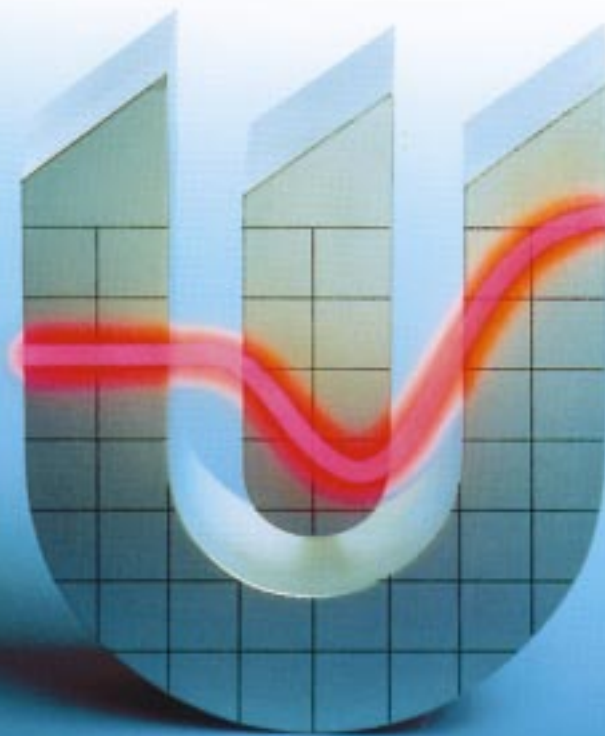




HOTVAR[®]

Acero para trabajo en caliente



UDDEHOLM

Wherever tools are made
Wherever tools are used

Información general

HOTVAR es un acero para utillajes aleado al molibdeno-vanadio de alto rendimiento para trabajo en caliente que se caracteriza por:

- Alta resistencia en caliente
- Muy buenas propiedades a altas temperaturas
- Alta resistencia a la fatiga térmica
- Muy buena resistencia al revenido
- Muy buena conductividad térmica.

Análisis típico %	C 0,55	Si 1,0	Mn 0,75	Cr 2,6	Mo 2,25	V 0,85
Especificación standard	Ninguna					
Estado de suministro	Recocido blando a aprox. 210 HB					
Código de color	Rojo/Marrón					

MEJORA DEL RENDIMIENTO DEL UTILLAJE

HOTVAR es un acero especial de alta gama para trabajo en caliente, desarrollado por Uddeholm con la finalidad de proporcionar un alto rendimiento en utillajes que deban trabajar a una temperatura superior a 650°C. Los elementos de aleación en *HOTVAR* están equilibrados a fin de aportar una alta resistencia al desgaste en caliente y buenas propiedades a altas temperaturas. *HOTVAR* es fabricado mediante unas técnicas especiales.

Aplicaciones

HOTVAR es un acero para trabajo en caliente adecuado especialmente en aquellas aplicaciones en las que el desgaste en caliente y/o la deformación plástica son los mecanismos de fallo dominantes.

Aplicaciones y utillajes de especial interés:

- Forja en caliente, matrices y punzones
- Forja para laminación, piezas de laminación
- Forja orbital, punzones y matrices
- Forja de martillo, utillajes de sujeción
- Forja progresiva, moldes
- Matrices para laminación axial cerrada
- Segmentos para conformado
- Utillajes para doblado en caliente
- Utillajes para calibrado en caliente
- Moldes para fundición inyectada de Zinc
- Extrusión de tubo de aluminio

El nivel de dureza recomendada es de 54–58 HRC. Para mejorar la resistencia al desgaste, los utillajes pueden ser nitrurados por plasma o nitrocarbureados.

Propiedades

Todas las probetas han sido tomadas del centro de una barra de Diam. 115 mm. Excepto si se indica de forma concreta, todas las probetas se han templado a 1050°C, refrigeradas al aire y revenidas 2 + 2 horas a 575°C a una dureza correspondiente a 56 HRC.

CARACTERISTICAS FISICAS

Datos obtenidos a temperatura ambiente y a altas temperaturas.

