

BMW Group Innovation Days 2010.

La movilidad del futuro.

Versión breve.

1.	¿Por qué electromovilidad?	2
2.	Project i.	6
3.	El tren de propulsión eléctrico.	10
4.	Construcción ligera y concepto LifeDrive.	15
5.	El PRFC: un material para el futuro.	18



1. ¿Por qué electromovilidad?

El mundo, y con él todo lo relacionado con la movilidad individual, está experimentando una gran transformación ecológica, económica y social. Acontecimientos globales como el cambio climático y la escasez de los recursos agudizan la necesidad individual de mucha gente de asumir su responsabilidad social y llevar una vida más consciente y sostenible.

Las premisas de la movilidad individual están cambiando.

Debido al agravamiento del efecto invernadero y al agotamiento de los recursos, resulta fundamental reducir en gran medida y rápidamente las emisiones de CO₂, impulsar el uso de energías renovables en lugar de combustibles fósiles e incrementar la eficiencia de todos los aparatos que consumen energía. Incluso los gobiernos de algunos países han reconocido estas necesidades y han reaccionado promulgando ambiciosas leyes relativas a flotas de vehículos y subvencionando automóviles no contaminantes.

Además, en todo el mundo se puede apreciar una cada vez mayor urbanización. La mitad de la población mundial vive ya en ciudades y esa cifra aumenta cada día. Las ciudades atraen como imanes a la población rural y cada vez son más las personas que viven en minúsculas viviendas. Pero al mismo ritmo que las ciudades, crecen también los desafíos: las nuevas infraestructuras, la falta de espacio y la contaminación exigen nuevas soluciones de movilidad.

Desafíos para el futuro.

La movilidad del futuro requiere un reequilibrio de las necesidades globales e individuales. En las zonas urbanas se reclaman nuevas soluciones para una movilidad individual y sobre todo sostenible. BMW Group ha detectado esta necesidad y ha desarrollado un vehículo que abre nuevas posibilidades en este campo y se va adaptando convenientemente a las nuevas preferencias de los clientes.

La electromovilidad como perspectiva de futuro.

BMW ha visto en la electromovilidad una posibilidad para satisfacer las necesidades futuras en relación a la movilidad individual. Una gran ventaja



reside principalmente en la supresión de las emisiones a nivel local. Dado que con la electromovilidad es corriente y no combustible lo que se transforma en fuerza motriz, durante la conducción no se emiten a la atmósfera gases perjudiciales para el clima. Si la energía necesaria para que el vehículo funcione se obtiene mediante regeneración a partir de energías renovables como la eólica o la hidráulica, resulta que la electromovilidad no tiene ningún efecto sobre el clima y cuida los recursos naturales. Pero la electromovilidad no solo no es contaminante. Además proporciona un incomparable placer al volante. Por un lado, los motores de los vehículos electrónicos son muy silenciosos y, por otro, en este tipo de motores todo el par está disponible ya desde el momento en que el vehículo está parado, lo que proporciona una gran agilidad y por tanto una gran sensación de diversión.

Los límites de la electromovilidad.

La electromovilidad está dando sus primeros pasos y por tanto, en algunos aspectos, aún queda mucho por innovar. El mayor reto es sin duda el perfeccionamiento del acumulador de energía. Debido a sus características específicas relativas a la densidad de energía y al peso, éste es actualmente el aspecto que más trabas pone a la electromovilidad. Y es que, dado que de momento en una batería tan solo se puede acumular una cantidad limitada de energía, la densidad de energía del conjunto de células es relativamente baja. Sin embargo, esto se compensa de nuevo en parte con el gran rendimiento de un motor eléctrico, que alcanza incluso el 96%. Por ello, la autonomía de un vehículo electrónico aún no es comparable hoy por hoy con la de un motor de combustión. Sin embargo, gracias al considerable incremento de los recursos de investigación que se destinan a los acumuladores de energía para automóviles, es posible suponer que en los próximos años se seguirán consiguiendo avances tecnológicos que permitirán aumentar la autonomía de estos vehículos.

El peso del acumulador de energía es el segundo aspecto que supone una limitación a la autonomía. Debido a la menor densidad de energía, la batería que se utiliza para el funcionamiento de un automóvil tiene unas dimensiones similares a las de una maleta grande y su peso es por tanto altísimo. Para que la batería no tenga que ser cada vez mayor y por tanto más pesada, los investigadores intentan aprovechar al máximo posible la capacidad de la que dispone y aumentar cada vez más la autonomía mediante la adopción



de medidas como una construcción ligera consecuente y la implementación de estrategias de carga y aprovechamiento inteligentes. Además, los trabajos se centran también en acortar considerablemente los tiempos de carga, ya que para cargar completamente la batería de un vehículo electrónico aún se necesitan varias horas, durante las cuales no es posible utilizar el automóvil.

