

Resumen

La formación de hollín en los motores de inyección directa de gasolina se rige por complejas interacciones entre procesos físicos, que varían en función del modo de funcionamiento del motor. Con la aplicación de normativas cada vez más estrictas, junto con ensayos de homologación más rigurosos, el reto de cumplir los límites de emisión de partículas se ha vuelto excepcionalmente exigente. En consecuencia, los fabricantes han recurrido a métodos de post-tratamiento de partículas a la salida del motor, como los filtros de partículas de gasolina, aunque a costa del rendimiento del motor y del consumo de combustible. Además, existe una creciente preocupación por la calidad del aire ambiente debido a las emisiones de partículas de los vehículos, con estudios que indican potenciales riesgos cancerígenos para la salud humana.

Las herramientas de modelización ofrecen la ventaja de disminuir la necesidad de costosos ensayos de calibración experimental destinados a encontrar la estrategia óptima para mitigar las emisiones de partículas dentro de unos límites aceptables. En esta Tesis, se desarrolla un marco de modelización exhaustivo que aborda tres fuentes principales de formación de hollín: la mezcla inadecuada que da lugar a zonas ricas, las películas de combustible en las puntas de los inyectores y las películas de combustible en las paredes de la cámara de combustión debido al impacto del chorro. Al incorporar submodelos físicos para abordar estas vías de formación de hollín, se consigue una descripción completa de la distribución del tamaño de las partículas, teniendo en cuenta que las distintas fuentes contribuyen de forma diferente a las emisiones totales de partículas. El número, la masa y el tamaño de las partículas se determinan mediante la utilización de un mecanismo de reacción detallado para resolver las reacciones químicas que se producen en las regiones ricas definidas por el modelo multizona que se integra con un solucionador estocástico de partículas. El enfoque se complementó con simulaciones CFD tridimensional no reactivo para validar las formulaciones de los diversos submodelos asociados a las distintas vías. A continuación, se utilizaron ensayos experimentales realizados en un banco de pruebas de motores para evaluar las predicciones del modelo y también sirvieron como herramienta de validación para determinados submodelos en los casos en los que surgían ambigüedades en las simulaciones CFD. Además, se utilizaron ensayos ópticos realizados en un motor distinto del considerado en este estudio para obtener más información sobre los fenómenos en el cilindro que conducen a la formación de hollín.

La herramienta de modelización ha demostrado su capacidad para predecir con exactitud la distribución del tamaño de las partículas en distintas condiciones de funcionamiento, captando eficazmente los cambios en la configuración de los parámetros del motor y las condiciones termodinámicas. Se identificó que las principales fuentes que contribuían a las emisiones de partículas procedían de la disminución de la calidad de la mezcla, especialmente evidente en cargas más elevadas debido al enriquecimiento del combustible, y de la humectación de la punta del inyector, que se manifestaba en todas las condiciones.

Por consiguiente, el modelo de mezcla, basado en los parámetros de mezcla pertinentes, resultó eficaz para generar distribuciones de dosados, mientras que el modelo de evaporación de la película del inyector calculó la masa de la película de combustible en la punta de forma satisfactoria. Al integrar estos aspectos con un enfoque de postprocesamiento exhaustivo, que incorpora la eficiencia del recuento de partículas y consideraciones sobre el volumen de escape, se logró un alto grado de concordancia entre las predicciones numéricas y los datos de partículas medidos. Como resultado, la herramienta puede aprovecharse para simular las emisiones de partículas en condiciones transitorias de conducción, facilitando así el desarrollo de motores en el futuro próximo.