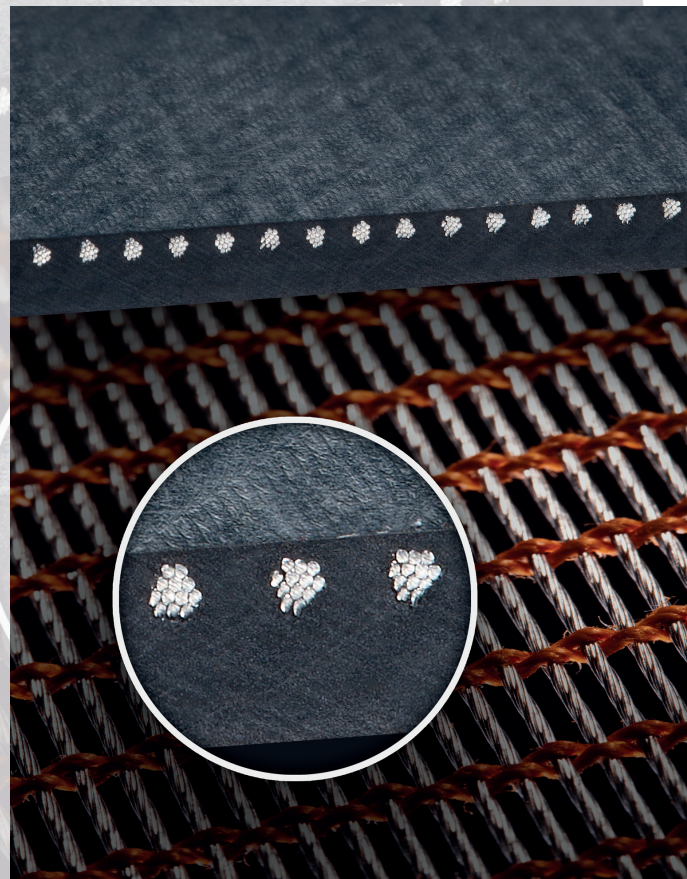




## How do you make plastic parts unbreakable?



Peter Janssens, Veerle Van Wassenhove - Bekaert



It's EASI. An EASI (Energy, Absorption, Safety and Integrity) thermoplastic component is a lightweight impact part reinforced with a fabric or a tape of continuous steel cords. The steel cord is embedded in thermoplastic, using a number of technologies, to create an unbreakable plastic part with a high flexibility of design. The resulting structure is a lightweight, crash resistant, impact part.

Plastic materials are a major contributor to lowering weight in the automotive industry. Numerous metal production components were replaced by equally adept plastic counterparts. However, these plastic parts and engineering plastics have started to reach

their fundamental limits especially for crash loaded applications with a special need for impact strength (i.e. a side door impact beam). The next big substitution for vehicular crash loaded applications will only succeed with a technological leap, namely, using steel cord reinforced plastic structures such as EASI. EASI creates an entirely new performance class for polymer components.

Such a component has outstanding performance: energy absorption at the highest level; excellent conduction of loads in both static and dynamic load situations; fail-safe behavior without structural failure; excellent suitability for adhesive bonding and riveting. Tailored steel cord and glass



## Componenti in plastica indistruttibili?

Peter Janssens, Veerle Van Wassenhove - Bekaert

*È facile con Easi!!! Un componente termoplastico EASI (Energia, Assorbimento, Sicurezza e Integrità) è leggero e rinforzato con tessuto o con nastro di cavi d'acciaio continui. Il cavo d'acciaio viene incorporato facilmente nel materiale termoplastico tramite diverse tecnologie, per creare, con grande libertà progettuale, un componente in termoplastica indistruttibile. La struttura prodotta è leggera, resistente agli urti e alla rottura.*

*I materiali plastici hanno portato un notevole contributo ad alleggerire i pesi nel settore automobilistico. Molti componenti metallici sono stati sostituiti dai loro equivalenti in plastica. Tuttavia, questi componenti e i*

*termoplastici stessi hanno iniziato a raggiungere i loro limiti, in particolare nelle applicazioni con carico da impatto dove è richiesta un'alta resistenza all'urto (ad esempio urto su portiera laterale). Il prossimo passo avanti tecnologico per le applicazioni con carico d'urto avverrà grazie all'impiego di strutture in plastica rinforzate con cavi d'acciaio come EASI che offre prestazioni completamente nuove per i componenti polimerici.*

