

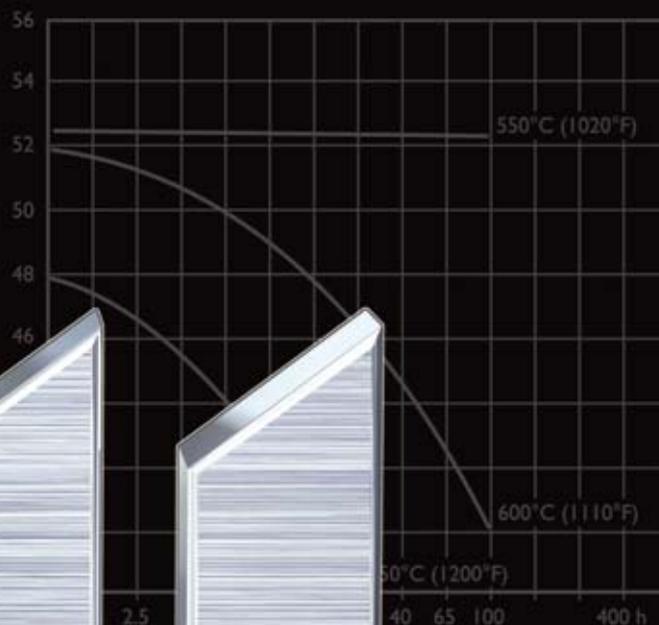
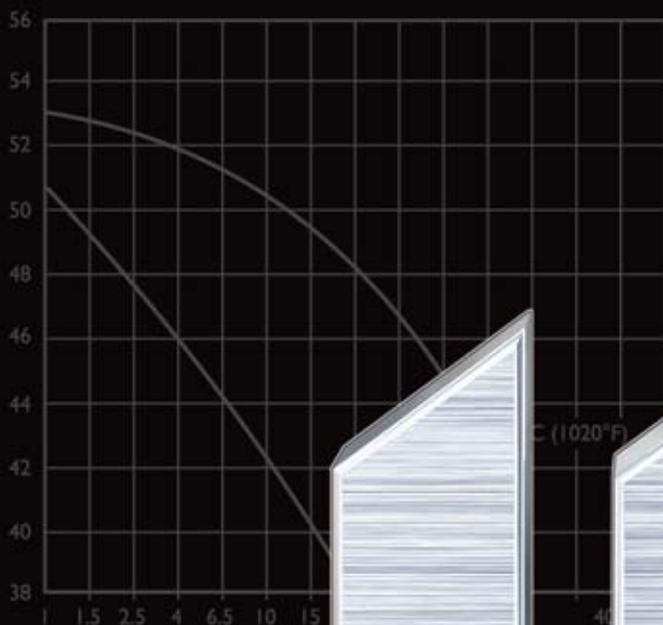
# Acero para moldes de fundición inyectada y mejora de su productividad

COLD WORK

PLASTIC MOULDING

HOT WORK

HIGH PERFORMANCE STEEL



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

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

Temperature	20°C (68°F)	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m <sup>3</sup> lbs/m <sup>3</sup>	7 770 0,281	7 670 0,277	7 650 0,275
Modulus of elasticity N/mm <sup>2</sup> psi	194 000 28,1 × 10 <sup>6</sup>	188 000 27,3 × 10 <sup>6</sup>	178 000 25,8 × 10 <sup>6</sup>
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	to 100°C 11,7 × 10 <sup>-6</sup> to 212°F 6,5 × 10 <sup>-6</sup>	to 200°C 12 × 10 <sup>-6</sup> to 400°F 6,7 × 10 <sup>-6</sup>	to 400°C 13,0 × 10 <sup>-6</sup> to 750°F 7,3 × 10 <sup>-6</sup>
Thermal conductivity W/m °C Btu in (ft <sup>2</sup> h°F)	-	27 187	32 221
Specific heat K/kg °C Btu/lbs °F	455 0,109	525 0,126	608 0,145

Temperature	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m <sup>3</sup> lbs/m <sup>3</sup>	7 670 0,277	7 650 0,275
Modulus of elasticity N/mm <sup>2</sup> psi	188 000 27,3 × 10 <sup>6</sup>	178 000 25,8 × 10 <sup>6</sup>
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	to 100°C 12,3 × 10 <sup>-6</sup> to 212°F 6,1 × 10 <sup>-6</sup>	to 200°C 14 × 10 <sup>-6</sup> to 400°F 6,7 × 10 <sup>-6</sup>
Thermal conductivity W/m °C Btu in (ft <sup>2</sup> h°F)	20,5 142	21,5 149
Specific heat K/kg °C Btu/lbs °F	460 0,110	- -

---

## Contenido

Introducción .....	3
Requisitos de las piezas inyectadas .....	3
Aspectos del diseño .....	3
Fabricación del molde .....	5
Estabilidad dimensional .....	6
Rendimiento del molde .....	8
Requisitos de los aceros para fundición inyectada .....	10
Economía del utillaje .....	14
Programa de productos .....	15
Recomendaciones acero y dureza .....	16

---

Esta información está basada en nuestro estado de conocimiento actual y va dirigido a proporcionar apuntes generales sobre nuestros productos y su utilización. No deberá ser por tanto considerado como una garantía de propiedades específicas de los productos descritos o una garantía de que éstos sirvan a propósitos concretos.

## Introducción

La fundición inyectada aporta un método económico para la fabricación de piezas complicadas en grandes series, en aleaciones con alta tolerancia en aluminio, y en aleaciones de magnesio, zinc y cobre.

El continuado crecimiento del proceso de fundición inyectada depende, en gran medida, en la mayor utilización de piezas fundidas en la industria de la automatización, donde la reducción de peso tiene cada vez una importancia más significativa.

Las largas series de fabricación han prestado mayor atención en la importancia de obtener una mejora substancial en la vida del utillaje. Durante los últimos años, Uddeholm ha ocupado uno de los lugares principales en el desarrollo de acero para fundición inyectada, a fin de poder cumplir con éste requisito, y también contar con mayores especificaciones en el acero para utillajes.

Todo ello ha resultado en las calidades de acero *ORVAR SUPREME*, *VIDAR SUPREME*, *QRO 90 SUPREME* y ahora *DIEVAR*.

Los fundidores experimentan ahora verdaderos ahorros en producción y utillajes mediante la utilización de estos aceros de alta calidad, juntamente con las recomendaciones específicas para el tratamiento térmico. Además, puede obtenerse otras ventajas, prestando gran atención al diseño del producto y del utillaje y adaptando también mejoras en los métodos de inyección.

## Requisitos de las piezas inyectadas

El incremento de requisitos en las piezas inyectadas asegurará un continuo desarrollo de las aleaciones para fundición con mayor resistencia y ductilidad, mejor mecanibilidad y aptitud de soldadura así como mayor resistencia a la corrosión.

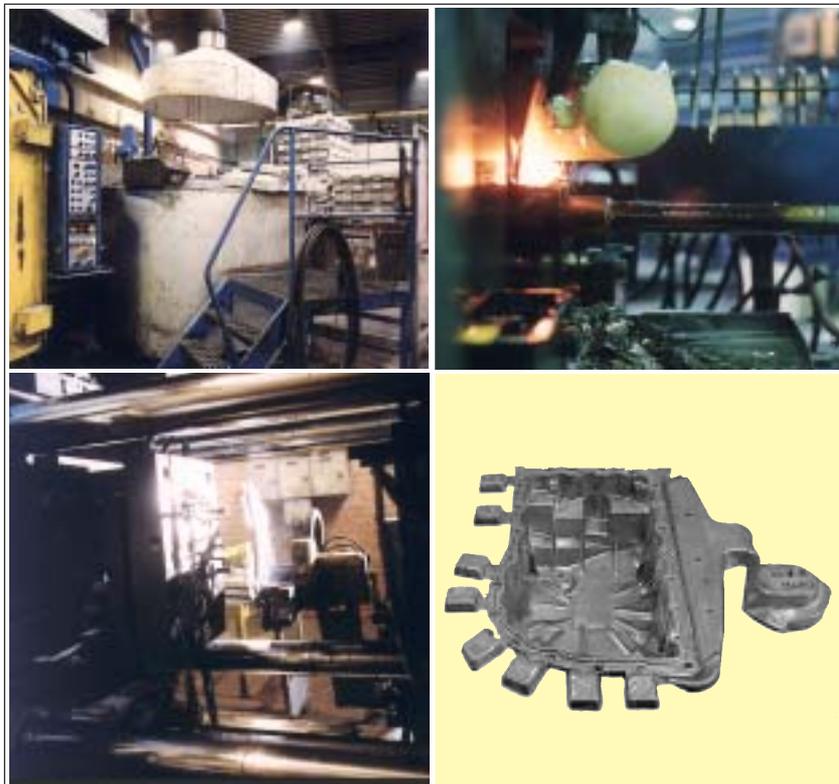
Las tendencias en el diseño de productos se encuentran enfocadas hacia:

- **Piezas de mayor tamaño**
- **Paredes más finas**
- **Formas más complicadas**
- **Tolerancias más estrechas.**

Estos factores favorecen la utilización de la fundición inyectada a alta presión al compararse con otros métodos de fundición como la de baja presión y fundición por gravedad.

