

# **BMW Technology Communications.**

## **Trasferimento di tecnologia dalla F1 alla produzione in serie**



### **Sommario**

- Tecnologia futuristica per lo sviluppo in serie:  
BMW trasferisce su strada le esperienze della pista.
- Il KERS spinge la Formula Uno verso una nuova dimensione.
- La tecnologia di fusione per la Formula Uno e per la produzione in serie
- Il motore: le performance di un propulsore V8 progettato con le dimensioni ideali
- Il tetto in CFRP: un importante sviluppo dal centro tecnologico CFRP di Landshut
- Logistiche rivoluzionarie: la rintracciabilità delle componenti di fusione
- La galleria del vento: sinergie per la produzione in serie
- Pit stop ad Hinwil
- Il nuovo supercomputer: Albert3

## **La tecnologia futuristica per lo sviluppo in serie:**

### **BMW trasferisce su strada le esperienze della pista**

Uno degli obiettivi fondamentali dichiarati dalla BMW quando nel 2000 tornò alle gare di Formula Uno era la creazione di sinergie tra la F1 e la produzione in serie. Lo sviluppo del propulsore e dell'elettronica per la Formula Uno è stato integrato molto efficacemente nello stabilimento di Monaco. Il Centro di ricerche ed innovazioni della BMW (FIZ) gioca un ruolo importantissimo in questo processo. La fabbrica che realizza le monoposto è stata costruita a meno di un chilometro dal centro ed i due stabilimenti sono interconnessi. "Il FIZ rappresenta il futuro della BMW, con ingegneri esperti che lavorano in avanzatissimi laboratori dedicati alla ricerca e allo sviluppo", dice Mario Theissen, Direttore della BMW Motorsport. "Il FIZ ha a sua disposizione notevoli risorse delle quali beneficiamo direttamente. Allo stesso tempo, a causa delle sfide tecniche estreme e ai ritmi di sviluppo richiesti dalle competizioni di Formula Uno, il coinvolgimento dell'azienda nella F1 rappresenta un banco di prova unico per i nostri ingegneri".

Le esperienze specifiche così acquisite restano all'interno dell'azienda, dove portano beneficio allo sviluppo delle auto di serie. Le conoscenze sviluppate per l'utilizzo nella Formula Uno di lavorazione con macchine utensili di diversi materiali e componenti, per esempio testate e basamenti, portano sia alla realizzazione di auto passeggeri di serie sia allo sviluppo di motociclette presso la BMW Motorrad.

Altri aspetti coinvolgono i progressi nella conoscenza dei materiali CFPR ed il loro utilizzo nella costruzione di carrozzerie, nonché lo sviluppo di componenti ibride per la Formula Uno ed i loro derivati per le auto stradali. La produzione in serie beneficia anche dei processi di sviluppo e di logistica raffinati nel mondo della F1, tra cui quelli realizzati nel campo dell'aerodinamica e nell'unità di controllo dei sistemi.

### **Il KERS spinge la Formula Uno verso una nuova dimensione**

In Formula Uno è stato dato il via alla tecnologia ibrida ed il processo di sviluppo è in corso. Spinta da un concetto di propulsione modificato, la massima categoria dell'automobilismo sportivo entrerà in una nuova dimensione nel 2009 – e, strada facendo, apporterà un impulso significativo allo sviluppo di veicoli di serie. Dall'inizio della prossima stagione, i regolamenti della Formula Uno permetteranno l'utilizzo di tecnologia ibrida per aumentare la potenza e l'efficienza delle monoposto. In quest'ottica, il BMW Sauber F1 Team sta lavorando a tempo pieno allo sviluppo del suo sistema di rigenerazione dell'energia frenante KERS (Kinetic Energy Recovery System).

## **Il BMW Sauber F1 Team arricchisce le conoscenze sull'ibrido all'interno del BMW Group**

Come riferisce il Dr. Klaus Draeger, membro del Consiglio di Amministrazione di BMW AG responsabile per lo sviluppo: "Il BMW Group può trasferire le conoscenze acquisite all'interno del BMW Sauber F1 Team direttamente allo sviluppo di veicoli prodotti in serie. Ciò rende la Formula Uno la piattaforma di presviluppo ideale per le tecnologie innovative di propulsione. I nuovi regolamenti della Formula Uno ci consentono di utilizzare queste tecnologie ibride in condizioni estreme e, così facendo, di acquisire conoscenze essenziali anche allo sviluppo in serie. Anche i clienti BMW ne trarranno beneficio. L'unità KERS progettata per la BMW Sauber F1.09 rappresenta una variante altamente efficace della tecnologia di rigenerazione dell'energia frenante ed è analoga, per quanto riguarda il suo funzionamento, alla tecnologia ActiveHybrid sviluppata per i veicoli BMW di serie".

## **Il BMW Sauber F1 Team sviluppa il sistema KERS elettrico**

Il KERS consente la rigenerazione e l'accumulo di energia frenante, che viene poi messa a disposizione come fonte supplementare di potenza in accelerazione per contribuire a quella del motore V8. Il BMW Sauber F1 Team ha deciso di concentrare i suoi sforzi su una soluzione elettrica. La BMW Sauber F1.09 sarà equipaggiata con un sistema ibrido costituito da una combinazione di motore elettrico e generatore, elettronica relativa ed un modulo per l'accumulo di energia.

La BMW Sauber F1.09 recupererà abbastanza energia in frenata per fornire ulteriori 60 kW di potenza in circa 6,5 secondi di accelerazione. Il sistema completo peserà meno di 40 kg. Ciò significa che la densità di potenza della tecnologia F1 KERS sarà considerevolmente maggiore rispetto a quella dei sistemi attualmente utilizzati nei veicoli prodotti in serie. Le esperienze nuovamente acquisite si dirigeranno nei prossimi anni direttamente allo sviluppo delle auto di serie.