*Tale componente offre prestazioni eccezionali: assorbimento di energia ai livelli massimi, eccellente portata di carichi in caso di carico dinamico e statico, resistenza al cedimento strutturale, eccellente adattabilità sia agli incollaggi sia*

*all'uso di rivetti. I cavi d'acciaio customizzati e le termoplastiche rinforzate con fibra di vetro (tipicamente PP o PA) vengono uniti per creare una connessione indistruttibile. Inoltre, questi componenti possono essere realizzati sia in un unico processo basato sullo stampaggio per compressione o per iniezione sia con altri metodi. La libertà di progettazione è considerevole e i costi supplementari sono contenuti.*

*Una prima produzione costruita con la tecnica dello stampaggio a compressione con PP GMT (termoplastica rinforzata con mat in fibra di vetro) è stata sviluppata in collaborazione con Bekaert, Quadrant e Voestalpine e utilizzata sulle*

*Mercedes serie SLS AMG, prodotta da Magna Steyr Fahrzeugtechnik. Ha ricevuto il premio "AVK Innovation" nel 2008. Dal 2010, Bekaert compie ricerche sui componenti PA stampati per iniezione rinforzati con cavo d'acciaio per l'industria automobilistica, con l'aiuto di BASF e Voestalpine. Le parti stampate per iniezione PA EASI hanno superato tutti i test, basati sugli standard OEM eseguiti da Magna Steyr. Dal 2013, Bekaert ha consolidato la propria esperienza nella produzione di componenti basati su tecnologia EASI prodotti per stampaggio a iniezione PP e per iniezione a compressione. (Fig. 1)*

*Questi componenti possono essere utilizzati ovunque sia richiesto un*

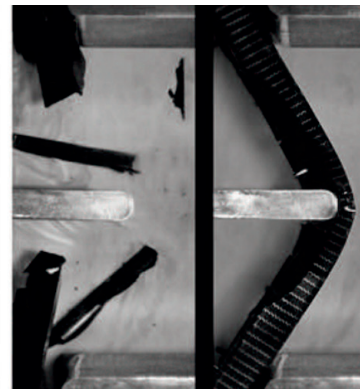
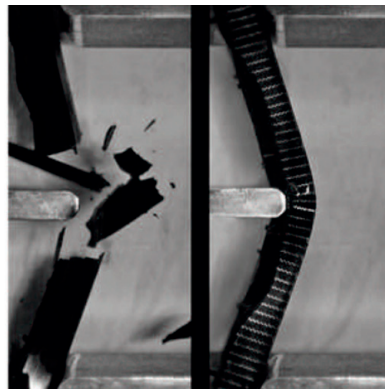
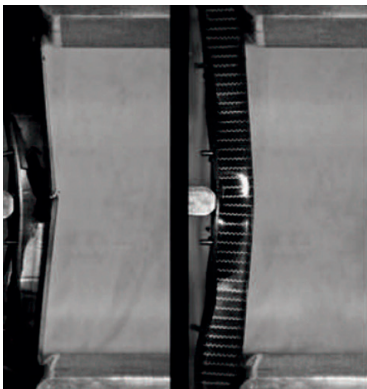
reinforced thermoplastic (typical PP or PA) are joined together to make an unbreakable connection. Moreover, EASI-parts can be made in a one shot process based on compression or injection molding, as well as other methods. The freedom of design is high and the non-recurrent costs are low.

with Bekaert, Quadrant and Voestalpine and applied to the Mercedes SLS AMG series, produced by Magna Steyr Fahrzeugtechnik. It received the AVK Innovation Award in 2008. Since 2010, Bekaert has been investigating steel cord reinforced PA injection molded parts for the automotive industry with the

2013, Bekaert has built expertise in steel cord reinforcements for EASI-parts based on PP injection and compression injection molding.

These components can be applied to any areas where energy absorption is required and the part's integral structure must be retained.

considered. At first glance, steel cord reinforced thermoplastic components, offer few, if any, significant advantages in terms of stiffness and strength when compared with conventional approaches. It is however in crash situations that EASI's unique properties come to the forefront (Fig. 2).



