

Effect of defects on part made with AFP using Digimat

Anthony Cheruet, Business Development Engineer for Aerospace



Automatic Fiber Placement (AFP) is a fast and efficient deposition process

of carbon prepreg for large component application.

To accommodate the composite strips onto a double curved surface, the tows can be cut then restarted and slightly misoriented yielding to the apparition of gaps between the tows.

These two defects, i.e. the gaps and the misalignment of the tows affect the mechanical performance of the final part. Robots, that execute that deposition of tows, are driven by the control software.

This latter can be considered

as the link between the part as-designed and the part as-manufactured.

To assess final mechanical properties of the part, with the effects of the presence of defects, an additional link between the part as-manufactured and the part as-designed must be introduced.

The recent development in Digimat 2019.0 contains now tools to predict the performance of the final part produced by AFP, using information coming from directly that control software. The development consists in reading information from control software such as the localization of gaps and the fiber orientation and to map such information

Fig. 1 Workflow in Digimat

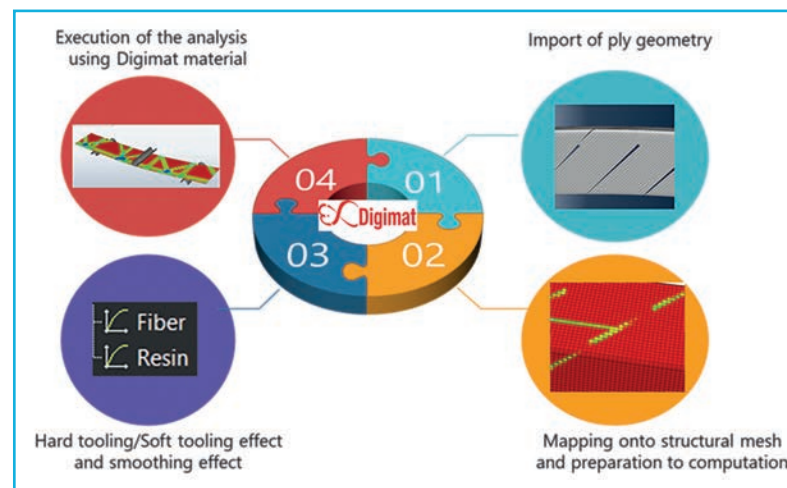


Fig. 1 Flusso di lavoro in Digimat

Effetto dei difetti presenti su parti realizzate con AFP mediante Digimat

Anthony Cheruet, Business Development Engineer for Aerospace



Il Posizionamento Automatico della Fibra (AFP) è un processo di deposizione efficace e veloce dei prereg in carbonio per l'applicazione di componenti di grandi dimensioni.

Per posizionare le strisce in composito su una superficie doppia curva, i fili possono essere tagliati e poi nuovamente trattati modificandone leggermente la direzione così da provocare spazi vuoti tra gli stessi. Questi due difetti, vale a dire gli spazi vuoti e il disallineamento dei fili, influiscono sulla

prestazione meccanica della parte finale.

I robot, che operano depositando i fili, sono guidati dal software di controllo. Quest'ultimo può essere considerato l'anello di congiunzione fra la parte progettata e la parte costruita.

Per valutare le proprietà finali meccaniche della parte, con gli effetti provocati dai difetti stessi, deve essere introdotto un ulteriore elemento di congiunzione fra la parte costruita e quella progettata.

Il recente sviluppo di Digimat 2019.0 contiene

ormai gli strumenti per prevedere la prestazione del componente finale prodotto da AFP, utilizzando le informazioni fornite direttamente dal software di controllo.

Lo sviluppo consiste nella lettura dei dati dal software di controllo, ad esempio la localizzazione degli spazi vuoti e l'orientamento della fibra, ma anche nella schematizzazione delle informazioni sulla maglia utilizzata per l'analisi strutturale.

Nel corso dell'analisi delle sollecitazioni del componente, il software utilizza un modello



onto the mesh used for structural analysis. During a stress analysis of the component, the software uses a micromechanical model to compute the local material properties by considering the presence or absence of tows and the local fiber orientation.

BENEFITS

- Quick computation of the knock factor on the stiffness of any components with complex geometry using as-manufactured fiber orientation and effect of gaps.
- Support the placement strategy optimization.
- Capability to differentiate effect of hard tooling and soft tooling.

