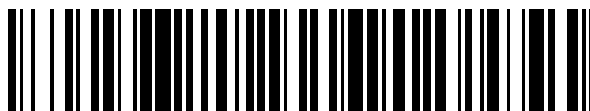


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 651 311**

51 Int. Cl.:

F01L 3/04	(2006.01)
B22F 3/17	(2006.01)
B22F 3/14	(2006.01)
B22F 5/00	(2006.01)
B22F 7/08	(2006.01)
B21J 5/00	(2006.01)
B21J 5/06	(2006.01)
B21K 1/22	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.10.2010 PCT/DK2010/050292**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.05.2011 WO11050815**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2010 E 10826128 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2017 EP 2494158**

54 Título: **Un husillo de válvula de escape para un motor de combustión interna y método para su fabricación**

30 Prioridad:

30.10.2009 DK 200970184

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.01.2018

73 Titular/es:

**MAN DIESEL & TURBO, FILIAL AF MAN DIESEL & TURBO SE, TYSKLAND (100.0%)
Tegholmegade 41
2450 København SV, DK**

72 Inventor/es:

HOEG, HARRO ANDREAS

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 651 311 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

Un husillo de válvula de escape para un motor de combustión interna y método para su fabricación

5 Un husillo de válvula de escape para un motor de combustión interna y método para su fabricación.

10 La presente invención se refiere a un husillo de válvula de escape para un motor de combustión interna, en particular, un motor de cruceta de dos tiempos, cuyo husillo de válvula de escape comprende una cabeza de válvula con una parte de base de un acero aleado, y un revestimiento externo que forma la superficie del husillo de la válvula hacia una cámara de combustión, cuyo revestimiento externo se ha formado a partir de material de partida particulado de una aleación resistente a la corrosión en caliente que tiene base de níquel, base de cromo o base de cobalto, donde dicho material de partida particulado se ha unido a una capa coherente.

15 La patente estadounidense 6.173.702 describe un husillo de válvula de escape conocido de este tipo, donde el revestimiento externo resistente a la corrosión se proporciona sobre la parte de base, realizando un procesamiento por pulvimetalurgia, donde el material particulado de la aleación resistente a la corrosión se coloca en un molde sobre la parte de base y se unifica con esta última en un proceso PIC (prensado isostático en caliente). El molde se vacía para retirar tanto aire o gas como sea posible. El proceso PIC se realiza en una cámara que puede a su vez calentarse y configurarse bajo presión. Para utilizar la cámara de una manera eficiente, se llena con tantas partes de base u otras partes como sea posible, y todos estos objetos se someten al mismo tratamiento PIC dentro de la cámara. Cuando comienza el tratamiento, la cámara se calienta y presuriza en condiciones de PIC, manteniendo después estas condiciones durante el período requerido, normalmente al menos de 8 a 12 horas.

20 Durante el tratamiento PIC, la presión influye en el material particulado como presión isostática (una presión completamente uniforme en todas las direcciones), y el volumen del material particulado se reduce uniformemente en todas las direcciones a medida que se compacta sobre la parte de base. En la microestructura resultante del revestimiento externo, se ve que las partículas permanecen conformadas como esferas con contornos circulares cuando se observan en una muestra molida y pulida tomada del husillo de válvula terminado. En los dibujos de las figuras 1 y 10, se observan fotografías de dichas muestras.

25 La superficie inferior de la cabeza de válvula tiene un área grande y, por lo tanto, se expone a tensiones térmicas considerables, por ejemplo, cuando la carga del motor cambia, y especialmente, cuando el motor se inicia o se detiene. El impacto térmico es el máximo en el centro de la superficie, en parte porque los gases de combustión presentan las temperaturas más altas cerca del medio de la cámara de combustión, en parte porque la cabeza de válvula se enfría cerca del reborde externo cuando el área de asiento de la superficie superior está en contacto con el asiento fijo de válvula enfriado con agua mientras se cierra la válvula. El material periférico más frío previene la expansión térmica del material central más caliente, y así, se provocan tensiones térmicas considerables. Las tensiones térmicas, que varían lentamente pero que son grandes, y que están provocadas por dichas influencias térmicas, imponen demandas muy altas de resistencia y calidad del revestimiento externo.

30 Se sabe que el proceso PIC proporciona una microestructura de gran calidad y de coherencia excelente del revestimiento externo, pero el proceso PIC es muy lento, y el prologando tiempo del proceso a elevada temperatura puede también provocar procesos metalúrgicos no deseados, como la difusión de un componente de una aleación a la otra aleación.

35 La presente invención pretende obtener una gran resistencia del revestimiento exterior y obtener una microestructura en el revestimiento exterior con una estructura fuerte, en particular, cerca de la zona de transición hacia la parte de base.

40 En vista de esto, el husillo de la válvula de escape de acuerdo con la presente invención se caracteriza por que, al menos en la zona de transición hacia la parte de base, las partículas del material particulado del revestimiento externo se han deformado hasta formas ovaladas o alargadas debido al esfuerzo de cizalla provocado al forjar el revestimiento externo y la parte de base, y por qué el revestimiento externo forjado tiene una densidad de al menos el 98,0 %.

45 El esfuerzo de cizalla inducido por el forjado provoca el desplazamiento de las partículas en polvo en relación con otras partículas en polvo, de modo que las partículas friccionan las unas con las otras y penetran en las capas de película de óxido que pueden estar presentes sobre la superficie de las partículas. Cualquier capa de película de óxido será fina debido a que el material particulado normalmente se fabrica mediante atomización por gas sin oxígeno, sin embargo, durante el almacenamiento, ciertos óxidos se formarán inevitablemente sobre las partículas.

50 El esfuerzo de cizalla deforma las partículas hasta formas no esféricas que pueden caracterizarse como formas ovaladas o alargadas. Durante el forjado, el material particulado se comprime en una capa densa y las partículas se unen en un material coherente, adherido a la capa adyacente, que es la parte de base cuando el material particulado se sitúa directamente sobre la parte de base. Una densidad de al menos el 98,0 % también puede expresarse como una porosidad de como máximo el 2 %.

El esfuerzo de cizalla inducido por el forjado hace que el material particulado fluya al menos en direcciones radiales, siendo estas direcciones radiales perpendiculares a la dirección axial del husillo de válvula de escape, y por lo tanto, estas direcciones radiales son paralelas a la superficie inferior de la cabeza de válvula y están en paralelo con la zona de transición sustancialmente plana entre el material del revestimiento externo y el material de la parte de base. El esfuerzo de cizalla y los movimientos radiales resultantes del material cercano a la zona de transición garantizan la creación de uniones eficaces entre los materiales y, junto con la manera extremadamente eficaz de las partículas que friccionan las unas con las otras durante la deformación, la microestructura resultante tendrá un número muy bajo de puntos de falla internos en la microestructura. La unión de los materiales en el área de transición presenta así una microestructura fuerte y es posible proporcionar completamente un bloqueo geométrico entre el revestimiento externo y la parte de base.

En una realización preferente, la zona de transición entre el revestimiento externo y la parte de base se extiende a lo largo de al menos un plano recto, en el área que se extiende desde el interior del área de reborde de la cabeza de válvula hasta el área central de la cabeza de válvula. En el área de reborde, el revestimiento externo puede tener un alargamiento que se extiende hacia arriba y alberga la parte de base a lo largo de la periferia, de modo que el revestimiento externo en sí tiene forma de cazo con una pared ascendente en la periferia. A una distancia desde el reborde, la zona de transición comienza a extenderse a lo largo de un plano recto hacia el medio de la cabeza de válvula, teniendo esta extensión del plano la ventaja de que no existe un cambio brusco de grosor o forma del revestimiento externo, y por lo tanto, no existen grandes modificaciones locales en cómo se trata el material particulado del revestimiento externo durante el forjado. Cerca de la zona de transición plana, el material particulado se somete a sustancialmente el mismo tratamiento dentro de un área local, y a medida que la una o más áreas planas se extienden desde el interior del área de reborde hasta el área central, estas cubren la mayoría del área de la cabeza de válvula.

Es posible que el revestimiento externo se sitúe directamente sobre la parte de base. Como alternativa, se coloca al menos una capa de tampón de una aleación entre la parte de base y el revestimiento externo. Cuando se utiliza dicha capa de tampón, la aleación de la capa de tampón es una tercera aleación que presenta una composición distinta de la del acero aleado de la parte de base, y distinta también de la de la aleación resistente a la corrosión en caliente del revestimiento externo. La diferencia en la composición significa que el análisis de la aleación de la capa de tampón presenta distintos componentes de aleación o diferentes cantidades (en porcentaje de peso) de uno o más de los componentes de aleación. La capa de tampón, por ejemplo, puede ser un acero aleado con una cantidad distinta de carbono, o con cantidades diferentes de otros componentes, tales como cromo, hierro o níquel. Debe entenderse que el término "composición" significa el análisis de las aleaciones. La colocación de la capa de tampón entre la parte de base de acero aleado y el revestimiento externo tiene el efecto de que el acero aleado esté en contacto directo solo con el material de la capa de tampón, y no con la aleación resistente a la corrosión de la capa externa. La capa de tampón actúa para reducir o prevenir la difusión de los componentes de aleación desde el revestimiento externo hasta la parte de base y viceversa.

