

Lightweight composites for automotive

Stefan Seibert - MAGNA INTERNATIONAL



As one of the largest tier one suppliers in the world of painted exterior products, Magna Exteriors seeks every opportunity to help manufacturers meet their lightweighting goals. Recent production efforts include class A body panels and front-end carriers, and research is ongoing for composite body-in-white and sub-structures.

CLASS A CARBON FIBER HOOD FOR CADILLAC CTS V AND ATS V

The directive from the customer was to reduce weight without sacrificing style or performance. To achieve this, Magna Exteriors

led the development of a new carbon fiber epoxy prepreg for hoods on the Cadillac CTS V

and Cadillac ATS V that launched in 2016 and are still in production today.

The new material and manufacturing process achieved an approximate 30 percent reduction in mass compared to the previous aluminum versions. Additional benefits include improved styling, reduced tooling investment, improved dent and ding performance and increased aerodynamics at high speeds. The hood material utilizes an epoxy prepreg with continuous unidirectional 50k carbon fiber. One sheet of prepreg represents approximately 0.2mm in a molded product.

Fig. 1 - 2016 Cadillac ATS-V with carbon fiber



Fig. 1 - Cadillac ATS-V 2016 con capote in fibra di carbonio

Compositi leggeri per il settore automobilistico

Stefan Seibert - MAGNA INTERNATIONAL



In qualità di uno dei primi fornitori d'eccellenza nel mondo dei prodotti rivestiti per esterni, Magna Exteriors ha cercato tutte le opportunità per agevolare i produttori che perseguono l'obiettivo di realizzare prodotti di peso ridotto. I recenti sforzi in campo produttivo comprendono i pannelli della scocca e del telaio anteriore di classe A e sono in corso di studio le sottostrutture e le "body in white" in materiale composito.

CAPOTE IN FIBRA DI CARBONIO DI CLASSE A PER LA CADILLAC CTS V E ATS V

La direttiva del cliente è stata quella di ridurre

il peso senza sacrificare lo stile o la prestazione. A tal fine, Magna Exteriors ha coordinato lo sviluppo di un nuovo prepreg epossidico in fibra di carbonio per le capote della Cadillac CTS V e Cadillac ATS V, lanciate nel 2016 e ancora in produzione. Il nuovo materiale e processo produttivo hanno permesso di ottenere circa il 30% di riduzione della massa rispetto alle precedenti versioni in alluminio. Vantaggi ulteriori comprendono uno stile migliorato, minori investimenti nelle lavorazioni, migliore prestazione all'urto e alle ammaccature e prestazioni aerodinamiche superiori a velocità elevate.

Il materiale per capote utilizza un prepreg epossidico con fibra di carbonio continua unidirezionale 50k. Un laminato di prepreg è pari a circa 0,2 mm di spessore di un prodotto stampato.

Questi laminati sono sovrapposti in quattro strati per il pannello di rinforzo interno e in sei strati per il pannello esterno.

Ogni pannello inizia con una stratificazione rettangolare di prepreg, tagliato su misura, poi automaticamente selezionato e preformato mentre è inviato alla pressa di stampa. Questo processo brevettato riduce in modo significativo gli investimenti nelle lavorazioni



These sheets are stacked in four layers for the inner reinforcement panel and six layers for the outer panel. Each panel starts with a rectangular stack of prepreg that is cut to size and then robotically picked and preformed while being delivered to the molding press. This proprietary process significantly reduces tooling investment and process times. The panels are then compression molded with a unique chemistry that achieves best-in-class cycle times for carbon fiber prepregs. Out of the mold, openings are created in the hood panels. Then the outer and inner panels come together with three small

