

DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE CÁLCULO DE ELEMENTOS FINITOS Y DE MECANICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL DE FUENTE ABIERTA ORIENTADO A APLICACIONES EN SOLDADURA

L. Buglioni¹, P. Zitelli¹, L. N. Tufaro¹, H. G. Svoboda^{2,3}
¹ INTI; ² LAME-INTECIN-FIUBA; ³ CONICET
buglioni@inti.gov.ar

OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es el desarrollo de dos herramientas de cálculo, basadas en dos formulaciones descriptas, complementarias entre sí, con el fin de resolver problemas de soldadura FSW (Friction Stir Welding, Soldadura por fricción y Agitación) y problemas de ingeniería en general.

DESCRIPCIÓN

La mecánica computacional es una poderosa herramienta utilizada de manera muy extensa en prácticamente todas las áreas de la ingeniería. En lo referente a estructuras, el método de los elementos finitos (FEM) es el más extensamente utilizado. Asimismo, se utiliza el modelo de los volúmenes finitos (FVM) en el cálculo computacional de problemas de fluidodinámica (CFD). Por otra parte, el desarrollo de programas gratuitos de fuente abierta (open source) permite a los usuarios utilizar dichas herramientas y optimizarlas para soluciones particulares, contribuyendo de manera conjunta al crecimiento global de dicha herramienta para el fin común de todos los usuarios, generando así una comunidad. Los procesos de soldadura involucran diferentes fenómenos tales como ciclos térmicos, flujo plástico, y tensiones residuales que pueden ser analizados desde estos diversos enfoques.

En este trabajo se desarrollan dos programas de cálculo, en base a las formulaciones descriptas, FluxSol (FVM para cálculo CFD) y EPSol (FEM para cálculo de estructuras). La motivación para su desarrollo es fundamentalmente la dificultad hallada en encontrar herramientas libres, multiplataforma con interfaz gráfica integrada, sencilla e intuitiva para el usuario y fáciles de personalizar a las necesidades del usuario. El objetivo es utilizarlos para simular y verificar casos experimentales de procesos de soldadura, particularmente procesos de Soldadura por Fricción Agitación (FSW) en aleaciones de aluminio, siendo estos casos experimentales llevados a cabo por los autores. En dichos procesos se miden ciclos térmicos, tensiones residuales, fuerzas axiales y potencia, y se confeccionan modelos que son comparados con herramientas comerciales.

Otra implementación futura posible es a otros procesos mecánicos (fundición, forja, etc.).

Las herramientas de cálculo se componen de un solver, que es el programa que calcula los resultados dados los datos de entrada, y una interfaz gráfica, que permite preparar el modelo y visualizar los resultados (pre y post-proceso). Para el desarrollo de los solvers se utilizó el lenguaje C++, que provee alta eficiencia de cálculo y es orientado a objetos, se acoplaron dos librerías matemáticas diferentes, Laspack®, y PETSC®. Esta última es ampliamente utilizada por programas de cálculo en Linux®, y se caracteriza por permitir el uso de varios procesadores (MPI). El solver CFD está basado en OpenFoam®, una herramienta altamente extendida que funciona en Linux (ha sido compilada recientemente en Windows), pero se han encontrado inconvenientes para adaptarlo a las condiciones de los modelos de soldadura, a definir materiales propios, etc. Por otra parte, la herramienta de resolución por el método FEM está basada en una herramienta abierta que funciona en Linux denominada deal.II®.

Para el desarrollo de la interfaz gráfica se utilizó también lenguaje C++ junto a potentes librerías gráficas *open source*, enfocándose en que esta herramienta sea muy intuitiva y amigable con el fin de promover facilidad de uso y mayor difusión de la herramienta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 1 se muestra el desarrollo de la interfaz gráfica del programa CFD (FluxSol).

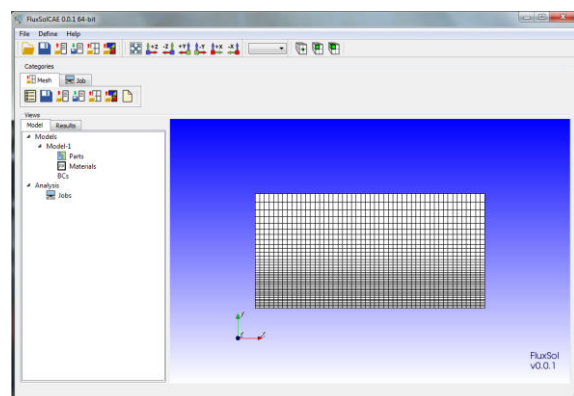


Figura 1: Aspecto de la interfaz gráfica (IDE).

