



Esta información se basa en nuestro presente estado de conocimientos y está dirigida a proporcionar información general sobre nuestros productos y su utilización. No deberá por tanto ser tomada como garantía de unas propiedades específicas de los productos descritos o una garantía para un propósito concreto.

Clasificado de acuerdo con la Directiva 1999/45/EC.  
Para más información, consultar nuestras «Hojas informativas de Seguridad del Material».

Edición: 3, 12.2006



SS-EN ISO 9001  
SS-EN ISO 14001

## Parámetros críticos del acero de utillajes para obtener

Un buen rendimiento de la herramienta

- Dureza correcta para cada aplicación
- Muy alta resistencia al desgaste
- Alta tenacidad a fin de prevenir roturas prematuras a causa de melladuras/formación de grietas

A menudo, la alta resistencia al desgaste es asociada con la baja tenacidad y viceversa. De todos modos, en muchos casos tanto la alta resistencia al desgaste como la tenacidad son esenciales para conseguir un óptimo rendimiento del utillaje.

Uddeholm Vanadis 6 es un acero pulvimetalúrgico para aplicaciones de trabajo en frío que ofrece una combinación de muy alta resistencia al desgaste y buena tenacidad.

### Fabricación de utillajes

- Mecanibilidad
- Tratamiento térmico
- Estabilidad dimensional durante el tratamiento térmico
- Tratamiento de la superficie

La fabricación de utillajes con aceros de alta aleación implica que el mecanizado y el tratamiento térmico deberán ser tenidos más en consideración que cuando se utilizan los tipos de acero de baja aleación. Ello, claro está, puede incrementar el costo de la fabricación del utillaje.

Debido a su aleación equilibrada de forma cuidadosa y a su proceso de fabricación pulvimetalúrgico, Uddeholm Vanadis 6 cuenta con un procedimiento de temple similar al de los aceros comunes para trabajo en frío. A fin de reducir la cantidad de austenita retenida y para optimizar la resistencia al desgaste abrasivo, se recomienda una alta temperatura de revenido. Una de las grandes ventajas con Uddeholm Vanadis 6, es que la estabilidad dimensional después de temple y revenido es mucho mejor que la de los aceros para aplicaciones de trabajo en frío fabricados convencionalmente, y que para los aceros rápidos HSS utilizados

para ésta aplicación. Ello significa también que Uddeholm Vanadis 6 es un acero para utillajes muy adecuado para la aplicación de recubrimientos CVD y PVD.

## Aplicaciones

Uddeholm Vanadis 6 es un acero adecuado para largas series de producción, con materiales de trabajo en los que una combinación (abrasiva – adhesiva) o desgaste abrasivo, y/o melladuras/roturas y/o deformación plástica sean los mecanismos de fallo dominantes.

*Ejemplos:*

- Corte y corte fino de materiales de trabajo duros
- Operaciones de conformado en las que es esencial una alta resistencia a la compresión
- Compactación de polvo
- Como acero base para recubrimientos de superficie
- Moldes de plástico y utillajes sujetos a condiciones de desgaste abrasivo
- Cuchillas

## Información general

Uddeholm Vanadis 6 es un acero pulvimetalúrgico aleado al Cromo-Molibdeno-Vanadio que se caracteriza por:

- Muy alta resistencia al desgaste adhesivo y abrasivo
- Alta resistencia a la compresión
- Buena tenacidad
- Muy buena estabilidad dimensional durante el tratamiento térmico y en servicio
- Buenas propiedades de temple
- Buena resistencia al revenido
- Alta pureza

Análisis típico%	C 2,1	Si 1,0	Mn 0,4	Cr 6,8	Mo 1,5	V 5,4
Estado de suministro	Recocido blando approx. 255 HB					
Código de color	Verde / Verde oscuro					

# Propiedades

## Características físicas

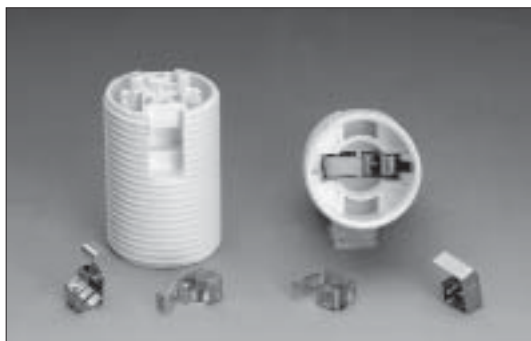
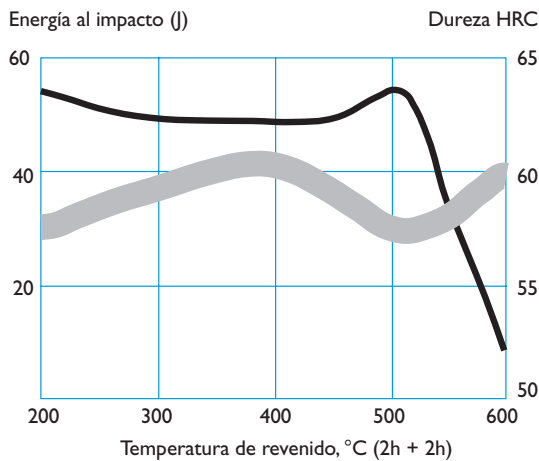
Templado y revenido a 60 HRC.