DIGIMAT FOR AFP AT A GLANCE

Outstanding features of Digimat 2019.0 are:

- Import of the geometrical description of each single ply: the software can import the geometrical description of each tow belonging to a single ply and identify the orientation of the tows and the presence of gaps.



micromeccanico per misurare le proprietà del materiale in situ considerando la presenza o l'assenza dei fili e l'orientamento in situ della fibra.

I VANTAGGI

- Misura veloce del fattore scatenante sulla rigidità di tutti componenti a geometria complessa utilizzando l'orientamento della fibra come da progetto e l'effetto degli spazi vuoti.
- Ottimizzazione della tecnica di posizionamento
- Possibilità di differenziare l'effetto delle lavorazioni di materiali duri e molli

PRESENTAZIONE DI DIGIMAT PER AFP

Le caratteristiche eccellenti di Digimat 2019.0 sono le seguenti:

- Importazione della descrizione geometrica

- Mapping of the gaps and orientation onto the structural mesh: Digimat can compute the content of material or gap for each finite element of the model along with the local fiber orientation (as-manufactured). That value of material content will then be used to modify locally the composite microstructure.
- Generation of the composite section card for FE analysis: the software can generate automatically the composite shell section

card ready to use for a finite element analysis.

- Distinction between hard tooling and soft tooling: The difference between hard tooling and soft tooling can be done by considering the effect of gap on the ply thickness in the case of soft tooling or on the local fiber volume fraction of the ply in the case of hard tooling.
- Advanced features to smooth the effect of the mapping onto a discretized mesh.

Fig. 2 Application on a frame

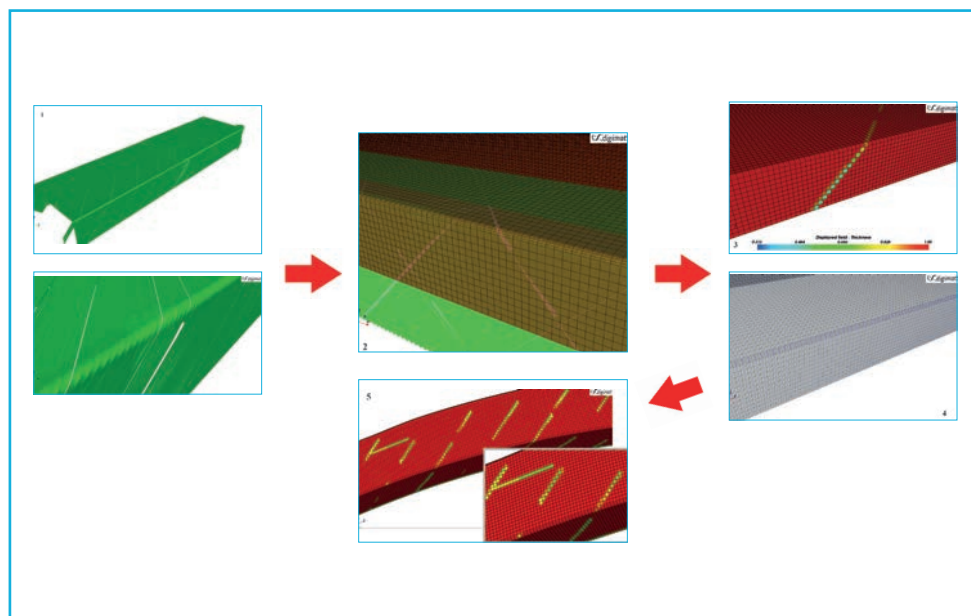


Fig. 2 Applicazione su un telaio

di ogni singolo strato: il software può importare la descrizione geometrica di ogni filo appartenente al singolo strato e identificare l'orientamento dei fili e la presenza di spazi vuoti.

- Mappatura degli spazi vuoti e orientamento sulla maglia strutturale: il software può misurare il contenuto di materiale o lo spazio vuoto per ogni elemento finito del modello insieme all'orientamento locale della fibra (come realizzata). Quel valore del contenuto di materiale può essere poi utilizzato per modificare localmente la microstruttura del composito.
- Realizzazione di una scheda della sezione

del composito per l'analisi FE: il software può generare automaticamente la sezione del guscio in composito, pronta per l'uso per l'analisi di un elemento finito.

