

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 177**

51 Int. Cl.:

B23H 9/02 (2006.01)

B23H 1/02 (2006.01)

B23H 1/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.11.2013 PCT/US2013/068568**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.05.2014 WO14074524**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2013 E 13852808 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018 EP 2916987**

54 Título: **Sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil y método para desbarbar una pieza de trabajo eléctricamente conductora**

30 Prioridad:

08.11.2012 US 201261724120 P

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

27.02.2019

73 Titular/es:

**SMALTEC INTERNATIONAL, LLC (100.0%)
1998 Ohio Street Suite 200
Lisle, IL 60532, US**

72 Inventor/es:

**MRAZ, JERRY y
MONTGOMERY, JONATHAN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 702 177 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

Sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil y método para desbarbar una pieza de trabajo eléctricamente conductora

5 Campo de la invención

Esta invención se dirige a un sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil (μ EDM) de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 que está destinado a montarse en la máquina herramienta usada para formar la pieza de trabajo. La invención usa las características únicas del μ EDM para desbarbar una micro pieza en una plataforma de máquina herramienta existente. El sistema portátil puede montarse o bien en una máquina herramienta de control numérico informatizado (CNC) convencional (fresado, rectificado, torneado, etc.) o en una máquina herramienta de CNC de mecanizado por descarga eléctrica (EDM).

15 El sistema puede usar o bien la herramienta de corte, también denominada como broca de herramienta, (convencional o EDM) usada para formar la pieza de trabajo como la herramienta de desbarbado, u opcionalmente, tiene la herramienta de desbarbado montada en la máquina herramienta, usando un módulo de desbarbado de descarga eléctrica (EDD) montado por cinemática eléctricamente aislado. Durante la operación de desbarbado, la pieza de trabajo permanece fija en la máquina herramienta usada para fabricarla, eliminando de este modo los errores debidos al movimiento de la pieza de trabajo en una herramienta separada para la operación de desbarbado y eliminando el tiempo y el coste de configuración adicionales.

25 El sistema portátil comprende una caja de control, un cable de control, y un circuito de desbarbado. El circuito de desbarbado está conectado eléctricamente a la broca de herramienta usada para desbarbar. Esta broca de herramienta puede ser la broca usada para mecanizar la pieza u opcionalmente, el sistema portátil también puede comprender además un módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado que puede montarse en una variedad de sistemas de mecanizado de control numérico informatizado convencionales y de descarga eléctrica.

30 Además, la invención se dirige a un método para desbarbar una pieza de trabajo eléctricamente conductora montada en una máquina herramienta de control numérico informatizado de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 16.

Antecedentes de la invención

35 A medida que aumenta la demanda de piezas de micro fabricación más pequeñas en los campos de rápido crecimiento de dispositivos ópticos, automotriz y dispositivos médicos, el impacto de las rebabas dentro de estas piezas también aumenta. Como se hace referencia en el presente documento, en general, una rebaba puede ser una pequeña pieza de material o borde elevado que permanece unido a una pieza de trabajo después del mecanizado. Una rebaba puede ser un alambre fino o una proyección o un saliente o una parte elevada superficial. El proceso de eliminación de estas rebabas no deseadas se suele denominar como desbarbado.

45 Las rebabas provocan muchos problemas en el montaje y el funcionamiento. Las rebabas que sobresalen pueden provocar, entre otras cosas, cortocircuitos eléctricos, fugas de aire, mecanismos atascados, mayor desgaste y estrés, turbulencia y flujo de aire y líquido no laminar. Una rebaba puede dañar físicamente a los ensambladores o usuarios finales. A medida que el tamaño de las piezas se hace más pequeño, el tamaño de las rebabas se reduce; sin embargo, la proporción de tamaño de rebaba por elemento aumenta y, por lo tanto, los procesos de desbarbado convencionales comienzan a provocar un daño superficial significativo. JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY: vol. 209, número 1; 19 de julio de 2009; págs. 5399 - 5406; "Deburring microfeatures using micro-EDM"; Jeong, et al.

50 Diversos métodos de mecanizado se usan para fabricar micro piezas, por ejemplo, piezas que son o bien submilimétricas en tamaño o incluyen elementos de tamaño submilimétricos. Los procesos convencionales, tales como el corte físico, fresado, taladrado, torneado, etc., inevitablemente dejan pequeños trozos de material debido a la plasticidad del material en la interfaz de la herramienta de corte. Las rebabas de refundición son el resultado de la solidificación o la redeposición del material en la superficie, como resultado, por ejemplo, de un proceso de EDM. A pesar de que los nuevos sistemas de mecanizado reducen el coste de fabricación de las micro piezas y de los elementos, gran parte de estos ahorros se compensan con métodos de desbarbado obsoletos.

60 El desbarbado ha sido siempre una idea de último momento en el esfuerzo por controlar los costes de fabricación. Inicialmente, una empresa puede invertir cientos de miles, incluso millones, de dólares en un centro de fabricación, pero piensa poco en cómo desbarbar y terminar la pieza. Todavía hay empresas que emplean técnicos bien pagados que observan a través de microscopios que eliminan micro rebabas de las piezas individuales con cuchillas pequeñas, limas y compuestos de esmerilado. Cada elemento puede requerir varios minutos de tiempo de desbarbado. Este proceso repetitivo expone a los empleados a lesiones por estrés y a sus empleadores a responsabilidades adicionales.

65

No están actualmente disponibles diversos métodos de eliminación de rebabas en micro piezas y elementos. Estos procesos incluyen pulido electroquímico, acabado abrasivo, desbarbado térmico y mecanizado ultrasónico, entre otros, a mano. Aunque todos estos métodos maduraron con las tecnologías de mecanizado, cada uno de ellos tiene sus defectos.

5 Los procesos de desbarbado actuales pueden dañar o sobre-mecanizar la superficie, cambiar las dimensiones de la pieza, truncar los bordes afilados, romper el borde (que puede no ser deseable) o requerir procesos adicionales de limpieza para eliminar los residuos de grabado. En muchos casos, las micro piezas y los elementos son cada vez más pequeños que las herramientas y que los medios usados para desbarbarlas. Dentro de la industria médica y su
10 continua miniaturización de productos, eliminar las rebabas al tiempo que se mantienen las tolerancias de precisión no es solo una cuestión de calidad, es una cuestión de salud y seguridad.

15 En general, el desbarbado se considera un proceso secundario. A pesar de que esta etapa de fabricación ha existido desde la invención del acero, aún recibe poca atención en el presupuesto inicial de la fabricación y la comercialización de productos. Sin embargo, como una idea de último momento, puede agregar un coste sustancial al final de la fabricación de un producto.

20 Actualmente hay muchos enfoques para desbarbar una pieza de micro mecanizado. Los gerentes de productos deben determinar el proceso de desbarbado adecuado basándose en numerosas variables, incluidas el material, el tamaño de la pieza, el tamaño del elemento y la complejidad.

25 En algunos casos, el desbarbado se procesa ya en la misma plataforma usada para fabricar la pieza o pieza de trabajo, pero con extensos cambios de herramientas requeridos. En otros casos, las piezas se retiran de la plataforma de mecanizado y se desbarban en máquinas de CNC (de control numérico informatizado) de terceros con láseres o chorros abrasivos de alta presión. En muchos casos, las piezas a trabajar son tan intrincadas que se desbarban a mano con micro limas y herramientas bajo un microscopio. Cada uno de estos procesos sufre el inconveniente importante de que es necesario retirar la pieza de las herramientas de fabricación originales y reequiparlas en uno o más grados.

30 El intercambio de herramientas dentro de la misma plataforma es actualmente el proceso de desbarbado más orgánico del grupo. Existen macro herramientas y cepillos de pulido disponibles comercialmente que se encajan en las máquinas herramienta convencionales para eliminar las rebabas en un proceso de contacto completo. Si bien estos son los procesos más orgánicos, estos tipos de herramientas de desbarbado deben tratar los problemas de referencia y calibración para el agotamiento de la herramienta y tienen una posibilidad comparativamente alta de
35 dañar la pieza y cambiar sus características dimensionales y precisión. Este método no se está aplicando a micro elementos y micro piezas debido al gran tamaño de las herramientas de desbarbado.

40 Otro método de desbarbado es retirar la pieza de la plataforma y fijarla en una máquina CNC auxiliar, una herramienta específicamente para el desbarbado. Este método agrega etapas adicionales y hace referencia al proceso, lo que aumenta considerablemente las dificultades de la eliminación precisa de las rebabas. También están disponibles comercialmente unas máquinas de flujo abrasivo que usan un chorro de alta presión (> 50 MPa) de medios abrasivos para desbarbar y terminar las piezas. Las técnicas de desbarbado con láser también se emplean en algunas empresas de fabricación.

45 Existe una demanda, por lo tanto, de un sistema de desbarbado de plataforma portátil que no requiera cambios o limpiezas de herramientas extensos de la pieza después del proceso de desbarbado. Un sistema de desbarbado de este tipo puede montarse en la máquina herramienta usada para formar la pieza de trabajo. Esto reducirá los costes al aumentar la eficacia en comparación con los procesos existentes, al tiempo que elimina la calibración y hace referencia a las imprecisiones inherentes al mover la pieza de trabajo desde una máquina a otra.

50 Hay también una demanda de un sistema de desbarbado de plataforma portátil que no imparte ninguna fuerza mecánica a la pieza que se está desbarbando.

