

VANADIS[®] 4 Extra SUPERCLEAN³

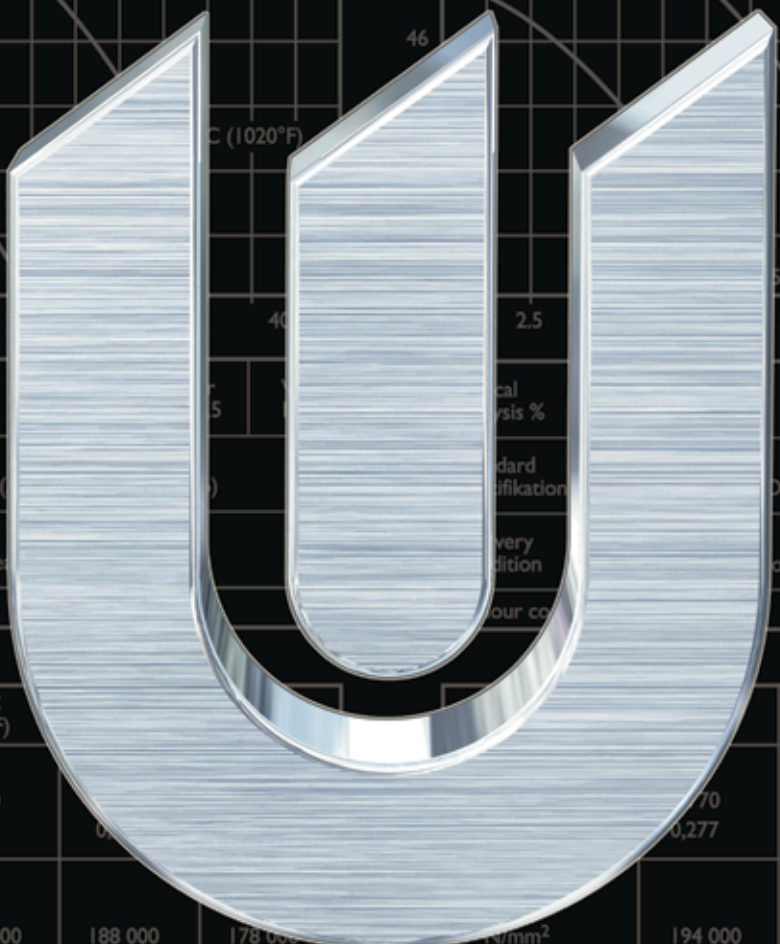
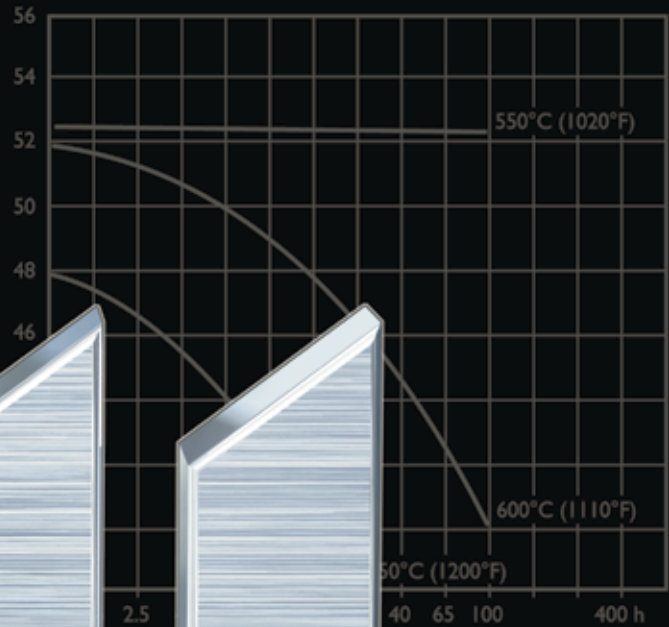
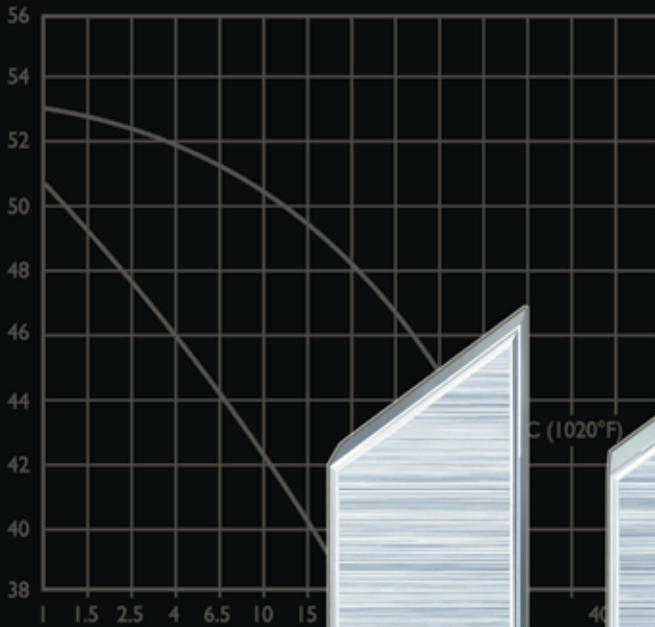
Acero pulvimetalúrgico para utillajes de trabajo en frío