A first production part based on compression molding of a steel cord fabric with PP GMT (glass mat reinforced thermoplastics) was jointly developed

help of BASF and Voestalpine. EASI PA injection molded parts passed all the principle tests, based on OEM standards, performed by Magna Steyr. Since

### The advantages of EASI over conventional fiber reinforcement

Presently, various concepts for composite materials are being

The steel cord reinforcement of the concept ensures that a polymer component can retain its structural integrity under highly dynamic loading.

Fig. 1

In contrast to other commonly available reinforcing agents, steel cords ensure that loaded components remain intact during crashes even at high collision forces (left: normal glass fiber reinforcement; right: steel cord reinforcement; picture: BASF)

A differenza di altri agenti di rinforzo comunemente disponibili, i cavi di acciaio garantiscono che i componenti caricati rimangono intatti durante il crash anche a forze di collisione elevate (a sinistra: normale rinforzo in fibra di vetro, a destra: con rinforzo con cavo in acciaio, (foto: BASF)

assorbimento di energia e si debba conservare la struttura integrale.

### Vantaggi di EASI sui rinforzi convenzionali in fibra

Allo stato attuale, vengono prese in considerazione varie tecnologie per i materiali compositi. A prima vista, i componenti termoplastici rinforzati con cavo d'acciaio, offrono pochi, se non addirittura nessun vantaggio significativo in termini di rigidità e di resistenza rispetto agli approcci convenzionali. Però è proprio nei casi di impatto violento che le proprietà uniche di EASI si manifestano chiaramente. (Fig. 2).

Il rinforzo in cavo d'acciaio garantisce che un componente polimerico sia in grado di conservare la propria integrità strutturale in condizioni di alto carico dinamico.

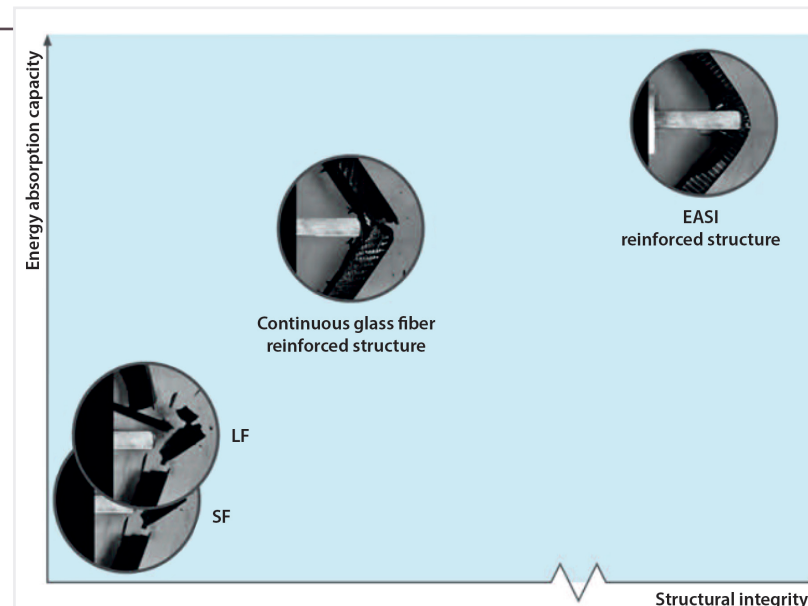


Fig. 2

The strength of steel cord reinforced thermoplastics is comparable with long fiber reinforced polymer parts. However, due to their ductility, EASI is less vulnerable during crashes and the structural integrity of the part is maintained for a particularly long period of time (SF: short glass fiber reinforced, LF: long glass fiber reinforced, EASI: new steel cord reinforcement) (picture: BASF)

La resistenza del termoplastico rinforzato con cavo in acciaio è paragonabile a quella dei polimeri rinforzati con fibre lunghe. Comunque, data la duttilità, EASI è meno vulnerabile all'impatto e l'integrità strutturale del componente viene mantenuta per un tempo molto lungo (SF: rinforzo in fibra di vetro corta LF: rinforzo con fibra di vetro lunga, EASI: nuovo rinforzo in cavo di acciaio) (Foto: BASF)