Fig. 2 - 2016 Cadillac ATS-V carbon fiber hood

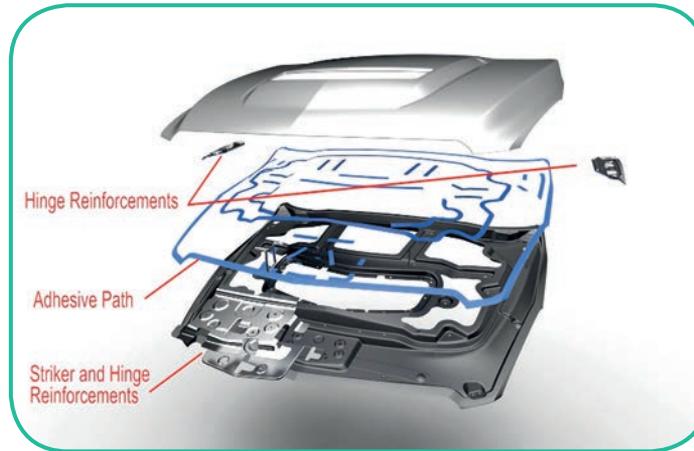


Fig. 2 - Costruzione della capote in fibra di carbonio Cadillac ATS-V 2016



e le durate di processo. I pannelli vengono poi stampati per compressione mediante un processo chimico che rende possibili durate cicliche per prepreg in fibra di carbonio di prim'ordine. Fuori dallo stampo, vengono disposte delle aperture nei pannelli. In seguito, i pannelli interni e esterni vengono uniti con tre piccoli rinforzi metallici per i punti di inserzione di cardini e chiusure, poi incollati con un adesivo uretanico bicomponente.

La fase finale del processo, che ha luogo nello stabilimento Polycon Industries di Guelph, Ontario, riguarda la verniciatura.



metallic reinforcements for the latch and hinge locations and are bonded with a two-component urethane adhesive. The final stage of the process, that all takes place at Magna Exteriors' Polycon Industries plant in Guelph, Ontario is paint. Unlike any other carbon fiber panel, body color paint is applied to match the vehicle on a fascia paint line. The line keeps pace with hoods and fascias on the line and utilizes the same paint materials and process parameters, allowing for a very affordable paint job.

The use of carbon fiber has a strong foothold

in the exotic automotive segment, where volumes are low enough and price points are high enough to make it viable and to enhance driving performance through lightweighting. Most applications use similar epoxy prepreg materials and autoclave processes as those seen in the aerospace and racing industries. Magna looks to change this by creating more affordable solutions for high-volume production vehicles in the future.

FRONT-END CARRIERS

Front-end carriers, bolsters, grille opening

reinforcements, bulkheads and radiator supports are different words used to describe a bracket typically located in the front end of most passenger vehicles.

Over the past two decades, they have evolved from complicated, multi-piece welded assemblies consisting of stamped and/or roll-formed steel components, to a more integrated solution of all thermoplastic composite or multi-material plastic and metal hybrids.

Plastic and/or plastic-metal hybrid constructions offer many benefits as they

Fig. 3 - Grille opening reinforcements for Lincoln Continental, Audi A8 and Jeep Wrangler



Fig. 3 - Rinforzi delle aperture della mascherina del radiatore per Lincoln Continental, Audi A8 e Jeep Wrangler



Diversamente da qualsiasi altro pannello in fibra di carbonio, si applica la pittura pigmentata alla carrozzeria adattando il veicolo alla linea di verniciatura del cruscotto. La linea tiene il passo con le capote e i cruscotti sulla linea utilizzando gli stessi prodotti vernicianti e parametri di processo, per un lavoro di verniciatura veramente affidabile. L'utilizzo della fibra di carbonio gioca un ruolo molto importante nell'area automotive orientale, dove i volumi sono sufficientemente ridotti e le fasce di prezzo sono alte a sufficienza per rendere possibili e migliorare la prestazione di guida grazie alla riduzione del peso. La maggior parte delle applicazioni utilizza materiali prepreg epossidici e processi in autoclave simili, come quelli delle industrie aerospaziale e delle automobili da competizione.

Magna è impegnata a modificare tutto questo con la creazione di soluzioni più affidabili in vista del futuro dei veicoli in produzione di alto volume.

TELAJ ANTERIORI

I telai anteriori, i piani di appoggio, i rinforzi per le aperture della mascherina del radiatore, divisori e supporti del radiatore sono i diversi termini utilizzati per descrivere la mensola ubicata tipicamente nella parte anteriore della maggior parte delle utilitarie. Nel corso di questi due ultimi decenni, essi sono stati trasformati da assemblaggi complessi, con saldature di più componenti, formati da parti in acciaio stampate e/o formate al rullo a una soluzione più integrata di tutti i compositi termoplastici o ibridi multimateriali in plastica e metallo.

