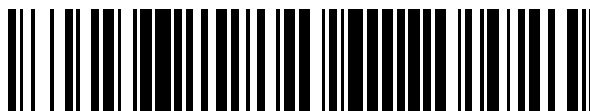


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 750 567**

51 Int. Cl.:

B23H 7/36 (2006.01)

B23H 9/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.09.2011** **PCT/JP2011/069959**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.03.2013** **WO13031011**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.09.2011** **E 11871383 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019** **EP 2752268**

54 Título: **Aparato de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
26.03.2020

73 Titular/es:

ASTEC CO. LTD. (100.0%)
350 Shimoongatamachi, Hachioji-shi
Tokyo 192-0154 , JP

72 Inventor/es:

SUZUKI EIJI y
SHIMODA YUTA

74 Agente/Representante:

MILTENYI , Peter

ES 2 750 567 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

Aparato de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños para realizar un orificio o orificios con un diámetro relativamente pequeño o fino de manera que se descarga fluido de trabajo al mismo.

10 Técnica anterior

Se utiliza mucho recientemente un dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños para el mecanizado de uno o varios orificios como orificio inicial para procesamiento para roscar un electrodo de alambre de mecanizado por electroerosión de corte de alambre, un orificio de un componente para un avión o un automóvil y similares, ya que el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños alcanza una mayor velocidad de mecanizado en comparación con un dispositivo de mecanizado por electroerosión por penetración.

El dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños funciona de manera, a medida que descarga el fluido de trabajo, es capaz de producir un orificio u orificios pequeños a una velocidad diez veces más profundo que el (los) diámetro(s) del electrodo a alta velocidad por mecanizado por electroerosión en el cual se aplican electrodos en forma de varilla o en forma de tubo y se aplica una tensión pulsada a la parte entre una superficie de la punta del electrodo para mecanizado y un segmento de la pieza de trabajo opuesta al electrodo para repetir la descarga pulsada con un electrodo para mecanizado enfriado suministrando fluido de trabajo a una zona de mecanizado de una pieza de trabajo.

El fluido de trabajo a presión que se aplica a la zona de mecanizado (el orificio mecanizado) descarga residuos de mecanizado generados por el mecanizado por electroerosión, gas y similares desde la entrada del orificio mecanizado por electroerosión a través de un espacio de mecanizado por electroerosión (el espacio entre un diámetro del electrodo y un diámetro del orificio de la pieza de trabajo).

Aunque el suministro del fluido de trabajo es necesario para enfriar el espacio de mecanizado por electroerosión entre el electrodo y la pieza de trabajo y para favorecer la descarga de residuos de mecanizado y gas y, por ejemplo, el suministro de una gran parte del fluido al espacio de descarga eléctrica es muy difícil cuando se mecaniza un orificio estrecho y profundo. Por lo tanto, convencionalmente, se aumentó la presión de la bomba de suministro del fluido de trabajo y se intentó suministrar el fluido a presión, pero fue difícil suministrar y hacer circular el fluido de trabajo suficiente ya que el orificio era estrecho y profundo. Además, los residuos de mecanizado tienen tendencia a fundirse y acumularse como depósitos de adhesivo fundido en la parte de la esquina de la abertura en un lado de entrada del orificio mecanizado.

Tal como se muestra en la figura 5, en la técnica anterior, el fluido de trabajo se inyectó a través del electrodo de tubo y hacia la zona de mecanizado por electroerosión oblicuamente hacia abajo mediante una boquilla de inyección del fluido de trabajo dispuesta aparte del electrodo. Específicamente, también en el mecanizado por electroerosión de perforación, la inyección se adopta desde el lado empleando la boquilla de inyección para descarga y eliminación de los restos de mecanizado en una periferia de la zona de mecanizado. Cuando se aplica el electrodo en forma de barra, el fluido de trabajo se inyecta con la boquilla de inyección dispuesta oblicuamente hacia arriba del electrodo, pero por lo menos la mitad de la abertura en un lado de entrada de la zona de mecanizado de la pieza de trabajo se sumerge en el fluido de trabajo inyectado, unas aberturas de descarga de las virutas mecanizadas normalmente se concentran en una parte en el lado opuesto de la dirección de inyección, y frecuentemente se genera una descarga secundaria con dicha baja eficiencia de mecanizado, tal sistema de mecanizado tiene el problema de que el orificio mecanizado adquiere una forma elipsoidal que tiene un eje largo junto con la dirección de inyección del fluido de trabajo.

Además, al aumentar la presión de inyección del fluido de trabajo con el fin de mejorar el rendimiento de descarga de los residuos de mecanizado, el vector de la fuerza que empuja el lado del electrodo aumenta, el mecanizado por electroerosión se vuelve inestable ya que el electrodo se mueve hacia la dirección de inyección de la abertura y vibra, y la superposición del factor mecánico y el fenómeno de descarga secundaria por falta de cantidad de fluido de trabajo provoca la formación del orificio elipsoidal.

En la Literatura de Patente 1, se propone el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños que sujeta una parte del borde superior de un electrodo de tubo delgado con un portaelectrodos que puede avanzar en una dirección del eje Z y accionarse de manera giratoria, guía una parte inferior del electrodo de tubo, realiza el mecanizado por electroerosión girando el electrodo de tubo y avanzándolo en la dirección al eje Z mientras se

inyecta el fluido de trabajo en el orificio mecanizado por electroerosión desde un borde superior del electrodo de tubo a través del interior del electrodo de tubo, y por separado el suministro del fluido de trabajo mencionado anteriormente, eliminando virutas adheridas en una parte de la esquina de la abertura en el lado de la entrada del orificio mecanizado inyectando el fluido de trabajo desde la boquilla de inyección dispuesta en una pluralidad de partes oblicuamente hacia arriba del orificio mecanizado por electroerosión a una presión de por lo menos 2MPa o más, y evitando la generación de depósitos de adhesivo fundido.

En la Literatura de Patente 2, se propone el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños que sujeta el electrodo de tubo delgado mediante un husillo hueco que puede avanzar en una dirección del eje Z y accionarse de manera giratoria. En la Literatura de Patente 2 no se describe la guía de electrodo que guía la parte inferior del electrodo de tubo que se muestra en la Literatura de Patente 1. El mecanizado por electroerosión se realiza girando el electrodo de tubo y avanzando en una dirección del eje Z mientras se suministra el fluido de trabajo al orificio mecanizado por electroerosión en un estado de flujo de inyección desde el borde superior del electrodo de tubo a través del interior del electrodo de tubo. Los residuos de mecanizado se descargan desde el espacio de mecanizado por electroerosión entre el electrodo y la pieza de trabajo aplicando el fluido de trabajo a través del interior del electrodo de tubo en un estado de inyección al orificio mecanizado por electroerosión para que el fluido de trabajo que pasa en el electrodo de tubo sea pulsado a una frecuencia de 1,5 Hz o más.

En la Literatura de Patente 3 y 4 se adopta el sistema de suministro del fluido de trabajo a presión en el cual el fluido de trabajo a presión se suministra de manera que rodea el electrodo en forma de barra o el electrodo en forma de tubo y, en el caso del electrodo de tubo, el suministro del fluido a través de su espacio tubular también se aplica conjuntamente.

En la literatura de Patente 3, se propone el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños que realiza el mecanizado por electroerosión de orificios pequeños sujetando el borde superior del electrodo en forma de barra o en forma de tubo con el portaelectrodos que puede avanzar en una dirección del eje Z y accionarse de manera giratoria, y guiando la parte inferior del electrodo de tubo con la guía de electrodo, suministrando el fluido de trabajo a presión desde el borde superior del electrodo hasta el portaelectrodos con la circunferencia del electrodo rodeada, y suministrándolo en estado de inyección desde el portaelectrodos hasta el borde inferior del portaelectrodos a través de una abertura de guía a través de la cual pasa el electrodo dispuesto en el portaelectrodos con la circunferencia del electrodo rodeado.

En la Literatura de Patente 4, se propone el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños que realiza el mecanizado por electroerosión de orificios pequeños sujetando el borde superior del electrodo en forma de barra o en forma de tubo con el portaelectrodos que puede avanzar en una dirección del eje Z y ser accionado de manera giratoria, y guiando la parte inferior del electrodo de tubo con la guía de electrodo, suministrando el fluido de trabajo a presión desde el borde superior del electrodo hasta el portaelectrodos con la circunferencia del electrodo rodeada, mezclando gas a alta presión en el fluido de trabajo a presión que se suministra al portaelectrodos con el mecanismo de expulsión dispuesto en el portaelectrodos, suministrando el fluido de trabajo a presión incluyendo el gas al borde inferior del electrodo a través de la abertura de guía de la guía de electrodo con la circunferencia del electrodo rodeada, sujetando la pieza de trabajo en la caja de succión de vacío, realizando el mecanizado por electroerosión con el interior de la caja aplicando vacío por succión desde la parte inferior de la caja con un aparato de succión al vacío.

Lista de citas

Literatura de Patente

Literatura de Patente 1: publicaciones patente japonesa puesta a disposición del público nº H05-169322

Literatura de Patente 2: publicaciones patente japonesa puesta a disposición del público nº H05-185326

Literatura de Patente 3: publicaciones patente japonesa puesta a disposición del público nº 2001-287119

Literatura de Patente 4: publicaciones patente japonesa puesta a disposición del público nº 2004-1156

Se conoce otra técnica anterior del documento US 5 739 497 A que describe el preámbulo de la reivindicación 1. Se conoce otra técnica anterior del documento US 6 933 456 B2.

Sumario de la invención

Problema técnico

De acuerdo con la técnica mostrada en la Literatura de Patente 1 y 2, al realizar el mecanizado por electroerosión con el electrodo de tubo cuyo diámetro es de 0,2 mm o menos, bajo la influencia de la viscosidad del fluido de trabajo y el rozamiento del conducto, debido a que se reduce el fluido de trabajo a presión suministrado a través del conducto en el electrodo, y la cantidad de flujo en el espacio de mecanizado por electroerosión entre la superficie interior del orificio mecanizado y el electrodo de tubo disminuye, la descarga de las virutas mecanizadas por el fluido

de trabajo a presión se vuelve, por lo tanto, defectuosa. Debido al defecto, se produce una descarga secundaria y/o un cortocircuito, la velocidad de mecanizado por electroerosión se retrasa drásticamente, y un defecto que no puede realizar el mecanizado a alta velocidad de la característica de este tipo de dispositivo de mecanizado por electroerosión. Por lo tanto, cuando se aumenta la presión del fluido de trabajo con el fin de aumentar la cantidad de flujo de inyección del fluido de trabajo, el mecanizado se vuelve imposible ya que el tubo de forma originalmente recta se deforma y/o se desvía debido al desigual grosor de pared del tubo del electrodo de tubo.

Además, al aplicar el electrodo en forma de barra con inyección del fluido de trabajo abriéndose desde una dirección oblicua hacia la abertura en un lado de entrada del orificio mecanizado, cuando el diámetro del electrodo es igual o inferior a 0,2 mm, la descarga de las virutas mecanizadas también se vuelve defectuosa y el defecto mencionado anteriormente también ocurre de manera similar en el caso del electrodo en forma de tubo.

En la Literatura de Patente 4, se indica que la técnica mostrada en la Literatura de Patente 3 tiene el problema de que la guía de electrodo es obstruida por la intrusión de los fluidos contaminados de la zona de mecanizado en la guía de electrodo, y por lo cual se impide el movimiento largo y estable del electrodo, y la técnica mostrada en la Literatura de Patente 4 puede resolver el problema. De acuerdo con la técnica mostrada en la Literatura de Patente 3, el fluido de trabajo a alta presión 22c que fluye hacia abajo desde el portaelectrodos anterior se vuelve menor al quedar expuesta a la atmósfera y entra en la parte de embudo de la guía de electrodo, y la presión de extrusión por el fluido de trabajo acumulado en la parte del embudo permite que el fluido de trabajo fluya hacia abajo desde la guía de electrodo hacia el orificio mecanizado por electroerosión. Dado que el fluido de trabajo sin alta presión de inyección cubre densamente la superficie del electrodo, éste fluye hacia abajo, y se irradia hacia el orificio de mecanizado por electroerosión de manera que el fluido de trabajo se expande a un zona más grande que el diámetro del orificio, el fluido de trabajo a presión no entra y se suministra lo suficiente al espacio de mecanizado por electroerosión y también se acumula alrededor del orificio, y como el fluido de trabajo a presión es como la pared que impide la descarga de los residuos de mecanizado generados por el mecanizado por electroerosión del espacio de mecanizado por electroerosión, los residuos el mecanizado no se descargan lo suficiente. Esto provocó un largo tiempo de mecanizado e ineficiencia.

De acuerdo con la técnica descrita en la Literatura de Patente 4, debido a que el fluido de trabajo a presión irradiado desde la guía de electrodo hacia el orificio mecanizado por electroerosión comprende gas a alta presión, ya que el fluido de trabajo a presión se expande en gran medida antes de llegar al orificio mecanizado, el fluido de trabajo a presión no entra y se suministra de manera suficiente al espacio de mecanizado por electroerosión, y los residuos de mecanizado no se descargan lo suficiente. Esto provocó un largo tiempo de mecanizado e ineficiencia.

Además, al mecanizar el orificio mecanizado cuya profundidad es diez veces mayor que su diámetro, aplicando el electrodo en forma de barra cuyo diámetro es igual o menor que 0,15 mm, según corresponda, se aplica el movimiento de salto del electrodo conjuntamente para descargar los residuos de mecanizado junto con la boquilla del fluido de trabajo desde el lado por la abertura mediante la boquilla, el mecanizado, sin embargo, no se realiza mientras el espacio de mecanizado se agranda por el salto, ya que esto causa una reducción de la eficiencia de mecanizado, existe la necesidad de un sistema suministro que permita alcanzar la cantidad de fluido de trabajo a una presión suficiente a la parte inferior del orificio, incluso cuando la profundidad del orificio mecanizado sea grande.

Tal como se muestra en la figura 5, mediante el sistema convencional que inyecta el fluido de trabajo desde una dirección aplicando la boquilla de inyección del fluido de trabajo o agua corriente desde la parte superior del electrodo, dado que el diámetro de la boquilla o el diámetro del agua corriente es grande, la descarga de los residuos de mecanizado resulta difícil ya que el fluido de trabajo que rodea al electrodo se convierte en la cubierta cuando se descarga el fluido de trabajo y la eficiencia de mecanizado se reduce. En particular, el sistema convencional que inyecta el fluido de trabajo mediante la aplicación de la boquilla de inyección del fluido de trabajo inyecta en una dirección prevista entre la pieza de trabajo y el electrodo pero, a medida que la fuerza de inyección se divide en direcciones vectoriales entre la fuerza de presión hacia el lado del electrodo y la fuerza a lo largo de la dirección de movimiento hacia abajo del electrodo, y la parte del vector de fuerza a lo largo de la dirección de movimiento hacia abajo del electrodo va en el orificio mecanizado, y afectan a la descarga de los residuos de mecanizado. Por lo tanto, el efecto de descarga de los residuos de mecanizado por la fuerza de inyección inicial del fluido de trabajo se reduce considerablemente.

La presente invención se presenta a la vista de los puntos mencionados anteriormente, y un objetivo de la presente invención es un dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños que permita suministrar el fluido de trabajo a la zona de mecanizado por electroerosión para que los residuos de mecanizado se descarguen suavemente desde el espacio de mecanizado por electroerosión por el fluido de trabajo a presión.

Solución al problema

El objetivo se resuelve mediante el objeto de la reivindicación 1.