Temperatura	20°C	400°C	600°C
Densidad kg/m ³	7800	7700	7600
Módulo de elasticidad MPa	210 000	180 000	140 000
Coefficiente de expansión térmica por °C a partir de 20°C	–	12,6 x 10 ⁻⁶	13,2 x 10 ⁻⁶
Conductividad térmica W/m °C	31	33	33

CARACTERISTICAS MECANICAS

Resistencia a la tensión aproximada a temperatura ambiente.

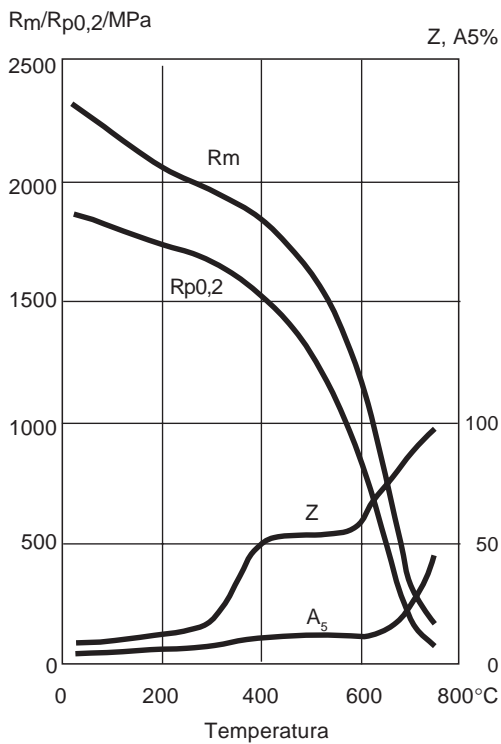
Dureza	54 HRC	56 HRC	58 HRC
Resistencia a la tensión, R _m	2 100 MPa	2 200 MPa	2 300 MPa
Límite de elasticidad, R _{p0,2}	1 800 MPa	1 820 MPa	1 850 MPa



Matrices para laminación axial cerrada.

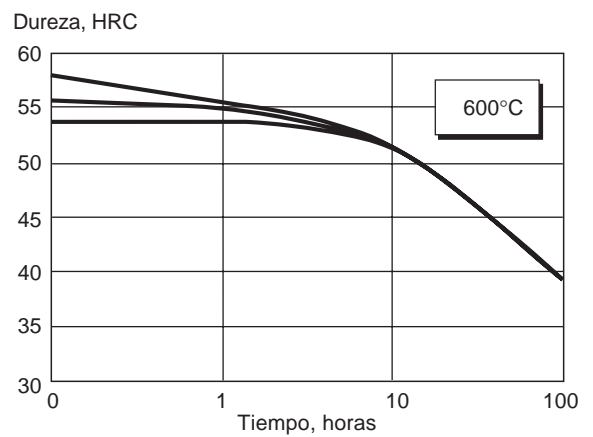
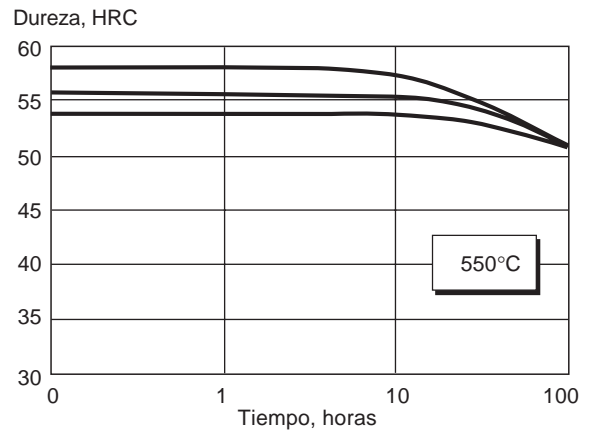
Resistencia en caliente

Resistencia en caliente en sentido longitudinal.



