

269237



estas sugerencias se referían a la purificación general de los gases de escape, poniendo particular énfasis en la mayoría de los casos en la eliminación del monóxido de carbono.

5 Sin embargo, en los últimos años, se ha establecido que el problema real asociado con los gases de escape de motores de combustión interna no es el de la eliminación del monóxido de carbono, sino más bien el de la eliminación de los hidrocarburos y compuestos orgánicos oxigenados contenidos en los gases de escape. Aunque estos se presentan en concentraciones mucho menores que el monóxido de carbono, se ha encontrado que estos constituyentes son principalmente responsables de los graves problemas de polución del aire que son ahora una plaga de las grandes ciudades.

15 Después de muchos años de investigaciones intensivas, se ha encontrado que los problemas implicados en la eliminación catalítica de las concentraciones relativamente pequeñas de hidrocarburos y compuestos oxigenados contenidos en los gases de escape, son mucho más difíciles que los que intervienen en la disminución o la eliminación del monóxido de carbono. Se ha encontrado, en particular, que la eliminación efectiva de monóxido de carbono no va necesariamente acompañada por una eliminación efectiva de estos otros constituyentes.

20 Además, se ha encontrado que las dificultades inherentes relacionadas con la eliminación efectiva de hidrocarburos y compuestos orgánicos oxigenados están todavía aumentando más por el uso casi universal de la denominada gasolina con plomo. Un sistema que trabajará con un

269237



alto grado de efectividad durante largos períodos de —
tiempo con un motor que funcione con gasolina sin plomo
puede hacerse casi inútil con mucha rapidez cuando se em-
plea gasolina con plomo.

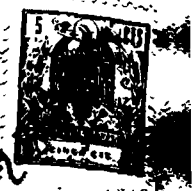
5 Un objeto del presente invento es proporcionar un
sistema catalítico para la eliminación efectiva de hidro-
carburos y compuestos orgánicos oxigenados de gases de —
escape de motores de combustión interna, particularmente
motores de automóvil, que trabajan con gasolina con plo-
10 mo y proporcionar un sistema tal que sea de construcción
y funcionamiento sencillos, de coste razonable, de tama-
ño relativamente pequeño y que proporcione un grado de —
eliminación relativamente alto de estos constituyentes a
lo largo de un período de tiempo razonable.

15 De acuerdo con el invento, se ha encontrado que, —
para conseguir este objeto, hay que emplear un lecho ca-
talítico de gránulos relativamente pequeños y que, en —
particular, hay que observar dos condiciones esenciales.
En primer lugar, la velocidad lineal de los gases de es-
20 cape en la parte de entrada del lecho catalítico debe —
mantenerse por debajo de ciertos valores máximos y, en —
segundo lugar, la temperatura del catalizador no debe de-
jarse exceder de ciertos límites máximos durante ningún
período de tiempo sustancial. A continuación se describi-
25 rán detalladamente estos factores y otros de importancia
que afectan al funcionamiento del purificador.

Para una mejor comprensión del invento, se hace re-
ferencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

30 La Fig. 1 es una vista en sección transversal lon-
gitudinal de un purificador adaptado para realizar el in-

269237



vento;

La Fig. 2, es una vista en sección transversal tomada sobre la línea 2-2 de la Figura 1;

La Fig. 3 es una vista en sección transversal tomada sobre la línea 3-3 de la Figura 1; y

La Fig. 4 es una vista en perspectiva, parcialmente despiezada, del tipo de rejilla retenedora de catalizador empleada en el purificador que se representa en las Figs. 1 y 2.

Para comprender el invento, se describirá primero un conjunto de purificador particular ilustrado en las Figuras 1 a 4, aunque, como se verá más adelante, esta descripción es, en principio, ilustrativa, puesto que la forma del purificador es susceptible de selecciones muy amplias de forma, detalles estructurales, etc.

Con referencia a la Fig. 1, puede verse que el purificador incluye un alojamiento metálico 1, que puede estar construido de acero inoxidable, acero aluminizado, u otro metal análogo que tenga la facultad de resistir temperaturas relativamente altas. El alojamiento está cubierto con material termo-aislante adecuada 1 a, protegido por una cubierta de hoja metálica, 1 b, para evitar pérdidas caloríficas indebidas que podrían conducir a una disminución de la temperatura del catalizador por debajo del nivel deseado.

Los gases de escape del motor se conducen al alojamiento a través de una tubería 2 que viene desde la tubería de escape del motor. Antes de entrar en el alojamiento, los gases de escape pasan a través de un inspirador de aire venturi, designado generalmente por el número de



referencia 3, por medio del cual se introduce el aire necesario para suministrar oxígeno para la oxidación catalítica de los constituyentes oxidables de los gases de escape, en la corriente de gas de escape, y se mezcla con ella. El conjunto de inspirador venturi representado está constituido por una porción de tobera 4 que converge en la dirección del flujo de gas, teniendo esta porción de tobera un reborde integral 5, que, a su vez, está empernado como en 6 a un reborde 7, que a su vez está soldado a la tubería 2.

Un segundo miembro designado en general por el número de referencia 8, tiene una porción 8a, convergente en la dirección de flujo gaseoso y otra porción 8b divergente en la dirección de flujo gaseoso, estando conectadas las dos porciones 8a y 8b en 8c para formar una garganta. El miembro 8, como puede verse, está empernado, como se representa en 6, al reborde 7 por un extremo, y está empernado o soldado al alojamiento 1 en el otro extremo, como se indica en 8d.

La tobera 4 está separada de la garganta 8c. La porción convergente 8a forma una cámara 9 que comunica con la atmósfera a través de un conducto de entrada de aire 10, provisto de un filtro de aire 11, que impide que el polvo de la carretera y sustancias análogas sean introducidas en el sistema purificador.

En el funcionamiento del inspirador venturi, el flujo de gases de escape a través de la tobera convergente 4 y la garganta 8c crea una presión reducida en la garganta, de acuerdo con el principio bien conocido de un venturi. El sistema se ajusta de manera que la pre---



25227

sión atmosférica, de modo que así, el flujo de aire es -
inducido a través del conducto de entrada de aire 10 a -
la cámara 9, desde donde fluye hacia los gases de escape
y se mezcla con ellos de tal manera que fluye una mezcla
5 de aire y gases de escape a través de la porción diver-
gente 8b al alojamiento del purificador. El flujo de ga-
ses de escape y aire se indica por las flechas.

