

EL ACERO ESPECIAL Y EL AUTOMÓVIL

M. Carmen Montero Pascual, I. I. Félix Repáraz López, Dr. I. I. Carlos Bertrand Merino, Lic. en Ciencias Físicas.
Sidenor Investigación y Desarrollo, S.A., Bilbao

Introducción

El acero especial, a pesar de los importantes cambios que se están realizando en el mundo del automóvil, mantiene una buena posición en el sector siendo el material preferido para la construcción de piezas y componentes donde intervenga la transmisión de potencia o sea necesaria una alta fiabilidad ligada a una larga vida de fatiga.

Los aceristas modernos fabricantes de productos largos de acero especial, al igual que los de productos planos y aceros inoxidables, han tenido que ir adaptando sus productos a las nuevas demandas. Esta adaptación se ha conseguido mediante trabajos de investigación y desarrollo, muy frecuentemente realizados en conjunto con los fabricantes del automóvil o sus suministradores de módulos y componentes.



Fig. 1. Fabricación y productos de acero especial.

Se presentan en este trabajo algunas de las cuestiones planteadas por los fabricantes de automóviles a los productores de materiales, así como algunas de las respuestas que Sidenor ha dado a estas preguntas a través de los desarrollos de innovación o adaptación de aceros realizados en su Centro de Investigación y Desarrollo en colaboración con algunos de los más importantes fabricantes del sector de automoción.

El acero y el automóvil

Actualmente se producen en el mundo cerca de 50 millones de turismos y vehículos ligeros de los que aproximadamente la tercera parte se fabrica en Europa. Espa-

ña, con cerca de tres millones de vehículos, es hoy el quinto país en el escalafón mundial del sector estando a escasa distancia de ascender al cuarto puesto por detrás solamente de las grandes potencias EE UU, Japón y Alemania.

La industria automovilística es una gran consumidora de materiales, y sobre todo de acero. Aunque algunos componentes de acero han sido sustituidos por otros materiales, el acero continúa siendo el material predominante en el automóvil. Se puede apreciar en la figura 2 cómo el acero representa más del 50% del peso total del vehículo en cualquiera de las configuraciones básicas (Europa, EE UU o Japón).

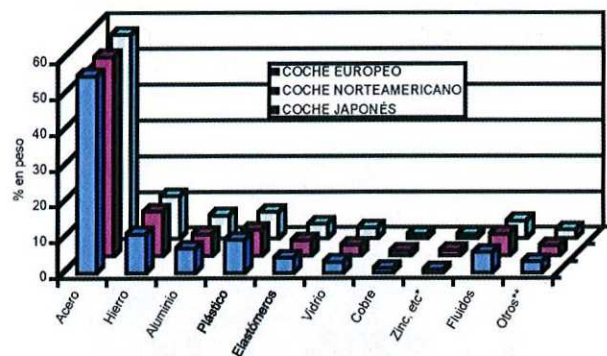


Fig. 2. Materiales empleados en diferentes vehículos.

Dentro de esta cantidad de acero, aproximadamente 120 kg netos de cada coche corresponden a piezas producidas a partir de productos largos de acero especial. El consumo europeo de estos productos alcanza los 2,5 millones de toneladas destinadas principalmente a piezas de los sistemas de propulsión, transmisión, caja de cambios, suspensión y dirección del vehículo.

Tendencias y exigencias del automóvil

Los fabricantes de automóviles y sus proveedores están realizando numerosos desarrollos debido a varias razones:

Ecología: El aspecto medioambiental es el de mayor importancia y obedece a una necesidad impuesta por la demanda social más que a razones económicas o de mercado. Llega a tener influencia en el cambio conceptual de los sistemas de propulsión.

Seguridad y fiabilidad: Son líneas de investigación permanentes que permiten mantener mercados y adaptarse a los movimientos de los competidores. Es dentro de estas líneas donde el acero especial mantiene su posición.

Diseño y estética: Su importancia y posición en la imagen de marca del automóvil es ya muy importante y va en aumento.

Reducción de costes.

