

P.- 43.692

375261

69/224f



**Memoria descriptiva**

SECCION	
CLASIFICACION	
CLASE	621
SUBCLASE	C

para solicitar PATENTE DE INVENCION EN ESPAÑA por 20 años

a nombre de FRIED. KRUPP GESELLSCHAFT MIT BESCHRÄNKTER  
HAFTUNG

entidad / de nacionalidad alemana

con domicilio en Altendorfer Strasse 103, Essen, República  
Federal Alemana

por: "PROCEDIMIENTO DE AUTOMATIZACION Y DE REGULACION DE  
LA OPERACION DE AFINO DE LA FUNDICION"

(Clase Internacional C21c)

16.1.70.

24 ENERO 1970



5 El presente invento se refiere a perfeccionamientos en los procedimientos de automatización y de regulación de la operación de afino de fundición. Es aplicable a todos los procedimientos en los cuales el agente de afino utilizado está constituido por oxígeno puro.

10 Los procedimientos actuales de automatización y de regulación de la operación de afino de fundición están basados en general en la determinación continua del balance de carbono, y de la cantidad de oxígeno fijado en la escoria, siendo introducidos los valores instantáneos, obtenidos por medio de estas determinaciones, de modo permanente en un circuito cerrado de regulación gracias al cual se puede realizar el afino siguiendo una ley determinada para la evolución en función del tiempo de la descarburación, así como una ley determinada para la evolución en función del tiempo de la cantidad de oxígeno fijado en la escoria.

15 Según estos procedimientos, la determinación del balance de carbono se obtiene por ejemplo a partir de la medición del caudal de los humos en la campana situada a la salida del aparato utilizado para efectuar el afino así como a partir del análisis de estos humos y de la medición de su temperatura. Gracias a las indicaciones así obtenidas, se pueden calcular las cantidades de CO y de CO<sub>2</sub> contenidas en los humos, y las cantidades de carbono y de oxígeno que escapan en cada instante fuera del aparato de afino.

25 La determinación de la cantidad de oxígeno fijado en la escoria se obtiene por la diferencia entre la cantidad total de oxígeno insuflado sobre o dentro

30  
16.1.70.



5 del baño de fundición a afinar, y la cantidad de oxígeno fijado sobre el carbono, y que escapa del recipiente con éste, siendo medido el primero de estos valores, y siendo calculado el segundo por ejemplo a partir de las mediciones que se citan más arriba.

10 La experiencia práctica de las operaciones de afinado de fundición por medio de oxígeno puro ha permitido observar que en general la cantidad total de oxígeno insuflado se repartía entre el carbono y la escoria en una proporción del orden de 75% para el carbono y 25% para la escoria.

15 De esto se desprende que si la determinación de la cantidad de oxígeno fijado sobre el carbono lleva aparejado un error de 5%, las indicaciones relativas al balance de carbono pueden ser todavía suficientemente precisas para obtener una regulación satisfactoria, pero ya no ocurre lo mismo en lo que concierne a la escoria; en efecto, por poder variar entonces la cantidad de oxígeno fijado en la escoria entre 20% y 30% (es decir entre 25% - 20  
20 5% y 25% + 5%) de la cantidad total de  $O_2$  insuflado, el error con el que es conocido el oxígeno de la escoria se hace demasiado grande para que la regulación por medio de este valor pueda tener un significado válido.

25 Hasta ahora, no se había podido encontrar un remedio satisfactorio de este inconveniente, haciéndose bastante aleatoria, y con la mayor frecuencia demasiado lenta, la obtención de valores más ceñidos del contenido en  $O_2$  de la escoria, por ejemplo por medio de análisis y/o de mediciones y de cálculos muy precisos del caudal de los humos.

30  
16.1.70.

24 EN



El presente invento tiene como objeto un procedimiento que permite precisamente remediar este inconveniente por un método basado en mediciones directas y casi instantáneas.

5 El procedimiento objeto del presente invento consiste:

a.- En medir la altura de la escoria que sobrenada el metal.

10 b.- En establecer la expresión matemática de esta misma altura de escoria por medio de relaciones apropiadas en las que interviene la cantidad total de oxígeno fijado en la escoria.

