

25 MAR 1975

407415

P.- 52.323

B2 3918 GC/MD

B. 4311-3 AM

F.E. 19-5-75

Int. Cl.²: G01N//G21C

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION en España por VEINTE años

a nombre de COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

entidad francesa

establecida en 29, rue de la Fédération, Paris 15^e,

Francia.

por: "PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE MATERIAL POR EMISION
ACUSTICA Y APARATO DE MEDIDA Y DE EXPLOTACION DE
LA EMISION ACUSTICA"

(Clase Internacional G01n)

21-3-75

- 1 -

407415



Se sabe que, en numerosos materiales sólidos, tales como los metales y aleaciones, el hormigón, las cerámicas, los compuestos metal-cerámica, aparecen espontáneamente ondas mecánicas debidas a la liberación discontinua y aleatoria de una parte de la energía interna acumulada previamente en el material bajo el efecto de esfuerzos. Estos esfuerzos pueden ser debidos particularmente a sollicitaciones térmicas o mecánicas y a radiaciones.

La relajación de los esfuerzos acumulados provoca un cambio irreversible localizado del estado del material y crea ondas de esfuerzo en forma de un tren amortiguado de ondas elásticas que se desplazan en la masa del material a la velocidad del sonido.

El estudio teórico de este fenómeno ha mostrado que la emisión acústica aleatoria en un material podía tener principalmente dos causas, a saber:

- el paso de una parte de este material del estado elástico al estado plástico bajo el efecto de un esfuerzo exterior aplicado al material;

- la evolución de ciertos defectos (fisuras por ejemplo) que genera señales acústicas.

Hasta el momento, la emisión acústica ha permanecido esencialmente como un fenómeno científico, sin aplicación industrial práctica, por la razón de que los

407415



5 equipos conocidos de detección de esta emisión acústica no permitían distinguir si provenía de un defecto en curso de evolución, o de un paso del material ensayado del estado elástico al estado plástico bajo el efecto de un esfuerzo exagerado.

10 La presente invención, debida a Nicole Chretien, Bernard Audenard, Pierre Bernard, Georges Cleve y Pierre Gallice, tiene por objeto un procedimiento y un aparato que permiten la utilización de la emisión acústica al control industrial de materiales midiendo la emisión acústica que resulta de esfuerzos determinados aplicados al citado material.

15 El procedimiento de control de material por emisión acústica está esencialmente caracterizado porque se registra simultáneamente sobre un mismo aparato el tiempo, las magnitudes de los esfuerzos aplicados y la emisión acústica recogida.

20 Permitiendo unir sin ambigüedad posible la aparición de la emisión acústica, a la evolución de tales esfuerzos, el procedimiento objeto de la invención permite el control y la supervisión industriales de los materiales en los dominios más variados. Se puede citar, a título no limitativo, los siguientes:

25 -Una primera aplicación reside en el control no destructivo, bajo sollicitación exterior, de mate

407415



riales diversos en formas de probetas o piezas. En este caso uno o varios dispositivos están asociados al material mientras éste es sometido a sollicitaciones exteriores, tales como ciclos térmicos, esfuerzo de flexión,...

5 Se puede relacionar con esta categoría de aplicaciones la verificación de piezas en el curso de su fabricación: a título de ejemplo se puede citar el control de la relajación de los esfuerzos de las chapas durante la refrigeración después de la soldadura o durante un tratamiento
10 térmico.

-Una segunda categoría de aplicación reside en los ensayos efectuados hasta la rotura de la pieza. En este caso, se aplica a la pieza a investigar una sollicitación de intensidad creciente con el tiempo. Dado que
15 el relajamiento de esfuerzo se traduce a menudo, en particular cuando la sollicitación es de origen mecánico, por un decrecimiento brusco de esta sollicitación, es necesario registrar simultáneamente las variaciones en el tiempo de esta sollicitación y las ondas que revelan el relajamiento de los esfuerzos.
20

A título de ejemplo de aplicaciones que pertenecen a esta categoría, se puede especialmente citar la determinación de la evolución de los esfuerzos hasta la rotura de rocas sometidas a esfuerzos mecánicos de compresión, de probetas sometidas a pruebas de tracción o de
25



flexión (siendo medida la sollicitación por un captador de esfuerzo), de corrosión bajo tensión, de fragilización por hidrógeno o por irradiación.