### Cavi d'acciaio per componenti polimerici

La struttura dei cavi d'acciaio utilizzati e il loro trattamento superficiale vengono ottimizzati per i componenti termoplastici. I cavi d'acciaio sono realizzati con monofilamenti galvanizzati e hanno un rivestimento anticorrosione supplementare che previene per sempre la ruggine. I cavi di acciaio sono composti da due o più fili o da una combinazione trefoli o di fili e trefoli. (Fig 3)

I fili in acciaio possono essere ritorti in diversi tipi e con acciai (resistenza a trazione normale, alta, ultra) influenzando così la resistenza e le proprietà del cavo d'acciaio. (Fig.4)



### Steel cords for polymer components

The structure of the steel cords used and their surface treatment are optimized for use in thermoplastic components. The steel cords are made from galvanized monofilaments that are given an extra anti-corrosive coating, resulting in an optimum lifetime. Steel cords are typically composed of two or more filaments or a combination of strands or filaments and strands (Fig 3). By playing with the cord construction and the steel used (normal, high or ultra-tensile) the strength and properties of the steel cord can be influence (Fig 4).

The steel cords used for these applications are very stiff and strong, with tensile strengths of

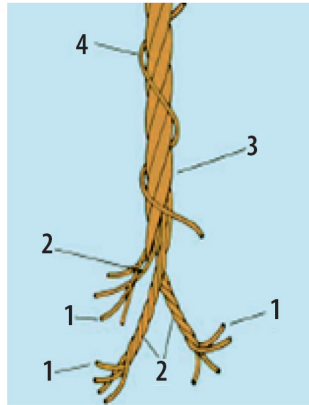


Fig. 3  
Construction of steel cord: 1. filaments;  
2. strand; 3. cord; 4. additional filament  
Costruzione di un cavo in acciaio: 1. fili;  
2. trefoli; 3. cavo; 4. filamento addizionale

more than 2,800 MPa. These strengths, which are the highest found in the steel sector, allow the steel cord fabric to hold the thermoplastic matrix together

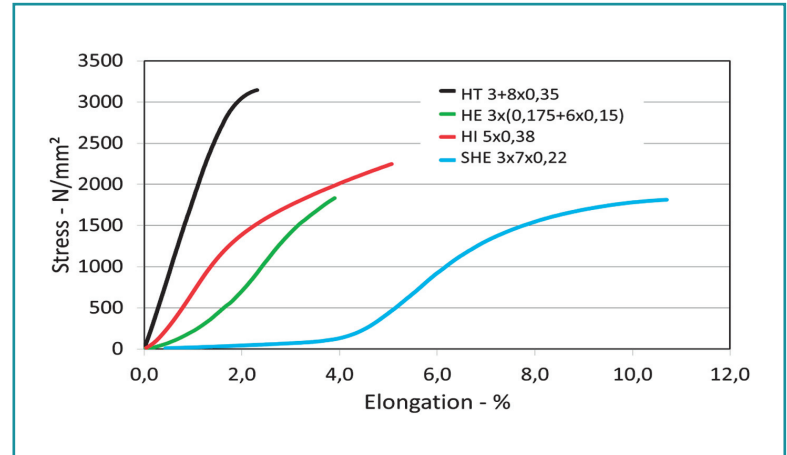


Fig. 4  
An illustration of adjusting the steel cord properties  
Come si possono modificare le proprietà di un cavo d'acciaio



*I cavi d'acciaio per queste applicazioni sono molto rigidi e robusti, con resistenza a trazione superiore a 2.800 MPa. Questa resistenza che è la maggiore nel settore*

*industriale dell'acciaio, consente al tessuto di tenere insieme la matrice termoplastica durante l'urto. Anche in caso di collisioni ripetute, il tessuto rinforzato in acciaio può*

during an impact. Even after repeated collisions, the steel cord fabric can resist very high incident loadings.

In order to guarantee the exact positioning of the steel cords in the molded component, Bekaert has developed special textile structures incorporating the steel cords (Fig. 6). These structures are so open that they can be laid easily inside the molding tool without any pretreatment and be completely encapsulated by the thermoplastic. Depending on the final application more

open, unidirectional, bi-directional, multiple layers of fabric or patches are used.

