



Acero para aplicaciones  
de trabajo en frío



---

## Contenido

Bases fundamentales sobre acero para utillajes .....	4
Selección de acero para utillajes .....	9
Fabricación del utillaje .....	11
Programa de productos .....	16
Calidades de acero de Uddeholm para aplicaciones de trabajo en frío .....	17

---

Esta información se basa en nuestros conocimientos y va dirigida a indicar las características de nuestros productos y su utilización. No debe considerarse como una garantía de las propiedades específicas de los productos descritos o una garantía de conveniencia destinada a un tema concreto.

Tiempo atrás, las líneas de prensas produciendo siempre el mismo tipo de componente eran un denominador común. Los paros de producción ocasionados por fallos en el utillaje no eran tan problemáticos puesto que se mantenía un alto ritmo de fabricación. Las reparaciones o el realizar nuevos utillajes podían efectuarse de forma rápida puesto que se contaba con stock de una o varias calidades distintas de acero en la propia compañía.

En general, los materiales de trabajo eran más sencillos y las velocidades de trabajo de las prensas mucho más lentas. Esta era una de las razones por las que normalmente no ocurrían fallos en el utillaje.

Pero la tecnología en producción avanzó de forma considerable. El equipamiento y la planta de fabricación se está tomando más en consideración a fin de incrementar precisión y productividad. Se ha puesto más énfasis en el beneficio, reduciendo los costes de producción. La rápida velocidad de las prensas fabricando componentes «Just in Time» con materiales de trabajo cada vez más difíciles y con utillajes fabricados mediante subcontratación es, hoy en día, un denominador común.

El diseño del utillaje, el método de fabricación de éste, el acero utilizado y el material de trabajo juegan, todos ellos, un papel importante cuando se intenta optimizar la productividad y reducir costos.

Las utillajes son el último eslabón en la cadena de proceso. A fin de obtener una óptima productividad, es necesario contar con un acero que reúna los requisitos actuales y tener un buen conocimiento sobre la selección más adecuada de éste.

## Bases fundamentales sobre acero para herramientas

Nosotros, desde Uddeholm podemos ayudar al usuario del utillaje en varios y distintos modos que creemos importantes.

Nuestra amplia organización mundial puede ofrecerle un equilibrado programa de acero para herramientas de gran calidad. Este programa no incluye tan solo una serie de calidades standard.

Incluye asimismo calidades diseñadas específicamente para alcanzar los altos requisitos que hoy en día se solicita a los utillajes para aplicaciones de trabajo en frío.

Podemos colaborar con el usuario del utillaje a elegir el acero adecuado para cada aplicación. Ello lo realizamos seleccionando la calidad de acero una vez identificados los posibles mecanismos de fallo en el utillaje. Una selección realizada de éste modo nos resultará en menores costos de fabricación, bajos costes de mantenimiento y menos paros de producción.

### REQUISITOS EN LOS UTILLAJES DE TRABAJO EN FRIO

El hecho de elegir el acero adecuado del utillaje para cada aplicación concreta es cada vez más importante a medida que se incrementan los requisitos en éste. ¿Cuáles son éstos requisitos?

- El utillaje debe contar con una resistencia al desgaste suficiente.
- El utillaje debe ser fiable. No debe fallar debido a una rotura prematura.

Una óptima economía del utillaje – el coste más bajo posible por pieza fabricada – tan solo puede conseguirse si es seleccionado el acero adecuado para cada aplicación concreta.

### RENDIMIENTO DEL UTILLAJE

El rendimiento de un utillaje para aplicaciones de trabajo en frío dependerá de muchos factores. Estos se muestran en la Fig. 1

El rendimiento del utillaje es estudiado amenudo examinando la calidad de las piezas que éste fabrica. En la mayoría de aplicaciones, existen para las piezas a fabricar, unos requisitos especiales en el acabado de la superficie, tolerancias dimensionales, etc.. Un utillaje con problemas o daños resulta normalmente, en el rechazo de las piezas producidas, debiendo éste de ser reparado o reemplazado.

### MECANISMOS DE FALLO DEL UTILLAJE

Las investigaciones realizadas sobre los mecanismos de fallo en utillajes fuera de uso, provenientes de muy distintas aplicaciones, nos han mostrado que existen 5 principales mecanismos de fallo en los utillajes para aplicaciones de trabajo en frío.

Estos son:

- Desgaste
- Melladuras
- Deformación plástica
- Grietas/Rotura total
- Adherencia.

Estos fallos se muestran de forma esquemática en la Fig. 2

Todos éstos mecanismos tienen orígenes mecánicos. Son debidos a grandes fuerzas y contactos por deslizamiento entre las superficies de trabajo de la herramienta y el material de trabajo.

El desgaste ocurre siempre, en mayor o menor grado, en cada operación de trabajo en frío. Si bien, dependiendo de la aplicación, condiciones y material de trabajo, uno o varios de los mecanismos de fallo pueden presentarse al mismo tiempo.

El material de trabajo en sí, tiene una influencia fundamental en los mecanismos de fallo.

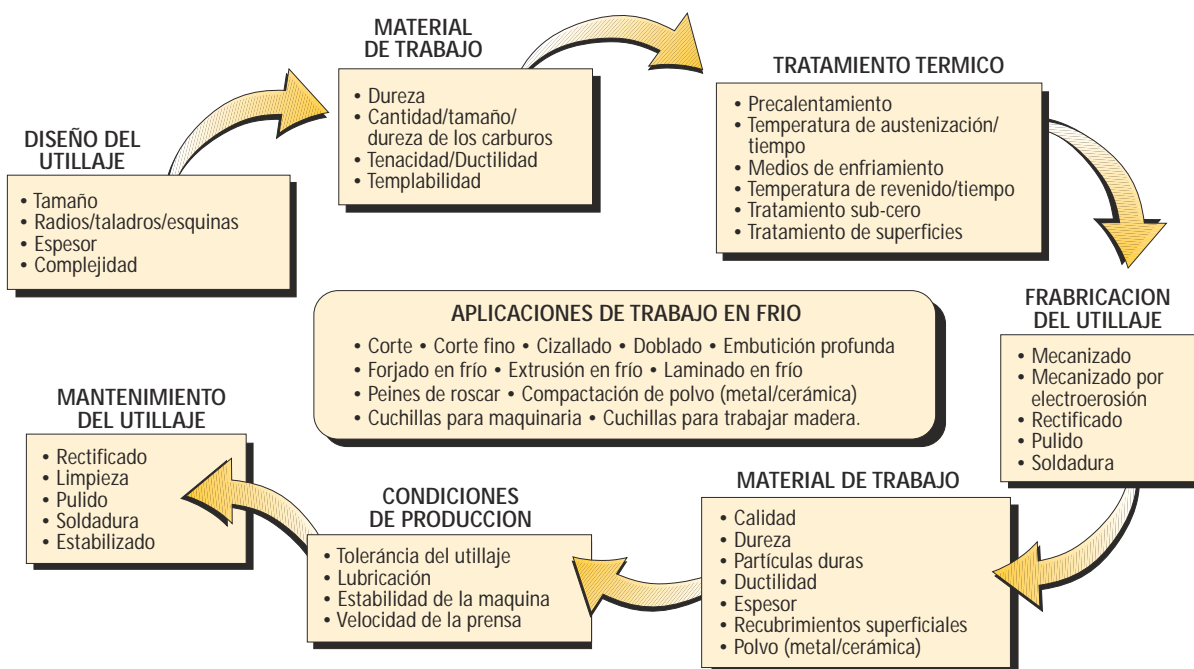


Fig. 1. Factores que influyen la vida del utillaje en aplicaciones de trabajo en frío.

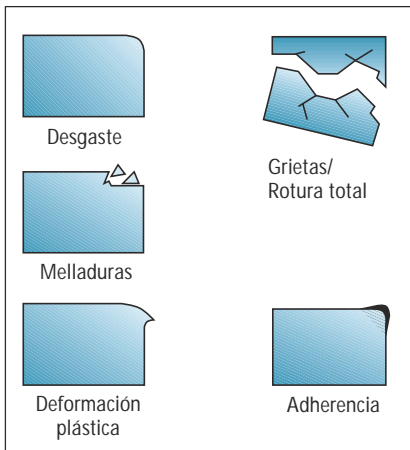


Fig. 2. Mecanismos de fallo más frecuentes en aplicaciones de trabajo en frío.

### RELACION ENTRE LOS MECANISMOS DE FALLO Y LAS PROPIEDADES DEL ACERO PARA HERRAMIENTAS

Durante los últimos años se ha trabajado mucho en éste campo, especialmente en el área de los aceros para aplicaciones de trabajo en frío. Se ha conseguido un mejor entendimiento de la importante relación que existe entre los mecanismos de fallo y las propiedades del acero, a continuación analizamos nuestros conocimientos sobre el tema.

