

Resumen

El proceso de atomización primaria es el mecanismo por el cual una vena líquida se disgrega en un ambiente gaseoso. Este proceso está presente en muchas aplicaciones de ingeniería realizando diferentes tareas. En ocasiones es un paso previo antes de ser quemado, como en la industria energética o de propulsión, donde el objetivo es extraer la energía específica del líquido. En otros sectores, como el revestimiento o la extinción de incendios, el objetivo es maximizar el área cubierta por el chorro. Sin embargo, aunque la atomización es una parte fundamental de varios procesos industriales, está lejos de comprenderse por completo. El proceso de atomización es una mezcla de fenómenos de interacción gas-líquido dentro de un campo turbulento que tiene lugar en el campo cercano, que es la región más densa del chorro.

Cuando se trata de arrojar luz sobre el proceso de atomización primaria, el problema principal es la falta de teorías físicas definitivas capaces de vincular los complejos eventos de ruptura con la turbulencia. El principal obstáculo que impide investigar el proceso de atomización primaria es la incapacidad de las técnicas ópticas clásicas para proporcionar información de la región densa del chorro. Solo en los últimos años, las nuevas técnicas basadas en rayos X podrían proporcionar nueva información sobre las características de la atomización cerca de la salida de la tobera. Esto también afecta a los modelos computacionales de atomización primaria que, al no disponer de información experimental sobre la región densa, requieren una calibración precisa de sus constantes para proporcionar resultados fiables en el campo lejano.

Esta tesis se centra en mejorar el conocimiento del proceso de atomización primaria, especialmente en cómo las condiciones de inyección afectan el desarrollo del chorro en el campo cercano desde dos puntos de vista diferentes. Por un lado, con un enfoque computacional usando Direct Numerical Simulations y, por otro lado, experimentalmente usando Near-Field Microscopy.

El estudio computacional se centra en variar los números de Reynolds y Weber de inyección. Los resultados muestran que aumentar el número de Reynolds mejora la desintegración del líquido, mostrando un aumento de las gotas generadas y una nube de gotas más fina. Sin embargo, la falta de un perfil turbulento de flujo de entrada completamente desarrollado conduce a comportamientos inesperados en la longitud de ruptura de la vena líquida que también aumenta con el número de Reynolds. El número de gotas también aumenta cuando aumenta el número de Weber, pero los tamaños característicos de las gotas siguen siendo los mismos. La longitud de ruptura no varía, lo que sugiere que las variaciones de la tensión superficial afectan la ruptura de las gotas y los ligamentos, pero no la desintegración del núcleo líquido en sí. Con los resultados obtenidos de ambos estudios, se propone un modelo fenomenológico que predice la distribución del tamaño de gota en función de las condiciones de inyección.

Además, también se ha estudiado el efecto de usar toberas elípticas. Se ha obtenido que el número de gotas detectadas aumenta en comparación con el chorro redondo manteniendo ángulos de apertura del chorro similares. Sin embargo, cuando se utilizan toberas extremadamente excéntricas, la disminución de la turbulencia del flujo de entrada contrarresta los beneficios de este tipo de inyectores.

En cuanto al análisis experimental, usar Near-Field Microscopy permite magnificar la región densa y analizar las características macroscópicas del chorro. Por lo tanto, se varían las presiones de inyección y descarga, centrándose en el ángulo de apertura del chorro. Se observa el aumento esperado en el ángulo al aumentar tanto la presión de inyección como la de descarga. Sin embargo, adicionalmente, se realiza un análisis de las perturbaciones del contorno del chorro, concluyendo que, al aumentar la presión de inyección, y por lo tanto la turbulencia del flujo de entrada, aumentan las perturbaciones en el contorno del rociado, especialmente a presiones de descarga más bajas.