"Per noi – spiega Mario Theissen – KERS è un progetto estremamente esaltante e rappresenta una grande opportunità. Siamo sulla soglia che separa un pacchetto convenzionale di motore e trasmissione indipendente da un sistema di propulsione integrato. La densità di potenza delle componenti KERS supererà di gran lunga quella dei veicoli ibridi attuali. KERS vedrà la Formula Uno assumere un ruolo di pioniere per le tecnologie di produzione di serie. La Formula Uno darà "il battesimo del fuoco" a concetti innovativi, dove durata ed affidabilità non hanno ancora raggiunto il livello necessario per i veicoli di serie ed il loro sviluppo sarà portato avanti a pieno ritmo. Alla BMW abbiamo sempre utilizzato il progetto Formula Uno come laboratorio di tecnologia per la produzione di serie. Con il KERS, questo approccio assume

una dimensione del tutto nuova. La Formula Uno riposizionerà se stessa e subirà un cambiamento di immagine, permettendo allo sport di fare importanti passi avanti in termini di pubblico gradimento”.

Il BMW Group già offre un sistema di rigenerazione dell'energia frenante in un gran numero dei suoi modelli di serie nell'ambito del pacchetto EfficientDynamics. La Casa si sta anche preparando l'introduzione su molti modelli di serie della tecnologia ActiveHybrid.

### **La tecnologia di fusione per la Formula Uno e per la produzione in serie**

La qualità di fusione del blocco motore, della testa cilindri e della scatola cambio gioca un ruolo cruciale nel determinare durata e prestazioni. Tecniche avanzate di fusione, insieme a una gestione di processo ad alta precisione, consentono la produzione di componenti leggere dotate di una elevata rigidità. Per assicurare che i modelli di serie possano beneficiare da questi sviluppi, la BMW possiede una propria fonderia a Landshut. Nel 2001, questa fonderia è stata affiancata da un impianto analogo dedicato alla Formula Uno. I due reparti vengono gestiti congiuntamente per assicurare uno scambio costante di informazioni e di esperienze.

La stessa procedura di fusione a sabbia utilizzata per la produzione del motore V8 di Formula Uno viene applicata alle pompe dell'olio per i modelli M, ai collettori di aspirazione del motore diesel otto cilindri e ai prototipi per le future generazioni di motori. Virtualmente, allo stesso tempo in cui la fonderia della F1 è stata avviata, un impianto per la produzione di componenti della F1 basato sullo stesso stampo è stato aggiunto nell'officina per la produzione di serie. E' questo il luogo dove il team realizza componenti come gli alberi a camme e gli alberi motore per il propulsore di F1.

### **Lo stabilimento BMW di Landshut: una parte integrante della rete mondiale di produzione BMW**

Lo stabilimento di Landshut è stato parte integrante della rete mondiale di produzione del BMW Group fin dal 1967. Le componenti qui realizzate vengono spedite agli impianti motori e vetture dell'azienda in tutto il mondo e vengono utilizzate virtualmente in tutti i veicoli costruiti dal BMW Group – dalle moto e dalle auto BMW alle monoposto del BMW Sauber F1 Team. Una forza lavoro di circa 3.300 dipendenti produce testate e basamenti in fusioni di alluminio, pannelli strumenti, paraurti, componenti plastiche per l'interno e per l'esterno, nonché alberi di trasmissione e motori ricondizionati.

Il lavoro di produzione delle componenti a Landshut è stato adattato al progressivo sviluppo tecnologico dei veicoli BMW. Oggi, lo stabilimento è incorporato in processi di sviluppo per i veicoli dell'azienda già nella prima fase per utilizzare al meglio i vantaggi di materiali innovativi e di processi di fabbricazione nella costruzione di nuovi veicoli e di loro componenti.

### **Esperienza di fusione condivisa**

La fonderia di Landshut è l'unico impianto nell'ambito della rete produttiva mondiale del BMW Group a realizzare componenti in fusione di lega leggera. Ogni anno, i dipendenti producono circa 1,8 milioni di componenti del motore per un peso totale di oltre 30 mila tonnellate. Una speciale caratteristica della fonderia di lega leggera di Landshut è che vengono usati nella produzione in serie cinque diversi metodi di fusione: fusione a sabbia, fusione a gravità e bassa pressione con forme permanenti, pressofusione e fusione a schiuma perduta. Gli specialisti della fonderia selezionano il giusto processo di fusione per il concetto di motore particolare, per le esigenze tecnologiche e per i volumi di produzione previsti per ottenere gli standard più alti possibili per i motori.

### **Il centro della tecnologia per la fusione a sabbia**

Il centro della tecnologia per la fusione a sabbia non è soltanto l'unica sede produttiva per le testate ed i basamenti dei motori BMW per la Formula Uno; è anche il centro prototipi altamente specializzato per lo sviluppo di componenti di serie del futuro. Le testate ed il basamento virtualmente per ogni motore costruito in serie dalla BMW continueranno, nella fase di sviluppo, ad essere realizzati nel centro della tecnologia per la fusione a sabbia di Landshut. Gli specialisti del centro hanno fatto costanti miglioramenti nel processo per la fusione a sabbia – risalente ormai a diverse migliaia di anni fa – per la produzione delle componenti. Una significativa libertà di fabbricazione, una grande flessibilità e tempi minori di processo rappresentano tutte le caratteristiche di un procedimento nel quale l'alluminio liquido viene gettato in una complessa forma negativa di sabbia costituita da anime di sabbia trattata di diversa consistenza (fino a 30 diverse grandezze).

