

OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①① Número de publicación: **2 255 684**

⑤① Int. Cl.:  
**B22F 3/02** (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧⑥ Número de solicitud europea: **03766061 .0**

⑧⑥ Fecha de presentación : **30.07.2003**

⑧⑦ Número de publicación de la solicitud: **1525064**

⑧⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **27.04.2005**

⑤④ Título: **Procedimiento para fabricar una pieza de moldeo.**

③① Prioridad: **01.08.2002 AT A 514/2002**

④⑤ Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.07.2006**

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.07.2006**

⑦③ Titular/es: **PLANSEE SE**  
**6600 Reutte, AT**

⑦② Inventor/es: **Zobl, Gebhard;**  
**Glatz, Wolfgang;**  
**Kraussler, Wolfgang y**  
**Oberbreyer, Robert**

⑦④ Agente: **Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 255 684 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para fabricar una pieza de moldeo.

La invención se refiere a un procedimiento para fabricar una pieza de moldeo que se compone de un cuerpo base en forma de disco o de placa con una pluralidad de elevaciones en forma de botones o almas que con superficies laterales inclinadas salen por encima en el cuerpo base mediante el prensado y sinterizado cercano a su forma final de materiales de partida en forma de polvo.

Los interconectores de pilas de combustible, denominados también placas bipolares o acumuladores de corriente, son ejemplos de este tipo de piezas de moldeo conformadas de manera compleja. Para garantizar la impermeabilidad al gas exigida por regla general, junto a una alta densidad lo más uniforme posible de estas piezas de moldeo y a una buena estabilidad dimensional, una posibilidad de fabricación rentable de estas piezas de moldeo es también el requisito básico para posibilitar una fabricación a escala de producción.

La fabricación de la pieza acabada de las piezas de moldeo de este tipo es muy costosa debido al mecanizado con arranque de virutas de la pieza semiacabada, de manera que debe perseguirse una producción pulvimetalúrgica con una conformación lo más cercana posible a la pieza acabada. En este caso resulta problemático que, especialmente para interconectores de pilas de combustible a alta temperatura, se utilicen muchas veces aleaciones de alto contenido en cromo que son frágiles a bajas temperaturas y que en forma de polvo solamente pueden prensarse con mucha dificultad.

En el caso de geometrías más sencillas de las piezas de moldeo, una subdivisión del punzón de prensado en varios elementos individuales, que pueden desplazarse de manera independiente entre sí, puede aportar una mejora. En el caso de interconectores que, en un cuerpo base en forma de placa o de disco, presentan varios cientos de elevaciones en forma de botones o almas, sin embargo ya no es factible técnicamente una subdivisión práctica del punzón de prensado.

La fabricación de componentes de este tipo mediante técnicas de moldeo por inyección de polvo es también problemática, debido a la densidad del material y a la estabilidad dimensional muchas veces no suficiente a causa de procesos de contracción irregulares durante el proceso de fabricación.

El documento EP 1 195 829 describe un procedimiento para fabricar una placa bipolar para pilas de combustible, en el que una placa base impermeable al gas se une a una pluralidad de salientes que deben regular el guiado del gas. Los salientes, que presentan superficies laterales en transición hacia la placa base, se fabrican en este caso, entre otros, mediante el prensado de una masa deformable con ayuda de un punzón perfilado en un procedimiento de prensado de una etapa.

Este sencillo procedimiento de fabricación es suficiente para la placa bipolar especial descrita, dado que los salientes no deben ser estancos sino que pueden ser porosos y permeables al gas y se forman a partir de una masa fácilmente deformable de fibras o hilos unidos por plástico, por ejemplo de grafito. Para materiales de partida en forma de polvo que pueden prensarse con dificultad no es adecuado un

procedimiento de fabricación de este tipo.

El documento WO 01/83132 describe también un procedimiento para fabricar un cuerpo base en forma de placa con una pluralidad de elevaciones en forma de botones o almas, por ejemplo para la utilización en pilas de combustible o en intercambiadores de calor, entre otros también a partir de materiales de partida en forma de polvo.

En este procedimiento se fabrica, en una primera etapa, un producto intermedio que tiene esencialmente forma de placa sin las elevaciones desmoldadas, pero que ya corresponde a la cantidad de material del cuerpo de moldeo formado acabado. Entonces, con ayuda de punzones de prensado se fabrica en una sola etapa la forma de la pieza de moldeo cercana a la pieza acabada.