Preferentemente, la capa de tampón se selecciona del grupo que comprende acero, acero austenítico, una aleación con base de níquel y una aleación que, aparte de presentar impurezas inevitables, es de Fe o Ni. Estas aleaciones se consideran compatibles tanto con el acero de la parte de base como con la aleación del revestimiento externo.

En una realización, el acero aleado de la parte de base es acero inoxidable austenítico. Durante años, se ha admitido fabricar husillos de válvula a partir de la aleación NIMONIC 80 A (marca registrada, Special Metals). Sin embargo, una aleación especial como esta no está tan fácilmente disponible como el acero inoxidable austenítico, y además, el acero inoxidable presenta una alta resistencia y, resumiendo, se considera que tiene un muy buen rendimiento, especialmente en los motores de cruceta de dos tiempos, siempre y cuando la resistencia a la corrosión pueda mejorarse por encima de las capacidades del acero inoxidable, sobre la superficie que se orienta hacia la cámara de combustión. Sin embargo, el acero inoxidable tiene un contenido alto de carbono. La capa de tampón absorbe el carbono difundido, de modo que las ventajas de utilizar el acero inoxidable para la mayor parte de la válvula de escape no se ven afectadas por las altas exigencias en cuanto a la resistencia a la corrosión en caliente y la ductilidad a largo plazo de la válvula de escape ya terminada.

En una realización preferente, la capa de tampón tiene un grosor de al menos 2 mm. Este grosor es suficiente para garantizar que el carbono no pueda difundirse por la capa de tampón, incluso cuando la capa de tampón sea de una aleación que presente capacidades de formación de carburo, donde el carbono que se difunde hacia la capa puede convertirse en carburos y así no se provoca un aumento en la actividad del carbono de la capa.

La presente invención también se refiere a un método para fabricar husillo de válvula de escape para un motor de combustión interna, cuyo husillo de válvula de escape comprende una cabeza de válvula con una parte de base de un acero aleado, y un revestimiento externo que forma la superficie del husillo de la válvula hacia una cámara de combustión, cuyo revestimiento externo se ha formado a partir de material de partida particulado de una aleación resistente a la corrosión en caliente que tiene base de níquel, base de cromo o base de cobalto.

De acuerdo con la presente invención, el método se caracteriza por que, mientras el material particulado de la aleación resistente a la corrosión en caliente se mantiene en un acotamiento en la parte de base, el material

particulado se calienta hasta la temperatura de forjado y se forja, mediante lo que el material particulado se somete a un esfuerzo de cizalla que deforma las partículas hasta formas alargadas u ovaladas, compactando dicho forjado el material particulado hasta una densidad de al menos el 98,0 % y uniendo el revestimiento externo con la parte de base o con una capa de tampón y la parte de base.

5 El forjado se produce muy rápidamente en comparación con el tratamiento PIC, y los componentes de aleación solo disponen de un tiempo corto para difundirse desde una aleación a la aleación adyacente, mientras que las partes de válvula están a la temperatura de forjado elevada. Como se ha descrito anteriormente, el forjado presiona el material particulado y el esfuerzo de cizalla mueve las partículas en direcciones paralelas a la zona de transición, y hace que las partículas del material particulado friccionen las unas con las otras y se fusionen. Durante el movimiento, la fricción y fusión de cualquier película de óxido, inicialmente presente sobre las partículas, rompe y limpia el material de aleación de granos dentro de cualquier partícula que entre en contacto directo con el material de aleación limpio de granos dentro de otras partículas, y así los granos pueden conectarse eficazmente a nivel de microestructura.

15 En un ejemplo, el material particulado del acotamiento se proporciona en una capa de grosor sustancialmente uniforme, en el área que se extiende desde dentro del área de reborde de la cabeza de válvula hasta el área central de la cabeza de válvula. Cuando la capa de material particulado tiene un grosor sustancialmente uniforme en el acotamiento y se aplican las condiciones de forjado sustancialmente uniforme, el revestimiento externo resultante tendrá un grosor sustancialmente uniforme. La zona de transición entre el revestimiento externo y la parte de base se extiende así a lo largo, en un único plano recto, en la dirección radial de la cabeza de válvula.

25 En otro ejemplo, el material particulado del acotamiento se proporciona en una capa de grosor que aumenta hacia el eje central longitudinal de la válvula, en el área que se extiende desde dentro del área de reborde de la cabeza de válvula hasta el área central de la cabeza de válvula. Ya que la superficie inferior de la cabeza de válvula es normalmente una superficie plana, la superficie inferior de la parte de base puede hacerse con un área central rebajada que permita un grosor mayor del revestimiento externo. La zona de transición entre el revestimiento externo y la parte de base puede extenderse por lo tanto a lo largo de varios planos rectos, o la zona de transición puede tener una forma ligeramente curvada. El mayor grosor del revestimiento externo en el área central de la superficie inferior de la cabeza de válvula proporciona a la válvula de escape una vida prolongada, en comparación con la cantidad de material particulado gastada, ya que durante el uso, el impacto de la temperatura más alta y la mayor pérdida de material durante el funcionamiento se producen en el área central de la superficie inferior de la cabeza de válvula. Si el husillo de la válvula de escape es para utilizarlo en un motor donde se espera que la pérdida de material sea mayor más cerca del área de reborde o en otras áreas locales, el revestimiento externo puede presentar como alternativa un mayor grosor en la dirección del área de reborde o un mayor grosor en dichas áreas locales.

35 Otro método de acuerdo con la presente invención se caracteriza por que el material particulado de la aleación resistente a la corrosión en caliente se pulveriza en caliente en una atmósfera inactiva, para crear así una parte preformada, y por qué la parte preformada y la parte de base se calientan hasta la temperatura de forjado y se forjan, mediante lo que el material particulado se somete a un esfuerzo de cizalla que deforma las partículas hasta formas alargadas u ovaladas, compactando dicho forjado el material particulado hasta una densidad de al menos el 98,0 % y uniendo el revestimiento externo con la parte de base o con una capa de tampón y la parte de base.

45 Con este método, el material particulado se conforma en primer lugar en una parte preformada con suficiente estabilidad de forma, para permitir así que el material particulado se sitúe sobre la parte de base como un único cuerpo. Incluso es posible pulverizar el material particulado directamente sobre la parte de base. En caso de que el material particulado no tenga porosidades interconectadas, es posible evitar el uso de un acotamiento. Cuando se utiliza un acotamiento, este tiene que mecanizarse después de haberse completado el forjado. Aunque el material particulado de la parte preformada tendrá formas irregulares antes de forjarse, el forjado provoca los mismos efectos que se describen en relación con el primer método mencionado, pero las partículas deformadas resultantes tendrán formas bastante irregulares.

55 Cualquiera que sea el método, se prefiere que antes del forjado, el material del revestimiento externo se vacíe a una presión de menos de 1×10^{-4} bar. El vaciado elimina los gases de los huecos dentro del material particulado que va a forjarse, lo que facilita la compresión del material. A pesar de que los gases presentes en el material del revestimiento externo no suelen presentar oxígeno, tales como gases inertes, sigue siendo una ventaja que esté presente la menor cantidad de gas posible. En consecuencia, se prefiere que el material del revestimiento externo se vacíe a una presión de menos de 1×10^{-7} bar.

60 Si se va a usar una capa de tampón de una tercera aleación, esta tercera aleación tiene una composición distinta del acero aleado de la parte de base (la primera aleación) y distinta de la aleación resistente a la corrosión en caliente del revestimiento externo (la segunda aleación). La tercera aleación se aplica preferentemente a la superficie de la parte de base, antes de que el material del revestimiento externo se coloque en dicha superficie de la parte de base. La tercera aleación puede aplicarse alternativamente al material del revestimiento externo. Sin embargo, la superficie de la parte de base suele ser una superficie regular y lisa sobre la que puede aplicarse la tercera aleación de una

manera muy bien controlada, en particular, bien controlada en cuanto a la cantidad y al esparcimiento del material de una manera uniforme.

5 Es posible llevar a cabo el forjado en más de una etapa, para así obtener la cabeza de válvula con el revestimiento externo. Después de la etapa de forjado que une la parte de base y el revestimiento externo, la parte de base y el revestimiento externo unidos pueden forjarse en al menos una etapa posterior, para así obtener la forma final. Esto puede ser ventajoso, por ejemplo, si la parte de base y el revestimiento externo tienen una forma cilíndrica cuando se unen en la primera fase de forjado, y después, la parte de cabeza de la válvula se forja en una etapa posterior.

10 Para reducir la difusión por la zona de transición, el forjado se lleva a cabo preferentemente en menos de 10 minutos, y la parte de base con el revestimiento externo se enfría inmediatamente después del forjado.

