

# QRO<sup>®</sup> 90 SUPREME

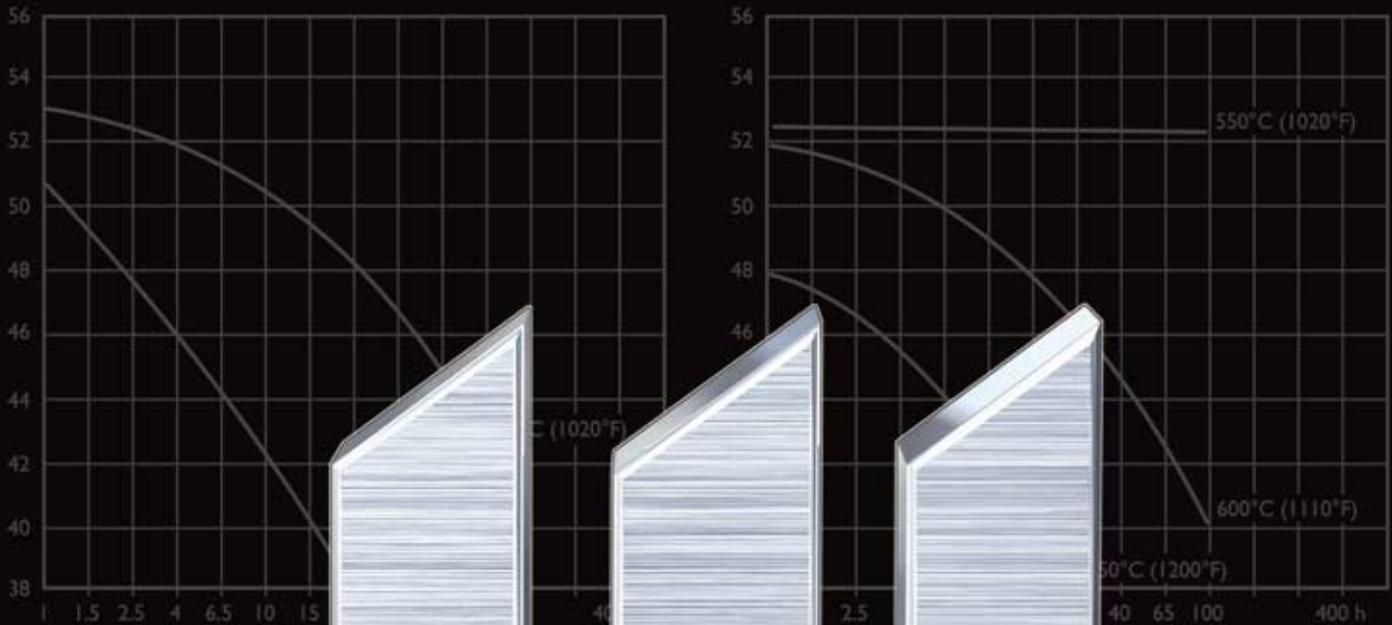
Acero para trabajo en caliente

COLD WORK

PLASTIC MOULDING

HOT WORK

HIGH PERFORMANCE STEEL



Typical analysis %	C 2,05	Mn 0,8	Cr 4,5	W 0,2
Standard specification	AISI D6, ( )	D3) (W.Nr. 1.2796)		
Delivery condition	Soft annealed	to approx. 200 HB		
Colour code	Red	our co		

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	7 700 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>	173 000 25,1 × 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

Los datos en este impreso están basados en nuestros conocimientos actuales, y tienen por objeto de dar una información general sobre nuestros productos y sus campos de aplicación. Por lo que no se debe considerar que sean una garantía de que los productos descritos tienen ciertas características o que sirven para objetivos especiales.

## Información general

*QRO 90 SUPREME* es un acero para herramientas con aleación cromo-molibdeno-vanadio para trabajo en caliente con alto nivel de prestaciones, el cual se caracteriza por:

- Excelente resistencia y dureza a altas temperaturas
- Buena resistencia al revenido
- Resistencia excepcional a la fatiga térmica
- Excelente conductividad térmica
- Buena tenacidad y ductilidad tanto en sentido longitudinal como transversal
- Mecanibilidad uniforme
- Buenas propiedades de tratamiento térmico.