Los factores anteriores han dado lugar a unas líneas de investigación genéricas de todos los fabricantes:

Reducción de las emisiones atmosféricas (CO_2 , NO_x , partículas sólidas,...):

Mejora de la eficiencia energética de los sistemas del automóvil, reducción de pérdidas térmicas y de fricción (resistencia a la rodadura, aerodinámica, energía de frenado,...), depuración de los gases de escape, etc.

En los sistemas de propulsión los esfuerzos están orientados hacia la optimización de los diseños actuales con modificación parcial o total de los mismos, incorporando nuevas fuentes de energía y nuevas tecnologías, para disminuir la dependencia respecto a los combustibles fósiles mediante un cambio conceptual de los motores.

- En el campo de los materiales se investiga principalmente en la reducción de peso para mejorar el consumo:

Desarrollando materiales ultraligeros y procesos para su conformado, de modo que permitan la adopción de

más sistemas auxiliares en el automóvil sin que el peso total del mismo aumente de forma apreciable.

Por ello se investiga en elementos estructurales (cuerpo y chasis), donde se plantean reducciones de hasta un 50% en peso. También se trabaja en componentes de los sistemas de propulsión con hasta un 10% de reducción de peso.

- Reducción de costes y optimización de materiales y procesos:

Materiales: costes de obtención, relación coste-propiedades, mejora de la relación resistencia-peso, mejora de la respuesta a los requerimientos en servicio, etc.

Procesos: optimización de los procesos, fabricación ágil (*Rapid Product Development*), reducción del tiempo de fabricación y respuesta al cliente, reducción de costes, etc. En general se tiende a procesos de fabricación más competitivos que se aproximen cada vez más a la forma final de la pieza (*near-net-shape*), con menos etapas y que reduzcan costes de mecanizado, acabado o pérdidas de material.

- Además hay que añadir el fenómeno de la globalización, que afecta a la cadena de suministro, proveedores globales, estandarización de componentes, plataformas comunes, mercados emergentes, competitividad, políticas comerciales, *outsourcing*, grandes fusiones entre fabricantes, etc.

Posición del acero especial en las demandas del automóvil

Desde el punto de vista que afecta a un fabricante de aceros especiales con destino principal al sector de Automoción, es importante destacar que los componentes del automóvil fabricados con acero especial son en general piezas de alta responsabilidad, bien en prestaciones y/o en seguridad, que forman parte de conjuntos tales como la dirección, el motor, la caja de cambios, la transmisión o la suspensión. La vida media de estos componentes tiene que ser superior a la vida útil del vehículo.

El acero especial presenta una ventaja diferencial por su elevada resistencia mecánica y buen comportamiento frente a sollicitaciones de fatiga (tiene límite de fatiga), así como por su facilidad para la puesta en forma, respuesta al mecanizado y adecuada soldabilidad, y todo ello a un coste muy competitivo.

La aparición de nuevos desarrollos en sistemas de propulsión y transmisión ha obligado a desarrollar alternativas modernas en los aceros especiales de forma que puedan ofrecer las características necesarias para mantenerse como el material preferente, a pesar de los cambios y sustituciones de algunos de los componentes o conjuntos montados en los automóviles con motores de combustión interna.

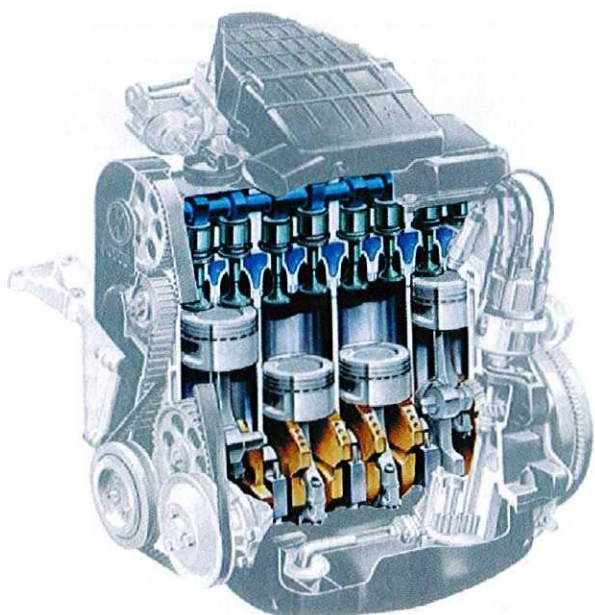


Fig. 3. Piezas de acero especial en el motor

Por tanto los aceristas han establecido una estrategia de vigilancia tecnológica que les permite conocer en todo momento tanto el posicionamiento actual de los diferentes productos de acero especial destinados a este sector, como las tendencias de la industria de componentes y las posibles amenazas tecnológicas a corto y medio plazo.

