

CALMAX

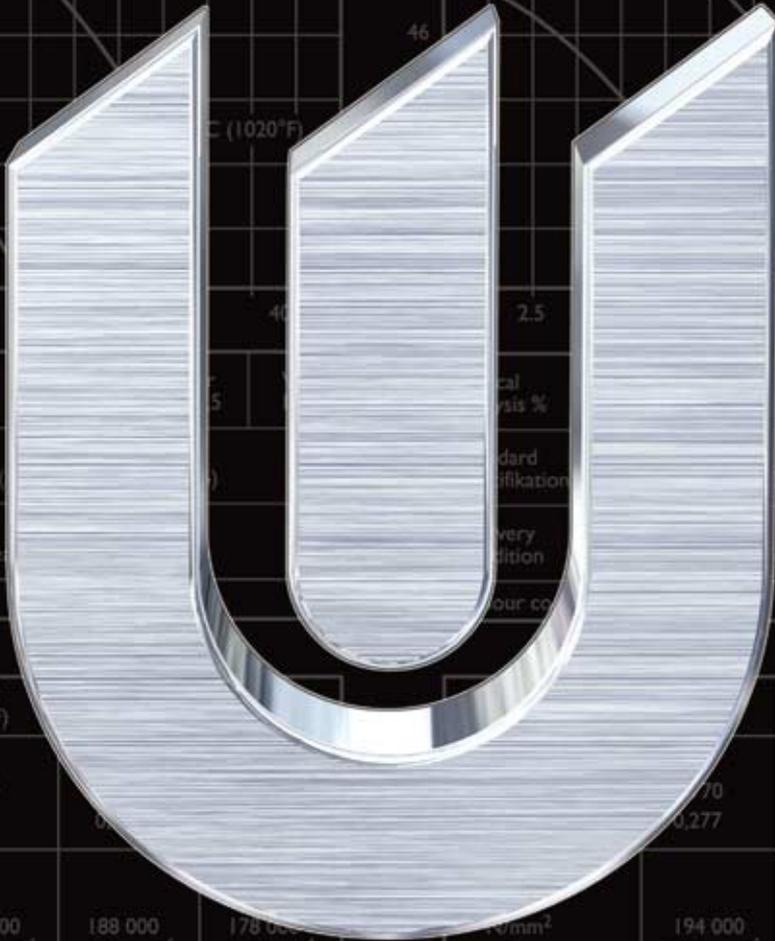
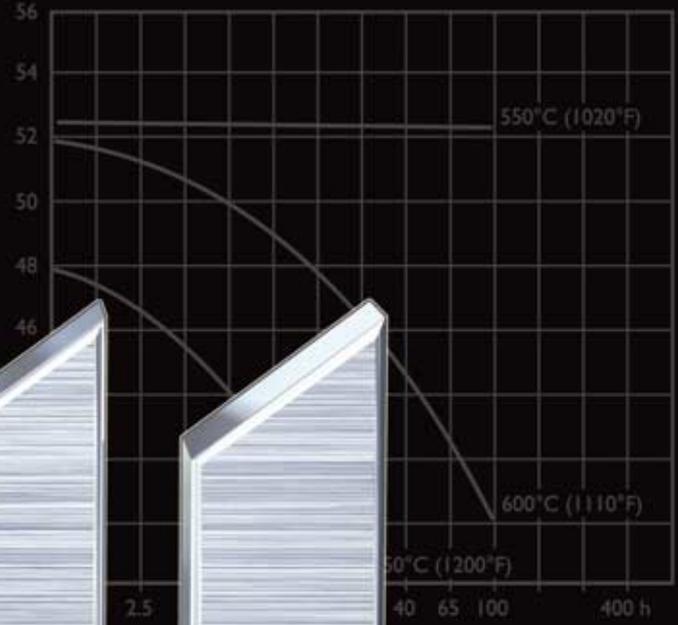
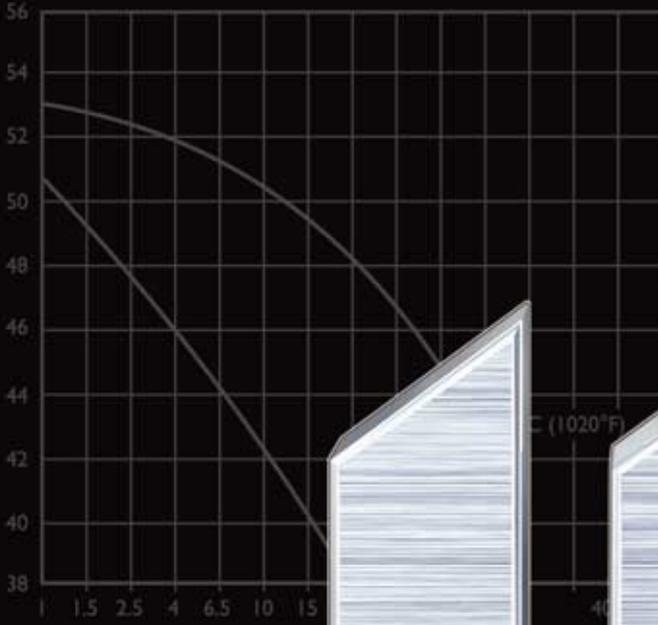
Acero para trabajo en frío

