

POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria della Produzione Industriale e dell’Innovazione
Tecnologica**

Tesi di Laurea Magistrale

**Analisi del processo produttivo di componenti in fibra di
carbonio con autoclave: il caso di HP Composites**



Relatore

Professor Maurizio Schenone

Correlatore

Dott. Andrea Tridello

Candidata

Azzurra Rubini

Luglio 2020

INDICE

INTRODUZIONE	8
1. I MATERIALI COMPOSITI.....	10
1.1 Le principali caratteristiche	10
1.2 Classificazione.....	11
1.3 Le matrici	16
2. FIBRA DI CARBONIO	20
2.1 Metodi di produzione fibra di carbonio.....	20
2.2 Matrici polimeriche termoindurenti	25
2.3 Produzione materiali compositi con matrice termoindurente.....	27
2.4 Applicazione materiali rinforzati in fibra di carbonio nel settore automotive	34
3. HP COMPOSITES.....	38
3.1 Storia	38
3.2 Organizzazione aziendale del lavoro.....	39
3.3 Software utilizzati in azienda	42
4. PRODUZIONE DEI COMPONENTI IN FIBRA DI CARBONIO IN HP COMPOSITES	47
4.1 Tecnologia dell'autoclave	47
5. CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI FINALI.....	82
REFERENZE.....	85
Sitografia.....	85
Bibliografia	86
APPENDICE A.....	87
Numero delle valvole utilizzate per ogni articolo.....	87

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1: Materiale bicomponente.....	10
Figura 1.2: Schema materiali compositi.....	12
Figura 1.3: Materiali Compositi Particellari.....	13
Figura 1.4: Fibre lunghe (a) – Fibre corte orientate (b) – Fibre corte disposte casualmente (c)	13
Figura 1.5: Alcuni stili di tessitura	15
Figura 1.6: Materiale composito a riempitivo con honeycomb.....	16
Figura 1.7: Classificazioni matrici	17
Figura 1.8: Curve sforzo/deformazione di un ceramico e dei suoi compositi.....	19
Figura 2.1: Struttura fibra di carbonio	20
Figura 2.2: Da poliacrilonitrile a tetraidropiridina	21
Figura 2.3: Da tetraidropiridina a piridina.....	21
Figura 2.4: Polimero a nastro, conseguenza prima fase di carbonizzazione	22
Figura 2.5: Struttura finale fibra di carbonio.....	22
Figura 2.6: Pre-Preg	24
Figura 2.7: Struttura di una resina poliestere insatura.....	26
Figura 2.8: Gruppo epissodico	26
Figura 2.9: Struttura di una resina epossidica	27
Figura 2.10: Tecnologia di laminazione manuale	28
Figura 2.11: Tecnologia di produzione a spruzzo	28
Figura 2.12: Produzione in autoclave.....	29
Figura 2.13: Processo RTM.....	30
Figura 2.14: Processo RIFT.....	31
Figura 2.15: Attrezzatura di Pultrusione	32
Figura 2.16: Processo di Filament Winding.....	33
Figura 2.17: Processo Compression Moulding	34
Figura 2.18: Ferrari SF90 con telaio in materiale composito.....	34
Figura 2.19: Lamborghini Sesto Elemento.....	35
Figura 2.20: Monoscocca Aventador LP 700-4	36
Figura 2.21: Ferrari Enzo del 2002.....	36
Figura 2.22: Alfa Romeo Stelvio (a) - Interni Alfa Romeo Giulia (b).....	37
Figura 3.1: Componenti in fibra di carbonio per Ferrari 488 Pista	39
Figura 3.2: Particolari in fibra di carbonio Dallara Stradale	39
Figura 3.3: Ciclo di vita della commessa	40
Figura 3.4: Anagrafica articolo in Gamma Enterprise	43
Figura 3.5: Esempio ODL stampato.....	44
Figura 3.6: Front End Menù	45

Figura 3.7: Backend menù.....	46
Figura 4.1: Macchina da taglio	49
Figura 4.2: Clean Room per Laminazione in HP2	50
Figura 4.3: Esempio di Ply-book.....	51
Figura 4.4: Esempio sequenza di laminazione	52
Figura 4.5: Esempio di codice di laminazione con impilamento simmetrico rispetto asse di mezzeria.....	52
Figura 4.6: Esempio di codice di laminazione con impilamento simmetrico rispetto alla lamina centrale.....	52
Figura 4.7: Peel-ply	57
Figura 4.8: Materassino in Cotone	58
Figura 4.9: Sacco a vuoto in nylon.....	59
Figura 4.10: Anagrafica articoli estesa	61
Figura 4.11: Valvole per sacco a vuoto	62
Figura 4.12: Sacco da vuoto	62
Figura 4.13: Interno Autoclave (a) – Esterno Autoclave (b).....	65
Figura 4.14: Carrello con componenti per autoclave	65
Figura 4.15: Esempio ciclo di cura per componenti di carrozzeria.....	66
Figura 4.16: Esempio di schermata dell'Interfaccia uomo macchina	66
Figura 4.17: Controllo parametri durante ciclo di cura in autoclave.....	67
Figura 4.18: Schema autoclave.....	67
Figura 4.19: Grafico con resa autoclavi in una settimana	73
Figura 4.20: Grafico con saturazione autoclavi in una settimana	73
Figura 4.21: Grafico con efficienze autoclavi in una settimana	74
Figura 4.22: Medie efficienze delle autoclavi da week 25 a week 29.....	74
Figura 4.23: Grafico efficienze autoclavi da week 25 a week 31	76
Figura 4.24: Specchietti carbon look.....	77
Figura 4.25: Pannello sandwich in Rohacell	78

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.1: Proprietà meccaniche di alcuni materiali per fibre	14
Tabella 1.2: Confronto proprietà matrici termoindurenti e termoplastiche.....	18
Tabella 2.1: Confronto caratteristiche tra fibre di carbonio ottenute da PAN e da PITCH.....	23
Tabella 2.2: Proprietà meccaniche resine Epossidiche e Poliestere	25
Tabella 4.1: Studio dei tempi di una commessa Ferrari	54
Tabella 4.2: Calcolo tempi commessa di lunga durata presente da due anni	57
Tabella 4.3: Dati esportati su Excel da Backend di Power MES.....	69
Tabella 4.4: Sintetizzazione dati.....	70
Tabella 4.5: Informazioni su ciclo in autoclave e sui tubi occupati	70
Tabella 4.6: Analisi efficienza autoclave.....	71
Tabella 4.7: Aggiunta di informazioni sulla durata del ciclo	71
Tabella 4.8: Sintesi di dati di una settimana	72
Tabella 4.9: Esempio di tabella consegnata agli operatori	80
Tabella 4.10: Primo esempio di aggiornamento dei dati nella scheda Excel	80
Tabella 4.11: Secondo esempio di aggiornamento dei dati nella scheda Excel	80

INTRODUZIONE

Il seguente lavoro di tesi nasce in seguito all'esperienza di tirocinio svolta nell'azienda HP Composites Spa. Lo scopo dell'elaborato è quello di analizzare il processo produttivo di componenti in fibra di carbonio, in particolare per il settore automotive, attraverso la tecnologia dell'autoclave.

La tesi è divisa in cinque capitoli.

Nel primo è stata svolta un'analisi sui materiali compositi. Nel particolare sono stati riportate le principali caratteristiche di questi materiali e le diverse classificazioni che si hanno basandosi su criteri differenti come il metodo di produzione, l'orientamento e la forma del materiale di rinforzo e il tipo di matrice utilizzata.

Nel secondo capitolo si pone l'attenzione sulla fibra di carbonio la quale viene utilizzata come rinforzo per i materiali compositi. In questo capitolo sono stati descritti i processi che portano alla creazione della fibra di carbonio la quale si ottiene da composti chimici di sintesi derivanti dal carbonio e dal petrolio e ridotti in filamenti più o meno lunghi. Inoltre, è stata analizzata anche la struttura dei fogli pre-impregnati e come essi vengono utilizzati. In seguito, sono state descritte le diverse tipologie di matrici termoindurenti che solitamente vengono rinforzate dalla fibra di carbonio e alcune delle tecnologie di produzione dei componenti che presentano queste resine. Infine, è stata analizzata l'evoluzione dell'utilizzo della fibra di carbonio nel settore automotive dal 1981 fino ad oggi e i vantaggi che essa ha portato nell'industria automobilistica.

Nel terzo capitolo viene presentata l'azienda in cui è stata svolta l'esperienza di tirocinio. È stato descritto il modo in cui l'azienda gestisce le richieste dei clienti e come sono organizzati i vari siti di produzione. In seguito, sono stati analizzati il software gestionale e il software MES adottati in azienda, ponendo l'attenzione sui moduli che sono stati utilizzati per completare le analisi sulla produzione di componenti.

Il quarto capitolo si concentra su uno dei processi produttivi dei componenti in fibra di carbonio adottati in HP Composites: la tecnologia dell'autoclave. È stata analizzata questa tecnologia in quanto è quella maggiormente utilizzata in azienda e perché sono state svolte diverse analisi sui processi concerni questo metodo di produzione. Sono state descritte le diverse fasi che portano alla produzione dei componenti. Per ognuna di esse sono state riportate le varie analisi svolte durante il periodo di tirocinio, come ad esempio l'analisi dei tempi per la laminazione o il calcolo di indici di performance per la polimerizzazione in autoclave. Per ogni analisi eseguita sono state descritte la modalità con cui sono stati raccolti e interpretati i dati, i problemi riscontrati, le soluzioni proposte e i risultati ottenuti.

Nell'ultimo capitolo viene analizzato il futuro dei componenti in fibra di carbonio nel settore automotive. Vengono inoltre suggeriti degli investimenti che l'azienda dovrebbe fare per rimanere competitiva sul mercato anche nei prossimi anni. Nel particolare, si propone lo

sviluppo di tecniche di produzione alternative all'autoclave e l'implementazione di tecnologie per la raccolta di dati di produzione migliori di quelli attualmente utilizzati in azienda.

1. I MATERIALI COMPOSITI

I materiali compositi vengono largamente utilizzati nell'industria manifatturiera, in particolare nei settori automobilistico e aeronautico, in quanto presentano elevate proprietà meccaniche, stabilità chimica accompagnate da elevati rapporti di rigidità/peso. Queste caratteristiche sono il risultato della combinazione di uno o più materiali fra loro insolubili. Infatti, per materiale composito si intende la combinazione di più fasi o componenti chimicamente diversi e con proprietà fisico-meccaniche differenti in modo da poter osservare macroscopicamente l'interfaccia tra di essi. In questo modo è possibile ottenere per il composito delle proprietà superiori rispetto quelle dei singoli costituenti. Per avere le proprietà desiderate è necessario scegliere adeguatamente le percentuali relative ai singoli costituenti. Queste percentuali solitamente variano dal 10 al 90 per cento. In compositi con due componenti (bicomponenti) di solito si ha una componente più resistente sottoforma di fase discontinua, come ad esempio particelle o fibre, che prende il nome di rinforzo e una componente continua meno resistente che viene chiamata matrice.

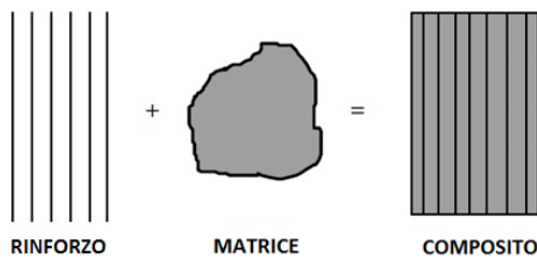


Figura 1.1: Materiale bicomponente

1.1 Le principali caratteristiche

Come già detto, per definire le proprietà fisico-meccaniche del composito è necessario scegliere adeguatamente le percentuali dei singoli costituenti presenti. Ma questo non basta. Infatti, è necessario considerare anche altri fattori che legano le proprietà del composito ai suoi componenti:

- Concentrazione
- Proprietà fisico-meccaniche
- Dimensione
- Distribuzione
- Orientamento
- Forma

Per quanto concerne con la concentrazione, essa fa riferimento al volume o al peso dei singoli componenti. Viene considerato uno dei parametri fondamentali.

La concentrazione viene anche utilizzata per definire il rapporto tra le proprietà dei componenti e quelle del composito. Infatti, spesso la proprietà di un composito è definita come la media pesata secondo le concentrazioni delle proprietà dei singoli materiali che lo compongono. La media pesata non può essere applicata se esistono fenomeni di interazione o di sinergismo tra i componenti.

La dimensione della fase discontinua e quindi del rinforzo è un fattore che, insieme alla forma e alla percentuale di concentrazione del componente, determina l'entità dell'area di interfaccia tra i costituenti. Quest'ultima riveste un ruolo di fondamentale importanza nella definizione della interazione tra i componenti e conseguentemente del comportamento del composito.

Un altro parametro che è necessario considerare è la distribuzione della concentrazione dei componenti. Infatti, quando essa non è uniforme, si assiste ad una diminuzione delle proprietà fisico-meccaniche del composito a causa delle zone in cui il componente è presente con una concentrazione inferiore.

La direzione del rinforzo determina l'anisotropia del composito, ossia la dipendenza delle caratteristiche fisico-meccaniche dalla direzione del componente discontinuo.

Per quanto riguarda la forma del rinforzo, essa può essere cilindrica, sferica prismatica. Essa viene scelta in base alle caratteristiche fisico-meccaniche del composito che si vogliono ottenere.

1.2 Classificazione

I materiali compositi possono essere divisi seguendo diversi criteri. In base alla loro produzione e da quanto tempo essi esistono possiamo avere materiali compositi tradizionali e materiali compositi sintetici. I primi sono quelli che possiamo trovare in natura o che vengono prodotti dall'uomo da molto tempo. Esempi di materiali tradizionali sono il legno e il calcestruzzo. Questi vengono utilizzati prevalentemente nel settore delle costruzioni. I materiali compositi sintetici, invece, sono utilizzati prevalentemente nell'industria manifatturiera. I componenti del composito vengono prima prodotti separatamente poi avviene la coesione di essi in modo da ottenere le proprietà geometriche, meccaniche e strutturali desiderate.

Un'altra classificazione si basa sul meccanismo di resistenza che è strettamente legato alla forma e all'orientamento del rinforzo. In questo caso abbiamo:

- Materiali compositi particellari
- Materiali compositi fibrosi
- Materiali compositi con riempitivo

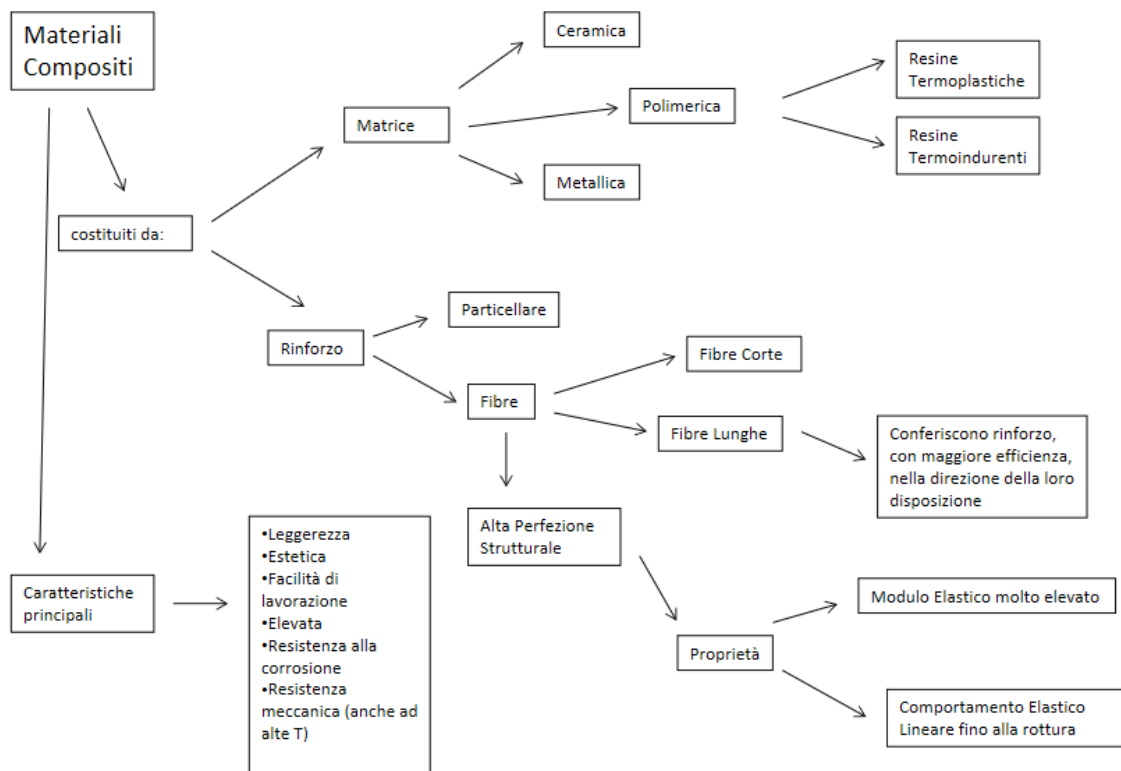


Figura 1.2: Schema materiali compositi

1.2.1 Materiali compositi particellari

I materiali compositi particellari hanno delle particelle come rinforzo. Queste vengono utilizzate in quanto migliorano la resistenza all'usura e alle elevate temperature, la durezza superficiale e la lavorabilità del materiale composito. In base ai valori di tali caratteristiche che si vogliono ottenere, vengono determinate le dimensioni e le conformazioni delle particelle. Nonostante ciò, non si hanno gli stessi risultati di miglioramento delle proprietà che si potrebbero avere utilizzando i compositi fibrosi. Ad esempio, utilizzando una matrice fragile, la presenza di particelle dure potrebbe portare a fenomeni locali di concentrazione delle tensioni. In questo modo, la resistenza meccanica del materiale è compromessa. Inoltre, le particelle non sono in grado di ostacolare la propagazione di cricche e di difetti.

Dall'altro lato, utilizzare i materiali compositi particellari ha il vantaggio di avere il rinforzo distribuito all'interno della matrice in modo incontrollato. In questo modo si ottengono dei materiali isotropi per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche, ossia che le proprietà sono indipendenti dalla direzione delle particelle. Infatti, in questo caso, se una particella definisce una direzione lungo la quale le proprietà meccaniche sono massime, ce ne sarà un'altra con direzione preferenziale ortogonale alla precedente.

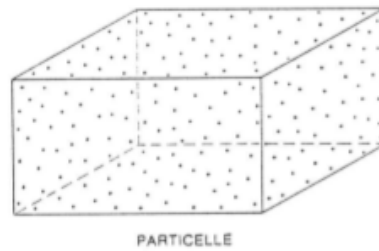


Figura 1.3: Materiali Compositi Particellari

1.2.2 Materiali fibrosi

I materiali fibrosi presentano come rinforzo delle fibre, ossia uno o più filamenti uniti insieme in modo ordinato. Essendo più filamenti riuniti, essi presentano delle sezioni molto piccole, dell'ordine del micron o frazioni di esso. Grazie a questa caratteristica, la possibilità di avere delle imperfezioni è molto bassa e quindi si possono ottenere delle caratteristiche meccaniche, come la resistenza, 100 o 1000 volte superiori rispetto ad altri materiali.

Le fibre possono essere divise in:

- **lunghe allineate** che conferiscono resistenza elevata ma solo nella direzione delle fibre, nelle altre direzioni la resistenza è molto bassa. Queste sono più adatte per componenti assialsimmetrici o con una geometria semplice
- **corte** diametro compreso tra 1 e 10 μm e lunghezza pari a frazioni di millimetro e possono essere sia disposte casualmente che orientate. Queste consentono di modellare componenti con forme irregolari.

Dal momento in cui le fibre lunghe non presentano isotropia, si possono incollare diversi fogli di materiale composito l'uno sull'altro, sfalsando di volta in volta l'orientazione delle fibre in modo da creare indipendenza tra l'orientamento delle fibre e le proprietà fisico-meccaniche.

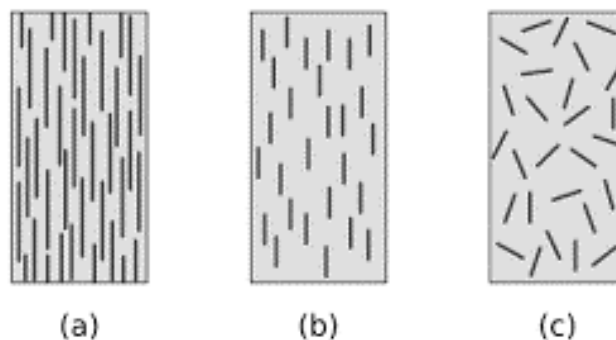


Figura 1.4: Fibre lunghe (a) – Fibre corte orientate (b) – Fibre corte disposte casualmente (c)

Se consideriamo la natura stessa delle fibre abbiamo la seguente classificazione:

- fibre amorfe (diametro 5-25 μm) le quali sono fragili ma presentano un'ottima resistenza meccanica, buona tenacità, basso modulo elastico e media densità. Il loro costo è basso. Un esempio è il vetro
- fibre policristalline (diametro 5-8 μm) come carbonio e grafite che hanno un'ottima resistenza meccanica, bassa tenacità, elevato modulo elastico, bassa densità e costo elevato
- fibre organiche o aramidiche (diametro 12.5 μm) che presentano anch'esse un'ottima resistenza meccanica alta tenacità, modulo elastico medio, bassa densità e costo medio
- fibre multifasi (diametro 100 μm) come ad esempio il polietilene, l'alluminio o il boro. Questi materiali presentano ottime caratteristiche meccaniche, una buona resistenza a compressione ma hanno anche dei costi molto elevati.

Tabella 1.1: Proprietà meccaniche di alcuni materiali per fibre

Materiale	Modulo Elastico (GPa)	Resistenza Trax (Mpa)	Def. Rottura (%)	Densità (g/cm ³)
Vetro E	70-80	2000-3500	3.5 - 4.5	2.5 – 2.6
Vetro S	85-90	3500-4800	4.5 – 5.5	2.46 – 2.49
Carbonio HS	390-760	2400-3400	0.5 – 0.8	1.85 – 1.9
Carbonio HM	240-280	4100-5100	1.6 – 1.73	1.75
Fibre Aramidiche	62-180	3600-3800	1.9 – 5.5	1.44 – 1.47

In commercio è possibile trovare i rinforzi fibrosi nelle seguenti forme:

- Single wire, ossia un singolo filamento con diametro di circa 10 μm
- Cavo di filatura, un fascio di tanti filamenti senza torsione
- Filo filato o Yarn, ossia un filo formato da fibre tenute assieme da torsione
- Filo assemblato, fascio costituito da più fili filati i quali sono assemblati parallelamente senza torsione intenzionale
- Tessuto il quale viene creato dall'intreccio ortogonale di più filamenti. In questo modo si viene a formare l'ordito, ossia la fibra che si sviluppa nella lunghezza del rotolo e la trama, la fibra che si sviluppa nella larghezza

Le fibre descritte finora vengono generalmente utilizzate dopo che vengono trasformate in tessuti. A seconda della diversa conformazione della geometria dei tessuti si possono avere:

1. Tessuti unidirezionali in cui tutte le fibre sono orientate nella stessa direzione. In questo modo si riescono ad ottenere elevati valori di resistenza lungo la direzione delle fibre ma, allo stesso tempo, valori molto bassi in direzione trasversale;
2. Tessuti bidirezionali in cui le fibre sono orientate in due direzioni preferenziali a formare tessitura trama-ordito. Quando il numero di fibre in ordito è uguale al numero di fibre in trama allora si ha un tessuto bilanciato. Altrimenti avremo un tessuto sbilanciato.
3. Tessuti multiassiali dove le fibre sono orientate in diverse direzioni del piano

Inoltre, i tessuti si possono anche differenziare per lo stile, come si può vedere in **Figura 1.5**. Quando i fili in ordito passano sotto ogni filo in trama si ha un tessuto plain weave. Con questa trama si riesce ad ottenere un'elevata stabilità limitando, però, la drappabilità, ossia la capacità di deformarsi per seguire superfici curve. Se, invece, uno o più fili di trama si intrecciano con due o più fili di ordito in modo regolare, allora si ha un tessuto con trama twill weave. Questo tipo di trama presenta una drappabilità migliore del plain weave e una stabilità simile. Si possono anche avere degli intrecci più distanziati, con un numero di fibre tra le intersezioni pari a 4, 5 o 8. Siamo nel caso di satin weave. Questo tessuto viene utilizzato si desiderano un'ottima drappabilità e bagnabilità, rinunciando alla stabilità, inferiore rispetto al plain weave e twill weave. Si possono trovare anche altri tipi di trama come, ad esempio, il basket weave con due o più fili di trama e ordito che si intrecciano alternativamente.

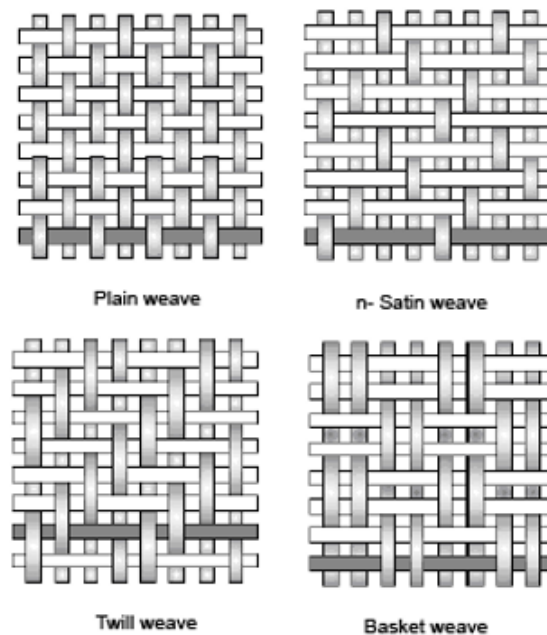


Figura 1.5: Alcuni stili di tessitura

1.2.3 I materiali compositi a riempitivo

I materiali compositi a riempitivo sono formati da materiali leggeri, chiamati core materials, posti tra due laminati (o pelli) che presentano elevata resistenza e rigidità. I compositi a riempitivo vengono anche definiti strutture sandwich. Il materiale riempitivo può essere di diverso tipo. È importante che questi abbiano una bassa densità ed una elevata resistenza al taglio e a compressione e delle buone proprietà termiche. In generale possiamo identificare delle categorie a cui appartengono tali materiali:

- Legno balsa
- Schiume come, ad esempio, il polivinilcloruro (PVC) o il Rohacell
- Corrugati
- Honeycomb che sono a nido d'ape e realizzati con diversi materiali i quali presentano proprietà diverse

Il core materials viene utilizzato per stabilizzare le lamine esterne e per conferire una maggiore resistenza a compressione del composito, mantenendo fissa la distanza tra le pelli. In questo modo si ha una maggiore efficienza strutturale, la quale viene sfruttata nella costruzione di attrezzi sportivi, di mezzi di trasporto veloci e nelle costruzioni spaziali e aeronautiche.

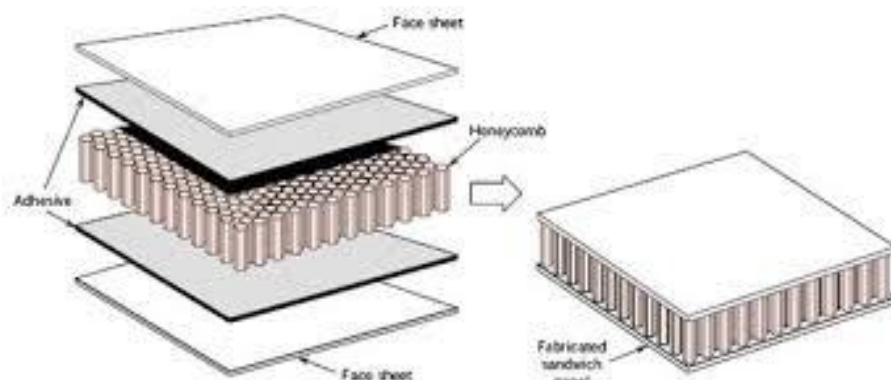


Figura 1.6: Materiale composito a riempitivo con honeycomb

1.3 Le matrici

In un materiale composito le matrici rivestono un ruolo importante. Infatti, è grazie ad esse se le fibre rimangono distanziate tra di loro e se gli viene trasmesso il carico. Inoltre, hanno il compito di proteggere le fibre da agenti chimici e atmosferici e dai danneggiamenti meccanici. Le matrici aumentano la tenacità del composito in quanto presentano un allungamento a rottura più elevato delle fibre. In questo modo, quando si presenta una rottura, riescono a rallentare la propagazione del difetto. Devono anche essere in grado di non ritirarsi troppo alle variazioni di temperatura, in quanto devono evitare l'insorgere di tensioni residue indesiderate.

Le matrici possono essere classificate nel seguente modo:

- polimeriche
- metalliche
- ceramiche

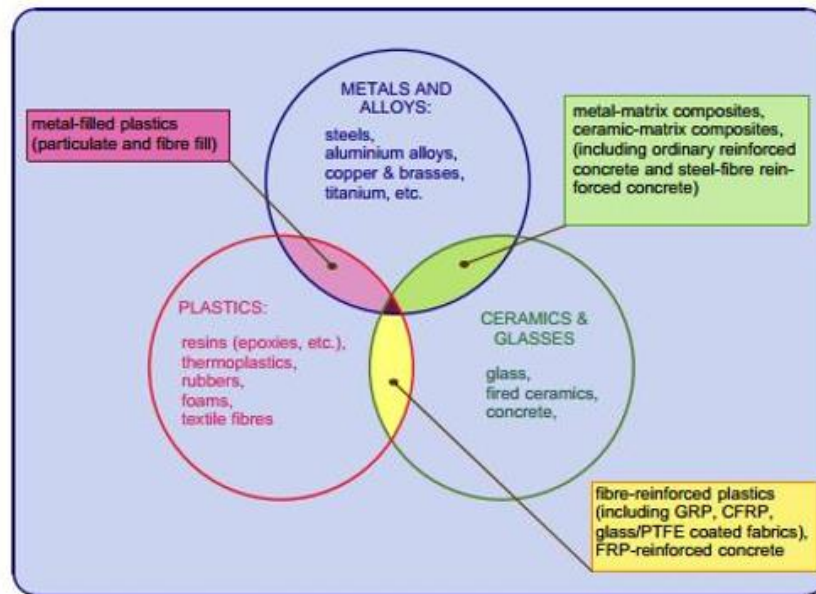


Figura 1.7: Classificazioni matrici

1.3.1 Matrici polimeriche

Le matrici polimeriche sono largamente utilizzate in quanto danno la possibilità di ottenere componenti con diverse forme e dimensioni. Le matrici polimeriche possono essere suddivise in termoindurenti e termoplastiche.

Le matrici termoindurenti presentano una struttura reticolata formata da legami covalenti. La fase di curing, ossia il processo in cui si svolge la reticolazione polimerica, è definitiva ed irreversibile. Questo comporta che le matrici termoindurenti non possono essere fuse e rimodellate più volte. Inoltre, i tempi di curing possono essere relativamente lunghi e questo comporta tempi ciclo troppo elevati. Visto che presentano una bassa viscosità per temperature inferiori a quella di reticolazione, con esse è possibile realizzare oggetti di forme complesse. Le resine termoindurenti sono più adatte ad impieghi a temperature superiori di quella ambiente. Sono, inoltre, resistenti ai solventi e presentano una buona stabilità dimensionale. Rispetto alle termoplastiche, hanno tenacità inferiore. Sono utilizzate in ambito strutturale in quanto hanno una maggiore resistenza meccanica ma non sono riciclabili.

Le matrici termoplastiche sono polimeri lineari o ramificati. Al contrario delle termoindurenti, esse possono essere rimodellate un numero elevato di volte. A temperature basse, esse non variano la loro forma sotto l'azione di una forza. Al contrario, a temperature elevate esse

possono essere modellate con un'altra forma e, durante il raffreddamento, mantenere tale forma. Questo avviene in quanto l'energia necessaria per rompere i legami tra le molecole polimeriche non va ad intaccare i legami intermolecolari, i quali presentano un legame più forte rispetto ai primi. Queste matrici sono poco utilizzabili a temperature elevate. Esse presentano un'elevata resistenza all'urto e un'elevata tenacità, maggiori rispetto alle termoindurenti. Le caratteristiche che hanno portato ad uno sviluppo meno evidente rispetto a quelle termoindurenti sono l'elevata viscosità che porta conseguenze negative sulla bagnabilità della resina e la minore resistenza meccanica rispetto alle termoindurenti. Si stanno conducendo delle ricerche per rendere questi resine più adatte all'ambito strutturale, in quanto, essendo riciclabili, hanno un minore impatto ambientale.

Tabella 1.2: Confronto proprietà matrici termoindurenti e termoplastiche

PROPRIETA'	TERMOINDURENTI	TERMOPLASTICHE
Modulo di Young (GPa)	1.3-6.0	1.0-4.8
Resistenza a trazione (MPa)	20-190	40-190
Tenacità a frattura (MPa m ^{1/2})	0.5-1.0	1.5-6.0
Massima temperatura di utilizzo (°C)	40-450	25-230

1.3.2 Matrici metalliche

Queste matrici grazie alle loro elevate proprietà meccaniche vengono utilizzate soprattutto nel settore aerospaziale. Infatti, esse presentano rigidità e resistenza trasversale, resistenza a taglio, a compressione e alle alte temperature maggiori rispetto le matrici polimeriche. Altri vantaggi significativi sono la resistenza al fuoco, la conducibilità elettrica e termica e l'igroscopia pressoché nulla. Inoltre, rispetto ai metalli non rinforzati, hanno una maggiore rigidità specifica e resistenza ad usura, proprietà migliori ad elevate temperature e minore dilatazione termica. Esse presentano però una tenacità più bassa rispetto ai metalli non rinforzati. Queste matrici trovano un basso utilizzo a causa della difficoltà nella loro fabbricazione. Le matrici metalliche più comunemente utilizzate riguardano leghe a bassa densità a base di alluminio e titanio. Sono state sviluppate anche matrici a base di rame per avere una maggiore conducibilità termica e matrici di intermetallico a base di nichel o titanio che sono utilizzabili a temperature particolarmente elevate.

