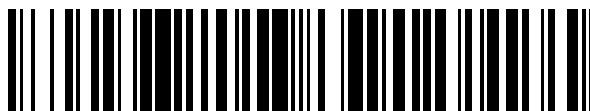


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 560 631**

51 Int. Cl.:

B23H 7/06 (2006.01)

B23D 57/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2012** **E 12197230 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.11.2015** **EP 2610026**

54 Título: **Procedimiento de corte con alambre**

30 Prioridad:

30.12.2011 CH 20612011

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

22.02.2016

73 Titular/es:

AGIE CHARMILLES SA (100.0%)

Via dei Pioppi 2

6616 Losone, CH

72 Inventor/es:

BAUMELER, MARCO

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 560 631 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 de corte con alambre

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para cortar con un alambre saliente.

Las máquinas erosivas de alambre sirven para la fabricación de matrices de corte, estampas, electrodos, herramientas de extrusión, pero también para la fabricación de series pequeñas a medianas y con frecuencia en la construcción de prototipos.

10 En condiciones óptimas, las máquinas modernas erosivas con alambre (WEDM) alcanzan velocidades de corte de 500 mm²/min. en acero de trabajo en frío. La velocidad de corte, depende, entre otras cosas, de la altura de la pieza de trabajo. A este respecto se remite a la publicación de empresa "Experience" N° 23, vol. 027.158 de la Firma Agie SA, publicada en Octubre de 2003. A partir de esta publicación se puede deducir en la última página (hoja el dorso) una representación cualitativa de la velocidad de corte sobre la altura de la pieza de trabajo. Este gráfico algo simplificado comienza con la altura de la pieza de trabajo de 20 mm, pero deja entrever que la velocidad de corte cae en picado a medida que se reduce la altura de la pieza de trabajo. La representación de la velocidad de corte muestra un máximo con una altura de la pieza de trabajo de aproximadamente 50 mm. En la zona media de la altura de la pieza de trabajo desde aproximadamente 30 hasta aproximadamente 100 mm, la velocidad de corte está bastante cerca del máximo. A medida que se incrementa la altura de la pieza de trabajo cae de nuevo la velocidad de corte.

25 En WEDM el dieléctrico para la descarga de las partículas separadas es inyectado a alta presión en el intersticio de corte y, en concreto, opcionalmente sobre la cabeza inferior de guía del alambre, la cabeza superior de la guía del alambre o sobre ambas. La anchura del intersticio de corte corresponde al diámetro del alambre más el doble de la anchura del intersticio de las chispas más la oscilación del alambre, por lo tanto aproximadamente desde 0,05 hasta 0,5 mm. El líquido de lavado es conducido directamente al intersticio de corte, pero a medida que se incrementa la altura de la pieza de trabajo es perceptible la pérdida de presión. Cuando más alta es la pieza de trabajo, tanto más difíciles son las condiciones de lavado.

30 En el caso de alturas muy pequeñas de las piezas de trabajo, las condiciones son precisamente inversas. El lavado del intersticio es muy bueno. La contaminación del intersticio de las chispas es comparativamente reducida, lo que es más bien un impedimento, sin embargo, para un proceso estable.

35 Especialmente significativa es la característica mencionada anteriormente en materiales malos conductores. En el caso de alturas pequeñas a medias de las piezas de trabajo, se puede conseguir una velocidad de corte relativamente buena. Con una altura relativamente grande de la pieza de trabajo, en cambio, se avanza sólo muy lentamente.

40 Aquí creará ayudas la presente invención. El problema se soluciona de acuerdo con la invención por que el electrodo de alambre se limpia en la dirección de corte, de manera que la altura de la pieza de trabajo se divide en al menos dos zonas parciales.

45 La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para el corte por medio de uno o varios alambres salientes, en particular el corto erosivo de chispas, electroquímico, o abrasivo o un proceso mixto, en el que uno o varios alambres son inclinados en la dirección de corte alternando en al menos dos posiciones angulares determinadas diferentes, con lo que la altura de corte efectiva en la pieza de trabajo es menor que la altura total de la pieza de trabajo.

50 A partir del estado de la técnica ya se conocen algunos procedimientos, en los que un alambre es inclinado en la dirección de corte. El documento EP2213400 describe un procedimiento para el corto erosivo de chispas (WEDM), en el que el electrodo de alambre es inclinado en función de la curvatura respectiva del contorno en dirección de corte, para contrarrestar la formación de muescas y generar una superficie más fina. Electrodo de alambre es inclinado en este caso de manera lenta y progresiva, hasta que se ha alcanzado la posición inclinada admisible, y a continuación se pone recto de nuevo lentamente, para evitar inconsistencias. El objetivo de esta publicación es, por lo tanto, la mejora del resultado de trabajo. El documento JPS-143037 describe un procedimiento para el corte erosivo con chispas (WEDM), en el que el electrodo de alambre se inclina durante el ataque en dirección de corte, para formar lo más rápidamente posible un intersticio de corte y de esta manera suprimir una oscilación del electrodo de alambre. El electrodo de alambre es enderezado en el intersticio de corte de una manera lenta y progresiva, para prevenir inconsistencias. El objetivo de esta publicación es, por lo tanto, la estabilización del proceso en la fase de ataque.

El documento EP 2 295 180 A2, que se puede considerar como el estado más próximo de la técnica, publica de la misma manera un procedimiento, en el que el alambre se inclina en dirección de corte para contrarrestar errores de

la geometría o formaciones de muescas. En este caso se modifica la distancia entre el electrodo de alambre y la pieza de trabajo, por ejemplo, en 0,1 mm.

5 El objetivo principal de la presente invención es, en cambio, la consecución de una velocidad de corte más elevada y, por lo tanto, una productividad más elevada de la instalación.

A continuación se representa en detalle la invención con la ayuda de las figuras. En las figuras:

10 La figura 1 muestra un gráfico de la velocidad de corte en función de la altura de la pieza de trabajo en el ejemplo de una máquina erosiva de alambre.
 La figura 2 muestra la designación habitual de los ejes en máquinas erosiva de alambre.
 Las figuras 3a, b muestran una representación de la regulación de la posición angular del alambre en un procedimiento de corte de acuerdo con la invención en una máquina de corte con dirección de avance reversible del alambre.
 15 Las figuras 4a, b muestran la representación de secuencias posibles para la regulación de la posición angular del alambre en un procedimiento de corte de acuerdo con la invención.
 Las figuras 5a-c muestran la representación gráfica de la posición angular en función del tiempo durante la regulación de la secuencia respectiva de inclinación del alambre de acuerdo con las figuras 4a a 4c.
 20 Las figuras 6a-d muestran la representación del plano de corte de una pieza de trabajo durante la regulación de la posición angular del alambre según las figura 4a-c.
 Las figuras 7a-c muestran la representación gráfica de la posición angular (7a) o bien de la dirección de avance del alambre (7b) o bien de la conexión de un generador de impulsos en función del tiempo en una máquina con dirección de avance reversible del alambre.
 25 La figura 8 muestra la representación del plano de corte de una pieza de trabajo en un procedimiento conocido para la mejora de la calidad de la superficie.