Finalmente el acero ofrece la ventaja derivada del amplio conocimiento de su comportamiento y fiabilidad por parte de la gran mayoría de los diseñadores y utilizadores.

Algunos desarrollos recientes de aceros especiales para el automóvil

Sidenor, que destina un 60% de su producción a este mercado, suministrando aproximadamente un 16% del consumo en Europa y que está también presente en el emergente mercado sudamericano merced a sus instalaciones en México y Brasil, ha afrontado el reto de modificar sus líneas de producción para mantenerse entre los líderes del sector mediante desarrollos realizados conjuntamente con sus clientes.

A continuación se presentan algunos de estos desarrollos como muestra de las posibilidades que ofrece la adaptación del conocimiento metalúrgico a los cambios detectados en las necesidades de empleo.

MOTOR: Desarrollo de un acero microaleado bainítico para cigüeñales (Peugeot-Citroën)

El motor de combustión (Figura 3) es el responsable de la transformación de la energía química del combustible en la energía mecánica que permite mover el automóvil.

El acero especial está presente en los motores en piezas como bielas, cigüeñales, árbol de levas, balancines, válvulas y sus muelles, etc., todas ellas sujetas a las tendencias y exigencias descritas anteriormente.

Los cigüeñales (Figura 4) se fabrican mediante procesos de forja a partir de tacos de acero especial. Posteriormente son sometidos a tratamientos térmicos de temple y revenido que consiguen dotarlos de las características mecánicas requeridas en estos componentes para la transmisión de la potencia del motor hacia la caja de cambios.



Fig. 4. Cigüeñal

Con el objetivo de reducir los costes de fabricación de los cigüeñales se ha sustituido el acero F 1202 (41Cr4) con 1% de cromo por el acero microaleado MICRO 950 (35MnV7) en un desarrollo realizado con el fabricante Peugeot - Citroën. Este acero microaleado bainítico ha permitido eliminar el tratamiento térmico de temple y revenido sustituyéndolo por un enfriamiento controlado posterior a los procesos de forja que permite alcanzar las características mecánicas deseadas. La adaptación del nuevo acero al proceso de forja se ha conseguido sin detrimento de las características de la pieza final.

CAJA DE CAMBIOS: Mejora de características en el eje de marcha atrás (Renault)

La caja de cambios (Figura 5) es el conjunto encargado de variar la cantidad de potencia transmitida desde el motor a las ruedas en función de las condiciones de conducción. En ella las piezas que se fabrican comúnmente con acero especial son los ejes, árboles primarios y secundarios, engranajes, sincronizadores, coronas, horquillas de cambio, manguitos, etc.

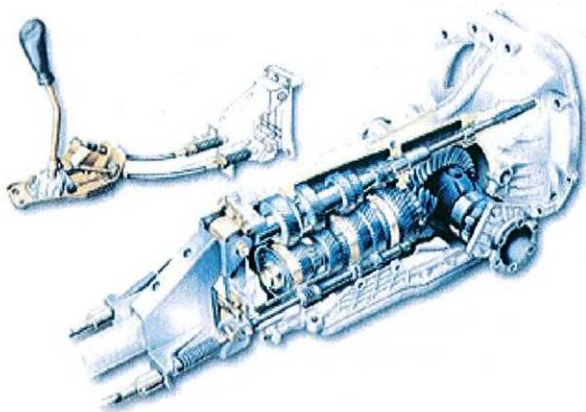


Fig. 5. Piezas de acero especial en la caja de cambios.

Sidenor ha llevado a cabo numerosos desarrollos junto con los forjadores para adaptar los aceros de cementación de las familias manganeso y manganeso-cromo con los que se fabrica toda la piñonería a los procesos de enfriamiento controlado o TDF (Tratamiento Directo de Forja) que permiten eliminar los tratamientos térmicos con una importante reducción de costos.

