objeto principal del presente invento es producir acero al silicio de grano orientado de gran calidad utilizando por primera vez la eficacia que ofrece un moldeo continuo. Cuando se trata de un material con una textura de cubo sobre borde, el término gran calidad, según

15. se emplea en la presente memoria, indica un promedio de permeabilidad de aproximadamente 1.820 o superior a una fuerza magnetizante de 10 oersteds en la dirección de laminación. Este invento produce una zamarra continua para

20. con la debida composición química y estructura para obtener la estructura de grano orientado final después de una ulterior elaboración normal hasta alcanzar el grosor final. Especificamente, después del recalentamiento de la zamarra y laminación en caliente, la banda caliente tendrá la distribución de inclusiones que promueve la recristalización secundaria durante el recocido final.

25.

En la práctica del presente invento se consiguen estas ventajas por desgasificación al vacío con agitación para hacer homogéneo el fundido y reducir las impurezas,

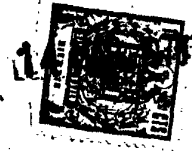
30. moldeando de una forma continua mientras se protege el



377513

- metal contra la oxidación entre la artesa refractaria y el molde, y refrigerando la zamarra que sale del molde al mínimo necesario para proporcionar una resistencia superficial suficiente para sostener el interior fundido sin distorsión incontrolable. En la práctica de preferencia del invento, el contenido de manganeso se mantiene a un valor comprendido entre el 0,04% y el 0,08% en peso, con el fin de mejorar la solubilidad de los sulfuros en la zamarra durante el recalentamiento anterior a la laminación en caliente.
5. La desgasificación al vacío realiza las funciones de proporcionar una acción de agitación que distribuye los componentes de aleación y evita la estratificación por la temperatura eliminando gases hidrógeno y nitrógeno y eliminando impurezas, particularmente óxidos, por aglomeración y flotación.
10. Se ha averiguado que el contenido de nitrógeno del metal que penetra en la máquina de moldeo continuo debiera ser inferior a una parte por millon con el fin de evitar la formación de picaduras y defectos superficiales durante una operación de moldeo continuo, cuando pudiera haber hidrógeno en el molde procedente de alguna fuente de formación como sería, v.g., un lubricante orgánico para el molde.
15. El moldeo continuo se efectúa protegiendo al mismo tiempo el metal contra la oxidación por lo menos entre la artesa refractaria y el molde, preferiblemente entre la cuchara y la artesa refractaria.
20. Se ha descubierto que refrigerando lentamente la zamarra a medida que sale del molde de fundición con-
- 25.
- 30.

377513



tinua, se produce una estructura que tiene propiedades magnéticas superiores después de la elaboración final.

5. Tambien se consiguen ventajas utilizando contenidos elevados de carbono (aproximadamente 0,027-0,040%) y menores contenidos de manganeso (aproximadamente 0,04-0,08%) que los normales para un acero al silicio de grano orientado producido por técnicas tradicionales.

10. La única figura del dibujo adjunto es un diagrama de flujos que ilustra modalidades alternativas del proceso de elaboración del presente invento.

15. Refiriendonos al dibujo, se ilustra una modalidad alternativa de horno de solera abierta (1) que se puede sangrar en una primera cuchara (2) a la que se añade aluminio como desoxidante para calmar parcialmente el acero. La carga se sangra entonces por el fondo a una segunda cuchara (3) por un procedimiento que retenga la mayor parte de la escoria en la primera cuchara. En la segunda cuchara (3), se añade todo el silicio o una parte sustancial del silicio necesario para el grado de acero que se ha de elaborar. Normalmente se depositará el silicio en el fondo de la cuchara antes de efectuar la colada del fundido.

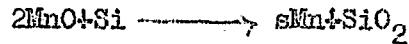
20. Alternativamente, en la modalidad de preferencia del invento, se funde una carga en un horno de arco eléctrico o en un horno de oxígeno básico (4) y se vierte en una cuchara (5) a la que se añade todo o una parte sustancial del silicio necesario. La cantidad de escoria que pasa a esta cuchara se reduce al mínimo empleando procedimientos conocidos.