- Distinzione fra strumenti di lavorazione di consistenza molle o dura: la differenza fra questi può essere effettuata considerando l'effetto dello spazio vuoto sullo spessore dello strato nel caso di strumenti di lavoro di consistenza molle oppure sulla frazione di volume della fibra locale del ply nel caso di strumenti di lavoro duri.
- Caratteristiche avanzate per smussare l'effetto della mappatura su una maglia discretizzata.



APPLICATION

The geometrical description of the file is imported within Digimat (1), then the mapping operation onto the structural mesh can be performed (2).

As a first result, the thickness variation of each single ply can be verified (3) and the local fiber orientation as well (4).

Finite element analysis can be performed, based on the option soft/hard tooling (5) and then knock-down factor between healthy or flawed structure can be estimated.

EFFECT OF HARD TOOLING AND SOFT TOOLING

Digmatat provides the possibility to consider the effect of a hard tooling or a soft tooling applied on the composite during reconsolidation or curing:

- In the case of a soft tooling, the cure or consolidation pressure is the same everywhere even if there is a local difference in the overall composite thickness. In this case, the software offer the possibility to modify the thickness of the ply in the



APPLICAZIONE

La descrizione geometrica del file è importata in Digimat (1), poi è possibile eseguire la mappatura sulla maglia strutturale (2).

Di conseguenza, è possibile verificare la variazione di spessore di ogni singolo ply (3), così come l'orientamento della fibra (4).

L'analisi dell'elemento finito può essere effettuata in base all'opzione lavorazione con materiali di consistenza dura /molle (5) stimando il fattore di causa fra la struttura integra o difettosa.

EFFETTI ESERCITATI DA MATERIALI DI LAVORO DI CONSISTENZA MOLLE O DURA

Digmat offre la possibilità di considerare l'effetto esercitato dai materiali di lavoro di consistenza dura o molle applicati sul composito durante il riconsolidamento o

Fig. 3 Using inspection to build numerical model using Apodius solutions

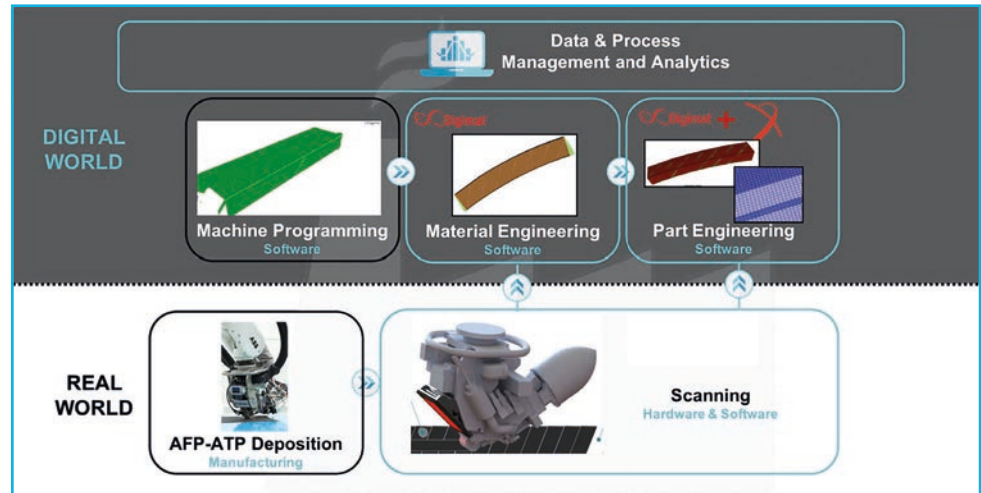


Fig. 3 L'ispezione per costruire un modello numerico con le soluzioni Apodius

- vicinity of the gap, while the thickness of the ply far from the gap remain unchanged.
- In the case of a hard tooling, the consolidation pressure is spread equally, generating a resin flow towards the gap while the overall thickness of the laminate remains constant.

