

Innovative composite connecting rods

Ignazio Crivelli Visconti, TEPCO



Within this note the most recent updating about the development of a Project related to innovative conrods made in fibrous composite material is briefly presented following data obtained from both simulations, experimental and field test.

The Project concerns both one-piece conrods for monocylinder engines, as well as dismountable conrods for pluricylinder engines to be mounted on crankshafts. In both cases the aim was to design and produce conrods using fibrous composite materials with proper use of different fibres, so to obtain similar or superior performances and lower weight if compared to traditional metal conrods made in high quality metals, with production cost at the same level.

Different materials have been used and tested in different zones of the conrod and

in particular HS and HM Carbon fibres, and different technologies based on wet impregnation or pre-preg winding.

A general well known limitation of the use of composite is the low properties shown when stressed in compression along the fibres direction and all attempts so far made to use composites for conrods do stress the fibres in compression, reducing the overall properties to rely on due to limitations related to fatigue strength,



Fig. 1 - Metal traditional conrod (up), compared to composite conrod (down)
Biella di metallo tradizionale (sopra) paragonata alla biella in composito (sotto)

Bielle innovative in composito per motori a scoppio

Ignazio Crivelli Visconti, TEPCO



In questo articolo si discutono i recenti aggiornamenti dello sviluppo di un progetto relativo di bielle innovative realizzate in materiale composito, sulla scorta dei dati ottenuti dalle simulazioni e dai test sperimentali e sul campo. Il progetto riguarda bielle a pezzo unico per motori monocilindrici e bielle scomponibili per motori a più cilindri da montare sugli alberi a gomito. In entrambi i casi lo scopo era progettare e produrre bielle con l'ausilio di materiali compositi a base di fibre con l'uso appropriato di varie fibre in modo da ottenere prestazioni simili o superiori e peso inferiore

rispetto alle bielle di metallo tradizionali, realizzate con metalli di alta qualità e con costi di produzione allo stesso livello.

Sono stati impiegati ed analizzati differenti materiali in varie parti della biella ed in particolare le fibre di carbonio HS e HM oltre a varie tecnologie basate sull'impregnazione o sull'avvolgimento dei pre-preg.

Un limite ben noto dell'utilizzo dei compositi è rappresentato dalle proprietà non ottimali nei casi in cui questo materiale subisca sollecitazioni da compressione lungo la direzione delle fibre e tutti i tentativi finora compiuti per utilizzare i compositi per le bielle effettivamente

provocano sollecitazioni alle fibre durante la compressione riducendo le proprietà generali su cui fare affidamento; tutto questo a causa degli inconvenienti correlati alla resistenza alla fatica, alla variabile termica e ad altri aspetti della sicurezza da considerare se si dà avvio a una progettazione sicura.

La caratteristica peculiare delle tipologie di bielle brevettate qui presentate consiste nella progettazione innovativa ed esclusiva e nella distribuzione delle fibre all'interno della struttura della biella, in modo che le fibre siano sottoposte sempre a sollecitazione di tensione anche quando la biella è sotto compressione



temperature dependence, as well as other reliability aspects to be considered if a safe design is to be approached.

The peculiar feature of the here presented patented types of conrods consists in the innovative and exclusive design and distribution of the fibres within the structure of the conrod, so that the fibres are always stressed in tension even when the conrod is under compression during any cycle of the engine.

The innovative fibres distribution within the conrods results in a composite almost independent from the matrix characteristics, so explaining why many normally critical properties of composites like fatigue strength, reliability, temperature dependence are strongly improved.

This is in fact the very innovative feature of the Patent permitting, contrary to any other attempt to produce conrods using composite materials, the ideal and complete exploitation of the composite properties very difficult to obtain in usual design with composites.

CONRODS FOR MONOCYLINDER ENGINES

Prototypes of one-piece conrods to be used in monocylinder engines have been designed and realized, and in particular a prototype in the final version has been mounted on a real engine of a scooter 2 strokes 200 cc, and is now continuously running for testing.

The peculiar feature of this type of conrod consists in the innovative and exclusive design and distribution of the fibres



durante qualsiasi ciclo di lavoro del motore.