55 También hay una demanda de un sistema de desbarbado de plataforma portátil a medida para las micro piezas que deje tamaños de cráteres de menos de 100 nm, lo que resulta en una superficie prácticamente libre de daños con poca evidencia de la rebaba anterior o del proceso de desbarbado en la pieza final.

60 El mecanizado por descarga microeléctrica portátil (μ EDM) es especialmente adecuado para eliminar las rebabas no deseadas de micro piezas (definidas como de tamaño submilimétrico) y micro elementos de piezas más grandes. Es un proceso sin contacto localizado y no afectará a las características o a las dimensiones generales de acabado superficial de las piezas pre-mecanizadas. El documento JP 10 277842 H desvela un sistema de desbarbado portátil de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un método de desbarbado de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 16.

65

Sumario de la invención

5 En una realización preferida, el sistema portátil comprende una unidad de control, un cable de control y un circuito de desbarbado. La unidad de control está conectada a la máquina de CNC (convencional o EDM) usada para fabricar la pieza a través del cable de control. La unidad de control es capaz de proporcionar señales a la máquina de CNC, así como proporcionar energía eléctrica, a través del circuito de desbarbado, a la broca de herramienta de desbarbado. El circuito de desbarbado está conectado eléctricamente a la broca de herramienta usada para desbarbar. Esta broca de herramienta puede ser la broca usada para mecanizar la pieza, u opcionalmente, el sistema de desbarbado también puede comprender un módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado y una broca de herramienta que puede montarse en una variedad de sistemas de mecanizado de control numérico informatizado convencionales y de descarga eléctrica. La pieza a desbarbar siempre permanece fija en la máquina herramienta en la que se fabrica.

15 Se entiende que la broca de herramienta usada para fabricar la micro pieza puede girarse durante la fabricación (por ejemplo, el sistema desvelado en el documento presentado anteriormente del solicitante "Micro-Electrical Discharged Based Metrology System", descrito en la solicitud PCT nº de serie PCT/US2012/036.168, presentada el 2 de mayo de 2012 y publicada el 8 de noviembre de 2012 como WO 2012/151308 A2, cuyos contenidos se incorporan en este caso como referencia como si estuvieran completamente desvelados en el presente documento). Del mismo modo, una broca de herramienta usada para desbarbar usando el sistema de desbarbado basado en μ EDM portátil y desvelado en el presente documento también puede girarse (o no), en función de la aplicación, durante el desbarbado. El módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado opcional está configurado para ser capaz de hacer girar la broca de herramienta usada para desbarbar. La velocidad de giro es cualquier velocidad convencional que se usa en general para operaciones de fresado de este tipo.

25 En función de las características de la máquina herramienta y la broca usadas para fabricar la micro pieza, la broca de herramienta usada para fabricar la micro pieza se usa a su vez como la herramienta de desbarbado, o se usa el módulo de EDD montado por cinemática opcional y la broca de herramienta que puede montarse en una variedad de centros de mecanizado convencionales y sistemas de mecanizado de descarga eléctrica como la herramienta de desbarbado. Si la broca de herramienta usada para fabricar la micro pieza es eléctricamente conductora y está aislada eléctricamente o puede aislarse de la máquina de CNC (ya sea convencional o EDM) usada para fabricar la micro pieza, la broca de herramienta en sí misma puede usarse como la herramienta de desbarbado basada en μ EDM.

35 Si la broca de herramienta usada para fabricar la micro pieza no es eléctricamente conductora, pero está aislada eléctricamente o puede aislarse de la máquina de CNC (ya sea convencional o EDM) usada para fabricar la micro pieza, puede montarse una broca de herramienta de desbarbado adecuada en la máquina de CNC usada para fabricar la micro pieza con el fin de efectuar la operación de desbarbado.

40 Finalmente, si la broca de herramienta usada para fabricar la micro pieza no es eléctricamente aislable, un módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado y una broca de herramienta que puede montarse en una variedad de sistemas de mecanizado de control numérico informatizado convencionales y de descarga eléctrica se montan en la máquina de CNC y se usan como la broca de herramienta de desbarbado.

45 Un dieléctrico se aplica normalmente entre la herramienta de desbarbado y la pieza de trabajo. Puede usarse cualquier dieléctrico habitual, incluidos, pero no limitados a, EDM-30, Ionoplus 3000, EDM 185, EDM 3001 Lite, EDM Clear 3, EDM 3033, agua desionizada, aire, argón o nitrógeno. La broca de herramienta y la pieza de trabajo pueden sumergirse en un baño del dieléctrico, enjuagarse con un dieléctrico o tener el dieléctrico pulverizado o rociado en las mismas.

50 Por lo tanto, un objeto de la presente divulgación es proporcionar, en combinación con las otras características y ventajas desveladas en el presente documento, un sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil de acuerdo con la reivindicación 1 que puede sujetarse a una variedad de máquinas herramientas de EDM y convencionales de control numérico informatizado (CNC) existentes, de tal manera que la pieza o la pieza de trabajo a desbarbar permanezca sujeta a la plataforma de fabricación con el fin de efectuar la operación de desbarbado.

Otro objeto de la presente divulgación es proporcionar, en combinación con las otras características y ventajas desveladas en el presente documento, un dispositivo de desbarbado de μ EDM portátil que no requiere que una pieza se mueva a una máquina de desbarbado separada para la eliminación de las rebabas.

60 Un objeto adicional de la divulgación es proporcionar, en combinación con las otras características y ventajas desveladas en el presente documento, un dispositivo de desbarbado de μ EDM portátil que no imparte estrés mecánico a la pieza a desbarbar.

Otro objeto más de la divulgación es proporcionar, en combinación con las otras características y ventajas desveladas en el presente documento, un dispositivo de desbarbado de μ EDM portátil que no imparte estrés térmico a la pieza a desbarbar.

5 Un objeto adicional más de la divulgación es proporcionar, en combinación con las otras características y ventajas desveladas en el presente documento, un dispositivo de desbarbado de μ EDM portátil que no afecta al acabado de superficie general de la pieza a desbarbar.

10 Otro objeto más de la presente divulgación es proporcionar, en combinación con las otras características y ventajas desveladas en el presente documento, un dispositivo de desbarbado de μ EDM portátil que no dañe la pieza a desbarbar.

15 Un objeto adicional de la presente divulgación es proporcionar, en combinación con las otras características y ventajas desveladas en el presente documento, un dispositivo de desbarbado de μ EDM portátil que no sobre-mecanice la pieza.

20 Un objeto adicional más de la presente divulgación es proporcionar, en combinación con las otras características y ventajas desveladas en el presente documento, un dispositivo de desbarbado de μ EDM portátil que no cambie las dimensiones de la pieza o el elemento.

Un objeto adicional más de la presente divulgación es proporcionar, en combinación con las otras características y ventajas desveladas en el presente documento, un dispositivo de desbarbado de μ EDM portátil que no trunque los bordes afilados de la pieza.

25 Un objeto adicional más de la presente divulgación es proporcionar, en combinación con las otras características y ventajas desveladas en el presente documento, un dispositivo de desbarbado de μ EDM portátil que no rompa el borde de la pieza.

30 Otro objeto adicional de la presente divulgación es proporcionar, en combinación con las otras características y ventajas desveladas en el presente documento, un dispositivo de desbarbado de μ EDM portátil que no requiera procesos de limpieza adicionales para eliminar los residuos de desbarbado.

35 Otro objeto más de la presente divulgación es proporcionar, en combinación con las otras características y ventajas desveladas en el presente documento, un dispositivo de desbarbado de μ EDM de plataforma portátil que diferencia orgánicamente entre las rebabas y el sustrato circundante. Otro objeto de la presente divulgación es proporcionar un método para desbarbar una pieza de trabajo eléctricamente conductora montada en una máquina herramienta de control numérico informatizado de acuerdo con la reivindicación 16.

40 La siguiente divulgación proporciona un dispositivo de desbarbado de μ EDM de plataforma portátil que proporciona las ventajas anteriores, mientras que al mismo tiempo es de coste relativamente bajo de operar y posee una precisión y facilidad de uso excepcionales, y ofrece las características únicas del μ EDM para desbarbar una micro pieza que permanece montada en la plataforma de la máquina herramienta en la que se fabrica la pieza.

45 Breve descripción de los dibujos

En la descripción detallada siguiente, se realizará referencia a las siguientes figuras:

la figura 1 es un diagrama que ilustra diversos tipos de rebabas;
 la figura 2 es un dibujo esquemático de una parte de una realización preferida;
 50 la figura 3 es un dibujo esquemático de un circuito de una parte de una realización preferida;
 las figuras 4 y 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 son fotografías que ilustran ejemplos de sondas de medición y brocas de μ EDM que pueden usarse con una realización preferida;
 la figura 6 es una fotografía que ilustra ejemplos de brocas de herramienta que pueden usarse con una realización preferida;
 55 la figura 7 es una fotografía que ilustra ejemplos adicionales de brocas de herramienta que pueden usarse con una realización preferida; y
 la figura 8 es una fotografía de una pieza que se ha desbarbado parcialmente usando una realización preferida.

60 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Se desvela un sistema de desbarbado de μ EDM para desbarbar micro piezas en una máquina herramienta usada para fabricar las micro piezas. El sistema es portátil y, en una realización preferida, comprende una caja de control, un cable de control, un circuito de desbarbado que puede conectarse eléctricamente a una herramienta de trabajo y un módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado opcional. El sistema puede montarse en una variedad de sistemas de mecanizado convencionales y de descarga eléctrica.

