

## Resumen

A medida que aumenta la conciencia climática y se buscan reducir las emisiones globales, se están realizando esfuerzos para producir tecnologías que permitan desarrollar motores más limpios y amigables con el medio ambiente. Los sistemas GDI (inyección directa de gasolina) tienen el potencial de cumplir con los cada vez más estrictos estándares de emisiones y, al mismo tiempo, mejorar el consumo de combustible. La inyección de combustible es un proceso crítico que debe tenerse en cuenta para producir motores de combustión interna eficientes y limpios, especialmente cuando se emplean estrategias de inyección directa.

El espacio limitado dentro de la cámara de combustión hace que el impacto del chorro con la pared sea un fenómeno común en los motores de inyección directa de gasolina. Este fenómeno tiene un efecto significativo en el desarrollo del chorro y su interacción con el aire en la cámara. La interacción chorro-pared es un fenómeno interesante y difícil de comprender que ocurre durante el proceso de combustión. En condiciones de arranque en frío, las bajas presiones y temperaturas en la cámara facilitan la deposición del combustible en la superficie del pistón, lo que conduce a un aumento considerable en la formación de hollín y en los hidrocarburos sin quemar. Además, en los nuevos diseños de inyectores, que alcanzan presiones de inyección más altas y con desplazamientos del pistón en el cilindro cada vez más cortos, el fenómeno de choque pared ocurre con mayor frecuencia.

Aunque se están llevando a cabo múltiples esfuerzos para la comprensión del fenómeno de choque-pared, es complejo observar la interacción chorro-pared debido a su naturaleza transitoria y complejidad física. En este campo, las herramientas computacionales han sido de gran ayuda. Sin embargo, para desarrollar modelos más robustos, es necesario contar con datos experimentales.

Esta tesis busca proporcionar información sobre las características más relevantes de la interacción chorro-pared en sistemas de inyección directa de gasolina en condiciones de arranque en frío y otras condiciones evaporativas. Para ello, se utilizó una pared plana ubicada a diferentes distancias de impacto y ángulos con respecto a la punta del inyector. Se empleó un inyector solenoide fabricado por Continental y el inyector "Spray G", utilizando iso-octano como combustible inyectado. El estudio se llevó a cabo en diversas instalaciones experimentales cubriendo varias técnicas ópticas.

Para la caracterización externa del chorro, se utilizaron tres técnicas ópticas: visualización lateral mediante DBI y Schlieren y visualización frontal

mediante MIE-scattering. También se utilizó termografía infrarroja para estudiar la transferencia de calor entre el chorro y una lámina delgada.

El estudio de la interacción chorro-pared se llevó a cabo utilizando tres campañas experimentales. En la primera, se utilizó una pared de cuarzo transparente para analizar las características macroscópicas del chorro al impactar la pared, observándola lateral y frontalmente con el uso de tres cámaras de alta velocidad gracias a los accesos ópticos de la instalación experimental. En la segunda, se empleó una pared termorregulada de acero inoxidable para medir el efecto que tienen las condiciones de operación y ambientales sobre la transferencia de calor entre la pared y el chorro durante el evento de inyección de combustible. A esta pared se le añadieron distintos sensores para controlar su temperatura superficial inicial y para medir la variación de la temperatura en el tiempo utilizando termopares de alta velocidad.

Se realizaron ensayos en condiciones de chorro libre y se tomaron como punto de comparación para los experimentos de interacción entre chorro y pared.

Se hicieron medidas resueltas en el tiempo para la altura o espesor del chorro a dos distancias distintas respecto al punto de impacto con la pared para analizar tanto temporal como espacialmente esa métrica. Al mismo tiempo que se visualizó la fase de vapor del chorro utilizando Schlieren y la fase líquida mediante “Diffuse-Back Illumination”.

El desarrollo del chorro sobre la pared, el efecto de la distancia entre el inyector y la pared, así como el efecto del ángulo de inclinación de la pared fueron analizados. La semi-área de impacto fue calculada usando las imágenes frontales obtenidas con la técnica MIE-scattering. Por último, dos análisis de la transferencia de calor entre el chorro y la pared fueron llevados a cabo, el primero utilizando la señal de temperatura obtenida a través de los termopares de respuesta rápida acoplados a la pared de acero y el segundo análisis utilizando la termografía infrarroja para estudiar la transferencia de calor sobre una lámina calentada.

Se observó que la penetración del chorro libre y el desarrollo del chorro sobre la pared son influenciados por la presión de inyección y el ángulo de inclinación de la pared. El ancho del chorro medido después del impacto fue afectado principalmente por la distancia entre el inyector y la pared y por el ángulo de la pared pero más aún por la distancia respecto al punto de impacto sobre la cual fue medida. La semi área de impacto es susceptible a cambios en el ángulo de la pared y la distancia inyector-pared teniendo un papel fundamental en el arrastre de aire entre el chorro y el ambiente. No se encontraron

diferencias significativas entre las fases líquida y vapor tanto para la penetración de chorro libre como para el desarrollo del chorro sobre la pared a temperatura ambiente. Por el contrario, con la pared instrumentada, se obtuvieron diferencias entre la fase líquida y vapor, destacando la contribución de la evaporación de combustible causada por el incremento en la temperatura de la pared. Respecto a la pared instrumentada, tanto la temperatura del combustible como de la pared produjeron los picos más significativos en términos del flujo de calor superficial. Órdenes de magnitud similares respecto al flujo de calor superficial fueron encontrados entre las campañas experimentales de la pared instrumentada y la termografía infrarroja. La aparición del flash boiling en condiciones de menor contrapresión ambiental y mayor temperatura del combustible modificó la morfología del chorro en términos de anchura (ángulo del chorro), lo que tuvo repercusiones significativas en el parámetro  $R$  (que depende de la penetración del chorro) y en el número de gotas de líquido presentes en el chorro, afectando tanto a los perfiles de extinción de la luz como a los perfiles del flujo de calor superficial.