#### Benefitting from the advantages of molding

Molding steel cord reinforced thermoplastics is almost identical to the classic process.

However, the steel cord fabric has to be positioned inside the tool cavity before the mold is closed. Reliable processing of such inserts can present challenges connected to tooling technology and process control.

While there is no need to preform the fabric, positioning and fixing of the steel cord fabric in the tool need to be taken into consideration. Depending on the geometry and complexity of the insert, cycle times can be slightly longer than with standard molding processes without inserts.

#### Performance envelope of the composites

The combination of steel cords with a thermoplastic matrix leads to fundamentally new material behavior in particular at high

elongations. At high elongation rates, with conventional fiber composites, cleavage fractures occur across the whole composite which ends in a spontaneous failure. This technology prevents separation of the polymer matrix from the steel cords and therefore demonstrates high ductility after the onset of a break. This material behavior results in the performance envelope of EASI composites being either not, or only inadequately, captured by conventional testing and data sheets. The exceptional structural



Fig. 5  
The corrosion resistance of steel cords and steel cord reinforced components is assessed in salt spray tests (picture: Bekaert)  
La resistenza alla corrosione dei cavi in acciaio e dei componenti rinforzati viene provata con il test salt spray (foto: Bekaert)

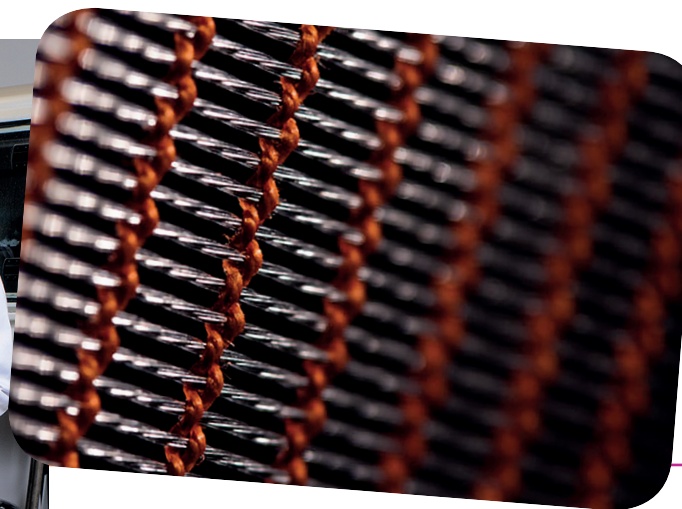


Fig. 6  
Steel monofilaments can be twisted into various steel cords with different densities and break strengths and then fixed in place to form a textile fabric (picture: Bekaert)  
I fili in acciaio possono essere ritorti in diversi tipi con diverse densità e resistenza alla rottura e quindi essere disposti per formare un tessuto. (foto: Bekaert)

resistere a carichi d'incidenza molto alti.

Per garantire l'esatto posizionamento dei cavi d'acciaio nel componente stampato, Bekaert ha messo a punto strutture tessili speciali incorporando i cavi d'acciaio (Fig. 6). Queste strutture sono così aperte

che possono essere stese facilmente all'interno dello stampo senza pretrattamento ed essere completamente incapsulate dalla termoplastica. In base all'applicazione finale si utilizzano combinazioni o strati di tessuto multiple più aperti, unidirezionali o bidirezionali.

#### I vantaggi dallo stampaggio

Stampare termoplastici con il rinforzo in acciaio è quasi uguale al processo classico.

Tuttavia, il tessuto in acciaio deve essere posizionato all'interno dello stampo prima che questo venga chiuso.

La lavorazione affidabile di tali materiali può presentare difficoltà connesse alla tecnologia e al controllo di processo.

Non c'è bisogno di preformare il tessuto, ma è importante considerare attentamente il posizionamento e il fissaggio del tessuto del cavo d'acciaio nello stampo. In base alla geometria e alla complessità dell'inserto, i tempi dei cicli possono essere un po' più lunghi rispetto ai processi di stampaggio standard.

