

# A E R O T E C N I A

---

UNA SUGESTIÓN A LOS LABORATORIOS OFICIALES

## Investigaciones sobre la cementación de los aceros

Por RAFAEL CALVO RODÉS

*Profesor de Metalurgia de la Escuela Superior Aerotécnica*

SIEMPRE hemos sido entusiastas de los laboratorios de investigación. Comprobar prácticamente la verdad o falsedad de una nueva teoría, seguir paso a paso hasta qué punto una idea se ajusta a la realidad, aun en investigaciones minúsculas, proporciona emociones que sólo pueden concebir los que han trabajado en tan sugestivos medios.

Sin embargo, estos laboratorios son caros; su rendimiento industrial muy pequeño, pues no siempre una investigación conduce a resultados que reporten beneficios económicos, sino que las más de las veces sólo proporcionan un mayor conocimiento técnico sobre la materia y en muchas su labor es negativa. En estas condiciones se comprende que no haya laboratorios de esta clase particulares, y que sólo los oficiales puedan dedicarse a tan costosa como indispensable labor.

Pero aun en los laboratorios oficiales se halla muchas veces dificultada la labor de investigación, no sólo porque la labor diaria y de rutina absorbe toda la atención y tiempo del personal, sino porque desgraciadamente la labor investigadora está depreciada por los profanos que no ven práctica y rápidamente el rendimiento de ella y creen que si no produce inmediatos descubrimientos sensacionales, ha sido estéril. No cabe mayor error. El laboratorio

ordinario podrá dar un rendimiento mecánico, pero nunca produce otra cosa que una práctica mayor o menor en el personal. El de investigación, en el peor de los casos, aun no haciendo otra cosa que comprobar verdades sabidas, obliga a estudiar constantemente y produce un personal competente, cuyos conocimientos serán de día en día mayores, y ¿qué mayor rendimiento para un laboratorio oficial en que debe buscarse más el rendimiento espiritual que el utilitario?

Esto sin decir que nunca está todo investigado, y, por tanto, el trabajo de los laboratorios de esta clase puede ser útil y efectivo y contribuir en mayor o menor grado a los avances de aquella rama de la ciencia a que se dediquen.

Nos proponemos en estas líneas sugerir a los laboratorios que puedan hacer investigaciones, una minúscula, sin importancia, pero que pudiera tener una aplicación apropiada si los resultados de ella fuesen satisfactorios.

\* \* \*

De los problemas metalúrgicos hoy planteados, es tal vez el más interesante el del desgaste de las piezas sometidas a rozamiento. La cementación primero y luego la nitru-

ración, ésta aún en mantillas, tienden a resolver el magno problema de dotar a la vez a las piezas de dureza, para protegerlas del desgaste, y ductilidad, para evitar su rotura por fragilidad, especialmente en aquellas piezas que soportan a la vez grandes rozamientos y esfuerzos. Ambos tratamientos dan la solución a base de constituir una

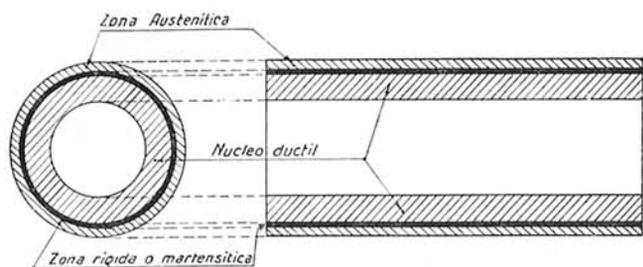


Fig. 1<sup>a</sup>

superficie de gran dureza y un núcleo de gran ductilidad, en la posibilidad de hacer que a la vez un material sea duro y no frágil. La nitruración, aparte de otras ventajas, proporciona una superficie más dura que la cementación y superior, por tanto, desde este punto de vista, pero aún queda mucho que hacer sobre ella para saber todo lo que es capaz de proporcionarnos. No es nuestro objeto ahora hablar de la nitruración, sino de las posibilidades que aún tiene la cementación en el campo de los aceros especiales y que tal vez pudieran darnos nuevas soluciones al problema del desgaste.

No siempre la resistencia al desgaste va acompañada de dureza mineralógica; ésta es una buena cualidad para el rozamiento, pero existen sustancias que con menor dureza mineralógica tienen mayor resistencia al desgaste. En los aceros, la constitución *martensítica* es mucho más dura que la *austenítica*; sin embargo, ésta resiste mucho más el desgaste que la primera.