En un procedimiento de este tipo resulta desventajoso que, con la utilización de materiales de partida en forma de polvo, la compactación en las elevaciones no sea uniforme y, por tanto, aparezcan zonas con porosidad no deseada y/o las fuerzas de prensado necesarias sean desproporcionadamente altas. Especialmente durante el prensado de polvo difícil de prensar, puede ocurrir que las fuerzas de prensado ya no sean suficientes incluso en las mayores prensas disponibles hasta el momento.

Por tanto, el objetivo de la presente invención es crear un procedimiento para fabricar piezas de moldeo a partir de un cuerpo base en forma de disco o de placa con una pluralidad de elevaciones en forma de botones o almas, con el que las piezas de moldeo puedan fabricarse de manera sencilla y rentable, con una densidad y homogeneidad suficientes también en el caso de polvos difíciles de prensar.

Según la invención, esto se consigue realizando el prensado en un procedimiento de prensado en dos etapas, de tal modo que en la primera etapa las superficies límite del cuerpo base se prensan hasta las zonas de transición de las elevaciones en al menos una pieza casi acabada y, al mismo tiempo, las elevaciones se prensan en exceso y, concretamente, de tal manera que su saliente  $h'$  del cuerpo base con respecto al saliente  $h$  del cuerpo base en el estado de prensado acabado es superior a un 10% - 150%, y sus superficies laterales comprenden un ángulo  $\alpha'$  de inclinación en el intervalo de 90° a 150° con la superficie límite adyacente en cada caso del cuerpo base, y de tal modo que en la segunda etapa las elevaciones se prensan en al menos una pieza casi acabada, de manera que el ángulo  $\alpha'$  de inclinación aumenta en un valor  $\alpha$  que se encuentra en el intervalo de 95° a 170°.

El procedimiento de prensado según la invención se aplicará especialmente en la fabricación de piezas de moldeo con comportamientos de prensado desfavorables, que se presentan cuando muchas zonas parciales individuales de la pieza de moldeo presentan diferentes dimensiones en el sentido de prensado, que difieren al menos aproximadamente en la relación 1:2 en este sentido. Estos comportamientos aparecen, por ejemplo, en piezas de moldeo con elevaciones en forma de almas o de botones, como las que se emplean como interconectores para pilas de combustible. El procedimiento de prensado especial en dos etapas según la invención trabaja en cada etapa con diferentes punzones. En la primera etapa, los punzones compuestos al menos por un punzón superior y un punzón inferior están coordinados entre sí, de tal manera que las superficies límite del cuerpo base en forma

de disco o de placa se compactan en densidades de prensado lo más altas posibles y, con ello, presentan al menos aproximadamente el producto acabado deseado. Únicamente la recuperación elástica que aparece tras la expulsión de la pieza prensada de la matriz y la contracción que aparece en el sinterizado subsiguiente modifican, en función del material utilizado, las dimensiones de la pieza prensada en estas zonas. Sin embargo, en la primera etapa, las elevaciones en forma de botones y/o almas no se compactan todavía en una densidad de prensado lo más alta posible y presentan, por tanto, un excedente con respecto a su pieza acabada. En la segunda etapa de prensado, los punzones están coordinados entre sí de tal manera que las superficies límite del cuerpo base en forma de disco o de placa ya no pueden compactarse más o sólo ligeramente. Sin embargo, las elevaciones en forma de botones o almas se compactan adicionalmente, mediante un aumento preciso del ángulo de inclinación y una reducción del saliente, hasta aproximadamente la pieza acabada deseada. Especialmente a través de este aumento del ángulo de inclinación se produce, en todas las zonas de una pieza de moldeo fabricada de este tipo, una compactación óptima homogénea que, tras el sinterizado de la pieza de moldeo, garantiza una rigidez e impermeabilidad al gas suficientes de la pieza de moldeo. Para determinadas piezas de moldeo conformadas de forma compleja, puede ser práctico para una mejora adicional de la homogeneidad de la pieza en verde dividir los punzones individuales en varios segmentos individuales que pueden desplazarse de manera independiente entre sí.

Las elevaciones en forma de botones y/o almas pueden estar presentes tanto en un lado como en ambos lados del cuerpo base en forma de disco o de placa, siendo especialmente ventajosa la aplicación del procedimiento según la invención en el último caso.

Esto se ha comprobado especialmente cuando en la primera etapa de prensado el saliente es superior al 30% - 40% con respecto al saliente en el estado de prensado acabado.

