

Región Industrial

Revista del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de la Región de Murcia



Reportaje: Centro Tecnológico del Metal

Artículo técnico: Herramientas del ALABE

Estructuras atornilladas

Personajes: Torres Quevedo



Nº38

JULIO 2006

Uniones estructurales atornilladas

Jesús H. Alcañíz Martínez (*)

Hemos llegado a la tercera entrega de nuestra serie de cuatro artículos sobre uniones de elementos en estructuras metálicas y nos vamos a centrar ahora en las uniones atornilladas, que si bien todavía son menos comunes en nuestras construcciones habituales de Naves Industriales, con la experiencia y el paso del tiempo, se ha demostrado que tienen grandes ventajas y es por ello, que se está potenciado su uso cada vez más.

Esta es otra forma de unión entre las piezas metálicas, consistente en el uso de tornillos, practicando previamente un orificio a las piezas a unir, por el lugar donde irán los elementos de la propia unión. Es preciso limpiar bien las piezas para su posterior ensamblaje y a continuación se procederá a la colocación del tornillo.

Su fundamento está basado en transmitir los esfuerzos por fricción a la chapa, provocándose un importante esfuerzo de tracción en el tornillo y de compresión en la propia chapa.

Se introducirá el tornillo por el orificio, colocando arandelas en las caras de la pieza, para repartir el esfuerzo que aplica el tornillo, en la unión a la pieza y una tuerca que se aprieta en el tornillo, por la cara opuesta.

Este sistema de unión obliga también a vigilar los problemas por corrosión de las piezas, para lo que podemos utilizar juntas tóricas de goma, para asegurar la estanquidad de la unión y asegurar que la humedad no penetre en el interior de la unión, en algunas



Detalle de un nudo de coronación de un pórtico de estructura metálica, resuelto mediante unión atornillada. Véase el momento de comprobación del par de apriete, mediante llave dinamométrica

situaciones concretas.

Es un método muy efectivo para la unión de las piezas metálicas, dado que en estos casos, el índice de patologías que aparecen en estructuras ejecutadas mediante este tipo de unión, es menor que en aquellas otras en las que se ha utilizado la soldadura, como medio de unión estructural.

Consideraciones en uniones atornilladas

Para llevar a cabo este tipo de uniones, nos vamos a encontrar dos tipos de tornillería para estructuras metálicas: los Tornillos Ordinarios Calibrados (TC) y los Tornillos de Alta Resistencia (TR o también TAR). Vamos a utilizar los tornillos ordinarios, sólo para elementos

secundarios o auxiliares, en estructuras. Para las uniones importantes utilizaremos tornillos TR.

La identificación de los tornillos es sencilla y fácil de interpretar: "Tornillo TR (d) (e) (t)", indicando que se trata de un tornillo de Alta Resistencia, diámetro de la caña (en mm), longitud del vástago (en mm) y tipo de acero, habitualmente identificado como 8.8 y/o 10.9, junto con la norma de referencia.

En cuanto al par de apriete de los tornillos, se aplica con distintos criterios, siendo el más habitual el colocar la tuerca primero y con medios mecánicos (generalmente una pistola eléctrica o de aire comprimido) aplicar el primer apriete al 75 – 80 % del nominal y después, aplicarle un giro de 90º a 120º, denominado método del cuarto de vuelta. Posteriormente, mediante una llave dinamométrica, comprobar el par final conseguido.

Como orientación presentamos la tabla 1, para distintos tipos de tornillos de acero.

En todos los casos, en las uniones atornilladas debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se colocarán siempre arandelas del tipo correspondiente al tornillo empleado. Si se apoya sobre la cara interior de las alas de perfiles metálicos, la arandela a emplear será de las denominadas "de cuña", aun cuando el elemento que descansa sobre ella, no sea el que gira durante el apriete.

- Para los tornillos ordinarios y para los de alta resistencia que no trabajen por razonamiento, el diámetro del orificio será superior en

un milímetro, al nominal del tornillo. Para los tornillos calibrados, el diámetro del taladro será igual al nominal del tornillo.

- Para los tornillos de alta resistencia que trabajen por razonamiento, el diámetro del orificio podrá ser superior hasta en dos milímetros al nominal del tornillo.

- Los tornillos que van a quedar con su eje en posición vertical o inclinada, se colocarán de modo que la tuerca quede más baja que la cabeza.

