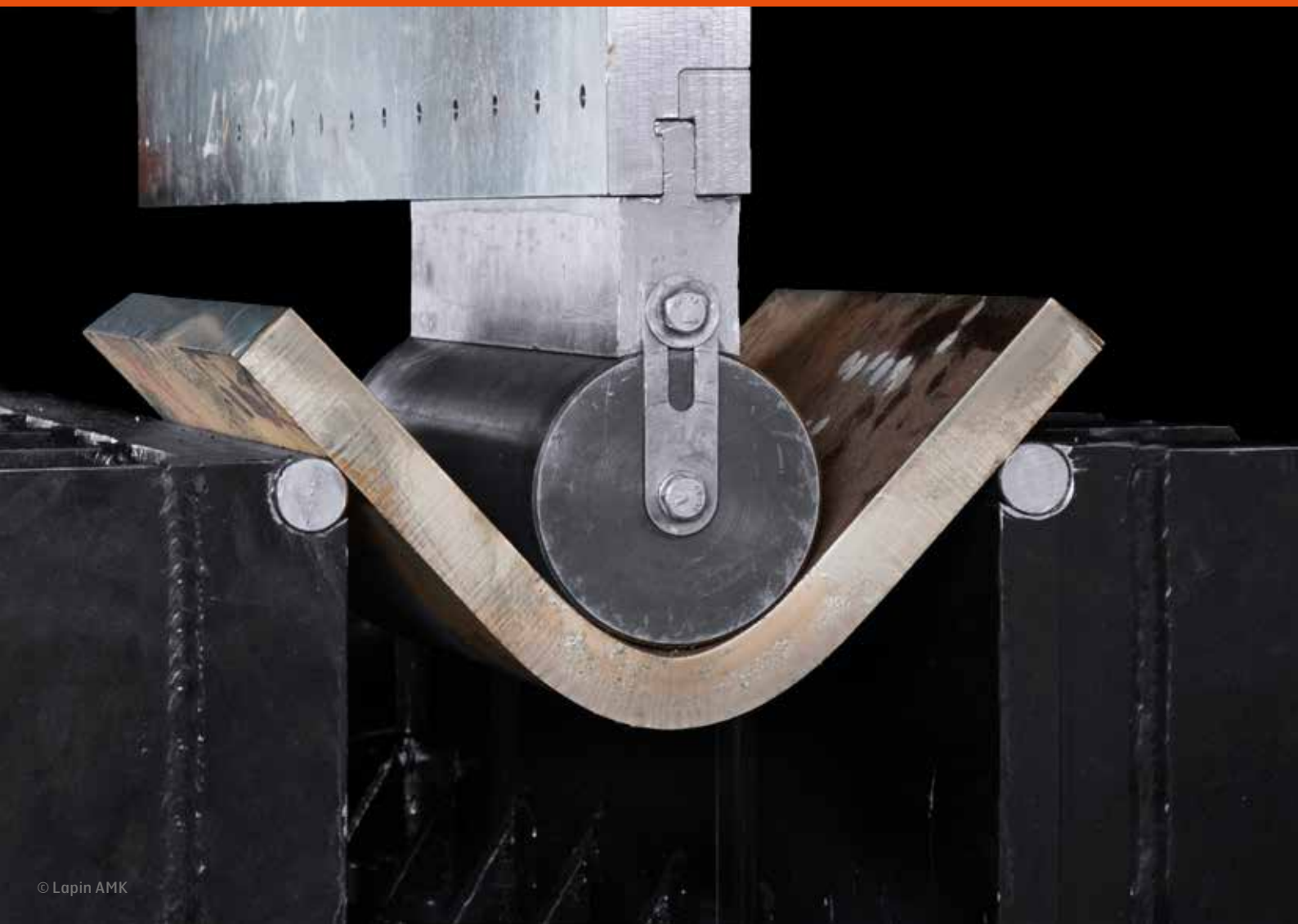


PLEGADO Y MECANIZADO



CUBRIMOS SUS NECESIDADES DE DESGASTE

El acero resistente a la abrasión, Raex, está diseñado para estructuras de acero expuestas a desgaste abrasivo. Las propiedades de resistencia al desgaste de Raex alargan significativamente la vida útil de los equipos, con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero.