Los desarrolladores de BMW Group han identificado los campos de trabajo de la electromovilidad que aún quedan por explorar y trabajan intensamente en soluciones óptimas con valor para los clientes. Importantes proyectos piloto desarrollados en Alemania, Gran Bretaña y Estados Unidos proporcionan valiosísima información sobre la utilización y el funcionamiento de vehículos electrónicos y permitirán a BMW Group orientar su trabajo en el futuro aún mejor a las necesidades de los clientes. Y, tal y como demuestran los primeros resultados de las pruebas del MINI E, BMW Group se encuentra en el camino correcto.

BMW Group persigue un enfoque global de futuro.

La electromovilidad es un componente fundamental de la estrategia empresarial y por eso BMW Group orienta consecuentemente a ésta sus procesos y estructuras. Esto también queda plasmado en la estrategia Efficient Dynamics, que describe el posicionamiento a largo plazo de la estrategia de producto de BMW en pos de una movilidad individual no contaminante. Las medidas para alcanzar este objetivo van desde el paquete tecnológico de serie Efficient Dynamics, que incluye tanto sistemas de propulsión optimizados con motores de combustión como medidas de construcción ligera, aerodinámica y gestión energética, hasta el diseño de automóviles completamente verdes, como vehículos electrónicos y de hidrógeno, pasando por otros con diferentes niveles de electrificación (vehículos híbridos).

BMW orienta sus procesos y estructuras de forma consecuente hacia la electromovilidad.

Para dar también a los vehículos eléctricos el carácter de la empresa, los elementos que forjan la identidad de un automóvil eléctrico se desarrollan en el propio BMW Group. Solo así puede surgir un producto que se adapte a las exigencias de BMW. Por tanto, el acumulador de energía, el accionamiento eléctrico y el chasis se desarrollan en la red de investigación e innovación de BMW Group. Socios como SB LiMotive, en el campo del desarrollo de



células para baterías, o SGL Automotive Carbon Fibers (SGL Group), en el desarrollo y la producción de fibras de carbono y esteras de fibra de carbono, completan con su know-how el trabajo de los investigadores de BMW para poder seguir impulsando la movilidad individual también en el futuro.

BMW piensa más allá del producto.

La electromovilidad abre posibilidades completamente nuevas en torno a la automoción. Es posible imaginar, por ejemplo, diferentes servicios relacionados con la carga del vehículo eléctrico. Así pues, BMW colabora ya con proveedores de energía para hacer posible un acceso rápido y flexible a una energía “verde”. Otras posibilidades para conseguir que la electromovilidad tenga un valor de cliente aún mayor son los reguladores de carga inteligentes y la carga por control remoto. Además, BMW Group baraja también la prestación de servicios de movilidad más amplios, así como la oferta de medios de transporte intermodales, para adaptarse a los requisitos futuros de la movilidad.



2. Project i.

Con Project i se puso en marcha a finales de 2007 una iniciativa cuya tarea consiste en desarrollar conceptos de movilidad sostenibles y con visión de futuro como punta de lanza de BMW Group. El objetivo a largo plazo es el continuo crecimiento de toda la empresa gracias a nuevos estímulos a la innovación y proyectos concretos en los campos de la producción, el desarrollo y la comercialización.

“Con Project i, BMW Group se prepara para satisfacer las necesidades futuras de la movilidad individual.” (Martin Arlt)

Un revolucionario enfoque para un producto revolucionario.

Para hacer realidad estos objetivos no solo se necesitan tecnologías y procesos nuevos. Los investigadores BMW Group se cuestionan también la fabricación de automóviles tal y como la conciben hasta ahora. Por este motivo, con Project i, BMW Group creó un thinktank que puede y debe trabajar de una forma nada convencional. Este grupo está formado por expertos y pensadores de toda la empresa sacados fuera de las estructuras existentes. Esta pequeña y eficiente unidad organizativa se ha comprometido a reunir en los productos los requisitos de sostenibilidad, creación de valor y visión de futuro y a trasladarlos después junto con los departamentos técnicos propios y los socios de cooperación adecuados fuera de la empresa. En este contexto tan concreto, los investigadores trabajan con independencia pero cuentan con el total apoyo de los expertos de toda la empresa.

Las premisas de Project i.