## Aspectos sobre el diseño de moldes

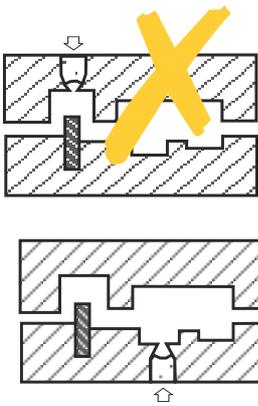
El diseño de un molde de fundición inyectada está determinado principalmente por la forma que deba tener la pieza acabada. Pero existe una cierta cantidad de aspectos relacionados con el diseño y tamaño del molde que pueden tener una cierta influencia en la vida útil de éste.



**CAVIDAD DEL MOLDE**

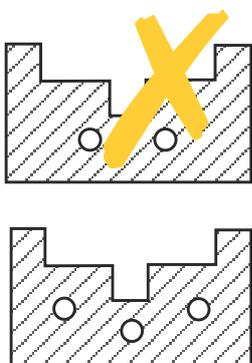
Los aceros de alta tenacidad son extremadamente sensibles a las pequeñas grietas. Es por tanto muy importante que el diseño de la cavidad se realice con suaves cambios de secciones y que los ángulos tengan el mayor radio posible.

A fin de reducir el riesgo de erosión y de fatiga térmica en el material del molde que se encuentra próximo al punto de inyección, deberá situarse la pared de la cavidad o los posibles hoyos o insertos alejados de la zona de entrada del material fundido.



**CANALES DE REFRIGERACION**

Los canales de refrigeración deberán situarse de forma tal que toda la superficie de la cavidad tenga la temperatura lo más uniforme posible. Un buen acabado de la superficie de los canales es importante tanto desde el punto de vista de la refrigeración como desde el punto de vista de la resistencia.



**CANALES, ENTRADAS Y POZOS DE LAVADO (REBOSADEROS)**

Para obtener las óptimas condiciones en la fundición a presión, deberá existir un equilibrio entre el sistema de refrigeración y la «zona caliente» (canales, entradas, pozos de lavado y cavidades). Ello significa que el diseño de los sistemas de canales, entradas y pozos de lavado tiene una importancia decisiva. En las partes de la cavidad que son difíciles de rellenar, deberá colocarse un pozo de lavado (rebosadero), a fin de que el material inyectado fluya con más facilidad. Cuando hablamos de cavidades múltiples con improntas idénticas, es importante que los canales tengan la misma longitud y sección y los pozos de lavado y las entradas sean idénticas.

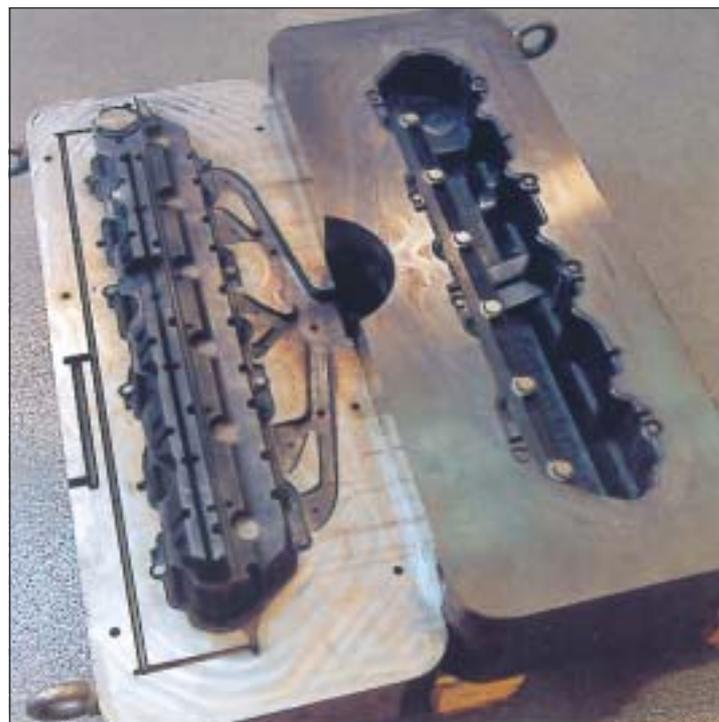
La posición de las entradas y el espesor y la anchura de las paredes de separación entre éstas son factores decisivos para la velocidad de inyección del metal. Las entradas deben ser diseñadas de forma tal que el metal inyectado fluya suave y libremente por todas las zonas de la cavidad. Si el metal de inyección es pulverizado en lugar de entrar fluido en la cavidad, crea una fundición defectuosa. Un exceso de turbulencia en el material fundido puede causar problemas de erosión en el molde.

**GUIA SOBRE DIMENSIONADO**

Indicamos a continuación algunas guías generales sobre el dimensionado de un molde para la fundición de aluminio (Al) para que cumpla con los requisitos de resistencia:

1. Distancia desde la cavidad hasta la superficie exterior > 50 mm
2. Relación de la profundidad de la cavidad con el espesor total < 1:3
3. Distancia desde la cavidad hasta el canal de refrigeración > 25 mm  
Distancia desde la cavidad hasta el canal de refrigeración en la esquina > 50 mm
4. Radios de las aristas:
 

Zinc	Aluminio	Latón
> 0,5 mm	> 1 mm	> 1,5 mm
5. Distancia desde la entrada hasta la pared de la cavidad de la molde > 50 mm.



## Fabricación del molde

Al fabricar un molde para fundición inyectada los siguientes factores son de vital importancia:

- Mecanibilidad
- Mecanizado por electroerosión (EDM)
- Tratamiento térmico
- Estabilidad dimensional
- Tratamiento de la superficie
- Aptitud de soldadura.

### MECANIBILIDAD

La capacidad de mecanizado de los aceros martensíticos para trabajo en caliente se ve influenciada principalmente por la cantidad de inclusiones no metálicas, como sulfuros de manganeso y la dureza del acero.

Puesto que el rendimiento del molde para fundición inyectada puede verse mejorada mediante una reducción de las impurezas, como por ejemplo en sulfuro y oxígeno, *DIEVAR*, *VIDAR SUPREME*, *ORVAR SUPREME* y *QRO 90 SUPREME* son fabricados con un nivel extremadamente bajo en azufre y oxígeno.

Para el mecanizado, la estructura óptima es la que cuente con una distribución uniforme de carburos esferoidales en una estructura ferrítica en recocido blando y con una dureza lo más baja posible. El proceso de Microizado confiere a *VIDAR SUPREME*, *ORVAR SUPREME* y a *QRO 90 SUPREME* una estructura homogénea con una dureza aproximada de 180 HB y de 160 HB para *DIEVAR* (estado de suministro). Estos aceros se caracterizan por su buena mecanibilidad.

Puede obtenerse información y características generales sobre fresado, torneado y taladrado de *DIEVAR*, *VIDAR SUPREME*, *ORVAR SUPREME* y *QRO 90 SUPREME* en los catálogos de producto respectivo.

### MECANIZADO POR ELECTROEROSION

La utilización del mecanizado por electroerosión (EDM) en la fabricación de moldes para fundición inyectada, ha

aumentado de forma constante en los últimos años.

El desarrollo del mecanizado por electroerosión ha resultado en considerables mejoras en su técnica operativa, en la producción y en precisión, al mismo tiempo que se ha visto incrementada la versatilidad del proceso. Por todas estas razones, la utilización del mecanizado por electroerosión sigue en aumento, como una herramienta principal en el proceso de fabricación en todas las empresas fabricantes de moldes y matrices, mecanizando con igual facilidad aceros templados que recocidos.

