

RIGOR™

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, (A504)	DIN 1.2796 (X3CrNi16-03) (W.Nr. 1.2796)		
Delivery condition	Soft annealed	to approx. 200 HB		
Colour code	Red	Your colour		

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

El *RIGOR* de Uddeholm es un acero de herramientas al cromo-molibdeno-vanadio templado en aire o aceite, que se caracteriza por:

- Buena mecanibilidad
- Alta estabilidad después del temple
- Alta resistencia a la compresión
- Buena templabilidad
- Buena resistencia al desgaste.

Análisis típico %	C 1,0	Si 0,3	Mn 0,6	Cr 5,3	Mo 1,1	V 0,2
Normas equivalentes	F-5227, W.-Nr. 1.2363 AISI A2, (BA2)					
Estado de suministro	Recocido blando hasta aprox. 215 HB					
Código de color	Rojo/verde					

Aplicaciones

El *RIGOR* ocupa un lugar en la gama de acero de herramientas de Uddeholm entre *ARNE* y *SVERKER 21*, ofreciendo una combinación excelente de buena resistencia al desgaste y tenacidad. Por lo tanto, puede considerarse como el acero «universal» para herramientas de trabajos en frío.

En las herramientas de corte la magnífica tenacidad del *RIGOR* reporta una gran resistencia al desconchado de los filos. En muchos casos, las herramientas fabricadas con este acero reportan una mayor rentabilidad que las de acero con altos contenidos de carbono y cromo, del tipo BD3/W.-Nr. 2080. El *RIGOR* tiene unas propiedades de mecanibilidad y rectificabilidad considerablemente mejores.

CORTE

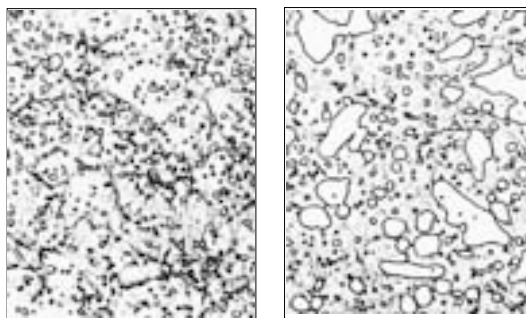
	Espesor del material mm	Dureza HRC
<i>Herramientas para:</i> Troquelado, punzonado, cizallado, desbarbado, tronzado	hasta 3 3-6 6-10	60-62 56-60 54-56
Cisallas cortas para trabajar en frío		56-60
Cuchillas rotatorias para cortar desechos de plástico		56-60
Herramientas de tronzado y desbarbado para piezas de forja	en caliente en frío	58-60 56-58

CONFORMADO

	Dureza HRC
Herramientas para: Doblar, acuñar, embutición profunda, repujado y conformado por estirado	56-62
Troqueles de acuñar en frío	56-60
Laminadores para tubos y laminado de secciones	58-62
Punzones de estampado en frío	58-60
Bloques de estampado	56-60
Calibres, herramientas de medición, carriles de guía, casquillos, manguitos	58-62
Matrices y piezas de troqueles de tabletas y plásticos abrasivos	58-62

Disponibilidad

El *RIGOR* puede suministrarse en varios acabados, incluyendo el laminado en caliente, pre-mecanizado o en acabado definitivo. También puede obtenerse en forma de barras huecas y anillos.



Comparación entre el grano fino del *RIGOR* y el acero del tipo BD3/W.-Nr. 2080 con un alto contenido de carbono y cromo.

Los datos que contiene éste 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 debe considerarse que sea una garantía de que los productos descritos tengan ciertas características o sirvan para objetivos especiales.

Propiedades

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Templado y revenido a 62 HRC.

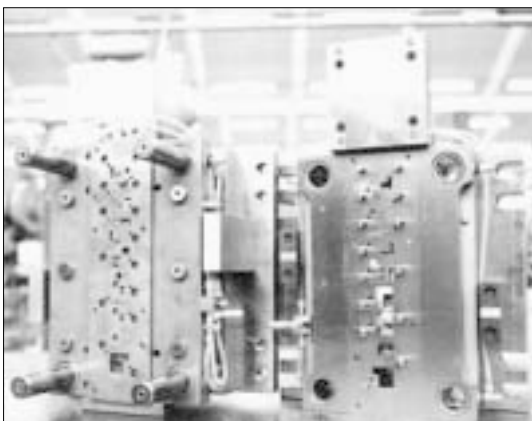
Características a la temperatura ambiental y temperaturas elevadas.