Temperatura	20°C	200°C	400°C
Densidad, kg/m <sup>3</sup>	7 610	–	–
Módulo de elasticidad MPa	225 000	210 000	190 000
Coefficiente de expansión térmica por °C a partir de 20°C	–	11,2 × 10 <sup>-6</sup>	12,0 × 10 <sup>-6</sup>
Conductividad térmica W/m · °C	–	22	25
Calor específico J/kg °C	460	–	–

## Resistencia al impacto

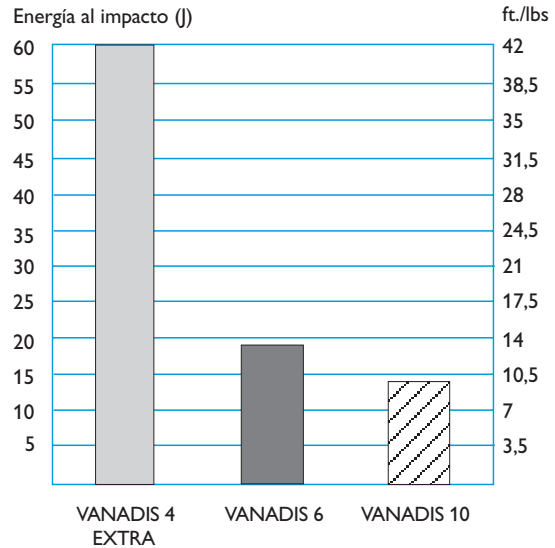
Resistencia al impacto aproximada a temperatura ambiente frente a distintas temperaturas de revenido.

Tamaño de la probeta: 7 x 10 x 55 mm sin muesca. Templado a 1050°C. Enfriamiento al aire. Revenido 2 x 2 h.



Componentes eléctricos estampados con un punzón realizado en Uddeholm Vanadis 6.

Resistencia al impacto aproximada a temperatura ambiente para Uddeholm Vanadis 4, Uddeholm Vanadis 6 y Uddeholm Vanadis 10 a 62 HRC. Dirección transversal. Condición de revenido a alta temperatura.



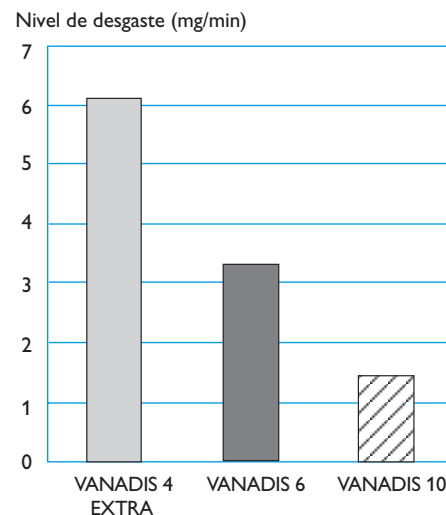
## Resistencia a la compresión

Dureza	Resistencia a la compresión Rc0,2
60 HRC	2 290 MPa
62 HRC	2 530 MPa
64 HRC	2 760 MPa

Revenido a alta temperatura, 525°C 2 + 2h

## Resistencia al desgaste

Test de punción sobre disco. Material del disco SiO<sub>2</sub>. La dureza es de 62 HRC para todos los aceros. Condición de revenido a alta temperatura. Un bajo valor equivale a una buena resistencia al desgaste.



## Tratamiento térmico

### Recocido blando

Proteger el acero y calentar en toda su masa a 900°C. Luego enfriar en horno a 10°C por hora hasta alcanzar los 750°C, después libremente al aire.

### Liberación de tensiones – Estabilizado

Después de realizar el mecanizado de desbaste, el utillaje debería calentarse hasta alcanzar 650°C, manteniendo la temperatura durante 2 horas. Enfriar lentamente hasta alcanzar los 500°C, luego libremente al aire.

### Temple

*Temperatura de precalentamiento:* Debe realizarse normalmente en dos etapas de precalentamiento; 600–650°C y 900–950°C.

*Temperatura de austenización:* 1000–1100°C, normalmente 1050°C.