Los principios básicos del mecanizado por electroerosión (EDM-erosión por chispa) están basados en descargas eléctricas entre un ánodo de grafito o cobre y el acero, el cátodo en un medio dieléctrico. Las descargas están controladas de manera tal que comienza la erosión del acero. Durante la operación, el ánodo penetra en el acero, el cual adquiere de éste modo el mismo contorno que el primero. Durante el proceso, la superficie del acero se encuentra expuesta a temperaturas muy altas, causando la fusión o vaporización del acero. Una frágil capa fundida y resolidificada aparece en la superficie y por debajo de ésta una capa templada y revenida de nuevo.

La influencia del mecanizado por electroerosión en las propiedades de la superficie puede, en circunstancias desfavorables destruir el rendimiento de trabajo del molde. Por ésta razón, recomendamos los siguientes pasos como medida de precaución:

### Mecanizado por electroerosión de material templado y revenido

- A Mecanizado convencional.
- B Temple y revenido.
- C Mecanizado por electroerosión, evitando el «arco eléctrico» y la pérdida excesiva de material. Finalizar con un EDM fino, por ejemplo a baja intensidad y alta frecuencia.
- D (i) Rectificar o pulir la superficie electroerosionada.
- (ii) Revenir el utillaje 15–25°C por debajo de la temperatura original de revenido.

### Mecanizado por electroerosión de material recocido

- A Mecanizado convencional.
- B Mecanizado por electroerosión como se ha indicado en C en el recuadro superior.
- C Rectificar o pulir la superficie erosionada. Ello reduce el riesgo de formación de grietas durante el calentamiento y enfriamiento. Recomendamos un precalentamiento lento, por etapas, hasta alcanzar la temperatura de temple.

Pueden obtener más información sobre mecanizado por electroerosión en el folleto de Uddeholm «Mecanizado de acero para herramientas».

### TRATAMIENTO TERMICO

Normalmente, los aceros para utillajes de trabajo en caliente son suministrados en condición de recocido blando. Una vez realizado el mecanizado del molde, éste deberá recibir tratamiento térmico para poder aportar la máxima resistencia al límite de elasticidad, resistencia al revenido, tenacidad y ductilidad.

Las propiedades del acero están controladas mediante la temperatura y tiempo de temple, la velocidad de enfriamiento y la temperatura de revenido.

Una alta temperatura de austenización para un molde tiene un efecto positivo sobre el límite de elasticidad y la resistencia al revenido, lo que a su vez reduce la posible tendencia a la fatiga térmica. Estas propiedades en *ORVAR SUPREME* y *QRO 90 SUPREME* pueden mejorarse mediante una austenización a 1050°C en lugar de una austenización normal a 1020°C, para *DIEVAR* a 1030°C en lugar de 1000°C y para *VIDAR SUPREME* a 1010°C en lugar de 990°C.

Por otra parte, una alta temperatura de austenización aporta un incremento del riesgo de tamaño de grano, lo cual puede reducir la tenacidad y ductilidad. Una alta temperatura de austenización debería utilizarse tan solo en pequeños moldes, núcleos y noyos.

Del mismo modo, una dureza más alta tiene un efecto positivo sobre la fatiga térmica, aunque no es recomen-

dable una dureza que exceda de 50 HRC para fundición inyectada de aluminio, y de forma similar que no exceda de 46 HRC para fundición inyectada de latón. El riesgo de grietas y rotura total del utillaje aumenta con una mayor dureza.

Aunque, gracias a la mayor tenacidad desarrollada en las calidades *DIEVAR*, *VIDAR SUPREME* y *ORVAR SUPREME*, el riesgo de rotura total del utillaje se ve reducido considerablemente.

La velocidad de enfriamiento durante el temple tiene gran importancia en las calidades *DIEVAR*, *VIDAR SUPREME*, *ORVAR SUPREME* y *ORO 90 SUPREME*, así como para todos los aceros de tipo similar.

Una baja velocidad de enfriamiento confiere la mejor estabilidad dimensional posible, pero aumenta al mismo tiempo el riesgo de indeseables cambios en la microestructura del acero.

Una velocidad de enfriamiento demasiado baja durante el temple, puede reducir la tenacidad a la fractura del acero.

Una velocidad de enfriamiento más alta, por ejemplo en horno de vacío, a 5 bar de presión o más, aporta la mejor estructura posible y consecuentemente la mejor vida del utillaje.

Deberá por tanto tratar de encontrar-se el equilibrio correcto entre el menor coste de ajuste, que resulta de una baja velocidad de enfriamiento, y la mejor vida del utillaje conseguida mediante una alta velocidad de enfriamiento. En la mayoría de casos se prefiere una alta velocidad de enfriamiento, puesto que es considerada una economía total del utillaje.

Una decarburación y fuerte carburación pueden ser causantes de fatiga térmica prematura, y deberá siempre evitarse.

El molde debería revenirse una vez la temperatura haya descendido a 50–70°C. Un segundo revenido es esencial a fin de obtener una estructura satisfactoria. La temperatura de revenido debería seleccionarse a fin de obtener la dureza deseada en el utillaje. Se recomienda un tercer revenido como medida de seguridad.

## Estabilidad dimensional

### DISTORSION DURANTE EL TEMPLE Y REVENIDO DE MOLDES PARA FUNDICION INYECTADA

Cuando se lleva a cabo el temple y revenido de un molde de fundición inyectada ocurre normalmente algún tipo de deformación o distorsión. Esta distorsión es normalmente mayor a temperaturas más altas de austenización.

Este tema es muy conocido y por tanto es una práctica normal dejar una cierta tolerancia de mecanizado en el molde antes de realizar el temple. Ello hace posible ajustar el utillaje a las medidas correctas mediante un rectificado o mecanizado por electroerosión una vez realizado el temple y revenido.

La distorsión ocurre como consecuencia de las tensiones en el material. Estas tensiones pueden dividirse en:

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

#### Tensiones de mecanizado

Este tipo de tensión se genera durante las operaciones de mecanizado, como torneado, fresado y rectificado.

Si las tensiones se han formado en una zona, éstas se reducirán durante el

calentamiento. El calentamiento reduce la resistencia, liberando las tensiones mediante distorsión local. Ello puede conducir a una distorsión total.

A fin de reducir la distorsión mientras se calienta durante el proceso de temple, puede llevarse a cabo un proceso de liberación de tensiones (estabilizado). Es recomendable que el material sea estabilizado después de realizar un mecanizado de desbaste. Cualquier distorsión puede ser ajustada durante la operación de mecanizado de acabado a realizar con anterioridad al temple.

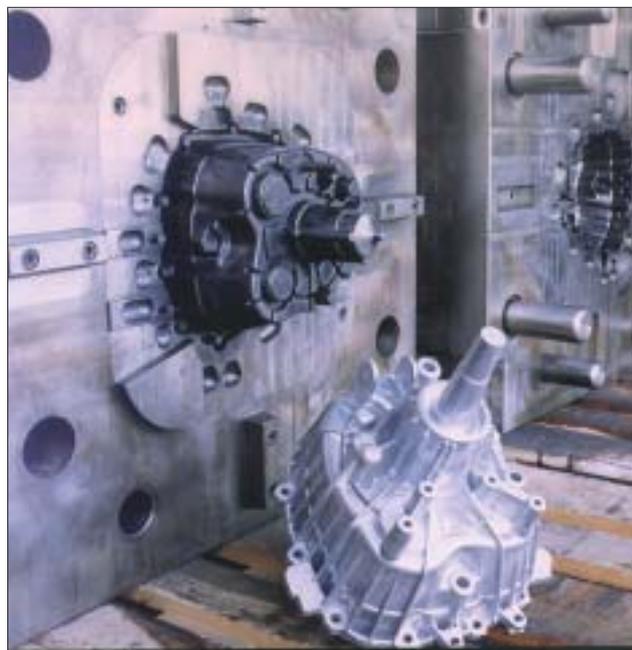
#### Tensiones térmicas

Estas tensiones se forman cuando el molde es calentado. Aumentan si el calentamiento se lleva a cabo de forma rápida o bien de forma irregular. El volumen del molde se ve aumentado por el calentamiento. Un calentamiento poco uniforme puede resultar en variaciones locales de volumen, conduciendo a tensiones y distorsión.

Es siempre recomendable realizar un precalentamiento por etapas a fin de igualar la temperatura en el componente.

Siempre debe intentarse calentar con la suficiente lentitud para que la temperatura permanezca virtualmente igual en todo el molde.