COLD WORK

PLASTIC MOULDING

HOT WORK

HIGH PERFORMANCE STEEL



Typical analysis %	C 2,05	Mn 0,8	Cr 4,5	W 0,2
Standard specification	AISI D6, ()	D3) (W.Nr. 1.2796)		
Delivery condition	Soft annealed	to approx. 200 HB		
Colour code	Red	our co		

Temperature	20°C (68°F)	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m ³ lbs/m ³	7 770 0,281	7 700 0,277	7 650 0,275
Modulus of elasticity N/mm ² psi	194 000 28,1 × 10 ⁶	188 000 27,3 × 10 ⁶	173 000 25,1 × 10 ⁶
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	to 100°C 11,7 × 10 ⁻⁶ to 212°F 6,5 × 10 ⁻⁶	to 200°C 12 × 10 ⁻⁶ to 400°F 6,7 × 10 ⁻⁶	to 400°C 13,0 × 10 ⁻⁶ to 750°F 7,3 × 10 ⁻⁶
Thermal conductivity W/m °C Btu in (ft ² h°F)	-	27 187	32 221
Specific heat K/kg °C Btu/lbs °F	455 0,109	525 0,126	608 0,145

Generalidades

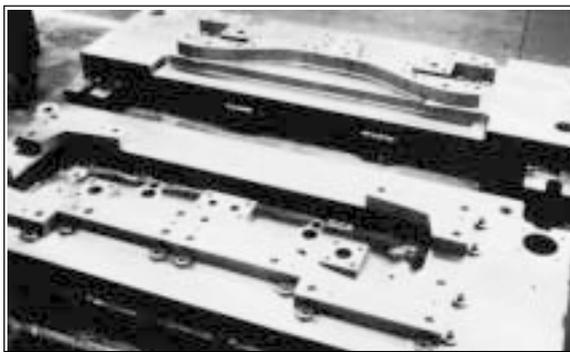
CALMAX es un acero aleado al cromo-molibdeno-vanadio que se caracteriza por:

- Alta tenacidad
- Buena resistencia al desgaste
- Buenas propiedades de temple
- Buena estabilidad dimensional durante el temple
- Buena pulibilidad
- Buena capacidad de soldadura
- Buena aptitud de temple a la llama y por inducción.

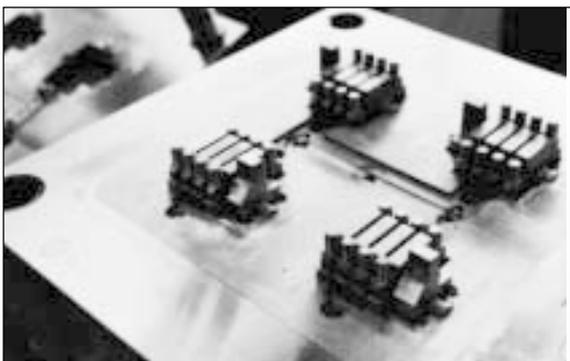
Análisis típico %	C 0,6	Si 0,35	Mn 0,8	Cr 4,5	Mo 0,5	V 0,2
Estado de suministro	Recocido blando aprox. a 200 HB					
Código de color	Blanco/violeta					

Aplicaciones

CALMAX es un acero adecuado para aplicaciones de plástico y trabajo en frío. Ver información más amplia en página 7.



Matriz típica de estampación donde puede utilizarse CALMAX ya que se requiere alta tenacidad.