#### Desgaste abrasivo

Este tipo de desgaste domina cuando el material de trabajo es duro y/o contiene partículas duras como óxidos o carburos.

Estas partículas duras erosionan la superficie del utillaje tal como se muestra de forma esquemática en la Figura 3. Un ejemplo de un punzón fuera de servicio debido a un desgaste abrasivo se observa en la Figura 5.

El desgaste abrasivo es un factor dominante cuando se utilizan materia-

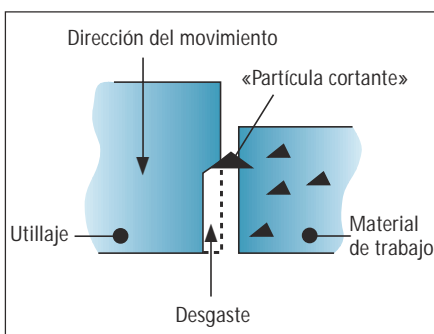


Fig. 3. Representación esquemática de desgaste abrasivo.

les de trabajo como acero templado, cerámica y madera.

Las propiedades más importantes con las que debe contar un acero para obtener una buena resistencia al desgaste abrasivo son:

- alta dureza
- gran cantidad de carburos
- alta dureza de los carburos
- gran tamaño de los carburos.

#### Desgaste adhesivo

El origen del desgaste adhesivo es la aparición de micro-soldaduras locales entre la superficie del utillaje y el material de trabajo.

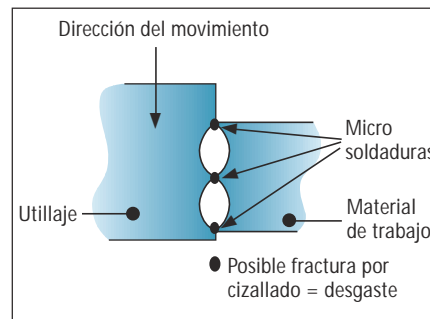


Fig. 4. Representación esquemática de desgaste adhesivo.

Ello es mostrado de forma esquemática en la Figura 4. El movimiento relativo entre el utillaje y el material de trabajo causará que éstas micro-soldaduras se vayan desprendiendo y pequeños fragmentos del material de la herramienta se desprendan asimismo de la superficie de ésta. Una pérdida continuada de material de éste modo, puede resultar en un desgaste importante. Aunque por otra parte, los fragmentos que se desprenden, pueden pegarse al material de trabajo y causar un desgaste abrasivo en la superficie del utillaje.

También el desgaste adhesivo puede ser origen de posibles melladuras. Un mecanismo de fallo aparece gradualmente a partir de un desgaste adhesivo dominante desde el principio. Las micro grietas comienzan a unirse y a su vez empezarán a tener más profundidad y a propagarse. Las grietas pueden por tanto iniciar un desconchamiento a gran escala (melladuras) o incluso desencadenar una rotura total.

Un ejemplo de punzón fuera de uso a causa del desgaste adhesivo se muestra en la Figura 6. Las grietas por fatiga se aprecian claramente.

El desgaste adhesivo aparece con materiales de trabajo blandos y adherentes como aluminio, cobre acero inoxidable y acero con bajo contenido en Carbono.

El tipo de desgaste adhesivo puede reducirse intentando que las micro-soldaduras y/o los mecanismos de desprendimiento de material no se produzcan fácilmente. Las propiedades del acero que son críticas para obtener una buena resistencia al desgaste contra el desgaste adhesivo son:

- alta dureza
- bajo coeficiente de fricción entre el utillaje y el material de trabajo
- alta ductilidad.

#### Mezcla de ambos tipos de desgaste

Debe también considerarse que no todos los materiales de trabajo metálicos causan un desgaste puramente adhesivo o puramente abrasivo. Algunos causarán un desgaste en parte adhesivo y en parte abrasivo. Este tipo de desgaste se denomina como desgaste mixto.



Fig. 5. Fotografía SEM de un punzón realizado con material D2 fuera de servicio a causa del desgaste abrasivo (material de trabajo acero 1% C a 46 HRC).

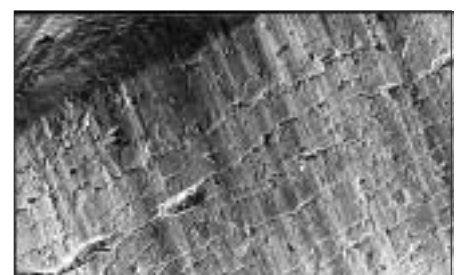


Fig. 6. Fotografía SEM de un punzón realizado con material D2 fuera de servicio a causa del desgaste adhesivo (material de trabajo, acero inoxidable austenítico).

## Melladuras

Las melladuras aparecen después de que la herramienta haya estado en servicio por un período de tiempo relativamente corto.

Este mecanismo de fallo es uno de los de bajo ciclo de fatiga. Pequeñas grietas se inician en la superficie de trabajo del utillaje, y el crecimiento de éstas resultan finalmente en el desprendimiento del trozos de material.

A fin de obtener una buena resistencia contra las melladuras, es de vital importancia intentar dificultar el crecimiento y propagación de grietas. Una propiedad del acero para herramientas que resulta en una buena resistencia contra las melladuras es una alta ductilidad.

## Deformación plástica

La deformación plástica aparece cuando se ha excedido el límite de elasticidad de la herramienta.

La deformación plástica causa daños o cambios de forma en la superficie del utillaje.

La propiedad del acero que es importante a fin de obtener una buena resistencia a la deformación plástica es la dureza.

*Nota:* La tenacidad deberá considerarse de forma adecuada al seleccionar el nivel de dureza a utilizar.

## Roturas

La rotura es un mecanismo de fallo que tiende a ocurrir de forma espontánea y normalmente significa que el utillaje debe ser reemplazado por uno nuevo.

La propagación de grietas de forma inestable es el mecanismo que causa éste tipo de fallo.

La formación de grietas está muy influenciada por la presencia de concentradores de tensiones, por ejemplo las señales de rectificado, marcas de mecanizado o características del diseño como esquinas agudas o radios. También la capa que aparece después de realizar un mecanizado por electroerosión es una causa frecuente de la aparición de éste tipo de problema.

Las propiedades del acero que dan buena resistencia contra las roturas son:

- baja dureza
- alta tenacidad microestructural.

*Nota:* Una baja dureza tendrá un efecto en detrimento de la resistencia a otros mecanismos de fallo. Por tanto, trabajar con baja dureza no es normalmente una buena solución. Es mucho mejor utilizar un acero que tenga una buena tenacidad microestructural.

## Adherencia

La adherencia es un problema asociado con materiales de trabajo metálicos blandos y adhesivos. Normalmente aparece como un crecimiento gradual de pequeños fragmentos del material de trabajo que se desprenden y adhieren a las superficies de trabajo del utillaje.

Un bajo coeficiente de fricción entre la superficie del utillaje y el material de trabajo ayudará a prevenir el problema de adherencia.

La Tabla 1 nos muestra la composición química de la línea completa de acero de Uddeholm para aplicaciones de trabajo en frío. Incluye los tipos AISI standard así como los aceros de alto rendimiento desarrollados especialmente.

Este programa está compuesto por 11 calidades distintas de acero, 4 de las cuales están producidas mediante el proceso PM (pulvimetalúrgico), del cual hablaremos en más detalle a continuación.

Este bien equilibrado programa básico es suficiente para cubrir la mayoría de las aplicaciones de trabajo en frío y todos los niveles de serie de producción.

La resistencia de éstos aceros a varios mecanismos de fallo de la herramienta, se muestran a continuación en una escala relativa. Tabla 2.

## PROPIEDADES CRITICAS DEL ACERO PARA MATRICES Y UTILLAJES

La resistencia que un acero para matrices y utillajes ofrece contra varios mecanismos de fallo varía de acuerdo con cada calidad, puesto que cada una de ellas cuenta con distintas propiedades críticas. Estas propiedades están, cada una a su vez, determinadas básicamente por la composición química y por el método utilizado en la fabricación del acero.

Calidad	Uddeholm	Composición química %							
		C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	
O1	ARNE	0,95	0,3	1,1	0,6	–	0,6	0,1	
Análisis especial	CALMAX/ CARMO	0,6	0,35	0,8	4,5	0,5	–	0,2	
A2	RIGOR	1,0	0,3	0,6	5,3	1,1	–	0,2	
Análisis especial	SLEIPNER	0,9	0,9	0,5	7,8	2,5	–	0,45	
D2	SVERKER 21	1,55	0,3	0,4	11,8	0,8	–	0,8	
≈D6	SVERKER 3	2,05	0,3	0,8	12,7	–	1,1		
Análisis espec.	VANADIS 4	1,5	1,0	0,4	8,0	1,5	–	4,0	
Análisis espec.	VANADIS 6	2,1	1,0	0,4	6,8	1,5	–	5,4	
Análisis espec.	VANADIS 10	2,9	1,0	0,5	8,0	1,5	–	9,8	
M3:2 PM	VANADIS 23	1,28	0,5	0,3	4,2	5,0	6,4	3,1	

Tabla 1. Composiciones químicas de las calidades standard de Uddeholm para operaciones activas de trabajo en frío (partes activas del utillaje).

