

SOBRE LA NECESIDAD DE INFORMACIÓN PARA LOS ESPECIALISTAS DE LA RAMA NAVAL, EN RELACIÓN CON LOS MATERIALES NO METÁLICOS PARA EL SELLAJE, LUBRICACIÓN Y PROTECCIÓN DE SISTEMAS QUE TRABAJAN CON OXÍGENO

Augusto César Rodríguez Medina.
Ingeniero; Master en Diseño Mecánico; DrC.
Profesor de la Academia Naval "Granma"
Cuba

RESUMEN

En este trabajo se exponen las necesidades informativas sobre algunos materiales utilizados en sistemas que trabajan con oxígeno, para la hermetización de uniones, lubricación de piezas móviles y protección contra la corrosión, que por diversas razones como las condiciones del subdesarrollo no están ampliamente difundidos en especialistas nacionales, incluyendo los de la rama naval. Se exponen además algunas características de estos materiales y se fundamenta la importancia de su aplicación.

INTRODUCCIÓN

Una de las tecnologías más importantes desarrolladas en el pasado siglo fue la relacionada con el uso del oxígeno; esta generó la necesidad de desarrollar nuevos materiales para asegurar la manipulación segura de ese gas que favorece la ignición violenta de sustancias orgánicas, y en determinadas condiciones la detonación de las mismas; apreciamos que nuestros especialistas desconocen parcial o totalmente la existencia de tales materiales y sus propiedades más importantes. Los materiales no metálicos aptos para el trabajo con oxígeno fueron desarrollados a partir de la década del 50 y se han difundido rápida y ampliamente gracias a sus características, lo que ha permitido que se utilicen en otros campos.

REQUERIMIENTOS DE LOS SISTEMAS DE OXÍGENO

El oxígeno es un elemento químico con masa atómica aproximada de 16 kg/kmol que en el aire se encuentra en una proporción gravimétrica de $23,2 \%$ formando habitualmente moléculas diatómicas; la energía que se utiliza en los motores térmicos se obtiene de su reacción con sustancias orgánicas. Mientras para estos procesos se utiliza el oxígeno contenido en el aire, la operación de estos sistemas es bastante segura, pero en la medida en que aumenta su concentración los riesgos de incendio y detonaciones aumenta.

Muchos sistemas utilizan el oxígeno concentrado a más del 99% como las instalaciones hospitalarias, la aviación civil y militar, las industrias metalúrgicas y mecánicas entre otras, de manera que no se concibe una sociedad moderna que no utilice este gas a escala industrial.

El gran problema técnico de los sistemas de oxígeno es que tienen exigencias de limpieza rigurosas, pues cualquier suciedad como polvo, vestigios de grasa u otras sustancias orgánicas pueden provocar un desastre, especialmente, si se trabaja con altas presiones, superiores a 70 atm .

No es que el oxígeno se inflame, ni sea explosivo al tener contacto con sustancias orgánicas, sino todo lo contrario. Las sustancias orgánicas, entre las que figuran los combustibles fósiles y lubricantes, arden más violentamente en una atmósfera rica en oxígeno que en el aire, pues en este último el contenido de nitrógeno, que es un gas poco reactivo, está en una proporción del 78% , no participa en el proceso de combustión y absorbe parte del calor de la reacción.

Por otra parte si la atmósfera donde tiene lugar la reacción es rica en oxígeno, el calor de reacción no es absorbido por ninguna otra sustancia y en consecuencia las temperaturas que se registran son mayores. Si estos procesos ocurren bajo presión o en volúmenes cerrados, los peligros de detonación aumentan.

En ocasiones, puede tener lugar un incendio o una detonación sin que tenga lugar una chispa, como cuando se comprime el gas en un balón; en estas condiciones, si el proceso es adiabático por ejemplo, la temperatura del gas que se comprime aumenta rápidamente; si se trata de N_2 los riesgos son menores precisamente por ser poco reactivo, pero si es O_2 y existen sustancias orgánicas, se producirá inevitablemente un accidente, pues

esas sustancias tienen un **punto de autoinflamación** bastante bajo que puede estar en el rango de $60\text{-}120 \text{ }^\circ\text{C}$.

