

El remachado de embutido: Una opción interesante para la unión de láminas.

F. Hernández González, J. J. Cabello Eras, R. Hernández Peña.

Departamento de Mecánica. Facultad de Ingeniería Mecánica.
 Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez".
 Carretera a Rodas, Km. 4. Cuatro Caminos. Cienfuegos 59430. Cuba.
 E-mail: fkherdez@fmec.ucf.edu.cu

(Recibido el 10 de Marzo del 2003, aceptado el 17 de Mayo del 2003.)

Resumen.

Entre otros métodos tradicionalmente utilizados para lograr la unión de láminas se encuentran: la soldadura, el remachado, y el atornillado. Actualmente, está siendo utilizado una tecnología de unión que alcanza el mismo objetivo sin el empleo de elemento adicional alguno: el remachado de embutido (clinchning). Se describen en este trabajo las características principales del método, sus ventajas, los tipos más comunes, así como las herramientas utilizadas en los mismos.

Palabras claves: Remachado de embutido, unión, punzón, matriz, lamina.

1 Introducción.

Los métodos tradicionales para alcanzar la unión de estructuras delgadas de acero y otros materiales han utilizado normalmente, como mínimo, un elemento adicional de unión entre otros tornillos, ganchos, remaches, pernos y tuercas. Otros métodos de unión están basados en diferentes formas de tecnologías de soldadura. Actualmente se está empleando un nuevo método que prescinde de elementos adicionales: **el remachado de embutido**.

En el mundo, el método de unión por tornillos tiene amplia difusión, especialmente mediante el uso de tornillos autopenetrantes. El atornillado es un método simple, pero su utilización puede requerir costos y tiempo de trabajo apreciables. Basado en Varis [10], alrededor de 1500 a 3000 tornillos son necesitados por tonelada de metal en la construcción de edificios. Una edificación de 180 m² demanda una tonelada de metal. El costo de cada tornillo oscila entre los 3 y 5 centavos, lo que significa un costo máximo de 4.16 USD por cada metro cuadrado. En los Estados Unidos entre 7 y 8 millones de toneladas de acero están siendo usadas en edificios anualmente. Se calcula que el costo de la tornillería oscila entre los 300 y 1200 millones de USD.

El atornillado puede necesitar otros elementos adicionales, pero incluso es necesario un paso anterior, el taladrado del orificio. Una larga tradición es lo más

notable de este método. La soldadura por arco eléctrico se puede considerar como un método de amplio uso en la unión de estructuras metálicas, pero presenta algunas desventajas que se mencionarán muy elementalmente:

- Las condiciones para soldar son raramente optimizadas y toma algún tiempo de preparación.
- Diferentes defectos pueden aparecer.
- Se presenta la pérdida del recubrimiento de zinc en la zona de la unión.

La industria de la Construcción ha estado mostrando especial interés en la utilización de diferentes tipos de perfiles, láminas y vigas fabricados de materiales de alta resistencia, revestidos con aleaciones de zinc. El uso de elementos de alta resistencia posee numerosas y conocidas ventajas. Una de las más importantes es la posibilidad de soportar más cargas y de permitir mayor espacio libre entre los puntos de apoyo; ambos atributos significan más e incluso nuevas posibilidades a los constructores. El uso de aceros de alta resistencia implica también la posibilidad de nuevos enfoques para usar otros métodos de unión. El remachado de embutido es un método que se generaliza actualmente, no solo en la industria de la construcción en la cual se ha basado esta introducción sino también en la industria automovilística por solo citar otro ejemplo.

El remachado de embutido es un método potencial para realizar la unión primaria de los elementos a enlazar. Esto además de que brinda indudables ventajas le ha permitido su amplia divulgación actual.

2 El remachado de embutido.

La primera patente que se conoce, donde se hace referencia al remachado de embutido (de procedencia alemana) apareció en el año 1897. Sin embargo este tipo de tecnología no fue empleado como método de unión de láminas por deformación local a escala industrial hasta la década de los 80 del siglo pasado, después de lo cual ha experimentado un amplio desarrollo.

El desarrollo a escala industrial de esta tecnología puede resumirse cronológicamente de la siguiente manera: la corporación BTM introdujo la marca Tog-L-Loc en los Estados Unidos en 1986; las compañías Trumpf GmbH y la TOX GmbH comenzaron a producir el equipamiento para este tipo de remachado en Alemania en 1987; un año después Attexor Equipments .S.A. comenzó a producir estos equipos en Suecia y finalmente la patente "Apparatus for joining sheet material" S, 177, 860 by BTM Comporation fue concedida en Estados Unidos en 1993, Varis [9].

Esta breve cronología concluyó con un estudio realizado por la compañía Australian / New Zeland [1] desarrollado por Hancock en la universidad de Sydney en 1996, el cual describe ensayos realizados a uniones de láminas, así también como a conexiones de uniones rápidas.

Luego de realizar una breve historia del desarrollo de esta tecnología y una amplia revisión bibliográfica, Varis [9] en su trabajo llegó a la conclusión de que han sido desarrollados pocos estudios de investigación en este campo.

2.1. Principio de trabajo del método.

El remachado de embutido es un método de unión que embute partes de láminas de metal en el área específica de la unión, sin la utilización de elemento adicional alguno. En el se utilizan dos herramientas (matriz y punzón) que son seleccionadas según las características de los elementos a unir y permiten alcanzar un enlace entre las láminas de metal, que impide el deslizamiento mutuo entre éstas. El principio del remachado se muestra en la figura 1.

