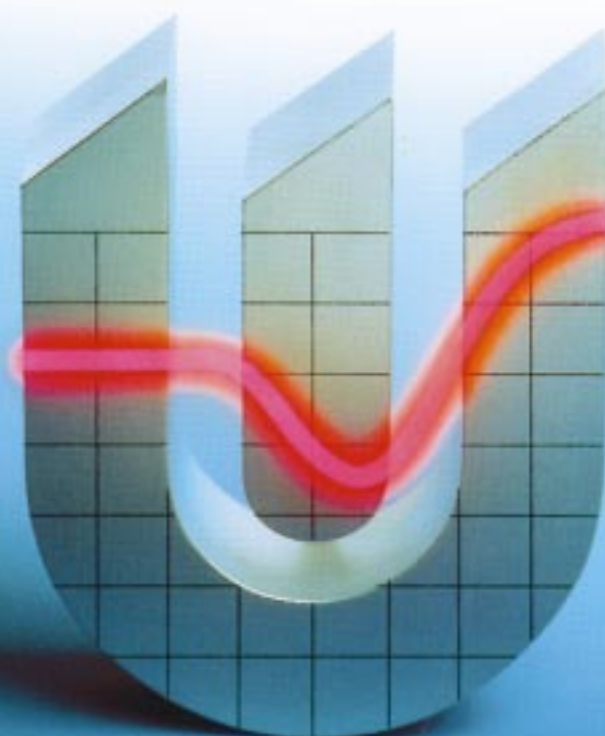




RIGOR
Acero para trabajo en frío



Wherever tools are made
Wherever tools are used

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 desenchado 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

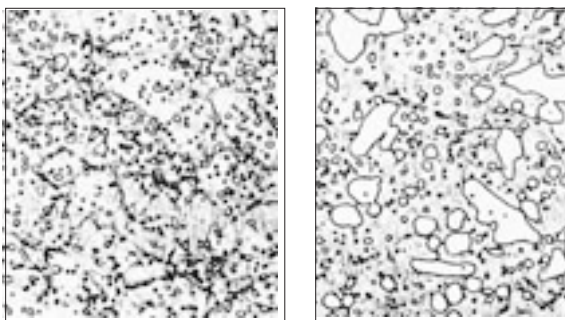
	Espesor del material mm	Dureza HRC
<i>Herramientas para:</i> Troquelado, punzonado, cizallado, desbarbado, tronzado	hasta 3 3-6 6-10	60-62 56-60 54-56
Cisallas cortas para trabajar en frío		56-60
Cuchillas rotatorias para cortar desechos de plástico		56-60
Herramientas de tronzado y desbarbado para piezas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

CARACTERISTICAS FISICAS

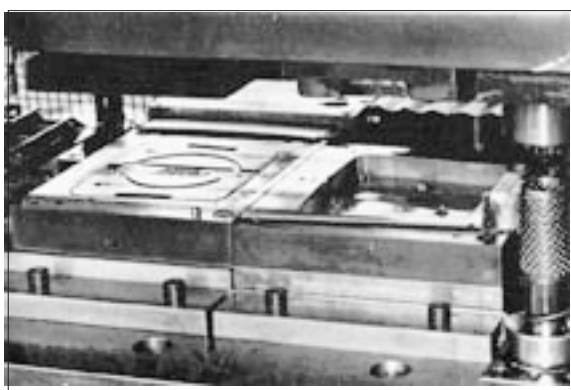
Templado y revenido a 62 HRC.
Características a la temperatura ambiental y temperaturas elevadas.

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	R _{cm} N/mm ²	R _{c0,2} N/mm ²
62	3000	2200
60	2700	2150
55	2200	1800
50	1700	1350