Molde para la fabricación de componentes eléctricos. En este caso CALMAX sería la elección adecuada puesto que es necesaria alta resistencia al desgaste.

Propiedades

CARACTERISTICAS FISICAS

Temperatura	20°C	200°C	400°C
Densidad kg/m ³	7770	7720	7650
Módulo de elasticidad N/mm ²	194 000	188 000	178 000
Coefficiente de expansión térmica por °C a partir de 20°C	- 100°C 11,7 x 10 ⁻⁶	- 200°C 12,0 x 10 ⁻⁶	- 400°C 13,0 x 10 ⁻⁶
Conductividad térmica W/m °C	-	27	32
Calor específico J/kg°C	455	525	608

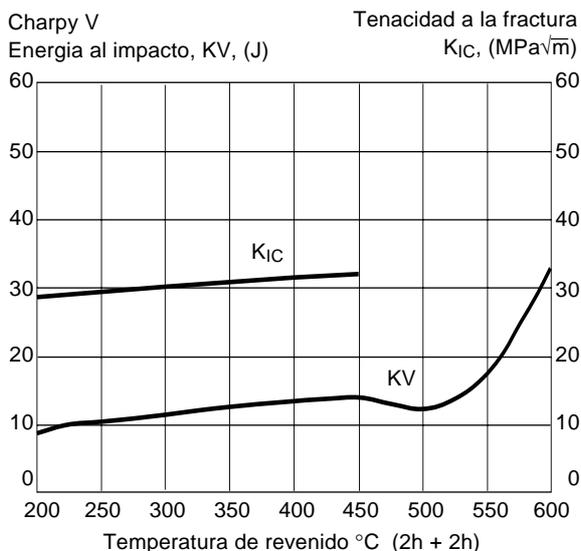
RESISTENCIA A LA COMPRESION

Valores aproximados a temperatura ambiente.

Dureza HRC	R _{cm} N/mm ²	R _{c0,2} N/mm ²
56	2300	1900
58	2500	2000
60	2700	2100

RESISTENCIA AL IMPACTO

Valores aproximados a temperatura ambiente para diferentes temperaturas de revenido. Enfriamiento al aire. Revenido 2 veces.



Los datos en este impreso están basados en nuestros conocimientos actuales, y tienen por objeto de dar una información general sobre nuestros productos y sus campos de aplicación. Por lo que no se debe considerar que sean una garantía de que los productos descritos tienen ciertas características o que sirven para objetivos especiales.

Tratamiento térmico

RECOCIDO BLANDO

Proteger el acero y calentar en toda su masa a 860°C, tiempo de mantenimiento 2 horas. Enfriar en horno a 20°C por hora hasta 770°C, luego 10°C por hora hasta alcanzar los 650°C y después libremente al aire.

LIBERACION DE TENSIONES/ESTABILIZADO

Después del mecanizado de desbaste la herramienta deberá calentarse en toda su masa hasta 650°C, tiempo de mantenimiento de la temperatura 2 horas. Enfriar lentamente hasta alcanzar los 500°C, luego libremente al aire.

TEMPLE

Pre calentamiento: 600–750°C.
Temperatura de austenización: 950–970°C, normalmente 960°C.

Temperatura °C	Tiempo de mantenimiento* minutos	Dureza HRC
950	30	62
960	30	63
970	30	64

*) Tiempo de mantenimiento = tiempo a temperatura de austenización una vez la herramienta haya sido calentada en toda su masa.

Proteger la herramienta contra la decarburación y oxidación durante el temple.

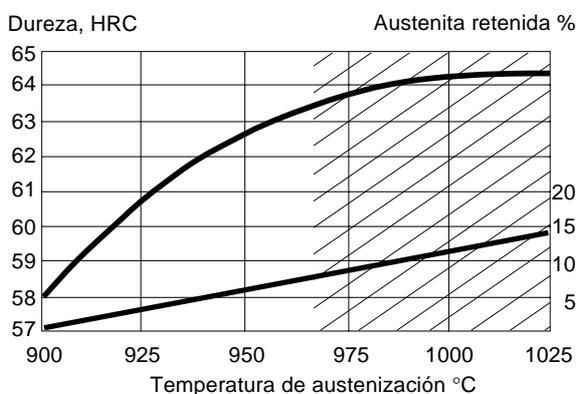
MEDIOS DE ENFRIAMIENTO

- Aire forzado/gas
- Horno de vacío con sobrepresión
- Baño de martemple o lecho fluidizado a 200–550°C seguido de enfriamiento con aire forzado
- Aceite.