15 En una evolución adicional del método, la parte del vástago de válvula se suelda por fricción sobre la parte de base después de haber terminado con el forjado. Una ventaja de esto es que la cantidad de material que debe calentarse hasta la temperatura de forjado es menor cuando la parte del vástago de válvula no está presente. Otra ventaja es que la parte de base puede albergarse y soportarse completamente en la matriz, sobre el lado que se orienta lejos del revestimiento externo, en lugar de que disponga de una parte de vástago que se extienda hacia dicho lado.

20 La cabeza de válvula forjada, o toda la válvula con la cabeza de válvula y el vástago, pueden someterse opcionalmente a un tratamiento térmico final, tal como el templado o el recocido. El tratamiento térmico puede provocar la difusión de los componentes de aleación en las zonas de transición, y puede reforzar la unión metalúrgica entre los materiales.

25 A continuación, se presentan ejemplos de las realizaciones de acuerdo con la presente invención, descritos con más detalle en relación con los dibujos esquemáticos, en los que

la figura 1 es una fotografía en un microscopio de una muestra molida y pulida obtenida de un husillo de válvula, donde un revestimiento externo se ha proporcionado mediante un tratamiento PIC de la técnica anterior,
 30 la figura 2 ilustra una vista de una parte en sección transversal de un husillo de válvula de escape en forma de una válvula de escape de acuerdo con la invención,
 las figuras 3 y 4 son ilustraciones esquemáticas del forjado de una cabeza de válvula de acuerdo con la presente invención,
 la figura 5 es una ilustración de una cabeza de válvula y un vástago de válvula de acuerdo con la presente invención,
 35 las figuras 6 y 7 son fotografías en un microscopio de una muestra molida y pulida obtenida de un husillo de válvula, donde un revestimiento externo se ha proporcionado de acuerdo con la presente invención,
 las figuras 8 y 9 son una vista superior y una vista lateral, respectivamente, de una muestra de análisis,
 la figura 10 es una fotografía en un microscopio de una muestra molida y pulida obtenida de un husillo de válvula, donde un revestimiento externo se ha proporcionado mediante el tratamiento PIC de la técnica anterior, y
 40 la figura 11 ilustra el material particulado contenido en un acotamiento antes de forjarse, de conformidad con el método de la presente invención.

45 En la figura 1 y la figura 10, la muestra se ha obtenido a partir de un material particulado compactado por PIC y pueden verse las formas circulares de las partículas cortadas. Esto muestra que las partículas conservan su forma esférica durante la compactación. Es un signo normal de la compactación por PIC que las partículas sean esféricas, resultado de la presión isostática aplicada durante la compactación. La presión isostática hace que el material particulado se contraiga de una manera en la que las partículas no se mueven dentro del material durante el proceso. Es un proceso muy metódico donde se mantienen las posiciones mutuas entre las partículas. Para distinguir más claramente la microestructura de la técnica anterior, se han añadido tres círculos a la fotografía de la
 50 figura 10, para así perfilar tres de las partículas que aparecen en la fotografía.

La figura 2 ilustra de forma esquemática un husillo 1 de válvula de escape para una válvula de escape de un motor de cruceta de dos tiempos. La mitad izquierda de la válvula se ve desde el exterior, y la mitad derecha de la válvula se ve en sección transversal, mostrando un ejemplo de la ubicación y extensión de un revestimiento externo 5. El
 55 husillo de válvula comprende un vástago 2 de válvula, del que solo se ve una sección inferior en la figura 2, y una cabeza 3 de válvula con una parte de base 4 y el revestimiento externo 5. La dirección axial de la válvula de escape se ilustra con la flecha A, que señala hacia la dirección de la línea C que se extiende en el centro del vástago, y la flecha R ilustra una dirección radial que es perpendicular a la dirección axial.

60 Un asiento 6 de válvula, en la superficie superior de la cabeza 3 de válvula, se fabrica con una aleación resistente a la corrosión en caliente, adecuada para evitar la formación de marcas dentadas sobre la superficie de sellado del asiento. Dichas aleaciones de asiento se conocen bien y se describen, entre otras, en el documento del solicitante WO 97/47862. El revestimiento externo 5 sobre la cabeza de válvula es una capa de material resistente a la
 65 corrosión en caliente que evita que el material de la válvula de escape se quemara, y forma una superficie 7 que se orienta hacia abajo, hacia la cámara de combustión, cuando el husillo de la válvula de escape está instalado en el motor. El material resistente a la corrosión en caliente se forma con un material de partida particulado, hecho de una

aleación que tiene base de níquel, base de cromo o base de cobalto. Cuando está en funcionamiento, el husillo de la válvula de escape en el motor se mueve a tiempos adecuados del ciclo del motor, entre una posición cerrada, donde el asiento 6 de válvula hace tope contra un asiento de válvula fijo en la carcasa de la válvula de escape (no mostrada), y una posición abierta, donde el husillo 1 de la válvula de escape se ha movido en dirección descendente y el asiento 6 de válvula está a una distancia del asiento de válvula fijo. El husillo 1 de la válvula de escape, junto con la camisa del cilindro y una cubierta del cilindro (no mostradas), define la cámara de combustión del motor de combustión interna, y por lo tanto, se exponen al calor y al entorno agresivo que se produce en la combustión.

El motor de combustión interna que utiliza los husillos de válvula de escape puede ser un motor de cuatro tiempos o un motor de cruceta de dos tiempos. El motor de dos tiempos puede ser de la marca MAN Diesel, tal como del tipo MC o ME, o puede ser de la marca Wärtsilä, tal como del tipo RTA de RTA-flex, o puede ser de la marca Mitsubishi. Para tales motores de cruceta de dos tiempos, el diámetro del pistón puede oscilar desde 250 hasta 1100 mm, y el diámetro externo de la cabeza de válvula puede oscilar desde 120 hasta 600 mm, y normalmente puede ser al menos de 170 mm.

A partir de estas dimensiones, queda claro que las superficies de los husillos de válvula de escape que se orientan hacia la cámara de combustión tienen áreas mayores, lo que produce tensiones térmicas mayores en el revestimiento externo 5 y en las áreas de interfaz entre el revestimiento exterior y la parte de base, respectivamente. En las realizaciones de la presente invención, el revestimiento externo 5 está conectado fuertemente con la parte de base 4 en el área plana que se extiende desde el centro del husillo de válvula de escape hacia el área de reborde de la cabeza de válvula.

El husillo 1 de la válvula de escape también puede aprovecharse en motores más pequeños, por ejemplo, en motores de cuatro tiempos del tipo de velocidad media o alta, aunque el husillo de la válvula de escape puede aplicarse especialmente en motores de cruceta de dos tiempos, que son motores grandes donde las cargas son pesadas y donde predomina la necesidad de un funcionamiento continuo sin fallos.

En una realización, el revestimiento externo 5 se aplica directamente sobre la superficie de la parte de base 4. En otra realización del husillo de válvula de escape, del que se han obtenido las muestras fotografiadas en las figuras 6 y 7, se coloca una capa de tampón 9 entre la parte de base 4 y el revestimiento externo 5. La capa de tampón 9, a pesar de presentar impurezas inevitables, puede ser una capa de níquel sustancialmente puro aplicada a la superficie de la parte de base. La capa de níquel puede aplicarse a la superficie de diferentes maneras, tal como proporcionándose como un material particulado colocado sobre la parte superior de la parte de base. La capa de níquel también puede proporcionarse en un procedimiento distinto, antes de colocar el material particulado del revestimiento externo sobre la parte superior de la capa de tampón. En dicho procedimiento distinto, la parte de base puede sumergirse en un baño galvánico y depositar el níquel mediante galvanoplastia, formando así una capa que tiene un grosor que varía entre los 30 y los 150 μm , preferentemente entre 30 y 70 μm . La capa sometida a galvanoplastia tiene la ventaja de ser una capa muy densa de níquel puro. La capa sometida a galvanoplastia tiene una unión metalúrgica con la parte de base.

En otra realización, la capa de tampón, aparte de presentar impurezas inevitables, es de Fe. Una ventaja de hacer la capa de tampón de hierro o níquel puro o casi puro, es que la capa de tampón no presenta o solo tiene pocas cantidades de formaciones de carburo. Cuando este es el caso, se suprime la formación de carburos en la capa de tampón, y la difusión del carbono hacia la capa de tampón aumenta la actividad del carbono en la capa de tampón, y así, se resistirá la difusión adicional del carbono hacia la capa. El carbono solo tiene una pequeña solubilidad en hierro y níquel. Como ejemplo, la solubilidad del carbono en el níquel a una temperatura de 500°C es de menos del 0,1 % en peso, de modo que cuando se han difundido incluso cantidades pequeñas de carbono hacia la capa de tampón, la capa de tampón obtendrá una actividad del carbono del 100 %, y así se evitará prácticamente la difusión adicional del carbono hacia la capa.

Como otro ejemplo, la capa de tampón 9 puede ser de acero o de acero austenítico. La capa de tampón puede ser una placa de acero. Como ejemplo más específico, la parte de base 4 es de acero de válvula forjado (SNCrW - Aleación 1 en la tabla 1), el revestimiento externo 5 es de aleación 671 y la placa de acero es de la aleación N.^o-W. 1.4332, seleccionada de las aleaciones de la tabla 2. Como otro ejemplo, la capa de tampón 9 puede proporcionarse como un material particulado de la aleación UNS S31603 y el revestimiento externo 5 puede ser un material particulado de la aleación 671. La parte de base 4 es de acero forjado. En este caso, tanto el material particulado de la capa de tampón como el material particulado del revestimiento externo se unen en un material coherente sobre la parte de base 4 durante el forjado.