Dentro de este conjunto cabe resaltar el desarrollo realizado con Renault para mejorar las características del eje marcha atrás (Figura 6). En este caso se sustituyó un acero convencional al carbono por un acero microaleado MICRO 900 (38MnSiVS5) en estado estirado. Se consiguió un aumento del límite elástico que se tradujo en una reducción de las deformaciones y de los ruidos de la pieza en servicio: mejor NVH (Noise Vibration Harsness).



Fig. 6. Eje marcha atrás de la caja de cambios.

TRANSMISIÓN: Acero ecológico de alta maquinabilidad para satélites del diferencial (Daimler-Chrysler)

El conjunto de la transmisión (Figura 7), como su propio nombre indica, transmite la potencia desde la caja de cambios hasta la ruedas. Las principales piezas de acero especial son las juntas, ejes y palieres, engranajes del diferencial (satélites y planetarios), cubos de rueda, manguetas, portamanguetas, etc.

Algunos de estos componentes son piezas de geometrías complejas sujetas a costosos procesos de forja y mecanizado por lo que en muchos casos los desarrollos están orientados a la mejora de la respuesta al mecanizado.

Para los satélites del diferencial (Figura 8) de la transmisión automática de Daimler-Chrysler se ha aplicado el acero de maquinabilidad mejorada con tecnología Mecamax MB, un desarrollo propio de Sidenor.

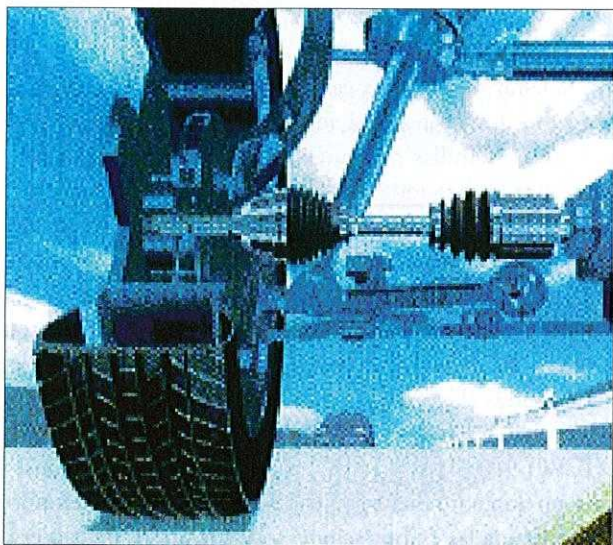


Fig. 7. Piezas de acero especial en la transmisión.



Fig. 8. Satélites del diferencial.

Esta tecnología, que es aplicable a una amplia gama de aceros entre los que se incluye el 27MnCr5 para carbonitruración empleado generalmente en estos componentes, incorpora el bismuto en su composición química como elemento aportador de maquinabilidad en sustitución del plomo o de los incrementos de azufre. Las mejoras de resultados obtenidos con esta técnica son notables en cuanto a la calidad superficial, reducción del tiempo de proceso y desgaste de las herramientas, aumentando la productividad de los utilizadores finales en torno al 15% y mejorando su competitividad frente a otros procesos de fabricación alternativos como la forja en frío.



Fig. 9. Muelles helicoidales de la suspensión.

Suspensión: Muelles de acero de alta resistencia

La suspensión (Figura 9) controla la estabilidad del vehículo y se compone de piezas de acero especial como los muelles helicoidales, vástagos de amortiguador, brazos de suspensión, rótulas, ballestas, etc.

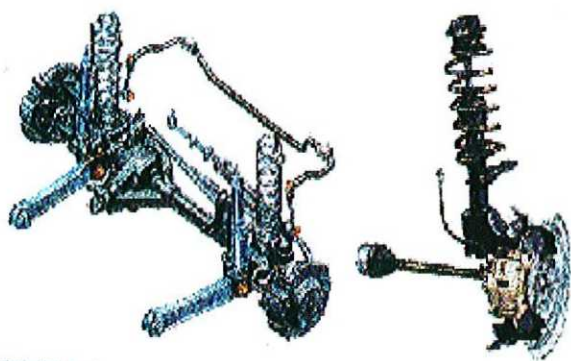


Fig. 1. Fabricación y productos de acero especial.