Todo lo comentado anteriormente sobre calentamiento es aplicable tam-



Pieza de aluminio para la industria del automóvil.

bién al enfriamiento. Tensiones muy potentes aparecen durante el enfriamiento. Como norma general, la velocidad de enfriamiento debe ser lo más rápida posible, con relación siempre a un nivel de distorsión aceptable.

Es importante que el medio de enfriamiento sea aplicado del modo más uniforme posible. Esto es especialmente válido cuando se utiliza aire forzado o atmósfera de gas protegido (horno de vacío). Si no fuera así la diferencia de temperaturas en el molde puede conllevar una distorsión significativa. Siempre es recomendable un enfriamiento por etapas, especialmente en moldes grandes y complejos.

### Tensiones de transformación

Este tipo de tensiones aparece cuando se transforma la microestructura del acero. La causa de ello es que las tres microestructuras en cuestión – ferrita, austenita y martensita – cuentan con diferentes densidades, es decir volúmenes distintos.

El mayor efecto es el causado por la transformación de austenita a martensita. Esto crea un aumento de volumen.

Un enfriamiento excesivamente rápido y poco uniforme puede ser también causante de formación local de martensita en el molde, creando aumento de volumen y provocando tensiones en algunas secciones. Estas tensiones pueden ocasionar distorsión y, en algunos casos roturas.

Puede obtenerse más información sobre cambios dimensionales durante el temple y revenido de *DIEVAR*, *VIDAR SUPREME*, *ORVAR SUPREME* y *QRO 90 SUPREME* en el catálogo de información de producto.

### TRATAMIENTO DE SUPERFICIE

Los tratamientos de superficie como la nitruración gaseosa, baño de sales o nitruración iónica pueden tener un efecto favorable en ciertas partes de un molde para fundición inyectada, tales como boquillas, cámaras, expulsores, noyos, canales de entrada, etc...

Cada tipo de acero posee distintas propiedades de nitruración, dependiendo de la composición química de cada uno de ellos.

Otros tratamientos de superficie, incluyendo los tratamientos de Solvenite, Metallife y Melonite, han demostrado también tener propiedades favorables en las aplicaciones de fundición inyectada.

### APTITUD DE SOLDADURA

En muchos casos, es importante que un utillaje de fundición inyectada pueda ser reparado mediante soldadura. La reparación de un acero para utillajes mediante soldadura comporta siempre un riesgo de grietas o roturas, pero si son tomadas las precauciones necesarias y se siguen las instrucciones de calentamiento, pueden obtenerse resultados satisfactorios.

### Preparación antes de aplicar la soldadura

Las partes que deban ser soldadas deberán estar adecuadamente unidas y limpias de suciedad y grasa a fin de asegurar una penetración y fusión satisfactoria.

### Soldadura de material recocido blando

- 1 Precalentar a una temperatura mínima de 325°C.
- 2 Comenzar la soldadura a ésta temperatura. No permitir nunca que la temperatura del utillaje descienda de 325°C. Temperatura máxima entre pasadas 475°C. La mejor forma de mantener una temperatura constante en el utillaje durante la operación de soldadura es utilizar una cámara asilada con elementos controlados termostáticamente en las paredes.
- 3 Después de aplicar la soldadura enfriar muy lentamente 10–20°C durante las 2 primeras horas, luego al aire.
- 4 Realizar un recocido blando inmediatamente después de aplicar la soldadura.

### Soldadura de material templado y revenido

- 1 Precalentar a una temperatura mínima de 325°C.
- 2 Comenzar la soldadura a ésta temperatura. No permitir nunca que la temperatura del utillaje descienda de 325°C. Temperatura máxima entre pasadas 475°C. La mejor forma de mantener una temperatura constante en el utillaje durante la operación de soldadura es utilizar una cámara asilada con elementos controlados termostáticamente en las paredes.
- 3 Después de aplicar la soldadura enfriar muy lentamente 10–20°C durante las 2 primeras horas, luego al aire.
- 4 Realizar una liberación de tensiones (estabilizado) 25°C por debajo de la temperatura de revenido utilizada anteriormente durante dos horas.

### Consumibles

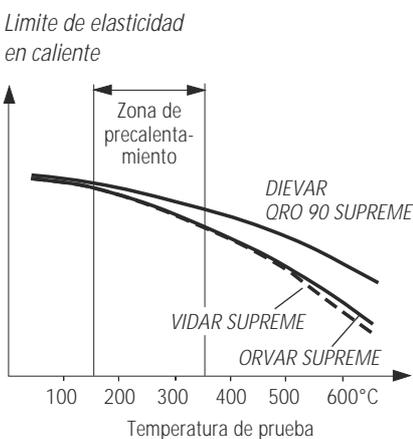
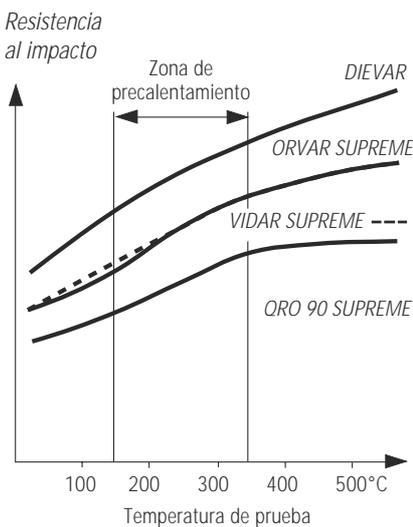
QRO 90 WELD (SMAW) o QRO 90 TIG-WELD. Puede obtenerse más información sobre soldadura y consumibles en el catálogo de Uddeholm «Soldadura de Acero para Utillajes».

## Rendimiento del molde

La vida útil de un molde de fundición inyectada varía considerablemente dependiendo del tamaño y del diseño de la pieza a inyectar, del tipo de aleación y del cuidado y mantenimiento del molde.

La vida útil del molde puede prolongarse mediante un tratamiento adecuado antes y durante la operación de inyección:

- **Pre calentamiento adecuado**
- **Refrigeración correcta**
- **Tratamiento de superficie**
- **Liberación de tensiones (estabilizado).**



### PRECALENTAMIENTO ADECUADO

El contacto inicial entre una molde de fundición inyectada frío y el metal fundido caliente causa un shock severo en el material del molde. La fatiga térmica puede aparecer rápidamente ya en la primera inyectada y conducir rápidamente a la rotura total del utillaje.

Es además importante, hacer constar que la resistencia al impacto, es decir la capacidad del material de soportar choque térmicos y mecánicos, aumenta significativamente durante las primeras inyectadas, si se realiza un pre calentamiento adecuado del molde.

Es por tanto esencial, que la diferencia de temperaturas entre la superficie del molde y el material fundido no sea demasiado grande. Por ésta razón, *siempre es recomendado un pre calentamiento.*

La temperatura de pre calentamiento más adecuada depende del tipo de aleación de fundición, pero normalmente se encuentra entre 150 y 350°C.

Las curvas muestran la zona dentro de la cual el material puede ser pre calentado.

Es importante no calentar a una temperatura excesivamente alta puesto que el molde puede calentarse demasiado durante la inyección causando un nuevo revenido del material del molde. Hay que observar que las finas aristas se calientan con mucha rapidez.

Las siguientes temperaturas de pre calentamiento son las recomendadas:

Material	Temperatura de pre calentamiento
Aleaciones de Cobre, Estaño	100–150°C
Aleaciones de Zinc	150–200°C
Aleaciones de Magnesio y aleaciones de Aluminio	180–300°C
Aleaciones de Cobre	300–350°C

Es importante que el pre calentamiento sea gradual y uniforme. Se recomiendan sistemas de pre calentamiento controlados termostáticamente.

Al pre calentamiento, deberá aplicarse un refrigerante de forma gradual con la

finalidad de obtener un estado de equilibrio. Deberá evitarse cualquier tipo de refrigeración súbita.

Los moldes que contengan insertos deben ser calentados de forma lenta para que los insertos y las placas soporte puedan expandirse gradualmente al mismo tiempo.

### CORRECTA REFRIGERACION

La temperatura del molde es controlada por medio de los canales de refrigeración y también por el lubricante en la superficie del molde.

A fin de reducir el riesgo de fatiga térmica, el agua para refrigerar puede pre calentarse a aproximadamente 50°C. También son utilizados sistemas de refrigeración controlados termostáticamente. Por otra parte no es recomendable utilizar agua de refrigeración a una temperatura inferior a 20°C. Durante paros en la producción superiores a pocos minutos, el flujo del refrigerante deberá regularse a con la finalidad de que el molde no se enfríe demasiado.

