Rivoluzione nell'industria automobilistica: la produzione BMW i.
Indice.

1. Il concetto di produzione BMW i: i moduli Life e Drive. 2

2. L'inizio di un'era nuova: la costruzione automobilistica in CFRP. 3

Produzione della fibra di carbonio con la forza idrica / Moses Lake, USA. ..3

Trasformazione in strutture tessili a Wackersdorf / Germania. 4

Landshut e Lipsia: trasformazione del CFRP in componenti della vettura. 4

Nuovi processi di precisione nella costruzione della scocca in CFRP. 5

3. Leggera e robusta: la carrozzeria esterna in materiali sintetici termoplastici. 7

4. Modulo Drive: struttura, batteria ad alta tensione e motore elettrico prodotti in Baviera. 8

Accumulatore ad alta tensione. 8

Motore elettrico. 9

5. Il cockpit. 10

6. Processi paralleli: l'assemblaggio. 11

Assemblaggio della vettura. 11

7. Produzione sostenibile a Lipsia. 13

1. Il concetto di produzione BMW i: i moduli Life e Drive.

Lanciando la BMW i3 il BMW Group introduce sul mercato una vettura di serie ad alimentazione elettrica che segna l'inizio di una mobilità nuova e sostenibile negli ambienti urbani. Presentandosi come la prima vettura elettrica di qualità premium la BMW i3 è pronta per affrontare le sfide sociali, ecologiche ed economiche della nostra epoca. Il concetto, caratterizzato da un'architettura della vettura finora mai vista, non richiede solo l'utilizzo di materiali moderni di costruzione leggera, ma anche l'applicazione di processi produttivi altrettanto innovativi. Anche in questo campo la sostenibilità è un tema prioritario per il BMW Group. La BMW i3 è il primo progetto automobilistico per il quale sono stati definiti degli obiettivi di sostenibilità aventi la stessa priorità dei target di costi, di peso e di qualità. Uno degli obiettivi perseguiti è di ridurre al minimo l'impatto ambientale della produzione. Gli aspetti centrali sono l'approvvigionamento energetico e il consumo d'acqua, le emissioni dei solventi e il riciclaggio dei rifiuti. Questo obiettivo è valido per tutti gli stabilimenti della rete di produzione BMW i, dunque per la fabbricazione della fibra di carbonio a Moses Lake nello Stato federale USA del Washington e per la sua trasformazione in fibre tessute a Wackersdorf in Germania. Entrambi i siti produttivi vengono gestiti dalla SGL Automotive Carbon Fibers (ACF), una joint-venture del BMW Group e del SGL Group. A questi si aggiungono i centri produttivi del BMW Group, cioè gli stabilimenti BMW di Dingolfing, di Landshut e di Lipsia.

L'innovativa architettura della BMW i3 è composta da due elementi: il modulo di guida Drive in alluminio in cui sono integrati il motore, lo chassis, l'accumulatore di energia e le funzioni strutturali e di protezione anticrash, e il modulo Life in materiale sintetico rinforzato in fibra di carbonio che forma l'abitacolo. Grazie al concetto LifeDrive e all'utilizzo del CFRP sono stati dimezzati i tempi di produzione rispetto alla costruzione tradizionale di automobili. Il processo richiede inoltre investimenti inferiori, dato che non vi sono gli elevati costi di un'unità tradizionale di presse e di un classico impianto di verniciatura; inoltre, la costruzione dei moduli Life e Drive avviene in parallelo. Nel settore automobilistico, l'utilizzo del CFRP nei volumi raggiunti da BMW i è unico su scala mondiale. Anche in questo campo il BMW Group ha assunto un ruolo di avanguardia.

2. L'inizio di un'era nuova: la costruzione automobilistica in CFRP.

L'applicazione del lightweight design è estremamente importante, soprattutto nelle vetture dotate di un motore elettrico, perché in questi modelli l'autonomia viene limitata dalla capacità della batteria e dal peso della vettura. Più leggera è la vettura, più elevata è l'autonomia. Per compensare il maggiore peso dei componenti elettrici, nelle proprie vetture BMW i punta sull'applicazione coerente del lightweight design e sull'utilizzo di materiali innovativi. Il modulo Life della BMW i3 è composto in gran parte da materiale sintetico rinforzato con fibra di carbonio, abbreviato CFRP. La produzione di questo innovativo materiale avviene nell'ambito della joint-venture SGL Automotive Carbon Fibers (SGL ACF).