### ACERO PARA MATRICES Y UTILLAJES FABRICADO CONVENCIONALMENTE

Haciendo referencia a la Tabla 2 ésta nos muestra que la progresión desde las calidades fabricadas convencionalmente desde la O1 a D6 aumenta la resistencia al desgaste abrasivo, mientras que la resistencia al desgaste adhesivo y la tenacidad va disminuyendo progresivamente. La excepción es el tipo A2 que muestra una mejora contra el desgaste adhesivo debido a su mejor tenacidad.

Durante mucho tiempo el desgaste del utillaje era considerado de una naturaleza abrasiva. Por ésta razón, muchos de los antiguos y bien conocidos aceros para aplicaciones de trabajo en frío de alta aleación tipo D2 y D6, etc. cuentan con un perfil pronunciadamente abrasivo. Estos tipos de acero realizan un buen trabajo en casos donde domina el desgaste abrasivo, pero es bien conocido por todos que no tienen un buen rendimiento en aplicaciones donde entra en juego el desgaste adhesivo, las roturas o las melladuras.

La mayoría de los materiales de trabajo utilizados en operaciones de trabajo en frío someten a la herramienta al desgaste adhesivo, desgaste mixto y/o melladuras y roturas.

#### Los aceros standard de Uddeholm para elementos de soporte de utillajes para trabajo en frío:

Uddeholm Calidad	Composición química %		
	C	Si	Mn
—			
FORMAX	0,18	0,3	1,3
AISI 1148			
UHB 11	0,50	0,2	0,7

Tabla 3. Composición química de las calidades standard de Uddeholm para placas soporte, portamoldes y piezas de apoyo.

Por ésta razón, se presentaron aceros tipo A2. Uddeholm ha introducido incluso otra calidad más, CALMAX, que cuenta con un perfil de propiedades superior para corte y conformado de chapa gruesa.

Calidad Uddeholm	Dureza/ Resistencia a la deformación plástica	Resistencia al		Resistencia a la rotura por	
		desgaste abrasivo	desgaste adhesivo	ductilidad/ resistencia a melladuras	tenacidad/ resistencia grandes roturas
ARNE	████████	████	████████	████████	████████
CALMAX/CARMO	████████	████	████████	████████	████████
RIGOR	████████	████	████████	████████	████████
SLEIPNER	████████	████	████████	████████	████████
SVERKER 21	████████	████	████	████	████
SVERKER 3	████████	████	████	████	████
VANADIS 4	████████	████	████████	████████	████████
VANADIS 6	████████	████	████████	████████	████████
VANADIS 10	████████	████	████████	████████	████████
VANADIS 23	████████	████	████████	████████	████████

Tabla 2. Comparación relativa de la resistencia a los mecanismos de fallo (a mayor longitud de la barra, mejor es la resistencia).

### LA INNOVACION EN ACERO PARA PARA MATRICES Y UTILLAJES – LOS ACEROS PULVIMETALURGICOS

La necesidad de un acero para herramientas de alto rendimiento ha ido creciendo rápidamente debido a una constante demanda competitiva de los mercados, a fin de conseguir el menor coste posible del utillaje por pieza fabricada. Su éxito se basa en el camino de la producción pulvimetalúrgica.

Tradicionalmente, el acero para herramientas se funde del mismo modo que los aceros estructurales y de ingeniería, pero generalmente se crean pequeños lingotes. Vertiendo el metal

fundido en lingoteras, tomando el metal resultante y forjando, laminándolos y recociéndolos, se fabrican las barras de acero. Aunque, debido a los acontecimientos que ocurren durante la solidificación del lingote, aparecen segregaciones de diferentes grados e intensidad para varias aleaciones. Se forman las redes de carburos y éstas son particularmente evidenciadas en los aceros con alto contenido de carbono, alto contenido de cromo y acero rápido.

Estas redes se destruyen gradualmente durante el forjado en caliente, tal como se muestra de forma esquemática en la figura 7.

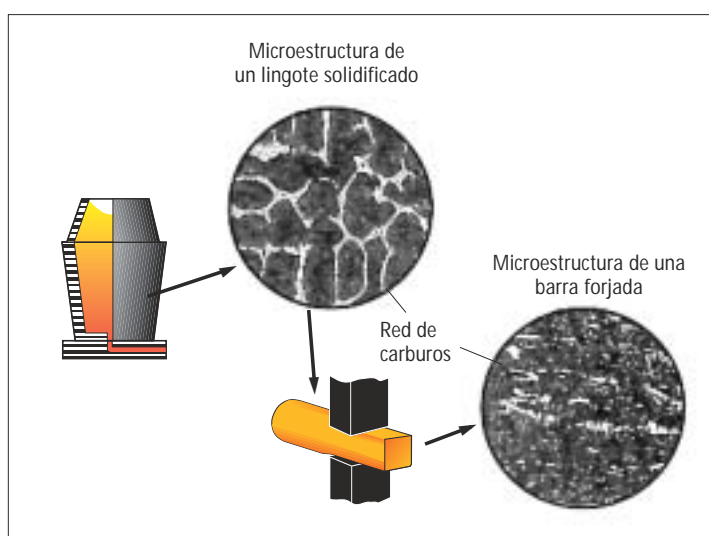


Fig. 7. Rotura de la red de carburos durante la operación de forjado en caliente de lingotes de acero.

En las barras acabadas estas redes se rompen y forman bandas de carburos y éstas afectan en forma negativa las propiedades mecánicas del acero para herramientas, particularmente en dirección transversal. A pesar de la gran cantidad de operaciones como por ejemplo un drástico grado de reducción, los aceros tipo D2 y D6 están faltos de tenacidad puesto que deben pagar por su resistencia al desgaste abrasivo y adhesivo influenciado por los carburos.

A fin de evitar segregaciones y grandes carburos con su contraproducente efecto en la tenacidad, un proceso totalmente distinto en la fabricación de los lingotes debe ser utilizado.

La pulvimetalurgia (PM) es el proceso industrial por el cual pueden fabricarse lingotes de acero de alta aleación libres de macro segregaciones. El proceso pulvimetalúrgico mostrado de forma esquemática en la Figura 8 crea unas pequeñas esferas solidificadas las cuales, después de ser sometidas a una presión isostática en una cápsula, proporcionan un lingote listo para ser forjado en caliente en forma de barra y son por definición productos completamente forjados.

El proceso PM evita el problema de las macro-segregaciones y consecuentemente pueden fabricarse más aceros de alta aleación que los que podrían fabri-

carse de modo convencional. La Figura 9 compara la microestructura de un acero fabricado convencionalmente al 12% Cr. (SVERKER 21) con un acero pulvimetalúrgico (VANADIS 4). En los aceros PM, los pequeños carburos de alta aleación aumentan considerablemente la resistencia al desgaste y al mismo tiempo también la tenacidad,

especialmente en sentido transversal. Ello entra en contraste con los aceros fabricados convencionalmente, puesto que tan solo puede incrementarse la tenacidad a expensas de reducir la resistencia al desgaste (dureza).

Así pues, en los aceros pulvimetalúrgicos mostrados en la Tabla 2, pág. 7, se advierte un incremento a la resistencia al desgaste (tanto adhesivo como abrasivo) pero al mismo tiempo una mejor tenacidad.

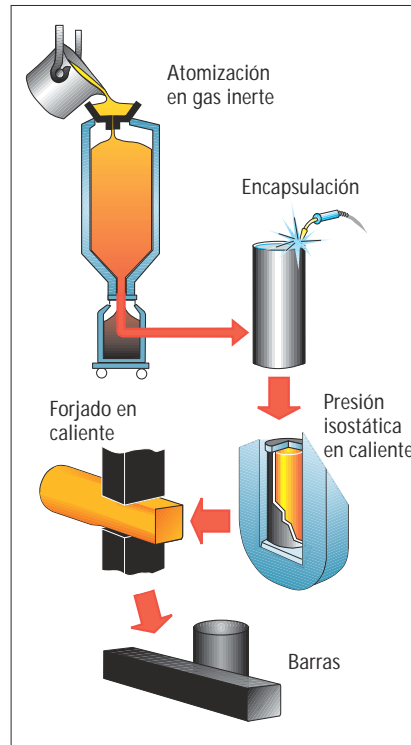


Fig. 8. Representación esquemática del proceso pulvimetalúrgico (PM) para la fabricación de acero.



SVERKER 21



VANADIS 4

Fig. 9. Comparación entre microestructuras de un acero al 12% de Cr. fabricado convencionalmente (SVERKER 21) y un acero PM para aplicaciones de trabajo en frío (VANADIS 4).



Forjado de barras en la forja de la fabrica.