El objetivo es que ésta permita fácilmente importar una malla, de varios formatos disponibles, y aplicarle material, condiciones de borde (velocidad, presión, temperatura) para convertirla en un archivo de texto de entrada que toma el solver y resuelve el campo correspondiente para luego visualizar en ésta los resultados obtenidos. Para esto, se utilizan las librerías gráficas Qt® y VTK®, que agilizan notablemente el tiempo de desarrollo, al mismo tiempo que producen un producto de alta calidad visual disponible en diferentes sistemas operativos. Se prestó especial atención en que la herramienta sea intuitiva para el usuario. Para esto se particionó la interfaz en cuatro zonas principales. En la zona superior se ubicaron las barras de herramientas de manejo de archivos, vistas y selección. A la izquierda se encuentra el árbol principal donde se selecciona cada instancia del modelo, y a su vez éste activa diferentes barras de herramientas por categoría en la zona central. Finalmente, abajo a la derecha se encuentra el panel de vista general.

El solver CFD (FluxSol) tiene una estructura similar al solver de fuente abierta OpenFoam®, fácilmente programable para el usuario. Interesa que el usuario desarrolle materiales propios, condiciones de borde, y propiedades físicas personalizadas para dar versatilidad al programa. Este solver se verificó resolviendo un *benchmark* de tipo “cavidad de pared deslizante” (Lid Driven Cavity), en la Fig. 2.

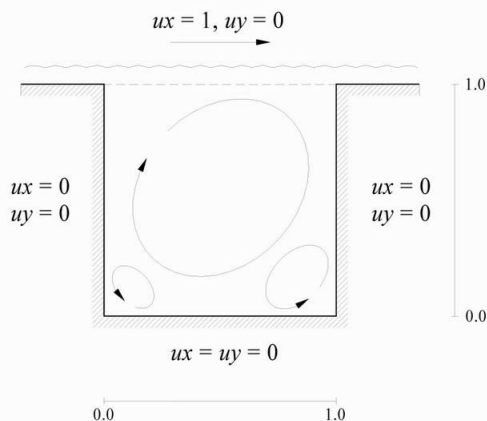


Figura 2 – Cavidad de Pared Deslizante estudiado

En este caso de estudio, se tiene un dominio cuadrado de 1 x 1, en el cual se impone velocidad horizontal en la pared superior, mientras que las restantes no tienen movimiento. La densidad y viscosidad son unitarias y el flujo es incompresible. En la Fig. 3 se visualiza los campos de presión para un *benchmark* del tipo *Lid Driven Cavity*. Estos resultados se corresponden con los

obtenidos en bibliografía y se verificaron con la herramienta comercial Fluent.

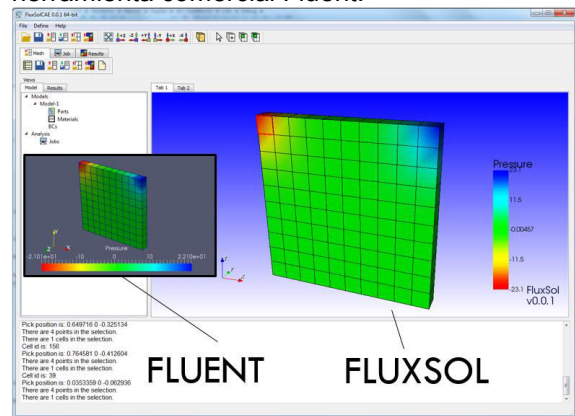


Figura 3: Visualización de Campo de presiones para el *benchmark* descrito en FluxSol vs. Fluent.

El solver EPSol resuelve problemas de estructuras elásticos bidimensionales y problemas térmicos en dos y tres dimensiones. Interesa en un futuro acoplar desplazamientos y temperatura con el fin de resolver ambas incógnitas simultáneamente. En la Fig. 4 se muestra un problema térmico resuelto que representa un problema característico de soldadura. Representa un corte transversal de la mitad de una chapa de aluminio de 4mm de espesor en el cual se fijan las temperaturas en la parte superior izquierda a 100°C e inferior de 0°C, mientras que el resto del dominio es adiabático, e interesa ver la distribución de temperaturas en el resto de la chapa, los cuales se muestran en la figura y se corresponden con los calculados por herramientas comerciales (ANSYS) que se muestran.

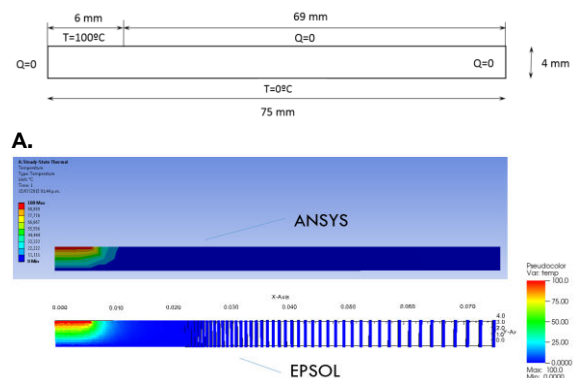


Figura 4: Modelo térmico resuelto, A: descripción, b: Perfil de temperaturas nodales Epsol vs. ANSYS

CONCLUSIÓN

Se encuentran en desarrollo dos herramientas de cálculo numérico por métodos complementarios. Se han obtenido resultados satisfactorios en los *benchmarks* resueltos por ambas, mientras que se cuenta con una

interfaz intuitiva y de alta calidad que cumple con los objetivos propuestos.