Análisis típico %	C 0,38	Si 0,30	Mn 0,75	Cr 2,6	Mo 2,25	V 0,9
Especificación standard	El producto está protegido por patente mundial.					
Estado de suministro	Recocido blando a aprox. 180 HB					
Código de color	Naranja/marrón claro					

### MEJORA DE PRESTACIONES

*QRO 90 SUPREME* es un acero no standard de alta calidad para trabajo en caliente, especialmente desarrollado por Uddeholm para proporcionar prestaciones de primera clase en su empleo en utillajes para trabajo a alta temperatura.

El nombre «*SUPREME*» indica que el acero a través de sus métodos de fabricación especiales, incluyendo refundición eléctrica de escoria, adquiere una alta pureza y una estructura de grano muy fino. Esta condición junto con el especial equilibrio de los elementos de aleación en *QRO 90 SUPREME* garantizan un perfil de propiedades que es

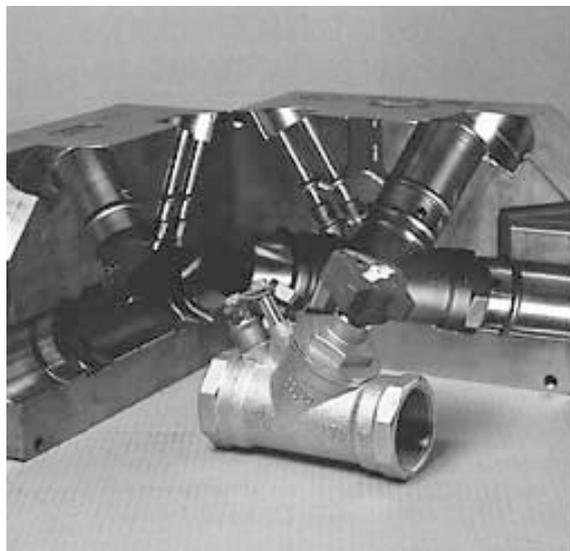


Foto: Bo Dahlgren

único entre el acero para trabajo en caliente. Especialmente la combinación de tenacidad y resistencia a alta temperatura de éste producto no tiene punto de comparación.

*QRO 90 SUPREME* ha proporcionado una mayor duración en la fundición inyectada, y en extrusión de metales no férricos, y también en la forja de acero.

## Aplicaciones

### MOLDES Y ACCESORIOS PARA FUNDICION INYECTADA

*QRO 90 SUPREME* supera normalmente otros tipos de acero standard para trabajo en caliente tanto en la fundición de aluminio, latón y cobre. La excelente resistencia a temperaturas elevadas impide la presencia de grietas térmicas y proporciona al molde una mayor duración.

Asimismo, la excelente conductividad térmica hace posible reducir el tiempo de trabajo aumentando la productividad.

*QRO 90 SUPREME* puede utilizarse para piezas en las que se requiera una mayor resistencia a las grietas térmicas, erosión, y bandeamientos.

Aplicaciones típicas son núcleos, insertos, moldes de tamaño pequeño y mediano, canales de alimentación, piezas móviles para fundición inyectada de aluminio, latón y cobre.

### MATRICES E UTILLAJES PARA EXTRUSION

Se recomienda *QRO 90 SUPREME* para extrusión de aluminio en las matrices en las que el tonelaje a extrusionar va a exceder la vida de una matriz confeccionada con un acero para herramientas standard, es decir:

- Matrices para perfiles sencillos con largas series de producción y en las que se requiera más de una matriz
- Matrices para perfiles complicados o con paredes finas
- Matrices perforadas
- Matrices para aleaciones de difícil extrusión.

Para componentes de herramientas de extrusión, por ejemplo camisas, anillos de presión, mandriles, contenedores, *QRO 90 SUPREME* incrementa la vida de la herramienta comparado con 1.2344 en aluminio y extrusión de acero.

En extrusión de cobre y latón *QRO 90 SUPREME* ha aumentado la vida de los utillajes en anillos de presión y portamoldes comparado con 1.2344. Mejoras similares han ocurrido en camisas de *QRO 90 SUPREME* para la extrusión de latón.

**UTILLAJES PARA FORJA**

QRO 90 SUPREME ha dado unos resultados excelentes en forjado a presión de acero, y latón particularmente en moldes de tamaño mediano y pequeño.