Raex amplía la vida útil de las estructuras de acero gracias a la reducción del peso en comparación con el acero de carbono blando. La ligereza de los componentes aumenta la capacidad de carga, lo que ahorra combustible y reduce las emisiones al necesitar menos camiones en servicio.

INTRODUCCIÓN

Raex se produce con materias primas cuidadosamente seleccionadas en un proceso integral bien controlado de laminación del acero. El resultado, una calidad constante y excelentes cualidades de dureza, flexibilidad, calidad de la superficie y planicidad. Los aceros Raex están disponibles como chapas pesadas con longitudes cortadas a medida, con un intervalo de dureza de 300 – 500 HB. Raex facilita el trabajo en el taller gracias a sus buenas propiedades para el corte, la soldadura y el doblado. Además, aumenta la vida útil de la maquinaria y permite diseñar nuevos productos ligeros que mejoran el consumo energético.

El folleto describe los principios de doblado libre y «bottoming» (doblado tocando el fondo) y ofrece recomendaciones prácticas para el doblado de Raex. Normalmente la fuerza de doblado y el nivel de retorno elástico aumentan a medida que aumenta la resistencia del acero. Para aprovechar las ventajas de la buena plegabilidad

de Raex, deben seguirse buenas prácticas de trabajo en el taller. Unas herramientas gastadas, una lubricación deficiente, daños en la superficie, rebabas en los bordes de corte, etc., pueden perjudicar la calidad de plegado. Las chapas almacenadas en un lugar frío deben dejarse calentar hasta alcanzar la temperatura ambiente antes del conformado en frío.

Además de las instrucciones de doblado, el folleto recopila información y recomendaciones sobre el mecanizado de Raex, incluyendo los siguientes métodos:

- taladrado
- roscado
- serrado
- fresado y torneado.



MÉTODOS DE DOBLADO

La chapa se dobla hasta el ángulo designado, o el radio de doblado libre, en una prensa para doblar entre el punzón y el troquel.

En doblado libre, la chapa se apoya en los bordes superiores de la separación del troquel durante toda la duración del pase. El radio de doblado deseado se obtiene ajustando la longitud del impacto (Figura 1). La separación del troquel se puede ajustar.

En el «bottoming» (doblado tocando el fondo), la longitud de la carrera es suficiente para que el punzón presione totalmente la placa contra el troquel. Se forma un borde correspondiente al punzón y el troquel en la chapa (Figura 1). La separación del troquel (ranura en V) es fija y no se puede ajustar la anchura.

PREPARACIÓN ANTES DEL DOBLADO

- La temperatura de la chapa debe ser como mínimo de +20 °C.
- Antes de las operaciones de doblado se recomienda guardar un día las chapas en un lugar frío y bajo resguardo.
- Si es necesario, se debe calentar con una llama la zona que se va a doblar.
- El precalentamiento entre +100 y +200 °C reduce la fuerza necesaria de doblado y mejora la capacidad de doblado en general.
- Identifique la dirección de laminado de la chapa.
- Deben eliminarse los posibles defectos superficiales de la cara lateral de tensión de la chapa.
- Elimine los defectos mediante mecanizado del borde de corte de una chapa con corte por calor o mecánico, al menos en la zona que se va a doblar.

FIGURA 1. MÉTODOS Y HERRAMIENTAS DE PLEGADO.