Los ingenieros de desarrollo BMW Group no comenzaron a trabajar en Project i sobre un folio en blanco. La base de este trabajo de desarrollo fue una profunda investigación relativa a cuestiones de movilidad y a las necesidades de los clientes para el futuro de la cual se dedujeron rápidamente los requisitos que debía reunir el producto que se iba a desarrollar: un automóvil que se desplazara de la forma más ecológica



posible, es decir, sin generar emisiones, y que al mismo tiempo satisficiera las necesidades de la movilidad urbana actual, el Megacity Vehicle (MCV). La empresa se fijó además un objetivo a sí misma: conseguir todo esto de una forma lo más sostenible posible. Desde el primer proveedor hasta el reciclado de los componentes una vez finalizada la vida útil del automóvil, los procesos debían diseñarse de una forma sostenible en los tres aspectos: ecológico, económico y social. Así pues, los investigadores pusieron en tela de juicio todos los procesos y elementos de la cadena de valor añadido. Los resultados se convirtieron al mismo tiempo en las premisas para la concepción del Megacity Vehicle.

“En los dos años y medio que llevo en este proyecto he aprendido más que en los ocho años anteriores.” (Peter Ratz)

El resultado convence.

El proyecto ha aprovechado intensamente todas las libertades y posibilidades disponibles. El resultado es un concepto de movilidad integral y sostenible y da una idea de cómo BMW se imagina la movilidad individual en el futuro. Debido a las nuevas características relativas a la propulsión y a la arquitectura del vehículo, así como a la utilización de nuevos materiales, la producción del Megacity Vehicle en parte se ha simplificado y en parte ha hecho necesarios procesos totalmente nuevos. Para garantizar un resultado óptimo, socios fiables como SB LiMotive (desarrollo de células de batería) y SGL Automotive Carbon Fibers (fabricación de fibra de carbono y de esteras de fibra de carbono) complementan el know-how de BMW Group.

La historia de Project i: MINI E, BMW Concept ActiveE y MCV.

En la primavera del año 2008 comenzó con el MINI E la historia del éxito de Project i. Al mismo tiempo, el proyecto fue expuesto así por primera vez a los ojos de la opinión pública. Como primer proyecto de idoneidad, con una autonomía media de 150 kilómetros en modo de servicio cotidiano y 204 CV, el MINI E no solo estableció los primeros valores de referencia técnicos. También constituyó un valiosísimo trabajo pionero para BMW Group en el marco del desarrollo de conceptos de propulsión alternativos en el camino hacia una movilidad sin emisiones de CO₂. El objetivo era poner el MINI E en manos de los clientes lo más rápidamente posible con el fin de recabar a través de los usuarios reveladores datos relativos al uso cotidiano de un coche electrónico. Desde mediados de 2009, clientes de Estados



Unidos, Gran Bretaña y Alemania conducen el MINI E y con sus experiencias contribuyen activamente a perfeccionar el concepto de movilidad no contaminante.

Estados Unidos y Alemania coinciden: la electromovilidad es apta para la vida cotidiana.

Los primeros resultados obtenidos en las pruebas de Berlín y de Estados Unidos son positivos. Los estudios muestran que más del 90% de los participantes no se ven limitados en su hábitos de movilidad por los 150 kilómetros de autonomía media. Por otro lado, al contrario de lo esperado inicialmente por los clientes, los tiempos de carga tampoco suponen ningún inconveniente. En general, el uso que un conductor hace de su MINI E difiere mínimamente del que hacen los del MINI Cooper y del BMW 116i. A esto hay que añadir que todos los usuarios destacan lo divertido que es conducir un MINI E. El placer de conducir y la electromovilidad no están reñidas, sino que caminan de la mano. De los resultados de los estudios puede deducirse que, con una autonomía algo mayor y más espacio, un Megacity Vehicle satisfaría casi al 100% las necesidades de movilidad en las grandes ciudades.

BMW Concept ActiveE.

El BMW Concept ActiveE supone la consecuente continuación del trabajo de investigación y desarrollo de BMW Group en el campo de la electromovilidad realizado en el marco de Project i. Su motor, especialmente desarrollado para el primer BMW exclusivamente eléctrico, desarrolla una potencia de 125 kW/170 CV y alcanza un par máximo de 250 Nm. Su energía alimenta la propulsión eléctrica a partir de acumuladores de iones de litio que también se han concebido totalmente nuevos. Así se consigue una autonomía de alrededor de 160 kilómetros (100 millas) en el funcionamiento cotidiano. Además, el BMW Concept ActiveE dispone de cuatro plazas y de un buen maletero. Los componentes del tren de propulsión eléctrico se han concebido con la vista puesta en los requisitos del MCV y en este caso se ensayan en un estado preserie.

Sobre la base de este estudio conceptual presentado en diciembre de 2009, BMW Group pondrá en el año 2010 en manos de los clientes una segunda flota de prueba de vehículos eléctricos. Esta prueba servirá para profundizar en los conocimientos ya acumulados relativos a la utilización cotidiana de



vehículos con propulsión eléctrica y proporcionar así más datos sobre las preferencias de los clientes.

Megacity Vehicle (MCV).

