

LA FABRICACIÓN DE DEFECTOS EN "ENSA"

P. VERÓN

El trabajo seguro, fiable y económico de las vasijas a presión de alta responsabilidad conlleva el empleo de inspecciones en servicio adecuadas.

Ello exige la homologación de los Ensayos No Destructivos (en adelante END) con cupones con el mismo daño que puede esperarse en el componente real.

En ocasiones estos cupones u otros parecidos son necesarios para otros cometidos como determinar el margen de seguridad remanente en un componente con determinado daño, la bondad de un determinado remedio, etc.

En este trabajo presentamos las experiencias de EQUIPOS NUCLEARES, S. A. (en adelante ENSA) dentro de este campo.

Safety, reliability and economy of nuclear pressure vessels requires the performance of an adequate In Service Inspection.

For that purpose it becomes necessary the qualification of the corresponding Non Destructive Examinations against mock-ups having the same kind of damage which is to be expected in the actual component.

Sometimes, similar coupons are needed to determine the safety margin of a damaged component or the adequacy of a remedy.

In this paper we present the experiences of EQUIPOS NUCLEARES, S.A. in the fabrications of these mock-ups.

INTRODUCCIÓN

La maqueta reproduce a la parte del componente real considerada dentro de lo razonable. El metal usado es, en general, del mismo tipo y los procesos de fabricación (conformado, soldadura, inspección, etc) idénticos o similares. La geometría coincidirá, y también suele interesar un acabado superficial similar.

Todos estos extremos deben ir documentados, con lo que el trabajo de documentación resultante puede llegar a ser notable.

Otro aspecto importante es la aproximación al tipo de daño del componente. Normalmente el daño suele conducir una fisuración. En muchos casos ésta se simula en la maqueta mediante una entalla plana muy estrecha hecha por electro-erosión. Otras veces se recurre a un defecto de soldadura generado intencionadamente. En oca-

siones se introduce mediante soldadura sana un implante (trozo de metal que contiene una fisura generada mediante fatiga). Y, finalmente, también se puede llegar a reproducir en la maqueta el mismo mecanismo de daño (corrosión bajo tensión, fatiga, etc) que sufre el componente.

A veces se construyen maquetas con varios tipos de defectos. Resulta común incluir entallas de electro-erosión en maquetas con defectos de corrosión bajo tensión, donde las primeras sirven para evaluar por ultrasonidos a los segundos.

ENSA ha fabricado maquetas que responden a todos estos tipos de aproximaciones.

Efectivamente, la construcción de componentes nucleares (vasija del reactor, generador de vapor, presionador, tubería, etc) y de recipientes convencionales de alta calidad (petroquímica fundamentalmente), así como la asesoría a empresas de su entorno, ha permitido a ENSA, un conocimiento profundo de los fenómenos de degradación de los metales y su relación con el diseño y su proceso de fabricación.

Esto, unido a la posesión de piezas reales junto con los medios y conocimientos precisos para su manejo, fabricación e inspección, introdujo a ENSA en este negocio, habiendo fabricado desde maquetas gigantescas a otras de tamaño más bien pequeño.

Una faceta que resulta interesante es el hecho de que estas maquetas están ligadas a inspecciones en servicio y, por lo tanto, a plazos de entrega muy estrictos. A menudo estos plazos resultan ser extremadamente apretados ya sea por la no planificada aparición del temor al daño o por retrasos en la decisión de cómo simularlo en la maqueta.

MAQUETAS CON ELECTROEROSIÓN

Aunque a simple vista parezcan de fácil realización, las demandas actuales suelen complicar su fabricación.

Efectivamente, entallas muy estrechas y alargadas pueden hacer que el electrodo se alabee y el trabajo resultante no responda a la rectitud deseada. Si la entalla es muy profunda habrá que considerar el posible desgaste del electrodo, y si su localización es recóndita aumenta la dificultad de su correcta localización. Además estos factores dificultan el control dimensional posterior que nos garantizará la correcta consecución de la maqueta.

Otro factor importante en las maquetas que reproducen uniones soldadas es la distorsión que estas costuras introducen, así como su acabado superficial (corona y / o raíz de la soldadura). Mientras el plano del diseñador pide entallas superficiales sobre una geometría cilíndrica perfecta, la realidad imposibilita su construcción, ya que los errores dimensionales de forma son superiores a la magnitud de la profundidad de la entalla.