La porción central del alojamiento del purificador
está constituida por un miembro superior en forma de U,
10 12, y un miembro análogo inferior de forma de U, 13. El
miembro 12 está provisto de rebordes laterales 12 a (Fig.
2) y con rebordes terminales 12 b (Fig. 1), mientras que
el miembro 13 está provisto de rebordes laterales 13 A -
y rebordes terminales 13 b. Miembros centralmente dispues-
15 tos, 14, provistos de rebordes superior e inferior 14 a
y 14 b, conectan los miembros superior e inferior 12 y -
13, uniéndose los cuatro miembros separados por medio de
rebordes 12a, 14 a, y 13a 14 b, como se indica en la Fig.
2. Los miembros separadores 15 dispuestos entre los re-
20 bordes 12a y 14a y entre los rebordes 14 b y 13a, sepa-
ran estos rebordes para un fin que se describirá más ade-
lante. Estos rebordes y miembros de separación 15 están
preferiblemente unidos de modo permanente por soldadura.

Las porciones terminales del alojamiento están --
25 constituidas por miembros de forma de plato 16 y 17, pro-
vistos con rebordes 16 a y 17 a, respectivamente. Los re-
bordes 16a, sobre el miembro terminal 16, casan con los
rebordes 12b y 13b sobre los miembros 12 y 13, respecti-
vamente, de tal modo que el miembro terminal 16 puede co-
30 nectarse con la porción central por medio de pernos 22.

269237



Análogamente, el miembro terminal 17 está empernado a la porción central por medio del reborde 17a sobre el miembro terminal 17, casando con los rebordes 12b y 13b sobre los miembros 12 y 13, respectivamente.

5 Para soportar el lecho catalítico y desviar el flujo de gases a través del alojamiento, hay provistas placas lisas 18 y 19 en el extremo de entrada y en el de salida, respectivamente, del purificador. Como puede verse mejor en las Figs. 1 y 3, la placa 18 está emparedada entre el reborde 16a del miembro 16 y los rebordes 12b y 13b de los miembros 12 y 13, respectivamente, asegurándose el conjunto entre sí por medio de pernos 22, que pasan a través de los rebordes y de la placa 18. La placa 18 está provista con una abertura 20 que permite que los gases de escape pasen a la porción central del alojamiento.

10 La placa 19 está construída de modo análogo a la placa 18 y está análogamente soportada entre el reborde 17 a , y los rebordes 12b y 13b. Está provista con una abertura 21 que permite que los gases de escape procedentes de la porción central del alojamiento pasen desde el purificador a la atmósfera.

15 Como puede verse, la placa 18 crea una cámara 23 en el extremo de entrada del silenciador, mientras que la placa 19 proporciona una cámara 24 en el extremo de salida. La cámara de salida 24 comunica con la atmósfera a través de la tubería de salida 35, que puede o no estar unida a un silenciador acústico corriente, según sean las exigencias.

20 En la porción central del alojamiento del purifica

269237



5 dor, se dispone un par de rejillas perforadas 25 y 26, -
que contienen entre ellas un lecho de pequeños gránulos
de catalizador de oxidación P. Para claridad de la expli-
cación, solamente se ha representado una porción del le-
cho de gránulos de catalizador, pero, se sobrentiende --
que todo el espacio comprendido entre las rejillas 25 y
26 está relleno con gránulos de catalizador. Como puede
verse, el lecho de gránulos está dispuesto de tal manera
que deja una cámara de entrada A por encima del lecho ca-
10 talítico y una cámara de salida B por debajo del lecho.

 Haciendo ahora referencia a la Fig. 4, que muestra
una de las rejillas perforadas en perspectiva, puede ver-
se que las rejillas están formadas de chapa metálica on-
dulada, corriendo las ondulaciones a lo largo de la lon-
15 gitud de la rejilla. Las perforaciones de la rejilla tie-
nen la forma de ranuras 27, siendo producidas estas ranu-
ras, ranurando la porción superior de los picos formados
por las ondulaciones sobre un lado de la chapa. Las ranu-
ras pueden extenderse a las ondulaciones una mitad de --
20 profundidad de las ondulaciones, por ejemplo, como puede
verse en las figs. 2 y 4. Las ondulaciones en las reji--
llas que corren a lo largo de su longitud prestan la ne-
cesaria rigidez a las rejillas a las altas temperaturas
a que están expuestas.

25 Las rejillas 25 y 26 están soportadas en el aloja-
miento del purificador por medio de porciones horizontales,
lisas, 28, que corren a lo largo de la rejilla y por so-
portes de forma de L, 29, que están soldados a los extre-
mos de la rejilla, como puede verse mejor en las Figs. 1
30 y 4.

269237



Porciones lisas longitudinales 28 están soportadas en ranuras 30, formadas entre rebordes 12 a y 14a y rebordes 14b y 13a por medio de elementos separadores 15. El espesor de los miembros separadores 15 es ligeramente mayor que el espesor de la hoja a partir de la cual se ha formado la rejilla ondulada, dejando las rejillas perforadas libres de experimentar un movimiento ligero relativo con respecto al alojamiento. La falta de toda conexión rígida entre las rejillas y el alojamiento es de importancia por permitir que las rejillas experimenten dilatación térmica y contracción, independientemente del alojamiento, bajo la influencia de las altas y variables temperaturas experimentadas en el leche catalítico.

Como puede verse por la Fig. 1, los extremos de las rejillas 25 y 26 están soportados por placas 18 y 19 a través de pares de soportes 31, 32, 33 y 34, soldados a placas 18 y 19. El espacio entre estos soportes es ligeramente mayor que el espesor de los soportes 29, de tal manera que los soportes 29 tienen libertad para experimentar un movimiento relativo ligero con respecto a los soportes 31 a 34 para el mismo fin que se ha explicado arriba.

Las rejillas 25 y 26 están preferiblemente construidas de acero inoxidable o de otra aleación que tiene gran resistencia a la corrosión y facultad de resistir temperaturas operatorias hasta de 982 ° C. El espesor de la rejilla debe ser tal que permita resistir temperaturas de este orden sin experimentar combado, alabeo, u otro tipo de deformación. En algunos casos, las ondulaciones y las ranuras pueden formarse en una operación combinada



de estampado y punzonado. Alternativamente, las ondulaciones pueden formarse por una operación de estampado o de otro tipo y las ranuras fresarse en la chapa ondulada usando una operación de fresado múltiple.