5 -Una tercera categoría de aplicación resi
de en la vigilancia permanente o periódica de piezas que
trabajan bajo esfuerzo permanente, tales como recintos a
presión de reactor nuclear, cables de pretensado, diques
de mampostería, etc... Aún allí no se obtendrán resulta-
dos plenamente satisfactorios más que por medio del re-
10 gistro simultáneo de los relajamientos de esfuerzo y de
las sollicitaciones.

Es preciso notar que las formas de ondas a
detectar cambian notablemente, tanto en lo que concier-
ne a la amplitud como al espectro de frecuencia, según
15 el tipo de aplicación. En el caso de los ensayos efectua-
dos hasta la rotura, los relajamientos de esfuerzo signi-
ficativos se traducirán en general por trenes de ondas
de amplitud elevada y de frente delantero empinado, que
no aparecerán más que en pequeño número: será, pues, pri-
20 mordial no perder en el registro ninguno de estos trenes
de ondas. Por el contrario, la vigilancia permanente o
periódica de piezas que trabajan bajo sollicitación con-
ducirá a señalar esencialmente trenes de ondas frecuen-
tes o incluso que se suceden de forma casi continua, ca-
25 da uno de los cuales afecta a un emplazamiento localiza-

407415



do. El umbral de discriminación a adoptar será entonces mucho más bajo y el recuento podrá no intervenir más que periódicamente porque la pérdida de información de vez en cuando no tendrá el carácter de gravedad que tenía en el caso precedente.

5

De forma clásica la detección de las ondas acústicas se hace con la ayuda de un dispositivo que comprende particularmente un detector aplicable contra la superficie del material y que tiene un traductor que suministra una señal eléctrica cuya amplitud es función de la de las ondas de esfuerzo y cuya banda pasante es compatible con el espectro de frecuencia de las citadas ondas, una cadena de amplificación y de filtración de la citada señal eléctrica, y medios de análisis.

10

La presente invención tiene igualmente por objeto un aparato de medida y explotación de la emisión acústica, caracterizado porque comprende, en combinación, al menos una cadena de medida permanente de los esfuerzos exteriores aplicados al material, al menos una cadena de registro de la emisión acústica y medios, mandados por un reloj, para registrar periódicamente los valores del esfuerzo aplicado y de la emisión acústica detectada.

15

20

De todas formas, la invención será mejor comprendida con la lectura de la descripción que sigue de dispositivos que constituyen modos de realización dados

25

407415



a título de ejemplos no limitativos. La descripción se refiere a los dibujos que la acompañan en los cuales:

- la figura 1 es una vista muy esquemática que muestra un detector de un tipo conocido en corte se
5 gún un plano diametral y el bloque diagrama del equipo electrónico que le está asociado;

- las figuras 2a y 2b muestran muy esquemáticamente el aspecto de las señales recogidas a la salida de la cadena de amplificación y de filtración y a
10 la salida del discriminador del dispositivo de la figura 1;

- la figura 3 es un bloque diagrama de un aparato autónomo de medida según la invención;

- la figura 4, similar a la figura 3, muestra una fracción de un equipo electrónico de explotación
15 de las señales que provienen de varios detectores.

El dispositivo ilustrado esquemáticamente en la figura 1 incluye un detector 10 y una cadena de amplificación, de filtración de numeración y de recuento
20 que será ulteriormente descrita.

El detector tiene una caja metálica 12 de forma cilíndrica, cerrada por una tapa obturadora rosca-
cada 14. Estas dos piezas son por ejemplo de aleación ligera o de acero inoxidable, según el ambiente de uti-
25 lización del detector (temperatura en particular).