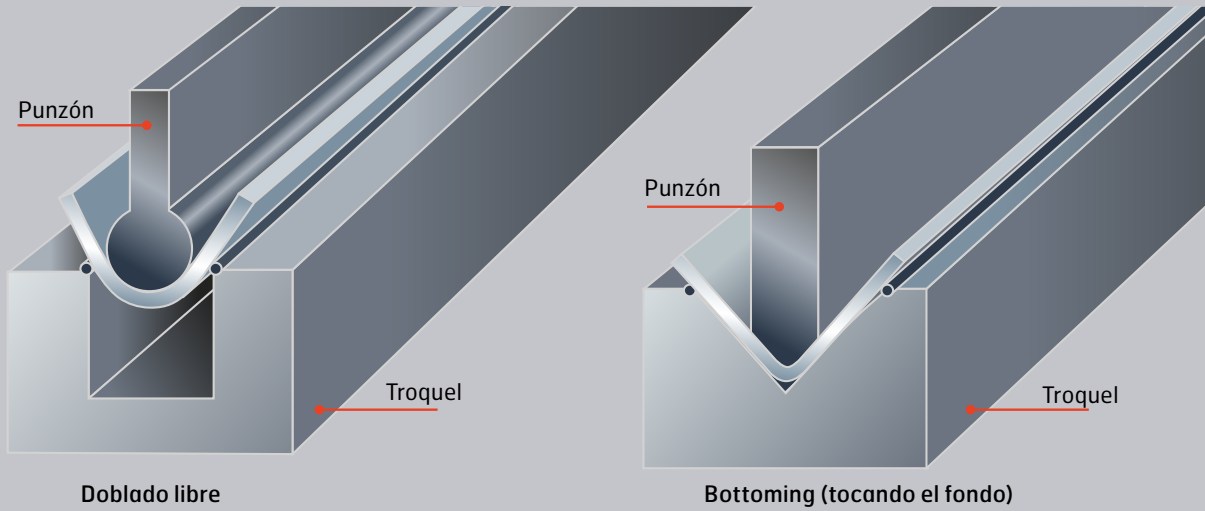
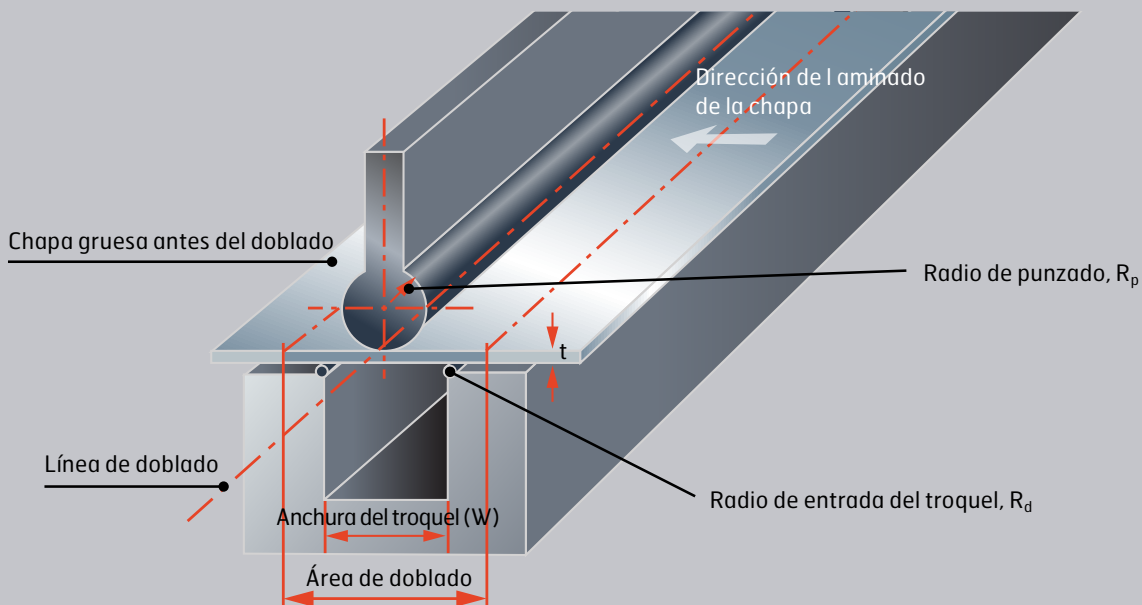


FIGURA 2. SE RECOMIENDA UN DOBLADO TRANSVERSAL A LA DIRECCIÓN DEL LAMINADO.





INSTRUCCIONES DE DOBLADO

- Durante el doblado se deben seguir las instrucciones de seguridad.
- La necesidad de fuerza de doblado, el efecto de recuperación elástica y el radio admitido de doblado aumentan a medida que aumenta la resistencia del acero.
- Se debe usar el mayor radio de doblado posible.
- El rebordecado se debe realizar en un único pase.
- Para optimizar los resultados del trabajo en taller, combine datos teóricos y empíricos.
- Los valores de doblado se definen sobre la base del doblado de prueba, teniendo en cuenta el grado de recuperación elástica.
- El efecto de recuperación elástica de Raex 400 es 8° – 25° y el de Raex 500 15° – 35°, dependiendo de los parámetros de las herramientas de doblado. Los troqueles con separaciones más anchas dan lugar a una recuperación elástica mayor.
- Se recomienda realizar siempre ensayos de prueba.