#### Prestazioni dei compositi

La combinazione di cavi d'acciaio con la matrice termoplastica produce un comportamento del materiale completamente nuovo, in particolare nell'allungamento. A causa degli alti livelli di allungamento dei convenzionali compositi in fibra, le fratture per sfaldamento avvengono in tutto il composito con conseguente cedimento.

Questa tecnologia previene la separazione della matrice polimerica dalle corde in acciaio dimostrando grande duttilità dopo l'inizio della rottura.

Questo comportamento produce il comportamento avvolgente dei compositi EASI che normalmente potrebbe essere non messa in luce sufficientemente dai test convenzionali e dalle schede tecniche. L'eccezionale integrità strutturale di





integrity of EASI can only be demonstrated by non-standard, component-part oriented investigations. One of these is the three point bend test (Fig. 7).

A glance at the energy/displacement diagram (Fig. 8) shows that the energy absorption of the steel cord reinforced polyamide component is much higher than that of the base 30 % glass fiber reinforced polyamide parts.

**Predicting behavior through simulation**

It is not only the ongoing development of matrix polymers that

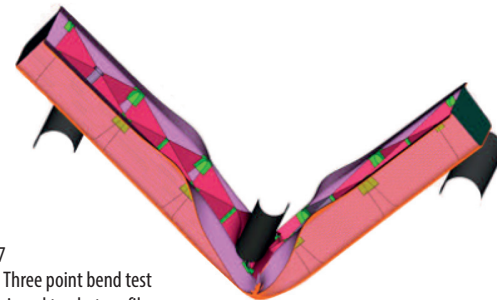
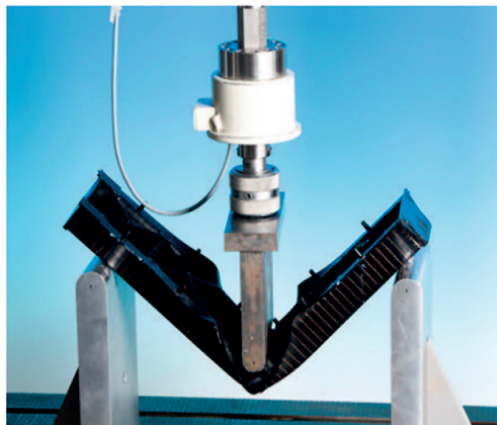


Fig. 7  
Left: Three point bend test on a ripped top hat profile demonstrator component made from steel cord reinforced polyamide. Right: In order to generate the red curve in Fig. 9, the experimental three point bend test is recreated in a computer simulation (pictures: BASF)

Sinistra: il test di flessione su tre punti su un profilo campione di copertura in poliammide rinforzato in acciaio. Destra: per generare la curva in rosso di fig. 9 il test viene ricreato con una simulazione al computer (immagini: BASF)

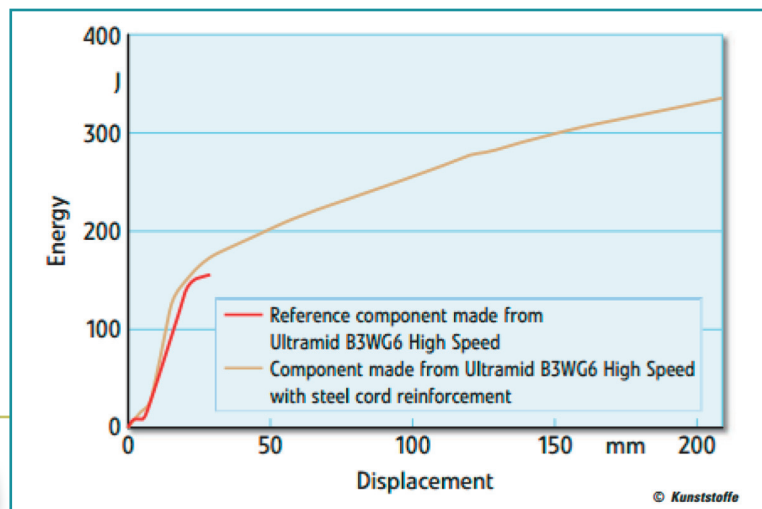


Fig. 8  
The energy absorption of the steel cord reinforced PA 6 component is much higher than the base 30 % glass fiber reinforced PA6 (picture: BASF)  
L'assorbimento dell'energia di un componente in PA 6 rinforzato con cavo d'acciaio è molto superiore a quella di un PA 6 rinforzato con fibra di vetro al 30% (immagine: BASF)

EASI può essere dimostrata solo da esami non-standard su parte-componente. Uno di questi è il test della flessione a tre punti (Fig. 7). L'osservazione del diagramma energia/dislocamento (Fig. 8) dimostra che l'assorbimento di energie del componente a base di poliammide rinforzato con cavi d'acciaio è molto più elevato rispetto ai componenti costituiti da poliammide rinforzato con fibra di vetro al 30%.

