

Determinación de esfuerzos entre dos piezas en contacto utilizando el Método de Elementos Finitos

Juan Atonal-Sánchez
Alexander Reyes-Cruz
Rodrigo Vázquez-Machorro

Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Unidad Azcapotzalco, Col. Sta. Catarina, CP 02250,
México, D. F., México.
MÉXICO.

correo electrónico (email):
juan_atonal@yahoo.com.mx
alex_reyes@hotmail.com
rodrigovazmach_5@hotmail.com

Recibido 29-08-2013, aceptado 30-05-2014.

Resumen

En los últimos años se ido implementando con más frecuencia el Método de Elementos Finitos (MEF) para la solución de problemas lineales y no lineales, que serían difíciles de resolver e inclusive imposibles de solucionarlos utilizando ecuaciones proporcionadas por la mecánica de sólidos. Aunado a esto, es de gran importancia considerar dentro de un análisis de elementos finitos el mayor número de condiciones del sistema de estudio para garantizar una aproximación al fenómeno real.

En el presente trabajo se simuló el contacto bajo carga puntual sobre una placa de aluminio soportada en un perno de acero con apoyo del software ANSYS APDL y ayuda de su herramienta *Contact Manager*. El objetivo principal se centra en dar a conocer la herramienta *Contact Manager* para la simulación de contacto entre dos piezas para la determinación de esfuerzos y las deformaciones generadas bajo el tipo de contacto superficie-superficie, tras la aplicación de una fuerza puntual. El análisis se enfoca en la simulación estática-estructural para la evalua-

ción del campo de esfuerzos y deformaciones. El fenómeno fue simulado en un sistema tridimensional utilizando los elementos Solid185, Contact174 y Target170.

Palabras clave: elementos finitos, contact manager, deformaciones, esfuerzos, simulación

Abstract (Determination of Stress between Two Parts in Contact Using The Finite Element Method)

In recent years it has been implemented most often the Finite Element Method (FEM) for solving linear and nonlinear problems, which would be difficult to resolve or even impossible to solve using equations provided in solid mechanics. Added to this, it is very important to consider in a finite element analysis as many conditions of the studio system to ensure a close approximation to the real phenomenon.

In this paper the contact under point load on a steel plate supported on a pin aluminum APDL ANSYS software support and help of his *Contact Manager* tool was simulated. The main focus is on raising awareness of the Contact Manager tool to simulate contact between two parts to determine stresses and strains generated on the contact surface to surface, following the application of a point force. The analysis focuses on the static-structural simulation for evaluating the stress-strain field. The phenomenon was simulated in three-dimensional system using Solid185, Contact174 and Target170 elements.

Key words: finite elements, contact manager, deformations, efforts simulation.

1. Introducción

En todas las estructuras y maquinas existen elementos sólidos en contacto, los cuales pueden tener interacción ya sea por movimiento relativo entre sí, o al estar inmóviles uno respecto al otro, algunos ejemplos de estos son: sellos mecánicos, los anillos de los pistones en los motores de combustión interna, herramientas de corte, etc., por esta razón, para llevar a cabo un adecuado diseño y selección de estos com-

ponentes, es necesario analizar el comportamiento de los elementos durante su exposición a condiciones fricción, desgaste y lubricación [1].

Aunque en la mayoría de las aplicaciones, los esfuerzos de contacto son muy localizados y no afectan en el comportamiento general de la pieza, en muchos casos, los esfuerzos de contacto son determinantes, pasando a ser los responsables de la falla del componente.

Heinrich Hertz fue el primero que desarrolló la formulación matemática para determinar la distribución de esfuerzos sobre la zona de contacto que se produce al comprimir dos cuerpos curvos entre sí, utilizando la función potencial de Newton. Ejemplos típicos de contacto hertziano se presentan en el contacto entre esferas o cilindros entre sí o con superficies planas [2].

Una fuerza, presión o algún otro agente externo que se presente sobre algún componente de alguna estructura o máquina, causa esfuerzos sobre el contorno de la superficie de contacto denominados *esfuerzos de contactos* [3].

