

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1982

08.82.27

107

FENOMENOS CRITICOS EN LA REFRIGERACION QUE LIMITAN LA POTENCIA EN REACTORES DE TIPO PILETA

D.G. PARKANSKY *
A.C. VERTULLO *
A. GARCIA *
J.J. DELLEPIANE**

* Comisión Nacional de Energía Atómica
** Instituto Peruano de Energía Nuclear

Introducción:

La seguridad de los reactores de tipo piscina, refrigerados por agua a baja presión (presiones cercanas a la atmosférica), con elementos combustibles MTR de placas y canales rectangulares, depende en gran parte de los fenómenos críticos ligados a la ebullición, que pueden llevar en algunos casos al burn-out o fusión de las placas combustibles.

El presente análisis tiene por objeto la limitación de la potencia extraíble, debido a estos fenómenos, en operación normal.

Se consideran temperaturas del refrigerante a la entrada del núcleo entre 20 y 50 °C.

Se ha comprobado experimentalmente que el tipo de fenómeno crítico que se produce depende del rango de velocidad de circulación del refrigerante.

De acuerdo a las necesidades de refrigeración podemos distinguir 3 zonas, cuyos límites varían en función de ciertos parámetros termohidráulicos, tales como temperatura del refrigerante a la entrada del núcleo, longitud calefactora, etc...

1) Reactores de potencias inferiores a 1,5 Mw. con velocidades inferiores a 1 m/seg. o en convección natural. Como ejemplo podemos mencionar al reactor RA-6 de 500 Kw.

2) Reactores de potencias inferiores a algunas decenas de megavatios (entre 1,5 y 50 Mw.), con velocidades comprendidas entre 1 y 8 m/seg. Ejemplo de estos reactores son el RA-3 (7 Mw.) en Argentina, el RP-10 (10 Mw.) en Perú, el Siloé (35 Mw.) en Francia y la mayoría de los reactores de experimentación.

3) Reactores con potencias superiores a 50 Mw. y velocidades mayores de 8 m/seg. Por ejemplo los reactores de alto flujo.

Desarrollo:

Todos los fenómenos críticos surgen como consecuencia de la aparición de vapor en el seno del refrigerante.

- En el rango descripto en el punto 1, se puede producir una inestabilidad hidráulica periódica conocida como "ebullición pulsada" (chugging). La secuencia de eventos que caracterizan a la ebullición pulsada es la siguiente:

- a) Expulsión: brusca eliminación del fluido refrigerante. Por ambos extremos del canal salen chorros de vapor y líquido en sentidos opuestos.
- b) Reintroducción: reingreso del fluido subsaturado.
- c) Convección con ebullición: el líquido comienza a calentarse nuevamente hasta que ebulle y se produce una nueva expulsión.

El fenómeno se produce siempre con la misma frecuencia si los parámetros que intervienen se conservan fijos en el tiempo (flujo calórico, temperatura del refrigerante a la entrada, ancho de canal entre placas y presión).

Cuando el flujo calórico alcanza un cierto valor (2 a 4 veces mayor que el flujo de ebullición pulsada), se produce una elevación importante y permanente de la temperatura de pared y la fusión de los elementos combustibles (burn out).

- La zona 2 se caracteriza por el fenómeno de redistribución de caudal. Este tipo de inestabilidad hidráulica es de naturaleza divergente y lleva rápidamente al burn out. La redistribución de caudal se origina por el vapor producido una vez que se inicia la ebullición en el canal o en los canales calientes. Este vapor incrementa la resistencia al pasaje del refrigerante, situación que lleva a la disminución brusca del caudal circulante por el canal. Una vez alcanzado el régimen de ebullición franca, el porcentaje de vapor aumenta hasta obstruir totalmente el canal provocando la fusión de las placas combustibles de los canales comprometidos.
- En la zona 3, el fenómeno crítico es el DNB (Departure of nuclear boiling) o quemado primario.

Debido al alto flujo, se produce una ebullición intensa con formación de gran cantidad de burbujas cercanas a la pared que impiden el contacto del líquido con la misma, formándose un film de vapor térmicamente aislante. La temperatura de pared

aumenta entonces bruscamente debido a la poca inercia térmica de las placas.

. El flujo calorífico que provoca este fenómeno divergente se denomina flujo crítico, flujo de burn-out o de DNB.

A estos niveles de flujo la transmisión de calor, se realiza casi exclusivamente por radiación. La temperatura de pared es tan elevada que lleva a la fusión de las placas combustibles.

En la curva 1 se muestran los flujos críticos para los distintos rangos en función de la velocidad de circulación del refrigerante, como así también su dependencia con la TE (temperatura del refrigerante a la entrada del núcleo) y con el espesor del canal entre placas.

Se puede observar que a bajas velocidades, los flujos de ebullición pulsada varían en función de la velocidad de circulación, mientras que los flujos de burn-out se mantienen prácticamente independientes de la misma.

Conclusiones:

Cuando se habla de aparición de vapor en un canal, se hace referencia directa a la denominada "ebullición local". Dicho proceso se caracteriza por la aparición de burbujas de vapor en contacto con la pared cuando el fluido refrigerante se encuentra a temperaturas inferiores a las de saturación.

El flujo que produce una temperatura de pared tal que determina el comienzo de la ebullición local, es el que limita la potencia de diseño de este tipo de reactores.