Los aceros para componentes de suspensión, como F1440 (55Si7) o el F1430 (50CrV4) incorporan elementos como silicio, cromo y vanadio (Si, Si-Cr, Cr, Cr-V) para aumentar el límite elástico.

Se están realizando varios desarrollos conjuntos con proveedores de estos componentes, como por ejemplo un brazo de suspensión con acero de alto límite elástico (950 MPa) que permita reducir peso y simplificar el proceso de forja.

En relación a los muelles helicoidales (Figura 9) se está desarrollando junto con Peugeot-Citroën un acero de alta resistencia ($>1.900\text{MPa}$) que, al presentar mayores características, permite fabricar muelles con una espira menos. Con ello no sólo se consigue una ligera reducción de peso sin pérdida de características, sino que permite, además, obtener un componente más compacto. Esto ofrece mayor flexibilidad en el diseño y disposición de las nuevas suspensiones de automóvil.

Es importante reseñar que en el diseño de este acero se han conseguido controlar las adiciones de elementos de alto precio, con lo que se pueden conseguir las ventajas mencionadas manteniendo el costo del componente final.

Dirección: Pistones de dirección hidráulica de altas prestaciones (TRW)

La dirección (Figura 10) actúa sobre las ruedas delanteras permitiendo variar la dirección de la marcha. El acero especial está presente en piezas como la cremallera, piñón, casquillo de unión, ejes de rótulas, sinfín, pistón, barra de torsión, etc.



Fig. 10. Piezas de la dirección.

Se están realizando desarrollos en varios sentidos en colaboración con los fabricantes tanto de automóviles como de direcciones en piezas como el pistón y el piñón. También se colabora en la adaptación de los componentes a las nuevas direcciones eléctricas que implican cambios en las especificaciones y en algunos procesos.

Como ejemplo de desarrollo mencionar el pistón de dirección para camión (Figura 11) de TRW, en el que se requería la adaptación del acero reduciendo el peso y tamaño del componente y mejorando el mismo tiempo su maquinabilidad. En este caso se sustituyó un acero de cementación al cromo-molibdeno de norma americana por el acero F-1258 con molibdeno con objeto de poder conseguir una pieza más compacta por el aumento de características. Este endurecimiento llevaba aparejado una reducción de la respuesta al mecanizado por lo que fue necesaria una posterior modificación con la introducción de bismuto para favorecer la maquinabilidad.

Rodamientos: Aceros al carbono de colada continua en rodamientos de 3ª generación (Delphi)

Como último ejemplo de desarrollo con clientes se expondrá el caso de los rodamientos.

Los rodamientos son componentes que están presentes en la mayoría de los conjuntos del automóvil y que cumplen una función básica en el acoplamiento de diferentes componentes, reduciendo la fricción entre una superficie fija y otra móvil. Su diseño se realiza con elevados coeficientes de seguridad.

Los requerimientos exigidos a los aceros especiales empleados en la fabricación de rodamientos son muy estrictos en cuanto a limpieza (estado inclusionario) y resistencia a la fatiga, y para su cumplimiento se precisa de un control minucioso del proceso de fabricación, que aumenta el coste de estos aceros de alto valor añadido.

En el caso de la transmisión de potencia a las ruedas los rodamientos que cumplen esta función están situados en el cubo de rueda. Su diseño ha variado respecto a las



Fig. 11. Pistón de dirección para camión.

configuraciones iniciales, integrando cada vez más los rodamientos en el propio componente. La filosofía de los rodamientos de 3ª generación (Figura 12) es la integración completa con el cubo de rueda, de forma que éste se fabrica con calidad de rodamiento. En el desarrollo llevado a cabo por Sidenor junto con el fabricante Delphi, aceros de rodamientos como el F1310 (100Cr6) se han sustituido por un acero al carbono F1170 (C70) fabricado por colada continua de palanquilla. Con esta sustitución se ha conseguido una importante reducción de costes manteniendo la fiabilidad de la pieza.

Conclusiones

Se han expuesto algunos ejemplos que muestran cómo el acero especial es un material vivo y continúa siendo la mejor alternativa de empleo en las piezas de alta responsabilidad del automóvil.