INSTRUCCIONES DE DOBLADO PARA EL TALLER

En la práctica del doblado o el rebordecado, el diámetro del punzón se define según la calidad del acero, el grosor de la chapa y el radio de doblado. La Tabla 1 presenta el diámetro del punzón (D), el grosor de chapa (t) y el radio interno de doblado (R) para Raex 400, Raex 450 y Raex 500.

FUERZA DE DOBLADO

La fuerza de doblado (P, en toneladas) necesaria al doblar chapas de acero se puede estimar mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{b \cdot t^2 \cdot R_m}{(W - R_d - R_p) \cdot 9800}$$

P = Fuerza de doblado, toneladas

t = Grosor de chapa, mm

W = Anchura del troquel, mm (figura 2)

b = Longitud de doblado, mm

R_m = Carga de rotura, MPa (tabla 2)

R_d = Radio de entrada del troquel, mm (figura 2)

R_p = Radio de punzado, mm

TABLA 1. ACEROS RAEX RESISTENTES A LA ABRASIÓN. INSTRUCCIONES DE DOBLADO PARA EL TALLER.
Selección del diámetro mínimo admisible del punzón para Raex según el grosor de chapa y el radio de doblado

Punzón diámetro D (mm)	Doblado radio R (mm)	Raex 400		Raex 450		Raex 500	
		Grosor de chapa t (mm) que se va a doblar transversalmente ¹⁾	Grosor de chapa t (mm) que se va a doblar longitudinalmente ¹⁾	Grosor de chapa t (mm) que se va a doblar transversalmente ¹⁾	Grosor de chapa t (mm) que se va a doblar transversalmente ¹⁾	Grosor de chapa t (mm) que se va a doblar transversalmente ¹⁾	Grosor de chapa t (mm) que se va a doblar longitudinalmente ¹⁾
12	6	2					
16	8		2				
18	9	3					
24	12	4	3	3			
30	15	5			3	3	
36	18	6	4	4			3
40	20		5	5	4	4	
50	25	8	6	6			4
56	28	9	7	7	5	5	
60	30	10					5
72	36	12	8	8	7	7	6
80	40	13	10	10			
100	50	16	12	12		10	8
110	55	18			10		
120	60	20	15	15			10
140	70				14	14	
170	85		20	20			14
200	100				20	20	
240	120						20

¹⁾Dirección de doblado vs. Dirección de laminación de la chapa.

Al doblar en la ranura en V (90°), el ratio recomendado del ancho del troquel y el grosor es W/t ≈ 15.

La tensión de rotura típica de los aceros Raex se indica en la tabla 2.

TABLA 2. ACEROS RAEX RESISTENTES A LA ABRASIÓN. TENSIÓN DE ROTURA TÍPICA Y VALORES DE DUREZA.

Calidad Raex	Tensión de rotura R _m (MPa)	Dureza (HBW)
Raex 300	1000	300
Raex 400	1250	400
Raex 450	1450	450
Raex 500	1600	500

El contenido de este folleto es únicamente un resumen de las recomendaciones generales. SSAB AB no asume ninguna responsabilidad por la idoneidad para una aplicación específica. Por tanto, el usuario será responsable de realizar las adaptaciones necesarias a las condiciones en cada caso concreto.



RADIO MÍNIMO DE DOBLADO

La Tabla 3 indica los radios mínimos de doblado de los aceros Raex resistentes a la abrasión. En la práctica de los trabajos de ingeniería de doblado o rebordado, se recomienda usar los radios interiores de doblado, que son mayores que los radios mínimos admisibles de doblado. Además de la chapa de acero, la calidad del doblado depende de las herramientas de doblado y la ejecución del trabajo. Un doblado correcto requiere que el procesador de los productos de acero disponga de una buena tecnología. Las herramientas desgastadas, una lubricación insuficiente, arañazos en la superficie del acero y las rebabas ponen en peligro la calidad del procesamiento de conformado en frío.

TABLA 3. ACEROS RAEX RESISTENTES A LA ABRASIÓN. RADIO MÍNIMO DE DOBLADO R, ÁNGULO DE DOBLADO ≤ 90 .

