

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2021

INFORME DEL PROYECTO REF. SV-21-GIJON-18

1. Datos del proyecto

Título: Un gemelo digital para predecir la fractura en soldaduras

Fechas inicial y final del proyecto: 11/10/2021-31/12/2021

Investigador/a Principal: Covadonga Betegón Biempica

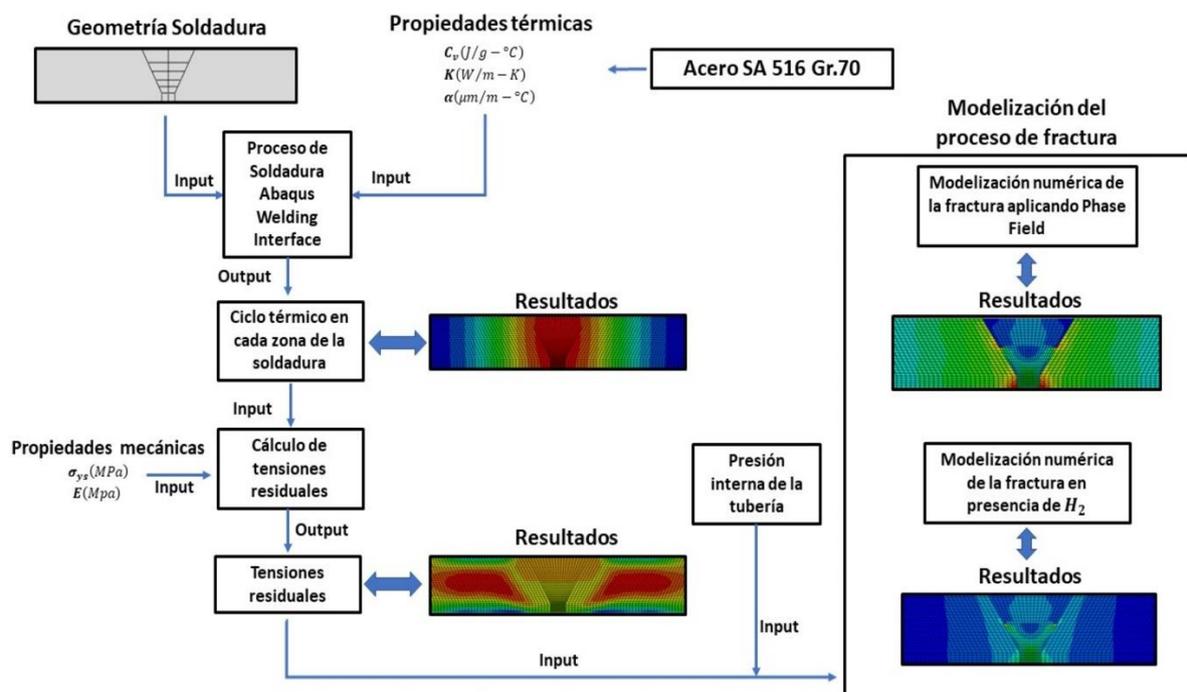
Otros investigadores: Emilio Martínez Pañeda, Cristina Rodríguez González, Guillermo Álvarez Díaz

Personal contratado: Lucas Castro García

Fechas inicial y final de contratación: 11/10/2021-31/12/2021

Empresas o instituciones colaboradoras: KHIS Group, Innvel2 Consulting S.L.

2. Resumen Gráfico



3. Memoria descriptiva del proyecto

3.1 Resumen ejecutivo

La aplicación de los métodos numéricos en ingeniería permite la realización de lo que podemos considerar ensayos virtuales. Esto es, la simulación numérica con una base física rigurosa de los fenómenos implicados en los procesos de fractura de los materiales permite determinar la forma y carga de rotura de elementos estructurales sin necesidad de llevar a cabo ensayos reales, con el correspondiente ahorro económico. En este proyecto, se pretende desarrollar la metodología para predecir la fractura en uniones soldadas de elementos de acero por medio de un modelo digital que sea espejo del proceso de rotura real.