30 Como se ha mencionado anteriormente, la invención se refiere a un procedimiento para el corte por medio de al menos un alambre 1 saliente, que se inclina en dirección de corte r alternando en al menos dos posiciones angulares determinadas diferentes. La altura de corte s efectiva es, por lo tanto, menor que la altura total de la pieza de trabajo h, o bien menor que la altura de corte, que existe durante el corte con una única posición angular determinada del alambre (es decir, sin regulación periódica de una segunda posición angular en dirección de corte).

35 Por ejemplo, se conmuta periódicamente entre una primera y una segunda posición angular determinada, siendo inclinado el alambre 1, respectivamente, en dirección de corte. La mecanización en las dos posiciones angulares determinada del alambre 1 se ajuste con preferencia sobre la misma duración de tiempo. De esta manera, el alambre 1 saliente no está engranado sobre toda la altura de la pieza de trabajo sino por término medio sólo sobre la mitad de la altura de la pieza de trabajo. La evacuación de las partículas erosionadas se facilita considerablemente y se mejora la velocidad de corte, en particular en piezas de trabajo altas. Dicho procedimiento de corte es un procedimiento de corte erosivo con chispas, electroquímico o abrasivo o un procedimiento de corte híbrido.

40 El diagrama en la figura 1 muestra la velocidad de corte en función de la altura de la pieza de trabajo en una máquina erosiva de alambre de acuerdo con el estado actual de la técnica en una representación cualitativa, como se puede deducir, por ejemplo, a partir de la publicación de empresa mencionada al principio "Experience". La velocidad de corte alcanza el máximo con una altura de aproximadamente 60 mm, con 150 mm ésta está ya aproximadamente un 20 % por debajo del máximo y entonces cae muy fuertemente. Las piezas de trabajo con resistencia eléctrica muy alta con una altura mayor apenas se pueden mecanizar. Por lo tanto, la invención ofrece una solución para la elevación de la velocidad de corte para piezas de trabajo altas, pero también un procedimiento para el corte de materiales con resistencia eléctrica alta.

50 El alambre 1 saliente es inclinado – ver las figura 3a, 3b – como se ha indicado, en dirección de corte alternando en al menos dos posiciones angulares determinada diferentes. Esto se realiza con preferencia a través de desplazamiento relativo de la guía superior del alambre 4 frente a la guía inferior del alambre 3. Una máquina erosiva de alambre dispone, por ejemplo, regularmente de ejes-X/Y, ejes-U/V y un eje-Z, que posibilitan una regulación de la guía superior del alambre 4 frente a la guía inferior del alambre 3. Por ejemplo, la guía superior del alambre 4 durante una primera duración de tiempo está desplazada en dirección de corte frente a la guía inferior de alambre 3 hacia delante, con lo que se coloca el alambre 1 en una primera posición angular determinada; durante una segunda duración de tiempo se desplaza hacia atrás la guía superior de alambre 4 frente a la guía inferior de alambre 3, con lo que el alambre 1 se coloca en una segunda posición angular determinada. Cada posición angular determinada se ajusta durante una duración de tiempo determinada, de manera que la pieza de trabajo 2 se puede mecanizar en la posición angular respectiva. Este procedimiento se repite opcionalmente, ajustando, respectivamente, de forma alterna las dos posiciones angulares diferentes. Para el ajuste de la posición relativa de la herramienta frente a la pieza de trabajo 2 están implicados, dado el caso, también el eje-X y/o el eje-Y.

Para la realización del procedimiento debe ser variable la posición angular respectiva entre el alambre y la pieza de

trabajo. En otra forma de realización, el ajuste de las al menos dos posiciones angulares diferentes se realiza en la pieza de trabajo, pivotando la pieza de trabajo alrededor de un eje perpendicularmente al plano definido a través de la dirección de avance del alambre y la dirección de corte. La pieza de trabajo se extiende, por ejemplo, sobre un eje de rotación habitual y se lleva alternando al menos a dos posiciones angulares determinadas diferentes frente a al menos un alambre.

La forma de realización descrita aquí con un eje de rotación es adecuada con preferencia para la articulación de la pieza de trabajo en una única dirección de rotación. Esto se puede revelar como ventajoso desde el punto de vista de la técnica de las instalaciones, especialmente cuando varios alambres están engranados al mismo tiempo, cuando varias secciones de alambre del mismo alambre son conducidas paralelas en la pieza de trabajo y cuando se mecaniza la pieza de trabajo al mismo tiempo en varios lados y/o cuando la mecanización comprende una única dirección de corte. Especialmente en el caso de instalaciones dedicadas, la instalación para la articulación de la pieza de trabajo está adaptada con preferencia a las tareas de mecanización especiales. A este respecto, la instalación para la articulación de la pieza de trabajo puede estar configurada también especialmente, por ejemplo como góndola de articulación alojada en dos lados para ángulos de articulación pequeños.

Otra forma de realización o bien posibilidad para el ajuste de diferentes posiciones angulares en la pieza de trabajo es una mesa de trabajo pivotable, por ejemplo una mesa de trabajo con cinemática paralela según "Design of Hybrid-kinematic mechanism for machine tool" según Patric Pham, Thèse EPFL 4314, página 130 (<http://dx.doi.org/10.5075/epfl-thesis-4312>).

Con preferencia, se ajustan posiciones angulares relativamente pequeñas, por ejemplo de +/- 2°, de manera que por lo demás las condiciones de corte son similares a un llamado corte cilíndrico, es decir, cuando el alambre se extiende perpendicularmente. De esta manera sólo puede tener lugar una desviación axial pequeña (X/Y/U/V) para el ajuste de las diferentes posiciones angulares.

En este caso, se interrumpe el proceso para la conmutación de la posición angular durante corto espacio de tiempo, por ejemplo, a través de la desconexión del generador o al menos se reducen los parámetros del proceso durante corto espacio de tiempo. Esta interrupción o reducción está limitada, sin embargo, a algunos 100 ms.

