



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 119 583**

② Número de solicitud: 9400679

⑤ Int. Cl.⁶: B24B 13/00
G01B 13/12

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

② Fecha de presentación: **29.03.94**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **01.10.98**

Fecha de concesión: **29.03.99**

④ Fecha de anuncio de la concesión: **16.05.99**

④ Fecha de publicación del folleto de patente:
16.05.99

⑦ Titular/es:
**Consejo Superior Investigaciones Científicas
Serrano, 117
28006 Madrid, ES**

⑦ Inventor/es: **Parrilla Romero, Montserrat;
Gómez-Ullate, Luis;
Sánchez Martín, Teresa;
Anaya Velayos, José Javier;
Fritsch Yusta, Carlos;
Aladro Portillo, Jesús;
Villanueva Martínez, Eugenio y
Cordero Martín, José Antonio**

⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Sistema multivariable para regeneración automática de muelas de rectificadoras sin centros.**

⑤ Resumen:

Sistema multivariable para regeneración automática de muelas de rectificadoras sin centros.

Sistema que permite realizar de forma automática la regeneración mediante diamantado de la muela de trabajo de máquinas rectificadoras, según criterios establecidos durante una fase de puesta a punto de la máquina. Consta de un conjunto multisensorial (M.M.), compuesto por un sensor hidroneumático (S.H.N.) para la medida en proceso del desgaste de la muela rectificadora, y uno o más de los sensores siguientes: un micrófono instalado en la regleta de apoyo (S.S.) para medir el sonido de mecanizado, un medidor de la corriente consumida por el motor de arrastre de la muela (S.I.), y un medidor de vibraciones (S.V.) instalado en el cabezal de soporte de la muela rectificadora, las señales de los sensores son pretratadas analógicamente en un módulo de acondicionamiento (M.A.) para su adquisición y tratamiento digital en el módulo de adquisición y procesamiento (M.P.), y su información se integra posteriormente en un sistema de fusión sensorial (M.F.).

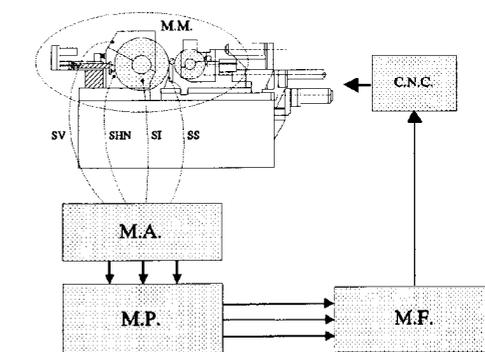


Figura 1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el artº 37.3.8 LP.

DESCRIPCION

Sistema multivariable para regeneración automática de muelas de rectificadoras sin centros
Estado de la técnica

En los procesos de rectificado sin centros resulta esencial obtener, simultáneamente, unas elevadas velocidades de producción y acabados en las piezas dentro de unos márgenes de tolerancia muy estrechos. Un aspecto que incide directamente en la precisión y acabado de las piezas es el estado de la herramienta, esto es, de la muela de trabajo en el caso de las rectificadoras.

El deterioro progresivo que sufre la muela a lo largo del rectificado, influye en la terminación de las piezas desde un doble aspecto: por un lado, influye en la geometría de las piezas dando lugar a errores dimensionales y de forma en la producción. Por otra parte, el desgaste causa un progresivo deterioro de la capacidad de corte de los granos de la muela y, como consecuencia, aparecen errores en el acabado superficial de las piezas (facetas, rayaduras, quemaduras, etc.).

Las desviaciones del perfil debido al desgaste y la pérdida de la capacidad de corte son corregidas en la actualidad mediante ciclos de diamantado que se realizan periódicamente, o bien, bajo demanda del operario, pero sin conocer en realidad cual es el estado de deterioro de la muela. Una frecuencia excesiva en los ciclos de regeneración causaría una pérdida de la productividad, además de un alto consumo de muelas. Por otro lado, si se aumenta excesivamente el tiempo entre diamantados se produce un deterioro excesivo de los granos, y aparecen en las piezas los defectos antes mencionados. Ahora bien, no es fácil predecir teóricamente una frecuencia óptima de repetición de diamantados, dado que el desgaste depende de múltiples variables complejas tales como: la dureza de la muela y de la pieza, tamaño de los granos, profundidad y velocidad en los ciclos de diamantado, caudal y temperatura de refrigerante, condiciones de rectificado (velocidades, profundidad de pasada), etc.