Per velocizzare la produzione delle anime di sabbia – costituite di sabbia e di un amalgamante in resina sintetica – il centro della tecnologia per la fusione a sabbia utilizza innovative tecnologie per la rapida creazione di prototipi sviluppati appositamente per questa applicazione. Queste tecnologie impiegano processi controllati da computer per produrre le anime di sabbia direttamente dai dati di progetto, senza dover utilizzare forme delle parti componenti il motore. La fonderia di Landshut si avvale anche di tecnologie per la rapida creazione di prototipi per la produzione di anime di sabbia per i

prototipi stessi e per i motori di prova, aiutando così ad abbreviare notevolmente i processi di prova nello sviluppo di motori prodotti in serie.

Allo stesso tempo, il processo di tomografia al computer già reso familiare nel campo della medicina viene utilizzato per controllare le componenti per i motori di Formula Uno e per quelli da testare. Ciò permette la misurazione non distruttiva delle sagome interne ed esterne delle componenti del motore. Confrontando queste misurazioni con i dati di progetto, gli ingegneri possono vedere se la testa dei cilindri è conforme alle dimensioni prescritte ed assicurarsi che il processo di fusione soddisfi gli standard di qualità richiesti.

Queste tecnologie vengono utilizzate anche nella produzione del motore V8 per la BMW M3.

### **Il motore: le performance di un propulsore V8 progettato con le dimensioni ideali**

Un propulsore eccezionale per un'auto sportiva eccezionale: il V8 sotto il cofano della nuova BMW M3 porta ad un livello mai visto prima il piacere di guidare offerto da questa vettura dalle alte prestazioni costruita dalla BMW M GmbH – dando al contempo una risposta convincente alla domanda posta dagli appassionati di auto sportive in tutto il mondo: è veramente possibile migliorare ulteriormente l'esperienza? Dopo 15 anni e due generazioni di modelli, si è trovato un successore al superlativo motore sei cilindri, nominato in diverse occasioni "Motore dell'anno" ed in grado di sviluppare, nelle prove più recenti, ben 252 kW/343 CV. Il propulsore otto cilindri per la nuova BMW M3 porta il numero di cilindri, la cilindrata, la potenza ed i regimi a nuovi livelli per quest'icona sportiva, livelli che accelerano il battito cardiaco. L'insieme costituito da questo propulsore e dal concetto di veicolo particolare alla base dell'M3 emana un fascino puro.

I dati tecnici del nuovo propulsore documentano l'enorme passo in avanti rappresentato da questo cambiamento. Cilindrata: 3.999 cc; potenza: 309 kW/420 CV a 8.200 giri/min; coppia massima: 400 Nm; regime massimo: 8.400 giri/min. Le sue prestazioni impressionanti portano la nuova BMW M3 direttamente al vertice della categoria. Infatti, questa auto sportiva richiede soltanto 4,8 secondi per accelerare da zero a 100 km/h ed è soltanto a 250 km/h che l'elettronica interviene per limitare la velocità. Oltre a questi dati prestazionali ed alla potenza specifica di 105 CV per litro di cilindrata, il consumo medio del motore di 12,4 litri per 100 km (ciclo Ue) offre un'ulteriore dimostrazione delle capacità ingegneristiche a disposizione della BMW M GmbH.

### **Dimensioni ideali per le massime prestazioni**

Con 500 cc per cilindro, il nuovo propulsore V8 combacia, per le sue sole dimensioni, con la visione “ideale” che i progettisti più esigenti hanno in fatto di motori: un sei cilindri altrettanto potente inevitabilmente si sarebbe allontanato da questa ideale geometria di genuino motore sportivo. Il V8, d'altra parte, rappresenta il concetto ottimale sia teorico che pratico per le sue dimensioni, per la sua cilindrata, per il numero di componenti e per il peso.

Inoltre, l'otto cilindri possiede caratteristiche tipiche di un motore M, come per esempio il doppio VANOS, le farfalle singole e l'elettronica del motore ad alte prestazioni. I progettisti hanno chiaramente tratto ispirazione dall'otto cilindri utilizzato dal BMW Sauber F1 Team – vedi il numero di cilindri, il concetto M ad alti regimi ed il basso peso del motore. Infatti, le caratteristiche condivise con l'attuale propulsore di Formula Uno del marchio sono tante. Diversi principi tecnologici di base, processi di costruzione e materiali usati per il motore di F1 sono stati trasferiti al nuovo propulsore della BMW M3. Tuttavia, con le severe richieste sul motore M3 (per le gare e per l'utilizzo quotidiano) esso si differenzierà dal suo cugino di F1 sempre per un aspetto: infatti, questo propulsore ad alte prestazioni offre un servizio affidabile su ogni genere di strada, in qualsiasi condizione di tempo e per tanti anni.

### **Il concetto di elevato numero di giri porta ad una spinta imbattibile**

In termini di potenza specifica, il nuovo V8 supera in maniera significativa i 100 CV/litro riconosciuti come parametro di potenza e di prestazioni sportive. La potenza non è però tutto. L'esperienza dinamica di guida offerta da un'auto dipende in gran parte dalle sue proprietà di accelerazione – e qui il peso della vettura e il potenziale di spinta del suo propulsore giocano ruoli chiave. La potenza trasmessa attraverso le ruote motrici viene generata dalla coppia del motore e dal rapporto di trasmissione. Il concetto di alto numero di giri della M permette rapporti ottimali di trasmissione e di presa diretta e quindi un'applicazione notevole di spinta e di potenza. Gli specialisti di sviluppo dei motori della BMW M GmbH assicurano quindi che le risposte precisissime del motore – la soddisfazione immediata dei desideri del guidatore – riflettono quanto viene richiesto ad un'auto M e al suo concetto globale. Quindi, nel suo potenziale prestazionale, nello sviluppo di potenza, nelle sue dimensioni e peso, il propulsore V8 è in tutto e per tutto un motore M.