Produzione della fibra di carbonio con la forza idrica / Moses Lake, USA.

La SGL ACF produce a Moses Lake la fibra di carbonio da un precursore, cioè una fibra tessile termoplastica sulla base di poliacrilonitrile. In un complesso processo composto da più fasi, i singoli elementi della fibra vengono separati allo stato gassoso, così da ottenere una fibra dalla stabile struttura di grafite, composta quasi esclusivamente da carbonio puro. Questa fibra ha uno spessore di solo 7 micrometri (0,007 millimetri): un capello umano misura circa 50 micrometri. Per l'applicazione nel comparto automobilistico, circa 50.000 filamenti vengono avvolti in cosiddetti "rovings" o "heavy tows" e successivamente trasformati.

Già nella fabbricazione di fibre di carbonio a Moses Lake l'energia necessaria per la produzione proviene esclusivamente da forza idrica locale, dunque da una fonte energetica rinnovabile, ed è al 100 percento esente da CO_2. Il modernissimo stabilimento nello Stato federale del Washington definisce dei benchmark anche a livello di efficienza energetica.

La produzione delle ultraleggere fibre high-tech a Moses Lake è iniziata già alla fine del 2011. Due linee di produzione dalla capacità totale di 3.000 tonnellate all'anno mettono a disposizione il materiale nei volumi necessari. Finora, le due società madri BMW Group e SGL Group hanno investito circa 72 milioni di euro (100 milioni di dollari USA) nell'impianto produttivo di Moses Lake, creando 80 nuovi posti di lavoro.

Trasformazione in strutture tessili a Wackersdorf / Germania.
Nel secondo stabilimento produttivo della joint-venture, il Parco d'Innovazioni di Wackersdorf, i fasci di fibre prodotti a Moses Lake in volumi industriali vengono trasformati in strutture tessili. Grazie a un investimento di 20 milioni di euro e alla creazione di circa 150 nuovi posti di lavoro, già oggi è possibile fabbricare nello stabilimento di Wackersdorf diverse migliaia di tonnellate di panni di fibra di carbonio all'anno.

I panni di fibra ad orientamenti differenti vengono posati uno sopra l'altro, creando dei cosiddetti stack, degli strati di panni sovrapposti e successivamente tagliati. Questo è il materiale di partenza per la produzione dei componenti in CFRP negli stabilimenti BMW di Landshut e di Lipsia. A Wackersdorf, gli avanzi di taglio in CFRP vengono riciclati e utilizzati nei modelli BMW i. Già oggi circa il 10 percento del quantitativo di fibra di carbonio utilizzato nella BMW i3 è composto da materiale riciclato.

Landshut e Lipsia: trasformazione del CFRP in componenti della vettura.
Nei centri d'innovazioni e di produzione BMW di Landshut e Lipsia gli stack forniti da Wackersdorf vengono trasformati in componenti della scocca della BMW i3 e della BMW i8. In ogni sito tre linee di produzione sono dedicate alla costruzione di componenti della scocca in CFRP.

Nel corso di più di dieci anni, gli specialisti del BMW Group sono riusciti a perfezionare e ad automatizzare il processo produttivo di componenti in CFRP, così che oggi è possibile realizzare una produzione in grande serie di alta qualità, ad un elevato grado di sicurezza, con processi e costi economicamente ragionevoli. Per esempio, è stato possibile ridurre del 50 percento circa i costi di fabbricazione dei componenti della scocca in CFRP.

In una prima fase, un utensile di riscaldamento conferisce alla fibra di carbonio tagliata un forma stabile, tridimensionale. Singoli pezzi preformati vengono uniti, così da ottenere un componente di dimensioni più grandi e potere fabbricare anche delle parti della scocca con superfici molto grandi che in alluminio o in lamiera di acciaio sarebbero realizzabili solo con notevoli difficoltà oppure a costi nettamente superiori. Dopo il confezionamento e il preforming segue il passo successivo: l'aggiunta di resina ad alta pressione attraverso il processo RTM (Resin Transfer Moulding). Della resina liquida viene iniettata ad alta pressione nei pezzi grezzi preformati. Solo dopo l'unione delle fibre con la resina e il successivo indurimento il materiale dispone della tipica rigidità, dunque delle sue eccellenti proprietà.