### TRATAMIENTO DE SUPERFICIE

Es importante que el lubricante se adhiera bien a la superficie del molde para evitar el contacto metal – molde. Por ejemplo, un molde nuevo o reparado recientemente no debería tener una superficie completamente lisa. Es por tanto muy apropiado recubrir la superficie del molde con una fina capa de óxido que aporte buena adherencia al lubricante durante el periodo de entrada del metal.

La superficie del molde puede oxidarse mediante un calentamiento a aproximadamente 500°C durante una hora seguido por un enfriamiento al aire. También un calentamiento en atmósfera de vapor – 500°C – durante 30 minutos produce una buena capa de óxido, con un espesor adecuado.

Para eliminar los restos de los lubricantes del molde después de un periodo de utilización, es recomendable realizar un granallado en la superficie de la cavidad. Este tratamiento cierra también algunas de las fisuras creadas por la fatiga térmica.

Además, induce tensiones de compresión la capa de la superficie, que compensan en cierto modo las tensiones de tracción creadas por la fatiga térmica. Las zonas que están sujetas a abrasión y fricción, como pueden ser los expulsores y las cámaras de inyección, pueden ser nitruradas o nitrocarburradas a fin de aumentar su vida útil.

### LIBERACION DE TENSIONES (ESTABILIZADO)

Durante el proceso de inyección, la superficie del utillaje está sujeta a tensiones térmicas derivadas de las variaciones de temperatura; ésta variación constante puede resultar en tensiones residuales generándose en algunas zonas de la superficie del molde. Estas son por naturaleza, en la mayoría de los casos tensiones de tracción, y por tanto facilitan la iniciación de grietas de fatiga térmica.

El realizar una liberación de tensiones en el molde, reducirá el nivel de tensiones residuales y por tanto aumentará la vida útil del utillaje. Recomendamos, por tanto, realizar una liberación de tensiones, estabilizado, después del periodo de puesta en marcha y luego una vez realizadas 1 000–2 000 inyectadas y 5 000–10 000 inyectadas.

El procedimiento debe repetirse cada 10 000–20 000 inyectadas adicionales hasta que no aparezca una formación clara de fisuras por fatiga térmica. De todas formas, una liberación de tensiones en un molde con fatiga térmica no tendrá demasiado efecto, puesto que la formación de grietas en la superficie reduce por si misma el nivel de tensiones residuales.

El revenido de liberación de tensiones (estabilizado) es apropiado realizarlo 25°C por debajo de la temperatura más alta de revenido utilizada anteriormente durante el tratamiento térmico del molde. Normalmente es suficiente mantener la temperatura durante dos horas.



Fabricación de un molde para fundición inyectada de latón.

## Requisitos de los aceros para fundición inyectada

Los moldes de fundición inyectada están expuestos a altas temperaturas y sometidos a grandes esfuerzos mecánicos, todo ello exige grandes requisitos al acero para el utillaje.

Existe pues una serie de fenómenos que limitan la vida útil del molde.

Los más importantes son los siguientes:

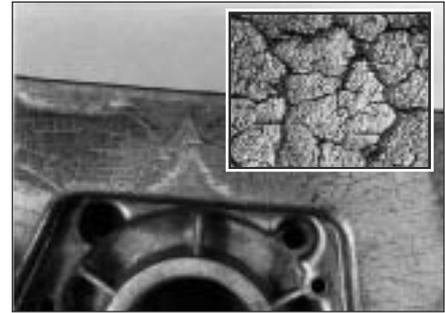
- **Fatiga térmica**
- **Erosión/Corrosión**
- **Roturas (rotura total del utillaje)**
- **Indentación.**

La cantidad de inyectadas que puede conseguirse en un molde de fundición a presión está influenciada principalmente por la temperatura de trabajo, es decir por la temperatura del metal fundido. La vida útil del molde para una aleación específica puede variar considerablemente en función del diseño de la pieza inyectada, el acabado de la superficie, el ritmo de producción, el control del proceso, el diseño del utillaje, el material del molde, su tratamiento térmico y el nivel de aceptación de variación de medidas (tolerancias) y acabado de superficie.

### FATIGA TERMICA

La fatiga térmica implica un aumento gradual de grietas debido a tensiones térmicas creadas por muchos ciclos de temperatura, es un fenómeno a escala microscópica que tiene lugar tan solo en una fina capa de la superficie. En su utilización, los moldes de fundición inyectada están sujetos alternativamente a calentamiento y enfriamiento. Ello implica el desarrollo de grandes tensiones en la capa superficial del molde, conduciendo gradualmente a las fisuras por fatiga. El típico daño causado por fisuras térmicas en la superficie es una estructura de grietas en la superficie conocida como «fatiga térmica», una buena muestra de ello la vemos ilustrada en la fotografía.

Durante los últimos 15 años se ha realizado un seguimiento exhaustivo a fin de comprender el mecanismo de formación de fisuras y relacionar la resistencia a la fatiga térmica con las propiedades básicas del material. Con éste propósito, Uddeholm ha construido un dispositivo especial para simular los daños ocasionados por la fatiga térmica. El ánimo de todos éstos esfuerzos es mejorar y desarrollar unos materiales para moldes, resultando en los aceros premium *DIEVAR*, *VIDAR SUPREME*, *ORVAR SUPREME* y *QRO 90 SUPREME*, de alta gama.



### Factores que influyen la de aparición fatiga térmica

La fatiga térmica es la consecuencia de una combinación de un ciclo tensiones térmicas, tensiones de tracción y deformación plástica. Si no se presenta uno cualquiera de éstos factores, las fisuras térmicas no se iniciarán ni propagarán. La deformación plástica inicia la fisura y las tensiones de tracción promueven y desarrollan la grieta.

Los siguientes factores influyen la fatiga térmica:

- **Ciclo de temperatura del molde**
  - Temperatura de precalentamiento
  - Temperatura de la superficie del molde
  - Tiempo de mantenimiento a máxima temperatura
  - Velocidad de refrigeración
- **Propiedades básicas del material del molde**
  - Coefficiente de expansión térmica
  - Conductividad térmica
  - Límite de elasticidad en caliente
  - Resistencia al revenido
  - Resistencia a la deformación
  - Ductilidad
- **Creadores de tensiones**
  - Radio, taladros y ángulos vivos
  - Rugosidad de la superficie

### CICLO DE TEMPERATURA DEL MOLDE

#### Temperatura de precalentamiento

Es esencial que la diferencia de temperatura entre la superficie del molde y el metal fundido no sea demasiado grande. Por esta razón, el precalentamiento es siempre recomendado.

Metal fundido	Temperatura de fusión °C	Factores que limitan la vida útil del molde	Vida útil normal, n° de inyectadas	
			Molde	Núcleo
Zinc	~ 430	Erosión	0,5–2 millon.	0,5–2 millon.
Magnesio	~ 650	Fatiga térmica Formación de grietas Erosión Indentación	100 000 a 400 000	50 000 a 200 000
Aluminio	~ 700	Fatiga térmica Formación de grietas Erosión Indentación	60 000 a 200 000	40 000 a 150 000
Cobre/ Latón	~ 970	Fatiga térmica Indentación Erosión Formación de grietas	5 000 a 50 000	1 000 a 5 000

La temperatura de precalentamiento debería ser como mínimo de 180°C, temperatura a la cual, la tenacidad a la fractura para aluminio es casi el doble que a temperatura ambiente.

#### Temperatura de la superficie del molde

La temperatura de la capa superficial del molde es de gran importancia para la aparición de la fatiga térmica. Hasta alcanzar los 600°C, la expansión térmica y las tensiones son moderadas en un acero normal para trabajo en caliente, pero a temperaturas más altas, el riesgo de fatiga térmica comienza a ser significativo. La temperatura de la superficie del molde está determinada principalmente por la temperatura de precalentamiento, la temperatura del material de inyección, el diseño de la pieza fundida, la forma y tamaño del molde, y las propiedades térmicas del material del molde.

#### Tiempo de mantenimiento a temperatura máxima

Un mayor tiempo de mantenimiento implica un riesgo más elevado de sobre-revenido y deformación del material del molde. Ello significa una reducción de la resistencia mecánica y consecuentemente una menor resistencia las cargas mecánicas y/o térmicas.