Los aceros especiales, al permitirnos obtener fácilmente aceros totalmente austeníticos, han demostrado las altas cualidades que para resistir el desgaste tienen éstos, obteniéndose así, con dicha estructura, las piezas de acero sometidas a grandes rozamientos con completo éxito. Desgraciadamente los aceros austeníticos tienen un límite elástico bajo, lo cual imposibilita su empleo en un gran número de casos; en todos aquellos en que se necesita a más de resistencia al desgaste una rigidez elevada.

Parece, pues, que si con algún tratamiento pudiésemos en un acero suficientemente rígido producir una superficie austenítica, habríamos dado un nuevo paso en el problema de la duración de las piezas de los motores. Ahora bien: la rigidez va unida a la fragilidad, propiedad de la que debemos huir; sería, pues, preciso dar rigidez a una pieza no frágil y al mismo tiempo dotarla de una superficie

austenítica. Esto tal vez se consiguiese haciendo que una pieza de núcleo dúctil (ausente de fragilidad) y superficie austenítica, tuviese entre ambas una zona rígida. La figura 1.<sup>a</sup> representa un eje del émbolo que respondiese a esta idea.

Semejante combinación de propiedades sería posible si lográsemos, a un acero *perlítico* o *sorbítico*, darle una superficie austenítica y una zona intermedia martensítica, pues el núcleo perlítico o sorbítico daría a la pieza resistencia a los choques; la zona martensítica, rigidez, y la superficie austenítica sería la más apta al rozamiento. Además, la zona martensítica de gran dureza interpuesta entre dos de menor dureza, daría un lecho resistente a la superficie austenítica que impediría que las fuertes presiones pudiesen deformarla incrustándola en un apoyo, como ocurriría si apoyase directamente en el núcleo desvariado blando.

Resumiendo: buscamos dotar a un acero de una superficie de alta resistencia al desgaste, un núcleo de gran resistencia al choque y una intermedia de gran dureza y rigidez. Todo ello creemos poderlo conseguir logrando que la estructura del acero sea perlítica o sorbítica en el núcleo, martensítica en una zona intermedia y austenítica en la superficie.

Mediante el empleo de los aceros especiales se puede lograr la combinación de estructuras deseadas, como vamos a ver.

Las leyes de Guillet sobre los aceros ternarios establecen entre otras cosas:

Primero. Que en un acero ternario de una dosificación determinada de carbono, al aumentar la proporción de

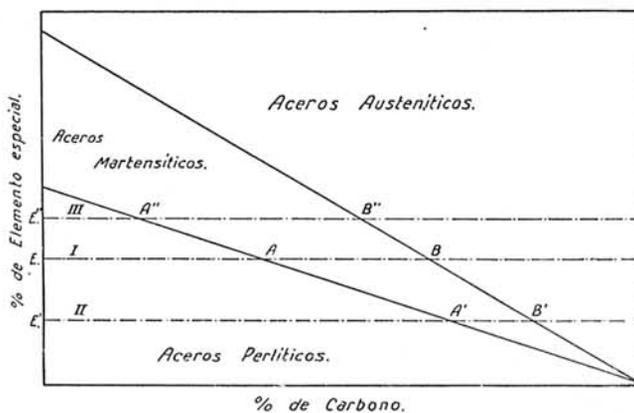


Fig. 2<sup>a</sup>

elemento especial, el acero, que enfriado al aire, por ejemplo, era perlítico, pasa a ser martensítico y austenítico finalmente.

Segundo. Que lo mismo ocurre para un acero ternario de una dosificación determinada de elemento especial, con proporciones crecientes de carbono.

Tercero. Que cuanto mayor es la dosificación en carbono, menor es la necesaria de elemento especial para conseguir el paso de una a otra estructura, y recíprocamente, cuanto mayor es la proporción de elemento especial, menor la necesaria de carbono.

Estas tres leyes están expresadas gráficamente en la figura 2.<sup>a</sup>, que presenta el diagrama práctico de Guillet, y en la que se expresa la estructura de un acero ternario con relación a la dosificación de carbono y elemento especial.

No todos los aceros ternarios cumplen las leyes anteriores en la forma expuesta, pero si las cumplen los aceros al níquel y al manganeso, y, por consiguiente, a ellos nos hemos de referir.