5 Durante el funcionamiento, los gases de escape procedentes del motor, entran en el inspirador 3 de aire -- venturi, efectuando la inspiración de aire suficiente para suministrar el oxígeno requerido para la oxidación catalítica subsiguiente de los constituyentes combustibles
10 contenidos en estos gases. La mezcla de aire y gases de escape entra en la cámara de entrada 23 y luego pasa -- por la abertura 20 a la cámara superior A donde los gases son distribuidos sobre la superficie de la rejilla -- 25. La mezcla aire-gas de escape pasa luego en sentido --
15 descendente a través de la rejilla perforada 25, a través del lecho de gránulos de catalizador P, a través de las perforaciones de la rejilla 26, a la cámara inferior B, y escapan a la atmósfera a través del orificio 21, cámara de salida 24, y tubería de salida 35. Al pasar por
20 el lecho de gránulos catalíticos P, suponiendo que todos los factores que afectan a la reacción catalítica se han elegido convenientemente de la manera que se describirá posteriormente, los constituyentes oxidables contenidos en los gases de escape, incluyendo monóxido de carbono, --
25 hidrocarburos, y compuestos orgánicos oxigenados, se oxidarán catalíticamente en el lecho catalítico y el calor liberado de esta oxidación, más el calor sensible presente en los gases de escape según escapan del motor, servirán para mantener el lecho de gránulos P a una temperatura elevada comprendida entre unos 482 ° C y 732 ° C. den



20000000

tro de la mayoría de las condiciones del motor, teniendo
cuidado, una vez iniciado el funcionamiento efectivo, --
sin embargo, de impedir que la temperatura del cataliza-
dor exceda sustancialmente de 732° C. En estas condicio-
5 nes, los gases que salen del lecho de gránulos de catali-
zador y entran en la cámara B contendrán solamente una -
fracción satisfactoriamente pequeña de su concentración
primitiva de contaminantes oxidables, habiéndose oxidado
catalíticamente la mayor parte de estos contaminantes a
10 dióxido de carbono y vapor de agua.

La denominación "gasolina con plomo", tal como se
usa en esta Memoria descriptiva, y en las reivindicacio-
nes, se refiere a una gasolina a la cual se ha añadido --
un compuesto de plomo, usualmente, en la actualidad, el
15 plomo tetraetilo. Este aditivo se emplea en casi toda la
gasolina comercial para mejorar el índice de octano de -
la gasolina. Aun añadido en pequeñas cantidades, (tal co-
mo por ejemplo, una cantidad equivalente a 3 gramos de -
plomo metálico por cada 3,785 l. de gasolina), su presen-
20 cia en la gasolina afecta de modo crítico a la operación
del purificador de escape, por su influencia sobre el ca-
talizador de oxidación. Bajo las condiciones de combus-
tión que prevalecen en el motor, se forman en los cilin-
dros del motor óxidos de plomo y otros compuestos de plo-
25 mo, tal como cloruro de plomo y bromuro de plomo y va-
rios complejos, y son arrastrados fuera del motor con --
los gases de escape. Naturalmente, estos compuestos se -
ponen en contacto con el catalizador a medida que los ga-
ses de escape atraviesan el lecho catalítico. La presen-
30 cia de haluros de plomo resulta del uso de compuestos --



259231

halogenados que se añaden junto con el plomo tetraetilo para inhibir la depositación de plomo sobre el cilindro y las superficies de las válvulas.

5 Al funcionar el purificador, es importante añadir las cantidades adecuadas de aire a los gases de escape - bajo las diversas condiciones de funcionamiento del motor. La cantidad de aire añadida es importante en dos - aspectos. En primer lugar, hay que añadir suficiente aire en todo momento para suministrar el oxígeno requerido para la oxidación de los constituyentes combustibles; -
10 una deficiencia de oxígeno, como es natural, imposibilitará al purificador de funcionar con buena eficacia. En segundo lugar, la cantidad de aire tiene que ajustarse - de tal manera que se evite el enfriamiento indebido del lecho catalítico. Esto requiere introducir la proporción máxima de aire en los gases de escape cuando el motor es
15 tá en velocidad al ralenti (en cuya condición la concentración de constituyentes combustibles es generalmente - máxima) y que la proporción de aire-gas de escape sea menor a velocidades del motor mayores, cuando la concentración
20 promedia de constituyentes combustibles es menor. No es posible emplear las mismas proporciones de aire-gas de escape bajo todas las condiciones del motor, ya que - si la proporción de aire relativamente grande necesaria para proporcionar oxígeno estequiométrico en el ralenti
25 se emplea a las velocidades mayores, las grandes cantidades de exceso de aire a las velocidades mayores tendrán una influencia refrigeradora indeseable sobre el catalizador.

30 Considerando el lecho catalítico, su forma geomé--



269237

5 trica puede elegirse de un modo bastante arbitrario, te-
niendo en cuenta la conveniencia de una uniformidad de -
distribución aproximada de los gases hacia el lecho y a
través del mismo. Por ejemplo, el lecho puede ser "liso",
como ya se ha descrito, en el sentido de confinamiento -
entre superficies de entrada y salida planas o aproxima-
damente planas sustancialmente paralelas; o puede ser --
"anular", en el sentido de confinamiento entre superfi-
cies de entrada y salida cilíndricas o cónicas sustan-
10 cialmente concéntricas, siendo las secciones transversa-
les radiales de las superficies cilíndricas o cónicas --
circulares, elípticas, ovoides o incluso poligonales y --
con el flujo generalmente radialmente hacia adentro o --
hacia afuera, siendo preferible usualmente esto último, -
15 a causa de que puede conservarse el calor sensible de --
los gases contra la pérdida por radiación. El lecho pue-
de estar también confinado entre segmentos esféricos con
céntricos o análogo. Desde el punto de vista de las ca-
racterísticas operatorias, cualquiera de tales lechos --
20 abarcará líneas de flujo de longitud aproximadamente --
igual entre las superficies de entrada y de salida. A me-
nos que exista tal igualdad aproximada de longitud de lí-
neas de flujo, la caída de presión a través de varias --
porciones del lecho será desigual, conduciendo a una dis-
25 tribución desigual de los gases. En común, tales lechos
pueden describirse bien con referencia a las líneas de -
flujo y a las superficies de sección transversal ortogo-
nales a las líneas de flujo, siendo las superficies de -
entrada y salida dos de tales superficies ortogonales.
30 Cuando se haga referencia aquí más adelante a superficies

269237



5 ortogonales, se sobrentenderá que la ortogonalidad se re-
fiere a líneas de flujo a través de un lecho. En algunos
casos, el límite de lecho real puede no estar constitu-
do por una superficie ortogonal, pero la superficie orto-
gonal equivalente puede considerarse constituida por in-
crementos de proyección de una superficie real en la di-
rección de líneas de flujo adyacentes a la misma. En el
caso de un lecho liso, la totalidad de tales superficies
ortogonales será de área aproximadamente igual; pero, pa-
10 ra un lecho anular, las superficies ortogonales pueden -
tener áreas que varíen considerablemente de entrada a sa-
lida. En este último caso, la velocidad lineal de los ga-
ses en puntos a lo largo de una línea de flujo variará -
en razón inversa con las áreas de las superficies ortogo-
nales encontradas.