Le presse funzionano secondo dei parametri di tempo, di pressione e di temperatura sviluppati internamente dal BMW Group e definiti con la massima precisione, fino al legame totale della resina con l'indurente e all'indurimento finale. Grazie a questo processo di produzione automatizzato, è stato possibile rinunciare al lungo indurimento in forno, tipico della produzione manuale del CFRP.

Il processo con il CFRP non è comparabile alla produzione tradizionale di autovetture in lamiera di acciaio. Il processo produttivo industrializzato è altamente economico e consente all'industria automobilistica di fabbricare grandi componenti compositi in CFRP.

L'impianto ad elevato livello di automazione è in grado di realizzare anche i gruppi costruttivi più complessi, con numerosi elementi strutturali integrati, per esempio il completo telaio laterale del modulo Life della BMW i3. Ulteriori fasi del processo sono i lavori di finitura, come il taglio di precisione della sagoma del componente e l'aggiunta delle aperture mancanti. I componenti vengono lavorati in un apposito impianto di taglio a getto d'acqua; le superfici d'incollaggio vengono sottoposta a sabbiatura, così da prepararle alla loro successiva trasformazione. Se il telaio non fosse in CFRP ma in tradizionale lamiera di acciaio sarebbe necessario unire diversi componenti interni ed esterni.

Nuovi processi di precisione nella costruzione della scocca in CFRP.
A Lipsia, i singoli componenti in CFRP vengono uniti nel nuovo capannone di costruzione della scocca. Qui nasce la struttura di base del modulo Life. Grazie all'elevata integrazione geometrica, la struttura in CFRP del modulo Life della BMW i3 è composta complessivamente solo da un terzo dei componenti necessari per costruire la scocca di una tradizionale carrozzeria in acciaio. L'intera struttura di base del modulo in CFRP viene realizzata con circa 150 componenti in CFRP.

Durante la costruzione della scocca in CFRP non vi sono rumori fastidiosi, causati da processi di collegamento a vite o rivetto, non esistono fenomeni di formazione di scintille durante la saldatura, perché viene utilizzata esclusivamente una modernissima tecnica d'incollaggio, automatizzata al 100 percento. Nell'ambito di un processo di unione unico su scala mondiale, sviluppato da BMW, i singoli componenti vengono uniti senza contatto diretto con eccezione di una linea d'incollaggio definita con la massima precisione, così da ottenere una resistenza ottimale alla fine del processo d'incollaggio. Complessivamente, ogni vettura BMW i3 ha una linea d'incollaggio lunga 160 metri.

Nella produzione in grande serie della BMW i3, per minimizzare il tempo d'indurimento BMW ha accelerato in modo estremo il relativo processo. Per esempio, una colla fortemente ottimizzata consente di lavorare un pezzo solo per 90 secondi dopo l'applicazione. Dopo un'ora e mezza la colla è completamente indurita e il pezzo dispone di tutta la propria rigidità. Questa caratteristica corrisponde a un'accelerazione di un tradizionale processo d'incollaggio del fattore di dieci. Al fine di ridurre ulteriormente il tempo d'indurimento, così da giungere a meno di dieci minuti, BMW ha sviluppato un processo termico supplementare. Singoli punti d'aderenza dei componenti in CFRP da incollare vengono riscaldati, così da abbreviare ulteriormente il processo d'indurimento.

3. Leggera e robusta: la carrozzeria esterna in materiali sintetici termoplastici.

La BMW i3 è la prima vettura BMW in assoluto con una pelle esterna realizzata interamente in materiale sintetico. L'unica eccezione è costituita dal tetto in CFRP riciclato. I componenti in materiale sintetico pesano la metà della lamiera di acciaio e offrono contemporaneamente una protezione superficiale esente da corrosione, producibile a un costo energetico inferiore. Inoltre, il materiale è resistente contro i piccoli danni. Il 25 percento dei materiali utilizzati per i componenti termoplastici esterni è stato riciclato oppure prodotto da materie prime rinnovabili.