Finalmente, dentro de los aquilatados plazos de entrega actuales, la presencia de materiales nuevos en la maqueta puede introducir una incertidumbre importante sobre el tiempo para el mecanizado de las entallas de electro-erosión y, por ende, para la fecha de entrega.

Naturalmente en estas maquetas sólo se pueden contemplar defectos abiertos a la superficie de la pieza.

La Figura nº 1 muestra dos piezas de acero inoxidable y de la aleación 600 de níquel destinadas a una maqueta con defectos por electro-erosión repre-

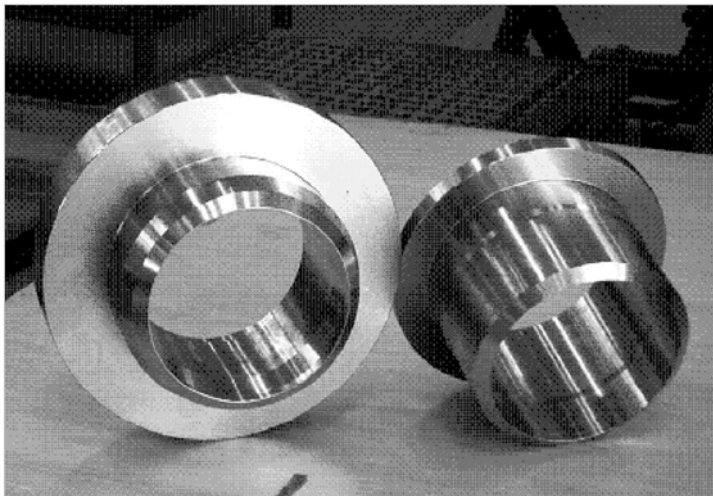


Figura nº 1. Piezas de acero inoxidable austenítico para una maqueta con entallas de electroerosión correspondiente a un CRDH (reactor de agua en ebullición).

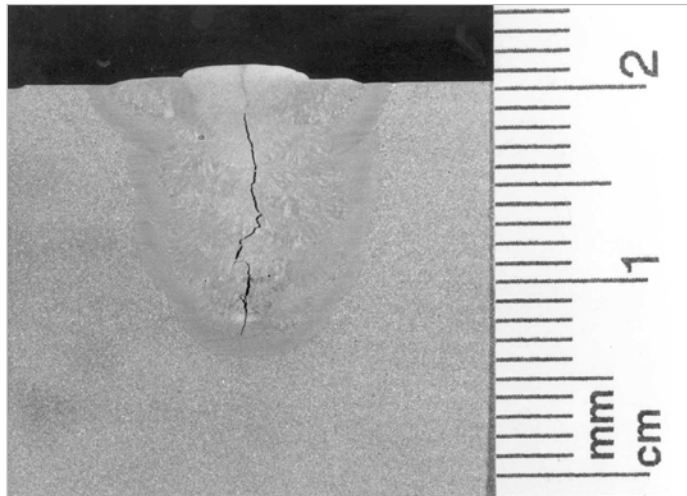


Figura nº 2. Macro de un defecto de soldadura intencionado introducido en una pieza de acero de baja aleación.

sentando un CRDH de un reactor de agua en ebullición.

MAQUETAS CON DEFECTOS DE SOLDADURA INTENCIONADOS

Las maquetas que simulan las posibles grietas del componente mediante defectos intencionados de soldadura permiten reproducir fisuras de grandes dimensiones y formas intrincadas, así como defectos internos en la pieza.

Estos defectos pueden ser faltas de fusión o grietas hechas a voluntad. La técnica de soldadura permite también lograr defectos más abiertos o cerrados.

En el caso de construcciones de acero inoxidable austenítico o aleaciones

de níquel como la 600 ó 690 la estructura cristalina del metal soldadura (largos granos epitaxial, etc) impide usar este método para simular grietas dentro del metal base.

En la Figura nº 2 se presenta una sección de una grieta intencionada hecha en EQUIPOS NUCLEARES, S.A. mediante soldadura en una pieza de acero de baja aleación.