El dispositivo por electroerosión de orificios pequeños de la invención mencionado anteriormente retiene una parte superior del electrodo para mecanizar en forma de barra o en forma de tubo con el portaelectrodos, y la guía de electrodo guía la parte inferior del electrodo para mecanizar en la dirección del eje Z con la capa del fluido de trabajo a alta presión interpuesta cerca de la pieza de trabajo. Adicionalmente, el fluido de trabajo a alta presión extraído en la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión se inyecta desde la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión. Dado que la apertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión se regula de modo que el diámetro de su abertura es ligeramente mayor que el diámetro del electrodo para mecanizado, y el fluido de trabajo a alta presión se inyecta de manera que el flujo de inyección no se expanda tanto y rodea la superficie circunferencial del electrodo para mecanizar, el fluido de trabajo a alta presión se suministra al espacio de mecanizado por electroerosión profundamente. Por lo tanto, cuando el electrodo para mecanizado avanza respecto a la pieza de trabajo en la dirección del eje Z y se realiza el mecanizado por electroerosión, los residuos de mecanizado generados en la parte inferior del orificio mecanizado por electroerosión se incorporan en el fluido de trabajo suministrado profundamente al espacio de mecanizado por electroerosión y se arrastran suavemente desde el espacio de mecanizado por electroerosión hasta la parte de entrada del orificio por electroerosión mecanizado. A medida que el flujo de inyección que llega a la periferia de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión en la superficie de la pieza de trabajo golpea fuertemente sobre el fluido de trabajo que incluye los residuos de mecanizado y simplemente fluye del espacio de mecanizado por electroerosión a la periferia de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión, ya que el fluido de trabajo se vuelve brumoso y se dispersa por el golpe del impacto, no se produce un charco de fluido de trabajo en la periferia de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión, por lo que no se forman depósitos de adhesivo fundido en el borde de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión, y los residuos de mecanizado generados en la parte inferior del orificio mecanizado por electroerosión se descargan al exterior sin que los desechos de mecanizado se acumulen en el espacio de mecanizado por electroerosión. Adicionalmente, como el electrodo para mecanizado se enfría lo suficiente, la corriente suministrada al electrodo para mecanizado puede aumentarse drásticamente más que nunca, el tiempo de mecanizado por electroerosión puede reducirse varias veces más que nunca, y la eficiencia del mecanizado por electroerosión aumenta drásticamente. Además, en el momento de terminar la perforación, a medida que el flujo de inyección desde la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión penetra en el espacio de mecanizado por electroerosión, dado que los residuos de mecanizado adheridos al borde inferior del electrodo para mecanizado son arrastrados, no se forman depósitos de adhesivo fundido en el borde inferior del electrodo para mecanizado.

Además, el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños comprende un eje que retiene el electrodo para mecanizado, una cámara de distribución de fluido de trabajo que introduce el fluido de trabajo en el eje y que tiene una abertura de inyección, en el que el electrodo para mecanizado pasa a través de la cámara de distribución de fluido de trabajo, un depósito de fluido dispuesto sobre la guía de electrodo, que recibe el fluido de trabajo a presión y distribuye el fluido de trabajo a presión, en el que el fluido de trabajo a presión es inyectado desde la abertura de inyección de la cámara de distribución de fluido de trabajo y rodea el electrodo para mecanizado y fluye hacia abajo, y en el que un conducto del electrodo para mecanizado puede comunicarse con el depósito de fluido cuando el electrodo para mecanizado es un electrodo en forma de tubo, y un depósito de reserva de fluido que recibe un fluido desbordado del depósito de fluido a través de un tubo de fluido desbordado 52. De acuerdo con esta composición, la parte del electrodo para mecanizar desde el portaelectrodos hasta la guía de electrodo puede enfriarse con la parte rodeada por el flujo de inyección del fluido de trabajo a alta presión, y el fluido de trabajo a alta presión puede suministrarse al espacio interno del electrodo cuando el electrodo para mecanizado es un electrodo de tubo. Adicionalmente, puede suministrarse una gran cantidad del fluido de trabajo a alta presión desde la bomba de fluido de trabajo al portaelectrodos, y puede inyectarse una gran cantidad del flujo de inyección del fluido de trabajo a alta presión desde el portaelectrodos con el electrodo para mecanizar que es el electrodo en forma de barra o el electrodo en forma de tubo rodeado, y la parte del electrodo para mecanizar desde el portaelectrodos hasta el depósito de fluido se enfría suficientemente. Alrededor del electrodo para mecanizado, el enfriamiento de la parte para realizar la descarga eléctrica con la pieza de trabajo además del borde inferior del electrodo también permite que pase una elevada corriente hacia el electrodo para mecanizado.

Preferiblemente, en la realización mencionada anteriormente, el fluido de trabajo en el depósito de reserva de fluido se divide para que sea el fluido de trabajo a presión y el fluido de trabajo a alta presión, y se hace circular mediante una bomba de fluido de trabajo.

De acuerdo con esta composición, el fluido de trabajo a presión y el fluido de trabajo a alta presión pueden suministrarse bombeando el fluido de trabajo reservado en el depósito de reserva de fluido con solamente una bomba, y la presión del fluido de trabajo a presión y la presión del fluido de trabajo a alta presión pueden establecerse después de la bifurcación, el control de ajuste de la presión del fluido de trabajo y el control de la cantidad de flujo son fáciles, y el sistema de circulación del fluido de trabajo puede simplificarse.

Preferiblemente, en la realización mencionada anteriormente, el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños comprende, además, un indicador de establecimiento de presión que establece una presión de fluido de trabajo a alta presión que se extrae de la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión para que sea igual o superior a 3MPa, y se establece una presión del flujo de inyección en un estado tal que rodea el electrodo para mecanizado entre la guía de electrodo y un borde inferior del electrodo para que sea igual o superior a 3MPa.

De acuerdo con esta composición, cuando la presión del fluido de trabajo a alta presión es de 3MPa o más, incluso en la etapa de mecanizado en la que el orificio mecanizado por electroerosión se hace más profundo, el fluido de trabajo a alta presión puede suministrarse suavemente al espacio de mecanizado por electroerosión entre la superficie interior del orificio mecanizado por electroerosión y el electrodo para mecanizar, y pueden arrastrarse los residuos de mecanizado generados en la parte inferior del orificio mecanizado por electroerosión. Por lo tanto, incluso si el orificio mecanizado por electroerosión es profundo y pequeño, éste puede mecanizarse en poco tiempo.

Preferiblemente, en la realización mencionada anteriormente, la cámara de entrada del fluido de trabajo a alta presión es una parte hueca de la guía de electrodo, y el fluido de trabajo a alta presión avanza hacia la parte hueca a través de un conducto de fluido dispuesto en el bloque de alojamiento que sostiene la guía de electrodo exponiendo el borde inferior de la guía de electrodo, y en el que la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión queda dispuesta en un borde inferior de la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión de la parte hueca de la guía de electrodo. De acuerdo con esta composición, puede extraerse una gran cantidad del fluido de trabajo a alta presión en la parte hueca de la guía de electrodo, el flujo de inyección del fluido de trabajo a alta presión que se inyecta desde la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión en el borde inferior del espacio tubular se suministra desde la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión que tiene un diámetro aproximadamente igual al diámetro de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión hasta el espacio de mecanizado eléctrico de modo que el flujo de inyección no se expande tanto con el electrodo para mecanizar rodeado en la parte desde la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión hasta el borde inferior del electrodo. Por lo tanto, incluso si el orificio mecanizado por electroerosión es profundo y pequeño, éste puede mecanizarse en poco tiempo.

Preferiblemente, en la realización mencionada anteriormente, la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión queda dispuesta en el bloque de alojamiento que sostiene la guía de electrodo y se extiende a lo largo de la circunferencia de la guía de electrodo hasta el borde inferior de la guía de electrodo, y en el que la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión queda dispuesta concéntricamente cerca del lado inferior de la guía de electrodo de la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión. De acuerdo con esta composición, puede extraerse una gran cantidad del fluido de trabajo a alta presión en el espacio de la circunferencia de la guía de electrodo, el flujo de inyección del fluido de trabajo a alta presión inyectado desde la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión en el borde inferior de la cámara de entrada del fluido de trabajo a alta presión se suministra al espacio de mecanizado por electroerosión de modo que la inyección fluye desde la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión que tiene un diámetro aproximadamente igual al diámetro de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión y el flujo de inyección no se expande tanto. Por lo tanto, incluso si el orificio mecanizado por electroerosión es profundo y pequeño, éste puede mecanizarse en poco tiempo.

Preferiblemente, en la realización mencionada anteriormente, el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños comprende, además, una boquilla de aire que inyecta aire o gas inactivo para arrastrar fluido de trabajo brumoso dispersado y/o un segmento de licuefacción que incluye restos de mecanizado generados antes y/o después del mecanizado, y un equipo de recuperación de fluido de trabajo inyectado para recuperar el fluido de trabajo dispersado y/o el segmento de licuefacción eliminado.

De acuerdo con esta realización, el fluido de trabajo brumoso dispersado y el segmento licuado que incluye los residuos de mecanizado no se interrumpen, el fluido de trabajo que incluye los residuos de mecanizado se descarga suavemente desde el espacio de mecanizado por electroerosión, y se evita la formación de depósito de adhesivo fundido en el borde de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión.

Efectos ventajosos de la invención

De acuerdo con la presente invención, es posible disponer un dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños en el cual pueda suministrarse fluido de trabajo a alta presión a la pieza de trabajo, en un espacio de mecanizado por electroerosión a gran profundidad y en grandes cantidades a lo largo de la circunferencia del electrodo, reduciendo el suministro a la periferia de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión en la superficie de la pieza de trabajo, mediante el cual pueden descargarse residuos de mecanizado generados por el mecanizado por electroerosión en la parte inferior del orificio mecanizado por electroerosión suavemente desde el espacio de mecanizado por electroerosión. Por lo tanto, incluso al formar un orificio o orificios que tiene(n) un diámetro relativamente pequeño o fino en condiciones de trabajo atmosféricas mediante mecanizado por

electroerosión a alta velocidad, los restos de mecanizado pueden descargarse del espacio de mecanizado por electroerosión suavemente, y es posible llevar a cabo el mecanizado por electroerosión estable a una velocidad extremadamente elevada y reducir significativamente el tiempo de mecanizado, lo que permite mejorar la eficiencia de trabajo y reducir significativamente los costes de mecanizado del orificio comparativamente pequeño en la línea de producción en masa.

Breve descripción de los dibujos

Figura 1: Vista de composiciones ilustrada de una realización del dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños de la primera realización de la presente invención.

Figura 2: Vista en sección transversal ampliada de la sección principal del dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños ilustrado en la figura 1.

Figura 3: Vista en sección transversal ampliada de la sección principal del dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños ilustrado en la figura 1.

Figura 4: Vista en sección transversal ampliada de la sección principal que muestra el estado de inyección del fluido de trabajo del dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños ilustrado en la figura 1.

Figura 5: Vista en sección transversal ampliada de la sección principal que muestra el estado de inyección por la apertura de inyección de fluido de trabajo en el mecanizado por electroerosión para formación de orificio.

Figura 6: Vista en sección transversal ampliada de la guía aplicada al dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños de esta invención como guía de inyección de fluido de trabajo y guía de electrodo para el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños.

Figura 7: Vistas en perspectiva de cinco realizaciones de las guías de electrodo adoptadas en el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños ilustrado en la figura 1.

Figura 8: Vista en sección transversal ampliada de una sección principal del dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños de la segunda realización de la presente invención.

Figura 9: Vista en sección transversal que muestra el flujo del fluido de trabajo a alta presión en la sección principal del dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños ilustrado en la figura 8.

Figura 10: Vista en sección transversal de la guía de electrodo en la sección A-A de la sección principal del dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños ilustrado en la figura 8.

Figura 11: Vistas en perspectiva de dos realizaciones de las guías de electrodo adoptadas en el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños ilustrado en la figura 8.

Figura 12: Gráfica que muestra datos sobre el valor apropiado de la distancia entre la guía de electrodo y la pieza de trabajo en condiciones de mecanizado a baja velocidad de mecanizado.

Figura 13: Gráfica que muestra un resultado experimental relacionado con las variaciones de rendimiento frente a las variaciones de presión de inyección de fluido de trabajo.

Figura 14: Gráfica que muestra un resultado experimental relacionado con las variaciones en el rendimiento del mecanizado frente a las variaciones de presión del fluido de trabajo.

Figura 15: Gráfica comparada entre la máquina normal convencional y la máquina prototipo de la presente invención.

Figura 16: Gráfica que muestra una relación entre variaciones de espacio de guía de electrodo (un lado μm) y el rendimiento de mecanizado relacionado con el mecanizado por electroerosión con el dispositivo de la presente invención.

Figura 17: Gráfica que compara los estados de progreso del mecanizado por electroerosión con el dispositivo convencional y el dispositivo de la presente invención.

Figura 18: Gráfica que muestra variaciones en el índice de desgaste frente a variaciones de profundidad de mecanizado por el dispositivo de mecanizado por electroerosión y variaciones de velocidad de mecanizado.

Descripción de realizaciones

A continuación, se explica el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños de una realización de la presente invención haciendo referencia a los dibujos.

Primera realización

La figura 1 es una vista de una composición completa de una primera realización de un dispositivo de mecanizado de descarga de orificios pequeños, la figura 2 es una vista en sección transversal ampliada de la sección principal, y la figura 3 es otra vista en sección transversal ampliada de la sección principal.

El dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños 1 de la presente realización comprende un eje giratorio 8 dispuesto de manera móvil en la dirección de un eje Z y de manera giratoria, y recibe y sostiene una parte superior de un portaelectrodos 10, cuya parte superior del portaelectrodos 10 queda alojada en el eje giratorio 8 y sujeta por el mismo y sostiene un borde superior de un electrodo para mecanizado 11 que es un electrodo en forma de barra o un electrodo en forma de tubo como unidad de pinza, una guía de electrodo 13 que guía un borde inferior

del electrodo 11 a través una capa de fluido de trabajo en la dirección del eje Z, una cámara de distribución de alta presión 8a dispuesta en el eje giratorio 8 y un fluido de trabajo a presión extraído desde una bomba de fluido de trabajo 21 a través de una unión giratoria 5, un depósito de fluido 15 dispuesto sobre un bloque de alojamiento 17 que aloja y sostiene la guía de electrodo 13 y recibe el fluido de trabajo que se inyecta desde una abertura de inyección 8b en un borde inferior de la cámara de distribución de fluido de trabajo a presión 8a y que fluye hacia abajo a lo largo y rodeando el electrodo para mecanizado 11, una cámara de entrada de fluido de alta presión 9 en el bloque de alojamiento 17 que se comunica con el depósito de fluido 15 y que recibe el fluido de trabajo a alta presión 22c de la bomba de fluido de trabajo 21, y una abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión 9a dispuesta en un borde inferior de la cámara de entrada del fluido de trabajo a alta presión 9 y que suministra un flujo de inyección del fluido de trabajo a alta presión 22c a un espacio de mecanizado por electroerosión, de manera que el flujo de inyección del fluido de trabajo a alta presión que tiene un diámetro que es aproximadamente igual a un diámetro 35a de una parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión dispuesto en una pieza de trabajo 14 por el mecanizado por electroerosión de orificios pequeños no se expande tanto. En este caso, dado que el eje giratorio se utiliza como eje en la presente realización, el cual no está unido por éste, el eje puede ser un eje no giratorio.

El dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños 1 de esta realización comprende, como sistema de circulación del fluido de trabajo, una bomba de fluido de trabajo 21, una válvula de ajuste de presión 46 para inyección por tubo, una válvula de ajuste de presión 45 para la guía de inyección de fluido de trabajo, y un depósito de reserva de fluido 40. El dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños 1 de esta realización también comprende, como sistema de control de fuente de alimentación, una unidad de control 44, una servo unidad 39, una fuente de alimentación pulsada 36 para el mecanizado, un equipo de CN 42, y un motor de accionamiento 43.

El portaelectrodos 10 se sujeta mediante el eje giratorio 8 en una sección de cabeza 25. La sección de cabeza 25 queda sujeta en una parte saliente de un borde superior de una columna 24 de un bastidor, que está compuesto por una plataforma de base 23 y una columna 24 dispuesta verticalmente sobre la plataforma de base 23.

La sección de cabeza 25 incluye un bastidor en forma de L compuesto por una placa de eje Z 26 sujeta a la columna 24 y una placa de guía fija 12 que tiene un borde sujeto a un borde inferior de la placa de eje Z 26, un carril 27 dispuesto en la placa de eje Z 26, una corredera 28 acoplada al carril 27 y guiada hacia la dirección del eje Z (dirección vertical), y una mesa de elevación 7 cuyo borde proximal queda sujeto a la corredera 28 y se extiende en una dirección horizontal, pudiéndose mover la mesa de elevación 7 en la dirección del eje Z (dirección vertical).