15 Mientras las líneas de flujo son aproximadamente -
iguales, la distribución de volumen es uniforme, sin po-
sibilidad de existencia de canales de baja resistencia o
regiones que impongan más actividad sobre algunas partes
del lecho que sobre otras.

20 El tipo de variación durante el funcionamiento de
la velocidad lineal de los gases a través del lecho, par-
ticularmente a la entrada de los mismos al lecho o en su
paso a través de lo que puede suponerse para fines de di-
25 seño que es la superficie de sección transversal ortogo-
nal inicial activa del lecho, es de importancia crítica.
Se comprenderá lógicamente que la velocidad instantánea
real varía grandemente con las condiciones operatorias -
del motor y que las mediciones reales de velocidad li-
30 neal serían difíciles. Sin embargo, las velocidades li-

269237



neales pueden calcularse a partir de otras mediciones y, sin entrar en detalles sobre esta materia, se ha encontrado que la situación de velocidad adecuada, determinativa del área de sección transversal de una superficie ortogonal del lecho puede tenerse en cuenta en el diseño - como sigue:

Para todo motor con el que hay que asociar un lecho catalítico de acuerdo con el invento, hay una característica medible que puede tomarse como el punto de partida del diseño, puesto que es determinativa del área de sección transversal de entrada del lecho y se ha encontrado que, usando esta característica, como base, resultan condiciones de operación adecuadas. La característica que interviene es la condición de funcionamiento práctico del motor en el accionamiento de un vehículo en el que sus gases de escape tienen la energía total mínima - disponible para el catalizador, usándose aquí la energía total en el sentido de calor sensible de los gases, más - el calor producible por la oxidación del contenido combustible residual de los gases. Para esta condición (determinada en ensayos de carretera reales o imitados o en ensayos de uso de otra clase) la velocidad de consumo de combustible se determina en kilos de carburante por minuto.

El área de la sección transversal ortogonal del lecho catalítico que constituye la entrada a la región su- puesta para actividad catalítica debe estar entonces entre los límites de 9677 cm^2 a 206.450 cm^2 , por cada $0,453 \text{ Kg}$ por minuto de carburante consumido por el motor bajo su estado de funcionamiento correspondiente a ener-

269237



5 gía total mínima de los gases que entran en el lecho catalítico. El límite superior que se da aquí es aquel que, si se excede, no da mejoramiento apreciable en la vida del catalizador y puede conducir al cese del funcionamiento catalítico bajo condiciones adversas. (Puede señalarse aquí que, con algunos vehículos automóviles, puede ser conveniente proporcionar, para un sólo motor, un par de lechos catalíticos individuales para grupos de cilindros. En tal caso, el área de lecho se refiere al área total de los lechos cuando se consideran con referencia a un sólo motor). El límite inferior corresponde al área mínima que tiene probabilidad de dar resultado satisfactorio con el mínimo contenido térmico de escape más favorable, y con las mejores características de catalizador mientras trabaja el motor con gasolina con plomo.

10 Para la mayoría de los automóviles que circulan actualmente en América, los límites anteriores pueden estar comprendidos entre 9677 cm^2 y 154.838 cm^2 , por $0,453 \text{ Kg}$, por minuto de carburante consumido, según se ha indicado

15 arriba.

20 La parte óptima de los límites anteriores es 11.612 cm^2 a 64.515 cm^2 por $0,453 \text{ Kg}$, por minuto, de carburante consumido, según se ha indicado arriba.

25 Cuando se hace referencia a la sección transversal ortogonal que constituye la entrada a la región que se supone para actividad catalítica, se alude al área de sección transversal de entrada real de un lecho liso o, en el caso de un lecho anular, alguna superficie supuesta que, si el flujo es de salida, puede estar localizado algo fuera del límite anular interno del lecho. En esen-

30



1237

5 cia, todo lo que se necesita para este supuesto es que -
haya suficiente lecho más allá de la superficie en la di-
rección de flujo para satisfacer las exigencias de espe-
sor de lecho que se discutirán más adelante. En tal caso,
la porción del lecho que precede a dicha superficie pue-
de ser activa en algunos momentos e inactiva en otros, -
siendo permisible esta condición.

10 Aunque el criterio para la determinación del área
de sección transversal parecería ligado con una condi-
ción particular del funcionamiento del motor, se ha en-
contrado que las exigencias para el funcionamiento satis-
factorio bajo los amplios límites de condiciones operato-
rias que se encuentran, están satisfechas. Aunque carbu-
rantes diferentemente plomados disponibles en el comer-
15 cio pueden tener características algo diferentes, éstas
no varían en grado tal que den resultados apreciablemen-
te diferentes en un lecho cuyo área de sección transver-
sal está caracterizada por lo dicho anteriormente. En --
realidad, en el ensayo del motor para determinar las con-
20 diciones especificadas, carburantes diferentes pueden -
dar lugar a condiciones algo diferentes, en tanto en --
cuanto interviene la velocidad o análogo, pero cuando la
materia se reduce al consumo de carburante en aquellas -
condiciones, los criterios especificados dan esencialmen-
25 te los mismos resultados.

Se ha encontrado, además, que los criterios especi-
ficados se cumplen de modo bastante general para motores
de tamaños y características comprendidos dentro de los
límites para motores comerciales.

30 La cuestión del espesor del lecho medido a lo lar-



2000

5 10 15 20 25 30

do de sus líneas de flujo puede enfocarse del mejor modo considerando el aspecto práctico del tamaño del gránulo de catalizador. En general, se ha encontrado conveniente usar gránulos que oscilen entre, aproximadamente, 7 a 25 mallas, aunque lo más conveniente es que los gránulos sean de un tamaño uniforme de unas 16 mallas. El tamaño de los gránulos no es crítico, pero el límite inferior de tamaño está dictado por la consideración práctica de que, a las temperaturas que intervienen en el lecho catalítico, los tamices de alambre de malla fina y las placas delgadas no son capaces de resistir los efectos de alabeo e hinchamiento existentes en la unidad catalítica. En vista de esto, hay que usar placas más gruesas que tienen espesores de 0,1 cm. y más, de acero inoxidable y aleaciones resistentes al calor. Las prácticas actuales de ranurar o perforar placas de tal espesor, limitan el tamaño mínimo de los orificios a, aproximadamente, 0,1 cm. a 0,15 cm. en sus dimensiones mínimas. Según esto, los gránulos, para mantenerse así, tienen que tener diámetros no mucho menores de 0,127 cm. y se ha encontrado que lo más satisfactorio es proporcionar gránulos en forma de cilindros que tienen diámetros de 0,127 cm. y longitudes de, aproximadamente, 0,47 cm. El tamaño y forma no son críticos, pero dichos gránulos cilíndricos dan, cuando se distribuyen arbitrariamente, en un lecho, áreas de espacio de poro conveniente y superficie activa y proporcionan pasos que tienen resistencias bajas satisfactorias al flujo gaseoso, evitando la acción filtrante que haría que el lecho se atasque por óxido o por polvo de otra clase, incluyendo los finos producidos por frota

269237



miento del catalizador. Como se verá inmediatamente, los gránulos de tamaño mayor requieren espesores mínimos mayores de lechos catalíticos y, como consecuencia, es conveniente proporcionar gránulos de un tamaño lo menor posible.