Con el Megacity Vehicle (MCV), BMW Group ofrecerá una novedosa solución para la movilidad sostenible en zonas urbanas que, no obstante, saldrá al mercado en el año 2013 bajo otra marca de BMW. El MCV dispone de una propulsión de nueva generación (Cap. 3), así como de una revolucionaria arquitectura (LifeDrive) (Cap. 4) que aúna una consecuente construcción ligera, una óptima funcionalidad del espacio y la máxima seguridad en caso de impacto.

“En el futuro, el fabricante de la competencia líder en el segmento Premium será aquel que consiga producir de la forma más eficiente y responsable con los recursos posible y que ofrezca a sus clientes las soluciones más vanguardistas y más emocionantes para una movilidad individual ecológica. Y será BMW Group el que asumirá también en el futuro ese papel.” (Martin Arlt)



3. El tren de propulsión eléctrico.

Sin emisiones y dinámica: locomoción de nueva generación.

BMW Group también se plantea para el futuro el reto de construir los mejores sistemas de propulsión para automóviles. Sistemas que se desmarquen de los de la competencia por su eficiencia, su desarrollo de potencia y su suavidad de marcha, aunque sea electricidad y no combustible lo que transformen en movimiento. Ese mismo énfasis pone BMW Group en el desarrollo técnico de la electromovilidad. En la "e-Werk" (Planta e), el centro de competencia de BMW Group para sistemas de propulsión eléctricos, se reúnen bajo un mismo techo los expertos en desarrollo, fabricación y compras. Todos ellos trabajan en la nueva generación de sistemas de propulsión.

La posibilidad de mover vehículos exclusivamente con energía eléctrica abre perspectivas de movilidad totalmente nuevas. Los vehículos eléctricos no solo permiten un desplazamiento muy silencioso y sin emisiones a nivel local. También convencen por proporcionar una sensación al volante totalmente novedosa y muy ágil. La propulsión eléctrica de BMW para el Megacity Vehicle desarrolla una potencia muy superior a los 100 kW. La diferencia reside, sin embargo, en que en este caso todo el par está disponible ya al arrancar y no a medida que aumenta el régimen del motor, como sucede en los motores de combustión. El elevado par disponible desde que el vehículo está parado confiere a los coches eléctricos una extraordinaria agilidad y proporciona valores de aceleración sorprendentes. El elevado régimen útil de más de 12.000 rpm permite también un suministro de par sin interrupciones en todo el rango de velocidad. Esto significa que, con solo una velocidad, un vehículo eléctrico puede acelerar de 0 hasta la velocidad máxima.

"La electromovilidad no supone ningún tipo de renuncia. Conducir un vehículo eléctrico es realmente atractivo." (Patrick Müller)



Potentes y compactos: los componentes de la propulsión.

Un vehículo eléctrico no solo proporciona una agradable sensación al volante. El motor eléctrico dispone además de una densidad de potencia mayor que la de un motor de combustión. Esto se traduce en que con un motor eléctrico es posible alcanzar y utilizar la misma potencia en un recorrido menor. Tampoco es necesario integrar la línea de gases de escape ni todo el conducto de aire de admisión. De este modo, el compacto módulo de propulsión se puede montar de una forma óptima en la arquitectura del vehículo. Sin embargo, el tamaño y el peso de los acumuladores de energía actuales contrarrestan a su vez esta ventaja: los coches eléctricos necesitan un espacio destinado a albergar los relativamente voluminosos acumuladores de energía. Por tanto, el paso en los vehículos de un motor de combustión a una propulsión eléctrica es tan solo una solución intermedia y no una respuesta definitiva a las cuestiones de la electrificación del tren de propulsión.

Un corazón eléctrico: el motor eléctrico.

El corazón de la propulsión eléctrica es el motor eléctrico y su correspondiente electrónica de potencia. Convierte la energía eléctrica en fuerza motriz. Para explicarlo de una forma sencilla, la última generación de un motor eléctrico de BMW Group está formada por el estator con carcasa rígida y forma de tubo, y por un cilindro giratorio dentro del estator, el rotor, unido al tren de la transmisión y por tanto a las ruedas motrices. En el estator se colocan bobinas en las que puede crearse un campo magnético debido al flujo de corriente. Por el contrario, en el rotor hay uno o varios imanes de polaridad fija. Para explicarlo gráficamente, cuando se activa la corriente, el polo positivo del campo magnético creado en el estator atrae el polo negativo del imán del rotor, pero antes de que el polo negativo del rotor alcance el polo positivo del estator, el polo positivo cambia a la fase siguiente. Como consecuencia, el rotor sigue girando y “persiguiendo” a los campos magnéticos nuevos que se van creando en el estator. Mediante su movimiento giratorio, el rotor transmite la energía mecánica necesaria para el avance. Lo fundamental para que un motor eléctrico funcione y desarrolle una potencia óptima es la correcta alternancia de los campos magnéticos en el estator. De esta importantísima tarea se encarga una unidad de control especial, la electrónica de potencia, que hace que el campo magnético vaya cambiando a la velocidad deseada y con la intensidad de campo



correcta. De esta forma garantiza que el rotor gire al régimen requerido y desarrolle el par deseado.