Las uniones soldadas y sus correspondientes reparaciones, en caso de ser necesarias, son fundamentales en la fabricación de todo tipo de estructuras y elementos estructurales. El proceso de soldeo introduce una serie de modificaciones en el comportamiento del material y del elemento estructural que es necesario tener en cuenta a la hora de determinar su resistencia a fractura. Entre dichas modificaciones hay que destacar las microestructurales, debido al ciclo térmico que sufre el material durante el proceso, y las tensiones residuales que aparecen debido a ese mismo calentamiento. La modificación microestructural supone modificación de propiedades mecánicas y de resistencia a fractura. Puesto que todos los puntos del elemento sobre el que se lleva a cabo el soldeo no sufren los mismos ciclos térmicos, estas propiedades pasan a ser no homogéneas, variando de un punto a otro. Y las tensiones residuales producen tracciones previas en determinadas partes del elemento que las hacen más susceptible a la fractura.

En este proyecto, se pretende modelizar numéricamente los mencionados procesos, en base a la experiencia anterior del equipo de investigación en ensayos reales, para poder determinar las condiciones de rotura en estas complejas condiciones sin necesidad de ensayar el elemento estructural real. Se pretende además determinar la influencia de estas modificaciones introducidas por el proceso de soldeo cuando el elemento está sometido a un ambiente agresivo, como es la presencia de hidrógeno.

El objetivo principal es desarrollar un programa integrado capaz de predecir las condiciones de fractura de un elemento estructural en que se haya llevado a cabo un proceso de soldeo en función de las condiciones de dicho proceso y de las propiedades mecánicas y térmicas del material.

Para ello, en primer lugar, se realizó una modelización numérica del proceso de soldadura sobre un elemento estructural. El elemento seleccionado fue una tubería que conduce gas a presión (Figura 1).

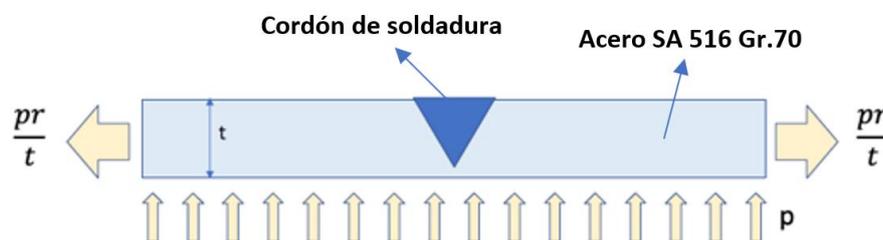


Figura 1 Elemento estructural a analizar.

La modelización consistió en la aplicación del método de los elementos finitos, considerando acoplamiento térmico-mecánico, obteniendo como salidas de este proceso el ciclo térmico en cada punto del elemento estructural y las tensiones residuales que aparecen debido a la no homogeneidad del calentamiento inducido por el electrodo.

Las salidas anteriormente mencionadas permitieron determinar los cambios microestructurales que sufren las distintas partes del elemento estructural, teniendo en cuenta las curvas de transformación del material. Dichos cambios microestructurales se relacionan con la modificación de las propiedades mecánicas del elemento.

Posteriormente, y teniendo en cuenta los cambios microestructurales producidos durante el proceso de soldadura, se analizó mediante la técnica phase field, el proceso de fractura de la unión soldada. La técnica phase field es uno de los métodos más recientes desarrollados por la comunidad científica para analizar el proceso de fractura en elementos estructurales. Gracias a este método, se realizó el análisis del comportamiento a fractura de la unión soldada y la influencia de las tensiones residuales con criterios energéticos.

Por último, se realizó la modelización numérica del proceso de fractura de la unión soldada considerando que el gas que está en su interior es el hidrógeno, el cual constituye un medio agresivo que modifica el comportamiento a fractura del material.