La nuova BMW M3 trova gli ingegneri impegnati a portare il principio di elevato numero di giri a nuovi livelli. L'otto cilindri è in grado di raggiungere 8.400 giri/min. mentre la coppia sale ad un massimo di 400 Nm a 3.900 giri/min. Circa l'85 per cento della coppia massima è disponibile fino a 6.500 giri/min, con 340 Nm è disponibile già a 2.000 giri. Questi dati si rispecchiano nel carattere prestazionale della nuova BMW M3. Oltre ad essere un mezzo

estremamente dinamico, rappresenta una scelta altrettanto convincente per viaggi ad alta velocità su strade tortuose di campagna o per affrontare il traffico cittadino.

### **Elevata potenza, basso peso**

Nel senso letterale, tuttavia, questo motore è per tanti versi un peso leggero, raggiungendo appena i 202 kg. Infatti, il nuovo V8 è di 15 kg più leggero rispetto al precedente propulsore sei cilindri dell'M3 – in altre parole, gli ingegneri hanno fatto molto di più che non semplicemente compensare il peso di altri due cilindri. Inoltre, il concetto di un elevato numero di giri per sua natura permette l'utilizzo di un motore più leggero e di rapporti estremamente corti.

Inevitabilmente, aumentare le velocità del motore significa anche avvicinarsi ai limiti fisici. Per esempio, a 8.300 giri al minuto – quando il motore dà la sua massima potenza di 309 kW/420 CV – ognuno degli otto pistoni copre una distanza di 20 metri/secondo. Come risultato, vengono generati massicci carichi. Questa è una delle ragioni per le quali gli ingegneri che hanno sviluppato il nuovo otto cilindri avevano assegnato la massima priorità alla riduzione delle masse in movimento.

### **Blocco motore proveniente dalla fonderia della BMW Formula Uno**

Il blocco motore del nuovo propulsore otto cilindri viene costruito nella fonderia di leghe leggere della BMW di Landshut, dove vengono realizzati anche i blocchi motore per la Formula Uno. Il nuovo V8 è costituito da due bancate da quattro cilindri ad un angolo a V di 90 gradi ed una disposizione dei cilindri stessi spostati di 17 mm per rendere l'intero propulsore estremamente compatto. La corsa del cilindro di 75,2 mm e l'alesaggio di 92 mm portano ad una cilindrata globale di 3.999 cc. Il basamento è realizzato in una speciale lega alluminio/silicio e le camice convenzionali dei cilindri vengono sostituite da cristalli di silicio. I pistoni, rivestiti di ferro, scorrono direttamente nei cilindri lavorati senza rivestimento.

Le elevate velocità del motore e l'alta pressione della combustione mettono a dura prova il monoblocco. E' per questo motivo che esso presenta una costruzione con basamento compatto che offre un'eccellente rigidità torsionale, che assicura un supporto dell'albero motore estremamente preciso. L'albero motore, forgiato e relativamente corto, offre a sua volta un'alta resistenza alla flessione ed alla torsione, eppure pesa soltanto 20 kg.

Rispetto ai sistemi tradizionali, il concetto di flusso incrociato di raffreddamento del nuovo propulsore V8 riduce sensibilmente le perdite di pressione nel sistema di raffreddamento, distribuendo le temperature in



maniera regolare per tutta la testa dei cilindri e perciò riducendo picchi di temperatura nei punti critici. Per assicurare un perfetto raffreddamento intorno ad ogni cilindro, il liquido di raffreddamento passa trasversalmente sul lato del collettore di scarico, dal monoblocco alla testa cilindri, e sul lato del collettore dell'aspirazione al termostato e al radiatore.

### **Otto farfalle singole controllate elettronicamente**

Non è soltanto nelle competizioni automobilistiche che il principio di una farfalla per cilindro è la soluzione preferita quando si deve assicurare una risposta immediata del motore. Il nuovo propulsore per la BMW M3 è dotato di otto farfalle singole, quattro per ogni bancata, operate da attuatori separati. La gestione delle farfalle è completamente elettronica ed è estremamente veloce; offre al motore risposte precise lungo tutto l'arco di regimi del motore, permettendo quindi all'M3 di reagire immediatamente ai comandi del conducente per una piena erogazione di potenza.

### **Condotto di aspirazione dal flusso ottimizzato**

Per assicurare risposte brillanti e dinamiche dal motore in ogni momento, le farfalle sono posizionate molto vicine alla valvole di aspirazione nei collettori. Il flusso globale di aria aspirata nel nuovo propulsore otto cilindri non richiede il sensore di un flussometro delle masse d'aria. Invece di determinare il carico sul motore per mezzo di questo sensore complesso, cosa che avrebbe anche un effetto negativo sull'orientamento del flusso d'aria a causa della geometria delle componenti coinvolte, questa funzione viene svolta dall'unità di gestione del motore V8. Per fare ciò, il sistema determina il carico sul motore nelle attuali condizioni di guida basandosi sulla posizione della farfalla e del regolatore del minimo, sulla posizione del VANOS, sulla velocità del motore e sulla temperatura e pressione dell'aria. Tutto ciò, a sua volta, offre agli ingegneri della BMW M GmbH più libertà nella configurazione e nell'ottimizzazione del processo di aspirazione del motore. Allo stesso tempo, questo concetto di gestione funziona con la massima affidabilità.

