

Tesis doctoral

Autor: Iván Olmeda Ramiro

Título: Assessment of detailed combustion and soot models for high-fidelity aero-engine simulations

Resumen

En los últimos años, el interés por el desarrollo de motores de aviación limpios y eficientes se ha incrementado debido al impacto perjudicial sobre la salud y el medio ambiente ocasionado por los sistemas de combustión convencionales. En este contexto, la comunidad científica ha ido centrando cada vez más sus esfuerzos en el estudio de la combustión turbulenta y la generación de emisiones contaminantes como las partículas de hollín. Con los recientes avances en lo que respecta a potencia de cálculo, las simulaciones de alta fidelidad emergen como una valiosa alternativa para reproducir y analizar estos fenómenos. En concreto, las simulaciones basadas en el modelado de la turbulencia LES son consideradas como una de las herramientas numéricas más prometedoras a la hora de profundizar en la comprensión sobre los complejos procesos dinámicos que caracterizan el flujo reactivo turbulento y predecir emisiones de hollín en aplicaciones aeronáuticas.

En el presente trabajo, se estudia y analiza la combustión turbulenta y producción de hollín en aplicaciones de turbina de gas mediante LES de alta fidelidad. El modelado de la combustión se aborda a través de un método flexible de química tabulada basado en el concepto *flamelet*, el cual es capaz de representar fenómenos químicos complejos con un coste computacional asequible. Además, se emplea una aproximación Euleriana-Lagrangiana para la descripción de la fase gaseosa y las gotas, de forma que se represente correctamente el flujo reactivo multifásico. Para la predicción de hollín en simulaciones computacionalmente eficientes, se emplea un novedoso enfoque de modelado basada en el método seccional y acoplada al modelo de combustión de química tabulada.

Esta estrategia de modelado numérica es utilizada en este trabajo para analizar el proceso de combustión y evaluar sus capacidades para predecir hollín y las características de la llama en quemadores de turbina de gas representativos. En primer lugar, se estudia la combustión de flujo bifásico en una llama atmosférica sin torbellinador con inyección líquida de combustible. Este quemador presenta una estructura doble del frente reactivo y las simulaciones numéricas son capaces de capturar adecuadamente los fenómenos de extinción local que tienen lugar en la zona interna de la llama debido a la in-

teración de las gotas y la turbulencia con el frente reactivo. Posteriormente, se investiga la combustión y producción de hollín en un quemador presurizado con torbellinador que incluye aire secundario de dilución en el interior de la cámara de combustión. La validación del flujo reactivo y hollín se lleva a cabo tanto en la configuración del quemador con aire secundario como sin el mismo, mostrando unas excelentes capacidades predictivas en ambos casos. La presente estrategia de modelado reproduce de forma precisa el complejo patrón de flujo, la estructura de la llama y la dinámica de generación de hollín, además de que es capaz de proporcionar diferentes distribuciones de tamaño de partícula dependiendo de las variaciones en los procesos de formación y oxidación del hollín.

En resumen, los diferentes casos prácticos estudiados permiten consolidar y validar la metodología computacional seguida en la presente tesis. La estrategia de modelado basada en química tabulada propuesta demuestra ser lo suficientemente válida y adecuada para reproducir los complejos fenómenos de la combustión y la formación de hollín, en vista de la consistencia del análisis, las precisas predicciones y la concordancia satisfactoria con las medidas experimentales.