

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 543 053**

51 Int. Cl.:

H01J 37/34 (2006.01)

C23C 14/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2012 E 12720091 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2015 EP 2700083**

54 Título: **Procedimiento para el suministro de impulsos secuenciales de potencia**

30 Prioridad:

20.04.2011 DE 102011018363

28.10.2011 DE 102011117177

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

14.08.2015

73 Titular/es:

**OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG,
TRÜBBACH (100.0%)**

**Hauptstrasse 53
9477 Trübbach, CH**

72 Inventor/es:

**KRASSNITZER, SIEGFRIED;
LENDI, DANIEL;
LECHTHALER, MARKUS y
RUHM, KURT**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 543 053 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

Procedimiento para el suministro de impulsos secuenciales de potencia

La invención se refiere a un procedimiento para la generación de impulsos de potencia.

- 5 Tales impulsos de potencia se necesitan en el marco de la tecnología-HIPIMS. HIPIMS representa High Power Impulse Magnetron Sputtering (pulverización catódica de magnetrones de impulsos de alta potencia). En este caso, se trata de un procedimiento de recubrimiento en vacío, en el que por medio de corrientes muy altas de descarga se atomiza material desde un cátodo, con lo que se garantiza que el material atomizado sea ionizado positivamente de alta calidad. Si se aplica al mismo tiempo en los sustratos a recubrir una tensión negativa, entonces esto tiene como consecuencia que los iones positivos que se obtienen a través de la atomización son acelerados en la dirección de los sustratos y de esta manera conducen a la formación de una capa hermética. En este caso, se pueden emplear potencias de, por ejemplo, 40 kW y más. No obstante, solamente en el marco de un impulso de potencia corto es posible atomizar material desde el cátodo, puesto que éste se puede dañar en el caso de actuación prolongada de la línea a través de calentamiento excesivo. Por lo tanto, debe limitarse la duración durante la que se puede atomizar desde un cátodo con alta potencia, lo que conduce a una duración máxima admisible del impulso.
- 10
- 15 Un principio para realizar esto consiste en dividir todo el cátodo en cátodos parciales y aplicar la potencia secuencialmente de forma sucesiva sobre los cátodos parciales. Con este concepto se entiende que están previstos varios cátodos aislados unos de los otros (llamados aquí cátodos parciales) en la instalación de recubrimiento, de manera que se puede conseguir, limitada localmente, una corriente de descarga alta. Una realización posible de este principio se describe en la solicitud de patente alemana DE 102011018363.
- 20 Durante un impulso de potencia que actúa sobre un cátodo parcial se atomiza desde este cátodo con alta densidad de corriente de descarga. Al mismo tiempo, el o los otros cátodos parciales se enfrían antes de que actúe de nuevo un impulso de potencia sobre ellos.
- En la publicación de patente DE 102006017382 A1 se publican un procedimiento y un dispositivo para el recubrimiento de superficies por medio de HIPIMS, en los que varios cátodos son impulsados secuencialmente por una alimentación de potencia.
- 25
- No obstante, los inventores han constatado que la duración del impulso propiamente dicha tiene una influencia alta sobre las propiedades de la capa constituida por medio de atomización de magnetrones. Por lo tanto, se necesitan generadores que estén en condiciones de emitir tantos impulsos de potencia altos muy cortos como también impulsos de potencia altos relativamente duraderos.
- 30 Los generadores suministran, en general, de manera fiable una tensión constante en el caso de corriente constante. En inglés se designa con "power supply", lo que significa traducido tanto como alimentación de potencia. Es exigente la situación en la que se trata, como se ha descrito anteriormente, de generar impulsos de potencia cortos de alta potencia. Durante la conexión de la alimentación de potencia, que debe emitir una potencia de, por ejemplo, 40 kW, transcurren del orden de magnitud de aproximadamente 700 μ s hasta la cesión completa de la potencia con las fuentes de tensión habituales. Si se necesitan, como en el presente caso, impulsos de potencia con duración más corta del impulso, entonces el tiempo disponible ha expirado ya antes de la instalación completa de la potencia. El perfil de la potencia de tales impulsos es de manera correspondiente dinámico incontrolado y el procedimiento de atomización basado en él conduce a capas mal reproducibles y subóptimas en sus propiedades.
- 35
- Por lo tanto, con el presente procedimiento de acuerdo con la invención debe indicarse una posibilidad para conseguir de manera sencilla impulsos de potencia con perfil definido, debido ser escalable la duración de los impulsos de potencia de manera sencilla sobre intervalos amplios.
- 40
- De acuerdo con la invención, el cometido se soluciona porque los intervalos de potencia asociados a un primer cátodo parcial se solapan en una medida insignificante en el tiempo con los intervalos de los impulsos de potencia asociados a un segundo cátodo parcial, de tal manera que en el caso de desviación de la potencia desde un primer cátodo parcial sobre el segundo cátodo parcial, no debe desconectarse el generador que suministra la potencia, sino que la extracción de potencia desde el generador tiene lugar de manera ininterrumpida y de este modo no debe tener lugar una nueva formación de la potencia. Durante el tiempo del solape de los dos intervalos de los impulsos de potencia, el plasma arde solamente en el primer cátodo parcial, puesto que la impedancia respectiva es claramente más baja frente a la impedancia del segundo cátodo parcial no encendido todavía. Solamente cuando al final del primer intervalo del impulso de potencia se separa el primer cátodo parcial desde el generador, se enciende el plasma en el segundo cátodo parcial, pero esto se realiza tan rápidamente que tiene lugar una extracción de potencia esencialmente continua desde el generador. Si está presente un tercer cátodo parcial, entonces se procura que el intervalo del impulso de potencia asociado al tercer cátodo parcial se solape en una medida insignificante con el intervalo del impulso de potencia asociado al segundo cátodo parcial, de manera que de nuevo durante la desviación de la potencia desde el segundo cátodo parcial sobre el tercer cátodo parcial no tiene lugar ninguna interrupción de la extracción de la potencia. Expresado en términos generales, se procura que el intervalo del
- 45
- 50
- 55

