

UDDEHOLM

ACERO DE HERRAMIENTAS PARA FORJA



© UDDEHOLMS AB

Queda prohibida la reproducción total o parcial, así como la transferencia de esta publicación con fines comerciales sin el permiso del titular del copyright.

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, 06.2017



La elección de un proveedor de acero para moldes y matrices es una decisión fundamental para todos los interesados, desde el fabricante y el usuario de los moldes hasta el consumidor final. Gracias a las magníficas propiedades de los materiales, los clientes de Uddeholm obtienen moldes y componentes de confianza. Nuestros productos están siempre a la vanguardia. Por ello nos hemos labrado fama como el productor mundial de acero para herramientas más innovador.

Uddeholm produce y suministra acero sueco para herramientas de alta calidad a más de 100.000 clientes en más de 100 países. Hemos consolidado nuestra posición como primer proveedor mundial de acero para herramientas.

Si desea fabricar el utillaje óptimo y obtener economía de producción en cualquier punto de la cadena de fabricación confíe en Uddeholm como proveedor de acero para herramientas.

Simplemente, compensa elegir un acero mejor.

CONTENIDO

Forja en caliente de metales	4
Forja en semi-caliente	7
Forja progresiva	8
Efecto de los parámetros de forja en la vida de la matriz	10
Diseño y vida de la matriz	11
Requisitos del material para matrices	14
Fabricación y mantenimiento de matrices de forja	16
Tratamientos superficiales	17
Programa de productos de acero para herramientas	
– descripción general	19
– composición química	20
– comparación cualitativa	20
Tabla de selección de acero para herramientas	21

Foto de la portada: Varilla conectora para herramienta de forja.

La mayoría de las fotos proceden de Arvika Smide AB (Suecia) y Fiskars Brands Finland Oy Ab. Algunas figuras proceden de IVF, (Suecia).

FORJA EN CALIENTE DE METALES

En la forja en caliente, una palanquilla caliente se presiona entre un juego de matrices hasta conseguir un producto semiterminado.

Muchas piezas de metal macizo se producen con aleaciones de aluminio, aleaciones de cobre, acero o superaleaciones en las que hay que combinar formas irregulares con buenas propiedades mecánicas. Los métodos principales de forjado en matriz son la forja a martillo o libre y la forja en prensa.

FORJA A MARTILLO

La forja a martillo se caracteriza por un tiempo de contacto muy breve y una velocidad muy rápida de aumento de la fuerza con el tiempo (carga por impacto). El tiempo de contacto acumulado para la matriz inferior puede ser bastante largo si se incluye el tiempo entre golpes. No obstante, como se suele utilizar un lubricante con efecto de “alivio” con los martillos, el contacto efectivo entre la pieza y la matriz sólo se produce durante el golpe de forja propiamente dicho.

Estas características implican que la tenacidad del impacto y la ductilidad son propiedades importantes para el acero de herramientas que

se utiliza en las matrices para martillo. Esto no quiere decir que la resistencia al desgaste no sea importante, especialmente en matrices más pequeñas, que de hecho suelen morir por desgaste. En la forja a martillo se recomienda especialmente el uso de insertos de un acero de herramientas más resistente al desgaste que se ajustan por apriete en un material de soporte tenaz.

En el caso de matrices para martillo más grandes y de gran volumen de producción, que pueden volver a grabarse varias veces, es importante que el acero para herramientas utilizado tenga suficiente templabilidad de forma que las figuras recuperadas no se regraben en material más blando con una resistencia al desgaste inferior.

FORJA EN PRENSA

En la forja en prensa, el tiempo de contacto bajo presión es mucho mayor y la carga por impacto mucho menor que con la forja a martillo. Por lo general, esto significa que la resistencia al calor y al desgaste a temperaturas elevadas del acero de herramientas es relativamente más importante que la capacidad para soportar la carga por impacto. No obstante se debe optimizar la tenacidad del impacto y la ductilidad en relación a la



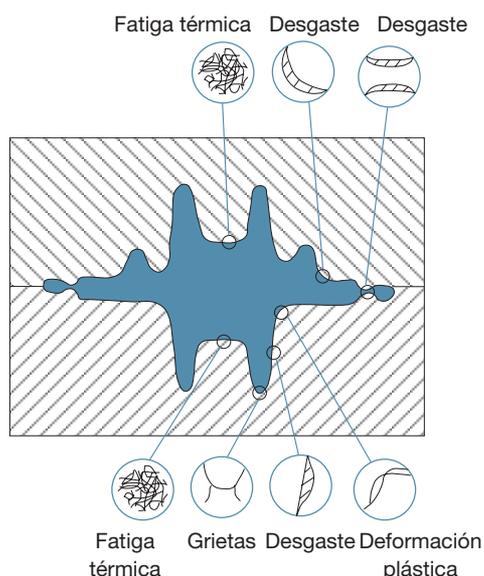
resistencia al desgaste, especialmente para las matrices de prensado de más tamaño que no se sujetan por los lados. Como la temperatura superficial de la matriz de prensado durante el trabajo será por lo general más alta que en las matrices de martillo, es importante que la superficie de la matriz no se refrigere excesivamente con la lubricación. De lo contrario puede producirse un agrietamiento del utillaje o incluso grietas por choque térmico prematuras.

PROBLEMAS HABITUALES DE LAS MATRICES

El deterioro de las matrices de forja suele asociarse a varios procesos que pueden producirse simultáneamente. Sin embargo, uno de ellos suele predominar y es la causa fundamental del fallo. En general, podemos distinguir cuatro mecanismos que provocan daños:

- desgaste
- fatiga mecánica y roturas
- deformación plástica
- grietas por fatiga térmica (fatiga térmica)

En las distintas partes de la cavidad pueden dominar diferentes mecanismos de fallo.



DESGASTE

Si se eliminan los demás mecanismos de fallo, al final una matriz de forja terminará desgastándose (piezas fuera de tolerancia). El desgaste se produce cuando el material y la cascarilla se deslizan a gran velocidad por la superficie de la cavidad bajo el efecto de la alta presión. Es más pronunciado en radios convexos y en la zona de rebabas.

El desgaste aumenta drásticamente si la temperatura de forja se reduce (mayor esfuerzo cortante para el material). La explosión que se produce por la combustión de lubricante en base aceite en el espacio confinado entre la pieza forjada y la matriz también puede dar lugar a un tipo de desgaste erosivo.



Desgaste.

GRIETAS / ROTURAS

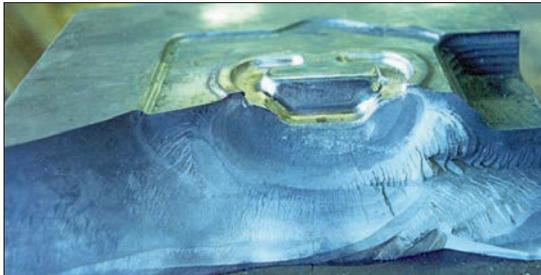
Las matrices de forja pueden fallar como resultado de algún tipo de agrietamiento total. Puede producirse durante un único ciclo o, como suele suceder, en una serie de ciclos; en este último caso la grieta va creciendo por un mecanismo de fatiga de alto esfuerzo.

Las grietas y roturas son más frecuentes en las matrices que trabajan en martillo que en las que trabajan en prensa por el mayor nivel de impacto.