3.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

El objetivo principal de este proyecto fue desarrollar un programa integrado capaz de predecir las condiciones de fractura de un elemento estructural en el que se haya llevado a cabo un proceso de soldeo, en función de las condiciones de dicho proceso y de las propiedades mecánicas y térmicas del material. Para ello, se realizó una simulación numérica del proceso de soldadura. Gracias a esta simulación se obtuvieron los cambios microestructurales que sufre el material durante el proceso de soldadura y las tensiones residuales que se generan. Dichos resultados fueron utilizados como entradas de la modelización numérica del proceso de fractura de la unión soldada aplicando la técnica phase field y más tarde, considerando los efectos negativos que se inducen en el comportamiento mecánico de los aceros en ambientes con altas concentraciones de hidrógeno.

3.3 Tareas realizadas

1. Modelización numérica del proceso de soldeo.
2. Determinación de las propiedades mecánicas en función de los resultados obtenidos a partir del modelo numérico.
3. Modelización numérica del proceso de fractura aplicando phase field.
4. Modelización numérica del proceso de fractura en presencia de hidrógeno.

3.4 Resultados obtenidos

El resultado final de este proyecto ha sido la obtención de un modelo numérico capaz de simular a través de un programa de elementos finitos el proceso de soldadura en elementos estructurales. Dicho modelo numérico ha sido capaz de predecir la distribución de temperaturas durante todo el proceso de soldadura en el elemento estructural. También ha sido capaz de calcular las tensiones residuales generadas en las zonas soldadas. Además, se aplicó el método phase field para analizar el comportamiento durante el proceso de fractura del elemento estructural analizado sometido a sus condiciones de trabajo (presión interna en la tubería). Por último, se estudió el comportamiento de la unión soldada en ambientes agresivos con altas concentraciones de hidrógeno.

3.5 Trabajos o necesidades futuras

Como trabajo futuro se plantea el desarrollo de un modelo numérico generalizado capaz de predecir la difusión de hidrógeno que se introduce durante el proceso de soldeo, tanto en la zona

soldada como en la zona no afectada térmicamente, durante cada pasada del electrodo durante el proceso de soldadura. Dicho modelo tendrá numerosas aplicaciones industriales y será capaz de predecir la fragilización y porosidad creadas en procesos de soldadura con varias pasadas del electrodo.

3.6 Divulgación de los resultados

Se está trabajando en la redacción de un artículo para ser publicado en revistas indexadas JCR.

4. Memoria económica

4.1 Gastos:

CONCEPTO	GASTOS
Personal	4000
Fungibles	-
Amortización	-
TOTAL GASTOS	4000

4.2 Ingresos:

Entidad/Empresa financiadora Ref. Proyecto/Contrato	Personal	TOTAL INGRESOS
KHIS Group	-	-
Innvel2 Consulting S.L.	-	-

5. Bibliografía

1. Bensari, A., Ould Chikh, E. B., Bouchouicha, B., & Tirenifi, M. (2019). Numerical simulation of a steel weld joint and fracture mechanics study of a compact tension specimen for zones of weld joint. *Frattura Ed Integrita Strutturale*, 13(47), 17–29. <https://doi.org/10.3221/IGF-ESIS.47.02>
2. Dal, M., & Fabbro, R. (2016). [INVITED] An overview of the state of art in laser welding simulation. *Optics and Laser Technology*, 78, 2–14. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2015.09.015>
3. Kollár, D., Kövesdi, B., & Néző, J. (2017). Numerical simulation of welding process – Application in buckling analysis. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 61(1), 98–109. <https://doi.org/10.3311/PPci.9257>
4. Lacki, P., & Adamus, K. (2011). Numerical simulation of the electron beam welding process. *Computers and Structures*, 89(11–12), 977–985. <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2011.01.016>
5. Tsirkas, S. A., Papanikos, P., & Kermanidis, T. (n.d.). *Numerical simulation of the laser welding process in butt-joint specimens*.