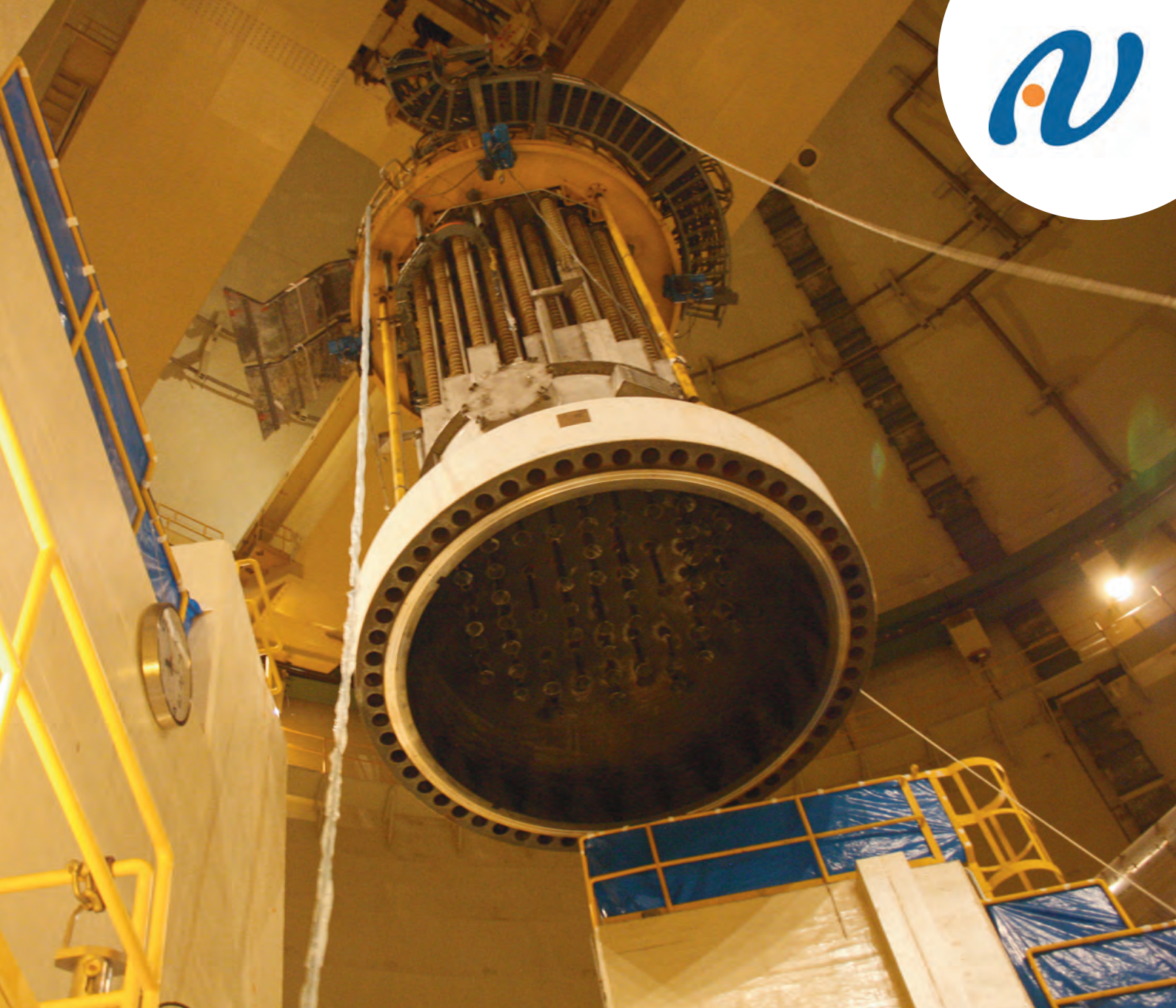




TAPAS DE LA VASIJA REACTOR VESSEL HEAD



BELÉN GARCÍA GARCÍA

Responsable del Departamento de Materiales perteneciente a la Dirección de Servicios Técnicos de ANAV.
Ingeniera Industrial por la Universidad Politécnica de Catalunya. Especialidad Técnicas Energéticas.
Ingeniera Europea de Soldadura por la Universidad Ramon Llull (Institut Químic de Sarrià).