- Las superficies estarán exentas de grasa y pintura, que se eliminarán con disolvente adecuado y se someterán como mínimo, a un cepillado enérgico con cepillo metálico.

- Las tuercas se apretarán a fondo, preferiblemente por medios mecánicos. Es recomendable bloquear las tuercas en las estructuras no desmontables, empleando arandelas de seguridad, contra-tuerca, picado de la rosca o punto de soldadura. No se empleará este

último procedimiento en tornillo de alta resistencia.

- Es preceptivo el bloqueo, cuando la estructura vaya a estar sometida a cargas dinámicas o vibraciones y en aquellos tornillos que pueden estar sometidos a esfuerzos de tracción, en dirección de su eje.

- Queda terminantemente prohibido rellenar con soldadura los agujeros para los tornillos provisionales o ejecutados en posición errónea.

- Durante el montaje, la estructura se asegurará provisionalmente mediante apeos, cables, tornillos y otros medios auxiliares adecuados, de forma que garantice su resistencia y estabilidad, hasta el momento en que se terminen de ejecutar las uniones definitivas.

- Se prestará la debida atención al ensamblaje de las distintas piezas, con el objeto de que la estructura se adapte a la forma prevista en el proyecto, debiéndose comprobar, la exacta colocación de sus diversas partes.

Par de Apriete M (m.Kg)		
Diámetro normal	Tipo/Calidad de Acero	
	A 8t (8.8)	A 10t (10.9)
TR - 12	8.4	11.9
TR - 16	21.2	29.8
TR - 20	41.5	58.4
TR - 22	57.1	80.7
TR - 24	71.7	101.0
TR - 27	106.0	149.0

Tabla 1. Apriete para distintos tipos de tornillos de acero

- No se comenzará el atornillado definitivo de las uniones de montaje, hasta que se haya comprobado que la posición de las piezas a la que afecta cada unión, coincide exactamente con la definitiva.

Verificación de las uniones atornilladas

Una vez ejecutada la unión por este sistema, es necesario tener en cuenta, que para la verificación de las uniones atornilladas, se actuará:

- El Director de Ejecución comprobará, por sí mismo o por medio de sus representantes, que todos los tornillos colocados son del diámetro y de la calidad indicados en el proyecto, que disponen de las arandelas precisas y que la rosca asoma por fuera de la tuerca.

- El Director de Ejecución comprobará que la superficie de todas las uniones a efectuar mediante tornillos de alta resistencia, trabajando a rozamiento, han recibido el tratamiento adecuado, rechazándose todos aquellos en los que no se haya efectuado dicho tratamiento o en los que se observe la presencia de óxido, grasas, aceites, pinturas u otros contaminantes.

- Se comprobará un cinco por ciento de todos los tornillos de alta resistencia colocados y al menos en uno de cada unión o nudo, en el que exista más de cinco tornillos, que el esfuerzo de pretensado es el indicado en el proyecto. Para ello se marcará con una señal en la tuerca y otra en la arandela o en la pieza, ambas alineadas, a continuación se girará la tuerca aflojándola, un



Detalle de la preparación de una de las uniones atornilladas en un pórtico de estructura metálica. Véase el espárrago y la tuerca, con su arandela de conexión

ángulo de sesenta grados, seguidamente se volverá a apretar, aplicando el par de apriete indicado en proyecto.

- Los tornillos se considerarán correctamente apretados, cuando después de la aplicación del par de apriete, las marcas vuelven a estar alineadas, sin que la marca de la tuerca sobrepase en más de diez grados, la realizada en la arandela.

- En uniones de especial responsabilidad, el Proyectista o el Director de Ejecución, podrán indicar como procedimiento alternativo más preciso, el que se indica a continuación: Se medirá con un instrumento que permita apreciar, al menos, centésimas de milímetro la longitud total del tornillo apretado. A continuación se aflojará por completo la tuerca midiéndose de nuevo la longitud total.

