

Tecnologías Emergentes

Refrigeración de gases de exhaustación con agua nebulizada. Estudio de interacción entre fases

Autores: CF. Ing. José M^a Riola Rodríguez, Jefe de Unidad de Prospectiva y Estrategia Tecnológica, SDGPLATIN; TN. Ing. Julio Manuel Pernas Urrutia, Armada.

Palabras clave: turbina, firma, penacho, gases de exhaustación, reducción temperatura.

Metas Tecnológicas relacionadas: MT 3.2.1.

Firma infrarroja del buque de guerra

De las principales firmas de un buque de guerra destaca la firma infrarroja (IR), la cual tiene que ver con la radiación emitida y/o reflejada en dicha franja del espectro electromagnético.

Dentro del conjunto propulsivo de un buque, los motores de combustión interna y, en concreto, las turbinas de gas, presentan una elevada contribu-

ción a la firma IR del buque debido a que, durante su funcionamiento, arrojan a la atmósfera grandes volúmenes de gases a elevadas temperaturas. Los misiles auto-guiados IR emplean la banda (de 3 a 5 μm) en la que los gases de exhaustación contribuyen de una forma significativa.

Estado del arte en los sistemas de refrigeración de gases

Si bien existen diversos sistemas para la refrigeración de los gases de exhaustación de motores de combustión interna en buques de superficie, la solución mayoritaria pasa por em-

plear aire ambiente para la refrigeración de los gases en base a dispositivos de carácter estructural instalados en el último tramo de los conductos de exhaustación. A estos sistemas se les conoce con el nombre de sistemas pasivos.

El principio de funcionamiento de los sistemas pasivos consiste en emplear aire ambiente para la refrigeración, tanto de las superficies visibles de los conductos de exhaustación como de los penachos de gases, consiguiendo rebajar la temperatura del penacho de los gases de exhaustación por debajo de 250 °C, a la vez que mantienen la temperatura de los conductos de

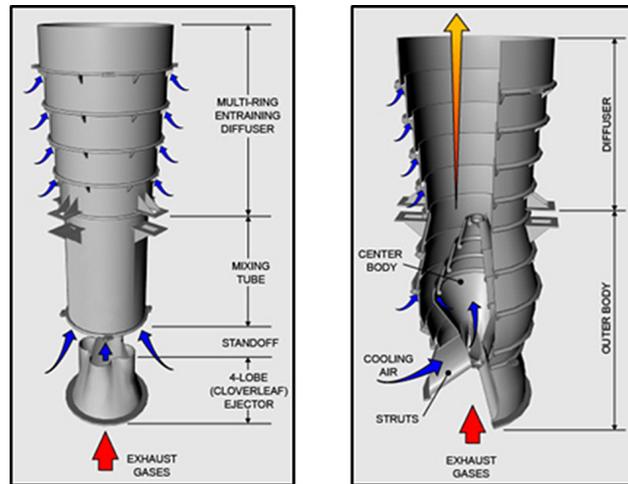


Fig. 1. Detalle sistemas "educador/difusor" y "dres-ball" (Fuente: Davis Engineering).