#### Velocidad de enfriamiento

La velocidad de enfriamiento a la cual la capa de la superficie se enfría cuenta también con una importancia considerable. Una refrigeración más rápida da lugar a mayores tensiones y da lugar a la formación de fisuras térmicas en una fase más temprana. La elección del tipo de refrigerante es normalmente un compromiso entre la vida útil del utillaje deseada y el ritmo de producción, pero la mayoría de los inyectadores han cambiado los lubricantes de base aceitosa a los lubricantes de base acuosa por razones de medio ambiente.

### PROPIEDADES BASICAS DEL MATERIAL DEL MOLDE

#### Coefficiente de expansión térmica

El coeficiente de expansión térmica debe ser bajo a fin de tener pocas tensiones térmicas.

#### Conductividad térmica

Una alta conductividad térmica reduce los índices térmicos y por tanto, las tensiones térmicas. De todas maneras, es muy difícil predecir o investigar de forma experimental, hasta que nivel la conductividad térmica tiene influencia en ésta materia.

#### Límite de elasticidad en caliente

Un alto límite de elasticidad en caliente es beneficioso en cuanto a la resistencia a la fatiga térmica se refiere.

#### Resistencia al revenido

Si el material del molde con un alto límite de elasticidad en caliente inicial va ablandándose durante su utilización, debido a la exposición a altas temperaturas, significa que los daños por fatiga térmica se aceleran. Es por tanto de gran importancia que el material del molde cuente con una buena resistencia contra el reblandecimiento en su exposición a altas temperaturas.

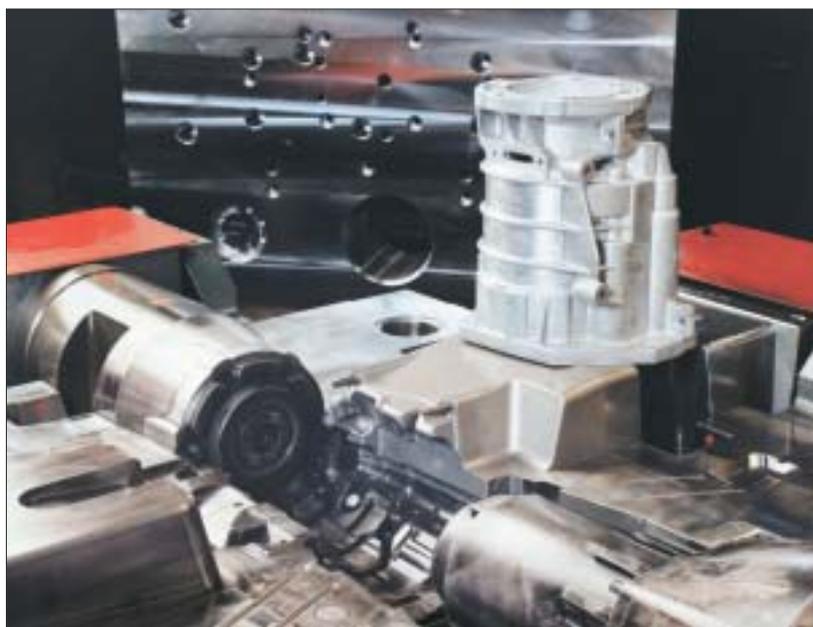
#### Resistencia a la deformación

La pérdida de dureza asociada a la resistencia al revenido se ve acelerada claramente por la carga mecánica. El material del molde se encuentra expuesto tanto a altas temperaturas como a la carga mecánica. Es obvio por tanto, que un buen material para utillajes cuente con suficiente resistencia a la acción conjunta de alta temperatura y carga mecánica cuantificada mediante una alta resistencia a la deformación. De hecho, ha sido probado mediante ensayos, que las fisuras por fatiga térmica pueden ser también producidas por una temperatura constante y carga mecánica cíclica.

#### Ductilidad

La ductilidad del material del molde cuantifica la capacidad de resistencia a la deformación plástica sin que llegue a ocurrir la rotura. En el periodo inicial de los daños por fatiga térmica la ductilidad domina la cantidad de ciclos antes de que aparezcan las fisuras visibles en un límite concreto de elasticidad en caliente y en un ciclo de temperatura. La ductilidad cuenta con una menor influencia, en la fase de crecimiento y propagación de fisuras.

La ductilidad del material está fuertemente influenciada por la cantidad de inclusiones no metálicas y por las segregaciones, es decir la pureza y homogeneidad del acero. El acero de Uddeholm para moldes de fundición inyectada es por tanto procesado de forma especial.



La ductilidad del acero ha sido mejorada considerablemente gracias a una fusión y una técnica de refinado especial, un proceso de forjado controlado y un tratamiento especial de la microestructura. Esta mejora es especialmente notable en el centro de los grandes bloques de acero.

**CREADORES DE TENSIONES**

**Radios, taladros y ángulos vivos**

La concentración de tensiones geométricas y el aumento de gradientes térmicos incrementan las tensiones y deformaciones en los radios, taladros y ángulos vivos. Significa por tanto, que las grietas por fatiga térmica comienzan en éstas zonas de forma más temprana que en las superficies planas. La acción conjunta de grietas por fatiga térmica y radios aumenta el riesgo de rotura total del molde.

**Tipo de superficie**

Los defectos que puedan encontrarse en la superficie, tales como marcas de rectificado afectan a la iniciación de grietas por las mismas razones que los radios, taladros y ángulos vivos. Siempre dentro del margen recomendado para el rectificado entre 200–600 la calidad de la superficie resultante, no colabora en la iniciación de fatiga térmica.

Una ventaja existente con una superficie no muy pulida, por ejemplo granulada con arena u oxidada, es que el medio lubricante se adhiere mejor y queda distribuido de manera más uniforme sobre la superficie. Por tanto, ocurren menos adherencias y se mejora la expulsión de las piezas inyectadas. Esto es de especial importancia durante el periodo de puesta en marcha de un molde nuevo.

**EROSION/CORROSION**

**Corrosión creada por el metal de inyección**

Durante el proceso de inyección, el metal fundido entra en el molde. En los casos en los que la superficie de la cavidad no cuente con una capa protec-

tora, el metal fundido se esparcirá por la superficie del molde. Al mismo tiempo, los elementos de aleación del molde (especialmente el hierro) se esparcirán de la superficie del molde al material de inyección.

Uddeholm ha investigado la tendencia de la corrosión en distintas aleaciones para fundición inyectada.



*Problemas causados por adherencias (soldaduras) en un noyo.*

**Factores que influyen en la corrosión**

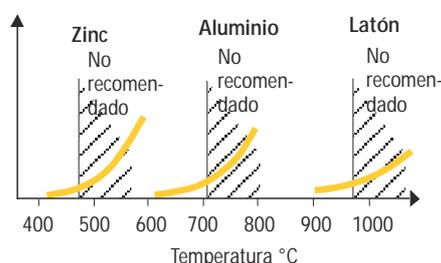
Una cierta cantidad de factores influyen en la corrosión del molde:

- Temperatura del metal fundido
- Composición del metal fundido
- Diseño del molde
- Tratamiento de la superficie.

**Temperatura del metal fundido**

Las aleaciones de fundición tienen temperaturas críticas, y por encima de éstas aumentan los ataques por erosión. El Zinc comienza a reaccionar con el acero a una temperatura sobre los 480°C, y el Aluminio sobre los 720°C. Las aleaciones de cobre no parecen tener realmente una temperatura crítica, pero la erosión aumenta lentamente con la temperatura.

*Grado de erosión*



**Composición del material fundido**

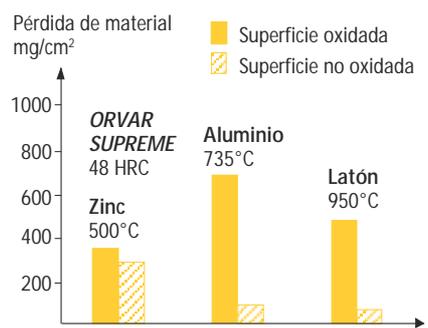
Las aleaciones de metal puro atacan al material del utillaje más rápidamente que las aleaciones comerciales. Ello es válido tanto para Zinc (Zn) como para Aluminio (Al). La corrosión del acero del molde aumenta también cuando el aluminio fundido contiene algo de hierro.

**Diseño del molde**

También el diseño del molde juega un papel importante en la corrosión. Si el metal fundido es inyectado a una velocidad demasiado alta, el lubricante sobre la superficie de la cavidad puede verse eliminado. Una velocidad demasiado alta es normalmente causa de un diseño incorrecto de los canales de entrada.