407415 -4



Sobre un reborde inferior 16 de la caja 12, que forma masa, reposa la cara inferior de un captador de emisión acústica 18 constituido por una lámina cortada para trabajar en modo longitudinal. Se puede particularmente utilizar un cristal piezo-eléctrico, por ejemplo de cuarzo, o una lámina de cerámica piezo-eléctrica de tipo conocido. El espesor de la lámina que fija su frecuencia de resonancia, es elegido en función del espectro de frecuencia de las ondas de esfuerzo a registrar e igualmente del espectro del ruido de fondo. Prácticamente, llevará a adoptar una frecuencia de resonancia de algunos centenares de kilohertz (500 kHz por ejemplo) en el caso de un ambiente normal y de ensayo bajo sollicitación exterior. Por el contrario, en otros casos, se estará obligado a adoptar una frecuencia de resonancia netamente más elevada, del orden de un megahertz: este será el caso para la auscultación de cajones metálicos de reactores nucleares con líquido hirviendo, acompañándose la ebullición de una emisión permanente de ultrasonidos cuyo espectro se extiende hasta una frecuencia del orden de 500 kHz. Los espesores a los cuales se llega son perfectamente aceptables en uno y otro caso: por ejemplo, para una frecuencia de resonancia de 500 kHz se rá preciso adoptar una pastilla de titanato-zirconato de plomo de aproximadamente 4 mm. de espesor.



La continuidad sonora entre el captador 18 y la pieza 20 (cuya superficie está esquemáticamente indicada en trazos mixtos) es asegurada por un relleno 22 de resina epoxy . El captador puede ser pegado directamente sobre la pieza de material a auscultar o simplemente asentado, bastando entonces una película líquida para asegurar la continuidad, dado que el captador trabaja en modo longitudinal. Este captador es retenido apoyado contra el relleno 22 y el reborde interno 16 por un casquillo 24 de material aislante (cerámico en general) introducido a presión.

La señal eléctrica deducida sobre la cara trasera del captador 18 es transmitida a la cadena de amplificación y de filtración. Dada la alta impedancia del captador piezo-eléctrico se muestra necesario adaptarlo a la impedancia de la cadena de medida por medio de un preamplificador adaptador de impedancia. A este objeto, el detector 10 ilustrado en la figura 1 lleva un preamplificador 26, ventajosamente constituido por un circuito integrado con entrada sobre un transistor con efecto de campo, que lleva el nivel de las señales de salida a algunos milivoltios. La salida del preamplificador 26 está unida al conductor central de una base coaxial 28 con dos terminales, sirviendo el otro terminal para alimentar el amplificador a partir de una fuente

407415⁻⁴



te de corriente 30. El blindaje del coaxial 32 está unido a la masa constituida por la caja 12.

5 La cadena de amplificación y de filtración ilustrada en la figura 1, lleva dos pasos sucesivos similares. El primer paso lleva un amplificador de tensión 34 y un filtro 36 pasa-alto ó pasa-banda cuya frecuencia de corte inferior es elegida en función del espectro de frecuencia observada y del espectro de frecuencia del ruido de fondo de manera que se mejore la
10 relación señal a ruido. Según el caso, se adopta una frecuencia de corte de algunas decenas o centenas de kilohertz. El segundo paso constituido por el amplificador 34' y por el filtro 36' lleva las señales de salida a un nivel de algunos voltios y mejora la filtración.
15 En ciertos casos, es posible prescindir de este segundo paso.

La salida de los pasos de amplificación es aplicada a la entrada de un discriminador 38 con umbral bajo ajustable que efectúa igualmente una puesta en forma. Las figuras 2a y 2b ilustran el modo de funcionamiento del discriminador 38. Un tren de impulsos amortiguado detectado por el captador 18, aparece en la entrada del discriminador en forma de una onda esquematizada en la
20 figura 2a, que presenta sin embargo antes de la amortiguación un número de alternancias sucesivas mucho más im
25

portante que el que está representado, tanto mas cuanto
que el captador no está amortiguado. A los trenes de os-
cilaciones de gran amplitud inicial de la clase repre--
sentada, que corresponden a relajamientos importantes de
5 esfuerzos separados por intervalos de tiempo que pueden
ser notables, se yuxtaponen en general ondas casi perma-
nentes de frecuencia diferente, de mucha menor amplitud.
Se ha supuesto que siendo estas ondas de ruido de una fre-
cuencia diferente de la frecuencia de resonancia del cap-
10 tador, pueden desde luego ser filtradas por el sistema
de filtración convenientemente regulado. En la figura
2a el umbral bajo del discriminador 38 ha sido indicado
por la línea 40. Este umbral está regulado para que el
discriminador no responda a las oscilaciones residuales
15 debidas a la emisión casi permanente de la que se acaba
de tratar. A cada paso encima del umbral, el discrimina-
dor 38 suministra un impulso de salida 42 (figura 2b) de
amplitud determinada.