Las roturas son un problema que casi siempre puede evitarse. Normalmente, el agrietamiento se debe a uno de los siguientes motivos:

- sobrecarga: por ejemplo, la temperatura del material es demasiado baja
- diseño de la matriz, por ejemplo, radios demasiado afilados o espesor de las paredes demasiado delgado
- precalentamiento inadecuado de la matriz
- tenacidad inadecuada del acero de la matriz (selección errónea)
- material de la matriz demasiado duro
- tratamiento térmico / tratamiento superficial de mala calidad
- apoyo/alineación de la matriz inadecuada



Matriz totalmente agrietada.

GRIETAS POR FATIGA TÉRMICA

Se produce si la superficie de las cavidades está sometida a cambios de temperatura excesivos durante el ciclo de forja. Dichos cambios de temperatura crean esfuerzos y tensiones térmicos en la superficie de la matriz que termina agrietándose por un mecanismo de fatiga de bajo ciclo (fatiga térmica).

El agrietamiento por fatiga térmica se incrementa por los siguientes factores:

- superficie de la cavidad a una temperatura de demasiado alta (temperatura excesiva de la palanquilla y/o tiempo de contacto prolongado)
- enfriamiento excesivo de la superficie de la matriz entre forjas
- precalentamiento inadecuado de la matriz
- selección errónea del acero de herramientas y/o mal tratamiento térmico

Todos estos factores aumentarán la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima de la superficie de la matriz.

DEFORMACIÓN PLÁSTICA

Se produce cuando la matriz se somete localmente a esfuerzos que superan el límite elástico del acero de la matriz. La deformación plástica es bastante habitual en radios convexos pequeños, o cuando se somete a esfuerzos de flexión elevados a componentes del utillaje largos y finos, por ejemplo los punzones.

La deformación plástica en las matrices de forja puede deberse a:

- temperatura de la palanquilla demasiado baja (alto esfuerzo cortante del material)
- resistencia en caliente inadecuada del acero de herramientas
- temperatura de la matriz demasiado alta
- material de la matriz demasiado blando



PROPIEDADES DEL MATERIAL DE LA MATRIZ

El perfil de las propiedades necesarias para el acero de herramientas en las matrices de forja depende en cierta medida del tipo de operación de forja, del material y del tamaño de la pieza, profundidad de la cavidad, etc.

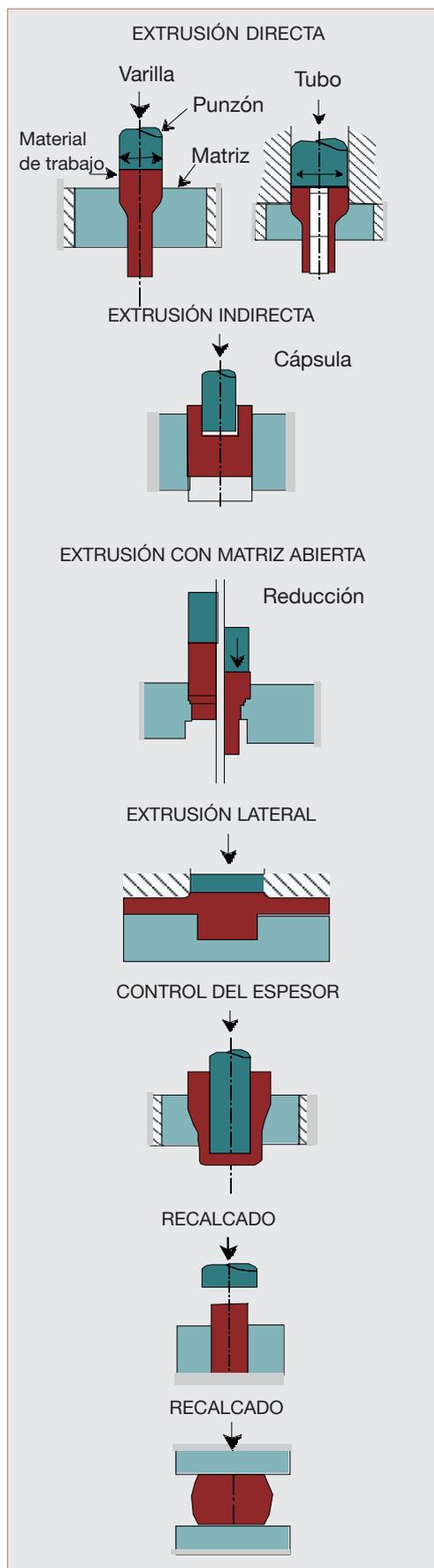
No obstante, hay una serie de características generales necesarias en todas las operaciones de forja. Los mecanismos de fallo particulares se indican entre paréntesis.

- Dureza suficiente y capacidad para conservarla a temperaturas elevadas: resistencia al revenido (desgaste, deformación plástica, agrietamiento por fatiga térmica).
- Nivel mejorado de resistencia a la tensión en caliente y dureza en caliente (desgaste, deformación plástica, agrietamiento por fatiga térmica).
- Buena tenacidad y ductilidad a temperaturas bajas y elevadas (agrietamiento total, grietas por choque térmico, agrietamiento por fatiga térmica). Es importante que el acero de matriz presente una tenacidad/ductilidad adecuada en todas las direcciones.
- Nivel adecuado de resistencia a la fatiga (agrietamiento total).
- Suficiente templabilidad (conservación de la resistencia al desgaste, etc. si la matriz se vuelve a grabar).
- Susceptible de reparación con soldadura.
- Buena mecanibilidad, especialmente en los portamatrices pretemplados.

FORJA SEMI-CALIENTE

La forja semi-caliente es una operación de forjado de precisión realizada a una temperatura de entre 550–950°C. Resulta útil para forjar detalles con formas intrincadas, con una orientación del grano deseable, buen acabado en superficie y tolerancias dimensionales más limitadas que si se forjara en caliente.

El peso de la pieza forjada varía entre 0,1–50 kg y la velocidad de producción es de 10–40 piezas por minuto. El tiempo de contacto es de unos 200 ms y las cargas mecánicas a 600°C son entre 3 y 5 veces superiores a las de la forma en caliente. Se suelen utilizar prensas automáticas multiestación con sistemas de refrigeración/lubricación integrados.



Procesos típicos de la forja semi-caliente.

MODOS DE FALLO TÍPICOS

Durante la operación de forja semi-caliente, las partes de la herramienta están expuestas a una temperatura bastante alta, cargas mecánicas elevadas y a un enfriamiento intensivo.

Como resultado de este calentamiento y enfriamiento alternos, las partes de la herramienta están sujetas a una gran fatiga térmica.

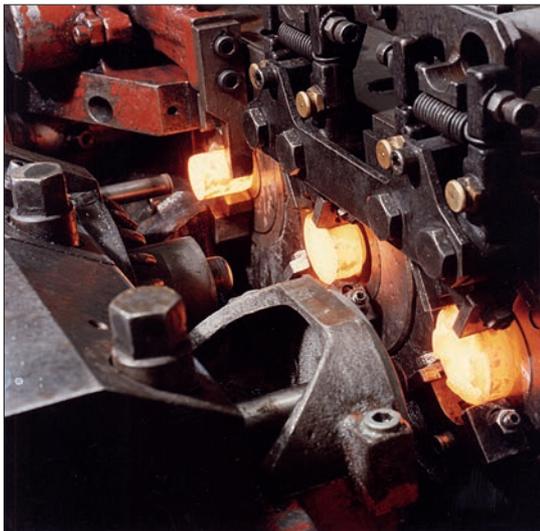
A esto hay que sumar el grado de desgaste a altas temperaturas del material, que depende de las temperaturas de la superficie y del esfuerzo mecánico en la herramienta.