La determinación de una estrategia de diamantado basada en la medida en proceso del estado de la herramienta resulta, por tanto, de claro interés para mejorar la producción de piezas, y ha sido el objetivo de múltiples trabajos. Una primera aproximación del deterioro de la muela puede obtenerse a partir de la información proporcionada por sensores de diversa naturaleza, tales como: fuerzas de mecanizado (R.S. Hahn, G. Graham, "An application of force-adaptative grinding," S.M.E. Technical Paper, MR84530, pp. 1-11, 1984), corriente o potencia eléctrica consumida (S. Kelly, W.B. Rowe, J.L. Moruzzi, "Adaptive grinding Control," Advanced Manuf. Eng., vol. 1, pp. 287-295, 1989), vibraciones de la máquina y/o sonido de mecanizado (M. Frost, B.J. Orton, J.L. Tidd, "Lobing control in centerless grinding," S.M.E. Technical Paper MR88-610, 1988) y (W. Kluft, J.M. de la Maza, "Vigilancia de las herramientas en el mecanizado y en la soldadura por laser," Novamáquina num. 149, pp. 165-173, 1989), emisión acústica (ultrasónica) (D.A. Roberts, L.C. Leete, "Camshaft grinding burn detection by acoustic emission,"

Sensor Review, pp. 72-74, Abril-1983), temperatura de la muela (T. Ueda, A. Hosokawa, A. Yamamoto, "Studies on temperature of abrasive grains in grinding Application of infrared radiation pyrometer," Journal of Engineering for Industry, vol. 107, pp. 127-133, 1985). El incremento de estas magnitudes en paralelo con la pérdida de la capacidad de corte de la herramienta puede servir de indicador del desgaste. Ahora bien, su utilización en procesos industriales es comprometida, y en muchos casos insatisfactoria, bien debido a la complejidad de sistema sensorial (p.e. dificultad de medir las fuerzas de corte tangenciales), bien porque se exige procesos muy uniformes para que las medidas sean repetitivas (p.e. las medidas señaladas dependen de numerosos parámetros ajenos al estado de la muela, entre las cuales se pueden citar: el diámetro inicial de las piezas, profundidad de mecanizado, tamaño y velocidad de la muela, temperatura y composición del refrigerante, forma del dispositivo diamantador y condiciones de diamantado, etc.).

El sistema objeto de esta patente basa su estrategia de control de los ciclos de diamantado en la medida directa del desgaste de la muela rectificadora, permitiendo superar en parte las dificultades señaladas anteriormente. La medida directa del desgaste de la muela rectificadora ha sido estudiada por Noguchi y Tamakohri (H. Noguchi, K. Tamakohri, "A newly developed in-process sensor for measuring wear of grinding wheel using twin air nozzles," Journal of Mechanical Eng. Lab., vol. 38, no.2, pp. 34-45, 1984), quienes han mostrado las duras condiciones en que se realizan las medidas (p.e. ruido producido por el refrigerante), lo que dificulta su implantación en proceso. El equipo que solicita esta patente ha desarrollado un sistema de medición del desgaste de muelas (C. Fritsch et al., "Sistema de medición en proceso del desgaste de rectificadora", Patente de invención núm. de registro: 9400072), de diseño novedoso basado en un sensor hidroneumático, cuya precisión es alrededor de una micra. Este sistema permite abordar el control de los ciclos de regeneración de muelas usando la información directa del desgaste.