*Tiempo de mantenimiento:* 30 minutos por debajo de 1100°C, 15 minutos por encima de 1100°C.

*El utillaje deberá protegerse contra la decarburación y oxidación durante el proceso de 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 500–550°C
- Baño de martemple o lecho fluidizado aproximadamente a 200–350°C

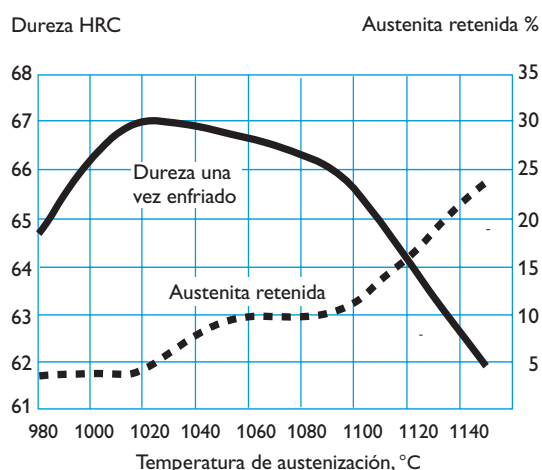
*Nota 1:* Revenir el utillaje tan pronto su temperatura alcance los 50–70°C.

*Nota 2:* A fin de obtener las propiedades óptimas para el utillaje, la velocidad de enfriamiento deberá ser la más rápida posible siempre y cuando acompañe una distorsión aceptable.

*Nota 3:* Utillajes con secciones > 50 mm deberán ser enfriados con suficiente presión de gas y velocidad. El enfriamiento en aire estático resultará en una pérdida de dureza.

Piezas estampadas. Punzón realizado en Uddeholm Vanadis 6, placa matriz en Uddeholm Vanadis 10.

### DUREZA Y AUSTENITA RETENIDA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA DE AUSTENIZACION



### Revenido

La temperatura de revenido puede seleccionarse de acuerdo con la dureza requerida mediante la referencia del gráfico indicado a continuación. Revenir como mínimo 2 veces con un enfriamiento inmediato hasta alcanzar la temperatura ambiente. La temperatura más baja de revenido que debería utilizarse es de 180°C. Esta temperatura debería tan solo utilizarse para utillajes pequeños y de formas sencillas. Para utillajes de tamaño medio y grande, así como para diseños complicados debería utilizarse una temperatura de 250°C o incluso más alta. Al realizar un revenido a altas temperaturas, debe seleccionarse una temperatura a la derecha de la punta más alta del segundo temple.

El tiempo mínimo de mantenimiento a la temperatura es de 2 horas. A una temperatura de temple de 1100°C o superior, Uddeholm Vanadis 6 deberá revenirse tres veces a un mínimo de 525°C a fin de reducir la cantidad de austenita retenida.

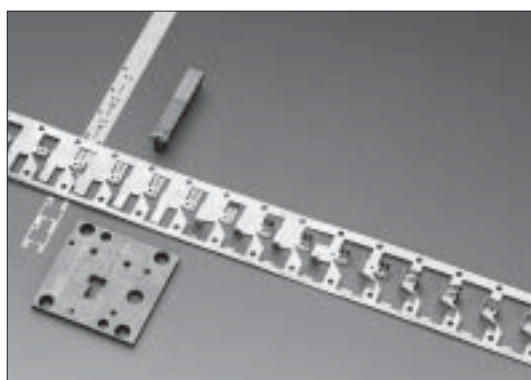
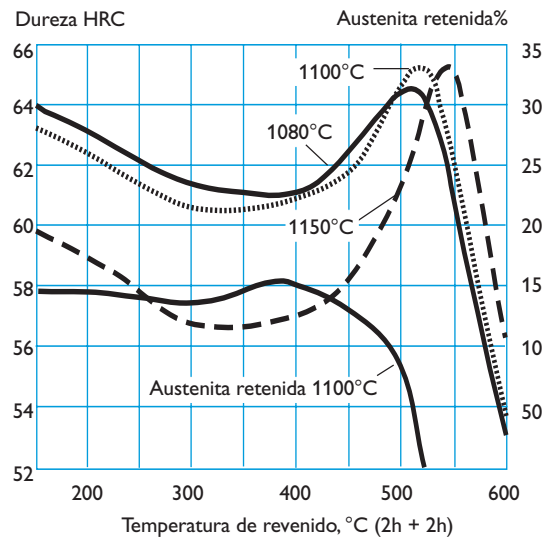
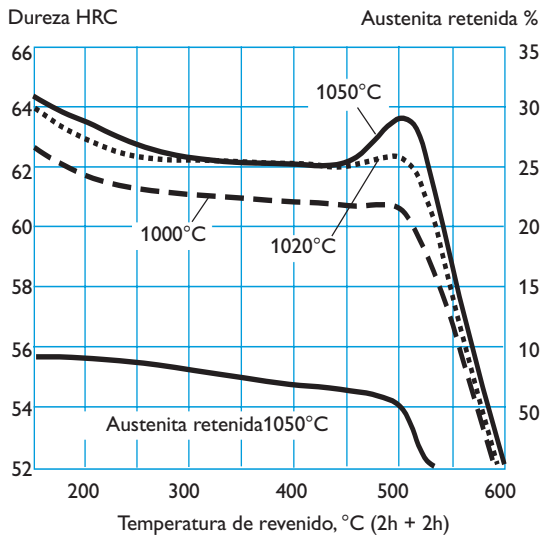