MAQUETAS MEDIANTE IMPLANTES

En este caso se fabrican grietas en piezas de un tamaño relativamente pequeño, normalmente por medio de fatiga. Posteriormente estas piezas se in-

sertan y sueldan en el lugar deseado de la maqueta.

Por las mismas razones que las expuestas antes (estructura epitaxial en la soldadura) esta técnica no vale para los aceros inoxidables austeníticos ni las aleaciones de níquel 600 y 690.

Las Figuras nº 3 y 4 presentan una maqueta fabricada en EQUIPOS NUCLEARES, S.A. de esta manera.

MAQUETAS CON DEFECTOS PRODUCIDOS MEDIANTE EL MISMO FENÓMENO DE DAÑO PRESENTE EN EL COMPONENTE

Reproducir el fenómeno de daño observado en el componente real, de di-

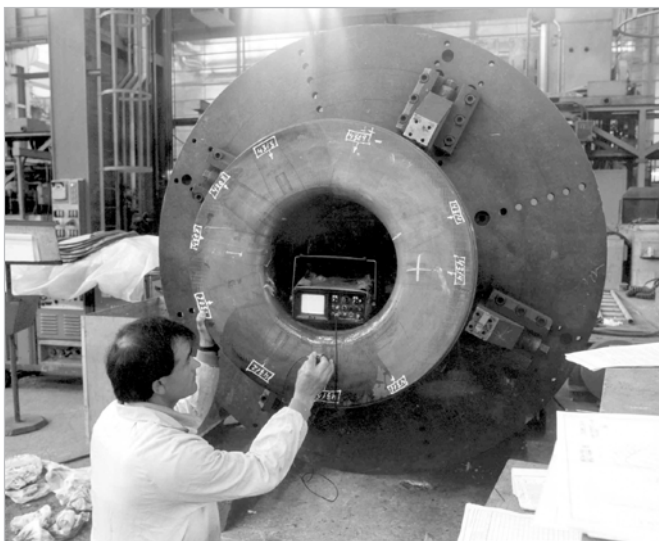


Figura nº 3. Inspección ultrasónica de tobera con defectos implantados en su radio.



Figura nº 4. Maqueta a tamaño real para UKAEA (Reino Unido) en la que la tobera anterior va soldada a un trozo de virola.

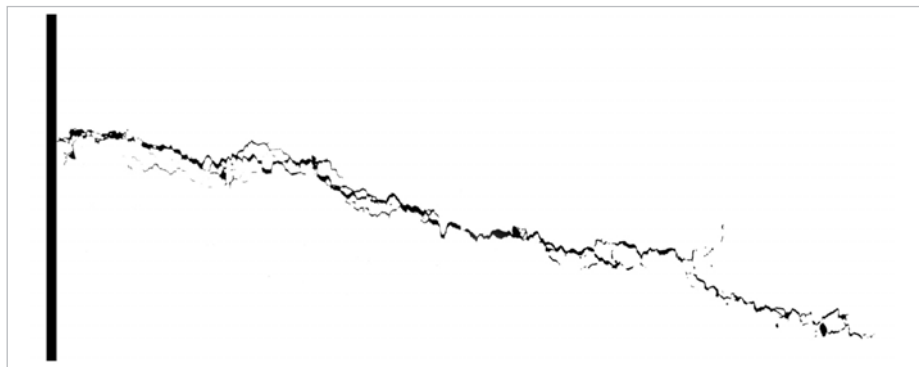


Figura nº 5. Sección transversal de una grieta axial externa de 4mm de profundidad creada en una penetración "incore" de un reactor de agua ligera a presión.

