L'UTILIZZO DEGLI STAMPi NELLA COSTRUZIONE DI UN VEICOLO SOLARE

Emilia 4 è la prima auto cruiser a quattro posti a trazione solare realizzata in Italia e rappresenta il migliore compromesso tra minimo consumo energetico e massime prestazioni.

Grazie per l'attenzione
Il migliore compromesso tra minimo consumo energetico e massime prestazioni. “Emilia 4”, la prima auto cruiser a quattro posti a trazione solare realizzata in Italia, doveva rispondere prima di tutto a questa esigenza. La macchina, progettata e realizzata dal Team Onda Solare, nato all’Interno dell’Università di Bologna, doveva essere un prodotto ad alta tecnologia, fortemente innovativo e di categoria racing, ossia studiato per partecipare a competizioni internazionali su distanze superiori a 3000 Km, e quindi capace di rispettare regole di gara piuttosto stringenti in termini di ergonomia, sicurezza, ingombri e funzionalità.  
Al tempo stesso, come tutti i veloci a trazione solare, “Emilia 4” doveva essere in grado di funzionare esclusivamente grazie al suo pannello solare, riservando al pacco batterie, di dimensioni ridotte per diminuire il più possibile il peso del veicolo, solo la funzione di accumulo di energia di riserva.  
Come tutte le racing, “Emilia 4” doveva essere quindi estremamente efficiente e caratterizzata come la forma, i materiali utilizzati e la meccanica dovevano essere progettate in virtù di questo obiettivo primario. Ma come ottenere questi vantaggi? La scelta dei materiali ha rappresentato una delle fasi più importanti nel lavoro di progettazione. L’obiettivo era quello di ottenere la massima leggerezza rispettando, al contempo, le ferree regole in termini di funzionalità e aerodinamica previste dalle competizioni alle quali l’auto era destinata. Era necessario un rapporto ottimale tra resistenza e peso, e da questo è dipeso tutto il percorso progettuale che si sarebbe poi sviluppato con la scelta dei materiali costruttivi e delle tecnologie da utilizzare per la realizzazione del veicolo.  
Oltre alla leggerezza era necessario ottenere massimi livelli di aerodinamicità in modo da minimizzare i consumi e aumentare così la quantità di chilometri percorribili con la sola energia ricavata dal sole. Lo studio dell’aerodinamica del veicolo è stato fondamentale per assicurare una bassa resistenza all’avanzamento, aumentare la sconvenienza durante la guida, e garantire che la macchina

Le linee guida nella progettazione di “Emilia 4”

**Energetica:** pannelli solari e pacco batterie: gli ingegneri, elettronici ed elettrocinici del Team Onda Solare, affiancati nella fase di progettazione dal Centro di Ricerca Industriale di Scm Group, gruppo leader mondiale nelle tecnologie per la lavorazione di un’ampia gamma di materiale e nei componenti industriali, si sono concentrati in primis su questo aspetto.

**Aerodinamica:** le forme sono state studiate tramite software fluidodinamici (calcoli CFD) per essere al tempo stesse funzionali e gradevoli dal punto di vista estetico. Tutte le esigenze in termini di efficienza energetica, leggerezza e bassa resistenza all’avanzamento unite a stabilità e rigidità, hanno portato a sviluppare forme complesse che dovevano essere realizzate in modo preciso. Anche la superficie doveva avere precise caratteristiche: da qui la necessità di ottimizzare il contatto tra l’aria e la superficie per un flusso laminare. In alternativa si sarebbero creati dei vortici che avrebbero generato perdite di energia.

**Meccanica:** fondamentale per questo aspetto di progettazione l’integrazione dei due motori alle ruote, così da ottimizzare peso e superficiali.
IL PROCESSO

A valle della progettazione, la produzione dei componenti è passata attraverso un processo di:

- Studio delle tecniche di deposizione per la scelta del materiale più idoneo al processo di cura e di consolidamento in autoclave. In questo caso si è trattato di un materiale per stampo poliuretanico leggero di densità pari a 700kg/m³, con buona stabilità dimensionale, basso coefficiente di dilatazione termica, e alta resistenza alla temperatura rispetto alle normali tavole PU;
- Preparazione degli schemi di taglio partendo dalle lastre in poliuretanico di dimensioni standard (1500x500x50/75/100), tramite utilizzo di tecniche di Computer Aided Design (CAD) e ottimizzazione del moduli e la loro opportuna disposizione;
- Opportuno taglio a misura e gestione delle lastre, dei "moduli" per ogni modello;
- Studio delle tecniche d’incollaggio e definizione dei piani d’incollaggio;
- Incollaggio e assemblaggio delle lastre o realizzazione del semilavorato;
- Analisi statica con metodo agli elementi finiti (FEM) di fattibilità e ottimizzazione;
- Definizione del processo di lavorazione in macchina: dallo scelta degli utensili ai parametri tecnologici ottimali per la fresatura di questo tipo di materiale;
- Utilizzo dei sistemi di Computer Aided Manufacturing (CAM) per definire il processo di lavorazione del semilavorato su macchine a controllo numerico (CNC);
- Esecuzione delle simulazioni di lavorazione per la validazione del codice NC;
- Lavorazione in macchina del semilavorato e realizzazione del modello, sfruttando la potenzialità e le prestazioni dei centri di lavoro a controllo numerico CMS Advanced Materials, brand di Sum Group altamente specializzato nella lavorazione di materiali composti.

si mantenesse stabile e sicura anche a velocità elevate. In più, trattandosi di un’auto con tre passaggi, il sistema di sospensione non solo doveva assicurare i classici standard di comfort, stabilità e sicurezza, ma doveva anche essere leggero.