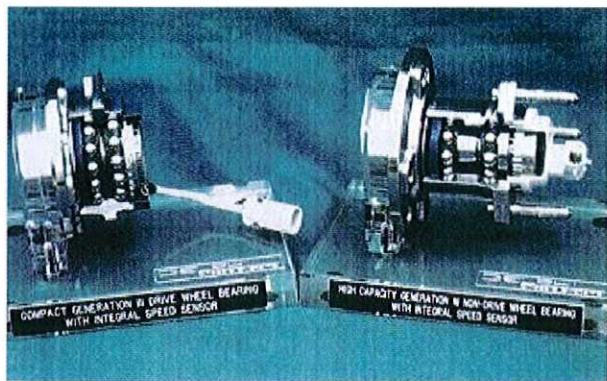


Fig. 1. Fabricación y productos de acero especial.

La difícil sustitución del acero especial por materiales alternativos está fundamentalmente basada en las elevadas características mecánicas que presenta: elevada resistencia mecánica, buen comportamiento ante sollicitaciones de fatiga gracias a tener un límite de fatiga conocido, capacidad y facilidad para la puesta en forma en frío o caliente (con o sin arranque de viruta), posibilidades de ser unido a sí mismo u otros materiales mediante la soldadura, etc...

Además, los procesos de producción del acero especial y su transformación posterior se realizan a un coste realmente competitivo. Los aceristas siguen trabajando en este sentido para mantener esos niveles de costes.

Parece que, por el momento, la importancia y permanencia del acero especial en el automóvil está asegurada, aunque los cambios conceptuales en la configuración de los vehículos (paso a sistemas de propulsión eléctrica, híbridos o pilas de combustible) podrían suponer una sustitución parcial de ciertos componentes y la aparición, al mismo tiempo, de nuevas oportunidades para el acero especial.

Los productores de acero en general y los del acero especial en particular, siguen aumentando y difundiendo el conocimiento de las propiedades y posibilidades de sus productos, que son fácilmente adaptables a nuevos requerimientos sin aumentos de coste en el componente final.

Los mejores avances se alcanzarán a través de desarrollos incrementales sobre las calidades y familias de acero conocidas actualmente mediante una estrecha colaboración con los usuarios para alcanzar las mejores soluciones.

Referencias

- "El acero especial y el automóvil", C. Bertrand, M. Montero, I. Aldayturriaga, J. Bas, Ponencias presentadas en las Jornadas sobre el acero, UNESID, Palacio de Congresos de Madrid, 25 junio 2001.
- "Automotive and Transportation Technology Congress and Exhibition" – ATTCE 2001", Barcelona.
- "Europe's Automotive Future: Challenges for the New Millennium", Financial Times Automotive, 1999.
- "Automotive Materials: The challenge of Globalisation and Technological Change", Financial Times Automotive, 1998.
- Proyectos de Investigación de Sidenor I+D.
- "Cambios tecnológicos en el sector de automoción", M. Montero, A. del Campo, D. Maza, C. Bertrand, Sidenor I+D, noviembre 2000.
- "Nueva vía de reducción de costes de producción para conjuntos del automóvil con características en superficie y núcleo equilibradas", J. Albarrán, J. Molinero, C. Bertrand, Sidenor I+D, enero 1999.
- "Desarrollo de aceros de construcción con maquinabilidad mejorada para reducir costes en la producción de componentes en condiciones medioambientales", S. Tudanca, J. Molinero, C. Bertrand, Sidenor I+D, 1999.
- "Aceros de construcción con mejor resistencia a la fatiga por modificación del estado inclusionario", R. Elvira, J. Molinero, C. Bertrand, Sidenor I+D, 1999.
- "Desarrollo de aceros de construcción mecánica con adición de bismuto para mejorar la maquinabilidad sin deteriorar otras características de empleo", D. Maza, C. Bertrand, Sidenor I+D, 1993.
- "Introducción en el mercado de aceros de construcción de maquinabilidad mejorada (Mecamax MB)", D. Maza, C. Bertrand, Sidenor I+D, 1995.
- "Diseño de un nuevo acero para forja en caliente apto para temple directo sin revenido posterior con resistencia de 800-900-1000 MPa", P. Mateos, c. Bertrand, Sidenor I+D, 1995. ■