

Doblado de metal de alta resistencia a la tensión

Un taller necesita invertir en herramental, tonelaje y planeación

By [Tim Heston](#)

August 17, 2009

Los requerimientos de herramental, tonelaje de la prensa y dirección del grano son sólo tres de las variables que tienen que considerarse cuando se trabaja con acero de alta resistencia. Los fabricantes necesitan tener en mente estas tres variables, pues los fabricantes de autos y otras compañías de la industria del transporte les están pidiendo con más frecuencia que trabajen con este material.

En el pasado, las juntas que involucraban al departamento de procesamiento de placa en Peterson Corp., un fabricante de equipo pesado en Eugene, Ore., las longitudes de las pestañas eran parte de la conversación. De igual forma lo era la dirección del grano de partes pesadas que salen de las mesas de plasma, así como consideraciones especiales al doblar placas gruesas con muchos hoyos.

De acuerdo con las fuentes, estas conversaciones prueban que doblar material de alta resistencia a la tensión lleva más planeación que doblar acero suave laminado en caliente o en frío, aluminio o acero inoxidable (vea la [Figura 1](#)).

Como lo explicó David Bishop, gerente de desarrollo de negocios en Wila USA, Hanover, Md., "El término acero de alta resistencia se está empezando a aplicar a una amplia gama de materiales", desde Hardox® y Weldox® hasta el blindaje. "Y mientras que todos esos aceros ofrecen mejores características de resistencia que el acero suave, ya no forman una gama reducida de materiales".

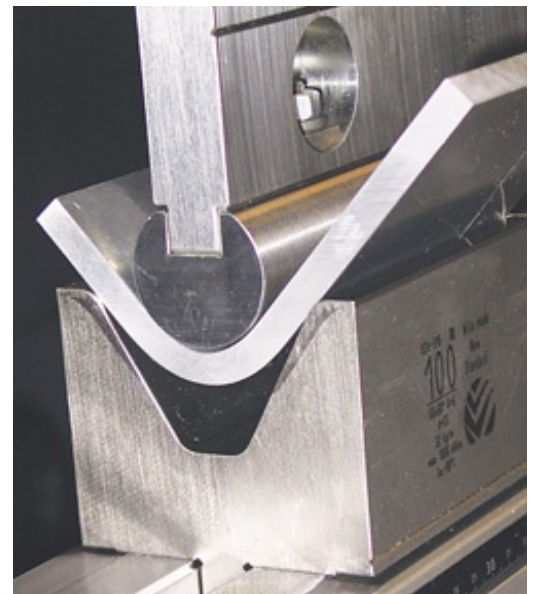
Materiales de alta resistencia específicos se doblan en formas totalmente diferentes, lo cual requiere de alguna planeación detallada. El herramental, el tonelaje de la prensa, los requerimientos de dirección del grano y muchas otras variables deben ponerse sobre la mesa. Cuando se maneja metal que puede tener una resistencia a la tensión mayor a 150,000 PSI, un pequeño cambio en cualquier variable puede afectar significativamente al doblado resultante.

Herramental y Recuperación Elástica

Los materiales de alta resistencia a la tensión con frecuencia requieren radios interiores mínimos de varias veces el espesor del material—seis veces no es nada raro—para que el metal no se rompa. La alta resistencia a la tensión en sí ya causa suficiente recuperación elástica, pero el cumplir con esos requerimientos de radios mínimos grandes complica el asunto todavía más. Los radios interiores grandes requieren punzones de punta grande, lo cual deforma más material, lo cual a su vez aumenta la recuperación elástica.

De acuerdo con Todd Nelson, ingeniero sénior de aplicaciones de la fundidora de acero SSAB's Muscatine, Iowa, "La recuperación elástica está relacionada con la cantidad de material que sufre deformación elástica en su doblado, por lo que mientras mayor sea la cantidad de material que se deforma elásticamente, habrá mayor recuperación elástica".