Los impulsos suministrados por el discrimina-
20 dor, cuyo número en el momento de cada relajamiento de es-
fuerzos es una función creciente de la amplitud inicial,
son totalizados por el contador integrador 44. Cuando es
necesario no perder ninguna información (ensayo de rotu-
ra por ejemplo), este contador es mantenido en servicio
25 durante períodos importantes y su capacidad debe ser pre-

vista en consecuencia (6 decenas por ejemplo). En otros casos, por el contrario, en particular con vistas a la vigilancia periódica de piezas que trabajan bajo esfuerzo en servicio, el contador puede ser periódicamente vuel-
5 to a cero por un reloj 46 que ordena la transferencia del contenido del contador sobre un órgano de salida 48 (impresor, por ejemplo). El contador puede igualmente ser reemplazado por un icómetro. En estos dos últimos casos, el órgano de salida puede suministrar un histograma de
10 la relajación de los esfuerzos.

El dispositivo que acaba de ser descrito refiriéndose a la figura 1 ha sido ilustrado sobre todo a título indicativo para mostrar el proceso de registro de la emisión acústica, pero permite únicamente registrar
15 la variación en el tiempo del índice de relajación de esfuerzos, con la exclusión de todo control de material bajo el efecto de la aplicación de esfuerzos exteriores. Para efectuar el estudio del comportamiento bajo esfuerzo exterior variable, de una pieza o probeta de material,
20 es necesario disponer simultáneamente de la evolución en el tiempo de dos parámetros, por una parte la sollicitación o esfuerzo de origen exterior aplicado al material y que varía en el tiempo, por otra parte la emisión de ondas de esfuerzos que resulta de ello. Es además in-
25 dispensable registrar permanentemente esta emisión, por-



que en caso de interrupción del recuento para transferir sobre un órgano de salida, se corre el riesgo de perder un fenómeno particularmente representativo que no se vuelve a presentar ya, habiendo sufrido el material una transformación irreversible.

El aparato de medida y de explotación de la emisión acústica, objeto de la invención, y representado esquemáticamente en la figura 3, responde a estas exigencias. Suministra sobre un órgano de salida y en forma numérica, a intervalos de tiempo regulares, los valores de los tres parámetros significativos (tiempo, esfuerzo de sollicitación exterior, emisión de ondas acústicas de esfuerzos).

En la figura 3, han sido representados los órganos que constituyen por una parte, la cadena de detección y de registro de la emisión de ondas acústicas, por otra parte, la cadena de medida del esfuerzo exterior aplicado. Estas dos cadenas son sucesivamente descritas.

Se encuentra, en la figura 3, un discriminador 33 que alimenta un contador integrador 44 de gran capacidad. Este contador 44 ataca una memoria-tampón 66 por medio de una puerta de transferencia 68. La puerta de transferencia 68 está prevista para no interrumpir la acumulación de datos en el contador 44 durante su fun

4074154



5 cionamiento. Es mandada periódicamente por un reloj
70 que constituye una base de tiempo para el conjun-
to del dispositivo. La memoria-tampón 66 tiene una
capacidad suficiente para aceptar el contenido del
10 contador o bien está prevista para funcionar en di-
ferencial. Esta memoria-tampón 66 permite mantener
sobre un órgano de salida 72, tal como una impresora,
la información que proviene del contador 44 du-
rante un tiempo al menos igual al tiempo de acceso
10 al órgano de salida. Un órgano de exposición suple-
mentario 74 igualmente numérico pero visual puede -
igualmente estar previsto en paralelo sobre el conta-
dor 44 ó sobre la memoria tampón 66.