Nota 1: El enfriamiento con aceite aumenta el riesgo de cambios dimensionales y fisuras.

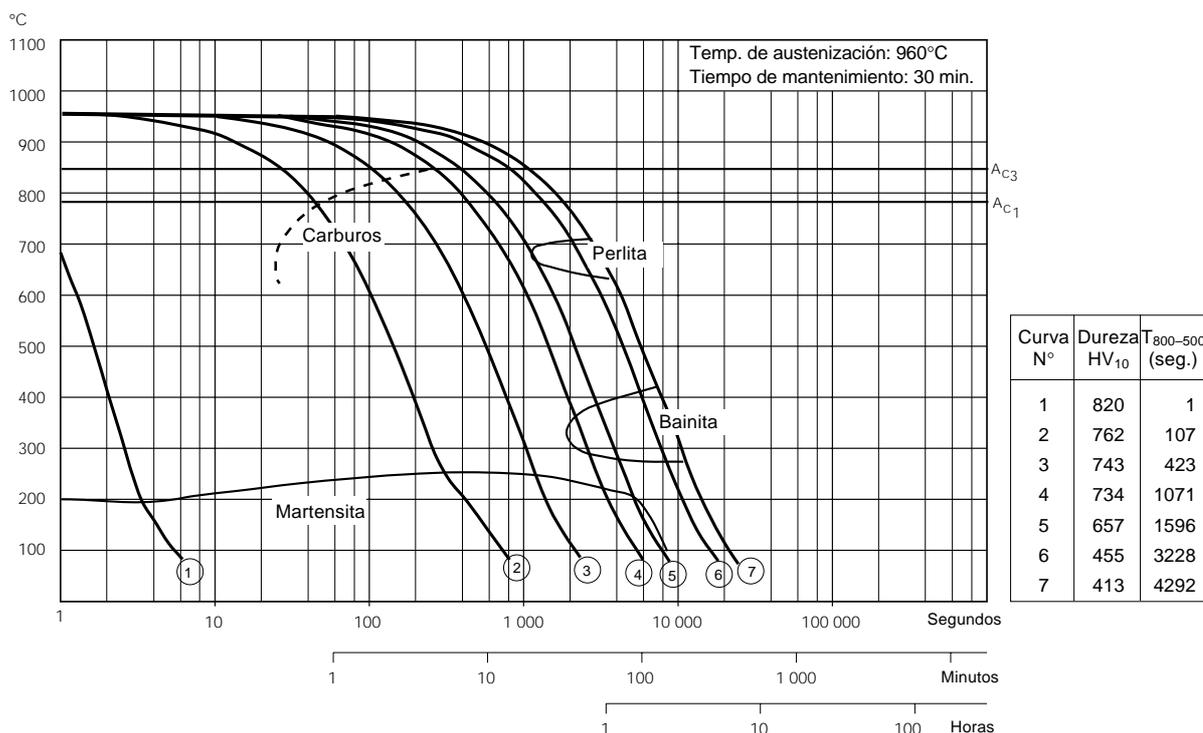
Nota 2: Revenir inmediatamente una vez la herramienta alcance 50–70°C.

Dureza e austenita retenida en función de la temperatura de austenización



⚠ Riesgo de crecimiento de grano puede causar baja tenacidad.

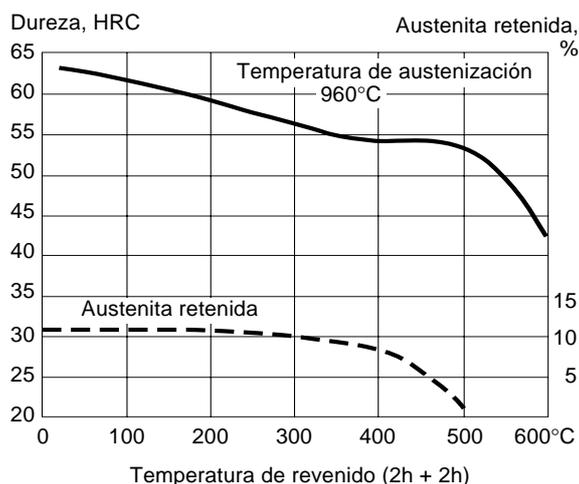
Gráfico CCT



REVENIDO

Elegir la temperatura de revenido de acuerdo con la dureza requerida con referencia al gráfico de revenido. Revenir dos veces con un enfriamiento a temperatura ambiente inmediato. La temperatura de revenido más baja es de 180°C. Tiempo mínimo de mantenimiento a temperatura 2 horas.