Además del empleo de máquinas erosivas de alambre (WEDM) mencionadas se conocen las llamadas Máquinas Fastwire (las máquinas Fastwire se designan también como máquinas-FW o HS-WEDM; ver también <http://blueline-gfac.com/index.php?id=14942&L=0>). En oposición a las máquinas-WEDM mencionadas anteriormente, la dirección de avance del alambre de máquinas-FW es reversible, es decir, que el electrodo de alambre se extiende de manera alterna en una dirección y a continuación en dirección opuesta. Se emplea siempre de nuevo el mismo electrodo de alambre. El electrodo de alambre, típicamente un alambre de molibdeno se extiende a alta velocidad, y por medio de arrastre se ocupa de la sustitución del líquido de lavar en el intersticio de corte. La erosión del material se realiza en un proceso mixto electroquímico / electrotérmico. Las máquinas-FW están muy extendidas sobre todo en Asia, puesto que los costes de adquisición y de mantenimiento son muy bajos. En los países industrializados tradicionales, las máquinas-FW casi no han tenido ninguna venta, principalmente por que el grado de automatización es muy bajo y por que éstas no pueden competir en cuanto a la potencia con las máquinas-WEDM esencialmente más caras.

La descripción siguiente se refiere esencialmente a WEDM y FW, lo que no debe entenderse, sin embargo, en sentido limitativo.

La invención se puede emplear de manera especialmente ventajosa en conexión con máquinas-FW. Puesto que en máquinas-FW es necesaria de todos modos periódicamente una pausa del proceso para la inversión de la dirección de marcha del alambre, se modifica con preferencia al mismo tiempo la posición angular relativa del alambre con respecto a la pieza de trabajo en la dirección de corte. La máquina-FW dispone típicamente de una reserva de alambre de aproximadamente 600 m. La velocidad de avance del alambre es aproximadamente 10 m/s, de manera que la dirección de avance del alambre se invierte después de aproximadamente 60 s. En el caso de una altura de la pieza de trabajo de 100 mm y de una velocidad de corte típica de 100 mm²/min., la velocidad de corte es, por lo tanto, aproximadamente 1 mm/min. De esta manera se corta en cada dirección de avance del alambre, respectivamente, alrededor de un 1mm de la pieza de trabajo de 100 mm de altura.

Con preferencia, la dirección de avance del alambre y la posición angular el alambre en la dirección de corte están adaptadas entre sí de tal manera que el alambre a la entrada en el intersticio de corte incide directamente sobre la altura parcial a mecanizar de la pieza de trabajo. Por lo tanto, por ejemplo, como se representa en la figura 3a, precisamente si la guía superior del alambre 4 se desplaza en dirección de corte hacia delante frente a la guía inferior del alambre 3, entonces debe ajustarse la dirección de avance del alambre I de tal manera que el alambre 1 marcha desde arriba hacia la pieza de trabajo 2. En cambio, si como se representa en la figura 3b, precisamente la guía inferior del alambre 3 se desplaza en dirección de corte hacia delante frente a la guía superior del alambre 4, entonces la dirección de avance del alambre I debe ajustarse de tal manera que el alambre 1 marcha desde abajo

hacia la pieza de trabajo 2. De esta manera, el líquido de lavar más limpio llega antes del lugar de actuación en el intersticio de corte. Esta medida se puede aplicar también en todos los otros procedimientos de corte con alambre con dirección de avance reversible del alambre, por ejemplo en un procedimiento de corte abrasivo con núcleo abrasivo suelo (suspensión).

5 Condición previa para la aplicación del procedimiento de acuerdo con la invención con un FW es también aquí que el alambre se pueda inclinar alternando en al menos dos posiciones angulares diferentes. Para el ajuste de las al menos dos posiciones angulares diferentes del alambre y/o de la pieza de trabajo se pueden utilizar de la misma manera las instalaciones de articulación descritas anteriormente. En el caso de máquinas de corte sin ejes-U/V, es
10 suficiente en la forma más sencilla una instalación para la regulación de una guía de alambre en un valor fijo. De esta manera se pueden ajustar ya las al menos dos posiciones angulares determinadas diferentes, a saber, por una parte, la dirección de avance vertical del alambre (primera posición angular) y, por otra parte, una segunda posición angular que resulta a través del desplazamiento de una guía de alambre.

15 La invención se emplea con preferencia en secciones de contorno recto, por que la inclinación del alambre en dirección de corte conduce en secciones de contorno curvado (radios y esquinas), como se conoce, a un error del contorno. El error del contorno depende de la curvatura del contorno momentáneo, del ángulo de inclinación del alambre y de la altura de la pieza de trabajo. Se aplican las mismas relaciones y condiciones marginales, que se han explicado ampliamente en el estado de la técnica (EP2223400) mencionado al principio. Cuando se tolera un error
20 determinado del contorno, entonces se puede emplear, por lo tanto, el procedimiento de acuerdo con la invención también en la zona de contornos ligeramente curvados.

Para la conmutación de las posiciones angulares determinadas se introduce una pausa del proceso. Durante esta pausa del proceso no tiene lugar ninguna erosión del material. La conmutación entre las posiciones angulares
25 determinadas debe realizarse, por lo tanto, activamente. La conmutación periódica desde una posición angular a otra se realiza con preferencia con la velocidad máxima de posicionamiento; no obstante, el alambre debe alcanzar la posición de destino respectiva sin sobreoscilación. Por lo tanto, después de una pausa para la conmutación de la posición angular relativa del alambre, no se conduce el alambre hacia la pieza de trabajo con preferencia directamente sobre la posición de destino para la reanudación de la mecanización, sino que se encuentra en una
30 posición de partida, que está, por ejemplo, de 5 a 500 μm , típicamente 50 μm delante de la posición de destino. La posición final, es decir, la posición de la pieza de trabajo y/o del alambre antes de una pausa para la inversión de la posición angular relativa del alambre con respecto a la pieza de trabajo se registra con respecto a la mecanización siguiente de la misma posición angular relativa. La posición de destino para la reanudación de la mecanización corresponde a la posición final del alambre al final del periodo de corte precedente en la misma posición angular. La
35 nueva posición de destino de la pieza de trabajo y/o del alambre para la reanudación de la mecanización después de una pausa para la conmutación de la posición angular positiva con respecto a la pieza de trabajo se determina a través de la posición final registrada de la pieza de trabajo y/o del alambre en una fase de mecanización precedente en la misma posición angular relativa.

