

Solución de cierre de las columnas de termopares en reactores Ascó 1 y 2 con Cetna® de Westinghouse

B. Sunjic, M. Reichenbach y E. Llibre

En plantas nucleares tipo PWR en operación ocasionalmente han aparecido pequeñas fugas en el cierre de las columnas de termopares (CET) que penetran la tapa de la vasija del reactor. Como respuesta, Westinghouse ha diseñado y desarrollado un tipo de cierre llamado CETNA, distinto al clásico que utiliza las juntas metálicas cónicas (Conoseal). En el presente artículo se describe el suministro realizado para la central nuclear de Ascó para prevenir posibles fugas en estos elementos.

Occasionally, small leaks have been discovered in operating PWRs in the Thermo Couple Columns Penetrations. In order to mitigate this issue, Westinghouse has designed and developed the CETNA element, which does not use cono-seals. This article shows the CETNA supply for Ascó NPP to prevent potential leaks in the penetrations.

INTRODUCCIÓN

En algunas plantas nucleares PWR en operación ocasionalmente han surgido problemas con el cierre de las columnas de termopares (CET) que penetran en la tapa de la vasija del reactor. Como respuesta, Westinghouse ha diseñado y desarrollado un tipo de cierre llamado CETNA®, *Core Exit Thermocouple Nozzle Assembly*, distinto al clásico que utiliza las juntas metálicas cónicas (Conoseal). Existe una variedad de versiones, pero la última es la Versión 3 (V3) que sirve también como un reemplazo para los diseños originales de cierre con juntas cónicas (Conoseal) en las penetraciones de la tapa de la vasija del reactor y CET.

Existen dos opciones básicas de configuración CETNA de Westinghouse:

- CETNA, versión V3 Estándar es una configuración embridada, como muestra la Figura 1. El conjunto consiste de una carcasa (*seal housing*) que sustituye la brida superior "macho" (*male flange*) que se instala sobre la penetración de la tapa con la brida inferior "hembra" (*female flange*) existente y una junta cónica de origen. El conjunto, incluyendo la abrazadera articulada principal, se instala mientras la tapa de la vasija está almacenada en su zona durante la recarga (*RV head stand*). No se requiere el cambio de la junta metálica cónica en siguientes recargas mientras no se detecte o reconozca una posible fuga del primario en esta unión. Sin embargo, la comprobación del par de apriete de la tuerca de la abrazadera principal es una acción del mantenimiento en recarga.
- La versión CETNA V3 con soldadura *canopy* (CSW CETNA) se muestra en la Figura 2. Esta configuración, *Canopy*

Seal Weld CETNA, elimina la abrazadera articulada principal y cierre vía junta cónica inferior. Se sustituye la brida hembra existente con una pieza nueva conocida como la carcasa HPA. En la tapa de la vasija existente esto implica el corte de la soldadura *Canopy* entre la penetración de la tapa y brida inferior "hembra" y su restitución una vez montada la carcasa HPA nueva. El corte y la soldadura *Canopy* son operaciones de una sola vez. En tapa de la vasija de nueva generación esta configuración es recomendable instalarlo durante su fabricación, pero en la tapa de la vasija existente, la operación del corte de la soldadura *Canopy* y su repetición de ejecutarla en la nueva unión con HPA, puede tener un impacto económico importante.

CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Tanto la versión embridada como la soldada utilizan el mismo principio básico de cierre en CET. La base del diseño del cierre es una serie de juntas Grafoil en forma de anillos que se comprimen contra las superficies en la columna de los termopares CET mediante una tuerca y el collar de compresión. De esta manera el cierre se establece en todas las direcciones simultáneamente. Adicionalmente, la compresión "positiva" de las juntas Grafoil aumenta con la subida de presión en el sistema de refrigerante del primario (RCS).

VENTAJAS DEL DISEÑO CETNA

A continuación se presentan las ventajas que presenta el diseño CETNA:



BERO SUNJIC

es ingeniero industrial, licenciado en Termodinámica por la Universidad de Zagreb. Ha desarrollado su actividad profesional en Westinghouse, desde el año 1978, con varios cargos en construcción, puesta en marcha y servicios de mantenimiento de centrales nucleares. En presente es responsable de gestión de proyectos como Senior Project Manager en Westinghouse España.



MIRO REICHENBACH

es ingeniero naval, licenciado de la Facultad de Ingeniería Mecánica de Zagreb, Croacia. Empieza en Westinghouse en 1977, con varias responsabilidades de la instalación, puesta en marcha y operación de las centrales nucleares de Krsko y de Vandellós II. Actualmente trabaja en la Ingeniería de Westinghouse de apoyo a plantas de ANAV como responsable de equipos mecánicos de NSSS y Proyectos Especiales.