Varis [8], señala que el espesor de las piezas a unir, puede ser normalmente desde 0.4 mm hasta 8.0 mm de acero blando y por lo tanto el espesor de cada pieza puede variar desde 0.2 mm hasta 4.0 mm. La parte delantera del punzón es la que conforma la unión, mediante su introducción (por embutido en las láminas) en la cavidad de la matriz. La fuerza necesaria para lograr la juntura depende del material y de las dimensiones de las herramientas, encontrándose normalmente la fuerza de remachado dentro del rango de los (10-100) kN.

Como resultado del principio tan sencillo en que se fundamenta este método de unión de planchas, el mismo reúne un grupo importante de ventajas, entre las que podemos señalar:

- El proceso se realiza con gran rapidez.
- Es silencioso.
- No genera gran cantidad de calor, humo, ni emisiones luminosas.
- No requiere del uso de medios especiales de protección.
- Permite realizar uniones de materiales disímiles y de más de dos láminas.

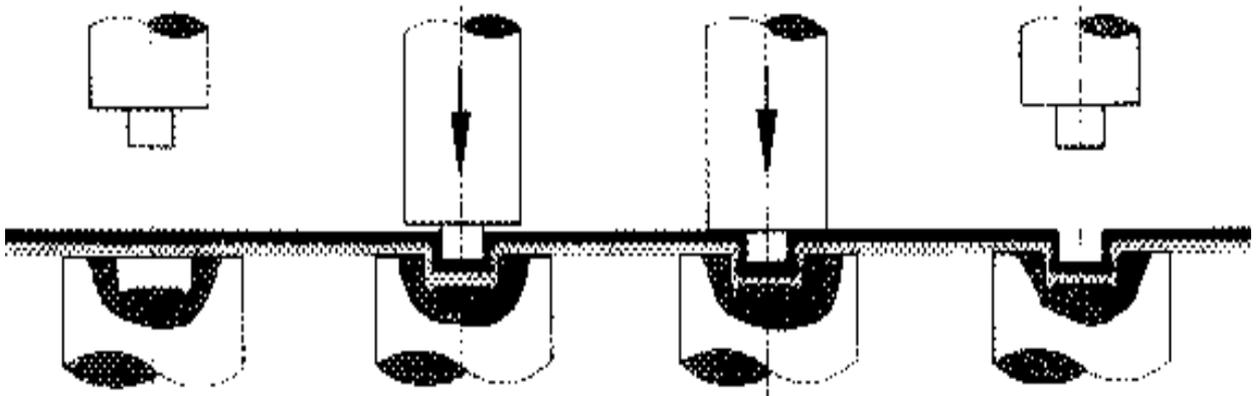


Figura.1.- Principio de trabajo del remachado de embutido

La posibilidad de no generar ni usar calor causa menos daños al revestimiento del metal y menos cambios estructurales, que los métodos tradicionales de soldadura. Este tipo de unión esta basado en el solapado (superposición) de los metales a unir. No es necesario además la preparación previa que necesitan otros métodos. La unión es permanente y no es posible desensamblar y consecuentemente ensamblar nuevamente dicha estructura. Este método no requiere otros trabajos, la unión esta lista a la vez de efectuada. En el proceso no existe tiempo adicional o de desecho, no genera virutas, ni suciedad y no se desperdicia absolutamente nada. Cuando se usan herramientas redondas, el método permite además una buena hermeticidad contra los escapes de gases y líquidos.

3 Tipos de remachado de embutido.

El remachado de embutido (descrito en el trabajo) es un término genérico usado para describir una familia de métodos par unir láminas de materiales dúctiles. Los materiales unidos son localmente deformados, esta es la vía utilizada para lograr encerrar entre si dos (o más) láminas durante la realización de la unión.

3.1. Uniones con lanzadera.

Como en todos los demás métodos de remachado por embutido, se utilizan un punzón mecánico y una matriz. Para describir el proceso se usará la siguiente secuencia de trabajo (ver Figura. 2):

- Los elementos guías del punzón son conducidos hasta la parte superior de las láminas a unir; seguidamente dicho elemento describe la carrera de trabajo, la cual termina cuando la lámina superior del “sandwich” es conducida hasta el nivel de la lámina inferior de la estructura a unir. Esta acción provoca la formación de una hendidura superior y un saliente inferior.
- En este punto, el fondo de la matriz ejerce una presión sobre el material atrapado entre el punzón y la misma, produciéndose un efecto de deformación del material, el cual es expandido hacia ambos lados, cerrando las láminas que quedarán juntas permanentemente.

Este tipo de unión posee como desventaja fundamental que permite el escape de líquidos o gases y genera una reducción de la resistencia a la fatiga del material debido al efecto de escopleadura en la hendidura cizallada, por lo tanto no se recomienda para cargas cíclicas. Sin embargo es el método más apropiado para unir materiales duros y suaves, por ejemplo, acero y aluminio, por otro lado, es recomendado cuando existe una diferencia sustancial de espesores entre las dos láminas a unir según Muraskvi [6].

3.2. Uniones de botón.

El tipo de unión de botón (que recibe el nombre por la apariencia de la unión) fue desarrollada alrededor del año 1980. Como en el método anterior, se utiliza una matriz y un punzón. Las herramientas típicas para el proceso se muestran en la figura 3.

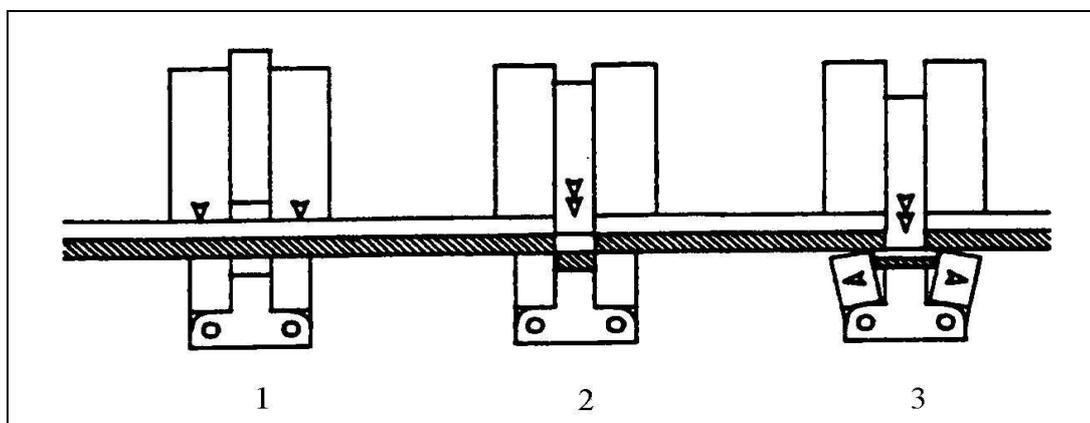


Figura. 2. Unión de lanzadera.

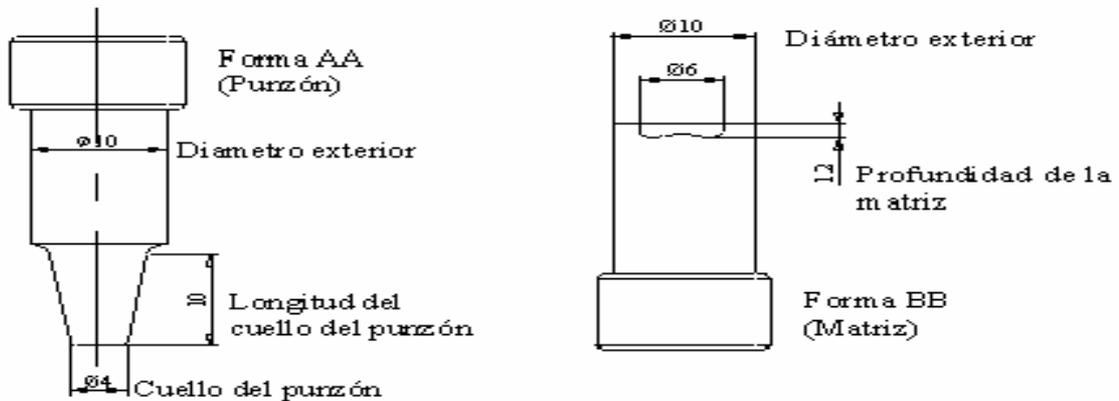


Figura 3.- Herramientas típicas.

En las figuras.4 y 5, se muestra secuencialmente el proceso de formación de una unión de botón, descrita por Liebhig [5], en cinco etapas: Empuje inicial del metal (A); penetración en el interior de la matriz (B); llenado de la sección superior (C); llenado de la ranura circular del fondo (D) y extrusión indirecta (E).

En la foto 1, figura 4, se observa la operación inicial de hundimiento, en la que el punzón presiona ambas láminas contra la superficie superior de la matriz. El metal comienza a ejercer oposición a penetrar en el interior de la cavidad de esta última y es cuando surge la huella inicial. Una transformación axial es producida por este efecto, conduciendo a una reducción en el espesor de las láminas de metal. Ver foto 1, figura 4 y etapa A figura 5.

Con el aumento de la fuerza sobre el punzón comienza la segunda etapa (B, figura 5), que es la penetración en el fondo de la matriz; el desarrollo de esta se puede apreciar en las foto 3 a la 6. Inicialmente el material inmediatamente debajo del punzón es atrapado debajo de la cabeza del mismo, produciéndose un incremento de la transformación en el metal y con ella un proceso inicial de penetración de este al interior de la matriz. A partir de este momento el material está en contacto completo con la superficie cilíndrica interior del contorno superior de la matriz y el socavado comienza a ocurrir. El proceso continúa acentuándose, al aumentar la profundidad de penetración del punzón en la lámina superior. Como se aprecia en la foto 3, la lámina comienza a curvarse (alrededor de la huella del punzón). A continuación el material de la lámina inferior penetra con mayor intensidad en la cavidad de la matriz y comienza a tocar su fondo (ver foto 6 y etapa B). En esta última la curvatura del espacio interlaminar se acentúa, pero aún ambas láminas pueden ser separadas fácilmente.

Posteriormente (etapa C, figura 5), el metal cubre toda la superficie interior de la matriz (continúa aumentando la fuerza y con ella la penetración del punzón). Al final de esta etapa, la ranura anular en el fondo de la matriz todavía no ha sido llenada. Ver foto 8.

El material atrapado debajo del punzón está siendo forzado hacia afuera desde la parte inferior del mismo, en una dirección normal al eje de este, y comenzando a llenar el anillo que se encuentra en el fondo de la matriz (hasta llegar a la etapa # 10 (foto 10, figura 1). En este momento la línea de contacto entre ambas láminas, comienza a formar un entrecierre (curvatura del espacio interlaminar) que podría ser llamado “cola de milano circular”. La ranura circular en el fondo de la matriz, suministra suficiente volumen para acomodar el material desplazado durante la unión, dando la posibilidad de que la curva se agudice y tome la forma descrita; esta es una característica propia de la matriz ilustrada en la figura.3. Al encontrarse completamente llena esta ranura, se presenta una fuerte resistencia al flujo de metal, lo que origina un aumento considerable de las cargas en el interior de la matriz (foto 11, figura 4). Como alternativa a este tipo de solución, se han diseñado matrices que forman su cavidad mediante el uso de varias secciones articuladas, Sawhill [7]. Ver figura 2. Estas secciones se encuentran unidas fuertemente entre sí por mediación de resortes u otros elementos, hasta que las fuerzas de presión del material las separa para permitir el desplazamiento radial del mismo y la unión por entrelace de ambas láminas.