La sección de cabeza 25 comprende un indicador de accionamiento que mueve la mesa de elevación 7 en la dirección Z en un borde superior de la placa de eje Z 26. Es decir, un eje de tornillo de avance 34 está unido de manera giratoria e inmóvil en una dirección axial a una placa de montaje 29 que tiene un borde sujeto al borde superior de la placa de eje Z 26 con su borde y extendiéndose horizontalmente, y el eje de tornillo de avance 34 se atornilla con un aprieta tuercas sujeto en una abertura de penetración formada en la mesa de elevación 7. Adicionalmente, se dispone un servomotor 3 y un giro del servomotor 3 se transmite al tornillo de avance 34 a través de una polea 31 acoplada a un eje de salida 33 del servomotor 3, una correa 32, una polea 30 acoplada al tornillo de avance 34. Por lo tanto, la mesa de elevación 7 es guiada a lo largo del carril 27 y se mueve en la dirección del eje Z mediante el servomotor 3 que gira el tornillo de avance 34. El portaelectrodos 10 está dispuesto en un borde inferior de la mesa de elevación 7 y sostiene el borde superior del electrodo 11 cuando se inserta un borde superior del electrodo para mecanizar 11 en el portaelectrodos 10 hacia arriba, y el electrodo para mecanizar 11 gira mediante el motor 4 dispuesto en la mesa de elevación 7.

La pieza de trabajo 14 queda situada y sujeta en el equipo de mesa móvil X-Y 62 dispuesto en la plataforma base 23. La mesa móvil XY 62 tiene un motor de eje X MX y un motor de eje Y MY accionados por señales de accionamiento del motor de accionamiento 43 generadas conforme a las señales del equipo de CN 43, la pieza de trabajo 14 se mueve a la posición en el plano X-Y perpendicular a la dirección del eje Z, y una posición para formar el orificio en la pieza de trabajo 14 puede quedar situada de manera opuesta al electrodo para mecanizado 11 de manera precisa.

Cuando el electrodo para mecanizado 11 se encuentra cerca de la superficie de entrada de la pieza de trabajo 14 al descender el electrodo 11 en la dirección del eje Z hacia la superficie, se produce una caída de tensión de un pulso para el mecanizado y se establece un punto original para el mecanizado. Si el electrodo para mecanizado 11 y la pieza de trabajo 14 se sitúan con precisión, el mecanizado por electroerosión puede comenzar, y si el electrodo para mecanizado 11 y la pieza de trabajo 14 no se sitúan con precisión, el mecanizado por electroerosión comienza después del posicionamiento en el plano X-Y.

Si el electrodo para mecanizar 11 es un electrodo de tubo, el fluido de trabajo a presión 22b extraído en la cámara de distribución de fluido de trabajo a presión 8a se envía directamente a la parte inferior del orificio mecanizado por

electroerosión 14a desde un borde inferior del electrodo 11 a través de un conducto de paso hueco. Una parte inferior de la cámara de distribución de fluido de trabajo a presión 8a es una abertura de inyección 8b cerca de una superficie de sujeción del electrodo del portaelectrodos 10, y la abertura de inyección 8b es perforada en una dirección longitudinal, incluso si el electrodo para mecanizar 11 es el electrodo de tubo o el electrodo en forma de barra, la abertura de inyección 8b realiza un flujo concentrado del fluido de trabajo a presión que tiene un diámetro relativamente grande en su borde inferior, y el flujo rodea y enfría el electrodo para mecanizar 11 hacia abajo, hacia la guía de electrodo 13. El flujo del fluido de trabajo a presión 22b entra en el depósito de fluido 15.

El depósito de fluido 15 está soportado por una superficie superior de un borde saliente de la placa de guía fija 12, y recibe el fluido de trabajo que rodea el electrodo para mecanizado 11 y que fluye hacia abajo y es inyectado desde la cámara de distribución de fluido de trabajo a presión 8a. El depósito de fluido 15 está comunicado para el paso de fluido con el depósito de reserva de fluido 40 dispuesto por debajo a través de una manguera de fluido desbordado 52, y el fluido de trabajo es desbordado hacia el depósito de reserva de fluido 40. Incluso si el depósito de fluido 15 tiene un volumen requerido y una gran cantidad de fluido de trabajo a presión se dirige hacia la cámara de distribución de fluido de trabajo a presión 8a y también recibe una gran cantidad de fluido de trabajo a presión al depósito de fluido 1, el nivel de la superficie del fluido se mantiene constante al fluir hacia abajo el fluido desbordado desde el depósito de fluido 15 hacia el depósito de reserva de fluido 40.

Si una parte del electrodo para mecanizado 11 superior a una pieza de guía superior 13c se encuentra en una atmósfera de gas, el electrodo para mecanizado 11 se quema si se aplica mucha corriente eléctrica al electrodo. Además, debido a que se produce una inyección de fluido de trabajo a alta presión 22 desde el espacio entre la pieza de guía superior 13c y el electrodo, y por encima del mismo, si la distancia entre el portaelectrodos 10 y la pieza de guía superior 13c es relativamente grande, el electrodo vibra y flexiona. Por lo tanto, cuando se dispone el depósito de fluido 15, el fluido de trabajo a alta presión 22c del depósito de fluido 15 absorbe la fuerza de inyección del fluido de trabajo sobre la guía en una dirección hacia arriba y, como que el depósito de fluido 15 se desborda, el mecanizado por electroerosión estable puede realizarse a alta velocidad aplicando mucha corriente eléctrica al electrodo para mecanizado 11 incluso en una atmósfera de gas.

Tal como se muestra en la figura 6, la guía de electrodo 13 está formada de modo que es un cuerpo hueco, y la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión 9 es la parte hueca de la guía de electrodo 13 en esta realización. El conducto 12a está dispuesto en la placa fija de guía 12 como conducto de extracción de fluido de trabajo a alta presión para introducir el fluido de trabajo a alta presión 22c a la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión 9, que es la parte hueca, en el bloque de alojamiento 17 queda dispuesto un conducto de fluido 17a sujeto en una superficie inferior del borde saliente de la placa de guía fija 12, se dispone un conducto penetrado 13a y se comunica con la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión 9 que se comunica con el conducto de fluido 17a y es la parte hueca en el centro del lado de la guía de electrodo 13. Adicionalmente, dado que se dispone una pieza de guía inferior 13b que tiene la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión 9a en un borde inferior de la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión 9 que es la parte hueca de la guía de electrodo 13, tal como se muestra en la figura 3, el bloque de alojamiento recibe la guía de electrodo 13 con el borde inferior de la guía de electrodo 13 expuesto. Es decir, en la parte del borde inferior de la guía de electrodo 13 queda expuesta una cubierta de cabeza 17b. Aquí, el conducto penetrado 13a es una sección transversal circular, rectangular o elíptica, y no sólo tiene la función de extracción del fluido de trabajo a alta presión 22c, sino que también la función de salida para extracción y descarga del electrodo 11 roto en la guía de electrodo 13 y/o los residuos de mecanizado, y se prefiere que el conducto penetrado 13a sea lo más grande posible dentro del rango que permita la resistencia mecánica del electrodo 13.

Tal como se muestra en la figura 6, la cámara de entrada del fluido de trabajo a alta presión 9 presenta un diámetro varias veces mayor que el diámetro del electrodo, y la pieza de guía inferior 13b y la pieza de guía superior 13c quedan sujetas concéntricamente a la parte hueca, a medida que se aprieta el borde inferior y el borde superior. En esta realización, la pieza de guía inferior 13b que sostiene la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión 9a pasa por el electrodo 11 a través del mismo, presenta un diámetro ligeramente mayor que el diámetro del electrodo de modo que se dispone un espacio igual o menor que, por ejemplo, 2 μm alrededor del electrodo para mecanizado 11, tiene una superficie de borde superior en forma de embudo, tiene la función de guía de electrodo para mecanizado 11 en la dirección del eje Z de manera que en el pequeño espacio queda interpuesta una capa de fluido del fluido de trabajo a alta presión 22c, y expulsa el fluido de trabajo a alta presión 22c en la parte hueca en una dirección hacia abajo con dicha función de guiado de la capa de fluido para que sea un flujo de inyección fino que rodee el electrodo para mecanizado 11. Por lo tanto, dado que el espacio entre la abertura de la pieza de guía inferior 13b pasa por el electrodo para mecanizado 11 y el electrodo para mecanizado 11 es la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión 9a, y el diámetro de la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión 9a se regula para que tenga un diámetro ligeramente mayor que el diámetro del electrodo para mecanizado 11, el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños tiene una función de guía de radiación que suministra un flujo de inyección de fluido de trabajo a alta presión 22c con un diámetro aproximadamente igual a un diámetro 35a de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión por el mecanizado por electroerosión

de orificios pequeños que se suministra al espacio de mecanizado por electroerosión para que el flujo de inyección no se expanda tanto.

La pieza de guía superior 13c pasa a través del electrodo para mecanizado 11, presenta un diámetro ligeramente mayor que el diámetro del electrodo de modo que se dispone un espacio alrededor del electrodo para mecanizado 11, tiene una superficie de borde superior dispuesta en forma de embudo, tiene una función de guía del electrodo para mecanizado 11 en la dirección del eje Z de manera que en el pequeño espacio queda interpuesta una capa de fluido del fluido de trabajo a alta presión 22c. Un diámetro interior de la pieza de guía superior 13c también puede ser algo mayor que un diámetro interior de la pieza de guía inferior 13b.

Tal como se muestra en la figura 1, la bomba de fluido de trabajo 21 bombea el fluido de trabajo 22 del depósito de reserva de fluido 40 y lo hace circular de modo que el fluido de trabajo 22 bifurca el fluido de trabajo a presión 22b suministrado a la cámara de distribución de fluido de trabajo a presión 8a y el fluido de trabajo a alta presión 22c suministrado a la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión 9. Es decir, la presión del fluido de trabajo 22a suministrado se controla desde la bomba de fluido de trabajo 21 para que sea el fluido de trabajo a presión 22b mediante la válvula de ajuste de presión 46 para inyección por tubo, el fluido de trabajo a presión 22b se extrae a la cámara de distribución de fluido de trabajo a presión 8a en el portaelectrodos 10, la presión del flujo bifurcado del fluido de trabajo 22a suministrado se controla desde la bomba de fluido de trabajo 21 mediante la válvula de ajuste de presión 45 para que la guía de inyección de fluido de trabajo sea un fluido de trabajo a alta presión 22c, de modo que su presión sea mayor que la presión de fluido del fluido de trabajo a presión 22b, y el fluido de trabajo a alta presión 22c se dirige hacia la cámara de entrada del fluido de trabajo a alta presión 9, que es la parte hueca de la guía de electrodo 13. Esto resulta muy eficaz para suministrar el fluido de trabajo a alta presión 22c al espacio de mecanizado por electroerosión 35b profundamente y descargar los residuos de mecanizado de modo que la presión del fluido del fluido de trabajo a alta presión 22c sea igual o superior a 3MPa, y que la presión del fluido de inyección en un estado tal que el fluido de trabajo a alta presión 22c rodea el electrodo 11 desde la guía de electrodo 13 hasta el borde inferior del electrodo sea igual o superior a 3MPa. Por lo tanto, la válvula de ajuste de presión 45 para la guía de inyección de fluido de trabajo se establece a una presión igual o superior a 3Mpa.

Cuando la presión del fluido de trabajo a alta presión 22c es igual o superior a 3Mpa, la inyección de fluido de trabajo que pasa a través del electrodo para mecanizado 11 en la pieza de guía inferior 13b da un impulso que convierte el fluido de trabajo en una pulverización al fluido de trabajo a alta presión 22c, cuando la inyección de fluido de trabajo golpea sobre una superficie de un material metálico y similar en de 10 mm en la dirección de inyección. El depósito de fluido 15 queda dispuesto sobre la pieza de guía superior 13c, hacia la cual fluye el fluido de trabajo a alta presión. El nivel de fluido de trabajo en el depósito de fluido 15 varía según la presión del fluido de trabajo a alta presión 22c, y se ajusta de manera que una parte del electrodo para mecanizado 11 desde el portaelectrodos 10 hasta la pieza de guía superior 13c queda sumergido. Por lo tanto, el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños tiene una función que evita la vibración del electrodo y la inflexión del electrodo cuando el electrodo se mueve verticalmente para mecanizar, y enfriar la parte del electrodo desde el portaelectrodos 10 hasta la pieza de guía superior 13c. En el método mencionado anteriormente para enfriamiento del electrodo, el dispositivo de mecanizado por electroerosión puede triplicar la corriente en el electrodo para mecanizado 11 para establecer el pulso de mecanizado en comparación con el convencional, y puede realizar el mecanizado por electroerosión de perforación a alta velocidad.

La cámara de distribución de fluido de trabajo a presión 8a dispuesta en el portaelectrodos 10 inyecta el fluido de trabajo a presión 22b suministrado desde la bomba de fluido de trabajo 21 hacia la guía de electrodo 13 con el electrodo 11 retenido por el portaelectrodos 10 rodeado, y se suministra el fluido de trabajo a presión al espacio interior del electrodo cuando el electrodo para mecanizado 11 es el electrodo en forma de tubo.

La cámara de entrada de alta presión 9 dispuesta en la guía de electrodos 13 recibe el fluido de trabajo a presión del flujo de inyección que llega a la guía de electrodo 13, de modo que el electrodo para mecanizado 11 está rodeado desde el portaelectrodos 10 hasta la guía de electrodos 13 por el flujo de inyección, recibe el fluido de trabajo a alta presión 22c a una presión más elevada que el fluido de trabajo a presión a través de un canal de suministro de fluido de trabajo a alta presión 51, y convierte el fluido de trabajo a alta presión 22c en flujo de inyección que rodea la parte del electrodo para mecanizado 11 desde la guía de electrodo 13 hasta el borde inferior del electrodo. La cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión 9 tiene la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión 9a que tiene un diámetro aproximadamente igual al diámetro 35a de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión dispuesta por el mecanizado por electroerosión de orificios pequeños, y tiene una función que el flujo de inyección del fluido de trabajo a alta presión 22c inyectado desde la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión 9a suministrada al espacio de mecanizado por electroerosión 35b de modo que el flujo de inyección no se expande tanto.

El dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños comprende una boquilla de aire 16 que inyecta aire o gas inerte para expulsar el fluido de trabajo dispersado y el segmento de licuefacción generado antes

y después del mecanizado, incluyendo los residuos de mecanizado, un equipo de recuperación de fluido de trabajo inyectado 20 para recuperar el fluido de trabajo dispersado y el segmento de licuefacción expulsado por la boquilla de aire 16. El equipo de recuperación de fluido de trabajo inyectado 20 para recuperar el fluido de trabajo dispersado se sujeta a la superficie inferior de la placa de guía fija 12, y la boquilla de aire queda sujeta de manera similar. El dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños comprende un equipo de suministro de aire a presión 47 (por ejemplo, un compresor de aire), una válvula de ajuste de volumen de aire inyectado 48, una válvula de ajuste de volumen de flujo de succión de aire 49, un generador de vacío 50, para expulsar el aire o el gas inerte de la boquilla de aire 16 y que realiza una succión de presión negativa con el equipo de recuperación de fluido de trabajo inyectado 20. En caso de que el gas inerte sea inyectado desde la boquilla de aire 16, se dispone un cilindro de aire no mostrado en los dibujos. La humedad atrapada por el generador de vacío 50 fluye hacia el depósito de reserva de fluido 40. El equipo de suministro de aire a presión 47 se controla a través de señales de control desde un indicador de procesamiento de decisiones 44c de una unidad de control 44.

La fuente de alimentación pulsada 36 para el mecanizado está conectada eléctricamente al eje giratorio 8 por medio del cepillo conductor 6 a través de una línea de salida 37, de modo que el electrodo 11 es un ánodo y la pieza de trabajo 14 es un cátodo, y está conectada eléctricamente a la pieza de trabajo 14 a través de una línea de salida 38, por lo que se aplica una tensión pulsada para el mecanizado al espacio de mecanizado por electroerosión 35b situado entre una superficie del borde inferior del electrodo para mecanizar 11 y una parte opuesta a la superficie del borde inferior del electrodo de la pieza de trabajo 14. Aquí, el electrodo para mecanizado 11 puede conectarse para invertir sus polaridades dependiendo de sus materiales.