Principios de la operación:

El mecanizado de μ EDM convencional es un proceso de fabricación de erosión de material. Las chispas eléctricas en una burbuja de plasma se usan para erosionar el material de una pieza de trabajo eléctricamente conductora para formar una forma deseada. El electrodo de herramienta también puede denominarse como "broca de herramienta", pero se entiende que significa un electrodo de herramienta. Esta broca de herramienta y la pieza de trabajo están sometidas a un potencial de tensión y se sumergen en un fluido dieléctrico. Inicialmente, a medida que la broca de herramienta se acerca a la pieza de trabajo, el fluido dieléctrico actúa como un aislante, permitiendo que el campo eléctrico aumente. Pero, a medida que la broca de herramienta se acerca a la pieza de trabajo, el campo eléctrico descompone el dieléctrico, formando una burbuja de plasma entre la broca de herramienta y la pieza de trabajo. Este plasma conduce un flujo de energía, una chispa, desde la pieza de trabajo hasta la broca de herramienta, evaporando el material de la pieza de trabajo, así como una cantidad menor del electrodo de herramienta. Este flujo de energía agota la energía en el sistema, igualando el potencial eléctrico entre la broca de herramienta y la pieza de trabajo, colapsando el campo eléctrico y terminando el evento de chispa. Las partículas del material evaporado se enfrían y se enjuagan con el fluido dieléctrico. Con el flujo eléctrico interrumpido, el condensador recarga y restablece el campo eléctrico y el potencial de tensión entre la broca de herramienta y la pieza de trabajo.

La tecnología de chispa de μ EDM es muy adecuada para el desbarbado de micro-partes y elementos. Puede mantener un espacio de chispa constante alrededor de una pieza de trabajo. Este espacio de chispa puede ajustarse con varias selecciones de energía, lo que aumenta la capacidad de crear pasadas de desbarbado eficaces desde el desbaste hasta el final para diversos tamaños de rebabas. En su estado más delicado, deja un tamaño de cráter de menos de 100 nanómetros, lo que da como resultado una superficie virtualmente libre de daños con poca evidencia de las rebabas anteriores o del proceso de desbarbado en la pieza final.

El μ EDM tampoco imparte ninguna fuerza mecánica al material de la pieza de trabajo, y debido a las diferentes propiedades térmicas de los materiales, distingue orgánicamente entre las rebabas y el sustrato de la pieza de trabajo. Las rebabas son un material mucho más delgado que el sustrato de la pieza de trabajo y, por lo tanto, son más susceptibles al calentamiento por resistencia, lo que hace que se extirpen con energías aplicadas más bajas, antes de que la pieza de trabajo a granel experimente cualquier calor residual perjudicial.

Ejemplos de rebabas incluyen material deformado plásticamente producido en bordes de la pieza de trabajo como resultado del mecanizado o de la cizalladura. Una rebaba incluye, en general, todo el metal que se extiende más allá de la intersección teórica de las dos superficies que rodean la rebaba, aunque en algunos casos una rebaba puede estar dentro de la intersección teórica. Una rebaba puede ser un saliente irregular afilado, adherido firmemente o un saliente colgante suelto. Puede ser una oleada de material en un borde.

Las micro rebabas se distinguen, en general, de las macro rebabas por que tienen normalmente un espesor de no más de 0,0005 pulgadas (12,7 micrómetros). Las micro rebabas también se caracterizan normalmente por tener alturas de rebaba que no superan las 0,0004 pulgadas (10 micrones).

La tecnología desvelada que utiliza un dispositivo de μ EDM portátil es capaz de eliminar tanto las macro rebabas como las micro rebabas. Por lo tanto, el término "rebabas" se entiende que significa cualquier rebaba, ya sea macro rebaba o micro rebaba.

La figura 1 muestra los tipos y formas típicos de rebabas que pueden eliminarse con el dispositivo de desbarbado de μ EDM descrito. En una realización preferida, antes de desbarbar, es preferible cuantificar las capacidades de eliminación de rebabas de μ EDM. Como se muestra en la figura 1, las principales localizaciones de rebabas se agrupan en tres categorías: salida, entrada y parte superior. Dentro de estos grupos se encuentran el fresado ascendente, el fresado descendente y las rebabas inferiores.

La realización preferida ofrece tres ventajas generales sobre los métodos de desbarbado convencionales. En primer lugar, la realización preferida proporciona un proceso que crea una envoltura de trabajo definida que imparte un estrés mínimo en la pieza de trabajo, afectando solo a las rebabas locales.

En segundo lugar, la realización preferida proporciona un sistema que puede montarse sobre la plataforma de fabricación o la máquina herramienta existente usada para fabricar la pieza de trabajo, dejando la pieza de trabajo en su lugar en la plataforma de fabricación o en la máquina herramienta. Esta característica elimina sustancialmente de este modo los errores de calibración y mantiene la precisión con la que se fabricó originalmente la pieza de trabajo. Al mantener la pieza de trabajo en la misma plataforma en la que se ha fabricado, puede lograrse un desbarbado de mayor precisión de lo que normalmente sería disponible. La funcionalidad de control numérico informatizado (CNC) de la máquina y de la trayectoria son las mismas que ya se han anunciado cuando se creó la pieza de trabajo. Con esta precisión, pueden usarse brocas de herramienta de desbarbado de hasta 5 μ m de diámetro para eliminar las rebabas incluso en las esquinas más ajustadas. Esto es mucho más pequeño que con las herramientas o los medios de desbarbado convencionales.

En tercer lugar, en aplicaciones donde la broca de herramienta montada en la máquina herramienta usada para fabricar la pieza de trabajo tiene propiedades eléctricas adecuadas (que tiene una resistividad máxima de $100 \Omega\text{-cm}$ y que está aislada o puede aislarse eléctricamente), la broca de herramienta puede dejarse en su lugar cuando se termina la pieza de trabajo y puede usarse la misma broca de herramienta para desbarbar la pieza de trabajo, impartiendo de este modo mayor exactitud y precisión a la operación de desbarbado.

En general, se espera que cualquier pieza de trabajo fabricada de un material eléctricamente conductor que tenga una resistividad máxima de $100 \Omega\text{-cm}$ pueda desbarbarse usando la realización preferida. Una lista no limitante de tales materiales incluye aluminio, aleaciones de berilio-cobre, latón, cobre, oro, iridio, plomo, molibdeno, níquel, aleaciones de níquel-titanio, paladio, platino, renio, acero inoxidable, acero, tántalo, titanio, acero para herramientas, tungsteno, plata, estaño, Hastelloy, Inconel, Invar y Kovar.

La figura 2 es un diagrama esquemático que muestra una realización preferida del sistema de desbarbado basado en μEDM 12 de esta invención. El sistema de desbarbado basado en μEDM 12 de esta realización incluye una unidad de control 26 para operar el sistema de desbarbado basado en μEDM 12, un cable de control 28 y un circuito de desbarbado 24. La unidad de control 26 se comunica con una caja de interfaz (no mostrada) de una máquina de CNC 16 a través del cable de control 28. La máquina de CNC 16 puede ser de cualquier tipo, convencional o EDM. Una pieza de trabajo 100 a desbarbar permanece montada en la máquina de CNC 16.

La máquina de CNC 16 tiene un husillo eléctricamente aislado 30 que retiene una broca de herramienta 14. Se entiende que la broca de herramienta 14 está girando o no en función de la aplicación, durante la operación de desbarbado. El husillo eléctricamente aislado 30 y la broca de herramienta 14 pueden ser el husillo y la broca de herramienta usados para mecanizar una pieza de trabajo 100, u opcionalmente, pueden sustituirse por el módulo de montaje cinemático (EDD) y la broca de herramienta usada para mecanizar la pieza de trabajo 100, si el husillo y la broca de herramienta usada para mecanizar la pieza de trabajo 100 no está ni puede aislarse eléctricamente.

Como se muestra, el sistema de desbarbado basado en μEDM 12 incluye un circuito de desbarbado 24 (también conocido como un circuito de descarga) que está conectado eléctricamente a la herramienta 14 y a la pieza de trabajo 100. El circuito de desbarbado 24 incluye un circuito de resistencia-condensador (RC) que funciona a una frecuencia natural de los valores de componente elegidos. La figura 3 muestra un diseño de circuito más detallado para una realización preferida del circuito de desbarbado 24. El circuito de desbarbado 24 de la figura 3 incluye una conexión de desbarbado 50 a la herramienta 14. El circuito de desbarbado 24 de la figura 3 también incluye una señal de circuito de unidad de control 70 que se alimenta a la máquina de CNC 16 a través del cable de control 28.

En una realización alternativa, el circuito de desbarbado 24 puede comprender un generador de corriente continua (CC) pulsada con una frecuencia seleccionada por un generador de forma de onda. Además, se espera que la transmisión de señal inalámbrica pueda efectuarse si esto fuera deseable para su uso en una aplicación específica.

Como se muestra en la figura 2, una conexión de puesta a tierra 80 une la tierra de la máquina de CNC 16 a la tierra del circuito de desbarbado 24. De manera óptima, para fijar una conexión a tierra adecuada, la conexión 80 se coloca lo más cerca posible de la pieza de trabajo 100.