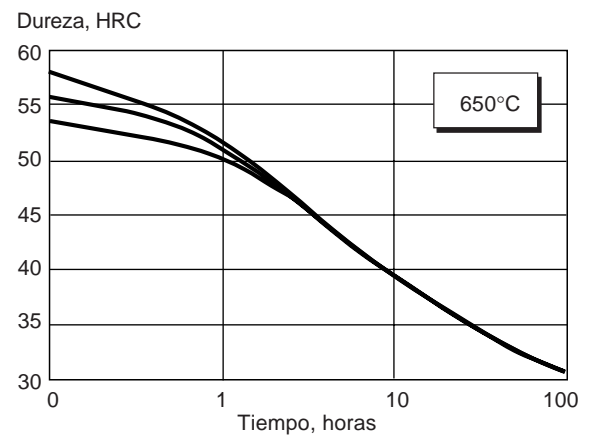
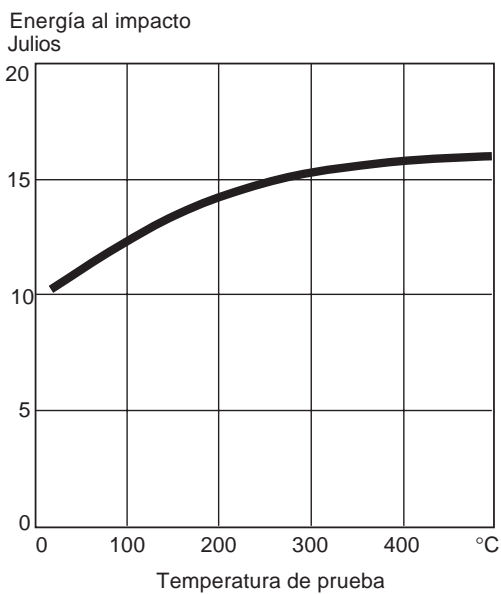
Efecto del tiempo a alta temperatura sobre la dureza

La pérdida de dureza a altas temperaturas y los distintos tiempos de mantenimiento se muestran en la figura inferior. Las probetas han sido primero templadas y revenidas a 54, 56 y 58 HRC.



Efecto de la temperatura de prueba sobre la energía al impacto

Probetas Charpy-V, sentido transversal.



Tratamiento térmico – recomendaciones generales

RECOCIDO BLANDO

Proteger el acero y calentar en toda su masa a 820°C. Enfriar luego en el horno a 10°C por hora hasta alcanzar los 600°C, después libremente al aire.

LIBERACION DE TENSIONES – ESTABILIZADO

Una vez realizado el mecanizado de desbaste el utillaje deberá calentarse en toda su masa a 650°C, tiempo de mantenimiento 2 horas. Enfriar lentamente hasta 350°C, luego libremente al aire.

TEMPLE

Temperatura de precalentamiento: primera etapa a 480–600°C, segunda etapa a 850°C.

Temperatura de austenización: 1050–1070°C, normalmente 1050°C, pero cuando se requiera una máxima dureza la temperatura más usual es 1070°C.

Temperatura °C	Tiempo de inmersión* minutos	Dureza antes de revenido para Ø 25 mm	
		Aceite	Aire
1050	30	61 ±1	59 ±1
1070	20	62 ±1	60 ±1

* Tiempo de inmersión = tiempo a temperatura de temple una vez el utillaje ha sido calentado en toda su masa