1.3.3 Matrici ceramiche

Lo sviluppo di materiali con matrice ceramica è stato conseguito prevalentemente per migliorare la tenacità del materiale ceramico di base. Questo fenomeno si ha aggiungendo nella matrice particelle o fibre di un'altra sostanza. Durante il processo di frattura, il rinforzo deve attivare meccanismi di dissipazione di energia in modo da modificare le curve

sforzo/deformazione. Infatti, quando un ceramico è sotto l'effetto di sollecitazioni, questo tende a deformarsi in modo lineare e, dopo aver raggiunto il valore massimo del carico sostenibile, si frattura in modo fragile.

Con rinforzi fibrosi viene incrementato il carico massimo sostenibile dal materiale ceramico, ma anche il modo di fratturarsi. Infatti, non si avrà una rottura improvvisa in corrispondenza del carico massimo sostenibile, ma continuerà a deformarsi in corrispondenza di carichi via via meno elevati.

Se invece sono presenti rinforzi particellari, si assiste ad una deformazione a frattura per carichi più alti, ma l'andamento della curva continua ad essere di tipo lineare.

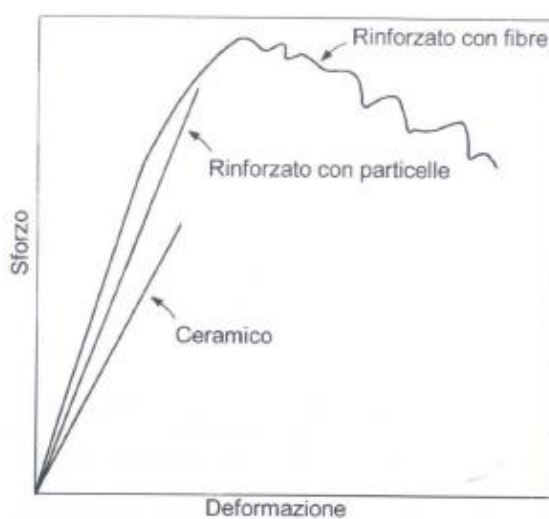


Figura 1.8: Curve sforzo/deformazione di un ceramico e dei suoi compositi

Questi materiali vengono prodotti mediante processi tecnologici particolari che prevedono l'uso di elevate temperature, come ad esempio il Chemical Vapour Infiltration, la sinterizzazione e la compattazione di dispersioni liquide. I materiali compositi con matrice ceramica presentano un'elevata durezza e temperatura di fusione e presentano caratteristiche isolanti. Per questo motivo sono utilizzati quando sono richieste prestazioni elevate o per impieghi elettrici.

2. FIBRA DI CARBONIO

Le fibre di carbonio sono un polimero di atomi di carbonio con una struttura planare a simmetria esagonale, come si può osservare in **Figura 2.1**. I legami tra gli atomi di un piano sono di tipo covalente e quindi molto intensi, invece i legami tra i vari piani sono più deboli. Questo porta all'anisotropia della fibra, la quale avrà modulo elastico elevato lungo i piani e, al contrario, molto basso nelle direzioni trasversali.

Rispetto a materiali più tradizionali (**Tabella 1.1**) queste presentano elevate prestazioni meccaniche e un'elevata leggerezza. Inoltre, presentano diametri compresi tra i 5 e i 15 μm , un'elevata conducibilità termica ed elettrica e inerzia chimica tranne per l'ossidazione (questo comporta l'utilizzo di barriere isolanti tra il carbonio e le parti in metallo).

Il loro costo è molto elevato, per questo che vengono molto utilizzate per la realizzazione di componenti destinate all'industria del luxury. Un altro fattore da considerare nel loro utilizzo è che presentano meccanismi di frattura di tipo fragile. Queste caratteristiche rendono il loro impiego particolarmente adatto al settore automotive, aeronautico, sportivo agonistico, edile e biomedicale

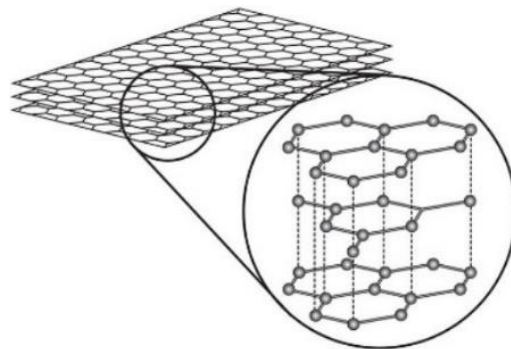


Figura 2.1: *Struttura fibra di carbonio*

2.1 Metodi di produzione fibra di carbonio

Le fibre di carbonio sono ottenute da composti chimici di sintesi derivanti dal carbonio e dal petrolio e ridotti in filamenti più o meno lunghi. Possono essere prodotte per modificazione di vari precursori organici, quali, ad esempio, fibre di poliacrilonitrile (PAN) e da residui della distillazione del petrolio o del catrame (PITCH).

2.1.1 Produzione fibra di carbonio da PAN

La poliacrilonitrile è un polimero atattico lineare dalla quale, attraverso le fasi di riscaldamento, ossidazione e carbonizzazione, si ottiene la fibra di carbonio.

La prima fase viene eseguita a temperature che possono raggiungere i 300-400 °C con lo scopo di formare una struttura ciclica ad anello chiamata tetraidopiridina.

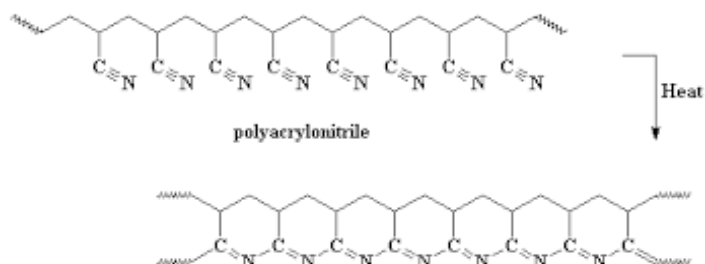


Figura 2.2: Da poliacrilonitrile a tetraidopiridina

Nella fase di ossidazione vengono rotti i legami tra carbonio ed idrogeno e viene liberato idrogeno in forma gassosa. La struttura che si viene a formare prende il nome di piridina. In questa fase si raggiungono temperature pari a 700 °C.

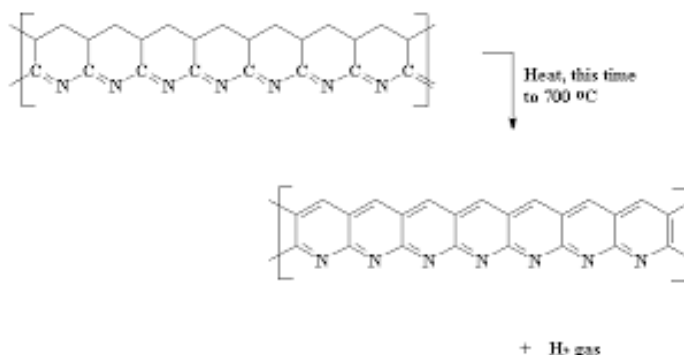


Figura 2.3: Da tetraidopiridina a piridina

L'ultima fase, ossia quella di carbonizzazione, avviene in assenza di aria. Essa è suddivisa in due sottofasi. Nella prima la temperatura viene fatta salire a valori compresi tra 400 e 600 °C in modo da formare un polimero a nastro, con tre catene di anelli aromatici che presentano alle estremità laterali atomi di azoto.

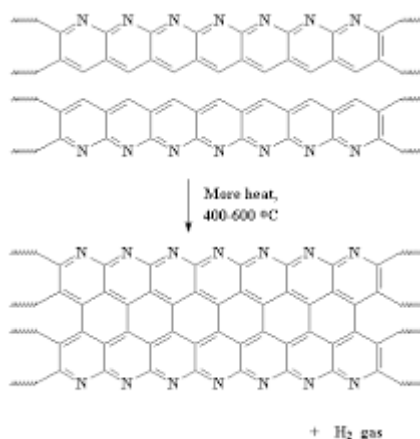


Figura 2.4: Polimero a nastro, conseguenza prima fase di carbonizzazione

Dopodiché, si aumenta la temperatura fino ai 1300 °C in atmosfera inerte per ottenere fibra di carbonio. Lo scopo di questa seconda fase di carbonizzazione è di formare polimeri a struttura grafittica pura, continua e regolare lungo tutto la fibra.

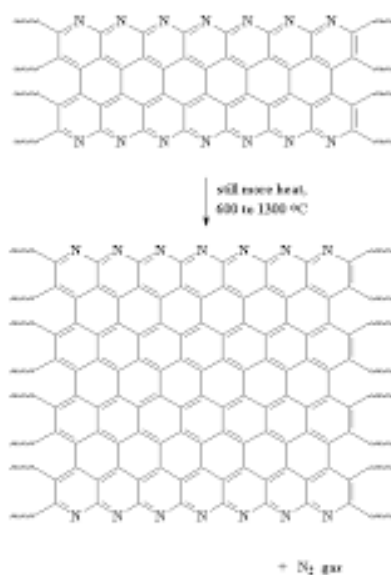


Figura 2.5: Struttura finale fibra di carbonio

Con questo processo, si cerca di eliminare tutti gli elementi chimici diversi dal carbonio. Infatti, si ottengono strutture con elevati percentuali di carbonio (90-95%). Se oltre le tre fasi precedentemente descritte, si effettuano trattamento di grafittizzazione, le impurità vengono ridotte ulteriormente e si ottengono elevate caratteristiche di rigidità e resistenza.

2.1.2 Produzione fibre di carbonio da PITCH

La pece o PITCH rappresenta il residuo della distillazione del catrame o del petrolio, formato da migliaia di idrocarburi aromatici. Questa viene riscaldata a temperature che variano dai 400 ai 450 °C per circa 40 ore, con lo scopo di formare un liquido viscoso pseudo cristallino. La sostanza così formata è caratterizzata da un certo grado di ordine delle molecole, intermedio tra quello dei cristalli e quello di un liquido. La pece viene filata in modo da orientare le molecole lungo l'asse della fibra. Viene poi eseguito un trattamento di termofissaggio a temperatura non troppo elevate (300 °C) ed infine, come nel processo da PAN, si eseguirà la carbonizzazione (1000-2000 °C) ed eventualmente la grafittizzazione.

Con questo processo, rispetto al primo descritto, non è necessaria alcuna tensione dei filamenti durante la fase di carbonizzazione e di grafittizzazione e richiede tempi molto inferiori.

La scelta su quale dei due metodi utilizzare dipende dalle caratteristiche richieste dal composito. Infatti, i due metodi descritti per ottenere fibre di carbonio portano ad avere delle caratteristiche meccaniche differenti. Il processo da PAN, ad esempio, favorisce elevate tenacità, allungamento a rottura e densità. Il processo da PITCH, invece, è caratterizzato da un maggiore modulo elastico.

Tabella 2.1: Confronto caratteristiche tra fibre di carbonio ottenute da PAN e da PITCH

Caratteristica	Fibre da PAN	Fibre da PITCH
Tenacità (GPa)	1.8 – 7.0	1.4 – 3.0
Modulo Elastico (GPa)	230 - 540	140 - 820
Allungamento a rottura (%)	0.4 – 2.4	0.2 – 1.3
Densità (g/cm ³)	1.75 – 1.95	2.0 – 2.2

Le fibre, come già detto precedentemente, presentano diametri molto piccoli, compresi tra i 5 e i 15µm. Per questo motivo, vengono raggruppati in fasci formati da 1000-160000 filamenti. I fasci possono essere arrotolati su bobine o su spolette oppure con esse vengono realizzate delle stuoie.

Le fibre di carbonio che formano i fasci, possono essere o pre-impregnate nella matrice prima del loro utilizzo o può succedere che vengano impregnate nel momento in cui il componente viene creato.

In molte aziende produttrici di componenti destinati all'industria automobilistica, vengono utilizzati i pre-preg. Questi rappresentano dei materiali compositi fibrorinforzati pre-impregnati. Ciò significa che nel composito è già presente la matrice, la quale fissa le fibre disposte in modo da formare un tessuto.

Ciò che li caratterizza è che la matrice è solo parzialmente reticolata. In questo modo essa può essere facilmente modellata e adattata, ad esempio, a degli stampi nel processo di laminazione, il quale avviene a freddo. Inoltre, è anche possibile impregnare un numero elevato di fibre.

I prepreg devono essere conservati a basse temperature, in modo da non far completare il processo di reticolazione. Questa operazione avverrà successivamente grazie all'utilizzo di forni o dell'autoclave.

Utilizzare i prepreg comporta costi elevati ma, allo stesso tempo, permette di ottenere componenti meccanici di alto pregio e di buona qualità di produzione, limitando i difetti di fabbricazione. Inoltre, usare i preimpregnati permette di utilizzare l'esatto quantitativo di resina in modo da avere dei materiali leggeri e, allo stesso tempo, permette agli operatori aziendali di lavorare in un ambiente pulito senza dover venir a contatto con la resina liquida.

I prepreg sono caratterizzati dalle seguenti proprietà:

- Dimensione
- Tipo di resina
- Tack level cioè la capacità del preimpregnato di aderire a delle superfici e allo stesso tempo di essere tolto con sufficiente facilità se si commettono degli errori nel sistemare il materiale sullo stampo. Questo dipende dall'invecchiamento della resina e dal rapporto resina/fibre
- Formabilità, ossia quanto è in grado di adattarli a forme complesse
- Viscosità della resina
- Contenuto di resina

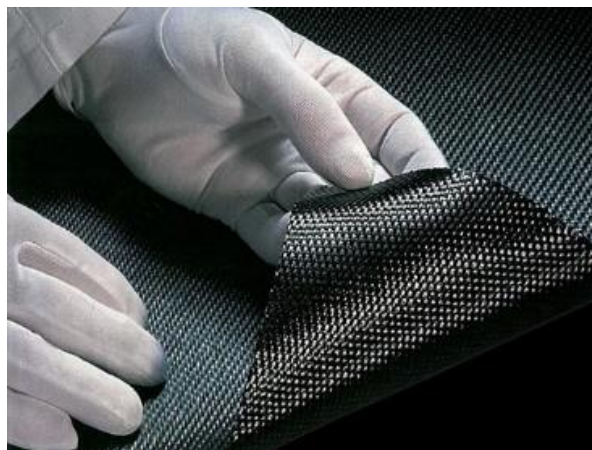


Figura 2.6: Pre-Preg

2.2 Matrici polimeriche termoidurenti

Le fibre di carbonio

sono utilizzate per rinforzare soprattutto matrici di tipo polimeriche termoidurenti.

Le resine termoidurenti presentano una bassa viscosità che facilita il processo di impregnazione delle fibre. Presentano delle buone proprietà meccaniche, le quali sono riportate nella **Tabella 2.2**.

Tabella 2.2: Proprietà meccaniche resine Epossidiche e Poliestere

Caratteristica	Epossidiche	Poliestere
Modulo Elasticità (GPa)	2.75 – 4.5	2.1 – 3.5
Resistenza a trazione (Mpa)	55 - 130	35 - 105
Def. a Rottura (%)	4 - 8	1 – 5
Densità (g/cm ³)	1.2 – 1.3	1.1 – 1.4

Esse possono essere liquide o solide. Le resine termoidurenti induriscono attraverso un processo chimico chiamato reticolazione. Esso avviene grazie all'utilizzo di indurenti e catalizzatori, i quali permettono la creazione dei legami covalenti tra le catene. Il processo di reticolazione può avvenire a temperatura ambiente o a temperatura e pressione scelte opportunamente per ottenere le caratteristiche desiderate. Lo svantaggio di queste resine è la fragilità e quindi la bassa resistenza alla propagazione delle cricche. Per migliorare questo aspetto, è possibile aggiungere nella resina della gomma liquida o delle resine termoplastiche.

Le principali resine termoidurenti che vengono rinforzare con fibra di carbonio sono:

- resine poliestere insature
- resine epossidiche

Resine Poliestere Insature

Queste resine, anche se presentano un ritiro non trascurabile in fase di reticolazione, hanno un costo molto basso e, per questo, vengono largamente utilizzate in ambito automobilistico. Inoltre, sono pratiche da utilizzare. Infatti, sciogliendole con monomeri reattivi, è possibile impregnare facilmente le fibre di carbonio. La loro reticolazione può prolungarsi per ore o, addirittura, giorni.

Le resine poliestere sono sostanze liquide con una bassa viscosità. Essi derivano dalla reazione tra diacidi organici (i quali presentano gruppi -COOH e un doppio legame tra atomi di carbonio) e glicoli polifunzionali, formati da due gruppi ossidrilici. Dalla reazione si ottiene un polimero insaturo con il gruppo caratteristico degli esteri e un doppio legame tra due atomi di carbonio.

La reattività di quest'ultimo, permette di ottenere ulteriori legami di covalente tra le diverse catene polimeriche lineare attraverso reazioni di polimerizzazione o poliaddizione.

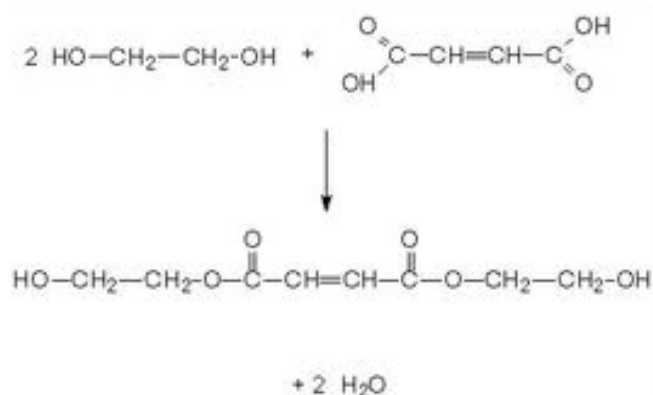


Figura 2.7: Struttura di una resina poliestere insatura

Resine Epossidiche

Le resine epossidiche vengono utilizzate per la realizzazione di manufatti in fibra di carbonio, in particolare nei processi di formatura per filamenti winding, formatura a sotto vuoto e in autoclave e stampaggio per compressione. Infatti, esse sono in grado di mitigare la fragilità del carbonio grazie alla loro elevata elasticità e a legare le fibre con una quantità piccola di resina, in modo da avere un composito con un peso basso.

Queste resine presentano al centro della catena polimerica due o più gruppi epossidici i quali sono formati da un atomo di ossigeno legato con due atomi di carbonio. È grazie a questi gruppi che le resine sono rigide e resistenti al calore.

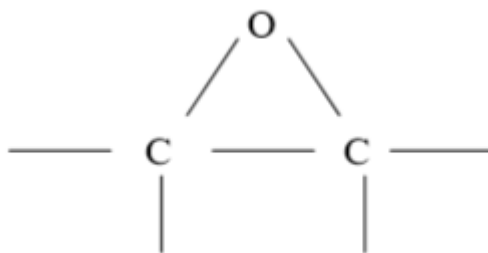


Figura 2.8: Gruppo epissodico

La reticolazione e l'indurimento della resina avvengono a seguito di aggiunta di un agente reticolante, come ad esempio le ammine, costituito da molecole dotate di tre o più gruppi reattivi (funzionali) in grado reagire con i gruppi epossidici a formare una maglia continua tridimensionale. I gruppi funzionali permettono un'elevata capacità di aderenza e coesione.

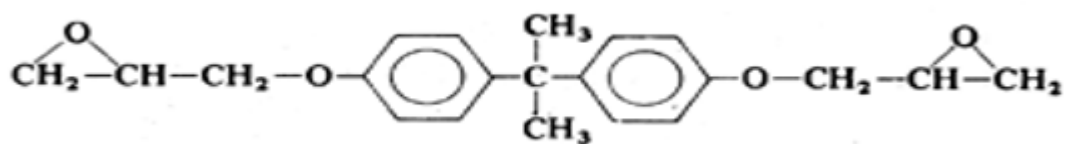


Figura 2.9: Struttura di una resina epossidica

La reazione di reticolazione viene generalmente attivata a seguito di riscaldamento o, a bassa temperatura, in presenza di opportuni catalizzatori.

Trovano un largo utilizzo in quanto, oltre a presentare le caratteristiche già menzionate, possono essere lavorate a temperature e pressioni non troppo elevate, non hanno un costo elevato e hanno un basso ritiro. Quest'ultima proprietà rende meno probabile la decoesione delle fibre e la formazione di cricche.

2.3 Produzione materiali compositi con matrice termoindurente

Come già detto, un materiale composito è formato dall'unione di diversi materiali. Per far avvenire la combinazione tra essi è necessario che le fibre vengano impregnate nella matrice. Questo avviene facendo fluire la matrice tra le fibre in modo da colmare gli spazi vuoti presenti tra esse. Questa fase avviene nell'interfaccia che occupa una superficie molto grande all'interno del materiale. L'interfaccia è necessaria per proteggere le fibre dal contatto tra di esse, per ripartire i carichi esterni in modo uniforme tra le fibre e per garantire coesione tra le fibre in direzione trasversale. Per far creare questa interfaccia, la resina deve avere contatto con tutte le fibre presenti nel composito in modo da conferire continuità al materiale. Dopodiché è necessario consolidare la parte fluida attraverso il processo di reticolazione. Prima di procedere alla reticolazione è fondamentale controllare che le fibre siano disposte secondo gli orientamenti corretti.

Queste fasi possono essere realizzate applicando diverse tecnologie:

- Laminazione manuale
- Tecnologia a spruzzo
- Produzione in autoclave
- RTM (Resin Transfer Moulding)
- Vacuum Infusion (RIFT)
- Pultrusione
- FW (Filament Winding)
- Compression Moulding

2.3.1 Laminazione manuale

Questo processo è indicato per pochi prodotti di grandi dimensioni. Esso consiste nell'impregnare a mano le fibre con la resina. Le fibre vengono posizionate sullo stampo e successivamente viene versata la resina su di essi. Il processo di indurimento, chiamato anche processo di cura, avviene a temperatura e pressione ambiente, eventualmente con l'aggiunta di catalizzatori. Lo svantaggio nell'utilizzare questo processo, è che non permette l'evaporazione delle bolle d'aria che si creano nella resina durante la laminazione stessa.

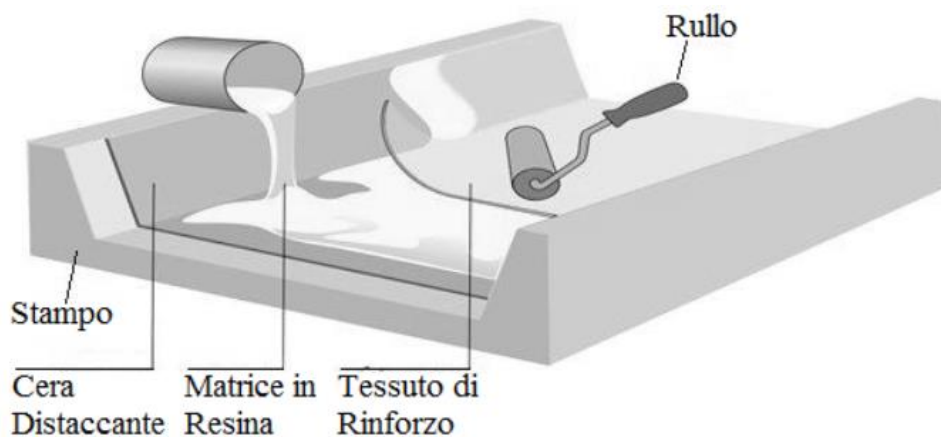


Figura 2.10: Tecnologia di laminazione manuale

2.3.2 Tecnologia a spruzzo

Questa tecnologia è molto comune nel settore nautico. Consiste nello spruzzare un getto in pressione di resina e fibra su uno stampo. Infatti, si ha un filo continuo attorcigliato che viene sminuzzato da uno sminuzzatore. La fibra ridotta in pezzi piccoli viene spruzzata insieme alla resina vaporizzata sullo stampo. La reticolazione avviene a condizione ambiente. Questa tecnologia può essere utilizzata quando è necessario produrre materiali compositi con fibre discontinue allineate in modo casuale.

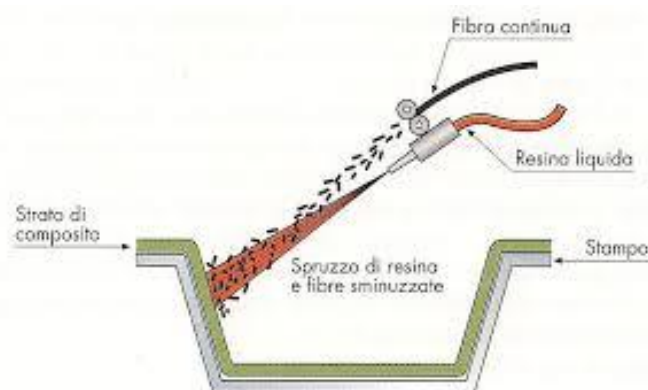


Figura 2.11: Tecnologia di produzione a spruzzo

2.3.3 Produzione in autoclave

Questa tecnologia permette di ottenere laminati con caratteristiche meccaniche più elevate. In questo processo vengono utilizzati i fogli di prepreg, dove le fibre sono già impregnate nella matrice e hanno subito parzialmente la reazione di reticolazione.

Il processo prevede la stesura su degli stampi aperti delle lamine precedentemente tagliate. Al di sopra e al di sotto di queste ultime vengono posti altri tessuti che hanno il compito di proteggere le lamine da fattori esterni e di assorbire le resine in eccesso. L'insieme di lamine tagliate e gli altri tessuti viene posto all'interno di un sacco di nylon. All'interno del sacco viene generato del vuoto. Il tutto viene inserito nell'autoclave nella quale, attraverso l'applicazione di una determinata pressione e temperatura, avviene la compattazione delle diverse lamine, l'evacuazione della resina in eccesso e il processo di polimerizzazione della resina. In questo modo è possibile far evacuare le bolle d'aria, in modo da evitare difetti estetici.



Figura 2.12: Produzione in autoclave

2.3.4 RTM (Resin Transfer Moulding)

Per questo processo vengono utilizzati degli stampi chiusi, i quali sono formati da due parti: lo stampo e il controstampo. Questa tecnologia prevede l'introduzione del rinforzo asciutto secondo la direzione e la sequenza desiderata all'interno di uno stampo, precedentemente pulito e riscaldato. È importante che lo stampo venga riscaldato e che la temperatura sia controllata accuratamente, in quanto questo permette che il processo di reticolazione avvenga correttamente. Il riscaldamento dello stampo può avvenire tramite circolazione di fluido termovettore in canali caldi oppure attraverso resistenze elettriche applicate sulla superficie esterna dello stampo.

Quest'ultimo, che è formato da due parti, , viene poi chiuso attraverso una pressa. La fase successiva prevede l'iniezione della matrice di impregnazione. La matrice viene iniettata all'interno della cavità dello stampo attraverso appositi fori d'iniezione. Grazie alla pressione esercitata da un sistema di pompaggio, la resina avanza dai punti di iniezione verso i fori di uscita impregnando le fibre. Per evitare che la resina refluisca verso l'esterno del pezzo si aggiungono delle guarnizioni in silicone sui bordi dello stampo. Il tempo di iniezione di solito varia dai 20 secondi ai due minuti.

Una volta che la resina è stata iniettata, il pezzo deve rimanere all'interno dello stampo per un tempo tale che avvenga la polimerizzazione. Questo dipende dal tipo di miscela e dalla geometria dello stampo.

Passato questo periodo di permanenza del pezzo nello stampo, avviene la sua estrazione. La difficoltà di tale operazione dipende soprattutto dalla forma, dalle dimensioni del pezzo e dagli angoli che la superficie del pezzo forma con la direzione di estrazione. Solitamente vengono utilizzati attrezzi in materiali termoplastico o in legno.

Questa tecnologia viene utilizzata soprattutto per la produzione di componenti in grande serie in quanto offre un elevato grado di automazione.

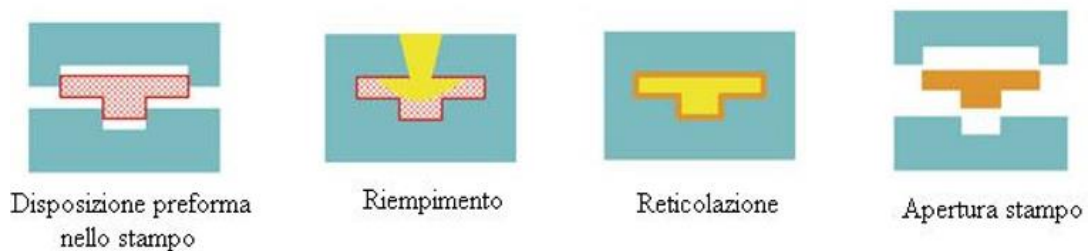


Figura 2.13: *Processo RTM*

2.3.5 RIFT (Resin Infusion Under Flexible Tool)

Questa tecnologia è stata introdotta per rispondere ai limiti legislativi imposti dal governo sulle emissioni di stirene, le quali vengono causate dalla resina poliestere. Infatti, tali limiti impongono di utilizzare degli stampi chiusi. L'utilizzo di tali stampi è poco conveniente per componenti di grandi dimensioni. Per questo motivo, che, per tali articoli, vengono utilizzati dei sacchi polimerici al posto di una delle due parti dello stampo. I sacchi presentano il vantaggio di essere più flessibili.

Questa tecnologia prevede l'utilizzo dei seguenti strumenti:

- semi stampi rigidi i quali possono essere di materiale composito (solitamente resina poliestere o epossidica con rinforzi in fibra di vetro), elettro formati i quali sono foderati da pellicole che rappresentano le superfici di lavorazione oppure possono essere in metallo, adatti alle produzioni con volumi elevati

- pompa per il vuoto con valvola di controllo, in modo da controllare che non vi siano flussi d'aria nella cavità dello stampo e che il vuoto non raggiunga delle percentuali per le quali la resina potrebbe evaporare
- sacchi i quali possono essere in nylon, polipropilene, gomma siliconica ed in polietilene a bassa densità
- sistema di distribuzione della resina attraverso il quale viene fatta fluire la matrice in modo che avvenga l'impregnazione delle fibre

Con questi strumenti è possibile produrre materiali compositi seguendo diverse fasi.

Per prima cosa è necessario eliminare dallo stampo residui di lavorazioni precedenti. Dopodiché, si posiziona il rinforzo nella cavità dello stampo. La fase successiva è il posizionamento del peel-ply, un tessuto che serve per omogenizzare la resina sulla superficie e per evitare la formazione di bolle d'aria. Oltre al peel.ply viene posizionato il sistema di distribuzione della resina. Successivamente si assiste alla chiusura dello stampo che consiste nella stesura del sacco sul sistema di distribuzione della resina e nel suo aderimento al sigillante. Poi viene creato il vuoto nella cavità grazie all'utilizzo di una pompa e di una valvola di controllo. Le fasi successive sono costituite dall'iniezione e cura della matrice di impregnazione. La resina viene immessa sotto la spinta della pressione atmosferica e si aspetta che essa polimerizzi. Dopo la polimerizzazione, viene estratto il pezzo e vengono svolti i processi di rifinitura.

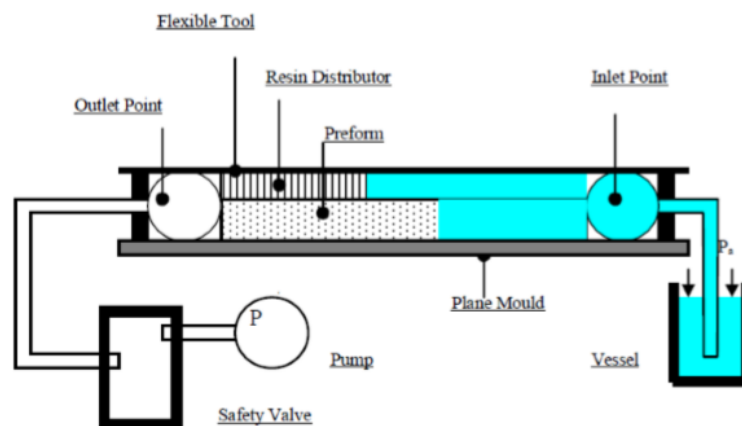


Figura 2.14: Processo RIFT

2.3.6 Pultrusione

La tecnologia di pultrusione viene utilizzata per produzioni in grande serie e in continuo di profilati. Essa, infatti, viene utilizzata come tecnica sostitutiva all'utilizzo di acciaio e acciaio inox, assicurando delle proprietà maggiori ai profilati creati.

La parola pultrusione sta ad indicare estrusione per trazione. Questa tecnologia prevede diverse fasi: la prima fase consiste nella preparazione delle fibre, le quali vengono allineate secondo i requisiti e vengono convogliate nella zona di impregnazione. Quest'ultima consiste in una vasca, una sorta di bagno contenente la resina, in modo che le fibre entrino in contatto con la matrice. Le fibre impregnate attraversano una stazione di preformatura in modo da assumere la configurazione strutturale desiderata. Da qui vengono indirizzate direttamente in uno stampo riscaldato, in modo da ottenere la forma finale del componente e di attivare il processo di polimerizzazione. Qui si crea un materiale solido, che viene condotto nella sezione di taglio grazie ad un sistema di traino, dove viene tagliato ad una predeterminata lunghezza.