Descripción de la invención

El sistema objeto de esta patente permite realizar de forma automática los ciclos de regeneración de muelas en rectificadoras sin centros, las cuales sufren un deterioro progresivo a lo largo del mecanizado. Basa su operación en tres componentes:

a) Un módulo de medida multisensorial compuesto por uno o varios entre los siguientes sensores: un sensor hidroneumático para la medida en proceso del desgaste de la muela, un micrófono instalado en la regleta de apoyo para la medida del ruido de mecanizado, un sensor de corriente eléctrica para medir el consumo del motor de arrastre de la muela de rectificadora, y un sensor de vibraciones instalado el cabezal de apoyo de la muela.

b) Un módulo de acondicionamiento de señales, que convierte las variaciones de las

magnitudes de entrada en señales eléctricas adecuadas para su posterior tratamiento digital.

c) Un módulo de adquisición y procesamiento digital de las señales, que muestrea las señales eléctricas, y realiza las operaciones correspondientes al calibrado, reducción de ruido de las medidas, linearización e interpolación para su transformación en unidades coherentes de medida (micras, amperios, etc.).

d) Un módulo de fusión sensorial que genera una señal de "Realizar un ciclo de regeneración de muela", a partir de la información recibida de los módulos de medida y procesamiento.

La orden de realizar los ciclos de regeneración de muela se origina ante alguna de las condiciones siguientes: (1) la deformación de la muela debida al desgaste es excesiva, (2) la pérdida de la capacidad de corte de los granos de la muela es excesiva. El primer criterio se deduce directamente de la medida del desgaste de muela. El segundo criterio, se deriva del incremento progresivo sufrido por las señales de los sensores citados durante el mecanizado.

Dada la complejidad de los procesos de rectificado, el sistema requiere de un proceso de aprendizaje para cada tipo de producción durante una fase de puesta a punto, en la que se selecciona empíricamente que señales son más indicativas del proceso de degeneración de la muela y cuales son los umbrales de actuación. Este proceso de aprendizaje puede realizarse, bien por métodos automáticos, basados en parámetros estadísticos deducidos a partir de las medidas, bien por estimación directa del operario.

La importancia del sistema de regeneración automática con estas características radica en que permite optimizar el tiempo entre ciclos de regeneración de muelas, con lo que se mejora la calidad de la producción, reduciendo asimismo los tiempos de diamantado, y evitando además un consumo excesivo de muela. Su principal novedad consiste en que incluye como criterio mas importante en la evaluación del estado de la muela la medida en proceso del desgaste de la misma, con lo que se elude un desgaste no uniforme de la muela que influiría en la geometría de las piezas, o un desgaste excesivo de la misma indicando una pérdida de la capacidad abrasiva de los granos, origen de diferentes defectos superficiales en las piezas. La información sobre el desgaste se integra con la de los otros sensores que confirman y/o complementan la información relativa a la capacidad de corte de la muela.

Su campo de aplicación abarca todos los procesos de rectificado, tanto en pasante como en penetración, para muelas de trabajo de rectificadoras con y sin centros, siempre que dispongan de un mecanismo para realizar la regeneración automática de la muela. Habitualmente este mecanismo consiste en un diamantador cuyo movimiento es controlado en dos direcciones (en profundidad y desplazamiento lateral), con lo que se

permite realizar perfiles de muela de geometrías variadas.

Sistema de regeneración automática de muelas objeto de esta patente.

La integración de la información correspondiente a la medida directa del desgaste de la muela rectificadora en el control de los ciclos de regeneración de muelas constituye el núcleo del sistema objeto de esta patente, el cual está formado por los siguientes módulos (figura 1); medida multisensorial (M.M.), acondicionamiento de señal (MA.), adquisición y procesamiento digital (M.P.), y fusión sensorial (M.F.).

El módulo de medida multisensorial incluye un sensor hidroneumático (S.H.N.) para medida del desgaste de la muela de trabajo. Este dispositivo consta de una boquilla colocada en el propio soporte del diamantador, con dos salidas independientes que se posicionan muy cercanas a la superficie de la muela. La primera conducción es de aire a presión para realizar la medida y la segunda de líquido refrigerante para reducir el ruido de las medidas. La salida de aire constituye una de las ramas de un puente neumático cuyas otras ramas lo constituyen orificios taladrados que actúan como pérdidas de carga. Los puntos centrales del puente se conectan a un transductor de presión consiguiéndose así convertir en señales eléctricas las variaciones de distancia producidas por el desgaste de la muela. La señal eléctrica es conectada a un circuito de pretratamiento que contiene una referencia de tensión, un amplificador diferencial de ganancia programable y un filtro paso bajo, que acondiciona la señal para el módulo de adquisición.

