

RESUMEN

La descarga de vapor en forma de chorro en piscinas con agua subenfriada es una forma muy eficiente de condensar vapor y es muy utilizada en diversas aplicaciones industriales, como la industria farmacéutica, metalúrgica, química, sistemas de propulsión sumergida y nuclear. Siendo especialmente esencial en los sistemas de seguridad de las centrales nucleares, concretamente en la piscina de supresión de presión de los Reactores de Agua en Ebullición (BWR) y en el tanque de almacenamiento de agua de reabastecimiento en la contención de los reactores avanzados de agua a presión. La eficiencia de esta técnica, denominada Condensación por Contacto Directo (DCC), radica en la rápida condensación del vapor proporcionando una alta capacidad de transferencia de calor e intercambio de masa. En las últimas décadas, se han llevado a cabo muchos experimentos sobre los chorros sumergidos de gases no condensables y vapor puro en piscinas, que han proporcionado mucha información de interés, aunque continúan los esfuerzos para adquirir información adicional.

Para estudiar en detalle el comportamiento de las descargas de chorros turbulentos se han llevado a cabo una serie de experimentos en una instalación que ha sido diseñada para representar diversos entornos de interés crítico para la seguridad en centrales nucleares. Su singularidad radica en la capacidad de poder reproducir fenomenologías similares a situaciones específicas que podrían surgir en una central nuclear, desde sistemas de despresurización hasta roturas con pérdida de refrigerante. La instalación posibilita el estudio con vapor, aire o una mezcla de ambos utilizando geometrías simples (boquilla) o complejas (*sparger*) en una piscina con agua en reposo. Además, es posible combinar estas situaciones con diferentes condiciones de caudal, presión o temperatura.

Se ha utilizado una cámara de alta velocidad (CCD) para capturar imágenes de la descarga del chorro en la piscina y así determinar la interfase entre el gas y el líquido, utilizando técnicas de visualización directa. Para llevar a cabo el procesamiento de dichas imágenes, se han aplicado una serie de complejos procedimientos de procesado, filtrado y post-procesado utilizando una subrutina implementada en MATLAB.

Tras la adquisición de las imágenes, se ha caracterizado el comportamiento del chorro de vapor y aire, el efecto de la fracción volumétrica de aire sobre la mezcla y el efecto de la variación del tamaño de la boquilla. Además, se ha medido la longitud del momento del chorro y se ha comprobado su estrecha relación con el diámetro de la boquilla, la velocidad del chorro y el porcentaje de la mezcla. Por otro lado, se ha caracterizado el comportamiento del chorro horizontal en la zona de transición. La transición indica el cambio de un chorro dominado exclusivamente por la fuerza de momento a un régimen en el que las fuerzas de flotación prevalecen. Esta prueba se ha realizado utilizando cinco boquillas intercambiables y para cada caudal de vapor se ha determinado el porcentaje de aire en el que ocurre la transición.

Los datos obtenidos a partir del procesamiento digital de las imágenes definen las características de los fluidos de trabajo utilizados y las condiciones de las cuales depende la descarga. Los números adimensionales, tales como el número de Reynolds o el de Froude, representan la relación entre las propiedades del fluido para las condiciones de temperatura, presión y para las condiciones de movimiento. Una herramienta útil para predecir el comportamiento del chorro son las correlaciones. En este trabajo se han desarrollado principalmente correlaciones para la longitud del momento y la de flotabilidad. Se han valorado las propiedades más determinantes y los efectos más influyentes del experimento para elegir los números que relacionen o representen estas condiciones. Finalmente, se han

considerado todas las combinaciones posibles entre los números adimensionales y se ha obtenido una correlación para cada combinación considerada. Los resultados de las correlaciones se han comparado con estudios similares de otros autores.

Otro de los principales objetivos de esta tesis es la modelación utilizando herramientas de códigos de Dinámica de Fluidos Computacionales (CFD), específicamente descargas de chorros de aire en agua subenfriada. Para esto se ha empleado el software ANSYS CFX. El comportamiento del flujo multifásico se ha simulado utilizando el modelo euleriano-euleriano no homogéneo; debido a que es más conveniente para estudiar fluidos interpenetrados. Los resultados CFD se han validado con datos experimentales y resultados teóricos. Las cifras de mérito de la longitud de penetración adimensional y la longitud de flotabilidad adimensional muestran una buena concordancia con las mediciones experimentales. Las correlaciones para estas variables se obtuvieron en función de números adimensionales para dar generalidad utilizando sólo condiciones iniciales de contorno. El modelo numérico CFD desarrollado tiene la capacidad de simular el comportamiento de gases no condensables descargados en agua.