Para ilustrar lo explicado anteriormente, supongamos que se realiza la compresión adiabática de un gas diatómico que puede ser el O_2 , para el cual, el exponente isentrópico $k = 1,4$; en este caso, si la temperatura inicial del gas $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ y la presión inicial p_1 es 1 atm ; a partir de la siguiente formulación se podrá determinar la temperatura final que tomará el gas en el proceso.

$$T_2 = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \cdot T_1 \quad (1)$$

Donde

p_2 presión final del gas.

T_2 temperatura absoluta final del gas, K .

Tabla 1 Temperatura final que toma el gas al comprimirse hasta los valores de p_2 .

p_1 (atm)	p_2 (atm)	t_2 ($^{\circ}C$)
1	2	111
	4	195
	6	253
	20	469
	50	690

Observando los valores de t_2 señalados en la tabla, se aprecia que en este tipo de proceso, las temperaturas alcanzadas son superiores al **punto de autoinflamación** de la mayoría de los materiales orgánicos convencionales que se utilizan para la hermeticidad, lubricación o protección contra la corrosión de los sistemas de oxígeno; es por eso que se requieren medidas especiales en su diseño y el uso de sustancias que sean estables a esas temperaturas. El proceso adiabático es un proceso extremo y desde el punto de vista termodinámico, su formulación para el caso de los modelos de gas ideal no es precisa, siendo conveniente el empleo de las consideraciones que se establecen para los gases reales; no obstante, nos brindan una información aproximada de las temperaturas que se producen.

El proceso de compresión del gas, es una de las prácticas industriales que más riesgos tiene, por lo que también se toman medidas de seguridad especiales para ejecutar esta operación, en este sentido, es necesario que las velocidades del fluido en las redes de tuberías sean tales que a causa del rozamiento no generen un calentamiento excesivo; por eso, uno de los procedimientos a realizar es la apertura lenta de las válvulas, rellenar los contenedores a intervalos de pequeños gradientes de presión y refrescar el recipiente durante la compresión.

MATERIALES NO METÁLICOS EMPLEADOS EN SISTEMAS DE OXÍGENO

En el desarrollo de materiales que se pudieran emplear en sistemas de oxígeno, uno de los principales objetivos planteados fue lograr compuestos con un elevado **punto de autoinflamación (PA)**, en este sentido los más prometedores eran las cadenas de hidrocarburos que en su composición tuvieran halógenos como el Cloro (Cl) y el Flúor (F).

PLÁSTICOS Y ELASTÓMEROS PARA APLICACIONES EN ASEGURAMIENTO DE HERMETICIDAD

A partir de las necesidades de la técnica, se fueron introduciendo una serie de materiales que podían cubrir ciertas expectativas, por ejemplo, uno de los primeros plásticos fluorocarbonados que se patentó fue el **Teflón**, por parte de **E.I Dupont de Nemours**; esta entidad es posiblemente la que mayor peso ha tenido en el desarrollo de estas sustancias; los plásticos fluorocarbonados se pueden maquinar y se utilizan, por ejemplo, para bujes por sus propiedades autolubricantes. Entre los materiales con propiedades elásticas están el **Viton**, **Kalrez**, **Aegis** y **Chemraz** entre otros. Tanto los de propiedades plásticas como los elastómeros son ampliamente utilizados en el aseguramiento de la hermeticidad de sistemas que trabajan con oxígeno líquido y gaseoso; se incluyen entre ellos también a la **Fluorosilicona**. Estos plásticos y elastómeros se han usado también en otras aplicaciones técnicas que no son precisamente la hermetización de los sistemas de oxígeno. La siguiente tabla muestra algunas de sus principales características.

Tabla 2 Características de algunos materiales utilizados para el sellaje

CARACT.	MATERIAL				
	VITON	KALREZ	TEFLON	SILICONA	FLUROSILICONA
DUREZA OFF SHORE	70-90	70-90	PLÁSTICO	40-80	40-80

RANGO TEMP.	-40 a 250 °C	-50 a 315 °C	-40 a 250 °C	-70 a 250 °C	-70 a 177 °C
-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

El **Viton**, que todo parece indicar que tiene mayor difusión y menos costo que el Kalrez, se fabrica en diferentes grados; los de uso general (grados **A**, **B** y **F**) y los de altas prestaciones (grados **GB**, **GBL**, **GLT**, **GFLT**,). Entre los de uso general, se recomienda para usar en sistemas de oxígeno el de grado **F**.