Como realización alternativa, la capa de tampón puede ser de una aleación con base de níquel. Una aleación de este tipo es adecuada, en particular, para unirse bien con la aleación del revestimiento externo, y puede tener un contenido de cromo que es considerablemente menor que el revestimiento externo, tal como un contenido de cromo de menos del 25 % en peso, tal como la aleación IN 625 que tiene de 20 a 23 % de cromo, la aleación INCOLOY 600, que tiene de 19 a 23 % de cromo, o la aleación IN 718, que tiene de 10 a 25 % de cromo, o la aleación NIMONIC Alloy 105, que tiene aproximadamente un 15 % de cromo, o la aleación Rene 220, que tiene de 10 a 25 %

ES 2 651 311 T3

de cromo. La capa de tampón también puede ser de una aleación más rica en níquel, ya que el níquel en cantidades mayores tiene tendencia a prevenir la difusión del carbono.

5 El material particulado puede fabricarse de varias formas distintas que se conocen bien en la técnica. Por ejemplo, los materiales particulados se pueden haber fabricado mediante atomización de un chorro de líquido de una aleación fundida de la composición deseada en una cámara con una atmósfera inactiva, a través de lo que el material se desactiva y solidifica como partículas con una estructura dendrítica muy fina. El material particulado también puede llamarse polvo.

10 El material particulado se puede fabricar alternativamente mediante atomización de un chorro de líquido de una aleación fundida de la composición deseada en una cámara con una atmósfera inactiva, donde la pulverización de las partículas atomizadas se dirige para que golpee y se deposite sobre una parte sólida. La parte sólida puede enfriarse y, en este caso, las partículas crean una parte preformada que está separada de la parte sólida. Las partículas pueden unirse alternativamente a la parte sólida, y una parte de base 4 puede utilizarse como tal, de modo
15 que la parte preformada se une directamente a la parte de base.

Los materiales adecuados para la parte de base 4 comprenden aceros inoxidables. Los ejemplos de dichos materiales se proporcionan en la siguiente tabla 1. El N.^o-W. es el número estándar alemán de la aleación. Los porcentajes indicados son porcentajes en peso.

20

Tabla 1

N. ^o -W.	C	Si	Mn	Cr	Ni	Otros	Equilibrio
Aleación 1	0,25 %	1,4 %	1,3 %	20 %	9 %	3 % W	Fe
-	0,35 %	2,5 %	0,8 %	11,5 %	-	1 % Mo	Fe
1.4873	0,43 %	2,3 %	1,2 %	18 %	9 %	1 % W	Fe
1.4718	0,45 %	3,2 %	0,4 %	9 %	-	-	Fe
1.4871	0,52 %	-	9 %	20,8 %	3,9 %	0,45 % N	Fe
1.4747	0,81 %	2 %	-	19,5 %	1,4 %	-	Fe

Los materiales adecuados para la capa de tampón opcional comprenden aceros, tal y como se ejemplifica en la siguiente tabla 2. El N.^o-W. es el número estándar alemán de la aleación. Los porcentajes indicados son porcentajes en peso.

25

Tabla 2

N. ^o -W.	C	Si	Mn	Cr	Ni	Otros	Equi.
1.4370	0,08 %	0,8 %	7 %	18 %	8 %	-	Fe
1.4316	0,03 %	0,5 %	1,5 %	20,5 %	10,5 %	Nb>12xC	Fe
1.4551	0,04 %	0,8 %	1,8 %	19,5 %	10 %	-	Fe
1.4430	0,025 %	0,8 %	1,8 %	18,5 %	12 %	2,6 % Mo	Fe
1.4332	0,03 %	0,5 %	1 %	24,5 %	13 %	-	Fe
-	0,08 %	0,8 %	1,8 %	23,5 %	13,5 %	-	Fe

30

Otro material adecuado para la capa de tampón es la aleación UNS S31603, que comprende 0,5-1,0 % Mn, 16,5-18 % Cr, 11,5-14 % Ni, 2,5-3,0 % Mo, 0-0,1 % N, 0-0,025 % O, 0-0,03 % C, y el equilibrio Fe. Cuando la capa de tampón es de material de placa, no existe normalmente ningún requisito con respecto al contenido de nitrógeno y oxígeno. Sin embargo, cuando la capa de tampón es de material particulado, entonces se prefiere que el contenido de nitrógeno sea como máximo 0,1 % y que el contenido de oxígeno sea como máximo 0,03 %.

35

En la técnica de las válvulas de escape se conocen los materiales adecuados para el revestimiento externo, y los ejemplos son Stellite 6, una aleación del tipo 50 % Cr y 50 % Ni, una aleación del tipo IN 657 que comprende 48-52 % Cr, 1,4-1,7 % Nb, como máximo 0,1 % C, como máximo 0,16 % Ti, como máximo 0,2 % C+N, como máximo 0,5 % Si, como máximo 1,0 % Fe, como máximo 0,3 Mg y un equilibrio de Ni. Otro ejemplo es una aleación que tiene la composición de 40 a 51 % Cr, de 0 a 0,1 % C, menos de 1,0 % Si, de 0 a 5,0 % Mn, menos de 1,0 % Mo, de 0,05 % a menos de 0,5 % B, de 0 a 1,0 % Al, de 0 a 1,5 % Ti, de 0 a 0,2 % Zr, de 0,5 a 3,0 % Nb, un contenido agregado de Co y Fe de como máximo 5,0 %, máximo 0,2 % O, máximo 0,3 % N y el equilibrio Ni. Otras aleaciones de revestimiento adecuadas para su uso como revestimiento externo se proporcionan en el artículo "*Review of operating experience with current valve materials*", publicado en 1990 en el libro "*Diesel engine combustion chamber materials for heavy fuel operation*" del Instituto de Ingeniería Naval (The Institute of Marine Engineers) de Londres.

40

45

El forjado se prepara colocando la parte de base 4 de la cabeza de válvula en la ubicación del forjado y aplicando la capa de tampón 9, si hubiera, a la superficie de la parte de base. El material particulado del revestimiento externo
50 puede proporcionarse de varias maneras distintas. En un ejemplo ilustrado en la figura 11, el revestimiento externo

se proporciona como material particulado contenido en un acotamiento 12 en la parte de base 4, mientras la parte de base con el acotamiento y el material particulado se dispone en una parte de matriz como preparación para el forjado. La disposición del acotamiento 12 y el material particulado sobre la parte de base puede realizarse de varias formas distintas. El acotamiento puede soldarse sobre la parte de base y estar provisto de un pasador de tubo, que se utiliza para introducir el material particulado en el acotamiento, después se utiliza para conectar el equipo de vacío y luego se cierra antes del forjado. Como alternativa, el acotamiento 12 está fijado a la parte de base 4 después de que se haya depositado el material particulado dentro del acotamiento. Esta fijación puede realizarse mediante soldadura dura, o como otro ejemplo, mediante soldadura al vacío. Como otra alternativa, el acotamiento se fija a la parte de base, posteriormente, el material particulado se introduce en el acotamiento, y finalmente se lleva a cabo la soldadura. Cuando se utiliza soldadura al vacío, el acotamiento puede tener forma de copa y estar provisto de un roscado grueso en el interior, cuyo roscado coincide con el roscado externo de la parte de base. La soldadura se proporciona en el roscado. Después, el calentamiento y fijado puede llevarse a cabo en un horno de vacío. En otro ejemplo, el material particulado del revestimiento externo 8 se proporciona como una parte preformada que se sitúa sobre la parte de base 4, tal y como se ilustra en la figura 3. La formación de dicha parte preformada se describe con más detalle a continuación.

Antes de forjar la parte de base 4 con el material particulado del revestimiento externo 5, y posiblemente la capa de tampón 9 y el acotamiento 12, se calientan hasta la temperatura de forjado, que preferentemente está en el intervalo de temperatura de 950 °C a 1100 °C. Las partes calentadas se introducen en una prensa de forjado que tiene una parte de matriz inferior 10 y una parte de matriz superior 11 y un mecanismo de accionamiento que puede accionarse de manera mecánica o hidráulica. El accionamiento de la prensa de forjado desplaza una parte de la matriz hacia la otra parte de matriz, y el material contenido dentro de la parte de matriz se deforma mecánicamente durante el desplazamiento. Las fuerzas requeridas para realizar el forjado dependen del tamaño de la cabeza de válvula. Para un diámetro de la cabeza de válvula de 490 mm, puede llevarse a cabo una operación de forjado eficaz con una prensa de forjado capaz de ejercer una fuerza de compresión en el intervalo de aproximadamente 250 a 400 MN. Para cabezas de válvula con un diámetro menor, las fuerzas de compresión utilizadas pueden ser menores, tales como 35 MN para una válvula de escape que tiene un diámetro de cabeza de válvula de 150 mm. La operación de forjado se lleva a cabo preferentemente en 10 minutos, y más preferentemente en 3 minutos. Durante el forjado, el material particulado del revestimiento externo 5 se compacta, de manera que normalmente el grosor del revestimiento externo se reduce de un 30 a un 70 % del grosor inicial del material particulado. Si se utiliza una parte preformada densa, la densidad puede ser alta antes del forjado, y en este ejemplo, el grosor del revestimiento externo puede reducirse de un 30 a un 95 % del grosor inicial del material particulado. Se reduce el grosor del material particulado, de forma que la densidad resultante del revestimiento externo es de al menos el 98,0 %.

