

## Propiedades de adhesión y mecánicas de formulaciones utilizadas como propulsantes compuestos en vectores

Ross P.<sup>1,2</sup>, Quagliano J.<sup>1,2</sup> y Sevilla G.<sup>1</sup>.

1. Escuela Superior Técnica (EST), Facultad de Ingeniería del Ejército, Universidad Nacional de la Defensa. Av. Cabildo 15, CABA.
2. 2. Departamento de Química Aplicada, Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF). Av. Juan Bautista de La Salle 4397 B1603ALO Villa Martelli, Buenos Aires.

### Introducción

Las formulaciones de propulsante compuesto están compuestas de una carga de oxidante en una matriz de un elastómero y se utilizan para impulsar cohetes y misiles (llamados “vectores”). El estudio de las propiedades de estas formulaciones es importante dado que determinan su comportamiento cuando son utilizadas y también durante su almacenamiento. En la manufactura de vectores primero se aplica una protección térmica sobre el interior del tubo motor-cohete, luego se aplica una capa de inhibición y finalmente se cuele el propulsante. La inhibición es otra formulación poliuretánica que consiste en una matriz ligante de polibutadieno hidroxí-terminal (PBHT) curada con un isocianato, y que contiene además una carga mineral que confiere resistencia a altas temperaturas. La unión entre el propulsante y la inhibición debe ser suficientemente fuerte y estable, de modo de resistir tensiones de diversos tipos, sea esfuerzos tangenciales como cizallas o desgarros, así como esfuerzos de tracción y compresión. Inhomogeneidades o defectos en la unión pueden generar un colado de la llama y producir fallas catastróficas (Dick et al. 2005). La unión propulsante-inhibición ha sido convenientemente estudiada en la bibliografía específica. Sandén y Wingborg (1989) señalaron que con una buena preparación de la superficie y una apropiada selección de agentes promotores de la adhesión es posible lograr una unión cohesiva con la inhibición. Haska y colaboradores (1997) estudiaron el efecto de cambios en la formulación; el efecto del tamaño de las partículas de oxidante fue también estudiado (Kakade et al., 2003) quienes determinaron que las propiedades interfaciales son altamente dependientes del tamaño de partícula del oxidante y de la relación de tamaño grueso a tamaño fino. Por otro lado, Rodic (2007) concluyó que la ruptura era cohesiva con el propulsante, indicando que las fuerzas que mantienen unido al propulsante son las que limitan la estabilidad de la interfase. En consecuencia, todo componente que hace al propulsante mecánicamente más débil irá en contra de la estabilidad de la estructura.

En esta contribución presentamos los resultados de estudiar las propiedades de adhesión y mecánicas de mezclas de propulsante compuesto basadas en perclorato de amonio como oxidante y polibutadieno hidroxí-terminal (PBHT) como ligante, a los efectos de la caracterización del comportamiento e interacción entre el propulsante e inhibición.

### Resultados

Se obtuvieron las curvas de tensión-elongación en probetas obtenidas en la División de Propulsores Compuestos del Citedef, en una máquina de tracción universal marca "Instron", utilizando una norma estandarizada. Respecto de las propiedades mecánicas, la máxima tracción que resistieron las probetas ensayadas fue de cerca de 10 kg/cm<sup>2</sup>, con una elongación máxima del 30% respecto de la longitud original. La dureza se midió en unidades Shore A con un penetrómetro, obteniéndose un rango de valores de entre 60 y 80. Por otro lado, la carga ligante por sí sola (llamada "inhibición" o *liner* en inglés), dada su naturaleza elastomérica, tiene una elongación a ruptura alrededor de 10 veces mayor (300% en promedio). Esta diferencia de elasticidad es necesaria a los efectos de conferir la mencionada resistencia a impactos, amortiguando o absorbiendo vibraciones durante el manipuleo, así como también a las altas aceleraciones que se generan cuando el cohete/misil se encuentra en operación.

Respecto de las propiedades de adhesión inhibición-propulsante, se utilizó una máquina de tracción sobre una probeta de propulsante con una capa de inhibición curada sobre ella, de modo de separar la capa en un ángulo de 180°, a temperatura ambiente y a una velocidad de 10 mm/min. Se determinó que la fractura es adhesiva respecto del sustrato propulsante, es decir que las uniones inhibición-propulsante son más fuertes que las que mantienen unidos al propulsante en sí mismo. Se ensayó aplicar una capa de isocianato al propulsante para que actúe como promotor de adhesión, obteniéndose mejor adhesión a la inhibición. Se estudió asimismo el tamaño de partícula del oxidante ya que ha sido reportado que influye sobre la adhesión inhibición-propulsante, de la misma forma que la distribución del tamaño de partícula. A estos efectos se utiliza una mezcla bimodal de dos granulometrías diferentes, que además es necesaria para maximizar la velocidad de descomposición del propulsante y lograr máximo empuje.

## Conclusiones

Se pudo caracterizar el comportamiento mecánico del propulsante compuesto utilizado en vectores en el área de defensa, así como la adhesión a la capa de inhibición de las altas temperaturas generadas cuando el propulsante combustiona. Estos trabajos contribuyen a conocer mejor las interacciones químicas y la estabilidad mecánica del sistema propulsante-inhibición, teniendo en consideración la importancia de garantizar ausencia de defectos para un buen desempeño de los vectores en los que se utiliza.

## Referencias

- Dick W. y Health M. (2005). Advanced Simulation of Solid Propellant Rockets from First Principles 41st AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit, Arizona (2005).
- Kakade D., Navale S. and Narsinham V. "Studies on Interface Properties of Propellant Liner for Case-Bonded Composite Propellants" Journal of Energetic Materials, 21,2, 73-85 (2010).
- Rodić V. Case Bonded System for Composite Solid Propellants. Scientific Technical Review, Vol.LVII, No.3-4 (2007).
- Sandén R. y Wingborg N. Bonding a HTPB Liner to Modern Rocket Case Materials. Journal of Applied Polymer Science, Vol. 37,167-171 (1989).

# **XXXI Congreso Argentino de Química**

25 al 28 de Octubre de 2016 Asociación Química Argentina

Sánchez de Bustamante 1749 – Ciudad de Buenos Aires – Argentina

The Journal of The Argentine Chemical Society Vol. 103 (1-2) January – December 2016 ISSN: 1852 -1207

Anales de la Asociación Química Argentina AAQAE 095 - 196

Wingborg N. Improving the mechanical properties of composite rocket propellants. Stockholm, Sweden. Tesis AKADEMISK AVHANDLING, Department of Fibre and Polymer Technology, Royal Institute of Technology, (2004).