Gráfico de revenido



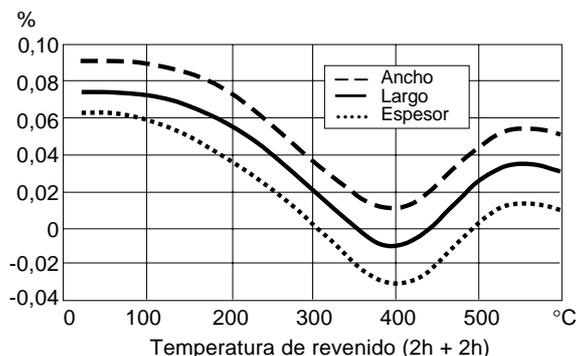
CAMBIOS DIMENSIONALES

Los cambios dimensionales durante el temple y revenido varían dependiendo de la temperatura, equipo utilizado y medios de enfriamiento empleados durante el proceso de tratamiento térmico.

El tamaño y la forma geométrica de la herramienta juegan también un papel importante.

Por tanto, la herramienta deberá fabricarse siempre con una tolerancia de trabajo suficiente a fin de compensar una posible distorsión. Utilice 0,20% como guía para CALMAX. Un ejemplo de cambios dimensionales para una placa de 100 x 100 x 10 mm, templada y revenida bajo condiciones óptimas se muestra en el gráfico interior.

Temple: 960°C/30 min./aire.



TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

A algunos utillajes se les aplica un tratamiento de superficies a fin de reducir la fricción e incrementar la resistencia al desgaste de éstos. Los tratamientos utilizados más comúnmente son la nitruración y el recubrimiento de superficies con capas resistentes al desgaste de carburo de titanio y nitruro de titanio (CVD, PVD).

Dos procesos de nitruración muy utilizados son la nitruración iónica y la nitruración gaseosa. La nitruración iónica se realiza normalmente a una temperatura más baja que la nitruración gaseosa, y es por tanto el método más adecuado para CALMAX cuando se requiere una dureza del sustrato de ≥ 54 HRC.

Proceso de nitruración	Temp. °C	Tiempo h	Profundidad de capa μm	Dureza sustrato HRC	Dureza de la capa HV
Iónica	465*	18	200	54	1075
Gaseoso	510*	12	200	52	1075

* La temperatura de nitruración utilizada debería ser 15–25°C inferior a la utilizada previamente en el revenido.

Una capa gruesa reduce considerablemente la tenacidad del utillaje. La profundidad de la capa, la cual puede controlarse mediante el tiempo de nitruración, debería seleccionarse de acuerdo con cada aplicación a realizar.

CALMAX puede recubrirse también con el proceso CVD, pero la temperatura de deposición no debería exceder los 960°C. La herramienta debería retemplarse después de ser recubierta.

Los recubrimientos PVD pueden aplicarse a temperaturas entre los 200°C y los 500°C. Si se utilizan 200°C, la dureza del sustrato de CALMAX será más alta que la obtenida mediante una temperatura de deposición de 500°C. Aunque la adherencia del recubrimiento sobre el acero es mejor si se utiliza una temperatura de deposición de 500°C. La temperatura de deposición para PVD debería ser de unos 20°C por debajo de la temperatura de revenido utilizada anteriormente.

Recomendaciones de mecanizado

Los datos de corte mostrados a continuación deben ser como guía debiendo ser adaptados a las condiciones específicas existentes.

TORNEADO

Parametros de corte	Torneado con metal duro		Torneado con acero rápido
	Torneado de desbaste	Torneado fino	Torneado fino
Velocidad de corte (v_c) m/min.	150–200	200–250	20–25
Avance (f) mm/r	0,2–0,4	0,05–0,2	0,05–0,3
Profundidad de corte (a_p) mm	2–4	0,5–2	0,5–3
Mecanizado grupo ISO	P20–P30 Metal duro revestido	P10 Metal duro revestido o Cermet	–