30. La eliminación de escoria en este punto es necesaria para reducir al mínimo el retorno al estado anterior

377513



del manganeso por la reacción:



- El fundido se traslada entonces a una unidad de desgasificación al vacío (6), la cual consiste preferiblemente en una unidad del tipo de "incremento", v.g. de una unidad de D-H o una unidad R-H (vease "Metal Progress" septiembre de 1964, páginas 64-80). Aún cuando el tipo de aparato desgasificador empleado no constituye una limitación, son necesarias la circulación y mezcla completa para evitar la estratificación por temperatura y metalúrgica.
5. En el desgasificador se pueden efectuar pequeñas adiciones, si fuera necesario, para mantener la química deseada en el acero. El silicio necesario se puede añadir en el desgasificador, aún cuando ciertas consideraciones técnicas favorecen la técnica de efectuar la adición en la cuchara según se ha indicado anteriormente. Además de la acción de agitación, a la desgasificación efectúa una aglomeración de las impurezas, principalmente óxidos que flotan después a la superficie del baño. Así mismo, según es bien sabido, se elimina hidrógeno durante la desgasificación al vacío.
10. 15. 20.

- Se ha averiguado que con la eliminación de hidrógeno hasta un nivel inferior a una parte por millón se consiguen óptimos resultados en la fundición y moldeo continuo de acero al silicio. Aún cuando los aceros ordinarios bajos en carbono toleran fácilmente un nivel de hidrógeno superior a una parte por millón, se ha determinado que el hidrógeno a un nivel superior a una parte por millón es suficiente para producir poros y defectos superficiales en el moldeo continuo de zamarras de acero al si-
25. 30.

377513



licio en ciertas condiciones de moldeo, perjudicando de este modo las propiedades mecánicas del producto.

5. Aún cuando se sabía con anterioridad al invento que el hidrógeno produce descascarillamiento o lascamiento en las piezas de forja, el fenómeno de descascarillamiento o lascamiento no está relacionado en modo alguno con la formación de poros en las superficies de las zamarras moldeadas de una forma continua.

10. En el descascarillamiento o lascamiento por la acción del hidrógeno es un fenómeno que aparece en grandes secciones de acero a la temperatura ambiente. Cuando se enfría el acero, disminuye la solubilidad del hidrógeno y el gas se difunde y recoge en los límites del grano u otras discontinuidades en el acero. Se puede desarrollar una presión que produce fisuras o lascamientos microscópicos que actúan a modo de entallas o escotaduras muy agudas en el acero y producen un fallo prematuro bajo una carga.

15. La porosidad superficial observada en las zamarras de acero al silicio moldeadas de una forma continua es evidentemente un fenómeno diferente pero que actualmente es explicable.

20. Después de haber finalizado la operación de desgasificación, el fundido se traslada a una sección de moldeo (7) que tiene una artesa refractaria asociada con la misma. El fundido se moldea entonces de una forma continua y se protege contra la oxidación, por lo menos entre la artesa refractaria y el molde, mediante el uso de un tubo de entrada protector sumergido y recubierto de polvo sobre el metal en el molde. Según es sabido, la fusión de este polvo promueve también su acción como fundente y como lu-
- 25.
- 30.



377513

bricante entre la zamarra, según se va formando, y las superficies del molde. En la práctica de preferencia del invento, se utiliza un fundente que consiste principalmente en un silicato inorgánico, puesto que reduce al mínimo la absorción de hidrógeno del lubricante del molde.

5.

Descubrimientos anteriores al invento indican que las zamarras de acero al silicio deben refrigerarse rápidamente en (8) a medida que salen del molde, con el fin de desarrollar una fina dispersión de los sulfuros en la zamarra. La patente estadounidense 3.069.299 de Fiedler, mencionada anteriormente, nos presenta esta enseñanza.

10.

Fiedler presenta un método para producir acero al silicio con orientación de cubo sobre borde que se caracteriza porque la pieza se enfría rápidamente, (preferiblemente a razón de 130°C. por minuto) desde un estado líquido o desde una temperatura de disolución del sulfuro (1.300°C-1.400°C) a 800°C. Según el titular de la patente, esto proporciona una fina dispersión de sulfuros que retarda el desarrollo normal del grano durante el reconocido final. Aunque dicho régimen de enfriamiento no se puede conseguir durante la solidificación de una zamarra con un grosor de aproximadamente 152 mm., era lógico que los expertos en la materia pensaran que el régimen de enfriamiento debiera ser lo más rápido posible. Se siguió esta enseñanza anterior al invento

15.

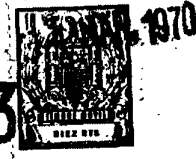
y se observó una correlación inversa y completamente opuesta. Muy contrariamente a lo que cabría esperar se descubrió que un régimen lento de enfriamiento mientras se moldeaba la zamarra daba por resultados mejores propiedades magnéticas finales. Aún cuando las estructuras de las zamarras producidas con regimenes lentos de enfriamiento se han examinado

20.

