

PROCEDIMIENTOS DE REVENIDO

El revenido, llamado algunas veces regulación del temple, es el proceso en el cual se recalientan los aceros martensíticos endurecidos a alguna temperatura por debajo de la línea crítica inferior o Ac1. El revenido apropiado de un acero templado requiere el calentamiento homogéneo a la temperatura de revenido durante un cierto intervalo de tiempo. Con cualquier temperatura seleccionada de revenido, la dureza cae rápidamente al principio y disminuye gradualmente durante un periodo de tiempo. Algunos técnicos de tratamientos térmicos prefieren revenir por medio del uso del color, y en este caso deben detener el proceso de revenido cuando se alcanza el color apropiado enfriando en el agua, con lo cual el tiempo de revenido resulta muy corto. Esta no es la mejor práctica. Los aceros al carbono y la mayoría de los aceros de baja aleación deben revenirse después del templado tan pronto como sea posible. Los aceros al carbono no deben revenirse antes que se enfríen a temperatura ambiente, ya que en algunos aceros al carbono y la mayoría de los aceros de baja aleación deben revenirse después del templado tan pronto como sea posible. Los aceros al carbono no deben revenirse antes de que se enfríen a temperatura ambiente, ya que en algunos aceros la temperatura M_f es bastante baja y puede encontrarse presente austenita no transformada. Parte o toda la austenita residual se transformará a martensita o a bainita con el enfriamiento desde la temperatura de revenido de modo que la estructura final consistirá de martensita revenida y sin revenir y quizá algo de bainita, dependiendo de la temperatura de revenido. La martensita no revenida frágil puede causar fácilmente la falla de la parte tratada térmicamente.

En la mayoría de los casos la tenacidad se incrementa conforme disminuye la dureza debido al incremento de la temperatura de revenido, pero si se utiliza la prueba Izod-Charpy como una medida de la tenacidad, se halla que una parte revenida a una temperatura entre 400 y 800 °F (204 y 427°C) tiene una baja tenacidad a la fractura en muestra con entalla (figura 11). Es cierto que la ductilidad se incrementa en este rango de revenido de modo que puede utilizarse para la mayoría de los propósitos; pero si las partes y diseños incluyen

concentradores de esfuerzos, debe evitarse este rango de revenido. A ésta se le conoce algunas veces como **rango de revenido de fragilidad en azul**.

Algunos aceros aleados exhiben una pérdida en la tenacidad a las fracturas en muestra con entalla cuando se revienen a temperatura entre 1000 y 1250°F (538 y 677°C), seguidos por un enfriamiento lento. Esto se conoce como **fragilidad de revenido** y puede evitarse si se enfría rápidamente desde la temperatura de revenido. Los aceros altos en manganeso, fósforo y cromo sufren de fragilidad de revenido, mientras que la adición de molibdeno retarda este efecto.

MARTENSITA REVENIDA

Cuando la martensita se forma primero por medio del temple del acero al carbono a temperatura ambiente desde la temperatura de austenización dará un color gris claro al ataque químico (figura 12). Sin embargo, si la temperatura de temple se halla justo por debajo de M_s , se empieza a mostrar plumas oscuras de bainita inferior. Es posible que en este caso se formen placas de martensita con bandas anchas y oscuras en zigzag. Cuando se utiliza un medio de enfriamiento menos rápido tal como el aceite, la martensita que se forma primero puede revenirse levemente mientras se enfría desde la temperatura M_s hasta la temperatura ambiente. Esto se conoce como autorrevenido. La martensita de esta naturaleza produce un color más oscuro al ataque químico que si se templea en salmuera o en agua.

La martensita es una solución sobresaturada de carbono en hierro. Conforme se agrega energía térmica, el carbono adquiere la movilidad necesaria para escapar de la estructura reticular del hierro y formar las partículas finas de carburo de hierro llamadas **carburos de transición**. El revenido desde 100 a 400°F (38 a 204°C) produce martensita de bajo contenido de carbono y partículas submicroscópicas de carburo de hierro. Esta martensita produce un color oscuro al ataque químico, pero aún retiene la formación acicular.

Algunas veces se le llama martensita negra (figura 13).

Las mayores temperaturas de revenido causan la transformación de la martensita de bajo carbono, de 450 a 700°F (232 a 371°C), a bainita inferior y ferrita, además de un incremento en el tamaño de la partícula de carburo. Por lo general, estas partículas no son visibles con un microscopio óptico. Éstas producen una masa de color negro conocidas alguna vez como troostita. A una temperatura entre 700 y 1200°F (371 y 649°C), las partículas de carburo se vuelven visibles y la ferrita se convierte en una red más continua. Este cambio es responsable del notable incremento en la ductilidad y tenacidad. La martensita revenida en este rango empieza a dar un color claro al ataque químico. Esta estructura se conoció una vez como sorbita. Muchos metalúrgicos sólo utilizan el término “martensita revenida” para todas estas condiciones. La martensita y las partículas de carburo (también la perlita), cuando se sostienen en el rango de temperaturas en 1200 y 1300 °F (649 y 704°C), tienden a formar esferoidita (figura 14).

Muchos aceros aleados retienen una gran cantidad de austenita después del temple y por consiguiente no se endurecen totalmente. Los aceros enfriados al aire y en aceite tienen esta característica. Después del revenido, la austenita retenida se transforma en martensita, causando un incremento en la dureza. Esta tendencia es tan marcada en los aceros de alta aleación que a veces se hace necesario un doble revenido para desarrollar la dureza total. También se utilizan los tratamientos de subcero para transformar la austenita retenida en martensita. El acero se enfría a -70°F o menos utilizando hielo seco o refrigeración. Ya que existe algún peligro de agrietamiento del acero cuando se enfría a temperaturas de subcero, usualmente se reviene de 300 a 350°F (149 a 177°C) antes del tratamiento térmico en frío.

Los manuales sobre metales incluyen cartas de propiedades mecánicas. Estas cartas son de utilidad para el técnico de tratamientos térmicos en la determinación de las temperaturas del tratamiento térmico.