PROPIEDADES DEL MATERIAL DE LA HERRAMIENTA

Las partes de la herramienta están sometidas a grandes esfuerzos mecánicos y térmicos.

Por este motivo debe elegirse un acero para herramientas con una buena resistencia al revenido, buena resistencia al desgaste, elevado límite de elasticidad en caliente, buena conductividad térmica y buena resistencia a la fatiga térmica.

Un acero para forja en templado debe presentar un perfil de propiedades que esté entre las propiedades típicas del acero para el trabajo en caliente y del acero para trabajo en frío.



FORJA PROGRESIVA

En la forja progresiva se produce un gran número de piezas simétricas, forjadas con precisión con pesos forjados de hasta 5 kg. El proceso totalmente automatizado supone introducir barras laminadas en caliente en un extremo de la línea, calentarlas por inducción, cortarlas al tamaño deseado, conformarlas en 3–4 fases y descargar los forjados terminados en el otro extremo de la línea.

Dependiendo del peso del forjado, la capacidad de producción varía entre 50 y 180 por minuto.

MODOS DE FALLO TÍPICOS

Las partes de las herramientas utilizadas en la forja progresiva como matrices, vástago, soporte del vástago, punzón y expulsor de contrapunzón están sometidas a esfuerzos muy grandes.

Como la velocidad de producción es muy alta, las partes de la matriz tienen que enfriarse con agua para evitar el sobrecalentamiento. Sin embargo, a pesar del enfriamiento intensivo, las superficies de las herramientas pueden calentarse mucho, incluso con un breve contacto con el metal caliente que se está forjando.

Como resultado de este calentamiento y enfriamiento alternos, las partes de la herramienta están sujetas a una enorme fatiga térmica. El nivel de agrietamiento por fatiga térmica es una medida de la vida del material.

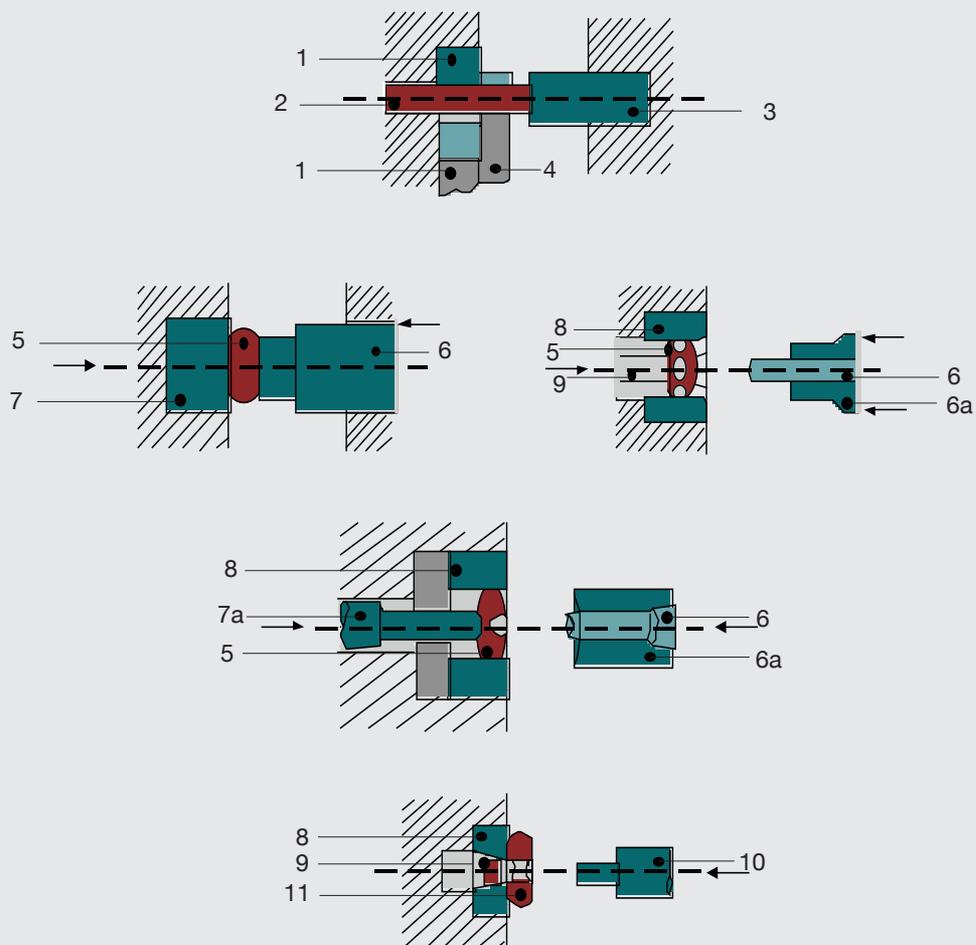
A esto hay que sumar el grado de desgaste a altas temperaturas del material, que depende de las temperaturas de la superficie y del esfuerzo mecánico en la matriz.

PROPIEDADES DEL MATERIAL DE LA HERRAMIENTA

El perfil de propiedades necesarias de la matriz para trabajo en caliente y de las partes de la matriz es:

- resistencia a altas temperaturas y buena resistencia al revenido para soportar el desgaste a altas temperaturas y el agrietamiento por fatiga térmica
- buena conductividad térmica para soportar el agrietamiento por fatiga térmica
- buena ductilidad y tenacidad en caliente para resistir el inicio y la rápida propagación del agrietamiento por fatiga térmica

FORJA EN UN PROCESO COMPLETAMENTE AUTOMÁTICO



- 1 Anillo de corte de dos partes
- 2 Metal de trabajo
- 3 Obturador
- 4 Cizalla
- 5 Pieza prensada
- 6 Vástago/Punzón
- 6a Punzón hueco
- 7 Soporte
- 7a Expulsor de contrapunzón
- 8 Matriz
- 9 Recorte/Pepita residual
- 10 Punzón
- 11 Producto

EFECTO DE LOS PARÁMETROS DE FORJA EN LA VIDA DE LA MATRIZ

Aparte de la influencia del material del utillaje, de su tratamiento térmico, y de su tratamiento superficial, hay una serie de parámetros relativos a la operación de forja que afectan a la vida de la matriz:

- temperatura de la palanquilla
- forma de la palanquilla y estado de la superficie
- material trabajado
- nivel de esfuerzo en la cavidad y tiempo de contacto
- tipo de operación de forjado
- tipo de lubricante

TEMPERATURA DE LA PALANQUILLA

Una temperatura de la palanquilla reducida en la forja es favorable para las propiedades mecánicas de la propia pieza forjada. Esto es especialmente importante si los componentes no llevan un tratamiento térmico posterior. Sin embargo, el mayor esfuerzo cortante del material, que conlleva la menor temperatura de forja, provoca un mayor desgaste y un mayor riesgo de deformación plástica.