EDUARD LLIBRE

es diplomado en Maquinas Navales por la Universidad Politécnica de Cataluña. Empieza en 2003 Westinghouse como ingeniero de campo en mantenimiento de RCP. Desde finales 2011 ejerce de director de Operaciones para España.

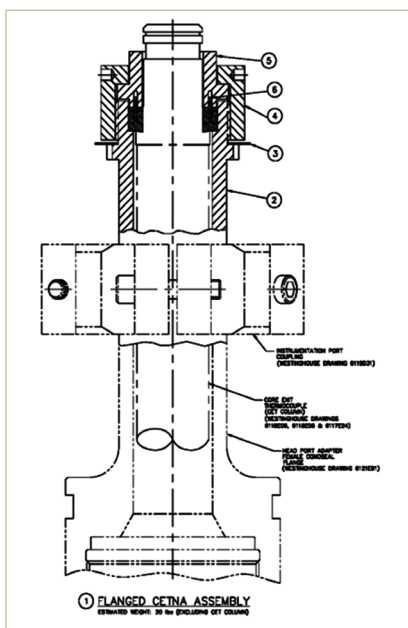


Figura 1. CETNA - configuración embreada.

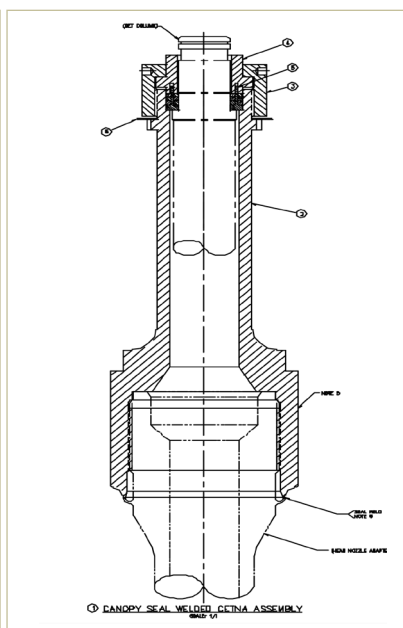


Figura 2. CETNA -configuración CSW.

- 1) El diseño CETNA reduce de manera significativa el tiempo de su montaje comparando con un cierre vía *Conoseal*. Según la experiencia en plantas nucleares es recomendable que dos operarios sean asignados para las actividades con CETNA.
- 2) El diseño CETNA reduce significativamente la dosis recibida por los operarios en la operación de montaje. La reducción del tiempo de montaje resulta en una reducción proporcional de la exposición radiológica. La taza de dosis en la cercanía de la unión de cierre de CET, mayoritariamente por la influencia de los CRDM, puede alcanzar un valor importante, y cualquiera reducción de la dosis recibida por los operarios representa un buen concepto Alara.
- 3) El diseño CETNA simplifica la instalación. En ambas variantes (embreada o con soldadura de *Canopy*), la carcasa se monta inicialmente una sola vez estando la tapa de la vasija en la zona de almacenamiento en recarga (*RV head stand*).
- 4) El diseño CETNA ha demostrado ser el más fiable y libre de fugas de cualquier diseño anterior. El CETNA utiliza las juntas de Grafoil especial en lugar de las juntas metálicas cónicas utilizadas en el diseño tipo *Conoseal*. Para conseguir un cierre adecuado, las juntas metálicas cónicas requieren un estado de superficie de cierre casi perfecto libre de ralladuras, erosiones, golpes y/o otras imperfecciones. El Grafoil que se usa en el diseño CETNA tiende a "acomodarse" y fluye tapando, si existen, las imperfecciones superficiales en la zona de cierre proporcionando un sellado libre de fugas.

EXPERIENCIA EN PLANTAS NUCLEARES

Las experiencias en plantas nucleares equipadas con CETNA incluyendo todas las pruebas realizadas han demostrado que la CETNA versión V3 puede sellar y permanecer sin fugas del primario (RCS) en las columnas de termopares (CET) que contienen los defectos como se describe a continuación:

Ralladuras en la superficie de cierre

El diseño CETNA puede soportar ralladuras en la superficie de cierre de la columna CET de hasta 0,10 mm de profundidad.