Un incremento adicional en la presión que viene ejerciendo el punzón, provocaría un flujo hacia afuera del metal atrapado entre este y la matriz. El espacio que existe entre las superficies cilíndricas (exterior e interior) de ambos elementos, permite que el metal pueda fluir en la dirección antes descrita. Ya en la foto

12 (y E en la figura 5), ocurre un proceso similar al de extrusión indirecta, que se experimenta durante la fabricación de recipientes por presión. Parte del material se mueve en un sentido opuesto al que posee el punzón hasta este momento. El punzón penetró en toda la

longitud (terminó la carrera de trabajo), se creó la dimensión X seleccionada (altura del fondo de la unión) y se agudizó la curvatura de la cola de milano circular para crear una fuerte unión entre las láminas. Ver etapa E, figura 5.

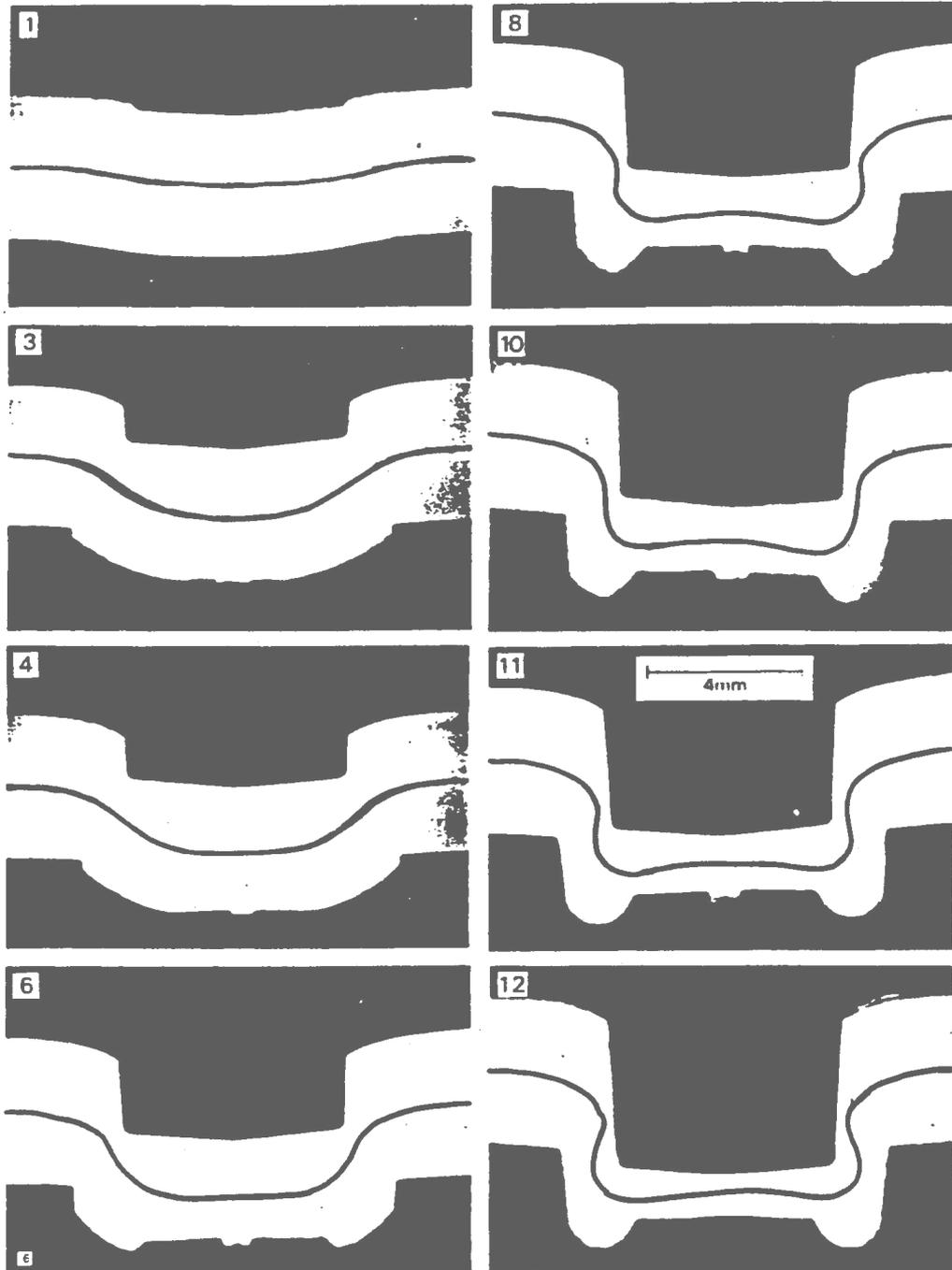


Figura.4.-Proceso de formación de la unión de botón.