Además, como las cargas de forja aumentan, la probabilidad de agrietamiento total se incrementa.

TEMPERATURAS TÍPICAS DE FORJA EN CALIENTE

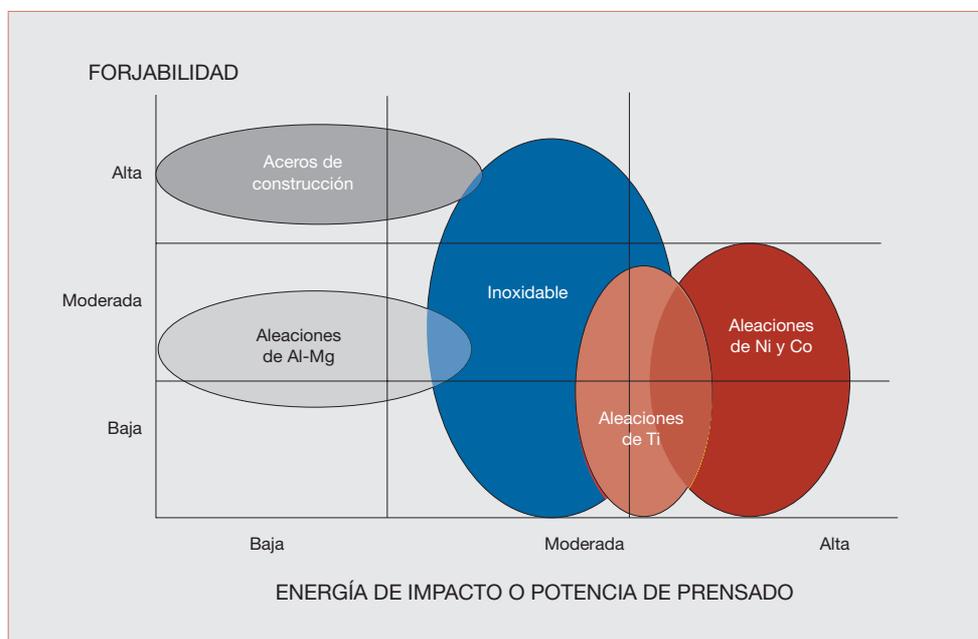
ACERO	1050–1250°C
ALEACIONES DE COBRE	650–800°C
ALEACIONES DE ALUMINIO	350–500°C
ALEACIONES DE TITANIO	800–1000°C

FORMA DE LA PALANQUILLA Y ESTADO DE LA SUPERFICIE

Cuanta mayor sea la diferencia entre la forma de la palanquilla y la de la pieza forjada final, mayor será el grado de desgaste porque el movimiento relativo entre el material y la matriz debe incrementarse. Igualmente, la cascarilla dura y adherente de la superficie de la palanquilla aumentará el desgaste, especialmente si la distancia de deslizamiento es grande.

MATERIAL DE TRABAJO

Cuanto mayor sea el esfuerzo cortante del material, más rápido es el deterioro de la matriz debido al desgaste y/o la deformación plástica, al mismo tiempo que el riesgo de agrietamiento total aumenta. Por consiguiente, a la misma temperatura, los aceros inoxidable son más difíciles de forjar que los aceros al carbono.



Forjabilidad de diferentes tipos de material.

NIVEL DE ESFUERZO EN LA CAVIDAD Y TIEMPO DE CONTACTO

Un mayor nivel de esfuerzo en la cavidad puede darse, por ejemplo, en la forja de alta precisión y tiene las siguientes consecuencias:

- aumento del esfuerzo en el utillaje con mayor riesgo de deformación o agrietamiento total
- mayor transferencia de calor de la palanquilla a la matriz (fatiga térmica)
- desgaste más pronunciado

Un contacto prolongado entre la palanquilla y la matriz durante la forja provoca un desgaste acelerado y aumenta el riesgo de fatiga térmica. Cuando el tiempo de contacto es muy largo, la capa superficial de la herramienta puede calentarse tanto que se transforma en austenita. Si esta capa se vuelve a endurecer durante la parte de enfriamiento del ciclo, pueden darse problemas de agrietamiento.

TIPO DE OPERACIÓN DE FORJADO

Como la carga por impacto es mucho mayor, las matrices para martillo tienden a fallar más por las grietas respecto de las matrices de forja en prensa donde la carga es menor. La fatiga térmica (agrietamiento por calor) es más habitual en la forja con polvo de metal y otros procesos de forja con buenos niveles de acabado con largos tiempos de contacto.

TIPO DE LUBRICANTE

Los lubricantes a base de aceite pueden dar lugar a un desgaste o erosión excesivos por la combustión, similar a una explosión, del aceite entre la palanquilla y la cavidad. Por otra parte, los lubricantes con base agua enfrían en mayor medida la superficie de la matriz, lo que aumenta el riesgo de agrietamiento por fatiga térmica.

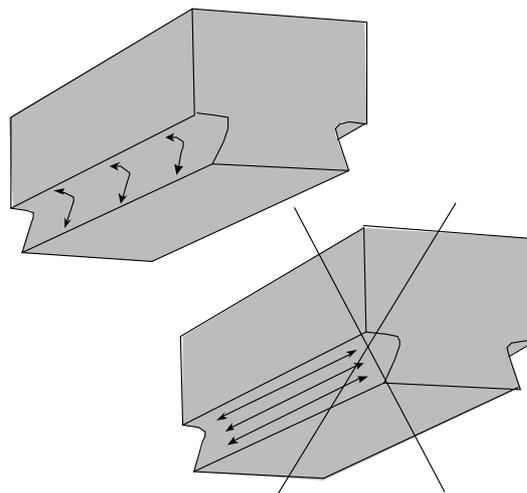


DISEÑO Y VIDA DE LA MATRIZ

Suponiendo que el equipo de forja esté en buenas condiciones (ajustado adecuadamente y sin excesiva holgura en el sistema de guía de apisonado), el cumplimiento de los siguientes principios para el “diseño de matrices” reducirá el riesgo de rotura catastrófica de la matriz:

- soporte/apoyo adecuado de la matriz
- las colas de milano, si se utilizan, deben estar bien dimensionadas, con radios suficientemente grandes y con un acabado adecuado (las marcas de rectificado deben ser tangenciales y no axiales), véase la figura inferior.
- suficiente espesor de las paredes y suficiente material por debajo de la cavidad y entre cavidades individuales
- radios y ángulos adecuados en la cavidad
- dimensionado correcto de las superpies de contacto entre matrices, y de las zonas de salida para rebabas.
- diseño adecuado del plano de partición, y si se usan, de los enclavamientos de la matriz
- uso y diseño correctos de obturadores de endurecimiento, punzones y expulsores
- zona de contacto entre matrices suficientemente grande en la forja a martillo en relación tanto con el espesor de la portamatriz como con la potencia del martillo utilizado

Un soporte inadecuado de la matriz, un espesor insuficiente del material de la matriz y radios demasiado pequeños son razones típicas para las roturas catastróficas de la matriz por grietas que se irán extendiendo.



Rectificado de los radios en cola de milano.