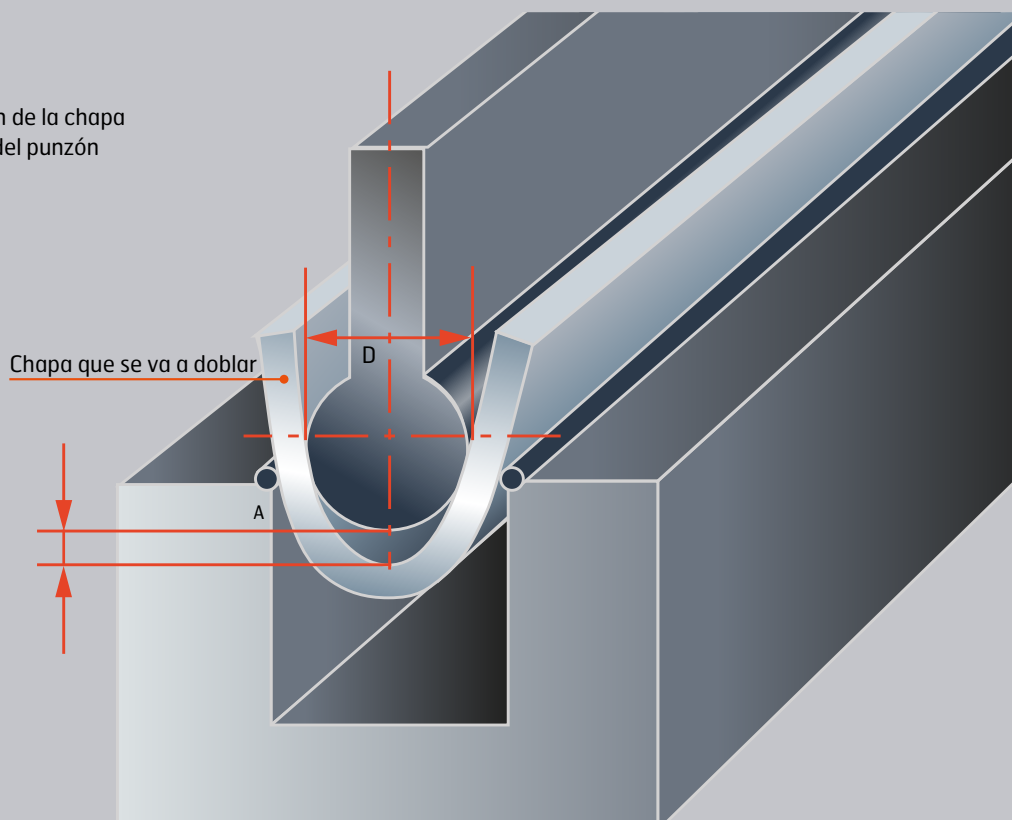
Calidad Raex	Forma del producto	Grosor (mm)	Mínimo R/t transversal	Mínimo R/t longitudinal	Anchura abertura del troquel Mínimo W/t
Raex 300	Chapa	2-8	3	3	12
Raex 400	Chapa	2-8	3	4	12
	Chapa gruesa	6-20	3	4	14
Raex 450	Chapa	2,5-8	3	4	12
	Chapa gruesa	6-20	4	5	14
Raex 500	Chapa	3-6,5	3,5	4	14
	Chapa gruesa	6-20	5	6	14