impulso de potencia asociado al n cátodo parcial se solape en una medida insignificante con el intervalo del impulso de potencia asociado con el (n-1) cátodo parcial, con lo que durante la desviación de la potencia desde el (n-1) cátodo parcial sobre el n cátodo parcial se evita una interrupción de la extracción de la potencia desde el generador. Solamente cuando la potencia ha sido desviada sobre el último cátodo parcial y se ha emitido el impulso de potencia asociado a este último cátodo parcial, es decir, cuando ha terminado un ciclo de impulsos de potencia – designado a continuación como grupo -, se interrumpe la extracción de potencia desde el generador. La pausa de potencia que sigue a continuación se utiliza para refrigerar los cátodos parciales, antes de que se impulse de nuevo el primer cátodo parcial con el impulso de potencia asociado al mismo en el intervalo correspondiente.

Sin embargo, tal modo de proceder conduce a que al menos el impulso de potencia emitido al primer cátodo parcial se encuentra en el intervalo de tiempo de la formación de la potencia del generador y el impulso de tiempo correspondiente presenta un perfil correspondiente no deseado. De acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención, por lo tanto, previamente a la impulsión del primer cátodo parcial con potencia durante al menos aproximadamente el intervalo de formación de la potencia se impulsa un llamado cátodo ficticio (Dummy) con potencia. Entonces se procura que el intervalo del impulso de potencia asociado al primer cátodo parcial de solape en una medida insignificante con el intervalo de formación de la potencia, con lo que durante la desviación de desde el cátodo ficticio sobre el primer cátodo parcial se evita una interrupción de la extracción de la potencia desde el generador y en el marco del primer intervalo del impulso de potencia está disponible esencialmente ya la potencia total. El cátodo ficticio mencionado anteriormente se puede realizar, por ejemplo, con un circuito de corriente con resistencia óhmica, en la que cae la tensión correspondiente y de esta manera la potencia se convierte en calor.

Como se ha mencionado anteriormente, el intervalo de formación de la potencia puede estar, en general, en el orden de magnitud en torno a 700 μ s. La potencia emitida durante este intervalo desde el generador hasta el cátodo ficticio no se utiliza para el proceso de recubrimiento, por lo que se pierde y representa una pérdida. Esto no es problemático cuando el ciclo del impulso de potencia, es decir, el intervalo de grupos, es grande frente al intervalo de formación de la potencia y de esta manera la pérdida de potencia representa solamente un porcentaje pequeño. Sin embargo, esto es problemático cuando los intervalos del impulso de potencia llegan a ser tan pequeños que el intervalo de formación de la potencia llega a ser relevante, en general, en comparación con el intervalo de grupos. En tal caso, se produce una pérdida de potencia significativa y, por lo tanto, inaceptable.