De acuerdo con la invención, como se reivindica en la reivindicación 1 y en la reivindicación 16, el circuito de desbarbado 24 está diseñado para funcionar entre 12,5 picojulios y 72 microjulios, entre 5 voltios y 120 voltios y entre 1 y 10000 picofaradios (pF). En una realización más preferida, el circuito de desbarbado 24 está diseñado para funcionar preferentemente entre 2 nanojulios y 16,5 microjulios, entre 20 voltios y 100 voltios y entre 10 picofaradios y 3300 picofaradios. En una realización aún más preferida, el circuito de desbarbado 24 está diseñado para funcionar preferentemente entre 8 nanojulios y 539 nanojulios, entre 40 voltios y 70 voltios y entre 10 picofaradios y 220 picofaradios. Estos son los niveles de energía, los potenciales y las capacidades que se espera que maximicen la eliminación de las rebabas al tiempo que evitan cualquier daño a la pieza de trabajo 100.

En la realización de la figura 2, el sistema de desbarbado basado en μEDM 12 incluye además un controlador 26 que proporciona señales de activación a la máquina de CNC 16. El controlador 26 está conectado a la máquina de CNC 16 a través del cable de control 28. El controlador 26 puede incluir unas instrucciones codificadas (software y/o hardware) para proporcionar un sistema de desbarbado de bucle cerrado e independiente del usuario. El sistema de desbarbado basado en μEDM 12 es preferentemente independiente de la plataforma, capaz de proporcionar la entrada/salida (E/S) necesaria para comunicarse y proporcionar, a través del circuito de desbarbado 24, las energías de desbarbado apropiadas a la broca de herramienta 14 en diversas plataformas de mecanizado de terceros. Esto proporciona un sistema portátil de desbarbado basado en μEDM 12 que puede montarse en plataformas de terceros, trabajando como un sistema de desbarbado basado en μEDM de a bordo en cooperación con los componentes de mecanizado existentes en la plataforma de terceros. El sistema de desbarbado basado en μEDM 12 es capaz preferentemente de trabajar directamente con plataformas de terceros tal como una plataforma de micro maquinado autoadaptativa.

Como se muestra en la figura 2, el sistema de desbarbado basado en μ EDM 12 es un componente separado. Sin embargo, el sistema de desbarbado basado en μ EDM 12 puede fabricarse como un componente o un elemento de la máquina de CNC 16.

5 Como se ilustra adicionalmente en la figura 2, la máquina de CNC 16 incluye un posicionador 34 que coloca la broca de herramienta 14 y el husillo eléctricamente aislado o el módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado 30 con respecto a la pieza de trabajo 100 en la máquina de CNC 16. Opcionalmente, el posicionador 34 es capaz de mover la broca de herramienta 14 en al menos un eje de movimiento, y preferentemente en múltiples ejes de movimiento. El posicionador 34 puede controlarse desde el sistema de desbarbado basado en μ EDM 12 a través de la unidad de control 26, que se comunica con el posicionador 34 a través del cable de control 28.

Más preferentemente, el módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado 30 es un soporte de mandril de doble ranura en V que permite que la broca de herramienta 14 se retire de la máquina de CNC 16 y más adelante devolverse (o intercambiarse por una herramienta diferente) para un desbarbado adicional con poca o ninguna calibración posicional necesaria. El soporte de mandril de doble ranura en V mantiene la precisión posicional en menos de 0,250 micrones entre los mandriles. Este elemento permite el desbarbado de las piezas a trabajar micro fabricadas in situ, antes de retirar las piezas a trabajar micro fabricadas de la plataforma de mecanizado, ya sea con la broca de herramienta usada para fabricar la pieza (si es del tipo adecuado) o con otra broca de herramienta adecuada. En una realización alternativa, el módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado 30 puede comprender otros mecanismos que conectan la broca de herramienta 14 a la máquina de CNC 16, que incluyen, por ejemplo, un sistema de husillo/mandril o una broca de herramienta.

La broca de herramienta 14 puede tener diversas formas y tamaños, en función de la forma y del material de la pieza de trabajo 100 a desbarbar. La figura 4 muestra una broca de herramienta 14 que comprende una broca cilíndrica para herramientas con una punta cónica redondeada. Las figuras 5.1 - 5.7 muestran unas brocas de herramientas alternativas que pueden usarse con el sistema de desbarbado basado en μ EDM 12. Más específicamente, la figura 5.1 muestra una broca de herramienta para formas de alta relación de aspecto. La figura 5.2 muestra una broca de herramienta de punta redondeada. La figura 5.3 muestra una broca de herramienta de disco o rueda que se usa para desbarbar una variedad de elementos que incluyen, pero no se limitan a, paredes laterales, roscas y ahusamientos invertidos. La figura 5.4 muestra una broca de herramienta en general cilíndrica. La figura 5.5 muestra una broca de herramienta de extremo de bola de 70 micrones. La figura 5.6 muestra una broca de herramienta rectangular, que no giraría, para desbarbar en el interior de los radios de las esquinas. La figura 5.7 muestra una broca de herramienta especializada para desbarbar los radios inferiores dentro de los canales en V y los orificios ahusados.

Las figuras 6 y 7 muestran otros ejemplos de brocas de herramienta que pueden usarse con el sistema de desbarbado basado en μ EDM 12. Por supuesto, se entiende que la broca de herramienta 14 no se limita a las formas de las figuras 4 a 7 y tendrá en cambio cualquier forma que se desee para desbarbar la pieza.

40 La Tabla 1 enumera ejemplos de materiales de broca de herramienta que son adecuados para su uso en el sistema de desbarbado basado en μ EDM 12.

Tabla 1: Materiales de broca de herramienta adecuados para su uso en sistemas de desbarbado basados en μ EDM 12
Cobre
Tungsteno
Latón
Acero
Grafito
Carburo

45 La Tabla 2 enumera ejemplos de tipos de broca de herramienta que son adecuados para uso en el sistema de desbarbado basado en μ EDM 12.

Tabla 2: Tipos de brocas de herramienta adecuados para su uso en el sistema de desbarbado basado en μ EDM 12
Fresa de extremo
Fresa de bola
Broca
Broca Lollipop o fresa de extremo

5 Como se muestra además en la figura 2, la máquina de CNC 16 incluye un depósito 18 con una superficie de trabajo 20. La pieza de trabajo 100 está montada sobre una plataforma 32. Preferentemente, el depósito 18 se llena con un fluido dieléctrico 22, aunque esto es no necesario. El fluido dieléctrico 22 puede alternativamente rociarse, pulverizarse o rociarse mientras se usa.

10 El fluido dieléctrico 22 puede comprender agua desionizada, un refrigerante de mecanizado convencional, gas, tal como aire, argón o nitrógeno, o un fluido dieléctrico de μ EDM convencional o aceite dieléctrico. Los ejemplos de fluidos dieléctricos se enumeran en la Tabla 3.

Tabla 3: Ejemplo de dieléctricos		
Nombre del fluido (proveedor)	Viscosidad	Resistencia dieléctrica
EDM-30 (CLC Lubricants, Geneva, IL)	3,4 cSt (centistokes)	Alta
IonoPlus 3000 (Hirschmann)	2,8 cSt	Alta
EDM 185 (Commonwealth Oil)	1,87 cSt	Alta
EDM 3001 Lite (4Machining.com)	3,8 cSt	Alta
EDM Clear-3 (4Machining.com)	3,6 cSt	Alta
EDM 3033 (4Machining.com)	3,5 cSt	Alta

15 En funcionamiento, el sistema de desbarbado basado en μ EDM 12 está conectado a la máquina de CNC 16 a través del cable de control 28 y el circuito desbarbado 24 está conectado eléctricamente, a través de cualquier medio adecuado, tal como un sistema de cepillo, a una broca de herramienta 14 a través de la conexión de desbarbado 50. La pieza de trabajo 100 se conecta a tierra si aún no está conectada a tierra. Como se muestra en la figura 2, la conexión a tierra 80 une la tierra de la máquina de CNC 16 a la tierra del circuito de desbarbado 24. De manera óptima, la conexión 80 está lo más cerca posible de la pieza de trabajo 100.

20 Al trabajar con el controlador 26, el sistema de desbarbado μ EDM 12 activa la máquina de CNC 16 para mover la broca de herramienta 14 a través de un recorrido adecuado proporcionado por las funcionalidades de control numérico informatizado (CNC) de máquina que se desee, en función del tipo de rebaba a eliminar. Estos recorridos pueden ser los mismos que los que se han anunciado cuando se creó la pieza de trabajo 100, o puede haber un recorrido alternativo y funcionalidades de control numérico informatizado (CNC) posteriores, que se deseen.

25 Mientras se mueve la broca de herramienta 14 a través de esta pasada de mecanizado, el controlador 26 también suministra, a través del circuito de desbarbado 24, una energía eléctrica adecuada para desbarbar la pieza de trabajo 100. De manera óptima, la pieza de trabajo 100 se mantiene en su lugar después de la última pasada de mecanizado mientras se realiza la operación de desbarbado.

30 Debido a que la broca de herramienta 14 se mueve a través de la misma funcionalidad de control numérico informatizado (CNC) de recorrido y de máquina que se han anunciado cuando se creó la pieza de trabajo 100 en la máquina de CNC 16, el espacio entre la pieza de trabajo 100 y la broca de herramienta 14 es suficientemente pequeño, de tal manera que se produce una ruptura dieléctrica y la pieza de trabajo 100 se desbarba. La energía de chispa que resulta de la ruptura dieléctrica es lo suficientemente alta como para extirpar las rebabas, pero no para provocar daños a la pieza de trabajo 100.