5

Las consideraciones teóricas indican que, para funcionamiento consistente del lecho catalítico durante una vida larga de actividad, hay que proporcionar en la dirección de las líneas de flujo a través del lecho un espesor que corresponde a un mínimo de ocho capas de gránulos de catalizador, definiendo arbitrariamente una "capa" como teniendo un espesor igual a la dimensión transversal mínima de un gránulo, es decir, el diámetro en el caso de un gránulo cilíndrico que tenga una longitud superior a su diámetro. Considerando los tamaños prácticos de gránulos como arriba, esto implicaría un espesor de capa mínimo de, aproximadamente, 0,76 cm. Desde un punto de vista práctico, el espesor puede oscilar entre, a aproximadamente, 0,76 cm. y 7,62 cm, siendo los límites preferidos los de 1,27 cm. a 5,08 cm. No es conveniente un espesor de lecho excesivamente grande a causa del incremento de la contrapresión que afecta particularmente al funcionamiento de un inspirador venturi cuando se usa para suministrar exceso aire a los gases de escape del motor. Un lecho excesivamente delgado implica la dificultad de asegurar una distribución adecuada de los gránulos alimentados en el lecho para llenar los huecos que quedan por la eliminación del catalizador por frotamiento. Si no hay una distribución adecuada, pueden producirse regiones delgadas del lecho a través de las cua-

10

15

20

25

30

269237



les se ofrezca pequeña resistencia al flujo, resultando que la desviación de los gases puede hacer inefectivas - porciones sustanciales del lecho.

5 Lo anteriormente dicho da los criterios para dise-
ñar un lecho, siendo lógicamente aplicables los crite-
rios a lechos de diversas formas geométricas, satisfa-
ciendo las formas las exigencias, como se ha indicado -
arriba, para distribución uniforme de los gases, de mane-
ra que todas las partes del lecho sean efectivas. Aun -
10 cuando los criterios indicados arriba deben usarse para
diseñar, será útil señalar lo que estos criterios repre-
sentan en la aplicación práctica para automóviles de tu-
rismo del tipo corriente en América. El área de sección
transversal de un lecho abarcará generalmente $6,45 \text{ cm}^2$ a
15 $16,12 \text{ cm}^2$ por $16,38 \text{ cm}^3$ de desplazamiento de pistón, es-
tando esta cifra generalmente entre los límites de $8,38$
 cm^2 y $12,90 \text{ cm}^2$. El volumen del lecho estará comprendido
generalmente entre, a aproximadamente, $29,49 \text{ cm}^3$ y $75,38$
 cm^3 por $16,38 \text{ cm}^3$ de desplazamiento de pistón. El área -
20 superficial geométrica presentada por los gránulos de ca-
talizador estará comprendida en general, entre los lími-
tes de, aproximadamente, $741,933 \text{ cm}^2$ y $1612,897 \text{ cm}^2$ por -
 $16,38 \text{ cm}^3$ de desplazamiento de pistón, siendo los lími-
tes generalmente entre $903,222 \text{ cm}^2$ y $1161,286 \text{ cm}^2$ por -
25 $16,38 \text{ cm}^3$ de desplazamiento de pistón, excediendo el -
área generalmente de 1064 cm^2 por $16,38 \text{ cm}^3$ de despla-
zamiento de pistón.

Suponiendo una adición máxima de aire a los gases
de escape en la proporción en volumen de cuatro partes
30 de aire añadido para una parte de gases de escape, los -

269237



límites de temperatura operatorios del lecho catalítico
estarán comprendidos generalmente entre 482° C y 732 ° C.,
correspondiendo estas temperaturas a la eliminación —
efectiva de hidrocarburos y otros productos de degrada-
ción resultantes de la oxidación parcial del carburante.
5 La temperatura de 732° C; es una temperatura operatoria
razonable para los metales empleados para contener el ca-
talizador. (La actividad del catalizador comenzará a --
unos 287° C., pero esto corresponde a la oxidación de hi-
10 drógeno y óxido de carbono, más que a la oxidación de hi-
drocarburos y otros productos contenidos en el gas).

El calor producido por oxidación de hidrógeno y --
óxido de carbono aumentará la temperatura hasta el rango
requerido para la actividad plena en la oxidación de hi-
drocarburos y otros productos de degradación.
15

Los catalizadores de oxidación convenientes para --
uso en el sistema purificador de gases de escape para mo-
tores que funcionan con gasolina plomada incluyen gene-
ralmente catalizadores que son capaces de funcionar efi-
cientemente dentro de períodos de tiempo relativamente --
prolongados a temperaturas comprendidas entre unos 287 °
C. y 732 ° C. Los catalizadores preferidos comprenden un
soporte de un óxido de metal activado, particularmente --
alúmina activada, impregnado con metales u óxidos metáli-
cos que tienen actividad oxidante, tal como platino, pa-
25 ladio, rutenio, rodio, cobre, plata, cromo, vanadio, man-
ganeso, o hierro, o mezclas, tal como las de óxidos de --
cobre y cromo. Soportes preferidos para los metales u --
óxidos metálicos arriba citados comprenden gránulos de
un óxido metálico activado, tal como gránulos de alúmina,
30

269237



5 óxido de berilio, de torio, de magnesio, de cinc o de --
circonio activados. Como es bien conocido en la técnica,
la forma activada de estos óxidos se prepara por deshi--
dratación cuidadosa de una forma hidratada del óxido --
(tal como la deshidratación de trihidrato de alúmina a --
unos 537 ° C.) para producir una forma deshidratada que
tiene un área superficial específica elevada y gran volu--
men de poro interno. La alúmina activada es particular--
mente preferida como soporte, a causa de que reúne exce--
lentes propiedades físicas y catalíticas.