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

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

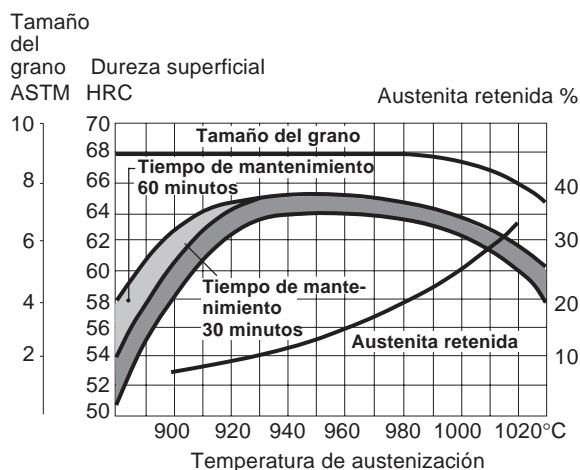
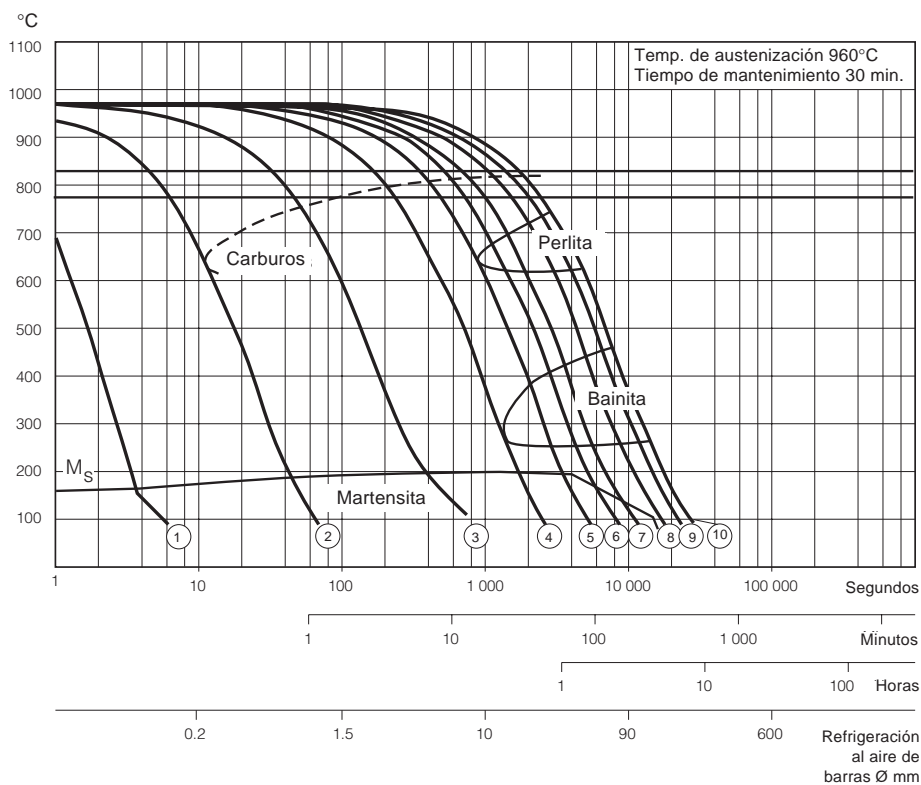


Gráfico CCT



AC₁₁ 830°C
AC_{1s} 775°C

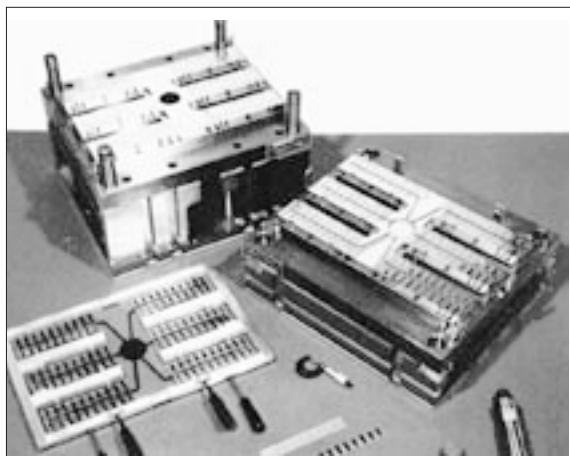
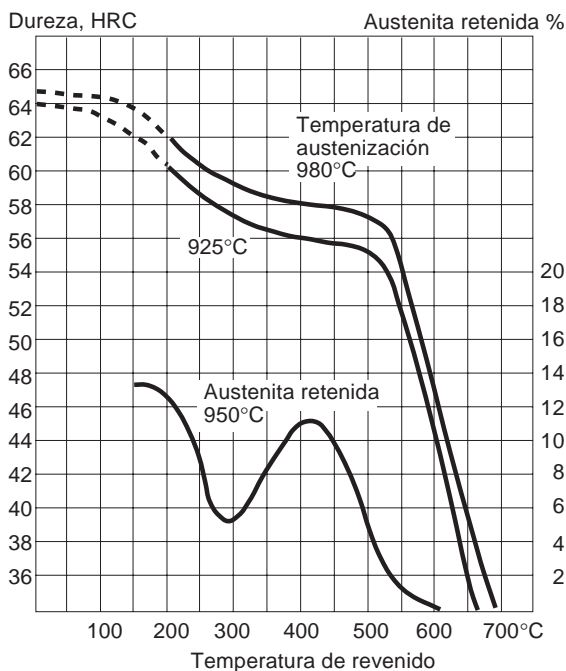
Curva de enfriamiento N°.	Dureza HV 10	T ₈₀₀₋₅₀₀ (seg.)
1	858	1
2	847	13
3	847	100
4	813	502
5	803	1071
6	698	1593
7	585	2138
8	514	3228
9	437	4292
10	387	5228