Desviaciones de verticalidad

El conjunto de portador de sello "flotante" que se utiliza en la CETNA versión V3 así como la selección del material de cierre permite sellar una columna desviada de la verticalidad con un ángulo hasta 1,25 grados. Los últimos ensayos en laboratorio han demostrado que este ángulo podría tener y un valor hasta 1,5 grados.

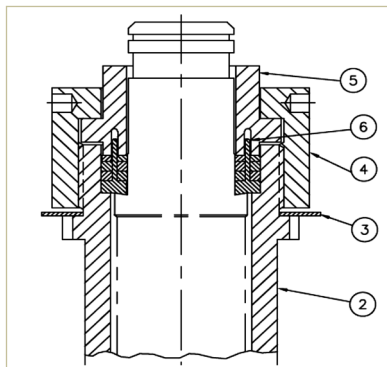


Figura 3. (2) carcasa, (3) arandela de seguro (4) tuerca principal, (5) collar de compresión y (6) portador de sellos

Superficie de cierre de tamaño inferior

El diámetro mínimo por diseño de la superficie de cierre en la columna de termopares CET es 2,091 pulgadas (53,11 mm). Sin embargo el diseño CETNA estándar es capaz de sellar en un diámetro de 2,086 pulgadas (52,98 mm), lo que indica la posibilidad de la reparación del estado de zona de cierre sin negativas influencias al sistema de cierre.

Las columnas que exhiben defectos fuera de las condiciones descritas arriba se consideran fuera de lo normal para la CETNA versión V3 y puede requerir pruebas y/o análisis adicionales para justificar la instalación y el buen funcionamiento. Además, las condiciones fuera de lo normal también pueden requerir el uso de partes CETNA no estándar y que serán específicos de la planta (por ejemplo, la carcasa mecanizada para compensar la desviación vertical de la CET).

Por lo tanto, de la experiencia acumulada se puede concluir que CETNA es un producto maduro y probado en más de 50 plantas nucleares y con unos 24 años en servicio continuo. Estos años de exitosa operación, confirman la fiabilidad y el rendimiento del producto. La vida del diseño y uso de CETNA se adapta completamente a la vida útil de la planta.

MONTAJE

Después de la instalación inicial permanente de la carcasa para "CETNA con configuración CSW" o para la configuración "CETNA embreada", el montaje de los elementos restantes del CETNA requiere menor tiempo en comparación con el diseño anterior del cierre. Una vez la tapa de la vasija está tensionada en la vasija del reactor, el montaje del sello es relativamente simple y es idéntico para ambas configuraciones:

- El portador de sello con juntas Grafoil se introduce sobre la columna de termopares CET y se instala en el encaje de la carcasa. El collar de compresión se monta en la parte superior del portador de sello de Grafoil. La arandela de seguridad con las cuatro pestañas principales dobladas previamente se coloca sobre la carcasa coincidiéndolas con las ranuras para este fin.
- La tuerca principal de compresión se enrosca a mano sobre la carcasa apretando el conjunto de portador de sello. La tuerca está fabricada de una aleación de acero inoxidable dura y exenta al agarrotamiento. En caso contrario, la rosca de la carcasa está cubierta con una película de cromo anti-fricción para eliminar cualquier preocupación con los repetitivos montajes y desmontajes. Para comprimir y "asentar y que fluyen" las juntas de Grafoil se utiliza una herramienta gato hidráulica. Con esta herramienta montada y aplicando la presión según el procedimiento, la tuerca se enrosca

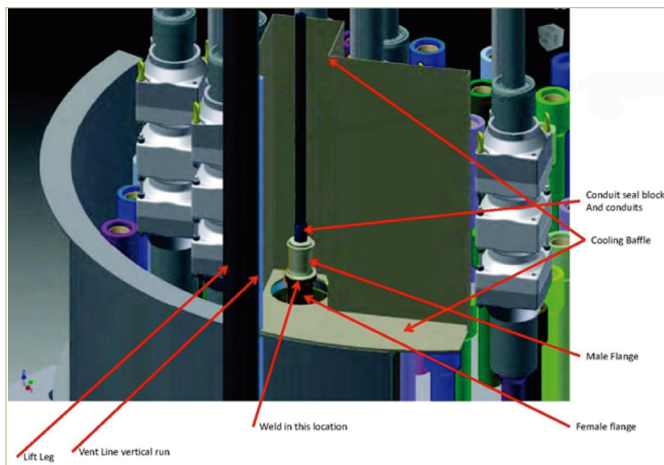


Figura 4. Simulación del entorno de la intervención en los cierres CET.