10 El soporte se impregna preferiblemente con compo--
nente activo por inmersión en una solución de un compues--
to descomponible del metal, seguido de secado y descompo--
sición de la sal metálica, de manera que se deposite el
15 metal o su óxido sobre la superficie del soporte en for--
ma finamente dividida. Así, por ejemplo, pueden impreg--
narse gránulos de alúmina activada, con platino, por --
ejemplo, por introducción en una solución de ácido cloro--
20 platínico al 1 % ($H_2 Pt Cl_6 \cdot 6H_2O$) seguido de secado y
descomposición de la sal de platino para depositar plati--
no finamente dividido sobre la superficie de los gránu--
los.

25 Aunque los metales nobles, tal como platino y pala--
dio, producen catalizadores de oxidación de mayor activi--
dad inicial, se ha encontrado que, después de una exposi--
ción relativamente breve a los humos de escape de moto--
res que trabajan con gasolina plomada, la actividad de --
los catalizadores de metal noble se reduce, aproximada--
mente, al mismo nivel que la actividad de catalizadores
30 menos caros. Por esta razón, se prefieren generalmente --

26920



catalizadores que contienen metales no nobles, a causa -
de la gran diferencia del coste.

Una forma particularmente preferida de un cataliza
dor de metal no noble que muestra actividad sostenida de
5 un buen nivel, después de larga exposición a humos de es
cape de motores que trabajan con gasolina "plomada", es
un catalizador que comprende un soporte de óxido metáli
co activado, preferiblemente alúmina activada, impregna
do con óxidos de cobre y cromo. Después de exposición a
10 los humos de escape de motores que trabajan con gasolina
"plomada", un catalizador de este tipo presenta una acti
vidad que se aproxima mucho a la de los catalizadores de
metal noble cuando se expone al mismo tipo de corriente
durante el mismo tiempo. Un tal catalizador, además, es
15 particularmente adecuado para la eliminación de hidrocar
buros de los gases de escape, que, como se ha explicado
anteriormente, son los constituyentes más perjudiciales
de los gases de escape desde el punto de vista de la po
lución del aire. Un procedimiento adecuado para la prepa
ración de un tal catalizador de óxido de cromo -cobre so
20 bre alúmina es como sigue:

Se disuelven nitrato de cobre hidratado ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$) y nitrato de cromo hidratado ($\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$)
25 en agua para formar una sola solución de las dos sales -
en la que la relación molar de cobre: cromo es, aproxima
damente, 1:1 y en la que la solución contiene aproxima
mente 60 % en peso de sales disueltas. La solución se --
acidifica por adición de, aproximadamente, 400 cc. de --
ácido nítrico de 70 % de concentración por cada ocho li
30 tros de solución. Se introducen gránulos de alúmina acti



vada en esta solución, después de lo cual se escurren los
gránulos, se secan a 93° C. y luego se calientan durante
una hora a una temperatura de 204 ° C. para descomponer
los nitratos. El catalizador se trata luego con una mez-
5 cla de carburante-aire (tal como propano y aire) a 371 °
C., de manera que la oxidación catalítica ocurre sobre la
superficie del catalizador, haciendo que la temperatura
del catalizador suba a 649 ° C. Los gránulos acabados -
contienen, aproximadamente, 2,5 % en peso de cobre (como
10 metal) y, aproximadamente, 2,1 % de cromo (como metal).

El sistema inspirador Venturi se define de acuerdo
con el diseño Venturi corriente para asegurar que se ob-
tendrán automáticamente las proporciones deseadas de ai-
re a gas de escape en el "ralenti" y la disminución ade-
cuada en estas proporciones a alta velocidad del motor.
15 En este diseño, se tienen en cuenta las caídas de pre-
sión a través del sistema catalítico, después del inspi-
rador. El tamaño y forma de la tobera 4 (Fig. 1), el ta-
maño y forma de la garganta 8c, la separación entre tobe-
ra 4 y la garganta, y el tamaño de la entrada de aire 10,
20 se seleccionan de manera que en las proporciones desea-
das de aire a gas de escape a la velocidad "ralenti". En
general, cuanto mayor es el estrechamiento en la tobera
4 y en la garganta 8c mayor será la relación aire a gas
de escape. Esto se deduce del principio bien conocido --
25 del venturi de que el cambio en la presión en la garga-
nta del venturi es aproximadamente proporcional al grado
de estrechamiento. Cuanto mayor sea la reducción en la -
presión en la garganta 8c del inspirador de aire, mayor
30 será la fuerza impulsora para la inspiración de aire.

20237



Así, pues, una presión decreciente en la garganta del venturi al aumentar el estrechamiento en la tobera 4, da como resultado valores mayores para la proporción de aire a gas de escape.

5 La distribución puede controlarse, además, por el tamaño de la entrada de aire 10, cuyo aumento de tamaño determinará un incremento en la proporción de aire a gas de escape. En general, es conveniente reducir el tamaño de la entrada de aire, obteniendo la distribución necesaria en el "ralenti" por elección de las otras dimensiones del venturi, puesto que la reducción del área de entrada, por ejemplo, por medio de un orificio insertado, tendrá el efecto deseado de disminuir la proporción de aire a gases de escape a velocidades mayores.

15 Las proporciones convenientes de aire a gas de escape variarán según sea la temperatura promedio y el contenido de combustibles en la corriente de gases de escape. Cuando la corriente particular de gases de escape del motor está a temperatura relativamente baja y/o es de bajo contenido de combustibles, tal como por ejemplo, sucedería en el caso de un motor de coche de pasajeros bien ajustado, el aire debe regularse para proporcionar el oxígeno estequiométricamente necesario para la oxidación de los constituyentes combustibles, más un ligero exceso, por ejemplo, un exceso de 2 %. Cuando el motor produce una corriente de gas de escape que está a temperatura relativamente alta y/o con dosis relativamente alta de constituyentes combustibles, puede ser conveniente, en algunos casos, añadir cantidades sustanciales de aire en exceso con respecto a las exigencias estequiométricas

259207



de oxígeno, p.ej: 10 % a 50 %, para ayudar a mantener la temperatura del catalizador por debajo de temperaturas - de 732 ° C. Por encima de esta temperatura, el catalizador experimenta una desactivación rápida en presencia de los compuestos de plomo presentes en los gases de escape de motores que trabajan con gasolina "plomada".