Adicionalmente, se ha comprobado la eficacia de prever en la primera etapa de prensado, para las superficies laterales de las elevaciones, un ángulo de inclinación en el intervalo de 100° a 130° y, en el estado de prensado acabado, en el intervalo de 115° a 160°.

Especialmente en la aplicación del procedimiento según la invención con polvos de partida difíciles de prensar que requieren un cierto porcentaje en medios auxiliares de prensado, como cera, para la mejora de la capacidad de prensado, puede ser ventajoso el sinterizar previamente la pieza en verde tras la primera etapa de prensado, para eliminar los medios auxiliares de prensado. De esta manera, puede conseguirse una densidad mejorada y la ausencia de poros de la pieza de moldeo acabada. En este caso, el sinterizado previo puede realizarse, según el material de partida utilizado, a temperaturas entre 600° y 1200° durante un espacio de tiempo de aproximadamente una o varias horas, entre otros, en función del tamaño de la pieza de moldeo y de los equipos utilizados. Los polvos de partida que pueden prensarse bien, por ejemplo, aluminio o cobre, por regla general no necesitan sinterizarse previamente.

Los interconectores para pilas de combustible a altas temperaturas, como por ejemplo pilas de combustible de electrolito sólido, se fabrican muchas veces a

partir de aleaciones con alto contenido en cromo con al menos un 20% en peso de cromo como, por ejemplo, aceros ferríticos o aleaciones con base de cromo. Dado que las aleaciones de este tipo pueden prensarse con dificultad, se ha comprobado especialmente la eficacia de la aplicación del procedimiento según la invención.

Muchas veces se emplean aleaciones de cromo para interconectores de este tipo que, además de cromo, se componen de hierro así como adicionalmente de una o varias partes de aleaciones adicionales de metal y/o de cerámica, en total de como máximo el 40% en peso. Aquí se ha comprobado la eficacia de aplicar las partes de aleación adicionales como aleación madre con cromo y/o hierro en los materiales de partida en forma de polvo, lo que mejora adicionalmente la capacidad de prensado. Junto a estas aleaciones con base de cromo y hierro, pueden aplicarse como materiales para interconectores de pilas de combustible a altas temperaturas, por ejemplo, cerámicas metálicas o materiales cerámicos.

A continuación, la invención se explica detalladamente por medio de un ejemplo de fabricación y por medio de las figuras.

Ejemplo de fabricación

Los interconectores en forma de disco para pilas de combustible a altas temperaturas de una aleación con base de cromo se fabricaron de acuerdo con el procedimiento según la invención. Las dimensiones y la conformación de los interconectores:

diámetro 120 mm,  
densidad total 2,5 mm,  
orificio central 8,8 mm de diámetro,

cuerpo base con 1,3 mm de densidad, las elevaciones en forma de almas dispuestas en un lado del cuerpo base alrededor del orificio central y en la zona de los bordes con una altura de aproximadamente 0,5 mm y una anchura de 5 mm, las elevaciones en forma de almas dispuestas en el lado opuesto del cuerpo base alrededor del orificio central y en la zona de los bordes con una altura de aproximadamente 0,7 mm y una anchura de 5 mm, las elevaciones en forma de botones dispuestas en medio a intervalos y en filas regulares, en forma de cono truncado con una superficie de fondo de aproximadamente 1,4 mm y una superficie de cubierta de 1 mm. La separación de los botones y filas individuales es de aproximadamente 1 mm, la altura de los botones de 0,7 mm.

Para fabricar los interconectores se fabricó primeramente una preparación de polvo compuesta por un 95% en peso de polvo de cromo elemental y un 5% en peso de un polvo de aleación madre de hierro con un 0,8% en peso de itrio. Los polvos empleados presentaban tamaños de grano en el intervalo de 36  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$ . Las preparaciones de polvo se fabricaron pesando los polvos individuales así como el suplemento de aproximadamente un 1% en peso de cera microcristalina como medio de prensado, y mezclándolos a continuación durante 15 minutos en un mezclador basculante. La preparación de polvo se rellenó en una matriz de una prensa de polvo.

La figura 1 muestra esquemáticamente en escala aumentada la sección del borde de un interconector fabricado según la invención, en el estado previo al prensado, según el contorno 1 y en el estado de prensado acabado según el contorno 2.