**Tratamiento de la superficie**

El tratamiento de la superficie del molde es de gran importancia. Si puede evitarse el contacto metálico entre el acero del molde y el metal fundido, el riesgo de erosión es mucho menor. Una fina capa de óxido sobre la superficie proporciona una buena protección. Las superficies nitruradas o nitrocarbadas así como otros recubrimientos, aportan también una cierta protección.



### Erosión creada por el material de inyección

La erosión es una forma de desgaste mecánico en caliente sobre la superficie del molde, causado principalmente por el metal fundido.

La erosión depende de la velocidad en que se inyecta el metal fundido en el molde, también de su temperatura y composición. Si la velocidad del metal supera los 55 m/s, aumentan substancialmente los daños por erosión.

Una alta temperatura afecta también la situación, puesto que la superficie del molde se reviene de nuevo fácilmente. Partículas duras como inclusiones y / o partículas duras precipitadas de silicio, en aluminio hipereutéctico, contienen más del 12,7% de silicio, incrementando todavía en mayor escala el riesgo de daños por erosión.



Erosión

Frecuentemente, una combinación de daños por erosión y corrosión aparecen en la superficie del molde. El tipo de daño que predomina depende principalmente de la velocidad a la que entra el material fundido en el molde. A alta velocidad predomina normalmente el daño por erosión. Es importante contar con una buena resistencia a la pérdida de dureza y un alto límite de elasticidad en caliente en el material del molde.

### FORMACION DE GRIETAS (ROTURA TOTAL)

La tenacidad del material del molde es la capacidad de resistir tensiones sin padecer roturas en entallas agudas o en otros creadores de tensiones.

La tenacidad de un molde depende del material de éste y de su tratamiento térmico. Debido a que las tensiones mecánicas y térmicas en un molde se encuentran repartidas en todas direcciones, la tenacidad del molde deberá considerarse también en todas direcciones – longitudinal, transversal y vertical.

Las calidades *DIEVAR*, *VIDAR SUPREME*, *ORVAR SUPREME* y *ORO 90 SUPREME* son fabricadas mediante una técnica de proceso especial que mejora la isotropía de las propiedades mecánicas.

El choque térmico es una rotura total debido a una sobrecarga térmica ocasional. Se trata de un fenómeno a macro-escala y es una de las causas más frecuentes de daños irreversibles en el molde.

### INDENTACION

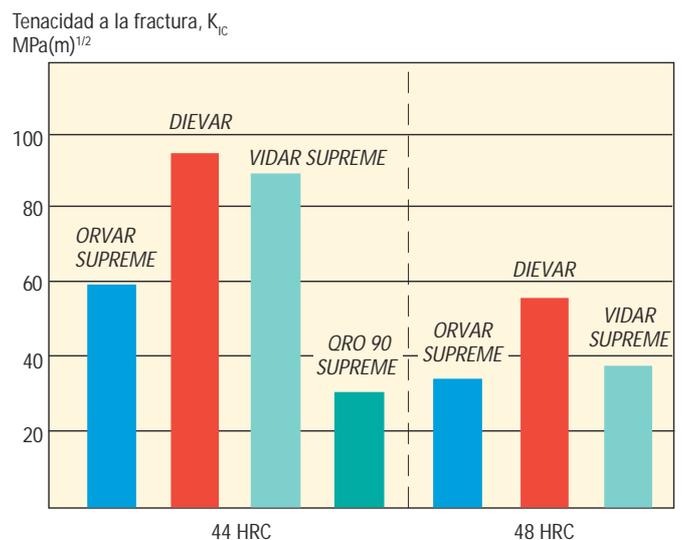
La indentación en las líneas de partición o el hundimiento del molde es debido normalmente a una dureza en caliente demasiado baja.

A temperaturas elevadas, la resistencia del acero y por tanto su dureza, se verá disminuida. Significa por tanto, que el riesgo de indentación en un molde de trabajo en caliente aumentará con la temperatura de trabajo del molde. Tanto la presión de cierre sobre las mitades del molde y la presión del metal de inyección son tan altas que se requiere una cierta resistencia a altas temperaturas. Ello es especialmente importante para fundición inyectada de Aluminio (Al), Magnesio (Mg) y Cobre (Cu).

### Tenacidad a la fractura de *DIEVAR*, *ORVAR SUPREME*, *VIDAR SUPREME* y *ORO 90 SUPREME*

La capacidad de un material de resistir tensiones sin que aparezcan roturas en una entalla aguda se denomina tenacidad a la fractura.

La tenacidad a la fractura de *DIEVAR*, *ORVAR SUPREME*, *VIDAR SUPREME* y *ORO 90 SUPREME* a distantes durezas es mostrada en la figura.



Tenacidad a la fractura a temperatura ambiente (centro, transversal corto).

## Economía del utillaje

La finalidad de conseguir una mejor economía del utillaje ha resultado en el desarrollo de «calidades supreme» (premium) de acero para moldes y matrices.

Puesto que el costo del utillaje representa tan solo un 10% del costo total de la pieza acabada de aluminio fundido, es obvio que el hecho de pagar algo más por un acero de calidad supreme redundará en una mayor vida útil del utillaje.

Los factores más decisivos que gobiernan la vida del utillaje son el material del molde, su tratamiento térmico y el control del proceso de inyección. El material de un molde de fundición inyectada representa del 5 al 15% del costo del molde, mientras que el costo del tratamiento térmico se encuentra entre el 5-10%. El gráfico – «El Iceberg de Costos» – muestra el costo del acero en relación con el costo total del utillaje.

A fin de asegurar una buena calidad de acero, durante los últimos 20 años se ha desarrollado una serie de especificaciones de material para moldes de fundición inyectada. La mayoría de estas especificaciones contienen requisitos sobre composición química, micro pureza, microestructura, bandeamiento, tamaño de grano, dureza, propiedades mecánicas y ausencia de poros (nivel de calidad).

Hoy en día, una de las especificaciones más avanzadas es la «Premium Quality H13 Steel Acceptance Criteria for Pressure Die Casting Dies N° 207-97» publicada por la «North American Die Casting Association» (NADCA).

Cualquier otro tipo de mejoras en la economía del utillaje deberá contar con especificaciones sobre tratamiento térmico del molde. El tratamiento térmico debe optimizarse para evitar excesivos cambios dimensionales o distorsión, al mismo tiempo que se consiga una combinación óptima de dureza y tenacidad. Los factores más críticos son la temperatura de temple y la velocidad de refrigeración durante el enfriamiento.

Precauciones como un correcto precalentamiento del molde así como una liberación de tensiones (estabilizado) ayudarán a obtener una mejor economía del utillaje.

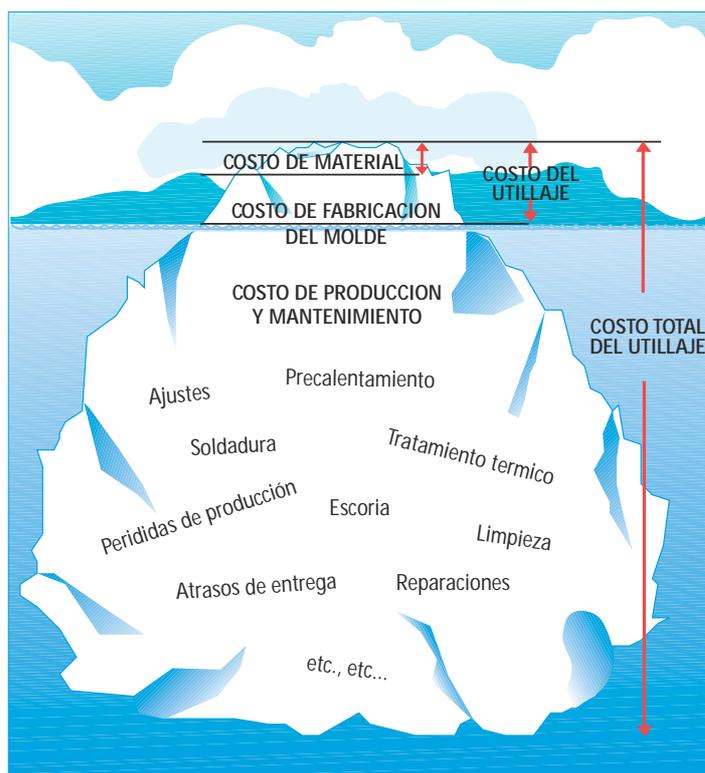
Los tratamientos de superficie son métodos que protegen la superficie del molde de la erosión/corrosión y fatiga térmica.