40 A partir de la posición inicial, el alambre avanza con preferencia con velocidad reducida hacia la posición de destino; en el caso de una mecanización erosiva de alambre con preferencia con una velocidad máxima controlada por proceso.

45 De acuerdo con la invención, el alambre es inclinado con preferencia en dos posiciones angulares diferentes en dirección de corte; no obstante, el procedimiento de acuerdo con la invención se puede realizar también con tres y más posiciones angulares determinadas diferentes. De esta manera, se puede dividir de manera correspondiente la altura de corte efectiva media del número de posiciones angulares diferentes.

50 Con preferencia, el alambre o bien la pieza de trabajo se inclinan en dirección de corte alternando en dos posiciones angulares determinadas diferentes, siendo el mismo el importe del ángulo de inclinación de las dos posiciones angulares frente a la pieza de trabajo o bien a la dirección de avance vertical del alambre y siendo opuestas las direcciones de inclinación. Por ejemplo, se inclina el alambre o la pieza de trabajo una vez hacia delante en dirección de corte y una vez hacia atrás en dirección de corte, por ejemplo con el mismo importe.

55 Las figuras 4a a 4c muestran una selección no exhaustiva de secuencias posibles de inclinación del alambre. Con preferencia el procedimiento de corte se inicia y/o se termina en la dirección de avance vertical del alambre, siendo ajustadas entre el comienzo y el final de forma alterna las al menos dos posiciones angulares determinadas diferentes. A través del enderezamiento del alambre al comienzo y al final de una sección recta del contorno se pueden generar esquinas y radios sin error del contorno.

60 La figura 4a muestra una secuencia de inclinación del alambre, en la que el alambre se encuentra previamente en la posición de partida vertical; luego se ajusta de forma alterna una primera posición angular A_1 en dirección de corte y una segunda posición angular A_2 en dirección de corte; las posiciones angulares A_1 y A_2 se ajustan de forma alterna hasta el final de la mecanización o de la sección del contorno. Por último, se ajusta de nuevo la dirección de avance

vertical del alambre A_0 .

5 El procedimiento de corte se inicia con preferencia a partir de una de las al menos dos posiciones angulares determinadas; es decir, que la posición inicial corresponde a una de las al menos dos posiciones angulares determinadas. La figura 4b muestra una secuencia de inclinación del alambre con dos posiciones angulares determinadas, en la que el alambre se encuentra previamente en la posición vertical; la dirección de avance vertical del alambre A_0 es aquí una de las posiciones angulares a ajustar; de manera alterna, se ajusta la primera posición angular A_0 determinada en dirección de corte y una segunda posición angular A_1 determinada en dirección de corte.

10 La figura 4c muestra otra secuencia de inclinación del alambre, en la que de manera alterna se ajustan tres posiciones angulares determinadas diferentes en dirección de corte.

15 Las figuras 5a a 5c muestran el desarrollo de la posición angular con respecto a la dirección vertical de avance del alambre o bien el ángulo de inclinación del alambre con relación a la dirección vertical de avance del alambre α_0 en función del tiempo durante el ajuste de una secuencia de inclinación del alambre según las figuras 4a a 4c. La figura 5a se refiere, como ya se ha mencionado en conexión con la figura 4a, a una secuencia de inclinación del alambre, en la que durante la mecanización de una sección del contorno se ajustan de forma alterna dos posiciones angulares A_1 y A_2 determinadas diferentes. Cada posición angular determinada se ajusta durante una duración de tiempo (t_1 , t_2) asociada determinada y se mecaniza la pieza de trabajo en la posición angular determinada respectiva. La posición angular A_1 se ajusta con el ángulo de inclinación α_1 (aquí negativo) durante una duración de tiempo t_1 . En la pausa de mecanización entre t_1 y t_2 se lleva el alambre desde un ángulo de inclinación α_1 hasta un ángulo de inclinación α_2 . La segunda posición angular A_2 se mantiene durante una duración de tiempo t_2 . A continuación se repite el proceso ajustando de nuevo la posición angular A_1 , y así sucesivamente.

25 La duración de tiempo, durante la que se ajusta una posición angular determinada, depende de varios factores. En máquinas-FW, la longitud de la reserva de alambre está limitada y la velocidad de avance del alambre es relativamente alta. En máquinas-FW con dirección reversible del avance del alambre, la duración de tiempo, durante la que se ajusta una posición angular determinada, corresponde con preferencia a la duración de tiempo entre dos inversiones de la dirección de avance del alambre. En máquinas con reserva de alambre muy grande (por ejemplo, 30 varios kilómetros), la duración de tiempo, durante la que se ajusta la posición angular determinada, se predetermina con preferencia o se determina o bien se calcula en virtud de la velocidad de corte.

35 Con preferencia, cada duración de tiempo (t_1 , t_2 , t_3 , ...) para cada posición angular está optimizada con respecto a una potencia de corte máxima. En este caso, se tienen en cuenta con preferencia al menos la pausa del proceso para la conmutación de la posición angular y la potencia de corte respectiva en cada posición angular determinada.

Con preferencia, cada duración de tiempo (t_1 , t_2 , t_3 , ...) tiene la misma longitud, de manera que la porción de mecanización y la altura de corte media efectiva en cada posición angular es esencialmente del mismo tamaño.

40 Las porciones de la mecanización en las al menos dos posiciones angulares determinadas diferentes no tienen que ser, sin embargo, necesariamente iguales. Por ejemplo, el alambre puede estar inclinado 3/5 del tiempo en una primera posición angular determinada en dirección de corte y sobre 2/5 del tiempo en una segunda posición angular determinada en dirección de corte. Esto puede ser ventajoso, entre otros, allí donde la potencia de corte es diferente en las dos posiciones angulares determinadas diferentes, por ejemplo cuando existen condiciones de corte no 45 homogéneas sobre la altura de la pieza de trabajo.

50 Las figuras 6a a 6c muestran, respectivamente, una representación del plano de corte de una pieza de trabajo durante el ajuste de la posición angular del alambre de acuerdo con las figuras 4a a 4c. El patrón reconocible muestra las zonas sobre las que se ha ajustado una posición angular determinada. En las figuras 6a y 6b se pueden reconocer dos posiciones angulares diferentes y una zona de transición. La figura 6c muestra tres posiciones angulares diferentes y dos zonas de transición. En las figuras 6a a 6c se puede reconocer también la altura de engrane, variable sobre la duración de tiempo (t_1 , t_2 , t_3 , ...), en la pieza de trabajo, es decir, la altura de corte efectiva en la pieza de trabajo en la posición angular respectiva.