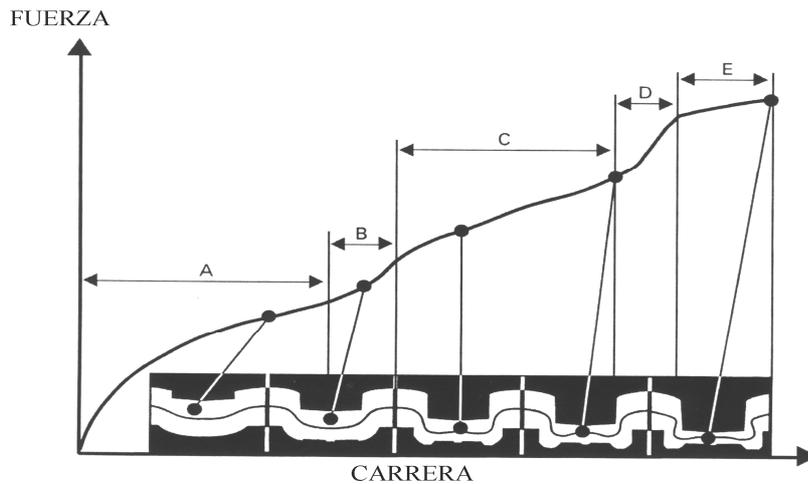


Figura.5.-Relación entre la fuerza y la carrera del punzón, durante el proceso de unión.

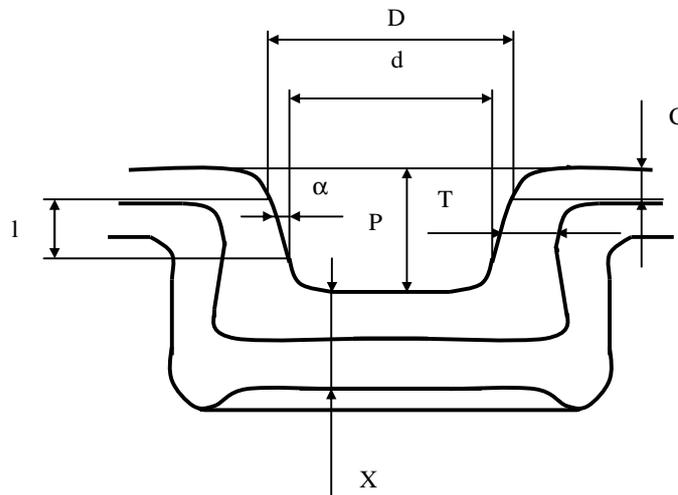


Figura.6.-Dimensiones más importantes que se pueden apreciar en una unión de botón.

La resistencia de la unión depende entre otros, de los siguientes factores:

- La correcta selección de las herramientas de trabajo y con ello la diferencia adecuada entre los diámetros exteriores del cuello del punzón e interior de la matriz (ver figura 3). Esto garantiza un espesor óptimo en la pared de la unión. Por ejemplo, la dimensión T identificada en la figura 6.
- La óptima selección de la dimensión X o espesor del fondo de la unión. De esta dimensión depende el correcto llenado del fondo de la matriz.

Si la dimensión X es mayor que la necesaria no se logra este efecto y el punzón no llega a ejercer la

presión requerida, con lo que la curva del entrelazado es menor, provocando que con la utilización de un menor esfuerzo se separen ambas láminas.

En el caso que la dimensión X sea menor que la óptima, al quedar el anillo completamente lleno (antes que el punzón llegue al final de su carrera de trabajo) el material comenzará a ser arrastrado hacia arriba entre el espacio comprendido por la superficie interior de la matriz y la exterior del punzón. Este efecto produce una separación de la unión de ambas láminas y por lo tanto un debilitamiento del material más cercano al punzón en la zona donde aparece la curva superior de la junta interlaminar (zona A, figura 7). Este fenómeno se puede apreciar con claridad en la figura 7.

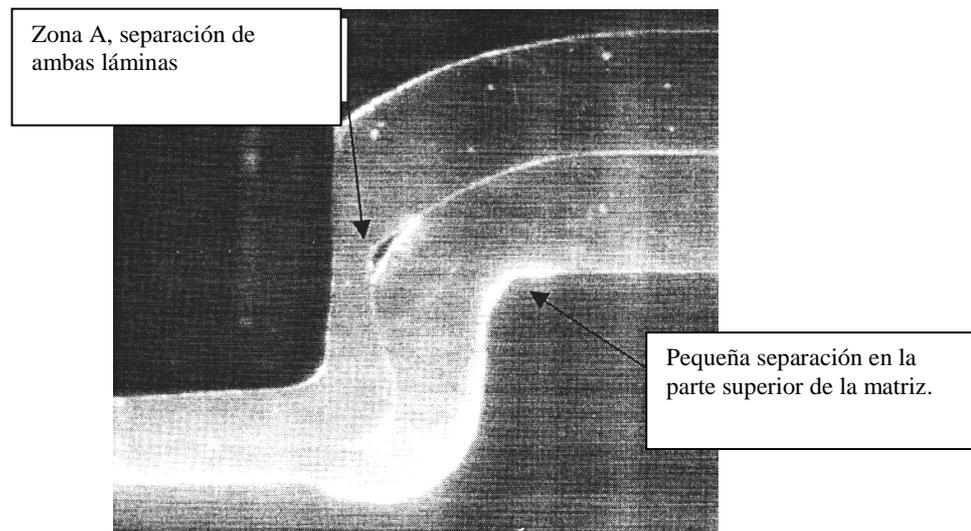


Figura.7.- Corte efectuado a una unión defectuosa.