Esto se puede evitar con una forma de realización preferida de la presente invención. En efecto, los inventores han reconocido que precisamente en el caso de intervalos cortos del impulso de potencia no es necesario en absoluto un enfriamiento de los cátodos parciales. En este caso, en el primer ciclo del impulso de potencia se conecta un segundo ciclo del impulso de potencia. A este respecto se procura que el primer intervalo del impulso de potencia del segundo ciclo del impulso de potencia, (es decir, del segundo grupo) se solape en una medida insignificante con el último intervalo del impulso de potencia el primer ciclo del impulso de potencia del primer grupo, de manera que es posible una desviación de la potencia desde el último cátodo parcial sobre el primer cátodo parcial sin interrupción de la extracción de potencia desde el generador. De esta manera se evita para el segundo grupo un intervalo de formación de la potencia y la pérdida de potencia implicada con la disipación de la potencia sobre el cátodo ficticio. Es posible yuxtaponer de esta manera tantos grupos hasta que en virtud del desarrollo de calor que aparece en los cátodos parciales deba o debería tener lugar una interrupción real de la alimentación de potencia. En un tren de grupos de este tipo solamente es necesario una vez al principio del tren conducir la potencia durante el intervalo de formación de la potencia sobre el cátodo ficticio.

A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda de esquemas de forma ejemplar con la ayuda de la tecnología de atomización (tecnología de pulverización catódica).

Se utilizan las siguientes abreviaturas en los ejemplos siguientes:

Pavg	Potencia media de pulverización catódica
Pmax	Potencia máxima de pulverización catódica (potencia del impulso)
tpn	Longitud del impulso
tdn	Retraso del impulso
N	Número de grupos (N = 0...500)
n	Número de canales
	(= número de cátodos parciales, n = 0...6, n = 0 corresponde al cátodo ficticio)
fr	Frecuencia de repetición
tr	Duración de la repetición = 1/fr

ES 2 543 053 T3

Para evitar un calentamiento excesivo del cátodo se supone que dentro de un tren de potencia, el tiempo total, durante el que se aplica potencia sobre un cátodo parcial, debe ser inferior a 100ms.

$$(t_{pn}-t_{dn}) \cdot N < 100\text{ms} = T_{\text{max}}$$

1º Ejemplo

- 5 En el marco del primer ejemplo se impulsa el cátodo ficticio durante 0,5ms con potencia, es decir, que el intervalo de pérdida t_{p0} es 0,5ms y comprende de esta manera con seguridad el intervalo de formación de la potencia de aproximadamente 0,25 ms. Adicionalmente al cátodo ficticio se utilizan 6 cátodos parciales. Los intervalos del impulso de potencia durante los que en un grupo se aplica potencia sobre un cátodo parcial, se establecen en $t_{p1-6} = 0,2\text{ms}$ y el solape de los intervalos del impulso de potencia se establece en $t_{d1-6} = 0,02\text{ms}$. En total, se ejecutan 10 ciclos de impulsos de potencia, es decir, que 10 grupos forman junto con el intervalo perdido un tren. Por lo tanto, el intervalo total del tren dura $10 \cdot 6 \cdot (0,2\text{ms} - 0,02\text{ms}) + 0,5\text{ms} = 10,8\text{ms} + 0,5\text{ms} = 11,3\text{ms}$.

Por lo tanto, existe un intervalo de pérdida de 0,5ms frente a un tiempo utilizado para fines de recubrimiento para la cesión de potencia de 10,8ms. En comparación con la pérdida de potencia en el cátodo ficticio se emplea, por lo tanto, más de 20 veces potencia para fines de recubrimiento.