Anche la lunghezza ed il diametro dei condotti di aspirazione aiutano a migliorare la fase di caricamento nel tubo oscillante. Per risparmiare peso, i condotti ed il collettore sono realizzati con un materiale composito molto leggero costituito del 30 per cento di fibra di vetro.

### **Maggiore efficienza e dinamicità con la rigenerazione dell'energia frenante**

Per migliorare ulteriormente l'efficienza del propulsore, la rigenerazione dell'energia frenante assicura una gestione intelligente dell'energia in quanto concentra la generazione di elettricità per la rete di bordo nelle fasi di overrun e

di frenata. Ciò serve a caricare la batteria dell'auto senza assorbire la potenza del motore – e, per definizione, l'energia contenuta nel carburante. Fino a quando il motore è sotto sforzo, cioè quando il guidatore sta accelerando, l'alternatore, di regola, resta disinserito. Oltre al recupero estremamente efficiente di energia elettrica, ciò aiuta anche a fornire più potenza da convertire in prestazioni dinamiche in fase di accelerazione.

Con l'aumento del numero dei cicli di carica come risultato di questa efficiente generazione di potenza, BMW unisce la sua tecnologia per la rigenerazione dell'energia frenante con avanzatissime batterie AGM (absorbent glass mat) in grado di resistere a carichi molto maggiori rispetto alle convenzionali batterie al piombo. Nella batteria AGM, l'acido viene trattenuto da tappetini in microfibra di vetro posti tra le singole lastre di piombo; la batteria rimane quindi in grado di immagazzinare energia per un lungo periodo, anche quando viene caricata e scaricata regolarmente.

### **Il tetto in CFRP.**

#### **Un importante sviluppo dal centro tecnologico CFRP di Landshut**

Difficilmente un'altra componente della carrozzeria riflette l'avanzata tecnologia della nuova BMW M3 in maniera così evidente come il tetto. Realizzato in plastica rinforzata con fibra di carbonio (CFRP) e protetto soltanto da uno strato di vernice trasparente, esso rivela la struttura fibrosa di questo materiale da Formula Uno.

Raramente i designer ed i progettisti della nuova BMW M3 hanno seguito il principio purista che “la forma segue la funzione” in modo così continuo come in questo caso. La plastica rinforzata con fibra di carbonio porta ad una riduzione di peso di circa cinque chilogrammi. Assicurando che la trama del materiale resti chiaramente visibile, il tetto rafforza anche l'aspirazione hi-tech del veicolo nel suo insieme.

Lo sviluppo delle componenti in CFRP è stato portato avanti, fin dall'inizio, nel Centro di innovazione e tecnologia di Landshut (LITZ) allestito nel 1999. Qui, gli esperti di materie plastiche del centro CFRP hanno concentrato la loro attenzione su tecniche di sviluppo per la produzione in serie del tetto, che è stato utilizzato per la prima volta nel 2003 sulla BMW M3 CSL. Detto per inciso, la BMW ha costruito questa prima versione del tetto in CFRP proprio nello stabilimento di Landshut. Con questa innovazione, gli specialisti di costruzioni leggere di Landshut hanno messo in evidenza non soltanto la loro competenza, ma anche la rapidità e la flessibilità nell'attuazione di innovazioni di design tecnologicamente sofisticate. All'inizio del 2005, i progettisti della BMW M6 hanno adottato la stessa soluzione, montandovi un tetto in CFRP. Con il lancio sul mercato della nuova BMW M3, il BMW Group ha avviato a

Landshut una nuova e altamente automatizzata linea di produzione per i tetti in CFRP per poter far fronte al forte aumento di vetture costruite (ora M6 e M3) mediante processi industrializzati.

Il processo produttivo inizia con la pre-formazione di alcuni strati di CFRP per creare le cosiddette “pre-forme”. Quindi, nel processo di stampaggio mediante trasferimento di resina, la resina epossidica viene iniettata nella pre-forma che è ora all'interno di una pressa. Dopo la fase di iniezione, le componenti induriscono all'interno della pressa. Una fase successiva prevede la fresatura di alcune sezioni delle componenti. Per dare al tetto il suo particolare aspetto di fibra di carbonio, viene poi applicato uno strato di vernice trasparente prima del suo invio allo stabilimento di Regensburg per il montaggio.

Per poter realizzare il tetto in CFRP negli standard di qualità dovuti per i modelli BMW M ad alte prestazioni, sono necessarie tecniche di fabbricazione ed utensili innovativi. Questi sono stati sviluppati presso il centro di tecnologia CFRP di Landshut e rappresentano prerequisiti essenziali per processi industriali standardizzati, mentre allo stesso tempo assicurano un alto livello di efficienza in termini di costo.

La plastica rinforzata con fibra di carbonio deriva originariamente dalle imprese spaziali ed è ora in largo utilizzo in molte discipline tecniche sportive, dalla Formula Uno all'America's Cup. I progettisti usano questo materiale anche per abbassare ulteriormente il centro di gravità della nuova BMW M3. Gli elementi più alti della carrozzeria traggono beneficio dai risparmi di peso, il che apporta un impatto positivo sulle dinamiche del veicolo.

Una sfida particolare si evidenziava nel settore della compatibilità elettromagnetica, una questione che attualmente riguarda la costruzione automobilistica in generale. La domanda è: come si può proteggere il sempre maggiore numero di componenti elettroniche nell'automobile da interferenze elettromagnetiche esterne e perciò da malfunzionamenti? “Per poter garantire la massima affidabilità nell'M6 e nell'M3 – dice il project manager Hanno Buchner – abbiamo ridefinito la struttura materiale del tetto in CFRP”.