El módulo multisensorial puede incluir además algunos entre los siguientes sensores: un micrófono (S.S.) instalado en la regleta de apoyo para la medida del sonido producido durante el mecanizado, un sensor de corriente eléctrica (S.I.) para medir el consumo del motor de arrastre de la muela de rectificadora, y un sensor de vibraciones (S.V.) instalado de cabezal de apoyo de la muela. Todos ellos convierten las variaciones en las magnitudes de entrada de distinta naturaleza en señales eléctricas, las cuales son tratadas mediante acondicionadores de señal para su posterior tratamiento digital. Cada uno de los circuitos de acondicionamiento consta de un filtro que elimina los componentes de baja frecuencia, un amplificador de ganancia ajustable, un rectificador de precisión, y un filtro paso bajo para obtener la envolvente de las señales eléctricas, la cual se conecta al módulo de adquisición.

El módulo de adquisición y procesamiento digital de las señales (M.P.) muestrea las señales eléctricas, y realiza las operaciones correspondientes al calibrado, reducción del ruido mediante filtros digitales, linearización e interpolación para su transformación en unidades coherentes con la naturaleza de las medidas (micras, amperios, etc.).

En el módulo de fusión sensorial (M.F.) se integra la información correspondiente a los módulos anteriores, y se activa una señal digital de "Realizar un ciclo de regeneración de la muela" cuando se de alguna de estas condiciones: (1) la deformación de la muela debida al desgaste es ex-

cesiva, (2) la pérdida de la capacidad de corte de los granos de la muela es excesiva. El primer criterio se mide directamente con el medidor de desgaste de muela (S.H.D.). El segundo criterio, se deriva del incremento sufrido por las señales del total, o de una parte, de los sensores citados (S.H.N., S.S., S.I., S.V.). La señal de regeneración de muela se conecta a una entrada del autómata del control numérico (C.N.C.) de la máquina que se encarga de su ejecución. La determinación de la estrategia más adecuada a cada proceso de fabricación (sensores a usar y niveles de activación de los ciclos de diamantado), se realiza en una etapa de puesta a punto de la máquina.

Dada la complejidad de los procesos de rectificación, el sistema requiere de un proceso de aprendizaje para cada tipo de producción durante una fase de puesta a punto, en la que se selecciona empíricamente que señales son más indicativas del proceso de degeneración de la muela y cuáles son los umbrales de actuación. Este proceso de aprendizaje puede realizarse, bien por métodos automáticos, basados en parámetros estadísticos deducidos a partir de las medidas, bien por estimación directa del operario.

Descripción de los signos de referencia utilizados en los dibujos

Figura 1

M. M.	Módulo de medidas multisensoriales
S.H.N.	Sensor hidroneumático para medida del desgaste
S.S.	Micrófono para medida del sonido de mecanizado
S.I.	Sensor de corriente motor de arrastre de la muela
S.V.	Sensor de vibraciones cabezal máquina rectificadora
M.A.	Módulo de acondicionamiento medidas sensoriales
M.P.	Módulo de adquisición y procesamiento digital de señales
M.F.	Módulo de fusión sensorial
C.N.C.	Módulo de control numérico de la rectificadora

Ejemplo de aplicación

La figura 2 muestra los perfiles medidos con el sistema descrito relativos a una muela rectificadora cilíndrica, de grano 80, operando a 30 m/s., trabajando 60 probetas de acero duro tratado y otras 60 probetas iguales de acero blando F111. Las probetas, de longitud igual a 130 mm., eran rectificadas dejando 60 mm. intactos en cada extremo de la muela, de 250 mm. de ancho. De esta forma se puede contrastar el desgaste producido por el mecanizado en la parte central de

la muela con respecto a los bordes de referencia que se mantendrían intactos. En dicha figura se muestran los perfiles correspondientes a las piezas números 10, 30, 50, 70, 90 y 110, partiendo de un perfil plano en la pieza teórica 0 (correspondiente al ciclo de calibrado).