Non solo massima efficienza energetica, dunque, ma anche esigenze di ingegneria articolate e complesse per ottenere una cruiser in grado di gareggiare con successo nelle principali competizioni mondiali, a cominciare dall’American Solar Challenge, e anche di diventare, in prospettiva, una citycar a consumo zero. Un mezzo di trasporto sostenibile e funzionale.

In meno di due anni il Team Unda Solare è riuscito nell’impresa creando un’auto unica nel suo genere, che nel luglio 2018, nell’ambito dell’American Solar Challenge, è riuscita nell’impresa storica di attraversare gli Stati Uniti dalla East alla West Coast per tremila chilometri con la sola energia del sole, senza mai ricaricare le batterie nelle due settimane di competizione, a differenza delle altre cruiser solari in gara, realizzate da alcune delle più rinomate Università su scala mondiale.

LA SCELTA DEI MATERIALI E DELLE TECNOLOGIE

Per quanto riguarda la realizzazione del telaio, si è optato per una struttura monococca in fibre di carbonio. Una scelta funzionale a tutti i vantaggi richiesti in termini di prestazioni. L’uso della fibra di carbonio – un materiale tra l’altro sempre più diffuso nell’automotive e nel racing – consentiva inoltre di costruire ciascuno dei componenti strutturali, o parti diverse della stessa struttura, come nel telaio. Si è optato per una formatura in autoclave per la realizzazione dello stampo in carbonio (CFRP), con l’impiego di tessuti preimpregnati (pre-preg). Questi tessuti in fibre di carbonio, che possono essere molto eterogenei tra loro per tipologia e
proprietà meccaniche, sono stati opportunamente, e con criteri di sequenza di laminazione complessi e rispettivi angoli ben definiti, disposti manualmente (hand lay-up tecnica) e poi polimerizzati in autoclave.

Fondamentale è stata la riprogettazione delle forme finali per poterli poi produrre attraverso degli stampi. Gli stampi sono solitamente in alluminio e MDF e realizzati tramite fresatura CNC. Ma l'aluminio è estremamente pesante e l'MDF è un materiale "di scarso" che poteva comportare problemi di deformazione in autoclave. Anche per gli stampi si è optato quindi per il composito in fibra di carbonio. Come? Basandoci su un modello e con materiali - resine - facilmente lavorabili resistenti alle temperature. Normalmente i componenti in materiale composto si ottenono attraverso la deposizione di fogli di preimpregnato (un tessuto impregnato con una resina epoxidica) e questi fogli devono essere stesi su una forma, andando a orientare le fibre in modo tale che queste possono lavorare nella maniera più efficace rispetto agli sforzi cui è sottoposto il prodotto finale (fibre dunque stratificate in orientamenti prefissati). Il preimpregnato è stato steso su uno stampo, poi lo stampo è stato avvolto in un sacco a vuoto (sottoposto a depressione) e poi inserito in un'autoclave, uno speciale forno che oltre ad aumentare la temperatura, imprime un'ulteriore pressione esterna. Il pezzo fatto di fogli preimpregnati è stato quindi sottoposto sia alla depressione del sacco a vuoto sia, successivamente, alla pressione all'interno dell'autoclave. Questo ha consentito la polimerizzazione della resina epoxidica ottenendo il pezzo finale.

Perché uno stampo in materiale composto?
Perché altrimenti, in autoclave, si sarebbe verificato il problema di una differenza di dilatazione tra lo stampo e il pezzo che andava formato, andando a rovinare il pezzo. Solo gli stampi in fibra di carbonio potevano garantire stabilità dimensionale durante il ciclo di polimerizzazione. Nella realizzazione di questi stampi specifici è stato fondamentale l'utilizzo di centri di lavoro a controllo numerico ad alta tecnologia, in particolare quelli di Cms Advanced Materials, brand di Scm Group altamente specializzato nella lavorazione di materiali compositi. Queste soluzioni hanno consentito la flessibilità dei modelli in poliuretano espanso ureol ad alta densità. Questi modelli sono stati utilizzati per stendere sopra i fogli di preimpregnato, uno sull'altro, e sono stati inseriti in autoclave per andare a formare lo stampo in composto. Una volta ottenuto lo stampo, questo è stato utilizzato per stendere ancora il preimpregnato, rimesso in autoclave per costruire tutti i pezzi occorrenti. Questo processo è stato eseguito per tutti i pezzi della macchina, una quarantina tra carrozzeria, struttura, vasca e tetto.

Grazie all'esperienza dei tecnici Scm Group si è potuto trasformare il design della macchina in modelli flessibili e grazie all'affidabilità dei centri di lavoro Cms Advanced Materials è stato possibile fresare modelli di grandi dimensioni. Per fornire un esempio, il semilavorato di gran parte del tetto era composto da 35 "moduli", opportunamente incollati e disposti su 4 livelli, con un peso complessivo di circa 960kg. La lavorazione in macchina era complessiva di un totale di 13 operazioni: dalla sgrossatura con fresa cilindrica a velocità di rotazione e avanzamenti più elevati e, vista la complessità delle forme e degli ingombri elevati del modello, successive diverse operazioni di finitura con fresa sférica, alla realizzazione del fori e delle trimline.