25.

30.

377513



- al microscópio según han salido de los moldes, la explicación a este suceso no resulta clara. Se ha visto que es imposible medir el régimen de enfriamiento en grados de temperatura por unidad de tiempo en la propia zamarra porque no se sabe que existan medios para registrar con precisión el régimen de enfriamiento absoluto. La mejor medida disponible es la velocidad de flujo del chorro de agua aplicado entre el molde y el punto de solidificación completa. La escala de velocidad de flujo variará de una máquina de moldear a otra dependiendo del número y geometría de las toberas de aspersion, espesor de las zamarras, anchura de las zamarras, velocidad de moldeo y estructura de la máquina. En una máquina típica del tipo de molde curvado, el régimen de aspersion puede variar de 756 a 1.512 litros por tonelada de acero moldeado en zamarras de un espesor de 152 mm. por una anchura de 863 mm. El régimen conveniente de refrigeración se define del mejor modo como el régimen que produce enfriamiento a la velocidad mínima necesaria para proporcionar una resistencia superficial suficiente en la zamarra para sustentar el interior fundido sin distorsión incontrolable. En otras palabras, el enfriamiento deberá efectuarse a un régimen suficiente solamente para evitar el deterioro físico de la zamarra.

- El régimen de refrigeración relativamente lento crea un problema respecto al tamaño y distribución de las inclusiones de sulfuro en el interior de la pieza fundida. Con el fin de remediar esta dificultad, el contenido de manganeso del fundido deberá mantenerse a un nivel relativamente bajo, preferiblemente del orden del 0,04% al 0,08% en peso, con el fin de hacer que los sulfuros sean más so-

14 MAR 1970



377513

- lubles al recalentar ulteriormente la zamarra antes de la laminación en caliente. Estos niveles inferiores de manganeso se pueden conseguir empleando procedimientos apropiados de fundición y eliminación de escoria, con una práctica de eliminación de escoria que reduzca al mínimo la reversión del manganeso.
- 5.

- Como ayuda adicional para evitar este problema la zamarra moldeada se puede laminar en (9) con calor residual, con el fin de refinar la estructura granular rompiendo granos columnares y modificando el tamaño de las inclusiones de sulfuro antes de efectuar el recalentamiento normal y laminación en caliente.
- 10.

- Se han elaborado caldas en la forma descrita dentro de límites amplios de contenido de silicio del orden del 2,5 al 4,0% cuyas caldas daban preferiblemente el análisis que sigue, cuyo análisis no supone limitación alguna:
- 15.

0,027 - 0,040% Carbono

0,04 - 0,08% Manganeso

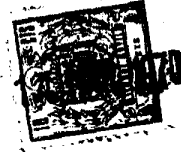
0,020 - 0,026% Azufre

20. menos del 0,004% de oxígeno

resto hierro e impurezas accidentales.

Según se sabe en la profesión, se puede sustituir el azufre por selenio que es su equivalente total.

- Una calda utilizada como ejemplo que daba un análisis en la cuchara de: 0,026% C, 0,058% Mn, 0,021% S, 3,12% Si, se fundió en un horno de arco eléctrico, se desgasificó al vacío hasta alcanzar un contenido de hidrógeno inferior a una parte por millon y se moldeó continuamente en zamarras de un espesor de 152 mm. por 863 mm. La zamarra se refrigeró a medida que salía del molde mediante chorros de agua a una
- 25.
- 30.



377513

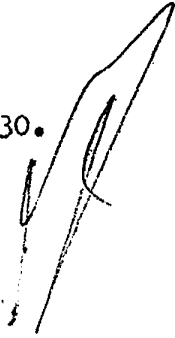
- velocidad de 1.001,7 litros por tonelada. Las zamarras resultantes se recalentaron a una temperatura de 1.398,8°C. y se laminaron formando rollos. Los rollos se elaboraron entonces para obtener un producto con un espesor de 0,266
5. mm. de cubo sobre borde utilizando una reducción en frío en dos etapas tradicional con un recocido de cordón simple antes de cada etapa de laminación. Los sulfuros presentes después de la laminación en caliente se encontraban en una forma que promovía el desarrollo de granos de cubo sobre
10. borde durante el recocido final. Según es bien sabido la recristalización secundaria durante el recocido final continúa por energía del plano de exfoliación y convertirá la estructura granular primaria en una estructura de cubo sobre borde bien desarrollada consumiendo granos de otras
15. orientaciones. Las propiedades finales de este material mostraron un promedio de permeabilidad de 1.827 medida a  $H = 10$  oerstedios y un promedio de pérdida de núcleo de 0,479 vatios/libra a 15 kilogaussios y 60 ciclos.

