

“Mini Venturi’ beneficios demostrado en un experimento de criogenia”

de Jim Bollinger, Manager, Primary Flow Signal

Perfil de experimento comienza a flujo cero, sube rápidamente a flujo atascado y por último experimenta decaimiento exponencial

En el Laboratorio del Campo Magnético Alto Nacional en Tallahassee, Florida, investigación del laboratorio criogenia incluye el estudio de la transferencia de calor transitoria consecuente con una ruptura repentina de la chaqueta aislante del vacío de alrededor de un sistema criogénico.

Es el laboratorio de imán de potencia más alto en el mundo. Criogenia es esa rama de la física que trata con temperaturas muy bajas. El trabajo es un parte de un esfuerzo mayor en la industria criogénica para caracterizar el transporte de masa y calor que transpiran como inundaciones de gas del ambiente en un vacío roto y se condensa o se congela en las superficies criogénicamente refrescadas. La magnitud y la tasa de calor transferido podrían conducir a un daño significativo a los sistemas criogénicos o incluso los grandes accidentes industriales.

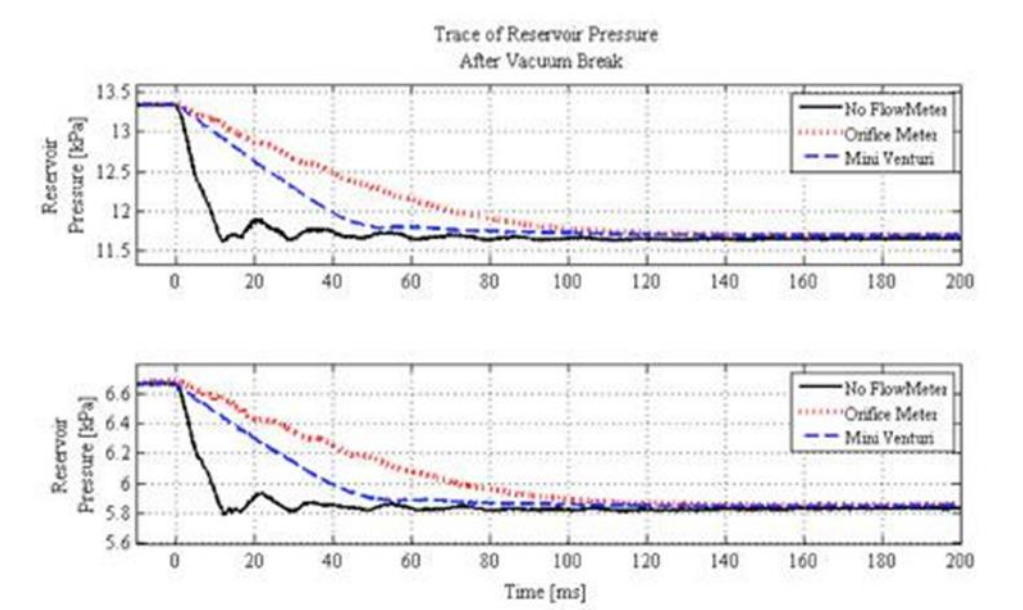
En la investigación académica, datos precisos y resultados repetibles son primordiales para conclusiones validas y significativos. Para este experimento, condiciones fueron simulados para permitir la medición de los dos factores más importantes: las tasas de flujo total de masa de gas y la transferencia de calor transitoria consiguiente. Algunos dispositivos criogénicos operan a temperaturas extremadamente bajas (<4.2K o -452 F) y están contenidas dentro de un recipiente rodeado de un chaqueta de vacío anular. Esta chaqueta de vacío proporciona aislamiento térmico crítico de temperaturas ambientales (293 K o 68F).

El experimento

Para simular un fracaso del vacío, un sistema de prueba fue construido utilizando una serie de dos volúmenes de control separados por una válvula de solenoide de acción rápida. Un tanque de depósito se utilizó para mantener gas de nitrógeno a temperatura ambiente a una presión precisamente controlable. El segundo volumen de control modeló el chaqueta aislante de vacío fue inicialmente fue evacuado a un muy alto nivel de vacío con una de sus paredes en contacto directo con el helio líquido a 1.8K.

Abrir la válvula de solenoide simula una ruptura catastrófica a chaqueta vacío de un sistema criogénico—una ruptura de vacío. Gas entonces fluye rápidamente desde el deposito en el volumen evacuado. Al entrar en contacto con la pared refrigerada criogénicamente, el gas se congelará inmediatamente sobre la superficie refrigerada, o “cryo-deposito”. El proceso de cyro-deposición entonces continúa extraer gas del depósito mientras simultáneamente transfiere el calor al refrigerante de helio líquido.