Esta calidad es también muy recomendable para forja progresiva, forja con gripaje, forja de extrusión, forja de compactación de polvo y todos los procesos en los que se utiliza agua a presión para enfriar.

# Propiedades

Todas las probetas han sido extraídas del centro de una barra de dimensiones 356 x 127 mm bar. Las probetas fueron templadas durante 30 minutos a 1030°C, refrigeradas al aire y revenidas 2 x 2 horas a 645°C. La dureza obtenida fue de 45 ±1 HRC.

**DATOS FISICOS**

Templado y revenido a 45 HRC.

Datos a la temperatura ambiente y a temperatura elevada.

Temperatura	20°C	400°C	800°C
Densidad kg/m <sup>3</sup>	7 800	7 700	7 600
Módulo de elasticidad en N/mm <sup>2</sup>	210 000	180 000	140 000
Coefficiente de dilatación térmica por °C desde 20°C	-	12,6 x 10 <sup>-6</sup>	13,2 x 10 <sup>-6</sup>
Conductibilidad térmica W/m °C	-	33	33

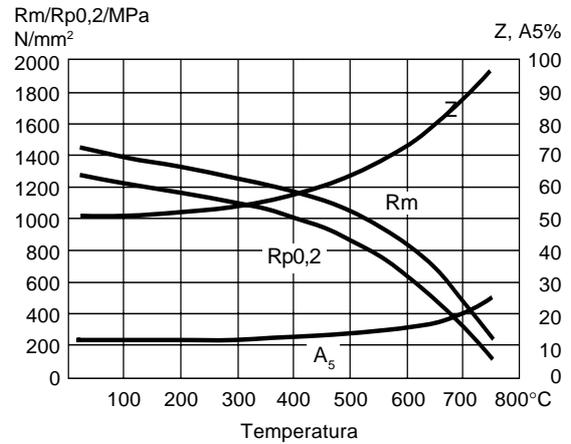
**PROPIEDADES MECANICAS**

Resistencia aproximada a la tracción a temperatura ambiente.

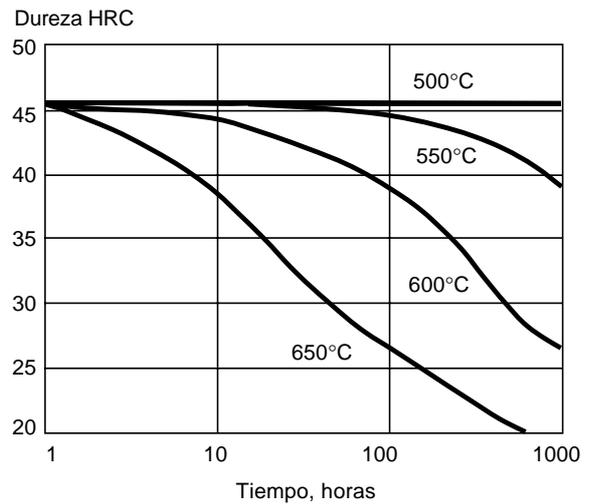
Dureza	48 HRC	45 HRC	40 HRC
Resistencia a la tracción R <sub>m</sub>	1620 N/mm <sup>2</sup> 165 kp/mm <sup>2</sup>	1470 N/mm <sup>2</sup> 150 kp/mm <sup>2</sup>	1250 N/mm <sup>2</sup> 128 kp/mm <sup>2</sup>
Limite aparente de elasticidad Rp0,2	1400 N/mm <sup>2</sup> 143 kp/mm <sup>2</sup>	1270 N/mm <sup>2</sup> 130 kp/mm <sup>2</sup>	1100 N/mm <sup>2</sup> 112 kp/mm <sup>2</sup>

Resistencia aproximada a temperaturas elevadas

Sentido longitudinal.

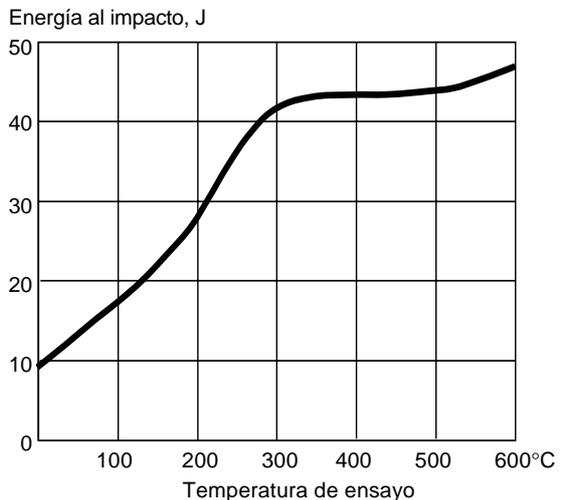


Efecto del tiempo sobre la dureza a altas temperaturas.