## Selección del acero adecuado para cada aplicación

La selección del acero adecuado para cada aplicación concreta dependerá de los mecanismos de fallo dominantes.

La elección de un acero para cada caso específico requiere algo más que simplemente un conocimiento de las propiedades del acero. La cantidad de piezas a fabricar, el tipo de material de trabajo, el espesor de éste y también su dureza, son algunos factores que deben tenerse también en consideración.

La idea básica es elegir un acero tal en que todos los mecanismos de fallo excepto el desgaste, sean eliminados.

Los pasos siguientes, realizados en casos sencillos nos indican cómo debe realizarse la selección.

### IDENTIFICAR EL TIPO DE DESGASTE

Las siguientes propiedades del material de trabajo deben considerarse a fin de establecer el tipo de desgaste domi-

nante (abrasivo, adhesivo o mixto) que podemos esperar:

- tipo de material de trabajo
- dureza del material de trabajo
- presencia de partículas duras en el material de trabajo.

Este es el paso más fundamental puesto que determinará con qué perfil de resistencia al desgaste deberá contar el acero.

### APARICION DE MELLADURAS O DEFORMACION PLASTICA

Los siguientes puntos nos indicarán la extensión del riesgo de aparición de melladuras y/o deformación plástica, por ejemplo si se requiere alta ductilidad y/o alta dureza:

- tipo de aplicación
- espesor y dureza del material de trabajo
- complejidad geométrica de las piezas a fabricar.

Normalmente el usuario del utillaje cuenta con sobrada experiencia en éste campo.

### RIESGO DE ROTURAS

Los puntos a continuación nos darán una indicación sobre el riesgo de roturas, por ejemplo si debe utilizarse un acero tenaz y/o un nivel moderado de dureza:

- tipo de aplicación
- geometría de la pieza que deba fabricarse
- diseño y tamaño del utillaje
- espesor y dureza del material de trabajo.

### CANTIDAD DE PIEZAS A FABRICAR

Las largas series de fabricación requieren a menudo más de un utillaje, asimismo requieren un acero de alto rendimiento a fin de obtener una economía óptima en la herramienta. Por otra parte, las series cortas pueden realizarse con una calidad de acero de más baja aleación.



Termos. Se utilizó VANADIS 23 y SVERKER 21 en el utillaje.

**SELECCION DEL ACERO ADECUADO**

El tipo de acero que cuente con el perfil más adecuado para evitar los mecanismos de fallo dominantes puede seleccionarse utilizando la información expresada en la Tabla 2, pág. 7.

El procedimiento para la selección del acero es indicado a continuación:

**1. Corte de chapa fina templada (0,5 mm)**

- El desgaste abrasivo será el mecanismo de fallo dominante.
- El riesgo de melladuras y roturas es mínimo para piezas con geometría sencilla, pero éste riesgo se incrementa a medida que se complica la geometría.
- El riesgo de deformación plástica es mínimo puesto que se pueden utilizar niveles de dureza suficientemente elevados.

Para series cortas de piezas con geometría sencilla, el acero para herramientas *ARNE* es suficiente para un utillaje de tamaño moderado. Para un utillaje de mayores dimensiones se requiere un acero de más alta aleación debido a razones de templabilidad. En éste caso el acero *CALMAX* sería la elección adecuada.

Para una serie de fabricación más larga donde se requiera una cierta resistencia al desgaste abrasivo, *SVERKER 21* sería una buena elección para piezas con una geometría relativamente simple. En cambio, para piezas con geometría complicada, el riesgo de roturas se ve incrementado, por tanto *VANADIS 6* sería la elección adecuada.

Para series de fabricación muy largas se requiere un acero con una resistencia al desgaste abrasivo extremadamente alta. En éste caso la elección idónea es *VANADIS 10* (tanto para piezas con geometría sencilla como complicada).

**2. Corte de acero inoxidable austenítico grueso (5 mm) y blando (150 HV)**

- El desgaste adhesivo es el mecanismo de fallo dominante.
- El riesgo de aparición de melladuras o roturas es insignificante.

- Existe un riesgo moderado de deformación plástica, pero éste puede evitarse utilizando un acero suficientemente tenaz con un nivel de dureza más elevado.

Para series cortas de piezas con geometría sencilla o complicada, *CALMAX* es una buena elección.

Para series largas o muy largas de piezas con geometría sencilla o complicada, *VANADIS 4* es la elección obvia.

**SELECCION DE ACERO EN BASE AL LOTE DE FABRICACION**

La definición de una serie de fabricación corta, media o larga ha sido siempre muy empírica. A menudo las series cortas se definen como las que alcanzan un máximo de 100,000 piezas, las medias oscilan entre 100,000 y 1.000,000 de piezas y las series largas superan el 1.000,000 de piezas. Aunque éstas definiciones no toman en consideración factores como el espesor y la dureza del material de trabajo, ambos afectan al desgaste y aumentan el riesgo de melladuras y roturas, por ejemplo, la severidad de las operaciones de trabajo en frío no se tienen en cuenta. A fin de evitar ésta dificultad, las series de fabricación deberían ser redefinidas de la forma siguiente:

**Serie corta:** Un utillaje realizado con una calidad de acero de bajo rendimiento puede producir la totalidad de piezas requeridas.

**Serie media:** Un utillaje realizado con un acero de rendimiento medio se requiere para producir todas las piezas solicitadas.

**Serie larga:** Normalmente se requiere más de un utillaje para obtener la producción total de piezas requeridas. En éstos casos debería siempre utilizarse calidades de acero de alto rendimiento.

Las distintas calidades de acero de Uddeholm para aplicaciones de trabajo en frío pueden dividirse convenientemente en tres grupos para utillajes de producción corta, media y larga:

**Utillajes de producción corta:** *CARMO/CALMAX* y *ARNE*.

**Utillajes de producción media:** *CALMAX*, *RIGOR*, *SLEIPNER* y *SVERKER 21*.

**Utillajes de producción larga:** *SVERKER 3*, *VANADIS 4*, *VANADIS 6*, *VANADIS 10* y *VANADIS 23*.

Cada grupo contiene calidades de acero con un perfil propiedades distinto. La selección de la calidad adecuada con respecto a la aplicación actual y serie de producción se establece mediante el mecanismo de fallo dominante. Ello significa que la selección del acero se basa primeramente en la experiencia de la producción en marcha. El perfil de propiedades para las distintas calidades de acero se encuentran en la tabla 2 (pag7).

Una norma general, en el proceso de selección del acero, es tratar de eliminar las melladuras y las roturas al máximo, aunque ello signifique incrementar el desgaste del utillaje. La ventaja del desgaste, comparado con las melladuras y roturas, es que éste es más predecible. Por tanto el mantenimiento puede planificarse a fin de obtener menos paros de producción.

Si no contamos con la experiencia, puede utilizarse la tabla a continuación como guía para la selección del acero.

Serie de fabricación	Desgaste adhesivo		Desgaste mixto		Desgaste abrasivo	
Corta	ARNE CARMO*	54-56 HRC 54-61 HRC	ARNE CALMAX	54-58 HRC 54-59 HRC	ARNE	54-60 HRC
Media	CALMAX SLEIPNER	54-58 HRC 56-62 HRC	RIGOR SLEIPNER	54-62 HRC 58-63 HRC	SLEIPNER SVERKER 21	60-64 HRC 58-62 HRC
Larga	VANADIS 4	56-62 HRC	VANADIS 6 VANADIS 23	60-64 HRC 60-65 HRC	SVERKER 3 VANADIS 6 VANADIS 10	58-62 HRC 60-64 HRC 60-64 HRC

\* Temple a la llama o por inducción

Tabla 4. Serie de producción, y mecanismos de fallo dominantes

## Fabricación del utillaje

Si el utillaje debe realizar una fabricación óptima con un mínimo de mantenimiento y de paros de producción, no es tan solo necesario seleccionar el acero adecuado para cada aplicación específica. Es también esencial que la creación del utillaje se lleve a cabo de forma adecuada. Si no es así, una serie de problemas pueden aparecer durante la fabricación del utillaje. Pero no es eso todo, el rendimiento del utillaje en servicio puede verse reducido seriamente. Ello es debido a que los mecanismos de fallo a los cuales hemos hecho mención anteriormente, pueden verse favorecidos por los procedimientos inadecuados durante la fabricación del utillaje.

### DISEÑO BASICO DEL UTILLAJE

No es necesario mencionar que el diseño del utillaje debe realizarse correctamente, a fin de que pueda efectuar el trabajo requerido. Los utillajes diseñados para una aplicación particular y el espesor del material de trabajo es posible que no funcionen adecuadamente si más tarde, son utilizados para realizar una operación en un material de trabajo de mayor espesor y/o más duro, puesto

que pueden padecer un grave problema de sobrecarga.

Las siguientes recomendaciones en cuanto a características de diseño, aunque muy básicas, van dirigidas a evitar fallos prematuros tanto durante el tratamiento térmico como durante su utilización.