Cuando se compacta hasta este punto utilizando el forjado, el material particulado ha obtenido una densidad adecuada. Por supuesto, es más preferible compactar aún más el material particulado, tal como hasta una densidad de al menos el 99,0 %, o aún mejor, hasta una densidad de al menos el 99,5 %, y más preferible compactarlo hasta una densidad del 100 %.

Durante el forjado, el material particulado se somete a un esfuerzo de cizalla, que hace que las partículas cambien de posición y que deforma el material. El esfuerzo es una medida geométrica de deformación que representa el desplazamiento relativo entre las partículas del material. El esfuerzo de cizalla hace que las partículas cambien de lugar y deforma las partículas cuando estas interactúan. El esfuerzo de cizalla actúa paralelo a la superficie afectada por el forjado. El forjado afecta a la superficie 7 en la dirección axial del husillo de válvula de escape, que es perpendicular a esta superficie, y el esfuerzo de cizalla actúa en paralelo con esta superficie, que está en la dirección radial del husillo de válvula de escape. Durante la compactación de la capa externa, el esfuerzo de cizalla desplaza las partículas en la dirección radial y provoca que las partículas friccionen las unas con las otras y obliga a las partículas a deformarse en formas no esféricas, tales como formas oblongas, formas ovaladas o formas irregulares. Cuando se ha completado el forjado, la cabeza de válvula se retira de las matrices y se enfría con aire o se enfría de otra forma.

Se prefiere que la cantidad de esfuerzo efectivo en el material del revestimiento externo sea de al menos 0,3. El esfuerzo efectivo se calcula de la manera tradicional divulgada en libros de texto básicos, tales como en "*Manufacturing engineering and technology*", de Klpakjian y Schmid, 5ª edición, Prentice Hall, año 2006, o en "*Formelsamling I Hållfasthetslära*" de Gert Hedner, publicación 104, Royal Swedish Technical University, Estocolmo, año 1978, páginas 222-223. Aún más preferible es un esfuerzo de cizalla de al menos 0,4. Esto garantiza una unión muy eficaz y fuerte entre las partículas del revestimiento externo y el material de la parte de base de la capa de tampón.

A continuación, se describe un primer método para fabricar el husillo de válvula de escape. El husillo de válvula de escape tiene una cabeza de válvula con una parte de base de un acero aleado, y un revestimiento externo que forma la superficie del husillo de la válvula hacia una cámara de combustión. Se prepara la parte de base de acero aleado, tal como forjando el material en una forma adecuada. Se prepara un material de partida particulado para formar el revestimiento exterior. El material es una aleación resistente a la corrosión en caliente. El material de partida particulado está albergado en un acotamiento, cuyo interior tiene la forma del revestimiento externo. En otras palabras, se prepara el acotamiento para retirarlo después de que se haya formado la cabeza de válvula. Mientras el

material particulado de la aleación resistente a la corrosión en caliente está contenido en el acotamiento en la parte de base, el material particulado y la parte de base se calientan hasta la temperatura de forjado y se colocan dentro de una de las partes de matriz, normalmente la parte de matriz inferior 10. Después se forja el material, mediante lo que el material particulado se somete a un esfuerzo de cizalla que deforma las partículas hasta formas alargadas u ovaladas. Al mismo tiempo, el material particulado se compacta hasta una densidad de al menos el 98,0 % y se une a la parte de base o a una capa de tampón y la parte de base.

Un segundo método para fabricar el husillo de la válvula de escape es pulverizar en caliente el material particulado de la aleación resistente a la corrosión en caliente para crear una parte preformada. La parte preformada puede formarse directamente sobre la parte de base durante el procedimiento de pulverización, o puede formarse de manera separada y situarse sobre la parte de base y calentarse hasta la temperatura de forjado. Después, la parte preformada y la parte de base, y opcionalmente también la capa de tampón, pueden forjarse en una parte de válvula de escape. Durante el forjado, el material particulado se somete a un esfuerzo de cizalla que deforma las partículas hasta formas alargadas u ovaladas, compactando dicho forjado el material particulado hasta una densidad de al menos el 98,0 % y uniendo el revestimiento externo con la parte de base o con una capa de tampón y la parte de base.

La pulverización en caliente del material particulado puede producirse proporcionando una boquilla de un secador por atomización con una aleación fundida y pulverizando la aleación como partículas atomizadas sobre una parte de base 4 donde las partículas se unen parcialmente, pero permanecen en un estado no denso. La parte de base con la parte preformada aplicada por pulverización en caliente se calienta hasta la temperatura de forjado y se colocan en una de las matrices, tal y como se ha mencionado en la descripción anterior, y después se forjan hasta un estado denso.

Se prefiere que el material particulado preparado para el revestimiento externo se vacíe antes del forjado, para así reducir la cantidad de oxígeno presente en las partículas. De esta manera, se evita la formación de películas de óxido sobre las partículas.

Al forjarlo, el revestimiento externo 5 se comprime hasta un grosor menor, tal como hasta aproximadamente un 25 % menos de grosor, en comparación con el grosor inicial. Al mismo tiempo, la densidad del material en el revestimiento externo aumenta de aproximadamente el 65 % hasta cerca del 100 %. Se prefiere que la densidad resultante sea de al menos el 98,0 %.

La cabeza 3 de válvula producida mediante cualquiera de los métodos anteriormente mencionados es una cabeza de válvula que tiene un revestimiento externo 5 en la superficie dirigida hacia la cámara de combustión. La cabeza de válvula puede tener un vástago de válvula, si la parte de base 4 de la cabeza 3 de válvula está formada integralmente con un vástago 2 de válvula, y alternativamente, si se considera más conveniente, la cabeza de válvula también puede fabricarse sin un vástago 2 de válvula. En este último caso, el vástago de válvula tiene que instalarse sobre la cabeza de válvula después de completar la fabricación de la cabeza de válvula. La figura 5 ilustra una cabeza de válvula terminada y un vástago 2 de válvula. Estas dos partes pueden unirse por soldadura por fricción de una manera muy conocida. En dicha soldadura por fricción, una parte, normalmente la cabeza de válvula, se mantiene fijada, y la otra parte, como el vástago de válvula, primero se rota y después se mueve axialmente para que haga tope con la cabeza de válvula, de modo que estas dos partes se sueldan por fricción en un solo husillo de válvula de escape.

La fuerte microestructura obtenida provoca una unión fuerte de los materiales en la zona de transición. De acuerdo con la presente invención, esta unión puede analizarse. Para analizar la resistencia frente al desgarramiento de los materiales en la carga de cizalla, se prepara una muestra de análisis especial en función de un corte de muestra hecho en una válvula de escape. La muestra del análisis tiene la forma que se ilustra en las figuras 8 y 9. La muestra del análisis tiene una anchura de $w = 9,0$ mm, una longitud de $l = 40,0$ mm, una distancia de $d = 25,4$ mm entre los centros de los orificios de tracción, un grosor de $t = 3,5$ mm de la parte de base, y un grosor T del revestimiento externo. El grosor del revestimiento externo se mide y establece como grosor T . Después, se corta una ranura $g1, g2$ a través de todo el material desde cada lado, en una anchura de al menos 2 mm, y con tal separación mutua en la dirección de longitud, la superposición resultante de la unión entre sí de las capas es menor que el grosor t medido del revestimiento externo.

Se han llevado a cabo ocho ejemplos, y los resultados se presentan en la tabla 3. Se ve claramente que la resistencia de cizalla obtenida está a un nivel alto. El nivel se corresponde con el esfuerzo de cizalla de un material sólido. La unión obtenida de conformidad con la presente invención no provoca por tanto el debilitamiento del material.

Tabla 3

Anchura (mm)	Grosor (mm)	Superposición (mm)	Área de superposición (mm ²)	Área de sección transversal (mm ²)	Fuerza de cizalla (N)	Resistencia de cizalla (N/mm ²)
8,91	1,30	1,39	12,38	11,58	6323,6	510,6
8,94	1,45	1,50	13,41	12,96	6088,6	454,0
8,91	1,46	1,52	13,54	13,01	6138,4	453,2
8,94	1,45	1,50	13,41	12,96	6424,8	479,1
8,90	1,62	1,77	15,75	14,42	7451,8	473,0
8,91	1,33	1,41	12,56	11,85	5527,3	440,0
8,91	1,20	1,24	11,05	10,69	5134,3	464,7
8,92	1,42	1,51	13,43	12,62	6314,4	469,8

5 En una realización adicional, el material particulado de la aleación resistente a la corrosión en caliente se mezcla con partículas de material aislante, como el material cerámico Zirconia (ZrO₂). El material aislante puede tener una concentración más alta cerca de la superficie externa del revestimiento externo, y preferentemente no hay material aislante en la zona de transición entre el revestimiento externo y la parte de base. El material particulado del revestimiento externo puede incluir de 5 a 60 % en peso de material aislante, pero preferentemente la cantidad de material aislante no sobrepasa los 40 % en peso del revestimiento externo.