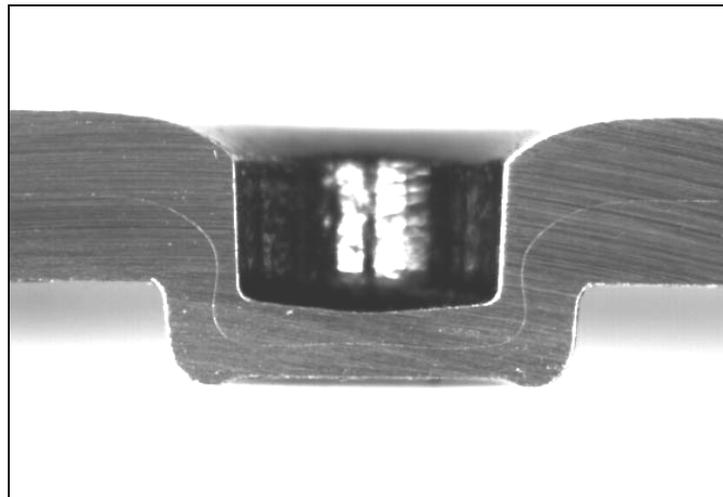


Figura.8.- Corte de una unión de botón

La unión alcanzada con este tipo de remachado es mejor que la lograda con el tipo de lanzadera en lo referente al sellaje de la unión, también está menos expuesta a la formación de grietas por fatiga y su resistencia es igual en todas direcciones según ha planteado Sawhill [7]. En la figura 8 se puede observar un corte de una unión típica de metales usando este método, en la misma se aprecia con claridad la línea de unión de ambas láminas y el entrelazo que ambas forman para alcanzar una unión segura. Se aprecia además el correcto llenado del anillo inferior de la matriz que facilita la creación de esta característica de la unión

3.3. Uniones a nivel o lisas.

Una de las desventajas de los dos tipos de uniones citadas anteriormente es que presentan una entalladura o hendidura visible en la cara donde trabaja el punzón y un saliente en la parte de la matriz. Por esta razón, en aplicaciones donde se presenten requisitos de acabado o determinada presentación y por lo tanto se requiera de una unión invisible, esto es inaceptable.

Este tipo de unión esta destinada a solucionar ese problema. Primero, se realiza la unión por cualquiera de los métodos convencionales. Posteriormente, un punzón calibrado (según las dimensiones de la huella) es

colocado en la impresión dejada; en la otra cara, se coloca una matriz lisa. Como resultado de la presión ejercida por las herramientas, se elimina la hendidura y se crea una superficie lisa. Es necesario aclarar que solo se obtiene una superficie efectivamente lisa en la lámina donde inicialmente el punzón dejó su huella, quedando un anillo circular visible en la otra cara.

4 El método TOX®.

Varis [8], realizó un estudio sobre la conveniencia de la utilización de los diferentes métodos de remachado por embutido (en aceros de alta resistencia para construcción), donde utilizó 11 métodos diferentes de unión (basados fundamentalmente en el método para ejecutar la misma y la forma de las herramientas), con los que realizó un total de 469 uniones. A todas ellas se le practicaron pruebas de resistencia, las que fueron guardadas con sus respectivas curvas de fuerza contra desplazamiento. Uno de los resultados más interesantes, fue la demostración de que las herramientas redondas se podían emplear con facilidad en los materiales examinados, además, de que en los nueve mejores resultados alcanzados (de máxima carga longitudinal), en siete ocasiones aparecía este tipo de herramienta. El uso de una herramienta redonda es particularmente interesante desde el punto de vista de su capacidad de soportar el mismo esfuerzo cortante en todas direcciones (en un plano horizontal). En la construcción de edificaciones, las circunstancias de aparición e imposición de las fuerzas, en ocasiones no es simple o inclusive posible de conocer, por lo tanto, de aquí es fácil deducir que este tipo de unión (de botón) es la más adecuada para su selección en tales casos.

Con la realización de este estudio, Varis estableció algunas consideraciones sobre la selección de las herramientas y los parámetros de trabajo. El mejor enfoque lo realizó teniendo en cuenta la utilización de una matriz fija y redonda. Este tipo de matriz posibilita un mejor pronóstico del comportamiento del material durante la realización del remachado. El principal fabricante de este tipo de herramienta en el mundo es el productor de herramientas de la marca TOX® GMBH, de procedencia Alemana.

4.1. Las herramientas TOX®.

La patente No. EP 0 215 449 "TOX® round joint" fue concedida en 1986. Desde entonces, el método ha estado cambiando un poco, ya que diferentes tipos de herramientas han sido desarrolladas a través de los años para la obtención de diferentes tipos de uniones, por ejemplo: materiales, espesores y fuerza de aplicación. La cantidad de matrices se ha incrementado mucho, como también la cantidad de punzones, pero desde

mediados de la década de los 90 se han desarrollado estandarizaciones de dichas herramientas.

El largo del cuello de los punzones estándar según Sawhill [7], se encuentra desde 6.0 mm hasta 10.0 mm, para casos especiales existe la longitud de 20.0 mm. Los diámetros disponibles se encuentran en el rango de (2.0 ÷ 10.0) mm, teniendo una diferencia cada uno de 0.2 mm. En el caso de las matrices, los diámetros disponibles son de: 3.0 mm, 4.0 mm, 5.0 mm, 6.0 mm, 8.0 mm, 10.0 mm, 12.0 mm y 16.0 mm. La profundidad de la misma puede ser elegida dentro de un rango de varias dimensiones (0.8 ÷ 3.0) mm y el paso entre cada una es de 0.2 mm.

