

Forja De Espadas



En tiempos remotos la fabricación de espadas representaba el pináculo del arte de la ingeniería. En la actualidad, algunas de esas tecnologías ancestrales se usan para fabricar espadas para fines diversos.

La búsqueda de mejores armas y armaduras ha impulsado al arte y la ciencia de la metalurgia. Culturas europeas, orientales y de medio oriente han desarrollado tecnologías metalúrgicas y de herrería adecuadas para sus espadas de defensa personal y de uso militar. Las espadas fueron, además de armas, símbolos de la posición en el gobierno, el estatus social y la riqueza.

Por mucho tiempo la fabricación de espadas fue lo más destacado del arte ingenieril. Mediante técnicas aun hoy poco conocidas, los antiguos herreros fueron capaces, sin conocimiento científico ni equipamiento analítico, de convertir un mineral bruto en metal refinado. A partir de este material produjeron las herramientas más livianas, resistentes y tenaces, apropiadas para un uso donde la falla significaba la muerte.

Las primeras espadas

Las primeras espadas eran de bronce fundido, con los filos cuidadosamente trabajados en frío, y datan aproximadamente del 1700 a.C. Estas espadas pueden resultar probablemente más filosas y duras que las de hierro, pero son también más frágiles, mientras que las de hierro, que aparecieron hacia el 700 a.C., son más flexibles.

La espada corta romana, *gladius* –un arma de infantería- se usaba normalmente junto con un escudo de defensa. Los romanos desarrollaron estrategias y tácticas de guerra efectivas basadas en esas armas y en soldados disciplinados, en contraposición a sus enemigos que practicaban el combate con guerreros individuales. La espada romana de caballería fue la *spatha*, un arma más larga, de doble filo.

Los diseños por soldadura (*pattern welding*) se desarrollaron en Europa durante la expansión de los romanos, quienes fueron incorporando los conocimientos y habilidades de los pueblos conquistados; fue así que las espadas producidas por esta técnica pasaron a integrar el arsenal de los ejércitos romanos. La técnica de diseño por soldadura consistía en unir (mediante soldadura por forja) distintos tipos de acero, para mejorar la resistencia y tenacidad del material. Capas de acero con alto contenido de carbono y formadores de carburo, se alternaban con capas de acero con menor contenido de carbono y formadores de carburo. En esa época, el acero soldado por forja se encontraba casi exclusivamente en las ranuras centrales que se hacían a las hojas para reducir la masa y mejorar la flexibilidad y equilibrio. Se llegaron a desarrollar diseños intrincados que eran considerados la **marca** del maestro herrero.

Desarrollos europeos

Las espadas largas europeas desarrolladas a partir de la *spatha* romana, fueron la principal arma de los caballeros durante la Edad Media y el Renacimiento.

El uso de las armaduras provocó, hacia 1400, la aparición de espadas para estocadas, armas ofensivas que se utilizaban para romper armaduras; y el escudo se utilizaba como defensa. Después de generalizarse el uso de la pólvora, las pesadas armaduras de defensa quedaron obsoletas y la espada se convirtió en arma tanto de defensa como de ataque. Las espadas renacentistas tenían una empuñadura más simple que la del estoque.

El estoque y la daga fueron desarrollados como armas de defensa personal y, por supuesto, para la defensa del honor en duelos. Los estoques no fueron considerados para el combate, sino principalmente como un arma para la nobleza. En efecto, Enrique VIII de Inglaterra promulgó una ley prohibiendo el uso del estoque a quien no fuera noble, con la intención de poder distinguir a simple vista un noble de un plebeyo.

Los italianos desarrollaron el estilo de pelea florentino con dos armas: un estoque para ataque y una daga para defensa. Las mismas eran diseñadas de modo tal que pudieran enfundarse ambas armas en una única vaina, de manera que hasta que se desenvainaban parecía haber sólo un estoque.

A medida que los estoques se fueron perfeccionando y haciendo más livianos, evolucionaron hacia la espada pequeña (florete), un arma liviana y mortal, usada en las cortes de Europa. Los duelos se hicieron tan comunes que muchos países se vieron forzados a prohibirlos. No obstante, esta práctica continuó en secreto muchísimo tiempo después de estas prohibiciones. Los movimientos defensivos empleados previamente con las dagas, se incorporaron a las técnicas de la espada pequeña. La evolución hacia una única arma para ataque y defensa que surge con las espadas pequeñas, derivó en el deporte de la esgrima.

Medio Oriente

Especialmente destacadas dentro de las espadas islámicas fueron la *yataghan* persa, la *cimitarra* y el *acero de Damasco*. *Damasco* fue un término europeo posterior para denominar al acero hecho a partir de *wootz* (lingotes de acero de ultra-alto carbono) probablemente originarios de la India, pero encontrados por los europeos en los alrededores de Damasco, Siria. Además de los aceros de Damasco, en Medio Oriente se hacían espadas a partir de hierro proveniente de meteoritos, aprovechando la ventaja de la estructura dendrítica y del contenido de aleantes.

Espadas Japonesas

Las *katanas* y otras espadas japonesas estaban basadas en espadas de acero rectas y de doble filo, a causa de una antigua influencia china. La espada larga (*katana*) y la corta (*wakizashi*) fueron equivalentes al estoque y la daga europeas, tanto en forma como en función.

Las armas japonesas partían de arenas ricas en hierro que se transformaban en *tamahagane*, que eran lingotes esponjosos refinados varias veces por los herreros. Los herreros forjaban y plegaban el metal, que luego era refinado eliminando las

inclusiones de escoria por prensado, preparando el material para el forjado final. Las espadas se hacían normalmente ensamblando partes. El proceso completo de fabricación era un arte venerado.

Las figuras o diseños se lograban mediante una técnica tradicional (única en Japón) de tratamiento térmico.

Metalurgia y tecnología de las espadas

Las espadas se hacen a partir de barras calentadas en fraguas de carbón vegetal, coque o gas, las cuales se forjan en prensas, martinets, o con yunque y martillo. La terminación se hace siempre a mano, seguida de un aguzamiento escalonado (mediante amolado) del perfil y bordes de la hoja. Este aguzamiento juega un papel importante en la flexibilidad. Por último es tratada térmicamente.

La metalurgia de las espadas difiere en varios aspectos de la metalurgia de cuchillería. El principal requerimiento para un cuchillo es la capacidad de conservar el filo, por lo tanto su tratamiento térmico está diseñado especialmente para alcanzar una alta dureza en toda la hoja. La microestructura usual es martensita revenida, con una dureza igual o mayor a 62 HRC.

Las espadas requieren mayor tenacidad y flexibilidad. La dureza típica está comprendida entre 50 y 60 HRC. Su microestructura es más compleja: martensita revenida en los filos (que ayuda a su conservación), alrededor de un núcleo bainítico que proporciona tenacidad y flexibilidad.

Tratamientos térmicos

Usualmente las hojas de espada son tratadas térmicamente una por una. El tratamiento térmico debe diseñarse de forma tal de alcanzar el gradiente de microestructura. Uno de los procesos preferidos consiste en un austenizado seguido por un *martempering*, que brinda al herrero algunos minutos para efectuar operaciones de enderezamiento antes de que la transformación martensítica haga esto impracticable. Por último se hace un pulido y se efectúan ensayos de flexión manual, así como también un examen visual para verificar forma y acabado.

Las técnicas de tratamiento térmico japonesas incluyen un recubrimiento de la hoja con arcilla, dejando los filos expuestos. En la interfase entre las zonas cubiertas y las expuestas se desarrollan microestructuras complejas: el filo es martensítico, el área central es una región de transición de martensita, bainita y perlita, y la parte posterior es perlita. La elaboración de diseños o figuras se logra modelando el recubrimiento de arcilla previamente al tratamiento térmico. Las variaciones locales de microestructura se hacen visibles mediante el pulido posterior, destacando las figuras.

Actualmente los artesanos prefieren los diseños por soldadura, porque posibilitan mayor creatividad que el acero simple. A estos materiales se los denomina impropriamente *aceros de Damasco*, aunque son totalmente diferentes de los originados en medio oriente en la antigüedad.

Aceros de Damasco

El acero de Damasco contiene vanadio, cromo, molibdeno y otros formadores de carburo que ayudan a desarrollar curiosos diseños en el producto final. Estos diseños se hacen visibles mediante ataque químico de la hoja.

Los estudios históricos y la colaboración entre académicos y artesanos han mejorado el conocimiento de la química, microestructura y tratamientos térmicos adecuados para lograr diseños comparables a los aceros de Damasco históricos.

Los aceros de Damasco se producían a partir lingotes en forma de disco (denominados *wootz*) de acero de ultra-alto carbono (~ 1,5%) originarios de la India. El proceso de fabricación de los *wootz* consistía en reducir el mineral de hierro con carbón vegetal en hornos de piedra, el hierro esponja así obtenido se pulverizaba por martillado, luego de eliminar las impurezas se lo colocaba en un crisol junto con carbón en polvo y se calentaba hasta 1200 °C, se vaciaba (en estado pastoso) en un molde y se lo dejaba enfriar lentamente. Las espadas debían forjarse a temperaturas entre 650 y 850 °C, rango en que el material era superplástico (a temperaturas más altas el material es frágil y se desintegra).

Las espadas hoy

Hacia el siglo XX las espadas prácticamente no fueron usadas para defensa personal. El uso militar también fue limitado. Pero el arte y habilidad de hacer espadas no murió. Los forjadores de espadas poseen hoy la ventaja de los conocimientos metalúrgicos actuales, que combinados con tecnologías modernas y tradicionales permiten proveer espadas a la industria cinematográfica (filmes históricos y de fantasía), el teatro y las artes marciales.

Un mercado importante es el de los coleccionistas, para quienes se crean piezas artísticas, cuyos precios oscilan desde cientos hasta varios miles de dólares.

Mientras, los investigadores continúan analizando piezas arqueológicas para poder comprender las tecnologías usadas por los antiguos herreros. Los diseños por soldadura, los *wootz* y los aceros de Damasco marcarán en el futuro la corriente principal en la fabricación de espadas, debido a los maravillosos diseños que pueden lograrse con estos materiales.

Los forjadores de espadas, con su pasión por revivir la historia, continuarán fabricando espadas que atraigan a los ojos y nos informen acerca del pasado.

Fuente: Advanced Materials & Processes, vol. 162, N° 8. Agosto 2004.

Páginas Web: <http://www.brisa.fi>; <http://metalg.iisc.ernet.in>; <http://www.tms.org/>;
<http://en.wikipedia.org>; <http://www.vikingsword.com>; <http://www.bladegallery.com>;
<http://damascus.free.fr>; <http://www.metaweb.com>; <http://bronksknifeworks.com>;
<http://www.ucm.es>; <http://www.metalunivers.com>; <http://omega.ilce.edu.mx:3000>;
<http://www.metalunivers.com>; <http://www.abacoarte.com>.



Cátedras: *Conformado plástico de metales.*
Pulvimetalurgia.

e-mail: jculcasi@ing.unlp.edu.ar



El diseño por soldadura se desarrolló en Europa durante la era romana.

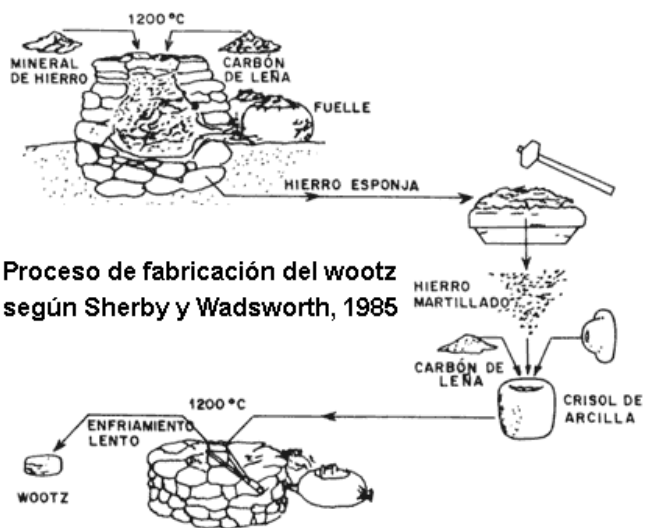
En esta réplica de espada romana los diseños se encuentran en la hoja, la guarda y el pomo.



El estoque no fue considerado un arma militar, sino mas bien un arma para defensa personal y para duelos.

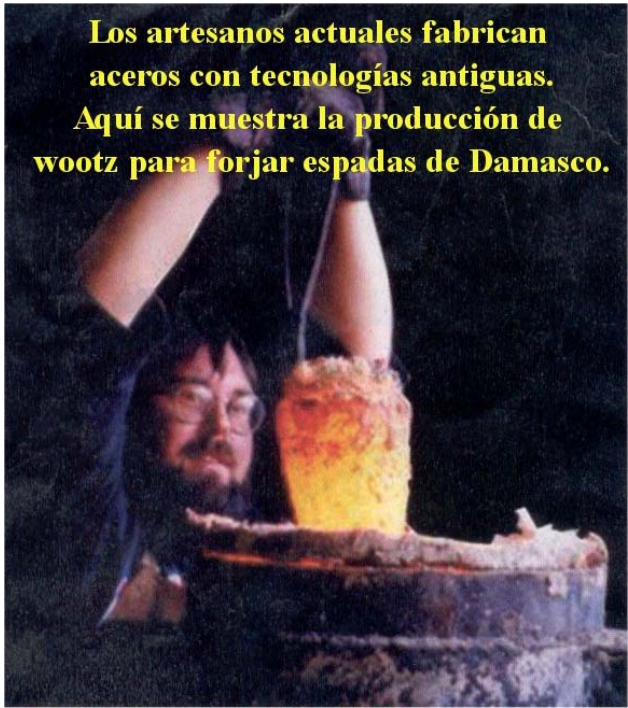


La espada medieval posee una empuñadura mas simple que el estoque.



Proceso de fabricación del wootz según Sherby y Wadsworth, 1985

Mineral del hierro y carbón vegetal se ponían en un horno de piedra para formar hierro esponja, que se martillaba, se colocaba en un crisol cerrado con polvo de carbón y se metía al horno. Al llegar a 1200°C, se formaba el wootz.



Los artesanos actuales fabrican aceros con tecnologías antiguas. Aquí se muestra la producción de wootz para forjar espadas de Damasco.



Espada fabricada para la película Conan El Bárbaro.



Espada fabricada para un coleccionista, con hoja curva y una calabera en el pomo.