En iteraciones preliminares del experimento, un pequeño depósito fue usado donde una tasa de flujo de masa fácilmente fue deducido de una presión versus tiempo traza del depósito. Sin embargo, porque la presión en el depósito cayó, lo fracasó a simular una rotura vacío al medio ambiente, donde la presión se mantiene constante. El pequeño depósito era así substituido por uno mucho más grande, más de cerca, lo que refleja las condiciones del mundo real. Al hacerlo, sin embargo, la presión más pequeño cambio en el depósito ya no era suficiente para medir con precisión la tasa de flujo de masa. Un medidor de orificio fue colocado aguas abajo del embalse para medir directamente la tasa de flujo de masa del gas desde depósito hacia vacío roto.



(FIGURE 1)

En la Figura 1, el rastro negro sólido ilustra como rápidamente la presión en el depósito pequeño cayó como gas fluyó desde el depósito en el volumen evacuado roto. El medidor de flujo de orificio (el rastro rojo punteado) está demostrado que han cambiado la dinámica del flujo en niveles que no podrían estar tolerado para este experimento. En análisis, se encontró que la garganta de la placa de orificio limitaba la tasa de flujo de masa. La presión total y las variaciones de temperatura de la compresión de gas justo antes de que el orificio y expansión aguas abajo del orificio aumentaron el error de las tasas de flujo de masa calculadas.

Lo que se necesitaba

Lo que se necesitaba era un medidor de flujo con alta precisión, baja pérdida de energía y precisión incluso en una línea pequeño tamaño. Antes de encontrar el Mini Venturi, otros dispositivos fueron considerados. Sin embargo, el perfil de tasa de flujo del experimento comienza a flujo cero, rápidamente se sube al flujo atascado y por último experimenta decaimiento exponencial. Medros de flujo total termal son poco fiables cuando a partir de cero flujo y tubos piloto obstruyan flujo con línea pequeños tamaños. Uno de los mejores, si no el

mejor, dispositivos que adaptó a estos requisitos era un medidor de Venturi Mini diseñado y construido por Primary Flow Signal, Cranston, Rhode Island.

Después de ponerse en contacto con Primary Flow Signal y discutir la naturaleza de la investigación, la compañía donó el Mini Venturi. Lo substituyó el medidor de orificio e inmediatamente resultó menos molesto para el flujo, como se ilustra con el rastro azul punteado en Figura 1. La reducción de efectos adversos a la dinámica de flujo son debido al perfil de Mini Venturi, resulta en la pequeña pérdida de cabeza y la preservación de la habilidad de medir con precisión la presión diferencial entre la entrada y la garganta. Efectivamente, el coeficiente de descarga del Mini Venturi en este experimento era mucho más cerca al ideal que la plata de orificio podría alcanzar, particularmente en una configuración de laboratorio con la limitada tubería aguas arriba y aguas abajo.

El sistema de la prueba final consistió en la válvula del solenoide separando el depósito y el volumen evacuado, con una de las paredes del volumen evacuado en contacto con el refrigerante de helio líquido. Como el experimento requiere la presencia de helio líquido, la configuración incluyó el recipiente criogénico contenía el helio líquido y su respectivo chaqueta aislante vacío. Por último, una serie de termómetros fueron insertados en el sistema de medición de los cambios de temperatura en la pared de volumen evacuado y vecino helio líquido, de la cual se calcularon los flujos de calor. Para asegurarse de que los resultados hacían sentido físico, necesitaban ser balanceado con la cantidad de energía térmica por gas nitrógeno. Esto fue posible mediante la medición de cuánto gas (masa) se trasladó desde el depósito al volumen evacuado.

El Mini Venturi mide la tasa de flujo de masa, que luego se correlacionó directamente con cuánto calor había sido vertido en el sistema. En efecto, la tasa de flujo de masa es proporcional a la velocidad de transferencia de calor total. Ambas medidas de transporte de calor y de masa fueron comparados y encontró a igualarse, caracterizar el calor observado y transferencia de masa mientras garantizando los resultados permanecía uniformes.

Mientras los datos capturados de este experimento requerirá más investigación académica, la aplicación practica fue destinada a obtener una mejor comprensión del proceso de cryo-deposición y su efecto en el sistema criogénico durante fallas vacío para proteger a trabajadores y equipamiento comercial e instalaciones industriales.

Sobre el autor: Jim Bollinger es el director general de Primary Flow Signal Industrial Products Group, una fabricación global, ingeniería y recurso de la tecnológica centrándose en medidores de flujo diferencial altamente precisos, repetibles y fiables.