- 15 Si existen ahora durante el intervalo del impulso de potencia 40kW en un cátodo parcial y está predeterminada una potencia media de pulverización catódica de 5kW en cada cátodo parcial, entonces el intervalo total del tren debería repetirse con una frecuencia de 69,4 Hz, porque se aplica:

$$(t_{pn}-t_{dn}) \cdot N \cdot P_{\text{max}} \cdot f_r = 0,18\text{ms} \cdot 10 \cdot 40\text{kW} \cdot 69,4\text{Hz} = 5\text{kW}$$

- 20 Frente a ello, en el cátodo ficticio existe una pérdida media de potencia de máximo $0,5\text{ms} \cdot 40\text{kW} \cdot 69,4\text{Hz} = 1,39\text{kW}$. Una frecuencia de repetición de 69,4Hz corresponde a una duración de la repetición de 14,4 ms. Con una duración del intervalo total del tren de 11,3ms, esto significa que entre los trenes debería insertarse una pausa de 3,1ms.

2º Ejemplo

- 25 En el marco del segundo ejemplo se reduce el intervalo del impulso de potencia a 0,07ms y se eleva el número de los grupos a 100. Los otros parámetros de mantienen. De esta manera, el intervalo total del tren dura $100 \cdot 6 \cdot (0,07\text{ms} - 0,02\text{ms}) + 0,5\text{ms} = 30\text{ms} + 0,5\text{ms} = 30,5\text{ms}$.

Por lo tanto, existe un intervalo de pérdida de 0,5ms frente a un tiempo utilizado para fines de recubrimiento para la cesión de potencia de 30ms. En comparación con la pérdida de potencia en el cátodo ficticio se emplea, por lo tanto, más de 60 veces potencia para fines de recubrimiento.

- 30 Si existen ahora durante el intervalo del impulso de potencia 40kW en un cátodo parcial y está predeterminada una potencia media de pulverización catódica de 5kW en cada cátodo parcial, entonces el intervalo total del tren debería repetirse con una frecuencia de 25 Hz, porque se aplica:

$$(t_{pn}-t_{dn}) \cdot N \cdot P_{\text{max}} \cdot f_r = 0,05\text{ms} \cdot 100 \cdot 40\text{kW} \cdot 25\text{Hz} = 5\text{kW}$$

- 35 Frente a ello, existe una pérdida media de potencia en el cátodo ficticio de máximo $0,5\text{ms} \cdot 40\text{kW} \cdot 25\text{Hz} = 0,5\text{kW}$. Una frecuencia de repetición de 25Hz corresponde a una duración de la repetición de 40 ms. Con una duración del intervalo total del tren de 30,5ms, esto significa que entre dos trenes debería insertarse una pausa de 9,5ms.

3º Ejemplo

En el marco del tercer ejemplo se reduce el intervalo del impulso de potencia a 0,05ms y se eleva el número de los grupos a 1000. Los otros parámetros de mantienen. De esta manera, el intervalo total del tren dura $1000 \cdot 6 \cdot (0,05\text{ms} - 0,02\text{ms}) + 0,5\text{ms} = 180\text{ms} + 0,5\text{ms} = 180,5\text{ms}$.

- 40 Por lo tanto, existe un intervalo de pérdida de 0,5ms frente a un tiempo utilizado para fines de recubrimiento para la cesión de potencia de 180ms. En comparación con la pérdida de potencia en el cátodo ficticio se emplea, por lo tanto, más de 360 veces potencia para fines de recubrimiento.

- 45 Si existen ahora durante el intervalo del impulso de potencia 60kW en un cátodo parcial y está predeterminada una potencia media de pulverización catódica de 5kW en cada cátodo parcial, entonces el intervalo total del tren debería repetirse con una frecuencia de 2,7 Hz, porque se aplica:

$$(t_{pn}-t_{dn}) \cdot N \cdot P_{\text{max}} \cdot f_r = 0,03\text{ms} \cdot 1000 \cdot 60\text{kW} \cdot 2,7\text{Hz} = 4,86\text{kW}$$

Frente a ello, existe una pérdida media de potencia en el cátodo ficticio de máximo $0,5\text{ms} \cdot 60\text{kW} \cdot 2,7\text{Hz} = 81\text{kW}$. Una frecuencia de repetición de 2,7Hz corresponde a una duración de la repetición de 360 ms. Con una duración del

ES 2 543 053 T3

intervalo total del tren de 180,5ms, esto significa que entre dos trenes debería insertarse una pausa de 179,5ms.