Fig. 4 Illustration of how Digimat can differentiate effect of hard/soft tooling

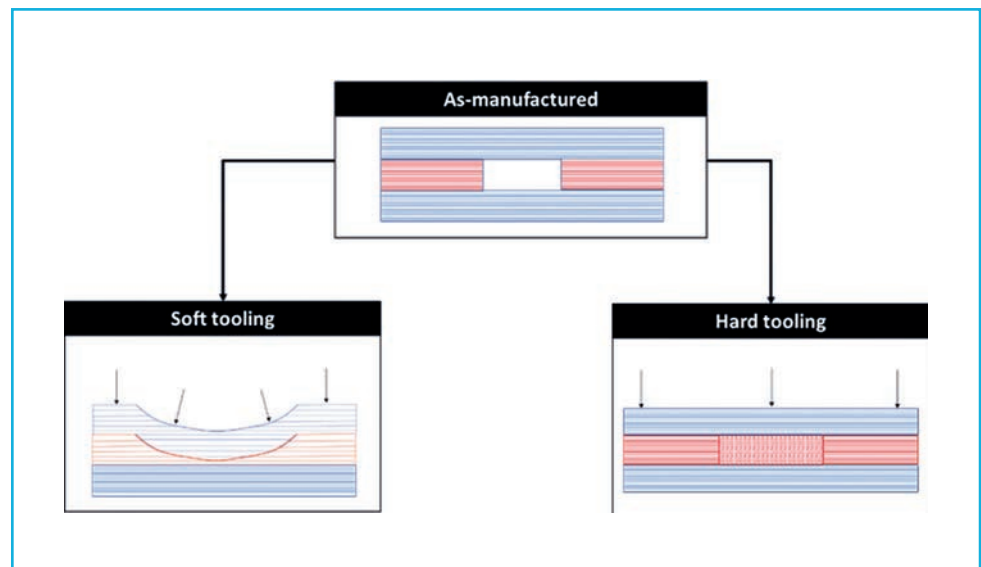


Fig. 4 Illustrazione di come Digimat può differenziare l'effetto materiali di lavoro di consistenza dura/molle

indurimento.

- Nel caso di materiali di lavoro di consistenza molle, la reticolazione o pressione di consolidamento è la medesima ovunque anche se vi è una differenza locale nello spessore globale del composito. In questo caso, il software offre la possibilità di modificare lo spessore del ply in prossimità dello spazio

vuoto, mentre lo spessore del ply lontano dallo spazio vuoto rimane identico.

- Nel caso di materiali di lavoro di consistenza dura, la pressione di consolidamento è distribuita equamente producendosi un flusso di resina verso lo spazio vuoto, mentre lo spessore globale del laminato rimane costante. In questo caso, il software offre



Hence, the software offers the possibility to adjust the local volume fraction in the vicinity of the gap. In this context, a Digimat material is used to compute local material properties based on the fiber and resin properties and the local fiber volume fraction.

USING OPTICAL INSPECTION TO BUILD THE NUMERICAL MODEL

As e-Xstream Engineering and Apodius are part of the Hexagon, collaborative work is going that consist in the combination of Online Inspection for automated lay-up processes and the numerical workflow illustrated in the previous sections.

In this context, Apodius AFP Inspection System will be used to control the quality of the tow deposition, the size and the location of each gap, the fiber orientation and even the defects like twisted tows.

Apodius provides solution in terms of Hardware and Software. That software is able to generate a report of inspection that will be imported directly in Digimat in order to transfer all this information onto the structural mesh.

In this case, such information directly coming from the inspection can be used instead of data coming from deposition software.



la possibilità di regolare la frazione di volume locale in prossimità dello spazio vuoto.

Si utilizza un materiale Digimat per misurare le proprietà del materiale in base a quelle della resina e della fibra e alla ragione di volume della fibra.

L'ISPEZIONE VISIVA PER CREARE UN MODELLO NUMERICO

Poiché e-Xstream Engineering e Apodius fanno parte di Hexagon, è in corso il lavoro in team che consiste nella combinazione della Online Inspection per i processi di laminazione automatizzata e il flusso di lavoro numerico, illustrato nel paragrafo precedente.

In questo contesto, il sistema di ispezione Apodius AFP viene utilizzato per controllare la qualità della deposizione del filo, la dimensione e l'esatta posizione di ogni spazio vuoto, l'orientamento della fibra e anche i difetti, ad esempio i fili ritorti.

Apodius fornisce una soluzione di software e hardware. Il software può generare un rapporto di ispezione che viene importato direttamente in Digimat per trasferire tutte le informazioni alla maglia strutturale. In questo caso, i dati provenienti direttamente dal rapporto possono essere utilizzati al posto dei dati provenienti dal software di deposizione.