"Usted no puede ver el acero de alta resistencia y pensar que va a doblarlo de la misma forma que se ha estado doblando acero laminado en frío, acero laminado en caliente y acero inoxidable", dijo Bishop. "Usted tiene que tomar en cuenta la diferencia de la abertura en V en el dado, la dirección del grano del material, el acabado de la superficie en el dado y la punta del punzón, la compensación de la recuperación elástica, y otros factores. Algunos pueden usar un dado de 85 grados para lograr un doblado de 90 grados, y



rápido descubrirán que algunos materiales tienen más recuperación elástica que eso".

La recuperación elástica en la mayoría de los materiales de alta resistencia requiere algún sobredoblado pesado, lo cual significa que el ángulo del dado debe ser más agudo. Puede requerirse un dado a 60 grados para un doblado a 90 grados, y ese ángulo de 60 grados requiere una altura de dado importante para mantener su integridad estructural.

"Para muchos fabricantes, he estado hablando de 20 veces el espesor del material para el tamaño del dado V", dijo Steve Whiteley, ingeniero de aplicaciones de Wila, "Actualmente estamos llegando a dados mucho pero mucho mayores".

Algunos materiales de alta resistencia sólo experimentan unos cuantos grados de recuperación elástica, mientras que otros tienen valores drásticos de recuperación elástica, en algunos casos superiores a 35 grados; y predecirlo puede ser una cuestión difícil. De acuerdo con Bishop, al menos un estudio actual sobre los trabajos está descubriendo que ciertos materiales de alta resistencia tienen valores de recuperación elástica mucho mayores que otros, y las razones todavía no se entienden por completo. Conforme la industria adquiere más conocimiento, los diseños del herramental—incluyendo los ángulos comunes incluidos que se ofrecen—pueden cambiar.

Los fabricantes de herramental están desarrollando una buena base de datos de trabajos pasados con material de alta resistencia, la cual puede ayudar a predecir la recuperación elástica, dijo Bishop. Sin embargo, en circunstancias ideales, "la manera más infalible de obtener resultados predecibles es hacer dobleces de prueba del material antes de invertir en herramental y especialmente en una prensa nueva", dijo.

"Hay información al respecto, y hay mucha información de guía sobre compensación de la recuperación elástica", agregó Nelson. "Pero es importante preguntar bajo qué condición se midieron los datos, y determinar si son válidos para su aplicación".

La recuperación elástica en aplicaciones específicas es algo de lo que sabe un poquito Karl Slechta, jefe de departamento de procesado de placas en Peterson Corp. La compañía dobla partes gruesas de alta resistencia con muchos hoyos (vea la [Figura 2](#)). El achaflanar o biselar las zonas duras afectadas por el calor de los bordes de corte es una buena práctica para material de alta resistencia que entrará en contacto con herramental de prensa; si se dejan zonas afectadas por el calor (HAZ) duras desde el corte, pueden causar problemas de doblado. Además, la compañía dobla contra el grano, otra buena práctica para placa de alta resistencia.

"Las inclusiones tienden a estirarse en la dirección del grano de laminado", explicó Nelson. "Esta fibrilación mecánica de productos laminados conduce a propiedades mecánicas diferentes como función de la dirección de laminado. Típicamente, la ductilidad y la tenacidad son menores en la dirección transversal. Consecuentemente, pueden requerirse radios de doblado mayores para dobleces con el grano para evitar la fractura".

Pero en Peterson, diseños diferentes de placa cambian las características del doblado, incluyendo la recuperación elástica. "Hay placas que tienen una serie de hoyos, que van de hoyos redondos a hoyos cuadrados y hoyos octagonales, de diversos tamaños", explicó Slechta. "Una placa puede tener 20 hoyos grandes cuadrados y otra placa puede tener más de cien hoyos redondos de 2 pulgadas. Entra mucho más calor en la placa con hoyos redondos de 2 pulgadas que en la placa con hoyos grandes". Esto a su vez hace que la placa de 2 pulgadas tenga una mayor recuperación elástica, y que la operación de la prensa deba compensarla.