**Prevedere la risposta mediante simulazione**

A contribuire al successo delle applicazioni dei polimeri non sono

soltanto le attività di sviluppo in corso dei polimeri della matrice, ma anche la crescente capacità di prevedere con i computer la risposta di una parte polimerica in condizioni di carico. Grazie al sistema di simulazione continuamente aggiornato, è ormai possibile prevedere molto precisamente il comportamento quasi-statico e dinamico dei componenti rinforzati con cavo d'acciaio (Fig. 9, Fig. 7 Dx).

**Applicazioni e riciclaggio**

Le termoplastiche rinforzate con cavo d'acciaio sono destinate ad aree che permettono

has contributed to the success of polymer applications, but also the growing ability to be able to predict with computers the behavior of a polymer part under loading. With this continuously updated simulation system, it

is now also possible to predict the quasi-static and dynamic behavior of steel cord reinforced components with high precision (Fig. 9, Fig. 7 right).

**Applications and recycling**

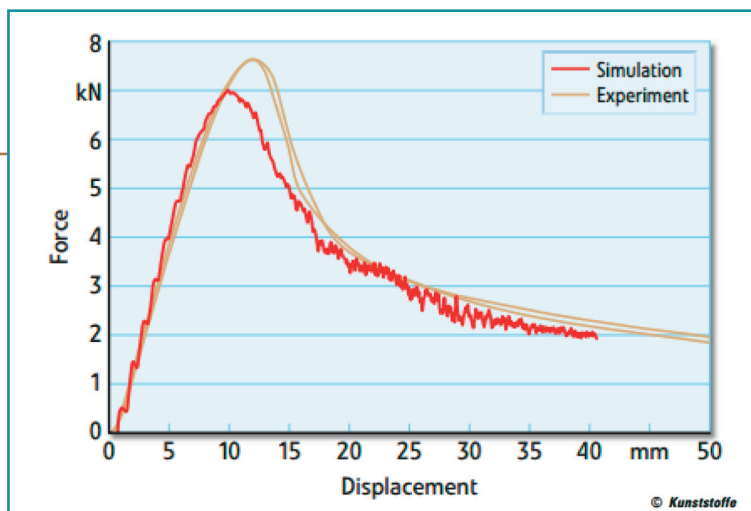


Fig. 9  
Three point bend test: Simulation (red) and experiment (beige) for a conditioned demonstration part (ribbed top hat profile). Simulation tools have been upgraded so that the behavior of steel cord reinforced parts can be precisely predicted by a computer. This saves development time and costs (picture: BASF)  
Test della flessione a tre punti: simulazione (rossa) e sperimentale (beige) di un componente per il test. Gli strumenti per la simulazione sono stati perfezionati in modo che la risposta delle parti rinforzate con cavo d'acciaio fosse prevedibile con il computer risparmiando così tempi di sviluppo e costi (immagine: BASF)

l'assorbimento di energia e la distribuzione armonica dell'energia da impatto. I componenti del veicolo in cui è possibile sfruttare queste proprietà comprendono le parti annesse rilevanti della struttura, come le staffe del paraurti o

la sezione anteriore, così come le parti BIW che devono conservare la loro capacità di carico e l'integrità strutturale per distribuire la forza durante l'impatto e nella modalità di post-cedimento. È assolutamente essenziale includere