COLD WORK

PLASTIC MOULDING

HOT WORK

HIGH PERFORMANCE STEEL



Typical analysis %	C 2,05
Standard specification	AISI D6, ()
Delivery condition	Soft annealed
Colour code	Red

Typical analysis %	Mn 0,8	Cr 4,5	W 0,2
Standard specification	D3 (W.Nr. 1.2796)		
Delivery condition	to approx. 200 HB		
Colour code			

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	178 000 25,8 × 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

Temperature	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m ³ lbs/m ³	7 700 0,277	7 650 0,275
Modulus of elasticity N/mm ² psi	194 000 28,1 × 10 ⁶	189 000 27,4 × 10 ⁶
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	to 100°C 12,3 × 10 ⁶ to 212°F 6,1 × 10 ⁶	to 200°C 14 × 10 ⁶ to 400°F 6,7 × 10 ⁶
Thermal conductivity W/m °C Btu in (ft ² h°F)	20,5 142	21,5 149
Specific heat K/kg °C Btu/lbs °F	460 0,110	- -

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 propósitos concretos.

Propiedades críticas del acero para obtener

UN BUEN RENDIMIENTO DEL UTILLAJE

- Dureza correcta para la aplicación concreta
- Alta resistencia al desgaste
- Alta ductilidad

La alta resistencia al desgaste se asocia habitualmente con la baja tenacidad y ductilidad y vice-versa. En muchos casos la alta resistencia al desgaste y la resistencia a las melladuras o roturas es esencial para obtener un rendimiento óptimo del utillaje.

Vanadis 4 Extra es un acero pulvimetalúrgico para trabajo en frío que ofrece una combinación extremadamente buena de resistencia al desgaste y ductilidad para utillajes de alto rendimiento.

FABRICACIÓN DEL UTILLAJE

- Buena aptitud de mecanizado
- Tratamiento térmico
- Estabilidad dimensional durante el tratamiento térmico

La fabricación de utillajes con aceros de alta aleación ha creado tradicionalmente problemas con el mecanizado y el tratamiento térmico, comparado con las calidades de baja aleación, habitualmente ello conlleva un incremento de los costos de fabricación del utillaje.

Gracias al cuidadoso equilibrio en su aleación y el proceso de producción pulvimetalúrgico empleado, Vanadis 4 Extra cuenta con una mejor capacidad de mecanizado que la calidad de acero 1.2379 (AISI D2).

Una gran ventaja con Vanadis 4 Extra es que la estabilidad dimensional después del temple y revenido, es mucho mejor que la de todos los aceros conocidos de alto rendimiento para trabajo en frío. Ello significa por ejemplo, que Vanadis 4 Extra es un acero muy adecuado para el recubrimiento CVD.