Le costruzioni in plastica e/o ibridi plastica-metallo offrono molti vantaggi in quanto soddisfano esigenze specifiche funzionali/prestazionali del veicolo. In base ai requisiti di resistenza termica e di tenacità, sono disponibili differenti tipologie di resine e di rinforzi. Idonei al trattamento di volumi elevati, queste varianti di stampo a iniezione dei materiali compositi termoplastici tecnici offrono opportunità di integrazione eliminando impronte e consentendo di realizzare particolari stampati all'interno per i punti di attacco, riducendo in questo modo il numero delle parti, i costi e investimento del pezzo.

L'apertura della mascherina del radiatore in fibra di carbonio rinforzata PA66 e stampata per iniezione è stata presentata nel 2015. La soluzione utilizza una variante di materiale ad alta prestazione e un processo di incollaggio di



address specific vehicle functional and performance needs.

Depending on heat resistance and strength requirements, a variety of resin and reinforcement types are available. Capable of high-volume processing, these injection-moldable grades of engineered thermoplastic composite materials allow for integration opportunities by eliminating stampings and allowing for molded-in features for attachment points, which reduces part counts and leads to lower piece cost and investment.

The injection molded carbon fiber reinforced

PA66 grille opening reinforcement was introduced in 2015. This solution utilized a higher performance grade of material and a first-to-market joining process on an all new two-piece box section. This innovative solution met all baseline plastic-metal hybrid performance targets, reduced mass, improved noise, vibration and harshness and provided a more efficient packaging space.

Magna Exteriors continues to research and develop new and alternative materials and innovative joining processes to improve existing front-end carrier technologies. A

current area of focus is energy management and modifying failure modes typically associated with thermoplastic composite solutions.

MULTI-MATERIALS FOR BODY-IN-WHITE STRUCTURES

Lightweighting in vehicle primary structure is an area of major focus as manufacturers, led by BMW and AUDI, turn to multi-material solutions to replace traditional metal body-in-white (BIW) assemblies.

These novel solutions offer weight savings

Fig. 4 - Carbon fiber spool, chopped fiber and finished SMC a Magna Exteriors

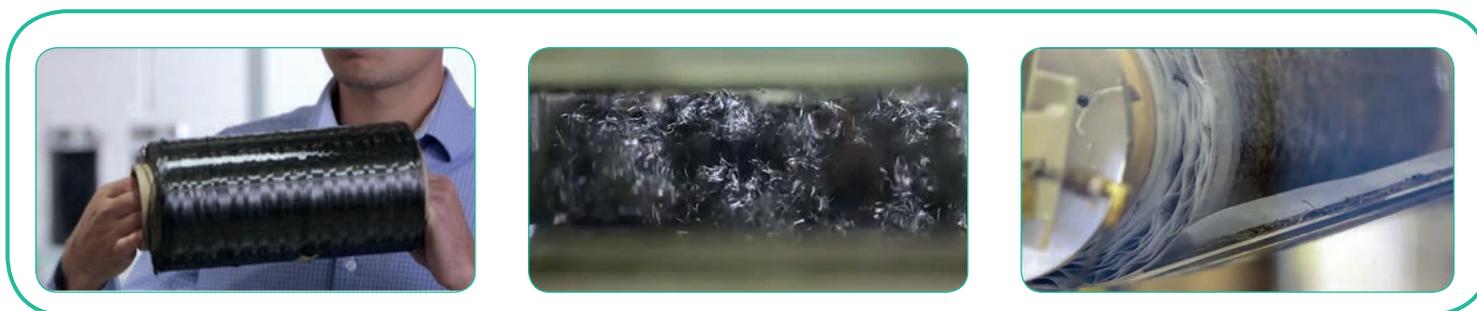


Fig. 4 - Bobina in fibra di carbonio, fibra spezzettata e SMC finiti di Magna Exteriors



prim'ordine su una nuova sezione box bipartita. Questa soluzione innovativa ha soddisfatto tutti i requisiti prestazionali del materiale ibrido plastica-metallo della linea di base, di riduzione della massa, del rumore, delle vibrazioni e asperità offrendo un uso più efficiente dello spazio utile.