BELÉN GARCÍA GARCÍA

*Material Engineering Department Manager of the ANAV Technical Services Directorate.
MSc Power Engineer by the Universidad Politécnica de Catalunya.
EU Welding Engineer by the Universidad Ramon Llull (Institut Químic de Sarrià).*

INCONEL 600: EXPERIENCIA OPERATIVA INTERNACIONAL

Las áreas de la barrera de presión con Inconel 600 (denominación comercial para el material base) e Inconel 82/182 (denominación comercial para el material de aportación en las soldaduras) han presentado agrietamiento por PWSCC (*Primary Water Stress Corrosion Cracking*) desde mediados de los años 80.

Los primeros defectos por PWSCC en el Inconel 600 se detectaron en tubos de los generadores de vapor de rama caliente en 1971 tras dos años de servicio, en la rama caliente se detectaron en 1986, tras 18 años de servicio. Posteriormente y de manera gradual, se han detectado defectos y/o fugas atribuidas a PWSCC en las toberas de instrumentación y calentadores del presionador, en el resto de áreas de Inconel 600/82/182 de los generadores de vapor, en las toberas de salida del reactor, toberas del presionador y en las penetraciones del fondo de la vasija.

SUSTITUCIÓN DE LAS TAPAS DE LA VASIJAS DEL REACTOR EN CN ASCÓ

Las tapas de la vasija originales de CN Ascó 1 y 2, diseño Westinghouse tienen entre sus materiales Inconel 600 y sus metales de soldadura asociados Inconel 82/182. De acuerdo con la Orden de la NRC EA-03-009, por temperatura y EDY (años de degradación efectivos), CN Ascó se categorizaba como central de alta susceptibilidad.

Teniendo en cuenta la experiencia operativa internacional y la clasificación según la orden de la NRC, ANAV decidió de manera preventiva la sustitución de las tapas de la vasija de CN Ascó 1 y 2.

La tapa de la vasija de Ascó 1 se sustituyó en la 16ª parada para recarga en marzo de 2003 por una tapa procedente de la central nuclear Lemóniz 1 que nunca estuvo en operación (penetraciones de Inconel 600 y soldaduras de Inconel 82/182). Los CRDM procedían de CN Almaraz 1. En la misma recarga se modificaron los internos para aumentar el caudal de bypass y reducir en 25°C la temperatura en la tapa de la vasija, con lo que la temperatura actual es de 290.2°C.

Los actuales materiales de la tapa de la vasija de Ascó 1 son susceptibles al PWSCC, sin embargo debido a la modificación por la que se redujo la temperatura y por los años en operación, la categorización actual es de baja susceptibilidad.

La tapa de la vasija de Ascó 2 se sustituyó en la 15ª parada para recarga en marzo de 2004 por una tapa de nueva fabricación y nuevo diseño (sin la soldadura brida-casquete y materiales de las penetraciones de Inconel 690 y soldaduras de Inconel 52/152). Los CRDM procedían de Ascó 1. En la misma recarga se modificaron los internos para aumentar el caudal de bypass y reducir así la temperatura en la tapa de la vasija, con lo que la temperatura actual es de 290.2°C.

PRESIONADOR

Debido a la combinación de alta susceptibilidad al agrietamiento de las soldaduras de unión entre las toberas del presionador y los *safe-end* y la dificultad de su inspección, ANAV determinó que la aplicación de un *"weld overlay"* estructural sobre las mismas de forma preventiva, era la acción más adecuada para garantizar la integridad de la barrera de presión del refrigerante del reactor y mejorar su inspeccionabilidad.

Se considera además que la susceptibilidad de las soldaduras, una vez completado el proceso de mitigación, quedará eliminada. El volumen de interés de la soldadura para la inspección en servicio pasa a situarse en el exterior de la



Figura 1. /Figure 1.

INCONEL 600: INTERNATIONAL OPERATING EXPERIENCE

Pressure boundary areas with Inconel 600 (registered trademark for the base material) and Inconel 82/182 (for the welding filler material) have presented primary water stress corrosion cracking (PWSCC) since the mid-1980s.

Flaws caused by PWSCC in Inconel 600 were first detected in tubes of the steam generators (hot leg) in 1971 after two years of service; on the cold leg, flaws were detected in 1986 after 18 years of service. Over time, PWSCC-related flaws and/or leaks have been detected in the instrument nozzles and pressurizer heater sleeves, in the other Inconel 600/82/182 areas of the steam generators, in the reactor outlet nozzles, pressurizer nozzles and in the penetrations at the bottom penetration nozzles of the vessel.