Durante el mecanizado por electroerosión, el fluido de trabajo se inyecta, el electrodo para mecanizado 11 se mueve en la dirección del eje Z respecto a la pieza de trabajo 14 mediante la servo unidad 39, y el espacio de mecanizado por electroerosión 35b se mantiene en un espacio apropiado. La servo unidad 39 tiene un s circuito servo y un servo accionador y envía el pulso emitido desde la fuente de alimentación pulsada 36 para el mecanizado en base a las señales del equipo de CN 42, y el servomotor 3 se controla y se acciona. El desplazamiento de la mesa de elevación 7 que se mueve hacia arriba y hacia abajo mediante el accionamiento giratorio del servomotor 3 se detecta como la cantidad de pulso por un codificador giratorio 2, la cantidad de pulso se envía a un medio de medición de posición de movimiento de electrodo en la unidad de control 44, y la posición de movimiento del electrodo se detecta constantemente y los datos se envían o se comparan con un procesamiento de memoria y un indicador de procesamiento de comparación 44b.

La unidad de control 44 comprende un medio de medición de posición de movimiento del electrodo 44a, un procesamiento de memoria y un indicador de procesamiento de comparación 44b utilizando un microordenador, y el indicador de procesamiento de decisiones 44c utilizando un microordenador.

Los medios de medición de posición de movimiento del electrodo 44a detectan el desplazamiento (el desplazamiento del electrodo) de la mesa de elevación 7 que se mueve hacia arriba y hacia abajo mediante el servomotor 3 con el codificador rotatorio 2, y envía la cantidad de pulso de salida correspondiente al desplazamiento. De este modo, la posición actual del borde inferior del electrodo que realiza el mecanizado por electroerosión se detecta constantemente, y se envía una señal de posición al procesamiento de memoria y el indicador de procesamiento de comparación 44b.

El procesamiento de memoria y un indicador de procesamiento de comparación 44b comprende un indicador para comparar una posición inicial de inyección de fluido de trabajo que pasa a través del interior del electrodo en forma de tubo, un indicador para comparar una posición comienzo de inyección del fluido de trabajo a alta presión 22c desde la abertura del fluido de trabajo a alta presión 9a, un indicador para comparar una posición de terminación de mecanizado, un indicador para comparar una posición de parada de inyección para el fluido de trabajo desde el electrodo, y un indicador para comparar una posición de parada de inyección para el fluido de trabajo a alta presión 22c desde la abertura de fluido de trabajo a alta presión 9a, por lo que se envían señales de control necesarias al indicador de procesamiento de decisiones 44c cuando los umbrales establecidos en cada uno de los indicadores son iguales a las señales de los medios de medición de posición de movimiento del electrodo 44a.

El indicador de procesamiento de decisiones 44c comprende un indicador de control de mecanizado y avance del eje, un indicador de control del tiempo de suministro de aire a presión, un indicador para decidir el aumento o la disminución de una presión de la bomba de fluido de trabajo, un indicador de control de la válvula de ajuste de la presión del fluido de trabajo a presión, y un indicador de control de la válvula de ajuste de la presión del fluido de trabajo a alta presión 22c, de modo que se envían señales de control a cada uno de los sistemas de circulación de fluido de trabajo, el sistema de suministro de aire a presión y el sistema de control de alimentación. Es decir, el indicador de procesamiento de decisiones 44c envía una señal de activación y/o parada para la bomba de trabajo 21, la señal de ajuste de presión para la válvula de ajuste de presión 46 para la inyección por tubo y la válvula de ajuste de presión 45 para la guía de inyección de fluido de trabajo, señal de apertura y/o cierre de la válvula, una señal de activación y/o parada para el equipo de suministro de aire a presión 47, señal de indicación de

desplazamiento en la dirección del eje Z para la servo unidad 39, una señal de control para la fuente de alimentación pulsada 36 y una señal de control para el equipo de CN 42. El indicador de procesamiento de decisiones 44c aplica la tensión pulsada necesaria al espacio de mecanizado por electroerosión 35b, envía una señal de servo control sv para controlar el espacio de mecanizado por electroerosión para que sea un valor óptimo necesario. La señal F que indica el estado del espacio de mecanizado por electroerosión 35b se envía desde la fuente de alimentación pulsada 36 a la unidad de control 44, la señal de servo control sv se envía al servomotor 3, por lo tanto, se controla una cantidad de avance del electrodo para mecanizado 11 en la dirección del eje Z. La tensión pulsada para el mecanizado se aplica desde la fuente de alimentación de impulsos 36 al espacio de mecanizado por electroerosión 35b situado entre el electrodo para mecanizado 11 y la pieza de trabajo 14 a través de la línea de salida 37, 38.

Durante el mecanizado, el electrodo para mecanizado 11 gira mediante el motor de giro del electrodo 4, y se mueve en la dirección del eje Z mediante el servomotor 3, durante todo ese tiempo, la parte de la punta del electrodo es guiada por la guía de electrodo 13 y se retiene la posición precisa contra la pieza de trabajo 14.

Cuando el electrodo para mecanizado 11 desciende en la dirección del eje Z y queda cerca de la superficie de entrada de la pieza de trabajo 14, se produce una caída de tensión del pulso para el mecanizado y se establece el punto original para el mecanizado. Después, en el equipo de mecanizado por electroerosión de CN, la zona de mecanizado se desplaza y puede iniciarse el mecanizado por electroerosión, o el mecanizado por electroerosión puede iniciarse directamente.

La junta 55 es un elemento de sellado, que se utiliza como junta tórica. La junta 56 es el bloque en forma de cuenco, y la referencia 59 indica un tapón de inserción.

El dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños mencionado anteriormente retiene la parte superior del electrodo para mecanizar en forma de varilla o en forma de tubo con el portaelectrodos, y guía la parte inferior del electrodo para mecanizar en la dirección del eje Z cerca de la pieza de trabajo 14 con la guía de electrodo con la capa del fluido de trabajo a alta presión 22c interpuesta. Después, el fluido de trabajo a alta presión 22c introducido en la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión 9 se inyecta desde la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión 9a. La abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión 9a se regula en un diámetro ligeramente mayor que el diámetro del electrodo para mecanizado, y se evita que el flujo de inyección se expanda tanto, e inyecta el fluido de trabajo a alta presión 22c de manera que el flujo de inyección rodea la circunferencia del electrodo para mecanizado, el fluido de trabajo a alta presión 22c se suministra al espacio de mecanizado por electroerosión 35b profundamente. Por lo tanto, el mecanizado eléctrico de orificios pequeños se realiza avanzando relativamente el electrodo para mecanizado en la dirección del eje Z con el electrodo para mecanizado girado, por lo que los residuos de mecanizado que se producen en la parte inferior del orificio mecanizado por electroerosión son absorbidos por el fluido de trabajo suministrado al espacio de mecanizado por electroerosión 35b profundamente y es arrastrado hacia la parte de entrada del orificio por electroerosión mecanizado suavemente. Dado que el flujo de inyección que llega desde la abertura 9a de inyección de fluido de trabajo a alta presión hasta la periferia de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión en la superficie de la pieza de trabajo, golpea fuertemente el fluido de trabajo, incluyendo los residuos de mecanizado que salen del espacio de mecanizado por electroerosión 35b en la periferia de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión, se dispersa en estado brumoso en el momento del impacto, dado que no se dispone un charco de fluido de trabajo en la periferia de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión y el depósito de adhesivo fundido no se dispone en el borde de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión, los residuos de mecanizado generados en la parte inferior del orificio mecanizado por electroerosión no se acumulan en el espacio de mecanizado por electroerosión 35b y se retiran suavemente. Adicionalmente, dado que el electrodo para mecanizado se enfría suficientemente, debido a que la corriente suministrada al electrodo para mecanizado puede ser sustancialmente mayor que nunca, el tiempo de mecanizado por electroerosión se reduce y es varias veces menor que nunca y la eficiencia del mecanizado por electroerosión se mejora sustancialmente. Además, debido a que, en el punto de acabado de la formación del orificio, el flujo de inyección desde la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión 9a penetra a través del espacio de mecanizado por electroerosión, los residuos de mecanizado adheridos en el lado del electrodo se eliminan y el depósito de adhesivo fundido no se dispone en el borde inferior del electrodo para mecanizado.

Tal como se muestra en la figura 4, debido a que el fluido de trabajo a alta presión 22c se inyecta desde el espacio que hay entre el electrodo para mecanizado 11 y la pieza de guía inferior 13b de la guía de electrodo 13 (un lado es igual o menor a 0,01 mm en la práctica) a lo largo de la circunferencia del electrodo y con el electrodo rodeado, el fluido de trabajo a alta presión 22c se convierte en el flujo de fluido que entra directamente en el orificio mecanizado. Además, la descarga de los residuos de mecanizado puede realizarse de manera efectiva ya que el rango que cubre la periferia de la parte de entrada del orificio mecanizado con el fluido de trabajo a alta presión 22c inyectado desde la pieza de guía inferior 13b es pequeño en los residuos de mecanizado descargados, y la eficiencia de mecanizado llega a ser buena.

La inyección de fluido de trabajo de la pieza de guía inferior 13b de la guía de electrodo 13 es para inyectar el fluido de trabajo a presión 22 a la presión igual o mayor a por lo menos 3MPa a la parte de entrada del espacio de mecanizado por electroerosión 35b dispuesto cuando el electrodo para mecanizado 11 es el electrodo en forma de barra y el electrodo en forma de tubo, a lo largo de la superficie exterior del electrodo de modo que la superficie del electrodo queda rodeada por el flujo de inyección aproximadamente paralelo a la dirección de movimiento del electrodo en un grosor aproximadamente igual o menor que la anchura de expansión del mecanizado por electroerosión.

En la zona 35c en la que el fluido de trabajo a alta presión inyectado 22c impacta directamente en la superficie superior de la pieza de trabajo 14, el fluido de trabajo se convierte en una pared delgada del flujo de fluido que es brumosa, el fluido de trabajo inyectado se suministra al espacio de mecanizado por electroerosión desde la parte en la que el espacio de mecanizado del diámetro 35a de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión no se expande uniformemente, avanza a la parte de entrada del espacio de mecanizado por electroerosión con las virutas mecanizadas antes de que la pieza de trabajo sea penetrada por el electrodo. En este momento, en la parte de entrada del espacio de mecanizado por electroerosión, el fluido de trabajo con los residuos de mecanizado que se descargan choca contra el fluido de trabajo a alta presión 22c inyectado desde la guía de electrodo 13. Sin embargo, de acuerdo con la observación en el ejemplo experimental, el dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños de la presente realización descarga de manera extremadamente efectiva la capa de fluido periférico en comparación con lo que se establece en la boquilla que se ha aplicado alguna vez. Por lo tanto, la velocidad de mecanizado se mejora sustancialmente.

La figura 7 (a) a (e) muestra vistas en sección transversal de cinco realizaciones de las guías del electrodo 13 adoptadas en el dispositivo de mecanizado de descarga de orificios pequeños 1. Tal como se ha mencionado anteriormente con referencia a la figura 6, cualquiera de las guías del electrodo 13 que se muestran en (a) a (e) de la figura 7 no sólo desempeña la función de transportar el fluido de trabajo a alta presión 22c a la cámara de entrada del fluido de trabajo a alta presión 9 en la cual el electrodo para mecanizado se inserta a través de la pieza de guía inferior 13b y la pieza de guía superior 13c encajan en el borde inferior y el borde superior de la cámara de entrada del fluido de trabajo a alta presión 9 penetrando axialmente, sino que también cumple la función de extracción y descarga de residuos tal como el electrodo para el mecanizado 11 roto en la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión 9, las virutas mecanizadas y/o similares. La cámara de entrada del fluido de trabajo a alta presión 9 comprende el conducto penetrado 13a para extraer el fluido de trabajo a alta presión 22c. Por lo tanto, se prefiere que el conducto penetrado 13a sea lo más grande posible dentro del rango que permita la resistencia mecánica del electrodo 13. Por lo tanto, en la guía de electrodo 13 que se muestra en la figura 7 (a), el conducto penetrado 13a queda dispuesto para abrirse de modo que es una abertura ovalada verticalmente larga, y en la guía de electrodo 13 que se muestra en la figura 7 (b), el conducto penetrado 13a queda dispuesto para abrirse de modo que es una abertura rectangular verticalmente larga, en la guía de electrodo 13 que se muestra en la figura 7 (c), la parte verticalmente vertical se retira en forma de U desde el lado, es semicircular en sección transversal y está conectada a la parte superior e inferior. En la guía de electrodo 13 mostrada en la figura 7 (d), (e), el fluido de trabajo a alta presión fluye en contacto con la superficie exterior de la parte inferior que el conducto penetrado 13a y enfría la guía de electrodos 13. Además, estas formas son aplicables a las guías del electrodo 13A en la segunda realización que se menciona posteriormente. El tamaño del conducto penetrado es igual o superior a 4 mm verticalmente. Por lo tanto, cuando se aplica material de aleación de súper acero al electrodo para mecanizado 11, la extracción del electrodo para mecanizado 11 se rompe en una longitud discreta como 2 mm, 4 mm, 8 mm y similares en la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión 9 por tensiones externas se realiza bien.

Ejemplo, no de la invención

La figura 8 es una vista en sección transversal de la sección principal de acuerdo con la segunda realización del dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños de la presente invención. La figura 9 es una vista en sección transversal que muestra un flujo del fluido de trabajo a alta presión en la sección principal. En esta realización, el bloque de alojamiento 17A contiene la guía de electrodo 13A en un estado herméticamente sellado. En esta realización, la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión 9A está dispuesta con la parte de la guía de electrodo 13A desde el lado hacia el borde inferior en el bloque de alojamiento 17A rodeado. Una tapa de cabezal 17c sella la guía de electrodo 13A y tiene la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión 9a. El fluido de trabajo a alta presión 22c es arrastrado a lo largo de la guía de electrodo 13A y llega a su borde inferior. La abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión 9a queda dispuesta cerca del lado inferior de la pieza de la guía inferior 13b concéntricamente. La función de inyección del fluido de trabajo a alta presión 22c de la abertura de inyección del fluido de trabajo a alta presión 9a en esta realización es completamente similar a la función de inyección de la primera realización. Además, como los otros componentes son completamente similares a éstos en la primera realización, los componentes en la parte ilustrada en los dibujos tienen los mismos signos que los signos de los componentes correspondientes en los dibujos relacionados con la primera realización, y se omiten las explicaciones sobre los mismos.

La figura 10 es una vista en sección transversal en una sección A-A de la figura 8, muestra tres configuraciones diferentes relativas a las formas de las ranuras dispuestas en la superficie circunferencial para que fluya el fluido de trabajo. La ranura sostiene la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión 9A.

5 La figura 11 (a) muestra la guía de electrodo 13A aplicada a la segunda realización del dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños. La guía de electrodo 13 en este ejemplo tiene una pluralidad de ranuras que son rectas en una dirección longitudinal y están dispuestas en una dirección circunferencial como el conducto del fluido de trabajo sobre la superficie circunferencial, y envía el fluido de trabajo 22 a la abertura de inyección de manera lineal. Si se aplican las ranuras rectas, debido a que la perturbación del flujo de fluido que se estabiliza como
10 dirección de envío del fluido es similar a la dirección de movimiento del electrodo, esto permite la perforación en un estado tal que la distancia desde la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión 9a hasta la pieza de trabajo 14 es relativamente grande.

Además, la figura 11 (b) muestra el otro ejemplo de la guía de electrodo 13A. Como este ejemplo de la guía de electrodo 13A tiene ranuras helicoidales en la superficie circunferencial de la guía, se dan los flujos de rotación para la descarga de residuos de mecanizado, y el mecanizado se estabiliza incluso si la velocidad de rotación del electrodo es relativamente pequeña. En la guía de electrodo 13 de este ejemplo, las ranuras helicoidales están dispuestas en un ángulo de 45 grados. Sin embargo, los ángulos de las ranuras helicoidales no están limitados a 45 grados, de acuerdo con la distancia entre la guía de electrodo 13A y la pieza de trabajo 14 y/o la velocidad de giro del electrodo, la guía de electrodo 13A que tiene los ángulos de ranura apropiados se selecciona de acuerdo con la situación en ese momento. Aquí, el número de ranura o ranuras rectas y helicoidales o puede ser una o más de una.