Efecto de la temperatura de ensayo sobre la energía al impacto.

Probetas Charpy V, sentido transversal corto.



# Tratamiento térmico – recomendaciones generales

## RECOCIDO BLANDO

Proteger el acero y calentarlo a 820°C. Dejar que se enfríe en el horno a razón de 10°C por hora 650°C, luego libremente al aire.

## RECOCIDO PARA ELIMINAR LAS TENSIONES – ESTABILIZADO

Después del desbastado, el utillaje deberá calentarse a 650°C, tiempo de retención dos horas. Enfriamiento lento hasta 500°C, luego libre al aire.

## TEMPLE

Temperatura de precalentamiento: 600–850°C normalmente en dos etapas.

Temperatura de austenización: 1020–1050°C, normal 1020°C.

Temperatura °C	Tiempo de retención* min.	Dureza antes del revenido
1020	30	51±2 HRC
1050	15	52±2 HRC

\*Tiempo de retención = tiempo a la temperatura de temple después de que el utillaje se haya calentado totalmente.

Proteger el utillaje contra la decarburación y la oxidación durante el temple.

## MEDIOS PARA EL ENFRIAMIENTO

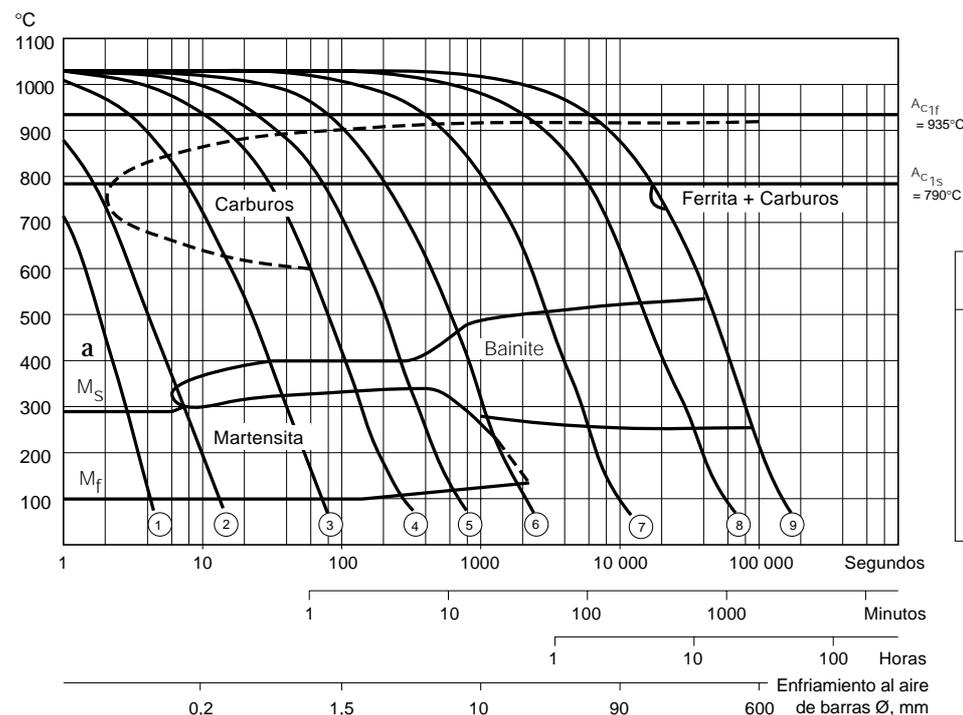
- Gas o aire circulante
- Vacío (gas circulante con suficiente presión)
- Baño de escalonado martensítico o lecho fluidizado a 550°C
- Baño de escalonado martensítico o lecho fluidizado a 180–220°C
- Aceite caliente.

Nota 1: Revenir el utillaje inmediatamente que la temperatura haya descendido a 50–70°C.