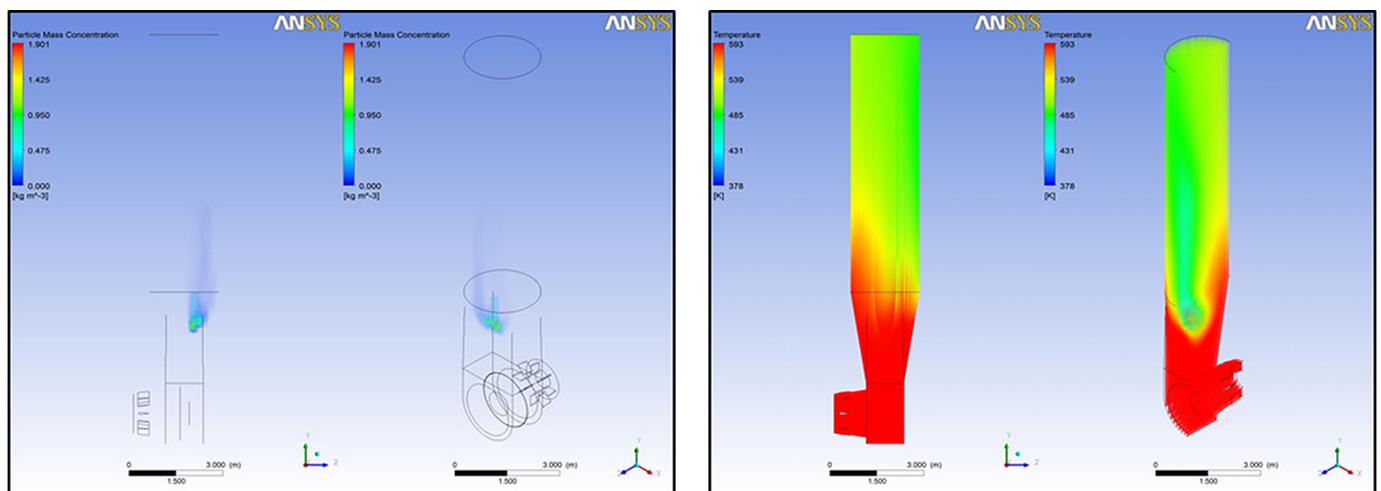


Fig. 2. Valores de concentración de fase discreta y valores de temperaturas del modelo DPM 3D de interacción entre fases ($T_{g0a} = 289 \text{ K}$, $\theta = 15^\circ$, $N = 12$ y $V = 77,5 \text{ m/s}$) con el punto de inyección situado en $Z = 0,9 \text{ (m)}$ para la condición de PALANCA 40. (Fuente: Elaboración propia).

exhaustación 25 °C por encima de la temperatura ambiente.

Futuro de los sistemas de refrigeración de gases

Diferentes fabricantes se encuentran probando prototipos de tipo híbrido, consistentes en añadir rociadores de agua de mar al sistema de enfriamiento tradicional o pasivo, consiguiendo, de esta forma, rebajar la temperatura del penacho de gases por debajo de 150 °C, manteniendo la temperatura de los conductos de exhaustación en torno a 25 °C por encima de la temperatura ambiente. El empleo de sistemas híbridos marca la dirección a seguir en el desarrollo de sistemas de supresión de firma IR a bordo de buques.

Agua nebulizada como agente extintor y refrigerante

El agua es conocida como agente extintor y refrigerante desde tiempos inmemoriales debido a sus elevados valores de calor específico y latente de vaporización. Además en forma nebulizada mejora aún más sus propiedades como agente extintor y refrigerante.

El funcionamiento básico de un equipo de generación de agua nebulizada consiste en bombear agua desde un tanque a un colector de alta presión, haciéndola pasar posteriormente por cabezas nebulizadoras diseñadas para transformar el agua en *espray* (fina niebla) que se difundirá por los espacios a proteger, proporcionando un eficiente enfriamiento del fuego y gases en el entorno. La alta velocidad que alcanzan las gotas compensa su pequeña masa a la hora de evaluar su cantidad de movimiento.

Desde un punto de vista operativo, este sistema se tendrá que incluir dentro del conjunto de contramedidas denominadas como «técnicas de engaño» (disparo de señuelos IR), coincidiendo su activación/desactivación con el disparo de estos últimos.