La carrozzeria esterna della BMW i3 viene prodotta nello stabilimento BMW di Lipsia. Analogamente alla fabbricazione delle grembiulature anteriore e posteriore dei classici modelli BMW, i pezzi in materiale sintetico vengono prodotti in tre processi di estrusione termoplastica, a seconda del componente da realizzare: un processo standard, un processo di estrusione TWIN in cui la pelle esterna e la costruzione sottostante vengono prodotte separatamente e successivamente incollate, oppure il cosiddetto processo di "unione per stampaggio ad iniezione". In questo processo il rivestimento esterno e la costruzione sottostante vengono prodotte in parallelo e alla fine vengono unite automaticamente.

Nella successiva verniciatura i componenti della carrozzeria esterna ottengono la loro lucentezza e la protezione contro gli influssi ambientali, per esempio colpi di sassi o la radiazione solare. Il nuovo impianto di verniciatura di Lipsia funziona con un sistema di separazione a secco, dunque senza produrre delle acque di scarico, e consuma solo un quarto dell'energia normalmente necessaria. Inoltre, la verniciatura della BMW i3 richiede il 70 percento in meno di acqua. Infatti, a differenza di una scocca tradizionale, nella produzione dei modelli BMW i l'intera scocca non deve venire protetta contro la corrosione, verniciata ed essiccata in fasi di lavoro separate. I paraurti, i componenti del frontale, della coda e delle fiancate possono venire verniciati separatamente, risparmiando delle risorse. Grazie alla soppressione del processo tradizionale di verniciatura con immersione in un bagno catodico, vengono risparmiati ulteriori dieci chilogrammi di peso per vettura. La carrozzeria esterna della BMW i3 viene prodotta a Lipsia da circa 300 addetti.

4. Modulo Drive: supporto strutturale, batteria ad alta tensione e motore elettrico prodotti in Baviera.

Il supporto strutturale del modulo Drive della BMW i3 prodotto nello stabilimento di Dingolfing è composto da elementi di supporto in alluminio con una verniciatura a bagno cataforetico e componenti in getto di alluminio. La costruzione del telaio offre una sede perfetta alla batteria, consentendo inoltre di realizzare una ripartizione ottimale delle masse tra gli assi e un baricentro della vettura molto basso, con conseguenti vantaggi per la dinamica di guida. Il materiale utilizzato, l'alluminio, abbina il lightweight design con delle buone caratteristiche di protezione anticrash, contribuendo così al concetto di sicurezza dei modelli BMW i.

La struttura Drive della BMW i3 è costituita da una complessa costruzione saldata, composta da oltre 160 pezzi che vengono uniti da un cordone di saldatura lungo oltre 19 metri. I componenti pressofusi della struttura Drive della BMW i3 vengono forniti dalla fonderia di leghe leggere dello stabilimento BMW di Landshut e si distinguono per offrire un'elevata integrazione di funzioni: dopo la pressofusione sono quasi pronti per essere montati nella vettura. Nello stabilimento di Dingolfing circa 120 addetti si occupano dell'assemblaggio della struttura Drive dei modelli BMW i3. Gli addetti di Dingolfing hanno acquisito l'indispensabile know-how per la pianificazione dell'impianto high-tech e l'alta competenza nella lavorazione dell'alluminio nel corso di molti anni, nella produzione di assi anteriori ed assi posteriori in alluminio.

Accumulatore ad alta tensione.
La batteria, definita anche accumulatore ad alta tensione, è un altro elemento centrale dei nuovi modelli BMW i fornito da Dingolfing. L'inizio del processo produttivo è contraddistinto dal "Begin-of-line-test" durante il quale viene collaudata l'efficienza delle celle agli ioni di litio. Segue poi la cosiddetta pulizia al plasma delle celle della batteria. Successivamente le singole celle vengono ottenute per stampaggio, incollate e saldate automaticamente, così da formare singoli moduli. Questo lavoro viene eseguito da più di 20 robot.

Un elevato know-how BMW è stato applicato alla composizione e all'assemblaggio dell'accumulatore. Infatti, sono necessari 400 singoli passi per montare la batteria. L'involucro dell'accumulatore protegge le celle agli ioni di litio e contribuisce alla rigidità della vettura. Dopo la composizione delle celle in moduli inizia la fase di assemblaggio: i singoli moduli vengono sollevati uno dopo l'altro in una vasca di accumulo in alluminio e collegati manualmente in

linea attraverso la connessione con un cablaggio di comunicazione. Alla fine, vengono montati il coperchio e la base della batteria; le batterie finite vengono sottoposte al test di efficienza “End-of-line”. La batteria è costruita in modo tale da consentire la semplice sostituzione di singoli moduli in caso di difetto.