40 De acuerdo con la invención reivindicada en la reivindicación 1 y en la reivindicación 16, la energía de chispa resultante de la ruptura dieléctrica está entre 12,5 picojulios y 72 microjulios. En otra realización, la energía de chispa resultante de la ruptura dieléctrica está entre 2 nanojulios y 16,5 microjulios. En otra realización más, la energía de chispa resultante de la ruptura dieléctrica está entre 8 nanojulios y 539 nanojulios.

La figura 8 ilustra unas micrografías electrónicas de los efectos del sistema de desbarbado de μ EDM desvelado en una pieza mecanizada convencionalmente, usando la broca de herramienta usada para mecanizar la pieza como la broca de herramienta de desbarbado. Las micrografías muestran una ranura de 500 micrones de anchura fresada en acero inoxidable a 35000 RPM con una broca de herramienta de alta velocidad de carburo convencional. Dejando la pieza de trabajo fresada en su lugar en la máquina herramienta, el sistema de desbarbado de μ EDM desvelado se conectó a la máquina herramienta usada para fresar la ranura como se ha descrito anteriormente, y que usa la misma plataforma y broca de herramienta que se usó para el mecanizado de la ranura, la parte inferior de la ranura se desbarbó a 80 V y 220 pF, usando CLC Chem Finish EDM-30 (CLC Lubricants, Geneva, IL) como el fluido dieléctrico. Como se muestra en las micrografías, la parte superior de la ranura se dejó sin desbarbar para la comparación.

Por lo tanto, como se muestra en las realizaciones preferidas, la caja de control se conecta a la caja de interfaz de la máquina de CNC mediante el cable de control, y el circuito de desbarbado se conecta a la broca de herramienta de trabajo de la máquina de CNC. La corriente eléctrica se transfiere a la broca de herramienta de trabajo y la corriente eléctrica se controla mediante la caja de control. Para ejecutar la operación de desbarbado, la caja de control activa la máquina de CNC para que siga a una pasada de mecanizado sobre la pieza a desbarbar, mientras que se transfiere una cantidad adecuada de corriente eléctrica, a través del circuito de desbarbado, a la broca de herramienta (que ahora se usa como una herramienta de desbarbado basada en μ EDM). Esto extirpa las rebabas de la pieza.

Los ejemplos de la secuencia de funcionamiento son los siguientes. La caja de control puede activar la máquina de CNC para que siga a la última pasada de mecanizado anunciada sobre la pieza de trabajo como la pasada de mecanizado de desbarbado. La caja de control también puede activar la máquina de CNC para que siga a una modificación de la última pasada de mecanizado anunciada, por ejemplo, para retroceder una distancia establecida desde la superficie de la pieza para realizar la operación de desbarbado. Como alternativa, la caja de control puede activar la máquina de CNC para realizar múltiples pasadas de desbarbado con diferentes parámetros, por ejemplo, de energía eléctrica aplicada o de distancia desde la pieza de trabajo. La caja de control también puede activar la máquina de CNC para seguir posibles recorridos alternativos posteriores que pueden ser necesarios en función del tipo de rebaba que se está eliminando.

La caja de control puede conectarse a la caja de interfaz de la máquina de CNC a través del cable de control. En la máquina de CNC puede montarse un módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado opcional y una broca de herramienta de desbarbado basada en μ EDM. El circuito de desbarbado está conectado a esta broca de herramienta. El módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado opcional y la broca de herramienta de desbarbado basada en μ EDM pueden montarse en una variedad de sistemas de mecanizado de control numérico informatizado convencionales y de descarga eléctrica.

El circuito de desbarbado se conecta a esta broca de herramienta de tal manera que la corriente eléctrica se transfiere a la herramienta de desbarbado y la corriente eléctrica se controla por la caja de control. La operación de desbarbado se realiza a través de la caja de control que le indica a la máquina de CNC que, por ejemplo, siga a la última pasada de mecanizado anunciada sobre la pieza de trabajo a desbarbar, mientras que se transfiere una corriente eléctrica adecuada, a través del circuito de desbarbado, a la broca de herramienta de desbarbado basada en μ EDM para extirpar las rebabas de la pieza.

Por lo tanto, el dispositivo de desbarbado de μ EDM de plataforma portátil comprende una caja de control, un cable de control, un circuito de desbarbado eléctricamente conectable a una herramienta de trabajo y a un módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado opcional y a una broca de herramienta. El dispositivo de desbarbado de μ EDM de plataforma portátil puede añadirse a las nuevas plataformas de fabricación o puede adaptarse a las plataformas de fabricación existentes de tal manera que la pieza a desbarbar no se mueva de la plataforma en la que se ha fabricado con el fin de efectuar la operación de desbarbado.

En una realización, la pieza a desbarbar no se mueve desde la plataforma de fabricación en la que se mecaniza con el fin de efectuar la operación de desbarbado. El dispositivo portátil usa la broca de herramienta de trabajo de la máquina existente como la broca de herramienta de desbarbado de μ EDM.

En otra realización, la broca de herramienta de desbarbado de μ EDM es un módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado y una broca de herramienta de desbarbado separados.

Se prefiere que la broca de herramienta de desbarbado de μ EDM se componga de un material eléctricamente conductor que tenga una resistividad máxima de 100 Ω -cm. Más preferentemente, la broca de herramienta de desbarbado de μ EDM está compuesta de tungsteno, acero, grafito, carburo, cobre, latón o molibdeno. La pieza de trabajo comprende preferentemente un material eléctricamente conductor tal como, por ejemplo, aluminio, aleaciones de berilio-cobre, latón, cobre, oro, iridio, plomo, molibdeno, níquel, aleaciones de níquel-titanio, paladio, platino, renio, acero inoxidable, acero, tantalio, titanio, acero para herramientas, tungsteno, plata, estaño, Hastelloy, Inconel, Invar y/o Kovar.

- De acuerdo con la invención como se reivindica en la reivindicación 1 y en la reivindicación 16, el dispositivo de desbarbado basado de μ EDM funciona a niveles de energía, potenciales y capacitancias que se espera que maximicen la eliminación de rebabas al tiempo que se evita cualquier daño a la pieza de trabajo, estas condiciones se seleccionan para estar entre 12.5 picojulios y 72 microjulios, entre 5 voltios y 120 voltios y entre 1 picofaradios y 10000 picofaradios. Como alternativa, estas condiciones pueden seleccionarse para que estén entre 2 nanojulios y 16.5 microjulios, entre 20 voltios y 100 voltios y entre 10 picofaradios y 3300 picofaradios. Otro intervalo alternativo de estas condiciones puede seleccionarse para que esté entre 8 nanojulios y 539 nanojulios, entre 40 voltios y 70 voltios y entre 10 picofaradios y 220 picofaradios.
- 5
- 10 El fluido dieléctrico puede seleccionarse de entre el grupo que consiste en un aceite dieléctrico, Rustlick EDM-30, Ionoplus 3000, EDM 185, EDM 3001 Lite, EDM Clear 3, EDM 3033, agua desionizada, gas, aire, argón o nitrógeno y un refrigerante de máquina.
- 15 Se prefiere que el dispositivo de desbarbado de μ EDM produzca una rugosidad superficial máxima, $R_{\text{máx}}$ (definida como la altura del pico más alto en relación con el valle más bajo en la superficie) de menos de aproximadamente 2 micrómetros. Incluso más preferentemente, el dispositivo de desbarbado de μ EDM produce una rugosidad máxima superficial, $R_{\text{máx}}$ de menos de aproximadamente 1 micrón. Aún más preferentemente, el dispositivo de desbarbado de μ EDM produce una rugosidad máxima superficial, $R_{\text{máx}}$ de menos de aproximadamente 100 nanómetros. Aún más preferentemente, el dispositivo de desbarbado de μ EDM produce una rugosidad máxima superficial, $R_{\text{máx}}$ de menos de aproximadamente 70 nanómetros. Idealmente, el dispositivo de desbarbado de μ EDM produce una rugosidad máxima superficial, $R_{\text{máx}}$ de menos de aproximadamente 30 nanómetros.
- 20
- 25 Las realizaciones descritas han de considerarse en todos los aspectos solamente como ilustrativas y no restrictivas, y el alcance de la invención se indica, por lo tanto, por las reivindicaciones adjuntas más que por la descripción anterior. Los expertos en la materia reconocerán cambios, sustituciones y otras modificaciones que, sin embargo, estarán dentro del alcance de la invención y del rango de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora, pudiendo el sistema de desbarbado acoplarse a una máquina herramienta de control numérico informatizado (CNC), comprendiendo el sistema de desbarbado:

 - un subconjunto de controlador construido y dispuesto para controlar y generar una energía eléctrica para desbarbar y controlar el movimiento de una broca de herramienta de desbarbado desde una posición de no desbarbado hasta un intervalo de posiciones de desbarbado;
 - 10 un subconjunto de sujeción de pieza de trabajo construido y dispuesto para sujetar el sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil a la pieza de trabajo en una máquina herramienta de CNC, por lo que la pieza de trabajo permanece fija en la máquina de CNC durante el desbarbado; y
 - un subconjunto de suministro de energía eléctrica construido y dispuesto para transferir la energía eléctrica para desbarbar desde el subconjunto de controlador a la broca de herramienta de desbarbado;
 - 15 por lo que el subconjunto de controlador controla el movimiento de la broca de herramienta de desbarbado en el intervalo de posiciones de desbarbado y genera la energía eléctrica para desbarbar la pieza de trabajo, caracterizado por que la energía eléctrica para desbarbar puede seleccionarse entre 12,5 picojulios y 72 microjulios, pudiendo seleccionarse el potencial entre 5 voltios y 120 voltios y pudiendo seleccionarse la capacitancia entre 1 picofaradio y 10000 picofaradios con el fin de permitir desbarbar la pieza de trabajo sin dañar la pieza de trabajo.
- 25 2. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 1, en el que el subconjunto de sujeción de pieza de trabajo está configurado además para sujetar el sistema de desbarbado a la pieza de trabajo en una máquina herramienta de control numérico informatizado (CNC) de rectificado.
- 30 3. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 1, en el que el subconjunto de sujeción de pieza de trabajo está configurado además para sujetar el sistema de desbarbado a la pieza de trabajo en una máquina herramienta de control numérico informatizado (CNC) de fresado.
- 35 4. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 1, en el que el subconjunto de sujeción de pieza de trabajo está configurado además para sujetar el sistema de desbarbado a la pieza de trabajo en una máquina herramienta de control numérico informatizado (CNC) de torneado.
- 40 5. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 1, en el que el subconjunto de sujeción de pieza de trabajo está configurado además para sujetar el sistema de desbarbado a la pieza de trabajo en una máquina herramienta de control numérico informatizado (CNC) de descarga eléctrica.
- 45 6. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 1, por el que se usa una broca de herramienta usada para fabricar la pieza de trabajo en la máquina herramienta de CNC para desbarbar la pieza de trabajo.
- 50 7. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 1, que comprende además un módulo de desbarbado de descarga eléctrica (EDD) montado por cinemática eléctricamente aislado montado en la máquina herramienta de control numérico informatizado, estando el módulo de desbarbado de descarga eléctrica (EDD) montado por cinemática eléctricamente aislado construido y dispuesto para retener la broca de herramienta de desbarbado.
- 55 8. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 7, en el que el módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado montado en la máquina herramienta de control numérico informatizado comprende un sistema de husillo/mandril.
- 60 9. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 7, en el que el módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado montado en la máquina herramienta de control numérico informatizado comprende un soporte de mandril de doble ranura en V.
- 65 10. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 1, en el que el subconjunto de controlador comprende además un circuito de desbarbado de resistencia-condensador, RC, configurado para funcionar a una frecuencia natural.

11. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 1, en el que el subconjunto de controlador comprende además un circuito de desbarbado que tiene un generador de corriente continua, CC, pulsada con una frecuencia seleccionada por un generador de forma de onda.

5 12. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 1, en el que la broca de herramienta de desbarbado comprende una broca de herramienta cilíndrica con una punta cónica redondeada, una broca de herramienta cilíndrica con una punta plana, una broca de herramienta de paleta, una broca de herramienta rectangular, una
10 broca de herramienta de rueda y una broca de herramienta ahusada.

13. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 1, en el que la energía eléctrica tiene además un nivel de energía seleccionable entre 2 nanojulios y 16,5 microjulios, un potencial seleccionable entre 20 voltios y 100 voltios y una capacitancia seleccionable entre 10 picofaradios y 3 300 picofaradios.

14. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 1, en el que la energía eléctrica tiene además un nivel de energía seleccionable entre 8 nanojulios y 539 nanojulios, un potencial seleccionable entre 40 voltios y 70 voltios y una capacitancia seleccionable entre 10 picofaradios y 220 picofaradios.

15. El sistema de desbarbado basado en el mecanizado por descarga microeléctrica portátil para una pieza de trabajo eléctricamente conductora de la reivindicación 1,
25 en el que la energía eléctrica para desbarbar tiene además un nivel de energía seleccionable entre 8 nanojulios y 539 nanojulios, un potencial seleccionable entre 40 voltios y 70 voltios y una capacitancia seleccionable entre 10 picofaradios y 220 picofaradios; y
que comprende además un módulo de desbarbado de descarga eléctrica (EDD) montado por cinemática eléctricamente aislado montado en la máquina herramienta de control numérico informatizado, estando el módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado construido y dispuesto para retener la broca de herramienta de
30 desbarbado.

16. Un método para desbarbar una pieza de trabajo eléctricamente conductora montada en una máquina herramienta de control numérico informatizado, comprendiendo el método las etapas de:

35 a) dejar la pieza de trabajo montada en la máquina herramienta de control numérico informatizado en la que se ha fabricado;
b) sujetar un dispositivo de desbarbado de descarga microeléctrica a la máquina herramienta de control numérico informatizado, comprendiendo el dispositivo de desbarbado de descarga microeléctrica:

40 un controlador que se comunica con la máquina herramienta de control numérico informatizado; y
un circuito de desbarbado que se comunica con el controlador y con una broca de herramienta de desbarbado montada en la máquina herramienta de control numérico informatizado;
estando el controlador configurado para proporcionar instrucciones al circuito de desbarbado para generar y transferir energía eléctrica a la broca de herramienta;
45 estando además el controlador configurado para proporcionar instrucciones a la máquina herramienta de control numérico informatizado para mover la broca de herramienta de desbarbado cerca de la pieza de trabajo; y

50 c) operar el dispositivo de desbarbado de descarga microeléctrica para desbarbar la pieza de trabajo, en el que la broca de herramienta de desbarbado se mueve cerca de la pieza de trabajo y la energía eléctrica se transfiere a la broca de herramienta de desbarbado, desbarbando de este modo la pieza de trabajo, caracterizada por que la energía eléctrica puede seleccionarse entre 12, 5 picojulios y 72 microjulios, un potencial seleccionable entre 5 voltios y 120 voltios y una capacitancia seleccionable entre 1 picofaradio y 10000 picofaradios con el fin de permitir el desbarbado de la pieza de trabajo sin dañar la pieza de trabajo.

17. El método para desbarbar una pieza de trabajo montada en una máquina herramienta de control numérico informatizado de la reivindicación 16, que comprende además la etapa de dejar en su lugar la broca de herramienta montada en la máquina herramienta de control numérico informatizado usada para fabricar la pieza de trabajo y usar dicha broca de herramienta como la broca de herramienta de desbarbado.

18. El método para desbarbar una pieza de trabajo montada en una máquina herramienta de control numérico informatizado de la reivindicación 17, en la que la máquina herramienta de control numérico informatizado comprende una máquina herramienta de descarga eléctrica de control numérico informatizado.

65

19. El método para desbarbar una pieza de trabajo montada en una máquina herramienta de control numérico informatizado de la reivindicación 16, que comprende además la etapa de montar un módulo de desbarbado de descarga eléctrica (EDD) montado por cinemática eléctricamente aislado en la máquina herramienta de control numérico informatizado, estando el módulo de EDD montado por cinemática eléctricamente aislado construido y dispuesto para retener la broca de herramienta de desbarbado montada en la máquina herramienta de control numérico informatizado.
- 5

