

La detonación y mezclas antidetonantes

Por **BERNARDO ROCCHI**

Ingeniero Aeronáutico italiano

Las investigaciones sobre la detonación, fenómeno complejo digno de compararse con la explosión y cuyos efectos sobre las partes vitales del motor pueden ser desastrosos por la intensidad y la rapidez de la onda de explosión (presión hasta 80 atmósferas y velocidad de propagación hasta 300 m/s.), fueron iniciadas en el año 1928 principalmente por el americano Ricardo.

Sin detenernos a examinar las causas y las razones del fenómeno, nos parece importante para los fines prácticos poner de relieve que todo dicho depende, de forma ya conocida, de los siguientes factores (independientemente de la composición del carburante empleado), que examinaremos y explicaremos a continuación.

a) Distancia de la fuente del encendido (bujía) a los puntos más alejados de la cámara de explosión; cuanto menor es dicha distancia, menor es la detonación, en igualdad de condiciones. Por tanto, se ha establecido el uso de colocar la bujía o el conjunto de dos bujías en el centro de la cámara de explosión.

b) Grado y naturaleza de la turbulencia de la mezcla en la cámara de explosión en el momento del encendido; cuanto mayor es la turbulencia, tanto mayor es la tendencia a la detonación.

c) Temperatura y presión de la mezcla en el momento del encendido; cuanto mayor son la compresión y la temperatura, tanto mayor es la detonación. Por tanto, también por esta razón no se pueden superar ciertos límites en la relación de la compresión del cilindro.

d) Temperatura de las paredes de la cámara de explosión en el momento del encendido; si la temperatura pasa de un cierto límite, se realiza un encendido preliminar, mejor dicho, una oxidación preliminar de la mezcla durante la última parte de la fase de compresión; es decir, que aumenta la temperatura de la cámara en los instantes que preceden al encendido, propiamente dicho. Se trata de obviar tal inconveniente realizando una buena refrigeración de la culata (además de los normales sistemas que actúan del exterior) con un buen vaciado de la cámara de los gases de combustión, lo cual se obtiene aumentando dentro de los límites posibles el retardo en el cierre de las válvulas de descarga.

No hay que confundir el fenómeno de la detonación con el del autoencendido, aunque el segundo influye, como hemos visto, sobre el primero.

En general, los hidrocarburos de alto poder antidetonante tienen un punto de ignición elevado.

Además, se ha encontrado que el punto del autoencendido de los hidrocarburos del grupo de la parafina disminuye al aumentar el peso molecular, y es mucho más baja que en los hidrocarburos de la serie aromática y en los alcoholes.

Se puede, como se practica desde hace ya tiempo, aumentar el poder antidetonante de la gasolina añadiendo sustancias especiales llamadas antidetonantes.

Dichas sustancias se pueden dividir en dos grupos:

en el primero están comprendidas las que deban añadirse en cantidades notables para producir un efecto sensible, tales como el benzol, el alcohol y el isoootano; en el segundo, las que se emplean en porcentajes mínimos, y cuyo efecto, más que debido a especiales características intrínsecas de corrección, es producido por acciones químico-físicas, que pueden compararse con las de los catalizadores; entre estas últimas, la más conocida es el tetraetilo de plomo.

Examinemos brevemente el empleo y las características de dichos antidetonantes.

El benzol tiene el efecto de que favorece el fenómeno del autoencendido.

Con el alcohol disminuye mucho el poder calorífico de la mezcla. Con el isoootano (que se produce tratando con procedimientos especiales los gases de "cracking") se pueden obtener mezclas con poder antidetonante de índice de octano 100, que no es posible alcanzar con las otras sustancias, incluso el tetraetilo de plomo, que se emplean con mayor frecuencia en los motores modernos con elevado grado de compresión y con notables sobrepresiones de la fase del despegue. Estas sobrepresiones son de 100, 200 mm. Hg; con la de 100 milímetros se puede disfrutar un aumento de potencia igual al 15-20 por 100 del máximo normal.

Tanto el isoootano como el benzol se emplean juntos, para formar la mezcla antidetonante, con determinados porcentajes muy pequeños de tetraetilo de plomo, como arriba se indica.

Damos aquí debajo la composición de dichas mezclas:

= Mezcla de índice de octano 87 con benzol:

Gasolina para avión (índice de octano 74).....	80	%
Benzol	20	%
Tetraetilo de plomo.....	0,07	%

= Mezcla de índice de octano 100 con isoootano:

Gasolina para avión (índice de octano 74).....	50	%
Isoootano	50	%
Tetraetilo de plomo.....	0,08	%

El tetraetilo de plomo, como ya hemos dicho, aumenta notablemente el poder antidetonante de la gasolina básica (gasolina para avión índice de octano 74) aun en pequeñas cantidades y sin ayuda de otras sustancias. Puede calcularse, "grosso modo", que el índice de octano aumenta dos puntos por cada 0,1 por 1.000 de tetraetilo de plomo adicionado a dicha gasolina.

Este importante compuesto de plomo fué descubierto en el año 1921; su fórmula es: $Pb(C_2H_5)_4$. Tiene un peso específico de 1,659 a 20°; su punto de ebullición es a los 200°, y el de congelación, a los -150°.

Para evitar durante la combustión la formación de óxido de plomo que se depositaría en el interior de la cámara de explosión, impidiendo el funcionamiento normal del motor, se añade al tetraetilo de plomo, bromuro de etileno, de forma que se obtenga bromuro de plomo, que a elevadas temperaturas es volátil, siendo

más fácil su expulsión junto con los gases de escape (en seguida veremos de cómo en la práctica no se puede impedir que una parte de dicho bromuro se deposite).