4º Ejemplo

5 En el marco del cuarto ejemplo se mantiene el intervalo del impulso de potencia en 0,05ms y se mantiene el número de los grupos en 1000, lo mismo que los otros parámetros. De esta manera, el intervalo total del tren dura $1000*6*(0,05ms-0,02ms)+0,5ms = 180ms+0,5ms=180,5ms$.

Por lo tanto, existe un intervalo de pérdida de 0,5ms frente a un tiempo utilizado para fines de recubrimiento para la cesión de potencia de 180ms. En comparación con la pérdida de potencia en el cátodo ficticio se emplea, por lo tanto, más de 360 veces potencia para fines de recubrimiento.

10 Si no existen ahora durante el intervalo del impulso de potencia 60kW, como en el ejemplo 3, sino solamente 33kW en un cátodo parcial y está predeterminada una potencia media de pulverización catódica de aproximadamente 5kW en cada cátodo parcial, entonces el intervalo total del tren debería repetirse con una frecuencia de 5,05 Hz, porque se aplica:

$$(t_{pn}-t_{dn}) * N * P_{max} * fr = 0,03ms * 1000 * 33kW * 5,05Hz = 5kW$$

15 Frente a ello, existe una pérdida media de potencia en el cátodo ficticio de máximo $0,5ms * 33kW * 5,05Hz = 83kW$. La frecuencia de repetición de 5,05Hz corresponde a una duración de la repetición de 198 ms. Con una duración del intervalo total del tren de 180,5ms, esto significa que debería insertarse solamente una pausa de 17,5ms entre dos trenes.

20 Como muestran los dibujos esbozados anteriormente, el procedimiento de acuerdo con la invención permite una escala sencilla de la duración del impulso, de la altura del impulso, de la frecuencia de repetición del impulso así como de la definición exacta del perfil del impulso con una potencia de pérdida reducida ínfima. Todas estas variables, que se pueden agrupar bajo la palabra clave de característica escalable del impulso, tienen durante la pulverización catódica y en particular en el marco de la tecnología-HIPIMS una influencia directa sobre las propiedades de las capas que se obtienen en este caso. Aunque la descripción de la invención de impulsos de potencia se representa en el marco de la tecnología de pulverización catódica, se puede aplicar, en general, de manera ventajosa allí donde debe aplicarse una potencia comparativamente alta en el marco de impulsos sobre una carga.

25 La figura 1 muestra la situación correspondiente a los ejemplos tanto como tren unitario como también dividido en el intervalo de pérdida (0) y los intervalos de potencia en los cátodos parciales (1-6). En este caso, el eje horizontal representa el eje de tiempo y el eje vertical corresponde a la potencia emitida por el generador, debiendo distribuirse en las zonas de solape (por ejemplo, td1) la potencia entre dos cargas, lo que no se muestra en la figura. No obstante, en la figura se muestran solamente 3 grupos.

35

40

45

REIVINDICACIONES

5 1.- Procedimiento para el suministro de impulsos de potencia con intervalo escalable del impulso de potencia para el funcionamiento de un cátodo de atomización-PVD, comprendiendo el cátodo de atomización-PVD un primer cátodo parcial y un segundo cátodo parcial, en el que para los cátodos parciales está predeterminada una impulsión de potencia media máxima y en el que la duración de los intervalos del impulso de potencia están predeterminados y el procedimiento comprende las siguientes etapas:

- a) suministrar un generador con cesión de potencia predeterminada, con preferencia constante al menos después del arranque y después de la expiración de un intervalo de formación de la potencia,
- b) conexión del generador,
- 10 c) conexión del primer cátodo parcial en el generador, de manera que el primer cátodo parcial es impulsado con potencia desde el generador,
- d) separación del generador desde el primer cátodo parcial después de la expiración de un primer intervalo del impulso de potencia predeterminado que corresponde al primer cátodo parcial,
- 15 e) conexión del segundo cátodo parcial en el generador, de manera que el segundo cátodo parcial es impulsado con potencia desde el generador
- f) separación del generador desde el segundo cátodo parcial después de la expiración de un segundo intervalo del impulso de potencia predeterminado que corresponde al segundo cátodo parcial

20 en el que el primer intervalo del impulso de potencia comienza en el tiempo antes del segundo intervalo del impulso de potencia y el primer intervalo del impulso de potencia termina en el tiempo antes del segundo intervalo del impulso de potencia, caracterizado porque las etapas d) y e) se realizan de tal manera que el primer intervalo del impulso de potencia y el segundo intervalo del impulso de potencia se solapan en el tiempo y todos los intervalos del impulso de potencia forman conjuntamente un primer grupo, de manera que la cesión de potencia desde el generador se mantiene continuamente sin interrupción desde el comienzo del primer intervalo del impulso de potencia hasta el final del segundo intervalo del impulso de potencia y no tiene lugar un segundo intervalo de formación de la potencia.