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.

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

Gráfico de revenido



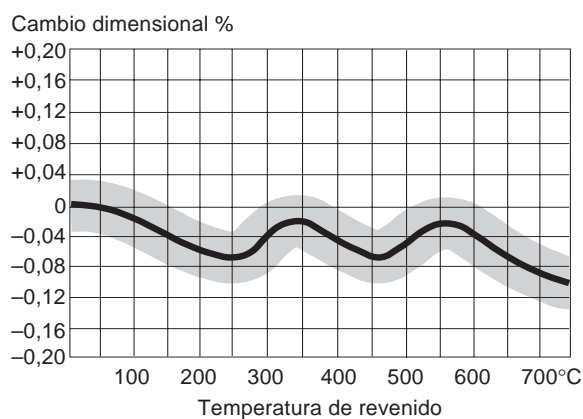
Molde de transferencia con insertos de RIGOR usado en la fabricación de componentes eléctricos en cápsulas.

CAMBIOS DIMENSIONALES DURANTE EL TEMPLE

Plancha de muestra, 100 x 100 x 25 mm.

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

CAMBIOS DIMENSIONALES DURANTE EL REVENIDO



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

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 $110-140^{\circ}\text{C}$ 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. 1000HV_1 .

Temperatura de nitruración $^{\circ}\text{C}$	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 Nitrocarburo a 570°C da a la superficie una dureza de aprox. 900HV_1 . 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	100–150	150–200	20
Avance (f) mm/r	0,3–0,6	–0,3	–0,3
Profundidad de corte (a_p) mm	2–6	–2	–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 con acero rápido
	Fresado de desbaste	Fresado fino	Fresado fino
Profundidad de corte (a_p) m/min	110–140	140–180	18
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
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	50	120–170	18 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 $v_c \sim 24$ 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	50*	0,08–0,20
5–10	50*	0,20–0,30
10–15	50*	0,30–0,35
15–20	50*	0,35–0,40

* Para brocas de acero rápido recubiertas $v_c \sim 21$ 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	120–170	60	50
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 H V	A 46 G V
Rectificado frontal por segmentos	A 24 G V	A 36 G V
Rectificado cilíndrico	A 46 L V	A 60 J V
Rectificado interno	A 46 J V	A 60 I V
Rectificado de perfil	A 100 L V	A 120 J V

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 ESAB OK 84.52 UTP 67S Castolin 2 Castolin N 102	300 HB 53–54 HRC 55–58 HRC 54–60 HRC 54–60 HRC
TIG	200–250°C	AWS ER312 UTPA 67S UTPA 73G2 Castotig 5	300 HB 55–58 HRC 53–56 HRC 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».

Cuadro comparativo del acero Uddeholm para aplicaciones de trabajo en frío

PROPIEDADES DEL MATERIAL Y RESISTENCIA A LOS MECANISMOS DE FALLO

Calidad Uddeholm	Norma UNE	Dureza	Mecanibilidad	Rectificabilidad	Estabilidad dimensional	Desgaste abrasivo	Desgaste adhesivo	Melladuras/roturas	Deformación plástica
ARNE	F-5220	████	██████	██████	█	█	█	█	████
CALMAX	Spec.	██	██████	██████	██████	█	████	██████	██
RIGOR	F-5227	████	██████	██████	██████	█	█	█	████
SVERKER 21	F-5211	████	██	████	████	█	█	█	████
SVERKER 3	F-5213	████	██	█	████	████	█	█	████
VANADIS 4	Spec. PM	████	██	██	██████	█	██████	████	████
VANADIS 10	Spec. PM	██████	██	█	██████	██████	██████	██	██████
ASP 23	Spec. PM	██████	██	██	██████	████	████	██	██████