Temperatura	20°C	200°C	400°C
Densidad kg/m ³	7750	7700	7650
Módulo de elasticidad N/mm ² kp/mm ²	190 000 19 500	185 000 19 000	170 000 17 500
Coefficiente de dilatación térmica por °C a partir 20°C	–	11,6 x 10 ⁻⁶	11,3 x 10 ⁻⁶
Conductibilidad térmica W/m °C	26	27	28,5
Calor específico J/kg °C	460	–	–

RESISTENCIA A LA COMPRESION

Las cifras deben considerarse como aproximadas.

Dureza HRC	Rcm N/mm ²	Rc0,2 N/mm ²
62	3000	2200
60	2700	2150
55	2200	1800
50	1700	1350



Tratamiento térmico

RECOCIDO BLANDO

Proteger el acero y calentarlo en toda su masa a 850°C. Luego enfriarlo en el horno 10°C por hora hasta 650°C y por último libremente al aire.

ELIMINACION DE TENSIONES

Después del desbastado en máquina, debe calentarse la herramienta en toda su masa a 650°C, tiempo de mantenimiento 2 horas. Enfriar lentamente hasta 500°C y después libremente al aire.

TEMPLE

Temperatura de precalentamiento: 650–750°C.

Temperatura de austenización: 925–970°C, normalmente 940–960°C.

Temperatura °C	Tiempo de mantenimiento* minutos	Dureza antes del revenido
925	40	aprox. 63 HRC
950	30	aprox. 64 HRC
970	20	aprox. 64 HRC

* Tiempo de mantenimiento = tiempo a la temperatura de temple después de que la herramienta está plenamente calentada en toda su masa.

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

AGENTES DE ENFRIAMIENTO

- Temple escalonado martensítico a 180–220°C o 450–550°C, después, enfriar al aire
- Aire/gas forzado
- Horno de vacío con sobrepresión de gas durante el enfriamiento
- Aceite (tan sólo geometrías sencillas).