Aunque el invento no depende de ninguna teoría ni explicación de por qué se amplía de manera tan sorprendente la vida efectiva del purificador, operando dentro de los límites definidos de velocidades gaseosas a través del lecho catalítico, se cree que esta criticalidad sorprendente está relacionada con varios factores. Ante todo, se ha encontrado que, a temperaturas operatorias - del catalizador relativamente bajas, p.e: 343 ° C a 399 ° C., se necesitan velocidades gaseosas bajas para obtener oxidación catalítica efectiva de cantidades relativamente pequeñas de hidrocarburos y compuestos oxigenados. En la mayoría de los motores de automóvil, el calor sensible y químico combinados presente en los gases de escape es insuficiente para elevar la temperatura del catalizador por encima de 399 ° C., al menos bajo algunas condiciones operatorias tal como al marchar a 56,32 Km. h. en horizontal. Según esto, la temperatura del catalizador bajo algunas condiciones operatorias caerá a estos niveles y, para obtener una oxidación eficiente de hidrocarburos bajo estas condiciones, hay que emplear velocidades gaseosas resultantes de los límites arriba definidos.

El segundo factor que se cree que es responsable - para la importancia crítica de la velocidad gaseosa de -

269237



5 escape arriba definida, es el efecto de refrigeración de los gases de escape sobre el catalizador a temperaturas de gas de escape relativamente bajas. Bajo ciertas condiciones del motor, particularmente al "ralenti", la temperatura de la mezcla gas-aire que entra en el lecho catalítico, está muy por debajo de la temperatura de activación mínima del catalizador, es decir, aquella temperatura a la cual empieza a producirse la reacción catalítica a una velocidad apreciable. Así, por ejemplo, al "ralenti", la mezcla de gas de escape-aire que entra en el lecho catalítico será usualmente del orden de 93 ° C. a 121 ° C., mientras que la temperatura de activación mínima del catalizador puede ser del orden de 232 ° C a 343 ° C. Como se experimentan velocidades de cambio térmico relativamente elevadas entre una corriente de gas y un lecho de partículas pequeñas, la corriente de gas a baja temperatura a velocidades extraordinariamente altas ejerce un efecto refrigerante pronunciado sobre los gránulos de catalizador con los que entra en contacto. Si esta velocidad de enfriamiento, cuando la corriente de gas fría pasa sobre la primera capa de gránulos de catalizador, es mayor que la velocidad de reacción en la superficie de los gránulos catalíticos, la temperatura del catalizador en la primera capa puede caer por debajo de su temperatura de activación originando el cese de la reacción. Cuando no se libera ya calor por la primera capa de gránulos, la segunda capa experimenta un enfriamiento de -- una manera análoga, de forma que se propaga una onda de enfriamiento a través del lecho de gránulos, enfriando una porción, o en algunos casos, la totalidad del lecho, por

10

15

20

25

30

269237



5 debajo de la temperatura a la cual se produce la oxida-
ción catalítica. Al aumentar la velocidad lineal de los
gases sobre el catalizador, aumenta también la velocidad
de cambio térmico entre el gas y el catalizador y, por -
tanto, el efecto refrigerante de un gas de baja tempera-
tura. Por estas razones, se cree que las velocidades li-
neales relativamente bajas de los gases de escape, resul-
tantes de las condiciones definidas arriba, son necesaa-
rias para evitar un efecto refrigerante excesivo de los
10 gases de escape a baja temperatura sobre el catalizador.

Un tercer factor que se cree que explica el efecto
crítico de la velocidad de gas de escape sobre el catali-
zador está relacionado con el modo característico en que
disminuye la actividad catalítica por exposición a los -
15 compuestos de plomo presentes en los gases de escape. Se
ha encontrado que, por dicha exposición, la actividad ca-
talítica disminuye muy rápidamente al principio hasta --
llegar a un nivel de actividad relativamente estable, --
después de lo cual la disminución es mucho más lenta. Es
20 ta disminución característica de la actividad afecta a -
varios tipos de catalizadores de manera sustancialmente
igual. De hecho, después de la nivelación de la disminu-
ción de actividad, la diferencia en la actividad de los
diversos catalizadores, por ejemplo la diferencia en el
25 nivel de actividad entre un catalizador de platino y uno
de cobre-cromo, no es sustancial, aunque la diferencia -
en el nivel de actividad puede ser apreciable antes de -
dicha exposición.

30 Con actividad catalítica disminuída, también dismi-
nuye la velocidad lineal máxima permisible sobre el cata-

269237



lizador a temperaturas gaseosas bajas. Así, pues, se ha encontrado que la velocidad lineal sobre el catalizador debe elegirse con respecto al nivel de actividad disminuida al que el catalizador declina después de exposición a los gases de escape cargados con compuesto de plomo. Si la velocidad lineal de gas de escape a través del catalizador se escoge con respecto a la actividad de un nuevo catalizador antes de dicha exposición, en lugar de con respecto al nivel de actividad al que cae después de dicha exposición, la eficiencia del purificador cae rápidamente a un nivel inaceptable, a causa de la velocidad gaseosa lineal excesivamente alta a través del lecho.

N O T A

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

1.- Un aparato para purificar los gases de escape para su uso en un motor de combustión interna alternativo de ignición por chispa, adaptado para funcionar con gasolina plomada, que comprende un dispositivo para mezclar aire con los gases de escape, y un purificador catalítico de escape para recibir los gases de escape y aire añadido que comprende una envolvente y un lecho del catalizador de oxidación en forma de píldoras distribuidas al azar dentro de dicha envolvente, estando provista dicha envolvente con medios de guía para conducir los ga-

269237



ses de escape y el aire añadido a través de dicho lecho, presentando dicho lecho a los gases de escape y al aire añadido una sección transversal ortogonal a la dirección del flujo, que está comprendida entre 9.680 cm² a
5 206.500 cm² por 453 gr de combustible consumido por minuto por el motor en las condiciones de operación que corresponde al mínimo de energía total de la mezcla de gases de escape y aire añadido que entra en el lecho catalizador, y teniendo dicho lecho un espesor aproximadamente
10 te uniforme en la dirección de flujo comprendido en el intervalo de aproximadamente 7,6 mm y 76 mm, proporcionando dichas píldoras de catalizador un área de superficie geométrica comprendida en el intervalo de 45,2 cm/
cm³ y 98,3 cm/cm³ de desplazamiento del pistón del motor.

15 2.- Aparato de acuerdo con el punto 1, en el cual el dispositivo para mezclar aire con los gases de escape comprende un aspirador excitado por los gases de escape del motor para efectuar la admisión y mezclado del aire.

20 3.- Aparato de acuerdo con los puntos 1 ó 2, en el cual las píldoras tienen un tamaño comprendido entre los tamices de 7 y 25 mallas.

25 4.- Aparato de acuerdo con cualquiera de los puntos precedentes, en el cual el área transversal ortogonal a las direcciones de flujo a través del lecho está comprendida en el intervalo de 9.680 cm² a 64.500 cm² por 453 gr de combustible consumido por el motor.