Per quanto riguarda le staffe dei paraurti anteriori e posteriori per l'M6, gli specialisti si sono avventurati in un territorio sconosciuto per realizzare una componente cava in CFRP, usando sempre un processo completamente automatico. La chiave di questo processo consiste in una tecnologia di nuovo sviluppo. “Non avevamo niente di simile prima”, dice Klaus Gotterbauer. Per creare il profilo cavo, le fibre vengono tessute intorno ad un'anima sviluppata in collaborazione con i colleghi della fonderia. L'ostacolo principale da superare

nello sviluppo di questo processo era di non danneggiare l'anima, leggermente curvata e fragile, mentre si aggiungevano gli strati di fibra. Infine, la resina epossidica liquida viene iniettata nella fibra di composito per dare alla componente robustezza e stabilità, dopo di che l'anima viene estratta. In confronto con la Serie 6 Coupé, questa innovazione porta ad una riduzione di peso di circa 11 chilogrammi. Il 20 per cento di risparmio in peso all'avantreno ed il 40 per cento al retrotreno migliorano significativamente l'agilità della vettura e la sua maneggevolezza, mentre l'aspetto più appariscente in questo segmento di veicoli è costituito dal look del tetto in carbonio.

### **Logistiche rivoluzionarie: la rintracciabilità delle componenti di fusione**

I processi di fusione vengono definiti da diversi valori immessi e dalle loro interazioni. Per assicurare la produzione orientata alla qualità di componenti sempre più complesse, è essenziale una conoscenza delle interrelazioni tra valori di input e di target, insieme all'eliminazione tempestiva di errori mediante misure specifiche. In particolare, quando si tratta delle componenti di fusione altamente sollecitate in Formula Uno, livelli di massima qualità sono di primaria importanza. Il ritorno di BMW nelle competizioni di Formula Uno e la costruzione della fonderia di F1 nel 2001, hanno portato all'introduzione di un innovativo sistema di documentazione per registrare ogni singolo componente della F1 insieme ai suoi propri parametri di processo. La grande utilità di questo sistema, che ha portato trasparenza, risposte rapide e quindi livelli di qualità ottimali, ha motivato gli esperti della qualità della fonderia di lega leggera di Landshut ad estenderlo dalla fonderia di Formula Uno all'intera produzione di serie. Sulla base della completa rintracciabilità delle componenti, un sistema di controllo di qualità è stato perciò allestito all'interno del quale vengono identificate interazioni, monitorati singoli parametri di processo e, lì dove i limiti definiti sono stati superati, si possono dedurre le misure appropriate. Inoltre, possono essere tratte delle conclusioni sul design dinamico delle fasi successive di processo, per esempio, per l'introduzione di un test dinamico delle componenti e per intervenire in anticipo togliendo componenti dalla catena. La base di questo sistema di controllo di qualità è costituito dai processi analitici derivati dal campo di ricerca dati. L'obiettivo è di creare modelli per criteri di qualità derivati da misurazioni dei dati di processo sulla base di dati storici.

### **Lavoro di laboratorio per il futuro**

Le strutture dei laboratori moderni del Centro di ricerca ed innovazione (FIZ) fanno sì che vengano svolte ricerche sui materiali al massimo livello ed in stretta collaborazione con gli esperti della Formula Uno. Lo sviluppo di rivestimenti gioca qui un ruolo importante, ma il centro hi-tech viene utilizzato anche per lavoro di indagine nel campo delle analisi dei danni.

La tecnologia aeronautica ed aerospaziale serve spesso come base per il lavoro di ricerca. Alcuni sviluppi molto promettenti, che non possono ancora essere considerati per la produzione in serie per motivi di costo, sono stati già utilizzati nel progetto della F1. Questa opportunità di introdurre tecnologie all'avanguardia aiuta gli ingegneri a proseguire con il loro sviluppo per la produzione in serie.

### **Dai processi ai prototipi: la velocità del FIZ**

Una nuova idea, la fase di concetto, il processo di costruzione, la produzione degli utensili necessari, la realizzazione della nuova parte, il periodo di collaudo – è questa la fase più costosa e lunga nel tempo di qualsiasi innovazione. Dal momento che la Formula Uno richiede tempi di risposta estremamente brevi per andare avanti e risolvere problemi, vengono costantemente studiati modi di velocizzazione dei processi. Anche qui il team BMW Formula Uno si può rivolgere al FIZ, e specificatamente al reparto di Rapid Prototyping/Tooling Technology.

Non appena le parti richieste sono state progettate utilizzando un sistema CAD, macchine controllate da computer impiegano raggi laser o una tecnologia di pressione tridimensionale per creare modelli a scala reale in resina epossidica, polvere di plastica, acrilico, cera o metallo. Questi permettono la simulazione di situazioni di installazione ed interazioni senza ritardi, così che ogni modifica possa essere apportata prima dell'inizio del processo finale di realizzazione.

### **La galleria del vento: sinergie per la produzione in serie**

BMW sta attualmente costruendo due gallerie del vento a Monaco; il loro avvio è previsto per il 2009: una galleria del vento 1:1 ed il laboratorio per l'aerodinamica, che in molti particolari tecnici è virtualmente identico a quello del BMW Sauber F1 Team di Hinwil. L'elemento comune più importante è costituito dal percorso su rulli, una piattaforma girevole che presenta, tra le altre cose, un nastro d'acciaio rotante su un cuscino d'aria che permette misurazioni più realistiche delle caratteristiche di flusso nella parte inferiore della vettura.