En una primera etapa de prensado se compactó la preparación de polvo en el contorno 1 exterior, según

la figura 1, con los punzones superior e inferior de una sola pieza conformados en cada caso de forma correspondiente. En este caso, las elevaciones 3 en forma de almas y las elevaciones 4 en forma de botones se prensaron en exceso, mientras que la superficie límite del cuerpo 5 base se prensó hasta las zonas de transición de las elevaciones 3 y 4 en una pieza casi acabada. El saliente  $h'$  de las elevaciones 3 superiores en forma de almas del cuerpo 5 base era un 66,7% mayor con respecto a su saliente  $h$  del cuerpo 5 base en el estado prensado acabado, mientras que el saliente  $h'$  de las elevaciones 3 inferiores en forma de almas del cuerpo 5 base era un 70% mayor con respecto a su saliente  $h$  del cuerpo 5 base en el estado de prensado acabado. El saliente  $h'$  de las elevaciones 4 en forma de botones del cuerpo 5 base era un 28,6% mayor con respecto a su saliente  $h$  del cuerpo 5 base en el estado prensado acabado. El ángulo  $\alpha'$  de inclinación de las superficies laterales de las elevaciones 4, 3 en forma de botones o almas era de 120°.

Tras la primera etapa de prensado, se expulsaron las piezas en verde de la matriz de prensado, se retiraron y se sinterizaron previamente en un horno a 1000°C en una atmósfera de hidrógeno durante un espacio de tiempo de 3 horas para eliminar la cera. Después, los interconectores previamente sinterizados se colocaron en una matriz modificada de la prensa de polvo para realizar la segunda etapa de prensado. La matriz se modificó en dimensión de tal manera que su diámetro correspondiese en diámetro a la modificación dimensional de los interconectores previamente sinterizados, que se realizó por la recuperación elástica de la pieza en verde tras la expulsión de la matriz después de la primera etapa de prensado y de la contracción sinterizada en la etapa de sinterizado previo. Esta modificación dimensional depende del tamaño de la pieza en verde fabricada y del tipo de material utilizado. En el presente caso, el diámetro de la matriz debe realizarse 0,3 mm mayor para la segunda etapa de prensado. De forma correspondiente, las modificaciones dimensionales de las separaciones de las elevaciones 4, 3 en forma de botones o de almas deben tenerse en cuenta en el diseño de los punzones superior e inferior para la segunda etapa de prensado.

Además, los punzones superior e inferior se coordinaron de tal manera que los interconectores, tras la segunda etapa de prensado, se presentaron en su mayor parte con las dimensiones finales, incluidas las elevaciones 3, 4 en forma de almas y botones. En su mayor parte significa que la contracción de la etapa de sinterizado final todavía se tuvo en cuenta, de manera que tras el sinterizado se presentó la dimensión definitiva. Para realizar la segunda etapa de prensado, los punzones se realizaron de tal manera que el ángulo  $\alpha$  de inclinación de las superficies laterales de las elevaciones 3, 4 en forma de almas y de botones se aumentó con respecto al ángulo  $\alpha'$  de inclinación en la primera etapa de prensado, concretamente en 127,5°. Mediante este aumento del ángulo de inclinación, se produce una compactación óptima de las elevaciones 3, 4 en forma de almas y de botones. Al mismo tiempo, el material llega a fluir y provoca también una compactación adicional del cuerpo 5 base. Tras la segunda etapa de prensado, los interconectores se sometieron a un sinterizado en hidrógeno a 1450°C durante 3 horas para una compactación adicional y para la homogenización química completa.

Como comparación, los interconectores se fabricaron con el mismo material y con las mismas dimensiones por medio de un prensado de una etapa según el estado de la técnica. Las condiciones de fabricación restantes fueron las mismas que en los interconectores fabricados según la invención, únicamente la eliminación de la cera se realizó como etapa previa durante el proceso de sinterizado. Las figuras 2a y 2b muestran las fotografías de la estructura de un interconector fabricado según la invención con un aumento 15 veces mayor, reproduciendo la figura 2a la zona de las elevaciones 4 en forma de botones y la figura 2b la zona de las elevaciones 3 en forma de almas.