Con el desarrollo de ordenadores más potentes, con frecuencia se ha empleado software de simulación numérica basada en el MEF. Dado que la solución de algunos problemas son muy complejos debido a su no linealidad, llevaría bastante tiempo en solucionarlos matemáticamente e incluso imposible de realizarlos.

Apoyándose con estas nuevas tecnologías se ha reducido el tiempo de análisis de cada caso de estudio para la evaluación de los esfuerzos y deformaciones generadas en el sistema.

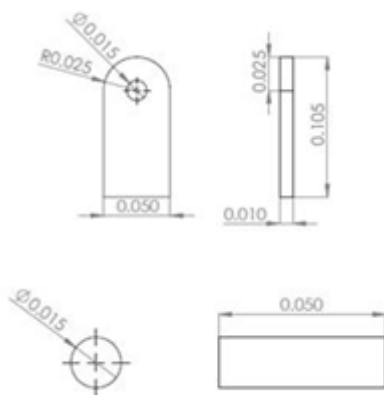


Fig. 1. Dimensiones geométricas del perno y la placa.

Sin embargo, aunque el avance se ha dado a grandes pasos, una de las carencias ha sido el uso de elementos de contacto para la simulación de algunos elementos de máquina que se encuentran bajo este fenómeno, ya que en algunas simulaciones se evitan estas condiciones debido a la falta de conocimiento.

En el presente trabajo se implementó la simulación numérica utilizando el software ANSYS APDL, y evaluar las deformaciones y esfuerzos de contacto utilizando los elementos correspondientes en las zonas afectadas.

2. Desarrollo

El Método del Elemento Finito (MEF) es una herramienta que nos facilita elaborar un modelo matemático de cálculo cercano al sistema real, fácil de modificar a comparación de un prototipo [4]. No obstante no deja de ser un método de solución aproximado de cálculo debido a las hipótesis básicas del método. Los prototipos, sin embargo, siguen siendo indispensables, pero en menor número, ya que el MEF puede acercarse bastante a un buen diseño siempre y cuando se tomen en mayor número las condiciones reales. La validación del MEF está comprobada ampliamente con la utilización del mismo a escala mundial.

Como se estableció, en esta investigación se realiza el análisis del contacto entre una placa de aluminio y un perno de acero mediante el programa comercial ANSYS. En este caso es necesario definir que el modelo utilizado es el mostrado en la figura 1, el ensamble se muestra en la figura 2.

Las propiedades mecánicas para cada elemento se muestran en la Tabla 1.



Fig. 2. Ensamble.

Tabla 1. Propiedades mecánicas de los materiales.

CONSTANTE	ACERO	ALUMINIO
E (GPa)	200	70
ν	0.29	0.33

Discretización del modelo y creación del par de contacto

La discretización del modelo fue obtenida a partir de un barrido sobre el perno utilizando el elemento Solid185, posteriormente se generó otro barrido sobre la placa utilizando el mismo elemento que para el perno, pero con propiedades mecánicas diferentes para cada uno. Generando una serie de operaciones para la obtención de los modelos finales, se pudo obtener una discretización controlada como se muestra en la figura 3.

Cabe mencionar que el contacto ocurre cuando dos superficies se tocan entre sí de forma que se vuelven tangentes una con la otra.

Los problemas que involucran contacto generalmente son no lineales, esto requiere de altos recursos computacionales para su solución, por lo que es de importante entender los principios físicos y establecer los modelos lo más eficaz posible [5].

Modelación no lineal

Por lo general existen tres tipos de no linealidades [6]:

- La no linealidad del material.
- La no linealidad geométrica.

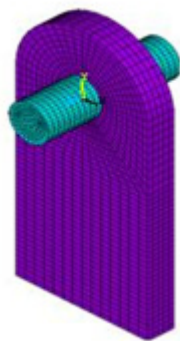


Fig. 3. Discretizado de elementos.

- La no linealidad en la aplicación de las condiciones de frontera.