En la figura 3 se muestra la evolución del desgaste medio sufrido por la muela, obtenido mediante un promediado de los valores correspondientes a la zona de mecanizado (esto es, entre los 60 y los 190 mm). Se observa un comportamiento no lineal, con tres zonas diferenciadas. La primera corresponde a las 5 primeras piezas mecanizadas tras diamantar, en la que se produce un desgaste rápido, algo que también ha sido comprobado con otros tipos de herramientas. A este tramo le siguen otros dos tramos, esencialmente lineales, de pendientes diferentes. El primero, que corresponde a las piezas 7-60, muestra un aumento progresivo y suave del desgaste. El tramo que corresponde a las piezas 61-120 muestra un aumento más rápido del desgaste, si bien de forma prácticamente lineal. Estas medidas muestran una importante aplicación del sistema descrito, el comportamiento de la muela de trabajo ante piezas de distinta dureza: la herramienta sufre un mayor deterioro al mecanizar piezas blandas.

En la figura 4 se muestra la evolución del sonido de mecanizado y de la corriente consumida por el motor de arrastre de la muela de trabajo durante el mecanizado de las 120 piezas. Del análisis de las medidas se deriva que el consumo de corriente contiene menos información que el sonido de mecanizado respecto a la calidad del corte de la muela. Este hecho es perfectamente explicable debido a que gran parte de la energía de arrastre de la muela es de carácter inercial. Ahora bien, encontrar una relación cuantitativa entre la evolución del nivel de sonido de mecanizado y el grado de deterioro de la muela supone un problema prácticamente sin solución. La razón debe encontrarse en la complejidad del proceso de corte y en la gran cantidad de parámetros que se encuentran involucrados. De forma cualitativa se puede decir que uno de los factores determinantes en la evolución de estas variables de estimación indirecta, es el grado de dureza relativa que la muela presenta en el rectificado de la pieza. Ahora bien, dicha dureza relativa no se refiere exclusivamente a la relación de durezas de los materiales que constituyen ambos elementos, sino que depende también de otros factores tan dispares como, tamaño de los granos, velocidad y profundidad de diamantado, velocidad y profundidad de corte, etc. En la figura 4 se observa que cuanto más dura se comporta la muela, más rápidamente se deteriora la capacidad de corte, haciendo necesario diamantados más frecuentes.

REIVINDICACIONES

1. Sistema multivariable para regeneración automática de muelas de rectificadoras sin centros, constituido por un módulo de medida multisensorial, un módulo de acondicionamiento analógico que prepara las señales eléctricas para su adquisición y procesamiento digital, y un módulo de fusión sensorial que integra la información correspondiente a los distintos sensores y realiza el control de los ciclos de diamantado.

2. Un sistema multivariable según reivindicación 1, **caracterizado** porque incluye un sensor hidroneumático para la medida en proceso del desgaste de la muela de trabajo, que contiene una boquilla colocada en el propio soporte del diamantador, con dos salidas independientes que se posicionan muy cercanas a la superficie de la muela, donde la primera conducción es de aire a presión para realizar la medida y la segunda de líquido refrigerante para reducir el ruido de las medidas y la salida de aire constituye una de las ramas de un puente neumático cuyas otras ramas lo constituyen orificios taladrados que actúan como pérdidas de carga, los puntos centrales del puente se conectan a un transductor de presión consiguiéndose así convertir en señales eléctricas las variaciones de distancia producidas por el desgaste de la muela y la señal eléctrica es conectada

a un circuito de pretratamiento que contiene una referencia de tensión, un amplificador diferencial de ganancia programable y un filtro paso bajo, que acondiciona la señal para el módulo de adquisición.

3. Un sistema multivariable según reivindicación 1, **caracterizado** porque además puede incorporar uno o mas de los siguientes sensores: un micrófono para la medida del ruido de mecanizado, un sensor de corriente para medir el consumo del motor de arrastre de la muela rectificadora, un sensor de vibraciones para medir las oscilaciones del cabezal durante el mecanizado, y los circuitos de acondicionamiento que preparan las medidas para su adquisición y procesamiento digital.