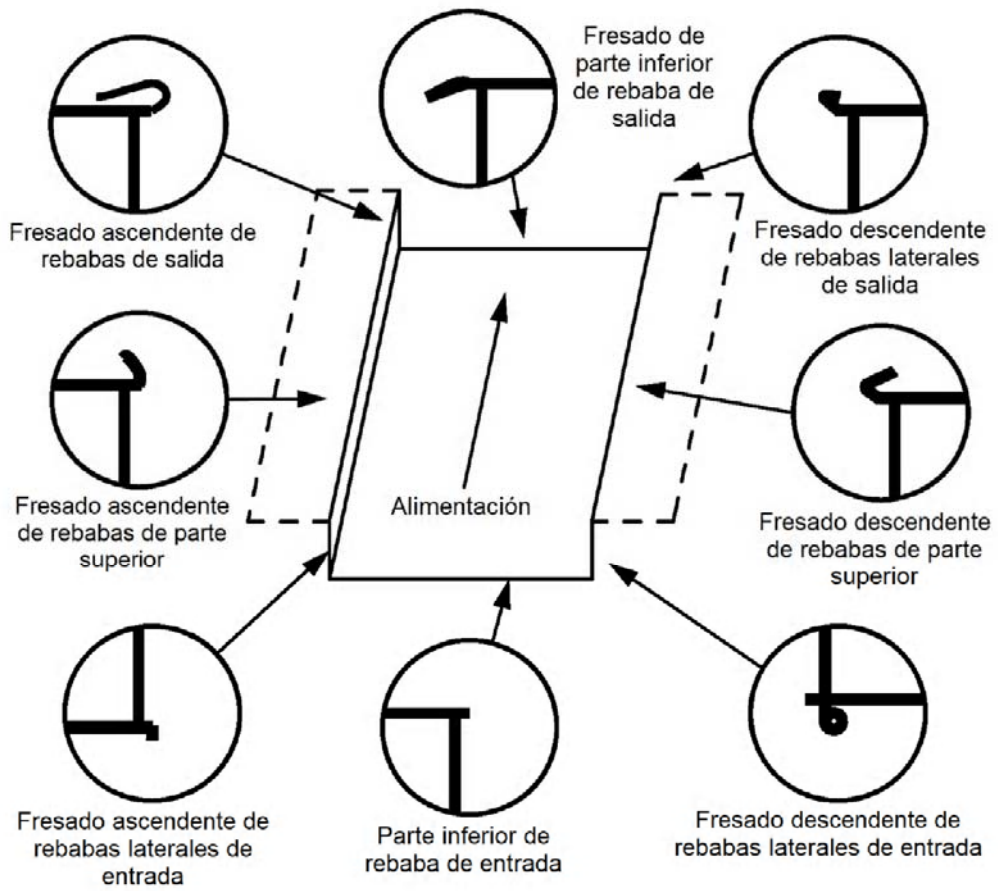


FIG. 1

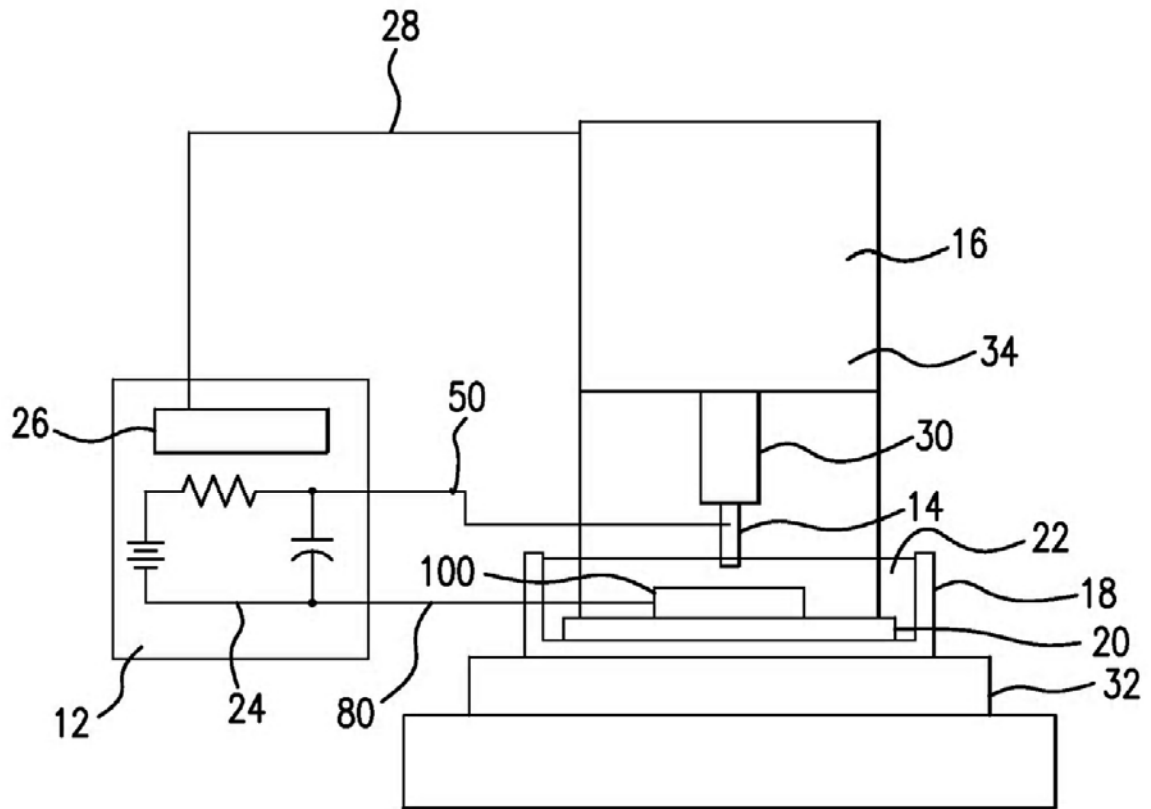


FIG. 2

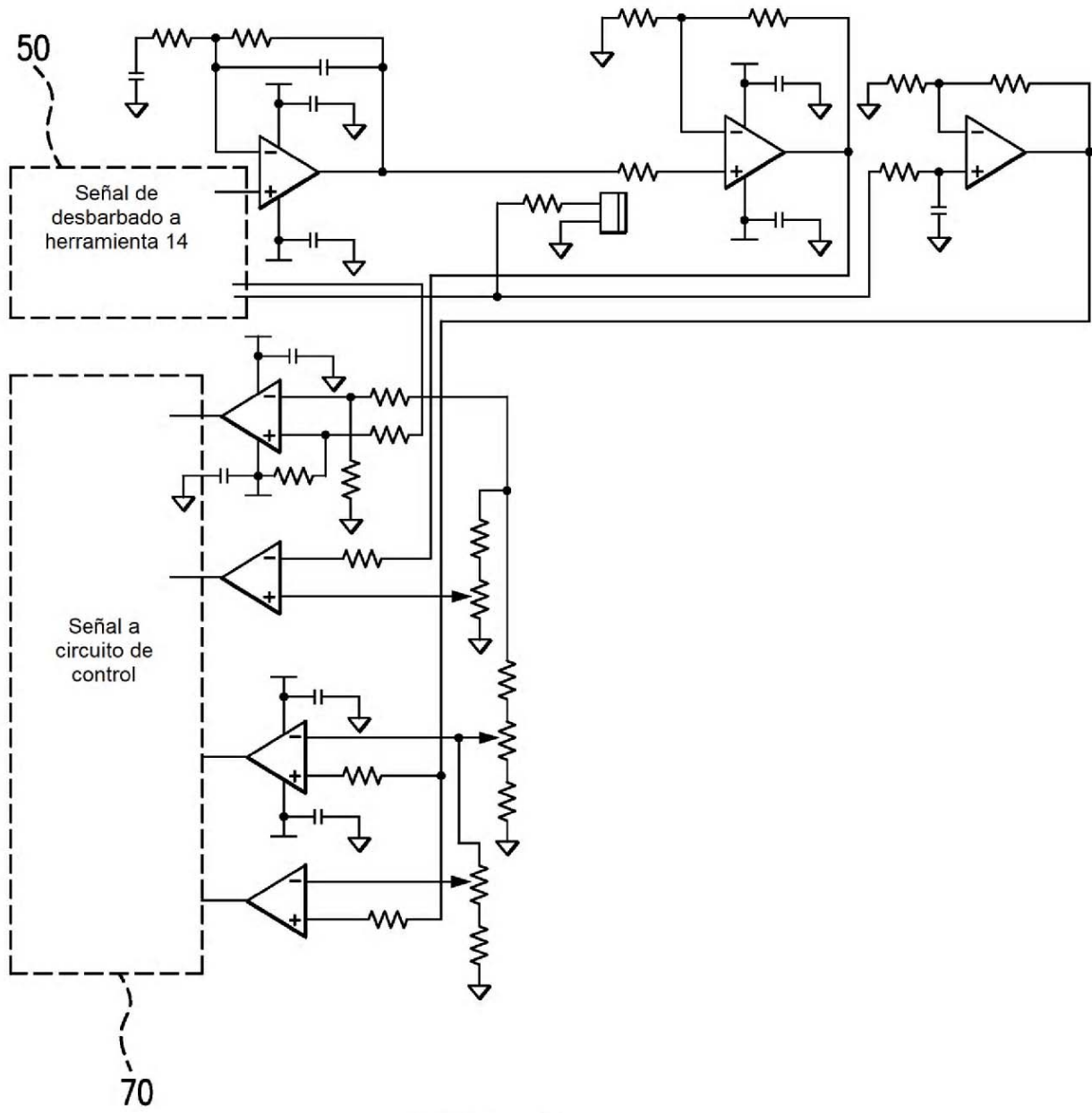


FIG. 3

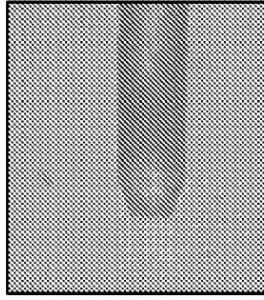


FIG. 4

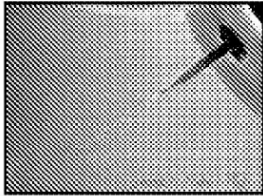


FIG. 5.1

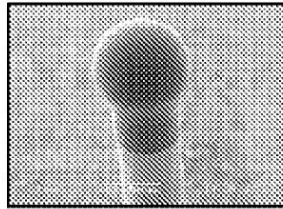


FIG. 5.2

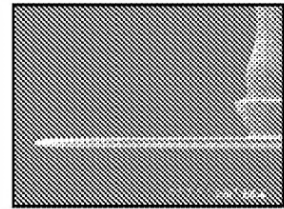


FIG. 5.3

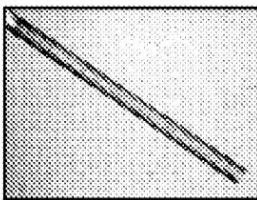


FIG. 5.4

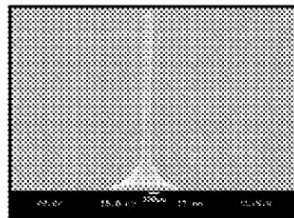