Las figuras 3a y 3b muestran las fotografías correspondientes de la estructura de un interconector fabricado con un procedimiento de prensado de una etapa según el estado de la técnica. Puede observarse claramente la mayor homogeneidad y la ausencia de poros y, por tanto, la mayor densidad del interconector según la invención prácticamente en todas las zonas.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar una pieza de moldeo, que se compone de un cuerpo (5) base en forma de disco o placa con una pluralidad de elevaciones (4, 3) en forma de botones y/o almas que, con superficies laterales inclinadas, salen por encima en el cuerpo (5) base mediante el prensado y sinterizado cercano a su forma final de materiales de partida en forma de polvo, **caracterizado** porque el prensado se realiza en un proceso de prensado en dos etapas, de tal modo que en la primera etapa las superficies límite del cuerpo (5) base se presan hasta las zonas de transición de las elevaciones (3, 4) en al menos una pieza casi acabada y, al mismo tiempo, las elevaciones (3, 4) se presan en exceso y, concretamente, de manera que su saliente  $h'$  del cuerpo (5) base es superior a un 10% - 150% con respecto al saliente  $h$  del cuerpo (5) base en el estado de prensado acabado, y porque sus superficies laterales comprenden un ángulo  $\alpha'$  de inclinación en el intervalo de  $90^\circ$  a  $150^\circ$  con la correspondiente superficie límite adyacente en cada caso del cuerpo (5) base, y de tal modo que en la segunda etapa las elevaciones (3, 4) se presan en al menos la pieza casi acabada, de tal manera que el ángulo  $\alpha'$  de inclinación aumenta en un valor  $\alpha$  que se encuentra en el intervalo de  $95^\circ$  a  $170^\circ$ .

2. Procedimiento para fabricar una pieza de moldeo según la reivindicación 1, **caracterizado** porque

el saliente  $h'$  es superior a 30% - 100% con respecto al saliente  $h$  en el estado prensado acabado.

3. Procedimiento para fabricar una pieza de moldeo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el ángulo  $\alpha'$  de inclinación se encuentra en el intervalo de  $110^\circ$  a  $130^\circ$  y el ángulo  $\alpha$  de inclinación en el intervalo de  $115^\circ$  a  $160^\circ$ .

4. Procedimiento para fabricar una pieza de moldeo según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque la pieza verde se sinteriza previamente tras la primera etapa de prensado.

5. Procedimiento para fabricar una pieza de moldeo según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque la pieza de moldeo se fabrica a partir de una aleación con al menos un 20% en peso de cromo.

6. Procedimiento para fabricar una pieza de moldeo según la reivindicación 5, **caracterizado** porque la aleación, además de cromo, se compone de hierro así como también de una o varias partes de aleación adicionales metálicas y/o cerámicas de cómo máximo el 40% en peso y porque las partes de aleación adicionales se aplican como aleaciones madre con cromo y/o hierro a los materiales de partida en forma de polvo.

7. Procedimiento para fabricar una pieza de moldeo según la reivindicación 5 ó 6, **caracterizado** porque la pieza de moldeo es el interconector de una pila de combustible.