El acumulador de energía: el depósito del vehículo eléctrico.

Para poner en funcionamiento el motor de un vehículo eléctrico se necesitan grandes corrientes de energía. Por cada fase se conectan intensidades de corriente de hasta 400 amperios, lo que equivale aproximadamente a 25 veces la intensidad máxima de un enchufe doméstico. A su vez, con 400 V, las tensiones prácticamente doblan a las de las fuentes de alimentación habituales de los terminales. Para almacenar esta energía y ponerla a disposición en caso necesario se utiliza una gran cantidad de células de batería conectadas en línea que se dividen en unidades modulares más pequeñas. A la hora de desarrollar y diseñar el acumulador de energía y el sistema de alto voltaje del vehículo, la premisa más importante es garantizar la seguridad de los ocupantes del vehículo. Por este motivo, en el acumulador de energía y en el sistema de alto voltaje se adoptan numerosas medidas de seguridad que garantizan la óptima protección de los pasajeros. Exhaustivas pruebas de seguridad acreditan que se cumplen todos los requisitos legales e internos en caso de impacto.

Desafíos para el futuro.

El futuro de la electromovilidad reside, sobre todo, en el perfeccionamiento del acumulador de energía. Por este motivo, los investigadores de BMW trabajan sin descanso para construir acumuladores de energía más compactos, más económicos y más ligeros. Sin embargo, lo fundamental es que transmitan el máximo de energía posible para conseguir una gran autonomía. Al fin y al cabo, la densidad de energía del acumulador en el caso de un vehículo electrónico aún no puede compararse de momento con la de un depósito de combustible lleno: en una batería con 22 kWh hay una energía equivalente a aproximadamente dos litros y medio de gasolina súper. Así pues, las autonomías que se pueden alcanzar de momento son también menores. Sin embargo, en comparación, la propulsión electrónica trabaja de una forma más eficiente. Debido a su considerablemente mayor rendimiento de incluso el 96% (un motor de combustión alcanza en el mejor de los casos el 40%), con una cantidad de energía limitada la propulsión eléctrica puede llegar mucho más lejos que un vehículo equivalente con motor de combustión. Debido a la extraordinaria eficiencia, la autonomía posible



hoy por hoy es suficiente para el 90% de los clientes y por tanto el vehículo es apropiado para su uso cotidiano. Esto viene avalado además por los resultados obtenidos en los estudios prácticos realizados con el MINI E.

La cuestión principal de la electromovilidad también tiene que ver, sin embargo, con el futuro: ¿cómo puede aumentarse la autonomía? Los investigadores trabajan en dos líneas. El aspecto más importante es mantener el peso del vehículo lo más bajo posible aplicando consecuentes medidas de construcción ligera y mediante el uso inteligente de los materiales (véase el Cap. 4). Esto se cumple siempre que es posible incluso en el sistema de propulsión. También cabe pensar en aumentar la capacidad de la batería. Una batería más grande supondría que el vehículo pesara más, lo cual limitaría a su vez la autonomía. Por este motivo se intenta aprovechar lo mejor posible la capacidad disponible de la batería. Para ello, por un lado las baterías se descargan lo máximo posible. Por otro, los reguladores de carga inteligentes, un control de la temperatura de la batería optimizado en función de la demanda y las eficientes estrategias de servicio contribuyen a reducir al máximo el consumo de energía durante la conducción. Esto incluye también medidas para controlar eficientemente el sistema de calefacción y climatización, las luces y el infotainment (dispositivos de información y entretenimiento). Sin embargo, a largo plazo, el futuro está en seguir perfeccionando el acumulador hasta conseguir una densidad de energía superior.

Range Extender: motor pequeño, gran autonomía.

Una medida especial para aumentar la autonomía es el denominado “Range Extender”, donde un motor de combustión crea corriente a través de un generador para ir cargando la batería mientras el vehículo está en marcha y mantener así un nivel de carga constante. De esta forma se consigue una considerable autonomía adicional. Dado que el vehículo ya dispone de un completo motor eléctrico, este motor de combustión puede ser relativamente pequeño. Con una potencia eléctrica de entre 20 y 30 kW, el “Range Extender” proporciona energía suficiente como para mantener el perfil de conducción deseado. Debido a la reducida potencia del motor de combustión, el consumo de combustible es además relativamente bajo. Aunque a corto plazo esta es una solución factible para aumentar la autonomía, a largo plazo los ingenieros de desarrollo BMW Group apuestan claramente por



el perfeccionamiento de la técnica de la batería. Dado que la tecnología de los acumuladores de energía para automóviles interviene cada vez más en la conducción, en este campo cabe esperar nuevos impulsos al desarrollo.