SOPORTE DE MATRIZ

Es muy importante que la matriz esté bien apoyada por debajo en una superficie perfectamente plana de dureza suficiente. Las depresiones cóncavas en la superficie de apoyo en contacto con la cavidad de la matriz son especialmente perjudiciales ya que exageran las tensiones de tracción en los radios.

Un apoyo adecuado es especialmente importante en la forja a martillo porque en este caso no suele haber soporte lateral. Cuando se utilizan matrices de dimensiones muy diferentes en la misma prensa o martillo, es fundamental eliminar cualquier cavidad del bloque o la placa de apoyo cuando se cambie de una matriz pequeña a una grande.

Para la forja en prensa, es aconsejable un soporte lateral de la matriz, pero no siempre es posible. El ajuste de apriete por contracción de insertos en un soporte masivo es lo más seguro para evitar grietas en las matrices de prensado.

RADIOS DE ÁNGULOS

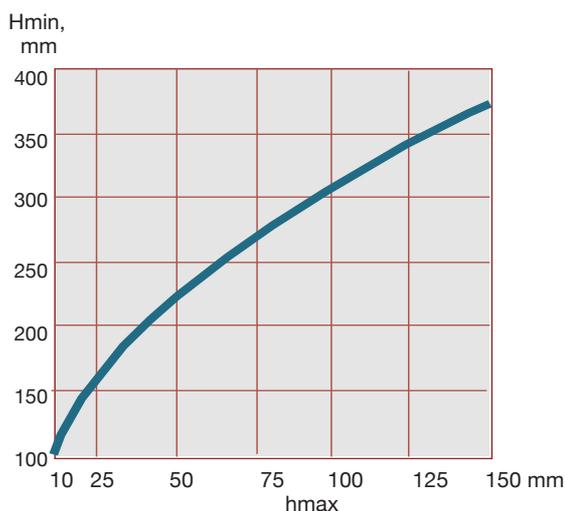
Las mayores tensiones por tracción en una matriz de forja se producen en los radios entre los lados y el fondo de la cavidad. Cuanto más pequeño es el radio mayor es la tensión. Por lo general, la forja debe diseñarse de forma que se eviten radios de los ángulos de la matriz de menos de 2 mm. Para cavidades más profundas, >50 mm, este límite del radio debe aumentarse hasta 5 mm.

Durante la fabricación de la matriz es especialmente importante que los radios se rectifican y pulan, con las marcas de rectificado, si existen, en sentido tangencial. En particular, la capa blanca de electroerosión, que suele tener grietas, deben eliminarse completamente en los radios (y preferiblemente también del resto de la matriz). Si no es posible, entonces la matriz debe al menos revenirse a 25°C por debajo de la última temperatura de revenido.

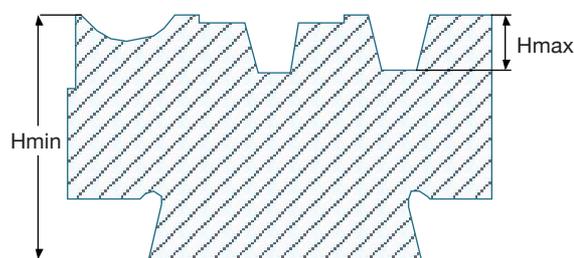
MATERIAL Y ESPESOR DE LAS PAREDES DE LA MATRIZ

Existen una serie de métodos más o menos empíricos para dimensionar matrices de forja, que varían en complejidad, desde “a ojo” hasta nomogramas bastante avanzados con una base teórica. Sin embargo, no hay duda de que las tensiones que se aplican a la matriz mediante

una máquina de forja aumentan profundamente a medida que se reducen las dimensiones de la matriz.



Altura mínima (H_{min}) de las matrices para martillo con una profundidad máxima de cavidad (h_{max}).

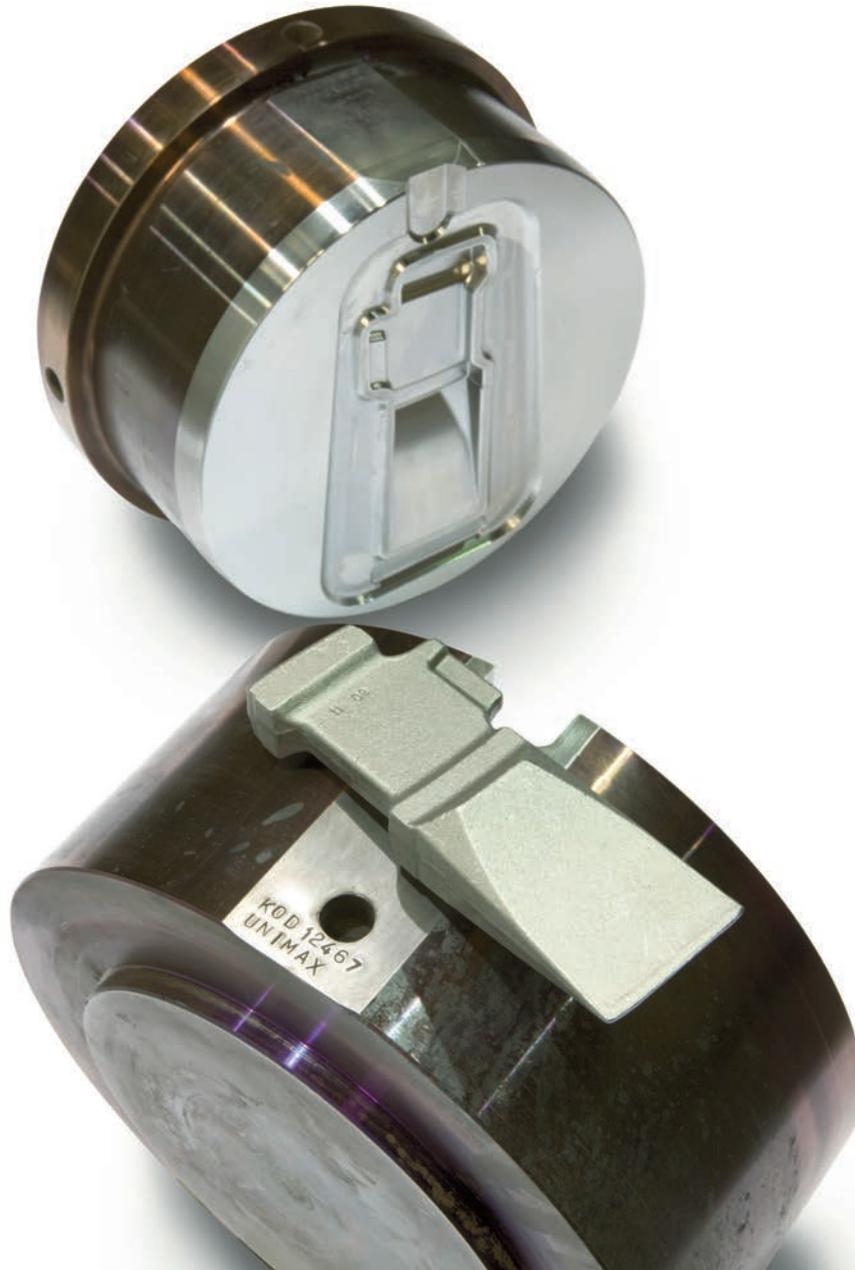


Por regla general, en los portamatrices macizos para el forjado en prensa el espesor debajo de la cavidad debe ser de al menos 1,5 veces la profundidad de la cavidad.