- Con modificaciones apropiadas en la composición
20. y en las etapas de elaboración posteriores al moldeo continuo, todas las cuales son conocidas en esta rama de la industria, se puede producir chapa con una orientación de cubo sobre cara por el procedimiento del presente invento. Como la recristalización secundaria continúa por energía
25. superficial en la producción de la textura de cubo sobre cara, las modificaciones necesarias para obtener propiedades magnéticas óptimas en el producto final resultarán evidentes a los expertos en la materia.

N O T A

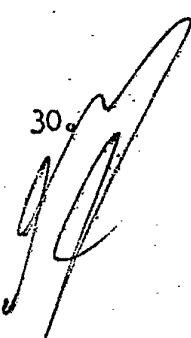
30.

Descrita suficientemente la naturaleza del in-





377513

- vento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento se refiere a una solicitud de patente presentada en Norteamérica Nº 807.345 de 14 de Marzo de 1969, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España sobre: Procedimiento para fabricar chapa de hierro al silicio de grano orientado; caracterizándose por lo siguiente:
5. 1ª.- Procedimiento para fabricar chapa de hierro al silicio de grano orientado, que comprende las etapas
  10. de fundir una carga ferrosa en un horno, sangrar el fundido a una cuchara con un volumen mínimo de escoria, añadir prácticamente la cantidad de silicio necesaria para el grado final deseado, dentro de la gama del 2,5% al 4,0%, desgasificar al vacío con agitación para eliminar gases disueltos y
  15. para eliminar impurezas por aglomeración y flotación, moldear de una forma continua al par que se protege el metal contra la oxidación, y reducir la pieza fundida a espesores finales por laminación y recocido, caracterizado porque el enfriamiento de la zamarra formado en la etapa de
  20. moldeo continuo se efectúa a la velocidad mínima necesaria para proporcionar una resistencia superficial suficiente para sostener el interior fundido de la zamarra sin una distorsión incontrolable.
  25. 2ª.- Procedimiento según la reivindicación 1ª, caracterizado porque el contenido en hidrógeno se reduce
  - 30.
- 



377513

durante la etapa de desgasificación al vacío hasta un nivel suficientemente bajo para evitar la formación de defectos superficiales durante el moldeo continuo.

5. 3ª.- Procedimiento según la reivindicación 1ª, caracterizado porque el contenido de hidrógeno se reduce a menos de una parte por millón durante la etapa de desgasificación al vacío.

10. 4ª.- Procedimiento según la reivindicación 1ª, caracterizado porque la carga ferrosa fundida tiene un contenido en carbono del orden de aproximadamente 0,027% a un 0,040%; un contenido en manganeso de aproximadamente un 0,04% a un 0,08%; un contenido en azufre de aproximadamente un 0,20% a un 0,026%; un contenido en oxígeno inferior a aproximadamente un 0,004% , siendo el resto hierro con impurezas accidentales.

15. 5ª.- Procedimiento según la reivindicación 2ª, caracterizado porque comprende la etapa de laminar la zamarra con calor residual de la operación de moldeo.

20. 6ª.- Procedimiento según la reivindicación 2ª, caracterizado porque comprende las etapas de refrigerar la zamarra, recalentarla a una temperatura suficiente para disolver las inclusiones de sulfuro y reducir dicha zamarra al espesor final deseado por un procedimiento que comprende laminación en caliente, decapado, laminación en

25. frío y recocido.

30. 7ª.- Procedimiento según la reivindicación 1ª, caracterizado porque se utiliza un fundente consistente esencialmente en silicato inorgánico durante la etapa de moldeo continuo.

30. 8ª.- Procedimiento para fabricar chapa de hierro

377513



al silicio de grano orientado, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, e ilustrado en los dibujos adjuntos.

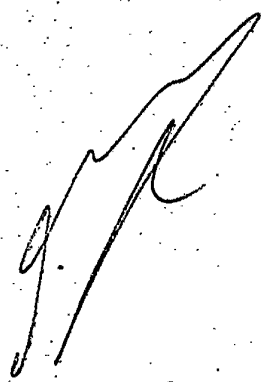
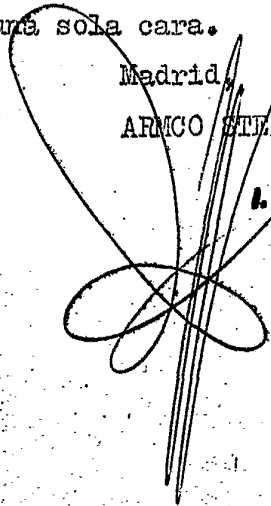
5. Esta Memoria consta de dieciseis hojas escritas a máquina por una sola cara.