Los punzones han sido codificados según Sawhill [7] con un sistema especial, como por ejemplo "A 40100". La letra A de dicho código significa la forma del punzón, "40" el diámetro del cuello (o cara de trabajo del mismo) en mm/10 y "100" es la longitud del cuello en mm/10. Los diámetros del cuello del punzón hasta 3.8 corresponden a la longitud de 6 mm de dicha parte de la herramienta, de 4.0 mm hacia arriba poseen la longitud de 10.0 mm. Existen dos formas estándar de esta herramienta, codificadas con las letras "A" y "AB", pero existen muchos otros tipos para casos especiales. La forma "A" significa punzón cónico y el ángulo del cono es de 2.5 grados. La forma "AB" corresponde con los punzones de caras rectas (cilíndricos). Ambos tipos de herramientas poseen una inclinación en la cara de trabajo (hasta el centro de la misma) de 5 grados.

Como es de suponer las matrices han sido codificadas también, por ejemplo "BB 6012". El código "BB" significa la forma de la matriz, "60" el diámetro del orificio en mm/10 y "12" la profundidad del molde de dicha herramienta en mm/10. Los códigos disponibles de matrices son: "BB", "BC" y "BD", cuya diferencia radica en la profundidad de la ranura anular del fondo de la matriz. Así, la forma "BB" posee la mayor profundidad en este anillo, la "BD" la menor y la "BC" posee una profundidad media con relación a las anteriores. Básicamente se puede seguir el siguiente principio para elegir una matriz: la forma "BB" es recomendada para usar cuando se emplea la lámina más delgada en la parte de trabajo del punzón, la "BD" se debe usar para aquellos casos de igual espesor en las láminas a unir y cuando los espesores son superiores a 1.0 mm y la "BC" debería ser utilizada al encontrarse la lámina de mayor espesor en la cara del punzón o ambas laminas son iguales y también cuando el grosor de ambos materiales es inferior al milímetro.

A modo de un simple resumen se presentará en la tabla 1 que recoge las cantidades existentes de formas de herramientas en las diferentes consideraciones.

El principio del método TOX® esta basado la correcta selección de las herramientas y en un firme control y limitación exacta del movimiento del punzón. Además en un estricto control de la fuerza de presión y el

espesor del material en el fondo de la unión (denominada dimensión X). Es común que un poco más de la fuerza esperada sea ajustada y que el control del movimiento del punzón se realice mecánicamente. En la práctica, se fija inicialmente una dimensión X bastante grande, para luego mediante un lazo de interacción alcanzar la dimensión adecuada. Al realizar los análisis correspondientes, se puede arribar a la selección de la mejor unión.

Tabla 1.- Arreglos sobre las diferentes cantidades de las formas de herramientas estándar TOX®.

Clasificaciones	Cantidades
Formas del punzón	2
Longitudes del punzón	2
Diámetros del punzón	40
Formas de la matriz	3
Profundidades de la matriz	12
Diámetros de la matriz	8

4.2. Algunos criterios relacionados con los parámetros del proceso.

Uno de los propósitos de este tipo de remachado utilizando herramientas TOX®, es alcanzar el llenado óptimo de la cavidad fija de la matriz con la unión de los materiales durante el desplazamiento del punzón. En cada caso, lo que se espera es una buena selección del punzón (forma, diámetro), de la matriz (forma, diámetro, profundidad) y una adecuada medición X para lograr el llenado mencionado. Basado en el principio del Método TOX® usando herramientas estándar, la dimensión X debería ser menor que la profundidad de la matriz. Otro criterio basado en la experiencia de los fabricantes fija esta dimensión en un valor mayor de 0.4 mm ($X > 0.4$ mm), Haller [3]. Además se ha observado que una variación de un ± 15 % de tolerancia de esta dimensión tiene solamente un efecto menor en la resistencia al esfuerzo cortante. Por ejemplo, en el caso de 0.7 mm (una medida típica en este proceso), la tolerancia aceptada puede estar desde 0.6 mm hasta 0.8 mm (± 0.10 mm). En la práctica se está usando una exactitud de la medición de 0.05 mm. Según estudios realizados por Haller [3], en el caso de materiales de aceros de alta resistencia para construcción, con espesores de 1.0 mm, el diámetro de la matriz recomendado es de 8.0 mm y el diámetro del punzón debe ser de un 70 % del anterior. Además, se considera que las formas de ambas herramientas son: para el punzón "A" y para la matriz "BC". Todo lo anterior expuesto debe utilizarse solo como punto de partida para la elección de las herramientas correctas, así como los parámetros del proceso.

La mayoría de los trabajos efectuados están dirigidos a maximizar la resistencia al esfuerzo de corte en la unión, para lo cual un máximo volumen de material en

la zona del cuello de la unión se requiere. Este volumen de material depende fundamentalmente de la holgura existente entre el punzón y la matriz. Por otra parte, es necesario que la matriz sea totalmente rellena, lo que significa un control exacto del movimiento del punzón dentro de la matriz.

El tiempo de vida útil de los punzones y las matrices puede ser de cientos de miles de uniones. Normalmente, no es necesario cambiar las herramientas hasta haber llegado a varias decenas de miles de uniones. El período de trabajo depende fundamentalmente de la resistencia, superficies y espesores de los materiales que serán unidos. Generalmente, cuando se trabaja con materiales recubiertos es aconsejable una limpieza de las herramientas usadas, por ejemplo, utilizando máquinas con chorros de aire. Durezas entre (60-65) HRC y recubrimientos de TiN son de amplio uso en el caso de los materiales herramientas, según Haller [3].