GRAFICO DE REVENIDO



REVENIDO DESPUES DE ENFRIAMIENTO PROFUNDO (ENFRIAMIENTO SUB-CERO)

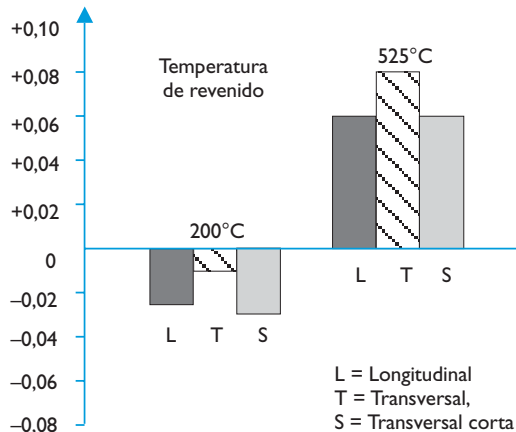
La temperatura de revenido debería reducirse 25°C a fin de obtener la dureza deseada cuando se realiza un revenido a alta temperatura.

Cambios dimensionales

Los cambios dimensionales han sido medidos después de la austenización a 1050°C/30 minutos, seguido por un enfriamiento en gas en un horno de vacío de cámara fría.

Dimensiones de la probeta: 65 x 65 x 65 mm  
Temperatura de austenización: 1050°C

Cambios dimensionales %

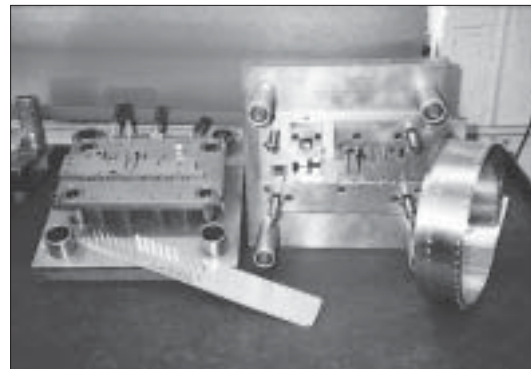


Tratamiento sub-cero

En las piezas que requieran una máxima estabilidad dimensional puede aplicarse el tratamiento sub cero del modo siguiente:

Inmediatamente después del enfriamiento la pieza deberá ser sometida al tratamiento sub cero entre -70 y -80°C, tiempo de inmersión 1-3 horas seguido de revenido. La temperatura de revenido deberá reducirse en 25°C a fin de obtener la dureza requerida. El tratamiento sub cero aportará un incremento de dureza de ~1 HRC. Deberá evitarse las formas complejas puesto que existirá el riesgo de rotura.

Para los más altos requisitos en estabilidad dimensional se recomienda el tratamiento sub cero en nitrógeno líquido después del enfriamiento y cada revenido.