FRESADO

Fresado frontal y axial

Parametros	Fresado con metal duro	
	Fresado desbaste	Fresado fino
Velocidad de corte (v_c) m/min.	160–240	220–280
Avance (f_z) mm/diente	0,2–0,4	0,1–0,2
Profundidad de corte (a_p) mm	2–5	–2
Mecanizado grupo ISO	P20–P40 Metal duro revestido	P10–P20 Metal duro revestido o Cermet

Fresado de acabado

Parametros de corte	Tipo de fresa		
	Metal duro integral	Insertado metal duro	Acero rápido
Velocidad de corte (v_c) m/min.	120–150	150–200	40–45 ¹⁾
Avance (f_z) mm/diente	0,006–0,20 ²⁾	0,06–0,20 ²⁾	0,01–0,35 ²⁾
Mecanizado grupo ISO	–	P15–P40 Metal duro revestido	–

¹⁾ Para fresas de acero rápido recubiertos $v_c \approx 55$ m/min.

²⁾ Dependiendo del la profundidad de corte radial y del diámetro de la fresa.

TALADRADO

Taladrado con brocas de acero rápido

Diámetro de la broca \varnothing mm	Velocidad de corte (v_c) m/min.	Avance (f) mm/r
–5	14*	0,05–0,10
5–10	14*	0,10–0,20
10–15	14*	0,20–0,25
15–20	14*	0,25–0,30

* Para brocas de acero rápido recubiertos $v_c \sim 23$ m/min.

Taladrado con brocas de metal duro

Parametros de corte	Tipo de broca		
	Metal duro solido	Metal duro insertado	Taladro con canales de refrigeración ¹⁾
Velocidad de corte (v_c) m/min.	120–150	210–230	70–100
Avance (f) mm/r	0,10–0,35 ²⁾	0,03–0,12 ²⁾	0,15–0,40 ²⁾

¹⁾ Brocas con canales de refrigeración interna y plaqueta de metal duro.

²⁾ Dependiendo del diámetro de la broca.

RECTIFICADO

A continuación damos unas recomendaciones generales para rectificado. Pueden obtener más información en el catálogo de Uddeholm «Rectificado de Acero para Herramientas».

Tipo de rectificado	Muelas recomendadas	
	Estado recocido blando	Estado templado
Rectificado frontal	A 46 HV	A 46 GV
Rectificado frontal por segmentos	A 24 GV	A 36 GV
Rectificado cilíndrico	A 46 LV	A 60 KV
Rectificado interno	A 46 JV	A 60 JV
Rectificado de perfil	A 100 LV	A 120 JV

Soldadura

Se pueden obtener buenos resultados al soldar CALMAX si se toman las precauciones necesarias:

1. Mantener la longitud del arco lo más corta posible. El electrodo deberá colocarse en un ángulo de 90° a los lados de la junta a fin de minimizar la indentación. Por otra parte, el electrodo deberá mantenerse en un ángulo de 75–80° en dirección de avance.
2. Para reparaciones importantes, realizar los cordones iniciales con un material de soldadura blando. Efectuar las dos primeras capas con el mismo diámetro de electrodo y la misma corriente.
3. Las reparaciones grandes deberán realizarse a temperatura elevada.
4. Las uniones deberán prepararse de forma adecuada.

Recomendaciones para soldadura TIG

Consumibles	Dureza durante soldadura	Dureza después del nuevo temple	Temperatura precalentamiento
UTPA 73G2	53–56 HRC	51 HRC	} 200–250°C
UTPA 67S	55–58 HRC	52 HRC	
CastoTig 5*	60–64 HRC		
CALMAX/CARMO			
TIG WELD	58–61 HRC	58–61 HRC	

*) No deberá utilizarse Casto Tig 5 para más de 4 cordones debido a un aumento del riesgo de fisuras.

Recomendaciones para soldadura MMA

Consumibles	Dureza durante soldadura	Dureza después del nuevo temple	Temperatura precalentamiento
ESAB OK 84.52	53–54 HRC	49 HRC	} 200–250°C
UTP 67S	55–58 HRC	52 HRC	
CITODUR 600B	57–60 HRC	53–54 HRC	
Fontargen E 711	57–60 HRC	53–54 HRC	
CALMAX/CARMO			
WELD	58–61 HRC	58–61 HRC	

TRATAMIENTO TERMICO DESPUES DE SOLDADURA

Estado templado

Revenir a 10–20°C por debajo de la temperatura original de revenido.