- Utilizar una dimensión general adecuada a fin de asegurar una resistencia básica y soporte del utillaje.
- Evitar cantos agudos. Siempre que sea posible incorporar radios generosos.
- Evitar siempre que sea posible secciones adyacentes grandes y pequeñas en el utillaje.
- Evitar los creadores de tensiones potenciales, por ejemplo la estampación en frío, desbastado o marcas de corte.
- Dejar suficiente espesor en el material entre los taladros y las esquinas de la superficie.

- Es recomendable que los utillajes con forma complicada sean construidos a partir de secciones, ello hace que sean más estables durante el tratamiento térmico y al mismo tiempo más fáciles de intercambiar.

### CAPA DECARBURADA

Durante la fabricación de barras de acero para herramientas es, virtualmente imposible evitar que algún carbono se oxide en la parte exterior de la barra. El grado en que una barra pueda decarburarse depende del análisis del acero y también de el proceso utilizado durante el calentamiento de la barra. A veces no existe una superficie completamente decarburada pero puede aparecer una zona en la superficie que contenga menor cantidad de carbono que la cantidad promedio de la barra.

Es importante eliminar la capa decarburada de la superficie de la barra antes de utilizar el acero para fabricar el utillaje. Si no se lleva a cabo ésta operación podría ocurrir lo siguiente:

- El utillaje podría romperse durante el tratamiento térmico (enfriamiento) o durante la etapa de servicio.
- Las superficies de trabajo del utillaje pueden deformarse plásticamente.
- La resistencia al desgaste del utillaje será desigual.



Utillaje para corte fino realizado con VANADIS 4.

Es también importante eliminar la capa decarburada de la barra negra utilizada para bloques mecanizados por electroerosión. Es conocido que éstos se rompen durante el proceso de enfriamiento debido a la presencia de la capa decarburada.

La cantidad de capa a eliminar depende de las dimensiones y forma de la barra. Varias organizaciones como AISI distribuyen unos standards sobre éste tema.

### RECTIFICADO

El hecho de utilizar las técnicas correctas de rectificado dará siempre una influencia positiva tanto en la fabricación del utillaje como en su rendimiento. La tensión creada localmente en la superficie del utillaje, debido a la combinación de altas temperaturas juntamente con la fricción y presión durante la operación de rectificado, puede reducirse a un mínimo del siguiente modo:

- utilizando muelas de rectificado libre debidamente revestidas
- restringiendo la presión de la muela/ el nivel de arranque o la profundidad de corte
- utilizando abundante cantidad de refrigerante.

Los utillajes realizados con acero de alta aleación que han sido revenidos a bajas temperaturas son particularmente sensibles durante las operaciones de

rectificado. En éstos casos deberá tenerse un cuidado especial. Como regla general, cuanto más duro es el acero, más blanda deberá ser la muela de rectificar y vice-versa.

Bajo condiciones de rectificado desfavorables, el acero para herramientas puede verse afectado del modo siguiente:

- Se reduce la dureza de la superficie (quemadura de revenido). Ello afectaría negativamente la resistencia al desgaste.
- Puede ocurrir un retemplado de la superficie rectificada. Ello podría resultar en la formación de grietas de rectificado y problemas de melladuras o rotura del utillaje.
- Se introducen severas tensiones en el utillaje. Estas pueden incrementar el riesgo de rotura.

Después de una operación de rectificado de desbaste es importante realizar un rectificado de acabado a fin de eliminar la capa de la superficie que contiene tensiones. Las tensiones de rectificado pueden también eliminarse mediante una operación de estabilizado, revenido a unos 25°C por debajo de la temperatura de revenido utilizada anteriormente.

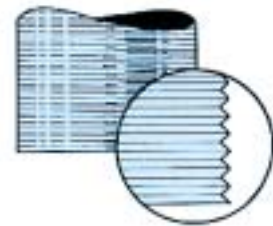
Debe tenerse en cuenta que el riesgo de grietas en la superficie es mayor cuando las herramientas de rectificado han sido sobre calentadas, mantenidas en exceso o poco revenidas durante el tratamiento térmico. Ello es debido a la presencia de austenita retenida blanda en la microestructura.

El calor y la presión producidos durante la operación de rectificado transforma normalmente ésta austenita retenida en martensita no revenida. La condición resultante es muy dura y frágil en la superficie de la herramienta y puede conducir fácilmente a la formación de grietas en la superficie.

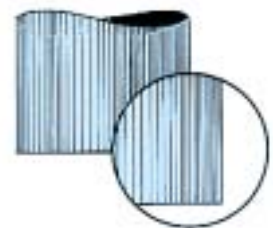
Las marcas de rectificado en la superficie de trabajo del utillaje pueden causar problemas durante la etapa de servicio de éste:

- Son creadores potenciales de tensiones y conducen a melladuras, desconchados e incluso roturas.
- Pueden causar adherencias, especialmente si son transversales en la dirección del flujo del metal.

La vida del utillaje puede verse incrementada de forma significativa, si las superficies de trabajo pueden ser rectificadas o arenadas en la dirección de penetración o flujo del metal.



*Punzón rectificado cilíndricamente. Aumento del riesgo de desconches, melladuras y desprendimientos.*



*Punzón rectificado longitudinalmente. La suave penetración y acción de arranque aumenta la vida del punzón.*



*Utillaje para embutición profunda de ensaladeras de acero inoxidable. El material utilizado en el utillaje es SVERKER 21.*

Cuando el acabado de la superficie es rectificado, la rebaba que se crea en el canto deberá eliminarse cuidadosamente mediante una operación de arenado manual. Ello reducirá la posibilidad de desconches o melladuras en el

canto cortante al inicio de la serie de fabricación. Es especialmente importante cuando se utilizan utillajes a altas durezas para corte de materiales de poco espesor.

Las calidades pulvimetalúrgicas *VANADIS 4* y *VANADIS 23*, con sus partículas de carburos extremadamente pequeñas, poseen una rectificabilidad considerablemente más buena de lo que podría esperarse de un material equivalente de alta aleación.

Más detalles y recomendaciones sobre muelas de rectificado pueden encontrarse en el catálogo de Uddeholm «Rectificado de Acero para Herramientas».

## TRATAMIENTO TÉRMICO

El propósito de aplicar tratamiento térmico a un utillaje es obtener unas propiedades mecánicas adecuadas, como la dureza, tenacidad o resistencia. Los principales problemas que pueden aparecer asociados al tratamiento térmico son:

- distorsión
- cambios dimensionales
- decarburación
- carburación
- precipitación de carburos en límite de grano (carburo pro-eutectoidal).

### Distorsión

La distorsión de utillajes sometidos a tratamiento térmico puede ser un resultado de:

- tensiones de mecanizado
- tensiones térmicas
- tensiones de transformación.

A fin de reducir las tensiones de mecanizado deberá realizarse siempre un estabilizado del utillaje, después de haber efectuado un mecanizado importante. De este modo, las tensiones inducidas por la operación de mecanizado se ven reducidas. Cualquier distorsión puede por tanto ajustarse durante el mecanizado final, antes del enfriamiento.

Las tensiones térmicas se crean cuando se calienta el utillaje. Estas tensiones aumentan si el calentamiento se efectúa rápidamente y de forma desigual. Como alternativa con piezas

grandes o complejas, el calentamiento puede realizarse mediante etapas de precalentamiento a fin de equilibrar la temperatura en el componente.

Debería tratarse siempre de calentar lentamente a fin de que la temperatura se mantenga virtualmente igual en toda la pieza.

Todo lo que hemos mencionado sobre calentamiento debe aplicarse también al enfriamiento. Unas fuertes tensiones aparecen durante el período de enfriamiento. Como norma general, cuanto más lento pueda ser el enfriamiento menores distorsiones ocurrirán a causa de tensiones térmicas.

### Cambios dimensionales

Las tensiones de transformación aparecen cuando se transforma la microestructura del acero. Los cambios dimensionales debidos a las transformaciones en el acero son difíciles de influenciar, excepto si se cambia a otra calidad de acero.

Los cambios dimensionales ocurren tanto durante el temple como durante el revenido. Cuando se estiman los cambios de tamaño, los efectos del temple y revenido deberían sumarse. Los catálogos de Uddeholm «Datos sobre Acero para Herramientas» contienen información sobre éstos cambios dimensionales.

### Decarburación

Es importante que los utillajes estén protegidos contra la oxidación y decarburación. La mejor protección nos la da un horno de vacío, donde la superficie del acero no se ve afectada. La decarburación resulta en una pérdida de resistencia al desgaste.

### Carburación

La carburación es el resultado de la aparición de carbono en la superficie del acero cuando el medio utilizado para proteger el utillaje durante el temple contiene carbonos libres. Todo ello resulta en una capa dura y frágil sobre la superficie del utillaje y por tanto aumenta el riesgo de melladuras o roturas.