4. Construcción ligera y concepto LifeDrive.

La electrificación de un vehículo exige una nueva concepción de la arquitectura del automóvil y de la construcción de la carrocería con el fin de aprovechar de forma óptima el potencial que ofrece la electromovilidad. Por tanto, ¿cuál es la arquitectura más útil y funcional para un vehículo electrónico? Con el revolucionario concepto LifeDrive, los ingenieros de BMW Group han desarrollado una arquitectura para el automóvil totalmente nueva para prepararlo a las necesidades y particularidades de la movilidad del futuro. Consiguieron así un concepto de carrocería orientado consecuentemente al destino y el ámbito de utilización posteriores del vehículo y con una innovadora utilización de materiales.

De forma similar a los vehículos con el chasis y la carrocería separados, el concepto LifeDrive está compuesto por dos módulos independientes separados horizontalmente. El módulo Drive, el chasis, constituye la base estable e integra en una sola estructura la batería, el sistema de propulsión y las funciones en caso de impacto de la estructura y la base. La otra parte del automóvil, el módulo Life, está compuesta principalmente por un habitáculo interior altamente resistente y muy ligero fabricado en plástico reforzado con fibra de carbono (PRFC). La utilización de este material de alta tecnología a esta gran escala es única hasta la fecha. Con este innovador concepto, los aspectos de construcción ligera, arquitectura del vehículo y seguridad en caso de impacto adquieren en BMW una dimensión totalmente nueva

La construcción ligera marca la diferencia.

En un vehículo con propulsión eléctrica, una construcción ligera consecuente es de una importancia fundamental. Junto con la capacidad de la batería, un elevado peso del vehículo es lo que más limita la posible autonomía. Cuanto más ligero es un coche, mayor es la autonomía, por la sencilla razón de que la propulsión eléctrica debe poner y mantener en movimiento una masa menor. Sin embargo, el tren de propulsión de un vehículo eléctrico pesa casi 100 kg más que el de un vehículo con motor de combustión incluido el depósito lleno. Esto se debe sobre todo al peso de la batería. Para compensarlo, BMW Group apuesta por la construcción ligera consecuente y el uso de



innovadores materiales. En función de las necesidades y del área de aplicación, los ingenieros de BMW utilizan para cada componente el material óptimo. Y al final, los desarrolladores consiguen que el elevado peso de la batería apenas “se note”.

PRFC en la construcción de la carrocería.

Una gran parte de la reducción del peso se debe al PRFC. El alto grado de utilización de este material, por ejemplo en el módulo Life, es único hasta ahora en la producción a gran escala de un vehículo. En este sentido, el PRFC es aproximadamente un 50% más ligero que el acero con una resistencia como mínimo igual. El uso del aluminio “sólo” reduciría el peso en un 30%. Así pues, el PRFC es el material más ligero que se puede utilizar para la construcción de carrocerías sin menoscabar la seguridad. Otra ventaja de este material es la resistencia a la corrosión: no se oxida y por tanto tiene una vida útil más larga que el metal. Por otra parte, permanece estable bajo cualquier condición climática.

Menos peso, más seguridad.

Además de la construcción ligera, la seguridad de los viajeros se consideró de vital importancia a la hora de desarrollar el concepto LifeDrive. Por ello, la combinación de materiales conseguida con el aluminio utilizado en el módulo Drive y el plástico reforzado con fibra de carbono con el que se fabrica el habitáculo interior en el módulo Life superó con creces todas las expectativas incluso en las primeras pruebas y dejó claro que la construcción ligera y la seguridad no están reñidas.

Al igual que sucede con la cabina de un coche de Fórmula 1, el habitáculo interior fabricado en PRFC proporciona un espacio extraordinariamente estable y seguro. La sorprendente respuesta de seguridad de este material extremadamente rígido queda especialmente patente en caso de choques contra postes y escenarios de impactos laterales. Mientras que en las construcciones en metal se necesitan grandes zonas deformables, gracias a elementos especiales de deformación en la estructura de PRFC se consigue absorber la máxima energía en un espacio mínimo. A pesar de las violentas fuerzas que en estos casos actúan en parte de forma puntual, apenas se observan abolladuras en el material.