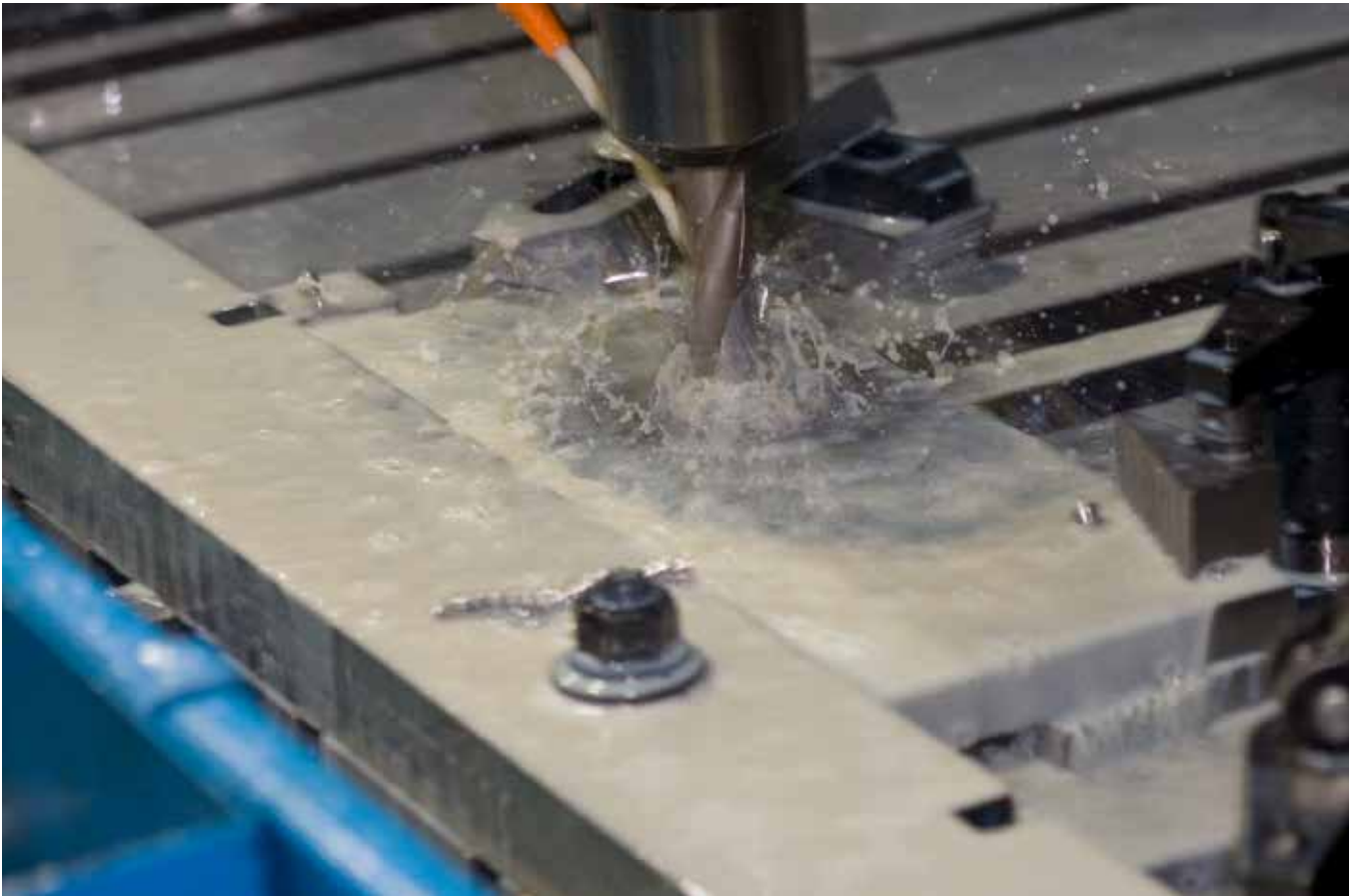
SEPARACIÓN DE LA CHAPA QUE SE VA A DOBLAR

La Figura 3 muestra la separación (A) de la chapa que se va a doblar desde el círculo del diámetro del punzón (D). La separación es un factor bien conocido para los trabajos de ingeniería que emplean aceros de alta resistencia. Normalmente, la precisión del ángulo de doblado final es más importante que el radio de la pieza de trabajo de punzón. Si también se desea un radio exacto de doblado, debe realizarse una prueba de doblado primero. Como resultado del doblado de prueba, se elige un radio de punzón que produce el ángulo final de doblado que coincide con el deseado. En la práctica, el radio del punzón es ligeramente superior que el radio de doblado indicativo del acero.

FIGURA 3. SEPARACIÓN DE LA CHAPA QUE SE VA A DOBLAR.