### Precipitación en límite de grano

Los carburos pueden precipitarse durante el proceso de enfriamiento si éste se ha llevado a cabo demasiado lentamente. Los carburos se precipitan principalmente en límite de grano del acero y conllevan una pérdida de tenacidad y dureza final.

Para obtener información más detallada sobre tratamiento térmico consulte el catálogo de Uddeholm «Tratamiento Térmico de Acero para Herramientas».

## MECANIZADO POR ELECTROEROSION (EDM)

Cuando se realice un mecanizado por electroerosión uno o dos puntos muy importantes deberán tenerse en consideración a fin de obtener resultados satisfactorios. Durante la operación, la capa de la superficie del acero tratado térmicamente se retempla y consecuentemente se vuelve frágil. Normalmente ello conlleva melladuras, roturas por fatiga y una vida corta del utillaje.

A fin de evitar éste problema deberían tomarse las siguientes precauciones:

- Finalizar la operación de electroerosión con un acabado fino (baja corriente, alta frecuencia). Es esencial utilizar la dimensión correcta del electrodo para realizar el electroerosionado «fino» a fin de asegurar que se elimina la capa de la superficie (ver figura 10) producida por la operación de electroerosionado «fuerte».
- La capa en la superficie producida por el electroerosionado «fino» debería eliminarse mediante un pulido o arenado.



500X

Fig. 10. Superficie de SVERKER 21 después de haber realizado un electroerosionado de desbaste. La capa blanca es frágil y contiene grietas.

- Si existiera algún tipo de duda sobre la eliminación completa de la capa afectada en la superficie, debería volver a revenirse el utillaje a una temperatura 15–25°C por debajo de la temperatura utilizada con anterioridad.

### ELECTROEROSION POR HILO

Este proceso hace que resulte fácil cortar formas complicadas en bloques de acero templado. Aunque los aceros templados siempre contienen tensiones y cuando se eliminan grandes cantidades de acero en una sola operación, ello puede conducir en ocasiones a distorsiones o incluso a la rotura de la pieza. El problema de la formación de grietas solo se encuentra normalmente en secciones transversales relativamente gruesas, por ejemplo por encima de 50 mm de espesor.

En algunos casos, éstos riesgos pueden reducirse mediante distintas precauciones:

- Reducir el nivel general de tensiones en la pieza por medio de un revenido a alta temperatura. Ello asume la utilización de una calidad de acero con alta resistencia al revenido.
- Es importante realizar un temple correcto y un doble revenido. Se recomienda un tercer revenido para secciones grandes.
- Mecanizar la pieza de trabajo de forma convencional antes de realizar el tratamiento térmico a una forma aproximada a la forma final.
- Realizar varios taladros en la zona a eliminar y conectarlos mediante cortes antes del temple y revenido.

La capa superficial retemplada que ha sido producida por la electroerosión por hilo es relativamente fina y puede compararse más a un electroerosionado de acabado. De todas formas, a menudo es lo suficientemente gruesa como para causar problemas de melladuras o roturas, especialmente en utillajes más sensibles geoméricamente con altos niveles de dureza. Es por tanto recomendable, realizar al menos un corte «fino» después del corte más basto. Uno o más cortes finos son de todos modos necesari-

os para conseguir las tolerancias dimensionales requeridas.

Para obtener información más detallada pueden consultar el catálogo de Uddeholm «Mecanizado por Electroerosión de Acero para Herramientas».

### TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

Para realizar detalles en algunos utillajes, por ejemplo, en punzones de corte, en utillajes de conformado y embutición profunda, la alta dureza conseguida en la superficie mediante varios procesos de tratamiento de superficies, como la nitruración, pueden incrementar la vida del utillaje.

#### Nitruración gaseosa

La nitruración gaseosa confiere una capa dura en la superficie con buena resistencia a la abrasión. Aunque la capa que crea es frágil y ésta puede desconcharse o astillarse si el utillaje es sometido a impactos o a cambios rápidos de temperatura. El riesgo aumenta con el espesor de la capa. Antes de aplicar la nitruración el utillaje deberá templarse y revenirse. La temperatura de revenido deberá ser unos 25°C más alta que la temperatura de nitruración.

#### Nitro-carburación

La capa nitrurada producida por el proceso de nitro-carburación es normalmente más fina que la capa producida por la nitruración iónica o nitruración gaseosa. También es considerada ser más tenaz y contar con propiedades lubricantes.

Por otro lado se ha demostrado que los punzones a los cuales se les ha aplicado la nitro-carburación dan un buen resultado cuando cortan materiales finos y adhesivos como el acero inoxidable austenítico. La capa nitrurada reduce la adherencia entre el punzón y el material de trabajo.



Nitruración iónica.

Los siguientes aceros de Uddeholm para aplicaciones de trabajo en frío pueden ser nitrurados: *RIGOR*, *SLEIPNER*, *CALMAX*, *SVERKER 21*, *SVERKER 3*, *VANADIS 4*, *VANADIS 6*, *VANADIS 10* y *VANADIS 23*.

La dureza de la capa es de 900–1,250 HV<sub>10</sub> dependiendo de la calidad y proceso de nitruración.

#### Recubrimiento de superficies

El recubrimiento de superficies en acero para herramientas puede utilizarse para ciertos tipos de utillajes para trabajo en frío, incluyendo utillajes para corte y conformado de alto rendimiento.

El material duro depositado en la superficie del utillaje es normalmente nitruro de titanio, carburo de titanio o



Punzón y matriz con recubrimiento PVD.

carbonitruro de titanio. Las propiedades de alta dureza y baja fricción del recubrimiento dan una superficie resistente al desgaste que reduce el riesgo de adherencia. El método de recubrimiento, la geometría del utillaje y la tolerancia solicitada impone ciertos requisitos en el material del utillaje:

- **La Deposición Física de vapor (PVD)** es un método por el que se aplica un recubrimiento en la superficie resistente al desgaste a temperaturas alrededor de los 500°C. Hoy en día se pueden utilizar para la deposición temperaturas incluso algo más bajas. Se requiere un sustrato con alta resistencia al revenido y el recubrimiento es la última operación a aplicar.
- **La Deposición Química de Vapor (CVD)** se utiliza para aplicar un recubrimiento superficial resistente al desgaste a una temperatura alrededor de los 1,000°C. Con el recubrimiento CVD es necesario llevar a cabo un temple y revenido (en horno de vacío) después de la operación de recubrimiento. Con éste procedimiento existe un riesgo de cambios dimensionales, ello hace que no sea tan adecuado para utillajes con demanda de tolerancias muy estrechas.

El acero para trabajo en frío de Uddeholm *VANADIS 4*, *VANADIS 10* y *VANADIS 23* han demostrado ser especialmente adecuados para recibir recubrimientos, tanto de carburo de titanio como de nitruro de titanio. La distribución uniforme de carburos en éstos aceros facilita la adherencia del recubrimiento y reduce la propagación de cambios dimensionales resultantes del revenido. Todo ello, juntamente con la alta resistencia del material, mejora las propiedades que conlleva la capa superficial depositada.

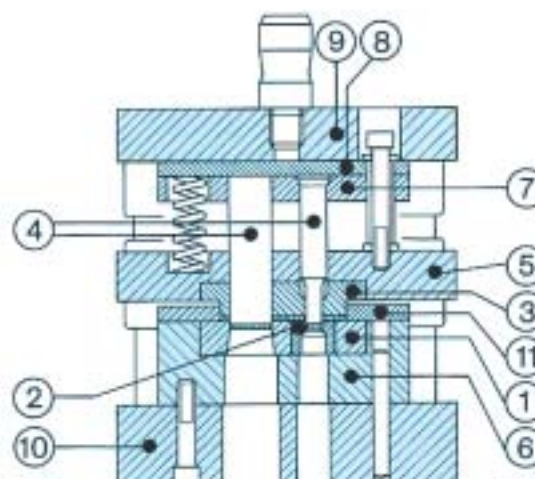
El recubrimiento superficial de utillajes debería utilizarse para aplicaciones específicas, teniendo en cuenta el tipo de recubrimiento, tolerancias requeridas, etc., recomendamos contactar con su oficina local de Uddeholm para obtener información más detallada.