Si en la figura 2.<sup>a</sup> nos referimos a un acero *I* con una dosificación *E* de elemento especial, vemos que es perlítico hasta la dosificación *A* de carbono en que se transforma en martensítico, y cuando el carbono alcanza la dosificación *B*, se transforma en austenítico.

Tenemos, pues, que si en un acero ternario perlítico aumentamos la dosificación superficial en carbono hasta más allá del punto *A*, el acero, por enfriamiento al aire, será martensítico superficialmente y perlítico y sorbitico su interior, es decir, que sin inmersión en agua el acero templará, pero sólo superficialmente.

Si la cementación es más enérgica y rebasamos en carbono superficial el punto *B*, el acero será superficialmente austenítico, a continuación y hacia el interior martensítico y finalmente perlítico. Es decir, que tendremos la combinación de estructuras deseada.

Para que el problema quede resuelto no basta poder obtener la combinación de estructuras, es preciso además poder regular sus espesores en forma que nos den las cualidades que se buscan. Vamos a ver que también esto es posible.

Si en lugar de partir del acero *I* partimos del *II*, de una dosificación *E'* de elemento especial menor que *E*, es indudable que necesitaremos una cementación más enérgica para alcanzar la dosificación *A'* que produce la zona martensítica con enfriamiento al aire, pero, en cambio, como *B'* está más próximo de *A'* que *B* de *A*, alcanzaremos con poco más carbono la zona austenítica, es decir, que la zona martensítica será muy breve, ya que apenas hayamos rebasado el carbono necesario para producirla nos hallamos en la austenítica. Lo contrario ocurre con el acero *III*, de dosificación *E''* mayor que *E*, en que se alcanza la zona martensítica en *A''* antes que el acero *I*, pero necesita mucha mayor cementación para alcanzar la zona austenítica, puesto que  $A'' B'' > A B$ , y, por tanto, la zona martensítica será mayor que en el acero *I*. Vemos, pues, que puede regularse perfectamente con la

elección del acero y forma de conducir la cementación los espesores necesarios para las capas austenítica y martensítica.

Todavía tenemos un tercer factor que nos permitiría en caso necesario actuar sobre los espesores indicados, que sería la velocidad de enfriamiento del acero después de cementado, ya que hemos considerado hasta aquí que el enfriamiento era simplemente al aire, pero aumentando esta velocidad aumentaríamos la inclinación de las líneas del diagrama y con ello variaríamos la regulación. Claro está que es preferible, a poder ser, mantener el enfriamiento al aire, pues en esta forma, no sólo se facilitaría el tratamiento térmico de las piezas así cementadas, sino que se haría posible a piezas en que son de temer las deformaciones del temple.

Aunque en el diagrama real de Guillet las líneas de separación de las estructuras no son rectas como aquí hemos presentado, por sencillez, sino curvas asintóticas a ambos ejes, no por eso deja de ser cierto lo que hemos expuesto, con sólo despreciar las composiciones límites.

Tenemos, pues, al menos en teoría, la posibilidad de obtener por la cementación de aceros especiales, nuevas cualidades en las piezas sometidas al desgaste, que tal vez nos determinaran nuevas posibilidades en la fabricación.

La labor de investigación ha de ser larga y costosa.

Hay que experimentar aceros al níquel y manganeso de diversas composiciones, escalonadas con método para establecer exactamente su ley de] variación de estructuras con diversas cementaciones de energía y duraciones también escalonadas metódicamente. Hay que experimentar si la obtención de la *austenita* superficial determina una considerable mejora en la resistencia al desgaste; si una zona martensítica basta a dar rigidez a la pieza; el espesor más conveniente de la zona martensítica y austenítica para diversas cargas; si conviene reducir la fragilidad de esta *martensita* mediante un revenido apropiado, teniendo en cuenta la estabilidad que por proceder de un acero especial tiene. Hay que procurar defender la posibilidad de que las estructuras se obtengan simplemente con enfriamiento al aire desde la temperatura de cementación, para ahorrar todos los tratamientos posibles.

La labor de investigación es, lo repetimos siempre, larga y costosa. Por eso compete a los laboratorios oficiales realizarla. Si el plan que sugerimos condujese a un fin práctico, habría materia suficiente para justificar la finalidad de un laboratorio. Si no fuese así, siempre nos quedaría la enseñanza y un mayor número de datos experimentales sobre cementaciones en los aceros especiales y desgastes de los mismos. Nunca el trabajo habría sido estéril.