FIG. 5.5

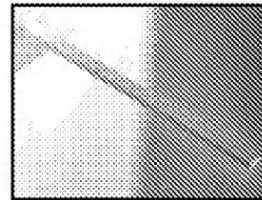


FIG. 5.6



FIG. 5.7

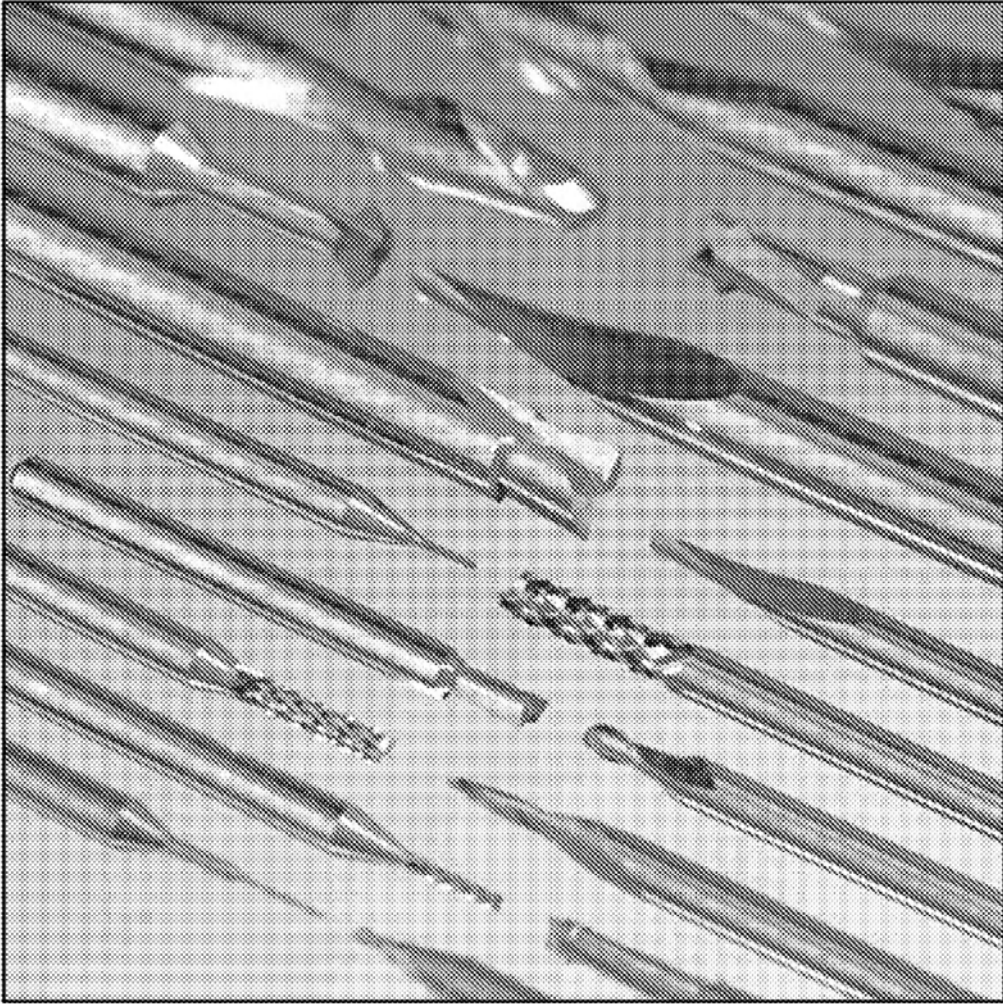


FIG. 6

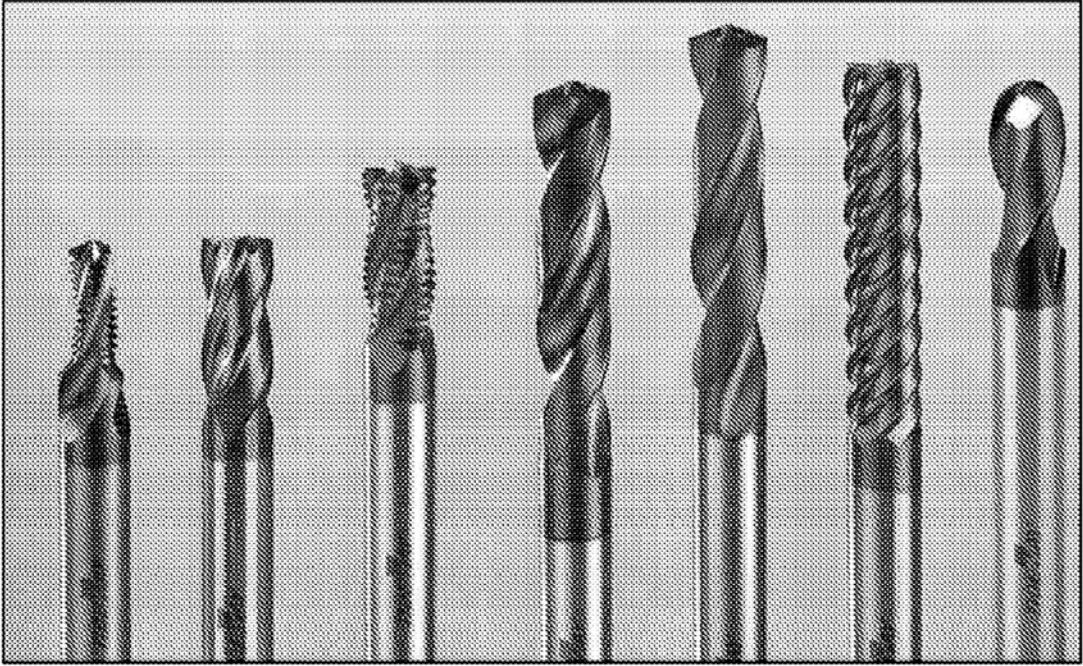


FIG. 7

En primer lugar atender al desbarbado de micro-EDM en la misma plataforma

- Corte de cabezal HSS
- Desbarbado de cabezal EDM

Ranura de 500 micrones de anchura fresada a 35000 RPM
Desbarbada a 80 V y 220 pF

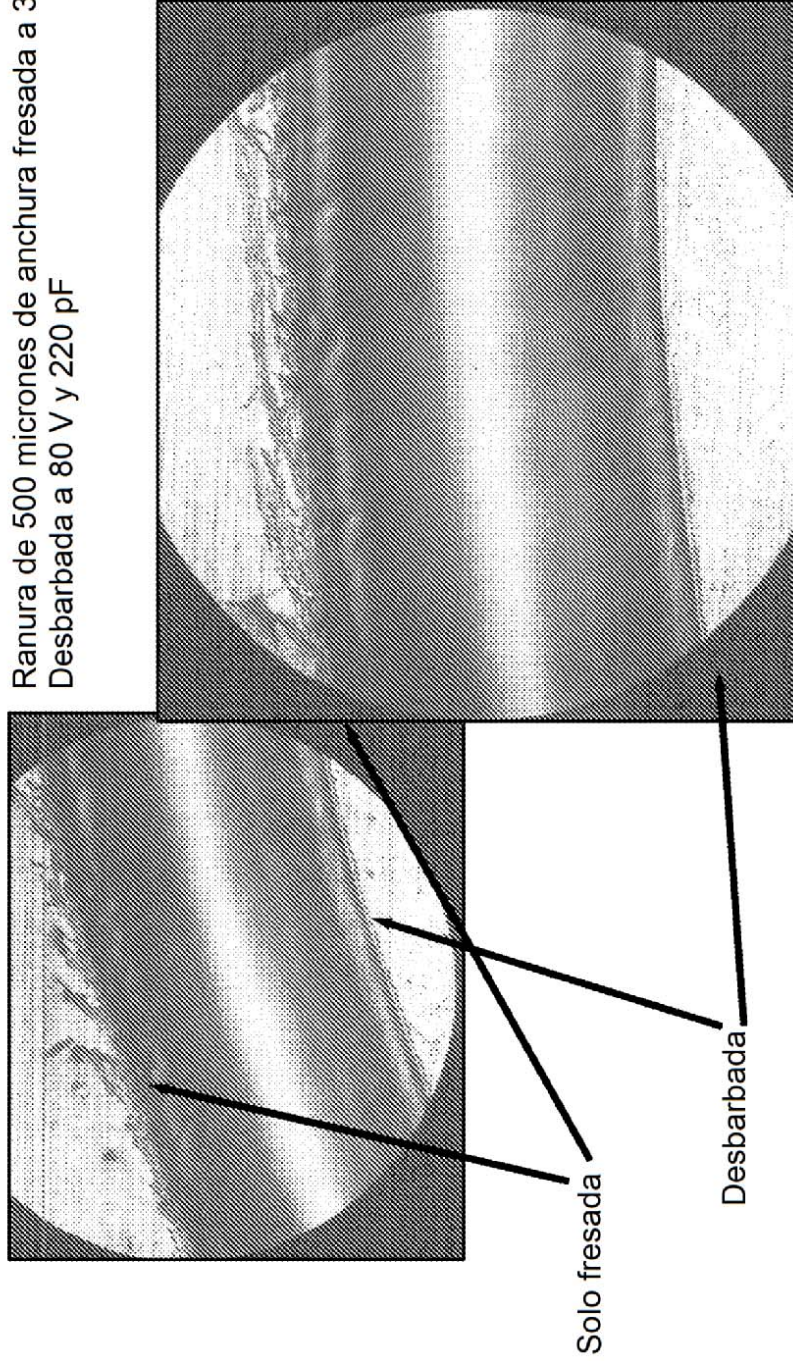


FIG. 8