A = Separación de la chapa
D = Diámetro del punzón





MAQUINABILIDAD

INSTRUCCIONES GENERALES PARA EL MECANIZADO:

- La máquina debe ser rígida y estar estable.
- Fije la pieza de trabajo lo más rígidamente y cerca posible de la zona que se desea cortar.
- Evite los portaherramientas largos y los husillos en voladizo.
- No se permiten vibraciones perjudiciales durante ninguna fase del mecanizado.
- Se debe prestar especial atención al comenzar una operación de corte.
- Elimine los bordes irregulares mediante el mecanizado de las chapas cortadas por calor en la zona en la que se va a realizar el primer corte.
- Use una velocidad de avance y profundidad de corte suficientes.
- Asegure un suministro abundante de fluido de corte.
- Reduzca la velocidad de corte en caso de corte seco.
- Si mecaniza aceros resistentes a la abrasión de forma frecuente, utilice herramientas de metal duro conforme a las fichas de datos de los fabricantes.

TALADRADO

Los parámetros recomendados de taladrado para brocas de acero de alta velocidad (HSS) sin alear y brocas HSS al cobalto se indican en las tablas 4, 5 y 6. Además, la tabla 6 recoge parámetros recomendados de taladrado para la calidad del acero Raex 500 con brocas de metal duro. Raex 400 y Raex 450 se pueden perforar con brocas HSS. Para el taladrado de Raex 500 se recomiendan brocas de metal duro.

INSTRUCCIONES GENERALES PARA EL TALADRADO:

- La máquina de taladrado debe ser rígida y estable para minimizar las vibraciones.
- Fije la pieza de trabajo de forma segura y cercana a la zona que se desea mecanizar.
- Se recomiendan brocas de orificio corto.
- La vida útil de la herramienta de taladrado se puede alargar reduciendo la velocidad de avance.
- Asegure un suministro abundante de fluido de corte.

TABLA 4. RAEX 400 PARÁMETROS RECOMENDADOS DE TALADRADO.

	Diámetro de la broca (mm)	Velocidad de avance (mm/rev)	Velocidad de avance (mm/minuto)	Velocidad de corte (m/minuto)	Velocidad de rotación (rpm)
Broca HSS sin revestimiento	5	0,10	60–80	9–12	600–800
	15	0,20	40–50	9–12	200–250
	25	0,25	30–40	9–12	110–150
Broca HSS al cobalto sin revestimiento	5	0,10	70–100	12–15	800–950
	15	0,20	50–70	12–15	250–320
	25	0,20	25–30	9–12	110–150

TABLA 5. RAEX 450 PARÁMETROS RECOMENDADOS DE TALADRADO.

	Diámetro de la broca (mm)	Velocidad de avance (mm/rev)	Velocidad de avance (mm/minuto)	Velocidad de corte (m/minuto)	Velocidad de rotación (rpm)
Broca HSS sin revestimiento	5	0,08	40–50	8–10	500–650
	15	0,20	35–45	8–10	170–210
	25	0,25	25–35	8–10	100–130
Broca HSS al cobalto sin revestimiento	5	0,10	60–75	8–10	600–750
	15	0,20	35–45	8–10	170–210
	25	0,20	15–20	6–8	75–100

TABLA 6. RAEX 500 PARÁMETROS RECOMENDADOS DE TALADRADO.

	Diámetro de la broca (mm)	Velocidad de avance (mm/rev)	Velocidad de avance (mm/minuto)	Velocidad de corte (m/minuto)	Velocidad de rotación (rpm)
Broca HSS sin revestimiento	5	0,10	25	4	250
	15	0,15	15	4	85
	25	0,15	8	4	50
Broca HSS al cobalto sin revestimiento	5	0,10	25–35	4–6	250–380
	15	0,15	15–20	4–6	80–130
Broca maciza de metal duro	16	0,15	120	40	800



ROSCADO DE MÁQUINA

Para el roscado se recomiendan roscas HSS-E microaleadas o aleadas al cobalto con cuatro bordes de corte. Para obtener los mejores resultados, usar aceite o pasta de corte. Cuando la resistencia de la junta no es fundamental, se recomienda usar orificios de rosca un 3–5 % mayores que los valores estándar. Un diámetro de orificio más grande aumentará considerablemente la vida útil de la herramienta. Durante el pase de roscado, se debe asegurar que se pueden eliminar sin obstáculos las virutas sin dar la vuelta a la herramienta ni alternar el sentido de giro. Los orificios superficiales se deben roscar con roscas apropiadas, véase la tabla 7.

TABLA 7. RAEX ROSCADO DE MÁQUINA, ROSCA HSS-E.