15 c.- En igualar el valor medido de la altura de la escoria con su expresión matemática formada por medio de las relaciones antes citadas.

d.- En deducir la cantidad total de oxígeno fijado en la escoria.

20 e.- En comparar esta cantidad de oxígeno así calculada con un valor de consigna previamente determinado, y en adoptar cualquier disposición útil para aproximar la cantidad calculada al valor de consigna. Esta consigna previamente determinada puede ser, por ejemplo, la cantidad de oxígeno que, calculada a partir de los materiales introducidos en el horno, debe ser fijada en la escoria en un momento dado; por ser bien conocido de por sí el principio del cálculo de este valor de consigna, no ha sido recordado en esta descripción.

El presente invento tiene igualmente como objeto un procedimiento que consiste:

30 16.1.80. a.- En medir la altura de la escoria que so-



brenada el metal.

5 b.- En establecer la expresión matemática de esta misma altura de escoria por medio de relaciones apropiadas en las que intervienen la cantidad de oxígeno combinado con el hierro en la escoria, y la cantidad total de oxígeno fijado en la escoria, siendo deducida la segunda cantidad de la primera por simple suma de ésta con las cantidades de oxígeno fijado sobre el silicio, el fósforo y otros elementos eliminados de la fundición.

10 c.- En igualar el valor medido de la altura de la escoria a su expresión matemática formada por medio de las relaciones antes citadas.

d.- En deducir la cantidad total de oxígeno fijado en la escoria.

15 e.- En comparar esta cantidad de oxígeno así calculada con un valor de consigna previamente determinado, y en adoptar cualquier disposición útil para aproximar la cantidad calculada al valor de consigna.

20 En la presente descripción la expresión "medición de la altura de escoria" se aplica a cualquier determinación directa o indirecta de la altura de la escoria, siempre que esta determinación no entre dentro del marco definido en b) del presente invento.

25 La medición de la altura de la escoria puede efectuarse por cualquier medio de por sí conocido; no obstante, un método particularmente rápido y preciso consiste en anotar de manera sistemática, y para cada una de las alturas de la lanza, las variaciones del nivel acústico del ruido que sale del recipiente de afino, y en atribuir a cada nivel acústico una altura de escoria corres-

30

16.1.70.



pendiente, obteniéndose el valor de esta altura por medio de un criterio determinado, lógico o empírico.

Por ejemplo, a este respecto se puede seguir el siguiente método: Se sabe que el nivel acústico del ruido que sale de un recipiente de afino, tal como un con-  
5 vertidor, proviene principalmente del ruido emitido por el chorro de oxígeno que sale del extremo inferior de la lanza de afino. Se sabe también que el nivel de este ruido es tanto más atenuado cuanto más sumergido en escoria  
10 está el extremo inferior de la lanza. Comparando la posición del extremo de la lanza con el nivel acústico anotado, se puede deducir de ello el nivel de la escoria en el recipiente, habiéndose establecido de una vez para siempre la correspondencia entre los diferentes niveles acús-  
15 ticos y las alturas de escoria. Un razonamiento análogo permite atribuir un nivel de escoria (en el que no se sumerge el pico o apéndice de la lanza) a cualquier nivel acústico anotado en función de una altura de lanza dada. Estas anotaciones pueden ser puestas por lo tanto bajo  
20 forma de ábacos, a partir de los cuales, conociendo la posición de lanza así como el nivel acústico del ruido que sale del recipiente en un instante dado, se puede determinar inmediatamente la altura de la escoria en el recipiente de afino. Se pueden considerar igualmente otros medios  
25 tales como termopares adecuadamente situados en la pared exterior de la lanza, que miden la transferencia de calor de la escoria cuando ésta está en contacto con esta pared, células de mira o de enfoque que recogen la radiación de la superficie de la escoria, etc.

30  
16.1.70.

Habiéndose determinado de esta manera la altura



ra de la escoria en el convertidor o en el recipiente de  
afino, a partir de una medición física, se investiga, por  
ejemplo de la siguiente manera, la expresión matemática  
de la altura de escoria en función de las cantidades de  
5 oxígeno fijado en la escoria y combinado con el hierro de  
ésta; esta expresión tiene en cuenta el hecho de que la  
altura de la escoria está determinada por una parte por  
factores físicos, y por otra parte por factores que tienen  
su origen en la composición química media de la escoria.