L'azienda continua la ricerca sviluppando materiali nuovi e alternativi e ancora processi di incollaggio innovativi per migliorare le tecnologie esistenti dedicate ai telai anteriori. Oggi, un'area di interesse è la gestione delle risorse energetiche e le modalità variabili di degrado, associate alle soluzioni in composito termoplastico.

MULTIMATERIALI PER STRUTTURE "BODY IN WHITE"

La riduzione di peso della struttura di base

del veicolo rappresenta un'area di primario interesse perché i produttori, diretti da BMW e AUDI, si sono orientati verso soluzioni di multimateriali per sostituire gli assemblaggi tradizionali "body in white" (BIW). Queste nuove soluzioni garantiscono risparmi di peso a parità di prestazione, se non migliore rispetto alle alternative esistenti in metallo.

Sono state analizzate varie tecnologie dei multimateriali al fine di implementarle ove necessario, raggiungendo inoltre prestazioni di costo ottimali. Sono state inoltre prese in considerazione soluzioni per unire i compositi e il metallo prima e dopo l'essiccazione in forno della pittura e durante lo stampaggio del composito.

Selezione del materiale

Sono stati considerati molti materiali

strutturali leggeri, fra cui le leghe di alluminio, di magnesio e di plastica fibro-rinforzata. Le leghe di alluminio ad alta resistenza 7xxx non sono molto diffuse nell'ambito dell'industria automobilistica. I materiali di magnesio comprendono le leghe lavorate per componenti modellati di aree strutturali.

Oltre a questi materiali di peso ridotto, standard, come AA5xxx, AA6xxx, sono stati studiati la lega manganese-acciaio boro AISi e l'acciaio ad alta resistenza e scorrimento. E' stata inoltre analizzata una lega a base di boro-manganese-acciaio per l'indurimento delle presse e per eseguire i test della saldabilità. Sono stati inclusi anche i materiali in composito fibro-rinforzato, varie fibre di vetro e vetroresina con differenti rinforzi e strutture in fibra. Per quanto riguarda la preselezione dei polimeri matrice, le condizioni limite del



with equal or better performance than existing metal alternatives.

The company looked at different multi-material concepts with an aim to apply them where most needed and to achieve optimal cost performance. Solutions for joining composites and metal together before and after paint bake and during composite molding were also considered.

Material selection

Many lightweight structural materials, including aluminum, magnesium alloys and fiber-reinforced plastics were considered. Aluminum high-strength 7xxx alloys are not well established in the automotive industry. Magnesium materials include wrought alloys considered for use in deep drawing parts for structural areas.

In addition to these lightweight materials, standard ones, such as AA5xxx, AA6xxx, AISi cast alloys and high-strength steels and flow steels, were studied. Magna also tested a boron-manganese-steel alloy intended for press-hardening to carry out tests for weldability.

Fiber reinforced composite materials, different

Fig. 5 - Carbon fiber subframe, joint development project between Ford Motor Company, Magna Cosma International and Magna Exteriors

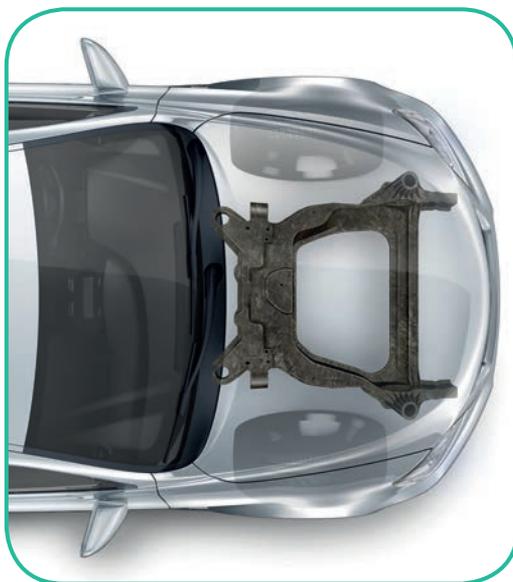


Fig. 5 - Sottotelaio in fibra di carbonio, progetto di sviluppo comune fra Ford Motor, Magna Cosma International e Magna Exteriors

glass fiber and carbon fiber reinforced plastics with different fiber reinforcement and architectures were also included.