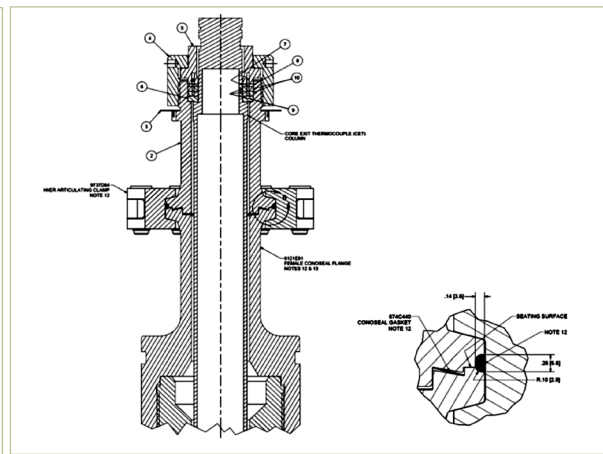


Figura 5: Configuración final - conjunto de cierre CETNA con la soldadura de sellado.

a mano hacia el fondo para mantener la compresión de las juntas. Al final, tres pestañas exteriores de la arandela de seguro se doblan contra las tres caras de la tuerca para evitar contra rotación y distensión de las juntas del Grafoil.

- En el proceso de desmontaje con la tapa de la vasija del reactor todavía tensionada en la vasija al obtener el permiso de actuar, se desmontan la tuerca principal usando el gato hidráulico, se retira el collar de presión y el conjunto de portador de sello de Grafoil. Son las actividades en sentido inverso del montaje descrito anteriormente. El set de las he-

rramientas de CETNA contiene una herramienta simple para extraer el conjunto portador de sellos y juntas Grafoil. Es una operación relativamente fácil y rápida.

- El mantenimiento normal del CETNA en la parada de recarga consiste en reemplazar el conjunto portador de sello con juntas Grafoil, la arandela de seguridad y la inspección y limpieza de la superficie de cierre. El mantenimiento es necesario sólo cuando se rompe la barrera de presión, es decir, cuando se desmonta el CETNA en el proce-

so de la apertura de la tapa de la vasija de reactor.

IMPLEMENTACIÓN CETNA V3 EN CN ASCÓ

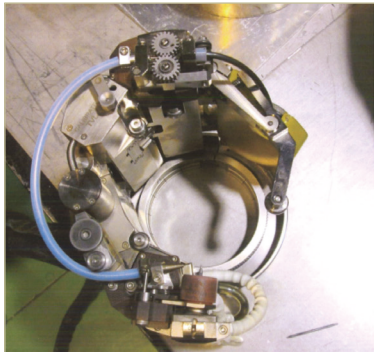
Westinghouse ha estudiado las 2 variantes de CETNA, mencionados anteriormente, como soluciones definitivas para las plantas de Ascó. De acuerdo con los requisitos de ANAV para la columna CET desviada de la verticalidad, Westinghouse propuso la instalación de la CETNA V3 embridada (variante 1) añadiendo una soldadura de sellado entre la brida principal "hembra" y brida de la carcasa nueva - brida "macho" (Figura 4 y 5), lo que normalmente no forma parte del diseño estándar.

La particularidad de esta solución consiste en preservar la abrazadera articulada inferior como el elemento estructural, unir las bridas con la junta metálica cónica de origen, y hacer la soldadura de sellado como garantía que el montaje del cierre inferior sea de por vida útil de la planta. La junta metálica cónica no ejerce su función sino es un espaciador para que la abrazadera inferior mantenga su función de diseño.

Por los motivos y ventajas mencionadas anteriormente se ha decidido implementar el mismo cambio de diseño (Figura 5) en todas las penetraciones de columnas termopares CET en ambas unidades de Ascó.

El proyecto de la implementación de la modificación en planta ha requerido la fabricación de un modelo real del escudo de ventilación de la tapa (ventilation shroud), preparar varios modelos de las bridas para soldar con el propósito de optimizar el proceso de soldadura de sellado, cualificar los procedimientos y cualificar los soldadores que actuaran en la planta. El reto específico ha sido diseñar todas las herramientas para un espacio muy reducido sin que se desmonte alguna parte del escudo de ventilación, los DRPI y los CRDM.

Tanto los trabajos preparatorios como la instalación serán presentados en un ponencia separada en la Reunión Anual de la SNE en Valencia, 2014. ■



Fotos 1 y 2. Cabecial de la soldadura automática suelto y montado sobre el adaptador. (Se puede apreciar la soldadura de sellado).



Fotos 3 y 4. La carcasa (housing) soldada en situ (Ascó 1).