Como espesor mínimo de la pared en la forja a martillo, las recomendaciones se muestran en la tabla siguiente.

Profundidad de cavidad (h)	Distancia de la cavidad al borde exterior de una matriz (t)
6 mm	12 mm
10 mm	20 mm
16 mm	32 mm
25 mm	40 mm
40 mm	56 mm
63 mm	80 mm
100 mm	110 mm
125 mm	130 mm
160 mm	160 mm

Espesor mínimo de la pared (t) recomendado en matrices para martillado entre la cavidad y el borde exterior.



REQUISITOS DEL MATERIAL PARA MATRICES

TEMPLABILIDAD

En matrices para prensa o para martillo de grandes dimensiones fabricadas en acero de herramientas pretemplado es importante que la dureza sea uniforme en todo el bloque. Si el acero para matrices tiene una templabilidad demasiado baja, el bloque se ablandará por debajo de la superficie exterior y la vida de la matriz en los regrabados más profundas o tras recuperaciones progresivas se verá afectada.

TENACIDAD Y DUCTILIDAD

Con el uso, la superficie de la cavidad puede desarrollar fácilmente pequeñas grietas u otras imperfecciones que pueden propagarse de forma inestable por la acción de las grandes tensiones de forja, especialmente en los radios, etc. La tenacidad a la entalla indica la capacidad del material de la matriz para resistir la propagación de grietas por esos defectos.

Todos los productos del programa de aceros para herramientas de Uddeholm para la industria de la forja se caracterizan por sus máximos niveles de tenacidad y ductilidad en todas las direcciones en forma de barra o bloque. El forjador puede tener la seguridad de que las matrices fabricadas con acero Uddeholm tienen la máxima resistencia posible al agrietamiento total.

Un calentamiento previo adecuado de la matriz reducirá considerablemente el riesgo de rotura catastrófica producida por las grietas.

RESISTENCIA AL REVENIDO

Cuanto mejor retenga el acero su dureza, a medida que aumenta la temperatura o el tiempo, mejor es su resistencia al revenido.



La resistencia al revenido se puede evaluar con la curva de revenido de un acero para herramientas templado. En esta curva la dureza a temperatura ambiente se compara con la temperatura de revenido durante un tiempo de revenido determinado. Otro método de presentación de los datos de resistencia al revenido es trazar la dureza a temperatura ambiente en un tiempo con una temperatura de revenido determinada.

RESISTENCIA Y DUREZA EN CALIENTE

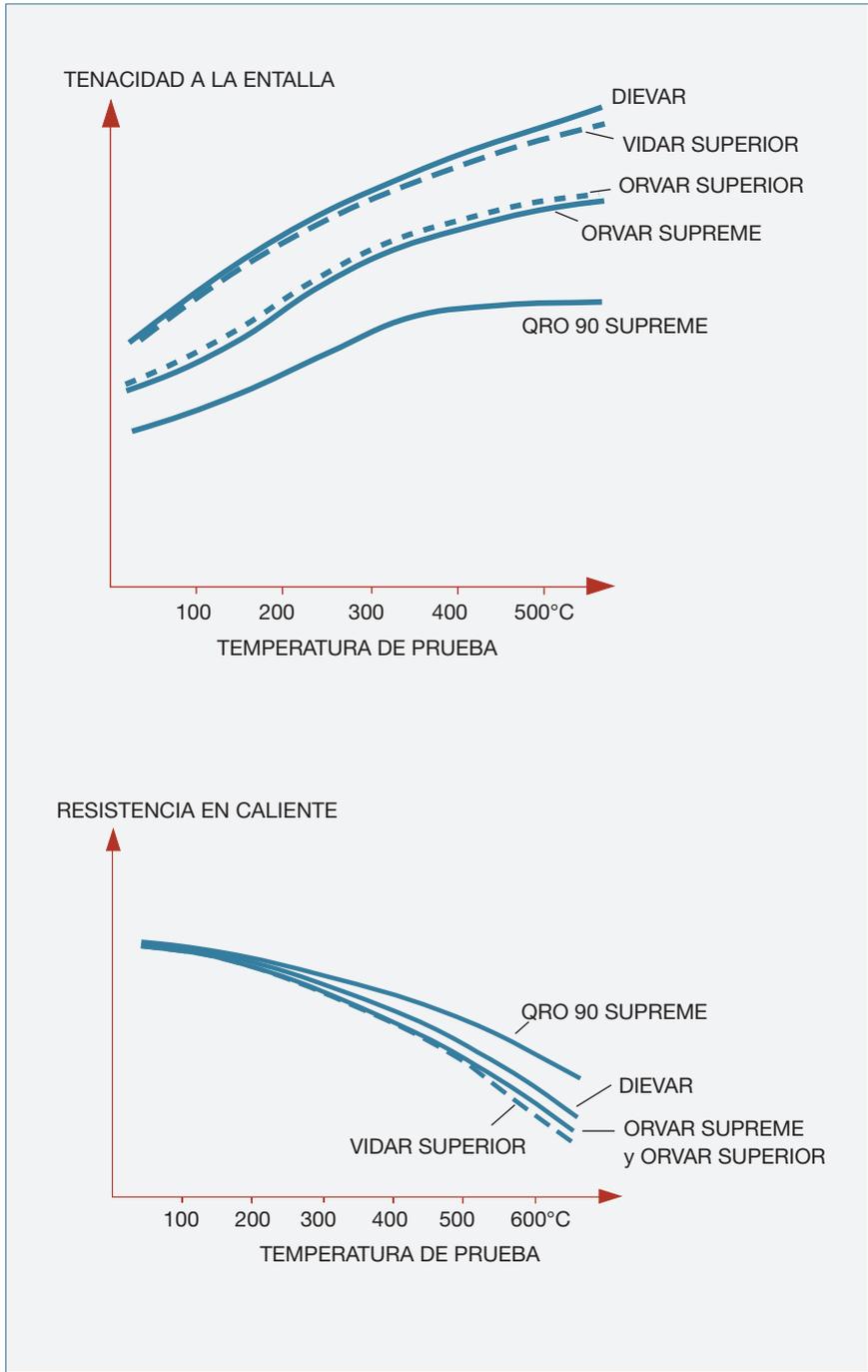
A diferencia de la resistencia al revenido, que se define en términos de dureza a temperatura ambiente, la resistencia y la dureza en caliente se refieren a las propiedades a temperaturas elevadas. Por lo general, una mayor resistencia al revenido se asocia a una mayor resistencia y dureza en caliente. Se puede decir que una buena resistencia y dureza en caliente son requisitos importantes para mejorar la resistencia al desgaste a temperaturas elevadas.

Un alto nivel de resistencia y dureza en caliente también son importantes para alcanzar una resistencia adecuada al agrietamiento por fatiga térmica.



RESISTENCIA A LA FATIGA

El acero de herramientas para matrices de forja de Uddeholm se produce con los máximos estándares de calidad, especialmente en lo relativo a la ausencia de imperfecciones no metálicas. Se consigue así un nivel de resistencia a la fatiga adecuado incluso para las aplicaciones más exigentes en las que las matrices de forja se someten a cargas cíclicas con un nivel de carga máximo.



FABRICACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MATRICES DE FORJA

Facilidad de mecanizado, soldabilidad y, en su caso, respuesta al tratamiento térmico y al tratamiento superficial son parámetros importantes que influyen en la economía de fabricación y mantenimiento de las matrices de forja.

CAPACIDAD DE MECANIZADO

La capacidad de mecanizado es fundamental cuando las matrices de forja se mecanizan a partir de bloques de matrices pretemplados.

El acero de herramientas para aplicaciones de forja de Uddeholm se caracteriza por la ausencia de imperfecciones por óxidos y su microestructura uniforme.

Estas características, junto con la menor dureza

Los folletos proporcionan información detallada sobre el mecanizado de los productos Uddeholm.

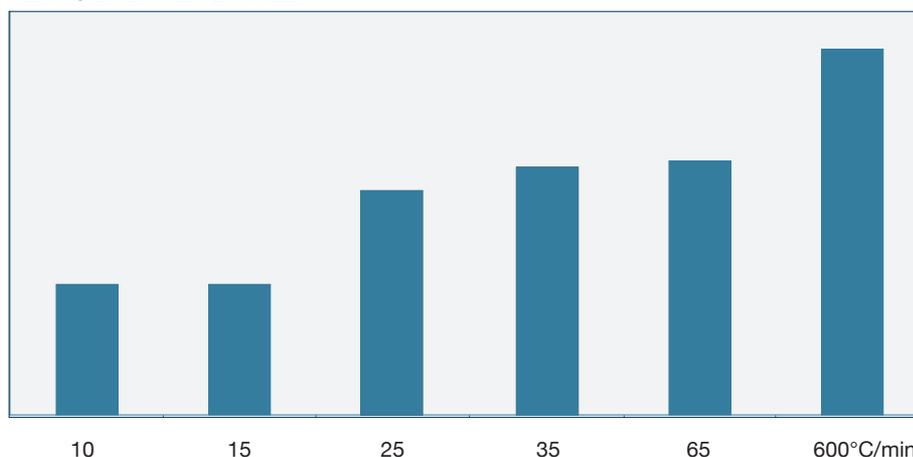
Otras publicaciones de Uddeholm cuya consulta es recomendable para la fabricación de matrices de forja son “Rectificado de acero para utillajes” y “Mecanizado por electroerosión (EDM) de acero para herramientas”.

TRATAMIENTO TÉRMICO

Si las matrices de forja se fabrican con acero de herramientas en estado recocido, el utillaje debe llevar un tratamiento térmico posterior para que el acero desarrolle una combinación óptima de dureza, tenacidad, resistencia al calor y al desgaste.

Estas propiedades se controlan mediante la elección adecuada de la temperatura de austenización, las condiciones de enfriamiento durante el temple y las temperaturas y tiempos de revenido.

TENACIDAD A LA ENTALLA



Tenacidad a la entalla de Orvar Supreme de Uddeholm, 44-46 HRC, como función de la velocidad de enfriamiento.

en estado recocido normalmente 170-200 HB, garantizan una capacidad de mecanizado excelente.

Incluso si estas calidades se suministran pretempladas, la extrema limpieza y homogeneidad microestructural garantizan la posibilidad de mecanizar normalmente sin dificultades.

En todos los productos un control avanzado del proceso garantiza que las variaciones en las características del mecanizado sean mínimas entre los distintos lotes.

Merece la pena consultar el folleto de Uddeholm “Tratamiento térmico del acero para herramientas”.

En las matrices de forja, en las que la tenacidad es de máxima importancia, es fundamental que la velocidad de enfriamiento durante el temple sea lo suficientemente rápida para poder prevenir los microconstituyentes indeseables como: precipitación pronunciada de carburos en límite de grano, perlitas y bainita superior más gruesa.

Además, las condiciones de austenización deben ser tales que no se produzca un crecimiento excesivo de grano ya que éste reduce la tenacidad. Como las matrices de forja a veces se mecanizan por electroerosión después del tratamiento térmico, normalmente no suele haber problemas con los mayores cambios dimensionales y distorsiones que se producen cuando la velocidad de enfriamiento en el temple es rápida.

Sin embargo, no hay que olvidar que las matrices mecanizadas por electroerosión deben recibir siempre un revenido adicional a unos 25°C por debajo de la última temperatura de revenido. En el folleto de cada producto puede encontrar recomendaciones detalladas para el tratamiento térmico de las distintas calidades del programa de acero de herramientas para matrices de forja de Uddeholm.

REPARACIÓN POR SOLDADURA DE LAS MATRICES DE FORJA

Las matrices de forja agrietadas o gastadas se suelen renovar mediante soldadura. Especialmente cuando se trata de matrices de gran tamaño en las que el acero para herramientas representa una gran parte del coste total de la matriz.

Puede encontrar más información en la publicación Soldadura de acero para utillajes de Uddeholm.

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

La cavidad de las matrices de forja suele tratarse superficialmente para mejorar la resistencia al desgaste.

NITRURACIÓN

La nitruración es un tratamiento termoquímico que endurece la capa superficial mejorando su resistencia al desgaste.

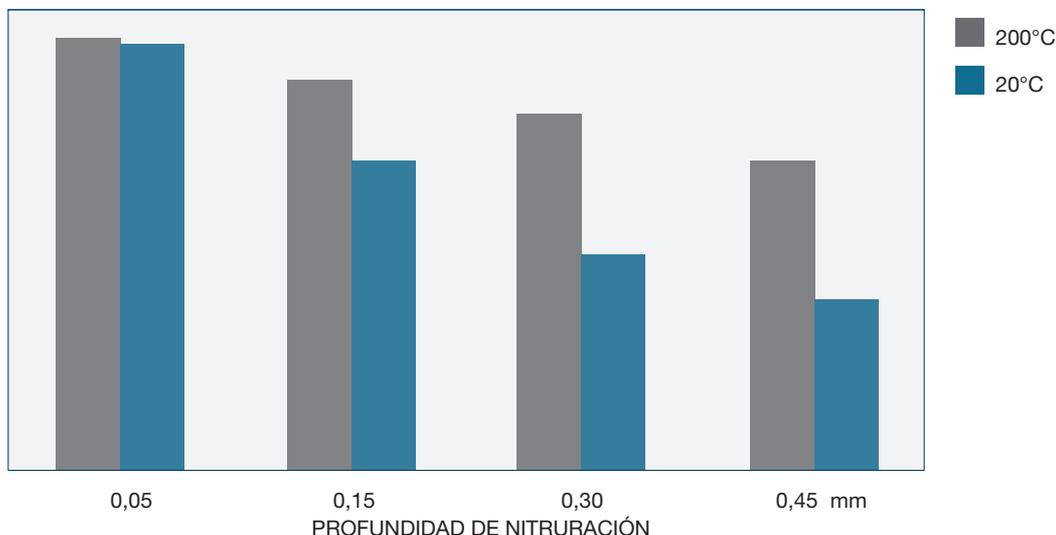
En los casos favorables el proceso aporta además una tensión de compresión residual en la superficie de la matriz que sirve para contrarrestar la fatiga térmica.

Sin embargo, la capa nitrurada es muy frágil y puede agrietarse o astillarse cuando se somete a cargas mecánicas, especialmente a cargas por impacto. La nitruración suele realizarse por uno de estos cuatro métodos: nitrocarburo en baño de sales o gas, nitruración gaseosa o iónica por plasma.