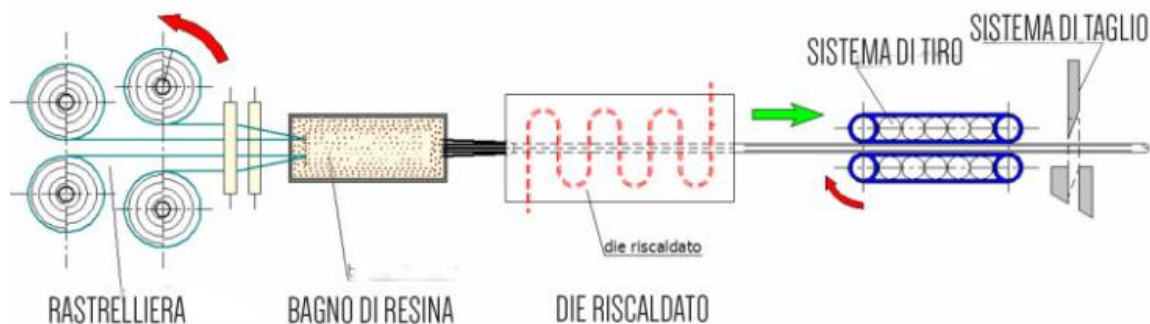


Figura 2.15: Attrezzatura di Pultrusione

2.3.7 Filament winding (FW)

Questa tecnologia viene utilizzata quando si devono realizzare componenti assialsimmetrici e con sezione convessa. Essa consiste, infatti, nell'avvolgere la fibra già impregnata intorno ad un mandrino in rotazione. Le fibre impregnate possono essere avvolte in modo elicoidale, a spirale e con angoli di inclinazioni sia a destra che sinistra del mandrino e possono seguire percorsi ripetitivi fino a quando il mandrino non è completamente ricoperto. Vengono aggiunti diversi strati in base allo spessore che si vuole realizzare. I vari strati possono essere posti ad angoli di avvolgimento diversi, i quali possono variare tra 0° e 90° rispetto l'asse del mandrino. In generale l'avvolgimento avviene in modo regolare e programmato. L'avvolgimento può essere a umido se le fibre vengono impregnate subito prima di essere avvolte sul mandrino, oppure si parla di dry winding quando vengono utilizzati dei prepreg.

La fase successiva è la polimerizzazione che avviene all'interno di forni.

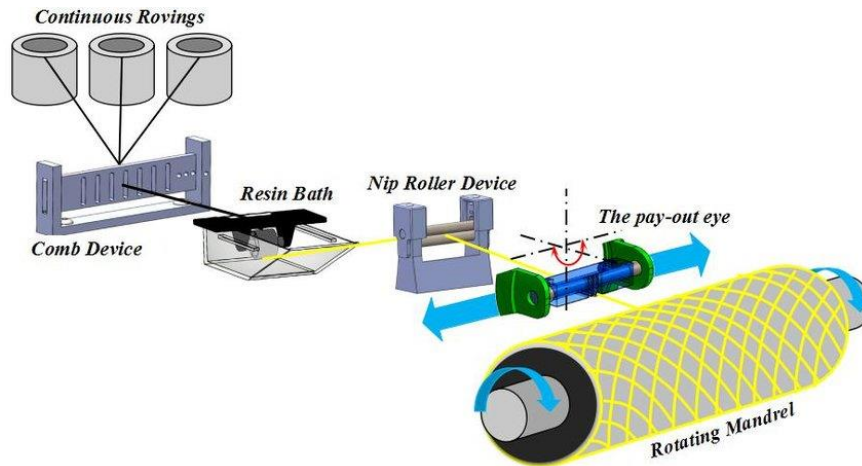


Figura 2.16: Processo di Filament Winding

2.3.8 Compression moulding

Questa tecnologia di produzione prevede l'utilizzo di prepreg e viene utilizzata per alti ratei produttivi. Le varie lamine vengono inizialmente posizionate sulla parte inferiore di uno stampo, il quale è stato precedentemente riscaldato. Attraverso il calore emanato dallo stampo, il prepreg tende a rammollirsi. Dopodiché, viene abbassata la parte superiore dello stampo ad una velocità pari a 5-10 mm/s. Lo stampo viene chiuso per un tempo tale da permettere la polimerizzazione del materiale (solitamente circa 1-3 minuti). Durante questa fase si assiste ad un innalzamento della pressione sulla superficie delle lamine fino a valori prestabiliti. In questo modo la resina può scorrere all'interno dello stampo fino all'ottenimento della forma voluta e si può eliminare l'aria presente nello stampo e all'interno del materiale. Dopodiché, lo stampo viene fatto raffreddare e il componente viene estratto.

Questo tipo di tecnologia non è adatta per componenti strutturali, in quanto non offrono delle prestazioni meccaniche elevate. Trovano largo impiego nella produzione di componenti di carrozzeria perché presentano buoni livelli di energia d'urto assorbibile, una bassa fragilità e quindi discreta tenacità.

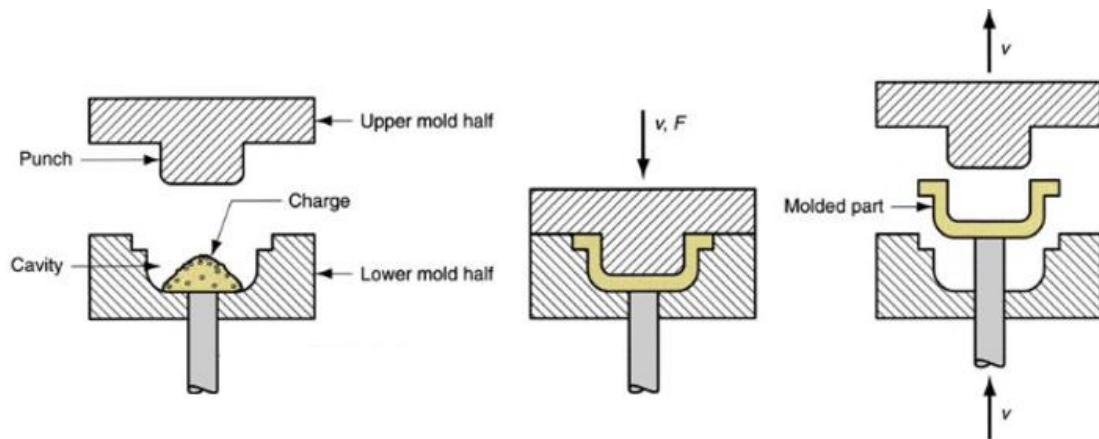


Figura 2.17: Processo Compression Moulding

2.4 Applicazione materiali rinforzati in fibra di carbonio nel settore automotive

Le fibre di carbonio vengono utilizzate nell'ambito automobilistico per la produzione di interni, scocche, telai e altri componenti.

Esse vengono impiegate soprattutto nella produzione di macchine da corsa in quanto garantiscono alla struttura rigidità, resistenza e leggerezza. Con l'utilizzo dei materiali compositi, infatti, le autovetture hanno raggiunto un peso di 50 kg, contro i 540 kg delle automobili prodotte con materiali tradizionali.

Per questi motivi che a partire dal 1981 fino ad oggi, almeno il 60% dei telai ed altri componenti quali spoiler, appendici aerodinamiche delle monoposto della Formula 1 vengono realizzati in materiale composito formate da fibre di carbonio che rinforzano resine epossidiche.



Figura 2.18: Ferrari SF90 con telaio in materiale composito

Quando si parla del settore automotive e dell'utilizzo dei materiali compositi non si può non parlare della casa automobilistica Lamborghini. La fibra di carbonio della casa di Sant'Agata

può essere definita come un prodotto interamente “*home made*”, in quanto l’azienda emiliana gestisce l’intero processo di produzione di componenti in materiale composito, dalla loro progettazione 3D fino al collaudo e controllo qualità. Inoltre, ad essa è collegato anche nell’Advanced Composites Research Center (ACRC) di Sant’Agata un centro di ricerca dove vengono fatti studi per lo sviluppo di tecnologie associate all’utilizzo di prepreg e per lo sviluppo di tecnologie fuori dall’autoclave, come ad esempio RTM light, al quale sono stati associati numerosi brevetti.

La casa automobilistica Lamborghini già a partire dal 1983 iniziò a produrre un telaio della Lamborghini Countach interamente in fibra di carbonio.

Dal 1983 ad oggi la Lamborghini ha prodotto diverse fuoriserie e supersportive in materiali compositi. Ricordiamo la Sesto Elemento, una fuoriserie presentata al salone dell’automobile a Parigi nel 2010, la quale ha un peso di 999 kg e un rapporto peso/potenza pari a 1.75 kg/CV. In particolare, i componenti presenti in questa vettura prodotti in fibra di carbonio sono:

- il telaio
- la cellula dell’abitacolo
- la sezione frontale
- i paraurti
- i cerchi
- rinforzi d’assorbimento d’urto
- i bracci di sospensione
- l’albero di trasmissione



Figura 2.19: *Lamborghini Sesto Elemento*

Per quanto riguarda le supersportive, si porta in questo testo come esempio la Aventador LP 700-4. Essa presenta una scocca prodotta interamente in fibra di carbonio e ha una struttura

unica. Queste due caratteristiche garantiscono una maggiore sicurezza della vettura. Inoltre, la monoscocca ha un peso molto basso, pari a 147.5 kg.



Figura 2.20: *Monoscocca Aventador LP 700-4*

Visto i grandi vantaggi in termini di prestazioni che i materiali compositi hanno portato nelle vetture della Formula 1 e non solo, anche la casa automobilistica Ferrari decise di applicare questa tecnologia nel 2002 nella produzione dell'autovettura coupé Ferrari Enzo, la quale presenta la scocca e alcune parti interne, come i sedili, in fibra di carbonio e Nomex. In questo modo, è stato possibile realizzare un'autovettura leggera con un peso di circa 1255 kg ed un rapporto peso/potenza pari a 2.07 kg/CV.



Figura 2.21: *Ferrari Enzo del 2002*

Materiali compositi rinforzati in fibra di carbonio, vengono utilizzati anche per vetture di serie, in modo particolare quelle a metano e idrogeno. Infatti, la fibra di carbonio viene utilizzata per la produzione delle bombole contenenti i gas in pressione.

Anche l'Alfa Romeo Stelvio e Giulia presentano dei componenti in composito rinforzato in fibra di carbonio, i quali non solo sono stati utili per contenere il peso delle vetture, ma anche per impreziosire la loro estetica e per garantire qualità e sicurezza. Ad esempio, nella Stelvio,

la fibra di carbonio è stata aggiunta su prese d'aria del cofano, prese d'aria del paraurti anteriore, estrattore e paraurti posteriore. Invece nella Giulia abbiamo i sedili, lo splitter anteriore e il tetto, i quali sono laminati in autoclave.



a



b

Figura 2.22: Alfa Romeo Stelvio (a) - Interni Alfa Romeo Giulia (b)

Quindi, si può affermare, che dal 1981 ad oggi, componenti in fibra di carbonio hanno trovato un largo uso nel settore automotive e questo ha portato anche piccole aziende ad investire in questo business, dando loro la possibilità di realizzare alti profitti e di essere presenti in un segmento del mercato con alte prospettive di crescita anche per il futuro.

3. HP COMPOSITES

3.1 Storia

HP Composites è un'azienda marchigiana che opera nella produzione di componenti in fibra di carbonio per i settori motorsport e automotive.

Più precisamente è collocata nel sud delle Marche, nella zona industriale di Ascoli Piceno. È composta da 4 stabilimenti produttivi e oggi conta 580 dipendenti ed un fatturato in continua evoluzione.

La sua storia inizia nel 2000, quando nella cittadina abruzzese Colonnella, la quale si trova ad una trentina di chilometri da Ascoli Piceno, nasceva l'ATR Group. Quest'azienda era nata per produrre telai e carrozzerie in materiali compositi per Bugatti, Porsche, Alenia Aermacchi e Agusta. Nel giro di pochi anni ATR Group è riuscita a crescere molto velocemente, fino ad avere un fatturato di 85 milioni di euro e a contare 1200 dipendenti. Ma l'azienda ha visto un fallimento altrettanto rapido, tant'è che nel 2009 contava solamente 40 dipendenti.

Nel 2010, l'anno successivo al fallimento di ATR, è stata fondata HP Composites da esperti in materiali in fibra di carbonio che avevano contribuito al successo iniziale dell'azienda abruzzese. La nuova realtà che si è creata ad Ascoli Piceno si è subito contraddistinta per la qualità dei prodotti, cogliendo l'interesse anche di investitori internazionali, tra cui Jacques Nicolet, pilota della formula Endurance e proprietario di diverse scuderie che partecipano alla 24 ore di Le Mans. Nel 2013 il noto imprenditore francese ha rilevato l'intera società marchigiana e ha preso in mano la gestione di essa.

HP Composites produce soprattutto componenti destinati ai settori racing e luxury nell'ambito automobilistico. Nel particolare, vengono prodotti componenti estetici e strutturali. Alcuni prodotti realizzati in HP Composites vengono presentati nella **Figura 3.1** e nella **Figura 3.2**. L'azienda ascolana può vantare di aver contribuito alla produzione di vetture molto conosciute sia in ambito motorsport che di serie. Ad esempio, Ferrari Super Car e la 458 versione speciale hanno beneficiato di alcuni pezzi di scocca realizzati in HP Composites.

Grazie al know how dei professionisti provenienti dall'ATR Group e dalla loro capacità di diffonderlo anche ai nuovi dipendenti, nel giro di pochi anni l'azienda ha avuto una produzione annuale di 2000 telai, raggiungendo fatturati pari a € 31.854.504,30. Inoltre, ha preventivato per il 2020 di produrre in totale 200000 componenti, aumentando ulteriormente i propri profitti.

I clienti per cui lavorano maggiormente sono: Ferrari, Hyndai, Ligier e Dallara.

L'impegno dell'azienda non si ferma alla sola produzione, ma si occupano anche della progettazione, prototipazione, sviluppo di nuovi prodotti, tecnologie, processi e progettazione di attrezzature.

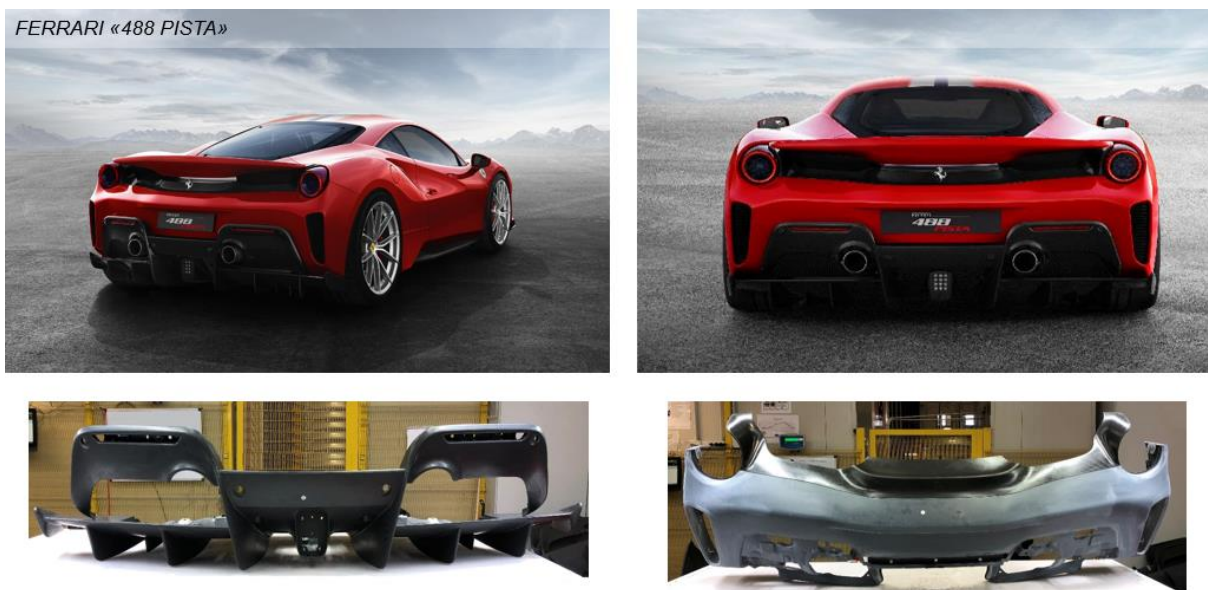


Figura 3.1: Componenti in fibra di carbonio per Ferrari 488 Pista

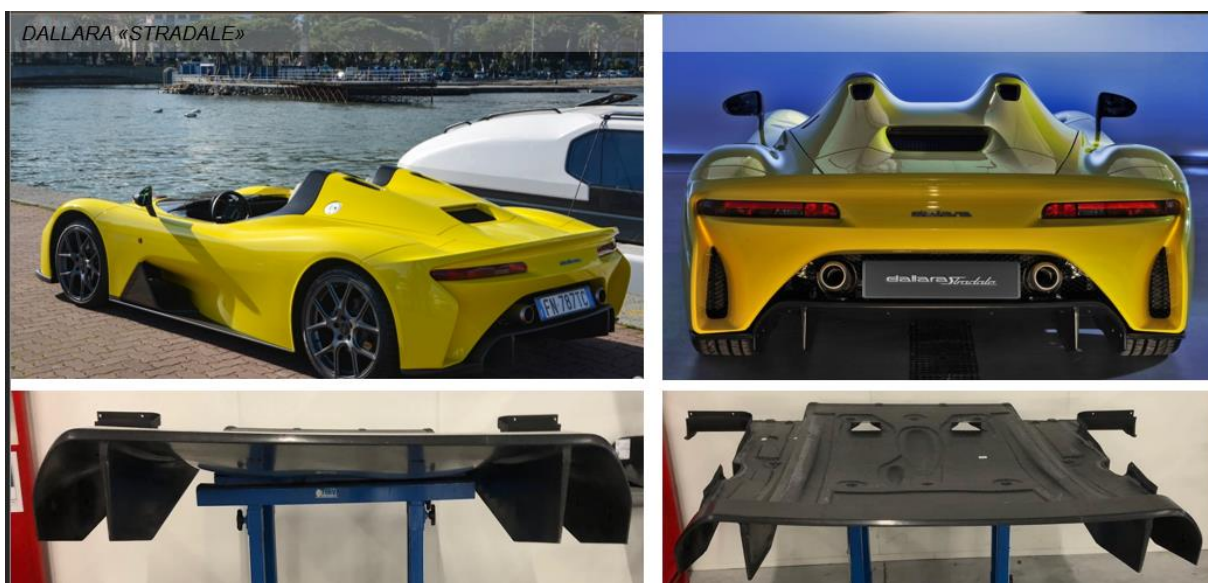


Figura 3.2: Particolari in fibra di carbonio Dallara Stradale

3.2 Organizzazione aziendale del lavoro

HP Composites è un'azienda che produce prodotti per settori di nicchia, quali il racing e il luxury, dove le produzioni sono caratterizzate da bassi volumi e bassi livelli di standardizzazione. Questo fattore ha portato l'azienda ad effettuare produzione su commessa, dove per produzione su commessa si intende la realizzazione di prodotti su base di disegni specifici dei clienti. Ogni commessa può essere associata ad un progetto il quale deve essere svolto nel rispetto dei costi, tempi e qualità accordati con il proprio cliente. HP Composites

lavora sia per commesse di breve durata, ossia quelle che si concludono per un tempo inferiore all'anno, o di lunga durata, cioè quei progetti che vengono realizzati per più anni.

La strategia di produzione applicata alle diverse commesse è di tipo pull, in quanto i componenti che devono essere prodotti sono progettati e realizzati dopo che l'ordine è stato emesso e accettato. È stato deciso di applicare questo sistema per ridurre le giacenze in magazzino e il lead time di produzione, ossia il periodo di tempo che intercorre tra l'emissione dell'ordine da parte del cliente e la consegna del componente finale. D'altro canto, però, questo tipo di strategia porta ad una notevole complessità organizzativa e gestionale. Infatti, è necessario che tutto il sistema logistico si adatti alle necessità delle diverse commesse presenti in azienda. A causa di questa complessità gestionale in HP Composites è stato deciso di assumere diversi project managers, ognuno dei quali è responsabile di una o al massimo due commesse, e che collaborano tra di loro per pianificare in modo efficiente le risorse presenti in azienda.

I project managers, nella gestione delle commesse, lavorano seguendo quattro fasi principali come rappresentati nella **Figura 3.3**:

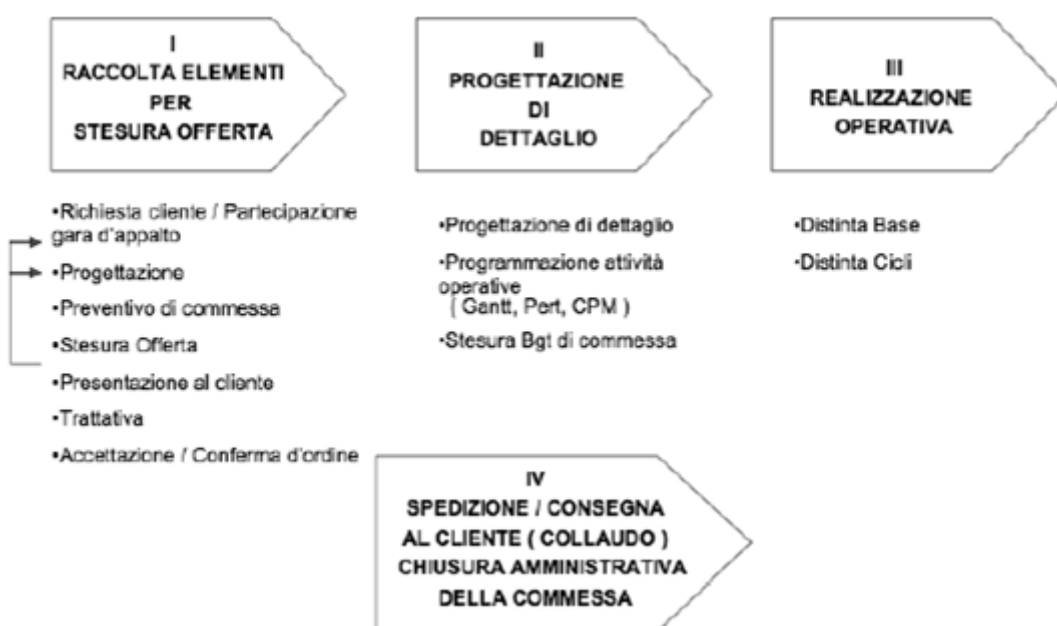


Figura 3.3: *Ciclo di vita della commessa*

Nella prima fase vengono raccolti gli elementi necessari per la creazione dell'offerta. Quando questa viene accettata si procede con l'acquisizione dell'ordine emesso dal cliente.

Nella seconda fase vengono identificate e programmate le attività necessarie allo sviluppo della commessa. Per fare ciò, i project managers di HP Composites si servono di strumenti e tecniche per la pianificazione dei progetti come il diagramma di Gantt e PERT (Program Evaluation and Review Techniques).

Nella terza fase si assiste alla realizzazione vera e propria della commessa e si procede con il controllo e il monitoraggio dell'esecuzione dei lavori.

L'ultima fase consiste nella consegna della commessa al cliente e con la chiusura amministrativa di essa.

Il processo produttivo su commessa, come quello adottato da HP Composites, presenta un'elevata flessibilità ma comporta delle difficoltà nella schedulazione delle operazioni. Infatti, le diverse commesse possono richiedere fasi di lavorazioni con sequenze diverse ed un elevato livello di manodopera. Quest'ultima, inoltre, è il fattore che maggiormente influenza i ritmi di lavorazione. Per questo motivo che, oltre alle normali pratiche di project management di ogni commessa, i project managers devono garantire una corretta gestione delle priorità e gestione delle risorse secondo il piano di produzione.

Visto che in azienda sono presenti diverse commesse, le quali presentano piccoli volumi ed alta varietà, le zone destinate alla produzione dei componenti presentano un layout funzionale, ossia le operazioni che presentano lavorazioni simili ed il macchinario loro destinato sono raggruppate in un unico reparto o centro di lavoro. I siti di produzione si possono trovare all'interno dei 4 stabilimenti che compongono l'azienda: HP1, HP2, HP3, HP4.

HP1 si divide in due piani e presenta delle aree adibite a diverse funzioni. Una parte è dedicata alla reception, agli uffici aziendali quali, ad esempio, amministrazione, produzione, customer care e qualità, e alle sale riunioni. La seconda area è dedicata alla produzione e progettazione dei componenti. Qui possiamo trovare i reparti di: laminazione, preparazione sacco, autoclave, estrazione da stampo e finitura. In HP1 vengono prodotti soprattutto commesse con prodotti di grandi dimensioni e in particolare le commesse di breve durata di Ferrari, Dallara e Hyundai. Inoltre, sopra il sito produttivo, si trovano gli uffici tecnici, in cui vengono creati i prototipi in 3D dei diversi articoli e i nesting delle lamine in prepreg utilizzati nella fase di taglio.

HP2 presenta un'unica area adibita alla produzione. È formata dagli stessi reparti produttivi di HP1 e, in più, possiamo trovare il reparto presse. Qui, infatti, vengono prodotte tutte quelle commesse i cui componenti devono essere polimerizzati nelle presse e altre commesse di lunga durata. Inoltre, c'è uno spazio dedicato alla produzione di inserti, come dadi, viti, e al taglio di PVC e Roahcell, i quali sono indispensabili per i materiali compositi a riempitivo.

HP3 rappresenta lo stabilimento più alto. Infatti, è formato da tre piani: al piano terra abbiamo il sito produttivo con gli stessi reparti di HP1. Al primo piano c'è la mensa per i dipendenti dell'azienda. Il secondo piano presenta una parte dedicata al taglio dei prepreg e una parte dedicata allo stoccaggio delle materie prime e dei semilavorati.

Infine, c'è HP4 che per ora è in fase di realizzazione e che entro la fine del 2020 ospiterà alcuni uffici ora presenti in HP1 e dove verrà installata un'altra area adibita alla ricerca di nuove tecnologie di produzione.

3.3 Software utilizzati in azienda

Per riuscire ad avere dati sulla produzione in tempo reale e per gestire correttamente tutte le informazioni relative alle diverse commesse, HP Composites utilizza un software gestionale e un software MES tra di loro interconnessi. In questo modo è possibile raccogliere diversi tipi di dati ed utilizzarli per prendere decisioni volte a migliorare l'efficienza e l'efficacia dei processi produttivi.

I software utilizzati fanno parte del gruppo TeamSystem e sono:

- Gamma Enterprise
- Power MES

Il primo, fornisce gli strumenti per la gestione Amministrativa, Commerciale, Produzione e Controlli di Gestione. In esso si possono trovare anche informazioni riguardanti le scorte in magazzino di materie prime, semilavorati e di prodotti finiti. Per quanto riguarda la gestione della Produzione, il software è dotato delle seguenti funzionalità:

- Tabelle di produzione
- Distinta base
- Cicli di produzione
- Pianificazione produzione
- Elaborazione MRP
- Lavorazioni interne
- Conto lavoro passivo
- Conto lavoro attivo
- Gestione progetti
- Analisi costi

Nel particolare, con la distinta base viene definita la struttura di un prodotto attraverso l'elencazione a cascata delle parti che lo compongono. Si parte dal prodotto finito, livello 0, elencando in maniera gerarchica tutti i materiali e sottoprodotti necessari nelle varie fasi di lavorazione. I livelli sono strutturati in modo da rappresentare le sequenze operazionali necessarie al completamento del componente. Le informazioni presenti in ogni distinta sono il risultato dell'aggregazione di diversi dati tecnici e gestionali i quali sono contenuti nell'archivio strutture e in anagrafica articoli presenti nel software. Nel primo si hanno tutte le informazioni riguardanti l'architettura dei codici padri¹ ed i legami con i codici figli. Ad esempio, si hanno informazioni riguardanti la posizione del componente all'interno della struttura e quindi il livello. Un'altra informazione riportata in questo archivio è il numero di

¹ Per prodotto padre si intende l'insieme costituito da parti o componenti, i quali vengono a loro volta definiti come prodotti figli

componenti figli necessari a comporre una unità di componente padre. In anagrafica articoli si riportano le informazioni riguardanti ogni singolo articolo come ad esempio il codice, necessario per l'identificazione del pezzo e la sua descrizione ed informazioni di natura gestionale come ad esempio i prezzi e i costi oppure i lead time di produzione. Questi ultimi vengono inseriti dai Project Manager.

Figura 3.4: Anagrafica articolo in Gamma Enterprise

Per elaborare i dati contenuti nelle distinte base con l'obiettivo di determinare il fabbisogno ultimo di un componente, in Gamma Enterprise vengono utilizzate le tecniche di “esplosione” ed “implosione”. Con la funzione di esplosione di una distinta base si ricercano articoli e componenti figli dato il codice padre. Questa interrogazione può limitarsi a un solo livello o a più livelli. L'implosione, invece, è la funzione contraria. Infatti, dato un codice figlio, consente di investigare il codice o i codici padre. Anche questa può riferirsi ad un livello o a più livelli.

Con i cicli di lavoro vengono descritte le lavorazioni di trasformazione dei materiali e dei semilavorati in prodotti finiti. Per ogni operazione viene indicato la macchina e il reparto nel quale essa viene eseguita.

Gamma Enterprise consente anche l'elaborazione dei piani produzione e dell'MRP (Material Requirement Planning). I piani di produzione sono dei documenti nei quali vengono elencati gli articoli che l'azienda deve produrre in un determinato periodo di tempo per soddisfare gli ordini dei clienti. Una volta che sono stati generati dal software possono essere esportati su Excel in modo da verificare che vi siano le risorse umane necessarie per poterlo terminare. È possibile modificare il piano produzione in Excel e reintrodurlo in Gamma Enterprise. Concordata la data di consegna della commessa, l'MRP serve per determinare il fabbisogno di

materie prime, semilavorati e l'inizio di ogni attività necessaria per la produzione dei prodotti finali. In questo modo l'azienda dovrebbe essere in grado di definire i piani di acquisto delle materie prime e dei semilavorati in modo da avere i prodotti quando necessari, senza creare scorta. Nell'elaborazione dell'MRP il software utilizza le seguenti informazioni:

- il piano principale di produzione
- la distinta base
- il livello di giacenze in magazzino di ogni componente (inventory status)
- i tempi di approvvigionamento e di produzione

Gamma Enterprise, dopo aver realizzato il piano di produzione definitivo e averlo introdotto nel software, genera le proposte d'ordine per i materiali derivanti dai fabbisogni dipendenti. Dopodiché, si passa alla generazione degli ordini di lavoro (ODL) i quali descrivono le diverse operazioni necessarie per completare un componente e i materiali che verranno utilizzati. Infatti, ad ogni riga dell'ODL viene associato la distinta base per i materiali necessari e tutte le informazioni che permettono di creare un documento delle attività di lavorazione, dove vengono riportate le fasi che si susseguono, le macchine utilizzate, l'inizio e la fine. Quando viene generato l'ODL vengono creati anche dei codici a barre i quali identificano le diverse operazioni richieste per il completamento di quell'ordine. Gli ODL creati vengono stampati e consegnati ai reparti di produzione.

Stampa ordini di lavorazione			
Ditta	1	BETA PERSI SRL	lunedì 19 aprile 2007
Numero ordine	00	002	1 Stato ordine Lavoro
Articolo	0014670000	SETTOLANA TAGLIERINA CINTURE 919-9-10	
Quantità in ordine	4,00	Ciente	
Ordine di rif.			
Commessa/Sotto.	05008	COMMESSA: 05008	
Repe:	10	TAGLIO	
INIZIO LAVORAZIONE		FINE LAVORAZIONE	
0500571800010011		0500571800010014	
SOSPENDE LAVORAZIONE		RIPRENDI LAVORAZIONE	
0500571800010012		0500571800010013	

Figura 3.5: Esempio ODL stampato

In questi reparti, attraverso le stampe degli ODL è possibile tracciare informazioni riguardanti lo stato della lavorazione, il quale può essere:

- inizio
- sospensione (interruzione turno di lavoro come, ad esempio, pausa pranzo)
- ripresa

- fine

Il compito dell'operatore è quello di eseguire la lettura del codice a barre, attraverso un lettore di barcode, dell'operazione che sta per eseguire. Le informazioni derivanti da questa operazione vengono inserite automaticamente nel software Power MES.

Power MES, infatti, si occupa di acquisire i dati di produzione in tempo reale direttamente dai centri di produzione. Con esso è possibile monitorare le risorse produttive, lo stato di avanzamento degli ordini di lavorazione e tracciare i prodotti finiti e i semilavorati o WIP. Il software è formato da due parti:

- Front End che rappresenta l'ambiente operativo dove vengono acquisite le informazioni sugli ordini di lavorazione attraverso l'utilizzo di lettori di barcode



Figura 3.6: Front End Menù

- Backend è, invece, l'ambiente dove il team dell'ufficio produzione può gestire le informazioni e i dati inseriti dagli operatori attraverso il Front End come modificare o annullare il processo di avanzamento di produzione

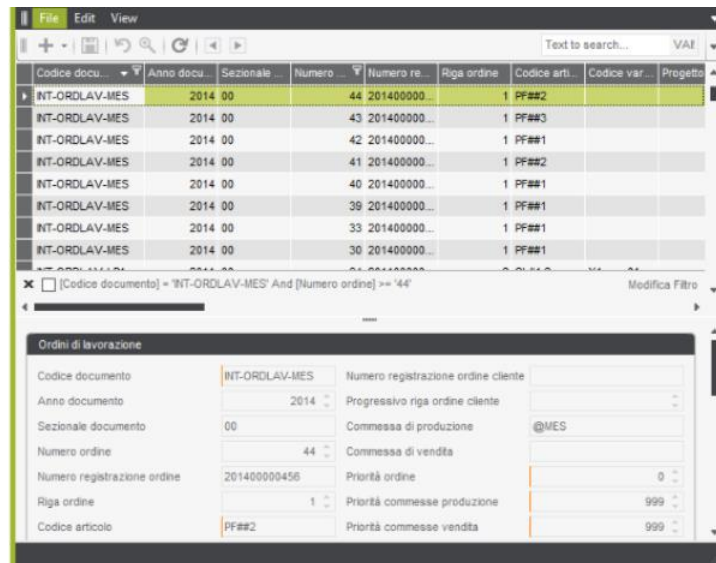


Figura 3.7: Backend menù

In questo modo è possibile eseguire l'avanzamento di produzione e di consultare lo stato della commessa. Inoltre, si riesce ad avere traccia dei tempi effettivamente impiegati dagli operatori nell'eseguire le diverse operazioni.