Ejemplo Experimental 1

25 Cuando se conectó el electrodo en forma de tubo al dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños que se muestra en la realización, y el mecanizado por electroerosión se realizó a la pieza de trabajo cuyo material es SUS304 y el grosor del mecanizado era de 1 mm, el diámetro del orificio mecanizado era de 0,075 mm y el tiempo de mecanizado era de aproximadamente 4 segundos. En este dato, la cantidad de fluido del fluido de trabajo era de 20,7 g/min, y la cantidad es ochenta veces mayor que la cantidad de fluido 0,254 ml/min de inyección del fluido de trabajo 22 cuando se aplica el electrodo en forma de tubo cuyo diámetro 35d es 0,1 mm mostrado en la figura 4. Aunque los diámetros de orificio y los grosores de mecanizado son diferentes, la velocidad de mecanizado mejora hasta 25 veces más elevada que nunca al comprender la guía de electrodo 13. Dado que el entorno aplicando la guía dla inyección de fluido de trabajo se mantiene, los residuos de mecanizado se descarguen de manera estable. Por lo tanto, el espacio entre la guía de electrodo y la pieza de trabajo 14 no queda sumergido.

Ejemplo Experimental 2

40 Cuando el electrodo en forma de tubo se conectó al dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños que se muestra en la realización, y el mecanizado por electroerosión se realizó en la pieza de trabajo cuyo material es SUS304 y el grosor del mecanizado es de 1 mm, cuando el diámetro de el electrodo 35d que se muestra en la figura 4 es de 0,055 mm y el diámetro interior de la pieza de guía inferior 13b es de 0,063 mm, el fluido de trabajo a alta presión 22c inyectado de la pieza de guía inferior 13b se expande radialmente en el diámetro de 0,065 mm y alcanza la pieza de trabajo 14 a una distancia de 0,3 mm, y el diámetro del fluido de trabajo inyectado 22 en la superficie superior de la pieza de trabajo es de 0,082 mm según se mide. En ese momento, el diámetro del orificio mecanizado es de 0,079 mm. Durante el mecanizado por electroerosión, el fluido de trabajo alcanza la superficie superior de la pieza de trabajo 14 directamente a través del espacio de mecanizado por electroerosión 35b. La anchura en una dirección radial del espacio de mecanizado por electroerosión 35b se calcula mediante ((el diámetro radial 35f del fluido de trabajo inyectado en la superficie superior de la pieza de trabajo) - (el diámetro 35e de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión))/2 = 0,0015 mm, el fluido de trabajo inyectado mencionado anteriormente se vuelve brumoso en la zona 35c.

En consecuencia, el mecanizado por electroerosión se realiza en un estado tal que no se produce la pared del fluido de trabajo que impide la eliminación de los restos de mecanizado y el charco del fluido de trabajo. En el mecanizado, el tiempo de mecanizado por electroerosión es de 3,7 segundos cuando el material de la pieza de trabajo 14 es SUS304 y el grosor del mecanizado es de 1,0 mm.

Esquema 1

	Electrodo	Diámetro del electrodo	Diámetro de guía	Tiempo de mecanizado	Velocidad de mecanizado	Índice de desgaste	Diámetro del orificio (mm)	Presión del fluido
			ϕ	seg.	mm/min	%	ϕ mm	Mpa
Datos 1 de la presente invención.	Tangsten	0,06	0,05	2,6	23,0	72	0,083	20
Datos 2 de la presente invención.	Tangsten	0,06	0,05	3,7	16,2	45,5	0,079	18
Datos del producto de otra empresa.	Tangsten	0,06		21	2,23	30	0,076	

PIEZA DE TRABAJO: Datos de la presente invención SUS304 (t = 1mm), Datos del producto de otra empresa SCM420 (t = 0,8 mm)

En los datos comparados con la eficiencia de mecanizado, la velocidad de mecanizado del dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños de las realizaciones es aproximadamente 7 veces mayor que la velocidad de mecanizado del de la otra empresa. Si se altera el estado de mecanizado, el orificio se expande en un diámetro de 0,007 mm, pero puede mecanizarse a una velocidad diez veces mayor.

El fluido de trabajo 22 que está a presión y se inyecta desde la guía de electrodo 13 aplicado durante el tiempo de mecanizado es 1,7 cc, es decir, se utiliza una cantidad extremadamente pequeña del fluido de trabajo 22.

Una gráfica mostrada en la figura 12 son los datos para mostrar una distancia adecuada entre la guía de electrodo 13 y la pieza de trabajo 14 en condiciones de mecanizado a una velocidad de mecanizado baja, la distancia estándar es de 0,3 mm en la inyección de fluido de trabajo. Durante el mecanizado por electroerosión, como el fluido de trabajo brumoso 22 tiene una tendencia a volverse líquido alrededor de la zona de mecanizado si el tiempo de mecanizado es grande, el fluido de trabajo 22 inyectado desde de la guía de electrodo 13 y los residuos de mecanizado por electroerosión descargados por el mecanizado por inyección se sopla para alejarlo de la parte de entrada del espacio de mecanizado por electroerosión 35b por medio de inyección de aire de la boquilla de aire 16 conectada cerca de la guía de electrodo 13, el equipo de recuperación de fluido de trabajo inyectado 20 recupera el fluido de trabajo líquido y brumoso 22, incluyendo los residuos de mecanizado por electroerosión, en el que el equipo de recuperación de fluido de trabajo inyectado 20 se dispone en la parte más allá de la guía de electrodo 13 dispuesta en una dirección de inyección de aire de la boquilla de aire 16, lo que impide que la descarga del fluido de trabajo 22 incluyendo los residuos de mecanizado que deben descargarse sea extremadamente pequeña, y permite realizar el mecanizado estable por electroerosión a alta velocidad, y conectar y retirar la pieza de trabajo 13 y similares fácilmente bajo una atmósfera de gas.

Ejemplo Experimental 4

La figura 13 es una gráfica que muestra el resultado experimental relacionado con variación de rendimiento respecto a la presión de inyección de fluido de trabajo. La figura 14 es una gráfica que muestra el resultado experimental relacionado con la variación de rendimiento de la máquina respecto a la presión de inyección de fluido de trabajo. Este experimento consiste en que cada variación del índice de mortalidad del electrodo, la velocidad de trabajo y el diámetro de la entrada del orificio mecanizado se mide alterando la presión de inyección de fluido de trabajo (la cantidad de flujo). En este experimento, la pieza de trabajo 14 de SUS304 y 1,0 mm de grosor es penetrada por el electrodo de 0,005 mm de diámetro. En este momento, también se aplica enfriamiento del electrodo sobre la guía de electrodo 13 y aire de inyección al espacio de mecanizado eléctrico. De acuerdo con el resultado experimental, el rendimiento del mecanizado en un estado tal que la presión de inyección del fluido de trabajo es de aproximadamente 3 MPa. En mayor detalle, cuando la presión de inyección de fluido de trabajo es de hasta 3 MPa, el efecto de la descarga de residuos de mecanizado por el flujo de inyección de la guía de electrodo en la descarga eléctrica es pobre, y cuando la presión de inyección de fluido de trabajo es mayor de 3MPa, el índice de desgaste del electrodo deja de aumentar y los residuos de mecanizado se descargan de manera efectiva. Cuando la presión de inyección de fluido de trabajo es superior a 12 MPa, se mide que el índice de desgaste del electrodo, la velocidad de mecanizado y el diámetro de la entrada del orificio mecanizado se alteran drásticamente. La causa de que el índice de desgaste del electrodo y el diámetro de entrada del orificio mecanizado se vuelven pequeños cuando la presión de inyección de fluido de trabajo es de 12 MPa, se supone que la tensión mecánica por el movimiento del electrodo durante el mecanizado se reduce ya que el fluido de trabajo funciona como líquido lubricante cuando el fluido de trabajo 22 pasa a través de la superficie de guía de la pieza de guía superior 13c y la pieza de guía inferior 13b opuesta al electrodo para mecanizado 11, el rozamiento del cojinete deslizante se reduce por el flujo de fluido de trabajo entre el electrodo para mecanizado 11 y la pieza de guía superior 13c y entre el electrodo para

- 5 mecanizado 11 y la pieza de guía inferior 13b. De este modo, se supone que el rendimiento del mecanizado aumenta al aumentar el número de electrodos que giran incluso si la presión de inyección de fluido de trabajo es baja. Por lo tanto, los experimentos de los inventores de la presente invención confirman que la aplicación de la refrigeración del electrodo para el electrodo por encima de la guía de electrodo 13 y la inyección de aire al espacio de mecanizado por electroerosión conjuntamente y estando el fluido de trabajo a alta presión 22c a una presión de por menos 3MPa resulta eficaz para formar el orificio con un diámetro relativamente pequeño o fino a alta velocidad. También se confirma que el mecanizado por electroerosión de orificios pequeños puede realizarse cuando la presión del fluido de trabajo a alta presión 22c es de 20MPa o más.
- 10 La figura 15 es una gráfica para la comparación entre la máquina normal convencional y la máquina prototipo de la presente invención. El mecanizado por electroerosión de perforación se realiza para la pieza de trabajo de SUS304 y 1,0 mm de grosor con el electrodo en un diámetro de 0,055 mm, y se compara la velocidad de mecanizado, el índice de desgaste del electrodo, el diámetro del orificio y el espacio. Tal como se muestra en la gráfica, la velocidad de trabajo se vuelve dramáticamente elevada, el desgaste del electrodo se reduce y el espacio se vuelve pequeño.
- 15 La figura 16 es una gráfica que muestra la relación entre las variaciones de espacio de la guía de electrodo (un lado, μm) y el rendimiento de mecanizado relacionado con el mecanizado por electroerosión con el dispositivo de la presente invención.
- 20 La figura 17 es una gráfica para comparar los estados de progreso del mecanizado por electroerosión del dispositivo convencional y el dispositivo de la presente invención. El mecanizado por electroerosión de perforación se realiza para la pieza de trabajo de SUS304 y 20 mm de grosor con el electrodo en forma de barra en latón de $\phi 1$ mm, y los estados de progreso se miden hasta que se penetra. El dispositivo convencional tarda 49 segundos para la penetración, mientras que el dispositivo de la presente invención tarda 5 segundos para la penetración.
- 25 La figura 18 es una gráfica que muestra variaciones del índice de desgaste frente a variaciones de la profundidad de mecanizado del dispositivo de mecanizado por electroerosión y variaciones de la velocidad de mecanizado.
- 30 Lista de signos de referencia
- 8 eje de giro
 8a cámara de distribución de fluido de trabajo a presión
 8b abertura de inyección
 9,9A cámara de entrada de fluido de trabajo a presión.
 35 9a abertura de inyección de fluido de trabajo a presión
 10 portaelectrodos
 11 electrodo para mecanizado
 13 guía de electrodo
 14 pieza de trabajo
 40 15 depósito de fluido
 16 boquilla de aire
 17, 17A bloque de alojamiento
 17a conducto de fluido
 20 equipo de recuperación de fluido de trabajo inyectado
 45 21 bomba de fluido de trabajo
 22b fluido de trabajo a presión
 22c fluido de trabajo a alta presión.
 35a diámetro de la parte de entrada del orificio mecanizado por electroerosión
 35b espacio de mecanizado por electroerosión
 50 40 depósito de reserva de fluido

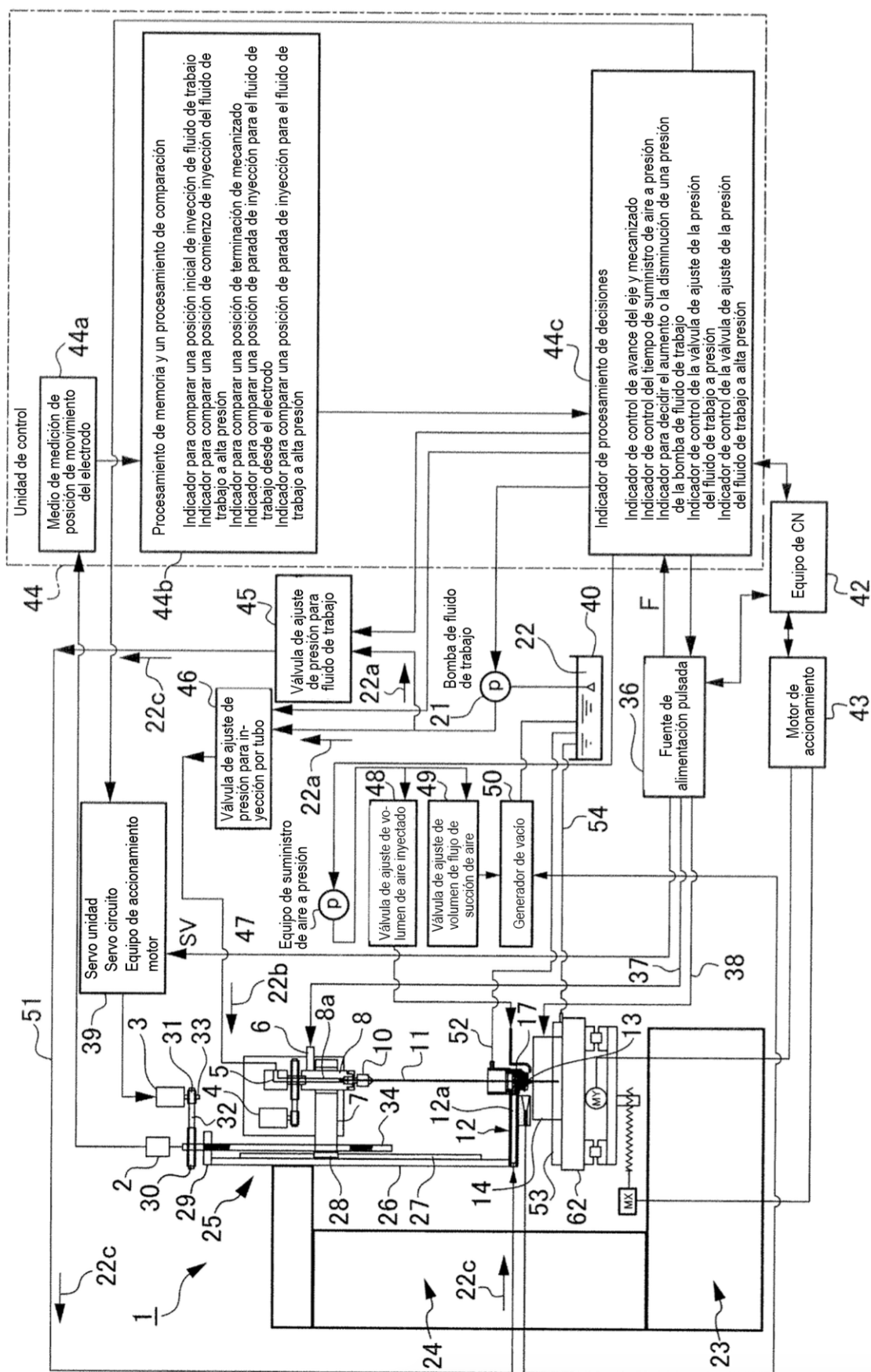
REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños que comprende:
un electrodo para mecanizado (11) que es un electrodo en forma de barra o un electrodo en forma de tubo;
5 una guía de electrodo (13) para guiar una parte inferior del electrodo (11) en una dirección de un eje Z a través de una capa de fluido interpuesta de fluido de trabajo cerca de una pieza de trabajo (14),
una cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión (9) que recibe un fluido de trabajo a alta presión (22c) en un bloque de alojamiento (17) sujeto a la guía de electrodo (13) cerca de la pieza de trabajo (14); y
una abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión (9a) dispuesta en un borde inferior de la cámara de
10 entrada de fluido de trabajo a alta presión (9) y que suministra un flujo de inyección del fluido de trabajo a alta presión (22c) a un espacio de mecanizado por electroerosión (35b),
caracterizado por el hecho de que:
el guía de electrodo (13) es un cuerpo hueco y tiene una pieza de guía inferior (13b) en el borde inferior y una pieza de guía superior (13c) en el borde superior;
15 la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión (9) es una parte hueca formada dentro del cuerpo hueco y un conducto penetrado (13a) para extraer el fluido de trabajo a alta presión (22c) está formado dentro del cuerpo hueco y se comunica con la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión (9),
la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión (9) tiene un diámetro constante desde la pieza de guía superior (13c) hasta la pieza de guía inferior (13b) dentro del cuerpo hueco, el diámetro constante de la cámara de
20 entrada de fluido de trabajo a alta presión (9) es varias veces mayor que el del electrodo (11);
la pieza de guía inferior (13b) de la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión (9) tiene forma de embudo en la que el diámetro se reduce desde el diámetro de la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión (9) hacia el diámetro de la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión (9a);
la pieza de guía inferior (13b) que sujeta la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión (9a) la cual
25 atraviesa el electrodo (11) está dispuesta de manera que el diámetro de la abertura de inyección de fluido de trabajo a alta presión (9a) es ligeramente mayor que el del electrodo (11); y
el flujo de inyección del fluido de trabajo a alta presión (22c) se suministra al espacio de mecanizado por electroerosión (35b) de manera que no se expande tanto.
- 30 2. Dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños (1) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además:
un (8) eje que retiene el electrodo para mecanizar (11);
una cámara de distribución de fluido de trabajo (8a) que alimenta el fluido de trabajo al eje (8) y que tiene una
35 abertura de inyección (8b), en donde el electrodo para mecanizar (11) pasa a través de la cámara de distribución de fluido de trabajo (8a);
un depósito de fluido (15) dispuesto sobre la guía de electrodo (13), que recibe el fluido de trabajo a presión (22b) y distribuye el fluido de trabajo a presión (22b), en el que el fluido de trabajo a presión (22b) se inyecta desde la
40 abertura de inyección (8b) de la cámara de distribución de fluido de trabajo (8a) y rodea el electrodo para mecanizado (11) y fluye hacia abajo, y en el que un conducto del electrodo para mecanizado (11) puede comunicarse con el depósito de fluido (15) cuando el electrodo para mecanizado (11) es un electrodo en forma de tubo; y
un depósito de reserva de fluido (40) que recibe un fluido desbordado del depósito de fluido (15) a través de un tubo de fluido desbordado (52).
- 45 3. Dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños (1) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el fluido de trabajo del depósito de reserva de fluido (15) se divide para ser el fluido de trabajo a presión (22b) y el fluido de trabajo a alta presión (22c) que circula mediante una bomba de fluido de trabajo (21).
- 50 4. Dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende, además, un indicador de establecimiento de presión que establece la presión del fluido de trabajo a alta presión (22c) que entra en la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión (9) para que sea igual o mayor que 3MPa, y establece la presión del flujo de inyección en un estado que rodee el electrodo para mecanizado (11) entre la guía de electrodo (13) y un borde inferior del electrodo (11) para que sea
55 igual o superior a 3MPa.
5. Dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la cámara de entrada del fluido de trabajo a alta presión (22c) se alimenta a la parte hueca a través de un conducto de fluido (17a) dispuesto en el bloque de alojamiento (17) que sujeta la guía de electrodo (13) exponiendo un borde inferior de la guía de electrodo (13), y en el que la abertura de inyección de
60 fluido de trabajo a alta presión (9a) está dispuesta en un borde inferior de la cámara de entrada del fluido de trabajo a alta presión (9) de la parte hueca de la guía de electrodo (13).