La siguiente tabla contiene información, sobre el grado de compatibilidad de los diferentes grados del **Viton**.

Tabla 3 Compatibilidad química de los diferentes grados de **Viton**
clave: 1 = Excelente, 2 = Muy buena, 3 = Buena, NR = No Recomendada

Compatibilidad química del Fluoroelastómero Viton®							
Ambiente Químico	Viton®--Uso General Grados			Viton®--Alta calidad Grados			
	A	B	F	GB, GBL	GF	GLT	GFLT
Combustibles de automóviles y aviación	1	1	1	1	1	1	1
Combustibles oxigenados de automóviles	NR	2	1	2	1	NR	1
Aceite de lubricación de motores, SE y SF	2	1	1	1	1	1	1
Aceite de lubricación de motores, SG y SH	3	2	1	1	1	2	1
Hidrocarburos alifáticos	1	1	1	1	1	1	1
Hidrocarburos aromáticos	2	2	1	1	1	2	1
fluidos, vapor, ácidos	3	2	2	1	1	1	1

GRASAS Y ACEITES

Se han utilizado materiales fluorocarbonados en forma de grasas y aceites, con un elevado **punto de autoinflamación**, que son apropiados para el trabajo con oxígeno; que se pueden utilizar en la protección anticorrosiva de sistemas sometidos a ambientes agresivos, presiones y temperaturas extremas, y para la lubricación de piezas móviles. Las grasas y aceites también se ofertan en diferentes grados; en la siguiente tabla se muestra una relación de productos **Krytox** con sus características principales:

Tabla 4 Propiedades de algunas grasas y aceites de la marca **Krytox**®

GPL Oil Grades	104	105	106	107
GPL Standard Grease Grades	204	205	206	207
GPL Extreme Pressure Grease Gr.	214	215	216	217
GPL Anti Corrosion Grease Gr.	224	225	226	227
°C	-51/179	-36/204	-36/260	-30/288
20°C (68°F)	180	550	810	1600
40°C (104°F)	60	160	240	440
100°C (212°F)	9	18	25	42
204°C (400°F)	--	3	3.9	6
260°C (500°F)	--	--	2.1	3

Nota: Las tablas 2, 3 y 4 fueron tomadas de páginas WEB que suministran este tipo de información, de manera que no deben seguirse como datos de referencia para tomar decisiones de diseño o seleccionar

materiales.

Existen otras grasas y aceites con un rango de temperaturas algo mayor (hasta 316 °C) recomendadas para altas prestaciones como la industria aeroespacial y que se comercializan ampliamente por diferentes empresas. También existen otras marcas como la **Fomblin**. Estos materiales son aplicables a todas las necesidades de la ingeniería.

NECESIDAD DE INFORMACIÓN PARA LOS ESPECIALISTAS DE LA RAMA NAVAL.

Como los materiales fluorocarbonados han tenido un desarrollo notable, por su resistencia a múltiples sustancias químicas y costos aceptables; es recomendable que nuestros especialistas adquieran información sobre ellas. Por la superioridad que tienen respecto a materiales convencionales, se observa una tendencia creciente a la sustitución de estos y la implementación de los fluorocarbonados.

CONCLUSIONES

1. Los materiales fluorocarbonados abarcan una amplia gama de productos que incluye plásticos, elastómeros, grasas y aceites resistentes a la mayor parte de los compuestos químicos utilizados en aplicaciones de ingeniería.
2. Sus adecuadas características y costos aceptables han generado la tendencia a sustituir por ellos, otros materiales convencionales de uso tradicional.
3. Para implementar su introducción en nuestros productos, es necesario que los especialistas de la rama dispongan de información actualizada en catálogos, normas y otros documentos.

BIBLIOGRAFÍA

<http://www.sisweb.com/index/sis/catalog.htm>
<http://www.sisweb.com/index/sis/dealers.htm>
<http://www.sisweb.com/referenc/services/toorder.htm>
<http://www.sisweb.com/products.htm>
<http://www.sisweb.com/indexfra/frame.htm>
http://www.marcorubber.com/contact_form.htm
<http://www.marcorubber.com/orings.htm>
http://www.marcorubber.com/material_selection.htm
<http://www.marcorubber.com/quote.htm>
http://www.marcorubber.com/orings_guide.htm