I dati acquisiti dal PowerMES vengono passati a Gamma Enterprise in modo che vengano aggiornate alcune tabelle, come ad esempio, quelle relative alle scorte nel magazzino prodotti finiti.

Quindi, l'implementazione e l'interconnessione tra questi software permette all'azienda di gestire i processi produttivi e favorisce il calcolo degli indici di performance aziendale. Inoltre, conferisce all'azienda un quadro generale su come si sta operando e se si stanno rispettando i vincoli di costo e tempo.

4. PRODUZIONE DEI COMPONENTI IN FIBRA DI CARBONIO IN HP COMPOSITES

HP Composites per rispondere alle esigenze dei suoi clienti applica diverse tecnologie. Quella che viene più utilizzata, soprattutto per quanto riguarda la produzione di componenti destinati al settore automotive, consiste nella produzione di laminati partendo da fogli di prepreg i quali sono poi polimerizzati in autoclave.

I fogli di prepreg maggiormente utilizzati sono costituiti da fibre di carbonio impregnate in resine epossidiche. I prepreg utilizzati vengono stoccati all'interno dei freezer apposti sotto forma di rotoli racchiuso all'interno di sacchi di plastica. Questi ultimi servono per evitare qualsiasi tipo di contaminazione del materiale e che esso venga protetto dall'assorbimento dell'umidità.

Visto che viene utilizzato del materiale già impregnato, il processo che analizzato viene definito Dry Lay up. Grazie a questo processo è possibile ottenere componenti con prestazioni elevate e forme complesse.

4.1 Tecnologia dell'autoclave

Le diverse fasi di lavorazione coinvolte nella produzione di componenti in fibra di carbonio attraverso l'utilizzo dell'autoclave sono:

- Taglio, grazie al quale viene conferito al prepreg la forma desiderata
- Laminazione, ossia la disposizione delle lamine sullo stampo
- Creazione del sacco a vuoto
- Polimerizzazione, che consiste nel completamento della reticolazione del composito
- Rimozione del sacco, controlli non distruttivi e finitura

Le fasi sopra elencate possono essere automatizzate, come il taglio, o possono essere processi manuali. Questo implica una produzione di bassi volumi ed una difficile schedulazione della produzione a causa della variabilità intrinseca nelle operazioni svolte dall'uomo.

Inoltre, queste lavorazioni comportano dei costi più alti se confrontate con altre tecnologie, come ad esempio la pultrusione e il filament winding, ma si riescono ad ottenere delle prestazioni più elevate.

4.1.1 Taglio

In HP Composites la fase di taglio è semiautomatizzata e avviene all'interno di una clean room, una camera pressurizzata, termoregolata e umidificata. La clean room dedicata al taglio è di 500 m².

La fase di taglio, essendo semiautomatizzata, è meccanicamente assistita dall'uomo. In HP Composites vengono impiegate le macchine fustellatrici che vengono anche chiamate die cutting system, le quali sono composte da:

- una pressa meccanica a rulli
- un materassino
- un set di fustelle, ossia dei punzoni con profilo tagliente, che servono per riprodurre la sagoma della lamina da tagliare

Prima di procedere al taglio vero e proprio vengono effettuate delle operazioni di nesting attraverso software CAM per le lamine di prepreg, ossia si cerca di posizionare in modo efficiente forme diverse su una superficie. Questa operazione mira all'ottimizzazione del taglio delle lamine di prepreg in modo da ridurre al minimo gli sfridi tra lamine evitando lo spreco di materie prime.

Partendo dai 3D dei componenti e dai parametri di taglio imposti dai tecnici, il software utilizzato è in grado di generare la soluzione di nesting più efficiente. I pattern miniaturizzati che vengono realizzati sono utilizzati per il posizionamento delle fustelle.

Durante la fase di taglio vengono eseguite diverse operazioni. La prima è compiuta dall'operatore e consiste nel posizionamento delle fustelle nella stazione di taglio. Dopodiché, attraverso delle cesoie o delle ghigliottine, vengono tagliati i fogli di prepreg delle dimensioni scelte in fase di progettazione. La fase successiva consiste nell'avanzamento del foglio tagliato fino alla stazione di taglio. Qui avviene la vera e propria fase di taglio che viene effettuata premendo le fustelle sul foglio di prepreg attraverso delle presse. In questo modo vengono realizzate le forme necessarie alle lavorazioni successive seguendo le indicazioni generate dalle operazioni di nesting. Infine, un operatore si occupa della rimozione dei fogli tagliati e delle fustelle.



Figura 4.1: Macchina da taglio

HP Composites utilizza questo sistema di taglio in quanto è semplice, economico e permette di raggiungere dei ratei produttivi abbastanza elevati.

Nonostante ciò, spesso sono stati osservati dei ritardi nelle lavorazioni successive dovute alla fase di taglio. Questi erano causati essenzialmente da alcuni errori presenti in Gamma Enterprise e dal presentarsi di problemi alle lamine di prepreg durante il taglio. Ogni giovedì sera il production planner utilizza il modulo MRP (Material Requirement Planning) per pianificare i fabbisogni di materie prime, componenti o sottoinsiemi per la settimana successiva in modo da averla pronta il venerdì mattina. Visto che all'interno del software gestionale erano presenti degli errori sulle distinte base dei singoli componenti, il production planner doveva modificare e valutare correttamente le materie che erano effettivamente necessarie ai vari reparti per rispettare le esigenze dei clienti. A causa di ciò, gli operatori addetti al taglio riuscivano ad avere il piano completo il lunedì mattina.

Questo comportava un ritardo nei processi di picking della materia prima e di organizzazione del lavoro nel reparto. Infatti, gli operatori potevano procedere all'acquisizione dei prepreg nei frigoriferi di stoccaggio, alla rimozione delle pellicole in cui essi sono avvolti e alla decisione su quali tagli eseguire prima e quali dopo, anche in base alle necessità degli altri reparti, solo ad inizio settimana, ritardando i processi fondamentali della fase di taglio. Grazie all'analisi e all'aggiornamento con dati corretti delle distinte base, fatto soprattutto per risolvere delle problematiche nella produzione degli inserti, è stato possibile rendere più efficiente l'esecuzione del taglio delle lamine.

Inoltre, l'uso di fustelle presentano dei fenomeni di usura, attrito e riscaldamento che comportano dei ritardi nelle lavorazioni e delle perdite nella qualità del prodotto. Una possibile soluzione potrebbe essere l'implementazione di tecniche di taglio non-contact, come laser, ultrasuoni e water-jet. Queste tecnologie sono in grado di eseguire tagli accurati di forme complesse in poco tempo, imputando forze di taglio minime ed evitando il riscaldamento delle lamine.

4.1.2 Laminazione

Durante questa fase vengono posizionate le lamine sullo stampo, il quale è aperto e presenta la forma finale che assumerà il componente. Questa fase può essere eseguita manualmente oppure può essere parzialmente o totalmente automatizzata. In HP Composites questa lavorazione è manuale, compiuta interamente dagli operatori addetti alla laminazione.

Come la fase di taglio, anch'essa avviene nelle clean room. Ci sono tre camere bianche dedicate alla laminazione in HP Composites, una in ogni stabilimento adibito alla produzione.



Figura 4.2: Clean Room per Laminazione in HP2

Per compiere questa lavorazione correttamente, vengono consegnati ai laminatori i ply-book, ossia delle schede in cui vengono riportate le indicazioni su come deve avvenire la laminazione, in modo da ottenere le caratteristiche desiderate.

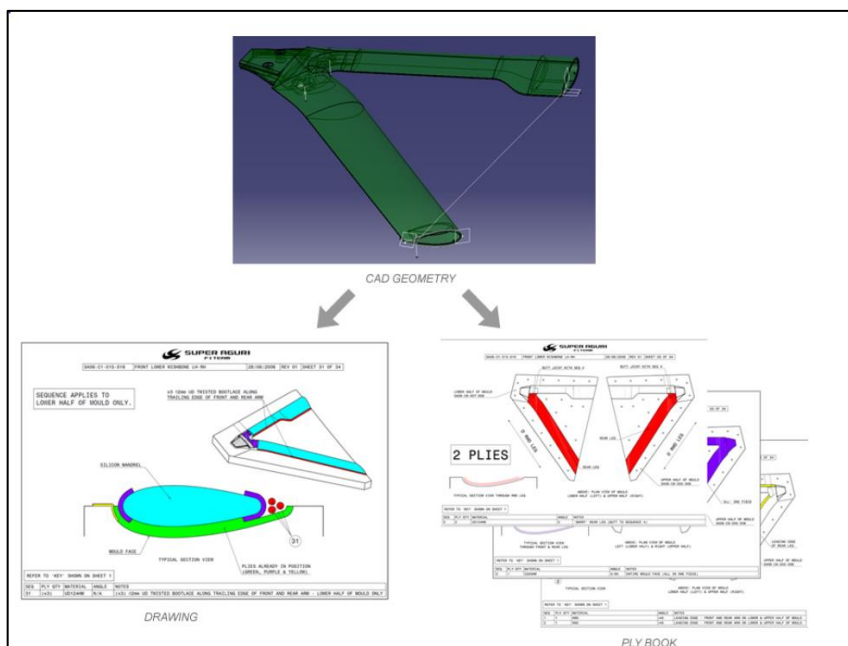


Figura 4.3: Esempio di Ply-book

Prima di iniziare a posizionare le lamine, gli operatori passano un panno bagnato con dell'acetone sullo stampo aperto in modo da eliminare qualsiasi tipo di impurità presente su di esso. Inoltre, vengono posizionati sulle preforme dei piccoli inserti che rappresentano i negativi di eventuali fori ed aperture lungo il componente.

Poi gli operatori applicano sugli stampi un'agente distaccante per evitare di far aderire la resina del laminato allo stampo. Dopodiché si passa alla stesura del peel-ply. Quest'ultimo è una lamina solitamente in nylon e viene stesa per catturare le sostanze volatili che potrebbero essere rilasciate dallo stampo durante i cicli di cura nell'autoclave.

Concluse queste fasi preliminari, i laminatori possono iniziare con la stesura delle lamine in fibra di carbonio. Questo step è molto importante e richiede molta attenzione da parte dell'operatore.

Per garantire il corretto orientamento delle lamine viene utilizzato un codice di laminazione, il quale è riportato nel ply-book di ciascun componente. In questo codice vengono riportati dei numeri che fanno riferimento all'angolo tra la direzione delle fibre delle lamine e l'asse di riferimento sul laminato. Il primo numero rappresenta l'orientamento della prima lamina, il secondo della lamina successiva e così via. I diversi orientamenti sono separati da una barra. Se ci sono più lamine consecutive con lo stesso orientamento è possibile accorparle, ossia inserire una volta sola l'angolo di orientamento con un pedice che indica il numero di lamine che devono essere stese con tale orientamento. Per contrassegnare l'inizio e la fine della sequenza di impilamento delle lamine vengono utilizzate delle parentesi quadre. La **Figura 4.4** rappresenta un esempio di sequenza di laminazione.

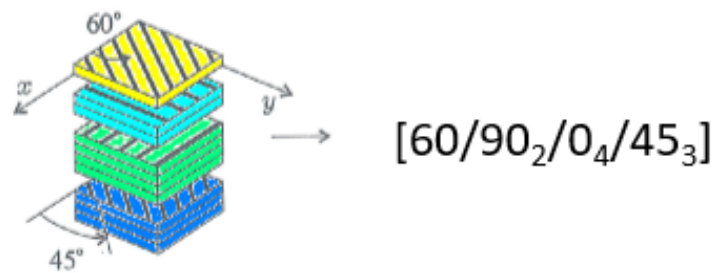


Figura 4.4: Esempio sequenza di laminazione

A volte è possibile trovare codici di laminazione con un pedice “S” sulla parentesi quadra di chiusura. Questo sta ad indicare che la sequenza di impilamento è simmetrica rispetto al piano di mezzeria. In **Figura 4.5** è riportato un esempio di codice di laminazione simmetrico.

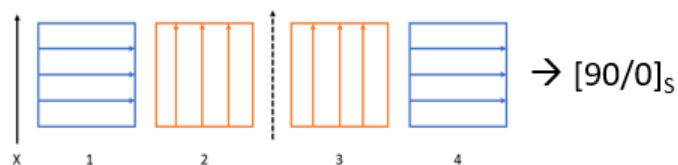


Figura 4.5: Esempio di codice di laminazione con impilamento simmetrico rispetto asse di mezzeria

Se, invece, devono essere stesi un numero dispari di strati, allora la lamina centrale indica il piano di simmetria e nel codice di laminazione viene soprassegnata ed indicata per ultima.

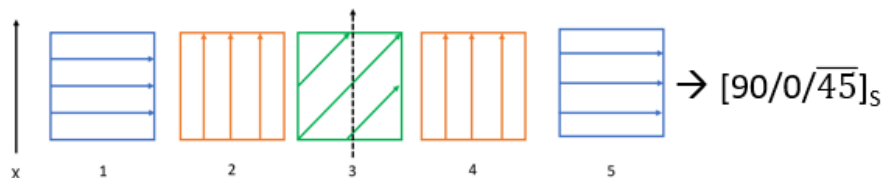


Figura 4.6: Esempio di codice di laminazione con impilamento simmetrico rispetto alla lamina centrale

È importante che gli operatori seguano le sequenze di laminazione assegnate a ciascun componente in quanto esse sono state create per ridurre/eliminare la distorsione del componente che può essere causata da sforzi termici residui o da carichi esterni applicati.

L'adesione e la conformità della lamina allo stampo dipendono da due caratteristiche del prepreg, ossia il tack level o grado di appiccicosità e il drape level. Visto che queste aumentano all'aumentare della temperatura, i laminatori utilizzano dei phon per riscaldare le lamine dopo averle posizionate.

La fase di laminazione è una fase cruciale per la riuscita ottimale del componente finale. Infatti, è in base alla disposizione delle lamine che vengono conferite determinate caratteristiche

meccaniche al prodotto. Per questo motivo è molto importante avere dei laminatori qualificati e controllare meticolosamente questa fase. Il controllo che viene fatto in azienda non riguarda solo la qualità dei componenti laminati, ma anche lo studio dei tempi, ossia la determinazione del tempo che un lavoratore qualificato dovrebbe impiegare per concludere questa operazione per ogni singolo componente. Per condurre questo studio viene utilizzata l'applicazione backend del Power MES. Grazie ad essa è possibile raccogliere i tempi di produzione per le lavorazioni dei diversi part number di ogni articolo e confrontarli con quelli standard preventivati dai project manager riportati in anagrafica articoli. Nel particolare è stato condotto uno studio volto ad analizzare i tempi di laminazione per una commessa di Ferrari, una fra le più importanti presenti in azienda. Nell'analisi dei tempi sono state prese in considerazione le tre settimane precedenti l'inizio dello studio.

I dati riguardanti i tempi di laminazione impiegati dagli operatori e le informazioni concerni il componente, le quali sono contenute in una tabella chiamata SITUAZIONE ORDINI, sono stati esportati su Excel. Per ogni codice articolo è stato identificato da anagrafica articoli di Gamma Enterprise il tempo standard di laminazione. Anche questi dati sono stati esportati su Excel. Grazie alla funzione CERCAVERT, è stato possibile creare un collegamento tra i dati in modo da creare una tabella formata dalle seguenti colonne:

- il codice dell'articolo
- la sua descrizione
- il tempo impiegato dall'uomo per svolgere la laminazione
- il tempo standard di Gamma Enterprise

I dati ottenuti sono stati poi depurati dai tempi a consuntivo i quali discostavano più o meno del 50% da quelli standard. Questo è stato fatto per evitare che errori di distrazione degli operatori nel segnalare l'inizio e la fine delle lavorazioni potessero influenzare i risultati dell'analisi.

Poi attraverso l'utilizzo delle tabelle Pivot su Excel, i dati sono stati raggruppati per codice articolo e per ognuno di essi è stata calcolata la media dei tempi impiegati dagli operatori.

Grazie al calcolo della media dei tempi, è stato possibile confrontare e calcolare lo scostamento tra i tempi a consuntivo e quelli standard.

Dopodiché è stata creata una tabella nella quale, per ogni codice articolo, veniva riportata la sua descrizione, la media dei tempi impiegati dall'uomo, i tempi presenti in Gamma Enterprise e lo scostamento tra di essi.

Tabella 4.1: Studio dei tempi di una commessa Ferrari

ARTICOLO	DESCRIZIONE	MEDIA_TEMPO_UOM	TotTempoGamr	SCOSTAMENTO
LMA6P0001000	ALA FISSA	14,09960084	4	-252%
LMA6P0001000	ALA FISSA	4,896382834	2	-145%
LMA6P0002000	ALA MOBILE	7,208853609	4	-80%
LMA6P0002000	ALA MOBILE	2,467154815	2	-23%
LMA6P0003000	PILONE SX	3,867207421	2	-93%
LMA6P0004000	PILONE DX	3,005798293	2	-50%
LMA6P0005000	REAR FENDER SX	11,22552202	3,5	-221%
LMA6P0006000	REAR FENDER DX	11,9960271	3,25	-269%
LMA6P0007000	RINFORZO ANTERIORE SX	1,372564956	1,25	-10%
LMA6P0008000	RINFORZO ANTERIORE DX	1,316714871	1,25	-5%
LMA6P0009000	RINFORZO ANTERIORE SUPERIORE SX	0,739335872	1,25	41%
LMA6P0010000	RINFORZO ANTERIORE SUPERIORE DX	0,739335872	1,25	41%
LMA6P0011000	RINFORZO POSTERIORE LUCI SX	0,95090492	1,25	24%
LMA6P0012000	RINFORZO POSTERIORE LUCI DX	0,95090492	1,25	24%
LMA6P0013000	RINFORZO SUPPORTO LUCI SX	1,907792857	1,25	-53%
LMA6P0014000	RINFORZO SUPPORTO LUCI SX	1,907792857	1,25	-53%
LMA6P0016000	RINFORZO TAPPO BENZINA DX	0,749415115	1,25	40%

Visto che le differenze tra tempi a consuntivo e quelli standard erano molto accentuate, è stato ritenuto opportuno aggiornare i tempi in anagrafica articoli.

Prima di fare questo però, è stato ritenuto importante discutere dei tempi medi calcolati con i capi turno e tecnologi della laminazione. Per questo motivo, ai dati riportati nella **Tabella 4.1** sono stati aggiunti i figurini dei singoli componenti, in modo che gli operatori potessero identificare subito i componenti di cui si stava parlando.

Questa fase è stata molto importante sia per stabilire in modo più puntuale i tempi da inserire nel gestionale, ma anche per capire il perché c'erano state delle variazioni nei tempi. Infatti, è stato molto interessante osservare che, quando arrivavano i nuovi stagisti, gli operatori più efficienti impiegavano parte del loro turno a spiegare le operazioni ai nuovi lavoratori. Questo comportava un innalzamento della media dei tempi a consuntivo. Al contrario, quando gli stagisti iniziavano a lavorare con più dimestichezza, i tempi si abbassano. Quindi, i capi turno sono stati in grado di chiarire quali tempi medi rappresentavano effettivamente la realtà e quali invece dovevano essere modificati.

Dopo questo confronto è stata aggiunta su Excel una colonna con i tempi definitivi e sono stati aggiornati nell'archivio anagrafica articoli i tempi standard dei componenti della commessa oggetto di studio.

Nel caso riportato nella **Tabella 4.1** si può vedere come diversi tempi discostavano molto da quelli preventivati dal project manager di questa commessa. Questo comporta degli errori nella generazione delle offerte ai clienti. Infatti, la conseguenza di avere tempi errati in anagrafica articoli è di non rispettare i tempi di consegna promessi e quindi di avere dei clienti insoddisfatti del servizio offerto.

Inoltre, lo studio dei tempi viene eseguito per svolgere correttamente il calcolo di risorse necessarie per svolgere la lavorazione, misurare le performance dei lavoratori e capire meglio dove sono le inefficienze. Quindi, dei dati non corretti portano a non ottenere delle informazioni valide utili per apportare delle migliorie nelle lavorazioni.

A titolo di esempio si porta come dei dati non corretti portano a degli errori nel calcolo dell'OEE (Overall Equipment Effectiveness), un indice di prestazione aziendale. Questo indice si calcola:

$$OEE = \text{Disponibilità} * \text{Efficienza} * \text{Qualità}$$

dove:

- la disponibilità è la percentuale del tempo di attività effettivo rispetto a quello programmato
- l'efficienza è il rapporto tra il tempo standard e il tempo a consuntivo
- la qualità è la percentuale di parti conformi

Il dato ottenuto viene mostrato ai capi reparto ogni venerdì mattina, in modo da fargli capire come stanno lavorando i propri team e se è necessario migliorare i processi e apportare delle modifiche.

Se i tempi standard sono troppo bassi rispetto la realtà, risulta che l'efficienza dei lavoratori sia molto bassa. Questo comporta della pressione sui laminatori, che per cercare di alzare l'efficienza del proprio reparto, cercano di lavorare più velocemente, avendo, però, delle importanti perdite a livello di qualità. È stato analizzato che, dopo una riunione in cui l'efficienza dei lavoratori era molto bassa, la settimana successiva si aveva un'efficienza dei lavoratori più alta, ma un numero di rilavorazioni maggiore.

Quindi, è importante che quando viene accettata una nuova commessa, i project managers utilizzino dei metodi più efficienti nel prevedere i tempi di lavorazione.

Inoltre, è importante condurre uno studio dei tempi, come quello condotto per la commessa di Ferrari, più volte nell'arco dell'anno, in modo da aggiornare frequentemente i tempi standard così da avere dei dati che rispecchino il più possibile la realtà.

Per questo motivo è stato ritenuto opportuno stendere quest'analisi anche ad altre commesse.

Il processo di studio dei tempi prima descritto è risultato essere macchinoso e lungo. Infatti, per portarlo a termine sono stati impiegate tre mezze giornate lavorative.

Visto l'importanza che esso ha nell'azienda e la sua utilità ad essere applicato più volte durante l'anno per la maggior parte delle commesse, è stato ritenuto necessario cercare un metodo più veloce per portarlo a termine.

Attraverso l'utilizzo del programma Microsoft Access, è stato analizzato un nuovo approccio. Access è in grado di importare e collegare tabelle contenute in altri software, come Gamma Enterprise e Power MES. Questo significa che è possibile trovare nel programma dati di

produzione aggiornati giornalmente. Per lo studio dei tempi sono state importate in Access le seguenti tabelle:

- anagrafica articoli
- situazioni ordini.

A quest'ultima è stata applicata una funzione per far fornire dati concerni esclusivamente la laminazione delle tre settimane precedenti in cui viene compiuta l'analisi. Inoltre, è stato applicato un criterio per esaminare solo i codici articolo della commessa oggetto di studio. Tra le due tabelle è stata creata una relazione, ossia un collegamento. Questo legame è stato creato associando i record comuni presenti nelle due tabelle, ossia il codice articolo. A questo punto è stato possibile prendere in esame i tempi di lavorazione che non discostavano più o meno del 50% dei tempi in anagrafica articoli. Dopodiché sono state create tre funzioni:

1. la prima per raggruppare i dati per codice articolo
2. una è servita per calcolare la media dei tempi a consuntivo
3. l'ultima è stata necessaria per calcolare il discostamento tra la media dei tempi e quelli presenti in Gamma Enterprise

Queste operazioni, una volta eseguite, davano come risultato una tabella con le seguenti informazioni:

- codice articolo
- descrizione articolo
- media tempi
- tempo standard
- scostamento tra i tempi a consuntivo e quelli in Gamma Enterprise

Le operazioni precedentemente descritte sono state registrate in una macro, ossia un bottone attraverso il quale, cliccandoci sopra, è possibile eseguire, in qualsiasi momento, le funzioni sdi esso registrate. In questo modo è stato possibile automatizzare il processo di studio dei tempi. Inizialmente è stato applicato per la laminazione, in quanto rappresenta l'operazione più critica di tutto il processo, ma è possibile applicarla anche ad altre lavorazioni.

Grazie alla macro creata, è stato possibile analizzare più frequentemente e per molte commesse i tempi di laminazione ed è stato possibile fare alcune considerazioni.

Ad esempio, è stato osservato che quando il progetto si trova in fase di maturazione i tempi di lavorazione diminuiscono. Nella **Tabella 4.2** vengono riportati i tempi a gamma e tempi medi impiegati dai lavoratori per la laminazione di una commessa di lunga durata, presente da due anni. Qui si può vedere come i tempi siano scesi notevolmente. Questi risultati indicano che possono essere necessari un numero inferiore di operatori per completare la commessa e quindi impiegare altri operatori su altri progetti.

Tabella 4.2: *Calcolo tempi commessa di lunga durata presente da due anni*

Articolo	DESCRIZIONE	DescrizioneOp	NUOVA VERSIONE	MEDIA_TEMPO_UOMC	TOT_TEMPO_GAMMA	SCOSTAMENTO
LGA5P0050000	Capot AV	LAMINAZIONE	0,47	0,47839166	0,75	36,21%
LGA5P0051000	AV D	LAMINAZIONE	1	1	1	0,00%
LGA5P0052000	AV G	LAMINAZIONE	1	1	1	0,00%
LGA5P0053000	Capot AV G	LAMINAZIONE	1,5	1,5210575	2,5	39,16%
LGA5P0054000	Capot AV D	LAMINAZIONE	1,25	1,09168889	2	45,42%
LGA5P0055000	Etancheite Int Roue AR D -	LAMINAZIONE	0,86	0,86880056	1,5	42,08%
LGA5P0056000	Etancheite Int Roue AR G -	LAMINAZIONE	0,95	0,950453893	1,5	36,64%
LGA5P0059000	BE Rampe AV D	LAMINAZIONE	0,41	0,41353933	0,75	44,86%

Grazie all'utilizzo di macro su Access, non è solo possibile calcolare frequentemente i tempi impiegati dagli operatori nell'esecuzione delle operazioni, ma è utile anche per capire quando è possibile accettare nuove commesse in azienda.

4.1.3 Realizzazione del sacco a vuoto

Dopo aver terminato la laminazione, il componente viene spostato nell'area adibita alla realizzazione del sacco a vuoto, il quale viene creato per tre ragioni principali:

1. evacuare le bolle d'aria presenti nel laminato
2. evacuare le sostanze volatili presenti nella resina
3. favorire l'adesione tra le lamine

Gli addetti a questa fase, che solitamente sono o laminatori o autoclavisti, per prima cosa si occupano della stesura di uno strato di peel-ply sul laminato, utilizzato per garantirgli la rugosità superficiale ottimale per l'incollaggio e la protezione di tale superficie.

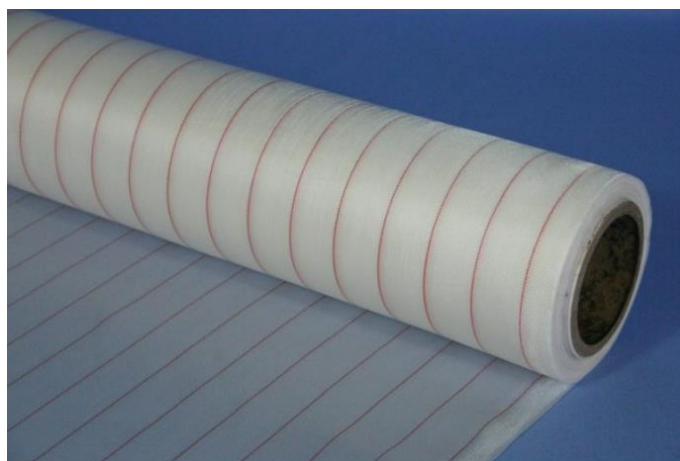


Figura 4.7: *Peel-ply*

In alcuni casi, durante il processo di polimerizzazione è necessario che venga eliminata della resina in eccesso e delle sostanze volatili. Per questo motivo e per separare il laminato dalle pellicole costituenti il sacco, gli operatori aggiungono un film separatore microfiltrato.

La resina che fuoriesce viene poi assorbita da un materassino in cotone chiamato bleeder, che viene posto seguentemente al posizionamento del film microfiltrato.



Figura 4.8: Materassino in Cotone

Successivamente viene steso il breather, il quale viene utilizzato per distribuire uniformemente il vuoto in tutto il sacco. Grazie ad esso è possibile evitare che si vengano a creare delle pieghe e dei difetti di giacitura del sacco da vuoto, i quali possono compromettere la qualità del laminato. Inoltre, evita anche rotture accidentali in quanto protegge il sacco da vuoto dagli spigoli dello stampo.

Dopodiché, viene creato e posizionato il sacco da vuoto. In HP Composites il film polimerico utilizzato per il sacco da vuoto viene conservato all'interno delle aree adibite al processo di realizzazione del sacco e viene tagliato direttamente dall'operatore quando arriva il componente laminato. Si utilizzano sacchi di nylon il quale è fortemente espandibile e quindi riesce a conformarsi facilmente all'insieme di stampo, prepreg e gli altri materiali posizionati nelle fasi precedenti.



Figura 4.9: Sacco a vuoto in nylon

Gli operatori creano dei piccoli fori sul film polimerico in modo da sistemare le valvole per formare il vuoto. Tali valvole possono trovarsi sia sui lati del laminato, sia al centro di esso. Inoltre, il numero di valvole che vengono poste varia a seconda delle dimensioni del componente. Solitamente, per portelle, convogliatori o ali viene posta una sola valvola. Invece, per componenti come scivoli estrattori aerodinamici vengono poste 4 valvole. Per componenti di grandi dimensioni come front splitter o gusci inferiori vengono poste 6 valvole.

Per componenti particolarmente piccoli, come ad esempio portelle laterali, staffe o tappi, viene creato un unico sacco con più parti al suo interno.

Le informazioni sul numero di valvole utilizzate per i diversi componenti, si possono trovare nell'Appendice A.

Lo studio del numero di valvole utilizzate per ciascun componente è stato condotto per cercare di utilizzare questa informazione nel software di schedulazione. Infatti, durante il tirocinio, il production planner dell'azienda stava lavorando all'installazione e all'utilizzo di un nuovo software di schedulazione della produzione, CYBERTEC. Per questo motivo, è stato necessario cercare un parametro che potesse fornire informazioni su quanti componenti è in grado di ospitare ad ogni ciclo ogni autoclave, in modo da consentire al software di schedulare i cicli di polimerizzazione.

Inizialmente era stato pensato di condurre uno studio sulle dimensioni delle autoclavi e sulle dimensioni medie di elementi appartenenti alla stessa famiglia, in modo da capire quanto spazio veniva occupato da una famiglia di articolo. Ad esempio, cercare le dimensioni medie delle portelle di diversi clienti e calcolare quanto spazio occupavano all'interno dell'autoclave.

Visto che molti componenti vengono posizionati su dei carrelli a due piani e attraverso essi inseriti nelle autoclavi, uno studio rivolto solamente alle dimensioni è risultato inutile.

Per questo motivo si è passati all'analisi del numero di valvole utilizzate per ogni componente e quindi al numero di tubi all'interno dell'autoclave che ogni componente occupa.

Per fare questo è stato necessario utilizzare la funzione esplosione distinta base 1 livello di Gamma Enterprise per individuare tutti gli articoli che stavano producendo in azienda e in quale stabilimento avvenisse la produzione di essi.

Le informazioni acquisite sono state esportate su Excel. Qui, applicando dei filtri ai dati, è stato possibile creare tre tabelle, una per ogni stabilimento di produzione, in cui venivano riportati i componenti prodotti in ognuno di essi.

Dopodiché, è stato chiesto agli autoclavisti di avvisare ogni qualvolta stavano per iniziare un ciclo di cura in autoclave, così da poter contare direttamente in reparto il numero di valvole utilizzate per ciascun componente e riportarlo nelle tabelle precedentemente descritte a fianco al codice dell'articolo.

Inizialmente lo studio doveva durare poche settimane, due massimo tre, in quanto l'idea era quella di individuare una sola volta il numero di valvole utilizzate per ciascun componente prodotto in HP Composites. Ma, durante la prima settimana di raccolta dati, è stato notato che gli operatori posizionano le valvole senza seguire un vero e proprio criterio, ma in base alla loro esperienza.

È stato riscontrato, ad esempio, che per uno scivolo estrattore di Ferrari gli autoclavisti del turno della mattina inserivano un numero diverso di valvole da quelli del pomeriggio. Per avere quindi dei dati più affidabili e precisi, l'analisi è stata ripetuta giornalmente per due mesi. I dati raccolti venivano riportati all'interno di una scheda di Excel, nella quale veniva inserito il codice dell'articolo, la descrizione di esso e il numero di valvole occupato. Dopo il periodo di analisi, per ogni articolo è stata calcolata la media di valvole utilizzate.

Le informazioni così ottenute sono state prima mostrate e spiegate al consulente dello schedatore CYBERTEC, che ha approvato la loro validità. Dopodiché, sono state inserite in un modulo di Gamma Enterprise, chiamato anagrafica articoli estesa, nella quale venivano riportate informazioni riguardanti anche la logistica degli articoli (informazioni riguardanti le scorte, ubicazione dei componenti e le loro confezioni). Il dato è stato inserito nella sezione capacità di tale modulo. Quest'ultimo può essere esportato in CYBERTEC, e quindi potranno essere utilizzate le informazioni in esso contenute per la schedazione della produzione.