No linealidad del material. Esta ocurre cuando la relación esfuerzo-deformación deja de ser lineal. La mayoría de las estructuras tienen un comportamiento no lineal bajo cualquier nivel de carga. En algunos casos se emplea un análisis lineal, pero en otros casos este tipo de análisis arroja resultados erróneos, por lo que es necesario implementar un análisis no lineal.

No linealidad geométrica. Se asocia las irregularidades geométricas presentadas por cambios abruptos desde el punto de vista geométrico.

No linealidad de las condiciones de frontera. Las cargas y las limitaciones de movimiento del modelo son causa de estas condiciones. Los efectos que ejercen sobre el modelo pueden estar dados por la posición, forma de aplicación, tipo de carga y magnitud de esta.

Contact manager

El ANSYS APDL posee una herramienta que facilita establecer el contacto entre dos cuerpos: *Contact Manager*. Este permite definir, editar y ver pares de contacto [7].

El Contact Manager soporta análisis de contacto del tipo:

- Superficie-superficie
- Nodo-nodo
- Nodo-superficie

Contacto superficie-superficie. Las áreas de contacto son desconocidas para este tipo y se permite grandes deslizamientos. Existen elementos superficie-superficie para el contacto entre dos cuerpos ya sean, rígido-flexible y flexible-flexible. Este tipo de contacto usa el *contact-surface* y *target-surface* para formar el par de contacto.

Este tipo de contacto fue utilizado en la simulación entre el perno y la placa representados en los modelos antes mostrados, por lo que son las condiciones de contacto que más se asemejan a las que se encuentran sometidos los pernos.

Considerando lo anterior se designó las superficies *contact* y *target*, las cuales se muestran en la figura 4, para posteriormente declarar el par de contacto figura 5.

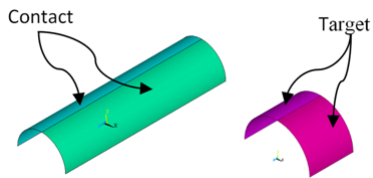


Fig. 4. Superficies de contacto.

Aplicación de las condiciones de frontera

La carga aplicada se efectuó en la parte inferior de la placa de aluminio, con el fin de lograr una compresión sobre el perno de acero y la magnitud fue de 41.3 MPa. La restricción de desplazamientos se aplicó en los *keypoints* inferiores de ambos extremos del perno como se señaladas. Dicha limitación de desplazamiento eliminará todos los grados de libertad en esos puntos figura 6.

3. Resultados

Tras la aplicación de una presión sobre la placa de aluminio y el efecto provocado por el perno de acero, se obtuvieron esfuerzos de ambos componentes en todas direcciones. La figura 7 y figura 8 representa los esfuerzos en la dirección y y los esfuerzos de Von Mises.

La figura 9 muestra los esfuerzos en la dirección z y la figura 10 muestra los esfuerzos de Von Mises.

4. Conclusiones

La utilización del Método del Elemento Finito utilizado en la paquetería de ANSYS facilita la simulación de una placa de

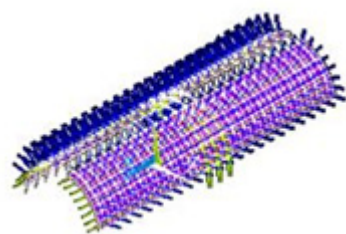


Fig. 5. Superficies de contacto.

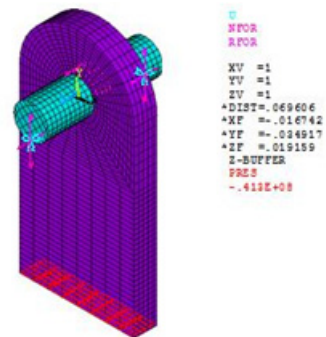


Fig. 6. Cargas y restricciones.

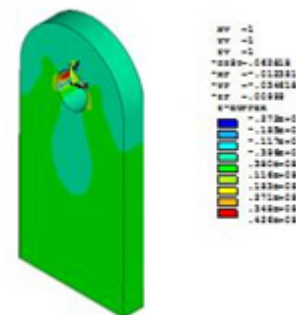


Fig. 7. Esfuerzos en dirección y.