### TOLERANCIA DEL PUNZÓN/MATRIZ

La tolerancia óptima del punzón/matriz naturalmente será decidida durante la etapa de diseño del utillaje, y tendrá en cuenta el espesor y dureza del material de trabajo. Los usuarios del utillaje deberán tener en cuenta que una holgura insuficiente o excesiva puede ser responsable de un desgaste severo del utillaje. Una vez establecida la holgura adecuada, deberá tenerse cuidado en asegurar que el punzón se sitúa adecuadamente en relación con la apertura de la matriz a fin de evitar presiones de corte poco uniformes, creando un desgaste desigual y conduciendo posiblemente a la rotura del utillaje

### RECOMENDACIONES GENERALES – MATRIZ DE CORTE

Parte de la matriz	Calidades de Uddeholm	HRC
1 Bloque de la matriz	<i>ARNE</i> , <i>SLEIPNER</i> , <i>RIGOR</i> , <i>SVERKER 21</i> , <i>SVERKER 3</i> , <i>VANADIS 4</i> , <i>VANADIS 6</i> , <i>VANADIS 10</i> , <i>VANADIS 23</i>	54–65
2 Inserto de la matriz	<i>SVERKER 21</i> , <i>SVERKER 3</i> , <i>SLEIPNER</i> , <i>VANADIS 4</i> , <i>VANADIS 6</i> , <i>VANADIS 10</i> , <i>VANADIS 23</i>	58–65
3 Placa arranque	<i>UHB 11</i> – Mecanizado fino, placas rectificadas	
4 Punzones	<i>ARNE</i> , <i>SLEIPNER</i> , <i>RIGOR</i> , <i>SVERKER 21</i> , <i>SVERKER 3</i> , <i>VANADIS 4</i> , <i>VANADIS 6</i> , <i>VANADIS 10</i> , <i>VANADIS 23</i>	54–65
5 Placa refurezo	<i>UHB 11</i>	—
6 Soporte de la matriz	<i>UHB 11</i>	—
7 Placa soporte del punzón	<i>ARNE</i> – Placas rectificadas	—
8 Placa sujeción del punzón	<i>ARNE</i>	58–60
9 Placa superior	<i>UHB 11</i> , <i>FORMAX</i>	—
10 Placa inferior	<i>UHB 11</i> , <i>FORMAX</i>	—
11 Guía	<i>UHB 11</i> – Mecanizado fino, placas rectificadas	—



## Programa de productos

### DISPONIBILIDAD DE ACERO DE UDDEHOLM PARA TRABAJO EN FRÍO

Gracias a nuestra larga experiencia colaborando con la industria de las aplicaciones de trabajo en frío, nos hemos familiarizado con las medidas, calidades y tolerancias que son utilizadas con más asiduidad.

La disponibilidad inmediata viene dada por los stocks locales, un servicio de entrega fiable y una gama de medidas y productos adecuada.

#### Stocks locales

La ubicación del stock es de vital importancia si quiere mantenerse un buen servicio de entrega.

Mediante nuestra organización de marketing mundial, ponemos gran énfasis en adecuar nuestro programa de medidas y nuestros niveles de stock a las necesidades de cada mercado individual.

#### Servicio de entrega fiable

La red de almacenes de Uddeholm y nuestra completa gama de productos crean la base de nuestros servicios de entrega.

Cada uno de nuestros stocks locales cuenta con un sistema de distribución bien establecido.

### ¡TOME EL CAMINO MAS RAPIDO HACIA LA PRODUCTIVIDAD!

El hecho de comprar acero en estado pre-acabado es un buen modo de tener más capacidad para realizar operaciones más específicas de mecanizado. Nuestras calidades pueden obtenerse en distintas formas y acabados. La mayoría de ellos han sido pre-mecanizados en mayor o menor grado.

Las calidades de acero de Uddeholm están disponibles en barras mecanizadas y en mecanizado fino.

Es siempre posible encontrar una medida adecuada en stock para el trabajo a realizar, ello reduce por tanto la cantidad de mecanizado caro e innecesario.

En todos los casos existe una tolerancia en más en todas las medidas, a fin de permitir un acabado final a la dimensión standard.

### BARRAS MECANIZADAS (REDONDOS – PLANOS)

Utilizando material pre-mecanizado, barras sin decarburación (redondos y planos) como material inicial, existen unos beneficios considerables que tienen un efecto directo en el coste total del acero y del utillaje.

- Puede comprarse menos cantidad de material (menos kilos), ello significa que existe menos desperdicio.
- No existen costes de mecanizado para eliminar la superficie decarburada.
- Se reduce el tiempo de fabricación, ello hace que la planificación sea más sencilla y los cálculos más ajustados.

### PLACAS DE ACERO MECANIZADAS

Los costes de mecanizado pueden reducirse ya desde el momento del diseño del utillaje. Un modo de hacerlo es construir el utillaje con placas de acero mecanizado, por ejemplo, rectificadas en todas las caras a una dimensión específica.

Los centros de servicio de Uddeholm cuentan con una completa línea de maquinaria que incluye rectificadoras, sierras y otros equipos.

### ACERO MECANIZADO FINO

La larga experiencia de Uddeholm con materiales para herramientas ha demostrado que los requisitos más importantes estipulados por los usuarios de barras y placas en mecanizado fino (sin mencionar un análisis controlado y una microestructura adecuada) son:

- Variación de planitud y espesor dentro de las tolerancias especificadas.
- Riesgo mínimo de cambios en la forma a causa de la liberación de tensiones residuales durante otra operación de mecanizado.
- Superficie técnicamente aceptable.

Como resultado de un programa de investigación extenso, Uddeholm puede actualmente suministrar la línea completa de barras y placas mecanizadas en un acabado donde el rectificado es un rectificado completamente transversal. Busque la estructura de rectificado transversal – ¡el símbolo de material de calidad con bajo nivel de tensiones y olvídense de los problemas en la fabricación de sus utillajes!

Además de las ventajas del material mecanizado mencionadas anteriormente, la utilización de material mecanizado fino ofrece algunas otras ventajas:

- El mecanizado de rebaje hasta conseguir las dimensiones finales externas se reduce a un mínimo.
- Dependiendo de un diseño adecuado del utillaje, el mecanizado de rebaje hasta las dimensiones externas finales puede eliminarse completamente.

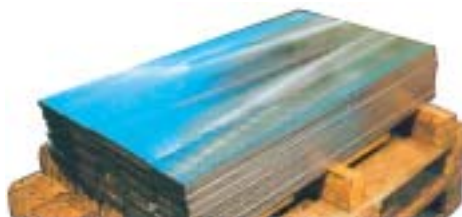
Las barras en mecanizado fino se suministran marcadas y envueltas en papel protector en largos convenientes y fáciles de manejar de 1030 mm.

Las barras están rectificadas/meconizado fino a las tolerancias siguientes:

*Espesor:* Medida nominal  
+ 0,40/+ 0,65 mm

*Ancho:* Medida nominal  
+ 0,40/+ 0,80 mm

El material en acabado mecanizado fino se encuentra disponible en todas las principales calidades.



Barras en mecanizado fino con superficies  
rectificadas.



## Calidades de Acero de Uddeholm para Aplicaciones de Trabajo en Frío



Análisis típico %	C 0,95	Si 0,3	Mn 1,1	Cr 0,6	W 0,6	V 0,1
Especificación standard	AISI O1, B O1, W.-Nr. 1.2510 (1.2419)					
Estado de suministro	Recocido blando aprox. 190 HB					
Código de color	Amarillo					

ARNE es un acero para herramientas general adecuado para una gran diversidad de aplicaciones de trabajo en frío. Sus principales características incluyen:

- Buena mecanibilidad
- Buena combinación de alta dureza en la superficie y tenacidad después de temple y revenido.

Estas características se combinan para ofrecer un acero adecuado para series de producción cortas y para realizar placas soporte para punzones.

ARNE puede suministrarse en varios acabados, incluyendo laminado en caliente, desbastado, mecanizado fino y mecanizado de precisión.



Análisis típico %	C 1,0	Si 0,3	Mn 0,6	Cr 5,3	Mo 1,1	V 0,2
Especificación standard	AISI A2, B A2, W.-Nr. 1.2363					
Estado de suministro	Recocido blando aprox. 215 HB					
Código de color	Rojo/Verde					

RIGOR es un acero que se caracteriza por:

- Buena mecanibilidad
- Alta resistencia a la compresión
- Buena templabilidad
- Tenacidad moderada
- Media resistencia al desgaste (perfil de desgaste mixto).

Estas características se combinan creando un acero adecuado para series medias de fabricación.

RIGOR puede suministrarse en varios tipos de acabado incluyendo el laminado en caliente, desbastado y mecanizado fino.



Análisis típico %	C 0,9	Si 0,9	Mn 0,5	Cr 7,8	Mo 2,5	V 0,45
Especificación standard	Análisis especial					
Estado de suministro	Recocido blando aprox. 235 HB					
Código de color	Azul/marron					

SLEIPNER es un acero que se caracteriza por:

- Muy alta resistencia a la compresión
- Buena templabilidad
- Buena aptitud de mecanizado y rectificado
- Buena aptitud de mecanizado por electroerosión
- Buena resistencia al desgaste, tanto adhesivo como abrasivo
- Alta resistencia a las melladuras

SLEIPNER cuenta con un amplio perfil de propiedades y puede utilizarse para muchas aplicaciones de trabajo en frío en series de producción medias. Es particularmente adecuado para corte y conformado de placas de alta / ultra resistencia.

SLEIPNER puede suministrarse en varios acabados, incluyendo el laminado en caliente, mecanizado y mecanizado fino.