15 La cadena de medida del esfuerzo de
solicitudión comprende un captador 75 apropiado (ter-
mopar si se trata de una temperatura, calibre de es-
fuerzo si se trata de un esfuerzo de flexión, etc...)
que suministra una señal analógica. Esta señal es nu-
merizada en un convertidor 76 que ataca igualmente el
20 órgano de salida 72 por medio de una puerta de trans-
ferencia 78. No es aquí necesario prever una memoria-
-tampón, siendo el esfuerzo de solicitudión en gene--
ral mandado desde el exterior y restableciéndose ulte-
riormente si una relajación de esfuerzo provoca una
25 disminución momentánea. Un órgano de exposición 80 su

407415



972

plementario puede también ser allí previsto.

El órgano de salida 72 recibe igualmente y registra las señales del reloj 70 en los instantes en que éste manda la transferencia por las puertas 68 y 5 78. El órgano 82 de exposición del tiempo no es evidentemente indispensable.

El órgano de salida 72 no es forzosamente una impresora. Puede estar constituido por un perforador de banda, un teletipo, un registrador magnético 10 numérico, o incluso la memoria de entrada de un calculador de tratamiento en línea.

Sobre todo si la pieza estudiada es de grandes dimensiones, puede ser ventajoso utilizar varios de 15 detectores repartidos sobre la pieza. La vía de medida de la emisión de ondas acústicas puede entonces ser modificada como está indicado en la figura 4, donde los órganos correspondientes a los mostrados en la figura 3 llevan el mismo número de referencia. Sólo ha sido representada en esta figura la fracción modificada del esquema. En lugar de ser atacado directamente por un discriminador, el contador 44 recibe las salidas de tres discriminadores 84, asociados a tres detectores diferentes (no representados) por medio de un sumador de impulsos 20 86. Todos los impulsos suministrados por los discriminadores 84 son entonces contados por el mismo contador 44. 25

407415⁻⁴



En una variante no representada de realización del aparato objeto de la invención, varias cadenas de medida y de registro del esfuerzo aplicado están previstas, correspondiendo cada una de ellas a un esfuerzo de naturaleza diferente, tal como por ejemplo una presión, una fuerza, una deformación o una temperatura. En caso necesario, este aparato puede igualmente comprender varias cadenas de detección acústica, correspondiendo cada una a un detector colocado sobre la muestra a ensayar.

La invención no se limita evidentemente al único modo de puesta en práctica que ha sido representado y descrito a título de ejemplo y debe entenderse que el alcance de la presente patente se extiende a toda variante que quede en el marco de las equivalencias. En particular, los detectores de emisión acústica pueden ser reemplazados por acelerómetros de alta sensibilidad. Los captadores pueden utilizar materiales diferentes de los que han sido considerados más arriba, y particularmente el titanato-zirconato de plomo o el niobato de litio.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Francia, el 8 de Octubre de 1.971, bajo el número EN 71 36384, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto de la Propiedad Indus--

407415



trial.

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de la presente solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

1.- Procedimiento de control de material por emisión acústica esencialmente caracterizado porque se registra simultáneamente sobre un mismo aparato el tiempo, las magnitudes de los esfuerzos aplicados y la emisión acústica recogida.

2.- Aparato de medida y de explotación de la emisión acústica, caracterizado porque comprende, en combinación, al menos una cadena de medida permanente de los esfuerzos exteriores aplicados al material, al menos una cadena de registro de la emisión acústica y medios, mandados por un reloj, para registrar periódicamente los valores del esfuerzo aplicado y de la emisión acústica detectada.

3.- Aparato según la reivindicación 2, caracterizado porque la citada cadena de medida suministra el valor del mencionado esfuerzo en forma numérica.

4.- Aparato según la reivindicación 2, ca-

407415 F-4 NO



racterizado porque la cadena de registro de la emisión acústica suministra los datos de la emisión acústica en forma numérica.

5 5.- Aparato según la reivindicación 2,
caracterizado porque la cadena de medida permanente
de los esfuerzos, lleva un captador analógico, un con-
vertidor numérico, una puerta y un registro numérico,
y porque la cadena de registro de la emisión acústica
lleva un discriminador, un contador integrador, una -
10 puerta y una memoria tampón unida al registrador numé-
rico, siendo mandados los dos circuitos de puerta por
el reloj que permite así periódicamente, por una parte,
la transferencia del contenido del contador a la
memoria tampón sin interrupción del funcionamiento del
15 contador y sin vuelta a cero y, por otra parte, la trans-
ferencia de los datos de esfuerzos y de emisión acústica
sobre el registrador numérico.