10 Es posible combinar detalles de las realizaciones anteriormente mencionadas con otras realizaciones dentro del alcance de las reivindicaciones de la patente. También es posible dentro del alcance de las reivindicaciones de la patente variar los detalles de las realizaciones anteriormente descritas. El asiento 6 de válvula puede ser, por ejemplo, de la misma aleación que la cabeza de válvula, la capa de tampón 9 puede terminar en el asiento 6 de válvula y tener una extensión oblicua o vertical en el diámetro más largo (en el área por debajo del asiento 6 de válvula).

15 Cualquiera de las realizaciones anteriormente mencionadas puede someterse a un tratamiento térmico final, tal como el templado o el recocido. El tratamiento térmico, por ejemplo, puede tener una duración que esté en el intervalo de 2 a 6 horas, y llevarse a cabo a una temperatura en el intervalo de 800 a 1050 °C. También son posibles otras temperaturas.

20 El husillo de la válvula de escape es una parte del motor importante, y la información para la documentación de su identidad y, posiblemente, los detalles de fabricación del husillo específico de la válvula de escape pueden plasmarse en una etiqueta integrada en el husillo de la válvula de escape. La etiqueta es preferentemente del tipo RFID de escritura y lectura remota, y preferentemente contiene incluso datos de autenticación individuales que proporcionan la capacidad de rastreo. Un husillo específico puede estar provisto de más de una etiqueta, si se requiere. La etiqueta puede colocarse en una ubicación dentro del husillo de válvula de escape donde esté adecuadamente protegida del calor y de otros parámetros que dañen la etiqueta.

25

30

REIVINDICACIONES

1. Un husillo de válvula de escape para un motor de combustión interna, en particular, un motor de cruceta de dos tiempos, cuyo husillo de válvula de escape comprende una cabeza de válvula con una parte de base de un acero aleado, y un revestimiento externo que forma la superficie del husillo de la válvula hacia una cámara de combustión, cuyo revestimiento externo se ha formado a partir de material de partida particulado de una aleación resistente a la corrosión en caliente que tiene base de níquel, base de cromo o base de cobalto, donde dicho material de partida particulado se ha unido a una capa coherente, caracterizado por que, al menos en la zona de transición hacia la parte de base, las partículas del material particulado del revestimiento externo se han deformado hasta formas ovaladas o alargadas debido al esfuerzo de cizalla provocado al forjar el revestimiento externo y la parte de base, y por qué el revestimiento externo forjado tiene una densidad de al menos 98,0 %.
2. Un husillo de válvula de escape de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que en el área que se extiende desde dentro del área de reborde de la cabeza de válvula hasta el área central de la cabeza de válvula, la zona de transición entre el revestimiento externo y la parte de base se extiende a lo largo de al menos un plano recto.
3. Un husillo de válvula de escape de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que se coloca al menos una capa de tampón de una aleación se sitúa entre la parte de base y el revestimiento externo, por que la aleación de la capa de tampón es una tercera aleación que presenta una composición distinta de la del acero aleado de la parte de base, y distinta también de la de la aleación resistente a la corrosión en caliente del revestimiento externo.
4. Un husillo de válvula de escape de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por que la capa de tampón se selecciona del grupo que comprende acero, acero austenítico, una aleación con base de níquel y una aleación que, aparte de presentar impurezas inevitables, es de Fe o Ni.
5. Un husillo de válvula de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el acero aleado de la parte de base es un acero inoxidable austenítico.
6. Un husillo de válvula de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, caracterizado por que la capa de tampón tiene un grosor de al menos 2 mm.
7. Un método para fabricar un husillo de válvula de escape para un motor de combustión interna, cuyo husillo de válvula de escape comprende una cabeza de válvula con una parte de base de un acero aleado, y un revestimiento externo que forma la superficie del husillo de la válvula hacia una cámara de combustión, cuyo revestimiento externo se ha formado a partir de material de partida particulado de una aleación resistente a la corrosión en caliente que tiene base de níquel, base de cromo o base de cobalto, caracterizado por que, mientras el material particulado de la aleación resistente a la corrosión en caliente se mantiene en un acotamiento en la parte de base, el material particulado se calienta hasta la temperatura de forjado y se forja, mediante lo que el material particulado se somete a un esfuerzo de cizalla que deforma las partículas hasta formas alargadas u ovaladas, compactando dicho forjado el material particulado hasta una densidad de al menos el 98,0 % y uniendo el revestimiento externo con la parte de base o con una capa de tampón y la parte de base.
8. Un método para fabricar un husillo de válvula de escape de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que en el área que se extiende desde dentro del área de reborde de la cabeza de válvula hasta el área central de la cabeza de válvula, el material particulado del acotamiento se proporciona en una capa de un grosor sustancialmente uniforme.
9. Un método para fabricar un husillo de válvula de escape de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que en el área que se extiende desde dentro del área de reborde de la cabeza de válvula hasta el área central de la cabeza de válvula, el material particulado del acotamiento se proporciona en una capa de un grosor que aumenta hacia el centro de la válvula.
10. Un método para fabricar un husillo de válvula de escape para un motor de combustión interna, cuyo husillo de válvula de escape comprende una cabeza de válvula con una parte de base de un acero aleado, y un revestimiento externo que forma la superficie del husillo de la válvula hacia una cámara de combustión, cuyo revestimiento externo se ha formado a partir de material de partida particulado de una aleación resistente a la corrosión en caliente que tiene base de níquel, base de cromo o base de cobalto, caracterizado por que el material particulado de la aleación resistente a la corrosión en caliente se pulveriza en caliente para crear una parte preformada, por que la parte preformada y la parte de base se calientan hasta la temperatura de forjado y se forjan, mediante lo que el material particulado se somete a un esfuerzo de cizalla que deforma las partículas hasta formas alargadas u ovaladas, compactando dicho forjado el material particulado hasta una densidad de al menos el 98,0 % y uniendo el revestimiento externo con la parte de base o con una capa de tampón y la parte de base.

11. Un método para fabricar un husillo de válvula de escape de acuerdo con la reivindicación 7 o 10, caracterizado por que antes del forjado del material, el revestimiento externo se vacía a una presión de menos de 1×10^{-4} bar, preferentemente de menos de 1×10^{-7} bar.
- 5 12. Un método para fabricar un husillo de válvula de escape de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, caracterizado por que una tercera aleación que tiene una composición distinta del acero aleado de la parte de base, y distinta de la aleación resistente a la corrosión en caliente del revestimiento externo, se aplica a la superficie de la parte de base antes de que se coloque el material del revestimiento externo en dicha superficie de la parte de base.
- 10 13. Un método para fabricar un husillo de válvula de escape de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, caracterizado por que después de la etapa de forjado que une la parte de base y el revestimiento externo, la parte de base unida y el revestimiento externo se forjan en al menos una etapa posterior, para así obtener la forma final.
- 15 14. Un método para fabricar un husillo de válvula de escape de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, caracterizado por que el forjado se lleva a cabo en menos de 10 minutos, preferentemente menos de 2 minutos, y por que la parte de base con el revestimiento externo se enfrían inmediatamente tras el forjado.
- 20 15. Un método para fabricar un husillo de válvula de escape de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 14, caracterizado por que una parte del vástago de válvula se suelda por fricción sobre la parte de base después de haber terminado con el forjado.