Per costruire la batteria ad alta tensione dei modelli BMW i, a Dingolfing è stata realizzata su una superficie di oltre 2.000 metri quadri una linea di produzione high-tech altamente automatizzata. Qui vengono costruiti anche gli accumulatori HV per i modelli ibridi della BMW Serie 3, 5 e 7. Qui lavorano circa 100 addetti altamente qualificati i quali seguono l’approvvigionamento, il controllo e il monitoraggio degli impianti produttivi, assicurando i relativi controlli di qualità. Per potere lavorare sulla batteria ad alta tensione gli operai specializzati hanno seguito dei corsi speciali di perfezionamento professionale.

Motore elettrico.

Per tradizione, il propulsore è un elemento centrale di distinzione della Bayerische Motoren Werke. Per questo motivo, il BMW Group ha sviluppato internamente il motore elettrico da 125 kW e l’elettronica di controllo. Il motore elettrico della BMW i3 viene prodotto nello stabilimento BMW di Landshut. Nel motore elettrico sono integrati l’involucro interno, lo statore e il rotore. Lo statore è il nucleo interno del motore ed è composto da un avvolgimento di filo di rame lungo circa 2 chilometri. La particolarità del motore della BMW i3: grazie a un tipo di avvolgimento speciale dei fili di rame, esso risulta molto piccolo e compatto rispetto ad altri motori elettrici di potenza simile, così da potere risparmiare dell’ulteriore ingombro e peso. Prima d’introdurre il rotore nell’involucro interno, esso viene rivestito di un sottile strato di resina. Nella fase successiva vengono uniti statore, rotore e l’involucro interno, previamente riscaldato a circa 150 gradi per facilitare il montaggio.

5. Il cockpit.

Lo stabilimento BMW di Landshut produce anche la plancia portastrumenti della BMW i3. Nella fase iniziale della produzione delle pellicole vengono riscaldate e lavorate in una forma tridimensionale. Nel processo di schiumatura posteriore viene utilizzata una pelle dummy di silicone che alla fine del processo di schiumatura viene staccata dalla plancia portastrumenti. Al posto della pelle dummy viene applicata la decorazione, dunque la vera superficie visibile della plancia, realizzata in materiale sintetico oppure in pelle. Il vantaggio offerto da questa soluzione altamente efficiente è che un unico utensile consente di produrre diverse varianti di plance portastrumenti per la stessa serie di modelli (modelli di base ed equipaggiamenti optional).

La fresatura della plancia portastrumenti avviene utilizzando un impianto che negli stabilimenti del BMW Group è unico su scala mondiale. Il settore produttivo Cockpit ed Equipaggiamenti ha già brevettato la tecnica. In questo processo di fresatura “esente da polveri” i trucioli e le particelle di polvere vengono aspirati immediatamente da aspiratori integrati nell’impianto stesso. Questo consente di ridurre del 96 percento l’inquinamento dell’aria e degli impianti. Il materiale eccedente aspirato viene introdotto in un processo di riciclaggio, così da essere integrato nuovamente nel ciclo produttivo.

6. Processi paralleli: l'assemblaggio.

A differenza delle vetture con scocca autoportante, l'architettura LifeDrive è composta fondamentalmente da due unità funzionali orizzontali separate, indipendenti una dall'altra. Per la prima volta nella storia di BMW nel capannone di assemblaggio di Lipsia è stato introdotto una sistema a doppia linea: su una linea viene assemblato il modulo Life e sull'altra il modulo Drive. Questo ha consentito di compiere anche dei notevoli progressi nella configurazione ergonomica dei posti di lavoro, offrendo all'operatore un accesso ottimale a tutte le operazioni di montaggio.

