

ACECAL 3.0: Aplicación informática para el cálculo de comportamiento y propiedades de aceros de baja aleación*

P. Tarín** y J. Pérez**

Los aceros siguen siendo el tipo de aleación de mayor producción mundial y, de ellos, la mayor parte son de baja aleación, los llamados aceros de resistencia o de construcción.

Numerosos estudios y ensayos realizados desde los primeros años cuarenta del siglo XX dieron lugar a un importante cúmulo de resultados experimentales. A partir de éstos, se desarrollaron métodos empíricos para deducir el comportamiento y las propiedades mecánicas de cada acero en función de la composición del mismo.

La aparición de los microordenadores aceleró los cálculos anteriores y permitió la combinación de diversos métodos para conseguir resultados más amplios que los obtenidos por cada uno de ellos por separado, como se mostrará más adelante. Todo ello ha dado lugar a la aplicación informática que se describe a continuación.

La aplicación mencionada se encuentra en su tercera versión, la primera para sistemas operativos Microsoft® Windows® de 32 bits. La primera versión en español se presentó en *Revista de Metalurgia (Rev. Metal. Madrid)* en 1987. Posteriormente, aparecieron tres versiones en idioma inglés publicadas por ASM Internacional, Ohio, EEUU.

El manejo de la aplicación, extremadamente sencillo, se desarrolla a través de menús en la forma habitual de las aplicaciones gráficas de Microsoft® Windows®. El usuario puede requerir alguno de los resultados disponibles tras introducir la composición del acero y parámetros propios de los tratamientos térmicos como luego se detalla. Además, también podrá modificar alguno de dichos datos iniciales y observar en tiempo real la variación que produce en los resultados, cualidad que hace a la aplicación

muy atractiva para obtener el acero más adecuado para un fin o el tratamiento térmico más apropiado.

Los datos que el usuario debe introducir para realizar los diferentes cálculos que puede realizar la aplicación son los porcentajes, en peso, de los elementos de aleación más comunes en aceros de baja aleación: carbono, manganeso, fósforo, azufre, silicio, níquel, cromo y molibdeno. Además, deberá indicar la presencia o no de boro activo en el acero y el tamaño de grano austenítico, valorado según normas ASTM o EN. Aparte de los datos del acero, el usuario deberá suministrar cuando se le requiera los valores de parámetros típicos en el caso de algunos cálculos: diámetro de barra a templar, medio de enfriamiento, temperatura de tratamiento, tiempo de permanencia a una temperatura, etc.

Además de las características habituales de las aplicaciones gráficas actuales (imprimir, guardar en formatos universales, etc.) el programa puede presentar cada resultado solicitado de forma individual o anexarlos de forma continua a un informe de resultados. Los resultados (presentados en forma de tabla o gráfico) que la aplicación permite obtener, en unidades métricas o inglesas, a partir de los datos mencionados, son los siguientes:

- a) Diagrama Fe-C de transformaciones en equilibrio, modificado por la presencia de elementos de aleación.
- b) Cifras Clave, representativas del comportamiento del acero en los tratamientos térmicos de temple y revenido.
- c) Datos y parámetros necesarios para la correcta realización de los tratamientos.
- d) Templabilidad del acero, dada con los valores de los diámetros críticos ideales de barras

* Trabajo recibido el día 18 de Octubre de 2005 y aceptado en su forma final el día 20 de junio de 2006.

** Departamento de Materiales y Producción Aeroespacial, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos, Universidad Politécnica de Madrid. e-mail: pascual.tarin@upm.es

(DI) que pueden templarse para obtener diferentes microestructuras.

- e) Diagramas TTT de transformaciones que se producen por permanencias isotérmicas de diferentes tiempos a diversas temperaturas.
- f) Diagramas TTT de transformaciones que se producen por enfriamiento continuo (CRT). Estos diagramas se pueden presentar en forma T-t, T-DI o T-D.
- g) Diagramas de revenidos: propiedades mecánicas que pueden obtenerse mediante tratamiento térmico de revenido, en función de la temperatura y tiempo de permanencia.
- h) Curvas del ensayo Jominy de templabilidad para probetas templadas o templadas y revenidas.
- i) Distribución de durezas y resistencias en la sección de una barra de acero sometida a tratamiento de temple y revenido, en función del diámetro de la barra, medio de enfriamiento, temperatura y tiempo de revenido.
- j) Diversas equivalencias útiles entre geometría de piezas, diámetros críticos, durezas y resistencias, así como la búsqueda del medio de enfriamiento necesario para templar una determinada barra.

En las siguientes figuras se muestran el aspecto de la aplicación junto con algunos de los resultados ofrecidos por la misma:

