

## Historia y evolución de la forja del metal

Algunas fuentes sitúan los orígenes de la antigua técnica de forja de metales entre 6000 y 9000 años atrás. Fue entonces cuando los habitantes de Oriente Medio, sentados alrededor de una hoguera, se fijaron en cómo el roce de la llama era capaz de cambiar por completo el aspecto del metal y, con suficiente esfuerzo, incluso transformarlo en objetos nuevos y útiles, como herramientas agrícolas, armas y piezas de joyería.



Desde que apareció el bronce a finales del siglo IV a.C., las armas forjadas se volvieron más resistentes y la forja se extendió por vastos territorios, desde la India, China y Japón hasta el Mediterráneo. Durante siglos de práctica, la gente fue mejorando la tecnología de la forja.

Con la invención de la primera máquina de vapor en el siglo XIX, la forja dio un gran paso adelante. El desarrollo de martillos neumáticos y de vapor muy potentes, seguidos de martillos con ejes motrices, hizo posible la producción de objetos forjados para las industrias del ferrocarril, la automotriz, la agricultura y la construcción, así como para el ejército.

El invento del horno a cielo abierto y los hallazgos de recursos naturales adecuados fueron determinantes para el desarrollo de la industria de la forja. Había amplias reservas de mineral de hierro con alto contenido en fósforo y azufre para fundirlo y obtener aceros de alta calidad. Con ello la industria consiguió un equipo de vanguardia, así como unas materias primas asequibles y de calidad.

En el siglo XX, la creciente aplicación del sistema de calentamiento por inducción eléctrica con semiconductores contribuyó a la expansión de la industria. Gracias a los calentadores por inducción se pudo mejorar considerablemente la capacidad de producción y las tolerancias de diseño de los objetos forjados.

La revolución industrial y la Segunda Guerra Mundial influyeron notablemente en el desarrollo de la forja. A medida que el equipo de forja a presión iba mejorando, también lo hacía el propio proceso de forja. Por otra parte, la necesidad de disponer de grandes cantidades de armas favoreció considerablemente la evolución de la industria.



¿Qué ocurre hoy en día? El mundo está en continuo cambio y no se detiene nunca. La forja moderna cuenta con martillos hidráulicos y neumáticos dirigidos por ordenador. Los equipos de precisión fiables son útiles para muchas cosas, y los productos fabricados con acero forjado son ampliamente utilizados en las industrias aeroespacial, automotriz, minera, agrícola y energética, entre otras.

En el mundo actual, la forja se está convirtiendo cada vez más en un arte. Se fabrican joyas con metales preciosos e incluso se forjan objetos de decoración en interiores y exteriores. El arte de la forja de metales permite fabricar objetos muy bonitos, a veces verdaderas obras de arte.

### **De la historia a la tecnología**

La técnica de forjado de metales se emplea en la conformación de metales mediante la aplicación de una determinada fuerza. Hay procesos de forja en frío y en caliente, según la temperatura a la que se trate el metal. La masa de los artículos forjados varía desde unos cientos de gramos hasta cientos de toneladas. Para forjar el acero hace falta un sistema de calentamiento por inducción, un horno de forja y otros equipos para calentar. Los lingotes de acero y hierro suelen forjarse en caliente. Los artículos de acero forjados a altas temperaturas se caracterizan por una menor porosidad superficial, estructura de grano fino, alta resistencia y durabilidad. Son las mejores características posibles al trabajar el acero.

Cuando el acero es calentado a la temperatura de forja, se vuelve muy dúctil y se le puede dar cualquier forma. Resulta curioso observar cómo un metal sólido se va transformando poco a poco hasta adoptar una forma determinada. Se pueden forjar casi todos los tipos de metales, ferrosos y no ferrosos. En la forja es posible utilizar aceros de distintas composiciones químicas, por ejemplo, aceros al carbono, aleados, de alta aleación e inoxidables.

Las dos modalidades principales de forja dependen de la temperatura utilizada para trabajar el metal.

**La forja en caliente** ocurre cuando el metal es calentado a altas temperaturas antes de ser trabajado para reducir su resistencia a la deformación. En el caso del acero (dependiendo de la aleación y el contenido de carbono), la temperatura oscila entre 800°C y 1.250°C, siendo superior a las temperaturas de recristalización y de transición de fase, lo que facilita el conformado de la aleación. Para las aleaciones de aluminio, la temperatura de forja en caliente es sustancialmente inferior: 420-500°C. La forja en caliente hace posible la fabricación de objetos con formas complejas, así como de productos pesados o voluminosos.



**La forja en frío** se lleva a cabo sin tratamiento térmico por debajo de los 150°C. Esta técnica reduce la maleabilidad y exige mucha fuerza, lo que limita considerablemente la aplicabilidad de la técnica.