Antes de la nitruración, la herramienta debe templarse y revenirse doblemente, esto último al menos a una temperatura 25–50°C por encima de la temperatura de nitruración.

La dureza superficial y el espesor de la capa nitrurada dependen del método y del tiempo de nitruración y de las cualidades del acero tratado. En los folletos de los productos Uddeholm puede encontrar la información para los distintos aceros para herramientas.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



Resistencia a la flexión de Orvar Supreme de Uddeholm como función de la profundidad de nitruración.

No se recomienda la nitruración en espesores $>0,3$ mm para matrices de forja. Esto se debe a que la capa nitrurada es frágil y se agrieta fácilmente durante el trabajo. El acero subyacente no puede resistir la propagación de las grietas superficiales si el espesor de la capa es demasiado grande y la matriz puede quedar irremediablemente destruida.

En general, se recomienda el espesor máximo de 0,3 mm para la capa nitrurada; este valor máximo debe reducirse si la figura tiene radios muy agudos o si el acero para matrices se utiliza a una dureza muy grande.

Debe evitarse la formación de la denominada “capa blanca” por la fragilidad.



PROGRAMA DE ACERO DE HERRAMIENTAS PARA APLICACIONES DE FORJA

DESCRIPCIÓN GENERAL

ACERO PARA HERRAMIENTAS UDDEHOLM	
DIEVAR	Acero premium aleado al Cr-Mo-V para trabajo en caliente con buena resistencia a altas temperaturas y excelentes templabilidad, tenacidad y ductilidad. Cumple los requisitos de NADCA #207-2011.
UNIMAX	Acero premium aleado al Cr-Mo-V con buena tenacidad y ductilidad hasta durezas de 58 HRC.
ORVAR 2 MICRODIZED	Acero aleado al Cr-Mo-V (H13) para trabajo en caliente con buena resistencia a la temperatura y al desgaste a altas temperaturas.
ORVAR SUPREME/ ORVAR SUPERIOR	Acero premium aleado al Cr-Mo-V (H13) con buena resistencia a la fatiga térmica. El acero se produce con una técnica especial de fundido y refinado. Cumple los requisitos de NADCA #207-2011.
VIDAR SUPERIOR	Acero premium aleado al Cr-Mo-V (H11 modificado) para trabajo en caliente con buena resistencia al agrietamiento. Cumple los requisitos de NADCA #207-2011.
QRO 90 SUPREME	Acero premium para trabajo en caliente con elevado límite elástico en caliente y buena resistencia al revenido. También posee una buena conductividad térmica.
FORMVAR	Uddeholm Formvar es una alternativa superior al H11/H13 para matrices de forja. Con una buena resistencia al revenido y límite elástico en caliente.
ALVAR 14	Acero de aleación Cr-Ni-Mo para trabajo en caliente. Normalmente se entrega en condición pretemplada para bloques de matrices.
VANADIS 23 SUPERCLEAN VANADIS 30 SUPERCLEAN	Aceros rápidos producido por PM. Recomendados para aplicaciones de forja donde se necesita una excelente resistencia al desgaste.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

ACERO PARA HERRAMIENTAS UDDEHOLM	AISI (W.-Nr.)	ANÁLISIS %						Otros	DUREZA DE SUMINISTRO Brinell
		C	Si	Mn	Cr	Mo	V		
DIEVAR	-	0,35	0,2	0,5	5,0	2,3	0,6	-	~160
UNIMAX	-	0,50	0,2	0,5	5,0	2,3	0,5	-	~185
ORVAR 2 MICRODIZED	H13 (1,2344)	0,39	1,0	0,4	5,3	1,3	0,9	-	~180
ORVAR SUPREME	H13 (1,2344)	0,39	1,0	0,4	5,2	1,4	0,9	-	~180
ORVAR SUPERIOR	H13 (1,2344)	0,39	1,0	0,4	5,2	1,4	0,9	-	~180
VIDAR SUPERIOR	H11 mod. (1,2340)	0,36	0,3	0,3	5,0	1,3	0,5	-	~180
QRO 90 SUPREME	-	0,38	0,3	0,8	2,6	2,3	0,9	Micro-alead	~180
FORMVAR	-	0,35	0,2	0,5	5,0	2,3	0,6	-	<229
ALVAR 14	(1,2714)	0,55	0,3	0,7	1,1	0,5	0,1	Ni 1,7	≤250 o pretemplado

COMPARACIÓN CUALITATIVA DE RESISTENCIA EN PROPIEDADES BÁSICAS

ACERO PARA HERRAMIENTAS UDDEHOLM	DESGASTE EN CALIENTE	DEFORMACIÓN PLÁSTICA	GRIETAS PREMATURAS	FATIGA TERMICA
DIEVAR				
UNIMAX				
ORVAR 2 Microdized				
ORVAR SUPREME				
ORVAR SUPERIOR				
VIDAR SUPERIOR				
QRO 90 SUPREME				
FORMVAR				
ALVAR 14				

Cuanto más larga sea la barra, mejor.

TABLA DE SELECCIÓN DE ACERO PARA HERRAMIENTAS

RECOMENDACIONES GENERALES

APLICACIÓN DE FORJA ACERO UDDEHOLM		PROFUNDALIDAD DE DE DUREZA	INTERVALO CAVIDAD	DIDAD
FORJA EN MARTILLO	Portamatrices	ALVAR 14 – Pretemplado	400–440 HB 360–400 HB 320–360 HB ≤320 HB	max 20 mm max 50 mm max 150 mm muy profunda
	Insertos	VIDAR SUPERIOR DIEVAR ORVAR SUPREME ORVAR SUPERIOR	38–50 HRC	
FORJA EN PRENSA	Matrices	DIEVAR VIDAR SUPERIOR ORVAR SUPREME ORVAR SUPERIOR QRO 90 SUPREME UNIMAX FORMVAR	38–57 HRC	
FORJA SEMI CALIENTE	Cavidades	UNIMAX DIEVAR FORMVAR *	50–58 HRC	
FORJA PROGRESIVA	Cavidades	QRO 90 SUPREME UNIMAX DIEVAR FORMVAR *	48–54 HRC	
FORJA POR RECALCADO	Cavidades	UNIMAX DIEVAR FORMVAR	46–56 HRC	

* Las calidades PM de Uddeholm pueden utilizarse en algunas piezas del utillajes. Se pueden utilizar durezas mayores.



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. Hemos afianzado nuestra posición de liderazgo mundial en el suministro de material para utillajes.

UDDEHOLM es líder mundial en el suministro de material para utillajes. Hemos logrado esta posición al mejorar el negocio diario de nuestros clientes. Una larga tradición combinada con una investigación y un desarrollo de producto, dotan a Uddeholm de capacidad para hacer frente a cualquier tipo de problema que pueda surgir con el utillaje. Esta labor presenta grandes retos, pero nuestro objetivo es claro: ser su primer colaborador y suministrador de acero para utillajes.

Nuestra presencia en todos los continentes le garantiza la misma alta calidad allí donde se encuentre. Afianzamos nuestra posición de liderazgo mundial en el suministro de material para utillajes. 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, por favor visite www.acerouddeholm.com