Tonelaje y Herramientas

Los radios grandes también complican los problemas desde el punto de vista del tonelaje, dicen las fuentes. Un punzón redondo con punta grande acorta el fulcro, o la distancia entre el punto tangente que sale del punzón descendente y el radio de inicio del dado V. Conforme aumenta el radio, la longitud del fulcro disminuye. Conforme disminuye la longitud del fulcro, los requerimientos de tonelaje se van por los cielos.

"No es nada raro que el material que se esté doblando sea tan o más duro que el material en un dado de prensa [estándar]", dijo John Wold, presidente de Addison, Fab Supply Inc. asentada en Ill. "Las herramientas estándar no templadas se destruirán muy rápidamente al formar estos materiales de muy alta resistencia".

"Usted no puede—no puede—hacer trampa con el ancho de la abertura del dado en este material", dijo

Bishop. "Si lo hace, le está pidiendo prestado a Peter para pagarle a Paul. Impondrá un desgaste extremo al herramental, y entonces es la precisión la que sufrirá, y expondrá al operador a un ambiente muy inseguro. Cada herramienta tiene una capacidad de tonelaje por pie o por metro. No aguanta más".

Este material además tiene una tendencia a endurecerse durante el formado. Si el metal es formado por un punzón con el radio incorrecto o en una abertura de dado insuficiente, surgen problemas, "y sólo algunas veces usted puede decir si el doblado es una falla", Explicó Whiteley de Wila. "El material puede endurecerse cuando es formado, y usted puede no verlo durante un tiempo, quizás un año", dependiendo del uso de la parte.

Los trabajos de alta tensión requieren herramental producido a partir de acero de herramienta de alta calidad, típicamente de 28 a 32 Rockwell, con superficies de trabajo templadas a un rango de 55 a 60 Rockwell, dijeron las fuentes. Además, las herramientas pesadas pueden tardar más en cambiarse, por lo que algunos talleres usan segmentos pequeños modulares para reducir el tiempo de cambio, o usan dados V ajustables, los cuales usan insertos especiales que pueden cambiar la abertura del dado, para eliminar el cambio totalmente (vea la [Figura 3](#)).

El arrastre de material sobre los radios de inicio del dado también es un problema. En algunos casos, el dado puede presionarse tan fuerte en el metal que, como si fuera un quitanieve, se clava y empuja material hacia una especie de "banco de nieve" al final del doblado. El resultado: una parte muy cara desechada.

Por esta razón, el material en sí debe ser extremadamente suave; incluso la escoria residual del formado puede causar problemas, dijeron las fuentes. Algunas opciones de herramental también pueden evitar problemas. Una opción es usar insertos templados como rodillos templados por inducción y templados con cromo en los radios de inicio de los portadados (vea la [Figura 3](#)); estos rodillos pueden girar durante el doblado para reducir el arrastre mientras el material es formado. Conforme éstos se desgastan, pueden reemplazarse, lo cual es menos caro que reemplazar un dado completo.

Los rodillos tienen una mayor área utilizable—360 grados alrededor de toda la barra—lo cual aumenta su durabilidad. "Es al menos 18 veces más área superficial que lo que usted tendría de un radio de inicio estándar", dijo Wold, quien agregó que algunos usuarios finales han reportado reducciones de entre 15 y 25 por ciento en el tonelaje de formado para ciertas aplicaciones.

Como otra opción, los dados giratorios eliminan este radio de inicio por completo (vea la [Figura 4](#)). Éstos llevan dos elementos giratorios, uno justo enfrente y otro justo atrás de la línea de doblado. Antes de que el punzón haga contacto, los rotores de formado están planos y paralelos a la cama de la prensa, por lo que literalmente no tiene radios de inicio. Conforme el punzón ejerce presión hacia abajo, cada elemento giratorio mantiene contacto estático constante con los dos brazos del doblado. El material, casi como si fuera una máquina plegadora, se forma hacia arriba y alrededor del punzón descendente.