La distribuzione innovativa delle fibre all'interno delle bielle fornisce un composito quasi indipendente dalle caratteristiche della matrice spiegando quindi il motivo per cui normalmente le proprietà critiche dei compositi come la resistenza a fatica, l'affidabilità e la variabile termica ne risultano fortemente migliorate. In effetti si tratta della vera caratteristica innovativa del brevetto, che permette, a differenza di qualsiasi altra soluzione tentata, di produrre bielle con i materiali compositi di sfruttare al massimo le proprietà dei compositi, impresa molto difficile nel caso delle usuali progettazioni con i materiali compositi.

BIELLE PER MOTORI MONOCILINDRICI

Sono stati progettati e realizzati prototipi di bielle a pezzo unico da utilizzare per i motori monocilindrici e in particolare un prototipo della versione finale è stato montato su un motore autentico di uno scooter a due tempi 200 cc, ancora in corso di collaudo. La caratteristica principale di questo tipo di biella consiste



within the one-piece structure of the conrod, so that the fibres are always stressed in tension even when the conrod is under compression during any cycle of the engine. The innovative fibres distribution results in a composite almost independent from the matrix characteristics, so that many normally critical properties of composites like fatigue strength, reliability, temperature dependence are strongly improved. Fig. 1 shows the metal traditional conrod (up) compared to the composite conrod (down), and Fig.2 shows the composite conrod mounted on the scooter shaft.



Fig. 2 - Composite conrod mounted on the scooter shaft.
Biella in composito montata sull'albero di uno scooter

also in this case of dismountable conrods having the composite almost totally independent from the matrix properties produces a strong increment of normally critical properties of composites, like fatigue strength, reliability, temperature dependence. The presence of fibres stressed only and always in tension is thus the reason for the very high level of performances shown by these composite conrods, differently from what is shown by all other attempts to use composites for similar applications; the level of performances has been testified by static as well as dynamic

CONRODS FOR PLURICYLINDER ENGINES

More recent has been the final development of dismountable conrods to be used in pluricylinder engines, where the conrod needs to be realized in two parts in order to be mounted on the crankshaft. These conrods, despite being certainly more

complex from design point of view, have been again conceived so to use fibres subjected exclusively to stresses in tension only, including the part of the big eye where a separate cap must be present in order to join the crankshaft to the stem. Tension stresses only are acting on the composite fibres even when the conrod is subjected to compressive states during any cycle of the engine. And

fatigue tests at the University of Naples Federico II.

Following such experimental laboratory evidences, the decision was to proceed with real test on a real application, mounting the innovative conrods on a real engine.

Therefore a precise model of composite conrod has been chosen, and composite conrods were designed and mounted on a 4 strokes 4 cylinder



nella progettazione innovativa e unica e nella distribuzione delle fibre all'interno della struttura a un pezzo della biella, così che le fibre vengano sempre sottoposte a tensione anche quando la biella è sotto compressione durante qualsiasi ciclo di lavoro del motore.

La distribuzione innovativa delle fibre fornisce un composito quasi del tutto indipendente dalle caratteristiche della matrice, tale per cui molte proprietà normalmente critiche dei compositi, quali la resistenza a fatica, l'affidabilità e la variabile termica ne risultino grandemente migliorate.

In Fig. 1 è rappresentata una biella di metallo tradizionale (sopra) rispetto a una biella in composito (sotto) e in Fig. 2 è rappresentata la biella in composito montata sull'albero di uno scooter.

BIELLE PER MOTORI PLURICILINDRICI

Più recente è lo sviluppo finale di bielle scomponibili da utilizzare nei motori a più cilindri dove la biella deve essere realizzata in due parti separabili per essere montata sull'albero a gomito. Queste bielle, nonostante siano sicuramente più complesse dal punto di vista della progettazione, sono state sviluppate per un utilizzo delle fibre sottoposte esclusivamente a sollecitazioni da tensione, compresa la parte del grande occhio in cui deve essere presente un cappello separato per unire l'albero a gomito all'alberino.

Le sollecitazioni da tensione agiscono solamente sulle fibre composite anche quando la biella è sottoposta a forza di compressione durante qualsiasi ciclo di lavoro del motore. Anche in questo caso di bielle smontabili con materiale composito quasi totalmente

indipendente dalle proprietà della matrice, produce un forte incremento delle proprietà normalmente critiche dei compositi, quali la resistenza a fatica, l'affidabilità e la variabile termica. La presenza delle fibre sollecitate e sempre in tensione è quindi la ragione degli alti livelli prestazionali mostrati da queste bielle in composito, diversamente da quanto è mostrato da tutti i tentativi di utilizzare i compositi per applicazioni simili; il grado prestazionale è stato verificato con i test delle prove a fatica statica e dinamica, effettuate presso l'Università di Napoli Federico II.