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

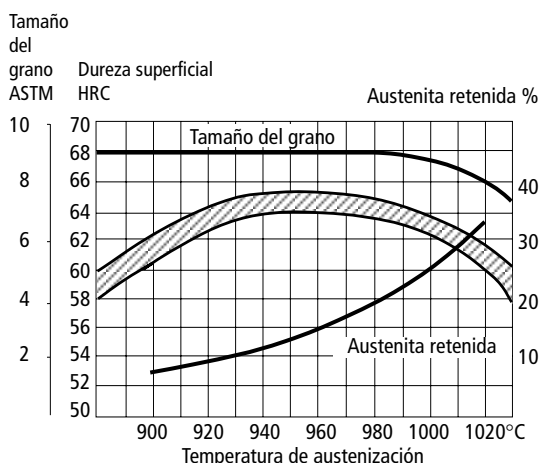
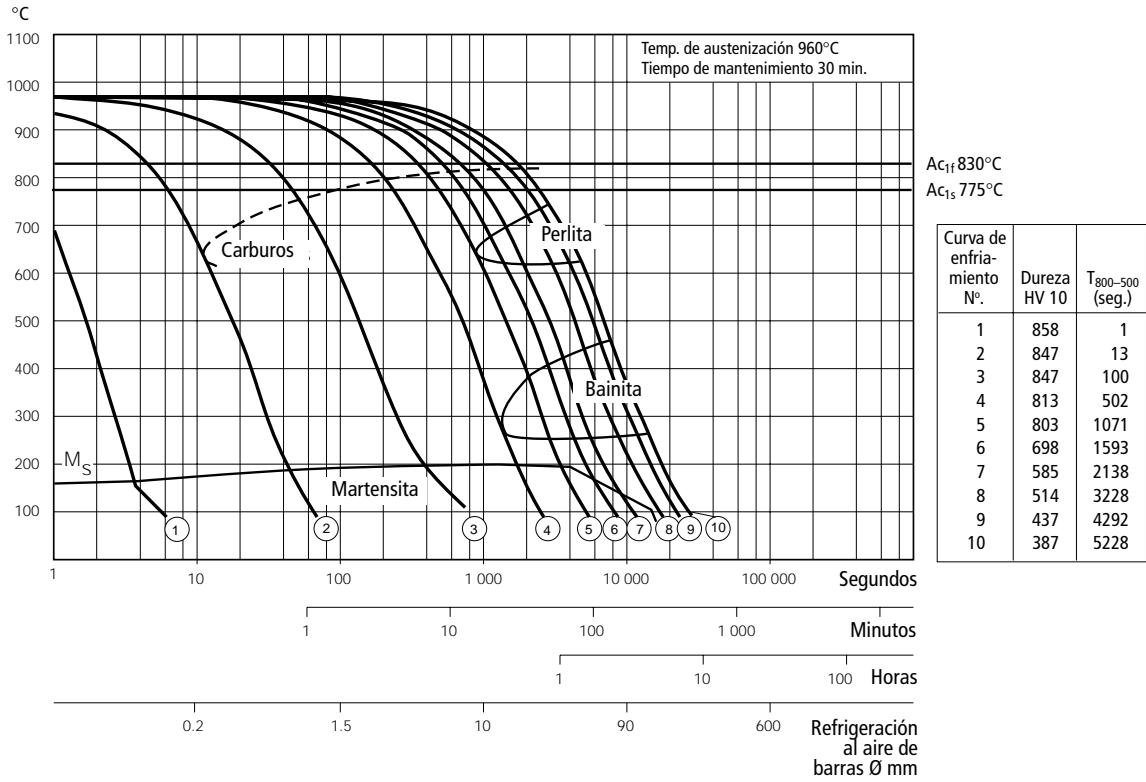
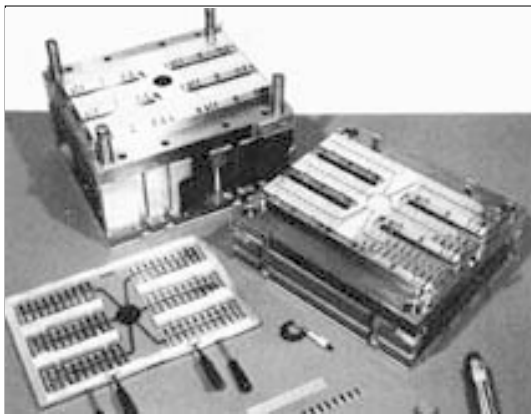


Gráfico CCT



REVENIDO

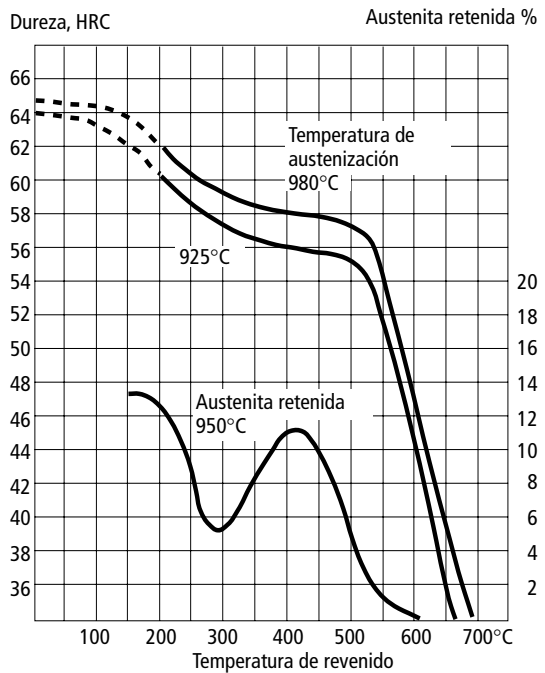
Elegir la temperatura de acuerdo con la dureza requerida según el gráfico de revenido. Revenir dos veces con enfriamiento intermedio a la temperatura ambiental. Mínima temperatura de revenido 180°C. Tiempo mínimo de mantenimiento de temperatura, 2 horas.



Molde de transferencia con insertos de RIGOR usado en la fabricación de componentes eléctricos en cápsulas.

Los gráficos de revenido son válidos para probetas pequeñas. La dureza obtenida depende también del tamaño del utillaje.