10 Los factores físicos son: Forma geométrica in  
terna del recipiente, profundidad media del baño metálico  
en reposo (P B), radio del baño en su nivel superior (R B),  
desprendimiento de burbujas de gas en el baño, determina-  
do por la velocidad de descarburación (Q C B), peso de la  
15 escoria (P S C), temperatura de la escoria (T S C) y tem-  
peratura del baño metálico (T B).

Los factores que tienen su origen en la compo-  
sición química media de la escoria son, bien sea la homo-  
geneidad de fase de la escoria bien sea su heterogeneidad.

20 Por homogeneidad de fase, se entiende el he-  
cho de que para la composición química media de la esco-  
ria, todos los componentes principales considerados son  
solubles unos en otros para la temperatura lograda de la  
escoria.

25 Por heterogeneidad de fase, se entiende el he-  
cho de que, para la composición química media de la esco-  
ria, se ha sobrepasado el límite de solubilidad de uno o  
de varios de los componentes en uno o varios de los otros  
componentes, habiéndose sobrepasado por lo tanto el lími-  
te de saturación del soluto en el disolvente.



La figura 1 aneja precisa los principios enun-  
ciados anteriormente; se refiere al diagrama de fase a  
1.600°C de los principales compuestos de una escoria for-  
mada en el caso de la elaboración de una fundición de he-  
5 matites ( $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ).

Cuando la composición química media de la es-  
coria está representada por el punto A, cada uno de los  
componentes o compuestos es soluble en los otros, en par-  
ticular el compuesto ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) es soluble en los compo-  
10 nentes  $\text{SiO}_2$  y  $\text{FeO}$ . La fase es homogénea y líquida en el  
punto A.

Cuando la composición química media de la es-  
coria está representada por el punto B, se ha sobrepasado  
el límite de solubilidad del compuesto ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) en la  
15 fase líquida antes citada. Resulta de ello que una cierta  
cantidad de ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) cuya composición está representa-  
da por el punto C existe al estado sólido a 1.600°C con  
una cierta cantidad de escoria líquida cuya composición  
media está representada por el punto D. En el caso consi-  
20 derado, la proporción del peso del compuesto sólido al  
peso del compuesto líquido está dada por la proporción de  
la distancia B D a la distancia B C, medidas en el diagra-  
ma.

Es evidente que estas distancias BD y BC pue-  
25 den ser expresadas analíticamente con facilidad a partir  
de la composición media de la escoria representada por el  
punto B.

Se sabe que, permaneciendo invariable el res-  
to de los factores, el aumento de la tendencia a formar  
30 espuma o a hincharse tiene como resultado hacer subir el  
16.1.70.



nivel de la escoria. Una vez dicho esto, se ha comprobado que una escoria no presenta más que una tendencia muy pequeña a formar espuma o a hincharse cuando se logra una homogeneidad de fase. Por otro lado, en el caso de aparición de heterogeneidad de fase, esta tendencia aumenta gradualmente a medida que la heterogeneidad de fase aumenta, es decir a medida que la cantidad de fase sólida aumenta y se aproxima a la cantidad de fase líquida o a la inversa, alcanzándose la heterogeneidad máxima cuando las dos cantidades son aproximadamente iguales una a otra.

En virtud de los principios expuestos con la ayuda de la figura 1, la heterogeneidad de fase se traduce por la proporción en peso de una fase a otra fase, es decir por la proporción del más pequeño al más grande de los dos segmentos BD y BC, medidos sobre el segmento DC de la figura 1, o expresados analíticamente en función del análisis medio de CaO y SiO<sub>2</sub> de la escoria en el punto B así como del contenido en FeO de la escoria en este punto B (% FeO). Se tendrá por lo tanto:

$$\frac{BD}{BC} = \text{función} \left( \frac{\text{Peso CaO}}{\text{PSC}}, \frac{\text{Peso SiO}_2}{\text{PSC}}, \% \text{FeO} \right) \quad (1), \text{ fórmula en la cual}$$

PSC representa el peso de escoria alcanzado en el punto B.