Estado recocido blando

Calentar en toda su masa a 860°C en atmósfera protegida. Enfriar en horno a 10°C/h hasta alcanzar los 650°C, luego libremente al aire. Para más información sobre soldadura de acero para herramientas consulte el catálogo de Uddeholm «Soldadura de Acero para Herramientas».

Aplicaciones de trabajo en frío

AREAS TIPICAS DE APLICACION

- Corte y conformado en general
- Corte y conformado de chapa gruesa
- Embutición profunda
- Acuñaado
- Matrices de extrusión en frío de geometría complicada
- Rodillos
- Cizallas
- Prototipos.

ACEROS TRADICIONALES DE ESTAMPACION

La mayoría de las matrices de estampación que se utilizan en la actualidad se fabrican con los aceros tradicionales tipo AISI O1, A2, D2 (1.2379), D3 o D6.

Estos tipos de acero ofrecen una aparentemente adecuada resistencia al desgaste y sus niveles de dureza se adaptan a la mayoría de las aplicaciones. La pobre tenacidad, la templabilidad y la soldabilidad a la llama y por inducción de éstas calidades resultan normalmente en una baja productividad y en altos costos de mantenimiento debido a un posible fallo inesperado de la matriz. Por ésta razón, hemos desarrollado CALMAX, el nuevo tipo de acero para matrices de corte y estampación.

CALMAX ha sido creado con la finalidad de asegurar una economía en la herramienta, es decir reducir a un mínimo los costos de ésta por pieza fabricada.

DEMANDAS ACTUALES

La industria de la matricería ha experimentado cambios considerables durante las últimas décadas. Se ha comercializado el fleje de acero inoxidable y recubierto y han aparecido las prensas de alta velocidad. Además, a éstos avances tecnológicos debemos añadir la fabricación denominada «Just in Time» (JIT), el avance hacia un aumento de productividad y la garantía de la vida de la herramienta. Los aceros para corte y estampación tradicionales todavía son especificados y seleccionados de forma rutinaria pero a menudo, su rendimiento y productividad son bajos.

El perfil equilibrado de propiedades de CALMAX se adapta a la perfección a los modernos materiales de trabajo y métodos de fabricación. CALMAX ofrece un alto grado de seguridad, lo cual es esencial para un óptimo rendimiento de la herramienta y una máxima productividad.

RESISTENCIA A LOS MECANISMOS DE FALLO

Calidad de acero Uddeholm	Des-gaste abrasivo	Des-gaste adhesivo	Mella-duras	Grandes roturas	Deformación
CALMAX	■	■	■	■	■
ARNE	■	■	■	■	■
SVERKER 21	■	■	■	■	■
SVERKER 3	■	■	■	■	■
RIGOR	■	■	■	■	■
SLEIPNER	■	■	■	■	■

Aplicaciones en moldeado de plásticos

AREAS TÍPICAS DE APLICACION

- Moldes para largas series de producción
- Moldes para plásticos reforzados
- Moldes para moldeado por compresión.

La excelente combinación de tenacidad y resistencia al desgaste hacen de CALMAX un material especialmente adecuado para distintas aplicaciones en moldeado de plásticos. Los moldes realizados con CALMAX contarán con una buena resistencia a la abrasión y una vida de producción larga y fiable.



SOLDADURA

Para obtener buenos resultados después del pulido o grabado deberán utilizarse consumibles con la misma composición que el acero del molde, es decir consumibles de CALMAX/CARMO.

FOTOGRAFADO Y PULIDO

CALMAX cuenta con una estructura muy homogénea. Ello, juntamente con su bajo contenido en inclusiones no metálicas (gracias al proceso de desgasificación al vacío durante el período de fabricación del material), asegura una reproducción precisa y una estructura consistente después de realizar la operación de fotograbado, además de una superficie muy buena después del pulido. Para obtener mejores resultados en el fotograbado debe utilizarse un medio adecuado para aceros al Cromo de alta aleación.

TABLA COMPARATIVA DE PROPIEDADES

Calidad de acero Uddeholm	Resistencia al desgaste	Tenacidad	Pulibilidad
CALMAX	■	■	■
GRANE	■	■	■
ORVAR SUPREME	■	■	■
RIGOR	■	■	■

Información adicional

Puede contactar con la oficina local de Uddeholm a fin de obtener más información sobre la selección, tratamiento térmico, aplicación y disponibilidad de los aceros para herramientas de Uddeholm, incluyendo las publicaciones «Acero para Moldes» y «Acero para Utillajes de Estampación».