Gráfico de revenido



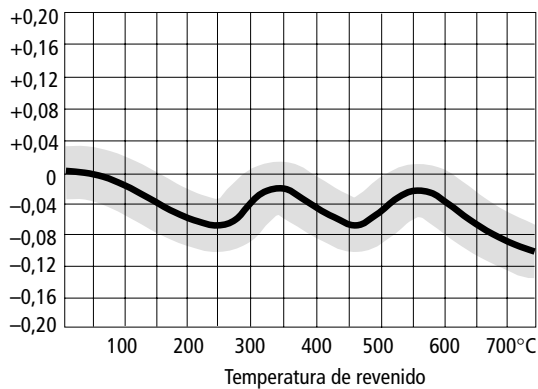
CAMBIOS DIMENSIONALES DURANTE EL TEMPLE

Plancha de muestra, 100 x 100 x 25 mm.

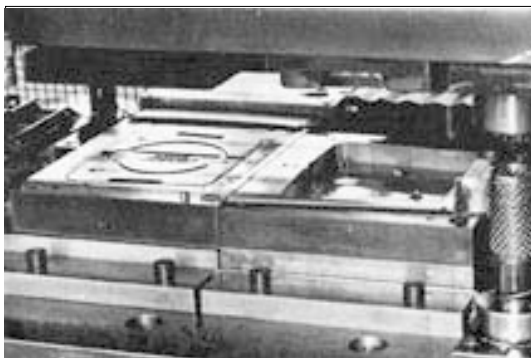
		Ancho %	Longitud %	Espesor %
Temple en aceite desde 960°C	mín.	-0,10	-0,02	-
	máx.	-0,05	+0,06	-0,05
Temple escalonado martensítico desde 960°C	mín.	+0,04	+0,06	-
	máx.	+0,05	+0,08	+0,04
Temple al aire desde 960°C	mín.	+0,08	+0,13	-
	máx.	+0,14	+0,15	+0,04

CAMBIOS DIMENSIONALES DURANTE EL REVENIDO

Cambio dimensional %



Nota: Hay que sumar los cambios dimensionales experimentados en el temple y revenido.



Herramientas construida con RIGOR. Se fabricaron 3.000 000 piezas antes de ser rectificada de nuevo.

TRATAMIENTO SUB-CERO Y ENVEJECIMIENTO

Las piezas que requieran una estabilidad dimensional máxima deberán someterse a tratamiento sub-cero y/o envejecimiento artificial, para que con el tiempo no experimenten cambios en el volumen. Esto se aplica, por ejemplo, a las herramientas de medición y ciertas piezas de construcción.

Tratamiento sub-cero

Inmediatamente después del temple la pieza se enfriará entre -40 y -80°C, seguido de revenido o envejecimiento. El tratamiento sub-cero durante 2-3 horas confiere un aumento de dureza de 1-3 HRC. Evitar las formas complicadas debido al riesgo de formación de grietas.

Envejecimiento

El revenido después del temple se sustituirá por envejecimiento a 110-140°C durante 25-100 horas.

NITRURACION

La nitruración da una superficie dura muy resistente al desgaste y a la erosión. Una superficie nitrurada aumenta también la resistencia a la corrosión.

La dureza de la superficie después del nitrurado a una temperatura de 525°C en gas amoníaco será de aprox. 1000 HV₁.

Temperatura de nitruración °C	Tiempo de nitruración horas	Profundidad de la capa mm, aprox.
525	20	0,2
525	30	0,3
525	60	0,4

Dos horas de tratamiento de Nitrocarburation a 570°C da a la superficie una dureza de aprox. 900 HV₁. Tras 2 horas de tratamiento, el espesor de capa es de aprox. 10-20 µm.