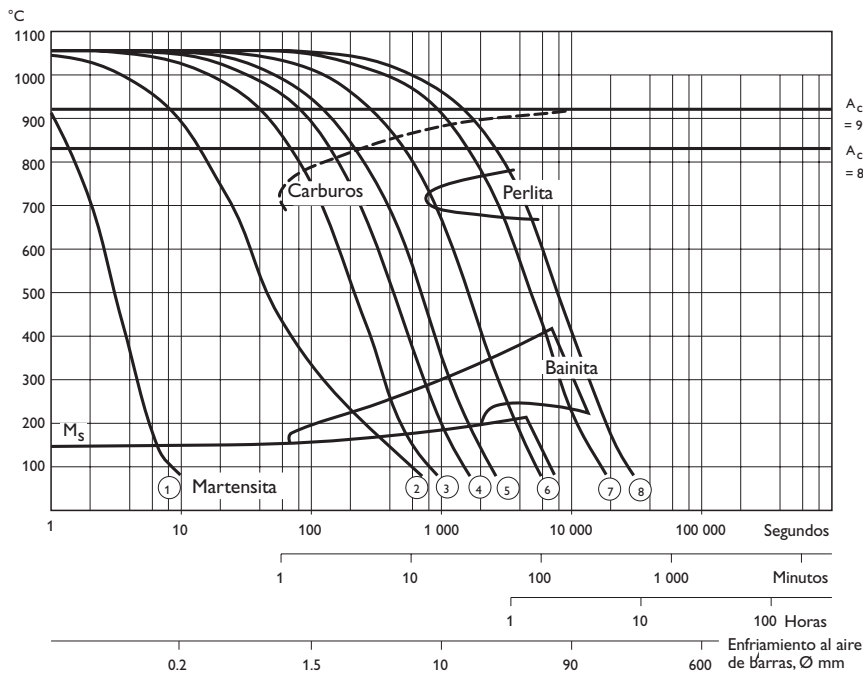


Piezas estampadas en un utillaje realizado en Uddeholm Vanadis 6 de Allenvale Tools & Production Ltd., Gran Bretaña.

GRAFICO CCT

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

Temperatura



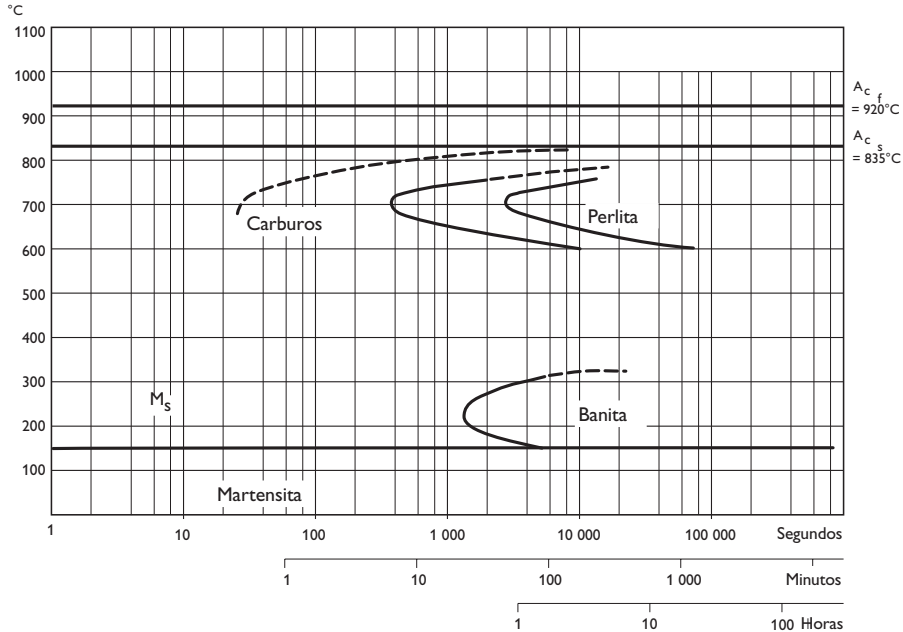
Curva de enfriamiento N°	Dureza HV 10	*T <sub>800-500</sub> (seg.)
1	870	2
2	870	31
3	870	140
4	870	280
5	870	450
6	762	1030
7	498	3205
8	351	5215

\*T<sub>800-500</sub> = Tiempo de enfriamiento a 800-500°C

GRAFICO TTT

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

Temperatura



Temp. °C.	Tiempo horas	Dureza HV10
800	2,25	824
750	4,08	306
700	0,48	394
650	2,17	464
600	16,56	882
450	6,41	882
400	16,35	920
350	16,35	870
300	2,15	857
250	5,42	642
200	2,13	870

## Tratamiento de superficies

En algunos utillajes para aplicaciones de trabajo en frío se aplica un tratamiento de superficie a fin de reducir la fricción e incrementar la resistencia al desgaste. Los tratamientos de superficie más comunes son la nitruración y el recubrimiento con capas resistentes al desgaste producidas mediante PVD o CVD.

La alta dureza y tenacidad, juntamente con su buena estabilidad dimensional, hacen que Uddeholm Vanadis 6 sea un sustrato ideal para aplicar distintos tipos de recubrimiento.

### Nitruración y nitrocarburoación

La nitruración y nitrocarburoación resultan en una superficie dura que es muy resistente al desgaste y a las melladuras.