Nota 2: Para que el utillaje alcance propiedades óptimas, el enfriamiento deberá efectuarse rápidamente.

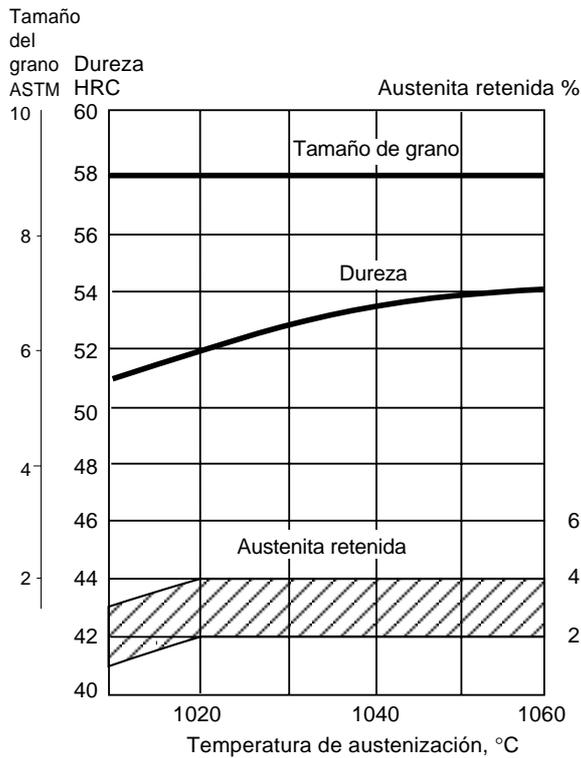
## Gráfico CCT

Temperatura de austenización 1020°C, tiempo de mantenimiento 30 minutos.



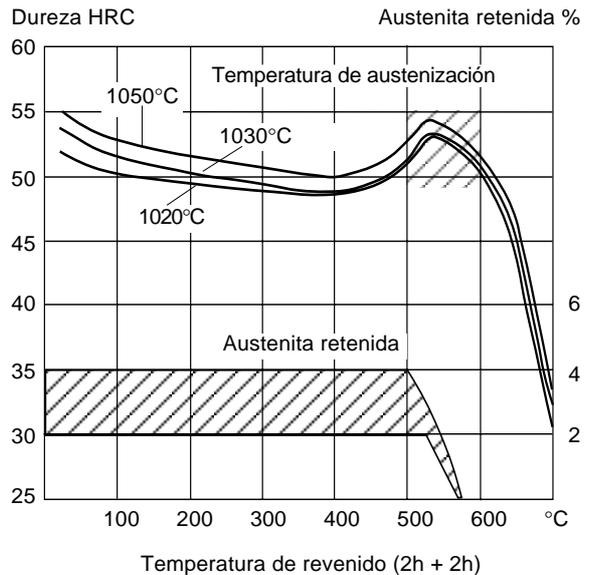
Curva No.	Dureza HV10	T <sub>800-500</sub> (seg)
1	634	1
2	625	3
3	620	16
4	592	55
5	554	138
6	498	415
7	425	2038
8	421	11063
9	417	29182

*Dureza, tamaño de grano y austenita retenida en función de la temperatura de austenización.*



*Diagrama de revenido*

Enfriamiento al aire de probetas de 25 x 25 x 25 mm. Las secciones mayores, que contienen bainita después del temple, se caracterizan por una baja dureza inicial y un desplazamiento del punto máximo de segundo revenido a altas temperaturas. Durante el sobre revenido, las curvas sin embargo son prácticamente idénticas alrededor de 45 HRC y inferiores, independientemente del tamaño de la sección.



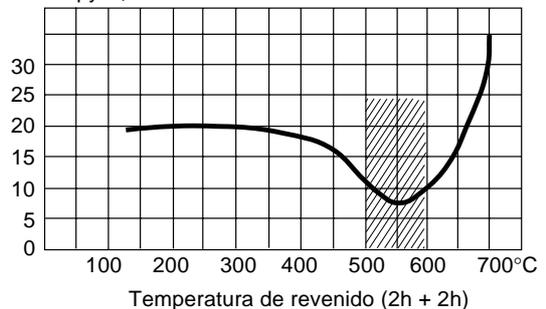
**REVENIDO**

Elegir la temperatura de revenido después de la dureza deseada empleando como guía el diagrama de revenido. Revenir dos veces con un enfriamiento intermedio a la temperatura ambiente. Temperatura de revenido más baja 600°C. Tiempo de retención a la temperatura, por lo menos dos horas. Para evitar «fragilidad de revenido» no revenir entre 500–600°C, ver gráfico.