20 6.- Aparato según una de las reivindicaciones 2 y 5,
caracterizado porque lleva varias vías
de medida de la emisión acústica correspondiente a de-
tectores colocados en diferentes puntos del objeto a
controlar.

25 7.- Aparato según una de las reivindicaciones 2 y 5,
caracterizado porque lleva varias cadenas
de medida de los esfuerzos debidas a una misma magnitud

407415 25 MAR 1975



física, pero que aparecen en diferentes puntos de la pieza a controlar.

5 8.- Aparato según una de las reivindicaciones 2 y 5, caracterizado porque lleva varias cadenas de medida de los esfuerzos que suministran los valores de esfuerzos debidos a magnitudes físicas diferentes.

9.- Procedimiento de control de material por emisión acústica y aparato de medida y de explotación de la emisión acústica.

10 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

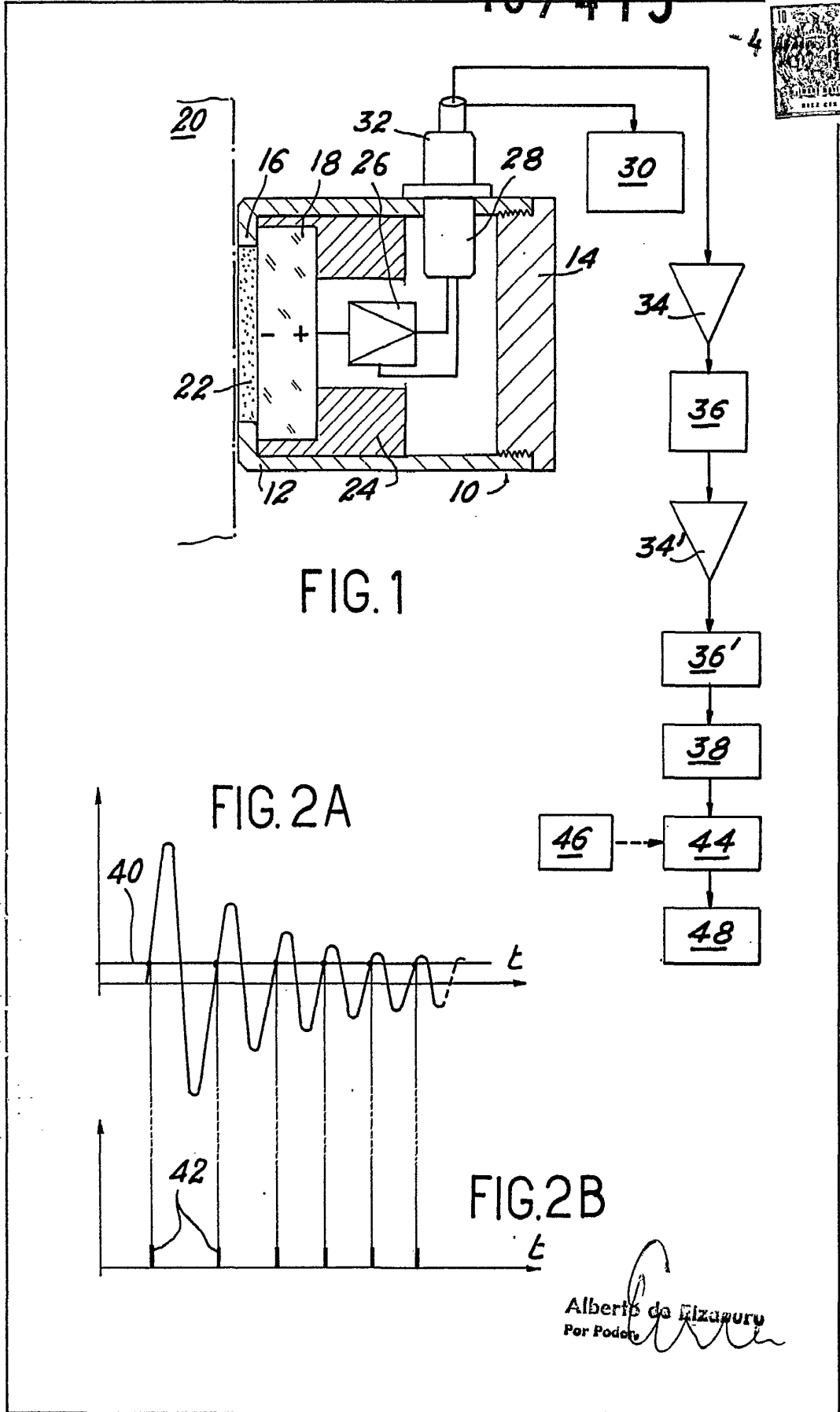
Esta Memoria consta de diecinueve hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 25 MAR. 1975
P.A.