55 La figura 6d muestra una ampliación de una ventana de la figura 6a. La altura de corte efectiva es mínima (h_{1a} , h_{2a}) al comienzo de un periodo parcial y se incrementa constantemente hasta el final del periodo parcial (h_{1b} , h_{2b}). Durante el ajuste alterno de dos posiciones angulares determinadas diferentes, la altura de corte media efectiva en la pieza de trabajo es igual a la mitad de la suma de h_{1b} y h_{2b} . La diferencia δ_h entre la altura de engrane mínima y la altura de engrane máxima en la pieza de trabajo se da a través de la duración de tiempo, durante la que se ajusta 60 una posición angular determinada, a través del importe y la dirección de las posiciones angulares y a través de la velocidad de corte. δ_h no debe ser con preferencia demasiado grande, para que no se modifiquen fuertemente las condiciones de mecanización sobre una duración de tiempo, durante la que se ajusta una posición angular determinada. Una posición angular adecuada se puede derivar y ajustar de esta manera, por ejemplo, en virtud de la velocidad de corte previsible y de una diferencia δ_h admisible.

- 5 La figura 7b muestra la curva de la velocidad de avance del alambre sobre el tiempo en una máquina con dirección reversible de avance del alambre, por ejemplo una máquina-FW. La velocidad de avance del alambre es al comienzo cero; luego se ajusta la velocidad de avance del alambre v_1 y se mantiene durante una primera duración de tiempo; a continuación se conmuta la dirección de avance del alambre y se ajusta durante una segunda duración de tiempo la velocidad de avance del alambre v_2 . Las dos direcciones de avance del alambre se ajustan de forma alterna. La figura 7c muestra la conexión adicional de un generador de impulsos en función del tiempo, o bien la desconexión durante una pausa del proceso.
- 10 La figura 7a muestra una representación gráfica de la posición angular o bien del ángulo de inclinación en función el tiempo; la figura 7a corresponde a la figura 5a descrita anteriormente. La modificación de la posición angular se realiza con preferencia de forma simultánea con la conmutación de la dirección de avance del alambre, puesto que se mantiene de todos modos la mecanización durante la conmutación.
- 15 El programa de control puede establecer con preferencia de forma automática si el procedimiento de corte del alambre de acuerdo con la invención es aplicable de forma ventajosa. A tal fin se comparan las velocidades de corte previsible durante la aplicación para el procedimiento de corte de acuerdo con la invención con las velocidades de corte para procedimientos de corte tradicionales. Las velocidades de corte previsible están depositadas, por ejemplo, en función del material y/o de la altura de la pieza de trabajo, por ejemplo en forma de Tablas en una memoria del control de la máquina. Además de las velocidades de corte están depositados también otros criterios de comparación, por ejemplo magnitudes objetivas como calidad de la superficie, exactitud del contorno, etc.
- 20 Con preferencia, el procedimiento de corte del alambre de acuerdo con la invención se combina con un sistema de alambres múltiples, por ejemplo con un sistema de alambres múltiples, en el que se desvía y se guía varias veces un alambre, de tal manera que dos o más secciones del mismo alambre son aproximadas a la pieza de trabajo y se mecaniza la pieza de trabajo al mismo tiempo en varios lugares o en otro ejemplo con un sistema de alambres múltiples, en el que varios alambres independientes se aproximan paralelos a la pieza de trabajo y se mecaniza la pieza de trabajo al mismo tiempo en varios lugares.
- 25 La invención es adecuada con preferencia para el llamado corte completo (también corte principal). Especialmente adecuado es el procedimiento para la separación sencilla con una dirección de corte determinada. La invención se puede emplear de manera ventajosa especialmente en el caso de altura grande de la pieza de trabajo; en WEDM, especialmente a partir de aproximadamente 150 mm es previsible una elevación interesante de la velocidad de corte. En el caso de materiales especiales con mala conductividad (semiconductores, cuarzo, cerámica, etc.) es posible una elevación de la velocidad de corte con altura menor de la pieza de trabajo.
- 30
- 35