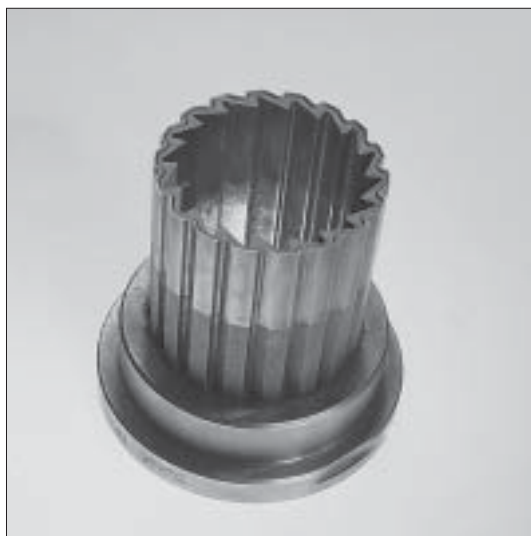
La dureza de la superficie después de la nitruración es aproximadamente de 1250 HV<sub>0,2kg</sub>. El espesor de la capa deberá seleccionarse cuidadosamente, teniendo en cuenta la gran cantidad de elementos de aleación, a fin de que se adapte a la aplicación en cuestión.

### PVD

La deposición física de vapor, PVD, es un método de aplicación de un recubrimiento resistente al desgaste que se aplica a temperaturas entre 200–500°C.

### CVD

Deposición química de vapor, CVD, se utiliza para aplicar un recubrimiento de superficies resistente al desgaste a una temperatura alrededor de los 1000°C. Es recomendable que los utillajes sean templados y revenidos de forma separada en un horno de vacío una vez realizado el recubrimiento de la superficie.



Punzón para compactación realizado en Uddeholm Vanadis 6. Se han obtenido excelentes resultados en la compactación de hierro cuando el desgaste abrasivo reduce la vida del punzón. (Cortesía de GKN Sinter Metals AB, Kolsva.)



## Recomendaciones de mecanizado

Los datos sobre mecanizado que se encuentran a continuación, deberán ser considerados como valores guía, que deberán adaptarse a las condiciones locales existentes.

### Torneado

Parámetros de corte	Torneado con metal duro		Torneado con acero rápido Fino
	Desbaste	Fino	
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min.	70–100	100–120	8–10
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
Designación broca ISO	K20* Carburo revestido	K15* Carburo revestido	–

\* Utilizar metal duro recubierto resistente al desgaste  $Al_2O_3$

### Taladrado

#### TALADRADO CON BROCAS ESPIRALES DE ACERO RAPIDO

Diámetro de la broca mm	Velocidad de corte, $v_c$ m/min	Avance, f mm/r
– 5	8–10*	0,05–0,15
5–10	8–10*	0,15–0,20
10–15	8–10*	0,20–0,25
15–20	8–10*	0,25–0,35

\* Para brocas de acero rápido con recubrimiento  $v_c = 14–16$  m/min.

#### TALADRADO CON BROCAS DE METAL DURO

Parámetros de corte	Tipo de broca		
	Metal duro insertado	Metal duro sólida	Broca con refrigeración <sup>1)</sup>
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min.	90–120	50–70	25–35
Avance (f) mm/r	0,05–0,25 <sup>2)</sup>	0,10–0,25 <sup>2)</sup>	0,15–0,25 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Broca con canales de refrigeración interna

<sup>2)</sup> Dependiendo del diámetro de la broca

### Fresado

#### FRESADO FRONTAL Y AXIAL

Parámetros de corte	Fresado con herramientas de metal duro	
	Fresado de desbaste	Fresado fino
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min.	40–70	70–100
Avance ( $f_z$ ) mm/diente	0,2–0,4	0,1–0,2
Profundidad de corte ( $a_p$ ) mm	2–4	1–2
Mecanizado grupo ISO	K20* Coated carbide	K15* Coated carbide

\* Utilizar metal duro recubierto resistente al desgaste  $Al_2O_3$

#### FRESADO DE ACABADO

Parámetros de corte	Tipo de fresa		
	Metal duro	Metal duro insertado	Acero rápido
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min.	35–45	70–90	5–8 <sup>1)</sup>
Avance ( $f_z$ ) mm/diente	0,01–0,2 <sup>2)</sup>	0,06–0,2 <sup>2)</sup>	0,01–0,30 <sup>2)</sup>
Mecanizado grupo ISO	–	K15 <sup>3)</sup>	–

<sup>1)</sup> Para fresas de acero rápido con recubrimiento  $v_c = 12–16$  m/min.