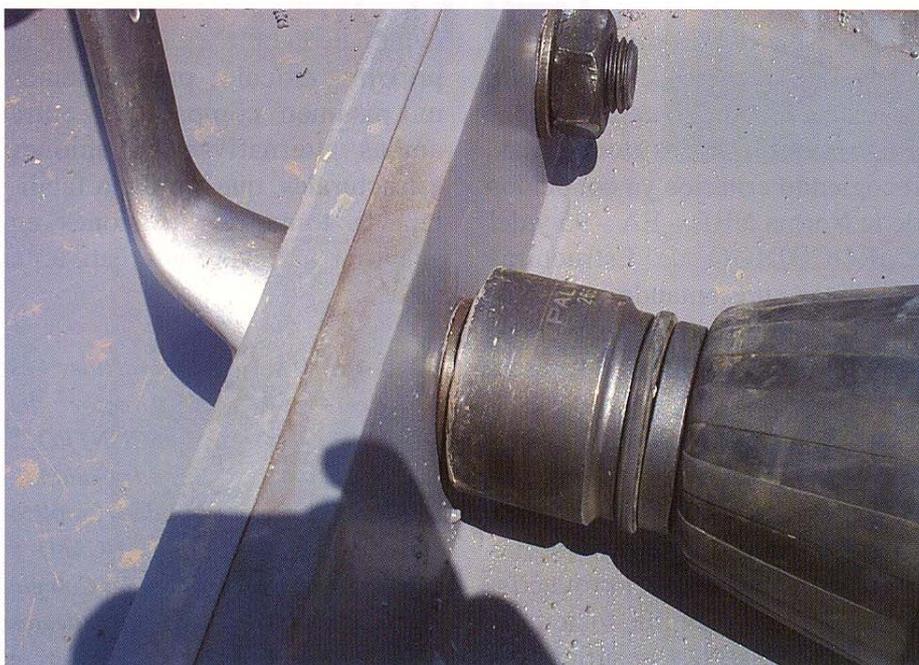
- Para garantizar una adecuada unión, las tuercas se apretarán

mediante llaves dinamométricas, que miden el momento torsor aplicado, hasta alcanzar el valor prescrito. Los tornillos de una unión deben apretarse inicialmente al ochenta por ciento del momento torsor final, empezando por los situados en el centro y terminar de apretarse en una segunda vuelta, para garantizar su adecuado acabado.

- Cuando de estas pruebas se deduzca que un tornillo está insuficientemente apretado, se comprobarán otros dos de la misma unión, si ambos resultan estar correctamente apretadas, se aceptará la unión. En caso contrario, se comprobarán todos y cada uno de los tornillos de la misma.

Otros detalles en uniones atornilladas

Además de todo lo anteriormente expuesto, no hay que olvidar algunos detalles concretos, en cuanto a la ejecución de los orificios y la colocación y apriete de la tornillería. Como norma gene-



Equipo de apriete de tomillería en una estructura metálica cuyos nudos están resueltos mediante uniones atornilladas. Una vez finalizado el proceso de montaje, se procede a su inspección y control, comprobando el par de apriete, mediante la correspondiente llave dinamométrica

ral, los orificios para tornillos se ejecutaran con taladro, quedando prohibida su ejecución mediante soplete o arco eléctrico. No debemos olvidar que un taladro supone una discontinuidad en la chapa y por tanto, su debilitación, que debe tenerse siempre en cuenta.

Se permite el punzonado en espesores no superiores a quince milímetros. Cuando la estructura vaya a estar sometida a cargas predominantemente estáticas, el diámetro del orificio será por lo menos igual a vez y media el espesor y se adoptarán las medidas oportunas para la coincidencia de los orificios que deban corresponderse. Se podrá efectuar el punzonado al tamaño definitivo, con tal de utilizar un punzón que ofrezca garantías de lograr un orificio de borde cilíndrico, sin grietas ni fisuras. En caso contrario, se punzonarán los agujeros con un diámetro máximo inferior en tres milímetros al definitivo, rectificándolos mediante escariado mecánico posterior. De igual forma se procederá con los orifi-

cios taladrados cuando deba rectificarse su coincidencia.

Siempre que sea posible, se taladrarán de una sola vez los orificios que atraviesen dos o más piezas, después de armadas, atornillándolas fuertemente. Después de taladradas las piezas, se separarán para eliminar las rebabas.

En cada estructura, se procurará que los tornillos utilizados sean solamente de dos tipos o como máximo de tres, de diámetros bien diferenciados, para evitar posibles confusiones y facilitar así las labores de montaje primero y de supervisión, control e inspección, después.

El diámetro nominal del tornillo ordinario es el de su espiga. El diámetro del orificio será un milímetro mayor que el de su espiga. En el caso de los tornillos calibrados, se designarán por los mismos diámetros nominales que los tornillos ordinarios, diámetros que corresponden, en este caso, al borde exterior del fileteado y su espiga será torneada con diámetro igual al del orificio.