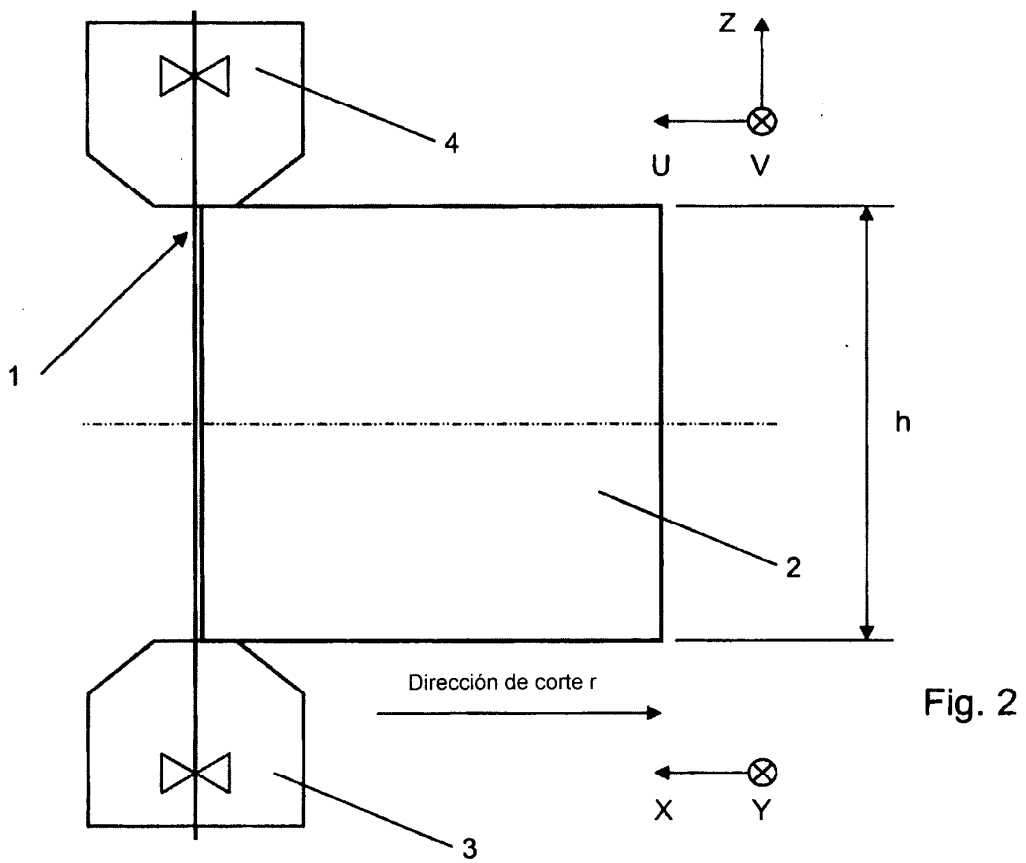
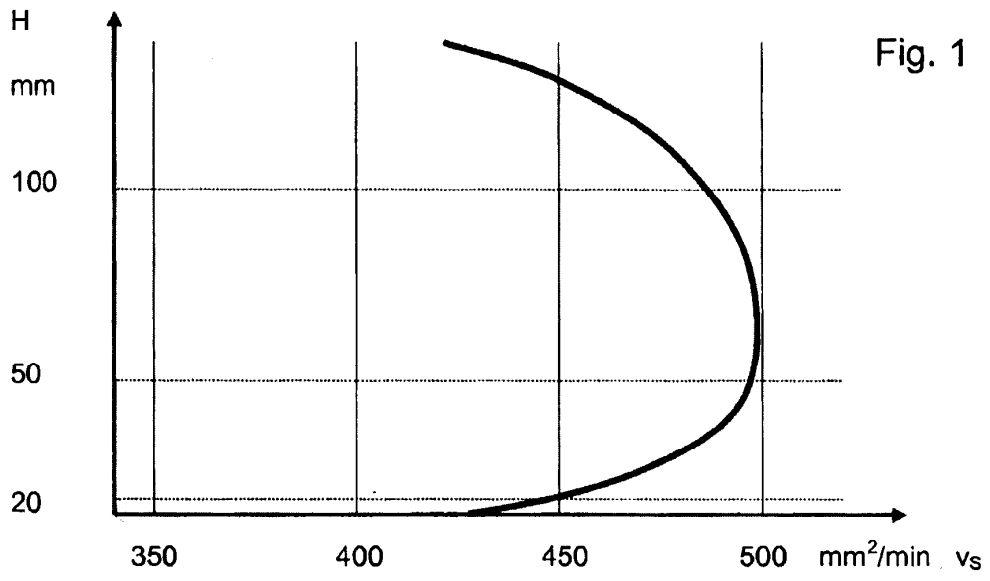
REIVINDICACIONES

- 5 1.- Procedimiento para el corte de una pieza de trabajo (2) por medio de un alambre (1) saliente, en el que el alambre (1) y/o la pieza de trabajo (2) son inclinados relativamente entre sí de forma alterna en al menos dos posiciones angulares determinadas diferentes en dirección de avance (r), **caracterizado por que** a través de las posiciones angulares determinadas diferentes, la altura de corte efectiva (s) en la pieza de trabajo (2) es menor que la altura total de la pieza de trabajo (h), en el que para la conmutación de las posiciones angulares determinadas se introduce una pausa del proceso, durante la cual no tiene lugar ninguna erosión del material.
- 10 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** cada posición angular determinada en dirección de corte (r) se ajusta durante una duración de tiempo (t_1 , t_2 , t_3) asociada determinada, y por que la pieza de trabajo (2) es mecanizada, respectivamente, en la posición angular respectiva.
- 15 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** la duración de tiempo para cada posición angular determinada en dirección de corte (r) es optimizada con respecto a una potencia de corte máxima.
- 20 4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** para el ajuste de las al menos dos posiciones angulares determinadas diferentes en dirección de corte (r) se desplaza una guía inferior del alambre (3) y/o una guía superior del alambre (4) relativamente entre sí en dirección de corte.
- 25 5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** para el ajuste de las al menos dos posiciones angulares determinadas diferentes en dirección de corte (r), se pivota la pieza de trabajo (2) alrededor de un eje perpendicular al plano definido por la dirección de avance del alambre y la dirección de corte.
- 30 6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** una de las al menos dos posiciones angulares determinadas diferentes en dirección de corte (r) es la dirección vertical de avance del alambre.
- 35 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el alambre (1) y/o la pieza de trabajo (2) son inclinados alternando en dos posiciones angulares determinadas diferentes relativamente entre sí en dirección de corte (r), en el que el importe del ángulo de inclinación de las dos posiciones angulares determinadas es igual y las direcciones de inclinación son opuestas.
- 40 8.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la dirección de avance del alambre (l) se invierte alternando y por que se modifica la posición angular relativa del alambre con respecto a la pieza de trabajo durante la inversión de la dirección de avance del alambre (l).
- 45 9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la dirección de avance del alambre (l) y la posición angular relativa del alambre en dirección de corte (r) están adaptadas entre sí de tal manera que el alambre a la entrada en el intersticio de corte incide directamente sobre la zona de corte a mecanizar de la pieza de trabajo.
- 50 10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se registra una posición final de la pieza de trabajo (2) y/o del alambre (1) antes de una pausa para la invención de la posición angular relativa del alambre (1) con respecto a la pieza de trabajo (2) con respecto a la mecanización siguiente en la misma posición angular relativa.
- 55 11.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** se determina una posición objetiva de la pieza de trabajo (2) y/o del alambre (1) para la reanudación de la mecanización después de una pausa para la inversión de la posición angular relativa del alambre (1) con respecto a la pieza de trabajo (2) a través de la posición final registrada de la pieza de trabajo y/o del alambre (1) en una fase de procesamiento precedente en la misma posición angular relativa.
- 60 12.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** se determina una posición inicial, que está desplazada hacia atrás frente a la posición objetiva para la reanudación de la mecanización en un importe determinado, en particular de 5 a 500 μm , en dirección de corte (r).
- 13.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** la inversión de la posición angular relativa del alambre (1) con respecto a la pieza de trabajo (2) se realiza hasta la posición inicial a velocidad máxima de posicionamiento y por que la posición para la reanudación de la mecanización se realiza con velocidad controlada por proceso.
- 14.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el alambre (1) se

desvía y se guía varias veces, de tal manera que dos o más secciones de alambre se aproximan paralelamente entre sí a la pieza de trabajo (2) y por que la pieza de trabajo (2) es mecanizada al mismo tiempo en varios lugares.