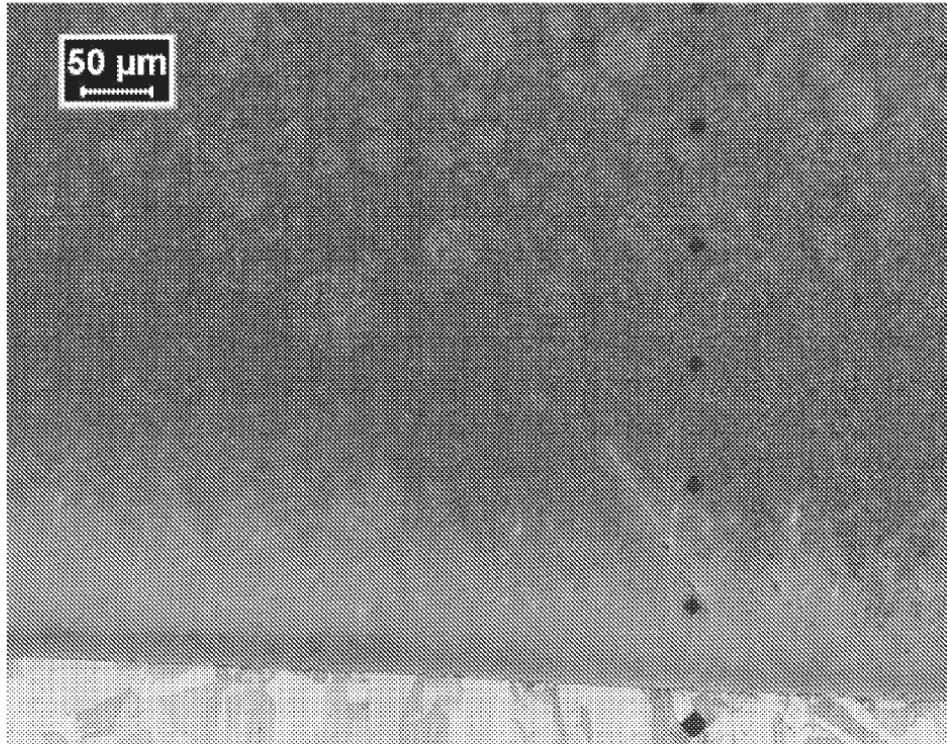


Fig. 1

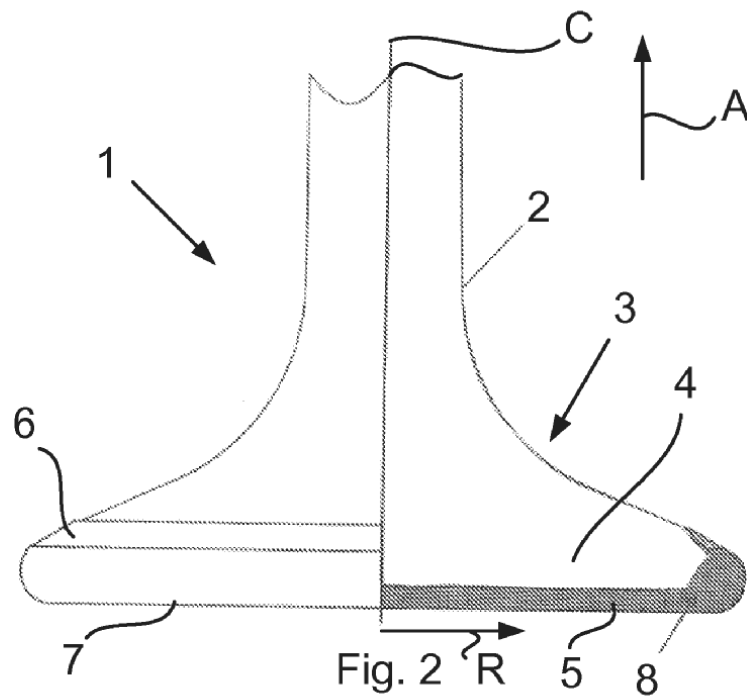
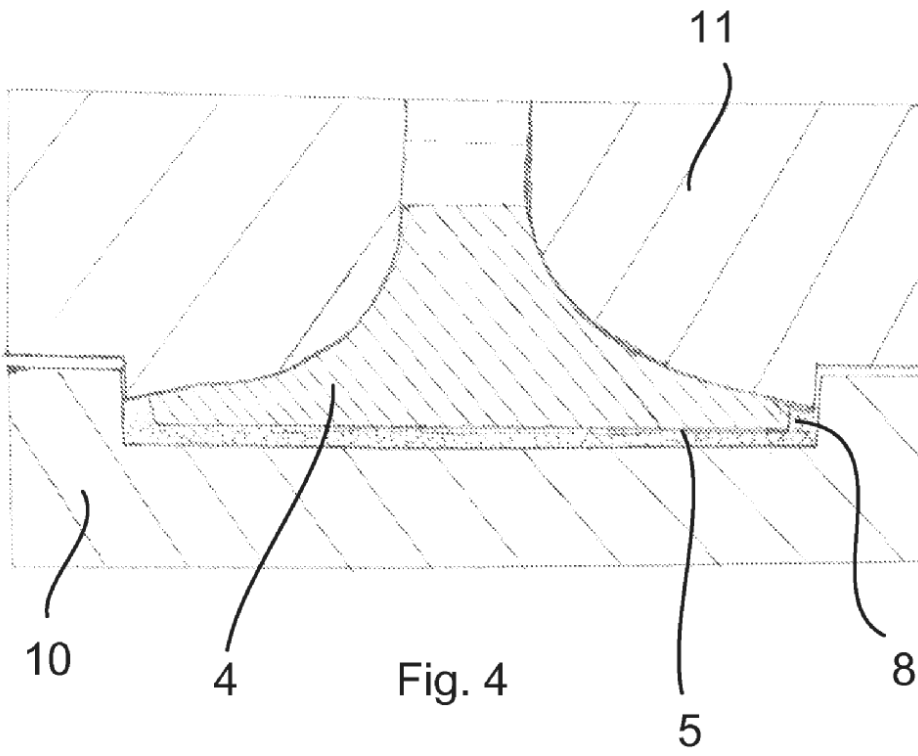
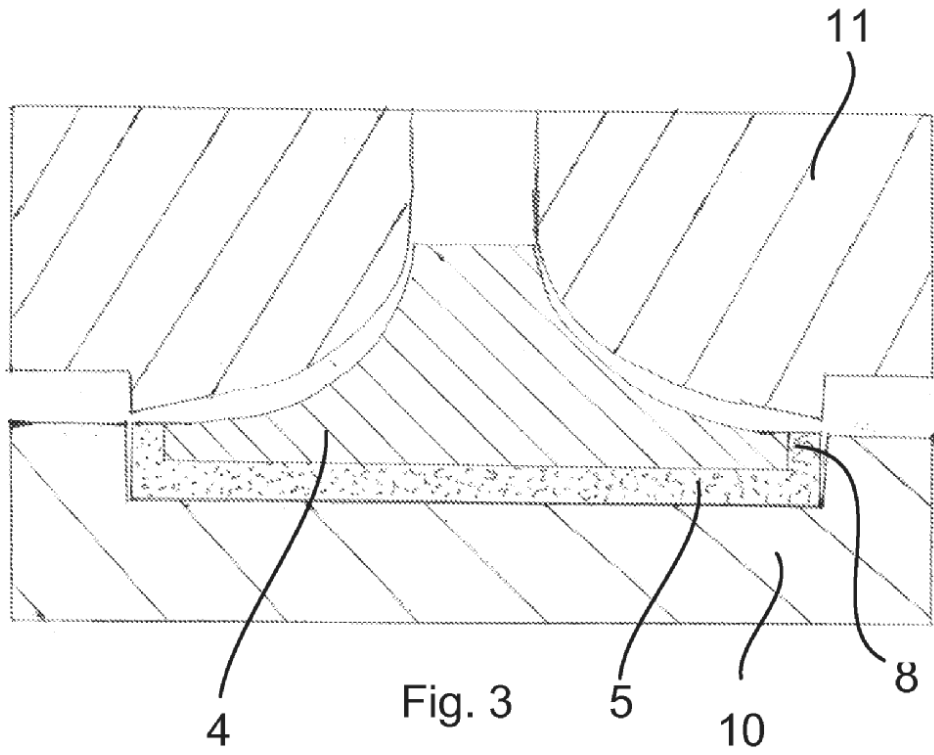