Para finalizar, y con ayuda del diagrama psicrométrico del aire a nivel del mar, se procederá a la evaluación

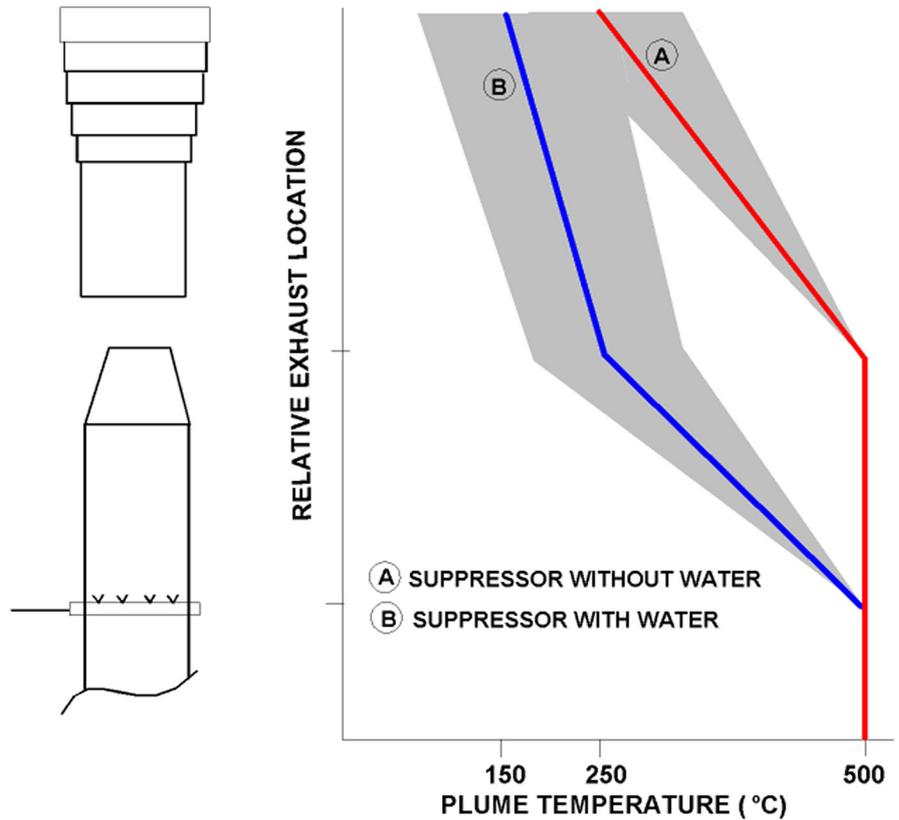


Fig. 3. Sistema híbrido de enfriamiento de gases de exhaustación. Fuente: (Davis Engineering Ltd. <http://www.davis-eng.com/index.html>).

de la posibilidad de precipitación de gotas de agua en el seno de los penachos, una vez estos hayan abandonado el buque (estudio del «punto de rocío»).

Modelo de fase discreta (DPM) para el estudio de enfriamiento de gases con agua nebulizada

La dinámica de fluidos computacional consiste en el análisis del movimiento de fluidos mediante simulaciones realizadas por ordenador, convirtiéndose en una herramienta de enorme utilidad a la hora de estudiar y evaluar diferentes situaciones prácticas en las que intervienen fluidos.

Los modelos de fase discreta (DPM en sus siglas en inglés) parten de considerar a la fase gaseosa como un medio continuo en el que se resuelven las ecuaciones de gobierno de la mecánica de fluidos, mientras que la fase discreta se resuelve mediante el seguimiento de un número elevado de gotas de pequeño tamaño a través del medio gaseoso, inter-

cambiando con éste, masa, momento y energía.

Aplicando modelos DPM a la geometría de conductos de exhaustación de turbinas de gas y estableciendo para ambas fases las correspondientes condiciones *iniciales* y de *contorno*, se puede comprobar la efectividad del empleo de agua nebulizada como agente refrigerante de gases de exhaustación, reduciendo la temperatura de los mismos a niveles similares a los alcanzados mediante el empleo de sistemas pasivos.

Adoptando soluciones híbridas mediante enfriador pasivo más agua nebulizada se comprueba, por superposición de fenómenos, que es posible alcanzar temperaturas por debajo de 150 °C en los penachos de gases, con la ventaja añadida de trabajar bajo condición de *evaporación total* de agua, lo que reducirá la susceptibilidad del buque debido al no incremento de la firma eco-radar por la aparición de gotas de agua en el seno de los gases de exhaustación una vez éstos abandonan el conducto de exhaustación.