<sup>2)</sup> Dependiendo de la profundidad radial y diámetro de corte

<sup>3)</sup> Utilizar una herramienta revestida  $Al_2O_3$  con resistencia al desgaste

### Rectificado

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

Tipo de rectificado	Estado recocado blando	Condición templada
Rectificado frontal muela plana	A 46 HV	B151 R50 B3 <sup>1)</sup> A 46 GV
Rectificado frontal por segmentos	A 36 GV	A 46 GV
Rectificado cilíndrico	A 60 KV	B151 R50 B3 <sup>1)</sup> A 60 JV
Rectificado interno	A 60 JV	B151 R75 B3 <sup>1)</sup> A 60 IV
Rectificado de perfil	A 100 IV	B126 R100 B6 <sup>1)</sup> A 100 JV

<sup>1)</sup> Si es posible utilizar muelas CBN para ésta aplicación

## Mecanizado por electroerosión (EDM)

Si debe realizarse un mecanizado por electroerosión en condición de temple y revenido, deberá acabarse con un electroerosionado fino, es decir a baja corriente y alta frecuencia.

Para conseguir un óptimo rendimiento del utillaje, la superficie electroerosionada debería ser pulida o rectificada y revenir de nuevo el utillaje aproximadamente unos 25°C por debajo de la temperatura de revenido original.

Al mecanizar por electroerosión dimensiones grandes o formas complicadas, Uddeholm Vanadis 6 deberá revenirse a altas temperaturas, por encima de los 500°C.