14 MAR. 1970

Madrid,

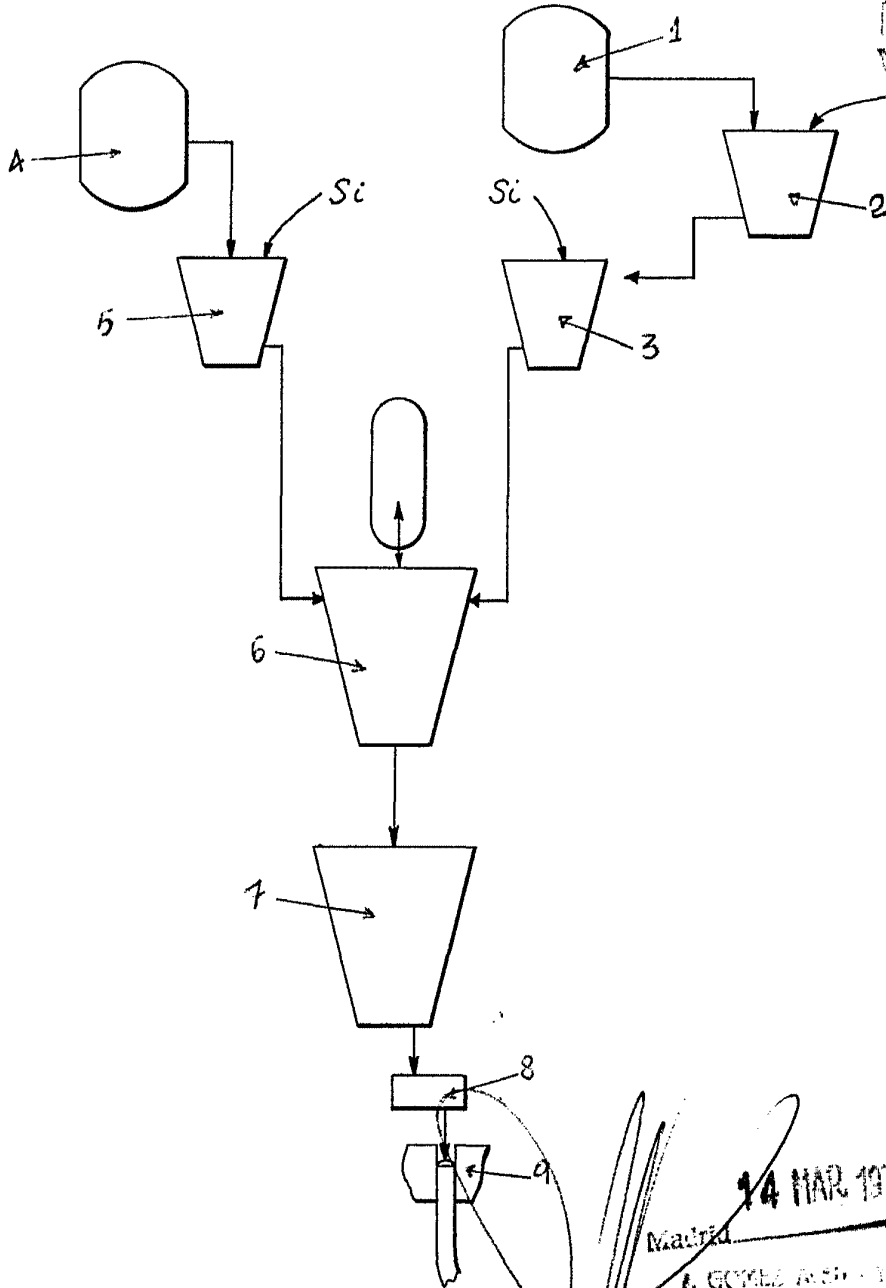
ARMCO STEEL CORPORATION

A. GÓMEZ ACEBO Y MODEI  
por el Firmado: F. Hernández Rula



377513

14 MAR 1970



14 MAR 1970

Madrid

E. GOMEZ AGUIRRE  
p. Firmador: F. Firmador de Baza

*[Handwritten signature]*