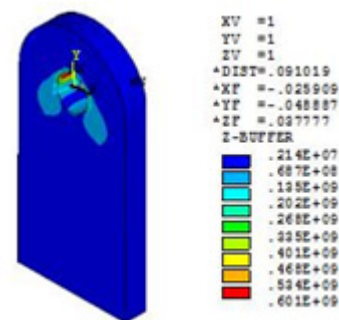


Fig. 8. Esfuerzos de Von Mises.

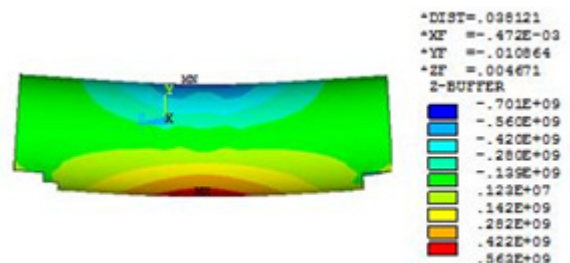


Fig. 9. Esfuerzos en dirección z.

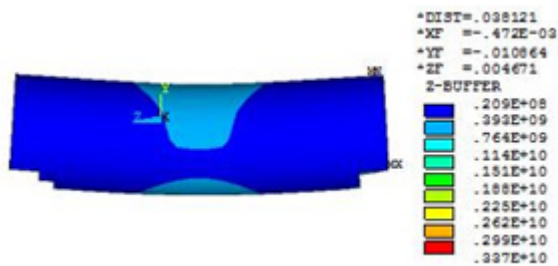


Fig. 10. Esfuerzos de Von Mises.

aluminio sobre un perno de acero en contacto. Los parámetros de contacto pueden ser modificados para adaptarse a las necesidades de la simulación y obtener un modelo de contacto aproximado al real.

Es de gran relevancia considerar los efectos que se producen por contacto entre dos o más elementos en la realización de próximos análisis.

Se obtuvieron resultados relacionados al comportamiento de la placa hacia al perno, sin la necesidad de que ambos compartieran alguna línea o área, por lo que se garantiza que utilizando elementos de contacto se pueden obtener resultados satisfactorios.

Referencias

[1] Negrin Hernandez I. y Pérez Ruiz E. A., *Scientia et Technica*, Vol. 14, no. 39, pp 147-152, septiembre 2008.

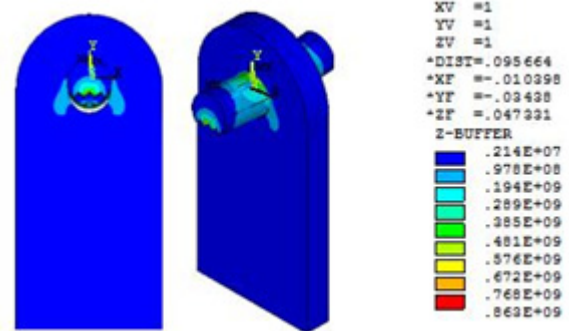


Fig. 11. Esfuerzo de Von Mises en todo el ensamble.

- [2] Zurita J., Doblare M., y Gracia L., *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, Vol. 9, no.1, pp 15-34,1993.
- [3] Di Iorio J.M., "Tensiones de Contacto Fatiga Superficial", Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 2012.
- [4] González Quintero O. y Alfonso Brindis E., *Ingeniería Mecánica*, Vol.3, pp 63-69, Julio de 2008.
- [5] Zeping, W. *Determination and Development of appropriate models of contact element*, University Polithenica of Bucharest, 2009.
- [6] Felippa, C. A., *Introduction to Finite Element Methods*, University of Colorado Boulder, USA. 2004.
- [7] *ANSYS Structural Analysis Guide*, 2009.

Periódica
Índice de Revistas
Latinoamericanas en Ciencias

www.dgbiblio.unam.mx

http://132.248.9.1:8991/F/-/?func=find-b-0&local_base=PER01