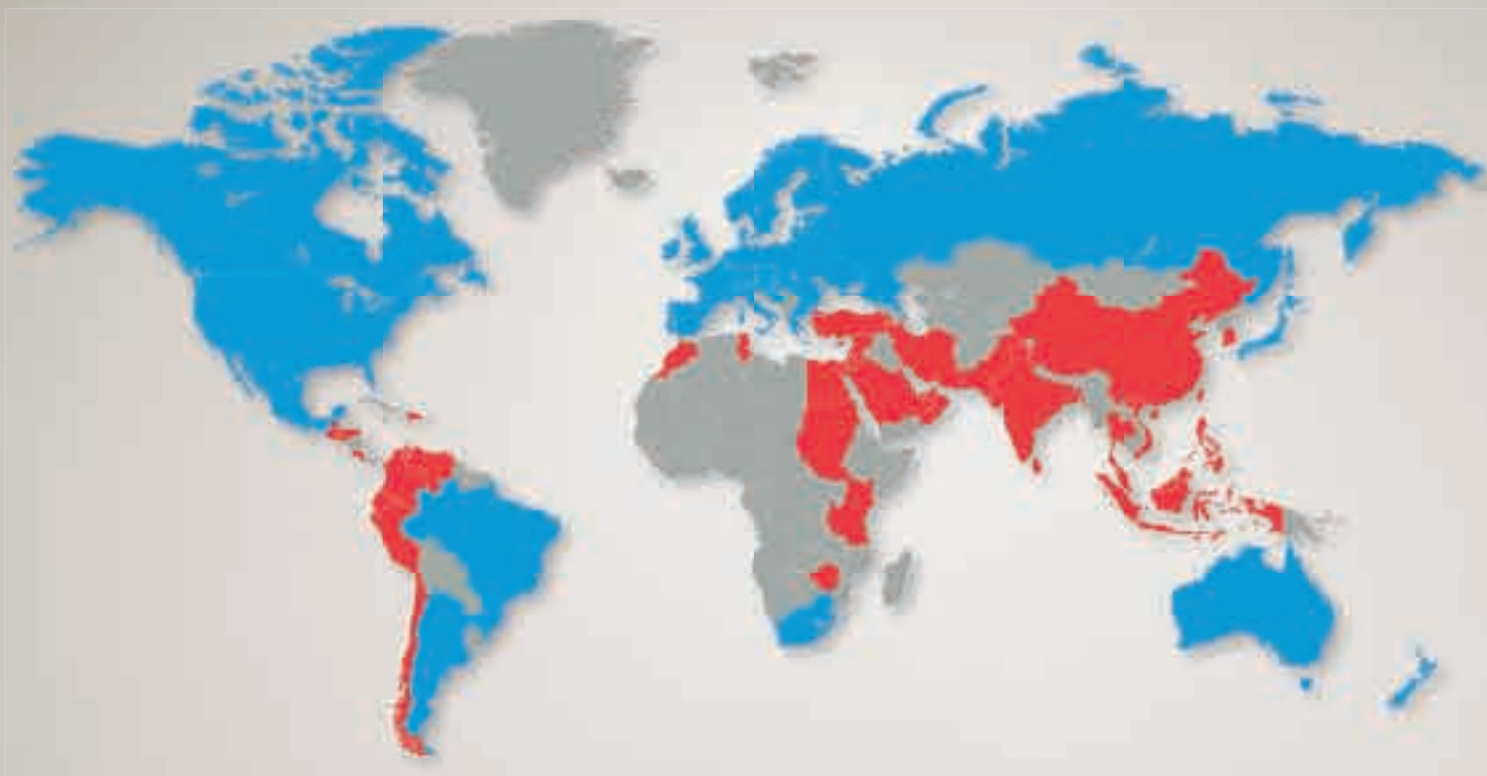
## Información adicional

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

## Comparación relativa de los aceros para utillajes de trabajo en frío de Uddeholm

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	
Acero convencional para trabajo en frío									
ARNE	■	■	■	■	■	■	■	■	
CALMAX	■	■	■	■	■	■	■	■	
CALDIE (ESR)	■	■	■	■	■	■	■	■	
RIGOR	■	■	■	■	■	■	■	■	
SLEIPNER	■	■	■	■	■	■	■	■	
SVERKER 21	■	■	■	■	■	■	■	■	
SVERKER 3	■	■	■	■	■	■	■	■	
Acero pulvimetalúrgico									
VANADIS 4 Extra	■	■	■	■	■	■	■	■	
VANADIS 6	■	■	■	■	■	■	■	■	
VANADIS 10	■	■	■	■	■	■	■	■	
VANCRON 40	■	■	■	■	■	■	■	■	
Acero rápido pulvimetalúrgico									
VANADIS 23	■	■	■	■	■	■	■	■	
VANADIS 30	■	■	■	■	■	■	■	■	
VANADIS 60	■	■	■	■	■	■	■	■	
Acero rápido convencional									
W.-Nr. 1.3343	■	■	■	■	■	■	■	■	



## Una red mundial de alta calidad

Uddeholm está presente en los cinco continentes. Por éste motivo, podrá encontrar nuestro acero para utillajes y un servicio de asistencia local allí dónde se encuentre. Assab es nuestra propia subsidiaria y también nuestro canal de ventas exclusivo, que representa a Uddeholm en diversos lugares del mundo. Juntos hemos afianzado nuestra posición de liderazgo mundial en el suministro de material para utillajes.

Uddeholm es el primer proveedor mundial de material para utillajes. Hemos logrado esta posición con el trabajo diario para nuestros clientes. Gracias a nuestra larga tradición, en la investigación y en desarrollo de productos, Uddeholm es una compañía equipada para hacer frente a cualquier problema que se presente relacionado con el utillaje. Esta labor presenta grandes retos, pero nuestro objetivo es claro: ser su primer colaborador y suministrador de acero para utillajes.

Estamos presentes en todos los continentes, lo que garantiza un mismo nivel de alta calidad a todos nuestros usuarios allí donde se encuentren. Contamos también con nuestra propia subsidiaria Assab, y que representa a Uddeholm en varios lugares del mundo. Juntos afianzamos nuestra posición de liderazgo mundial en el suministro de material para utillajes. Operamos en todo el mundo, por ésta razón siempre tendrá cerca a un representante de Uddeholm o Assab en caso de que necesite asesoramiento o ayuda. Para nosotros es una cuestión de confianza, tanto en nuestras relaciones a largo plazo como en el desarrollo de nuevos productos. La confianza es algo que se gana día a día.

Para más información visite nuestra página [www.uddeholm.com](http://www.uddeholm.com), o [www.assab.com](http://www.assab.com)

NDING  
PRESEN  
HING YOU EA  
THING YO  
A NEW WAY O  
LIER OF TOOL  
STRENGTH INNOV  
HIGH PERFORMA  
RIALS PARTNERS  
ACHINABIL  
VING PROBLE  
ENEFITS LONG  
SOMETHING YO  
A NEW WAY O  
PPLIER OF TOOL  
KNOWLEDGE U  
OVATION KNOWLEDG  
PRESENCE LONG D  
EARN, EVERY  
AUTOMOTIVE  
LD'S LEADING SI  
RLD'S LEAD  
TILITY TOUGHNI  
MENT PARTNERSH  
WLEDGE UNDER  
KNOWLEDG  
ABILITY REL  
NETWORK  
LEMS AUTOM  
TOTAL ECON  
TOOLS TOTAL ECO  
TILITY TOUGHNI  
NESS WORLDW  
UST IS SOMETHIN  
ANDING MACHINAB  
SULTS SOLVING PROBLE  
ECONOMY THE W  
NESS STRENGT  
TILITY TOUGHNESS STRI  
OF TOOLING MATERIALS P  
KNOWLEDGE UNDERSTANDING MAC  
URABILITY RELIABILITY  
DAY LONG LASTING TOO  
TRUST IS SOMETHING YOU EAR  
IVE A NEW WAY OF THII  
SUPPLIER OF TOOLING M  
TRENNGTH INNOVATION KN  
HNESS STRENGTH INNOVATION K  
PRESENCE LONG DURABILITY  
RUST IS SOMETHING YOU EARN,  
PROBLEMS AUTOMOTIVE