Ahora bien, se ha visto que la altura de la escoria HSC era función de

$$\left( RB, PB, QCB, PSC, TSC, TB, \frac{BD}{BC} \right) \quad (2)$$

en la cual RB, PB, QCB, TSC, TB, peso CaO, peso SiO<sub>2</sub> son calculados o medidos, y PSC y  $\frac{BD}{BC}$  son funciones calculadas.

30  
16.1.70.



bles del contenido medio en FeO de la escoria. Se desprende de esto por lo tanto que la altura de escoria HSC es una función de (% FeO). O sea que por lo tanto, efectuados todos los cálculos,  $HSC = F (\% FeO)$  (3).

5 Se hace explícita esta fórmula con relación a % FeO; se tendrá por lo tanto  $\% FeO = F' (HSC)$  (4).

Si todos los otros términos han sido reemplazados por su valor calculado, se introduce entonces en esta fórmula el valor medido de HSC y se obtiene % de FeO.

10 Como por otra parte  $\frac{\%FeO}{100} + \frac{PCaO}{PSC} + \frac{PSiO_2}{PSC} = 1$  (5), se puede calcular PSC dado que son conocidos los tres numeradores de esta ecuación. Conociendo de esta manera % FeO y PSC, y multiplicando uno por otro, se tendrá el peso de óxido de hierro de la escoria.

15 Se deduce de esto la cantidad de oxígeno combinado con el hierro en este óxido, y, conociendo el peso de SiO<sub>2</sub> por la cantidad de oxígeno combinado con el silicio de la sílice, se suman estas dos cantidades para obtener la cantidad de oxígeno fijado en la escoria en un momento dado de la elaboración.

20 El principio de la determinación del contenido medio en óxido de hierro de la escoria en función de la altura de la escoria (HSC), está explicado mejor por el ejemplo que se detalla a continuación.

25 El aumento en volumen de la escoria en la parte cilíndrica del convertidor se traduce por un aumento de la altura de la escoria en el convertidor.

Si HSC min es la altura mínima que puede tener la escoria en el convertidor, se puede escribir (para una temperatura de 1.600°C por ejemplo)

30  
16.1.70.



$$\text{HSC-HSC min} = K \frac{QCB \cdot PB}{RB^2} \cdot \frac{BD}{BC} \quad (6), \text{ fórmula}$$

en la cual K es una constante.

Si la composición de la escoria está representada por el punto A, se entiende que  $BD \approx 0$ .

Queda por expresar  $BD/BC$  en función de % FeO. Cuando la escoria se encuentra en estado de heterogeneidad, la sección EF del límite de saturación en  $2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (habitualmente sobrepasado por una escoria de fundición de hematites), puede ser asimilada a una recta de ecuación:

$$\% \text{ FeO} = - 5,9 \frac{PCaO}{PSC} + 3,14 \quad (7)$$

Las coordenadas del punto C son conocidas:

15

$$\left\{ \begin{array}{l} \% \text{ FeO} = 0 \\ \frac{PCaO}{PSC} = 0,65 \end{array} \right.$$

El punto D es la intersección de la recta que pasa por C y B con la recta del límite de saturación, es decir de:

$$\% \text{ FeO} = \frac{[\% \text{ FeO}]_B}{\left[ \frac{PCaO}{PSC} \right]_B - 0,65} \cdot \frac{PCaO}{PSC} - 0,65 \frac{[\% \text{ FeO}]_B}{\left[ \frac{PCaO}{PSC} \right]_B - 0,65} \quad (8)$$

25

$$\text{y de } \% \text{ FeO} = - 5,9 \frac{PCaO}{PSC} + 3,14 \quad (7)$$

Se deduce de ello el contenido en FeO de la escoria en el punto D:  $(\% \text{ FeO})_D$  en función del contenido de la escoria en FeO en el punto B  $(\% \text{ FeO})_B$

30  
16.1.70.