Recomendaciones de mecanizado

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

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	100–160	160–210	18–23
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	0,5–2
Mecanizado grupo ISO	P20–P30 Carburo revestido	P10 Carburo revestido o cermet	–

FRESADO

Fresado frontal y axial

Parámetros de corte	Fresado con metal duro	
	Fresado de desbaste	Fresado fino
Profundidad de corte (a_p) m/min	130–200	200–240
Avance (f_z) mm/diente	0,2–0,4	0,1–0,2
Profundidad de corte (a_p) mm	2–4	–2
Mecanizado grupo ISO	P20–P40 Carburo revestido	P10–P20 Carburo revestido o cermet

Fresado de acabado

Parámetros de corte	Tipo de fresa		
	Metal duro integral	Insertado metal duro	Acero rápido
Velocidad de corte (v_c) m/min	80–120	120–170	15–20 ¹⁾
Avance (f_z) mm/diente	0,03–0,20 ²⁾	0,08–0,20 ²⁾	0,05–0,35 ²⁾
Mecanizado grupo ISO	K20	P20–P40	–

¹⁾ Para fresas de acabado revestidos v_c 30–35 m/min.

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

TALADRADO

Taladrado con brocas de acero rápido

Diámetro de la broca, mm	Velocidad de corte (v_c), m/min	Avance (f) mm/r
– 5	14–16*	0,05–0,15
5–10	14–16*	0,15–0,20
10–15	14–16*	0,20–0,25
15–20	14–16*	0,25–0,35

* Para brocas de acero rápido recubiertos v_c 24–26 m/min.

Taladro con brocas de metal duro

Parámetros de corte	Tipo de broca		
	Metal duro insertado	Metal duro sólido	Taladro con canales de refrigeración ¹⁾
Velocidad de corte (v_c) m/min	150–170	80–100	50–60
Avance (f) mm/r	0,05–0,25 ²⁾	0,10–0,25 ²⁾	0,15–0,25 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 sobre muelas de rectificado, pueden obtener más información en el catálogo de Uddeholm «Rectificado de Acero para Herramientas».

Muelas recomendadas

Tipo de rectificado	Estado recocido blando	Estado templado
Rectificado frontal	A 46 HV	A 46 HV
Rectificado frontal por segmentos	A 24 GV	A 36 KV
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

Soldadura

Se pueden obtener buenos resultados al soldar un acero para herramientas si se toman las precauciones necesarias durante la operación de soldadura (temperatura de trabajo elevada, preparación de la junta, elección de los consumibles y buen procedimiento de soldadura). Si la herramienta debe ser pulida o fotograbada debe utilizarse un electrodo que tenga la misma composición.

Metodo de soldadura	Temperatura de trabajo	Material de soldadura	Dureza después de soldadura
MMA	200–250°C	AWS E312	300 HB
		ESAB OK 84.52	53–54 HRC
		UTP 67S	55–58 HRC
		Castolin 2	54–60 HRC
		Castolin N 102	54–60 HRC
TIG	200–250°C	AWS ER312	300 HB
		UTPA 67S	55–58 HRC
		UTPA 73G2	53–56 HRC
		Castotig 5	60–64 HRC

Mecanizado electroerosivo

Si la electroerosión se efectúa en material templado y revenido, deberá darse a la herramienta un revenido adicional a aprox. 25°C por debajo de la temperatura de revenido anterior.

Información adicional

Póngase en contacto con la oficina local de Uddeholm para obtener una mayor información sobre la selección, tratamiento térmico, aplicaciones y disponibilidad de los aceros de Uddeholm para herramientas, incluyendo la publicación «Acero para utillaje de estampación».

Comparación relativa de los aceros de Uddeholm para trabajo en frío

PROPIEDADES DEL MATERIAL Y RESISTENCIA A LOS MECANISMOS DE FALLO

Calidad Uddeholm	Dureza/ Resistencia a la deformación plástica	Mecanibilidad	Rectificabilidad	Estabilidad dimensional	Resistencia al		Resistencia a la rotura por	
					desgaste abrasivo	desgaste adhesivo	Ductilidad/ resistencia a melladuras	Tenacidad/ grandes roturas
ARNE	████	████	████	█	████	████	████	████
CALMAX	████	████	████	████	████	████	████	████
RIGOR	████	████	████	████	████	████	████	████
SLEIPNER	████	████	████	████	████	████	████	████
SVERKER 21	████	████	████	████	████	████	████	████
SVERKER 3	████	████	████	████	████	████	████	████
VANADIS 4	████	████	████	████	████	████	████	████
VANADIS 6	████	████	████	████	████	████	████	████
VANADIS 10	████	████	████	████	████	████	████	████
VANADIS 23	████	████	████	████	████	████	████	████