REACTOR VESSEL HEAD REPLACEMENT AT ASCÓ 1 AND 2 NPP

The original Westinghouse vessel heads at Ascó 1 and 2 NPP include Inconel 600 among their materials and associated Inconel 82/182 welding metals. In accordance with NRC Order EA-03-009, the Ascó 1 NPP was classified as a highly susceptible plant because of temperature and effective degradation years (EDY).

Based on the international operating experience and the class under the NRC order, ANAV decided to replace the Ascó 1 and 2 NPP vessel heads as a preventive measure.

The Ascó 1 NPP vessel head was replaced during the 16th refueling outage in March 2003 with a head from Lemóniz 1 NPP, a plant that was commissioned before commercial operation (Inconel 600 penetrations and Inconel 82/182 welds). The CRDMs came from Almaraz 1 NPP. During the same refueling outage, the internals were modified to increase the bypass flow and lower the vessel head temperature by 25°C, bringing the current temperature to 290.2°C.

The current materials of the Ascó 1 NPP vessel head are susceptible to PWSCC; however, because of the modification to lower the temperature and



Figura 2. /Figure 2.

soldadura y comprende el 100% del volumen del “weld overlay” más el 25% exterior de la tubería original. La nueva configuración de la soldadura minimiza las discontinuidades geométricas entre piezas de diferentes diámetros y espesores e implica, además, un material con propiedades acústicas uniformes.

“WELD OVERLAY” COMO TÉCNICA DE MITIGACIÓN/REPARACIÓN

La ejecución del un “weld overlay” estructural se aplicó por primera vez en tuberías de acero inoxidable de centrales tipo BWR para abordar la problemática del IGS-CC (*Inter Granular Stress Corrosion Cracking*) en las zonas afectadas por el calor de las soldaduras, como alternativa a la sustitución de tuberías. Se han reparado cientos de tuberías por “weld overlay” y no ha habido notificación de crecimiento de grietas tras dichas reparaciones (en algunos casos para restablecer la integridad estructural en soldaduras con grietas pasantes y fuga).

Tras las recientes experiencias operativas, la gran mayoría de las centrales nucleares de Estados Unidos con materiales y diseño similar a los de CN Ascó, han optado por la aplicación de “weld overlay” estructural en las toberas del presionador como solución definitiva frente al PWSCC en las soldaduras disimilares de unión entre tobera y *safe-end*.

MATERIAL ALTAMENTE RESISTENTE AL PWSCC

El material de aportación para la realización del “weld overlay” es Inconel 52M que ha demostrado su alta resistencia frente al PWSCC. Aún en el caso de que una grieta progresara por el material susceptible se ha demostrado que quedaría detenida en la interfase con el material no susceptible. De todos modos, los requisitos de inspección posteriores a la realización del “weld overlay”, permiten asegurar la ausencia de grietas en el 25% del espesor exterior de la tubería original para disponer de suficiente margen de tiempo en el caso po-



Figura 3. /Figure 3: Detalle cordones en tobera spray / Detail spray nozzle cords.



Figura 4. /Figure 4: Aspecto final tobera P17 P18 ó P19 /Final appearance or P19 P18 P17 nozzle

because of the number of years in operation, the current susceptibility class is low.

The Ascó 2 NPP vessel head was replaced during the 15th refueling outage in March 2004 with a newly designed and newly manufactured head (with Inconel 690 and penetration and Inconel 52/152 materials). The CRDMs came from Ascó 1 NPP. During the same refueling outage, the internals were modified to increase bypass flow and thereby lower the vessel head temperature, which is currently 290.2°C.

PRESSURIZER

Because the pressurizer nozzles and the safe-ends are highly susceptible to joint weld cracking and hard to inspect, ANAV decided that the preventive application of a structural weld overlay over these welds was the most appropriate action to ensure the integrity of the reactor coolant pressure barrier and make it easier to inspect.

Furthermore, it was also considered that weld susceptibility would be eliminated once the mitigation process was completed. The bulk of interest in welds for the in-service inspection is outside the welds and comprises 100% of the weld overlay volume plus the outer 25% of the original pipe. The new welding configuration minimizes geometric discontinuities between parts of differing diameters and thicknesses and involves a material with uniform acoustic properties.

WELD OVERLAY AS A MITIGATION/REPAIR TECHNIQUE

Structural weld overlay was first used in stainless steel pipes –as an alternative to pipe replacement– at BWR power stations to address the problem of IGSCC (intergranular stress corrosion cracking) in areas affected by the heat of the welds. Hundreds of pipes have been repaired by weld overlay, and no crack enlargement has been reported after these repairs (in some cases to re-establish structural integrity in welds with through-cracks and leaks).