A Lipsia, nella fase di assemblaggio del modulo Drive nello chassis in alluminio vengono sistemati la batteria e l'unità motore/cambio. In un primo passo, l'accumulatore ad alta tensione dal peso di 230 chilogrammi viene integrato nel sottoscocca e avvitato alla struttura Drive. Il montaggio della batteria HV nel pianale dello chassis in alluminio assicura una ripartizione ottimale delle masse tra gli assi e garantisce un'elevata dinamica di guida. L'unità motore/cambio proveniente dallo stabilimento di Landshut viene avvitata anche essa alla struttura modulare. Come optional è disponibile inoltre un range-extender (motore bicilindrico a benzina) che estende l'autonomia della vettura a 300 km. Dopo il montaggio del supporto dell'asse anteriore, pre-assemblato a Dingolfing, e di ulteriori componenti strutturali, il modulo Drive della BMW i3 è pronto per l'assemblaggio finale.

Assemblaggio della vettura.
Dal reparto di costruzione della scocca l'abitacolo in CFRP viene trasportato nel capannone di assemblaggio. Sul cosiddetto "nastro Life" vengono montati gli equipaggiamenti ordinati dal cliente. Nella fase successiva si celebra il "matrimonio" con il modulo Drive in alluminio. L'abitacolo in CFRP e lo chassis in alluminio vengono incollati uno all'altro. In più, in quattro punti vengono realizzati dei collegamenti a vite. Questo garantisce una rigidità e stabilità ottimali.

Due robot applicano la colla al modulo Drive. Successivamente, il modulo Drive viene trasportato alla stazione di unione, viene sollevato e centrato. Un robot di presa depone il modulo Life sul modulo Drive. Il processo di unione viene avviato dal peso proprio della scocca.

Solo adesso la BMW i3 ottiene il suo abito esterno definitivo in materiale sintetico. La pelle esterna verniciata è composta essenzialmente da termoplasti estrusi.

Dato che le singole operazioni vengono eseguite contemporaneamente e che nella struttura in CFRP il numero di componenti è inferiore a quello di una vettura tradizionale, il tempo necessario per la costruzione della scocca e il suo assemblaggio è di 20 ore, dunque la metà della durata di produzione di un'automobile tradizionale.

Successivamente, la BMW i3 passa alla finitura insieme alle altre vetture BMW prodotte a Lipsia, dove vengono eseguiti degli accurati controlli di qualità. Questo garantisce che anche la prima vettura di serie esclusivamente elettrica del BMW Group soddisfi gli abituali elevati standard qualitativi dell'azienda. Contemporaneamente, questo permette di utilizzare dei preziosi effetti di sinergia.

Gli investimenti totali effettuati a Lipsia ammontano a 400 milioni di euro; la produzione dei modelli BMW i ha creato nello stabilimento 800 nuovi posti di lavoro.

7. Produzione sostenibile a Lipsia.

La produzione delle vetture BMW i definisce dei parametri di riferimento nuovi, riducendo il consumo di energia alla metà e quello dell'acqua del 70 percento rispetto alla già altamente efficiente media della produzione BMW. A Lipsia, il fabbisogno supplementare di corrente elettrica per la produzione dei modelli BMW i proviene da quattro impianti eolici montati nell'area dello stabilimento.

Il Green Building Council, un'istituzione americana di fama mondiale, ha premiato i nuovi edifici di Lipsia per la sostenibilità della loro architettura con il "Certificato d'oro LEED" (Leadership in Energy and Environmental Design).

Grazie a una serie di misure tecniche, è stato possibile ridurre notevolmente il consumo energetico dei capannoni. Attraverso un sistema di controllo intelligente, nei capannoni produttivi diverse volte al giorno avviene uno scambio completo dell'aria attraverso le aperture superiori e laterali del tetto del capannone. La ventilazione naturale riduce la formazione di odori e di polvere nella lastroferratura e nel capannone di assemblaggio, assicurando inoltre il fabbisogno di raffreddamento necessario nel reparto presse dove per motivi di produzione la temperatura è elevata. L'intero sistema di aerazione non richiede dei ventilatori o impianti di climatizzazione supplementari. Inoltre, delle pellicole bianche applicate su nastri luminosi nel tetto del capannone riflettono la luce solare, riducendo l'utilizzo di fonti d'illuminazione artificiali. I nuovi edifici di Lipsia definiscono dei nuovi parametri di riferimento nel mondo dell'automobile anche dal punto di vista ecologico.