4. Un sistema multivariable según reivindicación 1, **caracterizado** porque incorpora un módulo de adquisición y procesamiento digital, donde se ejecutan los algoritmos de filtrado digital, linealización, e interpolación necesarios para convertir las medidas en unidades acordes con la naturaleza de las magnitudes medidas.

5. Un sistema multivariable según reivindicación 1, **caracterizado** porque incorpora un módulo de fusión sensorial que integra la información de los distintos sensores, y genera una señal para iniciar un ciclo de regeneración de la muela.

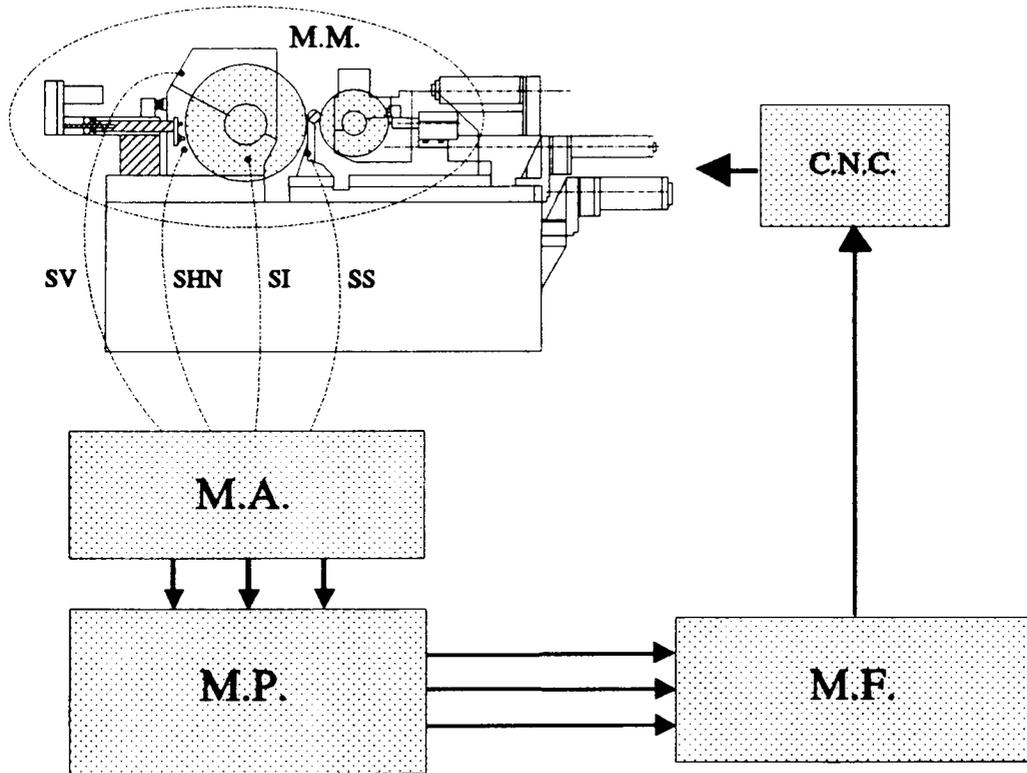


Figura 1

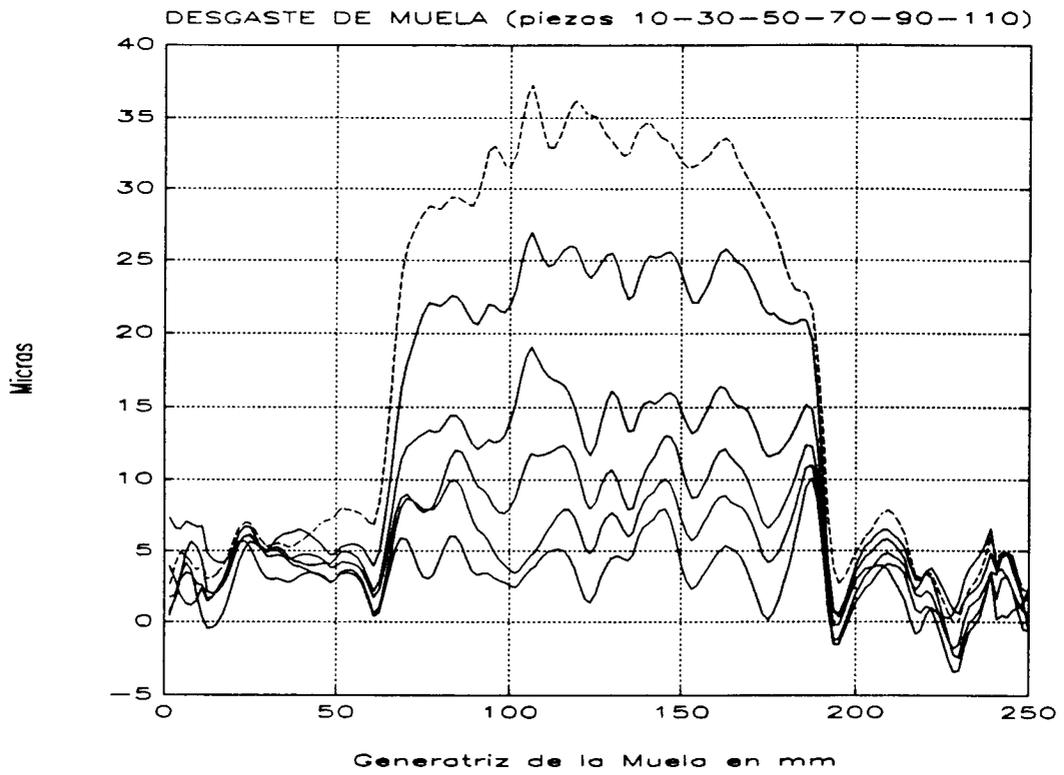


Figura 2.

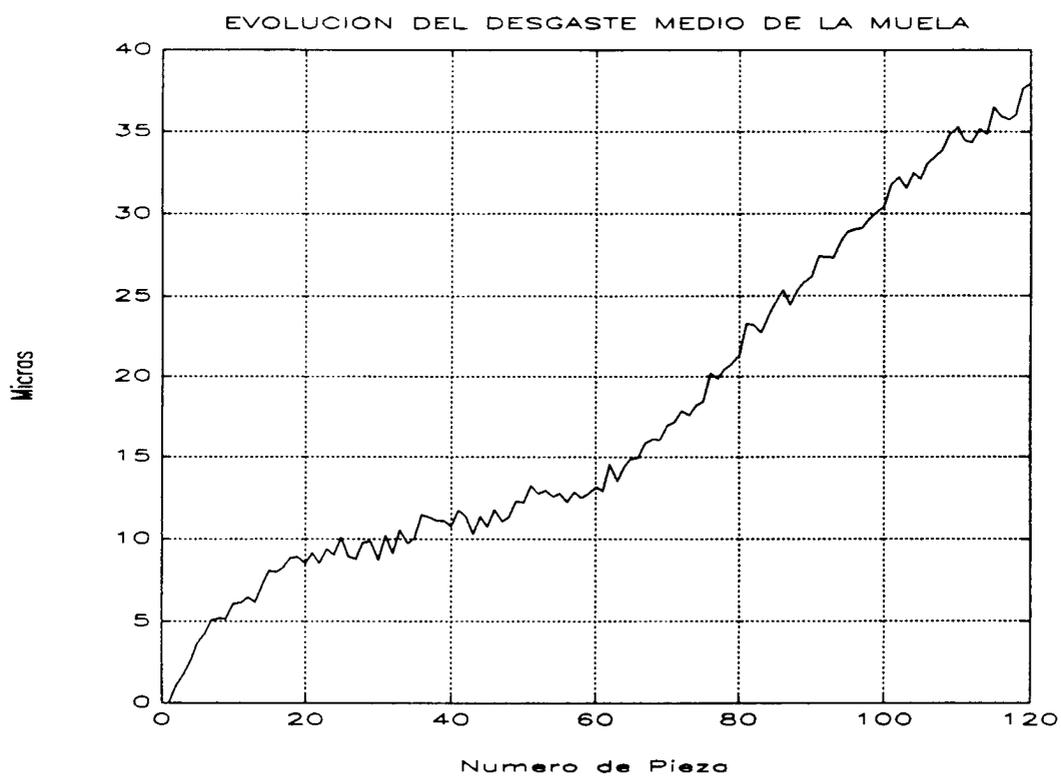


Figura 3.