Información general

Vanadis 4 Extra es un acero aleado al cromo-molibdeno-vanadio que se caracteriza por:

- Muy buena ductilidad
- Alta resistencia al desgaste abrasivo–adhesivo
- Alta resistencia a la compresión
- Buena estabilidad dimensional durante el tratamiento térmico y en servicio
- Buenas propiedades de temple
- Muy buena resistencia contra la pérdida de dureza durante el trabajo
- Buena aptitud de mecanizado y rectificado

Análisis típico %	C 1,4	Si 0,4	Mn 0,4	Cr 4,7	Mo 3,5	V 3,7
Estado de suministro	Recocido blando a aprox. 230 HB					
Código de color	Verde/Blanco con línea negro transversal					

Aplicaciones

Vanadis 4 Extra es un acero especialmente adecuado en aplicaciones en las que el desgaste adhesivo y/o melladuras son los mecanismos de fallo dominantes, es decir:

- Con materiales blandos/adherentes como el acero inoxidable martensítico, acero dulce, cobre, aluminio, etc , como material de trabajo
- Con material de trabajo grueso
- Materiales de trabajo de alta resistencia

Vanadis 4 Extra es también un acero adecuado para corte y conformado de chapa de acero de alta resistencia, UHSS, éstos materiales exigen grandes requisitos al acero para utillajes, tanto en resistencia al desgaste abrasivo como en ductilidad.

Algunos ejemplos

- Corte y conformado
- Corte fino
- Utillajes para extrusión en frío
- Compactación de polvo
- Embutición profunda
- Cuchillas
- Substrato para recubrimiento de superficie

Propiedades

PROPIEDADES FÍSICAS

Material templado y revenido a 60 HRC

Temperatura	20°C	200°C	400°C
Densidad kg/m ³	7 700	–	–
Módulo de elasticidad N/mm ²	206 000	200 000	185 000
Coefficiente de expansión térmica por °C a partir de 20°C	–	10,9 x 10 ⁻⁶	11,7 x 10 ⁻⁶
Conductividad térmica W/m • °C	–	30	30
Calor específico J/kg °C	460	–	–

RESISTENCIA AL IMPACTO

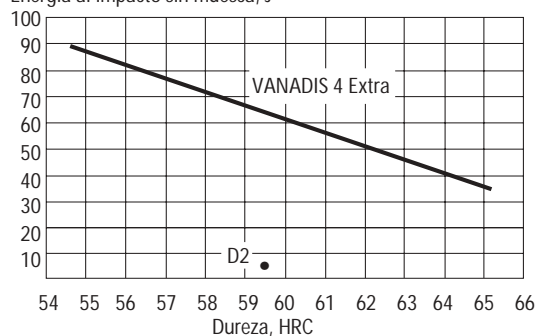
Resistencia al impacto aproximada a temperatura ambiente a distintas temperaturas de revenido.

Dimensión original de la barra: Ø 105 mm, las probetas son tomadas del centro de la barra y probadas en dirección transversal.

Tamaño de la probeta: 7 x 10 x 55 mm sin muesca
Templado durante 30 minutos, entre 940°C y 1150°C, por encima de 1100°C durante 15 minutos
Enfriamiento al aire. Revenido 2 x 2h entre 525°C y 570°C

Diferencia en ductilidad entre Vanadis 4 Extra y 1.2379 (D2) a distintos niveles de dureza

Energía al impacto sin muesca, J



Tratamiento térmico

RECOCIDO BLANDO

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

LIBERACIÓN 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 alcanzar los 500°C, luego libremente al aire.

TEMPLE

Temperatura de precalentamiento: 600–700°C

Temperatura de austenización: 940–1150°C, normalmente 1020°C. Para grandes secciones >70mm utilizar 1060°C.

Tiempo de mantenimiento: 30 minutos hasta 1100°C, y 15 minutos por encima de 1100°C.

Tiempo de mantenimiento = tiempo a temperatura de temple una vez el utillaje ha sido calentado en toda su masa. Un tiempo de mantenimiento inferior al recomendado anteriormente puede resultar en una pérdida de dureza.

Proteger la pieza contra decarburación y oxidación durante el proceso de temple

MEDIOS DE ENFRIAMIENTO

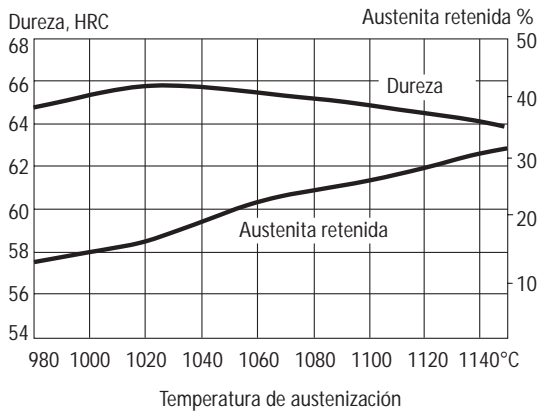
- Vacío (gas a alta velocidad con suficiente presión positiva).
- Baño de martemple, o lecho fluidizado a 500–550°C.
- Baño de martemple, o lecho fluidizado a 200–350°C.