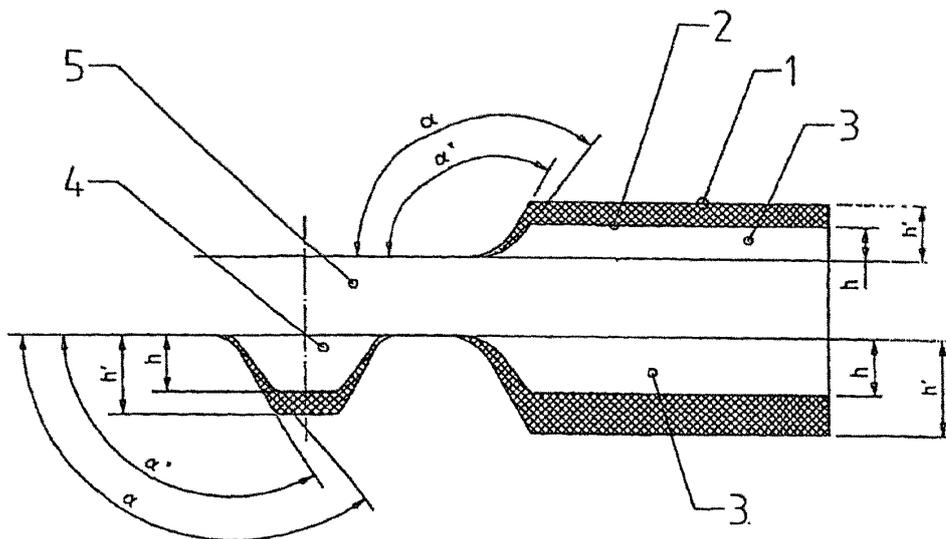
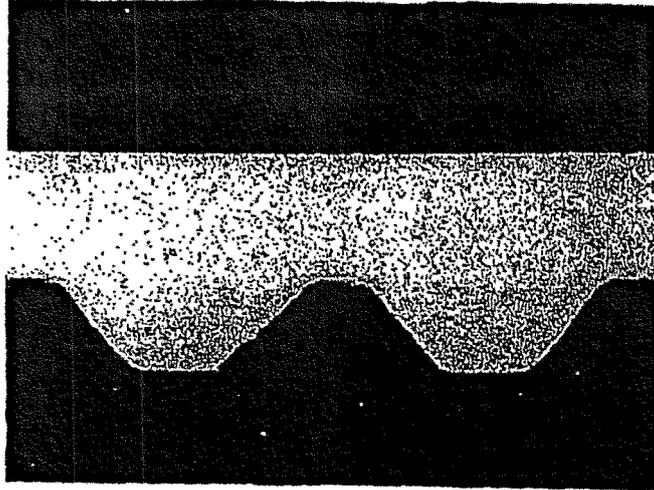
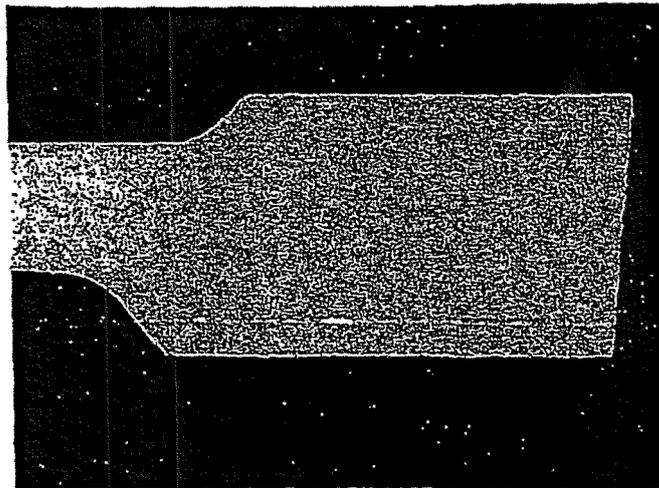


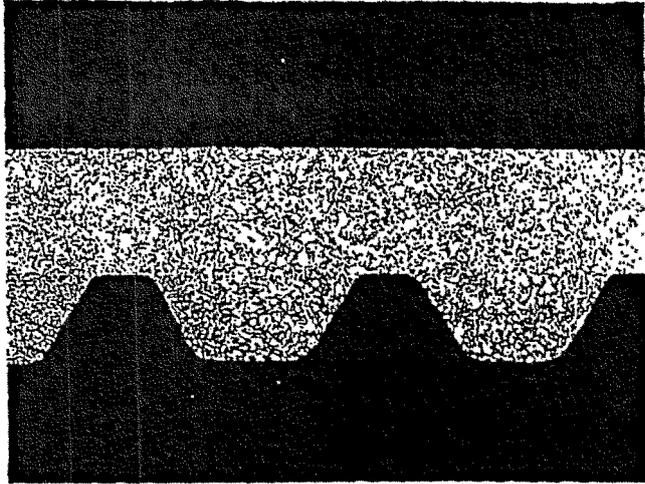
Fig. 1



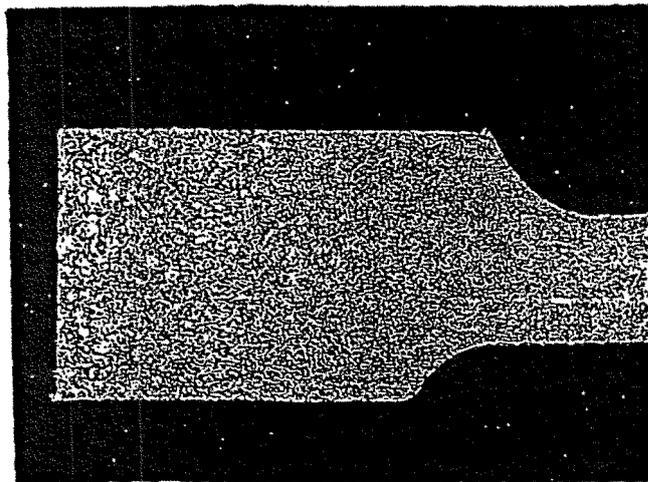
*Fig. 2a*



*Fig. 2b*



*Fig. 3a*



*Fig. 3b*