Codice: FR | B1 | C0006 | 001 | 796698 SCIVOLO ESTRATTORE CPL CARB, 0.3 (Design) | Gestioni collegate

Alias:

Stato: | Attributi Estesi:

Codice	Pz X con...	UM Peso	Peso ne...	Peso lordo	UM capa...	Capa...	UM Dimensioni	Larghezza	Altezza	Profon...	UM Volume	Volume	Cl
CD	1		0	0		4		0	0	0		0	

Codice confezione: CD | Confezione di default

Pezzi per confezione: 1 | ☒ Confezione preferenziale | ☐ Confezioni multiple | ☐ Confezioni per varianti

UM peso		UM dimensione		Confezioni x collo	0
Peso netto	0	Altezza	0	Altezza	
Peso lordo	0	Larghezza	0	Larghezza	
		Profondità	0	Profondità	
UM capacità				Colli x bancale	0
Capacità	4	UM volume		Colli x strato	
		Volume	0	Classe di max stoccaggio	

Stato: IN USO | Registra | Annulla | Elimina | Nuovo

Figura 4.10: Anagrafica articoli estesa

Per avere un'analisi più accurata, i dati presi sul posto, venivano confrontati con le schede compilate dagli operatori. In queste schede vengono enumerati i tubi per il vuoto presenti all'interno dell'autoclave. Il compito degli operatori è quello di riportare per ogni tubo il codice o i codici dei componenti collegati allo stesso. In questo modo, non solo è stato possibile avere un quadro più chiaro di come l'autoclave venisse utilizzata, ma sono stati riscontrati anche degli errori che gli autoclavisti commettevano nella compilazione di tali schede. Visto che queste ultime vengono utilizzate per gli audit aziendali, si è cercato di sensibilizzare gli operatori a prestare più attenzione nello stilare questi fogli.

Grazie a quest'analisi, che è stata effettuata direttamente negli stabilimenti di produzione a stretto contatto con gli operatori, è stato possibile individuare anche dei problemi che loro avevano durante le lavorazioni. Spesso è stato imputato agli autoclavisti la colpa dei ritardi nell'eseguire i cicli di polimerizzazione in autoclave. In realtà, durante questo studio è stata riscontrata la vera causa che portava a questi ritardi, ossia la scarsità di valvole presenti nel reparto. Infatti, spesso dei componenti laminati a cui era stato già creato il sacco, non potevano essere introdotti nell'autoclave a causa della mancanza delle valvole. Quindi gli operatori erano costretti ad aspettare che valvole utilizzate per altri prodotti fossero disponibili o chiedere ad altri stabilimenti di potergliene prestare alcune. Questo problema è stato presentato al direttore di produzione, il quale ha cercato di provvedere nell'acquisizione di altre valvole ma anche ad una manutenzione migliore di esse, in modo da evitare di comprarle frequentemente e quindi migliorare l'efficienza di questo investimento.



Figura 4.11: Valvole per sacco a vuoto

Dopo aver posizionato anche le valvole per la creazione del sottovuoto, il sacco viene chiuso attraverso l'utilizzo di un nastro sigillante, il quale deve essere steso con molta cura, facendo attenzione a non creare delle vie per far passare l'aria.

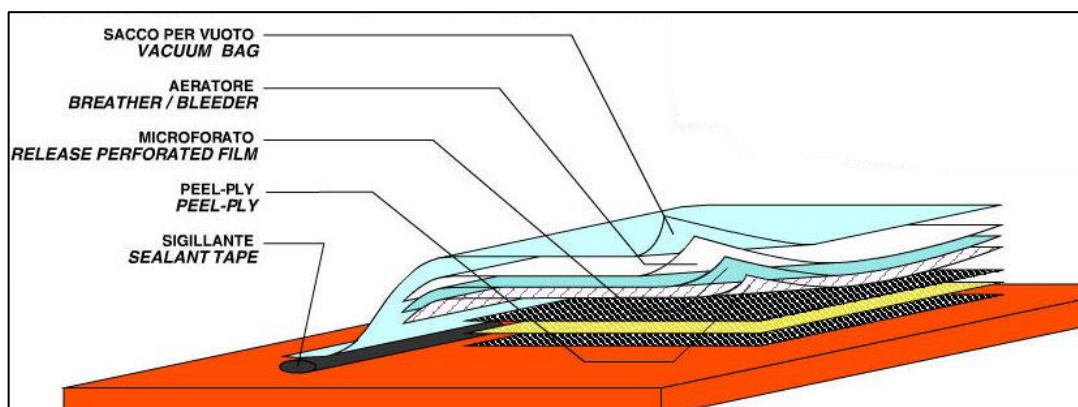


Figura 4.12: Sacco da vuoto

Una corretta creazione del sacco a vuoto è molto importante per conferire al componente le proprietà desiderate e per evitare che, dopo la polimerizzazione, ci siano difetti. Ad esempio, se il sacco da vuoto ha delle perdite di pressione durante il ciclo di cura nell'autoclave possono formarsi delle bolle d'aria che portano a dei difetti estetici.

Questi possono essere recuperati svolgendo ulteriori lavorazioni al composito come operazioni di levigatura o stendendo della resina trasparente sul composito, aumentando però il tempo ciclo totale del componente.

4.1.4 Ciclo di polimerizzazione

A seguito della chiusura del sacco a vuoto il componente è pronto per il ciclo di polimerizzazione. Per la maggior parte dei componenti questa fase avviene all'interno dell'autoclave. Quest'ultima può essere vista come un grande serbatoio pressurizzato che può presentare un diametro fino a 5-6 metri e una lunghezza pari a 18-20 m.

In HP Composites ci sono sei autoclavi, due in ogni stabilimento attualmente operativi.

La prima autoclave (autoclave 1) presente in HP1 ha un diametro pari a 16000 mm ed una lunghezza pari a 4500 mm una potenza massima 10 bar e arriva ad una temperatura massima di 190 °C. La seconda (autoclave 2) ha un diametro interno pari a 2800 mm ed una lunghezza interna pari a 7200 mm. Raggiunge potenze non superiori ai 10 bar e temperature massime pari a 250 °C.

Le autoclavi presenti in HP2 presentano le seguenti caratteristiche:

1. la prima (autoclave 3) ha un diametro pari a 2800 mm, una lunghezza di 7200 mm, massima potenza di 10 bar e raggiunge una temperatura massima pari a 250°C
2. la seconda presenta diametro pari a 2100 mm, lunghezza interna 7000 mm, potenza massima 10 bar e temperatura massima 250°C

Per quanto riguarda il terzo stabilimento, un'autoclave (autoclave 5) presenta le stesse caratteristiche dell'autoclave 4. Invece l'ultima (autoclave 6) presenta diametro interno 2700 mm, lunghezza interna 6600 mm, potenza massima 10 bar, temperatura massima 250 °C.

Tutte le autoclavi presentano 30 tubi che servono per la creazione e mantenimento del vuoto nei sacchi durante i cicli di polimerizzazione.

Nell'attesa che il pezzo possa essere introdotto nell'autoclave, i componenti vengono collegati attraverso la valvola a dei tubi i quali generano il vuoto attraverso una pompa in una zona adibita a ciò, non lontano dall'autoclave. Questa operazione viene eseguita attraverso l'azione di una pressione che preme il laminato contro lo stampo. Questa sollecitazione permette di creare sul laminato uno stato di sforzo diretto come la normale del componente su un determinato punto. In questo modo i diversi strati di prepreg possono compenetrare tra di loro. È necessario creare differenza di pressione tra le lamine del componente per far in modo che lo spessore del laminato venga ridotto. Se non fosse presente il sacco a vuoto, il laminato non sarebbe isolato dalla pressione esterna e quindi non si compatterebbe, in quanto la pressione idrostatica sarebbe presente in tutte le lamine del componente, e conseguentemente non agirebbe nessuna differenza di pressione.

Inoltre, attraverso questo processo viene garantita la distribuzione uniforme delle fibre e la continuità del materiale in direzione trasversale.

Il passaggio successivo è l'introduzione dei laminati in autoclave la quale presenta le seguenti caratteristiche costruttive:

- la presenza di un sistema di riscaldamento, in grado di far variare velocemente la temperatura durante il ciclo di cura
- la presenza di un sistema idraulico in grado di far circolare il fluido nell'autoclave in modo da evitare la presenza di gradienti termici al suo interno
- un'elevata capacità di pressurizzazione, in modo che l'autoclave raggiunga velocemente la pressione desiderata
- la presenza di un sistema in grado di mantenere il vuoto all'interno del sacco
- una porta di accesso la cui apertura e chiusura sono servoassistiti da una centralina oleodinamica comandata manualmente
- la presenza di controlli su pressione e temperatura
- la presenza di un sistema operativo

Per innalzare la temperatura dell'autoclave viene fatto scorrere dell'olio diatermico. Invece, quando il ciclo di cura è terminato viene fatta scorrere dell'acqua fredda all'interno del sistema idraulico. In questo modo è possibile diminuire i tempi di ricondizionamento della macchina e quindi ridurre il tempo ciclo di lavorazione. I due fluidi utilizzati per il riscaldamento e il raffreddamento dell'autoclave circolano all'interno di scambiatori posizionati nella parte posteriore dell'autoclave. La circolazione forzata dei fluidi avviene grazie a delle valvole in aspirazione poste dietro gli scambiatori.

Grazie all'utilizzo di compressori stazionari azionati da motori elettrici viene fornita pressione all'ambiente. Per garantire il vuoto nel sacco anche all'interno di un'autoclave, su entrambi i lati di essa si trovano dei tubi i quali vengono collegati alle valvole dei laminati.

Per i controlli su pressione e temperatura vengono utilizzati trasduttori di pressione e termocoppie di tipo "J" o "K".

Davanti alla porta di accesso, si trova una rampa mobile che serve per l'asservimento dell'autoclave.

Le autoclavi sono dotate di un sistema operativo formato da:

- PLC completo di schede di ingresso e di uscita digitali e analogiche
- un software interattivo per la gestione del sistema operativo autoclave in remoto su rete LAN
- regolatori di blocco max temperatura e pressione con sensori dedicati
- PC industriale videografico a colori tipo touch-screen con porta USB per scarico dati in emergenza
- un sistema in grado di memorizzare ricette dei cicli produttivi, visualizzare ed intervenire sui dati di processo in tempo reale



a



b

Figura 4.13: *Interno Autoclave (a) – Esterno Autoclave (b)*

I laminati vengono inseriti nell'autoclave attraverso la rampa posta davanti la porta d'ingresso. Se si tratta di componenti con dimensioni non troppo elevate, questi vengono posti su un carrello a due piani come mostrato nella **Figura 4.14**.



Figura 4.14: *Carrello con componenti per autoclave*

Quando invece devono essere prodotti dei componenti di grandi dimensioni, come ad esempio lo scivolo estrattore, vengono utilizzati dei carrelli realizzati appositamente per questi prodotti. In base alle dimensioni del componente e alle valvole poste sul sacco, questo verrà collegato ai tubi per la creazione del vuoto.

Dopo aver immesso i componenti all'interno dell'autoclave, questa viene chiusa ermeticamente. Le fasi successive sono quelle di attivare il sistema di riscaldamento e di pressurizzazione dell'autoclave e generare il vuoto all'interno del sacco.

A questo punto inizia il ciclo di cura a cui vengono sottoposti i componenti. La scelta del ciclo di cura dipende dalla resina utilizzata, dallo spessore del laminato e dalle reazioni chimiche che avverranno durante la polimerizzazione. I processi di curing durano solitamente dalle due fino alle 12 ore.

Visto che durante il ciclo di polimerizzazione viene eliminata la resina in eccesso ed è necessario evitare la formazione di vuoti, l'andamento crescente della temperatura subisce delle soste a temperature prestabilite. In questo modo è possibile ottenere una distribuzione uniforme della temperatura in tutti i punti dei laminati.

Un esempio di ciclo di cura utilizzato in HP Composites è quello per i componenti di carrozzeria. In questo caso si ha una sosta quando vengono raggiunti i 100 °C. Come si può vedere in **Figura 4.15** raggiunti i 100 °C l'autoclave non varia la sua temperatura per 20 minuti. La velocità con cui viene raggiunta tale temperatura è pari a 5 °C/ min. Durante questo ciclo di cura si raggiunge una pressione massima pari a 6 bar.



Figura 4.15: Esempio ciclo di cura per componenti di carrozzeria

In generale, i cicli di cura necessari per i componenti realizzati in Hp Composites, vengono determinati o direttamente dai clienti o empiricamente insieme alla creazione del prototipo. Agli autoclavisti viene affidato un foglio in cui sono riportate le “ricette” necessarie per i diversi componenti, ossia la temperatura e la pressione che le autoclavi devono raggiungere per completare la polimerizzazione dei diversi prodotti. Gli operatori impostano la ricetta attraverso l'utilizzo di un'interfaccia uomo macchina formato da un monitor e da una tastiera.

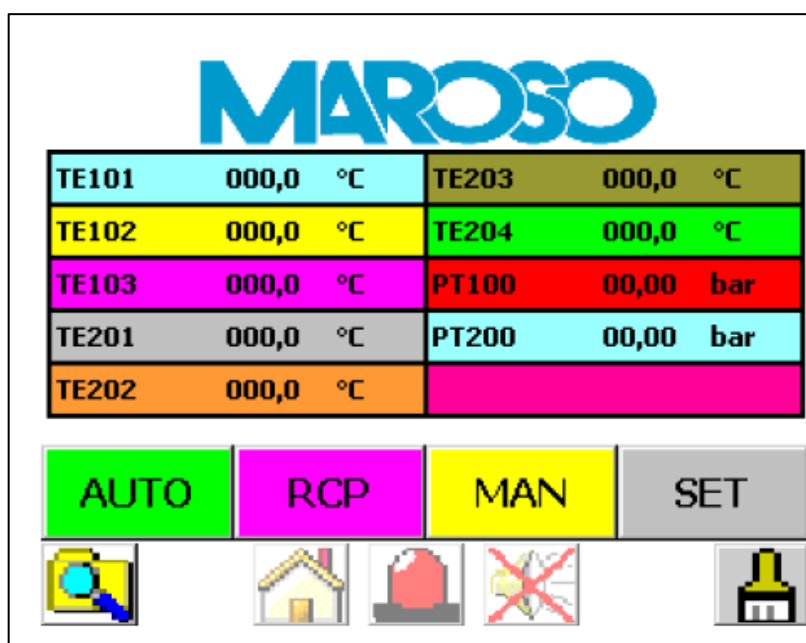


Figura 4.16: Esempio di schermata dell'Interfaccia uomo macchina

Nell'impostazione della ricetta gli operatori introducono i valori di pressione che l'autoclave raggiunge come numeri positivi in bar. Invece, le pressioni per la creazione del vuoto nei sacchi sono attribuiti a dei numeri negativi.

È possibile controllare durante tutto il processo di polimerizzazione che vengano rispettati i parametri del ciclo. Infatti, sullo schermo dell'interfaccia uomo macchina, vengono riportati i valori attuali dei parametri da controllare, i valori che devono essere raggiunti alla fine del ciclo di cura in atto e quelli che dovrebbero essere raggiunti in quel momento.


OPERAZIONI AUTOMATICHE			
	ATTUALE	SET-POINT	RICETTA SET-POINT
TEMPERATURA °C	0000,0	0000,0	0000,0
PRESSIONE bar	000,0	000,0	000,0
VUOTO bar	000,00		000,00
TEMPO min	000,0		000,0
			

Figura 4.17: Controllo parametri durante ciclo di cura in autoclave

Dopo che la polimerizzazione è completata, l'autoclave viene raffreddata e si aspetta che la pressione all'interno dell'autoclave sia pari a zero. Si passa quindi all'apertura dell'autoclave e all'estrazione dei componenti.

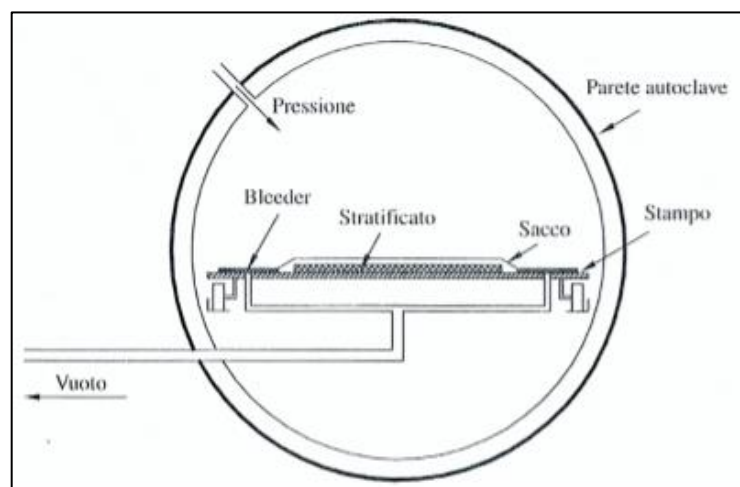


Figura 4.18: Schema autoclave

L'acquisizione delle autoclavi è stato per l'azienda un grande investimento. Infatti, esse hanno un costo rilevante in quanto devono poter contenere componenti che occupano molto volume e richiedono temperature e pressioni di esercizio elevate. Per cercare di ammortizzare il più possibile il costo sostenuto per il loro acquisto, è importante organizzare i cicli di cura in modo efficiente e cercare di sfruttare al massimo la capacità dell'autoclave.

Per questo motivo è importante tracciare le informazioni riguardanti il suo utilizzo in modo da poter apportare dei miglioramenti volti ad innalzare l'efficienza dell'autoclave.

Durante l'analisi condotta sul numero di valvole introdotte nei sacchi con i componenti, è stato possibile notare che determinate autoclavi (in particolare l'autoclave 6 di HP3) dalla week 27 non venivano utilizzate sfruttando al massimo la loro capacità, ma che spesso venivano fatti partire dei cicli di cura con pochissimi componenti al loro interno. Per questo motivo è stato ritenuto necessario condurre un'analisi sull'utilizzo delle autoclavi volto a migliorare la loro efficienza.

A tale scopo, è stato deciso di analizzare degli indici di prestazione, quali:

- la resa, calcolata dividendo il numero totale di tubi per la creazione del vuoto occupati dai pezzi per il totale di tubi disponibili
- la saturazione, calcolata dividendo il totale del tempo effettivo in cui un'autoclave è in funzione per il totale del tempo disponibile
- l'efficienza calcolata moltiplicando la resa per la saturazione

Questo studio è stato effettuato partendo dai dati che si possono trovare nella sezione backend del Power MES.

Quando gli operatori marcano attraverso dei lettori di codici a barre i componenti polimerizzati in un determinato ciclo e procedono con l'avvio della fase, viene creato in Power MES un codice che identifica quello specifico ciclo in autoclave. Questo codice viene definito bolla madre. Per procedere all'analisi degli indici sopra citati, ogni mattina venivano esportati su Excel i dati relativi ai cicli del giorno precedente delle sei autoclavi. Una parte di questi dati esportati su Excel si possono vedere in **Tabella 4.3**. Le informazioni che venivano estratte sono:

- il numero di bolla madre
- codice dell'articolo
- il reparto
- codice dell'autoclave

Quest'ultima informazione è stata fondamentale per individuare lo stabilimento in cui i cicli sono avvenuti.

Tabella 4.3: Dati esportati su Excel da Backend di Power MES

Num. bolla madre	Codice articolo	Reparto	Macchina
2.669.753	FRA2P0017000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
2.669.753	FRA2P0018000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
	FRB1C0013000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
2.666.263	DRA8P0052000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
2.666.263	DRA8P0051000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
	FRB6C0005000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
2.656.922	FRB2C0003000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
2.677.972	FRB2C0004000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
2.663.400	FRB6P0030000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
	FRB1C0016000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
2.670.329	FRB2C0003000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_06
2.499.459	FRB2C0004000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
2.649.322	KRB1P0334000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.649.322	KRB1P0335000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
	FRB1C0016000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
2.656.922	FRB2C0003000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
2.670.329	FRB2C0003000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_06
2.603.654	FRB2C0003000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_06
2.603.654	FRB2C0003000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_06
2.644.705	FRB2C0003000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
2.657.266	FRB2C0004000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
2.659.854	FRB2C0004000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_06
2.645.377	FRB2C0004000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_06
2.603.654	FRB2C0004000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_06
2.536.722	HYA4P0003000	REPARTO AUTOCLAVE	IROP_HP1
2.675.556	TNA2P0015000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.613.919	KRA9P0058000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.613.919	KRB1P0374000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.613.919	KRB1P0375000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.670.849	KRB1P0064000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.609.675	KRB1P0095000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.609.675	KRB1P0094000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.539.785	TNA2P0054000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_05
2.539.785	TNA2P0051000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_05
2.539.785	TNA2P0053000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_05
2.539.785	TNA2P0052000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_05
2.539.785	TNA2P0055000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_05
2.539.785	TNA2P0050000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_05
2.676.202	MGA2P0015000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.670.849	MGA1P0006000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.670.849	MGA1P0006000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.539.785	TNA2P0046000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_05
2.539.785	TNA2P0047000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_05
2.539.785	TNA2P0049000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_05
2.603.654	MCB1P0044000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_06
2.603.654	MCB1P0045000	REPARTO AUTOCLAVE	MAROSO_HP3_06
2.613.919	KRA9P0031000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.652.443	KRB1P0042000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.609.675	KRB1P0421000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.609.675	KRB1P0423000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.652.443	KRB1P0043000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.609.675	KRB1P0420000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1
2.609.675	KRB1P0422000	REPARTO AUTOCLAVE	ITALMATIC_HP1

Grazie all'utilizzo delle tabelle Pivot su Excel, i dati venivano raccolti e ordinati in modo da avere nella prima colonna il numero di bolla madre, nella seconda i codici dei prodotti polimerizzati in quel ciclo dell'autoclave e nella terza colonna la quantità di ogni articolo presente in quel ciclo.

Tabella 4.4: Sintetizzazione dati

Num. bolla madre	Codice articolo	Qta articolo
2710265	FRA3P0001000	1
	FRA8P0004000	2
	FRB1C0013000	1
	FRB6C0004000	3
	FRB6P0009000	4
	PHA3P0005000	3
	PHA3P0013000	1
	PHA3P0015000	1
Totale		16

Dopo aver raccolto i dati dal gestionale, la tabella pivot creata veniva copiata ed incollata in un'altra scheda di Excel, in modo da poter aggiungere ulteriori informazioni.

È stato necessario utilizzare le informazioni acquisite durante lo studio delle valvole utilizzate da ogni componente. Esse, infatti, corrispondono al numero di tubi per il vuoto occupato da ogni articolo all'interno dell'autoclave. Grazie alla funzione CERCAVERT di Excel, dalla tabella in cui sono stati riportati i codici articolo e il numero di valvole utilizzate, è stato possibile aggiungere alle tabelle come quella in **Tabella 4.4** dei dati riguardo il numero di tubi che ciascun articolo occupa.

Tabella 4.5: Informazioni su ciclo in autoclave e sui tubi occupati

Num. bolla madre	Codice articolo	Qta articolo	Tubi occupati
2710265	FRA3P0001000	1	1
	FRA8P0004000	2	1
	FRB1C0013000	1	3
	FRB6C0004000	3	0,333333333
	FRB6P0009000	4	0,25
	PHA3P0005000	3	3
	PHA3P0013000	1	3
	PHA3P0015000	1	1
Totale		16	

Come si può vedere in **Tabella 4.5** ci sono dei numeri decimali. Essi fanno riferimento a quegli articoli che sono contenuti in sacchi multiprodotto. Quindi, se a quel sacco è stato affidato un tubo, il numero di tubi occupati da ogni singolo articolo contenuto nel sacco è pari a 1 diviso il numero di componenti presenti. Ad esempio, se in tabella come numero di tubi occupati è

riportato 0,25, significa che quell'articolo era presente in un sacco multiprodotto formato da 4 articoli.

Dopodiché, è stata moltiplicata la terza colonna per la quarta, in modo da avere il totale di tubi occupati da un determinato codice.

Il passo successivo è stato sommare il numero di tubi occupati e utilizzare questa informazione per calcolare la resa del singolo ciclo. Quest'ultima non è altro che il rapporto tra la somma dei tubi occupati e il numero totali di tubi presenti nell'autoclave.

Tabella 4.6: *Analisi efficienza autoclave*

Num. bolla madre	Codice articolo	Qta articolo	Tubi occupati	Totale Tubi per articolo	
2710265	FRA3P0001000	1	1	1	
	FRA8P0004000	2	1	2	
	FRB1C0013000	1	3	3	
	FRB6C0004000	3	0,333333333	1	
	FRB6P0009000	4	0,25	1	
	PHA3P0005000	3	3	9	
	PHA3P0013000	1	3	3	
	PHA3P0015000	1	1	1	Resa ciclo
	Totale	16		21	0,7

A queste informazioni sono state aggiunte l'ora di inizio e di fine della lavorazione, le quali è stato possibile ottenerli grazie alla tabella SITUAZIONI ORDINI dell'applicazione MES backend.

Tabella 4.7: *Aggiunta di informazioni sulla durata del ciclo*

Num. bolla madre	Codice articolo	Qta articolo	Tubi occupati	Totale Tubi per articolo				
2710265	FRA3P0001000	1	1	1				
	FRA8P0004000	2	1	2				
	FRB1C0013000	1	3	3				
	FRB6C0004000	3	0,333333333	1				
	FRB6P0009000	4	0,25	1				
	PHA3P0005000	3	3	9				
	PHA3P0013000	1	3	3				
	PHA3P0015000	1	1	1	Resa ciclo	Ora Inizio	Ora Fine	Durata
	Totale	16		21	0,7	16:50:00	20:45:00	03:55:00

Il rapporto tra la somma dei tempi dei cicli di un'autoclave e il tempo totale disponibile, ossia il tempo totale in cui l'autoclave è in funzione, veniva utilizzato per determinare la saturazione del serbatoio pressurizzato. È stata poi calcolata la resa media della giornata dell'autoclave ponderata in base al tempo di lavorazione di ogni ciclo. Il prodotto tra la resa media ponderata e la saturazione dava come risultato l'efficienza dell'autoclave in quella giornata.

Questo lavoro è stato svolto ogni giorno in modo da poter creare una raccolta dati settimanale in cui venivano mostrati resa, saturazione, efficienza, la media di tubi occupati e il totale dei componenti lavorati per ogni autoclave.

Tabella 4.8: Sintesi di dati di una settimana

STABILIMENTO	DATA	DATA_AUTOCLAVE	Resa delle autoclavi	Saturazione	Efficienza della macchina	MEDIA ASPIRAZIONI OCCUPATE	TOTALE PEZZI
HP1	17.06	17.06_AUTOCLAVE1	41%	72%	29%	12,25	47
		17.06_AUTOCLAVE2	48%	80%	38%	14,6	68
HP2	17.06	17.06_AUTOCLAVE3	75%	84%	63%	15,8	67
		17.06_AUTOCLAVE4	63%	80%	50%	18,5	27
HP3	17.06	17.06_AUTOCLAVE5	44%	47%	21%	13	9
		17.06_AUTOCLAVE6	86%	78%	67%	25,5	106
HP1	18.06	18.06_AUTOCLAVE1	47%	57%	27%	12,5	59
		18.06_AUTOCLAVE2	56%	60%	34%	16,6	89
HP2	18.06	18.06_AUTOCLAVE3	80%	89%	72%	15,16666667	66
		18.06_AUTOCLAVE4	71%	70%	50%	21	39
HP3	18.06	18.06_AUTOCLAVE5	47%	59%	27%	13,5	24
		18.06_AUTOCLAVE6	91%	86%	79%	27,5	139
HP1	19.06	19.06_AUTOCLAVE1	23%	100%	23%	0	0
		19.06_AUTOCLAVE2	60%	97%	58%	18,28571429	146
HP2	19.06	19.06_AUTOCLAVE3	80%	66%	53%	16	63
		19.06_AUTOCLAVE4	166%	89%	59%	16,66666667	42
HP3	19.06	19.06_AUTOCLAVE5	38%	63%	24%	11,5	44
		19.06_AUTOCLAVE6	94%	82%	77%	28,2	106
HP1	20.06	20.06_AUTOCLAVE1	27%	64%	17%	6	20
		20.06_AUTOCLAVE2	58%	92%	53%	17,42857143	139
HP2	20.06	20.06_AUTOCLAVE3	88%	88%	77%	17,4	62
		20.06_AUTOCLAVE4	74%	72%	53%	22,2	32
HP3	20.06	20.06_AUTOCLAVE5	60%	82%	49%	18	48
		20.06_AUTOCLAVE6	84%	71%	60%	25,2	103
HP1	21.06	21.06_AUTOCLAVE1	55%	72%	39%	16,6	101
		21.06_AUTOCLAVE2	53%	77%	41%	9,75	29
HP2	21.06	21.06_AUTOCLAVE3	80%	81%	64%	16	60
		21.06_AUTOCLAVE4	73%	87%	64%	22	43
HP3	21.06	21.06_AUTOCLAVE5	51%	74%	38%	15,4	41
		21.06_AUTOCLAVE6	98%	77%	76%	29,6	129

I dati concerni gli indicatori di prestazione venivano rappresentati su un grafico a linee di Excel. In questo modo è stato possibile vedere in maniera più immediata in quali giorni della settimana le autoclavi venivano utilizzate più efficientemente e quando meno. A titolo di esempio sono stati riportati i grafici realizzati per la settimana dal 01/07/2019 al 05/07/2019.

Ogni venerdì mattina i dati della settimana precedente venivano mostrati ai capi reparto dell'autoclave, in modo da individuare le cause di eventuali inefficienze.

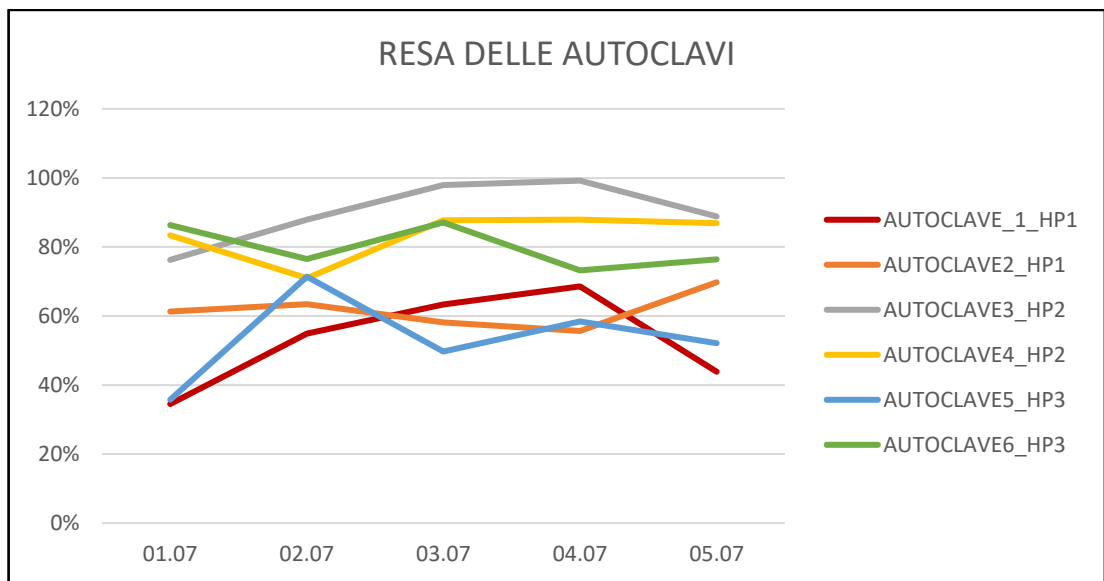


Figura 4.19: Grafico con resa autoclavi in una settimana

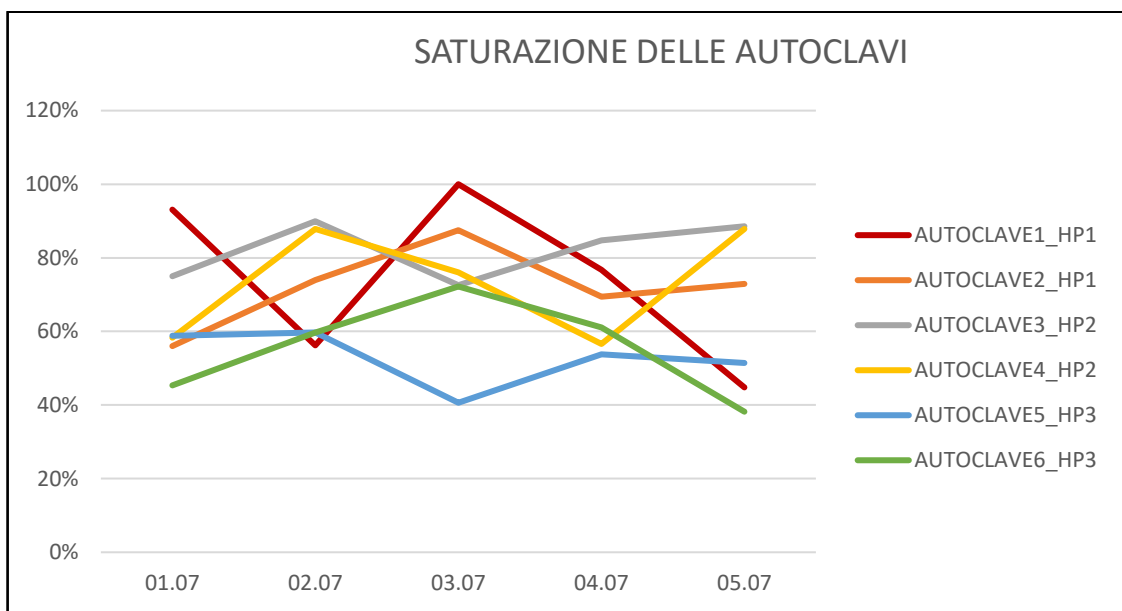


Figura 4.20: Grafico con saturazione autoclavi in una settimana

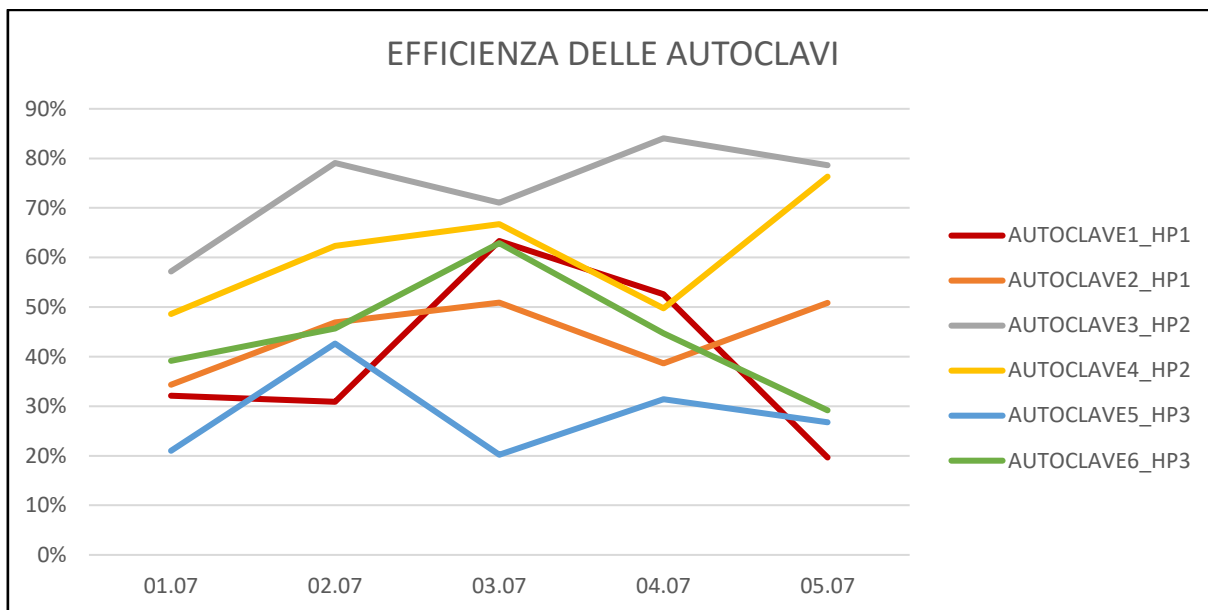


Figura 4.21: Grafico con efficienze autoclavi in una settimana

Nel corso delle settimane i dati ottenuti sono stati confrontati tra di loro. Grazie a queste informazioni è stato possibile osservare quali autoclavi presentavano delle diminuzioni di efficienza.