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

MEDIOS DE ENFRIAMIENTO

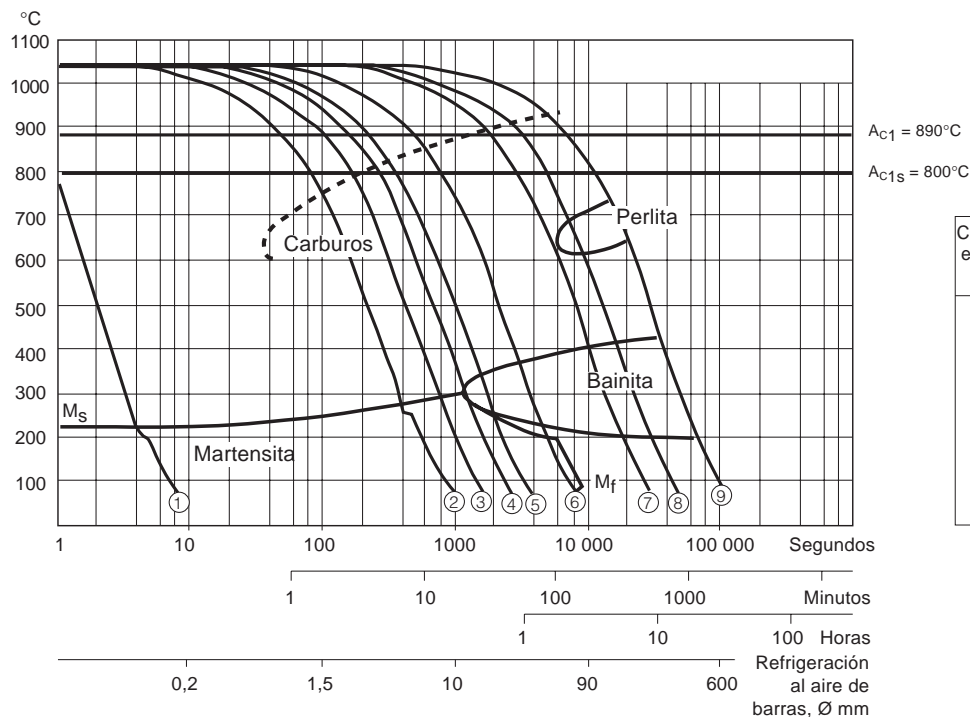
- Gas a alta velocidad / atmósfera circulante
- Vacío (gas a alta velocidad con suficiente presión positiva)
- Baño de martemple o lecho fluidizado a aprox. 180–220°C.
- Aceite caliente, a unos 80°C.

Nota 1: Revenir el utillaje tan pronto su temperatura alcance los 50–70°C.

Nota 2: A fin de obtener las propiedades óptimas del utillaje, el nivel de enfriamiento deberá ser rápido pero no a un nivel que pueda ocasionar distorsión excesiva o grietas.

Gráfico CCT

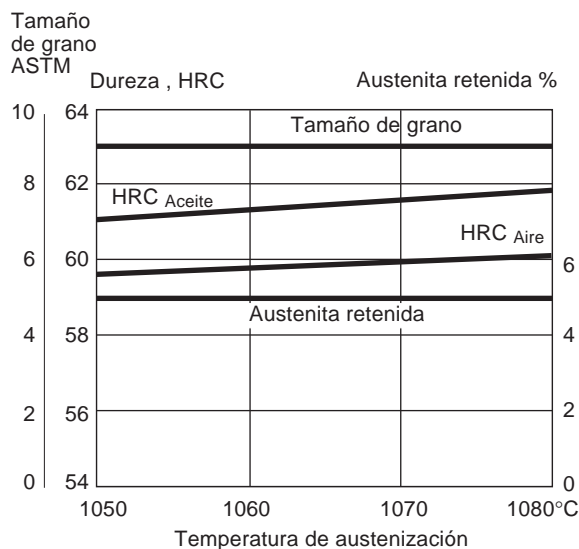
Temperatura de austenización 1050°C. Tiempo de mantenimiento 30 minutos.



Curva de enfriam. N.	Dureza HV ₁₀	T ₈₀₀₋₅₀₀ (sec)
1	772	1
2	734	140
3	715	280
4	707	450
5	690	630
6	548	1390
7	473	5215
8	464	8360
9	351	19400

Dureza, tamaño de grano y austenita retenida en función de la temperatura de austenización.

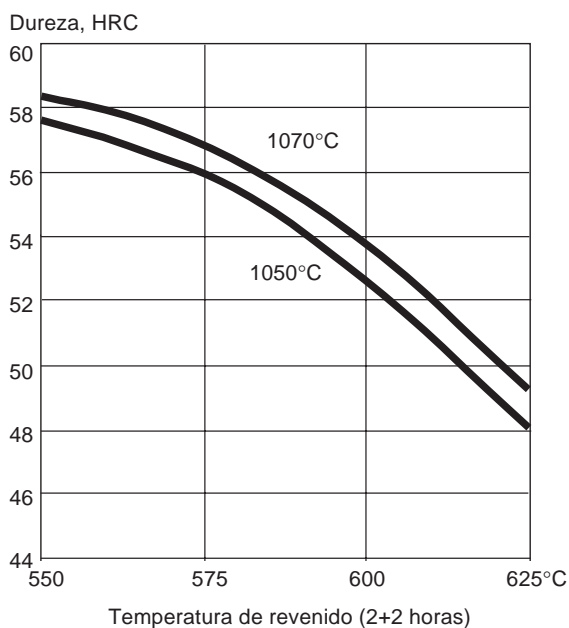
Probetas Ø 25 mm.