For the pre-selection of the matrix polymers, the boundary conditions of the body-in-white painting process were particularly relevant because that's where the highest temperature and media loads occur (stability in the pH range 3-11, temperature stability at max. 210° C. for 60 minutes). Based on relevant literature and market research, thermoplastic and thermosetting plastics were selected with consideration of expected material costs. In addition, this pre-selection was matched with solutions currently available and based on experience gained at Magna Exteriors from component development and production. Magna also considered suitability for manufacturing processes in terms of production quantities and feature integration of domes, ribs, etc. This group of materials was examined for mechanical properties, temperature resistance and cathodic and lacquer suitability.

Testing

It was important to examine how the selected lightweight materials withstood the serial BIW painting process. In the case of the fiber composite materials, resistance in



processo di verniciatura del BIW sono state particolarmente rilevanti perché si tratta proprio del caso in cui si opera con temperature e carichi del veicolo massimi (stabilità nel range pH 3-11, stabilità termica a mass. 210°C per 60 minuti).

In base a quanto riportato in letteratura e dalle indagini di mercato, sono stati selezionati i materiali termoplastici e termoindurenti in considerazione dei costi previsti. Oltre a questo, la preselezione è stata abbinata alle soluzioni attualmente disponibili, basate sull'esperienza acquisita presso Magna Exteriors nel campo dello sviluppo e produzione dei componenti, è stata anche considerata l'adattabilità a processi di produzione in termini di quantità e di integrazione di dettagli come cupole, inserti ecc. Questo gruppo di materiali è stato esaminato per verificarne le

proprietà meccaniche, la resistenza termica e l'adeguatezza catodica e dello smalto.

Prove

E' stato importante verificare come i materiali leggeri selezionati abbiano resistito al processo di verniciatura seriale BIW. Nel caso dei materiali compositi in fibra, la resistenza durante il processo di verniciatura è un aspetto chiave nella selezione del materiale.

Oltre ai test del processo di verniciatura, sono state studiate e registrate le proprietà meccaniche. Ulteriori test hanno incluso quello della piegatura per determinare le proprietà meccaniche, l'analisi dinamico-meccanica (DMA) prima e dopo l'esposizione alla matrice del materiale (degradazione del polimero, diminuzione della densità di reticolazione ecc.) per materiali rinforzati in fibra continua

e fibra lunga e, quando necessario, i test della risposta allo scorrimento. Quest'ultimo è consistito essenzialmente nell'applicare un campione test simile a un peso durante il carico termico e con un carico costante. Per garantire la qualità dei campioni, nelle procedure dei test sono state usate le tecniche di analisi non-distruttiva. Mediante C-scan sono stati analizzati i materiali da stampare fibro-rinforzati per iniezione, così da individuare i vuoti e la distribuzione della fibra nei campioni del test. Per la plastica rinforzata a fibra continua e con le fibre di carbonio è stata utilizzata una tecnica degli ultrasuoni con sensori. Da questo studio approfondito sono emerse dozzine di nuove combinazioni di materiali e ora si sta procedendo ad analizzarle in vista della progettazione e produzione di reali multicomponenti per automotive.



the painting process is a key factor in materials selection. In addition to paint process testing, mechanical properties were studied and recorded.

Further tests included bending to determine mechanical properties, dynamic mechanical analyses (DMA) before and after exposure to the material matrix (polymer degradation, decrease of the crosslinking density etc.) for the continuous-fiber-reinforced materials and the long fiber and, if necessary, principle tests for creep behavior.

The latter essentially consisted of applying a load-like test specimen during the temperature load with a constant load.

In order to ensure the quality of the samples, non-destructive testing (NDT) methods were used in the test procedure. C-scan testing analyzed the fiber-reinforced injection molding materials in order to recognize voids and fiber distribution in test specimens. An ultrasound method with a phased array probe was used for continuous fiber reinforced plastics and with carbon fibers.

Dozens of new multi-material combinations came out of this extensive study, and Magna is progressing to test them in the design and

production of actual multi-material automotive components.