*Resistencia al choque, aproximada, en todas direcciones a diferentes temperaturas de revenido.*

Probetas longitudinales tratadas térmicamente después del mecanizado.

Resistencia al Impacto – Charpy V, Joule



No se recomienda normalmente el revenido entre 500–600°C debido a la reducción de tenacidad.



### CAMBIOS DIMENSIONALES DURANTE EL TEMPLE Y REVENIDO

Durante el temple y revenido el molde se expone a tensiones térmicas y de transformación. Ello inevitablemente resultará en cambios dimensionales, y en el peor de los casos en distorsión. Es por tanto recomendable dejar siempre una tolerancia de mecanizado después de realizar éste antes de templar y revenir el molde. Normalmente el tamaño en la dirección más larga va a econgerse y el tamaño de la dirección más pequeña puede aumentar, pero ello es algo que tiene que ver con las dimensiones del molde, el diseño y en el tipo de enfriamiento después del revenido.

Para *QRO 90 SUPREME* se recomienda dejar una tolerancia del 0,3 % de la dimensión de largo, ancho y espesor.

### NITRURACION Y NITROCARBURACION

La nitruración y la nitrocarburation produce una capa superficial dura que es muy resistente al desgaste y a la erosión. La capa de nitruración, sin embargo, es frágil y puede agrietarse o escamarse cuando está expuesta a choques mecánicos o térmicos. Este riesgo se incrementa al aumentar el espesor de la capa. Antes de la nitruración la herramienta debe templarse y revenirse a una temperatura que debe estar por lo menos 50°C por encima de la temperatura de nitruración.

La nitruración en gas amoníaco a 510°C o la nitruración en plasma a 480°C en una mezcla del 75% de gas hidrógeno y del 25% de gas nitrógeno, da en ambos casos una dureza superficial de aprox. 1000 HV<sub>0,2</sub>. Por lo general se prefiere la nitruración en plasma, ya que este método proporciona mejor control del potencial de nitrógeno. Especialmente permite evitar la formación de la llamada capa blanca, que no resulta adecuada para trabajo en caliente.



Boquillas en *QRO 90 SUPREME*.

No obstante, la nitruración de gas puede proporcionar resultados totalmente aceptables.

*QRO 90 SUPREME* puede también nitrocarburar-se tanto en gas como en baño de sales. Se obtiene una dureza en la superficie de 800–900 HV<sub>0,2</sub>.

### PROFUNDIDAD DE NITRURADO

Proceso	Tiempo horas	Profundidad mm
Nitruración gaseosa a 510°C	10 h	0,16
	30 h	0,27
Nitruración por plasma a 480°C	10h	0,18
	30 h	0,27
Nitrocarburation – en gas a 580°C – en baño de sales a 580°C	2,5 h	0,20
	1 h	0,13

No se recomienda una nitruración a una profundidad de >0,3 mm para los componentes destinados al trabajo en caliente. Tener en cuenta que *QRO 90 SUPREME* tiene mejores propiedades de nitruración que 1.2344. Por esta razón el tiempo de nitruración se acorta para *QRO 90 SUPREME* en comparación con 1.2344, ya que de no ser así se corre el riesgo de que la superficie de nitruración sea demasiado grande.

*QRO 90 SUPREME* puede nitrurarse en estado de recocido blando. Sin embargo en este caso la dureza y la profundidad de nitruración quedan algo reducidas.



Noyos en *QRO 90 HT (QRO 90 SUPREME pretemplado)*.

# Mecanizado

Los datos de corte mostrados a continuación deben ser considerados como guía debiendo ser adaptados a las condiciones específicas existentes.

