

Resortes y ballestas: temple de acero para elementos elásticos

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Orientación y Navegación

Etiquetas: Sin etiquetas

Resortes y ballestas: temple de acero para elementos elásticos

Un resorte es una pieza de acero que almacena energía mecánica al deformarse elásticamente y la devuelve al recuperar su forma original. Para que el acero funcione como resorte debe cumplir una condición metalúrgica precisa: alta dureza combinada con tenacidad suficiente para no fracturarse tras miles de ciclos de flexión. Esto se consigue únicamente mediante un tratamiento térmico específico de temple seguido de revenido a temperatura intermedia. El herrero que domina la fabricación de resortes puede producir muelles de retorno para cerraduras, hojas de ballesta para suspensión de vehículos, resortes de tracción y compresión para mecanismos, pinzas de sujeción y cierres a presión, resolviendo una necesidad constante en cualquier escenario de autosuficiencia.

Metalurgia del acero de resorte

No cualquier acero sirve para fabricar resortes. El acero de resorte debe tener un contenido de carbono entre 0,50 y 1,00 % para alcanzar la dureza necesaria tras el temple. Los aceros más utilizados históricamente para resortes son los de medio-alto carbono, a menudo aleados con silicio, manganeso o cromo para mejorar la resistencia a la fatiga.

Acero

Composición típica

Características

Aplicación clásica

1075 (acero al carbono)

0,70-0,80 % C

Buen temple al agua, económico, adecuado para resortes pequeños

Muelles de relojería, resortes de cerradura

1095 (acero al carbono)

0,90-1,03 % C

Muy duro tras temple, frágil si no se reviene correctamente

Hojas de sierra, muelles de precisión

5160 (cromo-manganeso)

0,56-0,64 % C, 0,70-0,90 % Cr

Excelente tenacidad, resistencia a fatiga, temple al aceite

Ballestas de vehículo, muelles helicoidales grandes

9260 (silicio-manganeso)

0,56-0,64 % C, 1,80-2,20 % Si

Altísima resistencia elástica, el silicio potencia la elasticidad

Resortes de válvula de motor, resortes de alta exigencia

6150 (cromo-vanadio)

0,48-0,53 % C, 0,80-1,10 % Cr, 0,15 % V

Grano fino por vanadio, excelente resistencia a fatiga

Resortes helicoidales de suspensión, muelles de alta calidad

La propiedad clave del acero de resorte es el límite elástico: la tensión máxima que soporta sin deformarse permanentemente. En un acero correctamente templado y revenido para uso de resorte, el límite elástico alcanza el 85-95 % de la tensión de rotura, lo que significa que puede deformarse enormemente sin tomar deformación permanente (lo que coloquialmente llamamos "que no se quede doblado").

Temple del acero de resorte: procedimiento paso a paso

El temple consiste en calentar el acero hasta su temperatura de austenización (donde la estructura cristalina pasa de ferrita+perlita a austenita) y enfriarlo bruscamente para transformar la austenita en martensita, que es extremadamente dura pero frágil.

Normalizado previo: Antes de templar, calentar la pieza a color naranja brillante (~870 °C para aceros de 0,60-0,80 % C) y dejar enfriar al aire quieto. Repetir 2-3 veces. Esto refina el grano y homogeneiza la estructura. Un grano grueso produce un resorte frágil; un grano fino produce un resorte tenaz. El normalizado es el paso más infravalorado y el que más influye en el resultado final.

Calentamiento para temple: Calentar uniformemente hasta color cereza brillante a rojo-naranja según el acero: ~790-810 °C para 1075, ~800-820 °C para 5160, ~830-850 °C para 9260. La uniformidad de temperatura es crítica: zonas más calientes quedarán más duras y zonas frías quedarán blandas, creando tensiones internas que fracturan el resorte. Rotar la pieza en la fragua para calentamiento uniforme.

Medio de temple: Los aceros al carbono simple (1075, 1095) se templan en agua o salmuera (más agresiva). Los aceros aleados (5160, 9260, 6150) se templan en aceite, que enfría más lentamente y reduce el riesgo de fisuras. El aceite debe estar a 50-70 °C (precalentado) para optimal viscosidad. Sumergir la pieza verticalmente y agitar en forma de ocho para romper la capa de vapor que se forma alrededor del metal caliente (efecto Leidenfrost).