30 5.- Aparato de acuerdo con cualquiera de los puntos precedentes en el cual el lecho tiene aproximadamente un espesor uniforme en la dirección de flujo comprendido en el intervalo de 1,3 a 5 cm aproximadamente.

269237



6.- Aparato para purificar los gases de escape de motores de combustión interna.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y para los fines que se han especificado.

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

Madrid, 17

Cuba

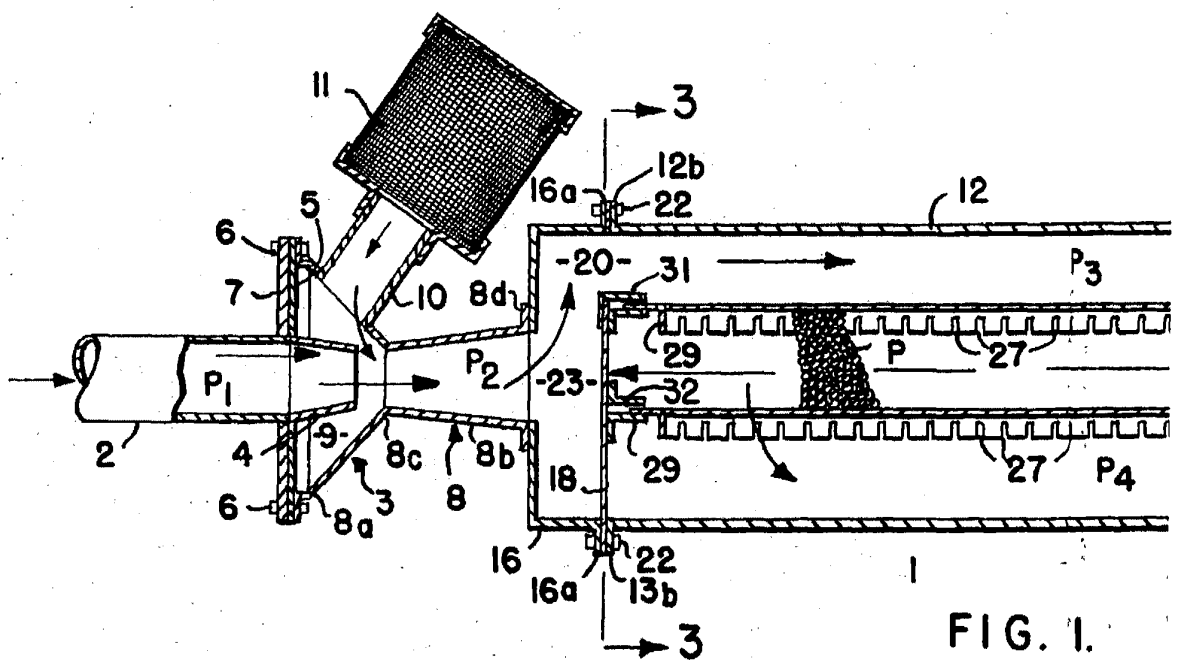


FIG. 1.

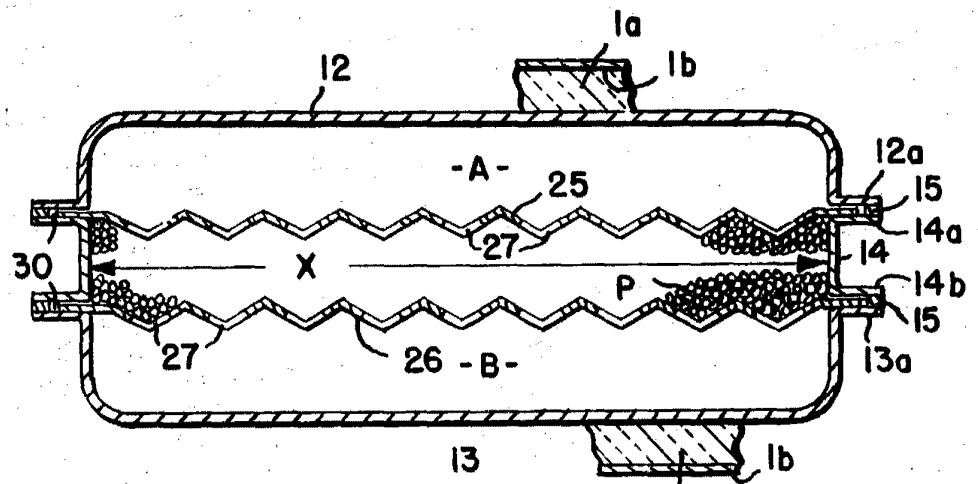


FIG. 2.

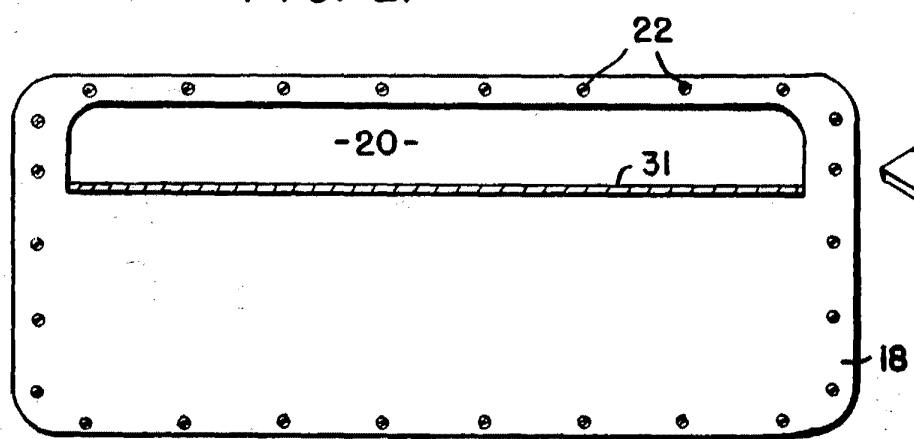
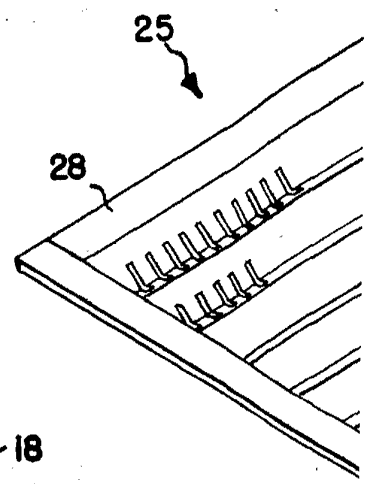


FIG. 3.



29