Dicho flujo es siempre inferior al flujo causante de los fenómenos descritos anteriormente.

En reactores de potencia se trabaja con ebullición (doble fase), situación que presume un criterio conservativo en los reactores de investigación.

Por otro lado, cuando se trabaja en sistemas con presiones cercanas a la atmosférica, el agua está en saturación o casi saturada de aire. Esto provoca un fenómeno llamado "desgasificación", debido a que el refrigerante próximo a la pared adquiere la temperatura de saturación del aire en agua. Dicho proceso mejora notablemente las condiciones de transferencia de calor debido a las turbulencias originadas en la capa límite (a bajas velocidades el coeficiente de transferencia de calor puede incrementarse hasta 3 veces). Gráfico II.

Esta situación establece condiciones de diseño conservativo dado que el flujo de ebullición local es superior al estimado en el diseño, pues en el mismo se asumen condiciones de líquido puro (sin aire).

$\varphi (w/cm^2)$

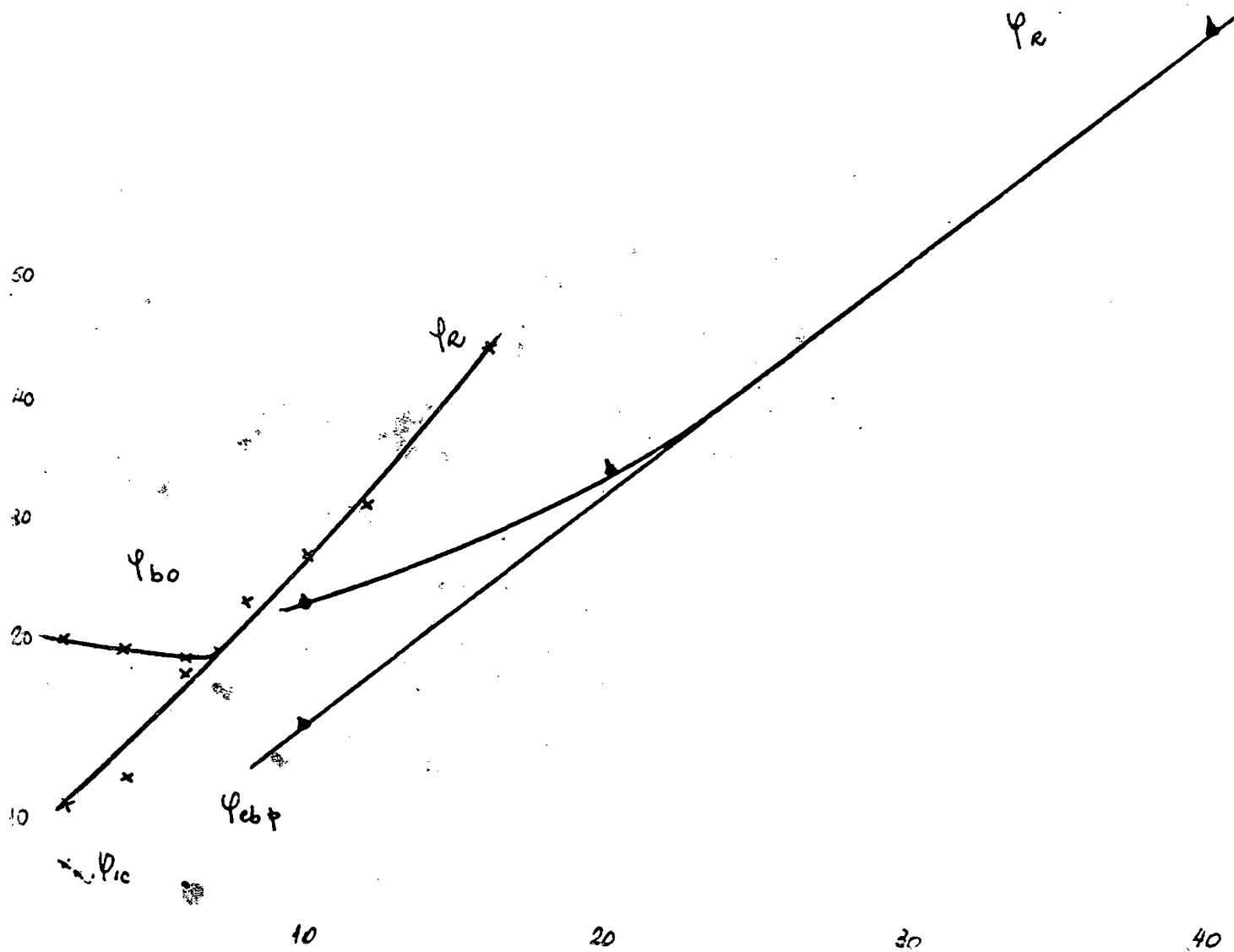


GRAFICO I

x $T_{entrada} = 20^\circ C$

▲ $T_{entrada} = 60^\circ C$

espesor de canal = 2,0 mm

$P_E = 1,75 kg/cm^2 abs$

φ_{ic} : Flujo de inversión de caudal

φ_{ebp} : Flujo de ebullición pulsada

φ_{bo} : Flujo de burn-cut

φ_{re} : Flujo de Redistribución

110

$v (cm/sec)$