COMPOSITES FOR VEHICLE SUB-STRUCTURES

Lightweighting in vehicle sub-structure has been rapidly evolving as manufacturers seek to displace traditional steel construction with lighter weight materials to trim weight without sacrificing performance.

Recent advancements in carbon fiber reinforced materials show promise for advanced composites in the development of lightweight vehicle subframes, most of which are made from steel today. High loads call for materials that provide excellent performance in terms of strength and stiffness to meet long-term durability requirements.

Composites enable a versatile solution for the complex geometry needed to meet these requirements as they can manage load paths. Carbon fiber sheet molding compound (SMC) is gaining ground as a potential solution for vehicle sub-structures. Carbon fiber SMC provides excellent stiffness (32.5 Gpa average) and tensile strength (220 Mpa average) performance and is capable of complex

geometry, including deep ribs and thick sections to manage load paths. In addition, the vinyl ester resin matrix that comprises the material is capable of performing in areas of high heat and offers excellent chemical resistance, important factors in underbody applications. This innovative material solution cuts mass by more than 30 percent over steel construction. Composites also facilitate unmatched integration potential. In a joint development project with Ford Motor Company, Magna Cosma International and Magna Exteriors, a prototype carbon fiber SMC subframe achieved an 87 percent parts reduction by replacing 54 stamped and welded components with two compression molded parts and six over-molded stainless steel components. The use of composite materials also allows for tailored, one-step reinforcement in areas of excessive loads, including the control arm and roll restrictor areas.

In these areas, non-crimped fabric materials run through the same compounding line as the carbon fiber SMC, allowing for co-molding of reinforcing patches and eliminating the need for secondary joining operations to ensure performance.



COMPOSITI PER SOTTOSTRUTTURE DI VEICOLI

La riduzione del peso nelle sottoscocche di automobili si è evoluta rapidamente per quei produttori alla ricerca di soluzioni alternative alle tradizionali costruzioni di automobili, con l'ausilio di materiali più leggeri riducendo così il peso senza sacrificare la prestazione.

I recenti progressi nel campo dei materiali rinforzati con fibra di carbonio sono promettenti per i compositi avanzati nello sviluppo dei sottotelaia di basso peso dei veicoli, molti dei quali sono, allo stato attuale, costituiti da acciaio.

I carichi elevati richiedono materiali in grado di fornire una prestazione eccellente in termini di tenacità e di rigidità per soddisfare i requisiti di durabilità.

I compositi forniscono una soluzione versatile per geometrie complesse, richiesta al fine di

soddisfare questi requisiti nelle linee di carico. I compositi per stampaggio di laminati in fibra di carbonio (SMC) stanno guadagnando terreno come soluzione potenziale per le sottostrutture di veicoli. L'SMC in fibra di carbonio fornisce una eccellente rigidità (media 32,5 Gpa) e resistenza alla trazione (media 220 Mpa) oltre a rendere possibile la lavorazione di geometrie complesse, fra cui inserti e sezioni di alto spessore per resistere alle linee di carico. Inoltre, la matrice resina vinilestere che comprende il materiale può offrire efficacia in aree ad alta sollecitazione termica (calore) offrendo anche una eccellente resistenza chimica, aspetti importanti nelle applicazioni della sottoscocca. Questo materiale innovativo riduce la massa di più del 30% rispetto alle costruzioni d'acciaio. I compositi facilitano inoltre le potenzialità di integrazione non raggiunte.

Nell'ambito di un progetto di sviluppo comune con la Ford Motor, Magna Cosma International e Magna Exteriors, un prototipo di sottotelaio in fibra di carbonio SMC è riuscito ad ottenere una riduzione delle parti all'87% sostituendo 54 componenti stampati e saldati con due parti stampate per compressione e sei componenti di acciaio inossidabile sovrastampati.

L'utilizzo di materiali compositi ha consentito inoltre di realizzare rinforzi personalizzati in un'unica fase nelle aree di carico eccessivo, fra cui le aree del braccio oscillante trasversale e di limitazioni delle vibrazioni. In questi ambiti, i tessuti no-crimp si collocano sulla stessa linea di compounding della fibra di carbonio SMC, permettendo il co-stampaggio di pezzi di rinforzo e rimuovendo la necessità di operazioni di unione secondarie a garanzia della prestazione.