A seguito di queste prove di laboratorio sperimentali, la decisione presa è stata quella di procedere con test reali su applicazioni reali, montando le bielle innovative su motori veri. È stato scelto quindi un modello preciso di biella in materiale composito e le bielle in

1200 cc 16 valves engine and put on the road running with in different conditions. Using a kind of "trial and error" method for these prototypes, after dismantling the initial conrods a few improvements on the overall design have been made, leading to what is believed to offer satisfactory solutions. Fig. 3 shows an example of a prototype of composite conrod (left) compared the traditional metal conrod (right). Presently, tests are still running in a sufficiently reliable manner able to certify the validity of the entire Project. The car is carefully running on deliberately varying routes, like city traffic, highways, mountain routes so to vary rpm, power, couple, speed for a total duration of at least 20.000 Km. At the end, the conrods will be dismantled and checked to ascertain the absence of any type of deterioration.

composito sono state progettate e montate su un motore 4 cilindri a 4 tempi 1200 cc e 16 valvole e messo su strada in condizioni differenti. Adottando il metodo per prove ed errori per questi prototipi, dopo aver smontato le bielle iniziali, sono state realizzate le prime migliorie per poi arrivare ad ottenere le soluzioni migliori.

In fig. 3 è fornito un esempio di un prototipo di biella in composito (a sinistra) rispetto alla biella di metallo tradizionale (a destra). Allo stato attuale, sono in corso altri test in modo sufficientemente affidabile per certificare la validità del progetto nel suo complesso. L'automobile è collaudata su vari percorsi come quelli urbani, autostrade, strade di montagna, quindi a differenti rpm, regimi, coppia, velocità per una durata totale di almeno 20.000 km. Infine, le bielle saranno smontate e controllate per accertare l'assenza di qualsiasi tipo di deterioramento.

COMMENTS

So far both one-piece conrods for monocylinder engines and dismountable ones for pluricylinder engines crankshafts present a weight saving, with respect to the similar in metal, only around to 30% and 40%.

It is to be noted that this is not the limit expected, for up to this stage the intention has been concentrated exclusively to verify the basic idea of this Project, i.e. the actual possibilities to exploit composites in their best and ideal way, having fibres stressed



Fig. 3 - Example of a prototype of composite conrod (left) compared the traditional metal conrod (right)
Esempio di un prototipo di biella in composito (a sinistra) paragonata alla biella di metallo tradizionale (a destra)

COMMENTI

Finora sia le bielle a pezzo unico per motori monocilindrici sia le bielle smontabili per alberi di motori a più cilindri, hanno consentito un risparmio di peso, rispetto a prodotti equivalenti in metallo, pari a circa il 30-40%. E' bene osservare che questa percentuale non è quella prevista solitamente, e fino a questo momento l'intenzione è stata quella di puntare esclusivamente sulla verifica dell'idea di base di questo progetto, vale a dire le possibilità effettive di sfruttare le potenzialità dei compositi nel migliore dei modi,

only in tension.

Having now, from the results so far obtained, positively concluded such fundamental step, further development is concentrated on the optimization both of geometry and of the choice of the proper best materials, with the objective to obtain gain in weight around or superior to 50% with respect to the traditional metal conrods, even when made with special alloys like Titanium or light alloys. In parallel, though, attention is now paid to choose best

commercial strategies to activate in order to schedule roads to put composite conrods into production. Bearing well in mind, however, that the results, evaluations, and other evidences so far reached certainly necessitate further implementation by large scale testing.

con la sollecitazione delle fibre soltanto in tensione.

Avendo dedotto questa fase fondamentale dai risultati finora ottenuti, gli ulteriori sviluppi si concentrano ora sull'ottimizzazione della geometria e sulla scelta dei migliori materiali idonei, nell'intento di

risparmiare ulteriormente peso al 50% o più rispetto alle bielle di metallo tradizionali, anche quando queste sono realizzate con leghe speciali come il titanio o altre leghe leggere. In parallelo al presente si presta attenzione alla scelta della migliore strategia commerciale da attivare per programmare la produzione di bielle in composito.

Tutto questo, comunque, tenendo bene in mente che i risultati, le valutazioni e altre evidenze finora ottenute necessitano certamente dell'ulteriore applicazione di test su larga scala.