5 15.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** varios alambres son aproximados paralelamente entre sí a la pieza de trabajo (2) y por que se mecaniza la pieza de trabajo (2) al mismo tiempo en varios lugares.

10 16.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la erosión del material se realiza de forma erosiva con chispas, electroquímica y/o abrasiva.



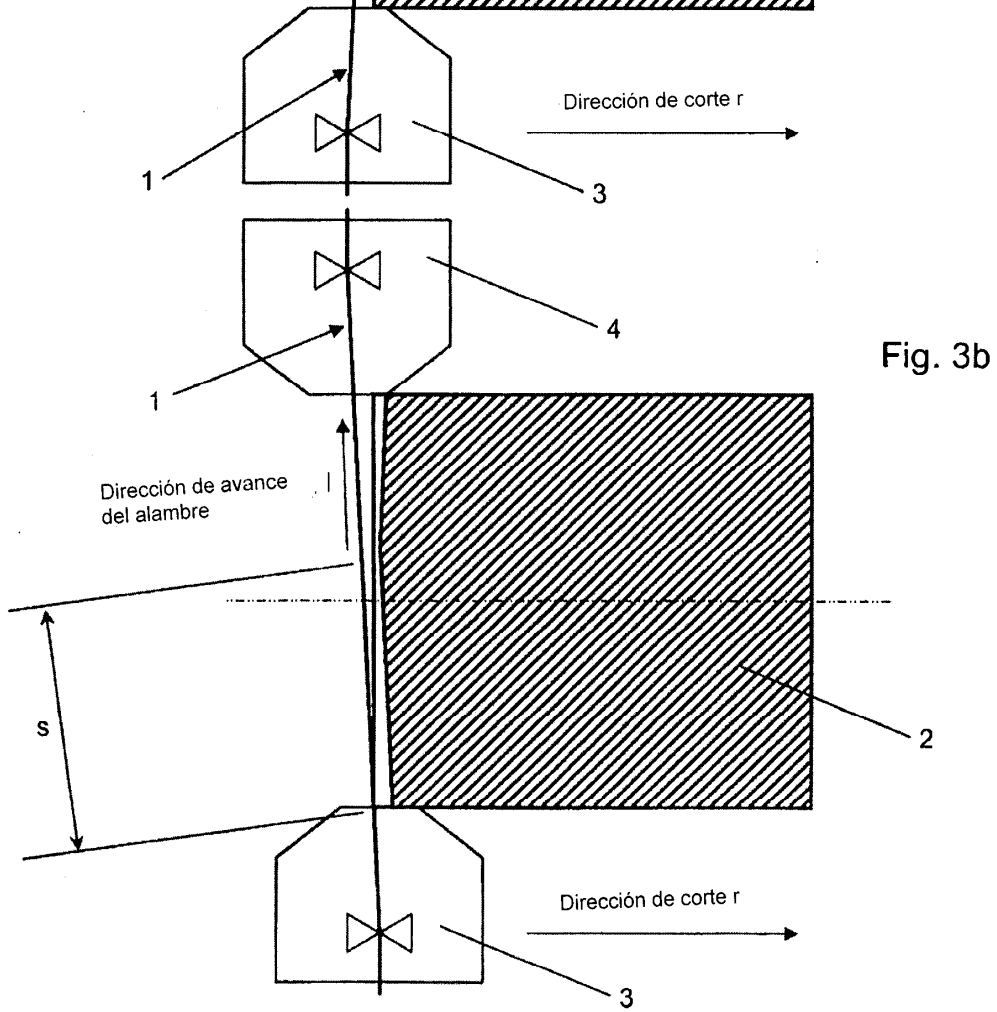
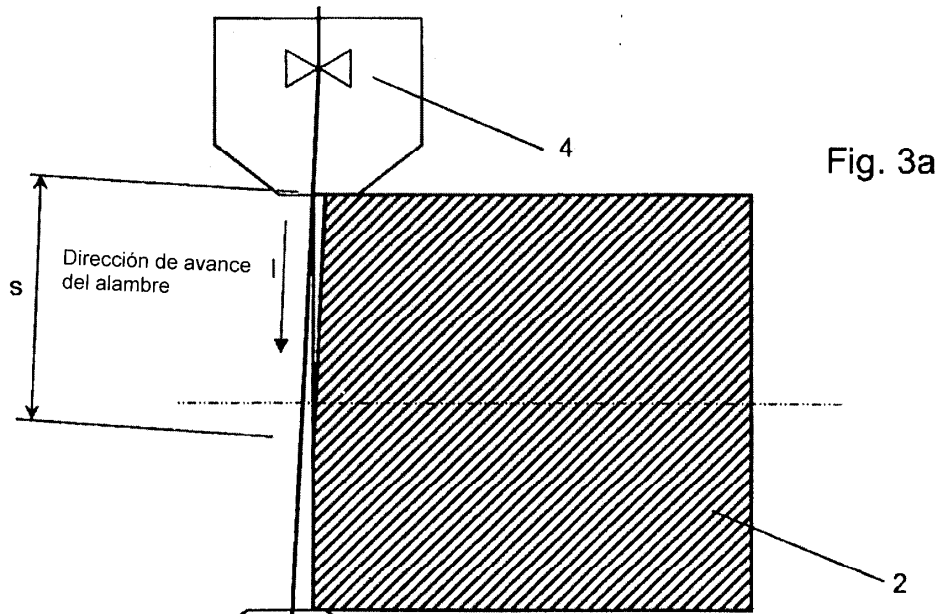