Nuevos métodos de soldadura han abierto campos para el mantenimiento y reparación mediante soldadura, ambos son caminos importantes que colaboran en incrementar la vida útil del molde.

Todos los que forman parte de la cadena – fabricante del acero, fabricantes de los moldes, tratamentistas y fundidores, – son conocedores de que puede existir grandes variaciones a nivel de calidad en cada etapa de este proceso.

Tan sólo pueden obtenerse los mejores resultados solicitando y estando dispuesto a pagar algo más por una calidad «premium» desde el primer momento.

### «El Iceberg de los Costos»



# Programa de productos

## Descripción general

<i>DIEVAR</i>	Acero premium aleado al Cr-Mo-V para trabajo en caliente, con gran resistencia a altas temperaturas y excelente templabilidad, tenacidad y ductilidad. Adecuado para moldes medianos y grandes de fundición inyectada de aluminio. En consonancia y excediendo los requisitos de la norma NADCA # 207-97.
<i>ORVAR SUPREME</i>	Acero premium aleado al Cr-Mo-V para trabajo en caliente (H13), con gran resistencia a la fatiga térmica. El acero se fabrica mediante unas técnicas especiales de fundido y refinado. En consonancia y excediendo los requisitos de la norma NADCA # 207-97.
<i>VIDAR SUPREME</i>	Acero premium aleado al Cr-Mo-V para trabajo en caliente (H11), con gran resistencia a las roturas.
<i>QRO 90 SUPREME</i>	Acero de alta calidad para trabajo en caliente con alto límite de elasticidad en caliente y buena resistencia al revenido. Especialmente adecuado para fundición de cobre y latón y para pequeños insertos y núcleos en fundición de aluminio.
<i>IMPAX SUPREME</i>	Acero pretemplado al Ni-Cr-Mo suministrado a 310 HB adecuado para fundición inyectada de Zinc, Plomo y Estaño. Utilizado también como placas soporte.
<i>HOLDAX</i>	Acero pretemplado que cuenta con buena mecanibilidad suministrado aprox. a 310 HB para placas de cierre y de sujeción.

## Análisis

Calidad Uddeholm	(W.-Nr.) AISI	Dureza HB	Análisis, %							Otros
			C	Si	Mn	S	Cr	Mo	V	
<i>DIEVAR</i>	–	~160	Acero para trabajo en caliente aleado al Cr-Mo-V							–
<i>ORVAR SUPREME</i>	(1.2344) Prem. H13	~180	0,39	1,0	0,4	máx 0,0030	5,2	1,4	0,9	–
<i>VIDAR SUPREME</i>	(1.2343) Prem. H11	~180	0,38	1,0	0,4	máx 0,0030	5,0	1,3	0,4	–
<i>QRO 90 SUPREME</i>	–	~180	0,38	0,3	0,8	máx 0,0030	2,6	2,3	0,9	Microaleado
<i>IMPAX SUPREME</i>	(1.2738) P20 mod.	~310	0,37	0,3	1,4	máx 0,010	2,0	0,2	–	Ni 1,0
<i>HOLDAX</i>	(1.2312) 4140 mod.	~310	0,40	0,4	1,5	0,07	1,9	0,2	–	–

## Comparaciones cualitativas

Calidad Uddeholm	Resistencia al revenido	Límite de elasticidad en caliente	Ductilidad	Tenacidad	Templabilidad
<i>DIEVAR</i>					
<i>ORVAR SUPREME</i>					
<i>VIDAR SUPREME</i>					
<i>QRO 90 SUPREME</i>					

Comparación cualitativa de propiedades críticas del acero para moldes.

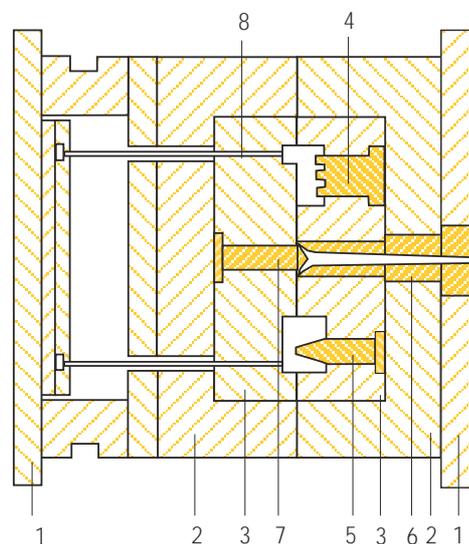
Calidad Uddeholm	Fatiga térmica	Grandes roturas	Erosión	Indentación
<i>DIEVAR</i>				
<i>ORVAR SUPREME</i>				
<i>VIDAR SUPREME</i>				
<i>QRO 90 SUPREME</i>				

Comparación cualitativa de resistencia a distintos mecanismos de fallo del molde (a mayor longitud de la barra mejor resistencia)

## Recomendaciones de Acero y Dureza

Parte del molde	Estaño/Plomo/Zinc	Aluminio/Magnesio	Cobre, Latón
<b>Placas de cierre</b> <b>Placas Bolster</b> (placas soporte)	<i>HOLDAX</i> (pretemplado) ~310 HB <i>IMPAX SUPREME</i> (pretemplado) ~310 HB	<i>HOLDAX</i> (pretemplado) ~310 HB <i>IMPAX SUPREME</i> (pretemplado) ~310 HB	<i>HOLDAX</i> (pretemplado) ~310 HB <i>IMPAX SUPREME</i> (pretemplado) ~310 HB
<b>Insertos</b>	<i>IMPAX SUPREME</i> ~310 HB <i>ORVAR SUPREME</i> 46-52 HRC	<i>DIEVAR</i> 44-50 HRC <i>ORVAR SUPREME/</i> <i>VIDAR SUPREME</i> 42-48 HRC	<i>QRO 90 SUPREME</i> 40-46 HRC <i>ORVAR SUPREME</i> 40-46 HRC
<b>Insertos fijos</b> <b>Núcleos</b>	<i>ORVAR SUPREME</i> 46-52 HRC	<i>DIEVAR</i> 46-50 HRC <i>ORVAR SUPREME</i> 44-48 HRC <i>QRO 90 SUPREME</i> 42-48 HRC	<i>QRO 90 SUPREME</i> 40-46 HRC
<b>Noyos</b>	<i>ORVAR SUPREME</i> 46-52 HRC	<i>QRO 90 SUPREME*</i> 44-48 HRC <i>QRO 90 HT*</i>	<i>QRO 90 SUPREME</i> 42-46 HRC <i>QRO 90 HT</i>
<b>Piezas difusoras</b>	<i>ORVAR SUPREME</i> 48-52 HRC	<i>ORVAR SUPREME</i> 46-48 HRC <i>QRO 90 SUPREME</i> 44-46 HRC	<i>QRO 90 SUPREME</i> 42-46 HRC
<b>Boquillas</b>	<i>STAVAX ESR</i> 40-44 HRC <i>ORVAR SUPREME</i> 35-44 HRC	<i>ORVAR SUPREME</i> 42-48 HRC <i>QRO 90 SUPREME</i> 42-46 HRC	<i>QRO 90 SUPREME</i> 40-44 HRC <i>ORVAR SUPREME</i> 42-48 HRC
<b>Expulsores</b>	<i>QRO 90 SUPREME</i> <i>ORVAR SUPREME</i> 46-50 HRC (nitruado)	<i>QRO 90 SUPREME</i> <i>ORVAR SUPREME</i> 46-50 HRC (nitruado)	<i>QRO 90 SUPREME</i> <i>ORVAR SUPREME</i> 46-50 HRC (nitruado)
<b>Embolo</b> <b>Boquilla inyectora</b>	<i>ORVAR SUPREME</i> 42-46 HRC (nitruado)	<i>ORVAR SUPREME</i> 42-48 HRC (nitruado) <i>QRO 90 SUPREME</i> 42-48 HRC (nitruado)	<i>QRO 90 SUPREME</i> 42-46 HRC (nitruado) <i>ORVAR SUPREME</i> 42-46 HRC (nitruado)

\* Se recomienda un tratamiento de superficie.



- 1 Placas de sujeción
- 2 Placas Bolster
- 3 Insertos cavidad
- 4 Insertos fijos
- 5 Núcleos
- 6 Boquilla
- 7 Difusor
- 8 Expulsor