Fig. 2 R



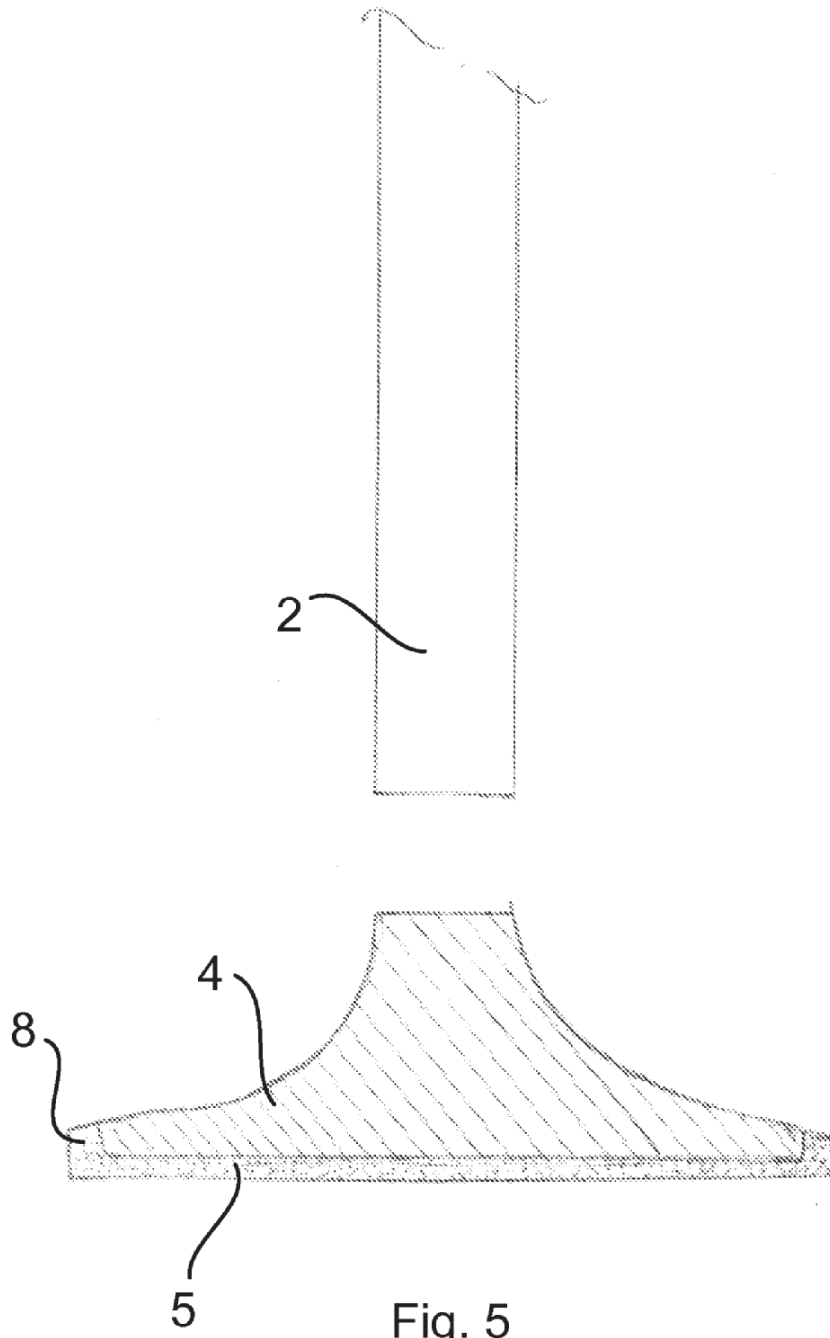


Fig. 5

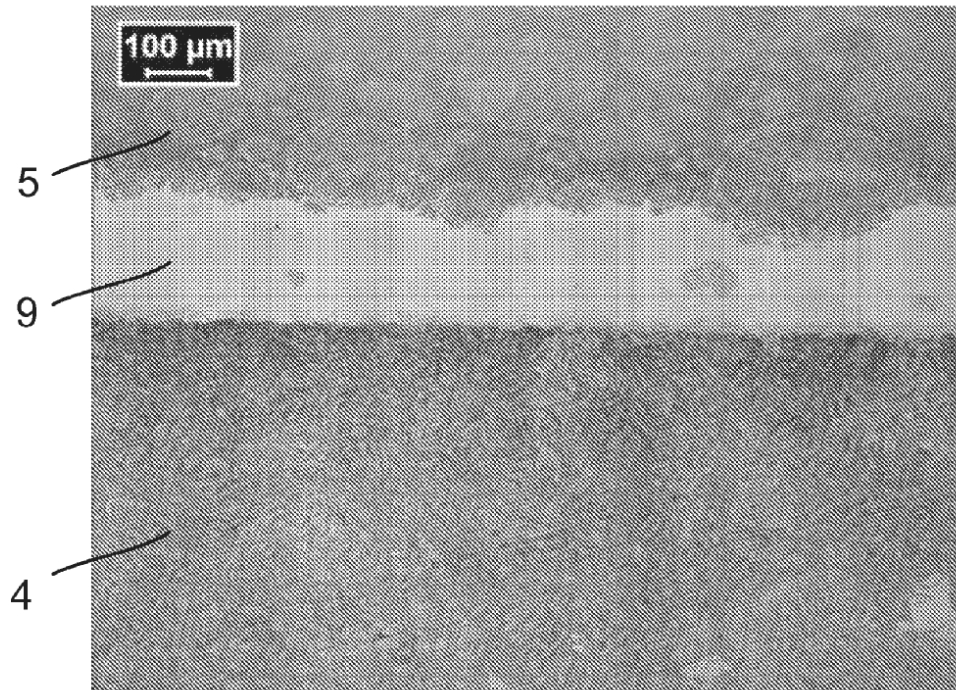


Fig. 6

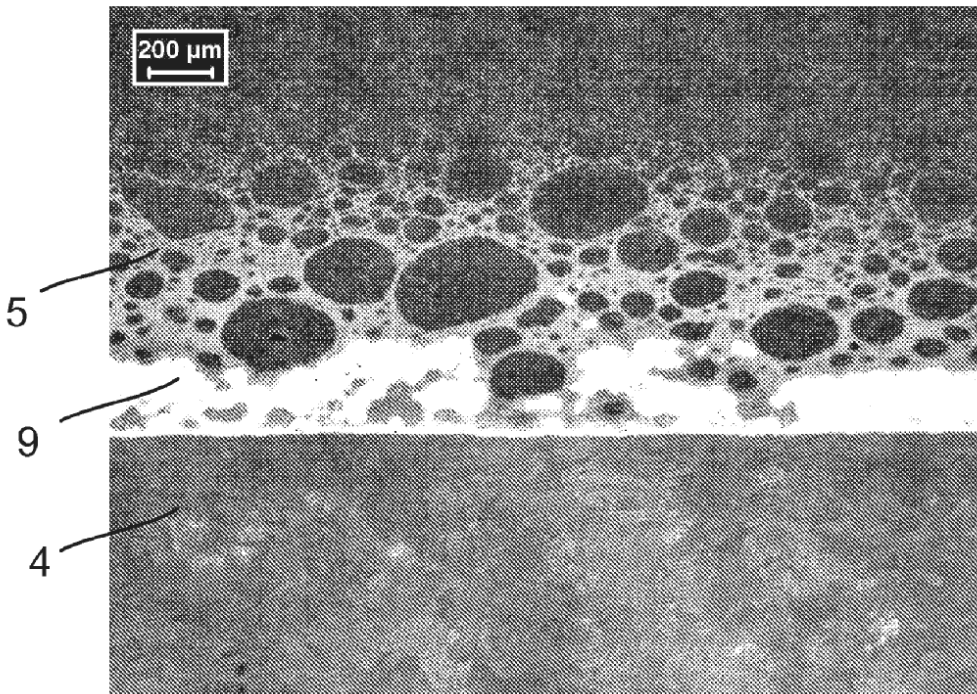


Fig. 7

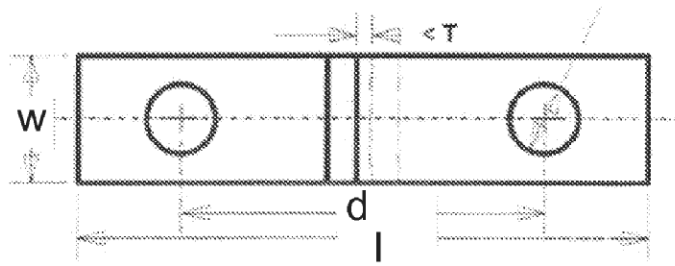


Fig. 8

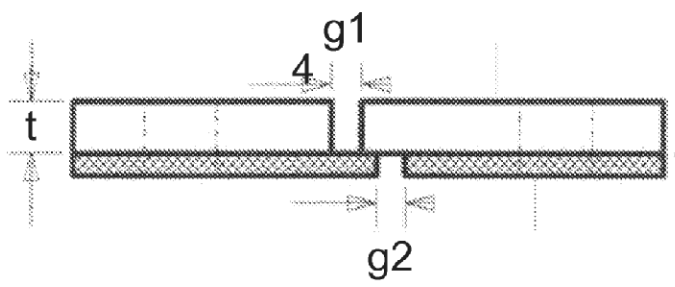


Fig. 9

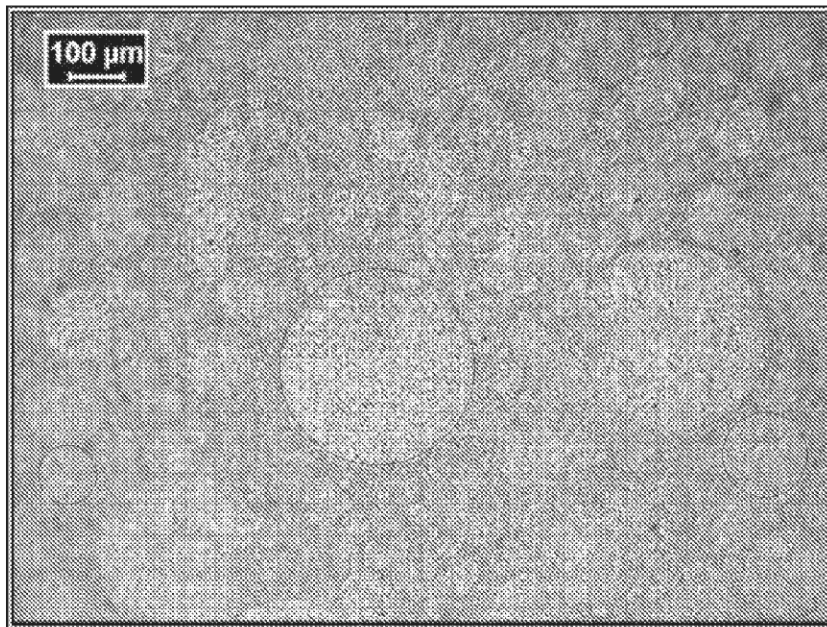


Fig. 10