La mezcla de dichos componentes y de otras sustancias secundarias se la llamó líquido etílico ("ethylfluid"), cuya composición original americana es la siguiente (en volumen):

Tetraetilo de plomo.....	54,6	%
Bromuro de etileno.....	36,4	%
Monocloruro naftaleno	9,0	% (1)
Pigmento azul	0,01	%

La mezcla de líquido etílico empleada por la Real Aeronáutica Italiana es ligeramente diferente; tiene la composición que abajo se especifica (en peso):

Tetraetilo de plomo.....	61,42	% (en vol. 65,5)
Bromuro de etileno.....	35,68	%
Petróleo y otros disolventes.....	2,73	%
Colorante	0,17	%

Su peso específico es de 1,755 a 20°.

Puesto que las mezclas se descomponen bajo la acción de la luz y del calor, deben conservarse en sitios frescos y en bidones herméticamente cerrados. Para mayor seguridad, la mezcla debe prepararse algún tiempo antes de su empleo (unos quince días).

El empleo de gasolinas etílicas puede dar lugar, en relación al porcentaje de tetraetilo de plomo, a diversos inconvenientes, que examinaremos, por lo que el porcentaje de dicho compuesto es limitado. En muchos países no se supera el 0,7 por 1.000 en volumen, lo que corresponde al 1,28 por 1.000 de mezcla de líquido etílico (composición americana).

Los inconvenientes que arriba se indican, son principalmente los siguientes:

1.º Corrosión en frío del platillo y del vástago de las válvulas, de los electrodos de las bujías, etc. Dicha corrosión se produce por efecto del bromo, que se deriva de la disociación del bromuro de etileno, cuando en el interior de la cámara de explosión se alcanzan temperaturas superiores a los 920°, punto de ebullición del bromo (por esto, los gases de descarga de las gasolinas etílicas son venenosos e irritantes; por tanto, es necesario que se volatilicen completamente en la atmósfera). El bromo, al combinarse con el plomo metálico que proviene del tetraetilo de plomo, que en presencia de la humedad se forma por condensación, da lugar a un oxibromuro de plomo (Br₂ O Pb), que es corrosivo (2).

Se puede obviar tal inconveniente haciendo funcionar el motor en los últimos minutos de marcha con gasolina normal de aviación (índice de octano 74), practicando el llamado "lavado con gasolina blanca" o inyectando con motor parado aceite de ricino completamente neutro en la cámara de explosión (aceite que se hará salir a través de los orificios de las bujías y de las bridas de los tubos de expulsión para que no haya

en el momento de la puesta en marcha sobrepresiones y consiguientes roturas de elementos importantes del motor).

Se ha observado que los aceros austeníticos son mucho menos atacables que los dulces por parte de este oxibromuro, pudiéndose remediar dicho inconveniente empleando, cuando sea posible, dicho acero austenítico.

2.º Depósitos de plomo metálico, debidos a la disociación del tetraetilo de plomo a elevadas temperaturas; dichos depósitos se forman, en gran parte, en la fase de refrigeración del motor después de parado, siendo el plomo volátil a temperaturas no muy elevadas. Por esto, se examinan las bujías después de un corto lapso de tiempo en que el motor ha estado parado, con el fin de que el plomo haya podido depositarse completamente.

Por dichas razones, además de las especiales condiciones de funcionamiento, es en el despegue donde pueden manifestarse con más frecuencia las deficiencias por efecto del plomo que se deposita en la parte aislante del electrodo interior de las bujías, en la parada anterior del motor, cosa que puede anular su poder dieléctrico.

3.º Depósitos de sales metálicas de plomo en el interior de la cámara de explosión. Dichas sales, que se derivan de la disociación del tetraetilo de plomo y combinación sucesiva con los ácidos bromhídrico y sulfúrico, son: el bromuro de plomo (Br Pb), volátil solamente a elevadas temperaturas, por lo que tiende a depositarse en las partes relativamente frías, de color marrón rojizo, y el sulfato de plomo (SO₄ Pb), de color blanco sucio.

Por su buena conductibilidad de la electricidad, reducen dichas sales y pueden directamente anular, en condiciones especiales desfavorables de altas presiones y temperaturas, el poder dieléctrico de los aislantes de las bujías, por lo que éstas se descargan internamente, no dando lugar a que se produzca la chispa del encendido.

Se ha observado que dichas sales se depositan más difícilmente si los elementos se encuentran a temperaturas de 480 a 500°, aunque no superiores a 595°, por lo que el comportamiento de las bujías de los motores que funcionan con gasolina etílica está particularmente unido a la temperatura que alcanza la bujía, es decir, a su cualidad práctica de bujía más o menos "fría".

La refrigeración de las bujías, como la de las válvulas de descarga, ha sido objeto de estudios complejos. Además de la refrigeración por aire y por agua, que comúnmente se utiliza, se emplea también la que se desprende del calor de la transformación de determinadas sustancias. Una de éstas, para la cual dicho calor es notable, es el sodio metálico, que absorbe 31,7 calorías por gramo que pasa del estado sólido a líquido. Dicho calor es absorbido de las partes metálicas en contacto, que así se refrigeran, y naturalmente, restituida la fase de consolidación; sin embargo, ésta se produce en las partes donde la refrigeración exterior se obtiene con más facilidad.

Así como es sabido se construyen desde hace tiempo válvulas de escape "con refrigeración por sodio", están también en estudio bujías cuya refrigeración se obtiene en parte por el mismo sistema.

(1) Derivado de la naftalina, con sustitución de una molécula de hidrógeno por una de cloro; su fórmula es: C₁₀ H₇ Cl.

(2) Las reacciones químicas son las siguientes:

Primera fase: 2Br H₂ + O Pb = 2Br H O Pb.

Segunda fase: 2Br H + O Pb = Br₂ O Pb H₂.