24 ENE



$$(\%FeO)_D = \frac{-0,7 (\%FeO)_B}{(\%FeO)_B + \left[ \frac{PCaO}{PSC B} - 0,65 \right] \cdot 5,9} \quad (9), \text{ fórmula}$$

en la cual

$$\frac{PCaO}{PSC B} = \frac{PCaO \sqrt{1 - (\%FeO)_B}}{PSiO_2 + PCaO} \quad (10)$$

relación obtenida por transformación de la fórmula (5).

Se pueden abatir los puntos C, B y D de la figura 1 sobre el eje (0 - 100% FeO) paralelamente al eje (0 - 100%) CaO.

Se obtienen así los puntos C', B' y D', y las distancias B' D' y C' B' son expresadas respectivamente por:

$$\sqrt{(\%FeO)_D - (\%FeO)_B} \text{ y por } \sqrt{(\%FeO)_B - 0}$$

Resulta de ello que  $\frac{BD}{BC} = \frac{B'D'}{B'C'} =$

$$\frac{(\%FeO)_D - (\%FeO)_B}{(\%FeO)_B} \quad (11)$$

(%FeO)<sub>D</sub> es conocido en función de (%FeO)<sub>B</sub> por las relaciones (9) y (10), y ocurre lo mismo con la relación  $\frac{BD}{BC}$  de la expresión (HSC - HSC min.). Esta última expresión es entonces hecha explícita con relación a (%FeO)<sub>B</sub>, que es la magnitud deseada.

En la práctica, hay que tener en cuenta las observaciones siguientes:

1). Los parámetros de esta expresión pueden ser precisados de mejor manera para las elaboraciones ulteriores haciendo coincidir el valor (%FeO)<sub>B</sub> calculado como anteriormente al final de una elaboración, con el con

30  
16.1.70.

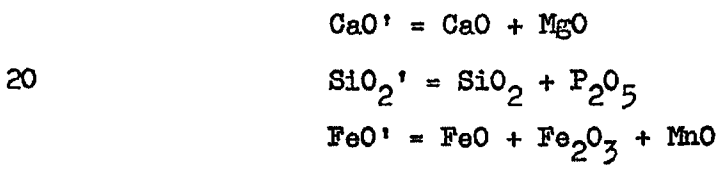
375261



tenido en FeO efectivamente analizado en la muestra de escoria tomada al hacer bajar el convertidor.

2). El diagrama de la figura 1 comprende en efecto varias zonas de heterogeneidad de fase para las cuales se debe efectuar igualmente el cálculo, por ejemplo de manera similar a la arriba indicada, realizándose prácticamente siempre la hipótesis de que los diferentes límites de saturación son atravesados en un orden temporal bien determinado, válido para todas las elaboraciones.

3). En el caso de la elaboración de fundición de hematites, la escoria contiene pequeñas cantidades de otros compuestos distintos de CaO - SiO<sub>2</sub> - FeO, a saber MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, etc., que pueden ser estimadas con una buena precisión y que se tienen en cuenta reemplazando por ejemplo el diagrama CaO - SiO<sub>2</sub> - FeO y sus límites de saturación por un diagrama análogo CaO' - SiO<sub>2</sub>' - FeO', en el cual:



4). Se tiene en cuenta la influencia de la temperatura (estimada o medida) de la escoria, sobre la posición exacta de los diferentes límites de saturación en los diagramas considerados.

5). Un cálculo numérico similar de % FeO en función de la altura de la escoria se efectúa igualmente en el caso de la escoria formada en la elaboración de una fundición con alto contenido de fósforo y con pequeño contenido de silicio. El diagrama CaO', SiO<sub>2</sub>', FeO', es reem

30  
16.1.70.



plazado entonces por un diagrama  $\text{CaO}' - \text{P}_2\text{O}_5' - \text{FeO}'$ , en el cual  $\text{P}_2\text{O}_5'$  reemplaza a  $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{SiO}_2$ .

5 En el caso más preciso de una operación de afino ejecutada según el procedimiento LD-AC, con circulación de escoria, se puede aplicar igualmente el método del invento o cálculo del oxígeno de la escoria, con tal que se tengan en cuenta la cantidad de escoria recirculada y su análisis.