Análisis típico %	C 2,05	Si 0,3	Mn 0,8	Cr 12,7	W 1,1
Especificación standard	AISI D6 (W.-Nr. 1.2436)				
Estado de suministro	Recocido blando aprox. 240 HB				
Código de color	Rojo				

SVERKER 3 es un acero para herramientas caracterizado por:

- Alta resistencia a la compresión
- Alta dureza de la superficie después del temple
- Buenas propiedades de temple total
- Alta resistencia al desgaste (perfil de desgaste tipo abrasivo).

Estas características se combinan para crear un acero adecuado para la fabricación de utilajes para series largas en aplicaciones, donde el material de trabajo sea particularmente abrasivo y la demanda en tenacidad sea más bien baja, por ejemplo corte de chapa magnética, compactación de cerámica.

SVERKER 3 puede suministrarse en varios acabados, incluyendo laminado en caliente, desbastado y mecanizado fino.



### SVERKER 21

Análisis típico %	C 1,55	Si 0,3	Mn 0,4	Cr 11,8	Mo 0,8	V 0,8
Especificación standard	AISI D2, B D2, W.-Nr. 1.2379					
Estado de suministro	Recocido blando aprox. 210 HB					
Código de color	Amarillo/blanco					

SVERKER 21 es un acero para herramientas que se caracteriza por

- Alta resistencia a la compresión
- Alta dureza de la superficie después del temple
- Buenas propiedades de temple total
- Alta resistencia al desgaste (perfil de desgaste tipo abrasivo).

Estas características se combinan para crear un acero adecuado para la fabricación de utillajes para series medias en aplicaciones donde el desgaste abrasivo sea el factor dominante y el riesgo de melladuras o roturas no sea tan alto, por ejemplo para corte y conformado de materiales duros y finos.

SVERKER 21 puede suministrarse en varios acabados, incluyendo laminado en caliente, desbastado y mecanizado fino. Se encuentra también disponible en barra perforada o aros.



### FORMAX

Análisis típico %	C 0,18	Si 0,3	Mn 1,3
Especificación standard	(SS 2172)		
Estado de suministro	Laminado en caliente, aprox. 170 HB		
Código de color	Negro		

FORMAX es un acero soporte bajo en carbono adecuado para placas grandes superiores e inferiores y soportes de resistencia media.

FORMAX se corta, suelda y temple fácilmente a la llama.

FORMAX puede suministrarse laminado en caliente, desbastado y en mecanizado fino.



### UHB 11

Análisis típico %	C 0,50	Si 0,2	Mn 0,7
Especificación standard	W.-Nr. 1.1730 (AISI 1148) (SS 1650/1672)		
Estado de suministro	Laminado en caliente, aprox. 200 HB		
Código de color	Blanco		

UHB 11 es un acero para soportes medio en carbono adecuado para placas grandes superiores e inferiores y soportes de resistencia alta.

UHB 11 puede suministrarse en distintos tipos de acabado, incluyendo laminado en caliente, desbastado, en mecanizado fino y de precisión.



### CALMAX

Análisis típico %	C 0,6	Si 0,35	Mn 0,8	Cr 4,5	Mo 0,5	V 0,2
Especificación standard	Análisis especial					
Estado de suministro	Pretemplado a ~200 HB					
Código de color	Blanco/violeta					

CALMAX es un acero que se caracteriza por:

- Alta resistencia a la compresión
- Alta dureza en la superficie después del temple
- Buenas propiedades de temple total
- Tenacidad extremadamente buena
- Buena resistencia al desgaste (perfil adhesivo)
- Buena templabilidad a la llama y por inducción
- Fácil de reparar mediante soldadura.

Estas características se combinan creando un acero adecuado para series de fabricación cortas y medias, en un amplio abanico de aplicaciones de trabajo en frío donde domine el desgaste adhesivo y donde el riesgo de melladuras y roturas es muy alto, por ejemplo corte y conformado de chapa gruesa.



### CARMO

Composición química igual a la calidad CALMAX.

Estado de suministro	Recocido blando aprox. 240–270 HB
Código de color	Rojo/violeta

*CARMO* es la versión pretemplada de *CALMAX*. Es un material particularmente adecuado para temple a la llama o por inducción de utillajes grandes donde una distorsión excesiva después del tratamiento térmico puede aparecer, también es adecuado para prototipos o utillajes para series muy cortas. Su buena capacidad de soldadura significa que pequeñas reparaciones pueden llevarse a cabo en la misma prensa.

*CALMAX/CARMO* puede suministrarse en varios tipos de acabado, incluyendo el laminado en caliente, desbastado y mecanizado fino.



#### VANADIS 4

Análisis típico %	C 1,50	Si 1,0	Mn 0,4	Cr 8,0	Mo 1,5	V 4,0
Especificación standard	Análisis especial					
Estado de suministro	Recocido blando aprox. 230 HB					
Código de color	Verde/blanco					

*VANADIS 4* es un acero pulvimetalúrgico (PM) que se caracteriza por:

- Alta resistencia a la compresión
- Alta dureza en la superficie después del temple
- Muy buenas propiedades de temple total
- Muy buena tenacidad
- Muy buena resistencia al desgaste (perfil de desgaste adhesivo)
- Muy buena estabilidad durante el temple.

Estas características se combinan creando un acero adecuado para series de fabricación largas en un amplio abanico de aplicaciones de trabajo en frío donde domine el desgaste adhesivo y/o donde el riesgo de melladuras y roturas sea muy alto, por ejemplo corte y conformado de chapa gruesa, como acero inoxidable austenítico, aceros dulces al carbono y aluminio.

*VANADIS 4* es particularmente un buen sustrato para el recubrimiento CVD.

*VANADIS 4* puede suministrarse en distintos acabados, incluyendo laminado en caliente, desbastado y mecanizado fino.



#### VANADIS 6

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

*VANADIS 6* es un acero PM (Pulvimetalúrgico) que cuneta con las siguientes características:

- Muy alta resistencia al desgaste adhesivo / abrasivo
- Alta resistencia a la compresión
- Buena tenacidad
- Muy buena estabilidad dimensional durante el tratamiento térmico y durante la vida de servicio
- Muy buenas propiedades de temple
- Buena resistencia contra la pérdida de dureza
- Alta pureza

Estas características se combinan para crear un acero adecuado para largas series de producción donde una combinación de desgaste adhesivo y abrasivo y / o roturas y melladuras, así como deformación plástica sean los principales mecanismos de fallo.

*VANADIS 6* es un buen sustrato para aplicar recubrimientos de superficie

*VANADIS 6* puede suministrarse en varios acabados, incluyendo el laminado en caliente, estirado en frío, desbastado, y mecanizado fino.



#### VANADIS 10

Análisis típico %	C 2,9	Si 1,0	Mn 0,5	Cr 8,0	Mo 1,5	V 9,8
Especificación standard	Análisis especial					
Estado de suministro	Recocido blando aprox. 275 HB					
Código de color	Verde/violeta					

*VANADIS 10* es un acero pulvimetalúrgico (PM) que se caracteriza por:

- Alta resistencia a la compresión
- Alta dureza en la superficie después del temple
- Muy buenas propiedades de temple total
- Buena tenacidad
- Extremadamente alta resistencia al desgaste (perfil de desgaste abrasivo)
- Muy buena estabilidad durante el temple.

Estas características se combinan creando un acero adecuado para series de fabricación largas donde el desgaste abrasivo sea el factor dominante, por ejemplo corte y conformado de material abrasivo, corte de juntas, corte de papel y láminas plásticas, cuchillas granuladoras, tornillos de extrusión, etc..

*VANADIS 10* puede suministrarse en distintos acabados, incluyendo laminado en caliente, desbastado y mecanizado fino.



## VANADIS 23

Análisis típico %	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V
	1,28	0,5	0,3	4,2	5,0	6,4	3,1
Especificación standard	AISI M 3:2, W.-Nr. 1.3344 PM						
Estado de suministro	Recocido blando aprox. 260 HB						
Código de color	Violeta						

*VANADIS 23* es un acero rápido pulvimetalúrgico (PM) que se caracteriza por:

- Alta resistencia a la compresión
- Alta dureza en la superficie después del temple
- Muy buenas propiedades de temple total
- Buena tenacidad
- Muy buena resistencia al desgaste (perfil de desgaste mixto/abrasivo)
- Muy buena estabilidad durante el temple.

Estas características se combinan creando un acero adecuado para series de fabricación largas, en un amplio abanico de aplicaciones donde domine el desgaste mixto o abrasivo y donde el riesgo de deformación plástica de las superficies de trabajo del utillaje sea alto, por ejemplo corte de acero laminado en frío o materiales duros.

*VANADIS 23* es un sustrato adecuado para el recubrimiento PVD.

*VANADIS 23* puede suministrarse en distintos acabados, incluyendo el estirado en frío, laminado en caliente, desbastado y mecanizado fino.