Fig. 4a

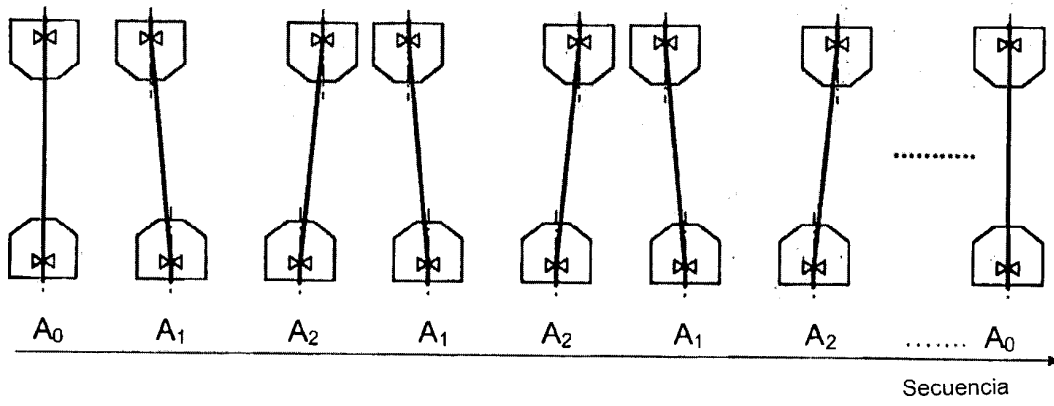


Fig. 4b

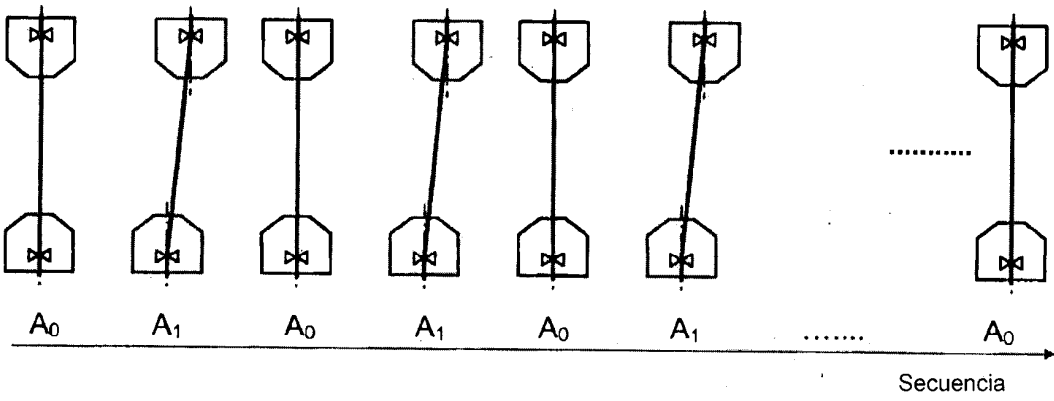
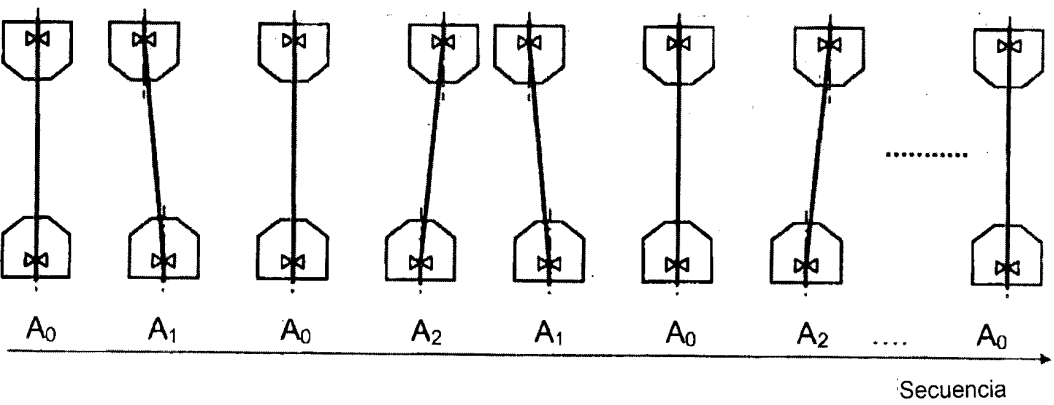


Fig. 4c



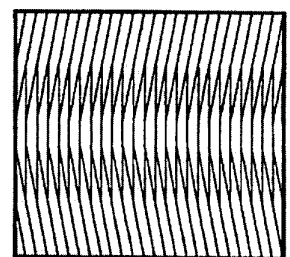
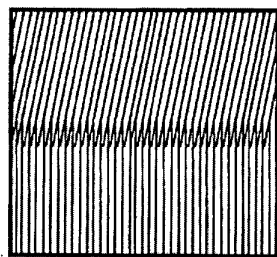
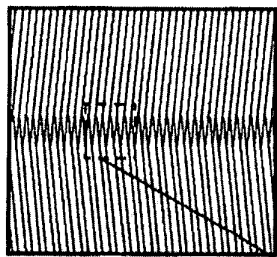
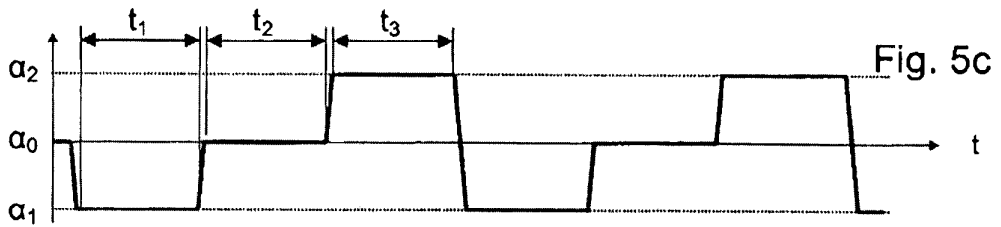
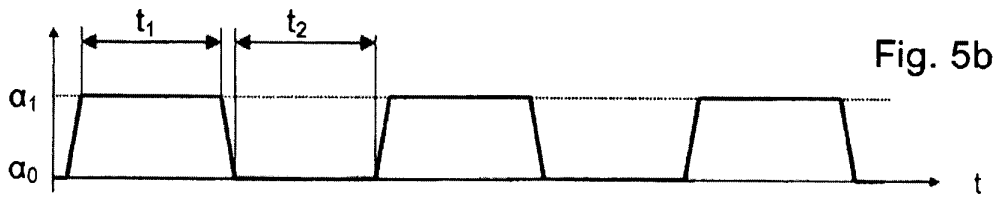
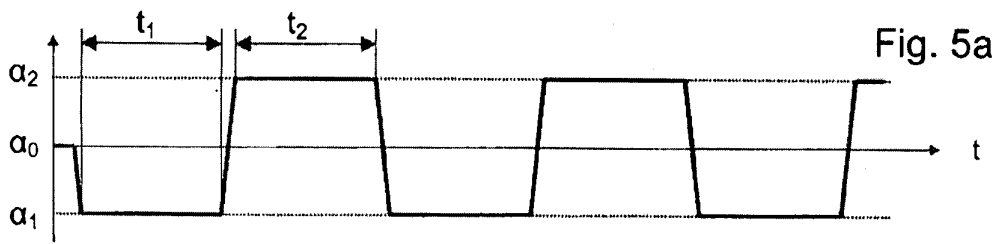


Fig. 6a

Fig. 6b

Fig. 6c