10 Conociendo ahora la cantidad de oxígeno fijado en la escoria y la cantidad de oxígeno combinado con los óxidos de hierro de la escoria, el técnico de acerería puede comparar estas dos magnitudes con los valores de consigna que se han tenido que respetar en un momento dado de la elaboración.

15 Cuando se comprueba una diferencia inaceptable entre las magnitudes calculadas y su valor de consigna, el técnico de acerería puede deducir el sentido en el cual es conveniente modificar el contenido en  $\text{FeO}$  de la escoria, teniendo en cuenta las modificaciones de homogeneidad o de heterogeneidad de fases que pueden intervenir  
20 en la escoria cuando se modifican las condiciones de afino para intentar respetar los valores de consigna, y teniendo en cuenta que la velocidad de descarburación es afectada de modo favorable por la presencia de una heterogeneidad de fases sólido-líquido en la escoria. La reacción del técnico de acerería consistirá por lo tanto en  
25 modificar la cantidad de  $\text{O}_2$  presente en la escoria respetando al mismo tiempo la velocidad de descarburación que le es impuesta en este momento. Dispone a este efecto de tres medios, a saber el caudal de oxígeno, la altura de  
30

16.1.70.



la lanza sobre el baño, y las adiciones. El efecto individual de cada uno de estos tres medios es cuestión bien conocida de por sí.

5 Todas las operaciones de medición y de cálculo antes indicadas se ejecutan ventajosamente de manera conocida y automática, lo cual permite obtener un control permanente de la evolución de la operación de afino en curso, y una corrección permanente de cualquier desviación que en ella se manifestase.

10 La presente solicitud que corresponde a la presentada en Luxemburgo, el 9 de Enero de 1.969, bajo el número 57.755, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

#### REIVINDICACIONES

15 Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

20 1.- Procedimiento de automatización y de regulación de la operación de afino de la fundición, por medio de oxígeno comercialmente puro, caracterizado porque durante el afino: se mide la altura de la escoria que sobrenada el metal; se establece la expresión matemática de esta misma altura de escoria por medio de relaciones apropiadas en las cuales interviene la cantidad de oxígeno fi

24  
16.1.70.



5 jado en la escoria; se iguala el valor medido de la altura de escoria con su expresión matemática formada por medio de las relaciones antes citadas; se deduce la cantidad total de oxígeno fijado en la escoria; se compara esta cantidad de oxígeno así calculada con un valor de consigna previamente determinado, y se adopta cualquier disposición útil para aproximar la cantidad calculada al valor de consigna.

10 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque: se mide la altura de la escoria que sobrenada el metal; se establece la expresión matemática de esta misma altura de escoria por medio de relaciones apropiadas en las cuales intervienen la cantidad de oxígeno combinado con el hierro en la escoria y la cantidad total de oxígeno fijado en la escoria, deduciéndose la segunda cantidad de la primera por simple suma de ésta con las cantidades de oxígeno fijados sobre el silicio, el fósforo y otros elementos eliminados de la fundición; se iguala el valor medido de la altura de la escoria con su expresión matemática formada por medio de las relaciones antes citadas; se deduce la cantidad total de oxígeno fijado en la escoria; se compara esta cantidad de oxígeno así calculada con un valor de consigna previamente determinado, y se adopta cualquier disposición útil para aproximar la cantidad calculada al valor de consigna.

25 3.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque la altura de la escoria es determinada a partir de ábacos previamente establecidos, que proporcionan para cualquier altura de lanza, la altura de escoria en función del nivel acústico del ruido que

30  
16.1.70.

375261



sale del recipiente de afino.

4.- Procedimiento según las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado porque las operaciones antes indicadas en dichas reivindicaciones se efectúan de modo continuo y automático.

5.- PROCEDIMIENTO DE AUTOMATIZACION Y DE REGULACION DE LA OPERACION DE AFINO DE LA FUNDICION.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y para los fines que se han especificado.

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

Madrid, 24 ENE. 1970

P. A.

Alberto de *[Signature]*  
Por Poder

G.D.S.  
16.1.70.

K 95762  
11  
R-202

378561 25 FEB 1925