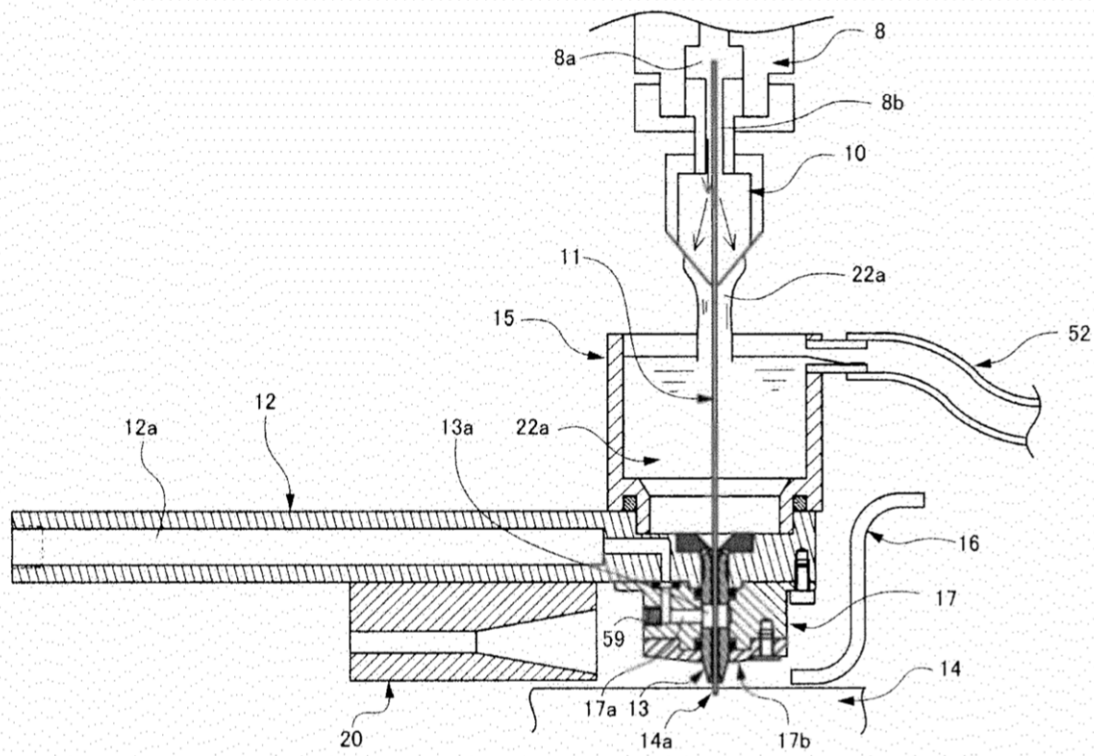
5 6. Dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende, además, una boquilla de aire (16) que inyecta aire o gas inactivo para eliminar fluido de trabajo brumoso dispersado y/o un segmento de licuefacción que incluye restos de mecanizado generados antes y/o después del mecanizado, y un equipo de recuperación de fluido de trabajo inyectado (20) para recuperar el fluido de trabajo dispersado y/o el segmento de licuefacción expulsado.

10 7. Dispositivo de mecanizado por electroerosión de orificios pequeños (1) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la cámara de entrada de fluido de trabajo a alta presión (9) está configurada para recibir el fluido de trabajo a alta presión (22c) de una presión mayor que el fluido de trabajo a presión (22b) para formar el flujo inyectado del fluido de trabajo a alta presión (22c) que rodea una parte del electrodo para mecanizado (11) desde la guía de electrodo (13) hasta el borde inferior del electrodo para mecanizado (11).

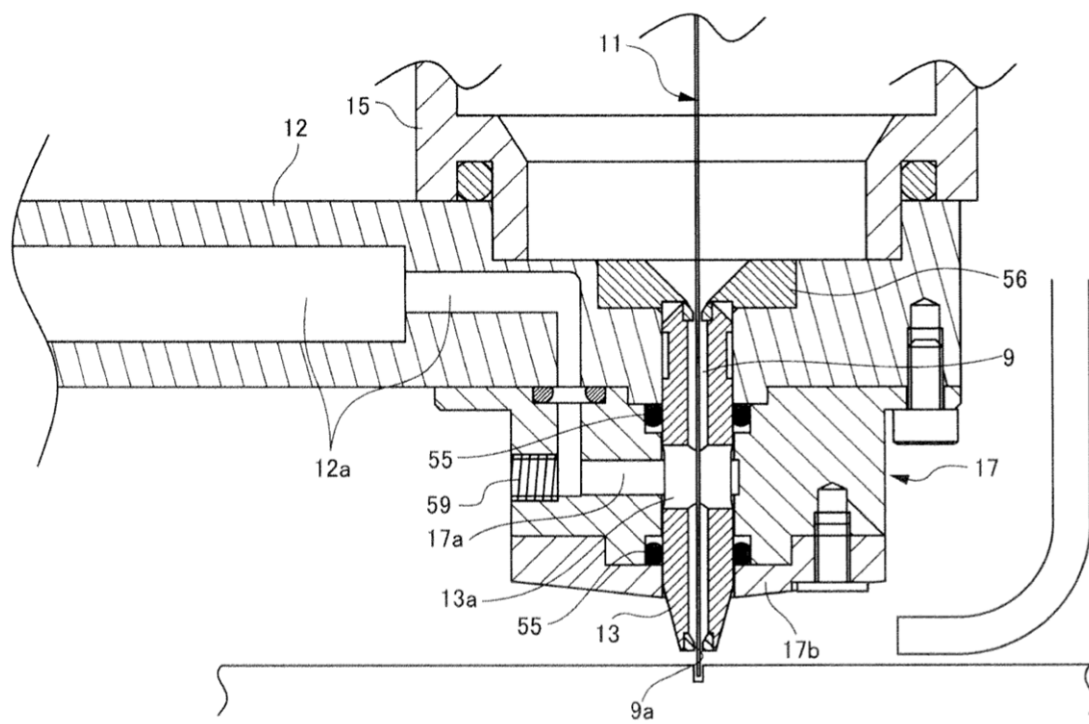
[Fig. 1]



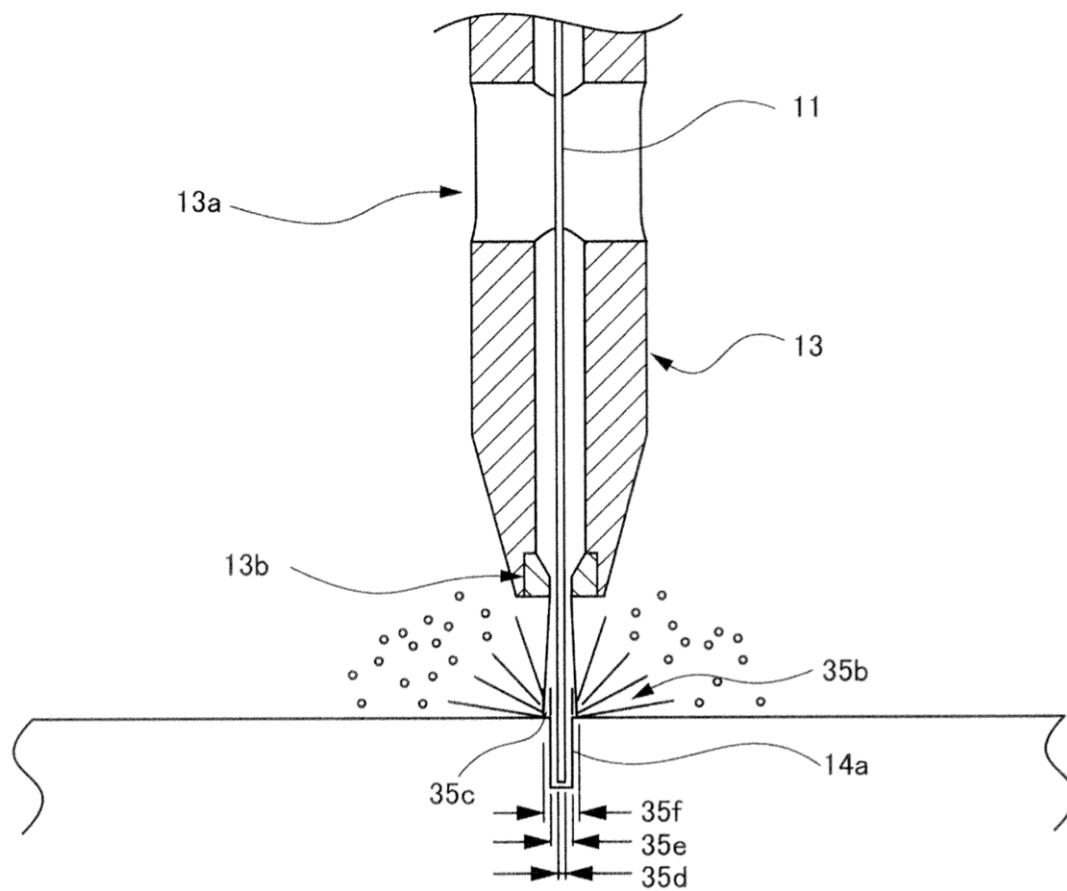
[Fig.2]



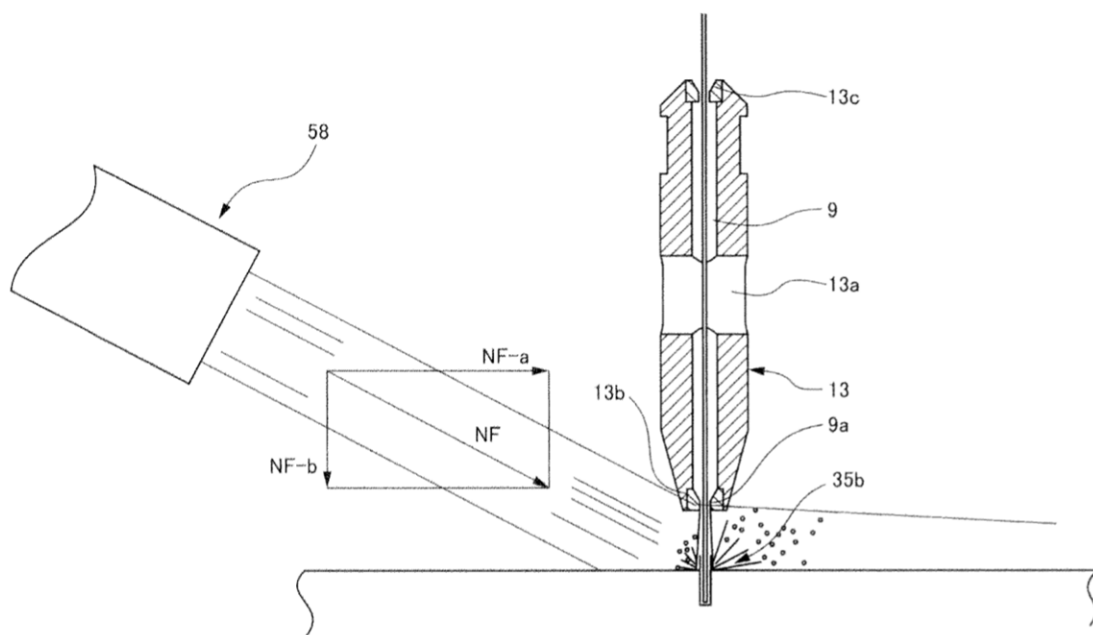
[Fig.3]



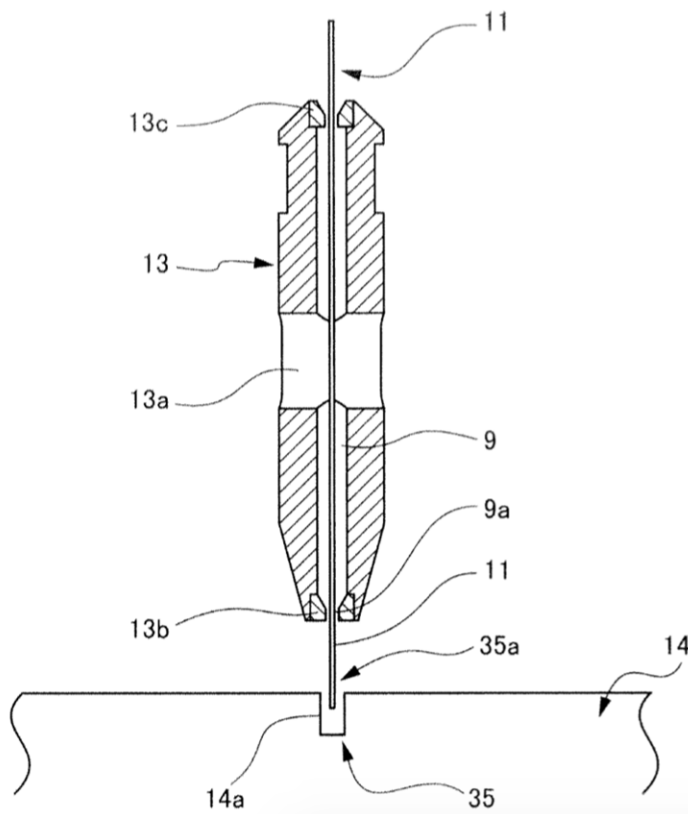
[Fig.4]