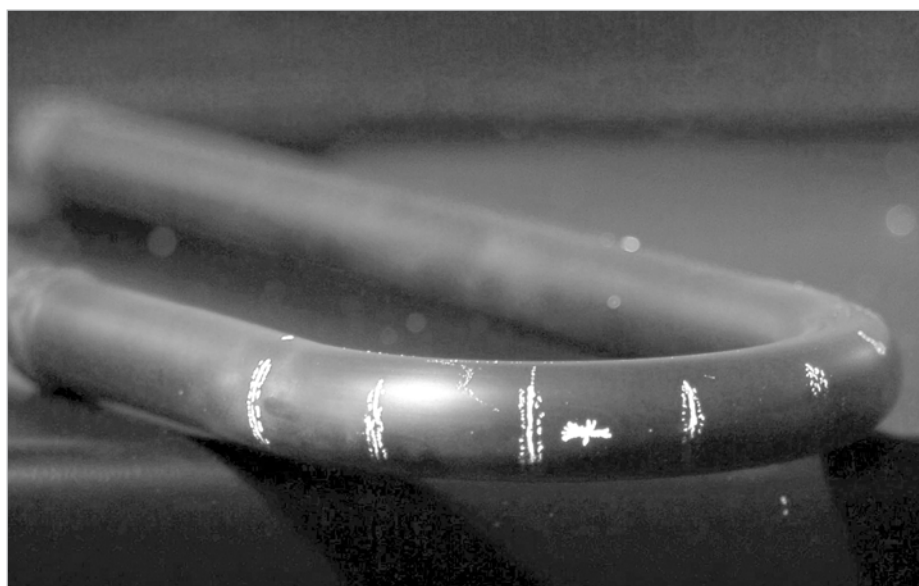
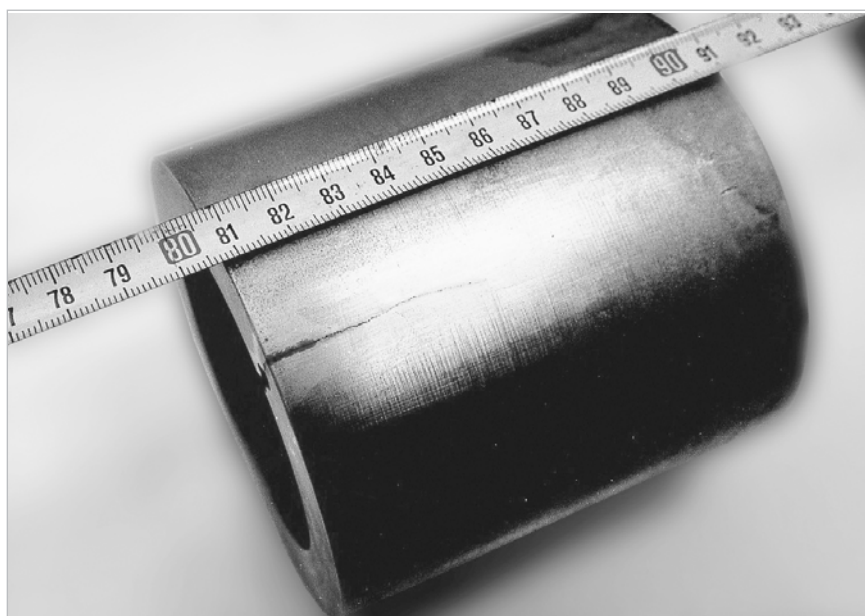


Figura nº 6. Grietas secundarias circunferenciales en una U de primera fila de inconel 600 (generador de vapor).



mensiones enormes, en una maqueta o cupón de dimensiones notablemente menores es una tarea ardua.

Ya Galileo Galilei, hacia 1600, descubre el efecto de escala, señalando que, al aumentar las dimensiones de la máquina, su resistencia mecánica disminuye.

Habrà pues que compensar esta mayor resistencia que las maquetas oponen a la generación de grietas mediante el uso de solicitaciones más agresivas que las existentes en el componente real.

Estas condiciones más agresivas son también necesarias para lograr el daño deseado en un plazo razonable, mucho más breve que el dilatado periodo que tarda en aparecer el defecto en el componente real.

Las Figuras nº 5 a 7 muestran distintos ejemplos de maquetas con grietas debidas a corrosión bajo tensión fabricadas por EQUIPOS NUCLEARES, S.A.



Pedro VERÓN GUEMBE es Doctor Ingeniero Industrial. Comenzó su actividad profesional en 1972 en la Junta de Energía Nuclear de donde pasó a la industria, habiendo trabajado en EQUIPOS NUCLEARES, S.A. desde 1975 en el campo de la Soldadura, Mecánica de la Fractura, Corrosión y Fiabilidad. Ha sido becario de MOMBUSHO en la Universidad de Tohoku (Japón) y del BRITISH COUNCIL en la Universidad de Cambridge (Reino Unido).

Figura nº 7. Grieta de penetración total en una penetración de cabeza de un reactor de agua ligera a presión.