Steel cord reinforced thermoplastics are predestined for areas that provide energy absorption and harmonic energy distribution of crash energy. Vehicle components where these characteristics can be exploited include structure relevant attachments, such as bumper beam carriers or front ends, as well as BIW parts that must retain their load bearing capacity and structural integrity in order to distribute forces during a crash and in post failure modes. An early inclusion of the steel cord concept in the design and layout phase of these novel components is absolutely essential. In the case of crash load chains, this technology offers the potential to decide between conventional sheet

metal construction with expensive mass production tooling and slightly more complex parts with a lower overall investment. On top of that come all the well-known advantages of polymer molding such as functional integration and modularization. A Life Cycle Analysis (LCA) performed by the University of Lausanne acknowledged the 'green' advantages of the material combination as compared with other (bumper) systems. The possibility of recycling the steel cord and polymer after the service life of the component could be demonstrated for the first mass produced parts made using compression molding technology. A large scale test at Voestalpine in Linz, Austria, showed that it was possible to

*precocemente la tecnologia del cavo d'acciaio nella struttura e nella configurazione di questi nuovi componenti. Nel caso del carico con impatti a catena, questa tecnologia offre la possibilità di scegliere fra la costruzione con laminati di metallo convenzionali e produzioni di serie costose e parti leggermente più complesse ma con investimenti inferiori. Inoltre, ci sono i ben noti vantaggi dello stampaggio polimerico come l'integrazione funzionale e la modularizzazione. L'analisi del ciclo di vita (LCA) eseguita presso l'università di Losanna ha confermato i vantaggi ecologici della combinazione del materiale rispetto ad altri sistemi (paraurti). La possibilità di riciclare il cavo d'acciaio e il polimero al termine della vita*

*utile del componente può essere dimostrata per i componenti prodotti in serie, realizzati con l'ausilio della tecnologia di stampaggio per compressione. Un test su larga scala compiuto a Voestalpine Linz, Austria, ha dimostrato la possibilità di separare interamente la frazione polimerica dall'acciaio per tutti i componenti.*

**Prospettive: combinazione con i laminati**

Particolari sinergie possono derivare dalla combinazione di laminati termoplastici in fibra di carbonio o vetro con rinforzi in cavi d'acciaio. Per quanto riguarda resistenza, rigidità e assorbimento di energia, la combinazione EASI rinforzi in fibra continua (CFR) permette di apportare ulteriori





fully separate the polymer fraction from the steel for complete components.

**Outlook: combination with laminates**

Particular synergies can result from the combination of thermoplastic glass or carbon fiber laminates with steel cord reinforcement. With respect to strength, stiffness and energy absorption, the combination of EASI with local continuous fiber reinforcement (CFR) enables further significant improvements, especially regarding the baseline stiffness of components. This new concept enables crash resistant, weight

reduced components to be produced while maintaining a high degree of design freedom. This represents a further step towards cost-effective, lightweight construction of structural components.

**References:**

1. Radke Andreas, et. al. Reinforcing with Steel Cord, *Kunststoffe international* 11/2012, 29-32,
2. Van Wassenhove Veerle, Janssens Peter Steel reinforced plastics for structural parts, *Composites week @ Leuven and Texcomp-11 conference*. 16-20 September 2013, Leuven

*migliorie, in particolare riguardo la rigidità strutturale dei componenti. Questa nuova tecnica consente di realizzare componenti di peso ridotto e resistenti all'urto*

*mantenendo un alto grado di libertà progettuale. Iò rappresenta un ulteriore passo avanti verso la costruzione di componenti strutturali leggeri e dai costi contenuti.*

ABOUT THE AUTHOR

**Peter Janssens** received a MS in Engineering from the University of Ghent, Belgium and a MS in Business Administration from the University of Leuven, Belgium. He has over 14 years of experience at Bekaert starting in the United States as a Sales & Marketing manager and General Manager in Bekaert Combustion Technology Americas. As an Innovation Manager in Belgium, his focus is to create new business for Bekaert in the composite industry.

*Peter Janssens ha conseguito un MS in Ingegneria presso l'università di Gand, e un MS in Business Administration all'Università di Lovanio in Belgio. Vanta più di 14 anni di esperienza professionale a Bekaert dopo aver iniziato la propria carriera negli Stati Uniti in qualità di Sales & Marketing manager e General Manager di Bekaert Combustion Technology Americas. Nelle vesti di Innovation Manager in Belgio, si è dedicato alla creazione di una nuova unità per Bekaert nell'ambito dell'industria dei compositi.*