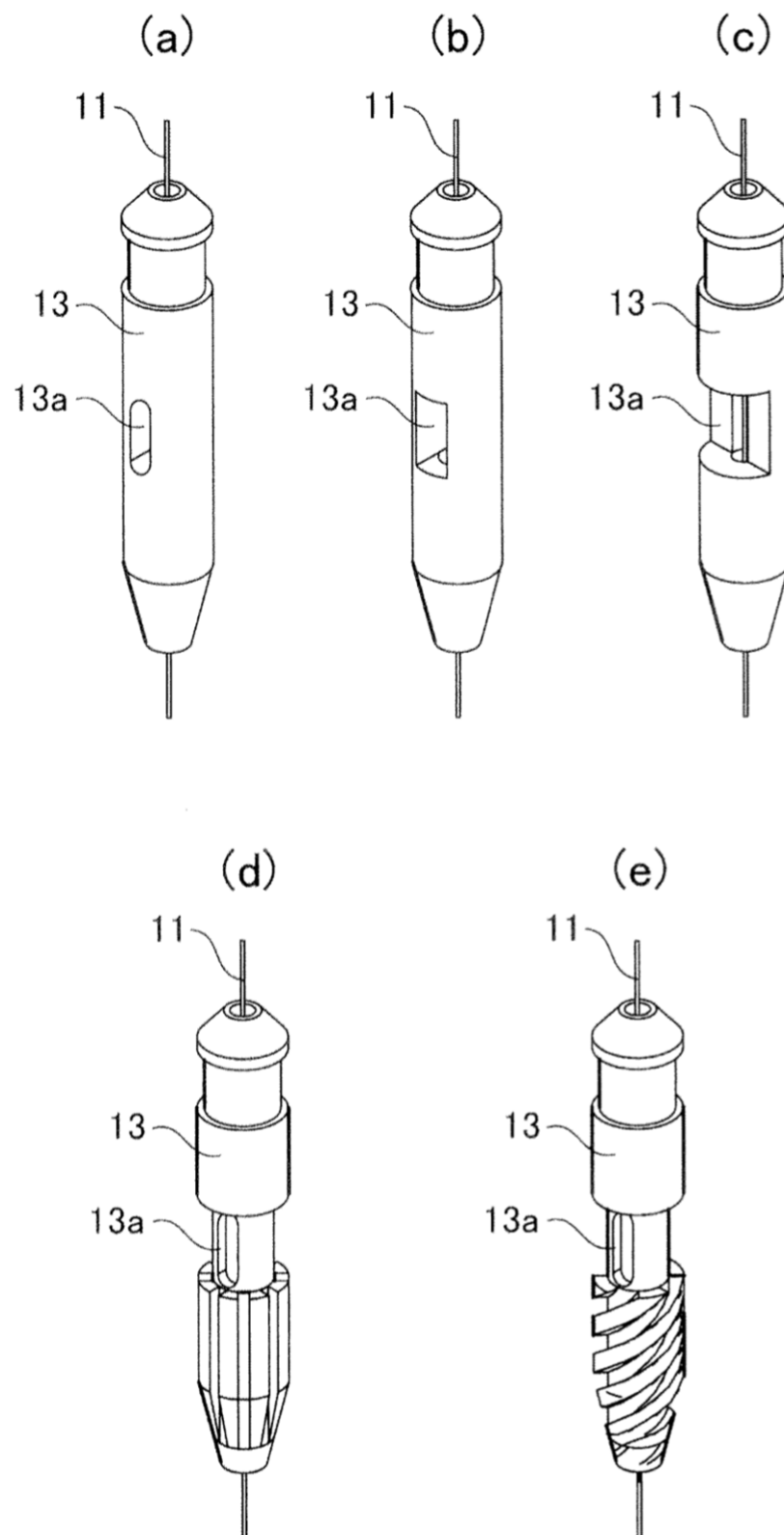
[Fig.5]



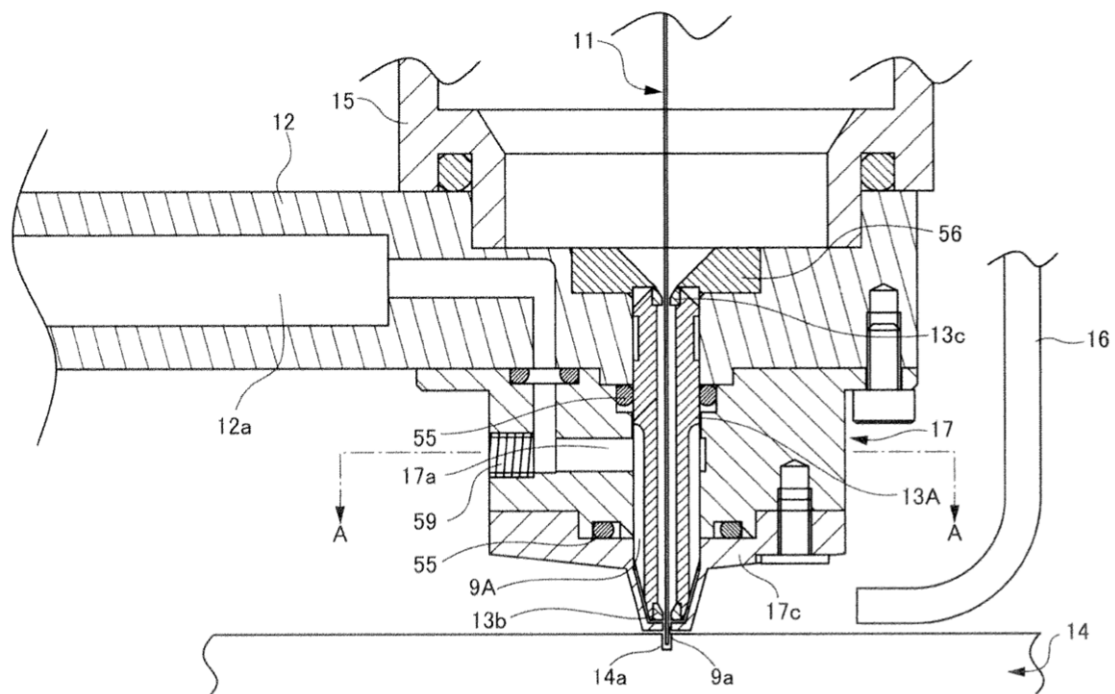
[Fig.6]



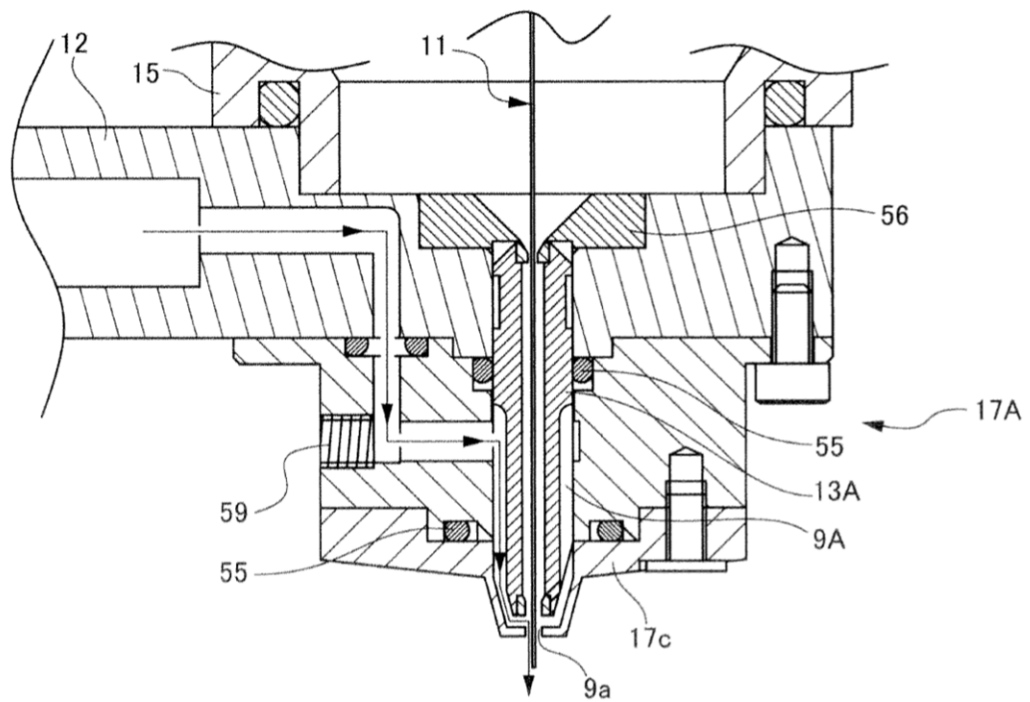
[Fig.7]



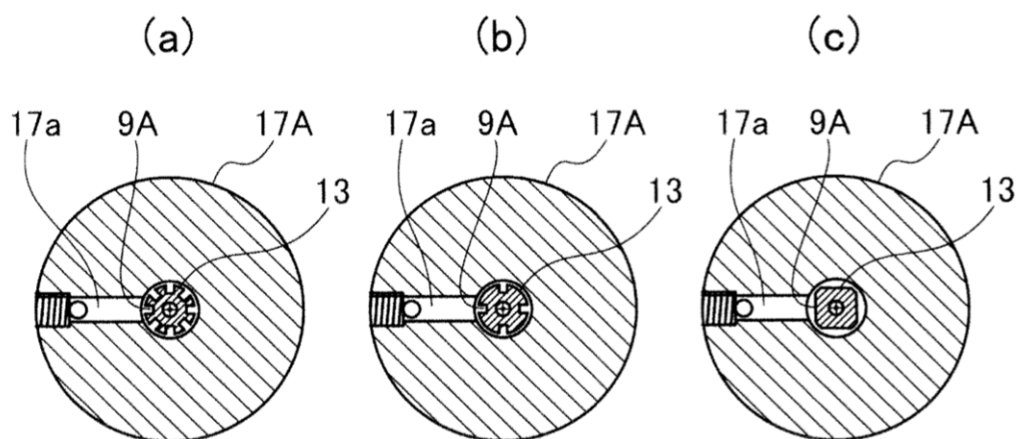
[Fig.8]



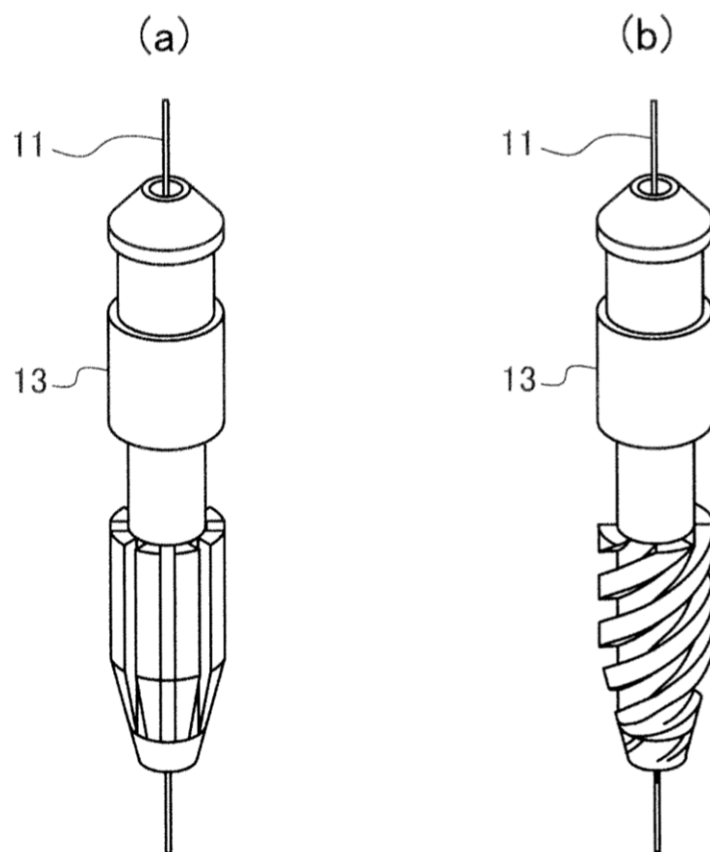
[Fig. 9]



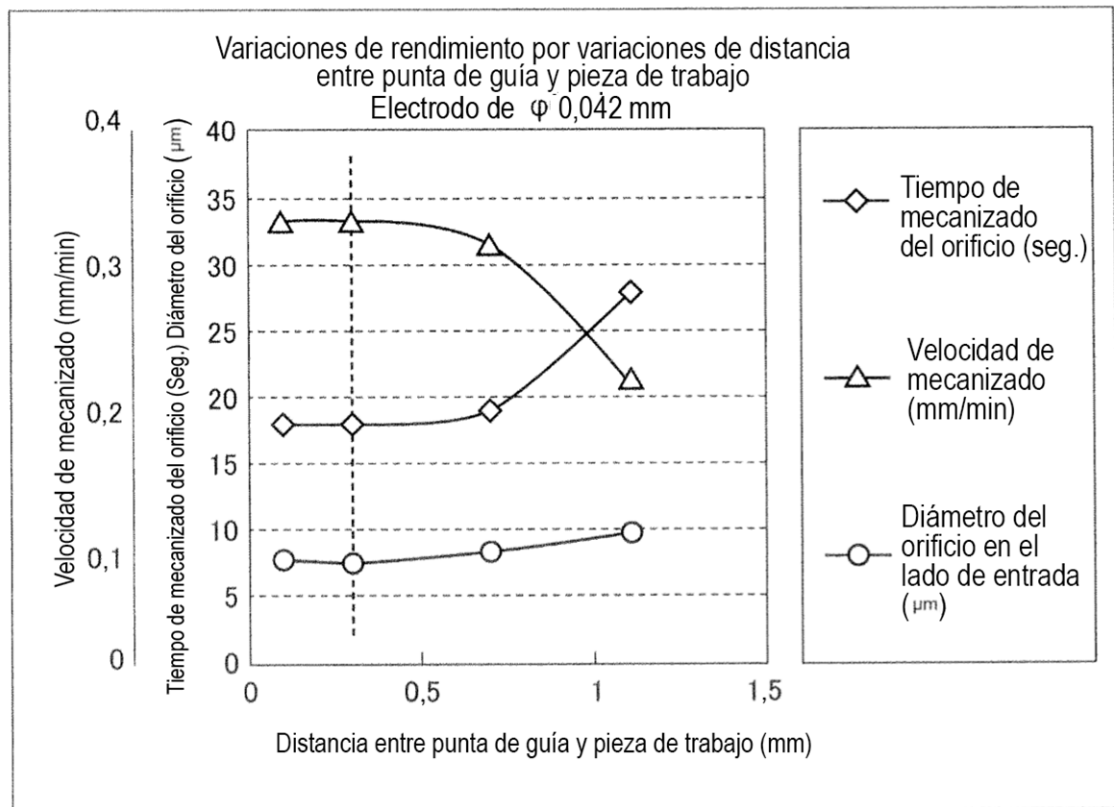
[Fig.10]