La frase clave aquí, de acuerdo con Wold, es contacto estático. "Si su dado está dimensionado correctamente, se eliminará toda la acción de embutido. Si usted coloca su material correctamente, habrá eliminado todo tipo de arrastre o embutido sobre el radio de inicio", porque, por supuesto, no hay radio de inicio.

El Tonelaje y la Prensa

Una cosa es destruir herramental, y otra muy distinta es asesinar a una prensa.

De acuerdo con las fuentes, los fabricantes deben considerar cuidadosamente los factores de tonelaje antes de comprometerse con un trabajo. Si una compañía tiene una prensa de 250 toneladas, algunos pueden creer que pueden doblar 5 pies (1.5 m) de material de ½ pulgada sin ningún problema.

Pero eso es para acero suave.

"Cuando se está formando material de alta resistencia, el tonelaje debe considerarse cuidadosamente", dijo Wold. "No es nada raro que materiales de alta resistencia a la tensión requieran de dos a tres veces el tonelaje mostrado en una tabla de tonelaje estándar".

A medida que la resistencia a la tensión del material aumenta, lo hace también el tonelaje requerido para doblarlo, explicó Wold, y agregó que el daño por una carga concentrada es un asunto serio. "Cada fabricante de prensa tiene sus propias recomendaciones, pero como regla general, no es seguro poner más del 70 por ciento del tonelaje disponible de la máquina en menos del 30 por ciento de la longitud total".

Esto reduce el tonelaje máximo de una prensa de 250 toneladas a 175 toneladas. Entonces, ¿qué pasa si una parte de alta resistencia de 3 pies (91.4 cm) requiere 80 toneladas por pie para doblarse? Eso significa 240 toneladas que van sobre 3 pies (91.4 cm), suficientes para causar una seria perturbación de la cortina y dejar una mella en la cama de la prensa.

Las ofertas actuales de tonelaje de prensa, con cortinas robustas para manejar una mayor presión, están ampliando eficazmente el rango de lo que se considera factible de ser doblado. "Conozco a un fabricante que tiene una máquina de 2,500 toneladas, y está doblando material T1 de 1 ¾ de pulgada," dijo Gordan Baker, director de tecnologías de productos de Pacific Press Technologies, Mount Carmel, Ill. "De hecho, estamos viendo gran cantidad de máquinas moverse al rango de tonelaje de 1,500 toneladas y más para manejar este tipo de material".

Algunos de estos materiales, obviamente, pueden ser bastante pesados, por lo que para algunas aplicaciones—particularmente aquéllas que involucran todos los dobleces hacia arriba—ciertos dispositivos ayudan en el manejo del material, dijo Gordan. Por ejemplo, en lugar de usar un tope trasero, algunos sistemas usan "un manipulador accionado hidráulicamente para mover el material a la línea de doblez. Y hemos desarrollado sistemas láser para poder ver dónde está la marca de la línea de doblez".

Desafiante, pero Vale la Pena

Cuando los fabricantes se enfrentan con estos materiales pesados, descubren rápidamente que el proceso requiere un alto tonelaje, herramientas de alta calidad, y con frecuencia alguna compensación importante de la recuperación elástica—y no hay muchas formas de cumplir con estos requerimientos. El evitar la recuperación elástica con doblado a fondo ó acuñado no tendría sentido, dijeron las fuentes, porque los requerimientos de tonelaje serían extremos. Un fabricante podría templar antes de doblar y retemplar después para reducir los requerimientos de tonelaje, pero esto implicaría tiempo y podría cambiar las características del material, lo cual acaba con el propósito de elegir un material tan duro en el primer lugar.

Por un lado, el material de alta resistencia trae consigo infinidad de retos, pero por otro lado, abunda la oportunidad, incluso en esta economía. "En el último par de años, con el gasto militar, se ha vuelto extremadamente popular", dijo Wold. "Solía estar principalmente en la industria de la construcción pesada y en la industria minera, pero ahora hay tantas partes de formado para vehículos blindados y productos similares, que se ha vuelto muy común. Y esperaríamos que la demanda continuara por un tiempo".n