Lo studio condotto ha confermato quello che era stato notato precedentemente durante l'analisi sulle valvole utilizzate. Infatti, in **Figura 4.22** è possibile vedere il declino delle efficienze dell'autoclave 6 in HP3.

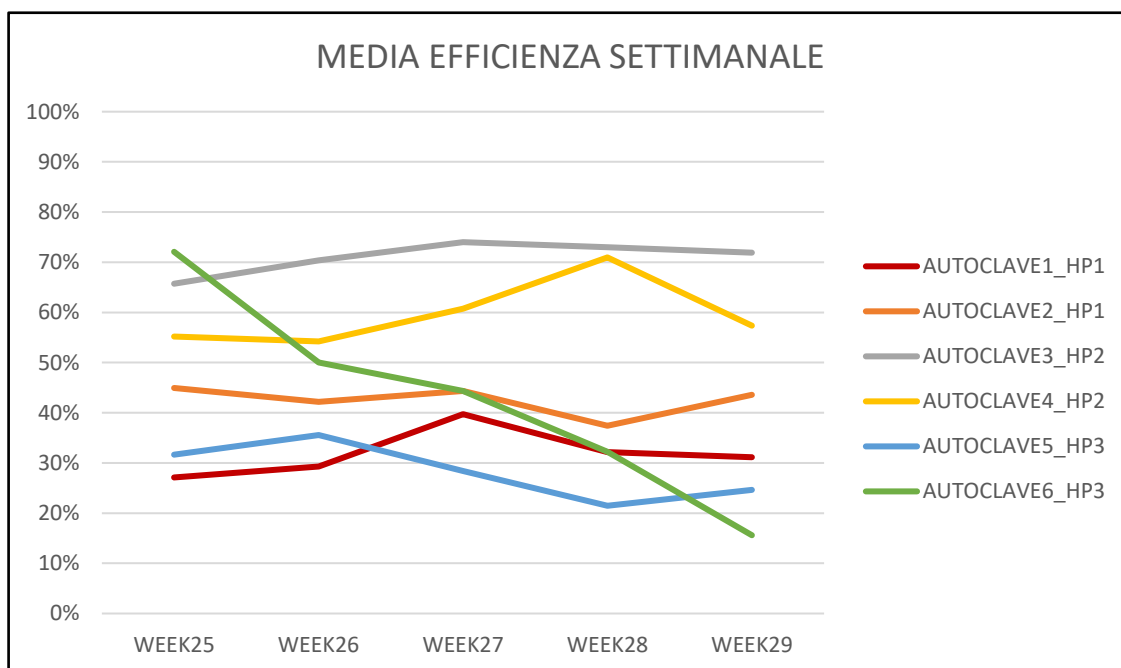


Figura 4.22: Medie efficienze delle autoclavi da week 25 a week 29

Si è cercato quindi di individuare il motivo di tale declino. Grazie all'analisi dei grafici precedentemente descritti dell'autoclave presa in esame, si è visto che nell'arco delle settimane l'autoclave 6 aveva una resa nella media ma una saturazione molto bassa. Questo stava ad indicare che venivano fatti pochi cicli di cura ma che si cercava di riunire in un unico ciclo più componenti possibili. Questa strategia di lavoro portava ad avere l'autoclave accesa per tutte le ore lavorative, in quanto spegnerla e riaccenderla ad ogni ciclo sarebbe stato troppo costoso a livello di tempo, con conseguenti ritardi nelle lavorazioni successive. Allo stesso tempo, però, si aveva uno spreco di energia, che porta ad un innalzamento dei costi aziendali.

Per ridurre i costi ed utilizzare in modo più efficiente ed efficace l'autoclave 6, è stato pensato di introdurre in essa dei componenti laminati negli altri stabilimenti.

Visto che le autoclavi di HP1 sono utilizzate anche per dei cicli particolari chiamati LTM, i quali impiegano il serbatoio pressurizzato per diverse ore ma che vengono utilizzati per polimerizzare un numero ridotto di componenti, è stato ritenuto opportuno spostare i componenti di HP1 in HP3.

Per procedere con questa soluzione è stato necessario per prima cosa identificare i componenti laminati in HP1 i quali venivano polimerizzati con un ciclo di cura implementato anche in HP3. Questi sono stati raggruppati all'interno di una tabella, la quale è stata stampata e consegnata agli autoclavisti di HP1. A loro è stato chiesto di posizionare su un carrello i componenti da trasferire in HP3 e poi di provvedere allo spostamento.

È stato creato un documento per gli autoclavisti di HP3, in cui venivano riportati in quali cicli di cura introdurre i componenti laminati in HP1. Non è stata spostata anche la laminazione dei componenti trasferiti in HP3, in quanto sarebbe stato necessario insegnare ai laminatori di questo stabilimento le tecniche di laminazione necessarie per gli articoli di HP1, e questo avrebbe rappresentato un costo in termini di tempi per entrambi i siti di produzione quindi dei possibili ritardi nelle altre lavorazioni.

L'ultimo passaggio è stato quello di analizzare le performance dell'autoclave 6 e delle autoclavi di HP1 dopo questi cambiamenti.

In **Figura 4.23** è possibile vedere come, grazie alla strategia adottata, sono migliorate le performance dell'autoclave 6 nell'arco di solamente due settimane. Allo stesso tempo, le performance di HP1 sono rimaste per lo più invariate. Questo ci indica che le autoclavi in HP1 erano sovraccaricate di lavoro e che quindi si formavano delle code di attesa dei componenti prima di poter essere polimerizzati. Inoltre, è stato riscontrato che dopo l'adottamento di questa strategia, l'azienda è stata in grado di rispettare in maniera più puntuale le date di consegna concordate con i clienti.

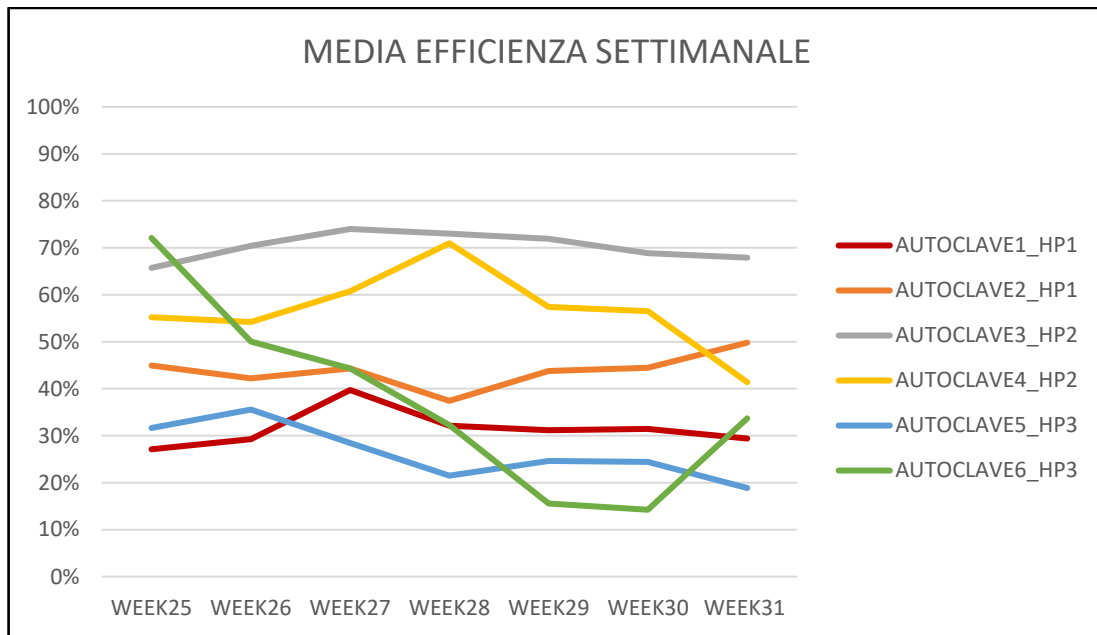


Figura 4.23: Grafico efficienze autoclavi da week 25 a week 31

4.1.5 Rimozione del sacco, controlli non distruttivi e finitura

Dopo aver estratto i componenti dall'autoclave, si passa alla rottura del sacco e alla rimozione dei vari strati di materiali. Per eseguire queste operazioni si utilizza una placca di plastica la quale viene posta ad una estremità del componente. Dopodiché, il componente viene estratto dallo stampo. Questo passaggio avviene attraverso l'utilizzo di strumenti manuali e la durata dipende anche dalle condizioni dello stampo. Uno stampo può essere utilizzato per una decina di volte. Quindi, quando è stato utilizzato più di 5-6 volte, l'operazione di estrazione del componente inizia a diventare più difficile.

Il pezzo viene poi trasferito fino al reparto di controlli non distruttivi. Questi ultimi sono fondamentali per identificare la presenza di difetti interni. Nel caso dei materiali compositi questi difetti possono essere:

- rottura delle fibre
- delaminazioni o separazione tra strati
- insufficiente polimerizzazione delle fibre
- ondularità delle superfici
- disuniforme distribuzione della resina
- presenza di vuoti

Per verificare la loro presenza, vengono utilizzati diversi strumenti tecnologici come il CMM Checking (macchine di misura a coordinate). Quest'ultima, in particolare, è utilizzata per analizzare i parametri delle forme dei componenti.

Un altro strumento utilizzato in fase di controllo della qualità è il rilevatore di difetti ad ultrasuoni. Questi controlli utilizzano delle onde sonore ad alta frequenza che vengono fatte penetrare nei componenti. In questo modo è possibile esaminare difetti superficiali, difetti interni e misurare le dimensioni di eventuali difettosità.

Nel caso in cui vengano riscontrate delle difettosità, gli addetti alla qualità cercano di individuare la fonte del problema e di ripararlo. Se questo non è possibile, il componente viene scartato e si procede nuovamente alla sua realizzazione. In questo caso è necessario creare un nuovo ordine di lavoro ed eseguire le varie lavorazioni. Quando invece non vengono riscontrate delle difettosità, i componenti vengono spostati verso il reparto di finitura. Per prima cosa gli operatori carteggiano le superfici laterali del pezzo in modo da eliminare gli sfridi di resina che si possono accumulare durante la fase di polimerizzazione e le altre imperfezioni superficiali. Dopodiché si passa all'incollaggio di eventuali inserti necessari al completamento del pezzo. La finitura si conclude con l'utilizzo di gel da utensile che vengono stesi sul prodotto in modo da realizzare una patina protettiva sulla superficie del pezzo. Questo conferisce il classico effetto "carbon look". Per le parti estetiche viene steso un ulteriore strato di trasparente per proteggere il componente dai raggi ultravioletti.



Figura 4.24: *Specchietti carbon look*

I componenti che necessitano di essere verniciati vengono affidati ad un'altra azienda che ha la sede molto vicino a quella di HP Composites, la quale si occupa di svolgere questa operazione.

Il componente viene sottoposto ad un ultimo controllo qualità e se tutti i parametri sono rispettati, è pronto per essere stoccato in magazzino e poi per essere consegnato al cliente.

4.1.6 Produzione pannello sandwich

Per i clienti che richiedono componenti con un'elevata rigidità flessionale e torsionale e un'alta resistenza al taglio, HP Composites risponde con dei prodotti che presentano una struttura sandwich polimerizzati in autoclave. In particolare, questo tipo di strutture vengono utilizzate per la realizzazione di portelle o di spoiler.

Come core materials viene utilizzato solitamente del PVC o del Rohacell. Per la produzione di tali componenti si eseguono le seguenti fasi:

1. taglio dei pannelli di PVC o di Rohacell
2. taglio dell'adesivo
3. preparazione dello stampo
4. laminazione
5. sacco a vuoto
6. cura in autoclave
7. rimozione del sacco ed estrazione del componente
8. controlli non distruttivi e finitura
9. controllo qualità

Le prime due fasi vengono svolte in HP2 nel reparto inserti.

Qui gli operatori, utilizzando dei taglierini, tagliano i pannelli di PVC e di Rohacell delle forme necessarie.

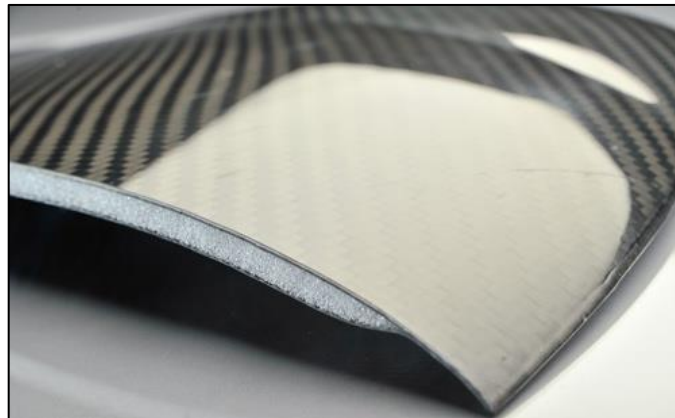


Figura 4.25: Pannello sandwich in Rohacell

Dopodiché, viene tagliato il film adesivo che serve per incollare la schiuma sui due pannelli in fibra di carbonio e dal reparto inserti viene spostato tutto al reparto laminazione, che può essere quello in HP1, HP2 o HP3. Da qui in poi le operazioni eseguite per l'insieme lamine in fibra di carbonio e materiale riempitivo sono le stesse descritte nei paragrafi precedenti.

In HP Composites è stata osservata una difficile gestione dei pannelli PVC e Rohacell. La causa di questo problema sono stati gli errori presenti nelle distinte base. Per individuare tutti gli errori presenti è stata condotta un'analisi delle distinte base presenti in Gamma Enterprise. Durante questo lavoro è stato osservato che, gli errori non si limitavano alle schiume, ma anche ad altri inserti lavorati nel reparto (come dadi bulloni, viti i quali vengono sottoposti a processo di sabbiatura). Infatti, è stato riscontrato che non erano riportati né le giuste quantità di PVC o Rohacell necessarie, né tutti gli inserti che costituiscono i componenti. Ad esempio, per lo scivolo estrattore di una commessa di Hyundai, non erano elencati due tagli PVC e i dadi che invece devono essere posizionati sul componente. Altre volte invece è stato osservato che nelle distinte base c'erano inserti e schiume che in realtà non costituivano quell'articolo. Questo comportava degli errori nella generazione dell'MRP, in quanto, basandosi sulle distinte base, crea un piano dei fabbisogni settimanale non corretto.

Conseguentemente si presentano una serie di problemi come, ad esempio, difficoltà nella gestione delle scorte di queste materie prime e, quindi, del loro acquisto. Infatti, non avendo informazioni digitali di quanti pannelli sono stati effettivamente utilizzati nella settimana, è difficile per l'ufficio produzione capire il fabbisogno di materie prime e quindi dare informazioni all'ufficio acquisto sui materiali da ordinare. Per questo motivo è stato ritenuto necessario apportare delle modifiche alle distinte base.

Inizialmente è stato chiesto al consulente di Gamma Enterprise di applicare una funzione che rendesse tutti i pannelli PVC e Rohacell e gli inserti costituenti le distinte base dei materiali "fantasma", ossia che non venissero considerati nella generazione dell'MRP. Così facendo si impediva di creare degli ODL per questi componenti e quindi non era possibile avere alcuna tracciabilità delle informazioni riguardo il reparto inserti. In assenza di ODL, gli operatori lavorano su richiesta dei lavoratori del reparto laminazione e finitura.

A causa di questa decisione è stato impossibile calcolare qualsiasi tipo di indicatore di prestazione per il reparto inserti. Se gli inserti fossero rimasti fantasma per un periodo troppo lungo, non sarebbe stato possibile per troppo tempo calcolare l'efficienza del reparto e capire se fossero necessarie delle migliorie dei processi. Per questo motivo si è cercato di portare a termine l'analisi in un tempo breve.

Nel frattempo, è stato chiesto un supporto da parte dei tecnici che si occupavano della prototipazione degli articoli. Infatti, a loro è stato richiesto di identificare le modifiche da apportare alle distinte base.

Questo però non è bastato. Visto che Gamma Enterprise dà la possibilità di creare degli ODL con quantità diverse da quelle strettamente necessarie, è stato deciso di condurre un'analisi volta a capire in che modo operasse il reparto inserti. Era necessario comprendere se la sabbiatura per alcuni inserti di piccole dimensioni, come dadi e bulloni, avvenisse per grandi quantità di essi o solamente per quelli necessari alla produzione. Oppure se il taglio dei pannelli PVC e dei Rohacell avvenisse cercando di sfruttare al meglio il pannello, e quindi, ad esempio, tagliando sempre per lo stesso numero di parti, trasferendo poi in laminazione solo quelli necessari, o se, al contrario, tagliassero esclusivamente il numero di pezzi necessari e

lasciassero il pannello avanzato in reparto per utilizzarlo in futuro. In questo modo si poteva decidere se lasciare creare a Gamma Enterprise gli ODL con le quantità strettamente necessarie o se chiedere al consulente del software di introdurre una funzione in grado di generare ODL con le quantità adeguate.

Per ottenere queste informazioni sono state condotte due analisi, una esclusivamente sugli inserti e una sui pannelli di PVC e Rohacell.

Per prima cosa è stato fatto un inventario di tutti gli inserti presenti a magazzino. Poi è stata creata una tabella con i codici degli inserti. Questa è stata consegnata agli operatori che avevano il compito di inserire le quantità richieste dagli altri reparti e le quantità che loro effettivamente producevano.

Tabella 4.9: Esempio di tabella consegnata agli operatori

Componente	DescrizioneComponente	Quantità necessaria	Quantità prodotta
100800246MPP	RIVETTI 4X10 INOX-INOX FAR COD: FAR522401003 Testa Piatta	630	1000
404500864MCI	VITE A4 TBCEI 7380 M4X10B NEROINOX	210	500

I dati lì riportati, venivano inseriti in una scheda di Excel, la quale veniva aggiornata giornalmente. Veniva inserito a fianco ad ogni codice di inserto la quantità alla quale era stato applicato il processo di sabbiatura in quel giorno e poi veniva aggiornato il dato concerne alle scorte. Per quest'ultima operazione bastava aggiungere al dato del giorno precedente la quantità prodotta e poi sottrarre quella richiesta dai reparti di laminazione o finitura.

Tabella 4.10: Primo esempio di aggiornamento dei dati nella scheda Excel

Componente	DescrizioneComponente	20-lug	Magazzino
100800246MPP	RIVETTI 4X10 INOX-INOX FAR COD: FAR522401003 Testa Piatta	1000	=300+1000-630
404500864MCI	VITE A4 TBCEI 7380 M4X10B NEROINOX	500	390

Tabella 4.11: Secondo esempio di aggiornamento dei dati nella scheda Excel

Componente	DescrizioneComponente	20-lug	21-lug	Magazzino
100800246MPP	RIVETTI 4X10 INOX-INOX FAR COD: FAR522401003 Testa Piatta	1000	1000	=300+1000-630 +1000-700
404500864MCI	VITE A4 TBCEI 7380 M4X10B NEROINOX	500		390

I dati raccolti venivano discussi con gli operatori, per comprendere meglio il perché loro operassero in quel determinato modo. Ad esempio, era stato osservato che la produzione di viti avveniva sempre con quantità pari a 500 o multipli di esso. Con il confronto con gli operatori è stato possibile capire il perché: gli stampi utilizzati per la sabbiatura permettevano la creazione di tali volumi e non utilizzare lo stampo al massimo della sua capacità comportava uno spreco di energia e quindi maggiori costi aziendali. Inoltre, attraverso questa analisi e il confronto

avuto con gli operatori, è stato riscontrato che per alcuni prodotti gli inserti vengono preparati a kit, ossia se un articolo necessita di sei inserti diversi, questi vengono prima lavorati tutti e poi consegnati al reparto di laminazione. Per questo motivo è stato valutato anche di creare degli ODL a kit, così da avere traccia di informazioni, come ad esempio inizio e fine della lavorazione, che fanno a riferimento a più inserti costituenti uno stesso articolo.

La raccolta di queste informazioni è servita per creare una tabella in cui, per ogni inserto, veniva indicato il tipo di ODL più adeguato.

Per quanto riguarda l'utilizzo di pannelli PVC e Rohacell è stata condotta un'analisi diversa. Per prima cosa sono stati individuati gli articoli i quali richiedevano dei pannelli sandwich. Dopodiché è stata condotta un'indagine direttamente al reparto inserti. Agli operatori è stato chiesto se con un pannello di schiuma vengono eseguiti tagli per lo stesso codice articolo o se con un pannello soddisfano le necessità di più codici. Da questa analisi è stato compreso che in linea di massima, con uno stesso pannello, vengono fatti tutti tagli uguali, destinati a più part number di uno stesso codice articolo. Allora, è stato chiesto se con un pannello vengono eseguiti sempre lo stesso numero di tagli. Ad esempio, se con un pannello vengono tagliati sempre 5 parti di schiuma destinati alla laminazione di uno spoiler. Anche in questo caso, analizzando i diversi turni che si alternavano tra mattina e pomeriggio, è stato dedotto che le quantità tagliate sono sempre le stesse. Per questo motivo è stato deciso che per pannelli di PVC e Rohacell, i quali vengono acquistati sempre con le stesse dimensioni, vengano creati degli ODL con quantità pari a quella dei tagli del pannello. Questo significa che se nel piano produzione vengono riportati 3 spoiler, ci sarà una richiesta di 3 parti di PVC o Rohacell. Ma se con il pannello si possono tagliare 5 parti, allora l'ODL che verrà generato avrà come quantità 5. I due pezzi che avanzano vanno poi a formare la scorta.

Anche le informazioni riguardanti i PVC e i Rohacell sono state elencate in una tabella la quale, insieme all'altra con le informazioni sugli inserti, sono state consegnate al consulente di Gamma Enterprise, il quale le ha utilizzare per far in modo che, dopo la generazione dell'MRP, gli ODL di questi determinati prodotti seguissero le indicazioni date.

5. CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI FINALI

La produzione di componenti fibrorinforzati attraverso la tecnologia dell'autoclave risulta essere lunga e molto dispendiosa. Infatti, l'estrema manualità richiesta per la manipolazione dei prepreg e i lunghi cicli di cura in autoclave influiscono negativamente sui tempi ciclo. Inoltre, visto che il processo di laminazione viene eseguito completamente dagli operatori, il costo della manodopera è molto elevato. Un altro costo che ha un grande impatto è il dispendio energetico richiesto dai cicli di cura, in quanto l'intero volume dell'autoclave deve essere riscaldato fino ad alte temperature.

L'elevato costo totale richiesto per la produzione dei componenti fibrorinforzati con l'applicazione di questa tecnologia ha portato HP Composites ad avere produzioni di piccole serie destinate al settore del racing e luxury, dove non è il prezzo finale il parametro che veicola la scelta dell'acquisto della vettura, ma vengono considerati altri fattori come:

- elevate caratteristiche meccaniche
- elevata leggerezza
- il miglioramento degli obiettivi estetici

Le nuove regolamentazioni internazionali, le quali richiedono un decremento delle emissioni di CO₂, hanno aperto dei nuovi scenari nell'utilizzo di compositi rinforzati con fibra di carbonio anche nella produzione di massa. Infatti, grazie all'utilizzo di questi materiali, è possibile ridurre notevolmente il peso delle vetture e, conseguentemente, è possibile avere un risparmio del carburante di circa il 7%. Inoltre, per la produzione di vetture elettriche è fondamentale realizzare delle automobili con componenti strutturali e di carrozzeria leggeri, in modo da compensare il peso dovuto alle batterie e, quindi, di limitare la richiesta di potenza elettrica. Infatti, più le macchine sono pesanti e più questa richiesta è alta. Le norme internazionali richiedono anche che le automobili su strada siano sempre più resistenti e che presentino caratteristiche meccaniche elevate.

Queste considerazioni ci fanno capire che è fondamentale per il futuro il passaggio da produzione in piccola serie a grande serie.

L'utilizzo di tecnologie di produzione, come quella dell'autoclave, presentano, quindi, dei costi variabili (materiali + lavorazione) troppo elevati, che non possono essere imputati a vetture di serie dove il prezzo è un parametro di prima importanza.

Per riuscire ad essere competitivi nel mercato nei prossimi anni, è fondamentale che HP Composites investa nella ricerca di tecnologie più adatte a rispondere a queste esigenze. È necessario sviluppare delle tecnologie in grado di soddisfare produzioni industriali vere e proprie.

Per questo motivo è importante che l'azienda ponga la propria attenzione nello sviluppo di tecniche di produzione volte a:

- automatizzare i processi
- aumentare la produttività
- ridurre i tempi ciclo
- ridurre tempi e costi di lavorazione

Questo però non basta. Per non perdere terreno sul mercato è necessario che lo sviluppo di nuove tecnologie per la produzione sia affiancato da una soluzione più ottimale nella gestione dei dati di produzione, i quali sono fondamentali per prendere delle decisioni corrette.

Come descritto nei paragrafi precedenti, le procedure di analisi dei processi produttivi richiedono molto tempo per essere completate e spesso è stato ritenuto necessario andare direttamente nei siti produttivi e occuparsi personalmente della raccolta dei dati, per assicurarsi che questi ultimi siano affidabili e veritieri. Infatti, come riportato nel terzo capitolo, in HP Composites per raccogliere i dati relativi ai processi di produzione vengono utilizzati gli ODL stampati con dei codici a barre identificativi delle diverse operazioni da compiere. Sono gli operatori che si occupano della lettura dei singoli codici attraverso dei lettori ottici e quindi dipende da loro l'efficienza e l'efficacia della tracciabilità dei dati di produzione.

Se gli operatori si dimenticano di procedere con la marcatura dei codici a barre o compiono degli errori nell'eseguire questa operazione, arrivano agli ingegneri di produzione dei dati incoerenti (come, ad esempio, componenti che hanno subito il processo in autoclave ma no la laminazione) e quindi non affidabili per portare a termine analisi e report. Inoltre, per far avvenire correttamente la marcatura dei codici a barre, è necessario che gli ODL stampati siano puliti e non deformati. Ma, visto che le schede vengono maneggiate nei siti produttivi, spesso capita che vengano contaminate da polveri e olii presenti nei vari reparti, impedendo al lettore ottico di individuare il codice. Questo comporta un rallentamento del tempo di produzione, in quanto gli operatori devono raggiungere l'ufficio produzione e richiedere una nuova stampa dell'ODL.

Queste considerazioni fanno intendere che è necessario implementare un sistema più efficiente per la raccolta e la tracciabilità dei dati di produzione. Una soluzione potrebbe essere l'implementazione di un sistema RFID (Radio Frequency Identification).

Questa tecnologia si basa sull'identificazione a radiofrequenza, ovvero una tecnologia in grado di memorizzare in maniera autonoma dati e informazioni su oggetti, utilizzando dei tag (etichette elettroniche che si inseriscono nel componente) e degli apparati che leggono i dati presenti negli RFID. I lettori RFID possono essere posti in prossimità delle postazioni di lavoro, in modo da poter tracciare i movimenti dei componenti e le lavorazioni eseguite. Così facendo si riducono le attività di controllo, monitoraggio e raccolta dati eseguite dagli operatori durante le lavorazioni e vengono inviati agli ingegneri di produzione dei dati affidabili e continuamente

aggiornati. Inoltre, visto che lo scambio di informazioni tra tag e lettori avviene senza contatto visivo ma tramite radiofrequenza, la presenza di polveri e olii non limiterebbe la lettura delle informazioni.

In conclusione, si può affermare che per continuare a far crescere il proprio fatturato e per espandersi anche in diversi segmenti del mercato è necessario per HP Composites rimodellare la loro idea di business, investendo in tecnologie più adatte alla produzione di massa e implementando sistemi di gestione dei dati innovativi, che permettano una migliore interconnessione tra sistemi fisici e digitali, limitino l'intervento degli operatori nella manipolazione delle informazioni e che diano la possibilità di condurre analisi accurate volte ad identificare gli errori nei processi di produzione e a migliorare quest'ultimi.