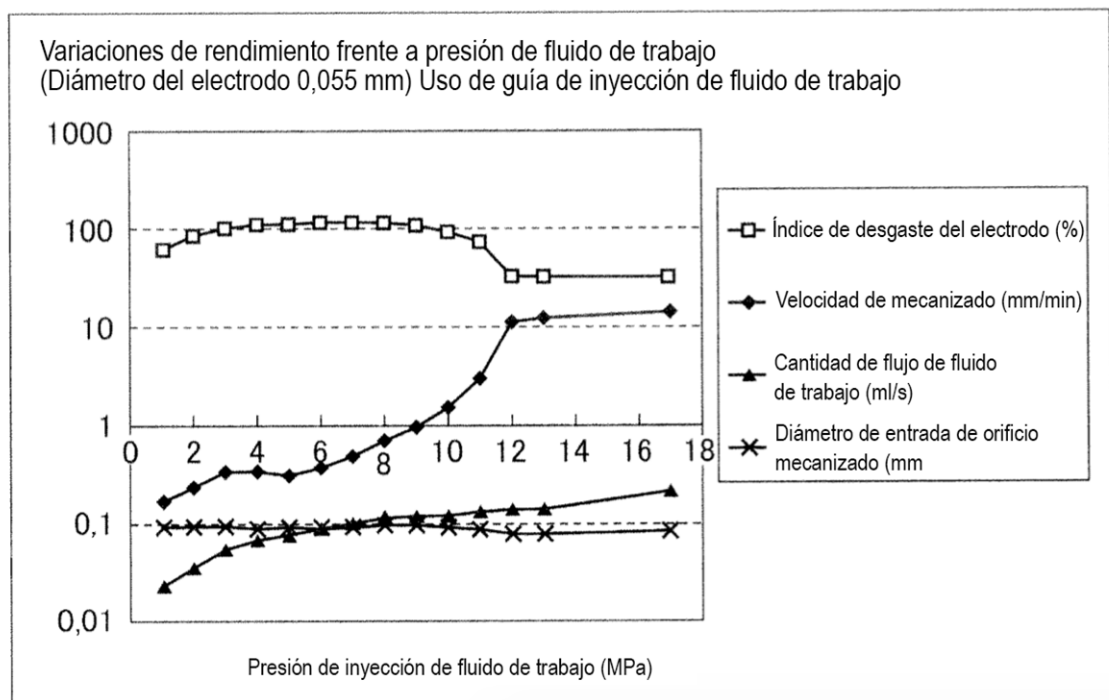
[Fig.11]



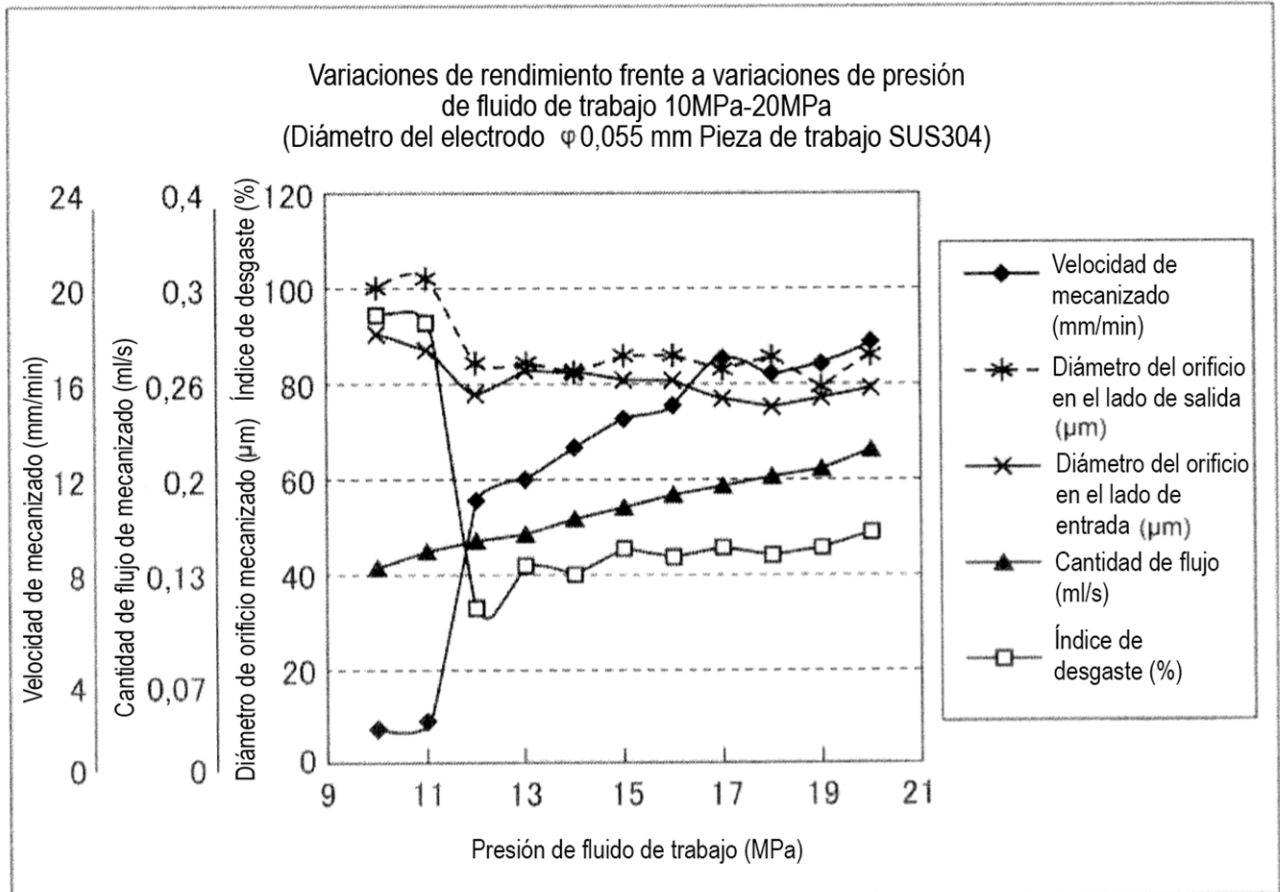
[Fig.12]



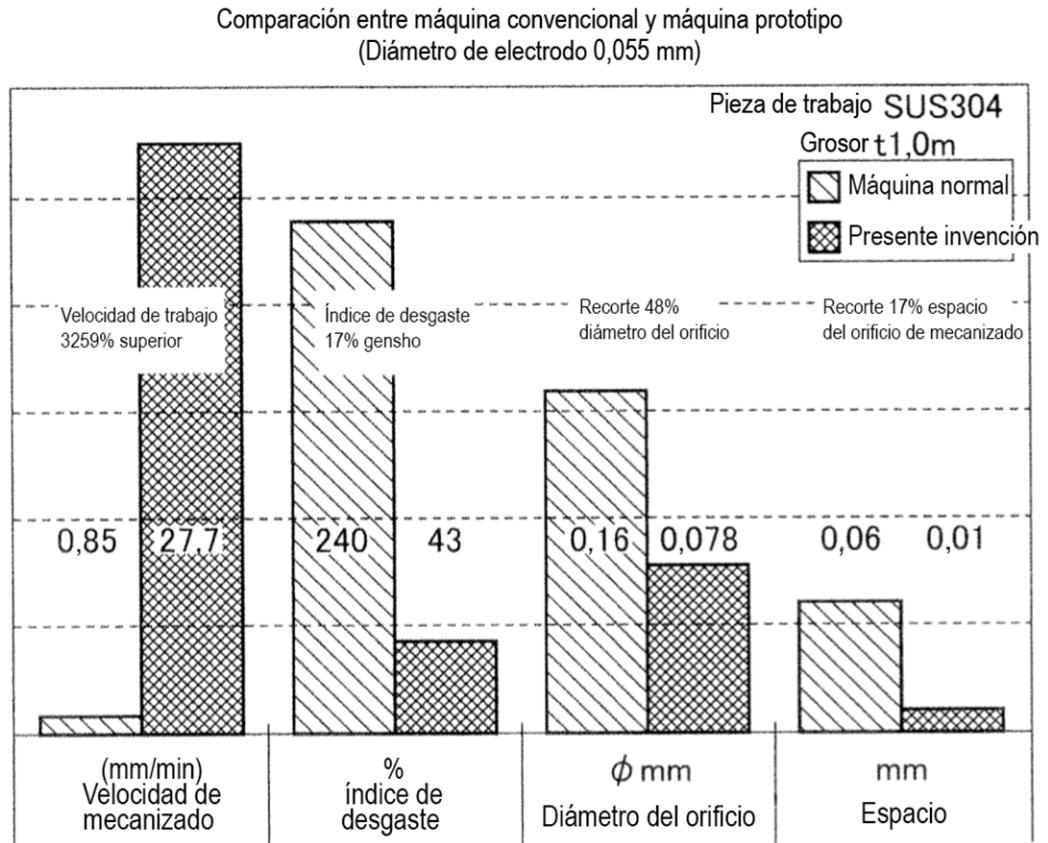
[Fig.13]



[Fig.14]

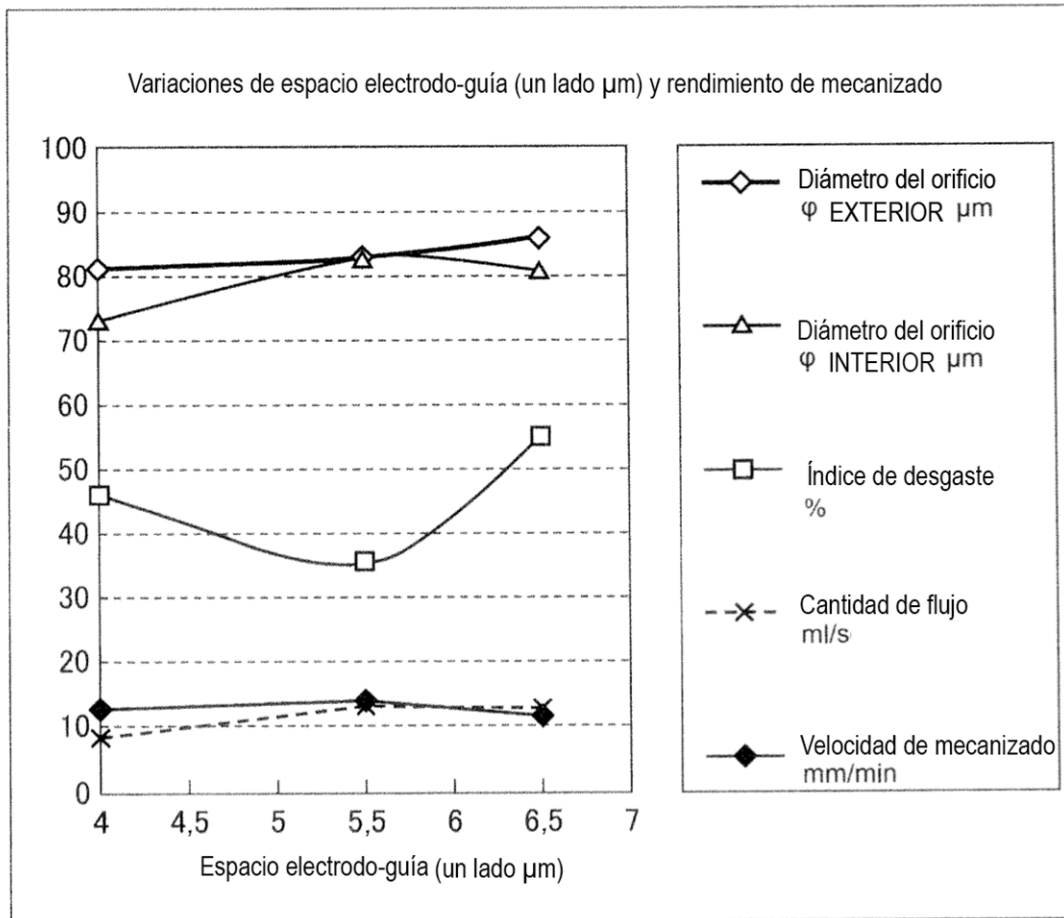


[Fig.15]



	Velocidad de mecanizado	Índice de desgaste	Diámetro del orificio	
	mm/min	%	ϕ mm	mm
Máquina normal	0,85	240	0,16	0,06
Presente invención	27,7	43	0,078	0,01

[Fig.16]



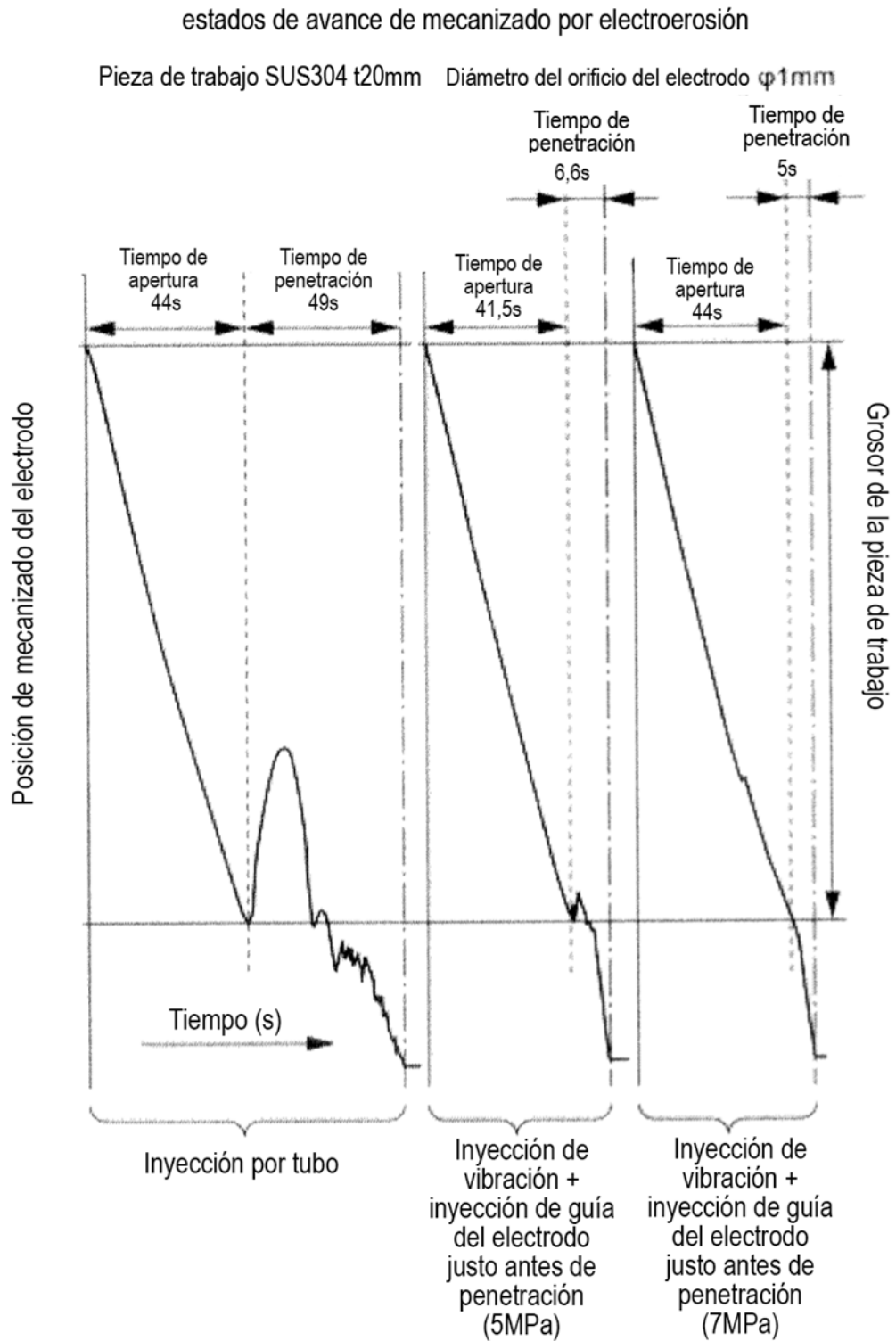
110617 Selección espacio electrodo-guía

Espacio electrodo-guía (un lado μm)

	Velocidad de mecanizado	Índice de desgaste	Diámetro del orificio	Diámetro del orificio	Espacio
Un lado μm	mm/min	%	ϕ INT. μm	ϕ EXT. μm	ml/s
4	12,4	46	73,3	81,2	8,22
5,5	13,9	35,5	82,85	82,9	13,26
6,5	11,4	55	81,1	86,2	12,9

Diámetro del electrodo	Diámetro de la guía	Diámetro real de la guía	Espacio electrodo-guía	Presión del fluido
ϕ mm	ϕ mm	ϕ mm	Un lado mm	MPa
0,055	ϕ 0,05+0,015	0,066	0,0040	17
			0,0055	
			0,0065	

[Fig.17]



[Fig.18]