25 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el solape temporal del primer intervalo del impulso de potencia y del segundo intervalo del impulso de potencia no es mayor que x% de los intervalos del impulso de potencia o bien en el caso de un primer intervalo del impulso de potencia no se diferencia del segundo intervalo del impulso de potencia en la duración más que x% del intervalo del impulso de potencia de duración más corta, siendo x inferior a 20, con preferencia siendo x inferior a 10.

30 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el cátodo de atomización-PVD comprende al menos otro cátodo parcial, con preferencia otros varios cátodos parciales, en el que los otros cátodos parciales se conectan de acuerdo con las etapas e) y f) en el generador y se separan de él, en el que el intervalo de impulso de potencia asociado, respectivamente, al otro cátodo parcial que viene en la serie se solapa temporalmente con el intervalo de impulso de potencia, que corresponde al cátodo parcial que viene inmediatamente anterior en la serie y el primero, segundo y el o los otros intervalos de impulso de potencia forman conjuntamente el primer grupo ininterrumpido en el tiempo, de manera que la cesión de potencia desde el generador se mantiene continua sin interrupción durante el intervalo de grupo formado a través del primer grupo y no tiene lugar un segundo intervalo de formación de potencia.

35 4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en el primer grupo se cuelga un segundo grupo, dentro del cual de manera correspondiente al primer grupo, el primero, segundo y, dado el caso, los otros cátodos parciales son impulsados con impulsos de potencia dentro de los intervalos de impulso de potencia que se solapan, en el que el segundo grupo se cuelga en el primer grupo, de tal manera que el primer intervalo de potencia del segundo grupo se solapa con el último intervalo de impulso de potencia del primer grupo, de manera que la cesión de potencia desde el generadores mantiene continua sin interrupción desde el comienzo del primer intervalo de potencia el primer grupo hasta el final del último intervalo de potencia del segundo grupo y no tiene un segundo intervalo de formación de potencia.

40 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque de acuerdo con las condiciones formuladas en la reivindicación 4 para los grupos 1 y 2, se cuelgan N grupos entre sí, siendo N un número entero > 1.

45 6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque el número N de los grupos se selecciona con preferencia máximo, pero tan grande que para cada cátodo parcial n se aplique que la suma de los intervalos de impulso de potencia t_{pn} asociado al mismo menos un solape t_{dn} , respectivamente, sobre todos los grupos 1 a N no

exceda de 100ms.

- 5 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque durante un intervalo de pérdida, la potencia cedida por el generador se cede a una carga no utilizada para el recubrimiento, en el que el intervalo de pérdida comprende al menos el intervalo de formación de la potencia y el intervalo de pérdida se solapa con el primer intervalo de impulso de potencia del primer grupo y el intervalo de pérdida forma junto con los grupos un tren ininterrumpido.
- 10 8.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se repite varias veces el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones y porque, respectivamente, después del último intervalo de impulso de potencia del último grupo se desconecta el generador durante una pausa y la pausa se selecciona tan larga que la potencia promediada en el tiempo cedida a los cátodos parciales, teniendo en cuenta las pausas, corresponde a un valor predeterminado.
- 9.- Procedimiento-HIIPIMS, que comprende el procedimiento de una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la potencia cedida del generador es al menos 20kW, con preferencia al menos 40kW y de manera especialmente preferida 60kW.
- 15 10.- Procedimiento-HIPIMS de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado porque los parámetros se seleccionan de tal forma que la potencia promediada en el tiempo cedida a los cátodos parciales es inferior a 10kW y con preferencia es 5kW, siendo la densidad de la corriente de descarga predominante temporal y localmente en los cátodos parciales con preferencia mayor que $0,2A/cm^2$.

Figura 1