Verificación del temple: La pieza templada debe ser extremadamente dura: una lima debe resbalar sobre la superficie sin morder. Si la lima muerde, el temple no fue completo (temperatura insuficiente o enfriamiento lento). Una pieza templada sin revenido es como cristal: se rompe al caer al suelo. Nunca usar un resorte sin revenido.

Atención: El aceite de temple puede inflamarse cuando se sumerge el acero al rojo. Usar siempre un recipiente metálico profundo con al menos 5 litros de aceite por cada 100 g de acero, y tener cerca una

tapa metálica para sofocar las llamas. Nunca temple en un recipiente de plástico ni usar gasolina o disolventes como medio de temple.

Revenido para resortes: la ventana de temperatura crítica

El revenido es el tratamiento térmico que transforma la martensita frágil del temple en martensita revenida, que conserva alta dureza pero gana tenacidad. Para resortes, la temperatura de revenido se sitúa en una ventana muy específica, diferente a la de cuchillos o herramientas de corte.

Temperatura de revenido

Color de oxidación

Dureza (HRC)

Aplicación

175-200 °C

Pajizo claro

60-62

Hojas de sierra, instrumentos de corte (demasiado frágil para resortes)

220-250 °C

Pajizo oscuro a marrón

56-58

Cuchillos, punzones (aún demasiado frágil para resortes)

280-310 °C

Púrpura a azul oscuro

48-52

RESORTES – ventana óptima. Máxima relación elasticidad/tenacidad

320-370 °C

Azul claro a gris

44-48

Muelles de uso general, menor exigencia de fatiga

400-450 °C

Gris azulado

38-42

Demasiado blando para resortes, pierde elasticidad

El revenido para resortes se realiza a 280-310 °C durante 1-2 horas. En un horno de cocina doméstico se puede controlar esta temperatura con termómetro. Sin horno, el método tradicional es pulir la pieza templada y calentarla suavemente observando los colores de oxidación: cuando la superficie alcanza un azul oscuro uniforme, retirar del calor y dejar enfriar al aire. El color azul corresponde a una capa de óxido de unos 75 nm de espesor que solo se forma a ~300 °C.

Para resortes que deben soportar muchos ciclos de fatiga (miles a millones), se recomienda un segundo revenido a la misma temperatura: templear → revenido 1h a 300 °C → enfriar → revenido 1h a 300 °C. El doble revenido transforma la austenita retenida que no se convirtió en martensita durante el temple y reduce las tensiones internas residuales.

Forja de resortes: tipos y técnicas de conformado

El conformado del resorte se realiza siempre antes del tratamiento térmico, cuando el acero está en estado recocido (blando). Después del temple y revenido no se debe deformar el resorte en frío más allá de su límite elástico.

Resorte de lámina (muelle plano): La forma más simple. Se forja a partir de pletina, afinando los extremos si se necesita progresividad. Las hojas de ballesta de vehículo son resortes de lámina curvados. Para fabricar uno, forjar la pletina a la curvatura deseada (en caliente), normalizar, templear y revenido a azul. El espesor y la longitud determinan la constante elástica: más fino y largo = más blando.

Resorte helicoidal de compresión: Se fabrica enrollando alambre o varilla de acero de resorte en caliente alrededor de un mandril cilíndrico del diámetro interior deseado. El paso (distancia entre espiras) debe ser uniforme. Las espiras de los extremos se cierran (aplanan) para crear superficies de asiento planas. Después del conformado: normalizar, templear (en aceite para 5160) y revenido a 300 °C.

Resorte helicoidal de tracción: Similar al de compresión pero con las espiras juntas (tocándose). Los extremos se forman en ganchos u ojales para sujeción. Trabaja estirándose y volviendo a su longitud natural. Los ganchos son el punto débil: deben tener radios de curvatura generosos (mínimo 2× el diámetro del alambre) para evitar concentración de tensiones.

Resorte de torsión: Helicoidal con extremos rectos que actúan como brazos de palanca. Trabaja resistiendo la torsión (como la pinza de la ropa). Usado en bisagras con retorno automático, mecanismos de gatillo y trampas. Se enrolla igual que el de compresión pero con brazos tangenciales en los extremos.

Precaución: Un resorte que se rompe libera toda su energía almacenada de forma instantánea. Los fragmentos salen disparados a alta velocidad. Siempre usar protección ocular y facial al probar resortes nuevos bajo carga. Probar incrementando la carga gradualmente, nunca aplicar la carga máxima de golpe.

⚠ Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.