After the recent operating experience, most NPPs in the US with materials and design similar to those at the Ascó 1 NPP have chosen to use structural weld overlay in the pressurizer nozzles as a definitive solution for PWSCC in dissimilar joint welds between nozzles and safe-ends.

MATERIAL HIGHLY RESISTANT TO PWSCC

The welding material used for weld overlay is Inconel 52M which has shown high resistance against PWSCC. Even in the case of a crack that progresses through susceptible material, it has been shown that the crack would be detained at the interface with the non-susceptible material. In any case, inspection requirements after completion of the weld overlay can ensure the absence of cracks in the outer 25% of the original pipe thickness in order to provide a sufficient margin of time in the unlikely event that a crack should spread through the thickness of the highly PWSCC-resistant material of the weld overlay.

TYPES OF WELD OVERLAYS AND THE SOLUTION ADOPTED BY ASCÓ 1 NPP

According to the Code Case N-504-2, there are three design alternatives for weld overlays: “full

co probable de que una grieta se propagara por el espesor del material del "weld overlay" altamente resistente al PWSCC.

TIPOS DE WELD OVERLAY Y SOLUCIÓN ADOPTADA EN CN ASCÓ

De acuerdo con el Code Case N-504-2 existen tres posibilidades para diseñar un "weld overlay": "full structural", "designed" y "leakage barrier". En el primer caso, para determinar el espesor y la longitud del "weld overlay" se aplican los criterios de tamaño de grieta admisible de ASME XI, IWB-3640 y el apéndice C, suponiendo una grieta del 100% pasante en toda la circunferencia de la soldadura original.

En el caso de los "designed", la grieta que se asume es la detectada por inspección pero para el espesor se supone el total de la tubería. La aplicación está limitada a los casos en que no se encuentren más de cinco grietas axiales, cada una de una longitud inferior a 1.5 pulgadas y circunferenciales cortas cuya longitud combinada no sea superior al 10% de la circunferencia de la tubería.

La tercera categoría aplica en el caso de detectar un número máximo de cuatro grietas axiales (cada una de ellas de longitud inferior a 1.5 pulgadas) y ninguna circunferencial, en este caso el diseño del "weld overlay" no tiene consideraciones estructurales y sólo actuaría como un impedimento físico a la fuga. En la experiencia previa en reactores del tipo BWR esta opción se consideró siempre temporal.

En CN Ascó se optó por el diseño "full structural" que es el más conservador.

EJECUCIÓN DEL "WELD OVERLAY"

La deposición del material de soldadura se aplica mediante GTAW automatizado, controlado remotamente y empleando la técnica "temper bead". El metal de aportación fue la aleación 52M (clasificación AWS ERNiCrFe-7A). La primera capa de soldadura sobre el material original es parte de un acero inoxidable austenítico (309L) sobre el safe-end, la soldadura de inoxidable y la tubería y parte de la aleación 52M sobre la soldadura bimetalica, el buttering y la tobera.

La aplicación de la técnica "temper bead" se realiza de acuerdo con el Code Case N-638-1 con modificaciones.

structural", "designed" and "leakage barrier". In the first case, the thickness and length of the weld overlay is determined by using the ASME XI, IWB-3640 and Appendix C criteria, assuming a 100% through-crack over the entire circumference of the original weld.

In the second case, the assumed crack is detected by inspection but the thickness is assumed to be the total pipe. This type is used only in cases with no more than five axial cracks (each less than 1.5 inches in length) and short circumferential cracks with a combined length not above 10% of the pipe circumference.

The third type is applied when at least four axial cracks (each less than 1.5 inches in length) and no circumferential cracks are detected. In this case the weld overlay design has no structural considerations and would only act to physically impede the leak. Prior experience with BWR type reactors shows that this option was always considered temporary.

Ascó 1 NPP opted for the full structural design, which is the most conservative.

EXECUTION OF THE WELD OVERLAY

The welding material is applied by remote-controlled automated GTAW using the temperbead welding technique. The metal filler was alloy 52M (AWS class ER NiCrFe-7A). The first layer of welding over the original material is part of an austenitic stainless steel (309L) on the safe-end, the stainless steel and the pipe weld and the 52M alloy part on the bimetallic weld, buttering and the nozzle.

The temperbead technique is based on Code Case N-638-1 with modifications.

ESTAR HOY A VUESTRO LADO ES UN VERDADERO REGALO PARA NOSOTROS.

Gracias. Y felicidades por vuestro 25 aniversario.