REVENIDO

Seleccionar la temperatura de revenido de acuerdo con la dureza solicitada empleando como guía el gráfico de revenido. Revenir como mínimo dos veces con un enfriamiento intermedio a temperatura ambiente. Tiempo mínimo de mantenimiento a la temperatura, 2 horas.

Gráfico de revenido



Revenido a 250°C. 2 + 2 horas aporta una dureza de 56–58 HRC

CAMBIOS DIMENSIONALES DURANTE EL TEMPLE Y REVENIDO

Durante el temple y revenido el utillaje se expone a tensiones térmicas y de transformación. Ello resultará de forma inevitable en cambios dimensionales y en el peor de los casos en distorsión. Por tanto es recomendable dejar siempre una tolerancia de mecanizado después de realizarse éste y antes de templar y revenir el molde. Normalmente la medida en el sentido más largo se reducirá, y la medida en el sentido más corto podría aumentar, pero esto va directamente en consonancia con las medidas del molde, su diseño y el modo de enfriamiento después del temple.

Para *HOTVAR* recomendamos dejar una tolerancia de mecanizado del 0,4 por ciento de la dimensión, en largo, ancho y espesor.

NITRURACION Y NITROCARBURACION

La nitruración y la nitrocarburation resultan en una capa dura en la superficie que es muy resistente al desgaste y a la erosión. La capa nitrurada es, de todas formas, frágil y puede agrietarse o astillarse al ser expuesta a choques mecánicos o térmicos, el riesgo aumenta con el espesor de la capa. Antes de nitrurar, el utillaje debe ser templado y revenido a una temperatura al menos 50°C por encima de la temperatura de nitrurado.

En general, la nitruración por plasma es el método más utilizado puesto que puede tenerse mejor control sobre el nitrógeno potencial. Una nitruración por plasma a 480°C en una mezcla al 75 % de hidrógeno/25 % de nitrógeno resulta en una dureza en la superficie de aproximadamente unos 1 000 HV_{0,2}.

HOTVAR puede también nitrocarburearse tanto en gas como en baño de sales. La dureza en la superficie después de aplicar la nitrocarburation es de aproximadamente 900 HV_{0,2}.

PROFUNDIDAD DE NITRURADO

Proceso	Tiempo ore	Profundidad mm
Nitruración por plasma a 480°C	10	0,18
	30	0,27
Nitrocarburation		
	– en gas a 580°C	2,5
– en baño de sales a 580°C	1	0,13

Deberá tenerse en cuenta que *HOTVAR* tiene mejor capacidad de nitrurado que el AISI H13. Por éste motivo, los tiempos de nitruración de *HOTVAR* deberán reducirse en relación al H13, de otro modo existe un riesgo considerable de que la profundidad de nitrurado sea demasiado grande.

Recomendaciones de mecanizado

Los parámetros de corte de los cuales informamos a continuación, válidos para *HOTVAR* en estado de recocido blando, deberán considerarse como valores guía, debiendo adaptarse a las condiciones locales existentes. Puede obtenerse información más detallada en la publicación «Recomendaciones de Mecanizado».

TORNEADO

Parámetros de corte	Torneado con metal duro		Torneado con acero rápido
	Torneado de desbaste	Torneado fino	Torneado fino
Velocidad de corte, (v_c) m/min.	140–160	160–180	
Avance, (f) mm/r	0,3–0,6	–0,3	–0,3
Profundidad de corte, (a_p) mm	2–6	–2	–2
Designación ISO	P20–P30 Carburo revestido	P10 Carburo revestido o cermet	–

TALADRADO

Taladrado con brocas espirales de acero rápido

Diámetro de la broca, mm	Velocidad de corte (v_c), m/min.	Avance (f) mm/r
–5	14*	0,08–0,20
5–10	14*	0,20–0,30
10–15	14*	0,30–0,35
15–20	14*	0,35–0,40

* Para brocas de acero rápido con recubrimiento $v_c \sim 20$ m/min.