## TORNEADO

Parámetros de corte	Torneado con metal duro		Torneado con acero rápido
	Torneado de desbaste	Torneado fino	Torneado fino
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min	140–190	190–240	30
Avance (f) mm/r	0,3–0,6	–0,30	–0,30
Profundidad de corte ( $a_p$ ) mm	2–6	–2	–2
Mecanizado grupo ISO	P20–P30 Carburo revestido	P10–20 Carburo revestido o cermet	—

## FRESADO

### Fresado frontal y axial

Parámetros de corte	Fresado con metal duro		Fresado con de acero rápido
	Fresado de desbaste	Fresado en fino	Fresado en fino
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min	160–210	210–280	35
Avance ( $f_z$ ) mm/diente	0,2–0,4	0,1–0,2	0,1
Profundidad de corte ( $a_p$ ) mm	2–5	–2	–2
Mecanizado grupo ISO	P20–P40 Carburo revestido	P10–P20 Carburo revestido o cermet	—

### Fresado de acabado

Parámetros de corte	Tipo de fresa		
	Metal duro integral	Metal duro insertado	Herramientas de acero rápido
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min	70	130–180	35 <sup>1)</sup>
Avance ( $f_z$ ) mm/diente	0,03–0,20 <sup>2)</sup>	0,08–0,20 <sup>2)</sup>	0,05–0,35 <sup>2)</sup>
Mecanizado grupo ISO	K10, P40	P20–P30	—

<sup>1)</sup> Para fresas de acero rápido recubiertos  $v_c \approx 45$  m/min.

<sup>2)</sup> Dependiendo del tipo de fresado y diámetro de corte.

## TALADRADO

### Taladrado con brocas de acero rápido

Diámetro del taladro mm	Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min	Avance (f) mm/r
–5	17*	0,08–0,20
5–10	17*	0,12–0,30
10–15	17*	0,30–0,35
15–20	17*	0,35–0,40

\* Para brocas de acero rápido recubiertos  $v_c \sim 24$  m/min.

### Taladrado con brocas de metal duro

Parámetros de corte	Tipo de taladro		
	Taladro para insertos	Taladro monobloc	Taladro con canales de refrigeración <sup>1)</sup>
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min	180–250	80	60
Avance (f) mm/r	0,05–0,25 <sup>2)</sup>	0,10–0,25 <sup>2)</sup>	0,15–0,25 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Brocas con canales de refrigeración interna y plaqueta de metal duro.

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

## RECTIFICADO

A continuación damos unas recomendaciones generales sobre muelas de rectificado, pueden obtener más información en el catálogo de Uddeholm «Rectificado de Acero para Herramientas».

Tipo de rectificado	Muelas recomendadas	
	Estado de recocido blando	Estado templado
Rectificado frontal	A 46 HV	A 46 GV
Rectificado frontal por segmentos	A 24 GV	A 36 GV
Rectificado cilíndrico	A 46 LV	A 60 JV
Rectificado interno	A 46 JV	A 60 IV
Rectificado del perfil	A 100 LV	A 120 JV

## Mecanizado por electroerosión

Si la mecanización por electroerosión se realiza en las herramientas en estado templado y revenido, deberá efectuarse una operación de revenido extra a una temperatura de aproximadamente 25°C por debajo de la temperatura de revenido anterior.

## Soldadura

Se pueden obtener buenos resultados al soldar un acero para herramientas si se toman las precauciones necesarias durante la operación de soldadura (temperatura de trabajo elevada, preparación de la junta, elección de los consumibles y buen procedimiento de soldadura). Si la herramienta debe ser pulida o fotograbada debe utilizarse un electrodo que tenga la misma composición.

Método de soldadura	TIG	MMA
Temperatura de trabajo	325–375°C	325–375°C
Material de soldadura	QRO 90 TIG-WELD	QRO 90 WELD
Dureza después de soldadura	50–55 HRC	50–55 HRC
<b>Tratamiento térmico después de soldadura</b>		
Templado	Revenir a 10–20°C por debajo de la temperatura original de revenido.	
Recocido blando	Recocer el material a 820°C en atmósfera protegida. Enfriar en horno a 10°C por hora hasta 650°C. Luego libremente al aire.	

Puede obtenerse información más detallada en el folleto de Uddeholm «Soldadura de acero para herramientas».



## Cromado duro

Después del cromado las piezas deberán revenirse a 180°C durante cuatro horas para que se evite el riesgo de fragilidad debida al nitrógeno.

## Información adicional

Sírvanse ponerse en contacto con la oficina de Uddeholm más cercana para obtener una información más detallada sobre la elección de material, tratamiento térmico, aplicaciones y entregas.



Bloques para pruebas en QRO 90 SUPREME.