Alberto de Eizaburu
Por Poderes.

21-3-75
VGD.

407415



407415

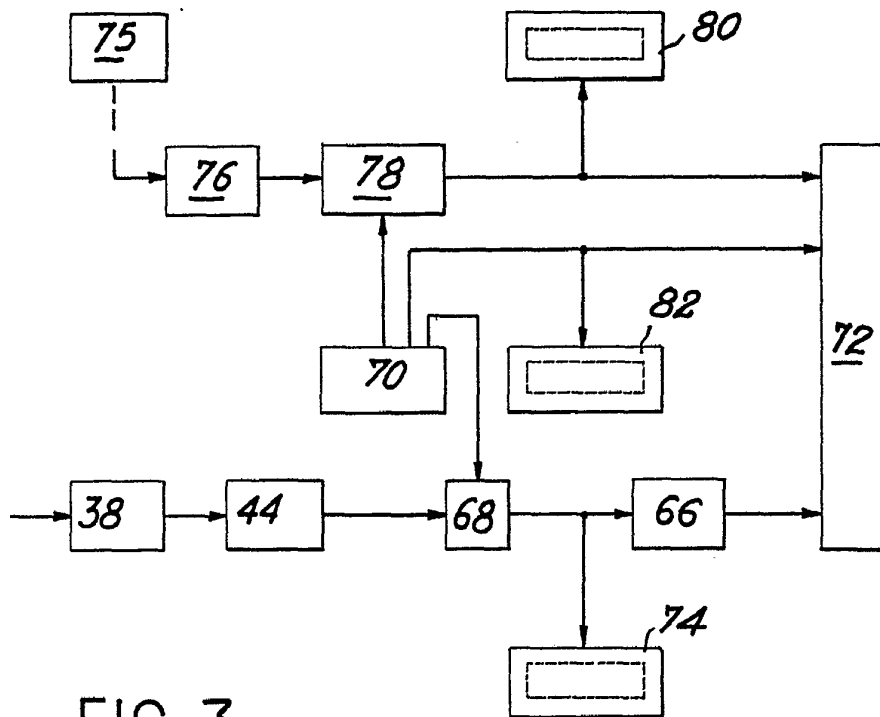
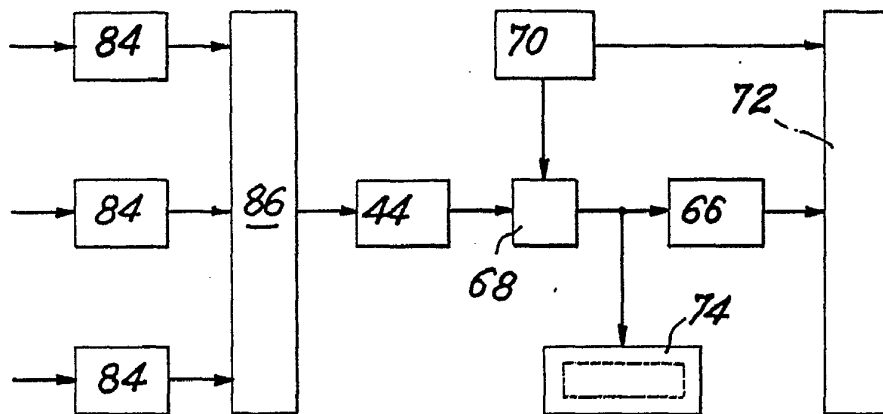


FIG. 3

FIG. 4



Autobricat
Per iGeddy