	Velocidad de corte (m/min)	Tamaño de rosca					
		M10 Velocidad del husillo (rpm)	M16 Velocidad del husillo (rpm)	M20 Velocidad del husillo (rpm)	M24 Velocidad del husillo (rpm)	M30 Velocidad del husillo (rpm)	M42 Velocidad del husillo (rpm)
Raex 400	3,6	115	80	63	53	42	30
Raex 500	1,6	50	40	32	25	21	15

SERRADO

Al elegir la máquina y la hoja de serrado, tenga en cuenta la alta dureza y resistencia de los aceros. Asegure un suministro abundante de fluido de corte. Con una sierra de cinta se obtienen los mejores resultados con un paso de diente asimétrico; véase la tabla 8.

INSTRUCCIONES GENERALES PARA EL SERRADO CON SIERRA DE CINTA

- La hoja debe estar bien sujeta y tensa.
- Deben eliminarse, mediante mecanizado, las rebabas y la capa endurecida producida por el corte por llama de la zona en la que se va a comenzar el serrado.
- Evite las distancias largas de eliminación de virutas, por ejemplo fijando la pieza de trabajo rígidamente en una posición oblicua.
- Si la longitud de corte no se puede reducir, se puede utilizar una hoja con un paso de diente más ancho.
- Las presiones de los dientes deben ser razonablemente altas.
- Se puede eliminar el ruido de la hoja ajustando la velocidad de corte.
- Se recomienda comenzar siempre el serrado con una velocidad de avance manual.
La velocidad de avance debe ajustarse para colocar la hoja con un contacto suficientemente estable.
- La dureza y la resistencia de la pieza de trabajo se deben tener siempre en cuenta a la hora de ajustar la velocidad de avance.
- Asegure un caudal abundante de fluido de corte para que la hoja permanezca húmeda durante el corte-.
- Los daños en los dientes tienen lugar, entre otros, durante la fase de salida, cuando la hoja se puede atascar, mover irregularmente, sufrir sacudidas, etc.

TABLA 8. RAEX DATOS DE CORTE PARA EL SERRADO.

	Velocidad de corte m/min Longitud de corte mm		
	100	200	300
Raex 400	60	50	40
Raex 500	40	35	30

FRESADO Y TORNEADO

La operación más común de fresado en los aceros resistentes a la abrasión es el desbaste. La fresadora debe ser rígida y de alta resistencia. Se deben usar herramientas de metal duro revestidos. Respecto a los datos de corte, el torneado es en general parecido al fresado; véase la tabla 9.

INSTRUCCIONES GENERALES PARA EL FRESADO:

- Asegure un suministro abundante de fluido de corte.
- Comience las operaciones de fresado con cuidado.
- Las rebabas y la capa endurecida - producida por el corte por llama de la zona en la que se va a comenzar el fresado - deben eliminarse mediante mecanizado.
- En el tren de desbaste, el primer corte debe ser lo suficientemente grande para evitar que el borde de corte se adhiera a la superficie endurecida con cascarilla de la pieza de trabajo.

TABLA 9. RAEX DATOS DE CORTE PARA EL DESBASTE.

Tren de desbaste húmedo	Elemento de inserto indexable P40		
	Velocidad de corte (m/min)	Avance (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
Raex 400	75–90	0,1–0,2	2–5
Raex 500	60–75	0,1–0,15	1–4

Unas condiciones óptimas permiten usar valores de corte de hasta un 50% más.

Para el fresado en seco, se recomiendan valores un 20–30% inferiores.

SEGURIDAD OCUPACIONAL

Se debe prestar especial atención al procesar y manipular aceros de resistencia ultra-alta. Si el radio de plegado, por ejemplo, es demasiado pequeño y se forma una grieta en el punto de doblado, la chapa podría salir despedida de la herramienta de plegado en la dirección del doblado. Los encargados de doblar la chapa deben tomar precauciones apropiadas para protegerse. No se debe permitir el acceso a personal no autorizado a la zona de trabajo.

Normalmente, el lugar más seguro es junto a la máquina de plegado. Se deben seguir escrupulosamente las instrucciones de manipulación del proveedor del acero y las instrucciones de seguridad de la fábrica o el taller. Los nuevos empleados deberán recibir una formación adecuada antes de trabajar con aceros de resistencia ultra-alta.

CONTACTO