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

Nota 2: A fin de obtener las óptimas propiedades para el utillaje, el nivel de enfriamiento debería ser lo más rápido posible dentro de los límites aceptables de distorsión.

Nota 3: El martemple debería estar seguido por un enfriamiento por aire forzado si el espesor de la pared excede los 70 mm.

Dureza y austenita retenida en función de la temperatura de austenización



REVENIDO

La temperatura de revenido puede seleccionarse de acuerdo con la dureza requerida empleando como guía el gráfico de revenido que se muestra a continuación.

Revenir dos veces con un enfriamiento intermedio hasta alcanzar la temperatura ambiente.

La temperatura mínima de revenido que debería utilizarse es de 525°C, y tiempo mínimo de mantenimiento a temperatura, 2 horas. A fin de no reducir la tenacidad, no revenir por debajo de 525°C. Para evitar un contenido demasiado elevado de austenita retenida se recomienda una temperatura de revenido por encima de los 525°C

Gráficos de revenido

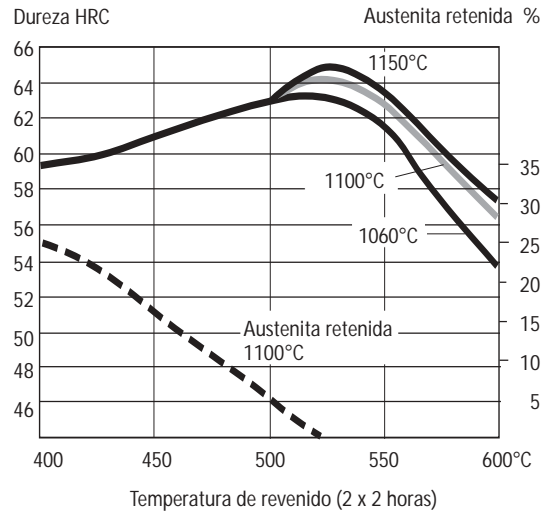
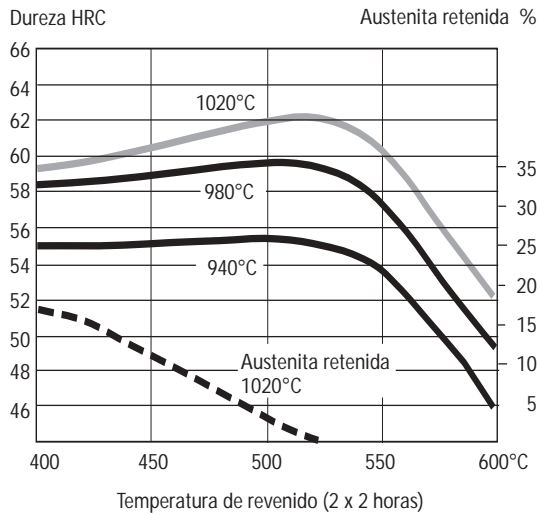


Gráfico CCT

Temperatura de austenización 1020 °C. Tiempo de mantenimiento 30 minutos.