En caso de colisión frontal y por alcance, las estructuras activas en caso de impacto fabricadas en aluminio y situadas en la parte delantera y trasera del módulo Drive proporcionan una seguridad adicional. Para una protección máxima, la batería se coloca en los bajos del coche, ya que en caso de accidente esta es la zona del vehículo que menos se deforma. En caso de impacto lateral, la batería se beneficia además de las características de choque del módulo Life, dado que toda la energía del choque se absorbe ya en él y no se propaga hasta el acumulador de energía. En conjunto, la gran resistencia del habitáculo interior fabricado en PRFC junto con la inteligente distribución de la fuerza establecen en el módulo LifeDrive los requisitos necesarios para garantizar una protección óptima de los ocupantes del vehículo.

Ventajas del LifeDrive.

En la revolucionaria arquitectura del vehículo, el concepto LifeDrive responde a todos los requisitos de la electromovilidad e integra la batería grande y voluminosa y el compacto motor eléctrico en una estructura a prueba de impactos. Pero, todo lo que se esconde tras el concepto LifeDrive como “tan solo” un concepto de carrocería moderno, ligero y seguro se aprecia cuando, además del producto, se analizan también los procesos de producción asociados. La construcción separada del chasis y la carrocería es factible hasta la producción de cifras medias. Además, gracias a la nueva arquitectura del vehículo, son posibles procesos de producción completamente nuevos, más sencillos, más flexibles y que necesitan menos energía.



5. El PRFC: un material para el futuro.

El plástico reforzado con fibra de carbono (PRFC) apenas es comparable con ningún material convencional. Este exclusivo material compuesto reúne numerosas características positivas en una combinación única. El PRFC está compuesto por una fibra de carbono integrada en una matriz de plástico (resina). El resultado es un material extraordinariamente estable y al mismo tiempo muy ligero: aproximadamente un 50% más que el acero con, como mínimo, la misma función. Además es resistente a la corrosión, a los ácidos y a los disolventes orgánicos y tiene una vida útil mucho más larga que el metal. El PRFC resiste también todas las condiciones climáticas y apenas se deforma si se expone a grandes variaciones de temperatura.

Por otra parte, el PRFC presenta una sorprendente capacidad para la absorción de energía y por tanto es muy resistente al deterioro. Es el material más ligero que se puede utilizar para la construcción de carrocerías sin menoscabar la seguridad. El secreto de este material extremadamente resistente es la fibra de carbono. Es muy resistente y, de esta forma, soporta una enorme carga a lo largo de la dirección de la fibra. Esta particularidad especial permite diseñar a medida propiedades del elemento en función de la carga. Al igual que la Naturaleza, que acumula el material en huesos y plantas únicamente allí donde realmente se necesita, los expertos disponen las fibras en la cantidad necesaria a lo largo de la dirección o direcciones de carga posteriores. El elemento se diseña así exactamente en función de los requisitos futuros y al mismo tiempo es muy ligero.

Competencia tecnológica de BMW Group.

Gracias a un intensivo desarrollo de materiales y procedimientos, BMW Group ha adquirido en los últimos diez años una gran competencia en los procesos de fabricación específicos del PRFC, ha conseguido una utilización de herramientas orientada a objetivos y ha optimizado los tiempos de los ciclos. De este modo, en la planta de Landshut, los especialistas en PRFC de BMW Group han logrado perfeccionar y automatizar el proceso de fabricación de los componentes hechos con PRFC de tal modo que hoy en día es posible la fabricación rentable y de alta calidad de componentes de la



carrocería en materiales de fibra de carbono para grandes series. Ya en el año 2003, BMW Group inició una nueva era en la fabricación en serie de PRFC: sumamente moderno y con tiempos de ciclo muy cortos.

De las fibras a la estera.

El punto de partida de la producción de PRFC es el denominado precursor: una fibra textil de poliacrilonitrilo. Esta fibra también se encuentra, entre otras cosas, en tejidos de tipo polar. En un complejo proceso de varias etapas bajo diferentes condiciones de temperatura y presión, todos los elementos de la fibra se disocian en forma de gas hasta que solo queda una fibra de un grosor de siete micrómetros compuesta por carbono casi puro con una estructura de grafito estable. Con 0,007 milímetros, el diámetro de esta fibra equivale únicamente a una décima parte del diámetro de un cabello humano. Por este motivo, para su posterior utilización, aprox. 50.000 de estos filamentos se agrupan en lo que se denomina “rovings” o “heavy tows”, que también se utilizan en las palas de los rotores de los aerogeneradores. A partir de los conjuntos de fibras se elaboran esteras de fibra especiales. Si las fibras se tejieran, el consecuente curvado de las fibras mermaría sus extraordinarias propiedades. Es la disposición específica de las fibras una junto a otra, en un solo plano, lo que garantiza las óptimas propiedades de un componente de PRFC.

Preformar y confeccionar.