La galleria del vento di Hinwil è in funzione da oltre quattro anni e dall'ottobre 2006 funziona con tre turni di lavoro; cioè viene utilizzata in condizioni estreme. A causa del fondamentale ruolo giocato dall'aerodinamica nella Formula Uno, vengono sviluppati miglioramenti tra una gara e l'altra, cioè a ritmi quattordicinali.

Le moderne gallerie del vento sono impianti molto complessi che possono funzionare con grande efficienza se gli addetti dispongono di una profonda

conoscenza ed esperienza. Ed è questo che lo staff dedicato di Hinwil ha sviluppato negli ultimi quattro anni. In questo periodo, è stata svolta una serie di lavori di ottimizzazione tecnica, apportando miglioramenti nelle aree dell'affidabilità nonché della precisione delle misurazioni.

Sono importanti anche alti gradi di efficienza. Come si possono effettuare tante misurazioni nel minor tempo possibile? E come si possono tenere al minimo i costi di funzionamento di una galleria del vento?

Da qualche tempo ormai, gli impianti di Monaco e di Hinwil hanno effettuato scambi regolari, sia nel corso di riunioni o in occasione di corsi di addestramento, dove vengono scambiate esperienze e suggerimenti. Entrambi gli impianti possono accedere ad un drive di computer condiviso che contiene informazioni importanti. Inoltre, le parti di ricambio vengono gestite congiuntamente, il che fa risparmiare sui costi. Come risultato diretto di questo scambio di esperienze e di informazioni, la nuova galleria del vento di Monaco può funzionare con maggiore efficienza ed a costi più contenuti.

### **Pit stop ad Hinwil**

I responsabili del BMW Sauber F1 Team si sono dati due anni per completare la fase di sviluppo del team, la quale fase comprendeva anche l'ampliamento della fabbrica. La superficie aggiunta è stata annessa direttamente all'edificio già presente fin dal 1992, portando ad un ampliamento della superficie globale dai 6.900 ai 15.600 metri quadrati (senza contare la galleria del vento).

L'operazione ha creato spazio per ulteriori impianti e banchi di prova, nonché per nuovo personale. Dai 275 dipendenti del giugno 2005, la forza lavoro è cresciuta a circa 430 unità. Parecchi di loro avevano in precedenza lavorato in uffici in affitto ed in spazi industriali nelle vicinanze.

Il lavoro di pianificazione per l'ampliamento è iniziato nell'ottobre 2005; e già nei primi giorni di febbraio del 2006 i progetti erano stati presentati alle autorità competenti, che alla fine di giugno hanno rilasciato i relativi permessi. I lavori di scavo sono cominciati nel luglio del 2006 e, dall'autunno 2007 le prime postazioni erano pronte per entrare in funzione.

Il concetto che sta alla base dell'edificio è stato anche fatto oggetto di considerazioni pratiche. E' progettato per assicurare percorsi brevi e processi di lavoro ottimali. Qui l'efficienza è di primaria importanza. Questo spiega perché, per esempio, l'ufficio progettazione e la galleria del vento sono collegati da un ponte coperto.

Il piano terra ospita la sala autocarri. Vicino ad essa vi è uno spazio per grandi attrezzature di produzione, come le macchine fresatrici. Sempre al piano terra sono disposte le autoclave, mentre macchinari più piccoli sono situati al primo piano.

Il secondo piano presenta un aspetto visivo intrigante. E' qui che abbiamo il reparto fibra di carbonio, mentre le monoposto di Formula Uno vengono sottoposte a manutenzione nella parte centrale, che è progettata come un atrio per permettere la vista delle monoposto anche dal terzo piano, dove hanno sede l'amministrazione, l'ufficio progettazione ed il reparto elettronica.

### **La galleria del vento: a pieno ritmo**

Nelle immediate vicinanze del nuovo edificio si trova l'avanzatissima galleria del vento che è entrata in funzione nella primavera del 2004. Lunga 65 metri, larga 50 metri ed alta 17 metri, essa colpisce per la sua facciata in vetro. Contiene le postazioni di lavoro di un discreto numero di specialisti. Oltre ai tecnici dell'aerodinamica, anche i progettisti ed i costruttori di modelli, gli ingegneri CFD (computational fluid dynamics) ed altro personale del reparto aerodinamica. Da un totale di 35 unità durante l'era Sauber, il loro numero è ora cresciuto ad oltre 80.

Dall'ottobre 2006, il BMW Sauber F1 Team, come gli altri team al vertice, ha utilizzato l'impianto in tre turni per 24 ore.

L'impianto vanta una tecnologia all'avanguardia per tutti gli aspetti importanti, come la velocità del vento, le dimensioni della sezione prove e modelli, le dimensioni del percorso su rulli, il sistema di movimento modelli e l'acquisizione dati.

La galleria del vento è progettata come un circuito chiuso con una lunghezza totale di 141 metri, un diametro massimo di 9,4 metri. Il peso di tutti questi elementi d'acciaio, compresa l'incastellatura delle ventole, ammonta a 480 tonnellate. La ventola assiale a fase singola con pale in carbonio utilizza 3.000 kW di potenza a pieno carico, permettendo velocità del vento fino a 300 km/h. Per assicurarsi che non vi siano trasmissioni di vibrazioni non volute verso le attrezzature, la ventola assiale è montata su ammortizzatori di vibrazioni fissati ad una solida base di cemento.