Según se utilicen o no matrices, los procesos de forja de metales se pueden dividir en forja sin matriz (forja manual o a máquina libre) y forja con matriz. ¿En qué se diferencian?

En la forja libre, la pieza metálica se trabaja con máquinas especiales de forja, martillos y prensas hidráulicas. La deformación del producto se produce durante el proceso de torneado hasta que este obtiene la forma necesaria.

En caso de necesitar un objeto de forma compleja, hay que recurrir a la forja con matriz cerrada, donde el metal se coloca entre dos matrices con las que se obtiene la forma requerida. La forja libre se utiliza principalmente para elaborar piezas únicas y lotes pequeños, mientras que en las empresas se recurre con más frecuencia a la forja en matriz para fabricar grandes lotes de artículos de uso común.

El acero forjado difiere del acero obtenido por medio de otras técnicas. Es muy resistente, duradero y fiable, con una composición y estructura uniformes. Con todo, las dimensiones y el espesor del acero que se puede forjar tienen límites, puesto que dar forma a los metales es una tarea bastante ardua.

Hoy en día, los productos forjados están entre los mejores y más solicitados artículos metálicos del mundo. Sus excelentes propiedades hacen del acero forjado un material ideal para crear estructuras capaces de soportar grandes cargas. Las industrias automotriz, naval, de ingeniería mecánica y petrolera también confían en los productos forjados para una amplia variedad de usos. Incluso la industria aeroespacial emplea el acero forjado para lanzar al espacio las modernas naves espaciales que tienen incorporadas piezas forjadas. La forja sigue siendo hoy una importante industria a escala mundial que contribuye al avance de la humanidad.



Por muy extraño que parezca, a pesar de que el acero forjado posee unas propiedades extraordinarias y que las espadas forjadas se apreciaban por su filo, flexibilidad y durabilidad, los arqueólogos han hallado muchas espadas vikingas destrozadas o rotas. Y eso que los vikingos afirmaban que sus espadas eran imposibles de romper. En

uno de los museos de Berlín se exhibe una espada rota con el nombre Ulfberht grabado en la hoja. Se trata de un distintivo de fabricante que, a menudo, se encuentra en las espadas de los siglos IX-XI. Durante sus invasiones, los vikingos solían subir por el río Rin para comprar espadas a los herreros alemanes. Ulfberht era una de esas herrerías. Las espadas con la marca del fabricante se consideraban de calidad superior, como ocurre, por ejemplo, con la marca Chanel en el mundo de la moda actual.

Las espadas Ulfberht destacaban por su fuerza punzante única, su acero irrompible y su resistencia. Incluso hoy en día, hay unas tiendas especializadas que hacen réplicas de las antiguas armas de Ulfberht. Si hoy quisiéramos crear una espada con las técnicas de la antigua herrería alemana, sería imprescindible usar aceros blandos y duros. La fabricación requiere un laborioso martilleo para combinar los metales, así como el calentamiento en el fuego para obtener una composición molecular correcta. El proceso es complejo y, sin duda, nadie se libraría de algún que otro fallo. Sin embargo, la técnica aseguraba la cantidad necesaria de carbono en el acero, con lo que se obtenía una hoja afilada y duradera.

Entonces, el misterio está en saber por qué el ejemplar del museo no era de tan buena calidad. Lamentablemente, no todos los vendedores de armas del siglo XI demostraron ser de fiar. Algunos de ellos estampaban el distintivo de fabricante de Ulfberht en espadas forjadas por otros herreros que no siempre empleaban la técnica correcta, lo cual afectaba a la calidad. Además, para que su mercancía se vendiera, podían grabar fácilmente la marca de fabricante de Ulfberht en esas espadas.

Así, conseguían que una falsificación de mala calidad pareciera una espada forjada en la legendaria herrería. Su atractivo precio y la famosa marca del fabricante eran suficientes para convencer a un vikingo desprevenido a comprar una espada que apenas se parecía a la de Ulfberht en cuanto a calidad. Con el primer golpe en la armadura de acero de su adversario, el vikingo se daría cuenta de la calidad de la espada. En definitiva, el misterio de la espada rota tiene más que ver con la naturaleza del ser humano que con la calidad del acero.

A lo largo de la historia, la forja profesional fue muy solicitada en diversos campos: desde la agricultura, el armamento, la fabricación de joyas o la metalurgia artística hasta las potentes industrias modernas de ingeniería mecánica y aeroespacial. A pesar de su veteranía, la forja no deja de evolucionar, aplicar las nuevas tecnologías y, en ocasiones, es realmente indispensable para el desarrollo de nuestra civilización.