En el denominado proceso de preformado, las esteras cortadas según las necesidades pero aún planas adquieren su contorno tridimensional. A continuación, varios de estos paquetes de capas preformados (piezas brutas preformadas) pueden juntarse para formar un componente más grande. Esto permite fabricar con PRFC, por ejemplo, componentes de la carrocería con un alto grado de integración y de gran superficie que, de otro modo, solo podrían realizarse con gran cantidad de aluminio o de chapa de acero. Para hacer que la estera aún flexible sea tan manejable que la forma de la pieza bruta preformada permanezca estable y las piezas brutas puedan unirse con precisión durante la confección, BMW Group ha ido adquiriendo a lo largo de los años una valiosísima competencia tecnológica.

Resinas bajo altas presiones con moldeado por transferencia de resina (RTM).

En el paso siguiente, las estructuras preformadas se someten a la



inyección de resina, lo que también se denomina impregnación. Solo después de la unión de las fibras con la resina y el posterior endurecimiento es cuando el material adquiere su rigidez y por tanto sus extraordinarias propiedades. Mediante el moldeado por transferencia de resina (RTM) se inyecta resina a presión elevada en la pieza bruta preformada. La impregnación de las fibras con resina es un proceso muy complicado plagado de requisitos contradictorios. Así, por un lado, la resina debe penetrar por todas partes en el material en un espacio de tiempo muy corto y humedecer cada fibra hasta un nivel microscópico. Por otro lado, la resina debe endurecerse lo más rápidamente posible, tan pronto como todo el material esté impregnado con ella. Asimismo, un agente desmoldeador debe garantizar que los componentes impregnados con resina puedan retirarse de las herramientas sin sufrir daños, pero sin afectar a la unión entre las fibras y la resina.

Solucionar y llevar a cabo simultáneamente estas contradicciones resulta muy complejo.

BMW ha desarrollado para ello sus propios conceptos de procesos, herramientas e instalaciones que dan solución a este conflicto de intereses y permiten alcanzar una gran productividad y una gran calidad al mismo tiempo.

Tratamiento final: pulido fino con chorro de agua.

Tras la inyección de la resina y el endurecimiento, aún quedan por dar los toques finales como el corte limpio del contorno del componente y la realización de los orificios aún pendientes. Dado que el componente de PRFC terminado presenta ya tras la impregnación con resina toda su estabilidad y por tanto también su resistencia, BMW lleva a cabo este tratamiento final en una instalación de corte mediante chorro de agua. Al contrario que en el caso de cabezales de fresado convencionales, el corte con chorro de agua permite cortar y taladrar sin desgaste. Para garantizar un resultado óptimo, los expertos han optimizado el método especialmente para el tratamiento de PRFC.

Reciclaje y obtención de energías renovables.

BMW Group piensa más allá del ciclo de producción y, en el transcurso del intenso trabajo con el material, ha desarrollado un concepto de reciclaje único en el mundo para residuos de producción de un solo tipo apto para la producción en serie. De este modo, una parte importante de las fibras puede devolverse a los procesos. Gracias a un proceso de preparación



especial se obtiene de nuevo un material textil que puede incluso sustituir la necesidad de fibra virgen. En BMW, la sostenibilidad ecológica no solo consigue en el área del PRFC mediante el reciclaje. Ya en la fase de producción de las fibras de carbono, BMW Group, en el marco de su empresa conjunta con SGL ACF (Automotive Carbon Fibers), se preocupa de que la energía necesaria para la nueva planta de Moses Lake (EE.UU.) proceda exclusivamente de fuentes renovables. Esta planta también marcará las pautas en materia de eficiencia energética.

Enfoque global para un óptimo resultado.

En los últimos diez años, todos los procesos, materiales, instalaciones y herramientas han sido desarrollados por los investigadores y expertos en PRFC hasta tal punto que ahora es posible una producción a gran escala de componentes fabricados en PRFC. En este sentido, los especialistas en PRFC siempre han tenido en mente toda la cadena de procesos y de valor añadido. Desde la producción de las fibras hasta el reciclaje, BMW Group influye como nunca antes en todos los procesos. Y es que solo así puede garantizarse que se cumplan los exigentes requisitos de calidad y desarrollos de procesos.

Gracias al consecuente desarrollo de los procesos, las instalaciones y los empleados con el sostenible objetivo de su utilización en la fabricación en serie (a gran escala), BMW Group ha acumulado una competencia tecnológica única. Y es que BMW Group no solo entiende el PRFC como aplicación de nichos, sino como una tecnología con visión de futuro en la fabricación de automóviles.

“El PRFC es para nosotros un material del futuro.” (Norbert Reithofer)

Para más información póngase en contacto con:

Tobias Hahn, Comunicación Tecnológica
Teléfono: +49-89-382-60816, Fax: +49-89-382-28567

Internet: E-mail: presse@bmw.de