Las superficies de las piezas a unir deberán acoplar perfectamente entre sí, después de realizada la unión. Estas superficies estarán suficientemente limpias y sin pintar. La grasa se eliminará con disolventes adecuados. Para eliminar la cascarilla de laminación de estas superficies, se someterán al tratamiento de limpieza mediante chorro de arena, granallado, decapado por llama, etc.

Como ya se ha dicho, se insiste en la necesidad de colocar siempre una arandela bajo la cabeza y otra bajo la tuerca.

Control dimensional

Antes de autorizar el envío de una pieza a obra, se comprobarán, las siguientes dimensiones: Longitud total, longitud entre apoyos, canto, diagonales principales, rectitud, distancias entre grupos de taladros, perpendicularidad a placas de base y a placas frontales, si existen, posición de casquillos de apoyos y cartelas.

Aquellas piezas en las que alguna dimensión esté fuera de tolerancia, será reparada. Si alguna de las piezas no ofreciese las garantías suficientes, la pieza será rechazada, marcada de forma indeleble y apartada de la zona de fabricación. De igual forma se actuará en la obra.

Se comprobará además, que cada pieza ha sido fabricada con los perfiles y chapas indicados en el proyecto. Si se observase que una pieza ha sido fabricada con algún perfil o chapa distinta al indicado en el proyecto, será rechazada. Si los perfiles empleados fuesen de resistencia igual o superior a los indicados en el proyecto, se podrá autorizar el envío a obra de la pieza en cuestión.

Otras dos circunstancias impor-

tantes que se dan en estructuras atornilladas, son la necesidad de disponer de suficientes medios técnicos en taller, para ejecutar los taladros de forma automática y con suficiente precisión, además de que este tipo de uniones requiere un especial cuidado en el replanteo, tanto en obra como en el montaje de piezas en taller, con lo que todo ello lleva consigo.

Con todo lo anteriormente expuesto se deduce que se hace necesario disponer de una "cultura del atornillado" como "herramienta" básica para llevar a buen término, la ejecución de una obra con este tipo de unión estructural. Para finalizar, no podemos olvidar la influencia de la reciente

publicación del Código Técnico de la Edificación (C.T.E), donde se dedica un amplio capítulo a las uniones estructurales atornilladas, recogiendo criterios ya conocidos de la Norma NBE - EA - 95 y del EUROCÓDIGO de Estructuras Metálicas, presentando un compendio de todo ello, planteándose así el futuro normativo de estas estructuras.

Con estas indicaciones, siendo conocedores de las ventajas e inconvenientes de las uniones soldadas y ahora también, de las uniones atornilladas, el proyectista tendrá una amplia visión de ambas alternativas y suficientes elementos de juicio para decidirse por uno u otro sistema, depen-

diendo de la obra a ejecutar. En el próximo artículo, presentaremos un resumen comparativo entre ambas alternativas de uniones estructurales, que sin duda facilitará la toma de decisiones en cuanto a una u otra alternativa.

(*) *Jesús H. Alcañiz Martínez, es Arquitecto Técnico, Director del "GABINETE DE CONTROL" (Organización de Control de Calidad), Profesor de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM) y Especialista en Materiales del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de la Región de Murcia (COATMU).*

e-mail: gabinetedecontrol@ono.com

Ispen

Inspecciones del Sureste S.L.

La Seguridad más cerca de ti.

ISPEN es un Organismo de Control Autorizado (O.C.A.) para la realización de la inspección en los campos reglamentarios eléctricos tanto en Baja Tensión como en Alta Tensión.

INSPECCIONES INICIALES

- Instalaciones industriales con potencia instalada superior a 100 kW.
- Locales de Pública Concurrencia.
- Locales con riesgo de incendio o explosión, de clase I excepto garajes de menos de 25 plazas.
- Locales mojados con potencia instalada superior a 25 kW.
- Piscinas con potencia instalada superior a 10 kW.
- Quirófanos y salas de intervención.
- Instalaciones de alumbrado exterior con potencia instalada superior a 5 kW.

INSPECCIONES PERIÓDICAS

- Cada 5 años todas las instalaciones que precisaron inspección inicial.
- Cada 10 años, las instalaciones comunes de edificios de viviendas de potencia total instalada superior a 100 kW.
- Cada 3 años en Centros de Transformación.

CONSÚLTENOS, solicite un PRESUPUESTO sin compromiso

968 110 071

O.C.A.
Organismo de Control Autorizado