REFERENZE

Sitografia

Carbonaro G., 2015, *Materiali Compositi*,

https://dida.fausser.edu/dispro/carbonar/I_materiali/compositi.html

Romeo E., 2014, *I materiali compositi*,

<https://tecmatied.wordpress.com/2014/04/29/i-materiali-compositi/>

Alvaro V., 2007, *Materiali compositi a matrice cementizia per i rinforzi strutturali*, Tesi di Laurea, Università di Bologna,

https://amslaurea.unibo.it/2/1/Materiali_Compositi_a_Matrice_Cementizia_per_i_Rinforzi_Strutturali_di_Vincenzo_ALVARO.pdf

G. Sala, L. Di Landro, A. Airoidi, P.Bettini, *Tecnologie e materiali aerospaziali vol. 1 - cap. 34: Materiali compositi: tipologie e tecnologie di produzione dei rinforzi e dei loro semilavorati*,

www.polismanettoni.altervista.org/alterpages/files/34Cap_libro.pdf

G. Sala, L. Di Landro, A. Airoidi, P.Bettini, *Tecnologie e materiali aerospaziali vol. 1 - cap. 37: Tecnologie di formatura in pressa, in forno ed in autoclave con sacco da vuoto*,

http://www.polismanettoni.altervista.org/alterpages/files/37Cap_libro.pdf

Scomaniglio A., 2016, *Materiali compositi.*,

<https://slideplayer.it/slide/10591410/>

Nautech, *Le resine epossidiche*, 9 marzo 2015,

<https://www.nautechnews.it/2015/03/09/le-resine-epossidiche/>

Infobuild, *Materiali Compositi, cosa sono e come vengono prodotti*, 18 febbraio 2013,

<https://www.infobuild.it/approfondimenti/materiali-compositi/#Tecnologie-fabbricazione-materiali-compositi>

Romeo G., *La Tecnologia dei Materiali Compositi Avanzati nella Realizzazione delle Strutture Aeronautiche.*,

http://www.tech-mag.it/downloads/Il_mercato_aeronautico_in_Cina.pdf

Ferrato S., 2013, *Il project management nelle aziende che producono su commessa*, Tesi di laurea, Università Cà Foscari Venezia,

<http://dspace.unive.it/bitstream/handle/10579/4419/821922-1169002.pdf?sequence=2>

Manfrin F., 2013, *Materiali compositi per l'automotive*, Tesi di laurea, Università degli studi di Padova,

http://tesi.cab.unipd.it/44704/1/Materiali_compositi_per_l%27automotive.pdf

HP Composites, 2020, Le attrezzature in HP Composites,
<https://www.hpcomposites.it/attrezzature.html>

Bibliografia

American Society for Metals, 2001, Composites, Volume 21 of ASM Handbook

Gruppo Team System, Gamma Enterprise The eXtended ERP platform – Area Produzione

Abrate S., 1994: Optimal design of laminated plates and shells. Composite Structures, v.29, 269-286 (articolo di sintesi)

Barbero E. J., 1998: Introduction to composite materials design. Taylor & Francis

Gürdal Z., Haftka R. T. & Hajela P., 1999: Design and optimization of laminated composite materials. J. Wiley & Sons, New York

Badini C., 2015: Materiali Compositi per l'ingegneria, cap. 3 pp. 51-52, [ISBN 978-88-7661-992-2]

D'Andrea A., 2015, Sviluppo di una metodologia per la valutazione delle proprietà residue di materiali compositi danneggiati, Tesi di Laurea Magistrale, Politecnico di Torino

Rottigni A., 2015, Tecnologie di produzione con i materiali compositi e loro settore di applicazione

APPENDICE A

Numero delle valvole utilizzate per ogni articolo

STAB.	ARTICOLO	DESCRIZIONEARTICOLO	Media tubi
HP1	CHA1P0002000	Tappo Cobra Chair	1
HP1	CHA1P0025000	Office Chair	4
HP1	CHA1P0027000	C-desk Sx-Dx	2
HP1	CHA1P0028000	C-Desk DX	3
HP1	CHA1P0029000	Semiguscio C-desk Sx	2
HP1	CHA1P0031000	Tappo inf C-desk Sx-Dx	1
HP1	CHA1P0038000	CAETT00SED002 ETTORE OFFICE CHAIR - CARBON FIBER CAP FOR WHEEL	0,083333333
HP1	CHA1P0040000	Piastra per Top Board (2500*1500)	1
HP1	CHA1P0046000	Atlantic Chair Grezza	2
HP1	CHA1P0047000	Tappo Atlantic Chair Grezza	1
HP1	CNA7P0001000	Laminato per prove chimico fisiche-Cod. 19-0074-T01	1
HP1	CRA2P0013000	Piastra per Fermeture Pied 1000x1000 sp1mm	1
HP1	CWA2P0001000	OA08-14-009_H JS F3 Engine Cover - Capot Moteur	1
HP1	CWA2P0002000	OA08-14-003_E RH Front Underfloor Upper C. COUVERCLE AV FOND PLAT JS F3	1
HP1	CWA2P0003000	OA08-14-004_E LH Front Underfloor Upper C. COUVERCLE AV FOND PLAT JS F3	1
HP1	CWA2P0004000	OA08-14-005_C RH Front Sidepod - PONTON AV LIGIER JS F3 D	1
HP1	CWA2P0005000	OA08-14-006_C LH Front Sidepod - PONTON AV LIGIER JS F3 G	1
HP1	CWA2P0006000	OA08-14-007_G RH Rear Sidepod - PONTON AR LIGIER JS F3 D	1
HP1	CWA2P0007000	OA08-14-008_G LH Rear Sidepod - PONTON AR LIGIER JS F3 G	1
HP1	CWA2P0008000	OA08-14-010_B RH Sidepod Wing - AILLETTE DE PONTON JS F3 D	0,5
HP1	CWA2P0009000	OA08-14-011_B LH Sidepod Wing - AILLETTE DE PONTON JS F3 G	0,5
HP1	CWA2P0011000	GOULOTTE RADIATEUR G	1
HP1	CWA2P0012000	OA08-14-014_C RH Sidepod Square Bracket - EQUERRE FIXAT. GOUL. /PONT. D	0,5
HP1	CWA2P0013000	OA08-14-015_C LH Sidepod Square Bracket - EQUERRE FIX. GOUL. /PONT. G	0,5
HP1	CWA2P0014000	OA08-14-002_D Front Cover - CAPOT AV JS F3	1

HP1	CWA2P0016000	OA08-11-024A AIR BOX UPPER PART - BOITE A AIR SUPERIEUR	1
HP1	CWA2P0017000	OA08-11-026A AIR BOX LOWER PART - BOITE A AIR INF SUPPORT FILTRE	1
HP1	CWA2P0018000	OA08-11-027A AIR BOX TURBO INLET - BOITE A AIR INF ENTREE TURBO	1
HP1	CWA2P0019000	EQUERRE GOULOTTE GAUCHE MAINTIEN RADIATEUR	0,5
HP1	CWA2P0021000	F.31.19.118.B Headrest - F3	2
HP3	DRA8P0041000	ME221668_Centina Posteriore SX completa di viteria	1
HP3	DRA8P0051000	Riporto Pinna Esterna SX Estrattore	0,5
HP3	DRA8P0040000	ME221649RH 2_Centina Anteriore DX Definitiva con inserti a strappo	1
HP3	DRA8P0052000	Riporto Pinna Esterna DX Estrattore	0,5
HP1	DRA8P0059000	Shell Interna Arco Parabrezza	3
HP1	DRA8P0060000	Shell Esterna Arco Parabrezza	1
HP3	DRA8P0062000	Naca Fondo Anteriore	0,25
HP3	DRA8P0063000	ME228075LH Scarpetta Ripri. Diffusori Ester. Fondo Ant. incollata SX	0,5
HP3	DRA8P0064000	ME228075RH Scarpetta Ripri. Diffusori Ester. Fondo Ant. incollata DX	0,5
HP1	DRA8P0067000	ME225774 2 ME2 Cover Motore Wiper Windshield Frame Serie ex 25573	1
HP1	DRA8P0068000	ME225707RH 3 ME2 Tappo Fissaggio Anteriore Cupola DX	0,25
HP1	DRA8P0069000	ME225707LH 3 ME2 Tappo Fissaggio Anteriore Cupola SX	0,25
HP3	DRA8P0070000	ME225975 T-Frame Esterna	2
HP1	DRA8P0071000	ME225973 T-Frame Interna	3
HP1	DRA8P0072000	ME225981 1 Coperchio Interno Posteriore - Cupola V2	1
HP1	DRA8P0073000	ME225B26LH 3 ME2-Coperchio Interno Portiera LH - Laminato e Lavorato	0,5
HP1	DRA8P0074000	ME225B26RH 3 Coperchio Interno Portiera RH - Laminato e Lavorato	0,5
HP1	DRA8P0079000	ME225B25 Shell Cover tasca windshiel frame incastro T Cupola V2	1
HP1	DRA8P0080000	ME225B90 Spider Cover tasca windshiel frame T Cupola	1
HP1	DRA8P0082000	Supporto Apertura Porta DX	1
HP1	DRA8P0083000	Supporto Apertura Porta SX	1
HP1	DRB2P0006001	IR1828089 RHS Top Central Part Underwing - BONDED	2,5
HP2	FCA1P0008001	6701099020 RIPAROESTETICO MOT. (AUTOCLAVE)	1
HP1	FCA1P0009000	PIASTRA VERNICIATA PER PROVINI AQF DIM.1000X1000	1
HP2	FCA1P0011000	6701492970 MOSTRINA FINIZ. PORTA ANT SX (AUTOCLAVE)	0,5

HP2	FCA1P0012000	6701492960 MOSTRINA FINIZIONE PORTA ANT DX (AUTOCLAVE)	0,5
HP2	FCA1P0013000	6701492940 MOSTRINA FINIZIONE PORTA POST SX (AUTOCLAVE)	0,5
HP2	FCA1P0014000	6701492950 MOSTRINA FINIZ. PORTA POST DX (AUTOCLAVE)	0,5
HP1	FGA3P0026000	610734923_Coperchio scatola elettrica RBD 1A/18 DX Matricola 669-46	1
HP1	FGA3P0027000	610734922_Coperchio scatola elettrica RBD 1A/18 SX Matricola 669-46	1
HP1	FGA4P0020000	610832496_Collettore SX tubi sfiato 670 Matricola 670-82	0,5
HP1	FGA4P0021000	610832187_Coperchio supporto pompa lift SX Matricola 670-82	0,5
HP1	FGA4P0045000	610842553_CPL Supporto su motore tubo + coupled SX	0,375
HP1	FGA4P0076000	610863344_Supporto tubo ritorno XRDA DX MK2 Matr. 670-78	1
HP1	FGA4P0077000	610847367_Coperchio posteriore servosterzo 670 Matr. 670-74	1
HP1	FGA4P0083000	600802559_Mensola inf. Per vaso espansione H20 Matr. 655	1
HP1	FGA4P0084000	610901639_Supporto Ribexit none RBD 2A/19 Matr. 670-46	0,25
HP1	FGA4P0085000	610901638_Supporto Ribexit none RBD 2A/19 SX Matr. 670-46	0,25
HP1	FGA4P0086000	610901594_RWEP 1A/80/19 Carena piede per back to back DX Matr. 670-42	0,5
HP1	FGA4P0087000	610901593_RWEP 1A/80/19 Carena piede per back to back SX Matr. 670-42	0,5
HP1	FGA4P0061000	610847667_CPL incollaggio bracket su rotismo 670 Matr. 670-69	1
HP1	FGA4P0088000	610902159_Raggio leva ant inf- muso 2A/19 DX Matr. 670-48	0,361111111
HP1	FGA4P0089000	610902158_Raggio leva ant inf- muso 2A/19 SX Matr. 670-48	0,361111111
HP1	FGA4P0090000	610902154_Condotto SUP DX - MUSO 2A/19 Matr. 670-48	0,625
HP1	FGA4P0091000	610902155_Condotto SUP SX - MUSO 2A/19 Matr. 670-48	0,291666667
HP3	FRA2P0002000	085900500_00_00 Scivolo Aerodinamico Carbonio	4
HP3	FRA2P0003000	085903900_00_00 Deriva Laterale Sx	0,25
HP3	FRA2P0004000	085904000_00_00 Deriva Laterale Dx	0,25
HP3	FRA2P0005000	085904100_00_00 Deriva Centrale Sx	0,25
HP3	FRA2P0006000	085904200_00_00 Deriva Centrale Dx	0,25
HP3	FRA2P0007000	85905200 Portella Lat Sx Monoblocco Carbon	0,333333333
HP3	FRA2P0008000	85905400 Portella Lat Dx Monoblocco Carbon	0,333333333
HP3	FRA2P0009000	85905000 Portella Centrale Monoblocco Carbon	0,333333333
HP3	FRA3P0001000	85939500 Sponda Ferma Bagagli Carbonio	1
HP1	FRA4C0004000	87080600 SEPARAT FLUSSO FIANC DX CARB CPL	1
HP3	FRA7P0001000	88298200 Brancardo SX	2

HP3	FRA7P0002000	88298300 Brancardo DX	2
HP3	FRA8P0001000	Bocca Presa Aria	3
HP3	FRA8P0002000	Ossatura Bocca Presa Aria DX	0,134580499
HP3	FRA8P0003000	Ossatura Bocca Presa Aria SX	0,134580499
HP3	FRA8P0004000	89246600 Convogliatore Aria Parte Superiore	1
HP3	FRA8P0009000	89246300 Spoiler Laterale SX	1
HP3	FRA8P0010000	89246400 Spoiler Laterale DX	1
HP3	FRA8P0011000	Labbro Bocca Presa Aria	0,458333333
HP3	FRA8P0023000	089246400 Spoiler Laterale DX Speciale 90 Gloss	1
HP3	FRA8P0022000	89246300 Spoiler Laterale SX Speciale 90 Gloss	1
HP3	FRA8P0025000	089246600 Convogliatore Aria Parte Superiore Speciale 90 Gloss	1
HP3	FRA8P0024000	Labbro Bocca Presa Aria Speciale 90 Gloss	0,5
HP3	FRA8P0048000	89246400 Spoiler Laterale DX Commessa 126234 GG285 T4 blu 20 gloss	2
HP3	FRA9P0009000	Alette Laterali Inferiori SX	1
HP3	FRA9P0043000	Convogliatore Inf Radiatore Parte Fissa SX Stampo Femmina	1
HP3	FRA9P0047000	88820700 Cruscotto	3
HP3	FRA9P0048000	339079 Cover Monitor Secondario	0,5
HP3	FRA9P0059000	Convogliatore Inf Radiatore Parte Fissa SX Stampo Maschio	1
HP3	FRA9P0061000	Cover Monitor Secondario Parte Posteriore	1
HP1	FRA9P0062000	Piastra Contr. Botola Sottoscocca 1000x1500 sp1.2mm (FRA9P0033000)	1
HP2	FRB1C0006001	796698 SCIVOLO ESTRATTORE CPL CARB, 0.3 (Design)	4
HP2	FRB1C0013000	000767076 CONVOGLIATORE SX CARBON-LOOK	1
HP3	FRB1C0014000	000767072 CONVOGLIATORE DX CARBON-LOOK	1
HP2	FRB1C0015000	000827911 GUSCIO INFERIORE EUROPA	6
HP2	FRB1C0016000	000828145 FASCIA SUPERIORE CARBON LOOK	2
HP2	FRB1C0049000	094086092 - SCIVOLO ESTRATTORE CPL CARB Spina Pesce 200twill 90Gloss	4
HP2	FRB1C0052000	094086106 - CONVOGLIATORE DX CARBON LOOK Spina Pesce 200twill 90Gloss	1
HP2	FRB1C0051000	094086105 - CONVOGLIATORE SX CARBON-LOOK Spina Pesce 200twill 90Gloss	1
HP2	FRB1P0002001	Fascia Superiore Paraurti	2
HP2	FRB1P0012001	000796696_Scivolo Estrattore Carbonio, 0.1 (Design)	4
HP2	FRB1P0023000	000771868 Chiusura_Laterale_Inf_Sx_Carbonio	1
HP2	FRB1P0024000	000771877 Chiusura_Laterale_Inf_Dx_Carbonio	1

HP2	FRB1P0029002	000796816_Rinforzo_Fiss_Griglia_Estr_SX_1.1_1.1_Design	0,25
HP2	FRB1P0030002	000796817_Rinforzo_Fiss_Griglia_Estr_DX_1.1_1.1_Design	0,25
HP2	FRB1P0039002	000796815_Chiusura Lat Inf Sx Carbonio 2.1	1
HP2	FRB1P0040002	000796814_Chiusura Lat Inf Dx Carbonio 1.1	1
HP1	FRB1P0041000	786905 Portello Laterale Sx Carbonio	0,5
HP1	FRB1P0042000	786906 Portello Laterale Dx Carbonio	0,5
HP1	FRB1P0043000	786907 Portello Centrale Carbonio	0,5
HP2	FRB1P0047000	Convogliatore Paraurti SX Europa	1
HP2	FRB1P0048000	Convogliatore Paraurti DX Europa	1
HP2	FRB1P0058000	Staffa Sup Convogl Dx Mask Inc	1
HP2	FRB1P0059000	Staffa Sup Convogl Sx Mask Inc	1
HP2	FRB1P0063000	880669_Portello Laterale Sx Carbonio 20 Gloss	1
HP2	FRB1P0064000	880670_Portello Laterale Dx Carbonio 20 Gloss	1
HP2	FRB1P0065000	880671_Portello Centrale Carbonio 20 Gloss	1
HP2	FRB1P0081000	Chiusura_Laterale_Inf_Sx_Carbonio Spina Pesce 200twill	1
HP2	FRB1P0082000	Chiusura_Laterale_Inf_Dx_Carbonio Spina pesce 200twill	1
HP2	FRB1P0086000	094086093 - PORTELLA CENTRALE CARBONIO Spina Pescetwill 90Gloss	1
HP2	FRB1P0087000	094086095 - PORTELLA LATERALE SX CARBONIO Spina Pesce 200twill 90Gloss	1
HP2	FRB1P0088000	094086094 - PORTELLA LATERALE DX CARBONIO Spina Pesce 200twill 90Gloss	1
HP1	FRB1P0094000	Piastra AQP FASCIA CL	1
HP1	FRB1P0095000	Piastra AQF CONVOGLIATORI	1
HP1	FRB1SA041000	STAMPO-camera aria-_PORTELLO LATERALE SX	1
HP1	FRB1SA042000	STAMPO-camera aria-_PORTELLO LATERALE dX	1
HP1	FRB1SA043000	STAMPO-camera aria-_PORTELLO CENTRALE	1
HP3	FRB2C0003000	765482 CONDOTTO_PARAFANGO_SX_CARBONIO_CPL	1
HP3	FRB2C0004000	765481 CONDOTTO_PARAFANGO_DX_CARBONIO_CPL	1
HP2	FRB5C0004000	872797_SCIVOLO AERODINAMICO OPT CARBONIO+TELE CS	4
HP3	FRB5C0005000	73519644_RIVEST SOTTOPORTA SX OPT CARB.CPL Verniciato	2
HP1	FRB5C0006000	73519544_RIVEST SOTTOPORTA DX OPT CARB Verniciato	2
HP2	FRB5C0008000	872796_SCIVOLO AERODINAMICO OPT CARBONIO CS Verniciato	4
HP2	FRB5P0012000	000867852_Staffa Fissaggi Ant. Brancardo DX	0,25
HP2	FRB5P0013000	000867853_Staffa Fissaggi Ant. Brancardo SX	0,25

HP2	FRB5P0014000	000867849_Rivest_Sottoporta_DX_OPT_CARBONIO	2
HP2	FRB5P0015000	000867851_Rivest. Sottoporta SX OPT CARBONIO	2
HP2	FRB5P0016000	000872822_Rinforzo Catadiottro DX	0,5
HP2	FRB5P0017000	000872821_Rinforzo Catadiottro SX	0,5
HP2	FRB5P0024000	000878902_Bicchieri Fiss. Centrale	1
HP2	FRB5P0029000	Balconata Superiore Paraurti	1
HP2	FRB5P0034000	Rivest._Sottoporta_Vern.DX_AQP IMPREGNATEX	2
HP2	FRB5P0035000	Rivest._Sottoporta_Vern.SX_AQP IMPREGNATEX	2
HP1	FRB5P0036000	000911755_Paraurti Posteriore Base CPL	6
HP3	FRB5P0044000	000939422_Paraurti Posteriore OPT Tel. CPL USA	6
HP2	FRB5P0046000	000939417_Paraurti Posteriore OPT Tel. CPL	4
HP3	FRB6C0001000	827578 GUSCIO PARAURTI CPL	6
HP3	FRB6C0005000	860752 SCIVOLO AERODIN. OPT TEL CL CPL	4
HP3	FRB6C0007000	881760 RICOPRIMENTO DIETRO SCHIENALE PILOTA CPL	2
HP3	FRB6C0008000	881893 RICOPRIMENTO DIETRO SCHIENALE MONOGOBBIA PASS CPL	3
HP3	FRB6C0009000	881758 ricoprimento dietro schienale bigobba passeggero cpl	3
HP3	FRB6C0012000	900970 mono place cover cpl	3
HP3	FRB6P0005000	860727 Scivolo Aerodin. OPT TEL CL	5
HP3	FRB6P0006000	827574 Supporto Centrale Paraurti Post	2
HP3	FRB6P0007000	827568 Supporto Retronebbia Retromarcia	0,5
HP3	FRB6P0008000	827561 Supporto Rete Scarichi SX	1
HP3	FRB6P0009000	827566 Supporto Rete Scarichi DX	1
HP3	FRB6P0010000	835970 Staffetta telecamera post	0,238492063
HP3	FRB6P0012000	000828269 Ossatura Mono Place Cover	3
HP3	FRB6P0021000	Staffa Superiore Carbonio_Schienale Pilota	0,105555556
HP3	FRB6P0025000	Staffa Superiore Carbonio_Schienale Pass	0,105555556
HP3	FRB6P0030000	881593 Paratia rops sx opt carb look	1
HP3	FRB6P0031000	881600 Paratia rops dx opt carb look	1
HP3	FRB6P0032000	881586 Paratia anter. dx opt carb look	1
HP3	FRB6P0033000	881590 Paratia later. sx opt carb look	2
HP3	FRB6P0034000	881591 Paratia later. dx opt carb look	1
HP3	FRB6P0035000	881604 Paratia centrale opt carb look	1
HP3	FRB6P0037000	881813 Cover fiss. Cinture lato passeggero	1
HP3	FRB6P0038000	877471 Mostrina porta luci targa	1

HP3	FRB6P0043000	Chiusura cerniera pilota	0,257142857
HP3	FRB6P0044000	Chiusura cerniera pass	0,257142857
HP3	FRB6P0045000	Chiusura cerniera mono	0,257142857
HP3	FRB6P0046000	895895 Cover fiss. Cinture lato pilota OPT	1
HP3	FRB6P0052000	Piastra paratie baule prove AQP	2
HP3	FRB6P0056000	903431 Paratia rops sx	1
HP3	FRB6P0057000	903498 Paratia rops dx	1
HP3	FRB6P0058000	903441 Paratia anter. dx	1
HP3	FRB6P0059000	903438 Paratia later. sx	1
HP3	FRB6P0060000	903465 Paratia later. dx	2
HP3	FRB6P0061000	903263 Paratia centrale	1
HP3	FRB6P0062000	881852 Ossatura cofango lat sx	6
HP3	FRB6P0063000	881853 Ossatura cofango lat dx	3
HP1	FRB6P0064000	Piastra AQP Nero lucido	1
HP3	FRB8C0001000	916352 ESTRATTORE CPL	0,5
HP3	FRB8C0002000	873107 ESTRATTORE CON PERNI CPL	0,5
HP3	FRB8P0001000	Guscio Inferiore	2
HP3	FRB8P0002000	Guscio Superiore	2
HP3	FRB8P0003000	Pinna SX	0,5
HP3	FRB8P0004000	Pinna DX	0,5
HP1	FRB8P0007000	Piastra AQP 500x500	1
HP3	FRB8P0008000	Guscio Inferiore con perni	2
HP3	FRB8P0009000	Guscio Superiore con perni	1
HP3	FRB9C0001000	927060 COPRIBRANCARDO CPL SX	6
HP3	FRB9C0002000	927061 COPRIBRANCARDO CPL DX	4
HP3	FRB9P0003000	Cavallotto Ant SX	0,25
HP3	FRB9P0004000	Cavallotto Post SX	0,25
HP3	FRB9P0005000	Cavallotto Centr SX	0,5
HP3	FRB9P0006000	Cavallotto Ant DX	0,25
HP3	FRB9P0007000	Cavallotto Post DX	0,25
HP3	FRB9P0008000	Cavallotto Centr DX	0,5
HP1	HPRDP0018000	Piastrino prova RFID_Autoclave 1°pelle	1
HP1	HYA3P0071000	64115-W701A Sumpguard Corner Plate LH - Zylon	0,5
HP1	HYA3P0072000	64116-W701A Sumpguard Corner Plate RH - Zylon	0,5
HP1	HYA3P0081000	71555-W731C Splitter V2 Lip Long Soft	2

HP1	HYA4P0006000	72204-W702A Front Fender V3 RH	1
HP1	HYA4P0011000	Piastra per HYA4P0010000	1
HP1	HYA4P0029000	71421-W701A Rear Bumper V2 Duct LH	1
HP1	HYA4P0047000	71437W701 Rear Bumper V2 Repair Kit Corner LH	1
HP1	HYA4P0050002	64105-W733A Sumpguard Laminate V3	2
HP1	HYA4P0070000	64312-W721A R_Wall Comp_Diffguard Cooling V2 R_RH	1
HP1	HYA4P0071000	64311-W721A R_Wall Comp_Diffguard Cooling V2 R_LH	1
HP1	HYA5P0002000	73204W721A Front Archliner V4 F RH	1
HP1	HYA5P0003000	73203W721A Front Archliner V4 F LH	1
HP1	HYA5P0004000	73208-W721B Front Archliner V4 R RH proto	1
HP1	HYA5P0005000	73207-W711A Front Archliner V4 R LH proto	1
HP1	HYA5P0006000	72204W711B Front Fender V4 RH	1
HP1	HYA5P0007000	72203W711B Front Fender V4 LH	1
HP1	HYA5P0023000	73221-W701A F_Archliner V4 Air Duct_O LH proto	1
HP1	HYA5P0024000	73222-W701A F_Archliner V4 Air Duct_O RH proto	1
HP1	HYA5P0025000	73223-W701A F_Archliner V4 Air Duct_I LH proto	1
HP1	HYA5P0026000	73224-W701A F_Archliner V4 Air Duct_I RH proto	1
HP1	HYA5P0027000	73225-W701A F_Archliner V4 Air Duct Fin_1 LH	0,5
HP1	HYA5P0028000	73226-W701A F_Archliner V4 Air Duct Fin_1 RH	0,5
HP1	HYA5P0029000	73227-W701A F_Archliner V4 Air Duct Fin_2 LH	0,25
HP1	HYA5P0030000	73228-W701A F_Archliner V4 Air Duct Fin_2 RH	0,25
HP1	HYA5P0031000	73229-W701A F_Archliner V4 Air Duct Fin_3 LH	0,35
HP1	HYA5P0032000	73230-W701A F_Archliner V4 Air Duct Fin_3 RH	0,35
HP1	HYA5P0033000	73231-W701A F_Archliner V4 Air Duct Fin_4 LH	0,5
HP1	HYA5P0034000	73232-W701A F_Archliner V4 Air Duct Fin_4 RH	0,5
HP1	HYA5P0035000	73221-W701A F_Archliner V4 Air Duct_O LH	1
HP1	HYA5P0036000	73222-W701A F_Archliner V4 Air Duct_O RH	1
HP1	HYA5P0037000	73223-W701A F_Archliner V4 Air Duct_I LH	1
HP1	HYA5P0038000	73224-W701A F_Archliner V4 Air Duct_I RH	1
HP1	HYA5P0053000	73233-W701A Front Archliner V4 F Cover LH	0,5
HP1	HYA5P0054000	73234-W701A Front Archliner V4 F Cover RH	0,5
HP1	HYA5P0057000	64219W701 Protection Underfloor OB LH proto	0,5
HP1	HYA5P0058000	64220W701 Protection Underfloor OB RH proto	0,5
HP1	HYA5P0061000	64227W701 Protection Underfloor IB LH proto	0,5
HP1	HYA5P0062000	64228W701 Protection Underfloor IB RH proto	0,5

HP1	JSA1P0019000	68500-F3RW-0000 Cowl Comp RR	1
HP1	JSA1P0029001	71102-F28S-R010 Skin Front Bumper	3
HP1	JSA1P0030000	Bumper FR Central Wing	1
HP1	JSA1P0039001	Panel_L_Outside_Rear	1
HP1	JSA1P0040001	Panel_R_Outside_Rear	1
HP1	JSA1P0041000	Inlet_L_Turbo_Cooling	1
HP1	JSA1P0042000	Inlet_R_Turbo_Cooling	1
HP1	JSA1P0043000	BRKT_L_I_C_Mount_UPR	1
HP1	JSA1P0044000	BRKT_R_I_C_Mount_UPR	1
HP1	JSA1P0060000	Base Fender R	1
HP1	JSA1P0061000	Base Fender L	1
HP1	JSA1P0062000	Fender Reinforcement R	1
HP1	JSA1P0063000	Fender Reinforcement L	1
HP1	JSA1P0064000	Outboard Fin R	1
HP1	JSA1P0065000	Outboard Fin L	1
HP1	JSA1P0066000	Louver Outboard R	1
HP1	JSA1P0067000	Louver Outboard LH	1
HP1	JSA1P0068000	Louver Inboard R	1
HP1	JSA1P0069000	Louver Inboard L	1
HP1	JSA1P0093000	71208-F28S-R000 Cover Towing Strap	1
HP1	JSA1P0107000	Porta Fari Sx	1
HP1	JSA1P0108000	Porta Fari Dx	1
HP1	JSA1P0109000	Bracket 1 porta fari Sx	0,166666667
HP1	JSA1P0110000	Bracket 1 porta fari Dx	0,166666667
HP1	JSA1P0111000	Bracket 2 porta fari Sx	0,25
HP1	JSA1P0112000	Bracket 2 porta fari Dx	0,25
HP1	JSA1P0113000	Bracket 3 porta fari Sx	0,25
HP1	JSA1P0114000	Bracket 3 porta fari Dx	0,25
HP1	JSA1P0115001	71157-F28S-R010 BRKT L, Head Light	1
HP1	JSA1P0116001	71107-F28S-R010 BRKT R, Head Light	1
HP1	JSA1P0121000	Outer Bracket L	0,5
HP1	JSA1P0122000	Outer Bracket R	0,5
HP1	JSA1P0123000	Pipes Bracket L	0,5
HP1	JSA1P0124000	Pipes Bracket R	0,5
HP1	JSA1P0137000	71256-F28S-R010 Flick L, Front Bumper LWR	1

HP1	JSA1P0138000	71206-F28S-R010 Flick R, Front Bumper LWR	1
HP1	JSA1P0141000	71259-F28S-R000 Cover, FR Bumper L	1
HP1	JSA1P0142000	71209-F28S-R000 Cover,FR Bumper R	1
HP1	JSA1P0148000	33111-F28S-R000 BRK, Headlight Mount R	1
HP1	JSA1P0149000	33121-F28S-R000 BRKT, Headlight Mount L	1
HP1	KRA5P0010001	OR02-11-012C Trappe Fermeture Reservoir Dossier	1
HP1	KRA5P0030000	OR02-17-031B Padding Porte D	1
HP1	KRA5P0115001	OR02-14-044 D Panneau Lateral Sabot AV D Vers. Alleggerita	1
HP1	KRA8P0009000	OR03-17-017C Cadre de Porte G - Door Frame LH	1
HP1	KRA8P0016000	OR03-14-021 C Side Pod RH	2
HP1	KRA8P0033000	OR03-14-016B BF Rampe AV G - Trailing Edge Plate LH	1
HP1	KRA8P0041000	OR03-14-003E Capot AV - Nose	3
HP1	KRA8P0055000	OR03-13-011 B Upper Splitter	1
HP1	KRA8P0056000	OR03-13-010 B Lower Splitter	2
HP1	KRA8P0058000	Side Pod Duct RH-A	1
HP1	KRA8P0070000	Side Pod Duct RH-B	1
HP1	KRA8P0092000	Sidepod Gurney RH	1
HP1	KRA8P0097000	Piastra Carbonio Contr. sp2mm 2000x1000(inserti Fondi) non estet.	1
HP1	KRA9P0025000	OR05-17-043 B Padding Lat. D	1
HP1	KRA9P0026000	OR05-17-044 B Padding Lat. G	1
HP1	KRA9P0032000	OR05-01-014 Plaque Fermeture Trappe AV G Coque	1
HP1	KRA9P0055000	OR05-01-062A_CORNE G. CRASH-BOX AV V2	0,5
HP1	KRA9P0056000	OR05-01-061A_CORNE D. CRASH-BOX AV V2	0,5
HP1	KRA9P0057000	OR05-01-058 A Carenage Crashbox AV	1
HP1	KRA9P0058000	OR05-07-030 B Support Bocaux Alignés	1
HP1	KRA9P0059000	OR05-01-060 E Front Crashbox V2	1
HP1	KRB1P0005000	OR05-14-114 A Support Distributeur Refroidisseur AR D Assy	1
HP1	KRB1P0015000	OR05-14-021 C Partie Int AR D'aile AR. G	1
HP1	KRB1P0018000	OR05-14-016A Rayon De Sabot AR. D	1
HP1	KRB1P0019000	OR05-14-017A Rayon De Sabot AR. G	1
HP1	KRB1P0020000	OR05-13-030 B Primaire D'aileron AR.	2
HP1	KRB1P0024000	OR05-13-032 E Plaque De Garde Sprint D	1
HP1	KRB1P0025000	OR05-13-033 E Plaque De Garde Sprint G	1
HP1	KRB1P0064000	OR05-03-062 G Flasque de Freins AR D	1
HP1	KRB1P0065000	OR05-14-025 K Extracteur AR	3

HP1	KRB1P0066000	OR05-02-102 A Profil Sup Bras AR Triangle Inf. AV	1
HP1	KRB1P0067000	OR05-02-103 A Profil Inf. Bras AR Triangle Inf. AV	1
HP1	KRB1P0095000	OR05-14-164 B Passage de Roue AR Int. AR G	1
HP1	KRB1P0119000	OR05-14-240 A Support Distributeur Refroidisseur AR G Assy	1
HP1	KRB1P0123001	SEMI-PERSIANA A SX	1
HP1	KRB1P0140000	Omega Primaire D'aileron AR.	1
HP1	KRB1P0141000	PIASTRA CARBOINIO FRESATA NON CONTR. SP 7.5mm 1000x1000 NON ESTET.	1
HP1	KRB1P0152000	OR05-14-306 A Persienne Sup Capot AR D	1
HP1	KRB1P0153000	OR05-14-307 A Persienne Sup Capot AR G	1
HP1	KRB1P0229000	OR05-14-404 A Derive Courbee G. INT Anti-Vortex	0,142857143
HP1	KRB1P0230000	OR05-14-403 A Derive Courbee D. INT Anti-Vortex	0,142857143
HP1	KRB1P0234000	Piastra Carbonio Controstampata sp. 2.5mm 1000x1000(KRB1P0109000)	1
HP1	KRB1P0308000	OR05-14-099LY Bord Attaque De Fond Plat AVD	1
HP1	KRB1P0309000	OR05-14-100LY Bord Attaque De Fond Plat AVG	1
HP1	KRB1P0334000	OR05-14-389LY Derive d'Extrateur AV. D	0,5
HP1	KRB1P0335000	OR05-14-390LY Derive d'Extrateur AV. G	0,5
HP1	KRB1P0341000	OR05-14-636A Equerre Etancheite Int Roue AR G	0,5
HP1	KRB1P0342000	OR05-14-635A Equerre Etancheite Int Roue AR D	0,333333333
HP1	KRB1P0352000	OR05-13-140A Anti Vortex D Sprint EVO	1
HP3	KRB1P0353000	OR05-13-141A Anti Vortex G Sprint EVO	1
HP1	KRB1P0380000	Piastra Carbonio controstampata sp. 1,6 mm 2000 x 1000	1
HP1	KRB1P0410000	OR05-14-633A RH LM Dive Plane	1
HP1	KRB1P0414000	OR05-14-654_CONDUIT DE FREIN INT AILE AV LM EVO D	0,142857143
HP1	KRB1P0416000	OR05-14-656_CONDUIT DE FREIN EXT AILE AV LM EVO D	1
HP1	KRB1P0418000	OR05-14-660_SUPPORT CONDUIT DE FREINS AILE AV LM EVO D	1
HP1	KRB1P0420000	OR05-14-662 Grillage de Frein INT Aile AV LM EVO D	0,142857143
HP1	KRB1P0421000	OR05-14-663 Grillage de Frein INT Aile AV LM EVO G	0,142857143
HP1	KRB1P0422000	OR05-14-664 Grillage de Frein EXT Aile AV LM EVO D	0,263888889
HP1	KRB1P0423000	OR05-14-665 Grillage de Frein EXT Aile AV LM EVO G	0,142857143
HP1	KRB2P0048000	Rear Wheel Arch RH	2
HP1	KRB2P0052000	Rear Inner Arch Closer RH 1	1
HP1	KRB2P0074000	Inner conduit rear wheel arc RH Radiateur V6	1
HP1	KRB2P0076000	Rear Inner Arch Closer RH 2_ Radiateur LS3	1