Al centro di ogni galleria del vento c'è la sezione prove, dove gli oggetti sono esposti al flusso d'aria. Ad Hinwil, l'ampia sezione trasversale e il lungo percorso su rulli offrono condizioni ottimali per risultati di precisione. Il lavoro viene svolto principalmente utilizzando modelli in scala al 60 per cento, sebbene gli specialisti di aerodinamica hanno anche la possibilità di effettuare

misurazioni su auto da competizione in scala 1:1. Per far sì che i modelli di prova siano esposti al flusso d'aria non soltanto nella parte frontale ma anche in posizione angolata (mass. 10 gradi), si può girare l'intera piattaforma di misurazione. La piattaforma è dotata di un nastro d'acciaio rotante che simula il movimento relativo tra la strada e la vettura e che funziona in sincrono con il flusso dell'aria. Sensori di peso sono montati sotto il nastro in movimento per misurare i carichi sulle ruote.

Oltre alla tecnologia, quando si trattava di progettare la galleria del vento, fu posta una grande attenzione anche alla sua estetica. La struttura è imponente non soltanto per la sua grandezza, ma le facciate rivestite di vetro sottolineano anche il fatto che rappresenta una fusione di struttura industriale e di luogo di attrazione.

Ciò che appare dall'esterno come una sala singola ed omogenea è costituita in realtà di due elementi strutturali chiaramente separati: la galleria del vento vera e propria ed un'ala contenente gli spazi di lavoro ed una piattaforma di presentazione, dove partner e sponsor possono allestire eventi di marketing o seminari in un'ambientazione del tutto originale. La galleria al primo piano può ospitare 150 persone.

Per quanto riguarda l'aspetto, l'asse centrale del tunnel tubolare della galleria del vento è stato posizionato ad otto metri al di sopra del pavimento. Con l'eccezione della sezione delle misurazioni, che è alloggiata in una struttura di cemento, il circuito di elementi in acciaio appare galleggiare nella sala. Le due aree sono divise da una parete di vetro per mantenere il collegamento visivo ed allo stesso tempo per tenere lontano il rumore della galleria del vento.

### **Il nuovo supercomputer: Albert3**

Il BMW Sauber F1 Team ha presentato il suo supercomputer Albert2 nel dicembre del 2006. La struttura di 21 tonnellate per i calcoli CFD era basata già sulla tecnologia Intel (costituita da processori, scheda madre, chipset e server housing) e, all'epoca del suo avviamento, era una delle più potenti utilizzate per la Formula Uno. Albert2 aveva 256 nodi con due processori Intel®Xeon® 5160 Dual Core ciascuno (due core per processore), per un totale di 1.024 core. La capacità della memoria principale era di 2.048 GB con una potenza di calcolo massima di 12,28 TFlops (12.288 GFlops). Non doveva passare molto tempo perché fossero aggiunti altri 32 nodi, portando il totale a 288 nodi o 1.152 core.

Ora il Team BMW Sauber F1 è passato ad una fase successiva, potenziando il computer esistente. Sono stati aggiunti al sistema precedente 384 nodi dotati di processori Intel®Xeon®E5472 Quad Core (quattro core per processore) e



la relativa tecnologia Intel, il che significa che il nuovo supercomputer Albert3 dispone ora di un totale di oltre 4.224 core. Il RAM del computer è cresciuto a 6.448 GB e la potenza di calcolo a 50,7 TFlops. Questo equivale al valore fenomenale di 50.700.000.000.000 operazioni per secondo. Per uguagliare queste prestazioni di calcolo, le intere popolazioni di Monaco e di Berlino (4,7 milioni di persone) dovrebbero moltiplicare due numeri ad otto cifre ogni tre secondi per un anno intero. Nelle classifiche attuali dei primi 500 supercomputer in funzione in tutto il mondo, questa performance merita il 45° posto (terzo posto tra i sistemi impiegati nell'industria).

Il nuovo supercomputer, sviluppato come il suo predecessore dalla società svizzera Dalco, utilizza software CFD della Ansys-Fluent e pesa 38 tonnellate, eppure ha un ingombro sul piano di appena 24 metri quadrati.

Lo straordinario potenziale tecnico di Albert3 viene impiegato per analisi nel campo dell'aerodinamica. Con il suo apporto, gli specialisti calcolano le componenti per le monoposto di Formula Uno, utilizzando modelli a griglia spesso costituiti di più di 100 milioni di celle. Il CFD gioca un ruolo particolarmente importante nello sviluppo di alettoni anteriori, posteriori ed ausiliari, nonché per quanto riguarda il raffreddamento dei motori e dei freni.

La simulazione computer-assistita del flusso dell'aria non avviene in concorrenza con i lavori svolti nella galleria del vento; anzi, lo completa. "Un grande vantaggio del CFD – spiega Willem Toet, capo del reparto dell'aerodinamica – sta nel fatto che si può rappresentare il flusso dell'aria in maniera visiva e in tal modo capire perché una componente è migliore rispetto ad un'altra".

"A differenza di altri team – aggiunge Mario Theissen, Direttore della BMW Motorsport – non intendiamo costruire una seconda galleria del vento per la Formula Uno, ma in futuro continueremo a concentrarci sulle sempre più grandi possibilità insite nel campo della simulazione".

Ulteriori informazioni sul BMW Sauber F1 Team sono disponibili sul sito per i media [www.press.bmw-motorsport.com](http://www.press.bmw-motorsport.com) (comunicati stampa, cartelle stampa, immagini, riprese televisive) e sul sito ufficiale del team [www.bmw-sauber-f1.com](http://www.bmw-sauber-f1.com) (monoposto, stagione, Race Club, aggiornamenti sul team).

Per ulteriori informazioni contattare:

Patrizia Venturini  
Public Relations BMW Group Italia  
Tel. +39 0251610164 - Fax +39 02516100164  
e-mail [Patrizia.Venturini@bmw.it](mailto:Patrizia.Venturini@bmw.it)

Website: [www.press.bmwgroup.com](http://www.press.bmwgroup.com)