5 Ejemplos de aplicaciones corrientes del remachado de embutido.

Algunos usos corrientes de esta tecnología, Cambell [2] son:

- Cada día, mayor cantidad de compañías automotrices están usando el proceso para unir diferentes partes de los agregados del automóvil; por ejemplo, la parte superior e inferior del cuerpo de los equipos de calefacción. El material es acero aluminizado, en el cual es extremadamente caro y casi prohibido el uso de la soldadura por los efectos que la misma causa en el recubrimiento, durante el proceso de soldadura.
- Por otro lado, muchas compañías automotrices usan el método de remachado para unir las cuatro esquinas de los tanques de combustible como forma de replanteo, antes de realizar la costura de soldadura. El material utilizado es acero galvanizado.
- Los fabricantes de accesorios para alumbrado están usando el remachado de embutido para ensamblar las estructuras de láminas de metal empleadas en la protección de las lámparas fluorescentes. El material más utilizado es acero prepintado con un espesor de 0.9 mm.
- Productores de estantes de almacenamiento, están utilizando el método para remachar fuertemente láminas de acero prepintado de un espesor de 0.9 mm. En este caso el método elimina la complejidad que introduce el uso de talleres especializados de pintura.
- Fabricantes de automóviles también están utilizando el método para remachar los soportes de las columnas de la dirección, hechas de acero de alta resistencia con un espesor de 3.17 mm. La naturaleza crítica de las partes de los automóviles en términos de seguridad de los pasajeros, ha sido superada con la

realización de pruebas no destructivas, que han arrojado muy buenos resultados.

6 Conclusiones.

- En este artículo se han ofrecido algunas consideraciones relacionadas con el remachado de embutido, un método de unión de láminas que cada día gana más terreno en la industria de la construcción, tanto de maquinarias como en la de edificaciones y brinda muchas posibilidades por las ventajas que ofrece.
- Especial interés se ha ofrecido al remachado de botón (uno de los métodos de la tecnología básica), tanto por sus particularidades como por las mayores ventajas que ofrece. Es un método simple de unión de láminas (tanto metálicas como no metálicas) que no necesita de la utilización de material adicional alguno y requiere de herramientas simples, con todo lo cual se garantiza una juntura de igual resistencia en el plano horizontal y garantiza un buen sellaje para líquidos y gases. La resistencia de la unión depende entre otros, de los siguientes factores: La correcta selección de las herramientas de trabajo y con ello la diferencia adecuada entre los diámetros exterior del cuello del punzón e interior de la matriz y la óptima selección de la dimensión X o espesor del fondo de la unión.
- Como máquina básica, se requiere de una prensa convencional que garantice la limitación de la carrera de trabajo del vástago del cilindro hidráulico, para con ello obtener la posibilidad de controlar el espesor del fondo de la unión. Esta dimensión es de vital importancia en el aseguramiento de la realización de la unión y el control de su calidad.
- La introducción de dicha tecnología no requiere invertir sumas importantes de dinero para las industrias de nuestro país; por otro lado ofrece importantes garantías económicas por la no utilización de material adicional alguno (por solo mencionar un ejemplo). Con ello, las entidades adjuntas al Ministerio de la Industria Sidero Mecánica, dispondrían de una tecnología aún virgen en Cuba y que, a juicio de los autores, es factible explorar.

7 Bibliografía.

1. AS/NZS 4600. 1996. Cold – formed steel structures. Australian/ New Zealand Standard, Home bush, Australian /Wellington, New Zealand.
2. Campbell, Iain. Clinching Technology as a Replacement for Resistance Spot Welding. / Iain Campbell.—Ontario, Centre for advanced Technology Education Ryerson, Editorial Ontario Hydrotechnical Services and Development. Department Program Support and Services Division, 1991.—62p.
3. Haller, Josef. Hybridbauweise Fugen unterschiedlicher werkstoffe Fug everfabren in combination./Josef Haller.-Weingarten:Editorial Tox-Pressotechniek GmbH, 1998.--17p.
4. Liebig Hanns, Peter. Connecting sheet metal by press joining./ Peter Liebig Hanns, J. Bober, Beyer.- Bänder Bleche Rohre, Vol. 25, No.9, 1984-7 p. Reimpreso: Vogel-Verlang Würzburg.
5. Liebig Hanns Peter. Verbinden von Blechteilen zwischen Stempel und Gravur (en Alemán)/ Peter Liebig Hanns, J. Bober, Mutschler.- Sonderdruck aus Nr. 1, 1989.-- Seite 95/102.
6. Muraskyi, Stephanie J. American Autos in the Clinch. Achine Design. (U.S.A.) Vol 12.April 1990, p. 48-54.
7. Sawhill J.M. A new Mechanical Joining. Tecnique for steel compared with Spot welding./ J.M.J.Sawhill.-Michigan:Editorial Society of automoñve Engineers, 1983/s.p/.
8. Varis, Juha Pekka: Clinching of Zinc-Coated high strength structural steel / Juha Pekka Varis.-- Lapperanta: Lapperanta University of Technology, Department of Mechanical Engineering, Institute of Product Engineering, 1998.-- 122 p.
9. Varis, Juha. A. Novel procedure for establishing Clinchig parameters for high stergth steel aheet.Juha Varis–Lappeenranta: Lappeenranta University of technolog , 2000.—84p.
10. Varis, Juha.Teraspientalomessut Sollentunassa OHUTLEVY, (LTKKK.Konetekniikan sasto). 1997

Clinching: A good option to joining metals sheet.

Abstract.

Among other traditionally methods used for joining sheets, we can find welding, riveting and screening. At present, a new joining technology to fulfill the same goal, but using no additional element: clinching. The main characteristics of this method, its advantages, the standard types, as well as tools used in the process are described in this paper.

Key words: Clinching, joining, parameters of work, punch, die, metal sheet.