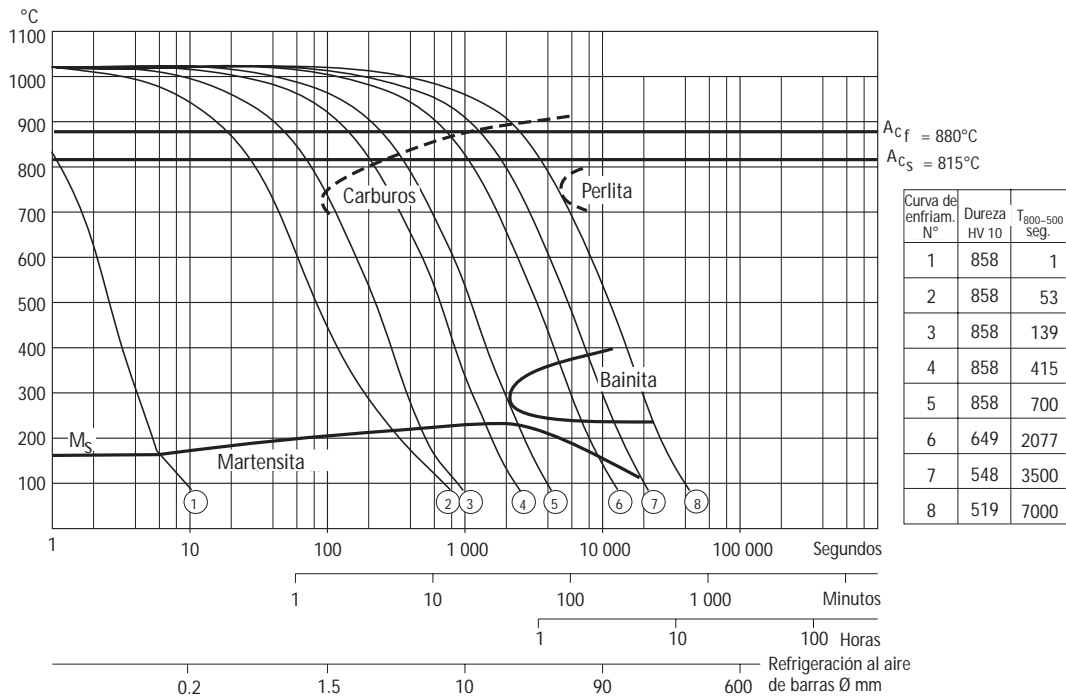
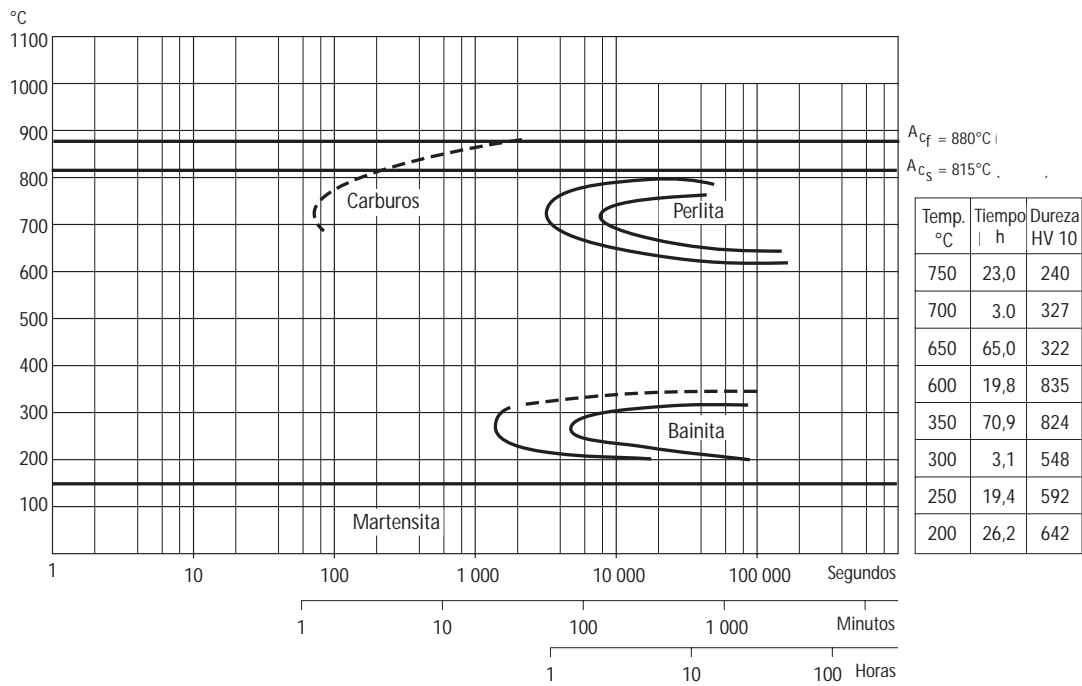


Gráfico TTT

Temperatura de austenización 1020°C. Tiempo de mantenimiento 30 minutos.