Taladrado con brocas de metal duro

Parámetros de corte	Tipo de broca		
	Metal duro insertado	Metal duro sólido	Broca con refrigeración ¹⁾
Velocidad de corte, (v_c) m/min.	160–200	65	55
Avance, (f) mm/r	0,05–0,25 ²⁾	0,10–0,25 ²⁾	0,15–0,25 ²⁾

¹⁾ Broca con canales de refrigeración interna

²⁾ Dependiendo del diámetro de la broca

FRESADO

Fresado frontal y axial

Parámetros de corte	Fresado con metal duro		Fresado con acero rápido
	Fresado de desbaste	Fresado fino	Fresado fino
Velocidad de corte (v_c) m/min.	140–180	180–220	80
Avance, (f_z) mm/diente	0,2–0,4	0,1–0,2	–0,1
Profundidad de corte (a_p) mm	2–5	–2	–2
Designación ISO	P20–P40 Carburo revestido	P10 Carburo revestido o cermet	–

Fresado de acabado

Parámetros de corte	Tipo de fresa		
	Metal duro	Metal duro insertado	Acero rápido
Velocidad de corte, (v_c) m/min.	65	120–160	25 ¹⁾
Avance, (f_z), mm/diente	0,03–0,2 ²⁾	0,08–0,2 ²⁾	0,05–0,35 ²⁾
Designación ISO	K10, P40	P20–P30	–

¹⁾ Para fresas de acero rápido con recubrimiento $v_c \approx 40$ m/min.

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

RECTIFICADO

A continuación ofrecemos unas recomendaciones generales de rectificado. Pueden obtener más información en la publicación de Uddeholm «Rectificado de Acero para Utillajes».

Tipo de rectificado	Estado de recocido blando	Condición templada
Rectificado frontal muela plana	A 46 HV	A 46 GV
Rectificado frontal por segmentos	A 24 GV	A 36 GV
Rectificado cilíndrico	A 46 LV	A 60 JV
Rectificado interno	A 46 JV	A 60 IV
Rectificado de perfil	A 100 LV	A 120 JV

EDM – Mecanizado por electroerosión

Si se realiza la electroerosión en condición de templado y revenido, la capa refundida debería eliminarse de forma mecánica, mediante un rectificado o arenado. Deberá entonces realizarse un revenido adicional al utillaje, aproximadamente a unos 25°C por debajo de la temperatura previa de revenido.

Pueden obtener más información en nuestra publicación de Uddeholm «Mecanizado por Electroerosión de Acero para Utillajes»

Soldadura

Se puede obtener buenos resultados si se toman las precauciones adecuadas durante la operación de soldadura (elevada temperatura de trabajo, preparación de la junta, elección de los consumibles y procedimiento de soldadura)

Método de soldadura	TIG	MMA
Temperatura de trabajo	325–375°C	325–375°C
Material de aportación	QRO 90 TIG-WELD	QRO 90 WELD
Dureza después de soldadura	50–55 HRC	50–55 HRC
Tratamiento térmico después de realizar la soldadura		
Condición templada	Revenir a 20°C por debajo de la temperatura original de revenido.	
Estado recocido blando	Recocer el material a 820°C en atmósfera protegida. Enfriar luego en el horno a 10°C por hora hasta alcanzar los 650°C, luego libremente al aire.	

Más información sobre soldadura en el folleto de Uddeholm «Soldadura de acero para utillajes».

Información adicional

Rogamos contacte con su oficina local de Uddeholm para información más detallada sobre selección, tratamiento térmico, aplicación y disponibilidad de los aceros de Uddeholm.

Los datos en este impreso están basados en nuestros conocimientos actuales, y tienen por objeto 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.