HP1	LGA2P0023000	Diffusore	2
HP1	LGA2P0039000	Deriva Centrale Diffusore	1
HP1	LGA2P0040000	Deriva Dx Diffusore	1
HP1	LGA2P0041000	Deriva Sx Diffusore	1
HP1	LGA5P0017000	OA09-14-01 Conduit Naca Sidepod	1
HP1	LGA5P0025000	OA09-14-059-00D Cuvelage de Phare G	1
HP1	LGA5P0082000	OA09-12-036_ SUPPORT CARBONE FEU 3 LEDS ASSY	1
HP3	LMA1P0002000	4TA898991 Central Shell	1
HP3	LMA1P0003000	4TA898992 LH Shell	1
HP3	LMA1P0004000	4TA898993 RH Shell	1
HP3	LMA1P0005000	4TA898994 LH Cover	1
HP3	LMA1P0006000	4TA898997 RH Cover	1
HP3	LMA1P0007000	4TA898998 Central Cover	1
HP3	LMA1P0008000	4TA898986 Rear Diffuser	4
HP3	LMA1P0013000	4TA898961A Front Splitter	6
HP1	LMA1P0018000	Piastra per Ribs (1500x1000)	1
HP3	LMA2P0019000	4TA817669 Cornice Roof Hatch	1
HP3	LMA2P0020000	4TA817371 Botola Roof Hatch	1
HP3	LMA3P0001001	4TA807014 Front Bumper	6
HP3	LMA3P0002000	4TA807322 Flick RH	1
HP3	LMA3P0003000	4TA807321 Flick LH	1
HP3	LMA3P0006000	4TA853632 Rocker Cover Fin RH	1
HP3	LMA3P0007000	4TA853631 Rocker Cover Fin LH	1
HP3	LMA4P0001000	4TA804061A Front Splitter	6
HP3	LMA4P0001001	SPLITTER	6
HP3	LMA4P0002000	4TA807292A Front Bumper	6
HP3	LMA4P0003000	4TA807587 Copertura Centrale Extra Light	0,733333333
HP3	LMA4P0004000	4TA807488 Coperture Laterali Extra Leggere Dx	0,333333333
HP3	LMA4P0005000	4TA807487 Coperture Laterali Extra Leggere Sx	0,333333333
HP3	LMA4P0006000	4TA804083A Diffusore Posteriore GT3	6
HP3	LMA4P0013000	Battuta Splitter	1
HP1	LMA5P0002000	Splitter Anteriore	2
HP1	LMA5P0020000	Ossatura Portiera DX	1
HP1	LMA5P0021000	Ossatura Portiera SX	1
HP1	LMA5P0022000	Pinna Portiera DX	2

HP1	LMA5P0023000	Pinna Portiera SX	1
HP1	LMA5P0027000	Brancardo SX	2
HP1	LMA5P0028000	Brancardo DX	2
HP1	LMA5P0029000	Presa Aria Laterale SX	1
HP1	LMA5P0030000	Presa Aria Laterale DX	1
HP1	LMA6P0001000	ALA FISSA	2
HP1	LMA6P0002000	ALA MOBILE	2
HP1	LMA6P0003000	PILONE SX	1
HP1	LMA6P0004000	PILONE DX	1
HP1	LMA6P0005000	REAR FENDER SX	3
HP1	LMA6P0006000	REAR FENDER DX	3
HP1	LMA6P0007000	OSSATURA SX	1
HP1	LMA6P0008000	RINFORZO ANTERIORE DX	0,75
HP1	LMA6P0009000	RINFORZO ANTERIORE SUPERIORE SX	1
HP1	LMA6P0010000	RINFORZO ANTERIORE SUPERIORE DX	1
HP1	LMA6P0011000	RINFORZO POSTERIORE LUCI SX	1
HP1	LMA6P0012000	RINFORZO POSTERIORE LUCI DX	1
HP1	LMA6P0013000	RINFORZO SUPPORTO LUCI SX	1
HP1	LMA6P0014000	RINFORZO SUPPORTO LUCI SX	1
HP1	LMA6P0016000	RINFORZO TAPPO BENZINA DX	1
HP1	LTA1P0024000	Ala Anteriore - Front Wing	1
HP1	LTA1P0025000	Omega Ala Anteriore - Front Wing Stiffener	1
HP1	LTA1P0026000	FZAD-0490-01 Deriva Ala Anteriore DX - RH Front Wing Keel	1
HP1	LTA1P0027000	FZAD-0480-01 Deriva Ala Anteriore SX - LH Front Wing Keel	1
HP1	LTA1P0028000	FZAD-0490-01 Pinna Derive Ala Anteriore DX - RH Front Wing Fin	0,5
HP1	LTA1P0029000	FZAD-0480-01 Pinna Derive Ala Anteriore SX	0,5
HP1	LTA1P0031000	Flap1 Ala Anteriore SX - LH Front Flap1	1
HP1	LTA1P0032000	Flap2 Ala Anteriore DX - RH Front Flap2	1
HP1	LTA1P0034000	Flap3 Ala Anteriore DX - RH Front Flap3	0,5
HP1	LTA1P0035000	Flap3 Ala Anteriore SX - LH Front Flap3	0,5
HP1	LTA1P0038000	Winglet DX	0,5
HP1	LTA1P0039000	Winglet SX	0,5
HP1	LTA1P0069000	Deriva Centrale SX - LH Central Keel	0,5
HP1	LTA1P0070000	Deriva Centrale DX - RH Central Keel	0,5
HP3	MCB1P0001000	24558M_00 Supporto Piastra Motorini GPA CPL	2

HP3	MCB1P0006000	25802M_00 Parafango Anteriore Dx	2
HP3	MCB1P0007000	Parafango Posteriore Sx	5
HP3	MCB1P0012001	Collegatore Posteriore	4
HP3	MCB1P0024001	Tappo Collegatore	1
HP3	MCB1P0027000	1005577M Convogliatore Aria Idroguida	1
HP3	MCB1P0028000	Presa Aria Fiancata DX	1
HP3	MCB1P0039000	Presa Aria Fiancata Sx Parte Piccola	1
HP3	MCB1P0040000	Presa Aria Fiancata Dx Parte Piccola	1
HP3	MCB1P0041000	Staffa Faro Paraurti Post	0,183333333
HP3	MCB1P0046000	1006376M Botola Tetto	1
HP3	MCB1P0047000	1006722M_00 Flangia Botola Tetto CPL	1
HP3	MCB1P0048000	1005574M_00 Traversa Anteriore in Carb. CPL	4
HP3	MCB1P0049000	1006821M_00 Traversa Sottocambio in Carb. CPL	1
HP3	MCB1P0055000	Flangia Sx Paraurti Posteriore	0,5
HP3	MCB1P0056000	Flangia Dx Paraurti Posteriore	0,5
HP3	MCB1P0057000	1013593M PROFILO BATTUTA GUARNIZ. FIANC. SX	0,5
HP3	MCB1P0058000	1013592M PROFILO BATTUTA GUARNIZ. FIANC. DX	0,167989418
HP3	MCB2P0002000	Guscio Esterno Parafango Ant Dx	2
HP3	MCB2P0003000	Guscio Esterno Parafango Ant Sx	2
HP3	MCB2P0004000	Guscio Interno Parafango Ant Dx	1
HP3	MCB2P0005000	Guscio Interno Parafango Ant Sx	2
HP3	MCB2P0010000	Nervatura Parafango Ant Dx	1
HP3	MCB2P0011000	Nervatura Parafango Ant Sx	1
HP3	MCB2P0012000	Persiana Parafango Ant Dx	1
HP3	MCB2P0013000	Persiana Parafango Ant Sx	1
HP1	MCB2P0014000	1009400M Presa Aria Ant Post Dx CPL	1
HP1	MCB2P0015000	1009401M Presa Aria Ant Post Sx CPL	1
HP1	MCB2P0016000	1009398M Presa Aria Ant Ant Dx CPL	1
HP1	MCB2P0017000	1009399M Presa Aria Ant Ant Sx CPL	1
HP1	MCB2P0018000	1009416M Tubo Freni Ant Sup Dx	0,333333333
HP1	MCB2P0019000	1009417M Tubo Freni Ant Sup Sx	0,333333333
HP1	MCB2P0024000	Staffa Tubo Freni Ant Sup Dx	0,055555556
HP1	MCB2P0025000	Staffa Tubo Freni Ant Sup Sx	0,055555556
HP3	MCB6P0001000	Convogliatore Inferiore	2
HP3	MCB6P0002000	Presa Aria Laterale Dx Conv	1

HP3	MCB6P0003000	Presa Aria Laterale Sx Conv	1
HP3	MCB6P0004000	Presa Aria Centrale Inf Conv	1
HP3	MCB6P0005000	Paraurti Posteriore GT3	6
HP3	MCB6P0006000	Flangia Griglia Rete	1
HP3	MCB6P0008000	Presa Aria Posteriore Inf Conv	1
HP1	MGA1P0001000	Chassis Guscio Sup	4
HP1	MGA1P0002000	Centina Schienale	1
HP1	MGA1P0004000	Front Crashbox	1
HP1	MGA1P0006000	ACP19.0049.A NOSE CAP	1
HP1	MGA1P0008000	Side Panel RH	1
HP1	MGA1P0009000	Side Panel LH	1
HP1	MGA1P0017000	ACP19.0083.A Rear Crashbox F4 2018	1
HP1	MGA2P0001000	Chassis LWR	2
HP1	MGA2P0004000	Front Nose	1
HP1	MGA2P0005000	Front Anti Intrusion Panel	1
HP1	MGA2P0006000	Seat Bulkhead	1
HP1	MGA2P0007000	Side Anti-Intrusion Panel LH	1
HP1	MGA2P0008000	Side Anti-Intrusion Panel RH	1
HP1	MGA2P0009000	Lower Anti-Intrusion Panel	1
HP1	MGA2P0011000	Rear Crashbox	1
HP1	MGA2P0013000	Cover Fianchetto LH	0,5
HP1	MGA2P0014000	Tubo Impatto Laterale	0,5
HP1	MGA2P0015000	Cover Rear Crashbox	1
HP1	MGA2P0020000	Front Crashbox 4	1
HP1	NSA1P0002000	17210 RT10B N_FUEL TANK HOUSING, UPR	1
HP3	PHA3P0001000	9F0.824.847.B-TM1 Rear Wing	3
HP3	PHA3P0002000	9F0.824.847.B-TM3 Gurney	2
HP3	PHA3P0005000	9F0.807.421.A Rear Bumper A	6
HP3	PHA3P0007000	Upper LH Bracket	0,132275132
HP3	PHA3P0008000	Upper RH Bracket	0,132275132
HP3	PHA3P0009000	Lower LH Bracket	0,112698413
HP3	PHA3P0010000	Lower RH Bracket	0,112698413
HP3	PHA3P0013000	Rear Bumper FN A	6
HP3	PHA3P0014000	Rain Light Support	0,282407407
HP3	PHA3P0015000	Inner Reinforcement	2

HP3	PHA3P0016000	9F0.807.421.A-TM4 Front RH Bracket	0,142857143
HP3	PHA3P0017000	9F0.807.421.A-TM3 Front LH Bracket	0,142857143
HP3	PHA3P0018000	9F0.807.421.A-TM6 Rear RH Bracket	0,142857143
HP3	PHA3P0019000	9F0.807.421.A-TM5 Rear LH Bracket	0,142857143
HP3	PHA3P0022000	Rear Wing Upper	3
HP1	PHA4P0003000	Support	0,3
HP1	PHA4P0004000	Mesh Frame Inner	0,5
HP1	PHA4P0005000	Mesh Frame Outer	0,5
HP1	PHA4P0018000	9RE.616.521.23 Radiator Duct	2
HP1	SBA1P0028000	Sample 204gsm	1
HP1	SPA1P0099000	Piastra Peelply entrambi lati 2000x1000 sp1,2mm (Wings)	0,66666667
HP1	SPA3P0001000	LH Under Floor Top	3
HP1	SPA3P0002000	RH Under Floor Top	3
HP1	SPA3P0003000	LH Under Floor Bottom	2
HP1	SPA3P0004000	RH Under Floor Bottom	2
HP1	SPA3P0005000	SRT-00025349 Rear Under Floor Main	2
HP1	SPA3P0009000	SRT-00024623 FE18 LH Side Pod A	2,5
HP1	SPA3P0010000	SRT-00024010 FE18 RH Side Crash Fairing	2
HP1	SPA3P0011000	SRT-00037899 FE18 LH Side Crash Fairing	2
HP1	SPA3P0012000	Keel - Top Part	1
HP1	SPA3P0013000	SRT-00024339 FE18 Engine Cover	3
HP1	SPA3P0014000	RESS Radiator Duct - EXT	1
HP1	SPA3P0015000	RESS Radiator Duct - INT	1
HP1	SPA3P0016000	RESS Radiator Duct - NACA	1
HP1	SPA3P0017000	LH V Wing	1
HP1	SPA3P0018000	SRT-00024346 RH V Wing	1
HP1	SPA3P0019000	SRT-00024641 FE18 LH Front Fender Support	1
HP1	SPA3P0020000	SRT-00024585 FE18 RH Front Fender Support	1
HP1	SPA3P0021000	SRT-00024635 FE18 LH Boomerang	0,25
HP1	SPA3P0022000	SRT-00024599 FE18 RH Boomerang	0,25
HP1	SPA3P0023000	SRT-00024640 FE18 LH Boomerang Upper Support	0,25
HP1	SPA3P0024000	SRT-00024604 FE18 RH Boomerang Upper Support	0,25
HP1	SPA3P0025000	SRT-00024644 FE18 LH Boomerang Lower Support	0,25
HP1	SPA3P0026000	SRT-00024620 FE18 RH Boomerang Lower Support	0,25
HP1	SPA3P0029000	SRT-00025365 FE18 LH Main Fin	1

HP1	SPA3P0030000	SRT-00025364 FE18 RH Main Fin	1
HP1	SPA3P0033000	Keel - Bottom Part	1
HP1	SPA3P0034000	Mainplane - Top	1
HP1	SPA3P0035000	Mainplane - Bottom	1,5
HP1	SPA3P0036000	Mainplane - RH End Cap	0,5
HP1	SPA3P0037000	Mainplane - LH End Cap	0,5
HP1	SPA3P0038000	Rear Under Floor - RH Top	0,5
HP1	SPA3P0039000	Rear Under Floor - LH Top	0,5
HP1	SPA3P0040000	RH Front Fender Front Part - EXT	2
HP1	SPA3P0041000	LH Front Fender Front Part - EXT	1,5
HP1	SPA3P0042000	RH Front Fender Front Part - INT	1
HP1	SPA3P0043000	LH Front Fender Front Part - INT	1
HP1	SPA3P0046000	RH V-Wing - Airfoil	1
HP1	SPA3P0047000	LH V-Wing - Airfoil	1
HP1	SPA3P0048000	RH V-Wing - Top	1
HP1	SPA3P0049000	LH V-Wing - Top	1
HP1	SPA3P0050000	RH Under Floor Bottom Inner	0,5
HP1	SPA3P0051000	LH Under Floor Bottom Inner	0,5
HP1	SPA3P0052000	SRT-00025628 FE18 RH Front Monocoque Panel	2
HP1	SPA3P0053000	SRT-00030702 FE18 LH Front Monocoque Panel	2
HP1	SPA3P0054000	SRT-00025633 FE18 RH Front Suspension Cover	1
HP1	SPA3P0055000	SRT-00030566 FE18 LH Front Suspension Cover	1
HP1	SPA3P0056000	RH Front Fender Rear Part EXT	2,5
HP1	SPA3P0057000	LH Front Fender Rear Part EXT	2,5
HP1	SPA3P0058000	RH Front Fender Rear Part INT	1
HP1	SPA3P0059000	LH Front Fender Rear Part INT	1
HP1	SPA3P0060000	SRT-00030632 FE18 RESS Radiator Grill	1
HP1	SPA3P0061000	SRT-00024726 FE18 Bottom Fairing Front Lower Wishbone LH A.1	1
HP1	SPA3P0062000	SRT-00019886 FE18 Bottom Fairing Front Lower Wishbone RH A.1	1
HP1	SPA3P0063000	SRT-00024713 FE18 Bottom Fairing Front Upper Wishbone LH B.1	0,5
HP1	SPA3P0064000	SRT-00019889 FE18 Bottom Fairing Front Upper Wishbone RH B.1	0,5
HP1	SPA3P0065000	SRT-00024727 FE18 Top Fairing Front Lower Wishbone LH A.1	1
HP1	SPA3P0066000	SRT-00019887 FE18 Top Fairing Front Lower Wishbone RH A.1	1
HP1	SPA3P0067000	SRT-00024712 FE18 Top Fairing Front Upper Wishbone LH B.1	1
HP1	SPA3P0068000	SRT-00019888 FE18 Top Fairing Front Upper Wishbone RH B.1	1

HP1	SPA3P0069000	LH Under Floor top Show Car	1
HP1	SPA3P0071000	LH Under Floor bottom Show Car	1
HP1	SPA3P0076000	SRT-00024321 SC RH Side Pod A Show Car	1
HP1	SPA3P0077000	SRT-00024623SC LH Side Pod A Show Car	1
HP1	SPA3P0080000	Keel - Top Part Show Car	1
HP1	SPA3P0087000	SRT-00024641SC LH Front Fender Support Show Car	1
HP1	SPA3P0088000	SRT-00024585 SC RH Front Fender Support Show Car	1
HP1	SPA3P0091000	SRT-00024640SC LH Boomerang Upper Support Show Car	1
HP1	SPA3P0093000	SRT-00024644SC LH Boomerang Lower Support Show Car	1
HP1	SPA3P0094000	SRT-00024620SC RH Boomerang Lower Support Show Car	1
HP1	SPA3P0097000	SRT-00025365SC LH Main Fin Show Car	1
HP1	SPA3P0138000	SRT-00055031_FE18 RH Brake Duct Carbon Pipe A.1	0,5
HP1	SPA3P0139000	SRT-00055052_FE18 LH Brake Duct Carbon Pipe A.1	0,5
HP1	SPA4P0001000	00083220 Door External LH	2
HP1	SPA4P0002000	00090781 Door External RH	2
HP1	SPA4P0003000	00084688 Door Internal LH	3
HP1	SPA4P0004000	00090782 Door Internal RH	1
HP1	SPA4P0007000	SRT-00083806 EX 20 - Rear Bumper Assy	1
HP1	SPA4P0011000	00083800 Front Fender LH	1
HP1	TNA2P0008000	BT-02-10-002 Rear Bumper	1
HP1	TNA2P0012000	Side Sill RH	2
HP1	TNA2P0019000	BT-02-09-003 Deck Lid Carrier LH	1
HP1	TNA2P0020000	BT-02-09-004 Deck Lid Carrier RH	1
HP1	TNA2P0025000	BT-03-03-001 Door Cap LH	0,5
HP1	TNA2P0026000	BT-03-03-002 Door Cap RH	0,5
HP1	TNA2P0031000	BT-03-04-005 Grab Handle Support LH	1
HP1	TNA2P0052000	Body Front Part	1
HP1	TNA2P0053000	Right Cap	1
HP1	TNA2P0054000	Rear Central Panel	1
HP1	TTA8P0012000	16-14-26-006 Airbox Superiore	1
HP1	TTA8P0013000	09-09-26-001 Airbox Inferiore	1
HP1	TTA9P0002000	15-14-04-008 Flap Anteriore Dx	1
HP1	CWA2P0010000	OA08-14-012_D RH Radiator Air Duct - GOULOTTE RADIATEUR D	1
HP1	LMA5P0003001	Presa Aria Anteriore SX rev01	1

HP1	LMA5P0004001	Presa Aria Anteriore DX rev01	1
HP1	LTA1P0162000	Tappo_Anteriore_Ala_Anteriore	1
HP1	CRA4P0012000	904656028A Couvercle Support Cric AR	0,5
HP1	CRA4P0013000	904656038A Support Cric AR	0,5
HP1	FGA4P0053000	610847068 Mini winglet body RBD 1A/19 SX	0,5
HP1	FGA4P0054000	610847069 Mini winglet body RBD 1A/19 DX	0,5
HP1	HPA4P0053000	Piastra Carbonio sp 3,25mm 1000x1000	1
HP1	HYA4P0051001	64305W708A Composite Diff guard	1
HP3	MCB5P0061000	815362_Cornice Supporto Monitor	0,333333333
HP3	MCB5P0062000	815363_Supporto Monitor	1
HP3	MCB1P0029000	Presa Aria Fiancata SX	1
HP3	MCB1P0020000	Condotto Ausiliario Presa Aria DX	0,333333333
HP3	MCB1P0021000	Condotto Ausiliario Presa Aria SX	0,333333333
HP3	MCB5P0064000	Tappo Supporto Monitor	0,2
HP2	FRA8P0026000	089247000. Cover Camera Speciale 90 Gloss	1
HP3	FRB2P0001000	000765464 Mostrina Sopra Paraurti Sx	0
HP3	FRB2P0002000	000765462 Mostrina Sopra Paraurti Dx	0
HP3	FRA8P0027000	089246500 Ricoprimento Puntoni Speciale 90 Gloss	1
HP3	LMA5P0025000	Semifondo SX	1
HP3	LMA5P0026000	Semifondo DX	1
HP1	LGA2P0024000	53 08 088 Primaire Aileron AR Evo - Rear main wing	2
HP1	KRB1P0239000	Tappo Moustache LH	0,125
HP1	KRB1P0240000	Tappo Moustache RH	0,125
HP1	LGA5P0004000	OA09-17-002-00I Support Coquille Bassin	1
HP1	KRB1P0001001	OR05-01-027D Moustache AV D	1
HP1	KRB1P0002001	OR05-01-028D Moustache AV G	1
HP1	KRB1P0405000	OR05-13-185A Add On Extrados Lateral G Sprint EVO 2018	1
HP1	LGA5P0003000	OA09-17-004-00C Support Coquille Epaule V2	1
HP1	KRA8P0049000	OR03-17-035A Fermeture Plancher - Closing Plate	1
HP1	LGA5P0005000	OA09-17-005-00B Padding AR Pilote	1
HP1	LGA5P0006000	OA09-17-001-00F Support Pivotant Padding Lateral G	1
HP1	LGA5P0007000	OA09-17-048 A Coquille Pilote	1
HP1	JSA1P0009000	External Panel L	1
HP1	JSA1P0010000	External Panel R	1
HP1	LGA5P0008000	Support Coquille Bassin D	1

HP1	LGA5P0001000	OA09-17-009 A Cadre DE Porte D	1
HP1	JSA1P0166000	Porta Fari Dx Rev01	0,5
HP1	JSA1P0167000	Porta Fari Sx Rev01	0,5
HP1	JSA1P0048000	Duct_R_I_C_Outside	1
HP1	JSA1P0051000	Duct_L_G_Box_Oil_Cooler_UPR	1
HP1	HYA5P0016000	73204W721 Front Archliner V4 F RH	1
HP1	LGA5P0002000	OA09-17-010 A Habillage EXT Porte D	1
HP1	HYA5P0037000	73223-W701A F_Archliner V4 Air Duct_I LH	1
HP1	JSA1P0047000	Duct_L_I_C_Outside	1
HP1	JSA1P0049001	DUCT_L_G_BOX_OIL_COOLER_LWR	1
HP1	JSA1P0050001	DUCT_R_G_BOX_OIL_COOLER_LWR	1
HP1	JSA1P0055000	Fin_L_I_C_Duct	1
HP1	JSA1P0056000	Fin_R_I_C_Duct	1
HP1	JSA1P0146000	63115-F28S-R000 DUCT AUX COOLER R	1
HP1	JSA1P0052000	Duct_R_G_Box_Oil_Cooler_UPR	1
HP1	HYA5P0017000	73203W721 Front Archliner V4 F LH	1
HP1	JSA1P0145000	63515-F28S-R000 DUCT AUX COOLER L	1
HP1	RGA1P0001000	Telaio Principale	8
HP1	HYA5P0020000	72204W711 Front Fender V4 RH	1
HP1	HYA5P0018000	73208-W711A Front Archliner V4 R RH	1
HP1	HYA5P0019000	73207-W711A Front Archliner V4 R LH	1
HP1	JSA1P0045000	Panel_L_Rear_Fender	2
HP1	RGA1P0002000	Frontale inferiore	2
HP1	RGA1P0003000	Brancardo sx	2
HP1	RGA1P0004000	Brancardo dx	2
HP1	JSA1P0046000	Panel_R_Rear_Fender	2
HP1	HYA5P0021000	72203W711 Front Fender V4 LH	1
HP1	JSA1P0011000	Handle UPR BRKT L	0,25
HP1	JSA1P0012000	Handle UPR BRKT R	0,25
HP1	JSA1P0013000	Handle LWR BRKT L	0,25
HP1	JSA1P0014000	Handle LWR BRKT R	0,25
HP1	JSA1P0143000	63508-F28S-R000 Blocker,Rear Brake Duct L	1
HP1	JSA1P0144000	63108-F28S-R000 Blocker,Rear Brake Duct R	1
HP1	CWA2P0006000	OA08-14-007_G RH Rear Sidepod - PONTON AR LIGIER JS F3 D	1

HP1	FGA3P0055000	610739237_Cover per ispezione PROXIMITY mancina Matricola 669-86	0,5
HP1	RGA1P0005000	Tappo Brancardo Sx	1
HP1	RGA1P0006000	Tappo Brancardo Dx	1
HP1	RGA1P0008000	Centina strutturale laterale dx	1
HP1	JSA1P0015000	67060-F28S-R000 Door_Comp_FR_L	3
HP1	LGA5P0010000	OA09-01-001-00A Panneau Zylon Lateral D Monocoque	1
HP1	LMA5P0055000	Staffa Carbonio Pilone SX	1
HP1	LGA5P0009000	OA09-01-002-00C Panneau Zylon Lateral G Monocoque	1
HP1	RGA1P0013000	Chiusura sedile sx	1
HP1	RGA1P0014000	Chiusura sedile dx	1
HP3	FRA2P0018000	085897700_00_00 Guscio Portella Dx Paraurti Anteriore	1
HP1	RGA1P0012000	Cover superiore dx	1
HP1	RGA1P0011000	Cover superiore sx	1
HP1	SBA1P0003000	Winglet LH Giulia	0,5
HP1	SBA1P0004000	Winglet RH Giulia	0,5
HP1	SBA1P0011000	Rivestimento Rear Wing Giulia	1
HP1	SBA1P0005000	Winglet LH Stelvio	0,5
HP1	SBA1P0006000	Winglet RH Stelvio	0,5
HP1	SBA1P0012000	Ossatura Rear Wing Giulia	1
HP1	SBA1P0013000	Rivestimento Rear Wing Stelvio	1
HP1	SBA1P0014000	Ossatura Rear Wing Stelvio	0,5
HP1	SBA1P0023000	Spoiler Stelvio	1
HP1	JSA1P0016000	67010-F28S-R000 Door_Comp_FR_R	3
HP1	KRA8P0053000	OR03-14-012 B Front Inner Arch Closer LH	0,5
HP1	KRA8P0054000	OR03-14-011 B Front Inner Arch Closer RH	0,5
HP3	FRB8P0005000	Tappo SX	0,25
HP3	FRB8P0006000	Tappo DX	0,25
HP1	KRB1P0358000	OR05-14-648A Grillage de Frein INT Aile AV Sprint EVO D	0,25
HP1	KRB1P0359000	OR05-14-649A Grillage de Frein INT Aile AV Sprint EVO G	0,25
HP1	KRB1P0381000	OR05-14-641_CONDUIT DE FREIN INT AILE AV SPRINT EVO G	0,25
HP1	KRB1P0382000	OR05-14-640_CONDUIT DE FREIN INT AILE AV SPRINT EVO D	0,25
HP1	SBA1P0001000	Deflector LH Giulia	1
HP1	SBA1P0002000	Deflector RH Giulia	1
HP1	MCB1P0008000	Parafango Posteriore Dx	2

HP1	KRB1P0383000	OR05-14-643_CONDUIT DE FREIN EXT AILE AV SPRINT EVO G	0,5
HP1	KRB1P0384000	OR05-14-642_CONDUIT DE FREIN EXT AILE AV SPRINT EVO D	0,5
HP1	LGA5P0063000	OA09-14-068 Canard G	0,5
HP1	LGA5P0064000	OA09-14-067 Canard D	0,5
HP3	KRA8P0050000	OR03-14-032C Front Floor	2
HP1	KRA8P0051000	OR03-14-010 E Front Wheel Arch LH	2
HP1	KRB1P0374000	OR05-14-618A Canard AV HDF D EVO	0,5
HP1	KRB1P0375000	OR05-14-619A Canard AV HDF G EVO	0,5
HP1	KRB1P0406000	OR05-13-183A Add On Extrados Intrados Central Sprint EVO 2018	1
HP1	SBA1P0007000	Rivestimento Sideskirt LH Giulia	1
HP1	SBA1P0008000	Rivestimento Sideskirt RH Giulia	1
HP3	MCB1P0005000	25803M_00 Parafango Anteriore Sx	2
HP3	FRA9P0042000	Convogliatore Inf Radiatore Parte Fissa DX Stampo Femmina	1
HP3	FRA9P0060000	Convogliatore Inf Radiatore Parte Fissa DX Stampo Maschio	1
HP3	PCA3P0027000	470_806_912 Condotta Aria Centrale Ant Parte A1 (con film superficiale)	1
HP3	PCA3P0028000	470_806_912_C Condotta Aria Centr Ant Parte A2 (con film superficiale)	1
HP3	PCA3P0048000	470_806_912_A Condotta Aria Centr Ant Parte B1 (con film superficiale)	0,5
HP3	PCA3P0049000	470_806_912_D Condotta Aria Centr Ant Parte B2 (con film superficiale)	0,5
HP3	PCA3P0020000	470_806_912_B Condotta Aria Centrale Parte C (con film superficiale)	1
HP1	PHA4P0015000	Mesh Frame Inner	1
HP1	SBA1P0009000	Ossatura Sideskirt LH Giulia	1
HP1	PHA4P0016000	Mesh Frame Outer	1
HP1	KRB1P0404000	OR05-13-184A Add On Extrados Lateral D Sprint Evo 2018	1
HP1	KRB1P0360000	OR05-14-650A Grillage de Frein EXT Aile AV Sprint EVO D	0,25
HP1	KRB1P0361000	OR05-14-651A Grillage de Frein EXT Aile AV Sprint EVO G	0,25
HP1	SBA1A0003000	ATTREZZATURA - MASK INCOLLAGGIO Winglet LH Giulia	0,25
HP1	SBA1A0004000	ATTREZZATURA - MASK INCOLLAGGIO Winglet RH Giulia	0,25
HP1	SBA1A0005000	ATTREZZATURA - MASK INCOLLAGGIO Winglet LH Stelvio	0,25
HP1	SBA1A0006000	ATTREZZATURA - MASK INCOLLAGGIO Winglet RH Stelvio	0,25
HP3	SBA1P0010000	Ossatura Sideskirt RH Giulia	1
HP1	KRB1P0354000	OR05-14-638A Aile AV Sprint EVO D	2
HP1	KRB1P0355000	OR05-14-639A Aile AV Sprint EVO G	2

HP1	SBA1P0019000	Rivestimento Sideskirt LH Stelvio	2
HP3	MCB1P0015000	Setto Sx Convogliatore	1
HP3	MCB1P0016000	Setto Dx Convogliatore	2
HP3	MCB1P0014000	Convogliatore Superiore	3
HP1	SBA1P0020000	Rivestimento Sideskirt RH Stelvio	2
HP1	KRB1P0356000	OR05-14-646A Support Conduit de Frein Ext. Aile AV Sprint EVO D	0,25
HP1	KRB1P0357000	OR05-14-647A Support Conduit de Frein Ext. Aile AV Sprint EVO G	0,25
HP1	KRB1P0385000	OR05-14-645_SUPPORT CONDUIT DE FREIN INT AILE AV SPRINT EVO G	0,25
HP1	KRB1P0386000	OR05-14-644_SUPPORT CONDUIT DE FREIN INT AILE AV SPRINT EVO D	0,25
HP1	LGA5P0079000	OR03-14-035_SABOT AR G	1
HP1	LGA5P0076000	OR03-14-034_SABOT AR D	1
HP1	KRA8P0012000	OR03-14-270B Rear Floor	2
HP1	KRB2P0047000	Rear Wheel Arch LH	2
HP1	KRB2P0051000	Rear Inner Arch Closer LH 1	1
HP1	KRB2P0075000	OA070-14-117-00A Inner conduit rear wheel arc LH - Radiateur LS3	1
HP1	KRB2P0077000	Rear Inner Arch Closer LH 2_ Radiateur V6	1
HP1	KRA8P0025000	OR03-14-029 A Rear Upper Inner Arch Closer LH	0,25
HP1	KRA8P0026000	OR03-14-028 A Rear Upper Inner Arch Closer RH	0,25
HP1	KRA2P0010000	P018-14-006D Passage de Roue AR Sup AV D	0,5
HP1	KRA2P0011000	P018-14-007D Passage de Roue AR Sup AV G	0,5
HP3	LMA4P0012000	4TA831162A Specchietto Retrovisore Dx	1
HP3	FRA9P0028000	Convogliatore Parte 2 DX	0,25
HP1	FRB2P0006000	Ossatura Mostrina Fanale DX	0,2
HP1	KRA8P0052000	OR03-14-009 E Front Wheel Arch RH	1
HP3	FRB2P0005000	Ossatura Mostrina Fanale SX	0,125
HP1	KRA8P0018000	OR03-14-027 I Engine Cover	4
HP1	KRA8P0027000	OR03-14-031C Rear Cover Masquing Vane LH	1
HP1	KRA8P0028000	OR03-14-030 C Rear Cover Masquing Vane RH	1
HP1	KRB2P0008000	Front Wheel Arc RH	1
HP3	FRA9P0012000	Vasca convogliatore DX	1
HP3	FRA9P0027000	Convogliatore Parte 2 SX	0,25
HP1	MGA1P0011000	Chassis Guscio Inf	2
HP1	LGA5P0033000	OA09-14-033B Conduit Naca Capot AR G	1
HP1	LGA5P0034000	OA09-14-032B Conduit Naca Capot AR D	1

HP1	CHA1P0030000	Semiguscio C-Desk DX	2
HP1	HYA4P0001000	71569-W704A Front Lower Protection	2
HP1	TTB1P0002000	27-02-076 PANCIA DX	2
HP1	KRA8P0084000	OR03-17-047A Ventilation Cockpit OPTION	1
HP3	FRA9P0013000	Aletta 1 SX	0,333333333
HP3	FRA9P0014000	Aletta 1 DX	0,333333333
HP3	FRA9P0015000	Aletta 2 SX	0,333333333
HP3	FRA9P0016000	Aletta 2 DX	0,333333333
HP3	FRA9P0011000	Vasca convogliatore SX	1