CAMBIOS DIMENSIONALES DURANTE EL TEMPLE Y REVENIDO

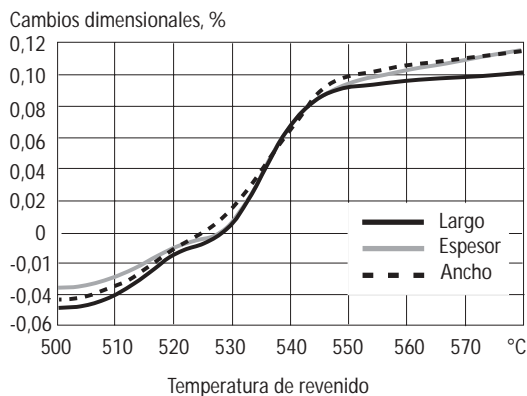
Los cambios dimensionales han sido medidos después de la austenización y revenido.

Austenización: 1020°C/30 min, enfriamiento en horno de vacío a 1,1°C/s entre 800°C y 500°C.

Revenido: 2 x 2 h a varias temperaturas.

Tamaño de la probeta: 80 x 80 x 80 mm

Cambios dimensionales en largo, ancho y espesor durante de temple y revenido, en largo, ancho y espesor.



TRATAMIENTO SUB-CERO

Las piezas que requieran la máxima estabilidad dimensional pueden ser tratadas mediante el método sub- cero en la forma siguiente:

Inmediatamente después del enfriamiento la pieza debe ser tratada sub-cero de -70 a -80°C, tiempo de inmersión de 3-4 horas, seguido de un revenido. La temperatura de revenido debe reducirse 25°C a fin de obtener la dureza deseada cuando se realiza un revenido a alta temperatura.

Evitar las formas complicadas puesto que implica riesgo de roturas.

Tratamientos de superficie

A algunos aceros para trabajo en frío se les aplica una 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 los tratamientos de superficie con recubrimientos resistentes al desgaste producidos mediante PVD o CVD.

La alta dureza y tenacidad juntamente con una buena estabilidad dimensional hacen que Vanadis 4 Extra sea un acero sustrato ideal para distintos tipos de recubrimientos de superficie.

NITRURACIÓN

La nitruración aporta en una capa dura en la superficie que es muy resistente al desgaste y a la erosión.

Normalmente Vanadis 4 Extra se reviene a alta temperatura, a 525°C. Ello significa que la temperatura de nitruración utilizada no debería exceder los 500-525°C. La nitruración iónica a una temperatura inferior a la temperatura de revenido utilizada es la más recomendable.

La dureza de la superficie después de realizada la nitruración es de aproximadamente de 1150 HV_{0,2kg}. El espesor de la capa deberá seleccionarse según la aplicación en cuestión.

PVD

La deposición física de vapor, PVD, es el método que consiste en aplicar un recubrimiento resistente al desgaste a temperaturas entre 200-500°C.

CVD

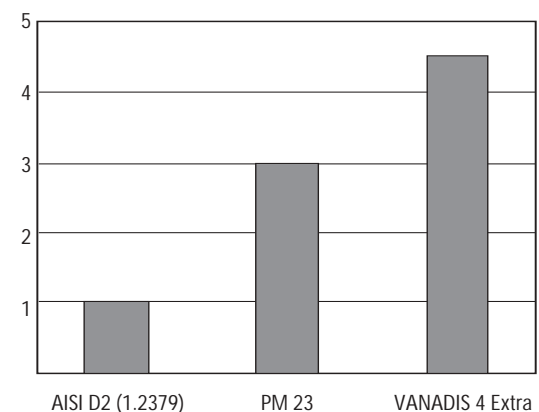
La deposición química de vapor (CVD) se utiliza para aplicar un recubrimiento resistente al desgaste a una temperatura aproximada de 1000°C.

Es recomendable que los utillajes se templen por separado en un horno de vacío una vez realizado el tratamiento de superficie.

Capacidad de mecanizado

Capacidad relativa de mecanizado y rectificado para AISI D2 (1.2379), PM 23 y Vanadis 4 Extra. Un alto valor indica buena capacidad de mecanizado y rectificado.

Capacidad relativa de mecanizado/rectificado, (1=peor 5=mejor)



Recomendaciones de mecanizado

Los parámetros de corte de los cuales informamos a continuación, deberán considerarse como valores guía, que deberán adaptarse a las condiciones locales existentes.