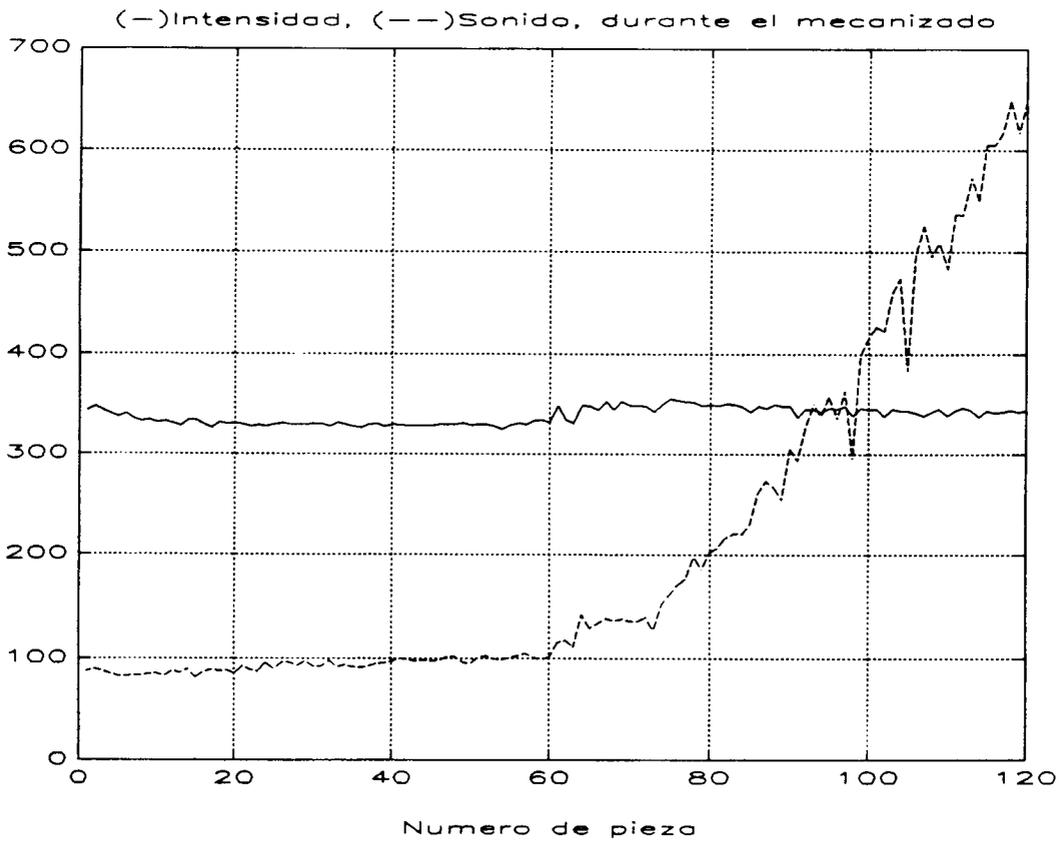


Figura 4



INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.⁶: B24B 53/00, G01B 13/12

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, CD-ROM, B21, (1976-1993) & JP-63183711-A (HITACHI LTD) 29.07.1988	
A	US-5257531-A (MOTOSUGI et al.) 02.11.1993 * Resumen; columna 2, línea 10 - columna 3, línea 2; reivindicación 1; figuras 1,5 *	1
A	WO-9324274-A (ESSILOR INTERNATIONAL) 09.12.1993 * Resumen; figuras 1-4 *	1
A	US-4794535-A (GRAY et al.) 27.12.1988 * Resumen; columna 3, líneas 30-68; figura 4 *	1
A	US-4251872-A (BONE) 17.02.1981 * Resumen; figura 2 *	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe
29.07.98

Examinador
J. León Prieto

Página
1/1