Estado de suministro: recocido blando a ~230 HB

TORNEADO

Parámetros de corte	Torneado con herramientas de metal duro		Torneado con acero Torneado de acabado
	Torneado de desbaste	Torneado de acabado	
Velocidad de corte (v_c) m/min.	120–170	170–220	15–20
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*, P20*	K15*, P15*	–

*Utilizar metal duro resistente al desgaste con recubrimiento CVD

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	12–14*	0,05–0,15
5–10	12–14*	0,15–0,25
10–15	12–14*	0,25–0,30
15–20	12–14*	0,30–0,35

* Para brocas de acero rápido con recubrimiento $v_c = 22–24$ 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.	140–160	80–100	50–60
Avance (f) mm/r	0,05–0,15 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 herramientas de metal duro	
	Fresado de desbaste	Fresado fino
Velocidad de corte (v_c) m/min.	110–150	150–200
Avance (f_z) mm/diente	0,2–0,4	0,1–0,2
Profundidad de corte (a_p) mm	2–4	– 2
Designación ISO	K20, P20 Carburo revestido*	K15, P15 Carburo revestido*

*Utilizar metal duro resistente al desgaste con recubrimiento CVD

Fresado de acabado

Parámetros de corte	Tipo de fresa		
	Metal duro	Metal duro insertado	Acero rápido ¹⁾
Velocidad de corte (v_c) m/min.	60–80	110–160	8–12
Avance (f_z) mm/diente	0,03–0,20 ²⁾	0,08–0,20 ²⁾	0,05–0,35 ²⁾
Designación ISO	–	K15 ³⁾	–

¹⁾ Para fresas de acero rápido con recubrimiento $v_c = 18–24$ m/min.

²⁾ Dependiendo de la profundidad radial y diámetro de corte

³⁾ Utilizar metal duro resistente al desgaste con recubrimiento CVD

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 recocido blando	Condición templada
Rectificado frontal muela plana	A 46 HV	B151 R50 B3 ¹⁾ A 46 HV ²⁾
Rectificado frontal por segmentos	A 24 GV	A46 FV A46 FV ²⁾
Rectificado cilíndrico	A 60 KV	B151 R75 B3 ¹⁾ A 60 KV ²⁾
Rectificado interno	A 60 JV	B151 R75 B3 ¹⁾ A 60 KV ²⁾
Rectificado de perfil	A 100 LV	B126 R100 B6 ¹⁾ A 80 JV ²⁾

¹⁾ Si es posible utilizar muelas CBN para esta aplicación

²⁾ Se recomienda utilizar muelas de rectificado que contengan abrasivo del tipo sinterizado

EDM Mecanizado por electroerosión

Si se realiza el mecanizado por electroerosión en condición templado y revenido, acabar con una «electroerosión fina», es decir a baja corriente y alta frecuencia.

Para obtener un rendimiento óptimo, la superficie electroerosionada deberá rectificarse / pulirse, y el utillaje revenirse de nuevo aproximadamente 25°C por debajo de la temperatura original de revenido.

Al electroerosionar piezas grandes o formas complicadas, Vanadis 4 Extra deberá revenirse a altas temperaturas, por encima de los 500°C.

Comparación relativa de los aceros de Uddeholm para aplicaciones de 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 fatiga – rotura	
					desgaste abrasivo	desgaste adhesivo	Ductilidad/ Resistencia a las melladuras	Tenacidad / grandes rotura
ARNE	████	████████	████████	██	████	████	████	████
CALMAX	████	████████	████████	████████	████	████	████████	████████
CALDIE	██████	████████	████████	████████	████	██████	████████	████████
RIGOR	████	████████	██████	██████	████	████	██	████
SLEIPNER	██████	████████	██████	████████	██████	██████	██	████
SVERKER 21	████	████████	██	████	██████	██	██	████
SVERKER 3	████	██	██	████	██████	██	██	██
VANADIS 4 Extra	████████	████████	██████	████████	██████	██████	████████	████
VANADIS 6	██████	██	██	████████	██████	██████	████	██
VANADIS 10	██████	██	██	████████	██████	██████	████	██
VANADIS 23	██████	████	████	████████	██████	██████	████	████
VANADIS 30	██████	████	████	████████	██████	██████	██	████
VANADIS 60	██████	██	██	████████	██████	██████	██	████
AISI M:2	██████	████	████	████████	██████	██	██	██